

Le système parabole-Stirling Eurodish appliqué à la cogénération électricité / eau chaude sanitaire



N. Schnebelen, F. Nepveu, A. Ferriere

www.promes.cnrs.fr

alain.ferriere@promes.cnrs.fr

Avec le soutien de:



Présentation du système Parabole-Stirling Eurodish



Parabole diamètre 8,5 m
Moteur SOLO 161, alpha simple effet
Gaz de travail : H₂
Pression : 30-140 Bar
Température de l'absorbeur : 780°C
Température du gaz : 630°C
Puissance Max : 11 kWe

-Un des 7 systèmes **EURODISH** installés dans le monde dans le cadre du projet **ENVIRODISH**

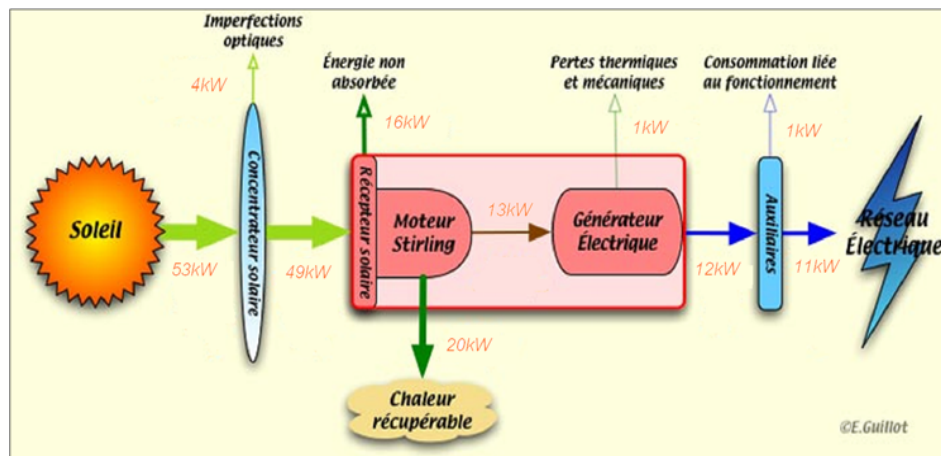
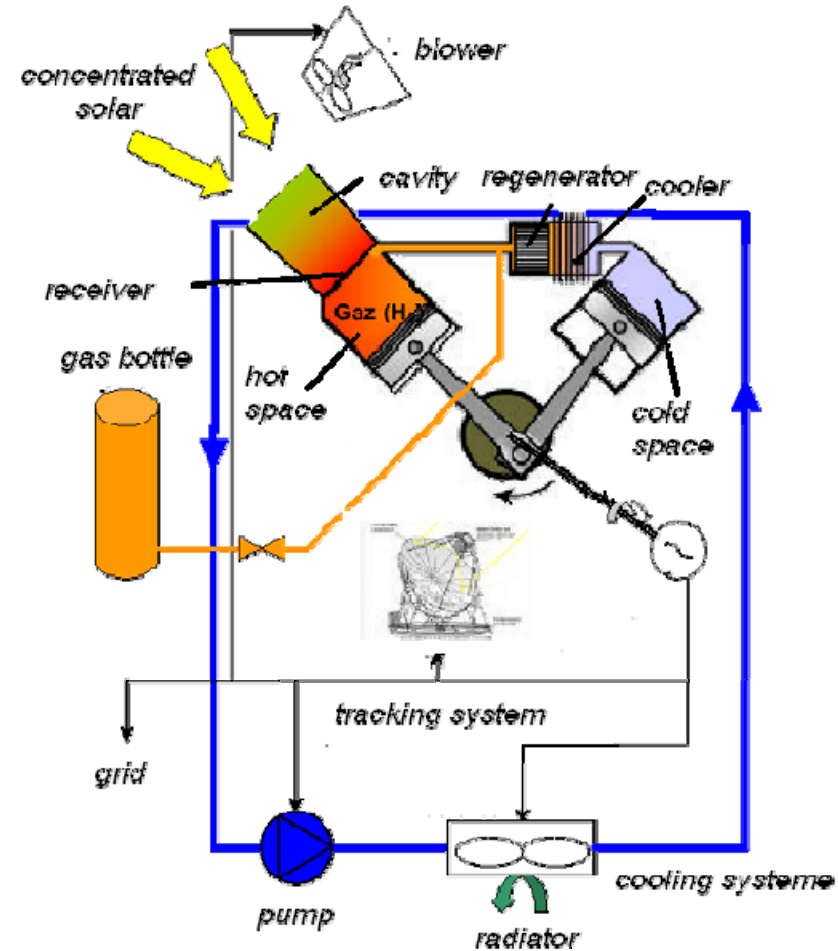
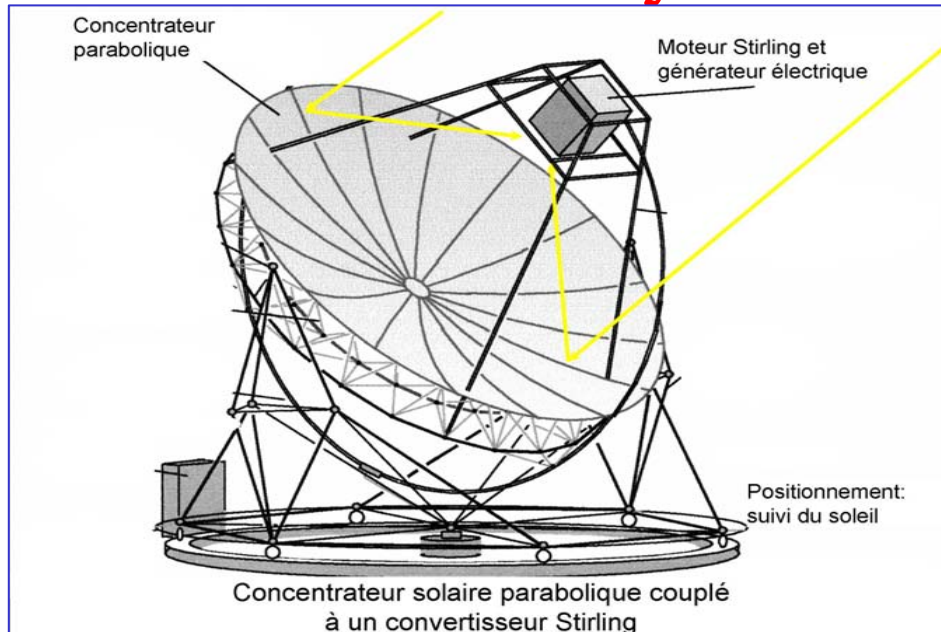
-Développé par un consortium d'industriels allemands (SBP, SOLO, MERO, Klein & Steckl) et la **DLR**

-Performances du système installé à Odeillo depuis Juin 2004 :

-**2500 h** de fonctionnement (15 MWhe)

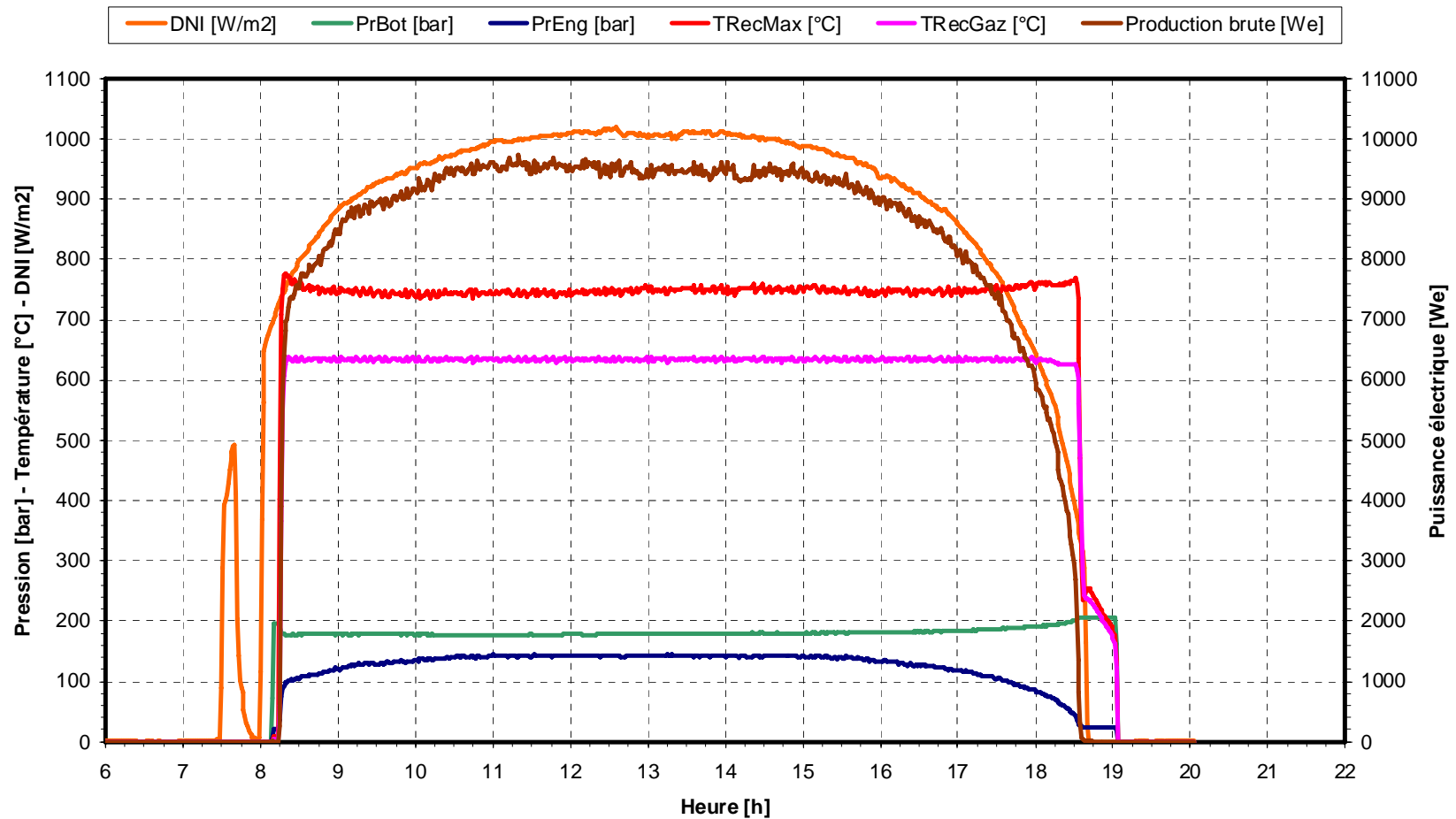
-**record** de puissance à **11.1 kWe** pour un rendement de **21,6 %** sous 974 W/m²

