



**HAL**  
open science

## PROMES - Laboratoire procédés matériaux et énergie solaire

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. PROMES - Laboratoire procédés matériaux et énergie solaire. 2014, Université de Perpignan via Domitia - UPVD, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02033405

**HAL Id: hceres-02033405**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033405>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire Procédés Matériaux et Énergie Solaire

PROMES

sous tutelle des

établissements et organismes :

Université de Perpignan Via Domitia - UPVD

Centre National de la Recherche Scientifique – CNRS



Février 2014



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3  
novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section  
des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Lounès TADRIST, président du  
comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinéa 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.  
Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité :	Laboratoire Procédés Matériaux et Énergie Solaire
Acronyme de l'unité :	PROMES
Label demandé :	Renouvellement
N° actuel :	UPR 8521
Nom du directeur (2013-2014) :	M. Gilles FLAMANT
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M. Gilles FLAMANT

## Membres du comité d'experts

Président : M. Lounès TADRIST, Aix-Marseille Université (représentant du CNU)

Experts :

- M. Karl JOULAIN, Université de Poitiers
- M. Christophe LAUX, École Centrale Paris
- M. Pierre LE CLOIREC, École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes
- M. Jorge LINARES, Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines
- M. Gilles ROUX, Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, Toulouse

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Alain GRACIAA

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M<sup>me</sup> Ghislaine GIBELLO, CNRS

M<sup>me</sup> Marie-Yvonne PERRIN, INSIS CNRS

M. Xavier PY (représentant de l'École Doctorale n°305)



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Après la réalisation du premier concentrateur solaire à Meudon par M. Félix TROMBE et ses collaborateurs dans la période 1946-1949, un premier four solaire d'une puissance de 50 kW a été réalisé au laboratoire CNRS de Mont-Louis dans les Pyrénées-Orientales. Le laboratoire déménage dans le bâtiment du four solaire d'Odeillo en 1968. Durant la période 1971-1976, le laboratoire développe des activités de recherche dans le domaine des essais de comportement de matériaux à haute température.

Au cours des années allant de 1976 à 1984, le laboratoire entreprend des développements sur les applications du rayonnement solaire concentré à la production de vecteurs d'énergie comme l'hydrogène. De 1984 à 2003, le laboratoire revient à ses activités d'origine sur les matériaux à haute température en particulier pour les applications spatiales. En 1986, le laboratoire intègre des équipes de l'Université de Perpignan et devient l'Institut de science et de génie des Matériaux et Procédés (IMP).

Face à la raréfaction des ressources en énergies fossiles et au réchauffement climatique, les pouvoirs publics et les politiques ont pris des mesures pour relever les défis posés par les problèmes liés à l'énergie. Dans ce contexte, et de par les compétences acquises, le laboratoire devenu PROMES a orienté ses activités de recherche vers les applications de l'énergie solaire concentrée. Ce laboratoire, créé en 2004, est une unité propre de recherche du CNRS (UPR 8521). Il est rattaché à l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes (INSIS) et conventionné avec l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD).

Les effectifs du laboratoire ont beaucoup augmenté au cours du dernier quinquennal essentiellement du fait de l'intégration des équipes ELIAUS (Équipe Électronique, Automatique et Systèmes) en 2009 et S2N (Système de Spins à l'échelle Nanométrique) en 2011. L'effectif est passé d'environ 100 à 160 personnes. Le laboratoire est localisé sur deux sites. Le site « Tecnosud » à Perpignan qui accueille le centre d'essais solaires et l'agglomération de Font-Romeu avec les installations du four solaire à Odeillo et le centre à Targassonne.

### Équipe de direction

L'équipe de direction de PROMES est composée de trois personnes : le directeur M. Gilles FLAMANT, le directeur adjoint M. Laurent THOMAS et l'administratrice de l'unité M<sup>me</sup> Naoual AUTONES.

Trois conseils assistent la direction dans l'établissement de la politique scientifique : le conseil de laboratoire, le conseil scientifique et le comité d'hygiène et sécurité.

### Nomenclature AERES

ST5 (Sciences pour l'Ingénieur, SPI)



## Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	30	31
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	13	13
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	41	41
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	5	4
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	6	3
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	16	12
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>111</b>	<b>104</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	42	
Thèses soutenues	51	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	15	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	22	27



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Les activités de recherche du Laboratoire Procédés, Matériaux et Énergie Solaire (PROMES) sont centrées sur les matériaux et les procédés à haute température pour l'énergie solaire. Le laboratoire développe des recherches mettant en jeu de grandes installations de concentrateurs solaires uniques en France (fours solaires à Font-Romeu, tour solaire Thémis à Targassonne). Les thèmes de recherche sont en rapport avec la conversion de l'énergie solaire et le développement et la caractérisation des propriétés d'usage des matériaux à haute température. Depuis le dernier contrat quinquennal, le laboratoire mène des recherches associant plusieurs disciplines (physique, science des matériaux, mécanique des fluides, génie des procédés, thermique, ...). Les travaux de recherche développés vont des échelles nanométriques, pour ce qui concerne les propriétés radiatives de matériaux par exemple, aux échelles métriques pour l'étude des centrales solaires à concentration. Pour ce faire, il réunit de nombreuses compétences permettant d'aborder des recherches originales dans le domaine de l'énergie solaire.

La localisation de PROMES sur deux sites (Font-Romeu et Perpignan) amène une répartition des effectifs de 2/3 à Font-Romeu et 1/3 à Perpignan. Le site de Perpignan permet au laboratoire de développer de fortes interactions avec l'UPVD (Université de Perpignan Via Domitia) autour des activités d'enseignement avec les formations adossées à l'unité.

Le laboratoire et ses enseignants-chercheurs se sont fortement impliqués dans la formation à différents niveaux (Master, Ingénieur, Licence, DU). Depuis 2004, cinq formations adossées au laboratoire ont été créées. Elles couvrent les secteurs de la production et de la gestion des énergies renouvelables et comptent au total près de 190 diplômés par an. Le laboratoire assure également avec une quarantaine de doctorants la mission de formation par la recherche.

De nombreuses actions de valorisation ont été menées par l'unité sous diverses formes. Il s'agit de dépôt de brevets et d'activités contractuelles avec plusieurs partenaires tels que les entreprises publiques et privées (EDF, VEOLIA, GDF, TOTAL, SNECMA, CNIM...), les agences et les organismes (DGA, ADEME, CNES, ESA ...). Celles-ci se concrétisent par des contrats avec les partenaires industriels et par la réussite de projets dans le cadre d'appels d'offres nationaux et internationaux. Les fortes sollicitations de la part des entreprises s'expliquent par les compétences et les savoir-faire acquis par l'unité dans le domaine de la caractérisation des matériaux et de la conversion de l'énergie solaire. Le laboratoire PROMES est fortement impliqué dans de nombreux réseaux nationaux et internationaux. Il dispose de moyens d'expérimentations uniques en France et en Europe qui intéressent de nombreux laboratoires, centres de recherche, agences et industriels. Ses grands instruments donnent au laboratoire PROMES une position de leader reconnue au niveau national et international ainsi qu'une grande attractivité pour les activités de recherche, de formation, et de valorisation.

Tous ces éléments font du laboratoire PROMES un acteur incontournable, tant au plan national qu'international, pour la recherche et le développement de l'énergie solaire.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- le laboratoire PROMES est nationalement et internationalement reconnu pour ses activités en énergie solaire. Il a une position de leader en France et en Europe, et est impliqué dans plusieurs collaborations à haute visibilité avec les États-Unis ;
- le laboratoire dispose de plateformes d'expérimentations uniques en France et en Europe ;
- le laboratoire a su se positionner clairement sur des activités de recherche en forte cohérence avec les priorités nationales affichées dans le domaine de l'énergie ;
- le laboratoire s'est renforcé, par l'intégration de personnels de l'Université (UPVD) et de postes d'enseignants-chercheurs mis au concours, avec l'apport de nouvelles disciplines complémentaires à celles existantes au cours du dernier contrat quinquennal (physique des nanoparticules, automatique, mathématiques)
- il participe à plusieurs réseaux académiques et institutionnels ;
- le laboratoire est fortement impliqué dans la formation avec des niveaux allant du BTS au Doctorat ;
- il connaît une forte croissance des ressources humaines ;



- il y a une forte adhésion du personnel au projet du laboratoire ;
- la direction mène une politique incitative pour le développement de projets inter-équipes.

### Points faibles et risques liés au contexte

- l'éloignement entre les 2 sites est un point faible sur lequel la vigilance doit être permanente ;
- les nombreux départs à la retraite prévus à échéance de 2 à 3 ans avec les risques d'un non-renouvellement risquent de fragiliser la dynamique du laboratoire et le fonctionnement des grosses installations ;
- la taille de certaines équipes du laboratoire est à ce jour sous-critique ;
- malgré la politique de la direction, il y a encore une faible interaction entre les équipes sur des thématiques complémentaires ;
- le soutien régional est relativement limité.

### Recommandations

Le comité d'experts recommande de :

- consolider l'intégration des deux équipes qui ont rejoint le laboratoire au cours du dernier contrat ;
- amplifier les échanges entre les deux sites (fréquence des séminaires, visio-conférence, enseignements, ...) ;
- anticiper la relève de l'équipe de direction étant donné les départs prévus dans le courant du prochain contrat ;
- renforcer les collaborations transverses et l'animation scientifique au niveau de l'unité ;
- consolider l'attractivité des chercheurs et le rayonnement à l'international ;
- mener une réflexion stratégique pour le développement et la pérennité des moyens d'essais importants ;
- mener une réflexion sur la structuration du laboratoire autour des grands instruments pour être mieux à même de répondre aux fortes sollicitations qui pourraient s'amplifier dans le futur ;
- poursuivre les efforts déjà entrepris auprès des différents acteurs régionaux (industriels, collectivités, Région Languedoc-Roussillon).

### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le laboratoire PROMES développe des recherches et des technologies pour l'utilisation de l'énergie solaire comme source d'énergie primaire. Les recherches menées s'inscrivent dans un contexte à forts enjeux scientifiques et techniques. Elles sont menées selon deux axes : l'axe matériaux sous conditions extrêmes et l'axe conversion, stockage et transport de l'énergie. Elles ont pour but le développement des matériaux et des procédés pour l'énergie solaire concentrée et plus généralement pour les applications à hautes températures. Les compétences pluridisciplinaires, et les approches associant plusieurs échelles pour l'étude des phénomènes, des composants et des systèmes sont indéniablement les points forts de l'unité. Les moyens d'essais et les thématiques de recherche du laboratoire sont de première importance pour le développement de l'énergie solaire. C'est un ensemble qui s'intègre parfaitement bien dans l'environnement régional, national et international.

Dans les activités du laboratoire, il y a une forte imbrication entre les volets recherche et technologie. Outre les activités de recherche, le laboratoire contribue à la mise en place d'un grand instrument unique pour la communauté scientifique pour explorer de nouvelles voies de recherche dans le domaine de l'énergie solaire concentrée. Dans ce contexte, le laboratoire contribue au développement de connaissances et à la mise au point de matériaux dans des conditions difficilement accessibles par les moyens classiques. Il s'agit de travaux de recherche réalisés à de très hautes températures et de hauts flux de chaleur (revêtement de surface pour améliorer l'efficacité et la durée de vie des matériaux, ...). Le laboratoire est également bien positionné dans le domaine du stockage de la chaleur, les matériaux à propriétés de surface contrôlées (en particulier pour le photovoltaïque), les propriétés des matériaux sous fortes contraintes, le contrôle des procédés et des systèmes énergétiques.

Le laboratoire est engagé dans quatre projets structurants de grande envergure couvrant les niveaux local, national et international. Au niveau local, il s'agit du démonstrateur de production d'électricité par turbine à gaz PEGASE ; au niveau national, ce sont le Labex SOLSTICE réunissant trois laboratoires (PROMES, RAPSODEE et l'IES) et l'Equipex SOCRATE dédié à la mise en place d'une plateforme nationale de recherche et développement sur le solaire à concentration. Au niveau international, les installations de PROMES servent d'infrastructures de recherche européennes au travers du projet SFERA. PROMES est également impliqué dans le projet d'expérimentation sous ultra vide de bombardement ionique et rayonnement à haute température SOLAR PROBE PLUS de la NASA. Tous ces projets illustrent bien le fort engagement du laboratoire et sa reconnaissance dans le domaine de l'énergie solaire concentrée.

Le laboratoire a contribué à plusieurs résultats marquants dans ces différents domaines de recherche. Pour les matériaux, il s'agit par exemple de la démonstration du fonctionnement de cellules photovoltaïques triple jonction sous 4000 soleils, du développement de procédés innovants pour le photovoltaïque, ou encore de la valorisation de matériaux inorganiques pour le stockage thermique. Pour la partie conversion d'énergie, les recherches ont donné lieu à la conception de procédés thermo-hydrauliques originaux pour la production de chaleur, de froid et de travail.

La production scientifique est importante. Dans la période de référence (5,5 années), la production a été de 385 articles dans des revues internationales, 299 conférences internationales à comité de lecture, 40 conférences internationales et 25 chapitres d'ouvrages. Les journaux dans lesquels les articles sont publiés relèvent des différentes spécialités du laboratoire. Le laboratoire a contribué à 13 ANR dont 5 projets « blanc » et le nombre de thèses soutenues a été de 53 pendant la période considérée.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le laboratoire PROMES est une unité propre de recherche qui évolue dans l'environnement institutionnel du CNRS. Le partenaire privilégié est l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD). De nombreux enseignants-chercheurs et personnels techniques de l'université sont rattachés au laboratoire.

