



Congrès JNES 2018

Campus de LyonTech

IUT Lyon 1 - Département Génie Civil

84 bd Niels Bohr

La Doua - Villeurbanne

27-29 juin 2018

PROGRAMME & RESUMES

LES ORGANISATEURS



LES PARTENAIRES



Université Claude Bernard



Lyon 1

SOMMAIRE

PROGRAMME

Mercredi 27 juin 2018

Accueil des congressistes-----	5
Ouverture des JNES (<i>Amphithéâtre 1</i>)-----	5
Conférences Plénières -----	5
Présentations (<i>Amphithéâtre 1</i>)	
▪ Photo procédés -----	5
▪ Solaire Thermodynamique -----	6
▪ Bâtiments et Villes Solaires -----	6
Session Posters (<i>Salle du conseil-Bâtiment direction</i>) -----	6
Dîner de gala -----	6

Jeudi 28 Juin 2018

SESSION TRANSVERSE FEDESOL/FEDPV

Présentations (<i>Amphithéâtre 1</i>)	
▪ Solaire Photovoltaïque -----	7
▪ Session Transverse -----	7-8
▪ Section Stockage -----	8
Session Posters (<i>Salle du conseil-Bâtiment direction</i>) -----	8
Conclusion JNES 2018 -----	8
Visite du quartier démonstrateur du Grand Lyon -----	8

Vendredi 29 juin 2018

JUNIOR FEDESOL (*salle 201-203-205 – Département Génie Civil*)

Accueil et présentation des doctorants -----	9
Ateliers Thématiques (<i>sessions en parallèle</i>)	
▪ Optimisation de la collecte et de la transformation de la ressource -----	9
▪ Production à l'échelle du territoire -----	9
▪ Enernet/Energie et Numérique -----	9
▪ Villes Bas-carbone -----	9

Valorisation des expertises des étudiants	9
Restitution des ateliers	9
Remise des prix	9
Clôture des JNES	9

CONTRIBUTIONS

Liste des posters	10
Résumés	14

Annexe

Plan du campus	94
----------------	----

Horaires	Mercredi 27 juin 2018
09h30-10h00	<i>Accueil des congressistes</i>
10h00-10h45	<p style="text-align: center;">OUVERTURE DE L'ÉVÉNEMENT (Amphithéâtre 1)</p> <p>Abdelilah Slaoui & Christophe Menezo (<i>Direction de la Fédération FédEsol</i>)</p> <p>Hamda Ben Hadid (<i>Vice Président de CA – Président Conseil Académique UCBL</i>)</p> <p>Frédéric Kuznik (<i>Directeur du CETHIL</i>)</p> <p>Denis Varaschin (<i>Président USMB</i>)</p> <p>Michel Dhome (<i>Directeur du LabeX IMobS3</i>)</p> <p>Catherine Candela (<i>Pôle Tenerrdis</i>)</p>
10h45-11h45	<p style="text-align: center;">CONFÉRENCES PLENIÈRES</p> <p>Animateur : Abdelilah Slaoui (<i>ICUBE-Strasbourg</i>)</p> <p><u>Intervenant</u> : Prospective de déploiement spatial des énergies renouvelables selon les acteurs et les régulations Gilles Debizet (<i>PACTE-Grenoble</i>)</p>
11h45-12h45	<p style="text-align: center;">PHOTO-PROCÉDES (Amphithéâtre 1)</p> <p>11h45-11h55 Animateur : Jean-François Cornet (<i>Institut Pascal-Clermont-Ferrand</i>)</p> <p>11h55-12h20 <u>Intervenants</u> : Etat de l'art des Photobioréacteurs solaires : infrastructures et applications Jérémy Pruvost (<i>GEPEA - Nantes Plateforme ALGOSOLIS/Algosource Technologies</i>)</p> <p>12h20-12h45 Photo-procédés d'oxydation avancée par voie solaire pour le traitement de l'eau Vincent Goetz (<i>PROMES-CNRS - Perpignan</i>)</p>
12h45-14h00	<i>Pause déjeuner</i>

14h00-15h20	<p align="center">SOLAIRE THERMODYNAMIQUE (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Françoise Massines (<i>PROMES-CNRS - Perpignan</i>)</p> <p>Intervenants :</p>
14h00-14h20	Centrales solaires flexibles de petite puissance : le projet européen Polyphem Alain Ferriere (<i>PROMES-CNRS - Odeillo</i>)
14h20-14h40	Centrales thermodynamiques pour la génération directe de vapeur (DSG) Valery Vuillerme (<i>CEA - Le Bourget</i>)
14h40-15h00	Design des systèmes à concentration par le logiciel SOLSTICE Cyril Caliot (<i>PROMES-CNRS - Odeillo</i>)
15h00-15h20	Optimisation de la distribution des fluides dans un récepteur solaire tubulaire Yilin Fan (<i>LTE - Nantes</i>)
15h20-16h15	<i>Pause et session posters</i>
16h15-17h35	<p align="center">BATIMENTS ET VILLES SOLAIRES (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Christophe Menezo (<i>LOCIE - Chambéry</i>)</p> <p>Intervenants :</p>
16h15-16h55	Cadastre solaire du canton de Genève : méthodologie, modèles et outils d'analyse du potentiel solaire sur les toitures et façades Gilles Desthieux (<i>HES-Hepia - Genève</i>)
16h55-17h15	Collecte et Production d'énergie sur le bâtiment en milieu urbain Stéphanie Giroux (<i>CETHIL - Lyon</i>)
17h15-17h35	Recherche en sciences & techniques de la ville Christian Inard (<i>IRSTV - LASIE</i>)
17h35-18h30	<i>Session posters</i>
19h00	<i>Dîner de gala</i>

Horaires	Jeudi 28 juin 2018
<p>08h30-12h30</p> <p>08h30-08h50</p> <p>08h50-09h10</p> <p>09h10-09h30</p> <p>09h30-09h50</p>	<p align="center">SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : SUJETS TRANSVERSES FEDÉSOL/FEDPV (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Daniel Lincot (<i>IPVF - Chatou</i>)</p> <p><u>Intervenants</u> :</p> <p>Gestion optimale de la ressource solaire Christian Cristofari (<i>SPE - Université de Corse</i>)</p> <p>Composants solaires hybrides PV/T Christophe Menezo (<i>LOCIE - Chambéry</i>)</p> <p>Nouvelles Technologies PV (organique, hybrides, pérovskite) Solenn Berson (<i>INE S- Chambéry</i>)</p> <p>Thermophotovoltaic devices for solar and thermal energy conversion Rodolphe Vaillon (<i>CETHIL - Lyon</i>)</p>
<p>09h50-11h15</p>	<p><i>Pause et session posters</i></p>
<p>11h15-12h35</p> <p>11h15-11h35</p> <p>11h35-11h55</p> <p>11h55-12h15</p> <p>12h15-12h35</p>	<p align="center">SESSION TRANSVERSE (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Stéphanie Giroux (<i>CETHIL - Lyon</i>)</p> <p><u>Intervenants</u> :</p> <p>Programmes de collaboration technologique de l'Agence internationale de l'Énergie Paul Kaaijk (<i>ADEME - Valbonne</i>) représenté par Alain Ferriere</p> <p>Réseau Reset Jean-Pierre Bedecarrats (<i>LaTEP - Pau</i>)</p> <p>Rémi Giraudon (<i>Solar Urban Energy - Lyon</i>) Léon Gaillard (<i>Ab-initio - Le Bourget du Lac</i>)</p> <p>Le Manta : Un navire révolutionnaire pour nettoyer les océans</p>
<p>12h35-14h00</p>	<p><i>Pause déjeuner</i></p>

14h00-15h20	<p style="text-align: center;">SECTION STOCKAGE (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Benoît Stutz (<i>LOCIE - Chambéry</i>)</p>
14h00-14h20	<p><u>Intervenants</u> :</p> <p>Matériaux cimentaires et matériaux composites pour le stockage de chaleur Frédéric Kuznik (<i>CETHIL - Lyon</i>)</p>
14h20-14h40	<p>Matériaux à base de phosphates pour le stockage thermique de l'énergie à haute température Abdoul Razac SANE (<i>RAPSODEE - Albi</i>)</p>
14h40-15h00	<p>Murs solaires à stockage thermique sensible et latent Laurent Zalewski (<i>LGCGe - Béthune</i>)</p>
15h00-15h20	<p>Pilotage du stockage batterie pour l'énergie photovoltaïque : bénéfices de la simplicité/complexité des algorithmes Dominique Knittel (<i>UNISTRA-Université de Strasbourg - Strasbourg</i>)</p>
15h20-16h15	Pause et session posters
16h15-17h30	<p style="text-align: center;">SESSION TRANSVERSE (Amphithéâtre 1)</p> <p>Animateur : Abdelilah Slaoui (<i>ICUBE - Strasbourg</i>)</p>
16h15-16h35	<p><u>Intervenants</u> :</p> <p>L'hydrogène: potentiel et enjeux Claude Heller (<i>Air Liquide</i>)</p>
16h35-16h55	<p>Development of Renewable Energy in Chile with focus on Solar Humberto Gomez Meier (<i>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Chile</i>)</p>
16h55-17h15	<p>Quartier démonstrateur du Grand Lyon de Lyon Confluence Bruno Gaiddon (<i>HESPUL</i>)</p>
17h15-18h30	Conclusion JNES
18h30	<p>Visite du quartier démonstrateur du Grand Lyon (optionnel)</p> 

Horaires	Vendredi 29 juin 2018
	JUNIOR FedEsol Salle 201-203-205 (Département Génie Civil)
08h30-09h00	<i>Accueil des doctorants et répartition par atelier</i>
09h00-10h45	<i>Présentations par doctorants</i>
10h45-11h15	<i>Pause</i>
11h15-13h00	ATELIERS THEMATIQUES (SESSIONS EN PARALLELE) AT1 : OPTIMISATION DE LA COLLECTE ET DE LA TRANSFORMATION DE LA RESSOURCE (salle 201) Animateur : (en cours) AT2 : PRODUCTION A L'ECHELLE DU TERRITOIRE (salle 203) Animateur : Christophe Menezo (LOCIE - Chambéry) ENERNET / ENERGIE ET NUMERIQUE (salle 205) Animateur : Frédéric Wurtz (G2Eelab - Grenoble) <i>Objectif de convergence : VILLES BAS-CARBONE</i>
13h00-14h00	<i>Pause déjeuner</i>
14h00-15h00	<i>Valorisation des expertises des étudiants, PhD Talents</i>
15h00-16h15	<i>Restitution des 3 ateliers thématiques (20min / Atelier)</i>
16h15-16h30	<i>Désignation des lauréats et remise des prix</i>
16h30-16h45	<i>Clôture des JNES 2018</i>

Liste des contributions (*posters*)

(Salle du conseil-Bâtiment direction)

PHOTO PROCÉDES

ETUDE DE CATALYSEURS BIFONCTIONNELS A BASE D'HYDROXYDES MIXTES DE FER ET DE COBALT POUR L'ELECTROLYSE DE L'EAU DIRECTEMENT COUPLEE A DES CELLULES EN COUCHES MINCES CIGS

Ersan **GURBUZ**, Damien [COUTANCIER](#), Anne-Marie **GONCALVES**, Daniel **LINCOT**

FORMULATION INTÉGRALE DE MODÈLES MULTI-ÉCHELLES POUR L'OPTIMISATION DE PROCÉDÉS PHOTO-RÉACTIFS SOLAIRES

Victor [GATTEPAILLE](#), Jérémi **DAUCHET**, Fabrice **GROS**, Matthieu **ROUDET**, Caroline **SUPPLIS**, Jean-François **CORNET**

LE PROJET ANTEA : MODELISATION NUMERIQUE ET GESTION DU CLIMAT D'UNE SERRE SOLAIRE POUR LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION DE FLEURS COMESTIBLES

Oussama [REJEB](#), Aicha haj **HASSEN**, Christophe **MENEZO**

MODELE DE CONNAISSANCE D'UN PHOTOREACTEUR D'ETUDE POUR LA PRODUCTION D'HYDROGENE SOLAIRE

Caroline [SUPPLIS](#), Jérémi **DAUCHET**, Victor **GATTEPAILLE**, Fabrice **GROS**, Matthieu **ROUDET**, Jean-François **CORNET**

SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

PREDICTION DE LA DUREE DE VIE DE MIROIRS SOLAIRES PAR VIEILLISSEMENT EN TEMPERATURE – HUMIDITE

Coralie [AVENEL](#), Olivier **RACCURT**, Jean-Luc **GARDETTE**, Sandrine **THERIAS**

A THREE-DIMENSIONAL DEVELOPED NUMERICAL MODEL OF THE TROUGH CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC/THERMAL SYSTEM

Wafa **BEN YOUSSEF**, Taher **MAATALLAH**, Christophe **MENEZO**, Samia **BEN NASRALLAH**, Sassi **BEN NASRALLAH**

INFLUENCE DE LA GEOMETRIE SUR LES TRANSFERTS COUPLES DANS UN RECEPTEUR VOLUMIQUE SOLAIRE A HAUTE TEMPERATURE

Cyril [Caliot](#)

MODELISATION DU COMPORTEMENT DEFAILLANT D'INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES DE GRANDE DIMENSION

Gaëlle [FAURE](#), Mathieu **VALLEE**, Cédric **PAULUS**, Tuan Quoc **TRAN**

PERFORMANCE EVALUATION OF SOLAR ASSISTED ABSORPTION MACHINE

[Ankita](#) **GAUR**, Benoit **STUTZ**, François **BOUDEHENN**

**MISE EN CASCADE DE CONVERTISSEURS DC-DC POUR APPLICATION SOLAIRE CONCENTREE :
COMMANDE ET REGULATION**

Ryan [KOURDANE](#), Olivier [FRUCHIER](#), Thierry [TALBERT](#), Dorian [GACHON](#), Frédéric [THIERRY](#), Thierry [MARTIRE](#)

ÉTUDE D'UN RÉACTEUR SOLAIRE HORIZONTAL À LIT FLUIDISÉ POUR LA CALCINATION

Damien [PONCIN](#), Gilles [FLAMANT](#), Adrien [TOUTANT](#), Hadrien [BENOIT](#)

BATIMENTS ET VILLE SOLAIRES

**CARACTERISATION THERMIQUE DE MATERIAUX COMPOSITES DEDIES AU STOCKAGE DE CHALEUR
PAR REACTION CHIMIQUE POUR DES APPLICATIONS DANS LE DOMAINE DU BATIMENT**

Julie [DUSSOUILLEZ](#), Kéryn [JOHANNES](#), Frédéric [KUZNIK](#)

BIOMIMICRY AS AN APPROACH FOR BIO-INSPIRED SOLAR BUILDING ENVELOPE

Ankita [GAUR](#), Christophe [MENEZO](#), Monika [WOLOSZYN](#), Gilles [FRAISSE](#), Gérard [MERLIN](#)

**PROJET SUNSTONE : RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRES INTELLIGENTS AVEC STOCKAGE
INTERSAISONNIER**

Armelle [GOAREGUER](#), Amandine [LE DENN](#), Fabrice [RENAUDE](#), Charles [MARAGNA](#), Pierre-Henri [WUILLEMIN](#), Christophe [GONZALES](#), Marc [CLAUSSE](#)

**MISE EN PLACE D'UNE MÉTHODOLOGIE INTÉGRÉE D'ÉVALUATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION
SOLAIRE À L'ÉCHELLE DE LA VILLE**

Benjamin [GOVEHOVITCH](#), Stéphanie [GIROUX-JULIEN](#), Éric [PEYROL](#), Christophe [MÉNÉZO](#)

**A COMPUTATIONAL TOOL FOR MULTI-OBJECTIVE BUILDING OPTIMIZATION WITH KRIGING
SURROGATE MODEL**

Gilles [FRAISSE](#), Bernard [SOUYRI](#), Frédéric [WURTZ](#), Xavier [BRUNOTTE](#), Petre [ENCIU](#), Bruno [PEUPORTIER](#), Maxime [ROBILLART](#), Mohammed [EL-MANKIBI](#), Sarah [TRUCHET](#), Eric [FRANÇOIS](#), [Shyam](#)

**NOUVELLE APPROCHE D'ÉVALUATION DE POTENTIELS DE RESSOURCES BIOCLIMATIQUES EN
CLIMAT CHAUD ET HUMIDE**

Abdou [IDRIS](#), Joseph [VIRGONE](#), Damien [DAVID](#), Etienne [VERGNAULT](#), Abdoukader [IBRAHIM](#)

ETUDE D'UN CONCEPT DE SERRE SOLAIRE AUTONOME

Emmanuel [JACKSON](#), Christophe [MENEZO](#), Bernard [SOUYRI](#), Gérard [MERLIN](#)

**IMPACT DE L'UTILISATION D'UN MUR SOLAIRE COMPOSITE INTEGRANT DES MATERIAUX A
CHANGEMENT DE PHASE SUR LE COMPORTEMENT THERMIQUE D'UNE MAISON INDIVIDUELLE**

Enghok [LEANG](#), Pierre [TITTELEIN](#), Laurent [ZALEWSKI](#), Stéphane [LASSUE](#)

**MODELISATION DYNAMIQUE ET VALIDATION EXPERIMENTALE D'UN CAPTEUR BIPVT INNOVANT
AVEC UNE COUCHE DE TERRE CUITE**

Oussama [REJEB](#), Stéphanie [GIROUX-JULIEN](#), Christophe [MENEZO](#), Guy [BARRET](#)

OPTIMISATION HOLISTIQUE DES BATIMENTS BASEE SUR L'EVALUATION DES PERFORMANCES ANNUELLES A PARTIR DE SEQUENCES DE COURTE DUREE

Hasan [SAYEGH](#), Antoine **LECONTE**, Gilles **FRAISSE**

PRISE EN COMPTE DE LA STRATIFICATION THERMIQUE EXTERIEURE DANS LES MODELES DE PREDICTION DU DEBIT DES PAROIS SOLAIRES VENTILEES PAR CONVECTION NATURELLE

Martin [THEBAULT](#), Stéphanie **GIROUX-JULIEN**, Christophe **MENEZO**, Victoria **TIMCHENKO**, John **REIZES**

LA SIMULATION DES FLUX RADIATIFS EN MILIEU URBAIN : COMPARAISON DE STRATEGIES

Feng [WANG](#)

PHOTOVOLTAÏQUE

FRONT-CONTACTED MULTIJUNCTION MICRO SOLAR CELLS FOR HIGH-CONCENTRATION PHOTOVOLTAICS : FABRICATION AND CHARACTERIZATION

Pierre [ALBERT](#), Abdelatif **JAOUAD**, Maxime **DARNON**, Christopher E. **VALDIVIA**, Maité **VOLATIER**, Yannick **DESHAYES**, Karin **HINZER**, Laurent **BECHOU** and Vincent **AIMEZ**

ETUDE DE L'EFFET DE L'INCORPORATION DE DIOXYDE D'ÉTAIN SUR L'EFFICACITÉ DES CELLULES SOLAIRES ORGANIQUES

Ikram [ANEFNAE](#), Guy **SCHMERBER**, Safae **AZOU**, Kübra **YASAROGLU**, Silviu **COLIS**, Jean-Luc **REHSPRINGER**, Gérald **FERBLANTIER**, Nicolas **ZIMMERMANN**, Thomas **HEISERD**, Abdelilah **SLAOU**

ETUDE DE L'OXYDE D'ETAIN SNOX POUR DES APPLICATIONS SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

Manale [BATTAS](#), M.**REGRAGUI**, Abdelilah **SLAOU**, Aziz.**DINIA**, Gérald.**FERBLANTIER**

ETUDE DE L'EFFET DE L'IODURE DE CUIVRE SUR LA STABILITE DES CELLULES SOLAIRES ORGANIQUE-INORGANIQUE A BASE DE PEROVSKITE

Wissal [BELAYACHI](#), Kübra **YASAROGLU**, Guy **SCHMERBER**, Jean-Luc **REHSPRINGER**, Mohammed **ABD-LEFDIL**, Aziz **DINIA**

MODELISATION ET CARACTERISATION DE SIGNATURES ELECTRIQUES DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Abdelhadi [BENZAGMOUT](#), Olivier **FRUCHIER**, Thierry **TALBERT**, Thierry **MARTIRE**, Philippe **ALEXANDRE**

INGENIERIE NANOPHOTONIQUE POUR CELLULE SOLAIRE TANDEM PEROVSKITE/SILICIUM

Florian [BERRY](#), Hai Son **NGUYEN**, Erwann **FOURMOND**, Céline **CHEVALIER**, Christian **SEASSAL**

MISE EN CASCADE DE CONVERTISSEURS DC-DC POUR APPLICATION SOLAIRE CONCENTREE : ARCHITECTURE DE PUISSANCE

Ryan [KOURDANE](#), Olivier **FRUCHIER**, Thierry **TALBERT**, Dorian **GACHON**, Frédéric **THIERRY**, Thierry **MARTIRE**

HIGH EFFICIENCY SI SOLAR CELL INCLUDING TUNNEL JUNCTION FOR TANDEM PHOTOVOLTAIC CELLS

Xiao [LI](#), Marco **VETTORI**, Michel **GENDRY**, Alain **FAVE**, Mustapha **LEMITI**

ÉTUDE EXPERIMENTALE DU TRANSFERT RADIATIF EN CHAMP PROCHE POUR LA CONVERSION THERMOPHOTOVOLTAÏQUE

Christophe [LUCCHESI](#), Pierre-Olivier **CHAPUIS**, Dilek **CAKIROGLU**, Jean-Philippe **PEREZ**, Thierry **TALIERCIO**, Eric **TOURNIE**, Rodolphe **VAILLON**

HIGH VOLTAGE SOLAR CELLS BASED ON NANOSTRUCTURED ULTRA THIN SILICIUM

Nelly [MOULIN](#)

SILICON FOILS ON ALUMINIUM SUBSTRATES STRUCTURES FOR SOLAR CELLS

Abderrahime [SEKKAT](#), Abdelilah **SLAOUI**, Anatolie **GAVRILUTA**, Stéphane **ROQUES**, Alexander **ULYASHIN**

STOCKAGE

ETUDE CFD ET ÉVALUATION EXPERIMENTALE DES PERFORMANCES D'UN BALLON DE STOCKAGE D'EAU CHAUDE INTÉGRANT LES CAPTEURS SOLAIRES A TUBES SOUS VIDE

Tarik [BOUHAL](#), Saïf ed-Dîn **FERTAHI**, Younes **AGROUAZ**, Tarik **KOUSKSOU**, Youssef **ZERAOULI**

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF A TWO-PHASE CLOSED THERMOSYPHON THROUGH CFD NUMERICAL SIMULATIONS

Saïf ed-DIN [FERTAHI](#), Tark. **BOUHAL**, Omar **RAJAD**, Tarik. **KOUSKSOU**, T. EL **RHAFIKI**, Youssef. **ZERAOULI**

ISORC : OUTILS POUR L'INTEGRATION DU SOLAIRE SUR LES RESEAUX DE CHALEUR

Sylvain [SERRA](#), Sabine **SOCHARD**, Jean-Michel **RENEAUME**, Amandine **LE DENN**, Pierre **DELMAS**, Pierre **EVEILLARD**



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE DE CATALYSEURS BIFONCTIONNELS A BASE D'HYDROXYDES MIXTES DE FER ET DE COBALT POUR L'ELECTROLYSE DE L'EAU DIRECTEMENT COUPLEE A DES CELLULES EN COUCHES MINCES CIGS

Ersan **GURBUZ**^{a,b}, Damien **COUTANCIER**^{a,b}, Anne-Marie **GONCALVES**^c, Daniel **LINCOT**^{a,b}

^aInstitut Photovoltaïque d'Ile de France, Palaiseau

^bCNRS - UMR 9006, Institut Photovoltaïque d'Ile de France, Palaiseau

^cInstitut Lavoisier de Versailles, Université Versailles Saint Quentin, Versailles

Contact e-mail : damien.coutancier@cnrs.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est la réalisation effective d'un appareil intégré couplant photovoltaïque et électrolyse de l'eau. Le dispositif est basé sur la technologie CIGS, qui consiste en un empilement Verre/Mo/CIGS/Couche tampon/ZnO/ZnO:Al. Trois cellules interconnectées en série grâce à la méthode P1/P2/P3 fourniront le potentiel nécessaire (1,23 V) pour réaliser l'électrolyse de l'eau. Les catalyseurs sont déposés sur le même substrat que les cellules photovoltaïques en découvrant le molybdène du contact arrière du dispositif.