Présentation du système Parabole-Stirling Eurodish



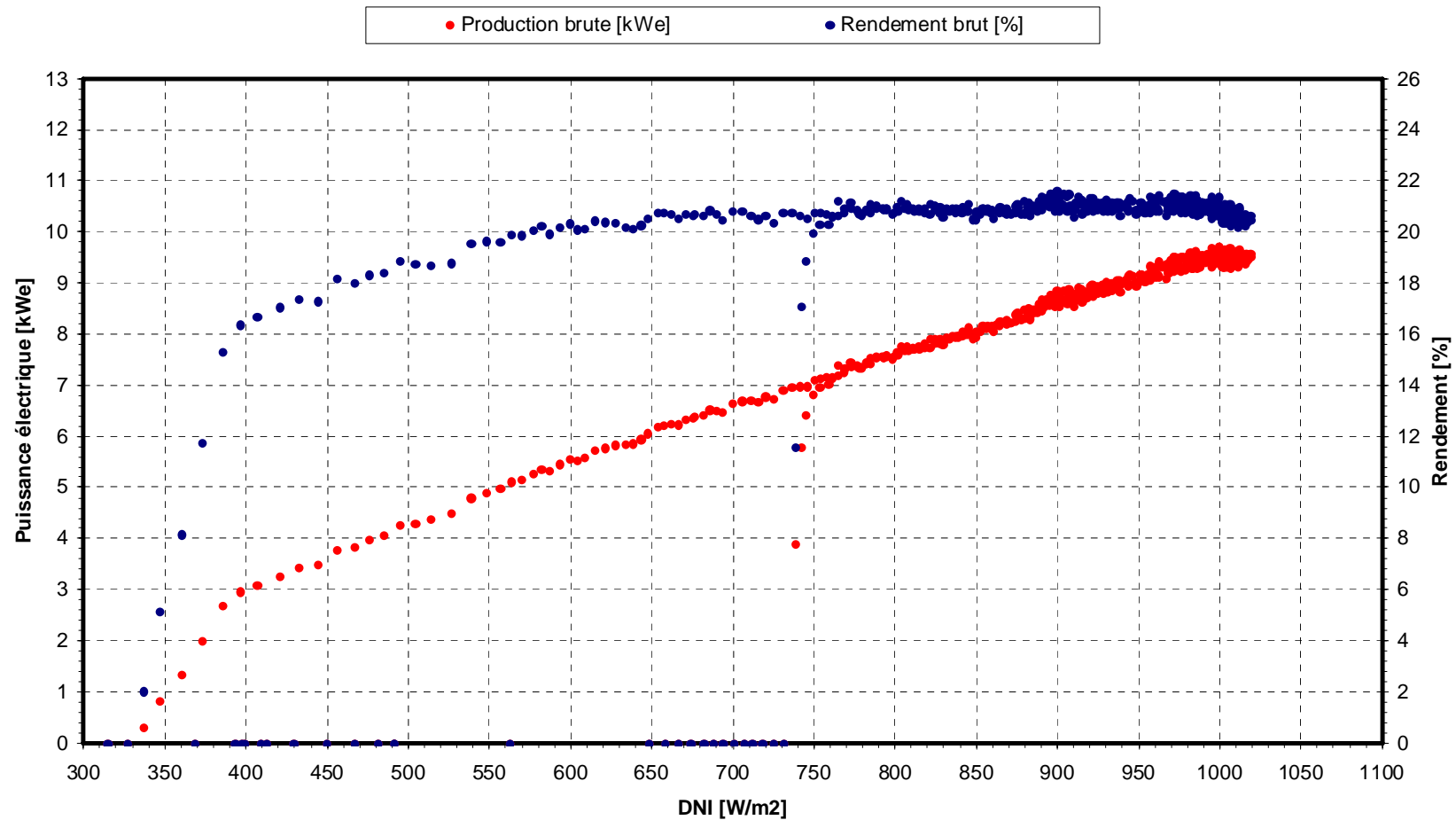
Performances du système Parabole-Stirling Eurodish

14/03/2006



Performances du système Parabole-Stirling Eurodish

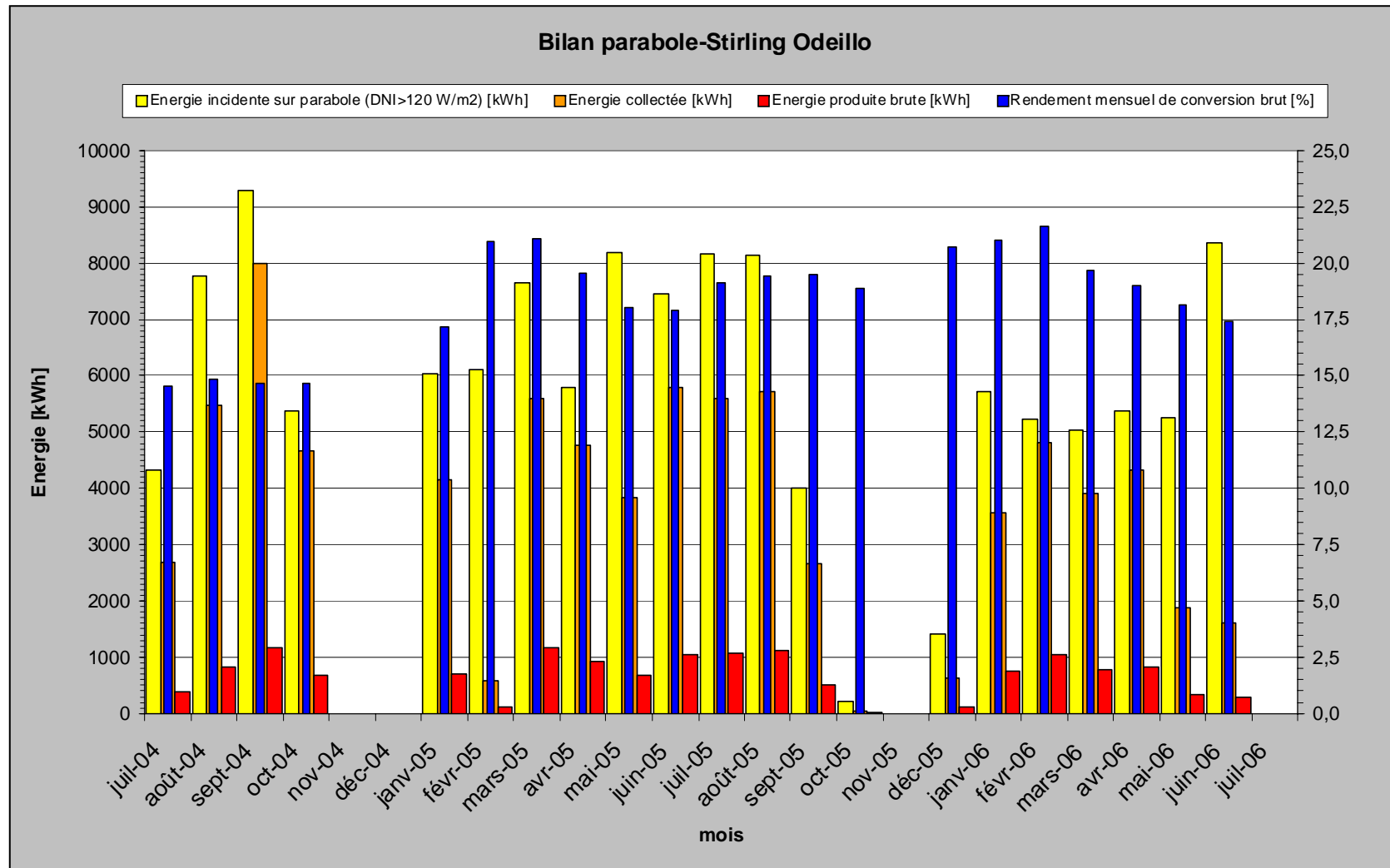
14/03/2006



Performances du système Parabole-Stirling Eurodish

BILAN JOURNALIER DU 14/03/2006		
Cumul horaire DNI>120 W/m ²	10	heures 53 minutes
Cumul horaire DNI>350 W/m²	10	heures 44 minutes
Cumul horaire DNI>700 W/m ²	9	heures 37 minutes
Cumul horaire DNI>900 W/m ²	7	heures 23 minutes
Cumul horaire disponibilité	10	heures 56 minutes
Cumul horaire production	10	heures 20 minutes
Fraction horaire production (réf: DNI>350 W/m²)	96,3	%
Energie incidente sur parabole (DNI>120 W/m ²)	444,1	kWh
Densité énergétique incidente	9,7	kWh/m ²
Energie incidente utile (DNI>350W/m²)	442,3	kWh
Energie collectée	431,9	kWh
Fraction utilisation énergétique	97,6	%
Energie produite brute	89,6	kWhe
Facteur de capacité absolu (réf: 24h)	38,9	%
Rendement journalier de production brut	20,2	%
Rendement de production maximum atteint	21,6	%
Ensoleillement (DNI) au rendement maximum	899,6	W/m ²
Rendement journalier utile brut	20,3	%
Rendement journalier de conversion brut	20,7	%
Energie produite nette	87,2	kWhe
Rendement journalier de production net	19,6	%
Rendement journalier utile net	19,7	%
Rendement journalier de conversion net	20,2	%

