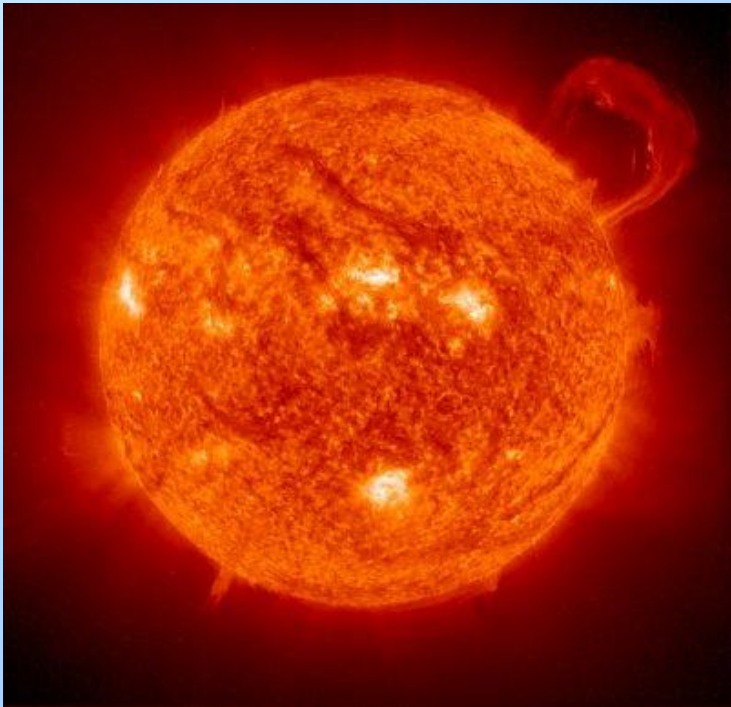


Technologie héliostats et tours solaires

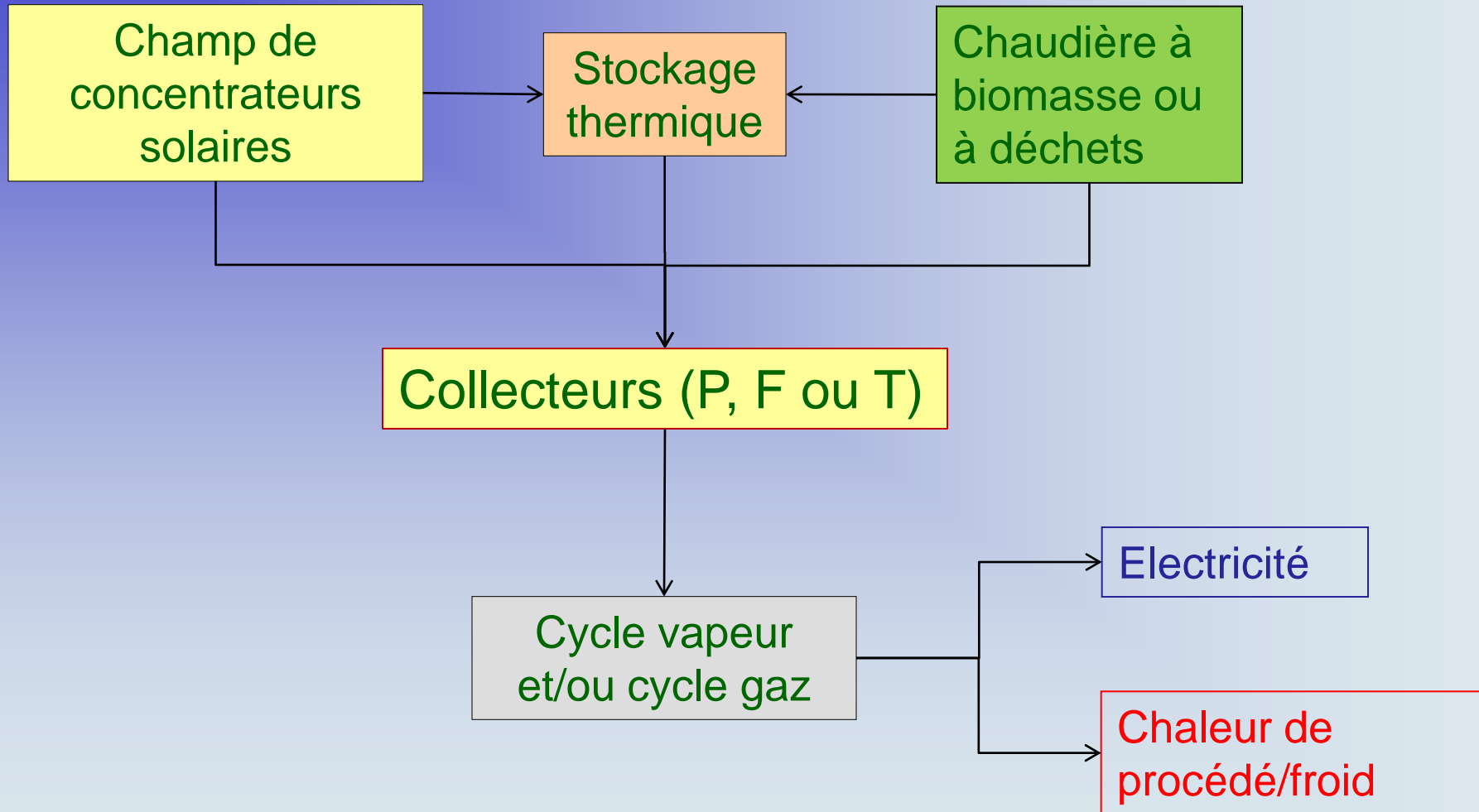


Jean-Bernard Michel, Dr. Ing. en
énergétique

Professeur, Haute Ecole Spécialisée de
Suisse Occidentale

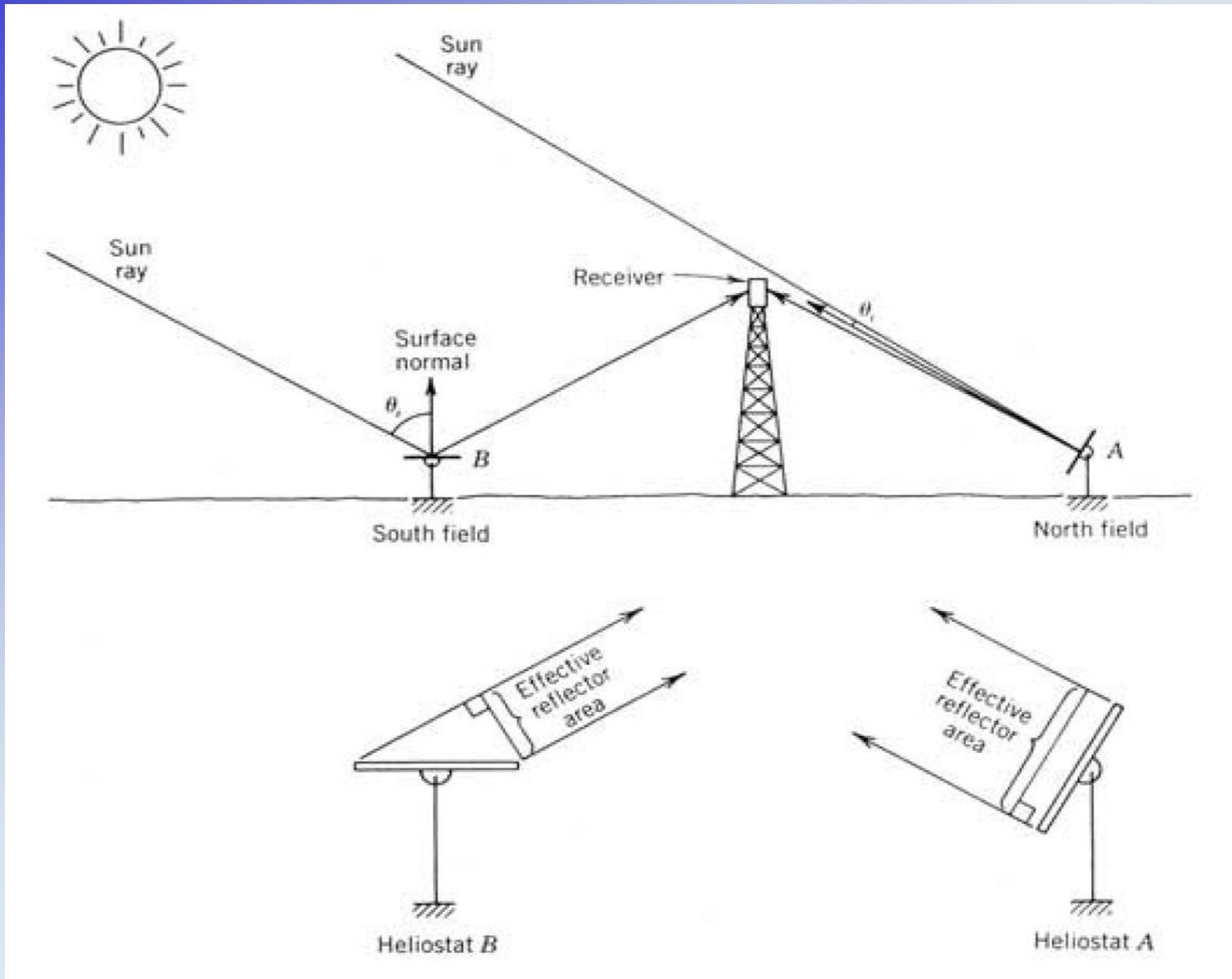
Institut de Génie Thermique