Le laboratoire est impliqué aux niveaux régional, national, européen et international. Au niveau régional, il est sur l'axe de développement du solaire à concentration de la Région Languedoc-Roussillon avec une forte implication dans la création et le développement du pôle de compétitivité DERBI (Développement des Énergies Renouvelables dans le Bâtiment et l'Industrie). Le laboratoire reçoit un fort soutien du Conseil Général des Pyrénées-Orientales qui réhabilite la centrale solaire Themis avec pour objectif de devenir « un site majeur en Europe pour la recherche et la production dans le domaine de l'énergie solaire ».



Au niveau national, avec ses installations solaires, PROMES se positionne comme l'un des trois pôles de recherche sur l'énergie solaire. Il participe au GDR ACCORT et à plusieurs réseaux (METTI, C'Nano Grand-Sud Ouest) et dirige la fédération FEDESOL du CNRS sur l'énergie solaire. Plusieurs membres du laboratoire participent à des instances nationales comme le CoNRS (Comité National de la Recherche Scientifique de la section 10 du CNRS), le CNU (Comité National des Universités sections 62 et 26).

Au plan européen et international, le laboratoire est fortement impliqué dans de nombreux projets. Au niveau européen, le laboratoire se montre actif au sein d'un groupement de recherche (GDRE SOLLAB) mettant en réseau plusieurs laboratoires de pays européens (Suisse, Allemagne, Espagne) dans le domaine du solaire à concentration depuis 2004. Le laboratoire coordonne également trois projets européens dont le projet SFERA qui permet d'accueillir de nombreux programmes de recherche (49 projets en 4 ans). Un nombre élevé d'équipes et de chercheurs (près de 135) ont été accueillis au laboratoire dans le cadre de ce projet européen.

Le laboratoire PROMES est très impliqué dans de nombreux contrats institutionnels aux niveaux national et international sur les deux axes du laboratoire. A l'international, il s'agit de projets européens (FP6 et FP7) et au niveau national, les projets sont obtenus dans le cadre d'appels d'offres d'agences nationales (ANR, ADEME, CNES). Pour plusieurs de ces projets, PROMES est coordonnateur et les partenaires sont issus des centres de recherche, des universités et des entreprises. Des collaborations avec des universités étrangères sont également développées au travers de contrats et/ou de co-directions de thèses. L'implication à tous ces niveaux d'échelles avec une ouverture des moyens à tous les acteurs de la recherche dans le domaine de l'énergie concentrée ont permis au laboratoire d'être très attractif et de développer un réseau de partenaires important permettant un fort rayonnement du laboratoire aux niveaux national et européen.

Au plan du rayonnement, le laboratoire a organisé trois conférences de grande envergure dont deux au niveau international (Solar PACES 2010, 8<sup>th</sup> international Conference on Fine Particle Magnetism 2013) et une nationale en 2011 à Perpignan (Congrès Français annuel de Thermique). En outre, on note une bonne participation à l'organisation de manifestations nationales et internationales en qualité de membre de comités scientifiques. Le nombre de conférences invitées est conséquent (40).

Les membres du laboratoire participent à des activités d'expertises au niveau national pour les projets ANR, au niveau européen pour les projets FP7, ESA et également au niveau international (USA, Suisse, ...). Ces activités ont obtenu une reconnaissance au travers de prix attribués à des membres du laboratoire (lauréats du prix Pollutec, ...).

Le laboratoire anime plusieurs projets structurants. Il s'agit du Labex SOLSTICE, l'Equipex SOCRATE, le démonstrateur PEGASE et le projet Européen SFERA ou SOLHYCARB. Tous ces projets donnent au laboratoire une notoriété aux niveaux national et international. La dynamique engendrée par ces projets de grande envergure contribue également au fort rayonnement du laboratoire.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'implication du laboratoire avec l'environnement social, économique et culturel est très forte. Plusieurs projets dans lesquels le laboratoire est coordonnateur ou partenaire reflètent parfaitement cette implication. Le seul exemple du projet PEGASE en est une parfaite illustration. Le Conseil Général apporte un soutien au développement de ce démonstrateur de production d'électricité par turbine à gaz solaire.

En direction du monde économique, le laboratoire a une activité de valorisation des résultats de la recherche. Elle se concrétise par de nombreux partenariats au travers de collaborations contractuelles. Près de 25% du financement des recherches proviennent de l'industrie. Le laboratoire développe des activités contractuelles avec des TPE et PME au niveau local (ViMorENer, Coldway, Tellus-Ceram, Europlasma, ...) et avec de grandes entreprises nationales (EDF, Saunier-Duval, Véolia, ...). Au plan de la création d'entreprise, le laboratoire a en projet la création d'une jeune entreprise sur les matériaux de stockage thermique. Le laboratoire est également très actif dans le dépôt de brevets. Près de 25 brevets ont été déposés au cours de ce contrat.

Le laboratoire participe également à de nombreuses manifestations et opérations de communication en direction du monde socio-économique et culturel. Plusieurs radios et télévisions étrangères (BBC, Saarlandischer Rundfunk TV, ...) ont été accueillies pour la réalisation de documentaires. Le laboratoire participe à des interviews et tables rondes pour la diffusion et la vulgarisation d'informations sur l'énergie solaire et son utilisation. On note également des participations chaque année à la Fête de la Science sur le site de Perpignan, à des interventions dans les lycées, collèges, ..., à l'organisation de visites du laboratoire, de cycles de conférences, à la participation d'ouvrages de vulgarisation scientifique (Ed le pommier, Ed du CNRS).



Pour résumer, le laboratoire développe des relations nombreuses et multiformes avec le tissu socio-économique et culturel. Elles sont en bonne cohérence avec les activités de recherche du laboratoire et contribuent à la valorisation des activités de recherche. Ces interactions avec le tissu socio-économique sont très bénéfiques pour le laboratoire à tous les égards et sont à encourager.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

L'équipe de direction, composée du directeur de l'unité, du directeur adjoint et d'une chargée d'administration, est assistée de trois conseils (le conseil de laboratoire, le conseil scientifique et le comité d'hygiène et sécurité) pour définir et mettre en œuvre la politique scientifique du laboratoire.

La recherche au laboratoire est organisée au sein des huit équipes réparties sur les deux sites Odeillo (Font-Romeu) et Tecnosud (Perpignan). L'animation scientifique est effectuée par les responsables des équipes. Les équipes de recherche se répartissent selon deux axes : l'axe matériaux et conditions extrêmes où émergent 3 équipes et l'axe conversion, stockage et transport de l'énergie où sont impliquées les 5 autres équipes. Le soutien et l'appui à la recherche sont assurés par 6 services : appui à la recherche, installations solaires, communication, informatique, administratif, analyses de surfaces. Les équipements de caractérisation des matériaux et installations solaires sont mutualisés et sont accessibles à l'ensemble des membres du laboratoire. Le laboratoire met en œuvre des actions transversales incitatives par des appels à projets communs à plusieurs équipes et financés par les prélèvements sur contrat.

La communication est assurée au travers d'un site web, qui rassemble les informations sur la structuration et les différentes activités du laboratoire. On y trouve des informations sur les activités de recherche et de formation.

Le laboratoire organise annuellement les journées des doctorants, les « Masteriales », et les conférences des chercheurs invités. L'animation entre les équipes pourrait être renforcée par des séminaires réguliers alternés entre les deux sites.

Sur le site d'Odeillo, les infrastructures et les matériels scientifiques nécessaires à la réalisation des travaux de recherche sont adéquats. Sur le site de Perpignan, la situation a évolué depuis l'arrivée des deux nouvelles équipes ELIAUS et S2N sur Tecnosud. Sur ce site, il y a un manque évident d'espace, tant pour les bureaux que pour les salles d'expériences. Cette situation inconfortable devrait être réglée au plus tôt.

Le laboratoire s'est doté d'un nouveau règlement intérieur et la sécurité est bien prise en considération au niveau de l'unité. Le personnel est sensibilisé aux aspects de la sécurité du laboratoire qui est en conformité réglementaire (document unique, visites médicales, consignes de sécurité dans les locaux, ...). Sur chaque site il y a un assistant de prévention chargé de la sécurité.

Les entretiens avec les représentants des personnels ont confirmé une très bonne cohésion du laboratoire avec une forte motivation de toutes les catégories des personnels. Le comité d'experts a cependant noté quelques inquiétudes pour les personnels techniques et administratifs. Elles se sont exprimées au travers d'une augmentation importante des activités avec les projets de grande envergure, du départ de huit personnels à la retraite au cours du prochain contrat.

Pour les personnels enseignants-chercheurs et chercheurs, les questions principales sont centrées sur les moyens en personnels techniques et chercheurs, la complexification des règles administratives et sur les fortes sollicitations des enseignants-chercheurs pour les besoins en enseignement.

Les doctorants et CDD ont exprimé une parfaite satisfaction des conditions et de l'environnement de travail dans lequel ils évoluent. Les interrogations proviennent des personnels en CDD qui mentionnent les retards administratifs pour le renouvellement de leur contrat et leur souhait d'être mieux accompagnés pour leur formation. Une charte des CDD pourrait être mise en place affichant les droits et les devoirs de chacun. Enfin, l'éloignement géographique par rapport au site de la Délégation Régionale situé à Montpellier rend difficile l'accès aux formations pour les personnels, en particulier pour ceux du site d'Odeillo.

A l'occasion de l'entretien avec les tutelles, le CNRS a réitéré l'importance qu'il accorde au laboratoire PROMES sur la thématique de l'énergie solaire concentrée. C'est un laboratoire phare au niveau de la région Languedoc-Roussillon fortement soutenu par le CNRS. Pour l'université, le laboratoire PROMES participe au rayonnement de l'université et a un rôle structurant important pour l'UPVD. C'est un laboratoire fortement impliqué dans les différentes instances et conseils de l'université et également dans la formation. Par ailleurs la délégation régionale souligne la forte implication du directeur pour intégrer le laboratoire dans les dispositifs régionaux.



Concernant les moyens humains, les deux tutelles ont bien aidé le laboratoire dans la précédente période de contractualisation. Pour la période future, la tutelle recommande au laboratoire une priorisation des métiers demandés dans les futures demandes exprimées dans le dialogue de gestion.

Tout le personnel est impliqué dans la vie du laboratoire dotée d'une bonne organisation. La structuration et les instances mises en place permettent un très bon fonctionnement de l'unité pour assurer toutes les tâches dévolues à un laboratoire de recherche. La gouvernance est présente sur les deux sites, le directeur est localisé sur site d'Odeillo et le directeur adjoint sur le site de Perpignan. La chargée d'administration assure les activités administratives pour les deux sites.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le laboratoire s'implique fortement dans la formation par la recherche. Cela s'est traduit par la mise en place de 6 formations de l'UPVD adossées au laboratoire. Le département de Polytech'Montpellier Énergies Renouvelables, créé en 2009, est également adossé au laboratoire PROMES. Les enseignements sont assurés sur le site de Perpignan et les enseignants-chercheurs y sont très impliqués. Le laboratoire est également impliqué dans la formation continue au travers d'un Diplôme Universitaire « Énergies Renouvelables ». Toutes ces formations complémentaires permettent de contribuer à la formation de jeunes diplômés dans les énergies renouvelables et plus spécifiquement dans l'Énergie Solaire.

Par ailleurs, le Labex SOLSTICE coordonné par le laboratoire PROMES, participe à l'action de structuration de la formation par la recherche au niveau régional. Cette action implique trois établissements (UPVD, IM2 et l'EMAC). Il renforce la cohérence des enseignements et permet de proposer aux étudiants des enseignements de qualité. Cela s'est concrétisé par la réalisation d'une plateforme technologique et la mutualisation d'enseignements impliquant la mobilité des enseignants et des étudiants entre les différents sites.

Au niveau européen le laboratoire est en charge de l'année de spécialisation « Solaire thermique » du master européen de l'European Renewable Energy Council (EUREC) qui regroupe 8 universités européennes. Les enseignements sont effectués sur le site d'Odeillo. Des membres du laboratoire sont également impliqués dans des formations d'universités étrangères (Chine, Pérou, Burkina-Faso).

Le laboratoire assure également la formation de stagiaires pour des durées allant de 4 à 6 mois dans le domaine de l'énergie solaire. Une journée annuelle « Masteriales » est organisée en direction des stagiaires. C'est une initiative fort intéressante pour les stagiaires et également pour tout le personnel du laboratoire.

Les doctorants du laboratoire sont inscrits à l'école doctorale UPVD n°305 "Énergie - Environnement". La direction de cette école doctorale est assurée par un enseignant-chercheur de PROMES, et l'ED regroupe plus d'une centaine de doctorants dont près de 40% sont issus du laboratoire PROMES. Les doctorants engagés sont intégrés dans une des équipes de recherche.

L'entretien avec le représentant de l'école doctorale a permis d'apprécier la forte implication du laboratoire dans le fonctionnement de l'ED n°305. Le laboratoire est membre du conseil et participe à différentes actions et organisations de manifestations. L'accompagnement des doctorants se concrétise par leur participation annuelle aux Doctoriales qui se déroulent sur 2 jours et par le comité de suivi des thèses qui se réunit une fois par an. Pour les nouveaux entrants, une semaine d'intégration est organisée pour permettre une bonne insertion et mieux connaître l'environnement dans lequel ils vont évoluer pendant les 3 années de préparation de la thèse.

