

heat2power

Un nouveau moteur à air chaud

De nouvelles applications dans
l'énergie solaire

19 Janvier 2010

De la R&D au développement industriel

Organisation et partenariats pour développement industriel :

heat2power : Fondé en 2007 pour l'exploitation des brevets, en 2009 : 3 internes

En 2008 l'organisation est élargie avec 3 partenariats, le noyau de heat2power reste petit. Les partenariats sont choisis stratégiquement afin de compléter l'équipe sur des compétences clés:



Filiale du groupe Safran (54000 employées)
Activités principales: Ingénierie pour industries aéronautique et automobile
Partenariat : 18 ingénieurs en simulation, ingénierie et prototypage



Filiale du groupe belge WOW
Activités principales: conception et fabrication d'échangeurs pour (micro-)turbines
Partenariat : 1 ingénieur en conception et production d'échangeurs compactes



Entreprise indépendante
Activités principales: services d'ingénierie et essais pour GMP automobile
Partenariat : 1 ingénieur + facilités pour essais des moteurs heat2power

Technologie heat2power

Un peu d'histoire heat2power "pré-solaire"

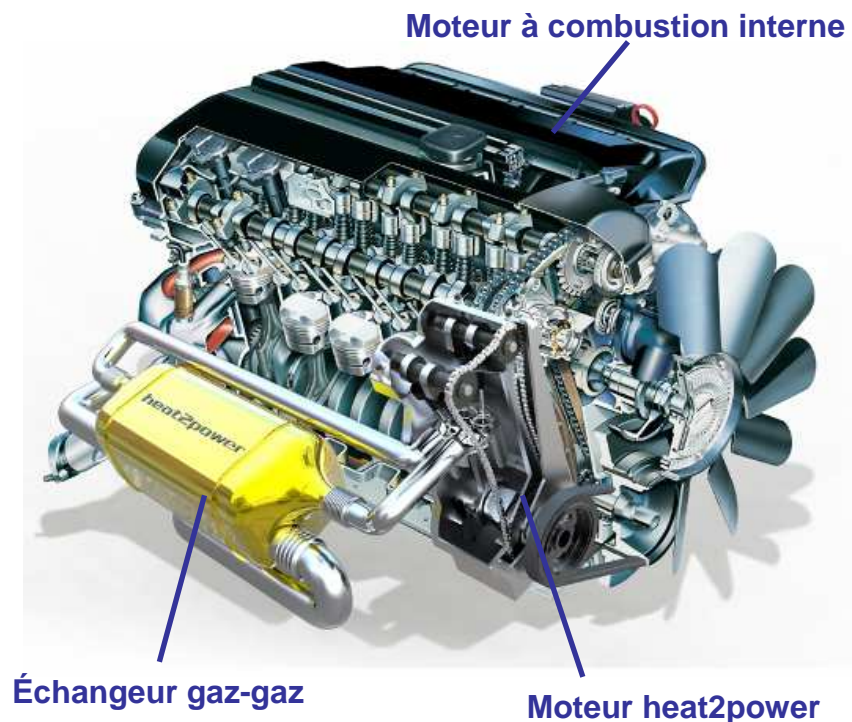
Comment rendre un moteur automobile plus économe en carburant

Application initiale : la chaleur perdue dans l'échappement des moteurs à combustion

43 technologies identifiées et analysées.

- Températures : 400-930°C
- Récupération d'énergie par un échangeur gaz-gaz à faible contre-pression.
- Transformation thermodynamique à air.

Simplicité de construction et de fonctionnement.



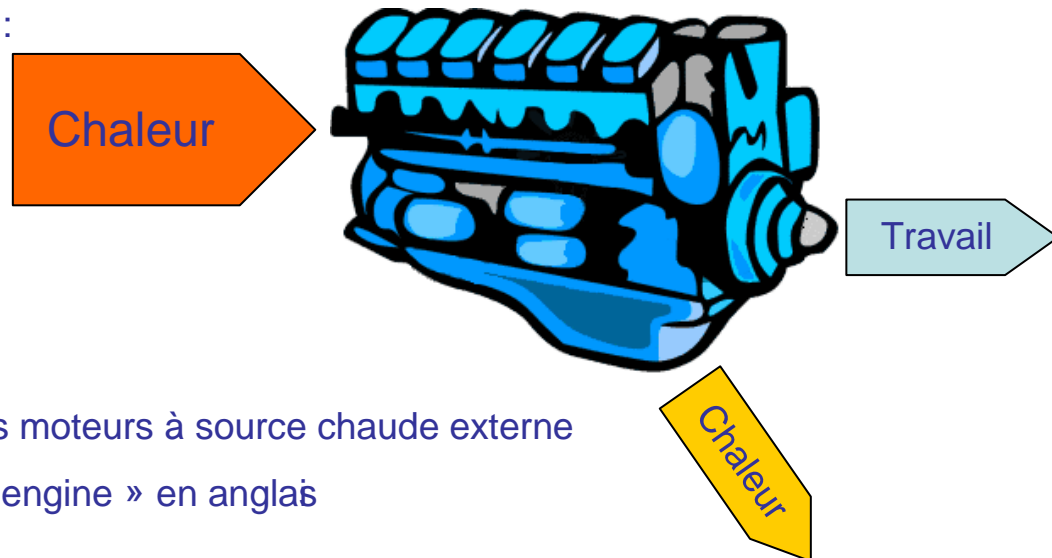
Le produit

Le cœur de la technologie heat2power :

Un nouveau type de moteur pour convertir de la chaleur (perdue) en puissance mécanique

C'est un concurrent à des moteurs comme :

- Le moteur Stirling
- La turbine à vapeur
- Le moteur Ericsson
- Le cycle Rankine organique



Les moteurs à air chaud sont aussi appelés moteurs à source chaude externe
« Heat engine » ou « External combustion engine » en anglais

