



**FICHE PROJET DE THESE pour ANNEE 2013-2014**

Fiche à adresser, par voie électronique, à l'école doctorale avant le 14 janvier 2013

Discipline du Doctorat <i>Cf l'article 1<sup>er</sup> de règlement intérieur de l'ED Indiquer le n° à 7 chiffres et l'intitulé (tout ou partie selon le cas)</i>	<b>4200014 MECANIQUE DES FLUIDES, ENERGETIQUE, THERMIQUE</b>
Mention du Doctorat <i>Cf l'article 1<sup>er</sup> de règlement intérieur de l'ED Indiquer le n° de la section CNU et l'intitulé</i>	<b>Section 62 : Energétique, Génie des Procédés</b>
Domaine scientifique principal	<b>Transformation énergétique, Energies Renouvelables</b>
Domaines scientifiques secondaires	<b>Mécanique des fluides, Electrotechnique</b>
Entités de rattachement <ul style="list-style-type: none"><li>- Centre de recherche (UMR LISA, UMR SPE, ERT, FRES, INRA-CIRAD)</li><li>- Projet structurant</li></ul>	<b>UMR SPE 6134  Projet ENR</b>
Direction de la thèse Préciser : (i) Nom, prénom ; (ii) tél et E-mail ; (iii) la qualité d'HDR(ou non) pour les non-Pr <ul style="list-style-type: none"><li>- Directeur</li><li>- Co-directeur éventuel envisagé</li></ul>	<b>Directeur (UDC) : Christian CRISTOFARI (Pr) 04 95 46 83 75, <a href="mailto:christian.cristofari@univ-corse.fr">christian.cristofari@univ-corse.fr</a> Co-directeurs : Jean Louis CANALETTI <a href="mailto:Jean-louis.canaletti@univ-corse.fr">Jean-louis.canaletti@univ-corse.fr</a></b>
Collaborations extérieures éventuelles envisagées (convention de codirection, - de cotutelle ; entreprise...)	<b>Cotutelle envisagée</b>
Type de financement visé ( <i>barrer les mentions inutiles</i> )	<b>Aucun → Contrat doctoral - Contrat Grand Organisme : CNRS ; INRA ; CEA Contrat d'Entreprise : CORSEMPLOI-2 ; CIFRE Autre (préciser) :</b>
Connaissances et compétences requis chez l'étudiant	<b>Sources renouvelables d'énergie, programmation MATLAB, C, modélisation dynamique de systèmes énergétiques</b>
Titre de la thèse	<b>Modélisation et optimisation d'un concentrateur solaire autonome.</b>
Abstract 1 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation explicite du projet de thèse – Aspects scientifiques <i>Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant</i>	<b>Abstract :</b> Le sujet de la thèse consiste à modéliser le comportement énergétique (mécanique, thermique et électrique) d'un concentrateur solaire actif dans un environnement informatique type TRNSYS. Un concentrateur solaire autonome a été conçu et développé par le laboratoire. <b>Finalité :</b> finaliser un produit solaire optimisé au niveau énergétique. <b>Méthodologie et problématique :</b> Cette modélisation sera utilisée dans un but d'optimisation des performances du concentrateur avant sa mise sur le marché.

	<p>L'expérimentation est en cours de réalisation et servira de validation aux modèles développés au cours de cette thèse. La plate forme technique instrumentée intégrant le produit est en place sur le site de Vignola. Elle sera le lieu de nombreuses recherches approfondies dans le domaine de la concentration solaire, de l'optimisation énergétique et du contrôle/commande.</p> <p><b><u>Caractère scientifique et innovant :</u></b> Grâce à ses possibilités de contrôle, ce système est capable de produire de l'énergie à une température constante pour alimenter des charges diverses. Le niveau de température atteint permet de produire de l'eau chaude sanitaire à 60°C, de la chaleur supérieure à 100°C pour de la stérilisation et la production de froid pour le stockage de médicament ou de denrées périssables. L'interface de contrôle multiple permet de finement optimiser l'énergie recueillie et produire suffisamment d'énergie électrique pour son fonctionnement, l'excédent pouvant être utilisé pour alimenter d'autres charges électriques. Ce système autonome devient portable et peut être déployé rapidement dans les zones d'urgence.</p>
<p><b>Abstract 2</b> (5-8 lignes, police Arial 10) :  <b>Présentation des enjeux de la thèse</b>  <i>Adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP - Intérêt de la recherche dans le cadre du développement régional</i></p>	<p><b><u>Abstract :</u></b> Ce projet de recherche va permettre à l'équipe ENR d'investir tous ses champs de compétences dans le domaine de la recherche expérimentale. Du contrôle commande de systèmes complexes à l'utilisation du rayonnement solaire pour la production de chaleur et d'électricité, une étude complète sera menée afin de valider les dimensions minimales du système et ses caractéristiques en vue de son développement industriel.</p> <p><b><u>Argumentaire :</u></b>  La stratégie du projet ENR se déploie à travers deux axes spécifiques contribuant au « mieux produire » et au « moins consommé ».  Cette stratégie de recherche positionnée sur des verrous technologiques importants à la fois pour catalyser l'insertion massive des énergies à sources renouvelables connectées réseau ou en sites isolés et catalyser l'adoption de convertisseurs hélio énergétiques pour maîtriser la consommation énergétique demande une structuration de compétences en adéquation avec nos objectifs de recherche pré-établis de manière consensuelle.  Cette proposition de thèse se situe dans les deux axes conduisant potentiellement une possibilité de finaliser un produit viable au niveau technico-économique porteur de création de valeur ajoutée sur notre région.</p>
<p>Explicitation sur page suivante</p>	

# Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse (½ page à 1 page environ, police Arial 10)  
*Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant*

A partir d'une première étude prometteuse sur un concentrateur solaire à lames orientables, nous proposons d'améliorer et d'optimiser sa conception en fournissant un certain nombre de fonctions supplémentaires liées au progrès technologique dans l'ingénierie de l'énergie solaire et électrique. Afin de satisfaire un besoin pour une production spécifique de chaleur autour de 140°C, le système d'origine est équipé d'une chaudière à structure anti-perte et d'un contrôle des lames de miroir plus efficace afin d'améliorer et de réguler la production de chaleur. Profitant de ces améliorations techniques, des cellules photovoltaïques sont ajoutées derrière chaque lame de miroir pour une autonomie de fonctionnement du système et une connexion possible au réseau électrique. Cette nouvelle approche de la concentration solaire hybride PV/Th est étudiée sur un prototype expérimental en cours de construction dans notre laboratoire de recherche.

A l'origine, le concept était destiné aux pays en voie de développement pour satisfaire un besoin de chaleur à température moyenne (120-150°C). La structure du système doit être simple, robuste, portable et bon marché. Ce collecteur spécifique utilise plusieurs lames de miroir orientées Est/Ouest qui suivent partiellement le soleil par une rotation autour de leur axe. Le système produit de la chaleur par concentration sur une chaudière pour une utilisation de conversion héliothermique. L'objectif est de fournir une source de chaleur la plus constante possible d'un niveau qualité proche de 140°C. Pour ce faire, un contrôle automatique de la rotation des lames est nécessaire pour concentrer le rayonnement solaire réfléchi sur la chaudière toute la journée. Une première expérimentation a été partiellement effectuée dans le centre de recherche sur l'énergie renouvelable de l'Université de Corse.

Pour améliorer le système, il est désormais nécessaire d'optimiser son fonctionnement pour obtenir de la chaleur à une température aussi proche que possible du point de consigne et sans source d'énergie auxiliaire. Une première étude avait établi que ce système peut être défini selon sept paramètres. Un prototype a été construit avec 4 unités couplées de concentration, pour un taux de concentration géométrique voisin de 10.

Des impératifs technologiques ont arbitrairement limité la plage de variation de certains paramètres comme le nombre de miroirs et de leur largeur ou la hauteur minimale de la chaudière. Compte tenu de toutes ces réserves, et selon la latitude où le système fonctionne, un compromis a été trouvé et c'est à partir de ces données que le concentrateur est construit.

Dans cette configuration, le système est capable d'atteindre rapidement la température de consigne de 140°C dans des conditions météorologiques normales. Cependant, ce système a des éléments qui nécessitent une source d'énergie pour fonctionner: le vérin (230V, 60W); la pompe (230V, 100W); la vanne trois voies (230, 6W). Il n'est donc pas portable et ne peut donc pas être utilisé dans des situations d'urgence et hors réseau. L'asservissement des miroirs fonctionnement en "tout ou rien". Lorsque le point de température de consigne est dépassé, l'action du vérin défocalise tous les miroirs. Le réglage de l'hystérésis est difficile à contrôler parce que tous les miroirs se déplacent en même temps et entraîne des grandes variations de puissance. La boucle primaire fournit très peu de souplesse. Même si le montage en série des chaudières améliore le niveau de température, il n'y a aucun moyen de l'asservir correctement. Si le rayonnement direct ne suffit pas, il n'est pas possible d'agir sur le fonctionnement de la pompe à débit constant. En outre, les pertes de pression sont les plus importantes dans ce type de configuration.

