

2013

Journées Junior FédEsol
2 et 3 décembre



Dourdan

Journées Junior FédEsol 2013

Programme du 2 décembre 2013

11h30	Accueil
12h30	Déjeuner
14h00	Ouverture des Journées FédEsol Junior - Gabriel Olalde - FédEsol
Session 1	
14h15-14h35	Optimisation énergétique de photobioréacteurs solaires à dilution du flux en volume et à haute productivité. <i>Vincent ROCHATE - Institut Pascal</i>
14h35-14h55	Etude du vieillissement des matériaux sous haute concentration solaire. <i>Antoine BOUBAULT - PROMES</i>
14h55-15h15	Désinfection d'escherichia coli par photocatalyse hétérogène: étude de l'efficacité de désinfection d'un photocatalyseur supporté. <i>Majdi KACEM - PROMES</i>
15h15-15h45	Pause-café
15h45-16h05	Le solaire comme ressource collective : analyse sociotechnique croisée de deux projets territoriaux coopératifs. <i>Antoine FONTAINE, Béatrice Cointe -PACTE</i>
16h05-16h25	Photoluminescence techniques for heterojunction solar cell characterization. <i>Ming XU - LGEP</i>
16h25-16h45	Analyse de l'effet d'un fort gradient thermique sur la turbulence des écoulements de récepteurs solaires. <i>Frédéric AULERY - PROMES</i>
16h45-17h05	GAZEIFICATION DE LA BIOMASSE SOUS HAUTE DENSITE DE FLUX SOLAIRE <i>Victor POZZOBON, Jean Jacques BEZIAN, Sylvain SALVADOR, Mouna EL HAFI, Gilles FLAMANT</i>
17h05-18h00	Présentations Posters (5 minutes par participant)
18h00-19h00	Séance Posters
19h00	Dîner

Journées Junior FédEsol 2013

Programme du 3 décembre 2013

8h30-9h00	Actions et actualités de la Cellule Energie du CNRS <i>Alain DOLLET Directeur Adjoint Scientifique en charge de l'Energie à l'INSIS</i>
9h00-10h30	Atelier : Les bâtiments solaires véritables nœuds énergétiques <i>Christophe MENEZO - CETHIL</i>
Session 2	
10h30-10h50	A coupled model for a low concentration pv system on a limited surface area. <i>Marko PAVLOV - LIMSI</i>
10h50-11h10	Objectifs de la caractérisation de panneaux photovoltaïques en extérieur. <i>Thomas MAMBRINI - LGEP</i>
11h10-11h45	Conclusions et perspectives
12h30-14h00	Déjeuner
Ateliers / Formation JNPV	
14h00-17h30	Modules 1.2 - 2.2 et 2.2 - 2.3

POSTERS

ETUDE ET MODELISATION DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE DANS UN PHOTOREACTEUR TORIQUE

Ghiles DAHI, Azin ESKANDARI, Fabrice GROS, Matthieu ROUDET, Jérimi DAUCHET, Frédérique GLOAGUEN, Jean-François CORNET

ETUDE ET MODELISATION DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE DANS DES CELLULES PHOTO-ELECTROCHIMIQUES BIOINSPIREES

A. ESKANDARI, F. GROS, M. ROUDET, J. DAUCHET, J.F. CORNET, W. LEIBL

CARACTERISATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUE DES SYSTEMES THERMIQUES INNOVANTS POUR LE BATIMANT AU TRAVERS D'ESSAIS DE COURTE DUREE EN REGIME DYNAMIQUE

Amine LAZRAK, Gilles FRAISSE, Bernard SOUYRI, Philippe PAPILLON, Antoine LECONTE

MODELISATION DE CELLULES SOLAIRES TANDEM A BASE DE NITRURES DES ELEMENTS III-V

Walid ELHUNI, Anne MIGAN, Zakaria DJEBBOUR

COGENERATION HELIO-THERMODYNAMIQUE PAR VOIE HYBRIDE SOLAIRE-BIOMASSE

Abdelhalim BENNBERRAH, François VEYNANDT, Jean-Jaques BEZIAN

PLASMA A PRESSION ATMOSPHERIQUE : UNE RUPTURE TECHNOLOGIQUE POUR LE DEPOT DE NITRURE DE SILICIUM, COUCHE ANTIREFLET ET PASSIVANTE POUR CELLULES SILICIUM CRISTALLIN

Julien VALLADE, José SILVA, Rémy BAZINETTE, Laura GAUDY, Sylvain POULIQUEN, Mustapha LEMITI, Daniele BLANC-PELISSIER, Anatolii LUKIANOV, Françoise MASSINES

GENERATION NUMERIQUE DE MOUSSE POUR PREDIRE LES PROPRIETES RADIATIVES D'ABSORBEURS SOLAIRE EN MOUSSE DE SIC

Simon GUEVELOU, Benoit ROUSSEAU, Gilberto DOMINGUES, Jérôme VICENTE, Cyril CALIOT, Gilles FLAMANT

LES REVETEMENTS ANTIREFLETS DE SiO_xN_y POUR LES CELLULES SOLAIRES DE SI EN COUCHES MINCES

Amira Farhaoui, Joël Cellier, Eric Tomasella, Angélique Bousquet, Antoine Moreau, Rafik Smaali, Emmanuel Centeno

THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR OF SILICON INTERDIGITATED BACK CONTACTS SOLAR CELLS FOR CPV APPLICATIONS

Romain COUDERC, Mohamed AMARA, Mustapha LEMITI

MODELISATION D'UN COMPOSANT D'ENVELOPPE SOLAIRE-VENTILE

Syamimi SAADON, Leon GAILLARD, Christophe MENEZO

ETUDE ET MODELISATION DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE DANS UN PHOTOREACTEUR TORIQUE

Ghiles **DAHI**^{a,c}, Azin **ESKANDARI**^{a,c}, Fabrice **GROS**^{b,c} Matthieu **ROUDET**^{b,c}, Jérimi **DAUCHET**^{a,c}, Frédérique **GLOAGUEN**^d, Jean-François **CORNET**^{b,c}

