

CENTRALES SOLAIRES HYBRIDES CONVERSION THERMODYNAMIQUE VERS UNE PRODUCTION ELECTRIQUE DURABLE

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



PROMES



Gilles FLAMANT
Alain FERRIERE

PROMES-CNRS

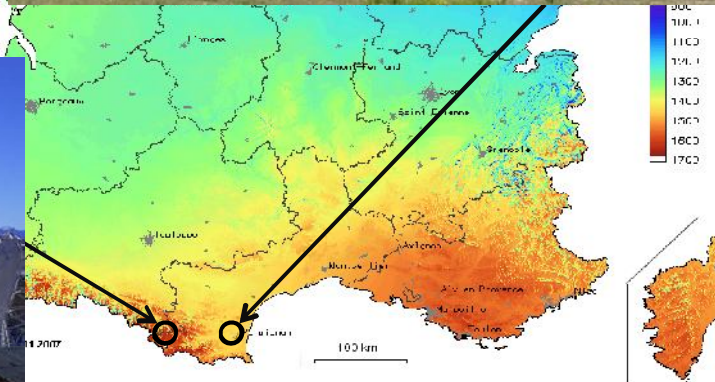
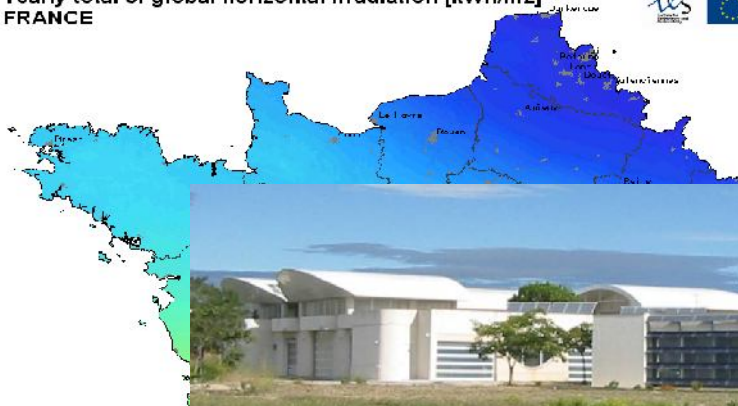
Séminaire IRES
Rabat, Maroc
16 décembre 2011



PROMES

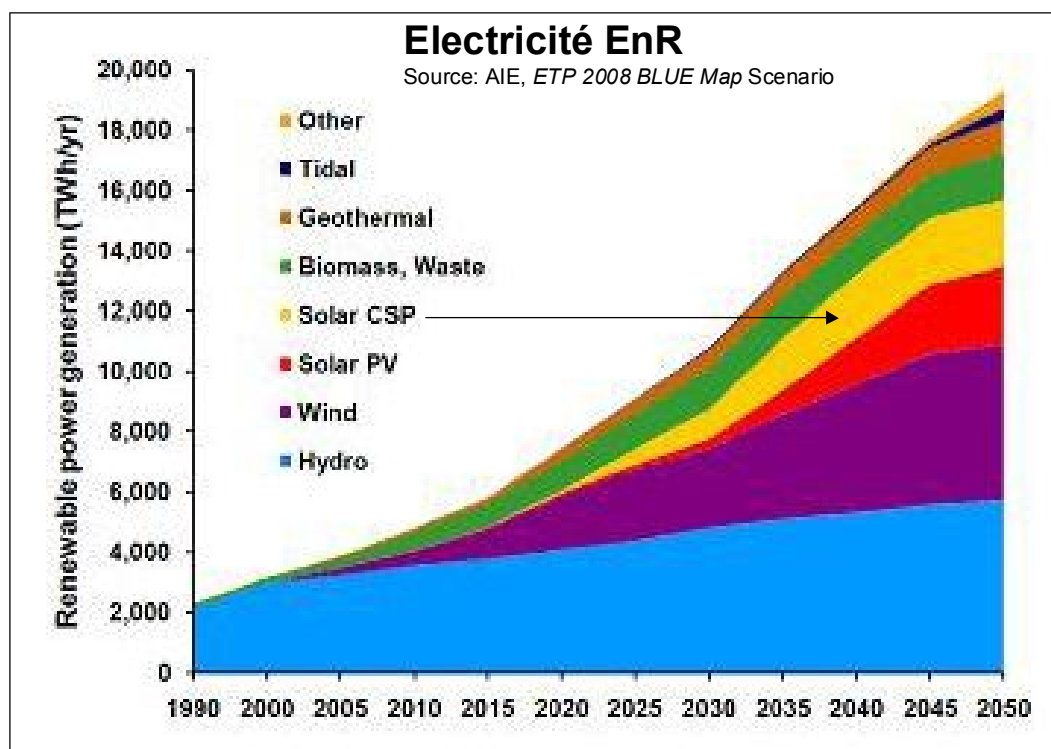
Le laboratoire de R&D sur le solaire concentré français

