



Projet de recherche CONSOL

PR2.2-12

Concentrateurs solaires pour le captage et la conversion de l'énergie solaire à haute température

Juin 2007 - Mai 2010

Coordination: A. FERRIERE PROMES UPR 8521

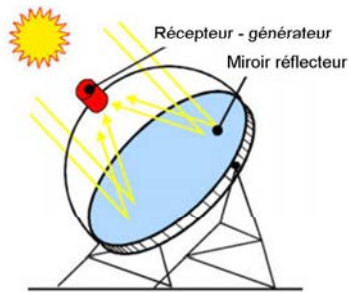
Partenaires: M. EL HAFI RAPSODEE, EMAC / UMR 2324

P. MAUSSION LAPLACE, N7 / UMR 5213

P. CHAVEL LCFIO, UMR 8501



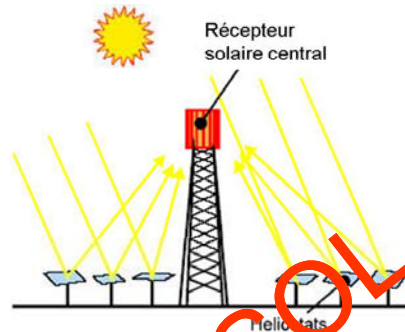
Les systèmes solaires à concentration



Concentration > 5000

$T_{HTF} > 600 \text{ }^\circ\text{C}$

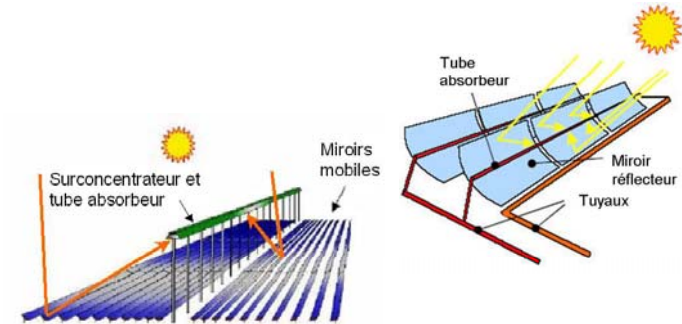
$P_{unit} < 100 \text{ kW}_{th}$



Concentration > 500

$T_{HTF} > 600 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_{unit} < 100 \text{ MW}_{th}$



Concentration < 100

$T_{HTF} < 500 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_{unit} > 500 \text{ MW}_{th}$

Quels problèmes scientifiques ?

Les bases théoriques et l'état de l'art
(LCFIO & PROMES)

$$C = \frac{\tau \Phi^2}{4f^2 \Theta^2}$$

τ : taux de transmission
 Φ : diamètre moyen du champ solaire (m)
 f : focale, ou hauteur de tour (m)
 Θ : angle apparent du disque solaire (rad)

Objectifs:

- Accroître la concentration sans augmenter les coûts dans les mêmes proportions
- Contrôler la distribution de flux dans l'image au foyer

Paramètres et composants à optimiser:

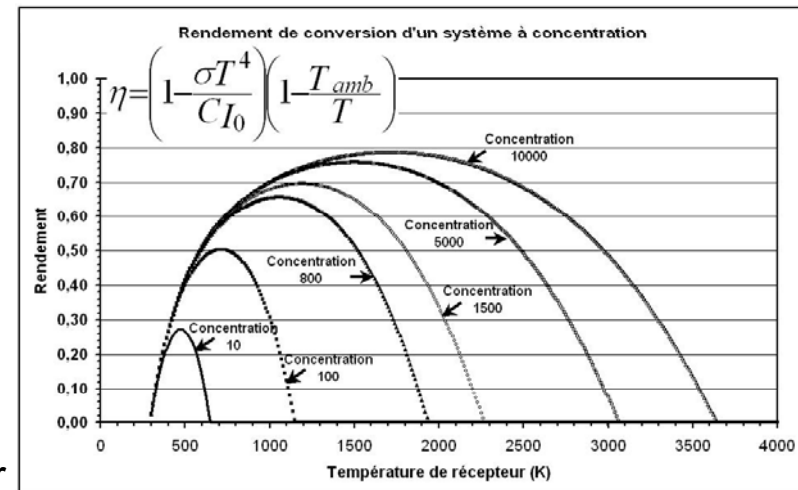
- Optique des héliostats: focalisant ou plan, surface de miroir, réduction des aberrations
- Hauteur de tour et disposition des héliostats dans le champ : maximiser la puissance reçue
- Système de contrôle-commande: souple, fiable, économe, peu coûteux

Héliostat actuel:

- Focale fixe à facettes courbées: paraboloïde imparfait travaillant hors axe
- Plan: dimension de l'image mal maîtrisée