^aClermont Université, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, Clermont-Ferrand

^bClermont Université, ENSCCF, Institut Pascal, Clermont-ferrand

^cCNRS, UMR 6602, Institut Pascal, Aubière

^dCNRS, UMR 6521, CEMCA, Université de Bretagne Occidentale, Brest

Contact e-mail : ghiles.dahi@univ-bpclermont.fr

Résumé (Poster)

Ce travail s'intéresse à la mise en œuvre d'un banc complet de caractérisation des performances de photo-production de dihydrogène, avec une source lumineuse et un réacteur à écoulement torique contrôlé complétés par un système complet d'analyse, d'acquisition et de régulation, en vue d'une caractérisation cinétique et énergétique. L'estimation très précise de la vitesse de production de H₂, $\langle r_{H_2} \rangle$, s'effectue indirectement par mesure de pression au sein du réacteur. Un modèle de connaissance, couplant transfert de rayonnement, lois cinétiques et analyse thermodynamique, sera présenté et utilisé pour analyser les rendements quantiques et énergétiques obtenus dans un premier temps sur une réaction modèle à donneur d'électrons sacrificiels, mais présentant un intérêt pour la production photo-thermochimique d'H₂. Il servira à terme d'outil de conception et d'optimisation des photoréacteurs à grande échelle. Une attention particulière sera portée sur l'analyse de l'effet des conditions d'irradiation démontrant l'intérêt potentiel de technologies à dilution de flux solaire. Enfin, des premiers résultats obtenus avec des catalyseurs de réduction des protons bio-inspirés des hydrogénases et peu coûteux seront présentés.

Mots Clés : *Photoréacteurs – Transfert de rayonnement – Hydrogène – Photo-catalyse – Rendement quantique.*

ETUDE ET MODELISATION DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE DANS DES CELLULES PHOTO-ELECTROCHIMIQUES BIOINSPIREES

A. ESKANDARI^a, F. GROS^a, M. ROUDET^a, J. DAUCHET^a, J.F. CORNET^a, W. LEIBL^b

^aClermont Université, Institut Pascal – UMR CNRS 6602, BP 10448, F-63000 Clermont-Fd

^bCEA Saclay, iBiTec-S, , UMR 8221, F-91191 Gif-sur-Yvette

Contact e-mail : azin.eskandari@univ-bpclermont.fr

Résumé (Poster)

Compte tenu des contextes énergétique et écologique, il devient urgent de trouver une alternative aux énergies d'origine fossile, non renouvelables et productrices de gaz à effet de serre. Un vecteur énergétique de substitution pourrait être le dihydrogène, à condition qu'il soit produit de façon propre, à partir d'eau et d'énergie solaire par exemple. Il est possible de réaliser la photolyse de l'eau et d'obtenir du dihydrogène au moyen de cellules photo-électrochimiques (CPE). Ces cellules sont généralement constituées d'une photo-anode siège de l'oxydation de l'eau en dioxygène et d'une cathode, lieu de réduction du proton en dihydrogène. L'avantage d'un tel dispositif est la séparation spatiale des lieux de production des gaz, réduisant les risques de recombinaison et évitant une coûteuse séparation. Dans le but d'en augmenter les performances et d'en diminuer le coût, le travail proposé s'attaque aux principales limites classiques de ces dispositifs en proposant des développements fondamentaux et appliqués originaux. Le développement de catalyseurs moléculaires bio-inspirés bon marché couplés à l'utilisation d'un colorant permettant d'absorber toutes les fréquences visibles est à terme envisagé. Un premier résultat expérimental obtenu dans des petites cellules d'étude avec un mécanisme catalytique à deux électrons sera présenté et discuté.

Mots Clés : Cellules photo-électrochimiques – dihydrogène solaire – transfert de rayonnement – catalyse bio-inspirée – photosynthèse artificielle.

OPTIMISATION ENERGETIQUE DE PHOTOBIOREACTEURS SOLAIRES A DILUTION DU FLUX EN VOLUME ET A HAUTE PRODUCTIVITE.

Vincent **ROCHATTE**^{a,c}, Jérémi **DAUCHET**^{b,c}, Jean-François **CORNET**^{b,c}

^a*Clermont Université, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand*

^b*Clermont Université, ENSCCF, Institut Pascal, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand*

^c*CNRS, UMR 6602, IP, F-63171 Aubière*

Contact e-mail : vincent.rochatte@univ-bpclermont.fr

Résumé (Oral)

La production massive de microalgues nécessite de mettre au point des bio procédés performants. La dilution du flux solaire en volume dans un photobioréacteur permet de travailler à l'optimum thermodynamique de la photosynthèse. Un réacteur air-lift à éclairage interne reposant sur ce principe a été dimensionné et réalisé. Les structures éclairantes sont des fibres optiques à éclairage latéral disposées verticalement en maille triangulaire dimensionnée par approche constructale. Des expérimentations de caractérisation du flux lumineux incident par actinométrie ont débuté. Des outils de simulation basés sur la méthode de Monte Carlo ont été développés, ils permettent d'exploiter les résultats expérimentaux d'actinométrie et à terme seront utilisés sur les résultats de croissance de micro algues.