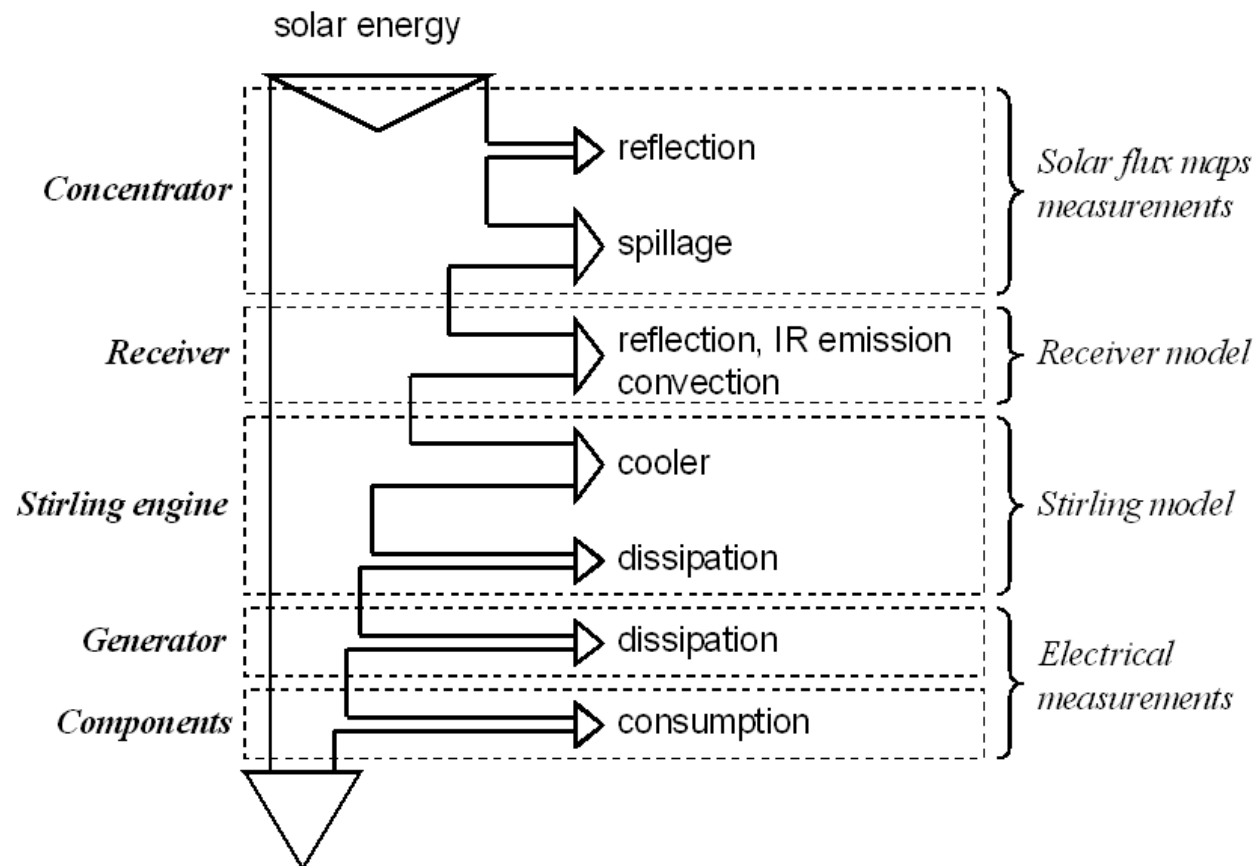
Performances du système Parabole-Stirling Eurodish



Performances du système Parabole-Stirling Eurodish

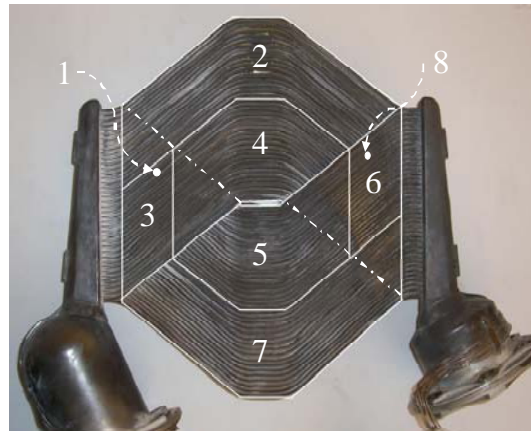
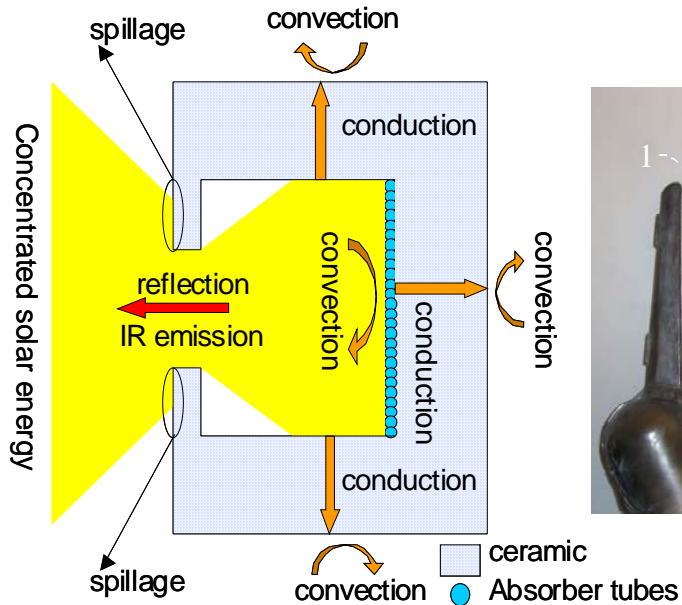
BILAN PARABOLE-STIRLING ODEILLO JUILLET 2004 - JUILLET 2006	
Cumul horaire DNI>120 W/m ²	218398 Minutes soit: 3639 h 58 mn
Cumul horaire DNI>350 W/m ²	193208 Minutes soit: 3220 h 8 mn
Cumul horaire DNI>700 W/m ²	135385 Minutes soit: 2256 h 25 mn
Cumul horaire DNI>900 W/m ²	64566 Minutes soit: 1076 h 6 mn
Cumul horaire disponibilité	227419 Minutes soit: 3790 h 19 mn
Cumul horaire production	130477 Minutes soit: 2174 h 37 mn
Fraction horaire production (réf: DNI>350 W/m²)	67,5 %
Energie incidente sur parabole (DNI>120 W/m²)	124890 kWh
Energie incidente utile (DNI>350W/m ²)	120315 kWh
Energie collectée	80273 kWh
Fraction utilisation énergétique	66,7 %
Energie produite brute	14569 kWh
Facteur de capacité absolu (réf: 24/24h)	8,7 %
Rendement moyen de production brut	11,7 %
Rendement de production maximum atteint	23,6 %
Rendement moyen utile brut	12,1 %
Rendement moyen de conversion brut	18,1 %
Energie produite nette	13760 kWh
Rendement moyen de production net	11,0 %
Rendement moyen utile net	11,4 %
Rendement moyen de conversion net	17,1 %

Modélisation du système Parabole-Stirling Eurodish

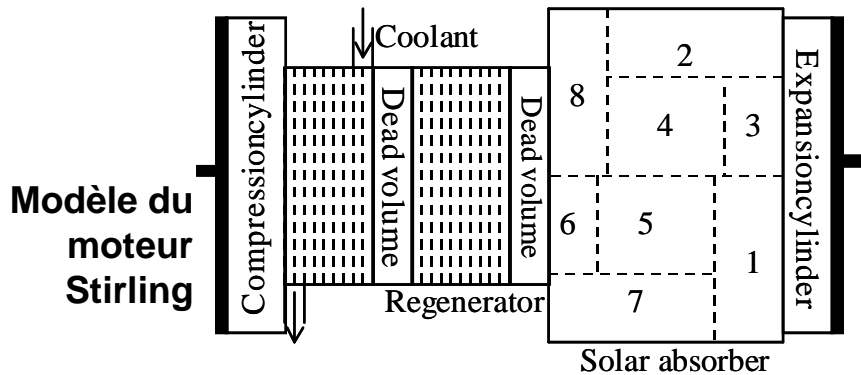
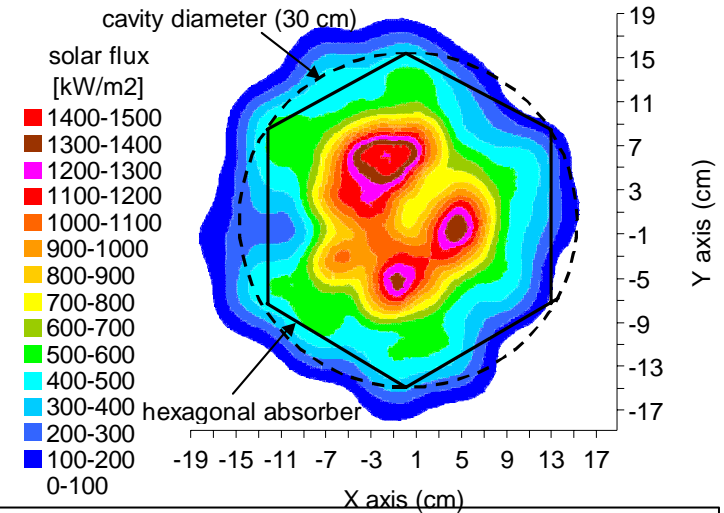