Les catalyseurs, des hydroxydes doubles de cobalt et de fer, sont électrodéposés en milieu nitrate dans un montage à 3 électrodes classique composé d'une ECS, d'une contre-électrode de platine et d'une plaque de molybdène sur verre comme électrode de travail. L'application d'un potentiel cathodique de -1V/ECS permet la réduction des nitrates, générant des ions hydroxydes et basifiant localement le pH, ce qui entraîne la précipitation des hydroxydes souhaités sur le molybdène. De premiers résultats sur les propriétés électrocatalytiques en milieu KOH 1N seront présentés. Ils confirment l'effet catalytique des oxydes mixtes Fe-Co en réduction par rapport au Mo nu.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

FORMULATION INTÉGRALE DE MODÈLES MULTI-ÉCHELLES POUR L'OPTIMISATION DE PROCÉDÉS PHOTO-RÉACTIFS SOLAIRES

Victor **GATTEPAILLE**, Jérémie **DAUCHET**, Fabrice **GROS**, Matthieu **ROUDET**, Caroline **SUPPLIS**,
Jean-François **CORNET**

Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand Cedex
Contact e-mail : victor.gattepaille@uca.fr

RÉSUMÉ

La production de vecteurs énergétiques solaires (biocarburants 3G, hydrogène, gaz de synthèse, méthane, méthanol,...) ne deviendra une réalité industrielle que lorsque les procédés photo-réactifs correspondant atteindront une efficacité thermodynamique suffisante, dépassant 10%. Il faut pour cela innover dans la conception du procédé à grande échelle ainsi qu'optimiser son dimensionnement et son pilotage. Les procédés photo-réactifs étant limités par le transfert radiatif [1] un travail de modélisation aux différentes échelles de ce transfert est donc nécessaire pour espérer approcher un jour les optimums thermodynamiques que nous savons aujourd'hui calculer : autour de 15-20% pour les photobioréacteurs et photoréacteurs, 40% pour les cellules photo-électrochimiques.

Les grandeurs clés à calculer sont classiquement évaluées en plusieurs étapes, auxquelles on peut associer plusieurs échelles [2]. Les propriétés optiques (indice de réfraction complexe) des catalyseurs résultent de leurs caractéristiques à l'échelle moléculaire et peuvent être obtenues à partir de combinaisons de bases de données et de calculs quantiques (DFT) associées aux relations de Kramers-Krönig. Les propriétés radiatives du milieu réactionnel (suspension de particules catalytiques) sont ensuite évaluées par résolution des équations de Maxwell (e.g. théorie de Mie). L'équation de transfert radiatif peut alors être résolue au sein du réacteur, avec des conditions aux limites qui dépendent de la position du soleil, de son spectre, des conditions météorologiques et donc du temps. Le champ de rayonnement obtenu permet enfin la formulation locale du couplage thermocinétique qui est intégrée à l'échelle du procédé pour donner les grandeurs observables d'intérêt, sur lesquelles porte l'optimisation (vitesse volumétrique de production, efficacité énergétique).

Le principal objectif du travail présenté consiste à rechercher une formulation intégrale directe du problème complet, en imbriquant les modèles aux différentes échelles. Il s'agit donc de ne plus calculer nos grandeurs d'intérêt via un processus séquentiel calculant des grandeurs intermédiaires à chaque échelle décrite, mais de proposer une méthode calculant directement les performances du procédé en traversant toutes les échelles (soit toutes nos intégrales). Un premier algorithme est ici proposé pour le calcul d'un cas simple représentant un photobioréacteur plan exposé au soleil (avec ou sans tracking) rempli de micro-algues. Les résultats obtenus pour la production annuelle en biomasse de l'installation en un seul calcul de Monte Carlo (incluant le calcul des

sensibilités) ont été validés par l'approche séquentielle et permettent d'obtenir des temps de calcul divisés par 100.

[1] Jeremi Dauchet, J.-François Cornet, Fabrice Gros, Matthieu Roudet, C.-Gilles Dussap. 2016. Photobioreactor modeling an radiative transfer analysis for engineering purposes. In : J. Legrand ed., *Adv. Chem. Eng.*, vol. 48, Burlington : Academic Press, 2016, pp. 1-106.

[2] J.-François Cornet, Lidia Favier, C.-Gilles Dussap. 2003. Modeling stability of photoheterotrophic continuous cultures in photobioreactors. *Biotechnol. Prog.*, 19 : 1216-1227.

[3] Jérémie Dauchet, Stéphane Blanco, Jean-François Cornet, Mouna El Hafi, Vincent Eymet, and Richard Fournier. The practice of recent radiative transfer Monte Carlo advances and its contribution to the field of microorganisms cultivation in photobioreactors. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 128:52–59, 2013.

[4] J. Delatorre, G. Baud, J.J. Bézian, S. Blanco, C. Caliot, J.F. Cornet, C. Coustet, J. Dauchet, M. El Hafi, V. Eymet, R. Fournier, J. Gautrais, O. Gourmel, D. Joseph, N. Meilhac, A. Pajot, M. Paulin, P. Perez, B. Piaud, M. Roger, J. Rolland, F. Veynandt, and S. Weitz. Monte Carlo advances and concentrated solar applications. *Solar Energy*, 103:653–681, 2014.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

LE PROJET ANTEA : MODELISATION NUMERIQUE ET GESTION DU CLIMAT D'UNE SERRE SOLAIRE POUR LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION DE FLEURS COMESTIBLES

Oussama REJEB^{a,b}, Aicha haj HASSEN^a, Christophe MENEZO^{a,b}

^a-LOCIE UMR CNRS 5271, Campus Scientifique Savoie Technolac - Bâtiment Hélios, Avenue du Lac Léman, F-73376, Le Bourget-du-Lac, France.

^b-Fédération de recherche CNRS sur l'énergie solaire – FédESol FR CNRS 3344

Contact e-mail : Oussama.r009@hotmail.fr, christophe.menezo@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

La serre, consiste en une enceinte limitée par une paroi transparente, amplifie certaines caractéristiques du climat extérieur (température ambiante, vitesse du vent, flux solaire et humidité...) créant ainsi des conditions peu favorables aux cultures. Le projet ANTEA vise à contrôler et créer d'environnements optimaux (niveau de lumière, la température, la concentration de CO₂ et l'humidité) au sein de la serre solaire afin d'aboutir à la croissance et la bonne production des fleurs combustibles qui répondent aux exigences des consommateurs. La modélisation numérique des paramètres microclimatiques est essentielle pour optimiser les conditions climatiques à l'intérieur des serres à différentes étapes de la croissance des fleurs comestibles. Les modèles de simulation sont un bon outil pour optimiser les systèmes de ventilation et de chauffage des serres, ce qui nous permet de prédire les températures, humidités et les concentrations de CO₂ intérieures en fonction des paramètres climatiques externes et des caractéristiques de la serre. Un modèle multi physique est développé en se basant sur le couplage des échanges radiatifs, conductifs, convectifs au sein de la serre solaire ainsi que la prise en compte des échanges des chaleurs sensibles, latentes, des évaporations, condensations et photosynthèses. Dans ce travail, nous intéressons à la gestion du climat à l'intérieur de notre serre.

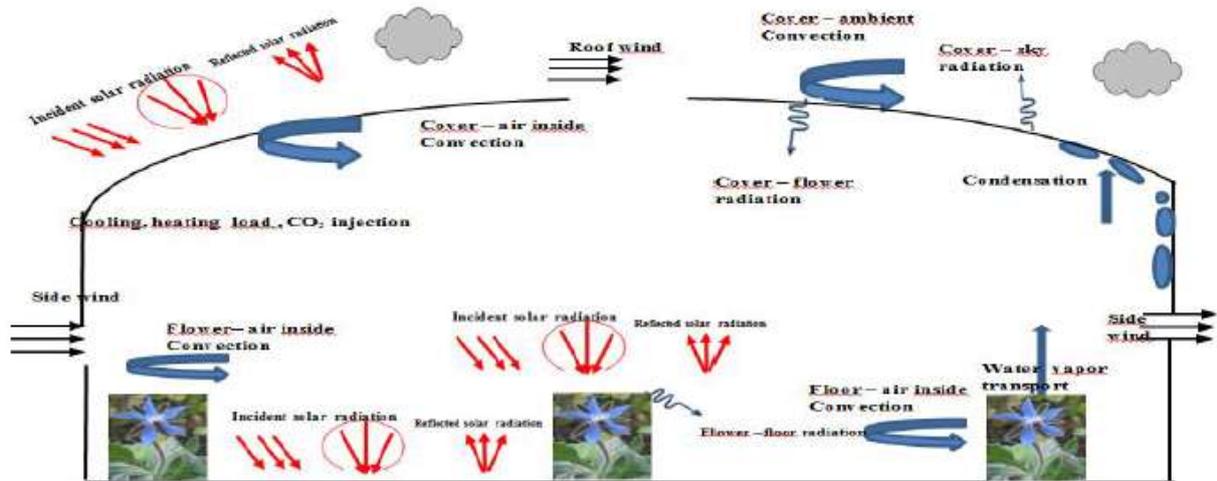


Figure 1 : Schéma géométrique d'une serre solaire ventilée considérée dans notre étude.

2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MODELE DE CONNAISSANCE D'UN PHOTOREACTEUR D'ETUDE POUR LA PRODUCTION D'HYDROGENE SOLAIRE

Caroline **SUPPLIS**, Jérémie **DAUCHET**, Victor **GATTEPAILLE**, Fabrice **GROS**, Matthieu **ROUDET**,
Jean-François **CORNET**

Université Clermont Auvergne, CNRS, Sigma Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

Contact e-mail : caroline.supplis@uca.fr

RÉSUMÉ

Afin de transformer et stocker durablement l'énergie solaire sous forme chimique, la photo-production directe d'hydrogène à partir d'eau *via* des procédés photo-catalytiques semble être une solution d'avenir. Néanmoins aujourd'hui, les performances de conversion énergétique obtenues en laboratoire pour ces procédés demeurent très faibles, alors qu'il sera nécessaire de les mettre en œuvre à grande échelle et avec des efficacités élevées. Il est donc nécessaire d'améliorer les modèles de connaissances décrivant de tels photo-procédés car seuls ces modèles permettront de concevoir, optimiser et commander des installations énergétiquement performantes à échelle industrielle.

Le travail présenté ici s'intéresse à la mise en œuvre d'un modèle multi-échelles traitant de la conversion des photons au moyen de réactions photo-catalytiques. Il suit une progression depuis l'échelle nanoscopique, par l'étude des interactions des photons avec les particules de catalyseurs, en passant par les échelles mésoscopique et macroscopique en déterminant la quantité de photons absorbée par unités de temps et de volume, \mathcal{A} , ainsi que sa moyenne volumétrique, $\langle \mathcal{A} \rangle$, jusqu'à l'échelle spatiale, c'est-à-dire l'échelle du procédé, en déterminant de façon prédictive, les vitesses de réaction moyennes $\langle r_{H_2} \rangle$ ainsi que l'efficacité thermodynamique du réacteur.

Le passage par ces différentes échelles s'effectue au cours de trois étapes essentielles : la détermination des propriétés radiatives *via* la connaissance des propriétés optiques, de la distribution de tailles et de forme des particules de catalyseur, la résolution de l'équation de transfert radiatif et enfin la détermination de la cinétique de réaction après formulation du couplage thermocinétique.

La validation de ce modèle de connaissance est réalisée grâce à la mise en œuvre dans un photoréacteur d'une réaction modèle permettant la production photo-catalytique d'hydrogène. Un banc expérimental optimisé a été conçu pour contrôler la densité de flux de photons entrant dans le photoréacteur et mesurer la densité de flux sortante à l'arrière du réacteur permettant la détermination expérimentale de $\langle \mathcal{A} \rangle$. De plus des mesures de $\langle r_{H_2} \rangle$ à l'aide d'un capteur de pression de haute précision sont réalisées et permettent de vérifier expérimentalement la structure et la formulation du modèle de couplage thermocinétique [1].

[1] G. Dahi, A. Eskandari, J. Dauchet, F. Gros, J-F. Cornet, *Chem. Eng. Process.*, 98: 174–186, 2015



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PREDICTION DE LA DUREE DE VIE DE MIROIRS SOLAIRES PAR VIEILLISSEMENT EN TEMPERATURE – HUMIDITE

Coralie AVENEL^{a,b}, Olivier RACCURT^a, Jean-Luc GARDETTE^b, Sandrine THERIAS^b

^aUniv. Grenoble Alpes – CEA, LITEN, Département Thermique Biomasse et Hydrogène, F-38054 Grenoble

^bUniv. Clermont Auvergne – CNRS – SIGMA Clermont, ICCF, F-63000 Clermont-Ferrand

Contact e-mail : coralie.avenel@cea.fr ; olivier.raccurt@cea.fr ; luc.gardette@uca.fr

RÉSUMÉ

La durabilité des miroirs est un point clé de la mise sur le marché des technologies solaires à concentration (CSP). L'objectif pour leur durée de vie est actuellement fixé à 30 ans. Comme cette durée est trop longue pour obtenir des informations quant à leur dégradation dans le temps par un retour d'expérience en application, des essais accélérés sont menés pour essayer de reproduire leur comportement plus rapidement et donc tendre à prédire leur durée de vie. Un essai de vieillissement couramment utilisé dans le domaine solaire et notamment photovoltaïque (PV) est le test en chaleur humide (damp heat test) à 85°C et 85% d'humidité relative.

Cinq déclinaisons de ces conditions ont été utilisées pour vieillir deux miroirs solaires commerciaux. Ces essais ont permis d'estimer les paramètres cinétiques propres à ces miroirs pour plusieurs modèles de vieillissement. L'effet de la température est modélisé par une loi d'Arrhenius [1] et celui de l'humidité par le modèle de Peck [2] et par celui d'Eyring [3]. Ces modèles de vieillissement ont ensuite été appliqués à plusieurs sites à travers le monde où des centrales CSP sont en opération. Les facteurs d'accélération du test en chaleur humide par rapport à ces sites ont été calculés selon ces modèles. Au final, le temps de test nécessaire pour simuler 30 ans sur chaque site a été estimé. La pertinence de ces modèles pour les miroirs solaires et des résultats obtenus ainsi que les précautions à prendre dans l'interprétation ont été discutés.

[1] S. Arrhenius. "Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren". *International journal of research in physical chemistry and chemical physics*, 1889, 4, 226-248.

[2] S. Peck. "Comprehensive model for humidity testing correlation". *IEEE / IRPS*, 1986, 398-1222.

[3] K. Striny and A. Schelling. "Reliability Evaluation of Aluminum-Metallized MOS Dynamic RAM's in Plastic Packages in High Humidity and Temperature Environments". *IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology*, 1981, 4, 476-481.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

A THREE-DIMENSIONAL DEVELOPED NUMERICAL MODEL OF THE TROUGH CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC/THERMAL SYSTEM

Wafa **BEN YOUSSEF**^{a,b,*}, Taher **MAATALLAH**^c, Christophe **MENEZO**^b, Samia **BEN NASRALLAH**^a,
Sassi **BEN NASRALLAH**^a

^aEnergy and Thermal Systems Laboratory, National Engineering School of Monastir, University of Monastir

^bLOCIE UMR CNRS 5271-INES, University Savoie Mont-Blanc, campus scientifique Savoie Technolac, Le Bourget-du-Lac

^cDepartment of Mechanical and Energy Engineering, College of Engineering, Imam Abdulrahman Bin Faisal University

Contact e-mail : waffabenyoussef@gmail.com

ABSTRACT

Solar energy is a clean form of energy; it can be considered always available and free. Heat can be extracted from the sun collectors while photovoltaic solar cells (PV) can generate electricity.

In fact, hybrid photovoltaic/thermal (PV/T) devices can simultaneously generate thermal and electrical energy, but have been limited to low temperature applications.

The continuous expansion in solar energy applications has called for an increase in the overall efficiency of Concentrating Photovoltaic Thermal-energy cogeneration system (CPV/T).

Therefore, the simultaneous production of electrical and high-grade thermal energy is provided with CPV/T systems at high temperature. CPV/T structures use parabolic mirrors to concentrate solar energy under small area. These configurations would result in the reduction of the cost of the cogeneration power. Indeed, equipped with triple junction PV cells and a cooling structure, these systems achieved high electrical and thermal efficiencies.

The present study will introduce a 3-D model that have been developed. All the parameters characterizing the system performance evaluated instantaneously, the heat and electrical power of the system can be analyzed referring to different applications. The results show that the output power predicted by the numerical model has a good agreement with the experimental data with low mean percentage errors. Indeed, the effects of several parameters on the performance of the system were examined and discussed in details. The simulation process has allowed evaluating the power generation of the CPV/T model. The CPV/T system has proven its viability and feasibility especially in the regions with high solar radiation.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

INFLUENCE DE LA GEOMETRIE SUR LES TRANSFERTS COUPLES DANS UN RECEPTEUR VOLUMIQUE SOLAIRE A HAUTE TEMPERATURE

Cyril CALIOT

Laboratoire Procédés, Matériaux et Energie Solaire, CNRS, Odeillo

cyril.caliot@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

L'étude de l'influence de la géométrie dans un absorbeur volumique solaire à haute température est menée par la simulation détaillée du flux solaire incident, de l'écoulement à travers la géométrie composée de cellules de Kelvin et des transferts de chaleur. Les transferts couplés sont résolus pour trois tailles de cellules mais en conservant la même porosité. La meilleure efficacité est obtenue avec la géométrie comportant les brins les plus fins, la plus petite taille de cellule et donc la plus grande surface spécifique. Dans ce cas, l'effet volumique est observé.

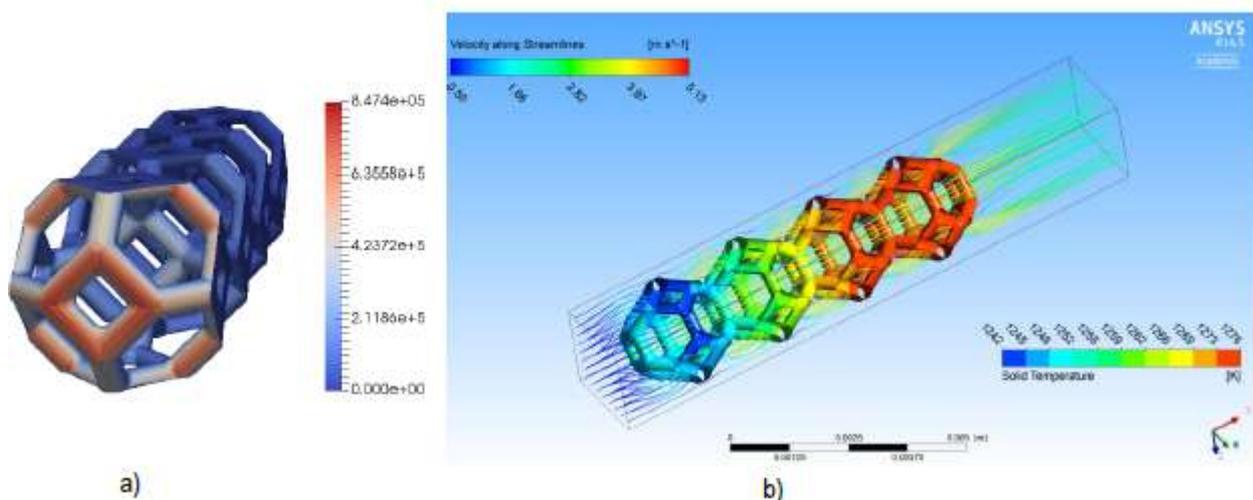


Figure : Géométrie complexe de l'absorbeur volumique (diamètre de cellule 2 mm) : a) distribution du flux solaire concentré sur les brins ; b) vitesses le long de lignes de courant et températures du solide (K) pour une vitesse d'entrée d'air de 0.5 m/s



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MODELISATION DU COMPORTEMENT DEFAILLANT D'INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES DE GRANDE DIMENSION

Gaëlle FAURE^{a,b}, Mathieu VALLEE^{a,b}, Cédric PAULUS^{a,b}, Tuan Quoc TRAN^{a,b}

^aUniv. Grenoble Alpes, INES, F-73375 Le Bourget du Lac, France

^bCEA, LITEN, 17 rue des Martyrs, F-38054 Grenoble, France

Contact e-mail : gaelle.faure@cea.fr

RÉSUMÉ

Les installations solaires thermiques de grande dimension (ISTGD) fournissent de l'énergie renouvelable sans émission et à un prix compétitif aux réseaux de chaleur et aux industries. Alors que ces systèmes nécessitent des investissements long-termes, les méthodes de détection et le diagnostic des défauts peuvent permettre un meilleur retour sur ces investissements. Seuls quelques travaux existent dans ce domaine comme par exemple (Ohnewein et al. 2006; Shahbazfar et al. 2012), et ils restent très partiels.

Pour développer de telles méthodes, un des principaux pré-requis est une bonne connaissance du comportement du système affecté par des défauts. Cette communication décrit donc une modélisation du comportement d'un ISTGD soumis à des défauts critiques, identifiés précédemment dans (Faure et al. 2016). Afin de représenter correctement le défaut, nous avons en particulier été amenés à développer un modèle physique détaillé de capteur solaire qui représente chaque élément constitutif du capteur et les interactions physiques entre ces éléments. Le modèle a été validé à l'aide de données expérimentales, incluant des capteurs défectueux. Il a ensuite été intégré dans un modèle représentant l'ensemble de la boucle primaire d'un ISTGD. Cette boucle comprend les capteurs solaires thermiques, la pompe solaire, l'échangeur de chaleur primaire, les tuyaux entre cet échangeur et les capteurs solaires ainsi que la régulation. Le modèle a été développé sous Modelica, un langage qui permet une modélisation modulaire et rend donc des modifications plus aisées. Il a été paramétré à l'aide de données typiques des ISTGD. Au final, les défauts sont modélisés par la modification des paramètres ou du modèle de composant appropriés. Plusieurs simulations ont été effectuées pour chaque défaut, afin de faire varier sa sévérité, le nombre et l'emplacement des composants impactés.

Ces simulations permettront de mettre en lumière les défauts qui impactent le plus le comportement du système et doivent donc être détectés en priorité. De plus, l'analyse des résultats peut aider à choisir et concevoir la méthode la plus appropriée pour détecter et diagnostiquer ces dysfonctionnements, et notamment permettre d'identifier et de localiser chaque défaut.

Ce projet a bénéficié d'une aide de l'Etat au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence (ANR-10-IEED-0003).

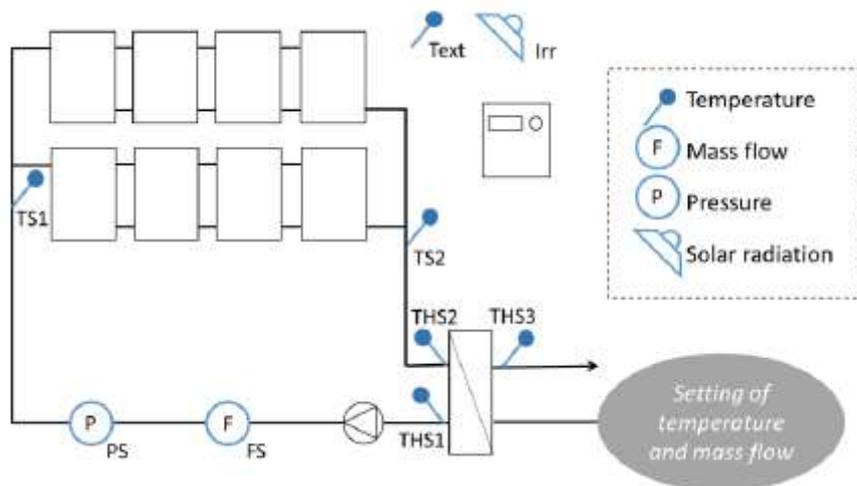


Figure 1 : Représentation schématique du système simulé et des variables observées, qui correspondent à un suivi typique.

Références

- Faure, Gaëlle, Mathieu Vallée, Cédric Paulus, et Quoc Tuan Tran. 2016. « Reviewing the Dysfunctions of Large Solar Thermal System: A Classification of Sub-Systems Reliability ». In *ISES Conference "Proceedings (2016)*. Palma de Mallorca (Spain).
- Ohnewein, Philip, Angela Dröscher, Klaus Schgaguler, Franz Feichtner, Ernst Meißner, Peter Luidolt, Alice Köstinger, Richard Heimrath, Michael Jandl, et Wolfgang Streicher. 2006. « IP-Solar: Development of a Web-Based Monitoring and Diagnostics Tool for Solar Thermal Systems ». In *Eurosun 2006*.
- Shahbazfar, R., A.C. de Keizer, S. Kuethe, U. Jordan, et K. Vajen. 2012. « Fault detection and fault diagnosis for large scale solar thermal systems ». In *Proc. of Eurosun 2012, Croatian Solar Energy Association*. Rijeka, Croatia: International Solar Energy Society (ISES).