Mots Clés : *Photobioréacteurs solaires – Optimisation énergétique et radiative – Dilution du flux solaire en volume – Microalgues – Bioénergies.*

ETUDE DU VIEILLISSEMENT DES MATERIAUX SOUS HAUTE CONCENTRATION SOLAIRE

Antoine **BOUBAULT**^a, Bernard **CLAUDET**^b, Olivier **FAUGEROUX**^b, Gabriel **OLALDE**^a

^aLaboratoire Procédés, Matériaux, et Energie Solaire (PROMES-CNRS), 7 rue du Four Solaire, Odeillo, 66120 Font-Romeu

^bLaboratoire Procédés, Matériaux, et Energie Solaire (PROMES-CNRS), Tecnosud, Rambla de la Thermodynamique, 66100 Perpignan

Contact e-mail : antoine.boubault@promes.cnrs.fr

Résumé (Oral)

Les récepteurs solaires des centrales à tours sont faits de matériaux très résistants à haute température. Les matériaux les plus utilisés sont les céramiques ou les alliages métalliques réfractaires. Au gré des conditions d'ensoleillement variables et des cycles du jour et de la nuit, ils subissent des agressions thermiques et radiatives répétées, responsables de la dégradation de leurs performances. La dynamique du vieillissement et les mécanismes physico-chimiques qui lui sont liés sont peu connus. Dans ce cadre, il est nécessaire d'identifier les paramètres en jeu, et de trouver des méthodologies permettant d'accélérer ce vieillissement en appliquant des conditions de tests plus intenses (en valeur moyenne, en fréquence et en amplitude). Un dispositif de vieillissement solaire accéléré (SAAF) a été développé à cet effet. Il utilise un concentrateur solaire de 2 m de diamètre avec des facteurs de concentration atteignant 7000 soleils. Différents traitements solaires cycliques ont été appliqués sur un matériau métallique revêtu d'un dépôt absorbant. Le vieillissement du matériau est suivi par l'évolution de certaines de ses propriétés telles que son absorptivité solaire ou sa conductivité thermique. L'estimation de ces propriétés est assurée par deux dispositifs de caractérisation (réflectomètre solaire à fibres optiques et méthode "flash"). Les résultats de caractérisation mettent en évidence le comportement du matériau en fonction du traitement solaire subi. Les moyens de vieillissement mis en place sont adaptés pour l'étude de nouveaux matériaux tels que les céramiques réfractaires (SiC).

Mots Clés : *solaire, CSP, vieillissement, durabilité, récepteur, absorbeur*

CARACTERISATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUE DES SYSTEMES THERMIQUES INNOVANTS POUR LE BATIMANT AU TRAVERS D'ESSAIS DE COURTE DUREE EN REGIME DYNAMIQUE

Amine **LAZRAC**^{a,b}, Gilles **FRAISSE**^b, Bernard **SOUYRI**^b, Philippe **PAPILLON**^a, Antoine **LECONTE**^a

^aLaboratoire des Systèmes Thermiques, INES, CEA, Le Bourget-du-Lac

^bLaboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement, CNRS

Contact e-mail : amine.lazrak@cea.fr

Résumé (Poster)

La caractérisation des performances énergétiques des systèmes thermiques pour le bâtiment est un enjeu crucial notamment pour le développement de leur marché. Actuellement, les méthodes de caractérisation sont principalement basées sur des essais en régime statique, sur une extrapolation à un régime dynamique, et sur une juxtaposition des différentes fonctions (chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire etc.) ou sources d'énergie (solaire intermittente, traditionnel etc.). Il apparaît cependant que cette méthodologie, en limitant les effets des interactions entre fonctions et sources d'énergie, et en ne prenant en compte que partiellement les lois de contrôle-commande, est imprécise, empêche toute comparaison directe entre systèmes différents. Pour pallier à cette difficulté, l'objectif de ce projet est de définir une méthodologie générique de caractérisation des performances énergétiques des systèmes thermiques innovants au travers d'essais de courte durée en régime dynamique. Les résultats obtenus au cours d'une thèse précédente, où il a été montré qu'il était possible d'appliquer une telle méthodologie aux Systèmes Solaires Combinés avec un appoint par chaudière à gaz en ayant recours à une modélisation de type « boîte grise » combinant des modèles simplifiés de comportement et un réseau de neurones, permettent d'envisager étendre cette approche à d'autres systèmes hybrides (système de climatisation solaire, SSC avec appoint par pompe à chaleur etc.) pour définir un cadre méthodologique précis, et valider l'approche dans de multiples situations.

Mots Clés : *Systèmes thermiques, Energie solaire, Bâtiment, Performances énergétiques*

**DESINFECTION D'ESCHERICHIA COLI PAR PHOTOCATALYSE HETEROGENE:
ETUDE DE L'EFFICACITE DE DESINFECTION D'UN PHOTOCATALYSEUR SUPPORTE**

Majdi **KACEM**^a, Gael **PLANTARD**^{a,b}, Nathalie **WERY**^c, Vincent **GOETZ**^a

^aLaboratoire PROMES-CNRS, UPR8521 Perpignan

^bUniversity of Perpignan Via Domitia

^cINRA, UR0050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement

Contact e-mail: majdi.kacem@promes.cnrs.fr

Résumé (Oral)

Le présent travail porte sur la désinfection par photocatalyse hétérogène d'un indicateur de germes fécaux prédominant dans les eaux usées, à savoir : *Escherichia coli*. L'étude a pour finalité de mettre en évidence l'efficacité d'un support photocatalytique à désinfecter ce germe cible tout en comparant ses performances à celles des photocatalyseurs en suspensions. Le photocatalyseur supporté consistait en un tissu cellulosique imprégné de TiO₂ (P500). Les catalyseurs en poudre étaient deux Aeroxides de TiO₂ ayant deux granulométries différentes (ratio égale à 1000) à savoir le Degussa P25 et le VP Aeroperl.

Dans un premier temps, une méthode optique permettant de définir la concentration optimale des catalyseurs en suspension a été proposée puis validée expérimentalement. Utilisant chacun des matériaux sous sa condition opératoire optimale, une série de tests de désinfection réunissant photolyse et photocatalyse a été élaborée. Les expériences ont été réalisées sur des suspensions d'*E.coli* chargée initialement à 10⁶ Npp/100ml dans un réacteur fonctionnant en mode batch et sous des conditions d'irradiation variables.