Yearly total of global horizontal irradiation [kWh/m²]
FRANCE



Une vision de l'AIE à l'horizon 2050

Scénario "Blue Map"



L'électricité solaire thermodynamique (CSP) en 2050:

- 2500 TWh de production par an
- 13 % de la production ENR mondiale
- 1250 GW installé (disponibilité 2000 h par an)

L'Afrique du Nord: un formidable potentiel pour le CSP



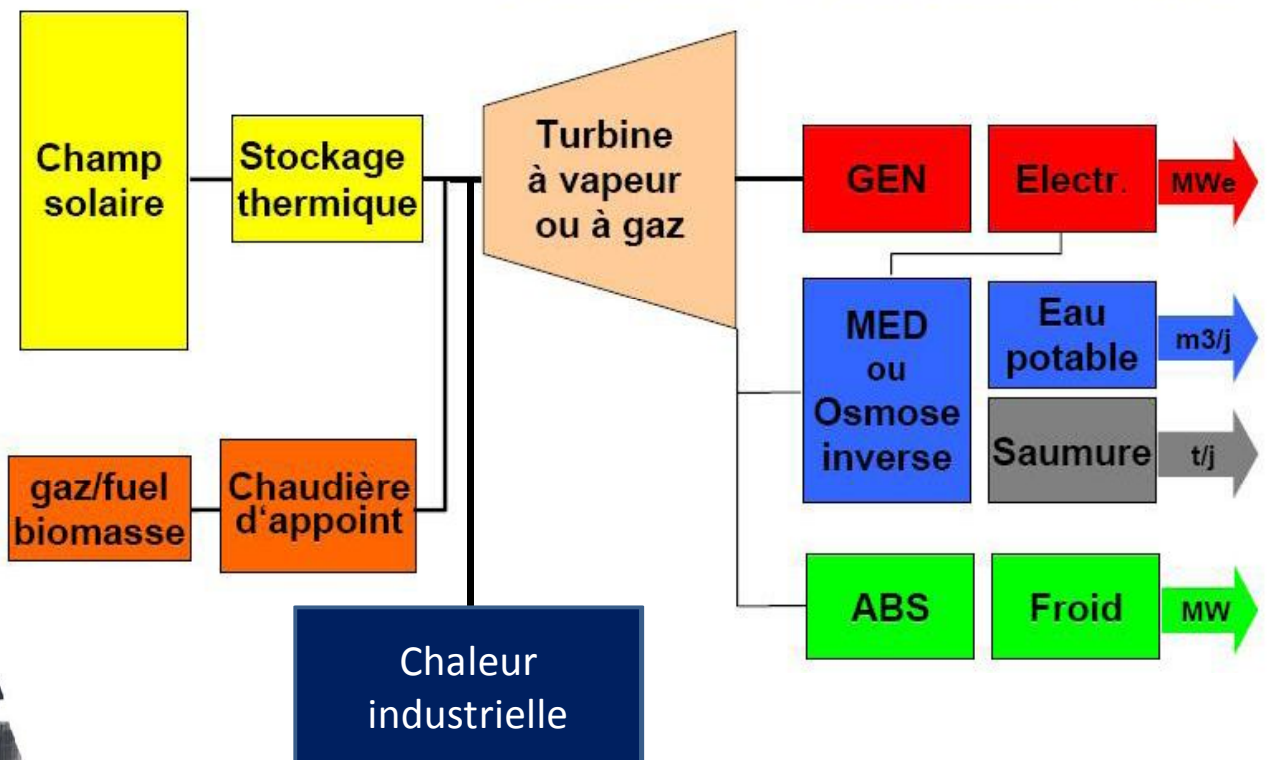
Potentiel par pays (TWh/y)