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PERFORMANCE EVALUATION OF SOLAR ASSISTED ABSORPTION MACHINE

Ankita GAUR^a, Benoit STUTZ^a, François BOUDEHENN^b

^aLOCIE, University Savoie Mont Blanc - CNRS, UMR5271, Le Bourget du Lac, 73376, France

^bUniversity Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTBH, LSHT, F-38000 Grenoble, France

Contact e-mail : ankita.gaur@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

An ammonia water absorption machine driven by solar collectors has been investigated in detail. The heat and mass transfer analysis of two major heat exchanging components namely absorber and desorber of the present solar assisted absorption machine are studied. The heat exchangers: absorber and desorber accomplish absorption and desorption of the refrigerant respectively, in falling film mode of ammonia water solution. The mathematical model for both heat exchangers based on the mass and energy balances and heat transfer equations were developed. Theoretical models were realized in Scilab and the numerical results of absorber were validated with the experimental results from the literature. The temperatures of ammonia water solution, vapor, liquid vapor interface and heat transfer fluid, concentration of ammonia in liquid and vapor phase, mass flow rate of solution and vapor, ammonia mass flux and water mass flux profiles along the length of the components have been examined. Also, each component was compared for counter current and co current mode of heat transfer fluid. The variation of temperature, concentration and mass flow rate at different number of heat exchanger plates, flow rates and temperatures of the heat transfer fluid were also evaluated. The results show that hot and cooled heat transfer fluid temperatures have significant effect on the performance of an absorption system. The optimum number of plate heat exchanger were found to be 16 at different operating conditions of absorber and desorber of solar assisted absorber machine.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MISE EN CASCADE DE CONVERTISSEURS DC-DC POUR APPLICATION SOLAIRE CONCENTREE : COMMANDE ET REGULATION

Ryan **KOURDANE**^a, Olivier **FRUCHIER**^a, Thierry **TALBERT**^a, Dorian **GACHON**^a,
Frédéric **THIERRY**^a, Thierry **MARTIRE**^b,

^aLaboratoire PROMES, UPR 8521, Université de Perpignan Via Domitia, 66100 Perpignan

^bInstitut d'Electronique IES, UMR 5214, Université de Montpellier, 34000 Montpellier

Contact e-mail : ryan.kourdane@gmail.com

RÉSUMÉ

Le contrôle d'un convertisseur dc-dc suggère de modéliser le système par un modèle qui représente le mieux le comportement statique et dynamique du convertisseur, cependant le fonctionnement du convertisseur en mode de conduction continue est composée de 2 états : lorsque l'interrupteur est fermé (ON) et lorsque l'interrupteur est ouvert (OFF), l'interrupteur introduit une non-linéarité du modèle. Le modèle général est un modèle moyen sur la période de fonctionnement du convertisseur puis ce modèle est linéarisé autour du point d'équilibre. Les variations des paramètres du modèle (tension d'entrée, charge) implique une variation du point de fonctionnement donc une nouvelle loi de commande. Dans le cas d'une cascade de convertisseurs le nombre de convertisseurs donne un ordre élevé et la forte non-linéarité rend le contrôle difficile. Dans cet article on se contentera de proposer une loi de commande au point d'équilibre (α, R) pour un convertisseur boost. La présence d'un zéro dans la fonction de transfert en tension ajoute une phase de -90 degrés, si le zéro se situe sur la pulsation de coupure de G_{vc} réduit la marge de phase ce qui peut rendre le système instable. Nous souhaitons mettre en place un double contrôle : un contrôle sur la tension de sortie (boucle externe) et un contrôle sur le courant d'entrée (boucle interne) pour diminuer l'effet du zéro et assurer une meilleure robustesse.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \frac{-(1-\alpha_e)}{L} \\ \frac{(1-\alpha_e)}{C} & \frac{-1}{RC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{v_c}{L} \\ \frac{-i_L}{C} \end{bmatrix} \alpha$$

$$i_L = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} ; \quad v_c = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix}$$

$$G_{v_c}(p) = \frac{v_c}{1-\alpha} \times \frac{1 - \frac{L}{R(1-\alpha)^2 p}}{\frac{LC}{(1-\alpha)^2 p^2} + \frac{L}{R(1-\alpha)^2 p + 1}}$$

$$G_{i_L}(p) = \frac{2v_c}{R(1-\alpha)^2} \times \frac{\frac{RC}{2} p + 1}{\frac{LC}{(1-\alpha)^2 p^2} + \frac{L}{R(1-\alpha)^2 p + 1}}$$

$$G_{v_i}(p) = \frac{R(1-\alpha)}{2} \times \frac{1 - \frac{L}{R(1-\alpha)^2 p}}{\frac{RC}{2} p + 1}$$

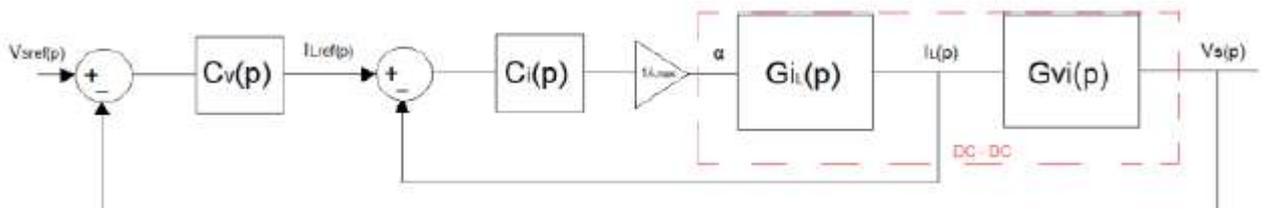


Figure 1 : Boucles de régulation du convertisseur Boost

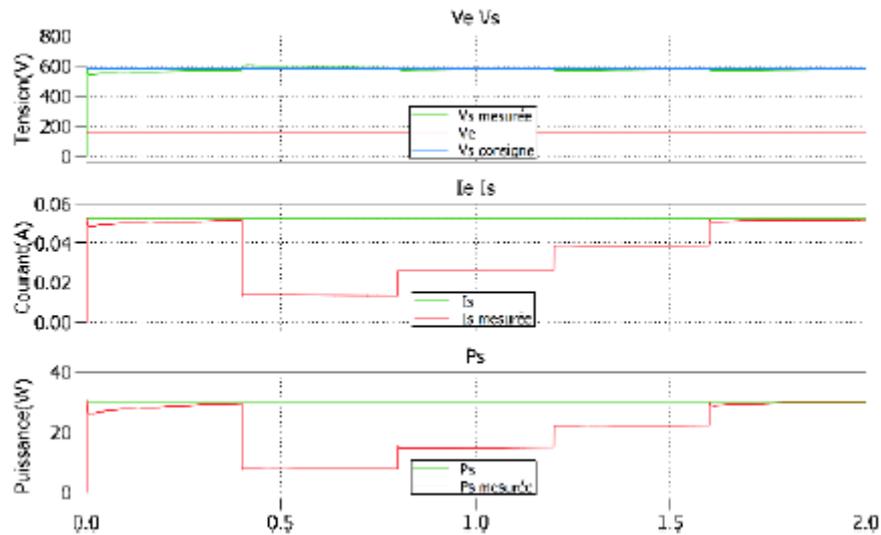


Figure 2 : Evolution de tension de sortie à différentes valeurs de charges



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ÉTUDE D'UN RÉACTEUR SOLAIRE HORIZONTAL À LIT FLUIDISÉ POUR LA CALCINATION

Damien **PONCIN**^a, Gilles **FLAMANT**^a, Adrien **TOUTANT**^b, Hadrien **BENOIT**^a

^aCNRS, laboratoire PROMES, 7 rue du Four Solaire 66120, Font-Romeu Odeillo, France

^bCNRS, laboratoire PROMES, Rambla de la Thermodynamique, 66100, Perpignan, France & Université de Perpignan Via Domitia, 52 avenue Paul Alduy 66860 Perpignan Cedex 9, France

Contact e-mail : damien.poncin@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

L'industrie du ciment et de la chaux vive est la 2e industrie la plus émettrice de CO₂ dans le monde. Ces émissions sont dues en partie à la combustion d'hydrocarbures effectuée afin d'apporter la chaleur nécessaire à la réaction de décarbonatation endothermique : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ (850-900°C). Le projet européen Solpart vise à réduire ces émissions de CO₂ en remplaçant les hydrocarbures par l'énergie solaire, via le développement d'un réacteur à lit fluidisé capable d'être intégré aux procédés industriels existants. Ce réacteur solaire doit opérer à hautes températures (800-900°C), et être capable de faire réagir des particules possédant des caractéristiques rhéologiques très différentes (granulométrie, diamètre...) : CaCO₃, brut de ciment, dolomie, phosphates... Nous avons notamment étudié la dolomie lors des premières expérimentations avec un pilote à échelle laboratoire. Ces expérimentations furent effectuées au Grand Four Solaire du laboratoire CNRS-PROMES situé à Font-Romeu-Odeillo.

Le réacteur (Figure 1) fonctionne en continu pour le solide (5-15kg/h), la fluidisation est assurée par 2 tubes perforés. Quatre compartiments internes permettent une élévation graduelle de température des particules. Il est soumis à un flux solaire concentré sur sa face avant (150-200kW/m²), et isolé sur les autres. Le débit de particules est contrôlable via un vibreur en amont du réacteur. Les températures externes et internes sont mesurées par 32 thermocouples. Le taux de réaction est déterminé par analyse des particules en sortie. Pour les essais avec la dolomie, la température de paroi avant varie entre 950 et 1100°C ; les particules rentrent à température ambiante, et atteignent 800°C dès le 3e compartiment, pour un taux de réaction de 37% (décomposition totale de MgCO₃).

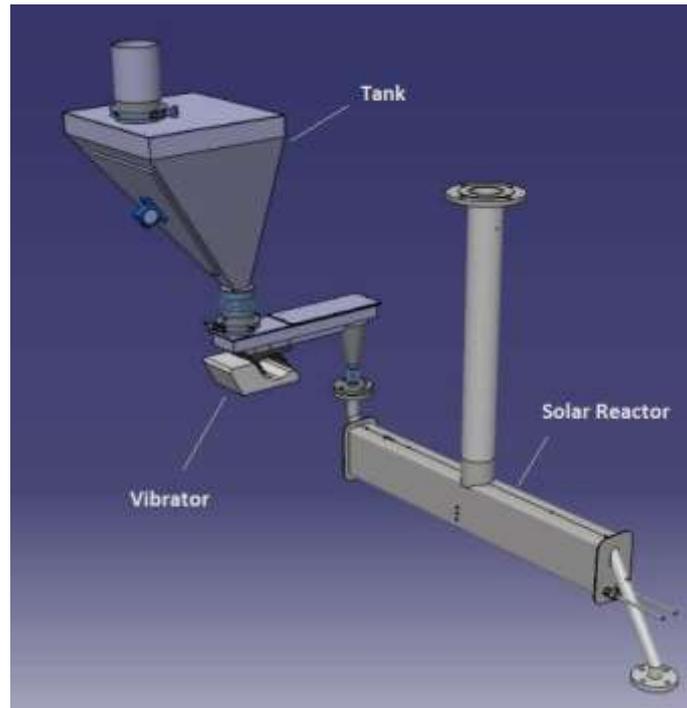


Figure 1. Le réacteur solaire

En plus des expérimentations, un modèle numérique du réacteur solaire est réalisé. Cette modélisation s'appuie sur la description mathématique de la thermique et de la cinétique de réaction. Les résultats des simulations sont comparés aux données expérimentales.

Les résultats expérimentaux diffèrent selon les particules. Le brut de ciment est notamment difficile à faire circuler à cause des faibles dimensions des particules (favorisant les forces cohésives de Van Der Waals). Des expérimentations sur un pilote (production visée 30kg/h équivalent CaO) seront effectuées à l'automne 2018.

Remerciements : Ce projet a été financé par l'Union Européenne dans le cadre du projet européen de recherche et d'innovation Horizon 2020 No 654663, Projet SOLPART.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

CARACTERISATION THERMIQUE DE MATERIAUX COMPOSITES DEDIES AU STOCKAGE DE CHALEUR PAR REACTION CHIMIQUE POUR DES APPLICATIONS DANS LE DOMAINE DU BATIMENT

Julie **DUSSOUILLEZ**^a, Kévyne **JOHANNES**^a, Frédéric **KUZNIK**^a

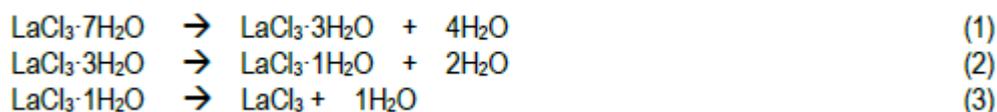
^aUniversité de Lyon, CNRS, INSA-Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1,

CETHIL UMR5008, F-69621, Villeurbanne, France

Contact e-mail : julie.dussouillez@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

Le stockage de chaleur inter-saisonnier s'inscrit dans un contexte de réduction de la consommation énergétique des bâtiments et de valorisation des énergies renouvelables. Parmi les différents types de stockage, les systèmes thermochimiques se sont montrés très prometteurs aux vues de leurs hautes performances énergétiques théoriques. Ce stockage, basé sur des cycles d'hydratation et de déshydratation de sels réactifs est, depuis quelques années, considéré comme l'un des plus appropriés pour du stockage d'énergie, dans un contexte bâtiment. Néanmoins, des problèmes techniques tels que les phénomènes d'agglomérations dues à des réactions parasites, freinent son développement. K.E. N'Tsoukpoe et al. ont étudiés 145 sels potentiellement candidats au stockage de chaleur par thermochimie et ont montré que 3 d'entre eux étaient à privilégier : le sulfate de magnésium (MgSO₄), le bromure de strontium (SrBr₂) et le chlorure de lanthane (LaCl₃) [1]. Ce dernier est étonnamment très peu connu de la littérature. Un travail de caractérisation thermodynamique et cinétique doit être réalisé. Il se décompose suivant 3 réactions :



Une étude de déshydratation du LaCl₃ a été réalisée de manière expérimentale, afin de caractériser d'un point de vue thermodynamique le matériau et d'avoir accès aux équilibres. L'obtention de ce diagramme d'équilibre est nécessaire pour situer les futurs résultats expérimentaux et être sûr, pour une pression et une température données, de l'état cristallin du sel. L'étude a montré des résultats concluant pour une pression de 10 mbar. Une

série de tests sera poursuivie à différentes pressions afin d'établir le diagramme d'équilibre. Les résultats de la littérature ont permis de tracer un diagramme, donné en Figure 1, auquel nous avons ajouté nos premiers points expérimentaux [2] [3]. La non-convergence des résultats d'une littérature à l'autre et ainsi la nécessité de poursuivre l'étude d'un point de vue thermodynamique peut être observée. Une étude est en cours afin d'étudier les cinétiques de réactions d'hydratation et de déshydratation du LaCl_3 . En vue de la conception d'un réacteur thermochimique pour application au bâtiment et de l'influence que peuvent avoir ces deux réactions sur la conception d'un système tel que celui-ci, il est important d'étudier les cinétiques de réaction pour différents paramètres. Pour le moment, l'influence de la masse de l'échantillon, ou encore de la pression de vapeur saturante a été testée.

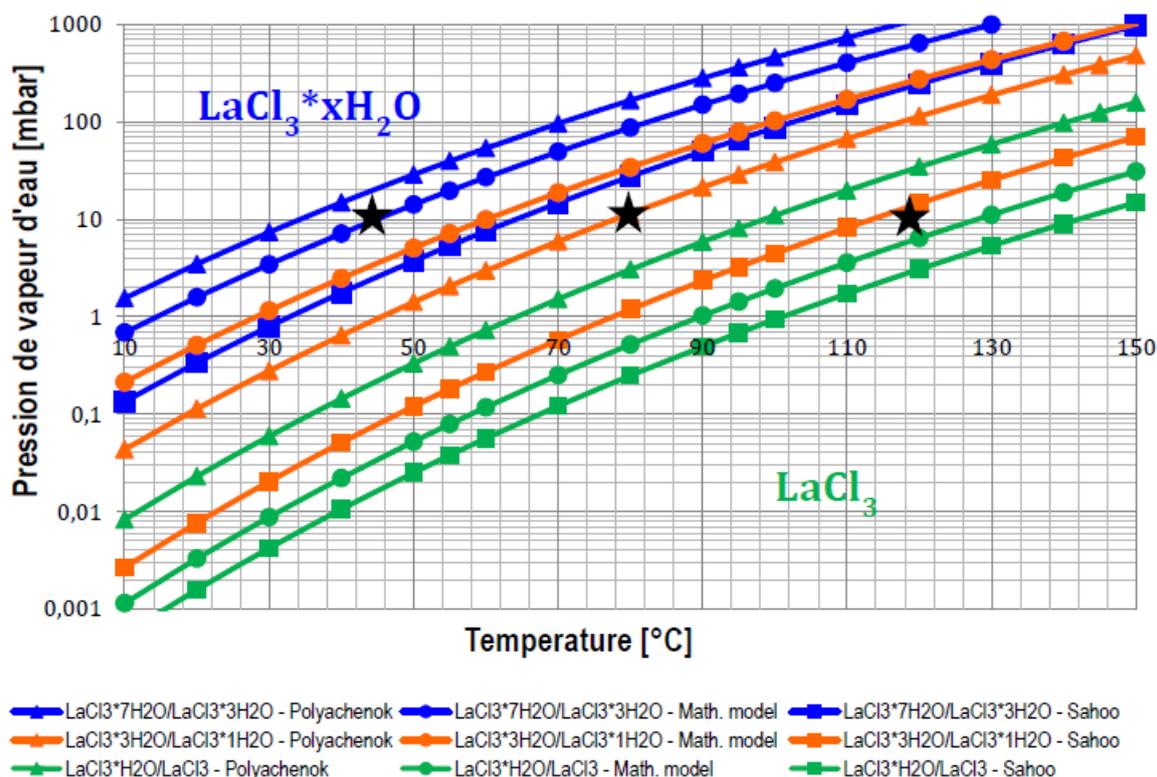


Figure 1 : Diagramme d'équilibre du LaCl_3 . Les étoiles représentent nos points expérimentaux

Références :

- [1] K. E. N'Tsoukpoe, «A systematic multi-step screening of numerous salt hydrates for low temperature thermochemical energy storage,» *Applied Energy*, 2014.
- [2] O. G. Polyachenok, «Thermal stability and thermodynamics of LaCl_3 lowest hydrate,» chez XVIII International Conference on Chemical Thermodynamics, Russia Samara, 2011.
- [3] D. K. Sahoo, «Determination of thermodynamic stability of lanthanum chloride hydrates ($\text{LaCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) by dynamic transpiration method,» *Journal of Alloys and Compounds*, 2014.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

BIOMIMICRY AS AN APPROACH FOR BIO-INSPIRED SOLAR BUILDING ENVELOPE

Ankita **GAUR**^{a*}, Christophe **MENEZO**^a, Monika **WOLOSZYN**^a, Gilles **FRAISSE**^a, Gérard **MERLIN**^a

^aLOCIE, University Savoie Mont Blanc - CNRS, UMR5271, Le Bourget du Lac, 73376, France

Contact e-mail : *ankita.gaur@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

The building envelope as an interface plays a vital role to regulate the thermal comfort, air flow via control of the solar irradiance. It provides a comfortable indoor microclimate to the occupants. In nature, the "skin" of living organisms such as mammals, insects, cuticles or leaf etc., have different unique strategies to control the solar radiation and its interrelated factors as temperature, humidity, air flow, etc. In this communication, such identified bio-inspired strategies especially for solar building envelopes and its recent developments with future scope are presented. This approach makes the possibility of adaptation to environmental factors and to expected climate changes. Bioinspired solar building envelope will not only be limited to an inert structure but may have the ability of self-adaptation based on a competition between on one hand: reactive phenomena of activation and inhibition of functions, and on the other hand: diffusive favoring passive factors. Here, the aim is to focus on the physical strategies for managing environmental parameters in order to regulate the internal parameters necessary for the life or even the survival of living organisms. These mechanisms would be able to bring the different conceptions of solar thermal regulative envelope components that are no longer addressed under the single "barrier" component (thermal, hygric, radiative, etc.) but as a functional medium "adaptive" properties. A precise strategy of bioinspired solar thermal regulated building wall with ability of solar thermal and humidity could accomplish the need of occupants in building without high energy-consumption.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PROJET SUNSTONE : RESEAUX DE CHALEUR SOLAIRES INTELLIGENTS AVEC STOCKAGE INTERSAISONNIER

Armelle **GOAREGUER**^a, Amandine **LE DENN**^b, Fabrice **RENAUDE**^c, Charles **MARAGNA**^d,
Pierre-Henri **WUILLEMIN**^e, Christophe **GONZALES**^e, Marc **CLAUSSE**^a

^aCentre d'Energétique et de Thermique de Lyon (CETHIL), INSA de Lyon, 9 rue de la physique, 69621
Villeurbanne CEDEX

^bTECSOL, Tecnosud, 105 avenue Alfred Kastler, BP 90434 66004 Perpignan

^cCYLERGIE, 18 avenue Tony Ganier, 69007 Lyon

^dBureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans CEDEX 2

^eLaboratoire d'informatique de Paris 6 (LIP6), Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75252 Paris CEDEX 05

Contact e-mail : armelle.goareguer@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

Le projet SunSTONE se propose de développer un outil de contrôle intelligent du système de production des réseaux de chaleur urbains (RCU). Ce nouvel outil fait particulièrement sens dans le cadre du développement des réseaux à forte fraction solaire, impliquant un stockage intersaisonnier de chaleur. La structure du projet en « boîte grise » ou semi-physique, impliquant à la fois connaissances théoriques et apprentissage à partir de données expérimentales, est illustrée sur la Figure 1.

Par rapport aux travaux existants, SunSTONE met en oeuvre des innovations sur plusieurs plans : tout d'abord la modélisation physique de l'installation de production de chaleur se fera à l'aide de l'outil acausal Modelica, mettant à contribution les développements récents dans ce domaine (IEA Annex 60). Appuyée sur ce modèle, une approche exergo-économique, encore peu utilisée mais jugée particulièrement pertinente (IEA Annex 37), sera développée pour produire des indicateurs sur lesquels baser l'optimisation du pilotage du réseau. Le champ de sondes pour le stockage thermique souterrain (BTES) sera modélisé analytiquement en plusieurs zones indépendamment pilotées par le contrôleur intelligent.

De même, sur le plan du calcul stochastique, une approche novatrice est proposée avec l'introduction des réseaux bayésiens pour la prédiction de la demande et des diagrammes d'influence comme outils d'aide à la décision. Contrairement aux réseaux de neurones ou aux algorithmes génétiques souvent utilisés pour ces applications, cette démarche permet de prendre en compte un savoir-faire expert mais également d'être validée par des experts. L'optimisation sera double : il s'agit à la fois de piloter intelligemment pour répondre au mieux à

la demande court terme et d'obtenir les meilleures performances énergétiques, environnementales et économiques à long terme.

Afin de garantir l'obtention d'un outil pertinent, le projet prévoit des interactions nombreuses entre académiques et industriels : collecte et analyse de données, identification de critères de décision, validation et comparaison avec l'existant.