Les cinétiques de dégradation obtenues ont été traitées par un modèle de pseudo premier ordre. Consécutivement, pour chacun des matériaux utilisés, une constante cinétique et un rendement quantique de dégradation ont été attribués. Il en ressort que : i) tous les matériaux étudiés ont développé une performance initiale proportionnelle à l'intensité du flux d'irradiation sur toute la gamme de puissance utilisée ; ii) le taux de désinfection était exclusivement liée à la quantité de photons reçus au cours du temps indépendamment de l'intensité du rayonnement émis ; iii) l'efficacité de désinfection du catalyseur supporté était légèrement inférieure à celles des catalyseurs en suspension.

Ce travail est intéressant dans la mesure où il suggère l'utilisation d'un photocatalyseur supporté ayant une efficacité de désinfection proche de celles des catalyseurs suspendus. Ceci pourrait éviter le post traitement des eaux désinfectées (élimination de la poudre) et propager cette technologie à une échelle industrielle.

Mots clés : Désinfection, photocatalyse, catalyseur supporté, rendement quantique.

**LE SOLAIRE COMME RESSOURCE COLLECTIVE : ANALYSE SOCIOTECHNIQUE
CROISEE DE DEUX PROJETS TERRITORIAUX COOPERATIFS**

Béatrice **COINTE**^a, Antoine **FONTAINE**^b

^a*CIREN, EHESS, Nogent-sur-Marne*

^b*PACTE, IGA, Grenoble*

Contact e-mail : antoine.fontaine@hotmail.fr

Résumé (Oral)

Le système de tarifs d'achat a permis l'émergence d'une très grande diversité de modèles de développement de projets photovoltaïques en France. Cette diversité tend à indiquer qu'il n'y a pas "une" ressource solaire ni "une" manière de l'exploiter. L'un de ces modèles, répandu dans des pays comme l'Allemagne, le Danemark et le Royaume-Uni, est l'investissement citoyen par le biais de la création de sociétés coopératives. Comment de tels projets se saisissent-ils de la ressource solaire? En quoi permettent-ils d'interroger le développement territorial conjointement avec celui des énergies renouvelables?

Notre présentation étudiera ainsi la mutualisation de la rente solaire à travers la comparaison de deux projets coopératifs et territoriaux récents. Tout d'abord, celui mené par la coopérative agricole "Fermes de Figeac" dans la région Midi-Pyrénées, qui dispose depuis début 2011 d'une puissance de production mutualisée de 6.8MWc de solaire PV sur toitures. Ensuite, les Centrales Villageoises, huit projets de petites centrales PV de 50 à 250kWc situées dans des PNR de Rhône-Alpes, pour lesquels les premières installations de panneaux PV sur toitures vont intervenir début 2014.

L'analyse comparée proposée mettra en avant un processus de co-construction de la ressource solaire et des collectifs en présence – malgré les différences d'ampleurs et de compositions – qui nous conduit à reconsidérer la notion de potentiel solaire. A travers une approche par les collectifs sociotechniques, notre analyse s'attardera à la fois sur les controverses technico-économiques, environnementales, sociales et juridiques que les projets traversent au cours de leur réalisation.

Mots Clés : Ressource solaire, photovoltaïque, mutualisation, coopératives, collectifs sociotechniques.

PHOTOLUMINESCENCE TECHNIQUES FOR HETEROJUNCTION SOLAR CELL CHARACTERIZATION

Ming XU

Laboratoire de génie électrique de Paris, Gif-sur-Yvette

Contact e-mail : ming.xu@lgep.supelec.fr

Résumé (Oral)

Amorphous silicon heterojunction solar cells are attracting research interest and market investment for their low temperature, low cost fabrication process, high stability and high efficiency. Various methods of characterization have been developed to improve the fabrication process and optimise the performance of a-Si:H/c-Si solar cells. Among all the characterization techniques, photoluminescence (PL) and modulated photoluminescence (MPL) demonstrate their capabilities to investigate the recombination mechanisms. Extraction of parameters like effective carrier lifetime, open circuit voltage is possible in the course of device preparation without the need for metal contact. Furthermore, this contactless method is easy to be incorporated under temperature controlled environment to broaden the field of study. We have observed a temperature dependence of the effective carrier lifetime using MPL in a-Si:H/c-Si heterojunctions fabricated with different doping levels. With decreasing temperature the effective lifetime decreases while the PL maximum first increases then decreases. The correlation to interface defect recombination properties is under investigation. These measurements will permit a refined modelling of heterojunctions as well as the understanding of the photoluminescence mechanisms taking place in various material systems. In this talk, a brief introduction of the physics of PL and MPL as applied in current research work of LGEP will be given and preliminary measurements will be presented.

Mots Clés : *Photoluminescence, modulated photoluminescence, effective carrier lifetime,*

ANALYSE DE L'EFFET D'UN FORT GRADIENT THERMIQUE SUR LA TURBULENCE DES ÉCOULEMENTS DE RECEPTEURS SOLAIRES

Frédéric **AULERY**^a, Adrien **TOUTANT**^a, Françoise **BATAILLE**^a, Ye **ZHOU**^b

^aPROMES CNRS, Rambla de la thermodynamique, Tecnosud, 66100 Perpignan

^bLawrence Livermore National Laboratory, P.O. Box 808, L-23 Livermore, CA 94551 USA

Contact e-mail : frederic.aulery@promes.cnrs.fr

Résumé (Oral)

Dans les récepteurs solaires surfaciques, le fluide caloporteur est soumis à un échauffement fortement asymétrique. Lorsque ce fluide est de l'air, les effets de compressibilité thermique changent la turbulence de l'écoulement. Dans cet article, nous étudions dans l'espace spectral les termes de transferts de l'énergie cinétique turbulente au sein de tels écoulements. Avec le logiciel Trio_U, nous réalisons des simulations des grandes échelles et des simulations numériques directes anisothermes, en utilisant un post traitement et une modélisation spécifiquement développés pour l'étude spectrale de ces transferts. Les simulations utilisent l'approximation de bas-nombre de Mach (quasi-compressibilité) dans un canal plan bi-périodique soumis à un gradient de température. Les simulations des grandes échelles et les simulations numériques directes ont une résolution spatiale comparable à la littérature. Nous comparons les termes de transfert de l'énergie cinétique turbulente dans le détail entre 2 nombres de Reynolds et 2 gradients de température. Les mécanismes de transferts les plus importants sont mis en évidence. Un mécanisme de transfert d'énergie cinétique turbulente du côté chaud vers le côté froid est identifié.