Cyprus	20	Algeria	168972	Iran	20000	Bahrain	33
Greece	4	Egypt	73656	Iraq	28647	Kuwait	1525
Italy	7	Lybia	139477	Israel	318	Oman	19404
Malta	2	Morocco	20146	Lebanon	14	Qatar	792
Portugal	142	Tunisia	9244	Jordan	6429	UAE	1988
Spain	1278			Syria	10210	Saudi Arabia	124560
				Turkey	131	Yemen	5100
Southern Europe	1453	Northern Africa	411495	Western Asia	65749	Arabian Peninsula	153402

Source: DLR, 2005

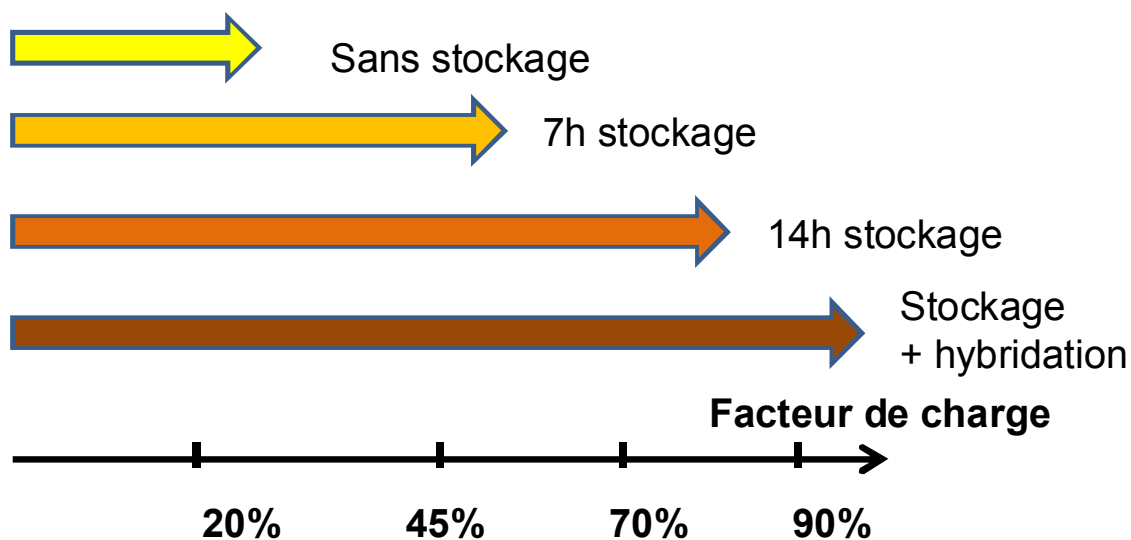
CSP: des technologies flexibles

électricité + dessalement + froid