Modélisation du système Parabole-Stirling Eurodish

Modèle thermique de la cavité réceptrice

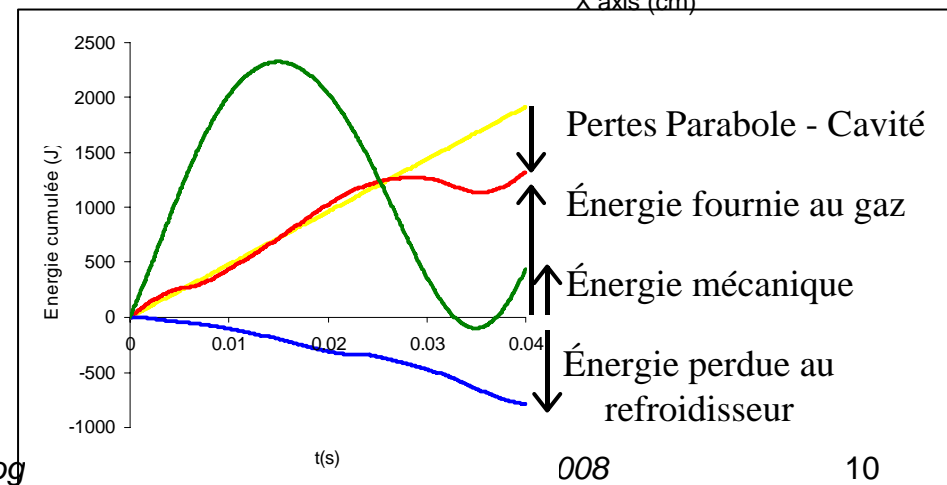


Distribution du flux solaire concentré sur le plan de l'absorbeur



A. Ferriere

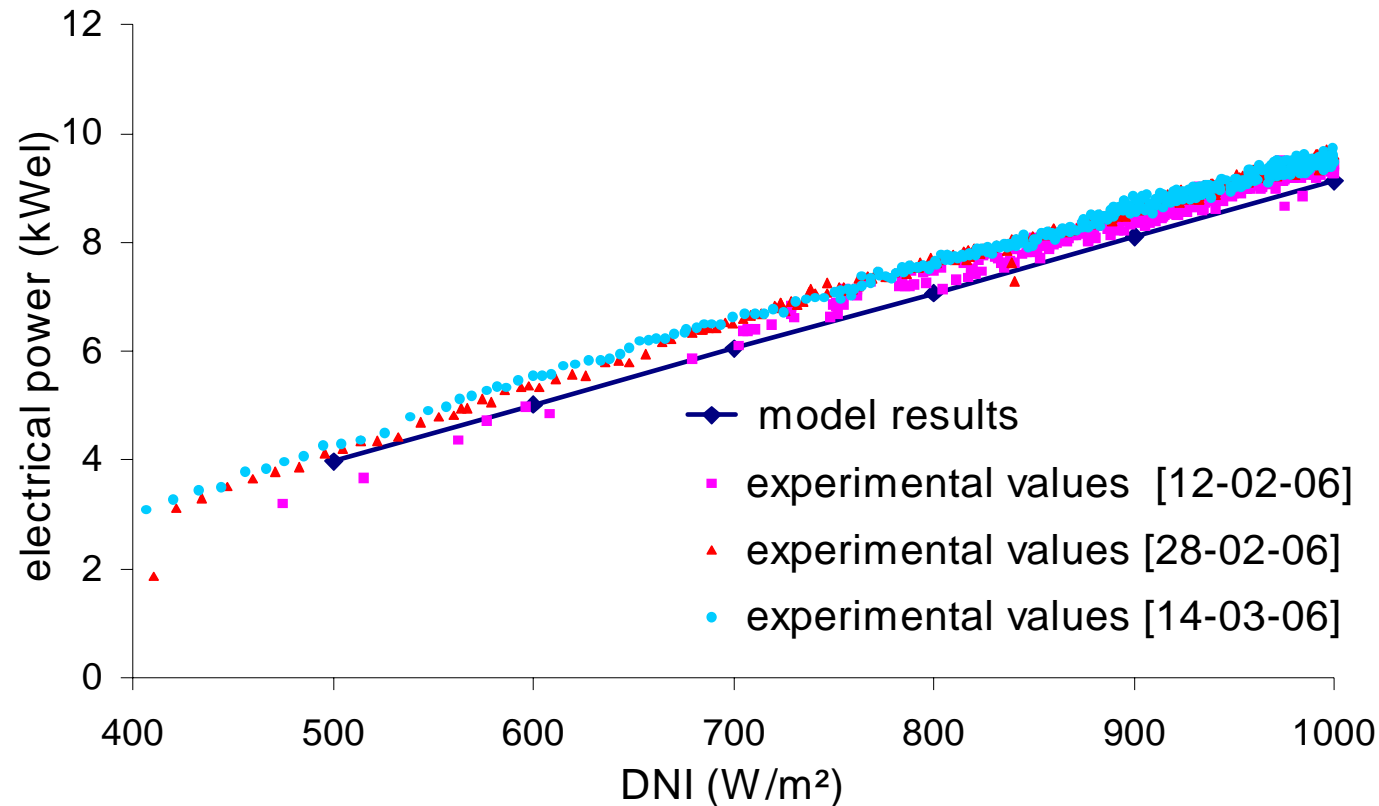
Journée Microcog



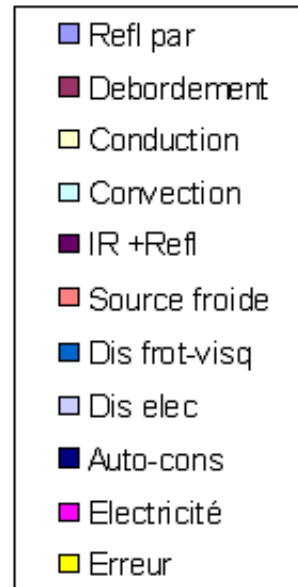
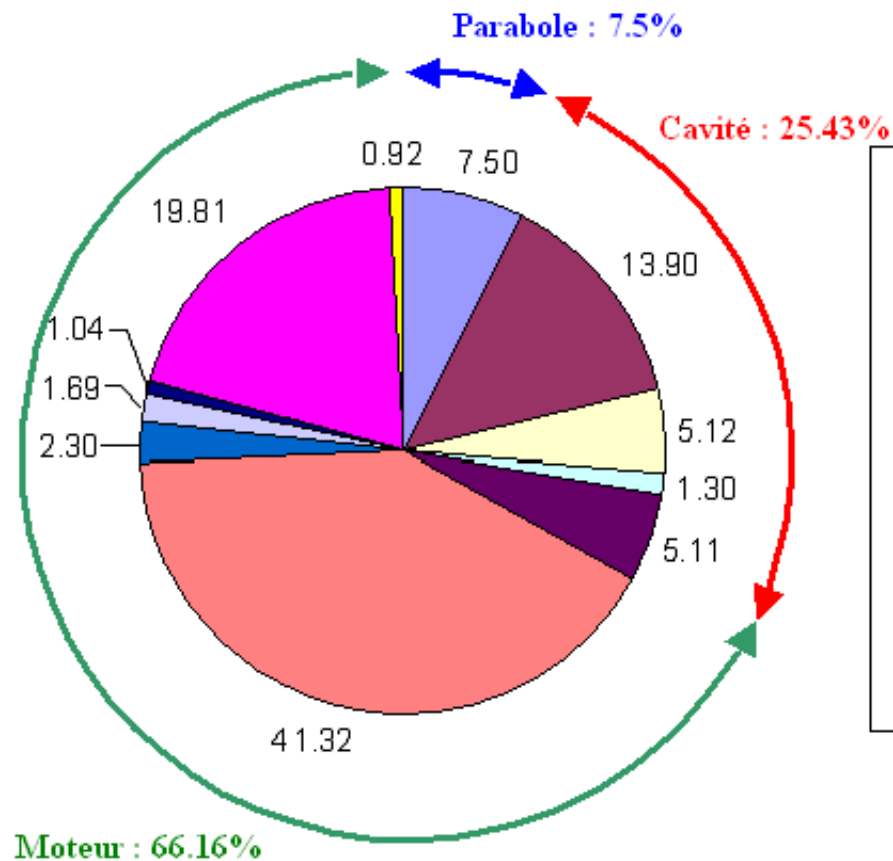
008