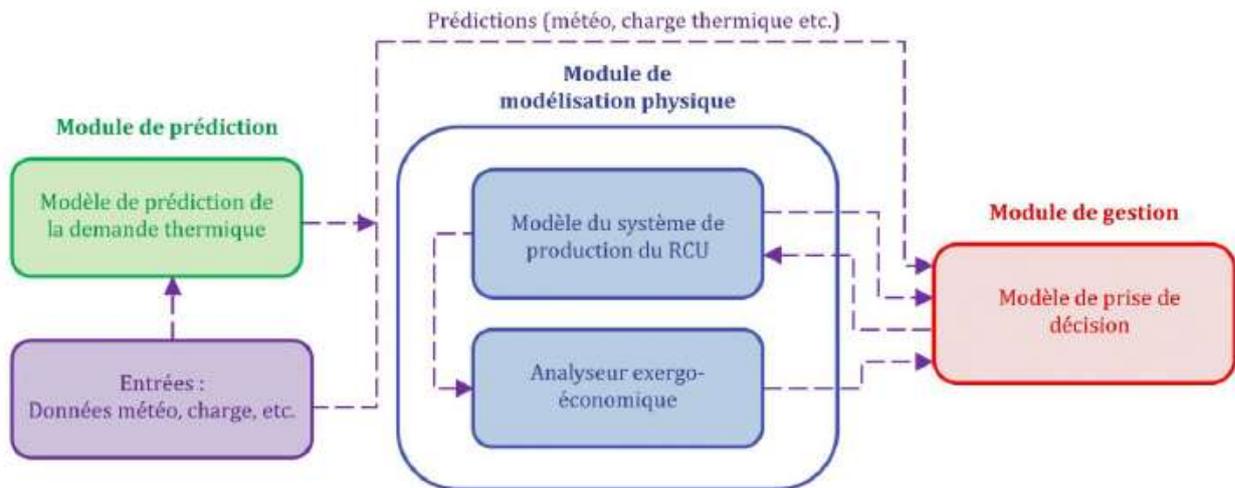


Figure 1 : Structure du projet SunSTONE

Remerciements :

Les auteurs souhaitent remercier l'ANR (Agence National de la Recherche) pour le financement de ce travail dans la cadre du projet SunSTONE (contrat n° ANR-17-CE05-0035-01)



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MISE EN PLACE D'UNE MÉTHODOLOGIE INTÉGRÉE D'ÉVALUATION DU POTENTIEL DE PRODUCTION SOLAIRE À L'ÉCHELLE DE LA VILLE

Benjamin **GOVEHOVITCH**^a, Stéphanie **GIROUX-JULIEN**^a, Éric **PEYROL**^b, Christophe **MÉNÉZO**^c

^aUniversité Claude Bernard Lyon 1, CETHIL, UMR 5008, Villeurbanne

^bBIODYMIA, Lyon

^cUniversité Savoie Mont-Blanc, LOCIE UMR CNRS 5271, Le Bourget-du-Lac

Contact e-mail : benjamin.govehovitch@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ

Dans un contexte de densification urbaine et d'augmentation de la consommation énergétique, le secteur du bâtiment représente un enjeu important et les constructions doivent passer d'un rôle passif à un rôle actif – en termes de production d'énergie -, grâce notamment à des systèmes photovoltaïques intégrés (BIPV). Cependant le milieu urbain est un environnement complexe, où le rayonnement solaire est inégalement distribué ; en particulier parce que la densification est réalisée dans le sens de la verticalité afin de contenir l'étalement urbain. Afin d'évaluer au mieux le potentiel de production solaire et la réponse aux besoins énergétiques, il est nécessaire d'apporter des connaissances et des informations supplémentaires au-delà des simples cadastres solaires mis à disposition par de plus en plus de collectivités.

Les modèles existants de production d'énergie peuvent présenter des différences significatives avec la production mesurée. Cette différence est due, en partie, à la non prise en compte de l'environnement urbain proche dans les modèles employés et aux différents niveaux adoptés de modélisation pour la prise en compte des phénomènes physiques influençant les conditions opérantes des centrales solaires urbaines. Le but principal de cette étude est de mettre en avant la nécessité de considérer, dans un contexte de production d'énergie intégrée au bâtiment, l'importance de la modélisation des interactions entre le BIPV et le bâtiment étudié mais également ses interactions avec l'environnement proche et les conditions climatiques locales.

Les résultats de simulation présentés lors de cette conférence portent sur le modèle du quartier Vauban, à Saint-Denis de la Réunion. En particulier, la prise en compte des effets inter-bâtiments à travers le modèle IVS (prise en compte plus fine de la réflexivité des éléments environnants au lieu d'une réflexivité moyenne) sera discutée. Ces travaux ont été initiés dans le cadre du projet ORCHIDEE, supporté par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

A COMPUTATIONAL TOOL FOR MULTI-OBJECTIVE BUILDING OPTIMIZATION WITH KRIGING SURROGATE MODEL

Gilles **FRAISSE**^a, Bernard **SOUYRI**^a, Frédéric **WURTZ**^b, Xavier **BRUNOTTE**^c, Petre **ENCIUC**, Bruno **PEUPOORTIER**^d, Maxime **ROBILLART**^d, Mohammed **EL-MANKIBI**^e, Sarah **TRUCHET**^f, Eric **FRANÇOIS**^g, **Shyam**^a

^aLOCIE, University Savoie Mont Blanc - CNRS, UMR5271, Bourget du Lac, 73376, France

^bUniv. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G2Elab, 38000 Grenoble, France

^cVesta-System, 22 avenue Doyen L Weill, 38 000 Grenoble

^dMines ParisTech, PSL Research University, Centre d'efficacité énergétique des systèmes Paris, France

^eLTDS-ENTPE, 3 rue Maurice Audin, 69518 Vaulx-en-Velin, France

^fAlbedo Energie, 17 Avenue du Lac Léman, 73370 Le Bourget-du-Lac, France

^gUniv Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTS, LSTB, INES, 38000 Grenoble, France

Contact e-mail : shyam.shyam@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

The building performance simulations require many design parameters with conflicting performance indicators such as energy, price, thermal comfort, environmental impact etc. The software for building simulations are time costly. Therefore it is impractical to use the time consuming software for optimization process. The optimization over whole life span of building introduces uncertainty in optimization process due to the variable energy need, cost and climate change.... Introduction of uncertainty leads to robust optimization which further enhances the computation time. Therefore reduction of computation time for building design is a prime challenge. This can be achieved by using surrogate models. The performance indicators (energy, price, comfort ...) can be evaluated with different tools that must be interoperable. We have used the Kriging surrogate model to reduce the computation time for optimization using Energy+ software for real building "Les Roches Blanche" in Chambéry). The adaptive metamodel-based optimization approach has been considered by performing a series of multiple optimization processes using the Kriging model. The sampling process is done following design of experiment

approach, and NSGA-II algorithm has been considered for the optimization process. We propose to implement the approach in an existing framework, called CADES dedicated to design and optimization. The originality of this environment is to offer a proposal of integrating, in the same environment, inter-operability, multi-objective optimization and connection with Kriging surrogate models and parallel computing. With kriging metamodel the optimization time has been reduced by 13 times as compared to the optimization process with time consuming model.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

NOUVELLE APPROCHE D'ÉVALUATION DE POTENTIELS DE RESSOURCES BIOCLIMATIQUES EN CLIMAT CHAUD ET HUMIDE

Abdou **IDRIS**^{a,b}, Joseph **VIRGONE**^a, Damien **DAVID**^a, Etienne **VERGNAULT**^a, Abdoukader **IBRAHIM**^b

^aUniversité de Lyon, CNRS, Université Lyon 1, INSA-Lyon, CETHIL UMR 5008, Villeurbanne, France

^bUniversité de Djibouti, Faculté d'Ingénieurs, GRE, Djibouti, Djibouti

Contact e-mail : abdou.idris-omar@etu.univ-lyon1.fr; abdou_idriss_omar@univ.edu.dj

RÉSUMÉ

Dans les pays en voie de développement, le fort taux d'accroissement des aires urbaines ainsi que l'inadaptation des techniques de construction offrent un grand potentiel pour la démarche bioclimatique et la construction durable notamment sur le plan énergétique. Cette étude a une double ambition. D'une part, nous élaborons une nouvelle méthodologie pouvant servir de base à une approche de la conception des bâtiments adaptée au climat chaud et humide afin d'évaluer la qualité énergétique des ressources bioclimatique disponibles dans l'environnement, d'autre part, nous caractérisons l'aptitude d'un bâtiment à exploiter et valoriser ces ressources (performance des solutions constructives), pour optimiser sa consommation énergétique et le confort des occupants face à un climat défavorable. Pour ce faire, cela passe par une bonne connaissance de ces ressources énergétiques disponibles dans l'environnement, et plus particulièrement de leur utilité au regard des besoins de rafraîchissement du bâtiment. Dans le cadre de notre contribution à cette problématique, un jeu d'indicateurs est ainsi défini pour quantifier la capacité des ressources précédentes à couvrir la consommation d'énergie pour la climatisation et la possibilité pour le bâtiment de les exploiter. Puis, un cas d'étude sous un climat chaud et humide est alors choisi pour appliquer cette méthode, avec les outils de simulation des performances énergétiques. Enfin, notre contribution permet d'élaborer un ensemble des solutions en matière de conception des bâtiments bioclimatiques pouvant servir de socle aux futures réglementations thermiques des bâtiments dans les pays à climat chaud et humide, en général, et à Djibouti, en particulier..



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE D'UN CONCEPT DE SERRE SOLAIRE AUTONOME

Emmanuel **JACKSON**, Christophe **MENEZO**, Bernard **SOUYRI**, Gérard **MERLIN**

LOCIE UMR 5271 – INES, Université Savoie Mont-Blanc, Le Bourget-du-lac

Contact e-mail : emmanuel.jackson@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

Une serre est un environnement clos ou semi-clos utilisé afin d'améliorer la production de plantes indépendamment du milieu du site de production. En effet, dû à sa capacité à maintenir des conditions climatiques internes favorables au développement de plantes ce système est largement utilisé dans de nombreuses régions. Le concept de serre modulable et autonome étudié vise à produire des denrées alimentaires tout en assurant la gestion des flux (énergie, eaux grises, eaux jaunes) avec une cellule d'habitation. Bien que de nombreuses études et de modèles concernant les serres existent, l'originalité de ce projet vient du fait qu'il cherche à y intégrer des problématiques liées à l'utilisation de moyens de traitement d'eau à l'aide de filtres plantés et à l'intégration de moyen de production d'énergie (panneaux solaires principalement).

Afin de répondre à ces défis un partenariat franco-suisse dans le cadre d'un projet Européen Interreg s'intéresse au développement d'une serre capable de répondre à trois objectifs :

- La production de plantes comestibles
- La valorisation d'eaux usées (eaux grises, jaunes) pour l'arrosage des plantes.
- La production d'énergie afin de compenser les dépenses énergétiques relatives à la serre et éventuellement alimenter le module de vie auquel la serre sera connectée.

Le projet visera à la mise en place de plusieurs démonstrateurs à travers le développement de prototypes qui seront instrumentés afin de valider les choix technologiques permettant de limiter les besoins en chaud ou en froid du module et de produire de l'électricité à travers des solutions telles que : l'intégration de modules PV, de murs stockeurs, d'échangeurs air/sol ou eau/sol, des verres à émissivité variable, ...

Après avoir introduit les principaux objectifs de l'étude, le travail présenté portera essentiellement sur le volet énergétique. Il s'appuie sur une modélisation graduelle permettant, d'une part, de définir le potentiel de collecte et de valorisation d'énergie solaire et, d'autre part de prendre en compte l'ensemble de la complexité des phénomènes physiques mis en jeu au sein de cette serre innovante : rayonnement, convection, conduction, évapotranspiration liée à l'activité des plantes et du processus de traitement des eaux. Par ailleurs, une attention particulière est portée sur la caractérisation des conditions environnementales : rayonnement solaire direct et diffus, température d'air, humidité ou encore la concentration en dioxyde de carbone (pouvant affecter le développement des plantes).



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

IMPACT DE L'UTILISATION D'UN MUR SOLAIRE COMPOSITE INTEGRANT DES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE SUR LE COMPORTEMENT THERMIQUE D'UNE MAISON INDIVIDUELLE

Enghok **LEANG**^a, Pierre **TITTELEIN**^a, Laurent **ZALEWSKI**^a, Stéphane **LASSUE**^a

^aUniv. Artois, EA 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), F-62400 Béthune, France

Contact e-mail : laurent.zalewski@univ-artois.fr

RÉSUMÉ

Avec la forte réduction des besoins de chauffage des bâtiments, l'utilisation de murs solaires prend tout son sens. L'un des freins à leur développement réside dans le fait qu'ils doivent être réalisés sur chantier par des entreprises spécialisées à cause du mur stockeur qui est en maçonnerie. Pour éviter ce problème et permettre de construire des murs solaires préfabriqués en usine, on peut imaginer de remplacer le mur en maçonnerie par un mur plus léger intégrant des matériaux à changement de phase (MCP).

On cherchera dans cette étude à montrer l'impact de l'utilisation d'un mur solaire intégrant des MCP sur le comportement thermique d'une maison individuelle et la réduction des consommations énergétiques. Le matériau utilisé pour le mur dans une première approche est un mortier intégrant des microbilles commerciales de MCP. On cherchera ensuite à optimiser les caractéristiques de ce MCP pour réduire au maximum les besoins de chauffage du logement.

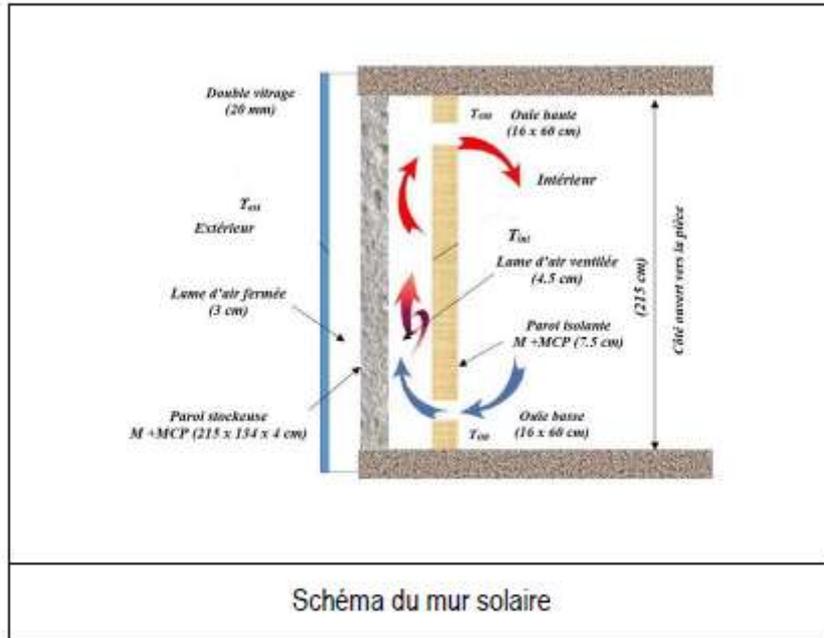


Schéma du mur solaire

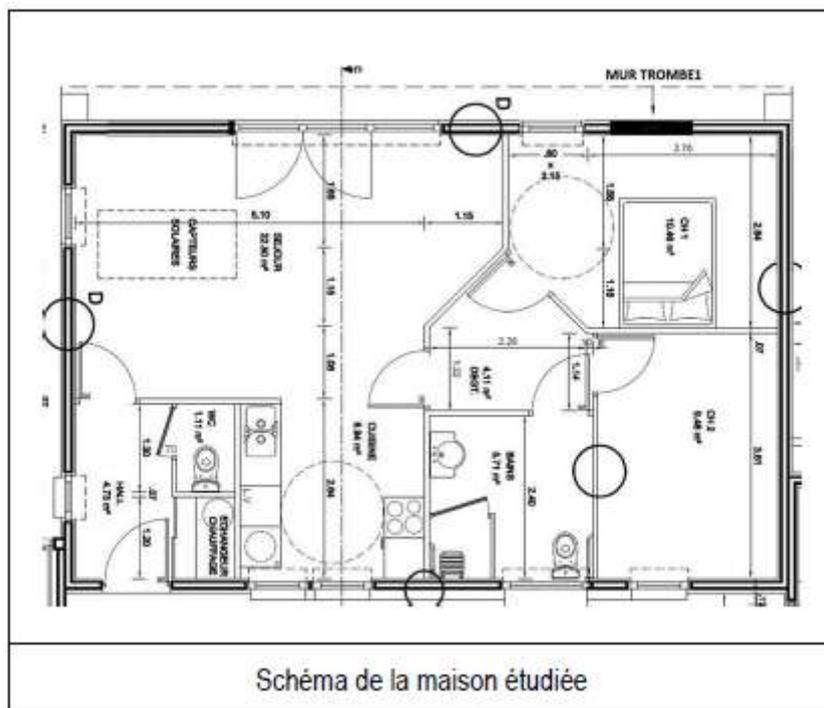


Schéma de la maison étudiée



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MODELISATION DYNAMIQUE ET VALIDATION EXPERIMENTALE D'UN CAPTEUR BIPVT INNOVANT AVEC UNE COUCHE DE TERRE CUITE

Oussama **REJEB** ^{a,b}, Stéphanie **GIROUX-JULIEN** ^{b,c}, Christophe **MENEZO** ^{a,b}, Guy **BARRET** ^{d,e}

^a- LOCIE UMR CNRS 5271, Campus Scientifique Savoie Technolac - Bâtiment Hélios, Avenue du Lac Léman, F-73376, Le Bourget-du-Lac, France.

^b- Fédération de recherche CNRS sur l'énergie solaire – FédESol FR CNRS 3344

^c- CETHIL UMR 5008, Université Claude Bernard, 69621 Villeurbanne Cedex

^d- LUXOL photovoltaics SAS, Savoie Technolac - 17, Avenue du Lac Léman, BP 227 F-73374, Le Bourget-du-Lac.

^e- SOREA- 6 rue porte Martel - 73870 Saint-Julien Montdenis – France

Contact e-mail : Oussama.r009@hotmail.fr, stephanie.giroux@univ-lyon1.fr, christophe.menezo@univ-smb.fr, guy.baret@luxol.fr, guy.baret@sorea-maurienne.fr

RÉSUMÉ

La technologie solaire photovoltaïque (PV) basé sur le principe de conversion de l'énergie solaire. Le module solaire PV peut absorber les photons et générer une puissance électrique. Pour la technologie du silicium est l'une des technologies la plus mature et la plus répandue, environ 20% de l'énergie solaire collectée est convertie en énergie électrique. Sous l'effet des rayons solaires absorbés et la chaleur dissipée par les cellules PVs, le niveau de la température du module augmente. Ce qui affecte le rendement électrique et la durée de vie du module. Par conséquent, il est important de réguler la température PV en récupérant sa chaleur dissipée. L'adjonction d'une tuile en terre-cuite en face arrière des modules intégrés au bâtiment conduit à l'amélioration des conditions opérantes pour la fonction PV. Une lame fluide située en face arrière de la tuile PV assure le refroidissement des modules PV et la récupération de la chaleur utilisable dans le bâtiment. Dans cette étude, un modèle d'énergie dynamique à deux dimensions a été établi pour examiner le comportement thermique et électrique de notre capteur BIPVT innovant (Fig.1). Afin de vérifier la fiabilité de notre modèle développé, un prototype expérimental a été réalisé. Un bon accord est obtenu. L'effet d'inertie thermique de la terre cuite et la profondeur du canal d'air, ont été analysés et discutés. L'ajout d'une couche de terre cuite peut réguler la température photovoltaïque pendant les heures d'ensoleillement. De plus, une valeur de l'ordre de 0.05m de la profondeur de canal d'air optimale fournit les meilleurs rendements électriques et thermiques.

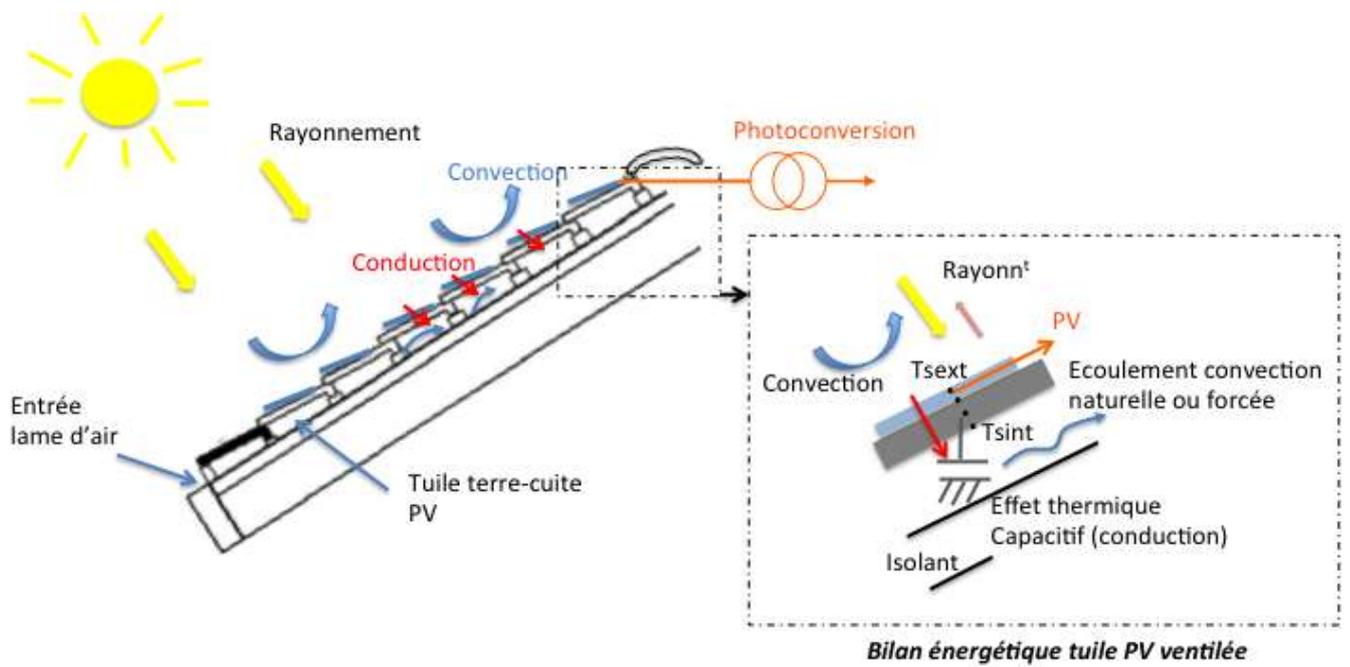


Figure 1 : Approche énergétique du système de toiture dans son ensemble et d'un élément de composant composite tuile PV ventilé



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

OPTIMISATION HOLISTIQUE DES BATIMENTS BASEE SUR L'EVALUATION DES PERFORMANCES ANNUELLES A PARTIR DE SEQUENCES DE COURTE DUREE

Hasan **SAYEGH**^{ab}, Antoine **LECONTE**^b, Gilles **FRAISSE**^a

^aLOCIE, Université Savoie Mont Blanc, Chambéry

^bLITEN, CEA, Chambéry

Contact e-mail : sayegghasan@gmail.com

RÉSUMÉ

L'optimisation holistique de la conception des bâtiments est une démarche globale considérant les fortes interactions entre le bâti, les systèmes, l'environnement et les usagers. Cette approche privilégie l'évaluation des performances sur la durée de vie. Elle est très pénalisante en temps de calcul du fait de l'utilisation de modèles en régime dynamique, de périodes simulées longues (au minimum annuelle, avec éventuellement la prise en compte de l'évolution du climat), des algorithmes d'optimisation reposant parfois sur des populations d'individus et du nombre important de paramètres de décision (explosion combinatoire). Dans ce contexte, la réduction des temps de calcul est un véritable défi pour l'optimisation holistique. La démarche classique complexifie le processus d'optimisation en utilisant des méta-modèles ou des modèles réduits. La thèse proposée explore une nouvelle approche basée sur la réduction de la période simulée. L'objectif est de définir une séquence climatique suffisamment courte pour déterminer avec le modèle dynamique complet les performances qui sont ensuite extrapolées à l'année complète. Cela permettrait ainsi de développer une approche méthodologique plus rapide et plus accessible pour la conception des bâtiments. Différentes méthodologies pourront être définies et comparées pour déterminer cette période réduite, ainsi que la façon d'extrapoler à l'échelle de l'année. Elles pourront s'appuyer sur des approches similaires déjà appliquées pour la caractérisation de systèmes solaires thermiques à partir de tests de courte durée, sur des méthodes de classification et des méthodes d'analyse de sensibilité.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PRISE EN COMPTE DE LA STRATIFICATION THERMIQUE EXTERIEURE DANS LES MODELES DE PREDICTION DU DEBIT DES PAROIS SOLAIRES VENTILEES PAR CONVECTION NATURELLE

Martin **THEBAULT**^{a,b}, Stéphanie **GIROUX-JULIEN**^b, Christophe **MENEZO**^c, Victoria **TIMCHENKO**^b,
John **REIZES**^b

^aCETHIL, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon

^bSchool of Mechanical and Manufacturing Engineering, UNSW-Sydney, Sydney

^cLOCIE, Université Savoie Mont-Blanc, Le Bourget-du-Lac

Contact e-mail : martin.thebault@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ

L'urbanisation croissante et la nécessité de produire des énergies moins polluantes poussent au développement de systèmes de production locale d'énergie. Parmi eux on retrouve les façades solaires pouvant prendre la forme de façades double-peaux, de mur trombes ou de panneaux photovoltaïques thermiques. Ces composants présentent de nombreuses applications, rafraîchissement passif de cellules photovoltaïques, chauffage/préchauffage d'air, génération d'une ventilation naturelle. La prédiction de la performance de ces composants reste cependant difficile. Dans cette optique de nombreux modèles, incluant différents niveaux de difficulté, ont été développés. Parmi eux on retrouve de nombreux modèles analytiques, basés sur l'hypothèse d'un équilibre entre le débit massique et les pertes de charges dans le canal (voir par exemple [1], [2]). L'aptitude de ces modèles à prédire le débit massique reste cependant limitée comme en témoigne certains cas où de grandes différences entre le débit mesuré et le débit prédit sont notables [3], [4].