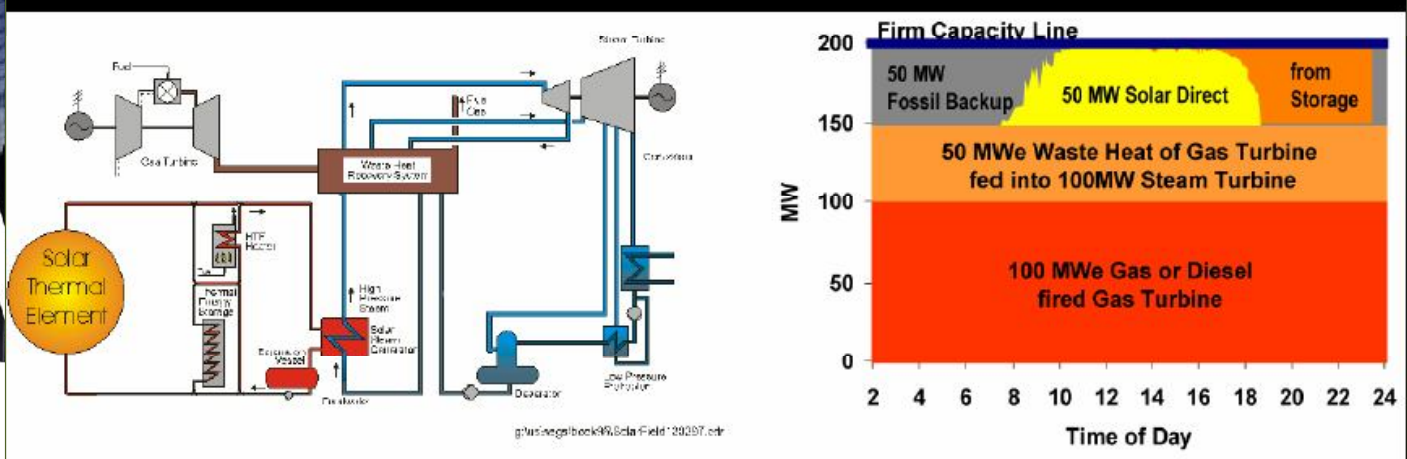
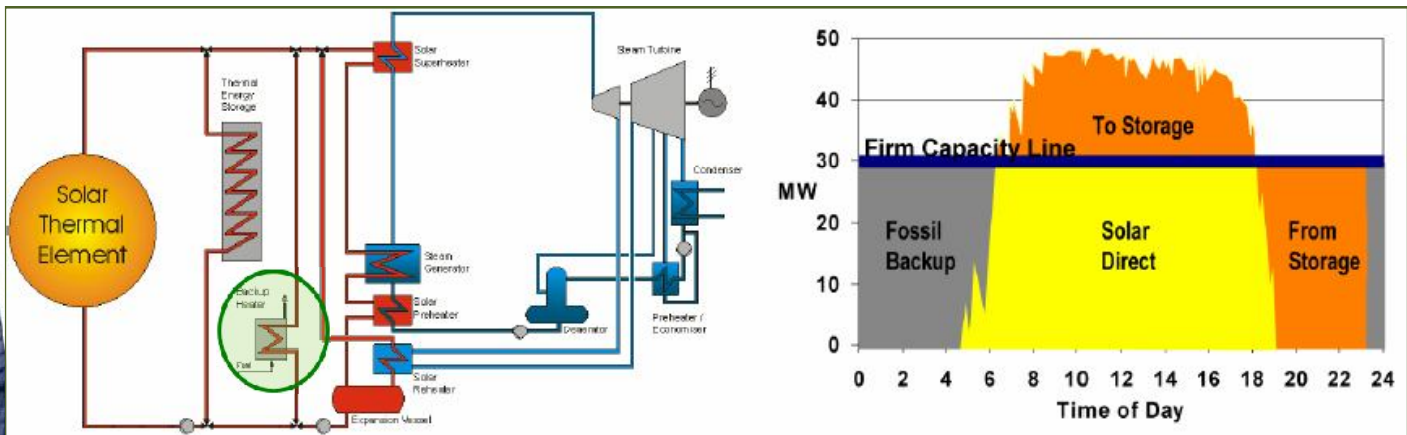


L'hybridation, une alternative ou un complément au stockage

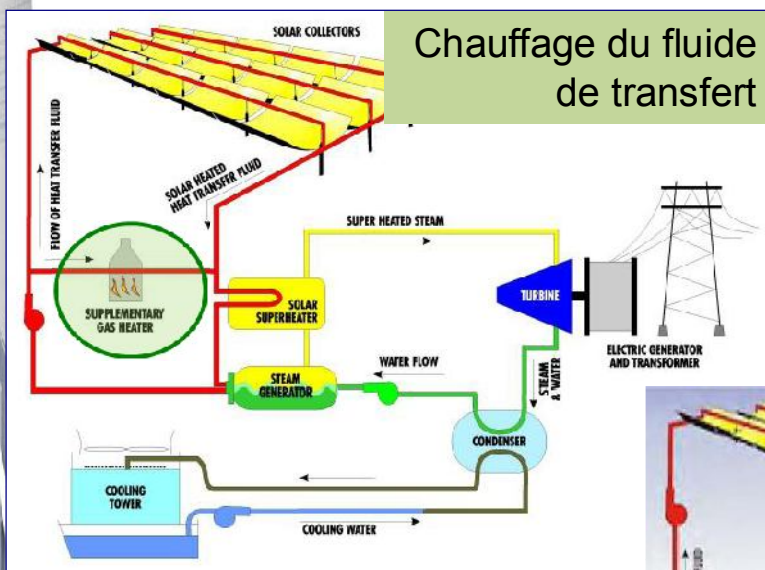
- Coût d'investissement réduit (2 centrales en 1)
- Accroissement de la disponibilité des centrales
- Association complémentaire de ressources renouvelables (solaire/biomasse)
- Production d'électricité prédictible à puissance garantie
- Production d'électricité sûre et équilibrée été/hiver