Mots Clés : *Simulations numériques, Récepteur solaire, Températures, Turbulence*

A COUPLED MODEL FOR A LOW CONCENTRATION PV SYSTEM ON A LIMITED SURFACE AREA

Marko **PAVLOV**^a, Vincent **BOURDIN**^a, Anne **MIGAN**^b, Michel **PONS**^a

^aLIMSI-CNRS, Université Paris-Sud, Orsay

^bLGEP, Supélec, Gif-sur-Yvette

Contact e-mail : vincent.bourdin@limsi.fr, marko.pavov@limsi.fr

Résumé (Oral)

The installation of photovoltaic (PV) panels on limited surface areas (e.g. rooftops) is commonly realised by following empirical rules. The ALEPH project, an LGEP-LIMSI collaboration, aims to identify clear rules for maximising the PV electricity production per unit of surface area, while minimising the complexity and life cycle cost of the resulting system. The addition of low-cost, planar (« booster ») mirrors in the inter-row spacing has been experimentally demonstrated to achieve significant yield increases. The potential of this PV-mirror system will be highlighted using a primitive, infinite-row model, and the predictions of this model will be compared with experimental measurements. Various factors influencing the PV panel efficiency will be discussed, along with their implications on the optimal design. The presentation will be concluded by outlining the next steps of the model development process.

Mots Clés : (4 à 6 mots) *Low concentration PV, booster mirrors, crystalline silicon, amorphous silicon, natural convection, heat transfer*

MODELISATION DE CELLULES SOLAIRES TANDEM A BASE DE NITRURES DES ELEMENTS III-V

Walid **ELHUNI**^a, Anne **MIGAN**^a, Zakaria **DJEBBOUR**^{a, b}

^aLGEP, UMR8507, CNRS, Supélec, UPMC, U. Paris-sud 11, 91192 Gif-sur-Yvette cedex

^bDépartement de Physique et de Sciences pour l'Ingénieur, UVSQ, 78035 Versailles

Contact e-mail : walid.elhuni@lgep.supelec.fr

Résumé (Poster)

Nous présentons une étude conceptuelle, précédant les étapes de R&D d'une nouvelle architecture de cellule solaire tandem, combinant les avantages d'une technologie existante sur Si avec ceux de la technologie émergente de l'InGaN. L'objectif est de développer une cellule solaire tandem de plus grande efficacité, dont le rendement de conversion pourrait être supérieur à 31%. Les III-nitrures sont non seulement plus intéressants économiquement que les III-phosphures et III-arséniures, mais aussi physiquement plus résistants, moins sensibles aux hautes température et chimiquement plus durable. Un grand intérêt pour l'alliage ternaire InGaN s'est avéré récemment dans l'optoélectronique grâce à plusieurs propriétés importantes : un coefficient d'absorption élevé, un gap direct et modifiable sur une vaste gamme d'énergie (de 0,7 à 3,4 eV) ainsi que pour leurs faibles masses effectives et la mobilité des porteurs relativement élevée.

Dans ce travail, la cellule supérieure à base d'InGaN, avec une structure GaN-p/InGaN-i/ZnO-n en utilisant des jonctions graduelles, a été modélisée à l'aide du logiciel ATLAS de SILVACO. Une étude complète d'optimisation de ce modèle sera présentée : Impact de la géométrie, de la composition, de certains paramètres physiques sur les performances de la cellule. La conclusion expliquera les prochaines étapes et les verrous pour la modélisation complète de la cellule tandem.

Mots Clés : Photovoltaïque, multi-jonction, polarisation, III-Nitrures, InGaN, modélisation.

OBJECTIFS DE LA CARACTERISATION DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES EN EXTERIEUR

Thomas **MAMBRINI**, Anne **MIGAN DUBOIS**, Christophe **LONGEAUD**
LGEP, UMR 8507 CNRS , SUPELEC, Université Pierre et Marie Curie UPMC, Université Paris-Sud 11, Gif-sur-Yvette

Contact e-mail : thomas.mambrini@lgep.supelec.fr

Résumé (Oral)

De nos jours, les performances des panneaux photovoltaïques (PV) sont mesurées dans des conditions standard de test (STC) qui correspondent à une température de 25°C, un éclairage normal de 1 000 W.m⁻² et un spectre solaire AM1.5. Or, en conditions réelles d'utilisation, les panneaux PV fonctionnent dans des conditions qui changent tout au long de l'année selon le mois, la journée et dépendent du site choisi pour leur installation. De plus, il existe aujourd'hui plusieurs technologies PV qui répondent différemment aux fluctuations météorologiques.

Ce manque de connaissances des caractéristiques réelles des panneaux PV est un problème autant pour les fabricants qui souhaitent savoir quels sont les faiblesses et points forts de leurs panneaux, pour les porteurs de projets photovoltaïques qui ont besoin de plus d'informations pour le choix d'une technologie PV et/ou pour estimer la rentabilité d'un site donné, et pour les chercheurs qui travaillent pour gagner quelques points de rendement de conversion.