Cette implication dans la formation par la recherche s'est fortement renforcée au cours du dernier contrat. Le continuum des formations allant d'un niveau bac+2 à bac+8 dans un même environnement sur la thématique des énergies renouvelables est remarquable. Outre cet aspect, la formation adossée au laboratoire est également un facteur important d'attractivité et de rayonnement du laboratoire.

Il est primordial de maintenir cet effort dans la formation. Face à ces nombreux développements, plusieurs actions sont envisagées dans le prochain contrat. Il s'agit en particulier de rationaliser la structure de formation, de poursuivre l'effort de mutualisation et d'amplifier les échanges internationaux d'étudiants.



## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le laboratoire PROMES occupe une place importante dans le domaine de la recherche en énergie solaire concentrée. Il est doté d'infrastructures de recherche uniques en Europe. Le laboratoire a acquis une notoriété dans le domaine de l'énergie solaire concentrée, des matériaux et procédés à haute température. Ses activités et partenariats se sont notablement étoffés. PROMES s'est également engagé depuis une dizaine d'années dans le développement de formations dans les énergies renouvelables à plusieurs niveaux. Tous ces éléments constituent les briques de base pour le projet et la stratégie du laboratoire dans les cinq prochaines années.

Le projet du laboratoire consiste à renforcer ses activités de recherche et de développement technologique dans les domaines des matériaux et des procédés à hautes températures et de valoriser leurs infrastructures de recherche.

Les thèmes de recherche concernés sont les matériaux à propriétés de surface contrôlées, le photovoltaïque, le solaire concentré, le stockage de la chaleur, le comportement des matériaux sous fortes contraintes, les procédés et systèmes énergétiques. L'élargissement disciplinaire qui a été effectué au cours du dernier contrat, intégrant des compétences de physique des nanomatériaux, d'automatique et d'analyse de systèmes, renforce le positionnement du laboratoire et devrait contribuer à la réussite du projet.

Le laboratoire est impliqué dans plusieurs projets phares avec la participation de nombreux partenaires académiques et socio-économiques. Il est également impliqué dans les instances régionales, nationales et au niveau européen. Tous ces éléments sont très favorables au développement du laboratoire. Ils bénéficient certainement à l'UPVD et au tissu socio-économique local.

La réussite de ce projet de grande envergure nécessite une bonne maîtrise des moyens mis en œuvre. Cette démarche, déjà engagée par le laboratoire, doit être poursuivie pour anticiper les évolutions annoncées des effectifs lors du prochain quinquennal et devrait être menée dans un cadre concerté avec le CNRS et l'Université de Perpignan Via Domitia. Une bonne anticipation des évolutions futures permettra au laboratoire de maintenir, si ce n'est de renforcer, sa position de leadership dans le domaine de l'énergie solaire concentrée.

Le laboratoire est en capacité de mener à bien l'ensemble des missions dans lesquelles il a inscrit son projet. Pour assurer une bonne réussite du projet, le laboratoire devra être en capacité d'anticiper les moyens à mobiliser pour une bonne maîtrise de son développement et de la gestion des relations partenariales.

L'analyse des points forts, faibles et des risques et opportunités de l'unité est pertinente. Les éléments essentiels de chaque rubrique sont bien identifiés. Une attention particulière devra être portée au renouvellement des personnels qui seront amenés à faire valoir leur droit à la retraite lors du prochain contrat quinquennal.

Compte tenu de la dynamique, et des orientations déjà entreprises par le laboratoire, tous les éléments sont favorables au développement du projet du laboratoire. L'ancrage fort avec la formation et les liens tissés avec les nombreux partenaires, aux niveaux régional, national et européen, constituent d'excellents atouts pour assurer la réussite du projet.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Matériaux Hautes Températures et Carburants Solaires (MHTCS)

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Marianne BALAT-PICHELIN

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	5,5	3,5
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	0,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7,5</b>	<b>4</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	5	
Thèses soutenues	6	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3,5	3,5



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production et la qualité scientifiques de l'équipe MHTCS sont excellentes, avec 119 publications dans des revues internationales à comité de lecture (plus du quart des publications de l'ensemble du laboratoire), soit environ 3,8 publications par chercheur et par an. Ces publications couvrent un large spectre en sciences des matériaux et procédés plasmas (American & European Ceramic Society, Vacuum, Chemical Engineering Journal, Chemical Physics), production d'énergie (Int. J. of Hydrogen Energy, Energy & Fuels, Carbon, Solar Energy Materials & Solar Cells, Solar Energy Engineering,...) et nanotechnologies (J. Nanoscience and Nanotechnology,...).

L'équipe a développé des expertises reconnues sur l'étude des propriétés catalytiques et émissives de céramiques soumises à un plasma, ainsi que sur la tenue physico-chimique et les propriétés thermo-radiatives de composites et métaux exposés à de forts flux radiatifs ou protoniques. Elle a également de fortes compétences sur l'étude des céramiques de carbure de zirconium avec incorporation de silicium pour améliorer le rendement de conversion énergétique dans les centrales solaires à concentration. L'équipe a poursuivi ses travaux sur l'élaboration de carbonitrides par voie solaire en limitant leur réactivité vis-à-vis du carbone par filtrage du spectre solaire. Plus récemment, l'équipe a développé un important effort de recherche sur les cycles thermo-chimiques avec oxydes métalliques pour la conversion et la valorisation énergétique par voie solaire.

Ces travaux ont donné lieu à des collaborations internationales de très haut niveau dans le cadre de la mission Solar Probe Plus avec la NASA, Harvard et Berkeley. Il faut souligner aussi la mise au point d'un réacteur pilote pour la production d'hydrogène et de noir de carbone par décomposition thermique du méthane par voie solaire, dans le cadre du projet Européen SOLHYCARB, dont PROMES a assuré la coordination. L'équipe a également développé des méthodes originales de synthèse d'hydrogène et de valorisation de CO<sub>2</sub> par cycles thermo-chimiques utilisant des oxydes métalliques volatils ou mixtes à base de ferrite ou de cériine dopée (collaboration avec IEM Montpellier, IC2MP Poitiers, ICG Montpellier, UNAM Mexico, Rhodia-Solvay et EADS). La plupart de ces travaux s'appuient sur des collaborations nationales (SPCTS à Limoges, CNES) et internationales (ISTEC-CNR de Faenza en Italie, Solar Probe Plus).

Cette forte ouverture illustre la reconnaissance acquise par l'équipe dans tous ses domaines d'expertise.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe est impliquée dans un grand nombre de collaborations de qualité qui traduisent son fort rayonnement, dans des programmes à haute visibilité internationale comme le projet international Solar Probe Plus et le projet européen SOLHYCARB. Elle participe ou a participé à 16 contrats publics (CNRS, ESA, ANR, GDR, CEA, Programme Énergie du CNRS, FP7) et 7 contrats industriels (AREVA, Snecma Propulsion Solide, Rhodia, IHI Corporation au Japon, Fondation EADS et CEMEX AG). Ces participations diversifiées illustrent bien l'attractivité de l'équipe et de ses domaines d'expertise au niveau international, à la fois pour les études fondamentales et industrielles.

Les permanents de l'équipe ont organisé 4 congrès. L'un d'eux a des responsabilités éditoriales dans la revue ISRN Ceramics. On note 6 conférences invitées et l'obtention de deux prix (Prix Pollutec ADEME des Techniques Innovantes pour l'Environnement en 2009 et prix de meilleur poster à ICCDU XI en 2011).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe a développé des activités de valorisation, avec notamment deux brevets en 2008 et 2011. Le partenariat industriel est fortement présent (collaborations avec RHODIA, AREVA, SNECMA, IHI Corporation, EADS et CEMEX). De plus, les plateformes expérimentales uniques (MEDIASE, MESOX -Moyen d'Essai Solaire d'Oxydation) ont permis de développer des collaborations nombreuses et de qualité, tant au niveau national (CNES, SPCTS Limoges, SIMAP Grenoble) qu'international (projet Solar Probe +, VKI, SOLHYCARB, ISTEC Italie...). D'importants développements sont envisagés, avec notamment la proposition en cours d'une nouvelle mission de sonde solaire, PHOIBOS dans le cadre du programme Cosmic Vision de l'ESA. On note également des travaux de valorisation avec deux startups (R-Tech pour un futur programme d'étude des débris spatiaux, et SPADE pour un futur programme ANR sur l'élaboration de matériaux céramiques et métalliques).

L'équipe s'investit également dans les relations « grand public » avec des conférences régulières sur les énergies solaires (6 en 5 ans) et la participation au forum carrières des lycées.



## Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Les deux jeunes chercheurs (CR1 et CR2) qui ont récemment rejoint l'équipe ont une activité de recherche très soutenue avec un fort soutien collaboratif de la part des deux chercheurs plus seniors de l'équipe.

## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'implication dans la formation par la recherche est très bonne, et ce malgré l'éloignement par rapport au centre universitaire de Perpignan. Cela se traduit par une moyenne de 1,2 thèse soutenue par an, 1,6 stage de master par an et 5 thèses en cours. Du fait de son éloignement géographique de l'université, il n'y a pas d'enseignants-chercheurs dans l'équipe MHTCS. De ce fait, l'implication dans les formations de master reste limitée ; toutefois, l'équipe intervient dans le master EUREC (UPVD-EU) depuis 2011.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les thèmes de recherche envisagés sont dans le prolongement logique des travaux menés jusqu'à ce jour, en cohérence avec la stratégie scientifique du laboratoire PROMES. Tout en conservant une forte activité sur le développement de récepteurs solaires céramiques à haute température, l'équipe s'ouvre aussi à l'étude de fragmentation, d'oxydation, de catalyse, d'ablation et de fusion de matériaux pour la problématique des déchets spatiaux. Ce domaine, prioritaire à la NASA à l'heure actuelle, devrait connaître une forte expansion en Europe.

La poursuite des activités récentes sur la production de carburants solaires (valorisation de CO<sub>2</sub>, production d'hydrogène et procédés de craquage, reformage ou gazéification) est également parfaitement justifiée au regard des grands enjeux énergétiques et environnementaux, lesquels bénéficient d'un fort soutien aux niveaux national et international.

Enfin, une perspective originale concerne la reprise des activités de métallurgie solaire, en particulier la synthèse et le recyclage des matériaux métalliques nanostructurés et des terres rares par voie solaire. Cette activité est également très pertinente, car la réduction des déchets liés aux systèmes photovoltaïques et aux systèmes de propulsion devient une question environnementale majeure.

L'équipe a connu au cours des dernières années un nombre important de départs en retraite (5) et son avenir repose sur 3,5 permanents (1 CR2, 1 CR2, 1 DR2 et un DR1 à 50%). De plus, l'assistant ingénieur a changé de laboratoire en septembre 2013. La taille de l'équipe atteint un minimum critique et il serait important d'en préserver à terme toutes les compétences. La venue d'enseignants-chercheurs sur le site de Font-Romeu serait souhaitable.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- une activité sur les matériaux soumis à des conditions extrêmes fortement reconnue au niveau international depuis de nombreuses années ;
- une nouvelle thématique solide et porteuse sur la valorisation du CO<sub>2</sub> et la production d'hydrogène ;
- un grand nombre de publications de qualité : l'équipe contribue à plus du quart des publications du laboratoire.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

De nombreux départs en retraite au cours du dernier quinquennal qui ont réduit l'équipe à une taille critique de 3,5 ETPR.

### ▪ *Recommandations :*

Les activités de l'équipe devraient continuer à se maintenir à un très haut niveau dans les prochaines années. Malgré de nombreux départs au cours du quinquennal précédent, les compétences cœurs sont préservées pour le futur proche, mais il sera nécessaire de prévoir le renforcement de l'équipe à échéance de 2 à 3 ans.



**Équipe 2 :** Photovoltaïque, Plasmas, Couches Minces (PPCM)

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Françoise MASSINES

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	5	5
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	4
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	2
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	6,5	0,5
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>15,5</b>	<b>11,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	8	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	5

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe PPCM constituée de 2 DR-CNRS, 2 Professeurs, 3 MC, un IE et un AI, a une forte compétence et reconnaissance dans le domaine du photovoltaïque sous concentration, ainsi que dans la mise en œuvre et l'étude des matériaux en couches minces.



Il s'agit d'une équipe très dynamique ayant plusieurs contrats (dont 5 ANR, 2 ADEME, 2 FUI, Marie Curie) et de fortes collaborations nationales et internationales. Parmi les résultats marquants, notons en particulier l'étude de cellules multi-jonctions à base de semi-conducteurs III-V pour des applications photovoltaïques sous très forte concentration. L'équipe a également mis à profit sa forte expérience des procédés de dépôt de couches minces par plasma froids (PECVD) pour chercher et trouver de nouveaux procédés adaptés à la filière photovoltaïque.

La contribution de l'équipe au monde scientifique est clairement reconnue : 10 conférences invitées, 49 RICL, 76 conférences avec actes, 5 brevets. Les publications sont dans les meilleurs journaux internationaux du domaine.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le nombre de doctorants ayant soutenu leur thèse (7) ainsi que le nombre de doctorants en cours (8) témoignent d'une très bonne attractivité auprès des étudiants de master 2/école d'ingénieurs.