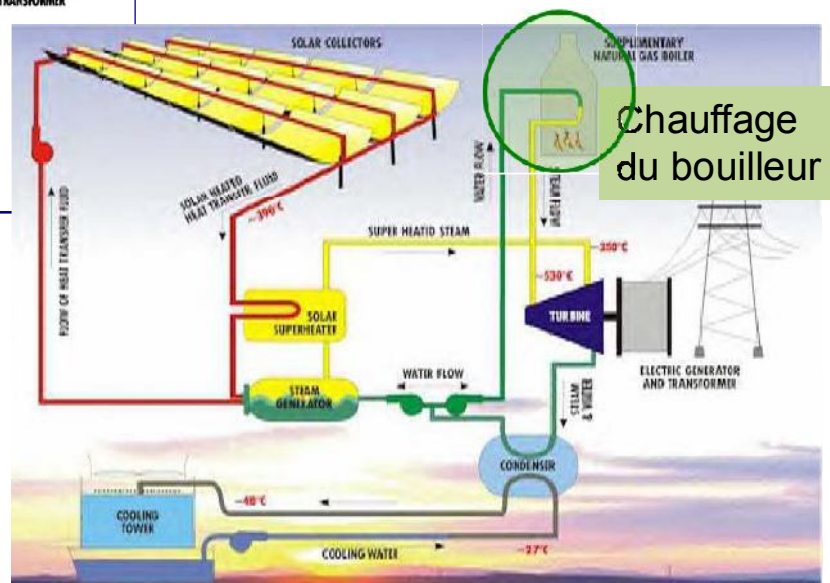
L'hybridation, une alternative ou un complément au stockage



Modes d'hybridation (sans stockage)

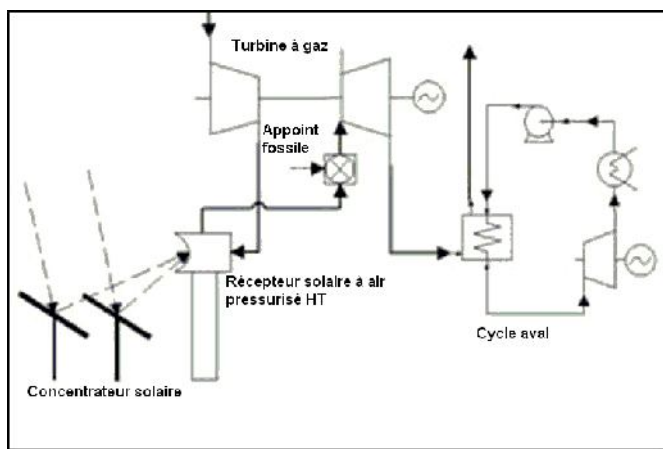


Apport fossile dans un cycle à vapeur



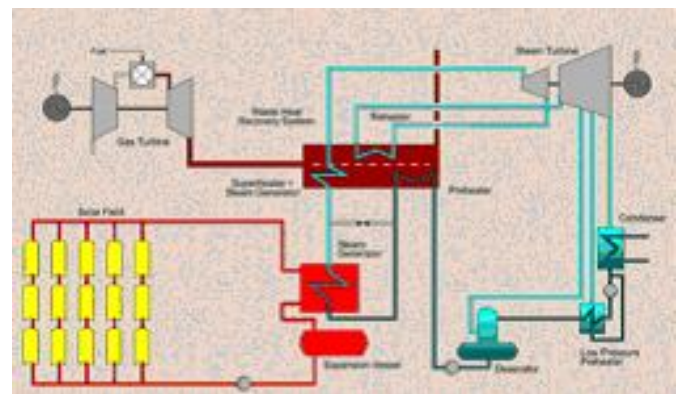
Modes d'hybridation

Apport solaire dans un cycle combiné



Turbine à gaz en mode hybride (HSGT):
Apport solaire dans le cycle à gaz à haute température