Multiples configurations possibles

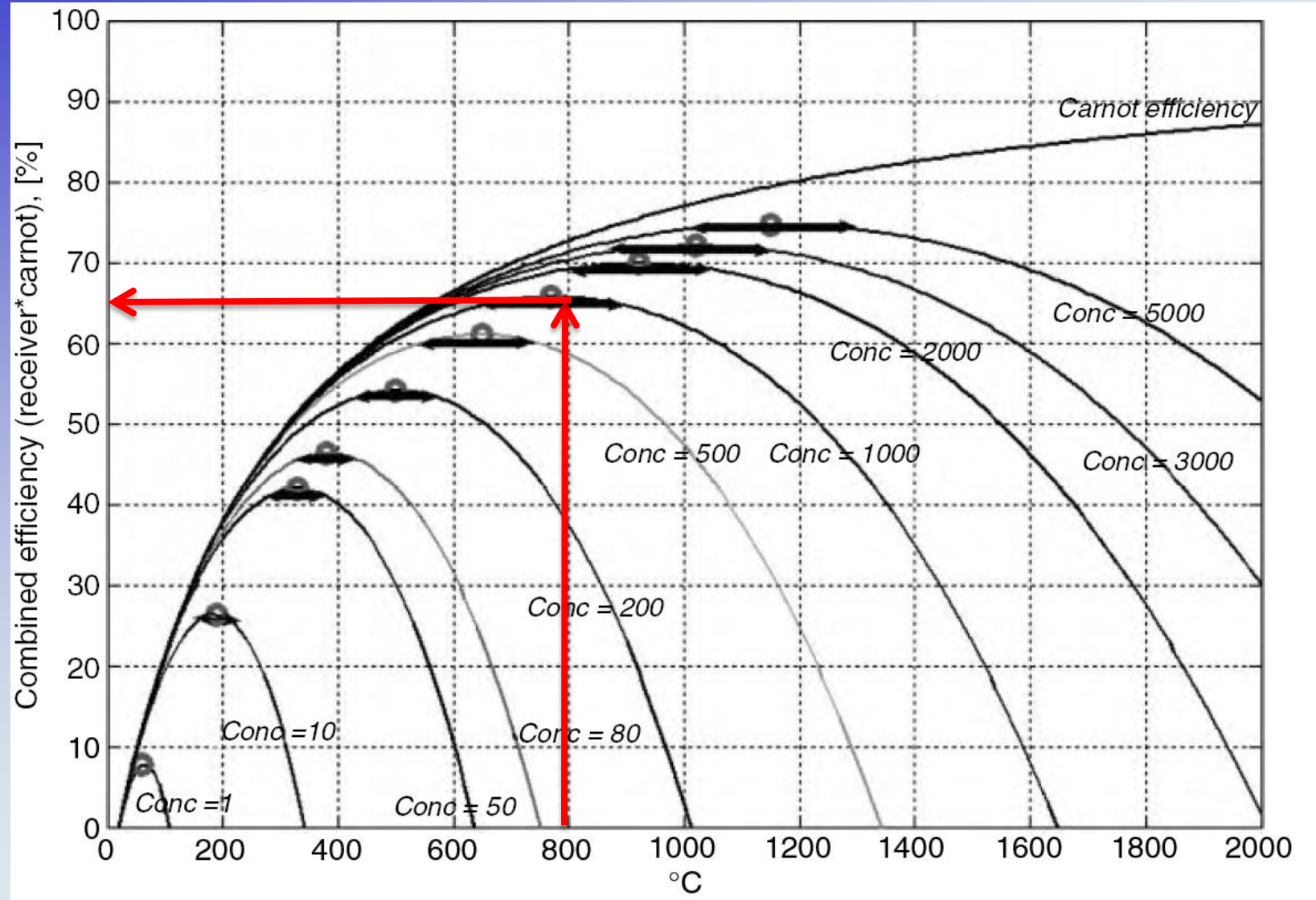




Position et largeur du champ



Rendement théorique du concentrateur idéal

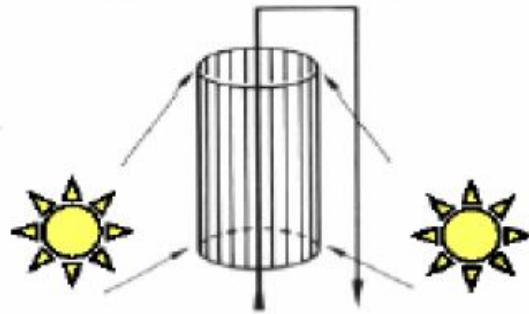


Facteurs de concentration des héliostats