Aucun de ces modèles ne prend cependant en compte l'influence d'une distribution de température non-uniforme dans l'atmosphère. Or il a récemment été démontré que l'impact de faibles stratifications établies en conditions contrôlées, avait un impact considérable sur le débit massique induit [5]. Dans cette perspective l'objectif de ces travaux est de proposer une correction des modèles de prédiction existants afin d'y inclure l'effet de la stratification thermique extérieure. Les résultats obtenus par ces nouveaux modèles sont comparés à des jeux de valeurs expérimentales provenant de la littérature. Dans certains cas, la prédiction du débit massique se voit améliorée et les différences obtenues entre débit prédit et débit mesuré expliquées.

- [1] B. J. Brinkworth, "Estimation of flow and heat transfer for the design of PV cooling ducts," *Sol. Energy*, vol. 69, no. 5, pp. 413–420, 2000.
- [2] M. Sandberg and B. Moshfegh, "Investigation of fluid flow and heat transfer in a vertical channel heated from one side by PV elements, part II - Experimental study," *Renew. Energy*, vol. 8, no. 1, pp. 254–258, May 1996.
- [3] Z. D. Chen, P. Bandopadhyay, J. Halldorsson, C. Byrjalsen, P. Heiselberg, and Y. Li, "An experimental investigation of a solar chimney model with uniform wall heat flux," *Build. Environ.*, vol. 38, no. 7, pp. 893–906, Jul. 2003.
- [4] G. He, J. Zhang, and S. Hong, "A new analytical model for airflow in solar chimneys based on thermal boundary layers," *Sol. Energy*, vol. 136, pp. 614–621, Oct. 2016.
- [5] M. Thebault, J. Reizes, S. Giroux--Julien, V. Timchenko, and C. Ménézo, "Impact of external temperature distribution on the convective mass flow rate in a vertical channel – A theoretical and experimental study," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 121, pp. 1264–1272, Jun. 2018.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

LA SIMULATION DES FLUX RADIATIFS EN MILIEU URBAIN : COMPARAISON DE STRATEGIES

Feng **WANG**

CETHIL UMR 5008 Insa Lyon, Villeurbanne

Contact e-mail : triseasonal@hotmail.com

RÉSUMÉ

L'évaluation des apports solaires et des transferts radiatifs entre bâtiments est cruciale pour la caractérisation de l'environnement thermique d'un bâtiment en milieu urbain. Deux familles de méthodes sont appliquées pour simuler le transfert radiatif : le lancer (ou suivi) de rayon qui suit le parcours de rayons, et les méthodes de radiosité qui traitent un bilan global des échanges. Chaque famille présente des avantages en fonction des propriétés de surface (réflexion spéculaire, diffuse, corps gris). Les méthodes de radiosité reposent sur le calcul de facteurs de forme qui ne dépendent que de la géométrie de la scène. Il existe plusieurs méthodes à déterminer les facteurs de forme : double intégrale de surface, double intégration de contour, intégration par une méthode de Monte-Carlo.

La double intégrale de surface est la méthode la plus classique, qui contient une double intégration de surface pour calculer la fraction d'énergie émise par une surface et reçue par une autre. Elle est souvent associée à un calcul approché supposant des surfaces petites et très éloignées. Le théorème de Stokes permet de remplacer une intégrale de surface par une intégration le long du contour de la surface. Ceci permet de calculer les facteurs de forme de manière approchée par discrétisation des contours des surfaces, ce qui permet de diminuer le temps de calcul pour une même précision ou d'obtenir une précision plus importante. La méthode Monte Carlo est une méthode statistique. Avec un tirage de directions aléatoires, on obtient les facteurs de forme par la répartition des surfaces touchées par des rayons lancés dans ces directions.

Ces trois méthodes seront comparées sur des scènes types afin de dégager leurs avantages en termes de temps de calcul, de précision de résultat et d'intégration dans une simulation thermo-aéro-dynamique de l'environnement d'un bâtiment.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

FRONT-CONTACTED MULTI-JUNCTION MICRO SOLAR CELLS FOR HIGH-CONCENTRATION PHOTOVOLTAICS : FABRICATION AND CHARACTERIZATION

Pierre **ALBERT**, Abdelatif **JAOUAD**^a, Maxime **DARNON**^a, Christopher E. **VALDIVIA**^c,
Maïté **VOLATIER**^a, Yannick **DESHAYES**^b, Karin **HINZER**^c, Laurent **BECHOU**^{ab} and Vincent **AIMEZ**^a

^aLaboratoire Nanotechnologies Nanosystèmes (LN2), CNRS UMI-3463, Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT),
Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.

Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS), CNRS UMR-5218, Université de Bordeaux, Talence, France

^cSUNLAB, Centre for Research in Photonics, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada

Contact e-mail : pierre.albert@usherbrooke.ca

RÉSUMÉ

Despite high efficiency, standard concentrated photovoltaic technology (CPV) has not been widely adopted yet due its higher cost and its need for complex cooling systems compared to silicon flat panels. Micro-CPV is an emerging approach that could mitigate these drawbacks. This technology relies on the use of micro cells (i.e. submillimeter solar cells) together with high-concentration optics ($> 1000 \times$) onto smaller and lighter modules. Micro cells are interesting since they promise a better thermal management, making heat dissipation easier and since they exhibit lower resistive losses due to their reduced size [1]. Lower current generated by such cells compared to standard-CPV cells also allows the deployment of low-current, high-voltage modules that could lead to alternative interconnection strategies [1]. However, electrical performances of high perimeter-to-area ratio (P/A) cells (i.e. small cells) are known to be impacted by surface recombinations of carriers at their lateral sidewalls [2]. Also, fabrication processes of standard-CPV cells are not suitable for micro cells and must be adapted for such cells to provide good electrical performance.

In this work, we investigate on performances of GaInP/Ga(In)As/Ge micro solar cells (down to 0.08 mm²) fabricated with a dedicated process flow and with both terminals on the front side, to further study alternative cell interconnection techniques.

Electrical measurements of the fabricated devices have been performed under one sun and under concentration. Measured electrical performance under one-sun illumination (AM1.5D spectrum, 25 °C) is very satisfactory, even for the 0.08 mm² cell, with open-circuit voltage (VOC) above 2.2 V and fill factor (FF) above 84 %. A decrease of

VOC and slight decrease of FF is systematically observed with reducing cell dimensions. The quasi-linear decrease of VOC as a function of P/A implies that this performance reduction can be attributed to surface recombination along the mesa walls. However, this phenomenon is reduced under concentration as recombination centers probably become saturated. Finally, we show that experimental efficiency increases under high concentrations (over 9 % at 1250 x) when 0.25mm² micro cells are compared with standard-CPV ones (12.25 mm²) (see Figure 1). Works are in progress to analyze the performance degradation mechanisms of the fabricated micro cells, to reduce the surface states density and to investigate on novel strategies for cell interconnection.

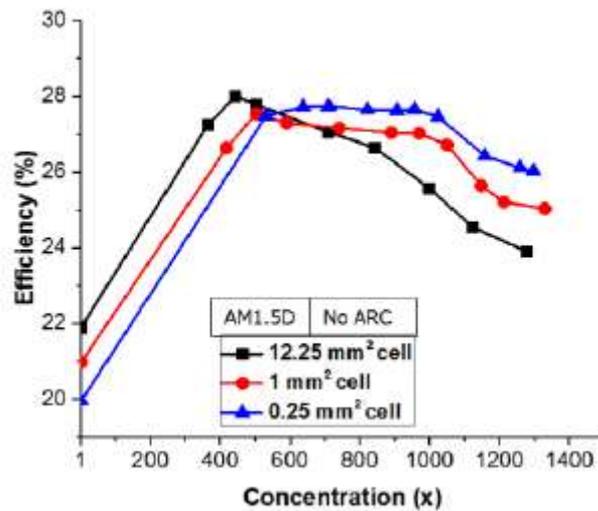


Figure 1: Efficiency vs concentration for different cell areas

References :

- [1] C. Domínguez et al., CPV13, Ottawa 2017, p80003
- [2] M. Ochoa et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells, vol. 120, pp. 48–58, 2014.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE DE L'EFFET DE L'INCORPORATION DE DIOXYDE D'ÉTAIN SUR L'EFFICACITÉ DES CELLULES SOLAIRES ORGANIQUES

Ikram ANEFNAF^{a,b,c}, Guy SCHMERBER^a, Safae AAZOU^b, Kübra YASAROGLU^{a,e}, Silviu COLIS^a, Jean-Luc REHSPRINGER^a, Gérald FERBLANTIER^d, Nicolas ZIMMERMANN^d, Thomas HEISER^d, Abdelilah SLAOUI^d, Zouheir SEKKAT^{b,c}, Aziz DINIA^a

^aInstitut de Physique et Chimie des Matériaux, UMR Uds – CNRS 7504, 67034 Strasbourg Cedex 2, France

^bCentre d'Optique et Photonique, MAScIR, Rabat, Maroc

^cLaboratoire de Chimie des Matériaux, Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohammed V, Rabat, Maroc

^dICube, UMR Uds – CNRS 7357, 67037 Strasbourg, France

^eFraunhofer Institute for Solar Energy System, ISE, Fribourg, Allemagne

Contact e-mail : ikramanefnaf@gmail.com

RÉSUMÉ

Les cellules photovoltaïques organiques (OPV) à base de polymères conjugués suscitent depuis quelques années un intérêt croissant en tant qu'alternative possible au silicium et pourraient apporter de significatives réductions de coût de production.

Ces cellules solaires organiques présentent un rôle important, car elles présentent des propriétés très intéressantes notamment dues à leur flexibilité et la possibilité d'être réalisées sur de grandes surfaces. De plus, leur rendement a connu une immense amélioration à savoir de 1% en 2004 à 12% de nos jours [1].

Leur architecture simple consiste en la superposition de différentes couches planaires allant de 30 à 100 nm d'épaisseur déposées par spin-coating sur un substrat ITO/ verre. La couche active est à base de (P3HT:PCBM), dite « bulk » hétérojonction, avec P3HT comme donneur d'électrons et PCBM comme accepteur d'électrons. Il existe deux types de configuration pour les OPVs, dans le cas de la structure directe les couches sont déposées dans l'ordre suivant : ITO/ PEDOT:PSS/ P3HT:PCBM/ Al (Figure 1a), le PEDOT:PSS étant la couche de type p et l'Al l'électrode de contact. Puis dans le cas de la structure inversée il s'agit de la structure de ITO/ PEIE/ P3HT:PCBM/ PEDOT:PSS /Al, avec le PEIE représentant un polymère non-conjugué, qui génère des dipôles électriques à l'interface avec l'ITO et diminue ainsi son travail de sortie (Figure 1b). Cependant, la stabilité et le rendement de ce type de cellule restent encore des points importants à améliorer étant donné qu'elles se dégradent assez rapidement sous l'effet de l'humidité [2].



Figure 1 : Schéma représentatif des différentes structures OPV a) structure classique b) structure inverse.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet d'insertion d'une nouvelle couche dans la structure inverse sur les propriétés de la cellule, plus précisément le remplacement du PEIE par une couche mince de SnO₂ (40 nm) déposée par sputtering. Ce matériau présente des propriétés optiques et électriques remarquables (une transmittance de 90% en moyenne et une résistivité de l'ordre de 10⁻³ Ω.cm). Les propriétés structurales des couches minces de SnO₂ et des semi-conducteurs organiques déposées sur quartz ont été caractérisées par spectroscopie Raman et par diffraction des Rayons X, les propriétés optiques ont été analysées par spectroscopie UV-Vis et les propriétés de transport de charges électroniques des couches SnO₂ ont été déterminées par effet Hall, et les performances photovoltaïques (V_{oc}, J_{sc}, FF et η) des cellules complètes ont été caractérisées par des mesures I-V.

Références

- [1]S. Li, L. Zhan, F. Liu, J. Ren, M. Shi, C. Li, T. P. Russell, and H. Chen, "An Unfused-Core-Based Nonfullerene Acceptor Enables High-Efficiency Organic Solar Cells with Excellent Morphological Stability at High Temperatures," vol. 1705208, pp. 1–8, 2017.
- [2]A. Makki, S. Omer, and H. Sabir, "Advancements in hybrid photovoltaic systems for enhanced solar cells performance," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 658–684, 2015.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE DE L'OXYDE D'ETAIN SNOX POUR DES APPLICATIONS SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

Manale **BATTAS**^a, M.**REGRAGUI**^b, Abelilah **SLAOUI**^a, Aziz **DINIA**^c, Gerald **FERBLANTIER**^a

^a*Cube ; Université de Strasbourg & CNRS, 67037 Strasbourg, France*

^b*Laboratoire de Physique des Matériaux, Faculté des sciences de Rabat, Rabat, Maroc*

^c*PCMS, Université de Strasbourg, CNRS, F-67034 Strasbourg, France*

Contact e-mail : battas.manale@gmail.com

RÉSUMÉ

Les oxydes transparents conducteurs (OTC) ont la particularité d'avoir d'excellentes propriétés électriques (bonne conductivité) et optiques (bonne transparence dans le Visible et proche Infrarouge).

Parmi les OTC prometteurs, l'oxyde d'étain (SnO_x) a la spécificité de pouvoir être conducteur de type p (sous forme de SnO) ou de type n (sous forme de SnO₂), grâce à la bivalence et l'orbitale 5s de l'étain.

Ce travail se veut contributif à la compréhension du processus intermédiaire de la transformation de phase entre le SnO et le SnO₂.

Nous avons élaboré des couches minces de SnOX par pulvérisation cathodique magnétron, à partir de cible Sn sous ambiance Ar/O₂. Nous avons varié les paramètres de dépôt tels que la température, le rapport de pression Ar/O₂ et la puissance de pulvérisation.

Les effets de ces paramètres sur la composition de la couche SnO_x ont été investiguées avant et après recuit thermique par des caractérisations optiques (de transmittance par spectroscopie UV-Vis) et de transport de charge électronique (Effet Hall).

Nous avons ainsi délimité les zones de démarcation entre le SnO et le SnO₂.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE DE L'EFFET DE L'IODURE DE CUIVRE SUR LA STABILITE DES CELLULES SOLAIRES ORGANIQUE-INORGANIQUE A BASE DE PEROVSKITE

Wissal BELAYACHI^{a,b}, Kübra YASAROGLU^{a,c}, Guy SCHMERBER^a, Jean-Luc REHSPRINGER^a,
Mohammed ABD-LEFDIL^b, Aziz DINIA^a

^aInstitut de Physique et Chimie des Matériaux, UMR Uds – CNRS 7504, Strasbourg, France

^bMANAPSE, Faculté des sciences, Université Mohammed V de Rabat, Maroc

^cFraunhofer Institute for Solar Energy System ISE, Freiburg, Allemagne

Contact e-mail : wissal.belayachi@gmail.com

RÉSUMÉ

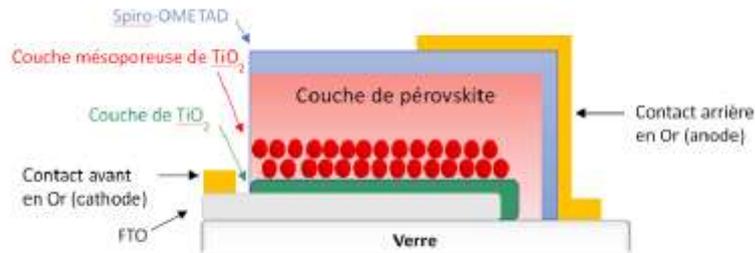
Les cellules solaires à base de pérovskite ont connu un immense engouement justifié à la fois par la progression de leur rendement (passée de 3,8 % à 22,7 % actuellement [1]), et par la simplicité de leur fabrication. Dans le cadre de ce travail, les cellules étudiées sont à base de pérovskite hybride organique-inorganique de méthylammonium de plomb halogéné (CH₃NH₃PbI₃).

Les cristaux de pérovskites qui jouent le rôle de matériau photo-actif (générateur de paires électron-trou) sont infiltrés dans une couche mésoporeuse de TiO₂ qui se situe entre le matériau transporteur de trous (matériau de type p) ; le spiro-OMeTAD, et le matériau collecteur d'électrons (matériau de type n) ; le TiO₂ compact [2].

Cependant, ces cellules sont fortement instables. Leurs performances diminuent rapidement sous l'effet de l'humidité et de la chaleur [3]. Une solution éventuelle pour améliorer leur stabilité est de remplacer une partie des éléments d'iodure de plomb (PbI₂) par de l'iodure de cuivre (CuI). Ce dernier a été spécifiquement choisi pour son caractère hydrophobe et pour réduire le taux en plomb qui est toxique.

L'objectif de notre étude est de comprendre comment l'ajout de CuI aide à l'amélioration de la stabilité de la cellule et de déterminer le pourcentage de CuI dans la pérovskite donnant la stabilité optimale. La caractérisation structurale et morphologique est faite à l'aide différentes méthodes. Les analyses par microscopie électronique à balayage et à force atomique (MEB et AFM) permettent l'étude des surfaces et de la morphologie. Elles indiquent, dans notre cas, la formation de couches homogènes. L'analyse dispersive des éléments présents dans les échantillons n'a montré la présence du CuI qu'à partir de 20% en rapport molaire CuI/PbI₂. L'analyse par diffraction des rayons X, elle montre un changement de paramètres de maille selon le pourcentage de CuI inséré. Quant à l'analyse par spectrophotométrie UV-Visible, elle a montré que les échantillons possèdent des propriétés optiques semblables.

Enfin, les mesures des performances photovoltaïques des cellules solaires ont prouvé que le rendement est plus stable en présence de Cu dans la pérovskite en comparaison à la pérovskite MAPI classique.



Références :

1. NREL <https://www.nrel.gov/pv/assets/images/efficiency-chart.png>.
2. Perovskite solar cells: Materials, configurations and stability; *Isabel Mesquita, Luísa Andrade, Adélio Mendes* ; Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 2471–2489.
3. Stability of perovskite solar cells, *Dian Wang, Matthew Wright, Naveen Kumar Elumalai, Ashraf Uddin*; Solar Energy Materials & Solar Cells ,147 (2016) 255–275.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MODELISATION ET CARACTERISATION DE SIGNATURES ELECTRIQUES DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Abdelhadi **BENZAGMOUT**^a, Olivier **FRUCHIER**^a, Thierry **TALBERT**^a, Thierry **MARTIRE**^b,
Philippe **ALEXANDRE**^c

^aLaboratoire PROMES, UPR 8521, Université de Perpignan Via Domitia, 66100 Perpignan

^bInstitut d'Electronique IES, UMR 5214, Université de Montpellier, 34000 Montpellier

^cENGIE Green, 215 Rue Samuel Morse, 34000 Montpellier

Contact e-mail : abdelhadi.benzagmout@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Au cours de cette dernière décennie, la pénétration du photovoltaïque dans le mix énergétique en France a connu une forte croissance. Cela est dû à la recombinaison de plusieurs facteurs parmi lesquels, la politique de transition énergétique, de subvention, la modification et libéralisation des tarifs de rachat d'électricité et la baisse du LCOE (coût actualisé de l'énergie) des centrales photovoltaïques. Ce développement économique ne peut atteindre ses objectifs sans avoir recours à un développement technique et technologique en parallèle. Ce développement technique passe par la mise en place dans les systèmes de supervision de systèmes de détection, localisation et d'identification des défauts dans les installations photovoltaïques notamment dans les panneaux photovoltaïques. Parmi les questions qui sont abordées, nous retrouvons : Quels défauts devront être identifiés ? Quelles techniques devront être utilisées ? Mais surtout pour quels coûts et quels gains ?

Pour mieux répondre à ces questions nous avons développé une plateforme de caractérisation en temps réel qui peut être intégrée dans les installations photovoltaïques. Chaque défaut possède une signature électrique courant-tension spécifique. En arrivant à tracer cette signature nous pouvons révéler l'existence de défaut ainsi que la nature de celui-ci. Cette signature est obtenue à l'aide d'une plateforme de caractérisation que nous avons développée au laboratoire qui intègre un système hardware (traceur I-V) couplé à un système software de traitement de l'information. Cette plateforme présente d'avantage une précision de mesure élevée, la tenue en puissance et en tension électrique élevée, et ainsi sa structure hardware modulaire.

La modélisation électrique de défauts a été réalisée avec le logiciel PLECS, cette modélisation qui nous a permis de valider les mesures réalisées expérimentalement (fig1).

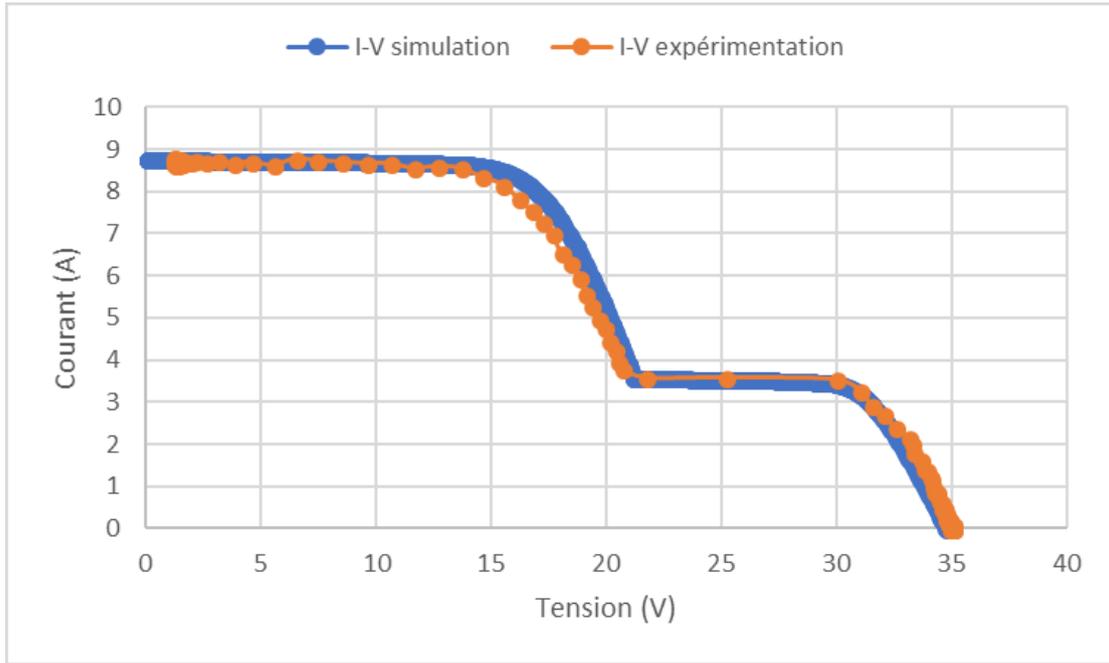


Figure 1 : comparaison simulation/mesure de signature de défaut



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

INGENIERIE NANOPHOTONIQUE POUR CELLULE SOLAIRE TANDEM PEROVSKITE/SILICIUM

Florian **BERRY**^a, Hai Son **NGUYEN**^a, Erwann **FOURMOND**^a, Céline **CHEVALIER**^a, Christian **SEASSAL**^a

^aUniversité de Lyon, Institut des Nanotechnologies de Lyon-INL, UMR CNRS 5270, INSA de Lyon, Ecole Centrale de Lyon

Contact e-mail : florian.berry@ec-lyon.fr

RÉSUMÉ

Une des perspectives pour améliorer le rendement des cellules solaires en silicium est de combiner le silicium cristallin avec un autre matériau dans une structure en tandem afin d'obtenir une cellule d'efficacité supérieure à 30% [1]. Pour cela, la pérovskite est un matériau prometteur, en effet, elle possède un meilleur coefficient d'absorption dans le visible que le silicium. En combinant avec la faculté d'absorption dans le proche infra-rouge du silicium, les deux matériaux peuvent se compléter pour former une cellule solaire tandem. Mais, que ce soit dans une cellule tandem de 2 terminaux, ou une cellule de 4 terminaux, un problème de pertes se pose. En effet, pour une cellule 2 terminaux, le courant de sortie est limité par la cellule de plus faible courant de court-circuit. Pour une cellule 4 terminaux, l'absorption des photons à haute énergie n'est pas totale dans la cellule pérovskite tandis qu'une partie des photons à faible énergie s'échappent à cause des réflexions à l'interface entre deux sous-cellules. Pour remédier à ça, nous envisageons d'insérer une structure nano-photonique entre les cellules. En fonction de la configuration (2 terminaux ou 4 terminaux), le design de cette structure nano-photonique sera optimisé pour : i) répartir la lumière dans le cas d'une cellule 2 terminaux, afin d'obtenir un courant de court-circuit identique et maximisé dans chaque cellule ; ii) piéger les photons de haute énergie (i.e. $\lambda < 800\text{nm}$) dans la cellule de pérovskite, et maximiser la transmission de photons de faible énergie (i.e. $\lambda > 800\text{nm}$) vers la cellule de silicium dans le cas d'une cellule 4 terminaux (*figure 1*).