Un moteur à essence fonctionne sur un apport de mélange d'essence et air

Un moteur Diesel fonctionne sur un apport de mélange de gasoil et air

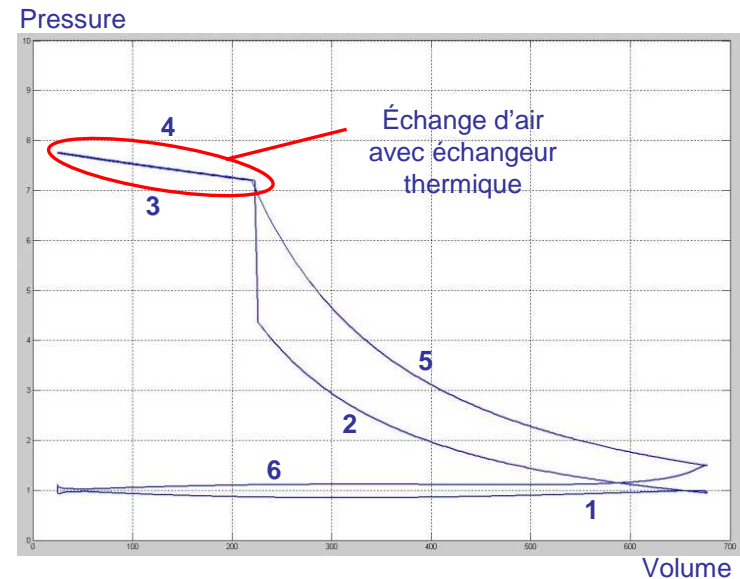
Un moteur à air chaud fonctionne sur un apport d'énergie thermique à travers une paroi

Le produit

Un nouveau cycle thermodynamique breveté

Ce cycle thermodynamique permet une combinaison de :

- Puissance spécifique élevé
- Un bon rendement
- Utilisation de composant moteur conventionnels
- Utilisation d'architectures de moteur 2/4-temps
- Cycles fermés et ouvert en fonction des diverses applications
- Utilisation d'air comme medium de travail : pas de problèmes liés au "piston blow-by" comme sur moteurs à cycle Rankine (organique)



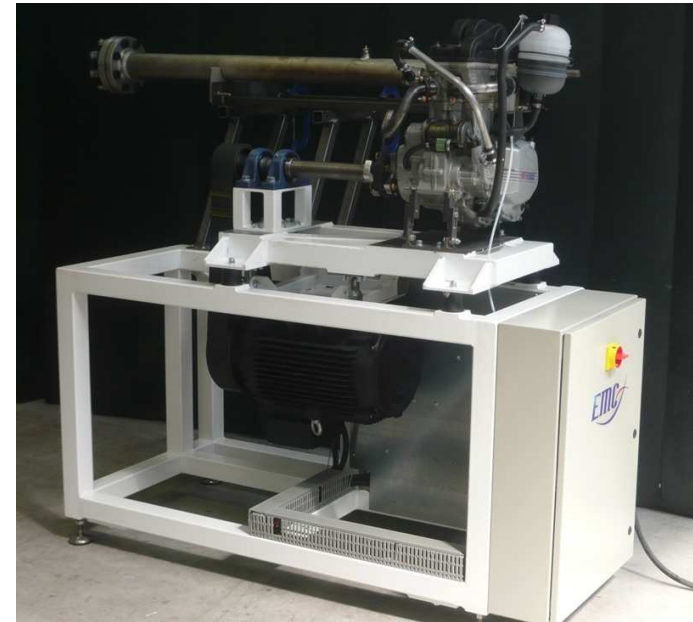
Cycle :

1. Aspiration d'air ambiant
2. Compression
3. Transfert d'air comprimé vers échangeur
4. Récupération d'air réchauffé en provenance de l'échangeur après PMH
5. Travail
6. Échappement avec quelques pertes thermiques

Développement jusqu'à présent

Preuve de Concept :

1. Basé sur bloc monocylindre 650cc
2. Apport de chaleur par chauffage électrique pour validation moteur sur banc autonome.
3. Acquisition haute vitesse pour températures, pressions, débit, apport de chaleur, puissance développée, couple dynamique
4. Grande flexibilité de calibration
5. Échangeur testé séparément
6. Base pour développement de solutions spécifiques



Objectifs :

- Obtention de bonne corrélation avec modèles de simulation : corrélation obtenue à quelques % près
- Prédire précisément les rendements et densité de puissance : étude pour hélicoptère en cours
- Soutenir le développement des activités commerciales : visite du banc avec clients potentiels

Chaleur gratuite ou peu chère

Étude Benchmark a fait ressortir une multitude d'applications potentielles :

- Aciéries
- Cimenteries
- Industrie procès (Raffineries, usines de Méthanol, usines d'acide sulfurique, ...)
- Chaleur perdue dans échappement de moteurs à combustion interne
- Concentrated Solar Power (Énergie Solaire Thermodynamique)
- Géothermie à haute température
- Centres d'incinérations
- Installations de Biométhanisation (Déchetteries de la Cote d'Azur?)
- Usines de Pyrolyse
- Verreries ... et plus encore

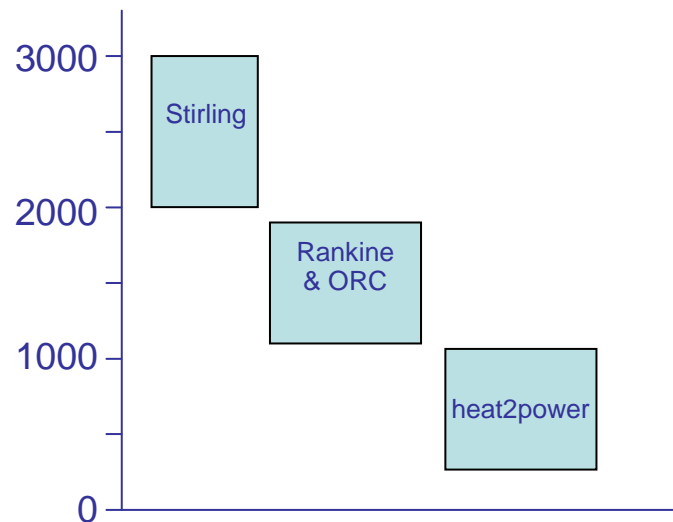
Plusieurs industries appliquent déjà des technologies pour convertir la chaleur perdue en énergie « utilisable ».

Principales technologies concurrentes

Moteur heat2power comparé au moteur Stirling et turbine à vapeur/ORC :

Coût à échelle industrielle

[€/kW]



Coût relativement élevé par complexité et faibles volumes de production

Les coûts projetés d'un moteur heat2power sont faibles grâce à l'utilisation de pièces en production de masse pour les puissances de 10 à 1000 kW.

Des puissances importantes feront monter le coût/kW car les moteurs ne sont pas en production de masse.