- Le grand facteur de concentration permet de conserver la qualité de l'énergie solaire : $C_g > 1000$, $T_{\max} = 800^\circ\text{C}$
Ex: Planta Solar 20 (PS20), Andalousie
- $\eta_{\text{carnot}} = 70\%$
- Nécessité de disposer d'absorbeurs à haute température pour augmenter le rendement de conversion: vapeur surchauffée (540°C), sels fondus (560°C), air ($700\text{-}1000^\circ\text{C}$)

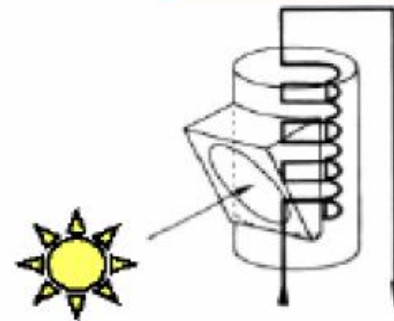
Types de tours

External



Working fluid

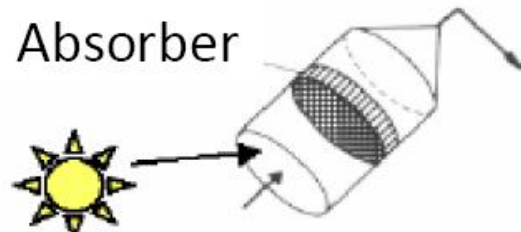
Cavity



Working fluid

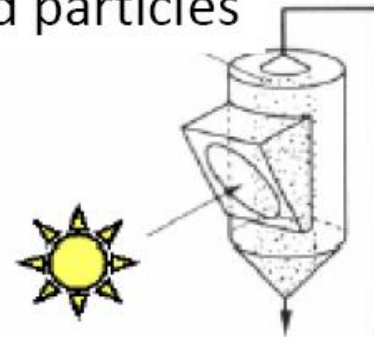
Volumetric

(Fluidized bed)