C'est dans ce contexte qu'une plateforme de caractérisations PV a été installée sur le toit du LGEP. Elle permet d'enregistrer en continu, les données météorologiques et relatives aux panneaux PV étudiés. Il est alors possible en quelques mois de mesures, d'observer le comportement de panneaux de différentes technologies dans de nombreuses conditions. Nous présenterons quelques résultats marquants de nos campagnes de mesures PV débutées il y a un an.

Mots Clés : *Panneaux photovoltaïques, caractérisation en extérieur, météorologie, modélisation*

COGENERATION HELIO-THERMODYNAMIQUE PAR VOIE HYBRIDE SOLAIRE-BIOMASSE

Abdelhalim **BENBERRAH**^a, François **VEYNANDT**^a, Jean-Jaques **BEZIAN**^a
^aRAPSODEE, Ecole des Mines d'Albi

Contact e-mail : abdelhalim.benberrah@mines-albi.fr

Résumé (Poster)

Les centrales électriques existantes utilisent principalement des combustibles épuisables, souvent fossiles, rejetant du CO₂ dans l'atmosphère. Les législations tendent à devenir plus strictes, pour limiter cette pollution. De plus, l'épuisement des ressources nécessite de développer d'autres sources d'énergie.

La concentration du rayonnement solaire direct permet d'atteindre des températures suffisamment élevées afin d'alimenter un cycle thermodynamique, pour la génération d'électricité et/ou de chaleur. Par contre, l'intermittance de la ressource solaire nécessite un couplage (une hybridation) avec une source de chaleur plus constante et maîtrisable.

Trois solutions particulièrement pertinentes sont identifiées comme sources complémentaires d'énergie : soit un stockage de chaleur, permettant de faire fonctionner la centrale solaire à n'importe quelle heure (selon la demande), soit une centrale thermique fossile pré-existante (dont on réduirait ainsi les rejets en gaz à effet de serre), soit une centrale utilisant de l'énergie renouvelable, comme de la biomasse.

Le travail effectué s'attèle à explorer les pistes d'hybridation d'un concentrateur à miroir de Fresnel avec une chambre de combustion de déchets "biomasse", pour l'alimentation d'un moteur Ericsson (moteur à combustion externe), pour une cogénération électricité-chaleur domestique.

Mots Clés : *Solaire à concentration, stockage, hybridation, Biomasse, cogénération.*

PLASMA A PRESSION ATMOSPHERIQUE : UNE RUPTURE TECHNOLOGIQUE POUR LE DEPOT DE NITRURE DE SILICIUM, COUCHE ANTIREFLET ET PASSIVANTE POUR CELLULES SILICIUM CRISTALLIN

Julien **VALLADE**^{a,b}, José **SILVA**^c, Rémy **BAZINETTE**^a, Laura **GAUDY**^a,
Sylvain **POULIQUEN**^d, Mustapha **LEMITI**^e, Daniele **BLANC-PELISSIER**^e,
Anatolii. **LUKIANOV**^e, Françoise **MASSINES**^a

^aPROcédés Matériaux Energie Solaire, CNRS PROMES, Perpignan

^bAgence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, ADEME, Angers

^cUniversité de Lisbonne, Lisbonne (Portugal)

^dAir Liquide, CRDC Air Liquide, Jouy-en-Josas

^eInstitut des Nanotechnologies de Lyon, INSA INL, Lyon

Contact e-mail : françoise.massines@promes.cnrs.fr

Résumé (Poster)

Dans le cadre de ce travail, nous proposons une rupture technologique pour augmenter la vitesse de production des cellules photovoltaïques en remplaçant les procédés plasma sous vide par des procédés à la pression atmosphérique adaptés pour un traitement, au défilé, des cellules solaires, ce qui permet notamment de réduire la manipulation des cellules et donc la casse des wafers. Pour montrer la faisabilité de couches minces de qualité pour des applications solaires en continu par AP-PECVD, nous avons opté pour le dépôt de SiN_x:H, antireflet et passivant des cellules photovoltaïques silicium de type P. Cette couche doit avoir une composition chimique bien définie pour ne pas absorber la lumière pour un indice optique de 2,1, valeur requise pour la fonction antireflet, tout en contenant suffisamment d'hydrogène pour passiver les défauts de surface et de volume du silicium suite au recuit des contacts.

Ces travaux ont montré que les propriétés optiques recherchées sont obtenues si (i) toutes les recirculations de gaz contenant des résidus de précurseurs dans la zone où passe le substrat pendant le dépôt sont évitées afin d'éliminer la présence de nanoporosités liée au déplacement du substrat, (ii) les électrodes sont suffisamment larges pour que la variation de la chimie du dépôt pendant la croissance de la couche soit négligeable. L'étude de la passivation de surface a montré tout l'intérêt d'un plasma pulsé qui conduit à une durée de vie des porteurs minoritaires de 1 ms pour du silicium CZ dopé N ($\rho = 2,6 \Omega \cdot \text{cm}$). La comparaison des caractéristiques de cellules réalisées sur du silicium monocristallin dopé P avec un SiN_x:H déposé à basse pression et à pression atmosphérique a confirmé la concordance entre les propriétés du dépôt et l'application puisque les mêmes rendements ont été mesurés.