10

Modélisation du système Parabole-Stirling Eurodish

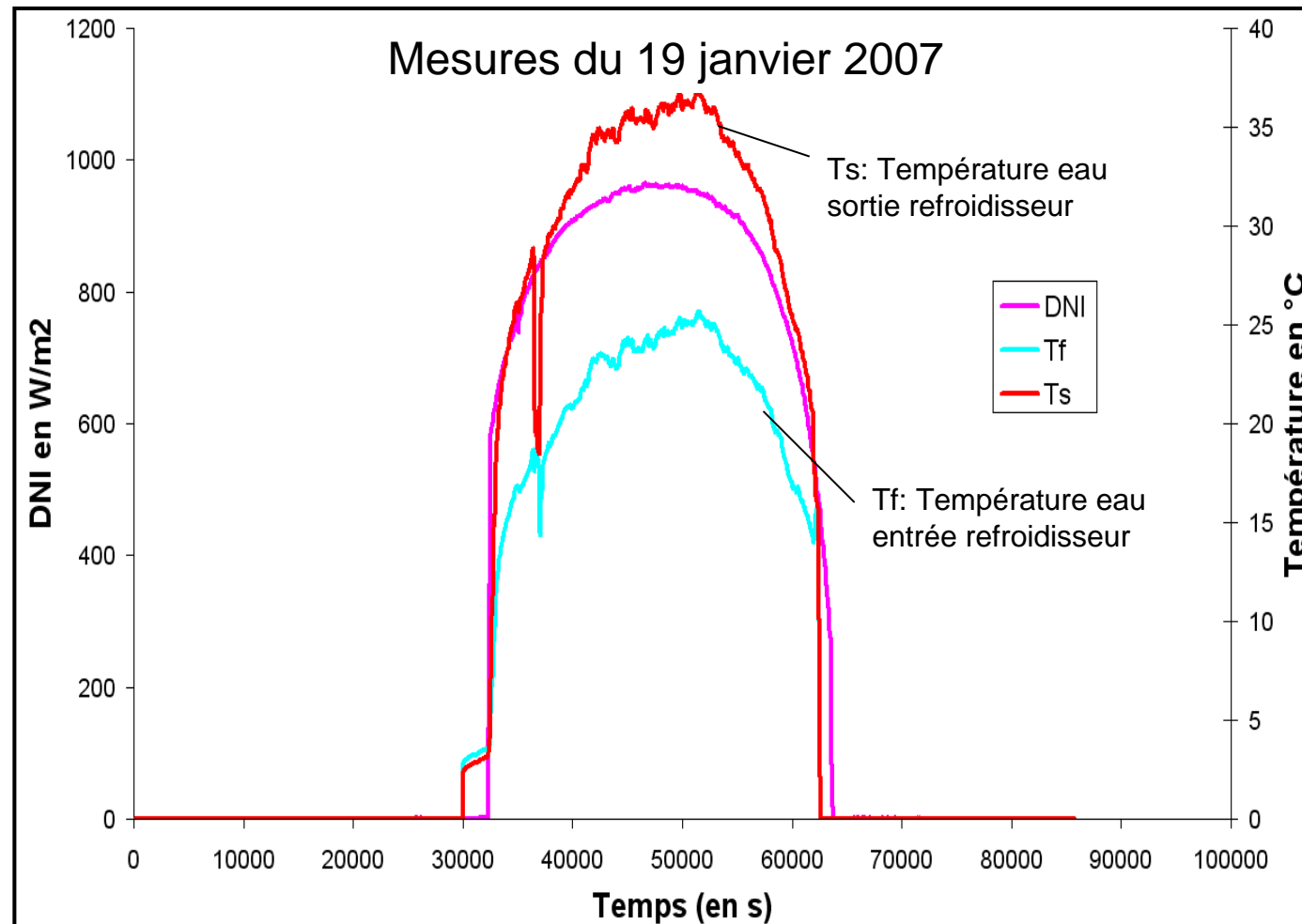


Bilan de puissance du système Parabole-Stirling Eurodish

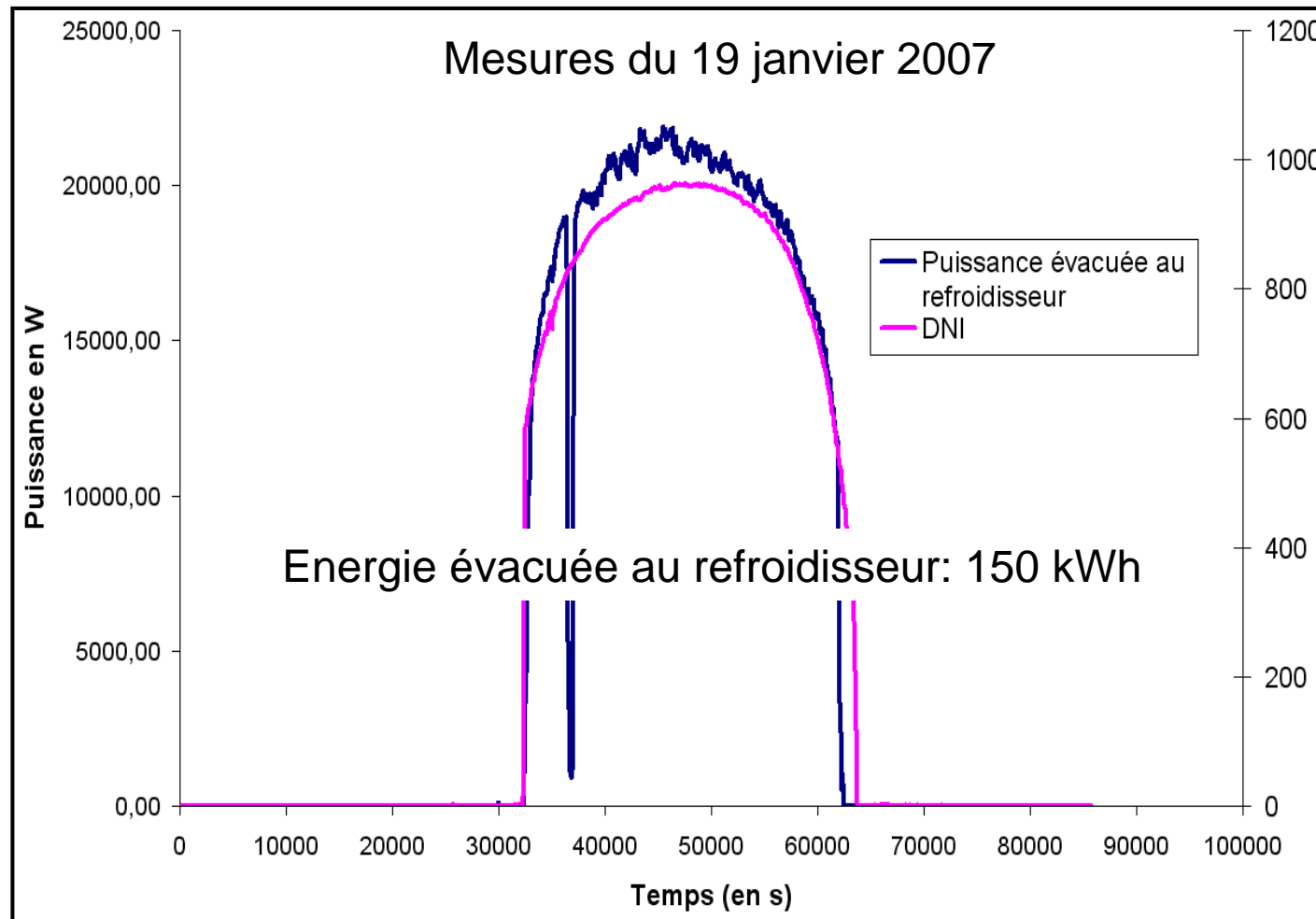


DNI (W/m ²)	906
Surface parabole (m ²)	52.9
Puissance solaire (kW)	48
Pression moteur (bar)	[120 – 140]
Temp. absorbeur max (K)	1053
Temp. piston détente (K)	[903 – 923]
[Te-Ts] refroidisseur (K)	295-305
Temp. ambiante (K)	293
Vitesse moteur (rt.min ⁻¹)	1500