Le groupe participe à des programmes régionaux (2 ADEME, 2 FUI, ...), nationaux (4 ANR), internationaux (ANR international avec l'Université de Montréal, Marie Curie avec l'Université de Bochum, ...) ainsi qu'au comité ANR Blanc et au « comité aviseur du Réseau Plasma-Québec ». La visibilité internationale de l'équipe est consolidée par des conférences invitées (10) et la participation à l'organisation de conférences internationales de renom (Matériaux 2000, European Physical Society Conférence on Plasma Physics, ...).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les compétences reconnues de l'équipe dans le domaine du dépôt de couches minces sont à l'origine de sa participation à 2 FUI (Fonds Unique Interministériel) : PRESINOL (dans le but de développer un nouveau procédé de fabrication de cellules photovoltaïques qui utilise comme matière première du Silicium de type N multi-cristallin) et BATIR (pour la fonctionnalisation de surfaces et le dépôt de couches minces par plasma atmosphérique).

L'équipe participe également, et ceci grâce à ses compétences en photovoltaïque sous concentration, au projet ADEME AMI-HCPV 1024 (ce projet vise le développement d'une nouvelle technologie solaire à concentration qui concentrera 1024 fois le rayonnement solaire).

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

L'équipe se réunit mensuellement pour échanger sur les activités et les programmes en cours et à venir. De plus, elle organise chaque année un séminaire de deux jours hors campus, ce qui lui permet de réfléchir à sa stratégie. Cette animation de qualité a eu des effets très bénéfiques, permettant en particulier de dégager une vision commune sur une nouvelle activité prometteuse et fédératrice des compétences de l'équipe : les matériaux nano-structurés. Ceci est d'autant plus remarquable que l'équipe est constituée de chercheurs ayant récemment rejoint le laboratoire. Le comité d'experts a apprécié les efforts de cette équipe pour identifier de nouvelles activités collaboratives s'appuyant sur des compétences fortes et complémentaires dans un domaine à forte valeur ajoutée potentielle aux plans scientifique et industriel.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

La recherche de l'équipe PPCM est dans un domaine pour lequel il existe une forte attente socio-économique en termes de transfert de technologie. Les membres de l'équipe sont assez bien impliqués dans la formation : porteur du projet de la licence Pro « Matériaux en Couches Minces pour l'Énergie », responsables de divers parcours de la licence SPI, ainsi que du volet formation du LABEX SOLSTICE.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet à cinq ans s'appuie sur l'expertise acquise par l'équipe et présente aussi des orientations originales. Les sujets à traiter font partie de sujet de recherche avec un fort impact socio-économique, par exemple : (1) optimisation de l'extraction du courant de la cellule sous forte concentration ainsi qu'à l'optimisation des transfert thermiques (développement de dissipateurs plus performants), (2) optimisation de l'architecture de la cellule entièrement nanostructurée, (3) réalisation des couches antireflet et passivante sans silane à pression atmosphérique, (4) ouverture vers une nouvelle activité originale de développement de matériaux nano-structurés à pression atmosphérique.



## Conclusion

L'équipe PPCM est une très bonne équipe de recherche, dont les points forts (1) procédés de dépôt de couches minces et (2) conversion photovoltaïques sous forte concentration sont reconnus par la communauté scientifique nationale et internationale.

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- expertise en solutions plasmas pour le photovoltaïque ;
- expertise en photovoltaïque sous concentration ;
- développement d'une approche originale et novatrice sur l'élaboration de matériaux nano-structurés par procédé plasma.

- *Recommandation :*

Les activités de cette équipe à forte productivité mériteraient que le nombre de chercheurs permanents soit augmenté et que lui soit dévolu un soutien technique plus important.



**Équipe 3 :** Systèmes de Spins à l'échelle Nanométrique (S2N)

**Nom du responsable :** M. Hamid KACHKACHI

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	5	6
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	2	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	1	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	3

### • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe Système de spin à échelle nanométrique, composée de 2 Professeurs, 4 Maîtres de Conférences et un Professeur émérite, a intégré le laboratoire PROMES en septembre 2011. L'équipe a une très bonne reconnaissance nationale et internationale dans le domaine du nano-magnétisme et notamment dans la thématique concernant la dynamique de l'aimantation de nano-particules magnétiques. Dans le cadre du projet ANR DYSC (Lyon, Grenoble et Perpignan), l'équipe analyse également l'effet d'un champ micro-ondes afin de réduire le champ de retournement d'une nanoparticule magnétique ayant une anisotropie élevée (et ceci afin d'augmenter la stabilité thermique).



La contribution de l'équipe au domaine du magnétisme est clairement reconnue : 46 RICL, 2 conférences invitées, 7 communications et un chapitre de livre.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le nombre de doctorants ayant soutenu leur thèse (3) ainsi que le nombre de doctorants en cours (1), pour une équipe de 2 Professeurs et 3 MCF indiquent une attractivité des étudiants limitée.

Le groupe est équipé d'accueil pour un projet de mobilité Marie-Curie et participe à 2 programmes ANR (PNANO et Jeunes-chercheurs) et 2 projets PHC (Espagne et Portugal). L'équipe fait partie du réseau C'Nano Grand-Sud Ouest. La visibilité internationale de l'équipe est consolidée par des invitations dans des universités internationales (7) et l'organisation de 3 colloques internationaux et d'une conférence internationale (8<sup>th</sup> International Conference on Fine Particules Magnetic, 24-27 juin 2013).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Faute d'éléments, ce critère n'a pas été évalué.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Quatre réunions par an, des séminaires toutes les 3 semaines et la participation de chaque membre de l'équipe à deux thématiques, témoignent d'un bon dynamisme scientifique de l'équipe.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les membres de l'équipe S2N sont activement impliqués dans le montage, le suivi et la gestion des formations de l'université et de son IUT.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Pour le prochain plan quinquennal, l'équipe S2N planifie d'utiliser son expertise dans le domaine du monde microscopique et, notamment dans l'interaction lumière-matière, pour l'étude des propriétés optiques de nanostructures mixtes.

Le projet scientifique est d'étudier les mécanismes et les phénomènes physiques se produisant à l'échelle microscopique intervenant entre l'excitation du système par un flux de photons ou un courant et la détection de la réponse sous forme de densité de charges. Pour cela, l'équipe se propose d'étudier le couplage entre les différentes excitations et/ou particules du problème (électrons, excitons, magnons, photons, phonons), afin d'en déduire les effets sur le comportement macroscopique du système : effet des interactions entre les nano-objets eux-mêmes et entre ces derniers et les matrices et substrats hôtes.

Dans les projets de ce groupe, se trouve aussi l'étude des processus d'excitation d'assemblées de nanoparticules métalliques après alignement optique et magnétique des particules dans des matrices d'azopolymères (polymères qui présentent des propriétés photo-actives) et la possibilité d'utiliser ce type de matrice pour produire des structures périodiques comme les réseaux de relief de surface (SRG). Le résultat de l'étude des mécanismes de transfert d'énergie à partir d'une excitation incidente vers le nanosystème et ensuite vers un dispositif photovoltaïque, sera utilisé pour accorder les modes d'absorption résonante du plasma résonant à celle du rayonnement incident.

### Conclusion

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- forte compétences en physique de nanoparticules ;
- bon taux de publication de bonne qualité ;
- l'équipe montre une forte volonté d'intégration dans les thématiques du laboratoire.



- *Points faibles et risques liés au contexte :*

L'équipe n'a pas encore d'apport scientifique dans le domaine des thématiques du laboratoire, même si la volonté exprimée est forte. L'intégration de l'équipe au sein du laboratoire reste encore à démontrer.

- *Recommandations :*

L'équipe bénéficie d'une excellente reconnaissance nationale et internationale dans le domaine du nano-magnétisme et son nouveau projet scientifique justifie son intégration dans le laboratoire PROMES, laboratoire relevant des « Sciences Pour l'Ingénieur » opérant dans le domaine de l'énergie solaire. La formation et la compétence des membres de l'équipe sont une garantie quant à l'aboutissement du nouveau projet. En l'état actuel, ce projet mérite d'être plus approfondi par la prise de contact avec d'autres équipes travaillant sur le sujet.

**Équipe 4 :** Rayonnement et Centrales Solaires (RCS)

**Nom du responsable :** M. Alain FERRIERE

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2,5	2,5
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	1,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	0,5
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7,5</b>	<b>5,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	9	
Thèses soutenues	6	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

### • Appréciations détaillées

L'équipe rayonnement et centrales solaires a une activité de recherche portant essentiellement sur les applications des centrales thermodynamiques. Ses travaux s'inscrivent de plain pied dans les sciences de l'ingénieur et dans la recherche de futures applications industrielles de ce type de technologie. Ils couvrent une large gamme de domaines allant de la modélisation de systèmes optiques concentrateurs à la conception de récepteurs solaires à air de nouveau type, de la mise en œuvre de cycles thermodynamiques à hautes températures à l'analyse système et l'optimisation de procédés tels que le craquage de l'hydrogène ou la conversion de la biomasse.



Un aspect important de cette équipe concerne son fort investissement sur la centrale Thémis située sur la commune de Targassonne. Cette centrale, construite par EDF dans les années 70, exploitée jusqu'en 1986 puis abandonnée, a été récemment réhabilitée dans le cadre du Projet PEGASE en partenariat avec les collectivités locales : région Languedoc-Roussillon et département des Pyrénées-Orientales. Cette implication dans le développement d'une centrale solaire à concentration pour la production d'électricité font de cette étude une recherche unique en France et se plaçant au niveau mondial parmi les plus compétitives.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique de l'équipe est d'excellente qualité et très soutenue. Elle comporte 35 publications dans les meilleures revues du domaine de l'énergétique, de la thermique et de l'énergie solaire, 15 conférences invitées, 7 chapitres d'ouvrages, 21 conférences et 5 brevets. Les thèmes de recherche poursuivis dans l'équipe s'inscrivent complètement dans les thématiques du laboratoire qui lui valent sa reconnaissance nationale et internationale, à savoir les applications de l'énergie solaire. La qualité des installations et leur maintien au laboratoire permettent de réaliser des recherches uniques en France dans le domaine leur conférant une originalité incontestable.

De plus, plusieurs recherches de l'équipe ont trait aux phénomènes couplés, toujours difficiles à modéliser comme dans la conception de nouveaux récepteurs à air ou dans l'optimisation des procédés. Les travaux très originaux développés dans l'équipe mériteraient sans doute d'être appliqués en dehors du champ de l'énergie solaire pour leur conférer une notoriété renforcée.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

De par la qualité de l'équipe de recherche et du caractère unique des installations du laboratoire, dont la maintenance au plus au haut niveau international est à mettre au crédit de cette équipe, l'équipe bénéficie d'une incontestable notoriété sur le plan national et international. Cette notoriété se caractérise notamment par un nombre important de conférences invitées de la part d'un des membres de l'équipe. Elle s'est aussi manifestée par la participation au projet européen SOLFACE. L'équipe de recherche est par ailleurs reconnue par le fait qu'elle a organisé plusieurs manifestations majeures dans le domaine de l'énergie solaire notamment la conférence SolarPACES 2010, conférence internationale ayant réuni plus de 850 participants.

L'équipe a réussi à attirer de nombreux doctorants (9) et post doctorants (2) avec un effectif réduit d'enseignants-chercheurs (1 ETPT) et chercheurs (2,5 ETPT). De plus, elle cultive de nombreuses collaborations nationales et internationales. Sur le plan national, soulignons le rôle important du laboratoire dans le GDR ACCORT (Action concertée en rayonnement thermique), ainsi que les collaborations avec des laboratoires comme RAPSODEE à Albi, LTN à Nantes, CIRIMAT et LAPLACE à Toulouse, le CEA-LITEN. Sur le plan international, on note des collaborations avec des pays comme la Chine, l'Argentine, la Russie, l'Australie, Israël et l'Espagne.

L'équipe a également su remporter de nombreux appels à projets scientifiques comme 2 projets ANR, 5 projets ADEME et 2 programmes énergie du CNRS. L'équipe coordonne également un projet européen d'envergure dans le cadre du programme FP7.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

De par les thèmes de recherches développées dans l'équipe, ceux-ci sont très liés à l'environnement social, économique et culturel. La recherche, la promotion et le développement de nouvelles énergies renouvelables, ainsi que l'optimisation des échanges énergétiques sont en effet au cœur d'enjeux sociétaux fortement médiatisés, comme la problématique du réchauffement climatique et celle de la demande énergétique qui sont par ailleurs liés. L'équipe de recherche s'est concrètement investie dans son environnement économique local. Citons notamment la présidence du conseil scientifique du pôle de compétitivité DERBI (développement des énergies renouvelables pour le bâtiment et l'industrie) en Languedoc-Roussillon. L'implication sur le plan industriel est aussi remarquable. Sur la période d'évaluation, l'équipe a signé 5 contrats de recherche avec les entreprises parmi les plus importantes du secteur comme EDF, TOTAL, VEOLIA, ainsi qu'avec des PME. L'équipe de recherche a aussi participé au dépôt de 8 brevets attestant ainsi de son dynamisme et de son souci de valorisation industrielle. Enfin, par sa participation à la réhabilitation de la centrale Thémis en partenariat avec les collectivités territoriales, l'équipe a bien impliqué les décideurs locaux au développement de sa recherche, le solaire concentré étant l'un des axes prioritaires de recherche pour la région Languedoc-Roussillon.

## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe de recherche reste fortement impliquée dans la formation par la recherche avec 6 thèses soutenues pendant la période d'évaluation. Notons le grand nombre de stages de Master effectués dans l'équipe (6 par an en moyenne). L'équipe de recherche est impliquée par l'intermédiaire de cours dispensés par des membres de l'équipe dans le master Énergie solaire de l'Université de Perpignan. L'équipe est également responsable de modules dans un semestre de spécialisation en énergie solaire du Master Européen Renewable Energy dont les cours sont dispensés en anglais. Plusieurs de ses membres interviennent aussi dans d'autres masters dans toute la France.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie de l'équipe est très bien définie et est axée sur une thématique clairement identifiée autour des recherches sur les centrales solaires à concentration. Cette équipe est sans doute la seule à l'heure actuelle en France à effectuer ce type de recherches et en tout cas la seule à avoir le recul et l'expérience sur la production d'énergie à partir d'énergie solaire concentrée. L'implication dans la réhabilitation de l'ancienne centrale Thémis est donc très cohérente avec cette stratégie et a permis de surcroît d'impliquer les collectivités territoriales. Reste à savoir maintenant si les financements industriels permettront l'aboutissement du projet. Notons par ailleurs que si cette équipe a été renforcée dans la dernière décennie, un recrutement dans les cinq ans permettrait de mieux assurer sa pérennité.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Les points forts de l'équipe résident principalement dans le fait que celle-ci conduit des recherches de premier plan sur des équipements uniques à fort impact sociétal, environnemental et économique. Les recherches menées donnent lieu à une importante valorisation académique par l'intermédiaire de nombreuses publications dans des revues internationales, ainsi que par de nombreux contrats que cela soit avec l'industrie ou bien dans le cadre des programmes de recherches publics soutenus par l'ANR ou le CNRS. L'équipe dépose aussi régulièrement des brevets. L'équipe tire aussi son dynamisme du fait qu'elle arrive à attirer de nombreux étudiants dans le domaine de l'énergie solaire. Enfin, il apparaît que cette équipe a un rôle de leader dans la structuration de la recherche dans sa région en participant aux structures mises en place comme les pôles de compétitivité et au niveau national en participant aux programmes sur l'énergie notamment solaire.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les points faibles de l'équipe sont peu nombreux, mais résident principalement dans sa spécialisation dans le domaine de l'énergie solaire. Même si ce domaine est en pleine expansion, l'équipe peut être victime d'un relatif manque de notoriété dans les domaines plus classiques liés à l'énergétique. De plus, le fait que l'équipe ait placé une partie importante de ses activités dans la centrale Thémis est un risque pour lequel il faudra s'assurer dans l'avenir que les activités de développement comme le projet PEGASE soient effectivement financés par les industriels.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande à l'équipe de continuer dans cette voie et de poursuivre les recherches remarquables qu'elle conduit dans le domaine de l'énergie solaire. Elle l'encourage à se renforcer et assurer sur la durée un codéveloppement de ses recherches sur les centrales solaires avec les industriels. Elle l'encourage à mieux valoriser certains de ses travaux, notamment ceux ayant trait aux transferts couplés auprès des communautés de thermique et d'énergétique.



**Équipe 5 :** Thermophysique et Ecoulements (TEC)

**Nom du responsable :** M. Gabriel OLALDE

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	2
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	2	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	4,5	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3

### • Appréciations détaillées

Cette équipe de recherche a été constituée au cours du précédent contrat en 2010. Son objet est la compréhension des phénomènes se produisant notamment dans les récepteurs solaires soumis à de hauts flux radiatifs. L'approche poursuivie est à l'échelle « locale » tandis que dans l'équipe rayonnement et centrale solaires, elle est à l'échelle « système ». Ici, l'objectif est la compréhension des transferts de chaleur et de masse à hauts flux de chaleur, ainsi que la tenue des matériaux sous ces hauts flux. Ces études sont très peu documentées dans la littérature du fait des conditions extrêmes se produisant sous concentration et peu rencontrées dans d'autres situations.



Les recherches de cette équipe concernent les écoulements et les transferts de chaleur. Le but est de comprendre la physique des écoulements dans les conditions extrêmes imposées dans la concentration de l'énergie solaire. Il s'agit notamment de voir quelles sont les configurations d'écoulements entre un fluide et une paroi qui permettent une meilleure intensification des transferts de chaleur. Ces recherches consistent à étudier, principalement numériquement, des configurations fluides-parois à différentes échelles. Ces simulations sont ensuite comparées à des expériences ayant lieu en soufflerie en utilisant différentes méthodes de diagnostic laser. Les thématiques abordées dans ce thème sont très importantes pour les applications à l'échelle du système dans les centrales solaires, notamment dans la conception de récepteurs. Cependant, il serait intéressant de savoir si ces études pourraient avoir d'autres applications en dehors du contexte de l'énergie solaire. D'autres domaines de recherche, en particulier dans le domaine de l'énergie, pourraient sans doute tirer profit de ces recherches et donner lieu à des collaborations.

L'autre partie des recherches de l'équipe concerne la thermophysique et les matériaux. Ces recherches ont pour objet l'étude du vieillissement des matériaux lorsque ceux-ci sont soumis à des flux intenses répétés. Elles comprennent d'une part le développement du dispositif expérimental SAAF (Solar Accelerated Aging Facility) utilisant un four solaire parabolique de 2kW pour soumettre des échantillons à des agressions thermiques cycliques et d'autre part une partie modélisation. Ces travaux se font en collaboration avec une équipe espagnole pour permettre une comparaison entre le vieillissement obtenu sur le dispositif expérimental développé et les conditions sur les matériaux modélisées. Ces recherches sur le vieillissement des matériaux en conditions extrêmes ont potentiellement d'importantes applications dans de nombreux domaines de l'énergétique et de la physique des hautes températures.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique de l'équipe est soutenue et de très bonne qualité. On retrouve de nombreux articles dans les meilleurs revues d'ingénierie, de thermique, de physique, de mécanique des fluides (17). La production n'a pas changé de manière significative avant et après la formation de l'équipe en 2010. Les membres de l'équipe ont également participé à un nombre important de conférences internationales avec actes (39). Un brevet international sur un récepteur à haute température texturé a été déposé et on note une participation collective à l'écriture d'un chapitre de livre.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe de recherche bénéficie d'une bonne attractivité académique par sa participation à de nombreux réseaux scientifiques en France et en Europe. L'équipe participe à plusieurs projets nationaux et internationaux comme les investissements d'avenir ou des réseaux européens. Le rayonnement de l'équipe est important auprès des étudiants. L'équipe a aussi obtenu des financements dans des appels d'offres nationaux comme ceux de l'ANR ou de l'ADEME.

La reconnaissance de l'équipe peut se lire aussi au travers de ses propositions de recherche qui sont acceptées dans d'importants centres de calcul français ou européens. L'un des membres du laboratoire pilote la fédération de recherche de l'énergétique solaire, laboratoire sans mur qui fédère une grande partie des actions ayant trait à l'énergie solaire en France. En revanche, on pourra regretter l'absence de conférences invitées de la part des membres de l'équipe dans des conférences internationales.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'insertion des recherches de l'équipe dans l'environnement social, économique et culturel est très bon de par les thèmes de recherches liés à l'énergie solaire. La compréhension des phénomènes liés au transfert d'énergie dans des conditions extrêmes ainsi que la tenue des matériaux dans ces mêmes conditions est d'un grand intérêt pour la gestion de l'énergie. Ces recherches intéressent l'industrie, comme l'attestent d'une part le contrat obtenu par l'équipe sur la conception de récepteur en carbure de silicium pour chauffer de l'air à l'aide du rayonnement solaire concentré en partenariat avec TOTAL et d'autre par le dépôt d'un brevet sur ces récepteurs. Il est à noter que les membres de l'équipe participent régulièrement à des actions de vulgarisation, notamment au travers d'interviews dans des médias, autour des thématiques de l'énergie solaire et de son utilisation.



## Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

L'interaction entre les chercheurs est assez remarquable compte tenu de leur éloignement géographique. En effet, les travaux sur les simulations numériques sont principalement conduits à Perpignan, tandis que les études expérimentales, notamment sur la nouvelle soufflerie MEETIC, sont conduits à Odeillo. La publication d'articles communs atteste de la vie d'équipe. En revanche, il convient de s'interroger sur l'avenir même de cette équipe qui ne compte plus que 2,8 équivalents temps plein.

## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'implication de l'équipe dans la formation par la recherche est très importante par rapport au nombre de chercheurs de l'équipe. On note ainsi 7 thèses soutenues pendant la période et 19 stages de Master. De plus, plusieurs membres de l'équipe sont à la tête de parcours d'enseignement à l'Université de Perpignan et à l'école d'ingénieur Polytech'ENR.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie de recherche de l'équipe est très bien identifiée. Elle se situe sur un domaine de recherche en amont de ceux des autres équipes. Par exemple, en ce qui concerne la problématique des récepteurs solaires, c'est dans cette équipe que différentes configurations d'écoulements pourront être proposées afin d'optimiser les transferts de chaleur. Un effort important a été fait par l'équipe dans le développement de moyens expérimentaux notamment par la construction de la soufflerie MEETIC développée en collaboration avec le LML de Lille. Ce moyen expérimental a été instrumenté en PIV Stéréo. Cette soufflerie a notamment permis de valider des simulations de type RANS d'un écoulement canal plan à veine ouverte. Cette action montre ainsi que l'équipe a été capable de se renouveler et de proposer de nouvelles expériences au service de cette stratégie de recherche sur l'optimisation des configurations d'écoulement en vue d'intensifier les transferts.

En revanche, de par le départ d'un certain nombre de cadres, il convient de s'interroger sur la pérennité de cette équipe. Il semble en effet déraisonnable d'afficher une telle équipe de recherche avec aussi peu de chercheurs.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Les points forts de l'équipe résident dans le fait que les activités de recherche sont liées à une thématique scientifique originale ayant trait à l'énergie solaire. Son rôle dans le laboratoire est très important, car c'est dans cette équipe que les phénomènes fondamentaux sur les transferts et la résistance des matériaux sont étudiés et analysés. Les recherches effectuées ici sont donc les ingrédients indispensables pour l'intégration des composants solaires, notamment les récepteurs solaires dans des systèmes plus compliqués. De plus, cette équipe a su aller chercher des compétences qu'elle n'avait pas pour mettre au point des diagnostics optiques dans les écoulements. Ces moyens expérimentaux peuvent être maintenant mis en regard de l'effort en recherche numérique pour mettre au point une simulation numérique de référence sur les écoulements soumis à des flux très importants.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Un point faible de l'équipe est sa localisation sur deux sites. Cependant, la visite au laboratoire a montré que les personnes de cette équipe étaient en très bonne interaction. Néanmoins, leur nombre s'est réduit très fortement dans les dernières années jusqu'à 2,8 ETPT. Il convient donc de s'interroger sur l'avenir de cette équipe.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande à l'équipe de recherche de poursuivre ses recherches sur les phénomènes physique sous hauts flux solaires. Ces recherches sont originales et ont des applications qui dépassent largement celui de l'énergie solaire et qui embrassent aussi celui des hautes températures. Le comité d'experts recommande cependant au laboratoire de renforcer cette équipe qui risque de devenir sous-critique suite au départ de plusieurs cadres de l'équipe. Une alternative possible est de rassembler cette équipe avec une autre comme par exemple celle sur le rayonnement et les centrales solaires. Dans tous les cas, le comité d'experts recommande à la direction du laboratoire et aux membres de l'équipe d'envisager sérieusement cette option.



**Équipe 6 :** Stockage pour Hélioprocédés Photochimiques et Energétiques (SHPE)

**Nom du responsable :** M. Vincent GOETZ

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	5	5
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	0,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>10,5</b>	<b>6,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	6	
Thèses soutenues	10	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	5	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3,5	4,5

### • Appréciations détaillées

Si l'on veut résumer les activités de l'équipe SHPE en quelques mots clefs, on pourrait mentionner les termes d'énergie solaire et de matériaux. Les applications de ces recherches se situent dans les domaines du stockage énergétique dans des matériaux recyclés et la dépollution - désinfection photocatalytique solaire d'effluents aqueux.

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifique

La production scientifique comprend dans la période 2009-2013, 39 publications dans des revues internationales, 8 conférences invitées, 9 séminaires invités, 49 conférences avec actes et 5 familles de brevets.



Les travaux sont publiés dans des revues internationales de bonne tenue. Cependant, le nombre pourrait en être plus conséquent. Il n'est pas mentionné de cession de licences sur les brevets déposés. La participation aux congrès internationaux et les invitations aux conférences et séminaires sont importantes montrant la reconnaissance de l'équipe dans son domaine.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Il convient de noter que chaque thème fait l'objet de collaborations avec des laboratoires universitaires français ou étrangers (accueil d'un professeur invité) ainsi que des sociétés privées dans le cadre, très souvent, de programmes contractuels.

Des projets sur appel d'offres avec le CNRS (5), l'ANR (6) ou l'Union Européenne (3) ont été labellisés, financés et réalisés ou sont en cours. Ces programmes, pluriannuels, rentrent complètement dans les thèmes de l'équipe. Ils permettent, outre un financement conséquent, de former des Docteurs (10 thèses soutenues et 6 en cours actuellement).

L'équipe est active dans les comités d'organisation ou les comités scientifiques de congrès internationaux ou nationaux.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'interaction de l'équipe avec le monde socio-économique est démontré. Ainsi, 7 thèses CIFRE ont été soutenues ou sont en cours dans la période. De plus, comme il a été mentionné ci-dessus, l'équipe a des contrats de collaborations avec des entreprises, de droit privé, de type grands groupes industriels français, mais aussi, avec des PME voire des start-ups locales.