Le moteur **heat2power** en fonctionnement à cycle fermé:

- Avec intercooler entre échappement et admission d'air
- Pressions moyennes élevés : forte puissance spécifique
- Applications typiques: aéronautique, sport automobile, automobile

Le moteur **heat2power** peut fonctionner en cycle ouvert:

- Sans intercooler entre échappement et admission d'air
- Pressions moyennes inférieures à celle du moteur en cycle fermé
- Mais pas besoin de refroidissement dans le cycle thermodynamique !

Moteurs heat2power basés sur une capacité de production existante

Pour petite-moyenne échelle de production les moteurs pourraient déjà être très compétitifs par rapport aux moteurs Stirling.



heat2power et la baisse des coûts dans le CSP:

**Moteur heat2power
en cycle ouvert :**

**Pas besoin de refroidissement
dans le cycle thermodynamique**



Dry cooling : 1 Million € / MW_e

The heat2power engine:

Aspirate ambient air @ 35°C
Reject 'hot' air @ 180°C

Heat @180° → desalination
For drinking and irrigation

→ Develop agriculture in
dry coastal areas



Wet cooling : 0,3 M€ / MW_e

Un réel avantage dans les régions comme : Nevada, Arizona, Afrique du Nord, Espagne du Sud, Gujarat, Rajasthan, Australie où l'utilisation d'eau est problématique. (Voir articles dans New York Times et San Francisco Chronicle)

Pourquoi le CSP est-il important ?

- Les leaders politiques sont conscients de 3 problèmes majeurs:

Peak Oil

Changement Climatique

Prix élevé de l'énergie pénalise l'économie

- L'énergie nucléaire n'est pas une solution durable ou renouvelable et souffre de résistance dans bon nombre de pays



L'énergie renouvelable est considérée comme le futur

- Grâce aux « feed-in tariffs » (FIT) élevés les énergie renouvelables sont un bon business et ceci avec des garanties sur du long terme.

Pourquoi le CSP est-il important ?

- Énergies Renouvelables souffrent de forte fluctuation de production
- Agrocultures sont contestés par leur utilisation de terres agricoles liés à la production de nourriture, et ce avec une population croissante.
- Les centrales fossiles et Nucléaires ne peuvent pas démarrer en quelques secondes.
- Intégrer les énergies renouvelable dans la puissance de base du réseau est difficile

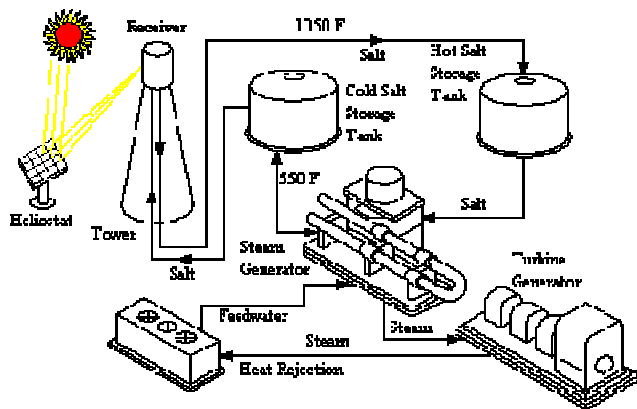


Le stockage d'énergie est devenu la clé du succès dans l'introduction à grande échelle des Énergies Renouvelables

Application en énergie solaire

Avec le CSP le stockage d'énergie est désormais résolu.

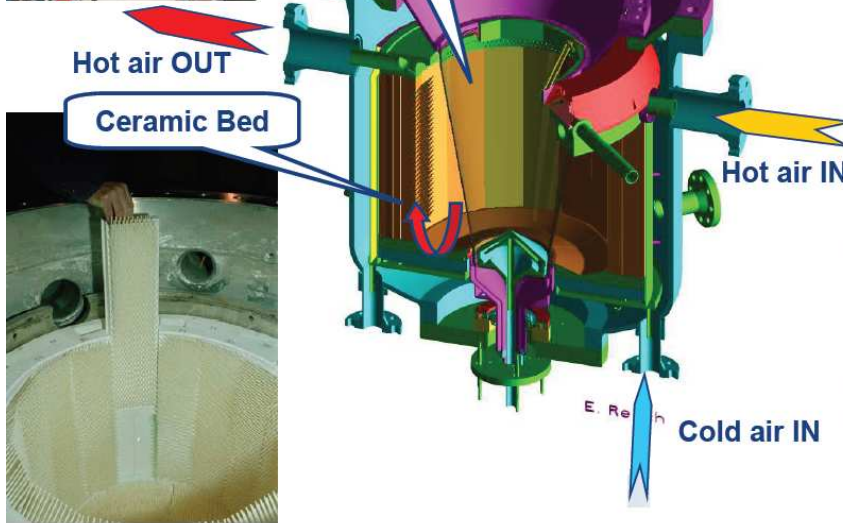
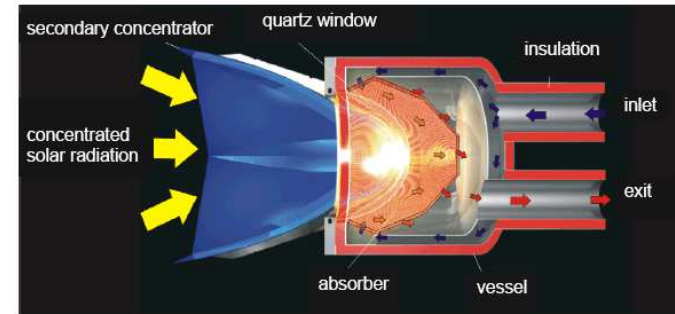
- La chaleur peut être stockée efficacement en grande quantité (e.g. avec des sels liquides)
- La chaleur peut être restituée pendant la nuit, jusqu'au petit matin



- De longues périodes à faible intensité solaire (nuages) peuvent être compensées par la combustion de (bio-)carburant dans les mêmes installations, avec très faible coût supplémentaire. On appelle ceci le **CSP hybride**