Air intake

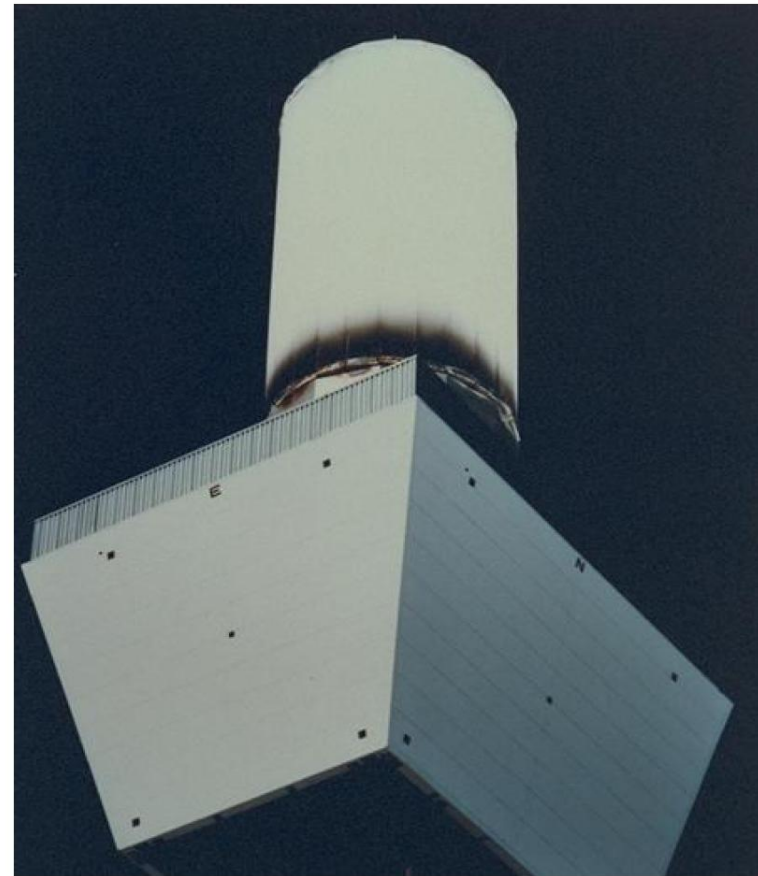
Solid particles



Recepteur à cavité et sels