Dans un but de diffusion de la culture scientifique, des interventions envers le grand public sont réalisées sous la forme de présentations dans les écoles, collèges et lycées, de visites des laboratoires, d'organisation de la fête de la science ou d'édition d'ouvrages de vulgarisation scientifique.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'implication dans la formation par la recherche est montrée par l'encadrement de 10 thèses soit 2 thèses soutenues par an dans la période et 6 en cours, l'accueil de 5 Post-Doc et 12 Masters. On note aussi que des enseignants-chercheurs ont des responsabilités pédagogiques et administratives. Des membres de l'équipe interviennent ou sont intervenus, par exemple, dans la direction de l'École Doctorale, la responsabilité d'un master européen, la responsabilité de composantes ainsi que dans l'enseignement. Il convient de noter qu'un membre de l'équipe est l'actuel Vice-Président de la Recherche de l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD).

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Deux projets d'envergure sont proposés. Ils font une suite logique aux programmes précédemment réalisés et les refocalisent sur l'aspect élaboration de matériaux d'usage et leur utilisation dans des applications énergétiques :

- la dépollution et désinfection de l'eau par photocatalyse et énergie solaire. Dans une approche intégrée, le projet consiste à élaborer des catalyseurs, y compris des matériaux photoactivés dans le visible, à travailler sur les mécanismes fondamentaux, à effectuer les bilans radiatifs, à définir les cinétiques réactionnelles et les sous-produits réactionnels. L'approche sorption-désorption-oxydation des polluants présents dans l'eau sera particulièrement étudiée. Des moyens matériels et en particulier des unités pilotes seront conçues et utilisées pour l'optimisation des procédés de traitements par photocatalyse hétérogène solaire. Ces unités pourront être alimentées par des eaux issues de stations d'épuration ;
- le stockage de l'énergie à haute température sur des matériaux recyclés. Elaborer des céramiques réfractaires à partir de matériaux recyclés ou par frittage de cendres volantes, les caractériser thermo-mécaniquement et les mettre en œuvre dans des unités pilotes de taille significative, telles sont les séquences du projet de stockage de l'énergie à haute température. Afin de choisir les matériaux de stockage d'énergie, une approche de type relations structure - activité pourra être menée.



La focalisation de l'équipe sur ces deux grands thèmes de recherche est bénéfique pour une meilleure visibilité et éviter ainsi un possible éparpillement des forces de recherche. Il conviendra de continuer à nouer des collaborations avec d'autres laboratoires d'ingénierie de l'environnement et des laboratoires d'analyse de polluants traces.

## Conclusion

Le comité d'experts note une très bonne activité de l'équipe. Il a bien apprécié le recentrage des travaux sur deux thèmes majeurs en application avec l'énergie solaire.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- une thématique bien liée aux axes généraux du laboratoire sur le solaire et ses applications ;
- une focalisation des activités de recherche sur deux grands thèmes i)- la dépollution et la désinfection de l'eau par photocatalyse et énergie solaire ii)- le stockage de l'énergie à haute température sur des matériaux recyclés ;
- des personnels investis et très actifs ;
- des collaborations nationales et internationales maîtrisées.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- une production scientifique, en particulier les publications internationales, qui pourrait être plus importante ;
- concernant les matériaux recyclés pour le stockage de l'énergie, la thématique pourrait être réfléchié dans une approche structure - propriété.

### ▪ *Recommandations :*

- continuer à développer les collaborations nationales et internationales ;
- des collaborations complémentaires sont également à rechercher dans le domaine de l'eau (ingénierie, chimie et analyse de polluants traces).

**Équipe 7 :** Thermodynamique, Énergétique et Systèmes réactifs (TES)

**Nom du responsable :** M. Sylvain MAURAN et M. Driss STITOU depuis 01/01/2014

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	2
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	1
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	1,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	2	
Thèses soutenues	8	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

### • Appréciations détaillées

L'équipe TES est composée de 6 permanents : 1 chercheur CNRS (DR2), 1 ingénieur de recherche CNRS (IR1), 2 enseignants-chercheurs (2 PU2), 1 professeur certifié Hors Classe et 1 Assistant Ingénieur partagé avec l'équipe Stockage pour Hélio procédés Photochimiques et Énergétiques (SHPE). L'équipe a connu une évolution de son effectif au cours du contrat précédent. Il s'agit de l'accueil d'un professeur de mathématiques de l'UPVD en 2010, d'un professeur certifié HC en 2013 et du départ d'un professeur en thermodynamique la même année. L'équipe a accueilli 10 doctorants au cours de la période dont 8 ont soutenu leur thèse.



Les recherches portent sur les procédés énergétiques pour la production d'énergie calorifique, frigorifique ou d'énergie mécanique à partir d'une source d'énergie primaire sous forme de chaleur. Les problématiques de recherche concernées se situent aux niveaux des matériaux, des composants et des systèmes. Plus récemment, l'équipe a élargi son domaine de recherche à l'optimisation des réseaux de distribution d'énergie appliquée aux réseaux électriques. Les objectifs concernent la conception, l'analyse et l'optimisation des procédés énergétiques, et la modélisation des marchés de l'électricité.

Les verrous scientifiques portent sur la modélisation de systèmes hors de l'équilibre couplant différents composants, la maîtrise des limitations des procédés thermo-chimiques, la transformation hydraulique mécanique pour les systèmes thermohydrauliques, l'optimisation de problèmes complexes liés à la modélisation des marchés de l'électricité.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Dans la période d'évaluation, les travaux de recherche ont porté sur le développement de concepts originaux de procédés thermo-hydrauliques, l'analyse de procédés thermo-chimiques pour le transport de la chaleur à longue distance, l'extension de l'approche constructale pour l'optimisation de réacteurs thermo-chimiques sous énergie solaire concentrée, la maîtrise du procédé de stockage thermo-chimique dans des conditions de fonctionnement sévère (basse pression, ...) pour le stockage thermique à haute densité. Plus récemment, les travaux ont été étendus au développement d'outils mathématiques pour l'optimisation quasi-convexe appliqués à l'optimisation des marchés de l'électricité.

L'équipe TES a publié 35 articles dans des revues internationales avec comité de lecture, 18 communications à des conférences internationales avec comité de lecture et actes, 3 chapitres d'ouvrages, 3 brevets et 3 extensions de brevets, 6 conférences invitées et 6 séminaires invités.

Au plan quantitatif la production scientifique est importante. Les articles sont publiés dans de nombreuses revues internationales spécialisées dans le domaine de l'énergie pour une partie (Energy, J. of Energy and research, ATE) et en mathématiques appliquées pour l'autre partie (J. Optim Theo Applic, J. Glob. Optim, SIAM Optim). Les revues sont de bonne qualité avec un bon facteur d'impact. L'activité de brevet traditionnelle dans cette équipe est également importante. Dans la période de référence, elle s'est concrétisée par 3 extensions et 3 dépôts de brevets. En revanche, la participation aux conférences internationales est en retrait au regard de la taille de l'équipe.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe TES a acquis une renommée nationale et internationale dans le domaine des procédés pour l'énergétique (stockage, transport et conversion) et plus récemment sur l'optimisation des réseaux électriques.

L'équipe est fortement impliquée dans plusieurs projets nationaux (PIE Énergie (1), ANR (5), ADEME (1)) et internationaux (UE(1), MAEE Chine (1)). Les membres de l'équipe participent à de nombreux réseaux scientifiques, groupes de travail et instances au niveau national. Il s'agit par exemple de la direction du GDR MOA (Mathématiques de l'Optimisation et Applications), de participation au groupe de travail de l'alliance nationale pour la recherche sur l'énergie (ANCRE).

L'équipe entretient des collaborations avec des chercheurs d'universités étrangères. Cela se concrétise par des séjours de professeurs invités au laboratoire venant du Chili, du Pérou, d'Italie, d'Inde et de la République Tchèque.

Plusieurs membres de l'équipe participent activement à des comités d'évaluation de programmes nationaux (ANR, ADEME). Ils réalisent également de nombreuses expertises pour l'ANR, l'ADEME et des organismes d'éducation et de recherche à l'étranger.

Le volet « rayonnement et attractivité » est dans l'ensemble bon. Un renforcement de ce volet ne pourrait que donner plus d'assise à l'équipe dont la composition a évolué au cours du dernier contrat.



### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe TES développe de nombreuses activités avec l'environnement social, économique et culturel. Elles se traduisent par des contrats avec des partenaires industriels (PSA, Saunier-Duval, IROE-PGMO), et d'autres partenaires non académiques comme OESO dans le projet Solaire Duo coordonné par la société Giordano et regroupant plusieurs partenaires institutionnels (4) et industriels (6). On note également une implication dans un projet franco-Amérique latine (2013-2016) pour le développement d'un réseau de recherche en mathématiques. Ce projet entre dans le cadre du programme MATH-AmSud initié par les organismes CNRS et INRIA côté Français et les organisations de recherche des pays de l'amérique latine (Argentine, Brésil, Chili, Paraguay, Pérou et Uruguay).

L'équipe participe également à la diffusion de la culture scientifique en s'impliquant dans des manifestations comme la fête de la science, au village des sciences et à la semaine du développement durable.

Le positionnement de l'équipe est intéressant dans ce volet et pourrait s'amplifier dans la mesure où il y a une forte attente de plusieurs acteurs de la société (décideurs politiques, collectivités, industriels, ...). L'activité contractuelle de l'équipe est importante et il faut veiller à conserver un bon équilibre entre ces activités et celles de recherche amont pour les avancées conceptuelles. L'équipe a un très bon potentiel et de bons atouts. Compte tenu de sa taille sous critique, un renforcement de l'équipe est nécessaire pour permettre de mener aisément toutes ces activités.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'environnement dans lequel évolue l'équipe TES est très favorable pour développer des activités en relation avec la formation par la recherche. L'équipe est très impliquée dans de nombreuses formations de l'UPVD et l'école Polytech'Montpellier.

Les membres de l'équipe assurent de nombreux cours aux niveaux DU « Technicien Solaire », licence professionnelle TEFER, Master « Énergie Solaire », Master Européen « EUREC » et enfin en école d'ingénieur Polytech'ENR. L'équipe s'implique également ponctuellement dans les cours de master et doctoraux à l'étranger (Pérou 2009, 2013, Cuba 2010, l'Arabie Séoudite 2013, Vietnam 2010, Chili 2008, Taiwan 2008).

L'équipe comptait 2 doctorants au 30/06/2013. Depuis la rentrée 2014, 4 nouveaux doctorants ont été recrutés. Cette nouvelle dynamique participe au développement des activités de recherche de l'équipe. Dans la période de référence 8 thèses ont été soutenues. Les sources de financement sont très variées (CIFRE, ANR, MESR).

Dans l'ensemble, il y a une bonne implication de l'équipe dans les activités de formation par la recherche à plusieurs niveaux.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'équipe TES a des compétences dans l'analyse des procédés et systèmes énergétiques. Elle propose de poursuivre ses recherches dans les domaines de compétences actuels orientés vers des applications à forts enjeux sociétaux comme la production d'électricité, le pompage de l'eau, le dessalement d'eaux saumâtres, la production de froid. Trois thèmes seront privilégiés pour le prochain quinquennal. Il s'agit du stockage de l'énergie thermique par procédé thermochimique, la conversion de la chaleur basse température en travail par procédé thermohydraulique et le marché de l'énergie.

Le premier thème concerne la poursuite de l'activité stockage thermochimique orientée vers le domaine de l'énergie solaire concentrée où des travaux analogues n'ont pas encore été envisagés pour le stockage à haute température et pour la production de froid. Il s'agit d'analyser un système composé d'un stockage thermochimique et d'un cycle frigorifique par compression mécanique de vapeur ou thermohydraulique.

Le second thème est centré sur la valorisation de la chaleur basse température en électricité en utilisant des cycles thermohydrauliques. Ces cycles ont des potentiels d'application intéressants avec de bonnes efficacités énergétiques et semblent être des solutions alternatives aux systèmes à compression mécanique de vapeur. Dans ce contexte, un projet cofinancé par l'ADEME et l'école doctorale 305 de l'UPVD sera entrepris pour le développement du moteur CAPILI.

Le troisième thème est dans le domaine de l'optimisation et concerne le marché de l'énergie électrique. Il s'agit de développer des outils mathématiques théoriques et numériques permettant de coupler les aspects économique et physique du marché de l'électricité pour accéder aux conditions d'un dimensionnement économique optimal.



Il est également proposé de développer des collaborations entre les deux axes de l'équipe au travers d'un projet d'intégration d'un procédé thermo-chimique-hydraulique dans les réseaux énergétiques. Ce sujet constitue l'une des originalités proposées par l'équipe. Il relève des compétences de chacun des axes et devrait permettre de développer une activité dans les réseaux énergétiques qui reste encore embryonnaire, mais avec de très forts enjeux sociétaux.

Le projet de l'équipe est intéressant et présente des atouts. Le rapprochement entre deux disciplines (mathématiques appliquées et procédés) pourrait engendrer de nouvelles activités de recherche sur l'optimisation des réseaux énergétiques couplés à des systèmes de stockage et de conversion d'énergie. Cela pourrait devenir l'une des originalités de l'équipe.