Solar receivers

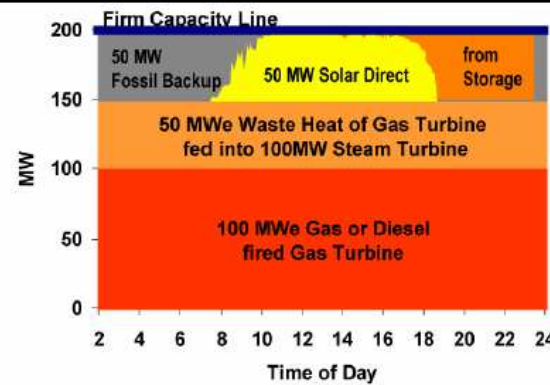
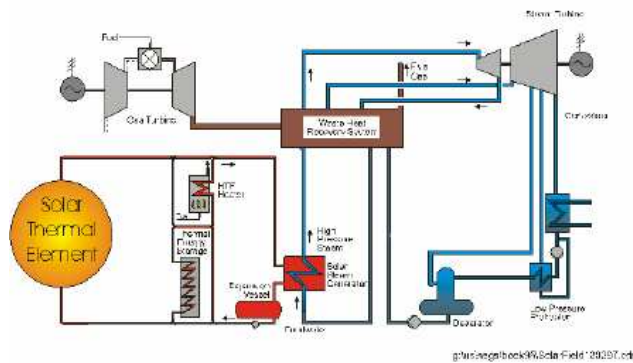
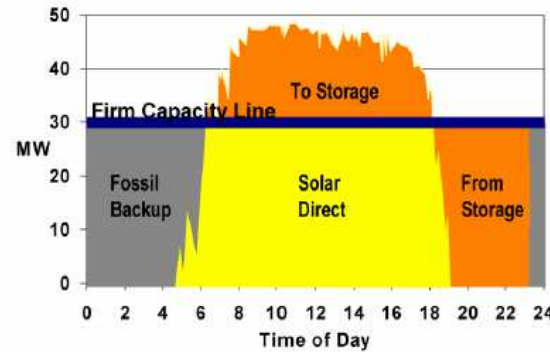
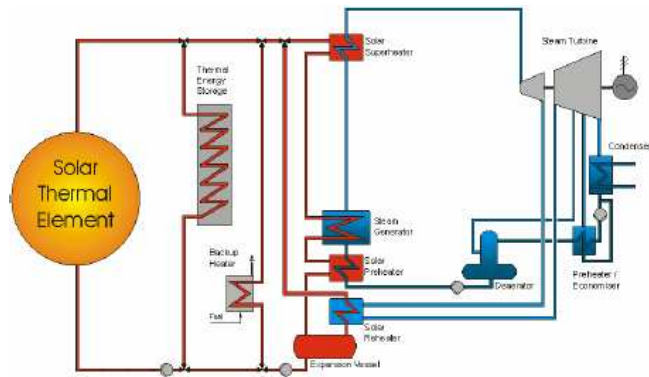
Quelques exemples de capteurs solaires à haute température



Diameter - 1.1 m
Design Pressure - 22.5 Bar
Inlet Aperture - 460 mm
Inlet Air Temp.- 600-700 °C
Outlet Air Temp.- 900-1300 °C



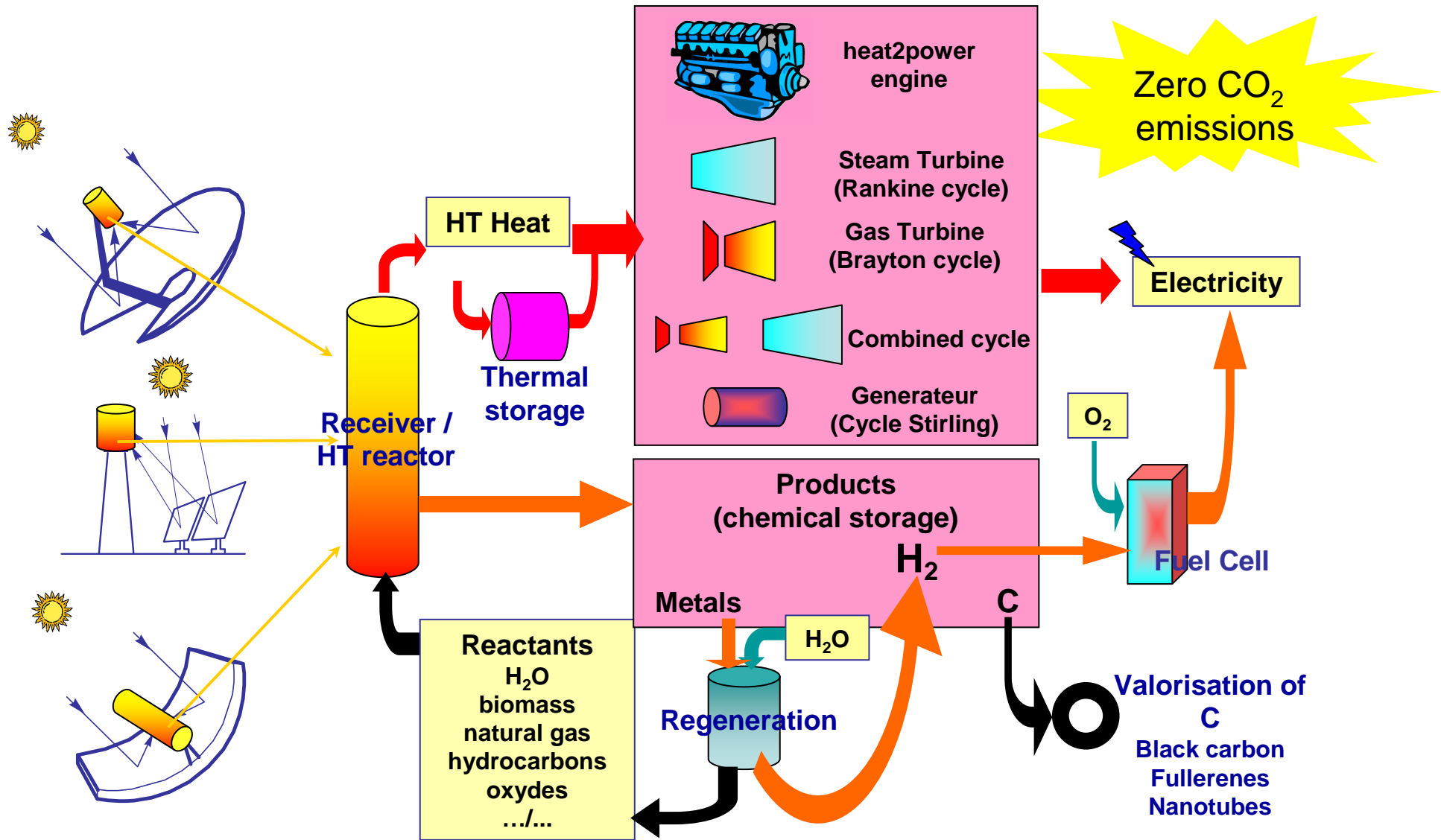
Coût et performance



Solution	Disponibilité	Fraction solaire
Sans Stockage	25%	100%
Avec Stockage (et hybridisation)	60%	75 - 100%
Hybridisation (et stockage)	60 - 100%	10 - 50%

Stockage est difficile et coûteux avec Solaire PV !!