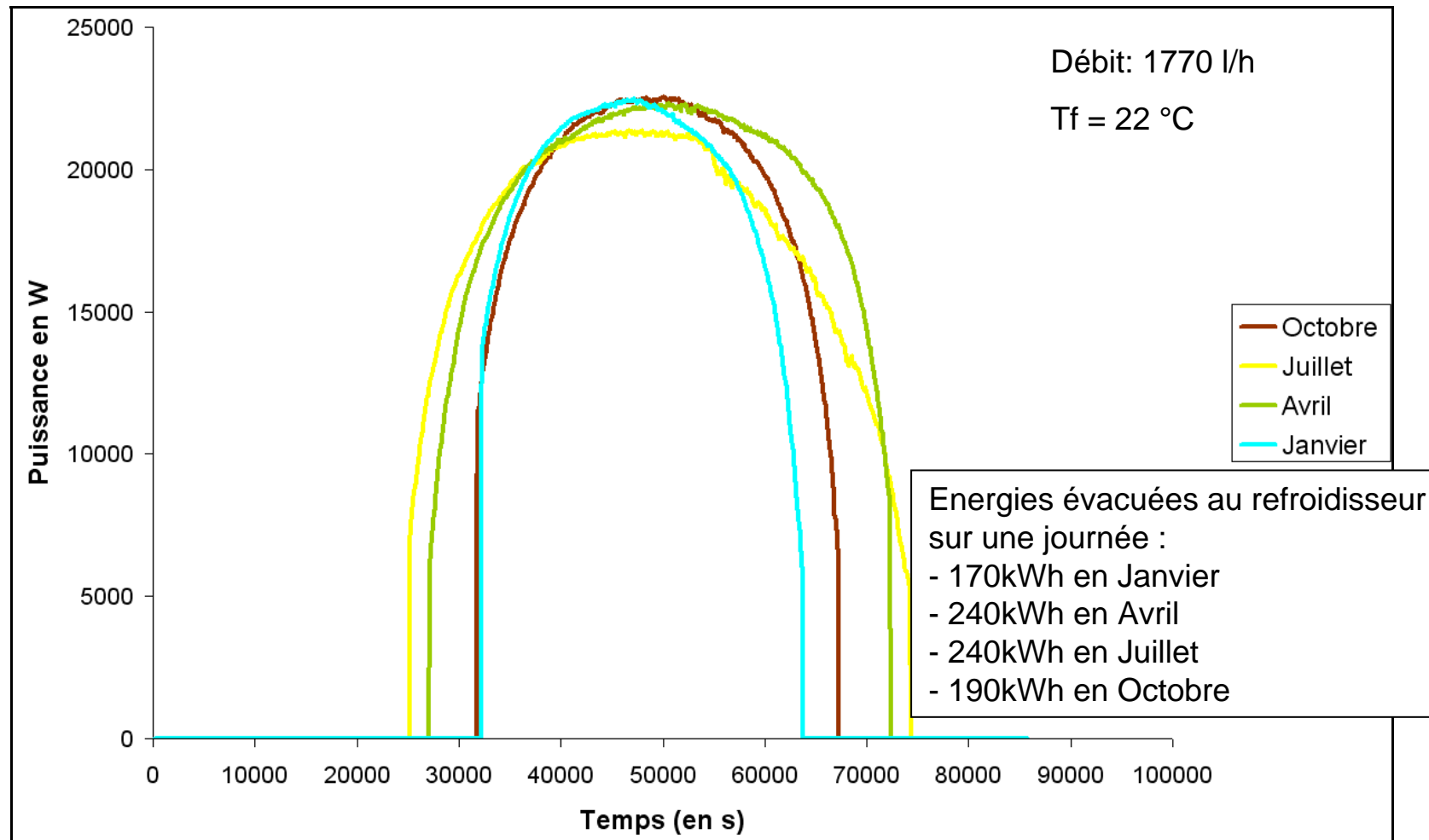
Cogénération par système Parabole-Stirling Eurodish



Cogénération par système Parabole-Stirling Eurodish

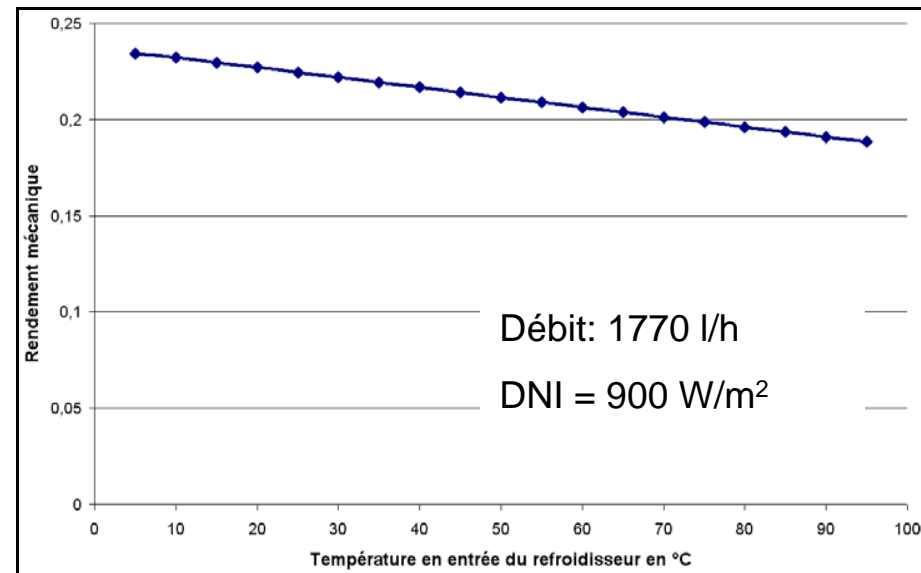
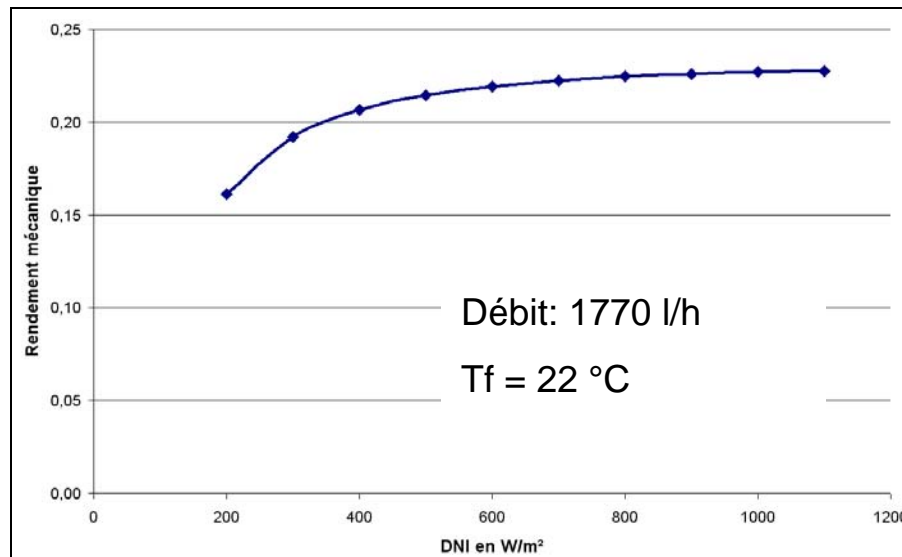


Cogénération par système Parabole-Stirling Eurodish



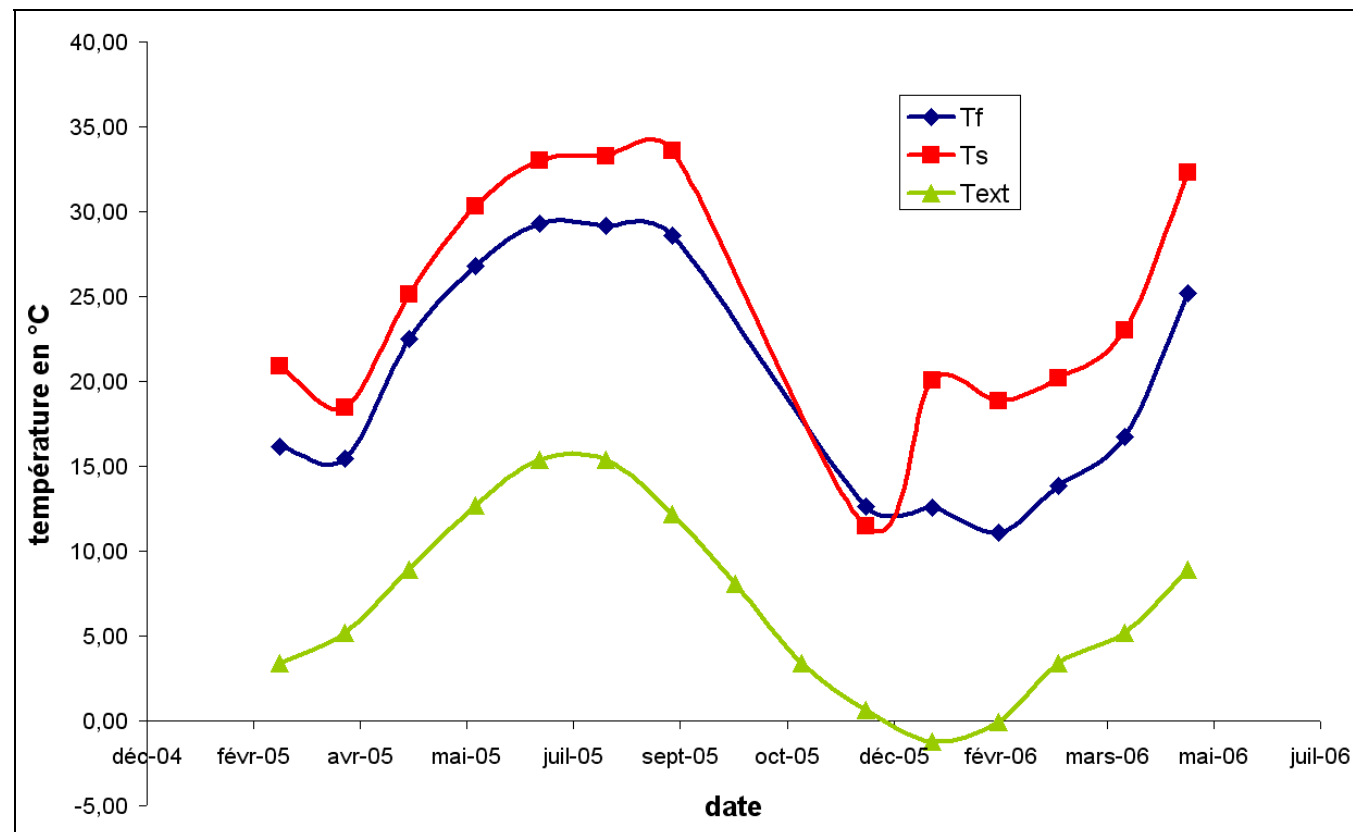
Cogénération par système Parabole-Stirling Eurodish