Mots Clés : 4 à 6 mots cellule c-Si, dépôt en continu, plasma à la pression atmosphérique, antireflet, passivation

GENERATION NUMERIQUE DE MOUSSE POUR PREDIRE LES PROPRIETES RADIATIVES D'ABSORBEURS SOLAIRE EN MOUSSE DE SiC

Simon **GUEVELOU**^a, Benoit **ROUSSEAU**^a, Gilberto **DOMINGUES**^a, Jérôme **VICENTE**^b, Cyril **CALLOT**^c, Gilles **FLAMANT**^c

^aUMR CNRS 6607, Laboratoire de Thermocinétique de Nantes

^bUMR CNRS 7343, Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels, Marseille

^cUPR CNRS 8521, Procédés, Matériaux et Energie Solaire, Odeillo

Contact e-mail : simon.guevelou@univ-nantes.fr

Résumé (Poster)

Les centrales solaires thermiques à concentration sont des solutions d'avenir pour produire de l'électricité. Un des verrous technologiques à lever, pour rendre plus compétitives ces centrales, réside dans l'optimisation du rendement du système de conversion qui permet de délivrer de l'air dans le domaine de température allant de 700 à 1100°C. Pour répondre à ces objectifs, les mousses céramiques (SiC) réfractaires à pores ouverts semblent être les plus adaptées. Sur le plan des propriétés radiatives, les mousses doivent à la fois absorber efficacement le rayonnement solaire dans leurs volumes tout en minimisant les réflexions diffuses et les pertes par émission infrarouge. Les propriétés radiatives des mousses sont étroitement liées aux répartitions spatiales des diffuseurs optiques que sont les brins et les pores et donc aux propriétés texturales de la mousse. Afin de mettre en évidence des relations entre ces propriétés texturales et les propriétés radiatives, un générateur numérique de mousse virtuelle a été développé. Celui-ci permet d'obtenir des échantillons numériques de mousse dont les propriétés texturales sont maîtrisées et pour lesquelles nous pouvons prédire les propriétés radiatives par simulation Monte Carlo à partir du code iMorphRad, développé à l'IUSTI (C++, licence CeCILL) [1]. Les propriétés texturales sont également calculées par le code iMorph. Le générateur de mousse permet d'obtenir des mousses dont les propriétés texturales (agencement des pores, porosité, surface spécifique, distribution de taille de pore, connexité) sont similaires à la mousse réelle d'intérêt. Les propriétés radiatives prédites par la simulation Monte Carlo, à la fois sur la mousse virtuelle et sur la reconstruction 3D de la mousse réelle obtenue par μ -tomographie, sont également validées par rapport aux mesures expérimentales des propriétés radiatives [2]. L'étude de l'influence de différents gradients de propriétés texturales sur les propriétés radiatives est ensuite étudié. Pour cela nous générons des mousses présentant un gradient de porosité par épaissement croissant de brins, un gradient de densité de pores, ainsi qu'un gradient de perturbation aléatoire de la position des centres de pores. La maîtrise de l'arrangement des pores et des propriétés texturales de la mousse via le générateur [3] permet l'optimisation des propriétés radiatives.

[1] B. Rousseau, J.Y. Rolland, P. Echegut, E. Brun, J. Vicente, Numerical prediction of the radiative behavior of metallic foams from the microscopic to macroscopic scale, Journal of Physics: Conference Series 369 (2012)

[2] B. Rousseau, S. Guevelou, G. Domingues, J. Vicente, C. Caliot G. Flamant Prediction of the radiative properties of reconstructed alpha-SiC foams used for concentrated solar applications, 2013 MRS Spring Meeting 1545 (2013)

[3] S. Guevelou, B. Rousseau, G. Domingues, J. Vicente, Numerical foam generation to predict thermal radiative properties of SiC foams, Applied Physics Letter (En cours de préparation)

Mots Clés : SiC, Propriétés radiatives, Propriétés texturales, Monte-Carlo

LES REVETEMENTS ANTIREFLETS DE SiO_xN_y POUR LES CELLULES SOLAIRES DE SI EN COUCHES MINCES

Amira **Farhaoui**¹, Joël **Cellier**¹, Eric **Tomasella**¹, Angélique **Bousquet**¹, Antoine **Moreau**², Rafik **Smaali**² et Emmanuel **Centeno**²

¹Institut de Chimie de Clermont-Ferrand, Clermont Université, Université Blaise Pascal, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND

²Institut Pascal, Clermont Université, Université Blaise Pascal, BP 80026, F-63171 AUBIERE

Contact e-mail : Amira.Farhaoui@univ-bpclermont.fr

Résumé (Poster)

La technologie photovoltaïque a connu un progrès remarquable ces dernières années, alors que la commercialisation est limitée par un rapport entre le rendement de conversion et le coût de production. Dans le but d'atteindre le rendement photovoltaïque le plus élevé, les propriétés optiques des couches antireflets devraient être optimisées au même titre que les propriétés électriques de tout le dispositif.

Dans ce cadre, notre objectif est d'explorer des voies puissantes et économiques utilisant la pulvérisation radiofréquence magnétron, un procédé industriel peu coûteux et très bien contrôlé pour développer des systèmes antireflets complexes.

On est intéressé par le contrôle des propriétés optiques des couches minces déposées à travers leurs compositions. Ceci est réalisé en réglant les paramètres de dépôt (cible, débits gazeux, puissance de la cathode, pression ...). Les oxynitrides de silicium, avec leurs indices de réfraction variant entre 1.46 pour un oxyde de silicium et 2.03 pour un nitrure de silicium, sont des candidats intéressants pour les couches minces d'antireflets. Leurs dépôts sont réalisés en utilisant un mélange gazeux d'argon, oxygène et azote pulvérisant une cible de silicium.

Pour des durées de pulses Ton et Toff constantes, on obtient une composition SiO_xN_y avec un indice de réfraction spécifique. Puis, en changeant les durées des pulses du débit d' O_2 durant le dépôt, on prévoit un gradient de composition et donc un gradient contrôlé d'indices de réfraction. C'est une voie économique pour améliorer le rendement photovoltaïque des cellules solaires de silicium en couches minces.

Les analyses du plasma sont faites par la Spectroscopie d'Emission Optique résolue dans le temps pour identifier les espèces générées dans le plasma, et pour suivre leurs évolutions durant le dépôt. Les films sont caractérisés par la spectroscopie de rétrodiffusion de Rutherford pour déterminer leurs compositions, et par la spectroscopie infra-rouge à transformée de Fourier pour leurs propriétés structurales. Les propriétés optiques sont aussi étudiées par la technique d'Ellipsométrie spectroscopique.