Application en énergie solaire



Technologies conventionnelles et heat2power



Technologie	Cylindro-parabolique	Tour	Parabole-Stirling	Heat2power tower
Efficacité thermique	70 %	73 %	75 %	75 % *
Puissance (MW _{th})	1 - 300	10 - 100	< 0,1	0,5 - 10
Concentration	80 - 500	700 - 1200	6000-10000	700-5000 *
Température de fonctionnement	250 – 400 °C	450 – 1000 °C	600 – 1200 °C	500 – 1200 °C
Coût des « capteurs » (€/m ²)	210 - 250	140 - 220	~800	140 - 300
Investissement (€/W _e)	2,8 – 3,5	3 - 4	7 - 14	2 – 5
Efficacité annuelle de conversion solaire-électricité (%)	14%	15%	17%	17% *

source CNRS

(* = Estimated values)

Heat2power comble le trou entre Stirling-parabole et tour de puissance traditionnelle (0,1 – 10 MW)

Pourquoi le CSP est-il important ?

- Terre peu onéreuses sont largement disponible
- Distances pour transporter l'énergie produite jusqu'aux marchés sont acceptables

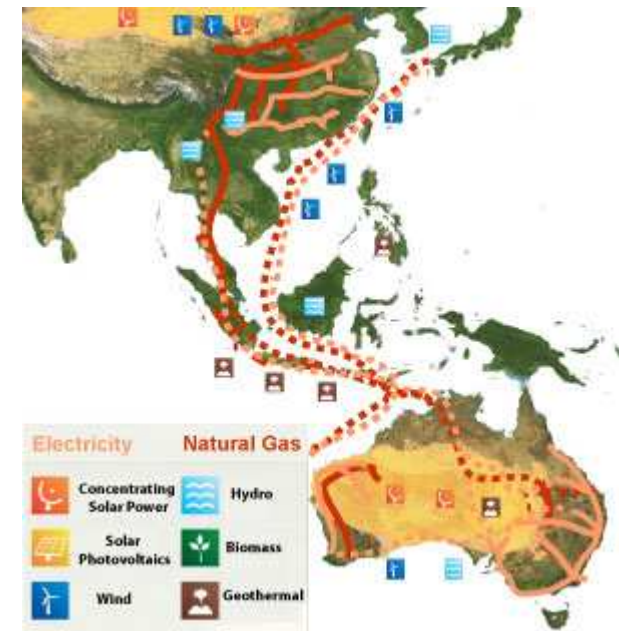
Desertec :

72 Milliards € pour transporter l'électricité du MENA à l'Europe:

Lignes HVDC



Les projets solaires sont devenus de parties intégrales des grandes infrastructures d'énergie comme le sont Desertec et le "Pan-Asian Energy Infrastructure"



Lignes HVDC :

Faibles pertes sur longues distances

Conclusion :

- CSP est une technologie bientôt mature : Miroirs, systèmes de tracking, récepteur solaires EXISTENT (mais vont encore baisser en coût)
- CSP est largement accepté comme (une des) principales technologies du futur de notre alimentation énergétique
- Surfaces terrestres pour installer puissance requise en abondance
- Distances d'acheminement de l'énergie produite sont acceptables

**Le CSP a tout pour remplacer l'énergie fossile
pour la puissance de base des réseaux**

La place de heat2power dans le marché

Aujourd'hui le marché du CSP est réparti en deux groupes

- 2-50 kW avec des moteurs Stirling
- 10 MW et plus avec des turbines à vapeur

Il n'existe pas d'alternative efficace entre ces deux plages de puissance pour le moment, par exemple basé sur de petites tours de puissance.

Heat2power viendrait combler ce trou et répondrait à une demande du marché, surtout dans les pays en développement.

heat2power développe des partenariats pour arriver à une offre produit sur différentes plages de puissance.



**Croire dans un monde meilleur n'a que du sens
si nous contribuons à sa construction**

Merci de votre attention

h e a t 2 p o w e r , 7 Rue Adolphe Focillon, 75014 Paris
Phone +33 9 51 74 72 68

Randolph Toom : +33 6 11 03 41 27 - r.toom@heat2power.net
www.heat2power.net

Les pages suivantes contiennent des informations
supplémentaires relatives aux questions potentielles.

Elle ne font pas partie de la présentation



Dish – Stirling systems

Developed by SBP/SOLO et SES ; 10 et 25 kWe

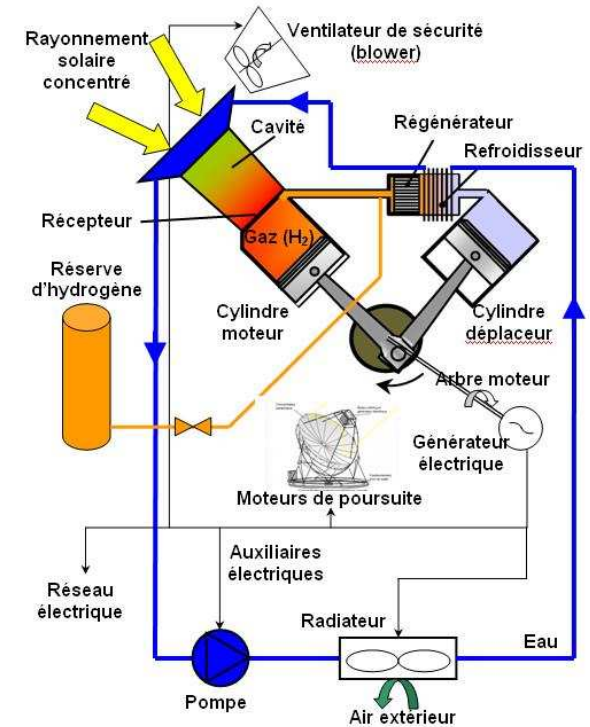
Efficiency: 20 - 25%

Program ENVIRODISH
 BMU (All.) + 7 Users
 1 unit installed at PROMES
 CNRS Odeillo
 -Reliability testing
 -Demonstration