Intégration solaire dans le cycle vapeur d'un cycle combiné (ISCC)



Les centrales solaires hybrides ISCC: un choix privilégié en Afrique du Nord pour la transition énergétique

Projet	Aïn Beni Mathar	Hassi R'Mel	Al Kuraymat
Lieu	Maroc (34° 3' N)	Algérie (33° 7' N)	Egypte (29° 16' N)
Mise en service	Mai 2010	Juillet 2011	Juin 2011
Puissance groupe	470 MW	150 MW	135 MW
			75 MW TAG
			60 MW TAV
Apport solaire	20 MW	30 MW	20 MW (61 MWth)
Technologie	PT + huile 393 °C	PT + huile 393°C	PT + Huile
Surface champ	180.000 m ²	183.860 m ²	131.000 m ²
Stockage thermique	Pas de stockage	Pas de stockage	Pas de stockage

Les centrales solaires hybrides HSGT: une solution pour les centrales de 3^{ème} génération

Quelques réalisations à
l'échelle 100 KW



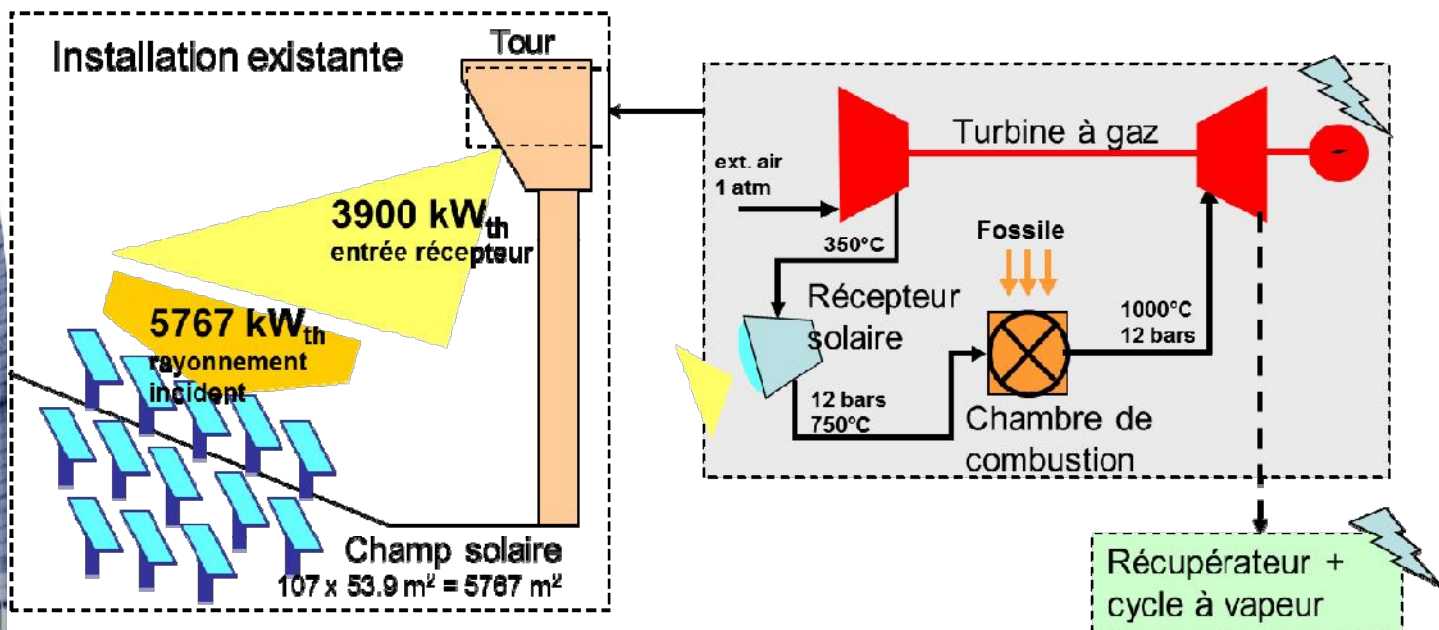
Deux projets de
démonstration à
l'échelle 2-5 MW