fondus de 4,5 MWth



Récepteurs externes cylindriques



Vue du cylindre externe

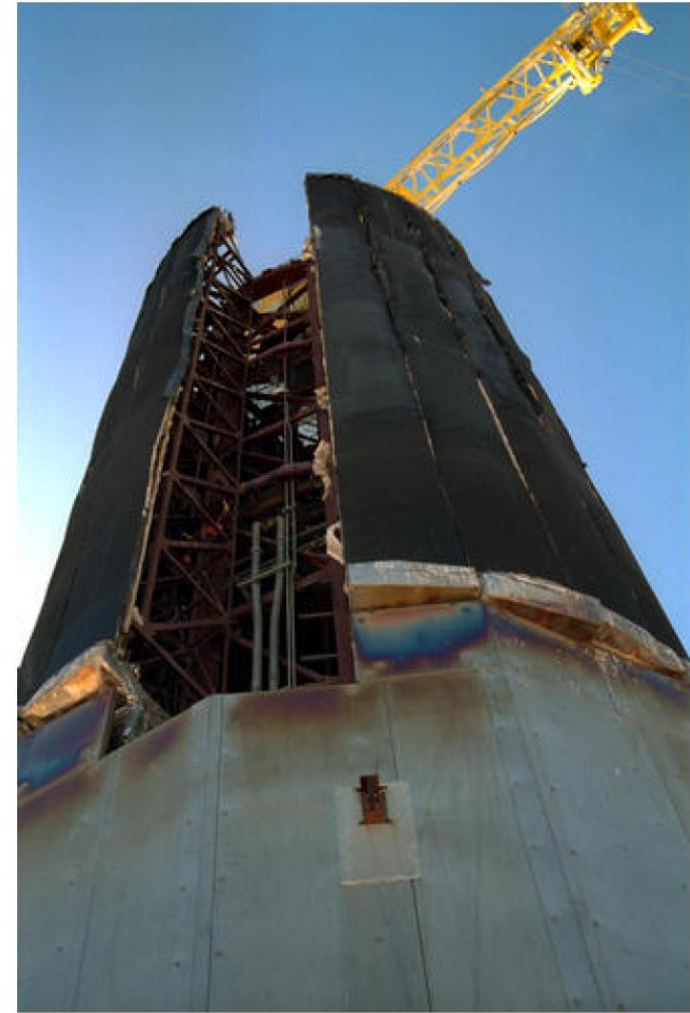