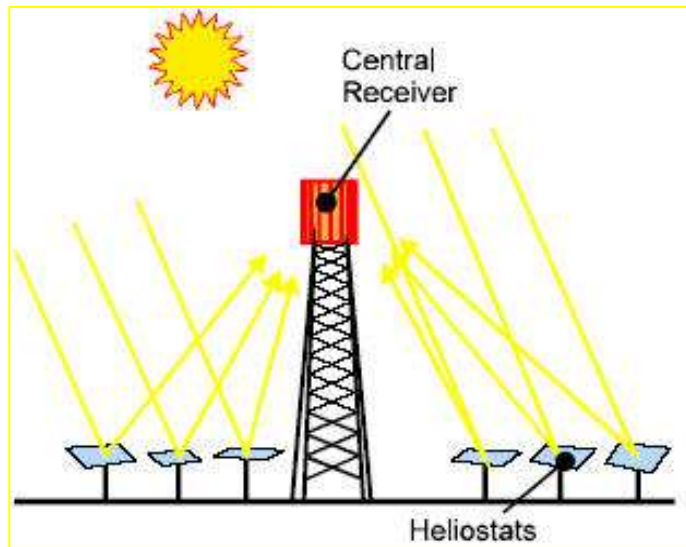
Concentrating dish
 Diameter: 8,5 m
 Surface : 56,7 m²
 Thermal power: 55 kW

Stirling engine (heat engine)
 Sun is energy source = no combustion
 Electric power : 9,8 kW

Working gas : hydrogen
 Nominal efficiency: 38 %

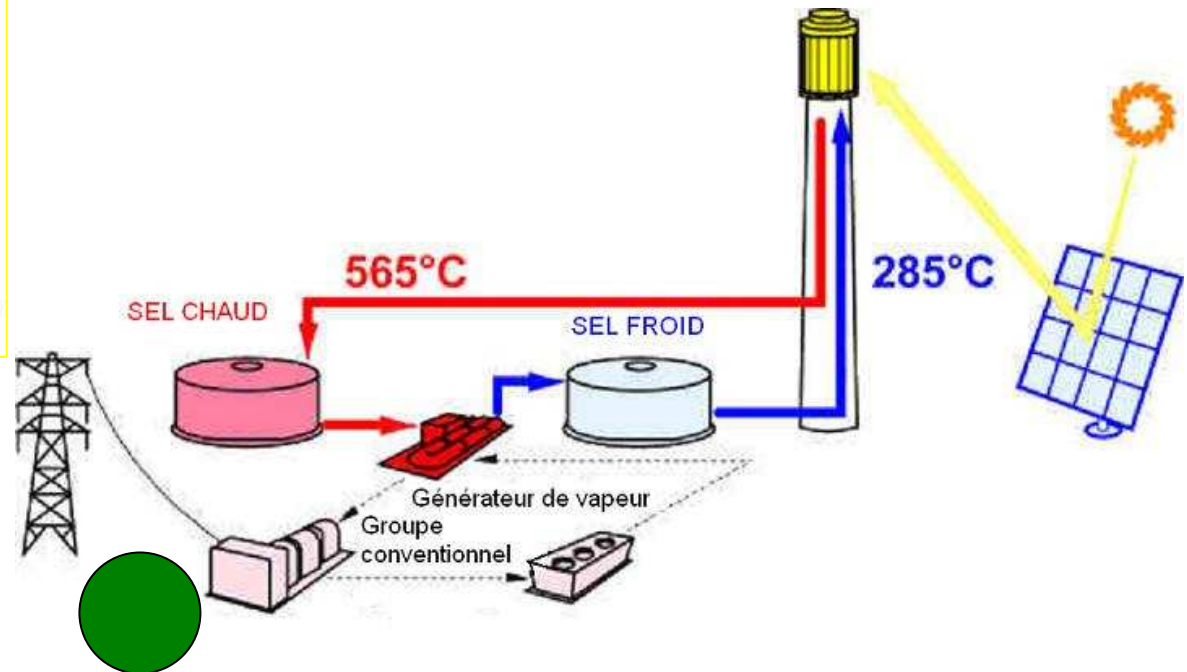


Existing CSP technologies



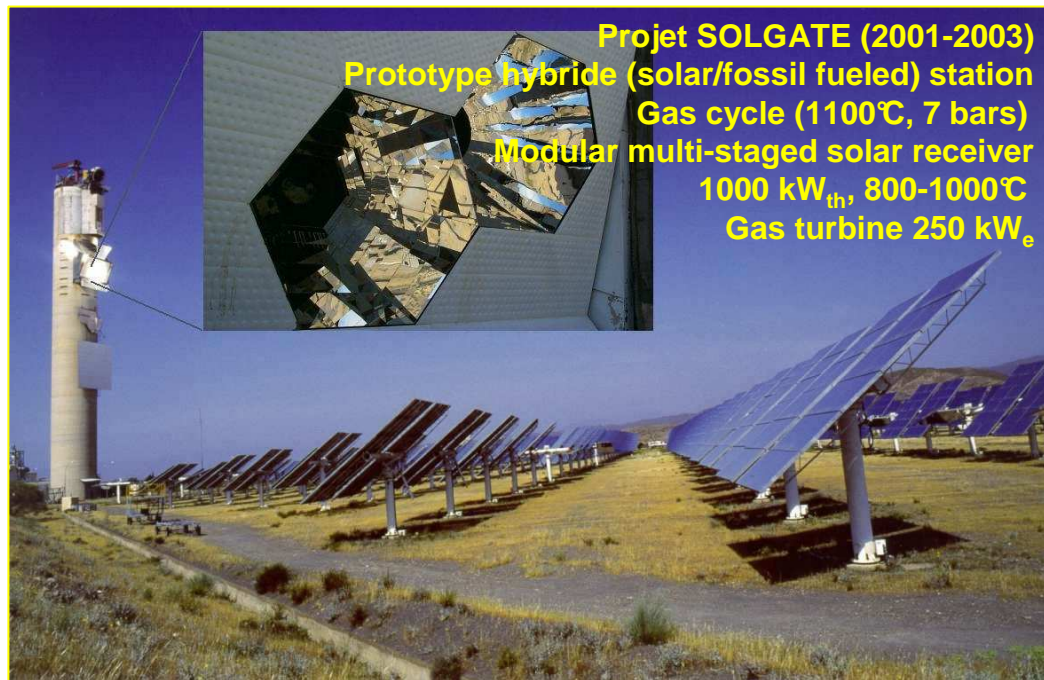
Power towers

Production of HT heat with heat carrying fluid, molten salts, water/steam, air (gas)