SOLUGAS (Abengoa/DLR)

PEGASE (EDF/CNRS)

Le projet PEGASE

PEGASE: Système hybride solaire/fossile à cycle à gaz (et CC)



Rendement de conversion solaire-électrique élevé: 30% avec CC

contre 20% aujourd'hui (tour + sel fondu), soit un gain de 50%

Faible coût d'investissement: 1600 €/kWe

Faible coût de production de l'électricité: < 100 €/MWh (2700 h/an)

Faible consommation d'eau: 1,1 m³/MWh avec CC

au lieu de 2,4 pour une tour et cycle vapeur et 3 pour un cylindro-parabolique



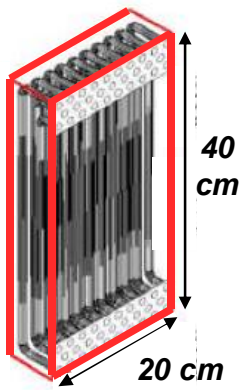
Le projet PEGASE

Les partenaires

- CNRS-PROMES: ingénierie générale, champ solaire, évaluation des performances
- EDF R&D: coordination, contrôle-commande, déploiement commercial
- CEA-LITEN: modules absorbeurs, modélisation système
- CNIM: chaudronnerie récepteur solaire
- KAEFER: isolation thermique, intégration des composants

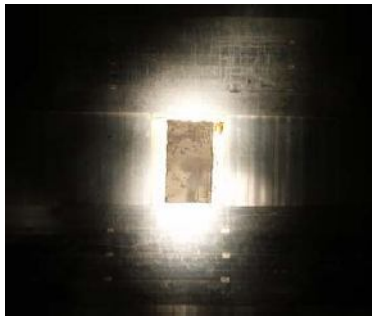
Le projet PEGASE

Essais du module absorbeur

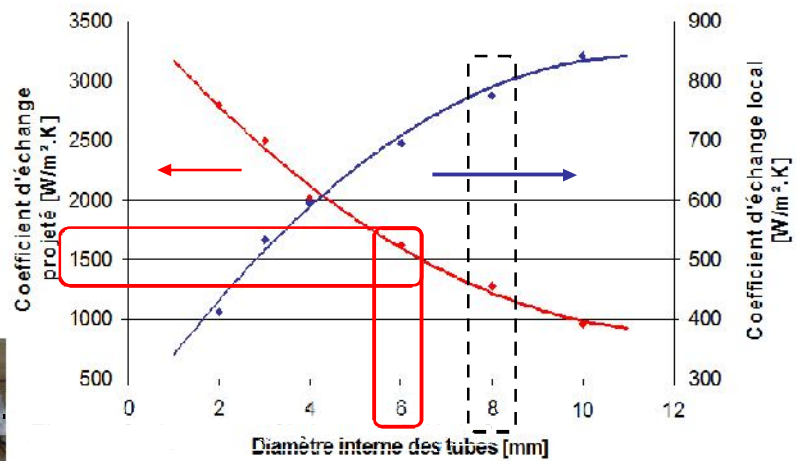


Paramètres d'un module d'absorbeur

Longueur du module	40	[cm]
Largeur du module	20	[cm]
Débit d'air correspondant	100	[g/s]
Pression de l'air	10	[bar]
Perte de charge	100	[mbar]