Pour ce projet, le focus est établi sur la cellule pérovskite et la structure nano-photonique. La structure nano-photonique sera constituée de cristaux photoniques, et doit permettre, grâce aux couplages résonants entre la lumière incidente et les modes de Bloch lents du cristal photonique, de contrôler la réflectivité, l'absorption et la transmission de lumière [2]. Pour ce faire, nous envisageons de créer directement les cristaux photoniques dans la couche de pérovskite. En effet, il semble plus contrôlable, et reproductible de structurer la pérovskite au lieu de déposer la pérovskite sur une structure déjà conçue. Le choix de structuration s'est donc porté sur la nano-impimpression de la pérovskite. Le principe de cette technique est d'appliquer un moule, avec une pression, sur la

pérovskite durant son recuit. Cette dernière, va alors cristalliser en prenant la forme du moule. Les résultats complets en termes de structure et de propriétés optiques seront présentés.

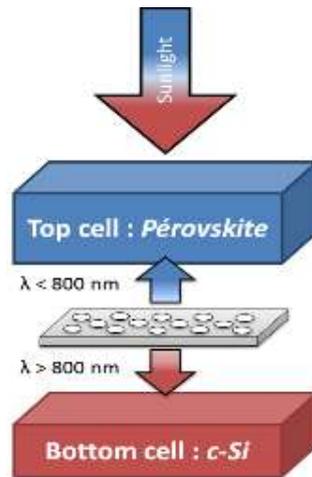


Figure 1 : Structure de la cellule tandem 4 terminaux

[1] N. N. Lal, T. P. White, and K. R. Catchpole, "Optics and Light Trapping for Tandem," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 4, no. 6, pp. 1380–1386, 2014.

[2] X. Letartre, J. Mouette, J. L. Leclercq, P. Rojo Romeo, C. Seassal, and P. Viktorovitch, "Switching Devices With Spatial and Spectral Resolution Combining Photonic Crystal and MOEMS Structures," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 21, no. 7, pp. 1691–1698, Jul 2003.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MISE EN CASCADE DE CONVERTISSEURS DC-DC POUR APPLICATION SOLAIRE CONCENTREE : ARCHITECTURE DE PUISSANCE

Ryan **KOURDANE**^a, Olivier **FRUCHIER**^a, Thierry **TALBERT**^a, Dorian **GACHON**^a, Frédéric **THIERRY**^a,
Thierry **MARTIRE**^b,

^aLaboratoire PROMES, UPR 8521, Université de Perpignan Via Domitia, 66100 Perpignan

^bInstitut d'Electronique IES, UMR 5214, Université de Montpellier, 34000 Montpellier

Contact e-mail : ryan.kourdane@gmail.com

RÉSUMÉ

L'ensemble des projets qui traitent du photovoltaïque sous concentration (CPV), s'intéresse systématiquement à l'amélioration de la conversion de la cellule. Cet article se positionne à l'interface entre la cellule et le système avec la réalisation d'un bus continu haute tension (HVDC) et stable. La limitation des systèmes actuels est liée directement à la réutilisation pour le CPV de l'architecture électrique du PV. Les systèmes sont donc limités par le nombre de cellules qui sont placées en série pour constituer un string. Un seul défaut dans une cellule suffit à limiter le fonctionnement de l'ensemble du string. Le laboratoire PROMES-CNRS et l'IES travaillent sur de nouvelles architectures comme l'association d'un module, ou d'un groupe de modules CPV avec un convertisseur ou une cascade de convertisseurs DC-DC éleveurs de tension. L'objectif est d'extraire le maximum de puissance de l'ensemble des modules quel que soit l'état de fonctionnement de l'installation. La possibilité de gérer le bus DC (en fonction de différents paramètres) et de le faire fonctionner à haute tension (de l'ordre du kV) permet de limiter les pertes en ligne, et d'améliorer l'efficacité de l'installation CPV d'environ 3 à 5 % en valeur minimale.

Un convertisseur boost présente des résistances parasites contenues dans l'inductance, la capacité, le transistor et la diode de commutation ainsi qu'une chute de tension présente dans la diode et par conséquent le gain maximal en tension est limité à 4. L'architecture présentée ici sera une cascade dc-dc élévatrice en tension de référence sera composée de 4 convertisseurs boost. L'avantage de cette structure est un rapport de tension élevé mais présente l'inconvénient de la difficulté du contrôle due à l'augmentation de l'ordre du système. Cette structure permettra d'identifier les problématiques de rendement (résistances parasites, pertes de commutations) et d'intégration (température, perturbations électromagnétiques). La cascade dc-dc conçu pour une puissance de 30W a un V_e de 3.3V et un V_s de 577V, une fréquence de travail comprise entre 1kHz et 1MHz pour assurer une intégration maximale.

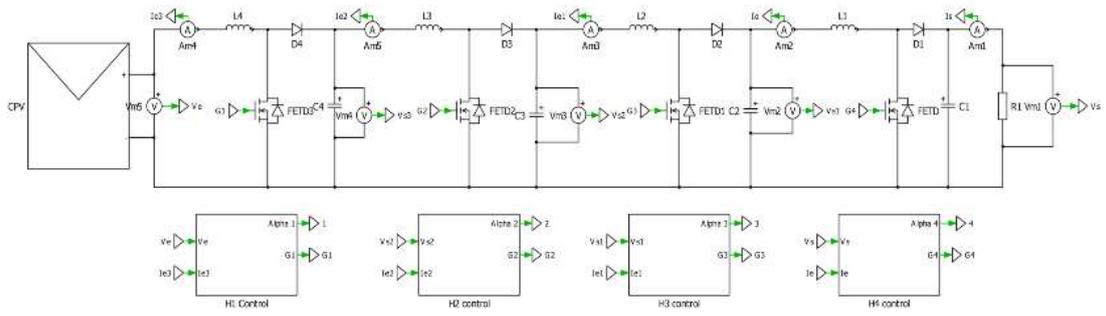


Figure 1 : Cascade de convertisseurs boost

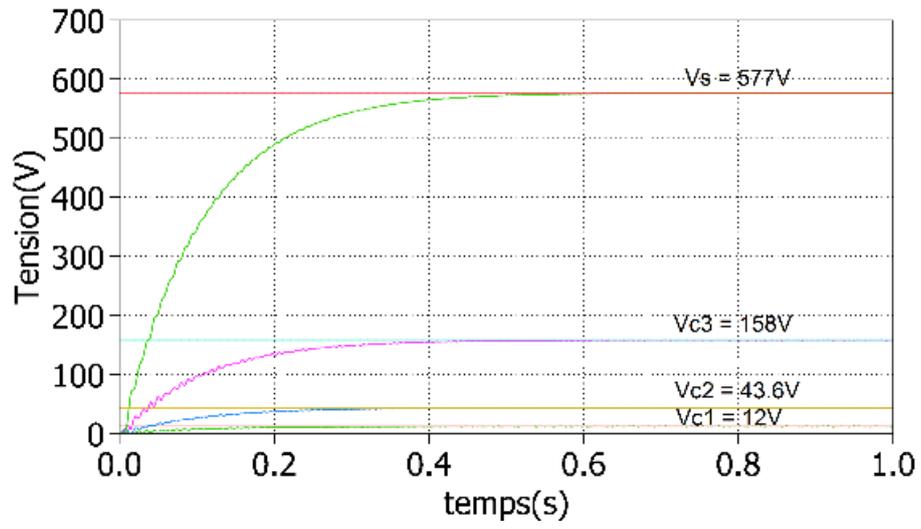


Figure 2 : Niveaux de tension de sortie des convertisseurs



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

HIGH EFFICIENCY SI SOLAR CELL INCLUDING TUNNEL JUNCTION FOR TANDEM PHOTOVOLTAIC CELLS

Xiao LI^a, Marco VETTORI^{a,b}, Michel GENDRY^b, Alain FAVE^a, Mustapha LEMITI^a

^aInstitut des Nanotechnologies de Lyon-INL, UMR CNRS 5270, INSA de Lyon, Villeurbanne 69621, France

^bInstitut des Nanotechnologies de Lyon-INL, UMR CNRS 5270, Ecole Centrale de Lyon, 69134 Ecully, France

Contact e-mail : xiao.li@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

Si-based tandem solar cells are studied to overcome the Shockley-Queisser efficiency limit. III-V materials families are quite suitable for multijunction solar cells given their range of optical and material properties can be managed. To avoid the lattice mismatch, thermal mismatch and polarity problems during the heteroepitaxy integration of III-V on Si, III-V nanowires (NWs) array is fabricated as the top cell and crystalline Si as the bottom cell. Core-shell pn junctions are formed in III-V NWs by self-catalyzed vapor-liquid-solid growth in molecular beam epitaxy (MBE). Considering the epitaxial nature of III-V NWs growth, Si bottom cell in the (111) orientation is necessary to ensure the vertical yield. A back surface field layer is diffused on the rear surface of Si bottom cell to reduce recombination and improve the connection quality between Si and metal contact. A low-resistance tunnel junction is implemented on the top of Si bottom cell in order to electrically connect the 2 sub-cells. To produce silicon tunnel diodes, a facile and economical method combining spin-on doping and proximity rapid thermal diffusion (RTA) is used. The compensation of phosphorus (in the emitter region) with boron atoms is studied carefully in order to realise a thin p+ doped layer on the surface. The main difficulty is to achieve very high doping concentrations with very sharp doping transitions. Electrochemical capacitance voltage (ECV) profiler is used to characterize the carrier profiles. Moreover, we study the influence of the tunnel structure on the surface recombination of the Si bottom cell.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ÉTUDE EXPERIMENTALE DU TRANSFERT RADIATIF EN CHAMP PROCHE POUR LA CONVERSION THERMOPHOTOVOLTAÏQUE

Christophe **LUCCHESI**^a, Pierre-Olivier **CHAPUIS**^a, Dilek **CAKIROGLU**^b, Jean-Philippe **PEREZ**^b,
Thierry **TALIERCIO**^b, Eric **TOURNIE**^b, Rodolphe **VAILLON**^{a,c}

^aCETHIL, Univ Lyon, CNRS, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, France

^bUniv. Montpellier, CNRS, IES, UMR 5214, F-34000 Montpellier, France

^cInstituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Espagne

Contact e-mail : christophe.lucchesi@insa-lyon.fr

RÉSUMÉ

Les cellules thermophotovoltaïques (TPV) convertissent le rayonnement infrarouge émis par des sources de chaleur en puissance électrique. Dans le cas du TPV solaire, le rayonnement provenant du soleil est dans un premier temps absorbé par un corps qui s'échauffe, puis réémis vers une cellule TPV par un matériau émetteur sélectif en longueur d'onde (voir Figure 1). Le flux de chaleur radiatif absorbé par la cellule peut être augmenté de plusieurs ordres de grandeur quand la distance entre la cellule et l'émetteur est réduite à des valeurs inférieures à la longueur d'onde caractéristique du rayonnement thermique ($4 \mu\text{m}$ à 730 K) ; de plus, le spectre du rayonnement échangé est modifié en champ proche par rapport au champ lointain, ce qui peut être mis à profit pour accorder au mieux le spectre du flux reçu par la cellule. L'effet de champ proche doit permettre l'amélioration des performances d'un système TPV avec pour objectif final de doubler la puissance électrique générée par la cellule. Afin de démontrer cet effet, nous avons réalisé des mesures de conductance radiative en champ proche entre un émetteur sphérique et un substrat plan. L'émetteur sphérique est collé à la partie électriquement résistive d'une sonde en silicium dopé utilisée en microscopie thermique à sonde locale (SThM pour *Scanning Thermal Microscopy*) qui joue le rôle de source de chaleur. Les mesures ont été réalisées sous vide afin d'éviter le transfert thermique par l'air. La résistance électrique de la sonde est mesurée en fonction de la distance entre l'émetteur et le substrat pour des différences de température qui peuvent excéder 400 K. La température de l'émetteur et la conductance radiative en champ proche sont déduites de la dépendance en température de la résistance électrique de la sonde. Nous avons d'abord traité le cas d'un émetteur et d'un substrat en silice, qui a déjà été étudié par le passé avec des différences de températures beaucoup plus faibles. Nous avons observé l'augmentation de la conductance radiative pour des distances inférieures à $3 \mu\text{m}$ cohérente avec l'approximation de proximité (aussi appelée approximation de Derjaguin), et la dépendance de la conductance radiative à la température de l'émetteur. Dans les dispositifs TPV, le substrat sera remplacé par une jonction p-n en antimoine d'indium ($E_g(\text{InSb}) = 0,17 \text{ eV}$ à 300 K) de forme cylindrique. Dans ce travail, l'impact

de (i) la géométrie du substrat et (ii) des matériaux de l'émetteur et du substrat sur le transfert radiatif en champ proche sera souligné.

Ce travail est soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre des subventions ANR-16-CE05-0013 (DEMO-NFR-TPV) et ANR-11-EQPX-0016.

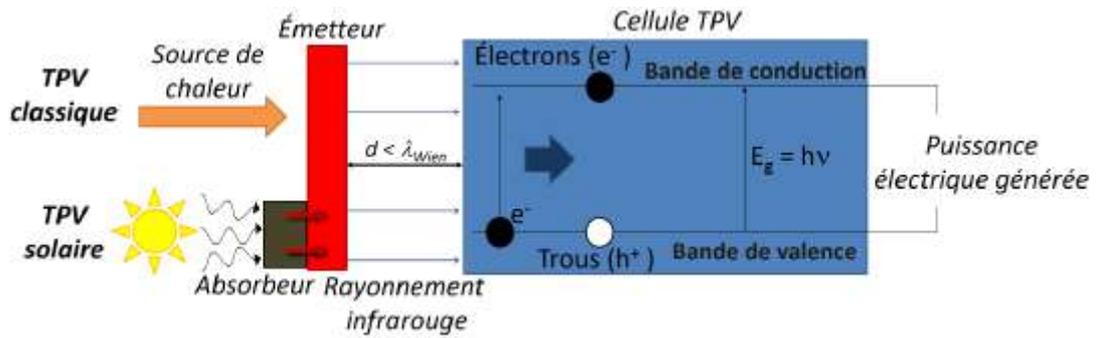


Figure 1: Schéma du principe de la conversion thermophotovoltaïque



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

HIGH VOLTAGE SOLAR CELLS BASED ON NANOSTRUCTURED ULTRA THIN SILICIUM

Nelly MOULIN

Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL)

Contact e-mail: nelly.moulin@insa-lyon.fr

RESUME

Photovoltaic devices are mainly developed for the production of energy at large scale. In parallel to this work, one way of reducing our environmental impact is to reduce the use of batteries at small scale. In this context, the subject of my thesis is to develop a new model of solar cell that would be directly included in electronic devices (autonomous sensors, connected objects, IoT...). 100% based on Silicon, it will work through multijunctions connected in cascade (which will allow to easily control the output voltage). These junctions will be :

- Vertical : this makes a technological issue to solve
- Tunnel junctions: with a highly doped material

Its fabrication process will be optimized to contain the least number of steps (thus reducing the cost of fabrication and implement it in CMOS process). The conception of this cell goes from the simulation of the tunnel junction to the realization of a functional prototype and optical optimization (through nanostructuration).

At this stage, the main work has been to develop a simulation program to predict the I(V) curve of a Si p-n tunnel junction in forward and reverse bias on one hand. On the other hand, preliminary tests to optimize the fabrication process of the first samples have been done including laser lithography, deep etching and ionic implantation.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

SILICON FOILS ON ALUMINIUM SUBSTRATES STRUCTURES FOR SOLAR CELLS

Abderrahime **SEKKAT**, Abdelilah **SLAOUI**^a, Anatolie **GAVRILUTA**^a, Stéphane **ROQUES**^a,
Alexander **ULYASHIN**^b

^alaboratoire ICUBE, CNRS-Université de Strasbourg, 23 rue du Loess, F-67037 Strasbourg France

^bAlexander Ulyashin, SINTEF, Oslo, Norway

Contact e-mail : abderrahimsekkat@gmail.com

RÉSUMÉ

Most of the inorganic photovoltaic solar cell technologies are made of silicon which is widely used by the industrial as it represents the second most abundant element in nature after oxygen. Furthermore, it is an effective semiconductor after being doped with different material elements from the group 3 and 5 which has been demonstrated through the years by the achieved high efficiencies of more than 20% for the monocrystalline technology. Likewise, the attained thickness of the PV solar cell in 2018, as stated by the international technology roadmap for photovoltaic (ITRPV) published in March 2018, is around 180 μm for multicrystalline technology and 170 μm for monocrystalline technology and estimated to reach a value of 150 μm for m-Si and 130 μm for c-Si by 2028. The aim of our research is to produce high efficient thinner silicon solar cells of around 30 to 90 μm which will reduce the amount of silicon material and dramatically decrease the cost of the technology. The concept is quite challenging since the silicon foils are quite brittle and do not absorb great amount of incident light which obviously decreases their efficiency. Such limitations can be overcome by bonding the silicon foils to metallic substrates such as alloyed aluminum-silicon substrates. Such substrates, besides being the mechanical support to the thin film silicon foil, can improve the optical properties thanks to their high reflectance as well as ensuring a back contact to the solar cell. Modelling of Si foil/Al substrate using PC1D will be presented. Effects of Si thickness, Si quality through the minority carrier lifetime and the back surface recombination velocity will be investigated.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETUDE CFD ET ÉVALUATION EXPERIMENTALE DES PERFORMANCES D'UN BALLON DE STOCKAGE D'EAU CHAUDE INTÉGRANT LES CAPTEURS SOLAIRES A TUBES SOUS VIDE

Tarik **BOUHAL**^{a,b*}, Saïf ed-Dîn **FERTAHI**^a, Younes **AGROUAZ**^{a,b}, Tarik **KOUSKSOU**^a, Youssef **ZERAOULI**^a

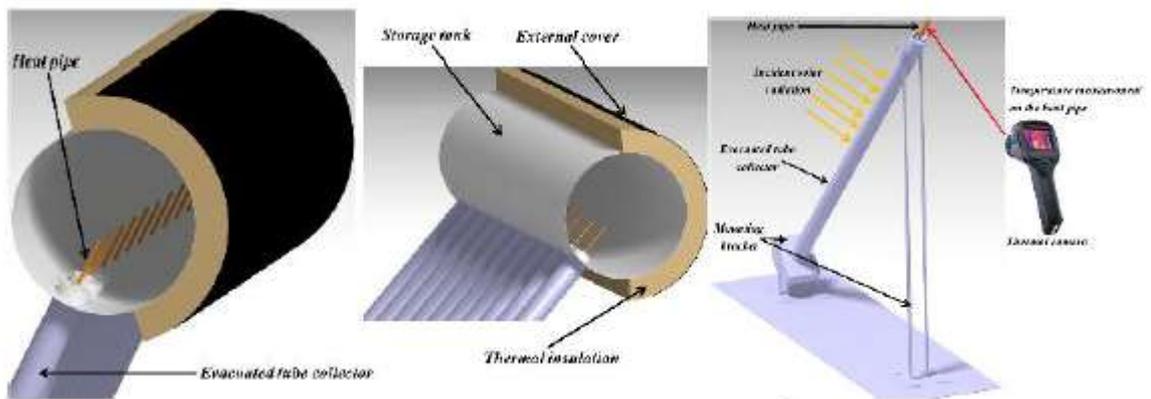
^a Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA/E2S), Laboratoire des Sciences pour l'Ingénieur Appliquées à la Mécanique et au Génie Electrique (SIAME) – Fédération IPRA, EA4581, 64000, Pau, France

^b Université Sidi Mohamed Ben Abdellah (USMBA), École Supérieure de Technologie de Fès, Route d'Imouzzer BP 2427, Morocco.

Contact e-mail : bouhal.tarik@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Ce papier présente une étude expérimentale et un ensemble de simulations CFD appliquées à un ballon horizontal stockant de l'eau chaude solaire. Le but principal de ce travail est de suggérer une nouvelle conception et optimale du ballon horizontal étudié qui est considéré comme le dispositif principal dans les chauffe-eau solaires intégrant des collecteurs à tubes sous vide (ETC) avec des caloducs. Une étude expérimentale a été réalisée pour mesurer la température maximale des caloducs à l'aide d'une caméra thermique. Par la suite, des simulations CFD ont été effectuées en utilisant les résultats expérimentaux précédemment enregistrés. Les études numériques visaient à évaluer l'effet du nombre de caloducs, intégré sur la coque interne latérale du ballon, sur ses performances énergétiques telles que l'efficacité de la décharge. En effet, quatre cas ont été étudiés en fonction du nombre de caloducs utilisés (n). Plusieurs indicateurs de performance ont été définis pour identifier la configuration optimale, comme le coefficient de transfert thermique (HTC) évalué sur le caloduc, les courbes de température et les lignes de courant, l'évolution de la température selon des trajectoires spécifiques du ballon et l'efficacité de décharge. Nous avons remarqué que la température du réservoir horizontal est augmentée par l'augmentation du nombre de caloducs. D'autre part, la structure laminaire du champ d'écoulement est perturbée et la température de sortie de l'eau chargée chaude est également affectée. Dans le cas contraire, le HTC calculé pour le caloduc à proximité de la sortie du ballon de stockage pour $n = 6$ atteint $212,5 \text{ W / Km}^2$, alors qu'il est de 300 W / Km^2 et 230 W / Km^2 pour $n = 8$ et $n = 10$, respectivement. De plus, l'efficacité de décharge du ballon de stockage horizontal dépend principalement de la variation instantanée de la température de l'eau





Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018
Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF A TWO-PHASE CLOSED THERMOSYPHON THROUGH CFD NUMERICAL SIMULATIONS

Saïf ed-Dîn **FERTAHI**^{a, b, *}, Tarik **BOUHAL**^{a, b}, Omar **RAJAD**^d, Tarik **KOUSKSOU**^B, T. **EL RHAFIKI**^C,
Youssef **ZERAOULI**^b

^aUniversité Sidi Mohamed Ben Abdellah (USMBA), École Supérieure de Technologie de Fès, Route d'Imouzzer BP 2427, Morocco.

^bUniv Pau & Pays Adour/E2S UPPA Laboratoire des Sciences Appliquées à la Mécanique et au Génie Electrique-fédération

^cUniversité Moulay Ismail (UMI), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ENSAM, Marjane II, BP-4024 Meknès Ismailia, Morocco.

^dEMISys Research Team, Engineering 3S Research Center, Mohammadia School of Engineers, University Mohammed V in Rabat, Morocco.

Contact e-mail : fertahi.sayfdin@gmail.com

RÉSUMÉ

In this paper, a comprehensive computational fluid dynamics (CFD) modeling was built to reproduce the pool boiling in the evaporator section and the liquid film condensation in a closed thermosyphon [1]. The two phase Volume Of Fluids (VOF) model was used to simulate the heat transfer during evaporation and condensation inside a closed thermosyphon. This CFD model was validated using experimental results, and a good agreement was observed. Moreover, the results were analyzed in terms of the vapor volume fraction variation, temperature and vertical velocity at different locations along the thermosyphon. A parametric study was also conducted to enhance the performance of the thermosyphon designed for solar thermal energy applications like domestic hot water systems. It is found that the performance of the two-phase closed thermosyphon can be improved by tilted fins integration on the lateral surface of the condenser section.

[1] Saïf ed-Dîn Fertahi, T. Bouhal, Y. Agrouaz, T. Kousksou, T. El Rhafiki, Y. Zeraouli, Performance optimization of a two-phase closed thermosyphon through CFD numerical simulations, Applied Thermal Engineering, Volume 128, 2018, Pages 551-563, ISSN 1359-4311 <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.09.049>.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ISORC : OUTILS POUR L'INTEGRATION DU SOLAIRE SUR LES RESEAUX DE CHALEUR

Sylvain **SERRA**^a, Sabine **SOCHARD**^a, Jean-Michel **RENEAUME**^a, Amandine **LE DENN**^b,
Pierre **DELMAS**^c, Pierre **EVEILLARD**^d

^aUNIV PAU & PAYS ADOUR/ E2S UPPA, LABORATOIRE DE THERMIQUE, ENERGETIQUE ET
PROCEDES- IPRA, EA1932, 64000, PAU

^bTECSOL, Perpignan, ^cNewHEAT, Bordeaux, ^dSermet Sud-Ouest, Bordeaux

Contact e-mail : sylvain.serra@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Le projet ISORC (ADEME) vise la création d'outils pour optimiser le dimensionnement en phase conception et améliorer la phase exploitation des réseaux de chaleur intégrant une ou des productions solaires thermiques. Il regroupe des partenaires industriels et académique : Tecsol, NewHeat, Sermet et le LaTEP.