Power towers

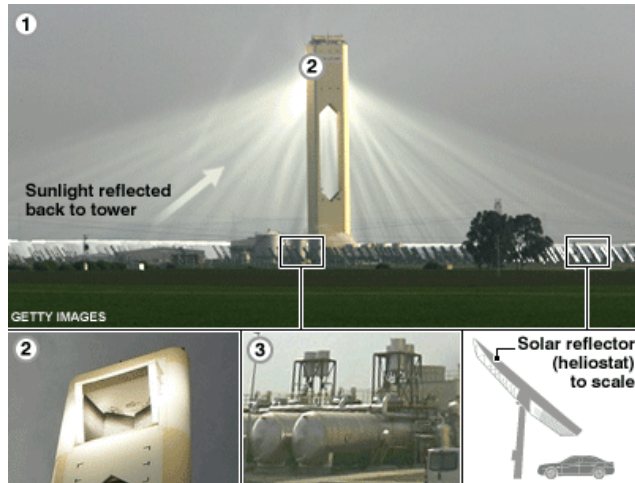
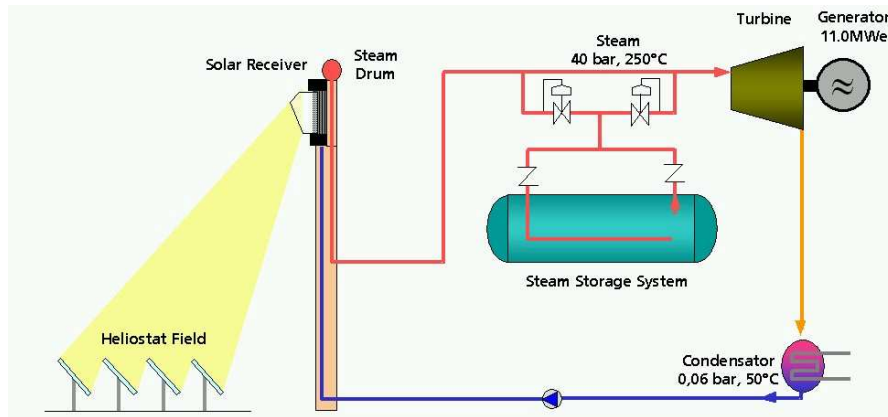
Production of High Temperature heat with heat carrying fluid, molten salts, water/steam, air (gas)



Solar Two (Barstow, California, 1997-2000)
85000 m²
Molten salt, Rankine Cycle 12,4 MWe



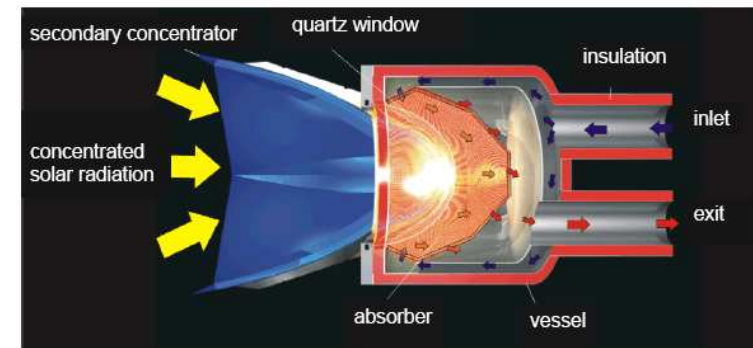
PS10: First commercial Power Tower, 11 MWe



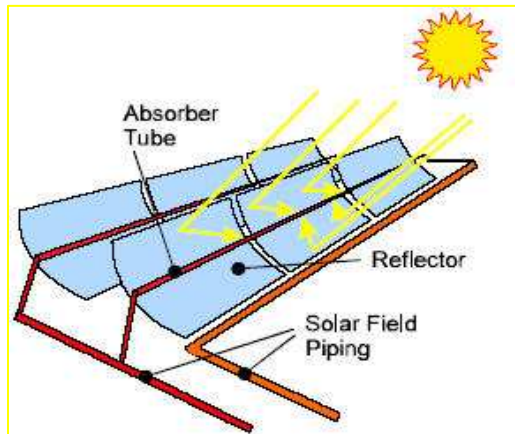
Solar receivers

Principle of transforming sunlight into power for an engine :

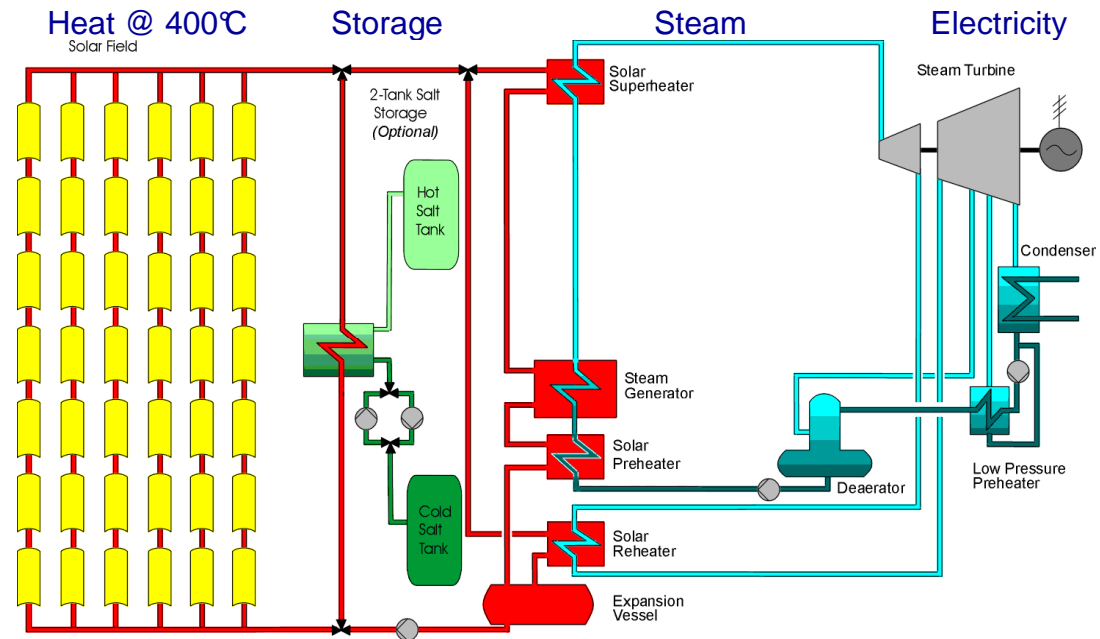
- Solar Receiver receives sunlight from many heliostats
- The light heats up ceramic elements
- Ceramic elements transfer heat to air passing through under high pressure
- Energy input for engine is in isobaric expansion
- Stand-alone units with small to medium power economically viable : Easily providing electricity to villages off the grid will develop rural communities.
- Technology easy to maintenance
- Reasonable cost with rapid amortization