## Conclusion

L'équipe TES œuvre dans les différents volets : recherche, enseignement et valorisation dans le domaine de l'énergie. Les activités de l'équipe sont développées selon deux axes. Un premier axe sur les procédés énergétiques et un second axe sur l'optimisation pour la modélisation des marchés de l'électricité.

L'équipe a été très active pour la production scientifique, la formation par la recherche et les relations avec le monde socio-économique. Les membres de l'équipe sont très impliqués dans de nombreuses collaborations aux niveaux national et international.

La taille de l'équipe est sous-critique compte tenu des différentes activités qui s'y développent et l'équipe mérite d'être renforcée pour répondre aux différentes sollicitations de recherche, de formation et de valorisation avec le tissu socio-économique.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- les thématiques de recherche de l'équipe sont d'importance stratégique pour l'énergie (stockage, transport, réseaux). Elles sont dans les axes du laboratoire ;
- environnement local, national et international très favorable ;
- l'équipe s'est renforcée avec de nouvelles compétences ;
- fort ancrage avec le tissu socio-économique (collectivités, industrie, ...) ;
- bonne activité de publication et de valorisation par des brevets ;
- très bonne visibilité au niveau national dans le domaine des procédés pour l'énergétique ;
- des échanges existent avec de nombreux partenaires au niveau international.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- taille de l'équipe sous-critique face à l'ampleur des enjeux et des défis de recherche ;
- le rayonnement international est à conforter au travers des conférences invitées ;
- manque de formalisation des collaborations internationales.

### ▪ *Recommandations :*

- consolider les activités de recherche qui reposent sur un petit nombre d'enseignants-chercheurs ;
- renforcer le potentiel chercheur pour assurer la pérennité de la thématique de recherche ;
- engager une réflexion pour définir la stratégie de développement de l'équipe ;
- développer l'animation scientifique et renforcer les collaborations avec les autres équipes du laboratoire.

**Équipe 8 :** Électronique, Automatique et Systèmes (ELIAUS)

**Nom du responsable :** M. Stéphane GRIEU

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	10	10
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	2	1
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>14</b>	<b>12</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	6	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

### • Appréciations détaillées

L'équipe Électronique, Automatique et Systèmes a intégré le laboratoire PROMES en janvier 2011, elle est composée de 14 enseignants-chercheurs : 6 enseignants-chercheurs (section 61), 2 enseignants-chercheurs (section 62) et 6 enseignants-chercheurs (section 63). L'équipe effectue des recherches selon trois axes thématiques : la caractérisation de composants électroniques, l'optimisation des systèmes de production d'énergie et la gestion intelligente des ressources énergétiques dans le secteur du bâtiment.



Le premier axe se décline autour des thématiques suivantes : composants avancés dédiés à la concentration solaire (en collaboration avec l'équipe PPCM) ; caractérisation de matériaux isolants par la méthode de l'onde thermique (en collaboration avec l'équipe PPCM) ; caractérisation de fibres optiques en environnement radiatif ; caractérisation d'oscillateurs UHF et micro-ondes à faible bruit ; estimation de propriétés thermophysiques de matériaux (en collaboration avec l'équipe TEC). Le deuxième axe a pour sujets d'études : la prédiction de la ressource et contrôle supervisé de capteurs solaires ; le stockage thermique par hydro-accumulation et chaufferies collectives mixtes ; l'optimisation d'un procédé hybride solaire/géothermie ; le contrôle de la densité de flux sur un récepteur solaire (en collaboration avec l'équipe RCS) ; l'optimisation de l'efficacité des centrales solaires à concentration. Le troisième axe se focalise sur les thématiques : instrumentation et gestion des ressources énergétiques ; bâtiments et interaction avec le réseau électrique.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique de l'équipe, depuis janvier 2011, se décompose comme suit : 1 participation à un ouvrage, 12 revues internationales avec comité de lecture, 3 revues nationales avec comité de lecture, 19 conférences internationales avec comité de lecture, 1 conférence invitée et 2 brevets. Les revues comme les conférences sont de bonne qualité dans l'ensemble.

Les thèmes de recherche poursuivis dans l'équipe s'inscrivent complètement dans les thématiques du laboratoire en apportant une approche système dans les domaines de la caractérisation des composants électroniques, du contrôle et de la supervision des systèmes utilisant les énergies renouvelables. Il est à souligner l'originalité des approches de caractérisation électrique de composants et de matériaux (grâce à l'outil « Open Circuit Voltage Decay » et par la Méthode de l'Onde Thermique, ainsi que le recours aux outils de l'intelligence artificielle pour l'estimation de propriétés thermophysiques. On peut également mettre en avant les résultats suivants : un outil permettant de simuler le comportement de chaufferies collectives mixtes et d'étudier la pertinence de l'implantation d'un système de stockage par hydro-accumulation ; pour les bâtiments tertiaires, un système de gestion autonome exploitant les informations fournies par un réseau de capteurs ; le développement d'algorithmes intelligents pour la gestion des ressources au sein d'habitats individuels raccordés au réseau électrique et équipés de systèmes de production et de stockage d'énergie (micro-réseaux intelligents).

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe de recherche participe à plusieurs projets scientifiques : 1 projet ANR SOLARGEOTHERM (portant sur la gestion optimale d'un procédé hybride solaire/géothermie assurant le chauffage d'un habitat individuel) en partenariat avec le BRGM et la société Dominguez Énergie ; 1 projet ADEME RIDER (concernant l'utilisation des technologies d'information et de communication pour l'optimisation de l'efficacité énergétique d'un groupe de bâtiments) en partenariat avec les laboratoires LIRMM et IES et les sociétés IBM, EDF, Cofely GDF-Suez, ENOLEO et Pyrescom ; 1 projet européen CSPIMP (amélioration de la compétitivité des centrales solaires à concentration en optimisant l'efficacité et la maintenance des sites) en partenariat avec l'ARTS (Association de Recherche Technologie et Sciences) et les sociétés Thermodyn, Acciona Energia et SPG ; 1 projet Monitoring THPE (qui a permis la définition d'indicateurs pour l'évaluation de la performance énergétique de bâtiments mixtes et le développement d'un système complet de monitoring) en partenariat avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et les sociétés Apex BP Solar et Pyrescom.

Depuis 2008, l'équipe travaille également en collaboration avec le CNES sur l'évaluation de fibres optiques commerciales.

Le rayonnement et l'attractivité restent principalement régionaux ; le positionnement de l'équipe aux niveaux national et international pourrait être amélioré.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'insertion des recherches de l'équipe dans l'environnement social, économique et culturel est facilitée par les thèmes de recherches porteurs liés aux énergies renouvelables. La valorisation des travaux de recherche au travers de relations industrielles se concrétise de diverses manières, citons par exemple : le système autonome de pilotage des systèmes chauffage/ventilation/climatisation et de gestion du confort destiné aux bâtiments tertiaires (ce système sera commercialisé, après validation sur site, par Pyrescom) ; l'outil de dimensionnement et de gestion intelligente des systèmes de stockage thermique destiné aux chaufferies collectives mixtes (un outil, bien que toujours en phase de développement, d'ores et déjà utilisé par Cofely GDF-Suez).



L'équipe de recherche s'est également investie dans son environnement économique local. Citons notamment la vice-présidence déléguée du pôle de compétitivité DERBI (développement des énergies renouvelables pour le bâtiment et l'industrie) en Languedoc-Roussillon.

L'équipe de recherche a participé au dépôt de 2 brevets attestant son souci de valorisation industrielle.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

On constate une bonne synergie entre recherche et enseignement au sein de cette équipe. L'implication de l'équipe dans la formation par la recherche est très importante, car tous les membres permanents de l'équipe sont enseignants-chercheurs à l'Université de Perpignan.

La plupart ont également des responsabilités pédagogiques et/ou administratives d'enseignement à l'Université de Perpignan, mais aussi à l'Université de Montpellier en école d'ingénieur. On peut citer entre autres : direction du département « Sciences Physiques et de l'Ingénieur » ; direction-adjointe de l'UFR « Sciences Exactes et Expérimentales » ; responsabilité de la licence « Physique, Chimie » ; responsabilité du master « Électronique, Automatique, Informatique » ; responsabilité de la licence « Sciences Pour l'Ingénieur » ; responsabilité du département « Énergétique et EnR » (Polytech UM2).

On note ainsi 7 thèses soutenues pendant la période, 15 stages de Master et 6 stages d'ingénieurs.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les trois axes de recherche envisagés sont dans une suite logique des travaux menés à ce jour et se trouvent en cohérence avec la stratégie scientifique du laboratoire PROMES.

Le premier axe concernera la caractérisation électrique de cellules solaires, destinées ou non à la concentration, et la caractérisation thermophysique de matériaux. Cette activité sera pérennisée, car c'est une thématique de nature à fédérer des compétences inter-équipes significatives.

Concernant le second axe thématique, les travaux liés à la prédiction de la ressource énergétique quel que soit le type de ressource et quelle que soit la finalité de cette prédiction vont se poursuivre ; l'optimisation de la conduite de chaufferies collectives mixtes équipées de systèmes de stockage thermique par hydro-accumulation sera intensifiée. L'amélioration de l'efficacité des centrales solaires à concentration, le développement d'un système CPV haute performance avec convertisseur intégré GaN et l'optimisation de photo-bioréacteurs solaires intensifiés seront au cœur des activités de l'équipe pour les années à venir.

Le troisième axe mettra l'accent sur la gestion de la production décentralisée d'énergie renouvelable, la supervision des micro-réseaux intelligents et l'étude de l'interaction entre bâtiment ou groupe de bâtiments (éco-quartier) et réseau électrique. Le développement de systèmes embarqués, économes en énergie, pour le pilotage des systèmes chauffage/ventilation/climatisation et la gestion du confort thermique au sein d'habitations et de bâtiments tertiaires sera par ailleurs poursuivi. Cette thématique est fédératrice pour l'équipe, car par nature pluridisciplinaire, et verra son importance renforcée.

Pour chacun de ces trois axes, l'équipe s'engage à intensifier la recherche de partenariats avec l'industrie.

### Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*
- le point fort de l'équipe réside dans son positionnement qui lui permet d'étudier l'échelle des systèmes complets (systèmes de production et d'utilisation de l'énergie solaire) par une « approche système » avec toutes les composantes requises pour la réalisation d'un projet relevant des énergies renouvelables ;
- la pluri-disciplinarité des membres de l'équipe (61ème, 62ème et 63ème sections du CNU) doit lui permettre de développer ses objectifs scientifiques et de renforcer sa lisibilité ;
- il est à noter que cette équipe est constituée principalement de jeunes enseignants-chercheurs prometteurs.



▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- l'équipe doit éviter l'écueil d'une recherche très/trop orientée vers les applications. Dans ce contexte, l'équipe peut être victime d'un relatif manque de notoriété au niveau national en menant des recherches trop orientées vers les applications et en sous-estimant les aspects fondamentaux et méthodologiques ;
- par conséquent, il serait souhaitable que l'équipe fasse un effort afin d'améliorer l'homogénéité et la lisibilité de sa production scientifique ;
- les enseignants-chercheurs doivent être vigilants face à d'éventuelles surcharges de travail liées aux responsabilités pédagogiques et/ou administratives d'enseignement.

▪ *Recommandations :*

- le comité d'experts encourage l'équipe à mieux valoriser certains de ses travaux, notamment ceux concernant les aspects fondamentaux et méthodologiques ;
- par ailleurs, des études développées (la caractérisation des composants électroniques ainsi que le contrôle et la supervision des systèmes solaires) mériteraient une meilleure reconnaissance permettant ainsi d'améliorer celle de l'équipe dans toute la communauté ;
- il serait pertinent que l'équipe mutualise ses compétences avec : l'équipe TES dans le domaine de l'optimisation afin de lever les verrous scientifiques liés à la supervision des micro-réseaux intelligents ; l'équipe SHPE dans le domaine du traitement de l'eau à partir d'énergie solaire afin de proposer une solution plus pertinente.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite :

Début : Mardi 25 février 2014 à 9h  
 Fin : Mercredi 26 février 2014 à 16h

### Lieu de la visite

Institution : PROMES-CNRS  
 Adresse : Tecnosud Rambla de la Thermodynamique Perpignan, 66100 Perpignan

### Deuxième site éventuel

Institution : PROMES - CNRS Odeillo  
 Adresse : Four Solaire d'Odeillo 7, rue du Four Solaire 6120 Font-Romeu Odeillo

### Locaux spécifiques visités

Le comité d'experts a visité les locaux des sites Tecnosud et d'Odeillo et le site de Thémis.

A Tecnosud, les locaux visités sont regroupés. Ont été visitées les différentes salles d'expérimentations de cinq équipes de recherche : TES, ELIAUS, S2N, SHPE, PPCM. Les salles visitées sont bien dotées en équipements expérimentaux. Il y a manifestement un manque flagrant d'espace. Les deux équipes S2N et ELIAUS ont des locaux exigus et la situation n'est pas favorable pour le développement de leurs activités de recherche, en particulier pour les dispositifs expérimentaux et matériels de mesures. Cette situation risque de créer des tensions, s'il n'y a pas de solution à moyen terme et peut-être des problèmes de sécurité s'il y a peu d'espace pour accueillir de nouveaux dispositifs expérimentaux.

A Odeillo, le comité d'experts a visité les locaux et les installations expérimentales. Sur ce site les locaux sont spacieux avec des surfaces importantes et permettent le développement des activités dans de très bonnes conditions. Les moyens expérimentaux sont conséquents et uniques en ce qui concerne les systèmes de concentration d'énergie solaire.