Evolution du rendement mécanique du moteur



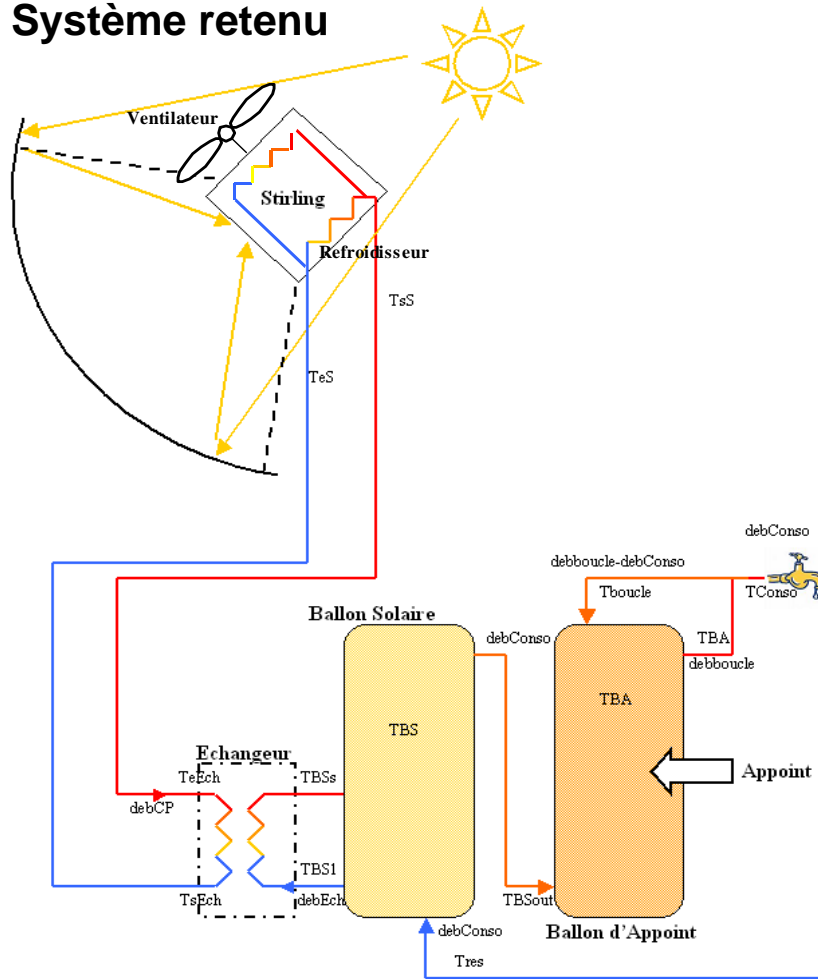
Cogénération par système Parabole-Stirling Eurodish

Evolution des températures du fluide de refroidissement (entrée et sortie) et de la température extérieure mesurées au cours d'une année (2005)



Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Système retenu



Méthodologie adoptée:

1- Recherche de corrélations

Puissance moteur
 $W_{\text{méca}} = f(\text{DNI}, T_f, \text{débit})$

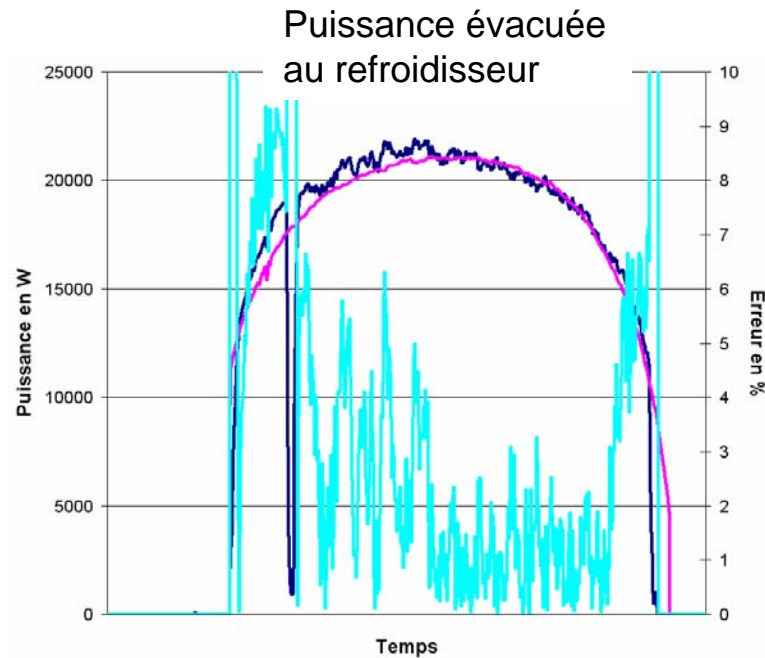
Puissance évacuée au refroidisseur
 $Q_k = f(\text{DNI}, T_f, \text{débit})$

2- Modélisation dynamique de la production ECS

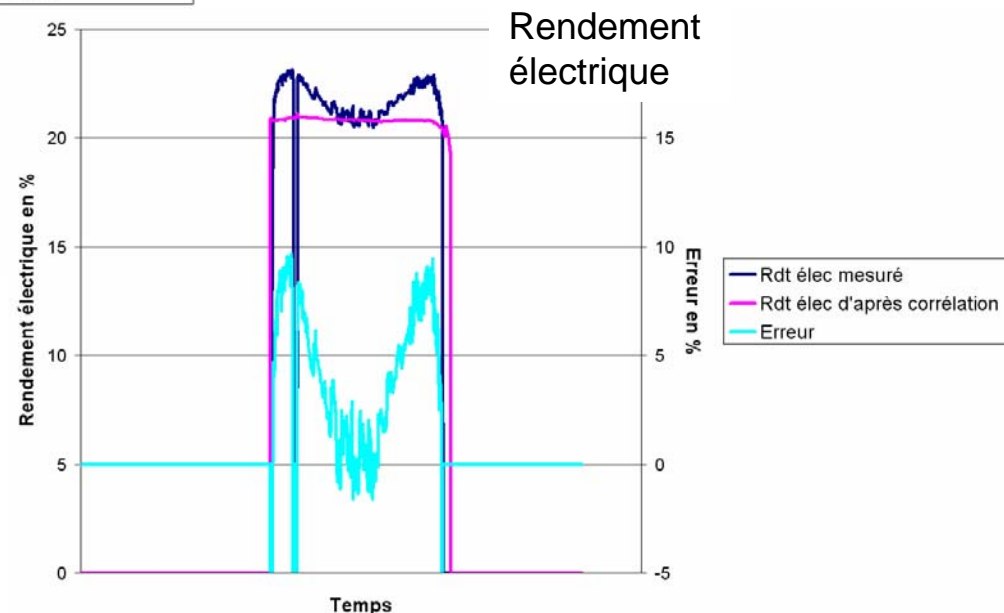
3- Validation avec SIMSOL dans le cas d'un capteur solaire plan

4- Simulation complète avec couplage des modèles Stirling et production ECS

Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire



Validité des corrélations: comparaison
modèle/mesures du 19-01-2006



Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Exemple traité: hôtel en Corse

Electricité évacuée sur le réseau (tarif 0,40 €/kWh)

Consommation ECS:

Profil journalier fonction de la catégorie x capacité de l'hôtel x taux mensuel d'occupation de l'hôtel

Type d'établissement	Observation	Consommation d'eau à 60°C
Hôtel 1 *	Douche collective (1 pour 4 chambres)	70 l / jour /chambre
Hôtel 2/3 *	Baignoire	100 - 140 l / jour /chambre
Hôtel 4/5 *	Baignoire + douche	160 l / jour /chambre
Hôtel 2 * Neige	Baignoire	160 l / jour /chambre

(Source : Calculs pratiques de plomberie sanitaire. Editions Parisiennes)

Contraintes:

T_{ECS} entre 55 °C et 60 °C

T_{ECS} max: 63 °C

Max 50 h avec $T_{ECS} < 54$ °C

Données d'entrée (variations annuelles):

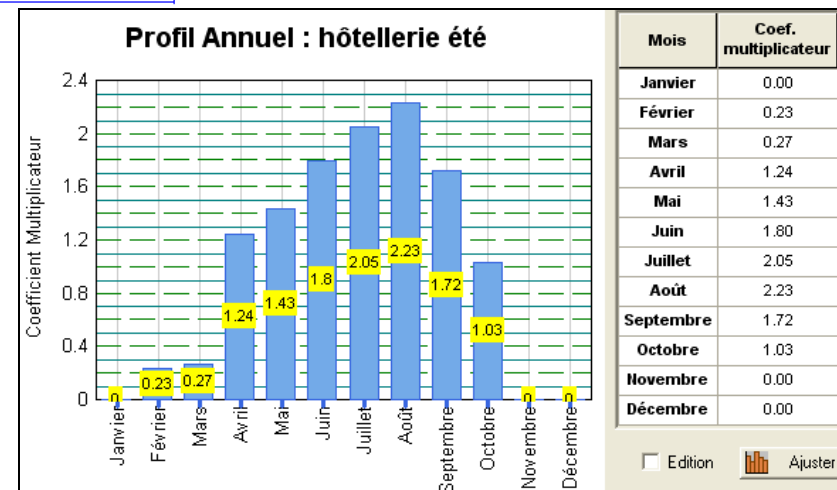
Ressource solaire DNI (base horaire)