Trough (cylindro-parabolic) CSP stations



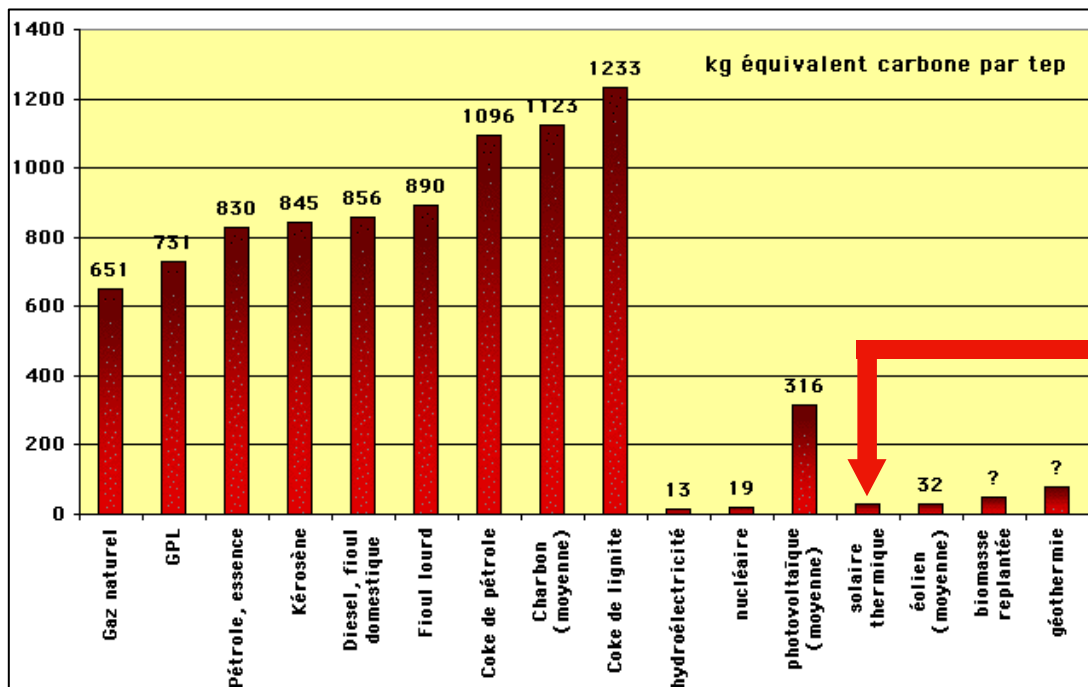
Production of heat at 250-400°C with oil as heat carrying fluid, water/steam



Solar power potential

CONCENTRATED SOLAR POWER FOR THE PRODUCTION OF ELECTRICITY AND HYDROGEN: SITUATION AND PERSPECTIVES

Fully compliant with Politics to reduce CO2 emissions



Energy source	Emission CO ₂ [kg CO ₂ /MWhe]
Coal	900
Gas C-C	400
Photovoltaics	100
Solar Thermo-dynamic	<20
Nuclear	6
Hydraulic	4

- Energy ROI : 5 months
- Components are recyclable
- Job creation: 1 MW_e installed = 2 direct jobs created

Projected energy cost with CSP

Type	Trough		Central receiver			Hydride solar/TAG	Dish-Stirling
Heat carrying fluid	Oil	Vapor	Molten salts	Saturated vapor	Air 1 atm	Pressurized air	H ₂ , He
Example	Andasol	Inditep	Solar II	PS10	Solar	Solgate	EuroDish
Size of reference system	50 MWe	47 MWe	51 MWe	55 MWe	50 MWe	58,7 MWe	72 MWe
Storage (h)	2-tank molten salt, 3 h	-	2-tank molten salt, 3 h	Buffer tank water/vapor, 40'	Ceramics, 3 h	-	-
Investment (€/kWe):	3530	2840	3470	3019	3989	1622	8035
- Solar field	51%	64%	36%	38%	35%	22%	38%
- Tower	-	-	3%	5%	5%	8%	-
- Receiver	-	-	15%	14%	13%	11%	7%
- Storage	8%	-	3%	4%	13%	-	-
- Groupe GTA	22%	17%	24%	20%	15%	39%	37%
- Indirect costs	19%	19%	19%	19%	19%	20%	17%
Capacity factor	29%	22%	33%	26%	33%	55%	22%
Solar fraction	100%	100%	100%	100%	100%	19%	100%
Cycle (efficiency)	Rankine (37,5%)	Rankine (26%)	Rankine (38%)	Rankine (30%)	Rankine (34%)	Brayton (44,7%)	Stirling (38%)
Annual solar-electr. effic.	14%	9,9%	16%	13,6%	13,5%	19,1%	16,7%
LEC solar (€/kWe)	0,172	0,187	0,155	0,168	0,179	0,139	0,193
Impact of innovations	13 - 29%	23 - 38%	11 - 25%	21 - 33%	25 - 37%	17 - 28%	55-66%
LEC solar 2015 (€/kWe)	0,12-0,15	0,11-0,14	0,12-0,14	0,11-0,13	0,11-0,14	0,093-0,115	0,065-0,09

Heat2power expects to get below cost of Central receiver and Dish-Stirling