Héliostat « idéal »:

- Fragment d'un paraboloïde d'axe soleil-récepteur
- Focale variable
- Faible surface



Contrôle-commande d'héliostat

(LAPLACE & PROMES)

Dimensionnement d'un système de poursuite

Architecture:

- 2 moteurs
- 1 carte de commande (variateur)
- 1 distributeur (aiguillage)
- 1 automate programmable (PC)
- batterie / super capacité
- alim électrique par PV

Conception de la commande: créneau, trapèze, cubique

Régulations: position, vitesse, courant

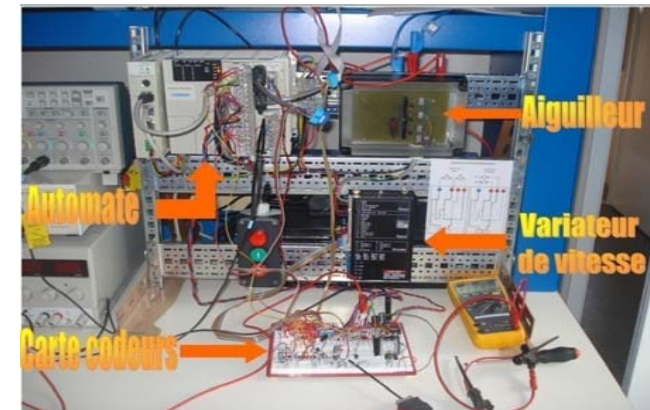
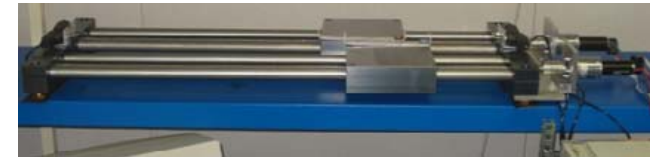
Consommations parasites

Résultats (2009): confrontation des simulations avec les observations et mesures sur une maquette à l'ENSEEIH

- Architecture validée
- Commande en trapèze
- Régulation par 3 PI

En cours

- Optimisation panneau PV
- Dimensionnement batterie / super capacité
- Mesures des consommations sur système de référence installé à Thémis: contrôle-commande 2 axes, dialogue par radio, alimentation PV



Simulation du flux solaire concentré (RAPSODEE & PROMES)

Développement d'un outil de calcul rapide et puissant

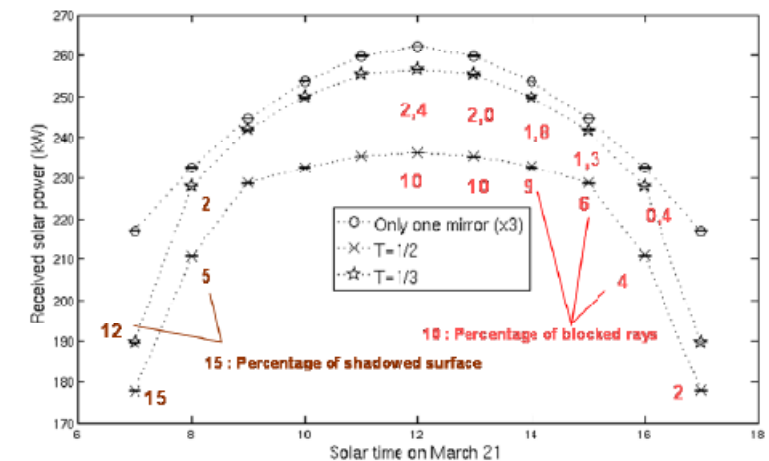
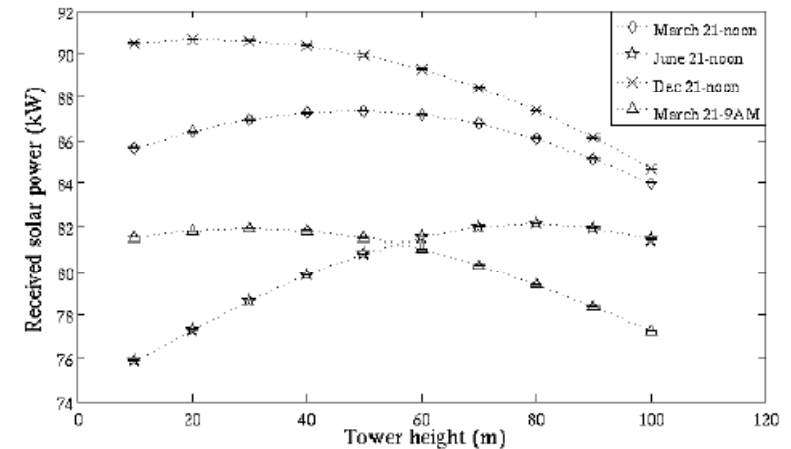
- Simulation par technique de lancer de rayons associée à un algorithme de Monte-Carlo et basée sur des techniques de calculs graphiques
- Calcul de la carte de flux
- Calcul des sensibilités aux paramètres géométriques et aux propriétés optiques