Un des axes du projet se focalisera sur le développement d'un outil d'optimisation en phase conception couplant à la fois les réseaux de chaleur, le solaire thermique et le stockage à court et long terme. Il utilisera des modèles linéaires et simplifiés afin de pouvoir prendre en compte la variabilité de la ressource solaire (multi-période). L'outil sera utilisable pour de multiples configurations de réseaux de chaleur, nouveaux ou déjà existants, raccordés à des installations solaires et éventuellement à d'autres installations de production d'énergie (bois, gaz, fioul, ...) ainsi qu'à des stockages journaliers et/ou inter-saisonniers. L'utilisation de méthodes mathématiques d'optimisation permettra de prendre en compte le très grand nombre de variables et de paramètres auxquels doivent faire face les ingénieurs lors de la conception de tels systèmes.

L'outil permettra par exemple d'obtenir les bilans de performances énergétiques (chaleur livrée, chaleur produite totale, ensoleillement global pris en compte, rendement de captation, pertes de stockage) ; et économique à l'échelle du réseau (prix de la chaleur) et à l'échelle de la composante solaire (CAPEX et OPEX détaillés). A ceci s'ajoute les solutions optimisées au niveau de la conception avec deux types de variables optimales : les variables binaires permettront de choisir l'existence des composants (stockage, unité de production, type de

panneaux...); les variables continues permettront de connaître la surface d'installation solaire, la puissance des autres producteurs, le volume de stockage journalier et/ou le volume de stockage inter-saisonnier ...

Il est important de garder à l'esprit que l'optimum d'un système complet ne peut être que meilleur (au pire, égal) à la somme des optima des différents systèmes (centrale solaire, réseau de chaleur, stockages) étudiés séparément. La possibilité d'étudier différents types de stockages thermiques dans une optimisation du système complet est donc indispensable pour prétendre obtenir un système performant.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PROSPECTIVE DE DEPLOIEMENT SPATIAL DES ENERGIES RENOUVELABLES SELON LES ACTEURS ET LES REGULATIONS

Gilles DEBIZET

Université Grenoble Alpes 38000 Grenoble

Contact e-mail : gilles.debizet@ujf-grenoble.fr

RÉSUMÉ

La transition énergétique est loin d'être écrite. Dans la conjoncture inédite de foisonnement des énergies renouvelables et notamment solaires, le futur énergétique s'avère particulièrement incertain dans les milieux habités où se concentrent déjà les consommations, les leviers d'action et les expérimentations les plus variées. Réseaux, technologies et acteurs de l'aménagement et de l'énergie s'enchevêtrent dans les territoires de déploiement des énergies renouvelables.

Mobilisant la notion d'assemblage socio-énergétique, une équipe pluridisciplinaire de chercheurs a élaboré quatre scénarios à l'horizon 2040, chacun centré sur un acteur-pivot.

Que se passerait-il si des sociétés spécialisées géraient l'ensemble des réseaux d'un quartier ? Si les collectivités locales supervisaient la production et l'approvisionnement ? Si des coopératives de consommateurs échangeaient de l'énergie et mutualisaient des productions ? Si l'État reprenait la main dans tous les domaines d'actions ?



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

CADASTRE SOLAIRE DU CANTON DE GENEVE : MÉTHODOLOGIE, MODÈLES ET OUTILS D'ANALYSE DU POTENTIEL SOLAIRE SUR LES TOITURES ET FAÇADES

Gilles **DESTHIEUX**^a, Reto **CAMPONOVO**^a, Nabil **ABDENNADHER**^b, Claudio **CARNEIRO**^a, Eugenio **MORELLO**^c

^aINPACT/LEEA, haute école du paysage d'ingénierie et d'architecture (HES-SO/hepia), Genève

^bINIT/LSDS, haute école du paysage d'ingénierie et d'architecture (HES-SO/hepia), Genève

^cLaboratorio di Simulazione Urbana "Fausto Curti", Politecnico di Milano, Milano

Contact e-mail : gilles.desthieux@hesge.ch

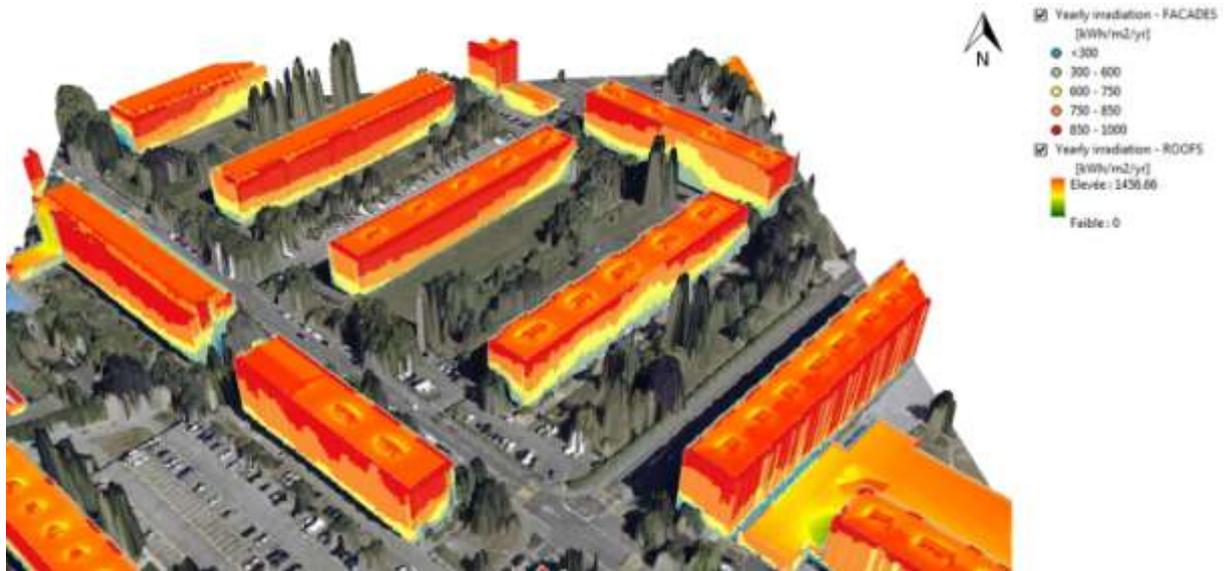
RÉSUMÉ

La communication porte sur la présentation du cadastre solaire genevois réalisé en plusieurs étapes de 2011 à 2016 pour le compte de l'Etat de Genève, dans le cadre d'une collaboration scientifique entre la Haute école du paysage d'ingénierie et d'architecture de Genève (HES-SO / hepia), l'EPFL et l'Ecole polytechnique de Milan, et ses différentes composantes méthodologiques. Cet outil intégré est basé sur l'utilisation des données cadastrales LiDAR, 2D et 3D du territoire et du milieu bâti.

Avec le rayonnement solaire et les modèles astronomiques solaires, il calcule le rayonnement solaire global pour un ensemble de points situés sur les toits, le sol et les façades. Bien que l'outil prenne simultanément les toitures, le sol et les façades, la méthode appliquée pour les toitures et le traitement du sol est différente de celle appliquée pour le traitement des façades. D'une part, la modélisation de l'ombrage sur les toits est basé sur des techniques de traitement d'images adaptées à partir de Ratti et Richens, 2004. D'autre part, l'évaluation de la façade consiste d'abord à créer et interpoler des points le long des façades, créant ainsi une structure 3D des façades, puis à mettre en œuvre une routine de projection des ombres point par point.

La large étendue du Canton de Genève (près de 300 km²) implique aussi de recourir à des hautes capacités de calcul à travers le cloud computing pour accélérer le temps de calcul. Le cadastre solaire est mis à disposition à la fois via un géoportail (Système d'information du territoire genevois) pour les professionnels leur permettant de

télécharger les données, d'autre part via une interface publique permettant à toute personne de consulter les informations sur les bâtiments (<https://sitg-lab.ch/solaire/>).



Références :

Desthieux G., Carneiro C., Camponovo R et al. 2018. Solar cadaster of Geneva: a decision support system for sustainable energy management. In: Otjacques B., Hitzelberger P., Naumann S., Wohlgemuth V. (eds.), From Science to Society, Springer Berlin Heidelberg, pp. 129-137.

Desthieux G, Carneiro C, Camponovo R, Ineichen P, Morello E, Boulmier A, Abdennadher N, Dervev S and Ellert C (2018). Solar Energy Potential Assessment on Rooftops and Facades in Large Built Environments Based on LiDAR Data, Image Processing, and Cloud Computing. Methodological Background, Application, and Validation in Geneva (Solar Cadaster). *Front. Built Environ.* 4:14. doi: 10.3389/fbuil.2018.00014

Ratti, C., Richens, P. (2004). Raster analysis of urban form. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31, 297-309.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PHOTO-PROCEDES D'OXYDATION AVANCEE PAR VOIE SOLAIRE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU

Vincent **GOETZ**¹, Gael **PLANTARD**¹ et Serge **CHIRON**²

1 PROMES-CNRS, UPR 8521, Tecnosud, Rambla de la Thermodynamique, 66100 Perpignan, France

2. UMR HydroSciences 5569, Montpellier Université, 15 Avenue Ch. Flahault, 34093 Montpellier cedex 5, France

Contact e-mail : vincent.goetz@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Les procédés d'oxydation avancée (POA) par voie solaire permettent d'envisager un grand nombre d'opérations de détoxification (dépollution et/ou désinfection). Très séduisants car parfaitement en accord avec le principe de développement durable, ces éco-procédés sont extrêmement vertueux du point de vue environnemental mais aussi économique. Ils sont aujourd'hui essentiellement envisagés dans le cas d'applications de niches qui engendrent de faibles volumes à traiter. Ceci est compatible avec une dissémination dans les pays du sud à fort ensoleillement qui demande des procédés de traitement autonomes énergétiquement, simples et robustes, avec des coûts d'investissement et de fonctionnement les plus faibles possibles. Après le rappel des principes de photo-activation d'un catalyseur pour la production d'espèces radicalaires en milieu homogène ou hétérogène et des limitations principales associées, les différents types de photo-réacteurs solaires sont développés. La problématique de la qualification de la performance des POA est illustrée au travers d'essais à échelle du laboratoire réalisés sous rayonnement naturel sur des effluents réels. En effet, si la littérature est aujourd'hui abondante sur le sujet du traitement par oxydation avancée, elle se raréfie sur le sujet spécifique de ce type de rejets traités par voie solaire. Ceci est la conséquence des difficultés engendrées par des expérimentations qui imposent notamment d'être capable d'assurer la détection de micropolluants présents dans des matrices complexes à des concentrations environnementales. L'intérêt du principe d'hybridation et la complémentarité naturelle entre oxydation avancée par voie solaire et procédés de traitement de l'eau éprouvés tels que les traitements biologiques, la séparation membranaire ou par sorption sont abordés en fin de présentation.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

ETAT DE L'ART DES PHOTOBIOREACTEURS SOLAIRES: INFRASTRUCTURES ET APPLICATIONS

Jeremy PRUVOST

Université de Nantes, CNRS, GEPEA, UMR 6144, Bât. CRTT, 37 boulevard de l'Université, BP 406, F-44602 Saint-Nazaire Cedex, France

Contact e-mail : jeremy.pruvost@univ-nantes.fr

RÉSUMÉ

En tant que microorganismes photosynthétiques, les microalgues et cyanobactéries nécessitent un apport de lumière pour assurer leur croissance. Cela mène au développement de bioprocédés particuliers, appelés d'une façon générale photobioréacteurs. Ces dernières années, des progrès importants ont été réalisés, et notamment en ingénierie des photobioréacteurs et dans le développement des applications possibles de ces microorganismes. En effet, en tant que végétaux, les microorganismes photosynthétiques peuvent être valorisés dans de nombreux secteurs, allant de la nutraceutique à la production de biocraburants de 3ème génération. La croissance par photosynthèse permet également d'associer cette production à l'assimilation simultanée de CO₂ issu de fumées industrielles, et/ou de nutriments comme les nitrates et phosphates contenus dans des eaux usées. Cela permet d'initier des projets d'écologie industrielle, en inscrivant la production et la valorisation des microorganismes photosynthétiques dans une logique d'économie circulaire. Pour mener à bien de tels projets, le passage à l'échelle industrielle de la culture solaire est un point de passage obligé, et un enjeu majeur actuel du développement de cette filière, en particulier si une production optimisée et contrôlée est souhaitée.

La présentation dressera un panorama des enjeux scientifiques et technologiques des procédés solaires de production de microalgues. Il sera en particulier illustré comment la recherche menée à l'échelle laboratoire permet aujourd'hui d'outils robustes d'ingénierie, pour la conception, l'intensification et le contrôle d'unités de production solaire. La plateforme expérimentale AlgoSolis de l'Université de Nantes et du CNRS sera également présentée. Cette plateforme, inaugurée en 2015, est aujourd'hui le support de développements de plusieurs projets industriels. Les projets principaux (culture en façade bâtiment, projets d'écologie industrielle...) menés en collaboration avec l'entreprise AlgoSource Technologies seront présentés.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

Gestion optimale de la ressource solaire dans une Zone Non-interconnectée

Christian **CRISTOFARI**^a

^aUMR CNRS 6134 SPE, Université de Corse Pasquale Paoli, Ajaccio

Contacte-mail : cristofari_c@univ-corse.fr

RÉSUMÉ

Le chapitre 17 de l'Agenda 21 (Conférence de Rio, 1992) stipule que les îles sont des cas particuliers à la fois d'un point de vue environnemental et de leur développement; elles ont des problèmes spécifiques et sont extrêmement fragiles et vulnérables. Dans le contexte du développement durable, l'énergie est la pierre angulaire de leur stratégie de planification. Les limites traditionnelles dans le domaine de l'énergie telles que la distance aux réseaux principaux, la petite échelle, les difficultés de distribution et l'absence de grands marchés traditionnels sont plus que contrebalancées par l'extrême abondance des sources renouvelables d'énergie et l'incroyable adaptabilité et capacité d'intégration des technologies d'énergies renouvelables ; des facteurs qui tranchent avec l'inefficacité et le coût élevé des systèmes à énergie conventionnelle dans ces régions insulaires. En fait, nous pourrions dire que les îles doivent devenir de véritables laboratoires pour l'avenir des énergies « durables ». C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objet de cette présentation qui souligne dans un premier temps l'urgence d'une transition Air, Climat, Énergie, à travers un état des lieux international du niveau des émissions des Gaz à effet de serre et son impact sur les territoires. Au regard de ce constat, les réponses politiques sont ensuite présentées à travers les différentes COPs et ainsi l'engagement pris par l'ensemble des pays signataires. Demeurant insuffisantes, sont exposés ensuite les raisons d'une telle inertie politique. Un focus sur la problématique énergétique des îles et notamment sur la Gestion optimale des ressources renouvelables d'énergie – l'étude, l'optimisation et le diagnostic des systèmes de production et l'utilisation rationnelle des flux énergétiques déterministes est exposé. Une présentation des recherches s'appuyant sur des plateformes technologiques sont alors présentées. Ces recherches aspirent à répondre à un enjeu majeur pour les prochaines années qui est celui lié à la problématique énergétique des îles (700 îles dans l'UE représentant 16 Mh et 10 000 îles à l'international représentant 500 Mh) souhaitant la possibilité d'une intégration massive des Énergies Renouvelables dites intermittentes (solaire et éolien) dans les réseaux électriques insulaires ou dans les Zones Non-Interconnectées, et ainsi de pouvoir dépasser ce seuil limite des 30% pour l'intégration d'énergies renouvelables.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR LE PV : DEVELOPPEMENT DES ARCHITECTURES ORGANIQUES ET PEROVSKITES

Solenn **BERSON**^a

^aUniv. Grenoble Alpes, INES, F-73375 Le Bourget du Lac, France

CEA, LITEN, Department of Solar Technologies, F-73375 Le Bourget du Lac, France

Contact e-mail : solenn.berson@cea.fr

RÉSUMÉ

Le marché du photovoltaïque est aujourd'hui largement dominé par les technologies silicium cristallin. En effet ces technologies apportent entière satisfaction d'un point de vue de la production énergétique en centrale solaire à moindre cout avec des garanties de durée de vie de plus de 25 ans. Dans le contexte actuel il est cependant important de pouvoir étendre l'intérêt du PV non pas seulement aux centrales mais également aux infrastructures urbaines y compris au BIPV (Building integrated PV), aux moyens de transport, ... permettant ainsi de poursuivre le déploiement du solaire pour l'autonomie énergétique. Se posent donc des problèmes d'intégration des cellules et modules PV pour des applications spécifiques sur des surfaces non orientées, courbes, semi transparentes ou encore textiles. Les nouvelles technologies PV développées à partir de matériaux organiques ou perovskites pourraient répondre à ces besoins du fait de leurs propriétés intrinsèques, de leurs conditions de mise en œuvre et de leurs performances dans des conditions d'illumination non optimum. Le CEA présentera ici ses travaux sur l'élaboration de modules PV organiques et perovskites par enduction combinée à la structuration laser. Un état des lieux sera également donné sur la stabilité de ces technologies dans différentes conditions de vieillissement accéléré et vieillissement naturel. Enfin des perspectives seront données en terme de potentiel d'intégration.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

THERMOPHOTOVOLTAIC DEVICES FOR SOLAR AND THERMAL ENERGY CONVERSION

Rodolphe **VAILLON**^{a,b}, Christophe **LUCCHESI**^a, Etienne **BLANDRE**^a, P.-Olivier **CHAPUIS**^a
Dilek **CAKIROGLU**^c, Jean-Philippe **PEREZ**^c, Thierry **TALIERCIO**^c, Eric **TOURNIE**^c
Elisa **ANTOLIN**^b, Alejandro **DATAS**^b, Antonio **MARTI**^b
John **DeSUTTER**^d, Daniel **MILOVICH**^d, Lei **TANG**^d, Mathieu **FRANCOEUR**^d
Makoto **SHIMIZU**^e, Asaka **KOHIYAMA**^e, Hiroo **YUGAMI**^e

^a*CETHIL, Univ Lyon, CNRS, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, France*

^b*Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain*

^c*Institut d'Electronique et des Systèmes, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France*

^d*Department of Mechanical Engineering, University of Utah, Salt Lake City, USA*

^e*Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan*

Contact e-mail: rodolphe.vaillon@insa-lyon.fr

ABSTRACT

The communication will report on advances in research for building demonstrators of various thermophotovoltaic (TPV) devices converting solar and thermal energy (figure below). In theory, by tailoring the properties of the emitter according to the characteristics of the converter, high conversion efficiencies can be achieved with such devices.

In the case of solar thermophotovoltaics, it will be shown that by using few layers of molybdenum and hafnium oxide, the intermediate solar absorber - thermal emitter at 1500 K can be optimized when the receiver is a GaSb photovoltaic cell (bandgap $E_g=0.7$ eV).

In the case of hybrid thermionic-thermophotovoltaic devices, materials constituting the emitter have to be selected in order to maximize both thermionic and photovoltaic conversion performances. This will be illustrated in the configuration of an emitter at 1700 K and an $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$ cell ($E_g=0.743$ eV).

In the case of near-field TPV devices, radiation transfer between the emitter and the cell, and thus electrical power, can be increased by taking benefits of evanescent waves. Challenges are to build and control a sub-micron vacuum space between a hot emitter while maintaining the converter cold, and to design the photovoltaic cell according to the near-field radiative transfer regime. A focus will be made on the ongoing development of two

demonstrators, one involving a microscale spherical emitter at 800 K and an InSb cell at 77 K ($E_g=0.23$ eV), and the other being constituted of a macroscale planar emitter of doped silicon at 800 K and an InAs receiver at room temperature ($E_g=0.35$ eV).

The key message of the communication is that for each TPV device, properties of the emitting and converting elements must be designed simultaneously for mitigating optical, electrical and thermal losses.

Financial supports by the French National Research Agency (grant No. ANR-16-CE05-0013), the European Union's Horizon2020 research and innovation program, FET-OPEN action (grant No. 737054), the US National Science Foundation (grant No. CBET-1253577) are acknowledged.

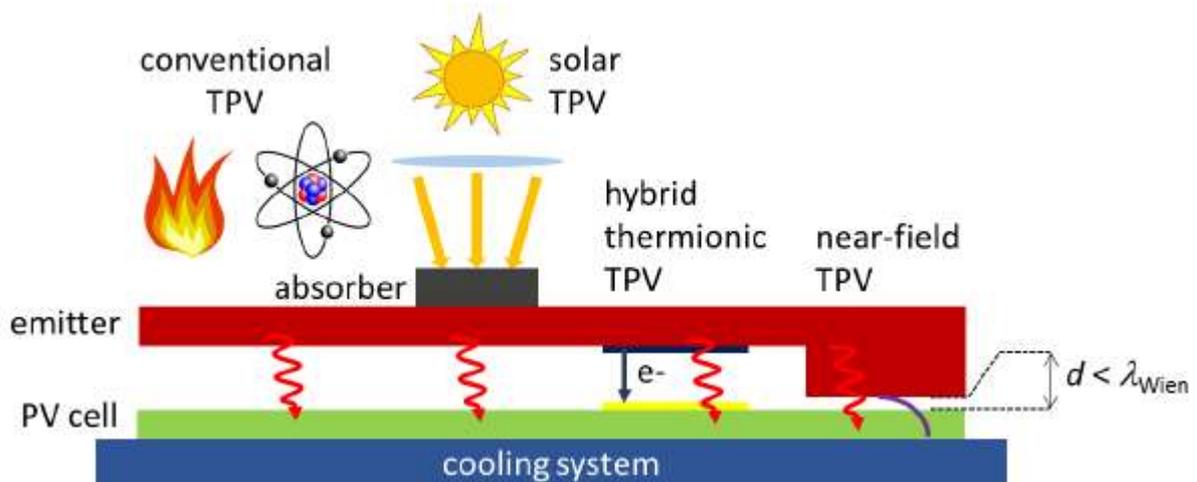


Figure: Schematic of the thermophotovoltaic (TPV) devices under consideration.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

DESIGN DES SYSTEMES A CONCENTRATION PAR LE LOGICIEL SOLSTICE

Cyril **CALIoT**^a, Jean-Jacques **BEZIAN**^b, Stéphane **BLANCO**^c, Christophe **COUSTET**^d, Mouna **EL HAFI**^b, Vincent **EYMET**^d, Gilles **FLAMANT**^a, Vincent **FOREST**^d, Richard **FOURNIER**^c, Benjamin **GRANGE**^a, Benjamin **PIAUD**^d

Laboratoire PROcédés, Matériaux et Energie Solaire, PROMES-CNRS, Odeillo

^bCentre RAPSODEE, CNRS, IMT Mines Albi, Université Fédérale Toulouse Midi Pyrénées, Albi

^cLaboratoire Plasma et Conversion de l'Energie, LAPLACE, Université Paul Sabatier, Toulouse

^dMESO-STAR SAS, www.meso-star.com, Longages

Contact e-mail : [cyril.caliot@promes.cnrs.f](mailto:cyril.caliot@promes.cnrs.fr)

RÉSUMÉ

Le rendement optique des centrales solaires à concentration est un facteur clé à maximiser pour une production efficace d'électricité ou de combustibles solaires. Par exemple, le champ d'héliostats et le récepteur représentent plus de la moitié du coût d'investissement d'une centrale solaire à tour et pilotent son rendement. Le logiciel libre SOLSTICE, financé par le LABEX SOLSTICE, vise à fournir à la communauté scientifique et à l'industrie un outil de calcul des flux solaires pour la conception et l'optimisation de récepteurs et de concentrateurs optiques dans tout système de collecte de l'énergie solaire. Fruit d'une collaboration entre des laboratoires et une startup, ce logiciel utilise des développements scientifiques récents en statistiques radiatives et des avancées techniques de l'industrie liée à la synthèse d'images. Son utilisation par ligne de commande et son aptitude à considérer des propriétés optiques spectrales dans des géométries complexes issues notamment de la conception par ordinateur, permet son insertion dans des boucles d'optimisation de programmes tiers.