Pour surmonter ces inconvénients, nous avons décidé d'améliorer certaines fonctions de ce concentrateur. Le but étant de fournir de la chaleur à température constante en toutes circonstances, nous avons équipé l'arrière des miroirs avec des modules photovoltaïques et asservis tous les miroirs de manière indépendante grâce à des moto-réducteurs placés au bout de chaque lame. Les modules photovoltaïques ont été choisis pour équilibrer parfaitement chaque lame. Il sera possible de dé focaliser les miroirs de manière unilatérale afin de moduler la concentration et donc de réduire le niveau de température le cas échéant. Dans le même temps, le miroir défocalisé peut être orienté vers le rayonnement incident ou le ciel en fonction de la météo pour produire l'énergie électrique et la stocker dans des accumulateurs.

L'énergie produite par les modules photovoltaïques étant suffisante, la boucle primaire est équipée de six vannes trois voies pour utiliser les quatre chaudières en cinq modes différents. Du mode série au mode parallèle, le contrôle commande peut, en temps réel, adapter le fonctionnement de la boucle primaire en fonction du rayonnement incident, l'état du stock de chaleur et la puissance de la charge.

Pour améliorer le niveau de température, la pompe conventionnelle a été remplacée par une pompe solaire qui fonctionne en courant continu et dispose d'un MPPT capable de fonctionner dans une large plage de tension. Le débit peut être ajusté finement après avoir sélectionné le mode de fonctionnement de la boucle.

La chaudière à effet de serre classique n'est pas adaptée à ce type de système, car le verre est échauffé rapidement lorsqu'il est soumis à la focalisation de tous les miroirs. Cela conduit à un ratio de pertes très important. Quatre chaudières linéaires ont été installées et connectées en série dans une

boucle primaire. La boucle primaire a été connectée à deux réservoirs de stockage. L'un est isolé et produit l'eau chaude sanitaire à 60°C. L'autre n'est pas isolé et est utilisé pour simuler la charge à 140°C. Une vanne trois voies isole le réservoir solaire quand il atteint le point de consigne. La couverture de verre est remplacée par une structure anti-perte de 15000 tubes dont le ratio entre le diamètre et la hauteur est spécifique. Six autres vannes trois voies asservissent les quatre chaudières du mode série au mode parallèle.

Grâce à ses possibilités de contrôle, ce système est capable de produire de l'énergie à une température constante pour alimenter des charges diverses. Le niveau de température atteint permet de produire de l'eau chaude sanitaire à 60°C, de la chaleur supérieure à 100°C pour de la stérilisation et la production de froid pour le stockage de médicament ou de denrées périssables. L'interface de contrôle multiple permet de finement optimiser l'énergie recueillie et produire suffisamment d'énergie électrique pour son fonctionnement, l'excédent pouvant être utilisé pour alimenter d'autres charges électriques. Ce système autonome devient portable et peut être déployé rapidement dans les zones d'urgence.

## 2°) Présentation des enjeux de la thèse (½ page à 1 page environ, police Arial 10)

*Adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP - Intérêt de la recherche dans le cadre du développement régional.*

Le projet original (1980) consistait à produire de la chaleur basse température (environ 140°C) grâce à un système à concentration linéaire mettant en œuvre une technologie simple et fiable à partir de matériaux peu coûteux. Il était destiné aux pays en voie de développement et uniquement en vue de produire de l'eau chaude sanitaire. Les innovations technologiques apportées au système de base permettront d'obtenir un système autonome portable sur des zones d'urgence sanitaires (tremblement de terre, tsunami, sécheresse, inondations...) afin d'apporter de l'eau à 60°C pour le tout le sanitaire, de l'eau chaude à 140°C pour la stérilisation, une source chaude suffisante pour produire du froid pour le stockage de médicaments ou de denrées périssables et de l'électricité pour alimenter des installations de télécommunications. Par extension, ce système pourra intéresser tout besoin énergétique dans des zones non connectées au réseau.

Un travail de modélisation est nécessaire pour optimiser le dimensionnement des différentes parties de ce nouveau système. Cela permettra d'améliorer l'efficacité du couple PV/Th pour réguler la production de chaleur et réduire la consommation d'énergie.

Dans un contexte où le dérèglement climatique et la protection de l'environnement sont souvent sujet à discussion, ce système autonome de production d'énergie à un niveau de qualité renforcée est un outil prometteur pour apporter des solutions dans le domaine de l'urgence sanitaire à partir d'énergie propre.

Le travail de modélisation pour un dimensionnement optimisé est la suite logique à donner après la phase de prototypage et de validation du concept. Ce travail de thèse permettra d'engager le transfert de technologie vers l'industrie afin que ce produit puisse être commercialisé à l'international.