Température eau du réseau (base horaire)

Température extérieure (base horaire)

Température locaux constante 19 °C

A. Ferriere



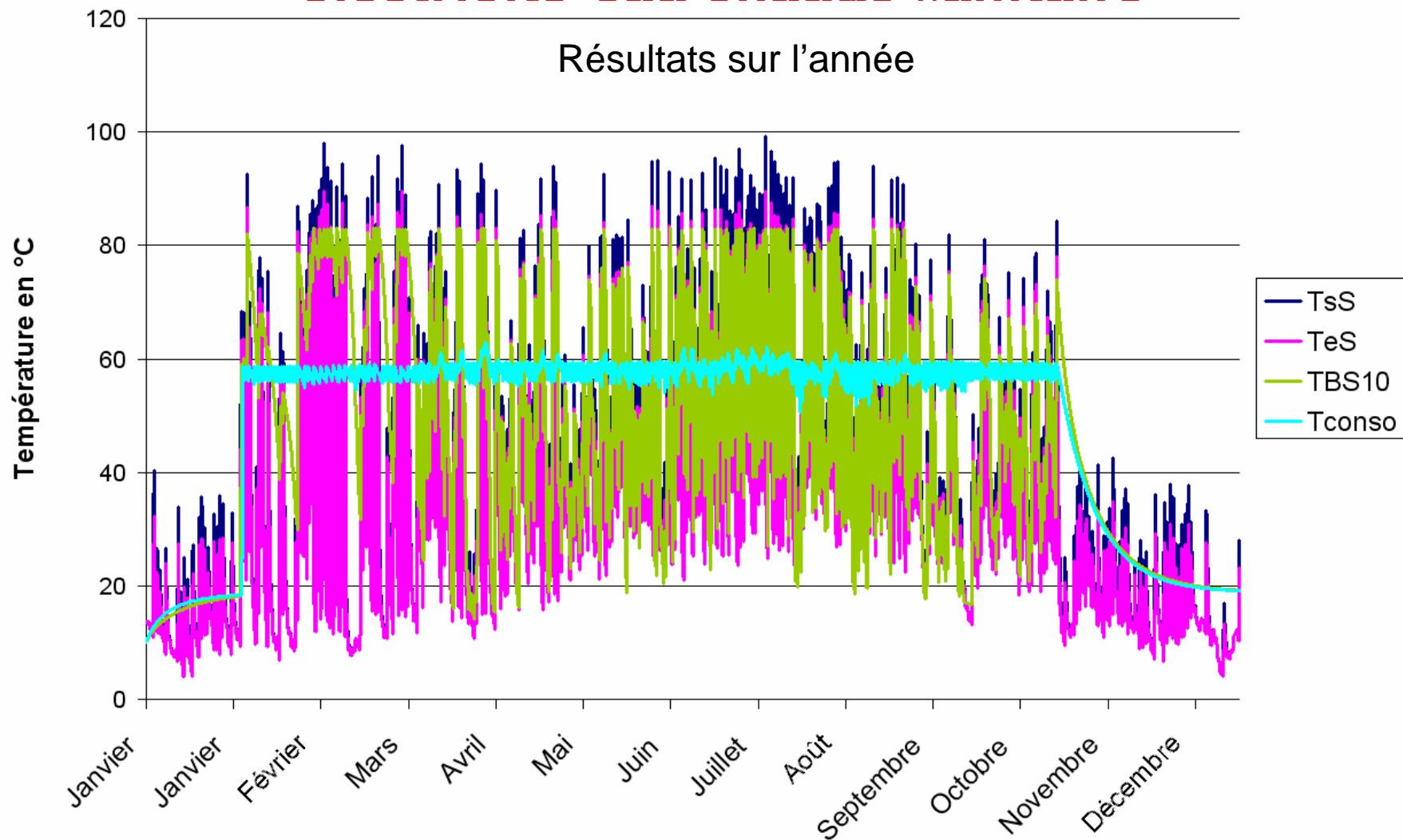
Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Dimensionnement pour un système parabole-Stirling
Eurodish cogénérateur électricité-ECS

Base: simulation dynamique annuelle

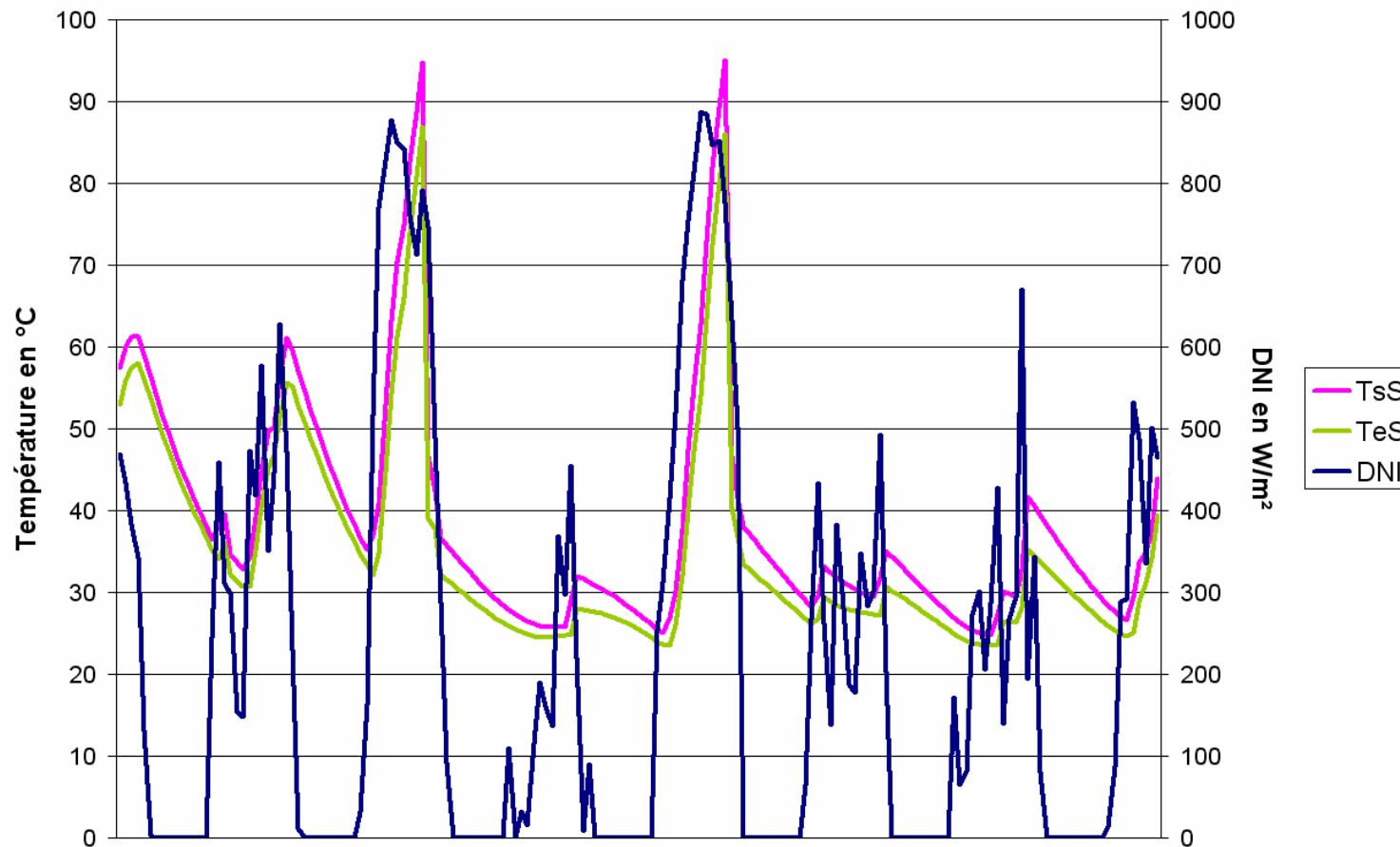
Capacité de l'hôtel	15 chambres
Ballon solaire	1500 l
Ballon d'appoint	4000 l
Débit circuit primaire	2000 l/h
Débit circuit secondaire	1000 l/h
Circuit consommateur	2 x 30 m

Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire



Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Résultats sur 7 jours



Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Bilans annuels

	Eurodish cogénérateur	Eurodish sans cogé
Rendement électrique moyen	17,3 %	18,4 %
Production électrique annuelle	11103 kWh	11817 kWh

	Eurodish cogénérateur (appoint électrique)	ECS tout électrique
Consommation électrique pour ECS	8169 kWh	21718 kWh
Emission de CO ₂ (573 gCO ₂ /kWh)	4680 kg	21917 kg

Application à la cogénération électricité-eau chaude sanitaire

Bilan énergétique annuel du système Eurodish cogénérateur
Hôtel 15 ch en Corse

Bilan énergétique	en kWh/an
NRJ solaire incidente	64151
NRJ électrique produite	11103
NRJ transférée au circuit primaire	20060
Pertes du circuit primaire	298
NRJ transférée au ballon solaire	19763
Pertes du ballon solaire	1059
Appoint nécessaire	8169
Pertes ballon d'appoint	2546
Pertes réseau de distribution	1594