Résultats (2009):

- Confrontation et accord avec les simulations effectuées par un outil robuste et fiable (Soltrace, utilisé à Promes)
- Application à l'étude de l'influence de la hauteur de tour sur la puissance reçue (cas 1 héliostat)
- Etude des ombres et blocages (3 héliostats)

En cours:

- Héliostat focalisant
- Champ complet
- Simulation des performances annuelles



Qualification optique des héliostats (PROMES)

Développement d'une méthode de mesure par analyse d'images en réflexion sur une cible diffusante

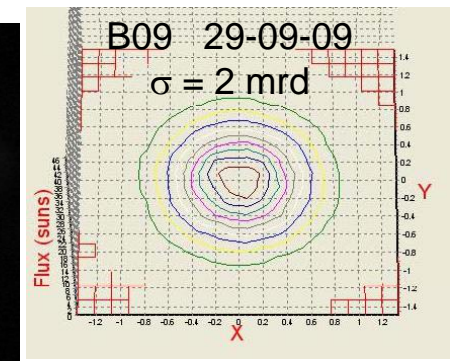
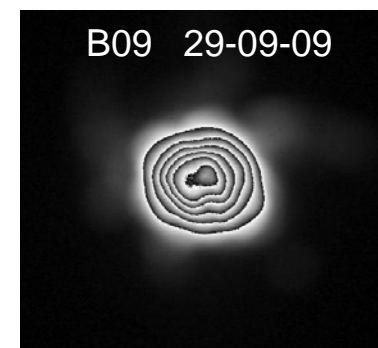
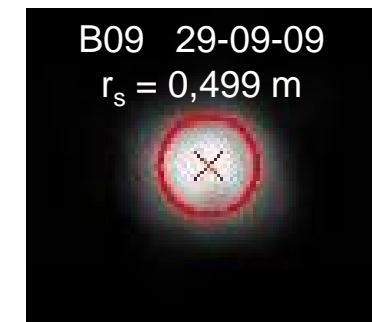
- Estimation de la qualité de la concentration d'un héliostat
- Contrôle de la précision de la poursuite
- Détermination d'un paramètre qui qualifie le faisceau: étendue énergétique de l'image
- Détermination d'un paramètre d'erreur optique: écart-type de non specularité et de défaut de courbure

Résultats (2009):

- Equipements installés sur le site de Thémis: camera + cible
- Campagne de qualification effectuée sur 40 héliostats
- Action de collaboration avec DLR à la PSA Almeria
- Réglage de 2 héliostats
- Campagnes périodiques de réflectométrie sur 12 héliostats

En cours:

- Qualification du champ complet (107 héliostats)
- Etalonnage de l'image pour quantifier le flux
- Définition d'un paramètre de forme de la cartographie



CONSOL: un programme de recherche fertile

4 stages ingénieurs effectués en 2007 et 2008 (LAPLACE, PROMES)

3 thèses démarrées:

2008, J. De la Torre (RAPSODEE) : Simulation du flux concentré par lancer de rayons et Monte-Carlo.

2009, A. Montenon (LAPLACE & PROMES): Commande et alimentation avancées des héliostats.

2009, A. Salomé (PROMES & ELIAUS): Pilotage d'un champ d'héliostats avec stratégie de pointage pour contrôler la distribution du flux solaire sur le récepteur.

Disciplines:

Génie électrique + Transferts radiatifs + Instrumentation & Mesures Optiques

Publications:

P. Garcia, A. Ferriere, J-J. Bezian: Codes for solar flux calculation dedicated to central receiver system applications: a comparative review, *Solar Energy*, vol. 82, n°3, 2008

J. De la Torre, F. Veynandt, J-J. Bezian: Design optimization of concentrating solar power plants using Monte Carlo methods, *9th SolarPACES International Symposium*, Berlin, 2009

Collaborations académiques et industrielles:

DLR (Allemagne)

Saint-Gobain Glass (France)

ELIAUS, Université de Perpignan

AGC FlatGlass (Belgique)

Merci à:



G. Flamant

A. Montenon

R. Albert

M. El Hafi

A. Perez

J-J. Bezian

A. Pruvost

J. De la Torre

C. Boutonnet

P. Chavel

P. Espigat

R. Mercier

C. Dufour

M. Piponnier

P. Maussion

Merci de votre attention

Contact:

alain.ferriere@promes.cnrs.fr