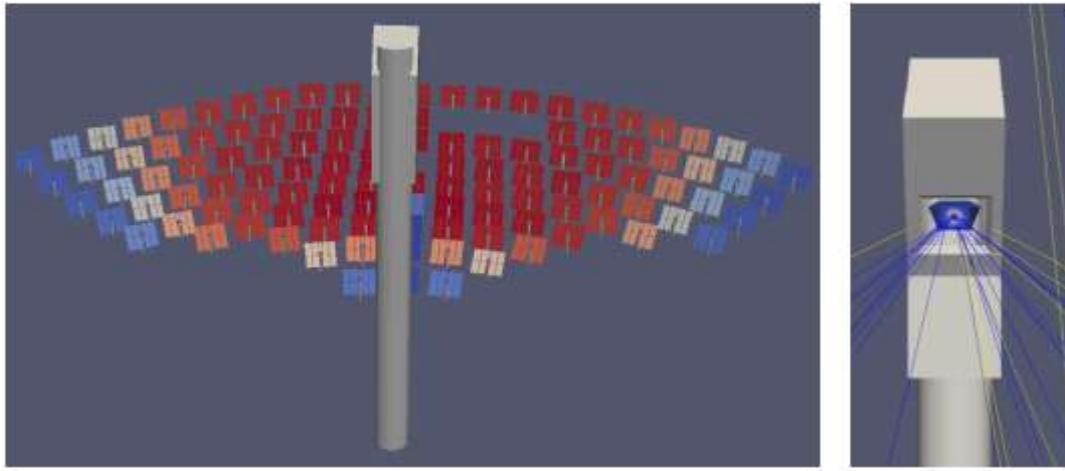


Figure 1 : Champ d'héliostats digitalisé de la centrale d'essais solaire à tour, Thémis, à Targassonne (France) ; les héliostats sont colorés en fonction de leur contribution au flux reçu par le récepteur du projet européen NEXT-CSP (à droite).



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

CENTRALES SOLAIRES FLEXIBLES DE PETITE PUISSANCE : LE PROJET EUROPEEN POLYPHEM

Alain **FERRIERE**^a

^aLaboratoire PROMES, CNRS, Font-Romeu

Contact e-mail : alain.ferriere@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

POLYPHEM est un projet de recherche et innovation financé par le programme H2020 de l'Union Européenne. Il est mis en oeuvre par un consortium Européen de 4 centres de recherches et 5 partenaires industriels. L'objectif est d'accroître la flexibilité et d'améliorer les performances des centrales solaires à tour de petite puissance. Le concept de POLYPHEM consiste à mettre en oeuvre un cycle combiné formé par une micro-turbine à gaz solarisée et une machine à cycle organique de Rankine, avec un dispositif de stockage thermique intégré entre les deux cycles. Le besoin de refroidissement est minimum.

Développé à partir d'une technologie brevetée par le CNRS et le CEA, le récepteur solaire à air pressurisé est intégré au cycle de la micro-turbine. Le rendement thermique visé pour le récepteur est 80% avec un coût de 400 €/kW. Le stockage thermique innovant utilise une huile thermique et un réservoir unique à thermocline avec un matériau de garnissage en béton technique.

Les résultats de ce projet permettront de renforcer la compétitivité de la production d'énergie bas carbone grâce à la technologie développée. Les progrès attendus sont une meilleure réponse de la production électrique aux besoins locaux variables, un rendement global de conversion de l'énergie solaire en électricité de 18% pour un coût d'investissement inférieur à 5€/W et un faible impact environnemental. A l'horizon 2030, le coût de production électrique visé par la technologie POLYPHEM est de 165 €/MWh pour un ensoleillement direct annuel de 2600 kWh/m²/an (Afrique du Nord et Moyen-Orient) et de 209 €/MWh sous 2050 kWh/m²/an (Europe méditerranéenne). En plus de la production électrique décentralisée, d'autres applications seront envisagées pour le déploiement de cette technologie utilisée en poly-génération : production de chaleur industrielle, climatisation de l'habitat, dessalement d'eau de mer ou saumâtre.

Une centrale prototype de 60 kW_{el} avec un stockage de 1300 kWh sera conçue, construite et installée sur le site de la centrale solaire à tour expérimentale de Thémis à Targassonne. L'objectif du projet est de valider les choix techniques dans des conditions d'essais représentatives des conditions d'exploitation réelles.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

CENTRALES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES A MIROIRS DE FRESNEL ET GENERATION DIRECTE DE VAPEUR

Valéry **VUILLERME**^a

^aUniv. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTBH, L2ST, INES, F-73375 Le Bourget du
Lac, France

Contact e-mail : valery.vuillerme@cea.fr

RÉSUMÉ

La R&D autour des différents concepts de centrales solaires à concentration trouve depuis maintenant quelques années des débouchés dans la production d'électricité, aussi bien aux États-Unis qu'en Espagne. Actuellement, les choses s'accroissent et le Maroc, l'Afrique du Sud, le Chili, l'Australie et la Chine investissent massivement afin d'exploiter leurs propres ressources solaires pour la production de chaleur ou d'électricité, mais également dans le but de devenir des acteurs industriels incontournables dans le domaine.

Après les centrales cylindro-paraboliques utilisant de l'huile comme fluide caloporteur, c'est maintenant la tour solaire avec du sel fondu comme fluide caloporteur qui constitue le nouvel état de l'art pour la production d'électricité. Dans les deux cas, la centrale est couplée à un stockage en sel fondu afin de rendre l'ensemble compétitif en termes de coût de l'électricité. Le problème du coût, qui tenait jusque là éloigné le CSP du marché, et donc du déploiement, a sauté dans les zones à fort potentiel ($DNI > 2000 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$), mais s'est néanmoins toujours la baisse du coût de l'électricité et plus généralement de l'énergie (LCOE) qui continue à diriger les développements en cours afin de rester dans la course, avec le PV et les autres ENR.

Parmi les axes identifiés, il y a celui du fluide transfert. En effet, l'utilisation de l'huile ou du sel fondu nécessite d'utiliser un échangeur afin que la chaleur soit transmise à un bloc de puissance et une turbine à vapeur. La génération directe de vapeur, c'est-à-dire l'utilisation de la vapeur comme fluide de transfert de la centrale CSP, permet d'attaquer directement la turbine. À l'économie de l'échangeur s'ajoute une augmentation du rendement global du cycle. On ajoutera qu'en réalisant le stockage également directement en vapeur, on supprime le coût environnemental lié à l'utilisation massive de sel. Un autre axe reste celui de la technologie, car même si celle des centrales linéaires à miroirs de Fresnel reste peu déployée, elle est considérée comme étant la plus économique en termes d'investissement.

Les centrales solaires thermodynamiques à miroirs de Fresnel et génération directe de vapeur ont donc des atouts sur lesquels continue de miser la filière française du CSP à la recherche de débouchés internationaux.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

MATERIAUX A BASE DE PHOSPHATE POUR LE STOCKAGE THERMIQUE DE L'ÉNERGIE A HAUTE TEMPERATURE

Abdoul Razac SANE^a, Doan PHAM MINH^a, Ange NZIHOU^a, Nawal SEMLAL^b, Rachid BOULIF^b,
Alain GERMEAU^c, Claudia TOUSSAINT^c, Patrick SHARROCK^a

^aUniversité de Toulouse, Mines Albi, CNRS, Centre RAPSODEE, Campus Jarlard, F-81013 Albi Cedex 09,
France

^bOCP S.A., B.P. 118 – El Jadida, Maroc

^cPRAYON S.A., rue J. Wauters, 144, B-4480 Engis, Belgium

Contact e-mail : asane@mines-albi.fr

RÉSUMÉ

Le stockage d'énergie joue un rôle important dans le secteur énergétique. Concernant le stockage thermique, il est indispensable pour le fonctionnement en continue des centrales solaires à concentration (CSP) ou pour la récupération des chaleurs perdues dans les installations industrielles. A ce jour, seuls les sels fondus à base de nitrates d'alkalis sont utilisés comme matériaux de stockage thermique dans les CSP. Ces matériaux ont plusieurs points faibles liés à des coûts élevés, des limites de température d'utilisation (<600°C) et de disponibilité. Il y a donc un besoin urgent de nouveaux matériaux performants pour un fonctionnement à haute température dans les systèmes de nouvelle génération.

C'est dans ce contexte que le projet STEMPHOS a été initié par le centre RAPSODEE en collaboration avec des partenaires industriels dans le but de développer de nouveaux matériaux à base de phosphates avec des propriétés contrôlée pour le stockage thermique à haute température. Les phosphates ont été étudiés car ils possèdent des propriétés particulières comme la richesse des composés phosphatés, la bonne stabilité thermique, la température d'utilisation élevée jusqu'à plus de 1000°C, la disponibilité en quantité industrielle...

Cette étude se focalise sur le développement de matériaux liquides ayant le même principe de fonctionnement que les sels fondus à base de nitrate. Un grand nombre de phosphates a été étudié. Les premiers critères d'évaluation sont les températures de fusion (les plus basses possibles) et d'évaporation ou de décomposition (les plus hautes possibles). D'autres critères importants sont la viscosité, la corrosion, la conductivité thermique, la chaleur spécifique, et la stabilité au cours des cycles de chauffe et de refroidissement. Les meilleurs phosphates liquides obtenus sont des mélanges binaires ou ternaires des phosphates d'alkalis $M(PO)_3$ où $M = Na, Li, K$. Le ternaire $M(PO)_3$ (33,3% molaire de chaque alkali) peut fonctionner entre 390 et 800°C et présente des propriétés thermo physiques élevées et compétitifs par rapport aux sels de nitrate.

Référence : [1] Solar Energy 157 (2017) 277–283.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

PILOTAGE DU STOCKAGE BATTERIE POUR L'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE : BENEFICES DE LA SIMPLICITE/COMPLEXITE DES ALGORITHMES

Jean MEUNIER^a, Dominique KNITTEL^a

^aUniversité de Strasbourg, Faculté de Physique et Ingénierie

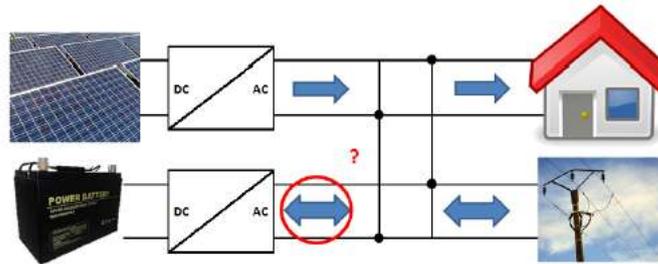
Contact e-mail : knittel@unistra.fr

RÉSUMÉ

Les travaux menés dans le cadre de ce projet FUI Solenbat (Soleil en batteries) ont porté sur la modélisation, la simulation et l'optimisation d'un système de production d'énergie photovoltaïque couplé à un système de stockage batteries et intégré au système de gestion du bâtiment raccordé au réseau. L'objectif était d'une part de développer un outil informatique permettant de trouver l'optimum entre le degré d'autonomie énergétique du bâtiment et les coûts d'installation et d'usage : simulateur et outil d'aide à la décision. D'autre part, il s'agissait d'élaborer des algorithmes de pilotage des flux d'énergie électrique.

La partie pilotage de l'ensemble, objet de cette présentation, a permis d'optimiser en dynamique les flux d'énergie, et par conséquent de réduire les coûts. Il s'agissait de développer des commandes qui sont fonction de critères multiples permettant au travers d'une gestion fine de la production, du stockage par batteries et de la consommation de tendre vers un optimum financier.

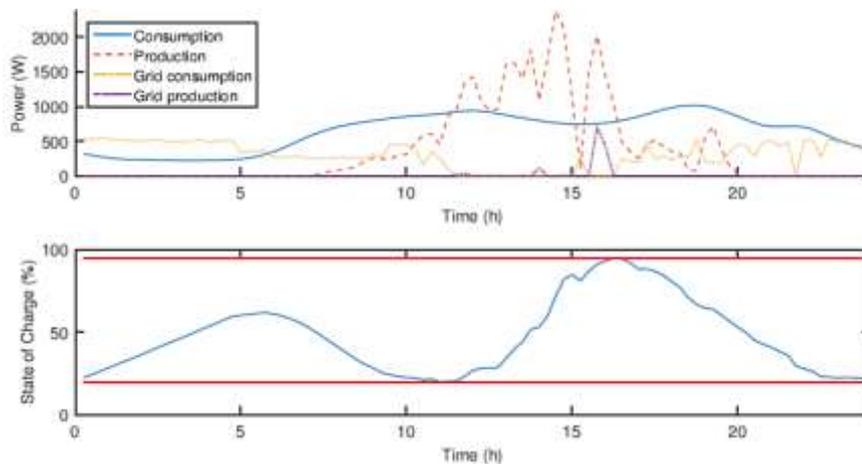
Dans ce système, les panneaux produisent le maximum possible à chaque instant (dépendant de l'ensoleillement), la charge électrique est définie par l'utilisateur. Le pilotage de la batterie et le réseau permettent d'absorber la production et de satisfaire la charge.



Echanges d'énergie électrique d'une installation photovoltaïque avec stockage

Différents algorithmes de gestion d'énergie ont été élaborés et comparés entre eux. De plus, l'amélioration des algorithmes d'optimisation a entraîné une forte diminution du temps de calcul de la commande de la batterie, rendant possible des optimisations sur des périodes assez longues.

Il s'agit ici de présenter une approche pragmatique du pilotage : quels efforts pour quels bénéfices ?



Profil des puissances sur une journée : résultat de l'optimisation.

Références

- [1] Jean Meunier, Julien Rohmer, Dominique Knittel, Pierre Collet; Metaheuristic Based Battery Control Optimization of a Photovoltaic System with Grid Connection; IEEE WCCI Conference; Vancouver; July 2016
- [2] Jean Meunier, Dominique Knittel, Pierre Collet, Guy Sturtzer, Simulation of real-time multi-objective optimization for a Photovoltaic System with Grid Connection; IEEE IECON Conference; Florence; October 2016
- [3] Jean Meunier, Dominique Knittel, Guy Sturtzer; Robust Multi-objective Optimization of a Photovoltaic System with Grid Connection; IEEE ICIT Conference, Lyon, 2018
- [4] Jean Meunier, Dominique Knittel, Innovative real-time energy management by using portfolio algorithms; IEEE ICIT Conference, Lyon, 2018



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

RESET : RESEAU POUR LE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE THERMIQUE

Jean-Pierre **BEDECARRATS**

*Laboratoire de Thermique, Énergétique et ProcédésEA1932, Univ Pau & Pays Adour/ E2S UPPA, IPRA,
64000, Pau*

Contact e-mail : jean-pierre.bedecarrats@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Les contraintes environnementales de plus en plus fortes ainsi que les problèmes grandissants de la disponibilité des ressources énergétiques obligent le secteur de l'énergie non seulement à une évolution importante de ses technologies mais aussi à leurs utilisations plus rationnelles.

Le stockage d'énergie thermique s'insère parfaitement dans une politique de maîtrise de la demande énergétique et de respect des contraintes environnementales en permettant de dissocier dans le temps mais aussi dans l'espace la production de l'utilisation de l'énergie.

Compte tenu de leurs expériences et compétences complémentaires dans le domaine du stockage de l'énergie thermique, différents acteurs français (académiques et industriels) se sont rapprochés et ont décidé de mettre en œuvre une coopération sur le long terme, matérialisée par la création d'un Réseau Thématique Industriel, intitulé « REseau pour le Stockage de l'Énergie Thermique » ou « RESET ».

RESET vise à renforcer la coordination des études et des recherches dans le domaine du stockage de l'énergie thermique.

Les principaux objectifs sont les suivants :

- Structurer une communauté académique et industrielle active ;
- Elaborer et actualiser une feuille de route sur des sujets stratégiques ou exploratoires ;
- Favoriser l'émergence de projets de recherche communs, entre partenaires industriels et académiques ;
- Favoriser la concertation entre les partenaires dans l'élaboration des réponses à des appels d'offres (nationaux et/ou européens) dédiés au thème du stockage de l'énergie thermique et auxquels certains partenaires souhaitent conjointement répondre ;
- Favoriser la visibilité des expertises et des plateformes expérimentales et/ou numériques et faciliter leur accès ;
- Diffuser la connaissance et les actions menées dans le domaine du stockage de l'énergie thermique.

La structuration mise en place dans le cadre de ce nouveau réseau thématique industriel sera présentée.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

Rémi **GIRAUDON**

Contact e-mail : r.giraudon@urbansolarenergy.fr

RÉSUMÉ

Aujourd'hui, nous sommes installateurs de centrales solaires en milieu urbain avec toutes les problématiques que cela impliquent (mauvaise exposition, ombrages, toits amiantés ou trop faibles pour supporter la charge) et nous réalisons exclusivement pour le moment des projets à des fins d'auto consommation propre ou collective. Plusieurs nouvelles problématiques apparaissent alors comme la nécessité de faire coller les courbes de production aux courbes de consommation, ou encore la capacité à répartir équitablement l'énergie créée entre les différents participants au projet d'auto consommation collective. De plus, nous souhaitons à terme réaliser des projets de micro comptage de l'énergie soutirée pour permettre à des propriétaires de centrales de faire bénéficier à des gens "inconnus" leur énergie via, par exemple, des prises pour les véhicules électriques. La certification de l'énergie soutirée et du paiement se ferait via la technologie de la blockchain pour s'affranchir de la certification de comptage **aujourd'hui** réalisée quasiment exclusivement par ENEDIS.



2
0
1
8

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Jun 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

L'HYDROGENE : POTENTIEL ET ENJEUX^B

Claude HELLER^a

^aAir Liquide, Directeur des Programmes R&D Hydrogène Energie, Santé & Marchés avancés

^bSummary of the Hydrogen Council vision of the hydrogen economy in 2050
(<http://hydrogencouncil.com/hydrogen-scaling-up/>)

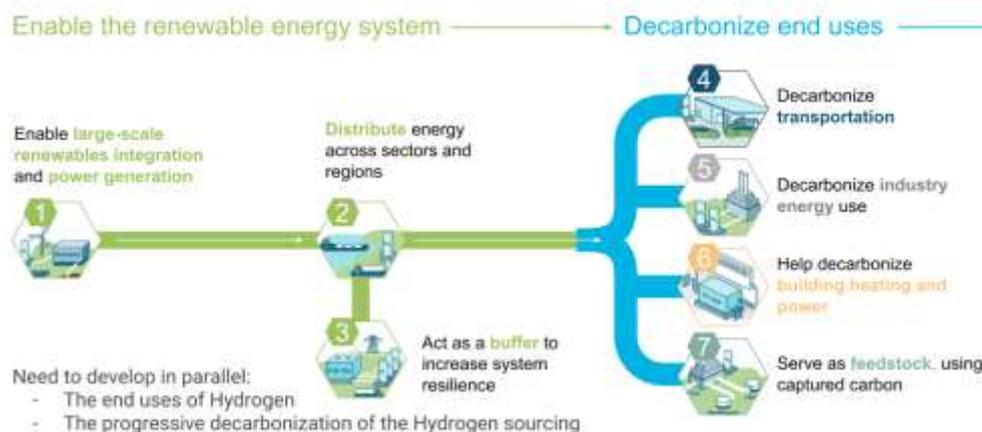
Contact e-mail : claud.heller@airliquide.com

RÉSUMÉ

The Hydrogen Council, the largest industry-led effort to develop the hydrogen economy, launched in January 2017 at the World Economic Forum, has produced a report presenting the first comprehensive vision of the long-term potential of hydrogen and a roadmap for deployment: "The hydrogen economy in 2050".

Hydrogen can play seven major roles in the transformation of the energy system :

Hydrogen: a pillar of the required energy transition



Achieving this vision would create significant benefits for the energy system, the environment, and the global economy, summarized in the Exhibit below:



Getting there: A roadmap to the hydrogen economy and a call for action

Many of the required technologies are already available today – now is the time to deploy hydrogen infrastructure and scale up manufacturing capacities so as to achieve competitive costs and mass market.

In the transportation sector, hydrogen-powered FCEVs could complement BEVs to achieve a deep decarbonization of all transportation segments.

In addition, hydrogen could be used together with captured carbon or carbon from biomass to replace fossil fuels as feedstock for the chemical industry (10 to 15 million tons of chemicals by 2030).

For heat and power for buildings and industry, hydrogen can make use of existing gas infrastructure and assets. As the energy system relies more heavily on renewables, hydrogen allows to store and transport renewable electricity efficiently over long periods of time. By 2030, 250 to 300 TWh of surplus renewable electricity could be stored in the form of hydrogen for use outside of the electricity sector. In addition, more than 200 TWh could be generated from hydrogen in large power plants to accompany the transition to a renewable electricity system.

Building the hydrogen economy would require annual investments of \$20 to 25 billion for a total of about \$280 billion until 2030. The world already invests more than \$1.7 trillion in energy each year, including \$650 billion in oil and gas, \$300 billion in renewable electricity, and more than \$300 billion in the automotive industry.

For industrial applications, large-scale pilots in steel manufacturing, power generation, and clean or green hydrogen feedstock for the chemicals, petrochemicals, and refining industries will be required.

National action plans will be key, such as Japan's, and the one which has just been launched for France by Mr. Minister Nicolas Hulot.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN CHILE WITH FOCUS ON SOLAR

Humberto **GÓMEZ MEIER**

Electrochemistry Laboratory, Chemistry Institute, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Contact e-mail : humberto.gomez@pucv.cl

RÉSUMÉ

In the global energy industry, due to a number of peculiarities, Chile is considered as one of the countries with the greatest potential for developing solar energy. Ninety-five percent of the Chilean population resides at latitudes lower than 42 degrees in zones with a significant solar potential. The annual average horizontal solar irradiation in regions of the country located up to 300 Km south of Santiago is around 3000-4200 kWh/m², one of the highest solar potential in the world. This makes the development of photovoltaic solar energy particularly attractive. One of the driest places in the earth and the region with the highest solar irradiation on the planet is the Atacama Desert in northern Chile, an area with almost 365 days of clear skies, low humidity, and a strong mining industry with energy demands rising every year.

After several legislation changes undergone between 2004 and 2016, Chile has significantly changed the composition of its generation matrix; to date, 43% of the total electricity generation is renewable, which 20% corresponds to Renewable Energies (RE), mainly solar and wind. One of four dollars that are invested corresponds to the electric sector and, for the first time in the history of the country, 100% of the electric centrals under construction (33) are renewables. It is estimated these new centrals will contribute 1,839 MW. The changes in the electrical energetic matrix is so accelerated that the initial goal of the Government Energy Agenda for reaching a 70% of NCRE by 2050 was recently moved to 75% by 2030. In this scenario, by 2030 the distribution would be 30% solar, 29% hydraulic, 12% wind and 25% thermoelectric (mainly gas and carbon). These expectations imply that the installed capacity from solar and wind sources will grow between 8,800 and 16,000 MW.

Why and how these changes in Chile's electric matrix can be understood is focus of the current presentation.



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

27 au 29 Juin 2018

Campus de LyonTech-la Doua, Villeurbanne

LYON CONFLUENCE SOLAR CITY

Bruno **GAIDDON**

Association Hespul, Lyon

Contact e-mail : bruno.gaiddon@hespul.org

RÉSUMÉ

Le concept de ville solaire a été largement étudié de 2004 à 2009 par les experts du programme PVPS (Photovoltaic Power Systems) de l'Agence Internationale de l'Energie réunis au sein de la Tâche 10 – UrbanScale PV applications. En s'appuyant sur des opérations urbaines réalisées dans plusieurs pays de l'OCDE, notamment l'opération Nieuwland à Amersfoort au Pays-Bas, ils ont dressé une liste de recommandations sur la prise en compte du photovoltaïque dans une opération urbain, l'intégration des systèmes photovoltaïques au réseau de distribution d'électricité ou encore les modalités de financement des opérations.

En s'appuyant sur ce retour d'expérience, une exigence de production d'électricité d'origine renouvelable a été intégrée dès 2004 au cahier des charges de la société d'aménagement de la zone Confluence à Lyon, la SPL Lyon-Confluence, utilisé pour vendre des terrains à des constructeurs. Cette obligation de résultat s'est traduite par la mise en place d'installations photovoltaïques qui, en 2018, sont au nombre de 29 et représentent une puissance cumulée de 2 MWc. Ces installations photovoltaïques sont de nature très diverse : certaines assurent une fonction de couverture alors que d'autres sont simplement intégrées à l'architecture des bâtiments. Certaines sont raccordées pour vendre la totalité de leur production à un tarif d'achat alors que d'autres sont raccordées en autoconsommation avec à l'étude des opérations en autoconsommation collective.

La richesse de la diversité de ces installations photovoltaïques fait de l'opération Lyon-Confluence une véritable « Solar City ».



Photomontage de la phase 2 de l'opération urbaine Lyon-Confluence

Références :

Gaiddon, B., De l'Epine, M., Valentin, M., Vignali, E., Lapray, K., Zanni, O., 'Pro-PV local building policy – State of progress of the Lyon-Confluence solar city project', proceeding of the 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Munich, 2016

Gaiddon, B., Kaan, H., Munro, D., 'Photovoltaics in the Urban Environment, Lessons Learnt from Large-scale Projects', ISBN 978-1-84407-771-7, Earthscan, London, 2009

IUT Lyon 1 - Département Génie Civil
84 bd Niels Bohr
69622 Villeurbanne