Le comité d'experts a également visité le site de Thémis, site en cours de réhabilitation, avec la construction de bâtiments par le conseil général des Pyrénées-Orientales. Ce site accueillera, entre autres, le projet PEGASE piloté par le laboratoire.

### Déroulement ou programme de visite

La première journée de visite a eu lieu le 24 février sur le site de Tecnosud de 9h00 à 19h00. Cette première journée a été consacrée à la présentation des activités du laboratoire. Elle s'est déroulée en quatre temps :

- le premier temps a porté sur une présentation du bilan des activités du laboratoire. Un premier exposé a été fait par le directeur du laboratoire. S'en sont suivis les huit autres exposés par les responsables des équipes de recherche ;
- le second temps a été consacré au déjeuner avec l'ensemble des membres du laboratoire ;
- le troisième temps de cette journée a été marqué par une visite des locaux et les moyens expérimentaux situés sur le site. Toutes les équipes situées sur le site ont présenté les dispositifs expérimentaux et le contexte dans lequel elles évoluent pour réaliser leurs activités expérimentales ;
- le quatrième temps a porté sur une présentation du projet du laboratoire par le directeur du laboratoire.



D'importants échanges ont eu lieu entre les experts et les membres du laboratoire au cours des exposés, du déjeuner et des visites.

La seconde journée a démarré à 8h30 et s'est terminée à 15h30. Elle a été consacrée d'abord à la série de rencontres avec les différentes catégories de personnels : ingénieurs et techniciens, doctorants et post-doctorants, chercheurs et enseignants-chercheurs, la direction de l'école doctorale représentée par le Professeur Xavier PY et les tutelles CNRS et l'Université de Perpignan Via Domitia. Elle s'est poursuivie par une visite du site de Thémis en fin de matinée.

Après le déjeuner avec l'ensemble des membres du laboratoire, le comité d'experts a visité les moyens expérimentaux et les installations du site d'Odeillo.

Cette seconde journée s'est terminée par un entretien final avec la direction et enfin par une réunion à huis clos du comité d'experts.

### Points particuliers à mentionner

Le comité d'experts tient à souligner les excellentes conditions dans lesquelles il a été amené à effectuer son travail d'expertise. Les deux journées ont été riches d'enseignements et ont permis de bien apprécier les activités du laboratoire. Les nombreux documents, présentations et échanges ont été l'occasion de mieux connaître le laboratoire, les conditions et l'environnement de travail des personnels.



## 6 • Observations générales des tutelles

**la Présidence**

Réf : 13-14/FL/XP/SC/ 074

☎ 04.68.66.20.02

☎ 04.68.66.20.18

[president@univ-perp.fr](mailto:president@univ-perp.fr)

✉ 52, avenue Paul Alduy  
66860 Perpignan cedex

Perpignan, le 27 mai 2014.

Le Président de l'Université de Perpignan Via  
Domitia

à

Monsieur le Président du comité AERES  
aux Membres du comité d'expertise AERES

**Objet : Réponse au rapport AERES S2PUR150008640 - LABORATOIRE PROCÉDÉS, MATÉRIAUX ÉNERGIE  
SOLAIRE - 0660437S**

Monsieur le Président,  
Messieurs les membres du comité d'expertise,

Nous avons pris connaissance du rapport de l'AERES relatif à l'UPR PROMES qui nous a été adressé suite à la visite du comité d'évaluation des 25 et 26 Février 2014 à Perpignan-Odeillo. En tant que tutelle hébergente, la Présidence de l'UPVD a souhaité vous communiquer un courrier complémentaire à la réponse rédigée par l'unité de recherche.

Concernant le rapport de synthèse, les différentes analyses et conclusions nous confortent dans le soutien que nous accordions déjà à cette unité de recherche. Nous nous réjouissons ainsi du bon accueil reçu par le bilan et le projet par l'ensemble du comité. En effet, comme justement indiqué dans le rapport, cette unité de recherche est un acteur majeur local des activités relevant des énergies renouvelables et en particulier du solaire. Les personnels UPVD et CNRS du laboratoire sont effectivement fortement impliqués dans les enseignements de l'université, participent aux différentes instances de l'établissement et y prennent des responsabilités significatives.

La Présidence de l'établissement a cependant relevé deux éléments du rapport qui pourraient être précisés.

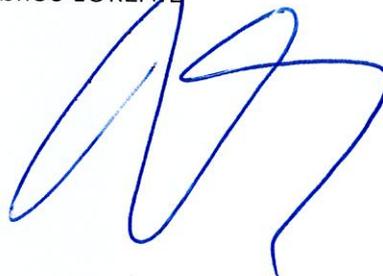
Parmi les points forts énoncés en page 5, le comité indique que « le laboratoire s'est renforcé avec l'apport de nouvelles disciplines complémentaires à celles existantes au cours du dernier contrat quadriennal (physique des nanoparticules, automatique, mathématiques) ». Cet apport, réalisé en plusieurs temps, est exclusivement le fait de l'intégration de personnels de l'UPVD sous la forme d'équipes issues d'équipes d'accueil de l'établissement mais aussi de postes d'enseignants chercheurs mis au concours à cet effet. Nous souhaiterions que ce point fort mentionne que cet investissement exceptionnel en ressources humaines est le fait de l'établissement.

Le rapport mentionne en page 7, relative à l'appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académique, que « plusieurs enseignants-chercheurs et personnels techniques de l'université sont rattachés au laboratoire ». Comme indiqué en page 4 dans le tableau récapitulatif des effectifs de l'unité, les enseignants-chercheurs titulaires de l'UPVD sont au nombre de 30 pour 13 chercheurs CNRS. Nous souhaiterions ainsi que la mention ci-dessus puisse faire état de cet apport significatif de l'université, nous proposons à cet effet, « de nombreux enseignants-chercheurs et personnels techniques de l'université sont rattachés au laboratoire ».

La Présidence de l'UPVD tient enfin à souligner que la thématique scientifique du laboratoire dédiée aux matériaux et procédés solaires bénéficie non seulement d'une visibilité très claire au niveau régional, national et international mais constitue aussi un des axes transversaux stratégique de l'établissement.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, Messieurs les membres du comité d'expertise, l'expression de mes salutations distinguées.

Fabrice LORENTE

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping loops and strokes, positioned below the printed name.

Odeillo, le 24.05.2014



LABORATOIRE  
PROCÉDÉS, MATÉRIAUX  
et ENERGIE SOLAIRE  
UPR 8521 du CNRS.  
conventionnée avec  
l'université de Perpignan  
PROCESSES, MATERIALS  
and SOLAR ENERGY  
LABORATORY



Gilles Flamant  
Directeur

Tél.: 33 (0) 468 30 77 58  
gilles.flamant@promes.cnrs.fr  
www.promes.cnrs.fr

Site Félix Trombe d'Odeillo  
PROMES-CNRS  
7 rue du Four Solaire  
66120 Odeillo-Font-Romeu.  
France  
Tel. 33 (0) 468 307 700  
Fax. 33 (0) 468 302 940

Site de Perpignan  
PROMES-CNRS  
Rambla de la  
Thermodynamique  
Tecnosud 66100 Perpignan.  
France  
Tel. 33 (0) 468 682 222  
Fax. 33 (0) 468 682 213

Objet : commentaires sur le rapport AERES de PROMES

Madame, Monsieur,

Nous voulons tout d'abord remercier le Comité de visite AERES pour le temps consacré à évaluer le laboratoire et la pertinence des commentaires envoyés.

L'essentiel de nos remarques concerne des points factuels du rapport qui pourraient donner lieu à une interprétation biaisée ou erronée.

Voici la liste des remarques :

### Sur la forme

#### p.3

##### 3<sup>ème</sup> paragraphe :

« ... le laboratoire devenu PROMES a orienté ses activités de recherche vers les applications de l'énergie solaire concentrée »

La réorientation concerne l'énergie solaire en générale, pas seulement le solaire concentré, même si ce dernier domaine est notre priorité.

##### 4<sup>ème</sup> paragraphe :

« ... l'intégration des équipes ELIAUS (Équipe Électronique, Automatique et Systèmes) en 2009 »

ELIAUS a rejoint PROMES en 2010.

#### p.5

##### 1<sup>er</sup> paragraphe :

« Les activités de recherche du Laboratoire Procédés, Matériaux et Énergie Solaire (PROMES) sont centrées sur les matériaux et les procédés à haute température pour l'énergie solaire. »

Les activités de PROMES sont centrées sur les matériaux et les procédés pour l'énergie solaire, pas uniquement à haute température.

##### 2<sup>ème</sup> paragraphe :

« La localisation de PROMES sur deux sites (Font-Romeu et Perpignan) amène une répartition des effectifs de 2/3 à Font-Romeu et 1/3 à Perpignan. »

La répartition est inverse : 2/3 à Perpignan et 1/3 à Font Romeu, mais 2/3 des personnels CNRS sont à Font Romeu.

#### p. 7

##### 1<sup>er</sup> paragraphe :

« ... Elles ont pour but le développement des matériaux et des procédés pour l'énergie solaire concentrée et plus généralement pour les applications à hautes températures. »

Les recherches et technologies concernent l'énergie solaire en général, même si le solaire concentré est notre priorité.

##### 7<sup>ème</sup> paragraphe :

« Le laboratoire reçoit un fort soutien du Conseil Général des Pyrénées-Orientales »

Le soutien du CG66 est indirect via la réhabilitation de Thémis financée également par la Région. PROMES paie une location pour mener ses recherches avec le concentrateur solaire à tour de Thémis. Le verbe « reçoit » est donc impropre.



LABORATOIRE  
PROCÉDÉS, MATÉRIAUX  
et ENERGIE SOLAIRE  
UPR 8521 du CNRS.  
conventionnée avec  
l'université de Perpignan  
PROCESSES, MATERIALS  
and SOLAR ENERGY  
LABORATORY



Gilles Flamant  
Directeur

Tél.: 33 (0) 468 30 77 58  
gilles.flamant@promes.cnrs.fr  
www.promes.cnrs.fr

Site Félix Trombe d'Odeillo  
PROMES-CNRS  
7 rue du Four Solaire  
66120 Odeillo-Font-Romeu.  
France  
Tel. 33 (0) 468 307 700  
Fax. 33 (0) 468 302 940

Site de Perpignan  
PROMES-CNRS  
Rambla de la  
Thermodynamique  
Tecnosud 66100 Perpignan.  
France  
Tel. 33 (0) 468 682 222  
Fax. 33 (0) 468 682 213

**p.8**

*2<sup>ème</sup> paragraphe :*

« Le laboratoire coordonne également trois projets européens dont le projet SFERA »

PROMES ne coordonne pas le projet SFERA mais seulement une des 3 actions du projet. SFERA est coordonné par le CIEMAT (Espagne).

*6<sup>ème</sup> paragraphe :*

« Le laboratoire anime plusieurs projets structurants. Il s'agit du Labex SOLSTICE, l'Equipex SOCRATE, le démonstrateur PEGASE et le projet Européen SFERA ou SOLHYCARB. »

SFERA et SOLHYCARB ne sont pas au même plan, SOLHYCARB est un projet européen de recherche collaborative (FP6) piloté par une équipe tandis que SFERA concerne les infrastructures de recherche. A notre sens, SOLHYCARB n'est pas un projet structurant.

*7<sup>ème</sup> paragraphe :*

« Le Conseil Général apporte un soutien au développement de ce démonstrateur de production d'électricité par turbine à gaz solaire. »

Le CG66 ne finance pas directement le projet PEGASE, démonstrateur de production d'électricité par turbine à gaz solaire (voir remarque sur la p. 7).

**p.10**

*4<sup>ème</sup> paragraphe :*

« Cette action implique trois établissements (UPVD, IM2 et l'EMAC) »

Il s'agit de l'UM2. Par ailleurs, il s'agit de 4 établissements et non pas 3, le CNRS a été oublié dans la liste : UPVD, CNRS, UM2 et EMAC.

#### **Sur le fond**

**p. 7, 2<sup>ème</sup> paragraphe**

« Dans ce contexte, le laboratoire contribue au développement de connaissances et à la mise au point de matériaux dans des conditions difficilement accessibles par les moyens classiques. Il s'agit de travaux de recherche réalisés à de très hautes températures et de hauts flux de chaleur (revêtement de surface pour améliorer l'efficacité et la durée de vie des matériaux, ...). »

Nous pensons que les travaux du laboratoire sur les centrales solaires thermodynamiques (optique des concentrateurs, récepteurs solaires, simulation...), uniques en France, devraient également être mis en exergue.

**p. 18 et 19 (Equipe S2N)**

Nous estimons que le volontarisme de l'équipe pour faire évoluer ses recherches vers les thèmes prioritaires du laboratoire n'a pas été assez souligné. En particulier, le recrutement (en septembre 2013) d'un expérimentateur de haut niveau dans le domaine de l'interaction des ondes électromagnétiques avec les nanoparticules, David Schmool, sur un poste de professeur est une décision très significative en ce sens.

Au plan factuel, l'équipe interagit avec l'environnement social, économique et culturel par :

- Une participation active aux journées d'accueil des lycéens par l'UPVD ;
- Des visites dans plusieurs lycées du département où ils y donnent des conférences de vulgarisation scientifique ;
- Sa contribution à la fête de la science.

Veuillez agréer, Madame, Monsieur, nos salutations sincères et cordiales.

Gilles Flamant