Mots Clés : Pulvérisation radiofréquence magnétron, gaz réactif pulsé, oxynitrides de silicium, systèmes antireflets, gradient d'indices de réfractons

THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR OF SILICON INTERDIGITATED BACK CONTACTS SOLAR CELLS FOR CPV APPLICATIONS

Romain **COUDERC**^a, Mohamed **AMARA**^b, Mustapha **LEMITI**^a

^a*Institut de Nanotechnologies INL-UMR5270, Université de Lyon, CNRS, INSA de Lyon, Villeurbanne, F-69621, France*

^b*Centre de thermique de Lyon CETHIL-UMR5008, Université de Lyon, CNRS, INSA de Lyon, Villeurbanne, F-69621, France*

Contact e-mail : romain.couderc@insa-lyon.fr

Résumé (Poster)

The use of concentrators is one way to achieve solar energy cost reduction. Thanks to the concentrators, high efficiency solar cells can be used without increasing the cost of the final module because of the optical elements' cheapness used to concentrate the sunlight onto the cell compared to the solar cells. Interdigitated back contacts (IBC) architecture has several advantages and is very attractive for concentration: (i) no shadowing because there is no metallization on the front surface, (ii) the module integration is eased because both metal contacts are on the same side of the cell, (iii) the series resistance is reduced which is specifically interesting for cells under concentration where the resistive losses limit dramatically the efficiency yield. The capability of such solar cells to achieve high efficiency is already demonstrated. In the module, these cells will be mounted on an active cooling system from which we can extract the thermal energy, and thus maintain the cell at moderate temperature. The system is producing both thermal and electric energy, increasing the global efficiency of the system.

However, up to date, there are few studies on the thermal behavior of these cells particularly under concentration, in which, the heat sources are increased. We want to study this aspect thanks to simulation, fabrication and characterization of such cells under the conditions described above.

Mots Clés : *interdigitated back contact, thermal behaviour, cogeneration, simulation.*

GAZEIFICATION DE LA BIOMASSE SOUS HAUTE DENSITE DE FLUX SOLAIRE

Victor **POZZOBON**^a, Jean Jacques **BEZIAN**^a, Sylvain **SALVADOR**^a,
Mouna **EL HAFI**^a, Gilles **FLAMANT**^b

^aLaboratoire RAPSODEE, Ecole des Mines d'Albi, Albi

^bLaboratoire PROMES, Odeillo

Contact e-mail : victor.pozzobon@mines-albi.fr

Résumé (Oral)

Avec l'augmentation du coût de l'énergie, la biomasse s'impose de plus en plus comme une source d'énergie alternative. En effet, elle peut être valorisée sous forme d'énergie, par incinération, par méthanisation, ou sous forme de gaz de synthèse. Le gaz de synthèse est produit par gazéification du char issu de la pyrolyse de biomasse. Actuellement, cette réaction est menée dans des réacteurs autothermes (apport de l'énergie nécessaire par combustion d'une partie la biomasse), ce qui impose un faible rendement. L'apport de l'énergie nécessaire à la gazéification par l'énergie solaire concentrée est une solution possible pour augmenter les rendements de conversion tout en stockant (sous forme de gaz) l'énergie solaire. L'utilisation des hautes températures et des fortes densités de flux associées à l'énergie solaire concentrée soulèvent des questions en terme de comportement de la biomasse lors de sa dégradation. Dans le cadre de cette thèse, l'approche retenue est à la fois expérimentale et numérique. Le développement d'un dispositif expérimental permettant d'exposer de la biomasse à un haut flux radiatif est en cours. Les premiers résultats montrent un comportement particulier, mais répétable, de la biomasse. En parallèle, un modèle numérique de la gazéification de biomasse est en élaboration.

Mots Clés : *Gazéification, Biomasse, Haute densité de flux, Energie solaire concentrée, Conversion thermochimique.*

MODELISATION D'UN COMPOSANT D'ENVELOPPE SOLAIRE-VENTILE

Syamimi **SAADON**^{a,b}, Leon **GAILLARD**^{a,b}, Christophe **MENEZO**^{a,b}

^aCETHIL UMR CNRS 5008, INSA Lyon, Université Lyon 1, Villeurbanne

^bChaire INSA/EDF "Habitats et Innovations Energétiques", Villeurbanne

Contact e-mail : syamimi.saadon@insa-lyon.fr

Résumé (Poster)

Les composants d'enveloppe photovoltaïques (PV) ventilées peuvent améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment en hiver comme en été tout en produisant de l'électricité. Ce travail est centré sur la valorisation de l'énergie captée par ces composants d'enveloppe de type double-peaux photovoltaïques ventilées. En hiver, le principe de fonctionnement consiste à valoriser une partie de l'énergie solaire captée et non convertie en électricité. Mais notre étude concerne plus spécifiquement le principe de fonctionnement en été relativement peu abordé. En été, l'énergie thermique potentiellement recueillie par la double paroi ventilée (DPPV) est valorisée pour générer un rafraîchissement de l'air intérieur et améliorer le confort thermique au sein du bâtiment. Ventilés naturellement, les composants d'enveloppe double-peaux PV actifs peuvent contribuer à la fois à la performance thermique d'un bâtiment et sa demande en énergie électrique. Dans cette étude, nous présentons le projet «Ressources», portant sur l'étude de ces composants développés à échelle réelle (pour constructions neuves et en rénovation). Le système combiné est simulé à l'aide d'un modèle physique simplifié adapté à l'échelle du bâtiment et développé sous environnement TRNSYS.

Mots Clés : convection naturelle; double-peau; photovoltaïque; intégration au bâtiment