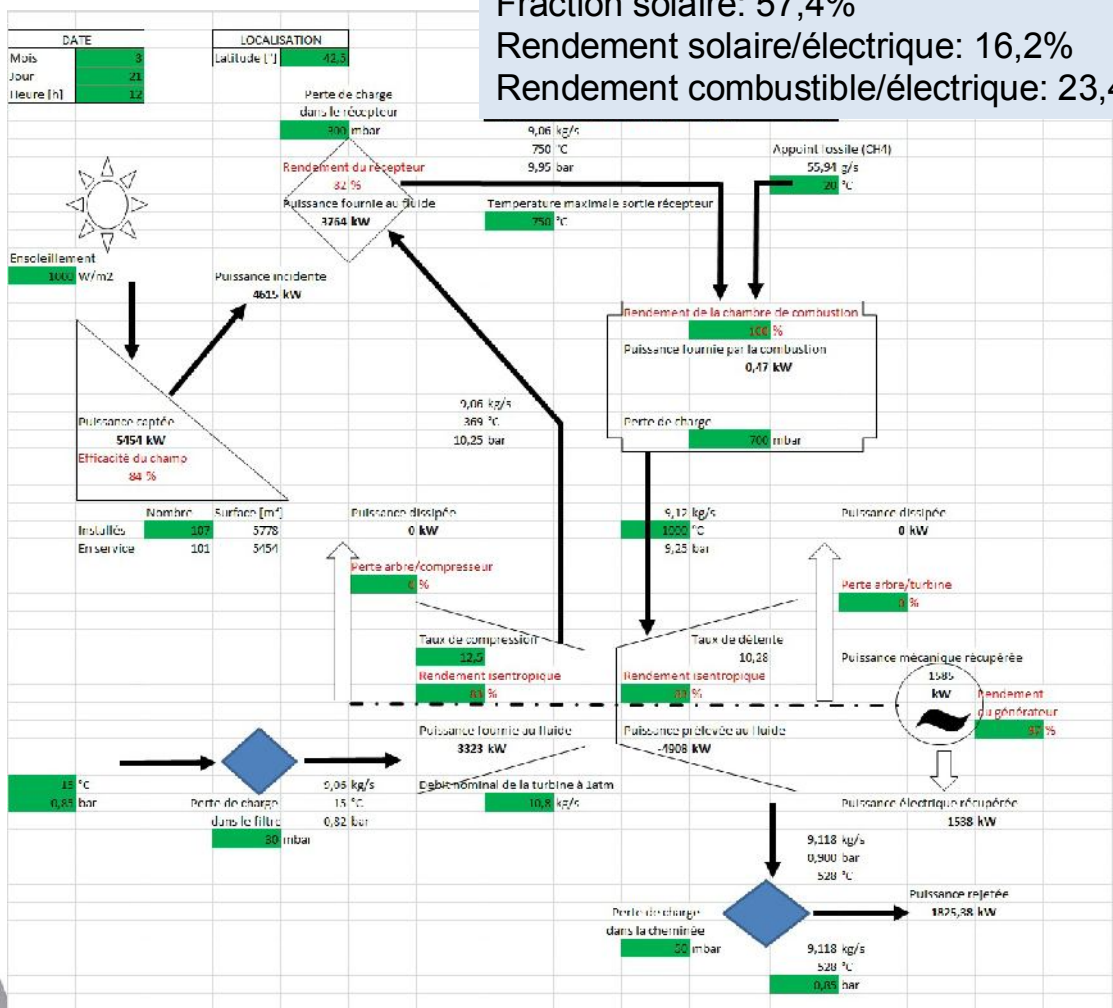
Module LITEN (2010)



Le projet PEGASE

Simulation au point nominal
(turbine à gaz seule)

Fraction solaire: 57,4%
Rendement solaire/électrique: 16,2%
Rendement combustible/électrique: 23,4%





Conclusion

- Le solaire à concentration permet de fournir de la chaleur et de l'électricité de façon fiable et prédictive grâce au stockage et à l'hybridation
- L'hybridation de l'apport de chaleur peut être réalisée avec les combustibles fossiles ou/et la biomasse
- La biomasse solide est facilement utilisable en association avec les cycles à vapeur, la biomasse liquide et gazeuse (gaz de synthèse p.e.) avec les cycles à gaz
- L'apport de combustible doit se faire de préférence dans des cycles à haut rendement
- La chaleur solaire peut être valorisée pour accroître la valeur énergétique des combustibles (gaz de synthèse) issus de la biomasse et des déchets organiques (thermochimie solaire)

Merci de votre attention



Gilles.flamant@promes.cnrs.fr
www.promes.cnrs.fr