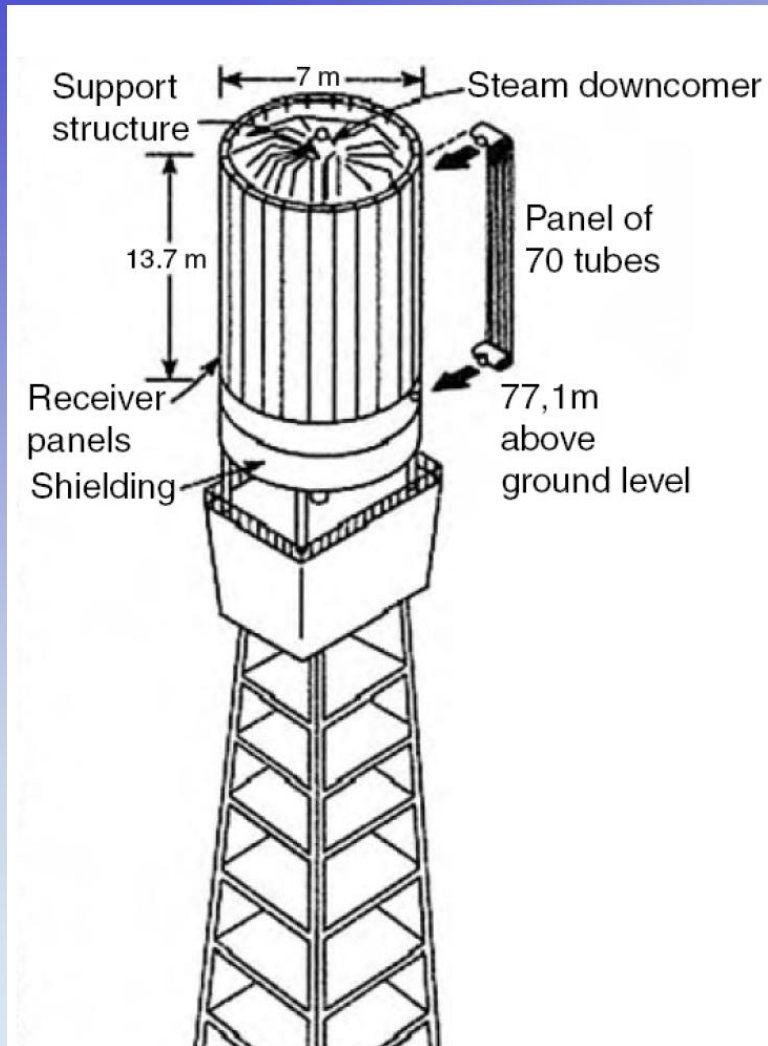
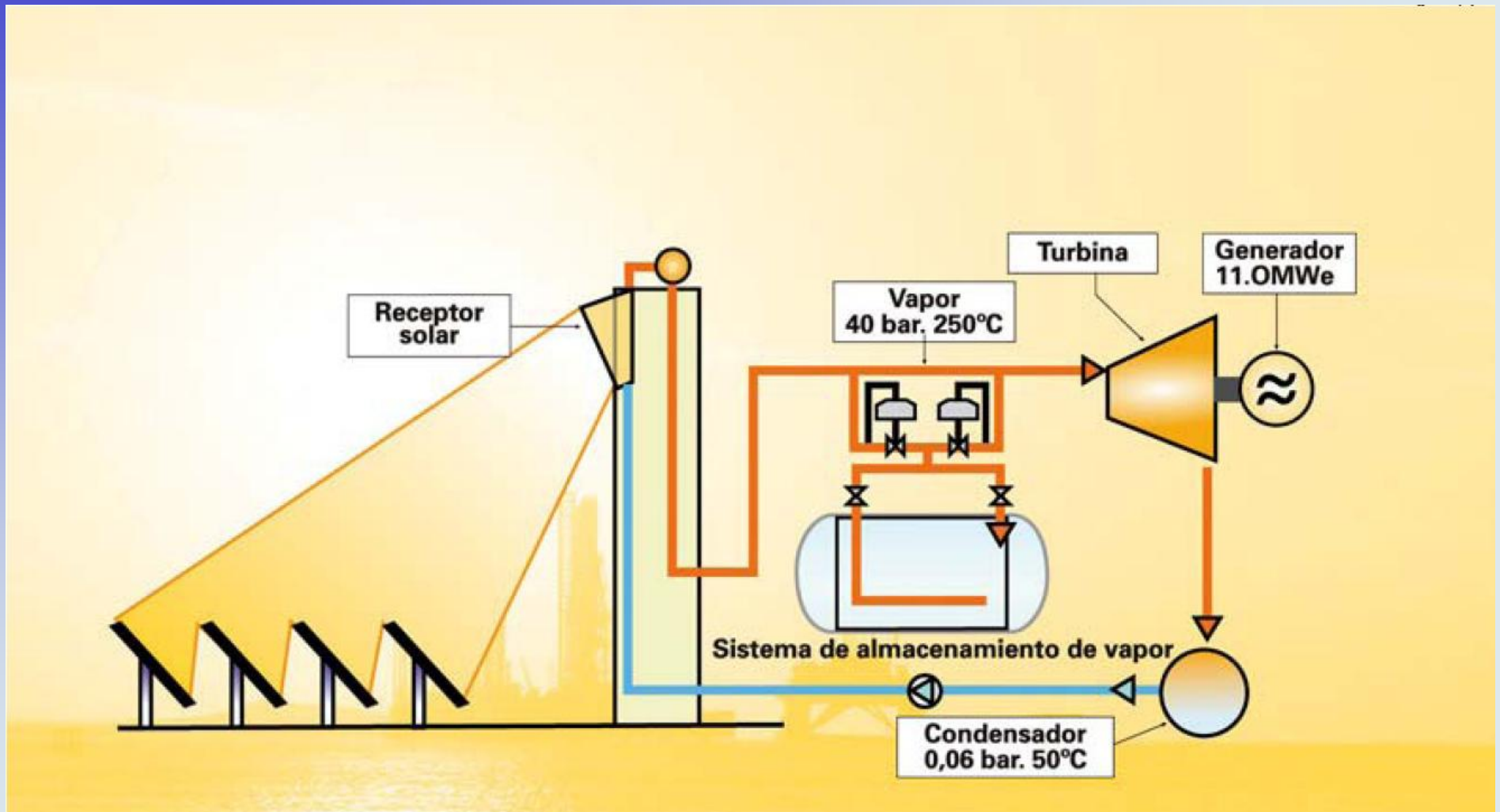
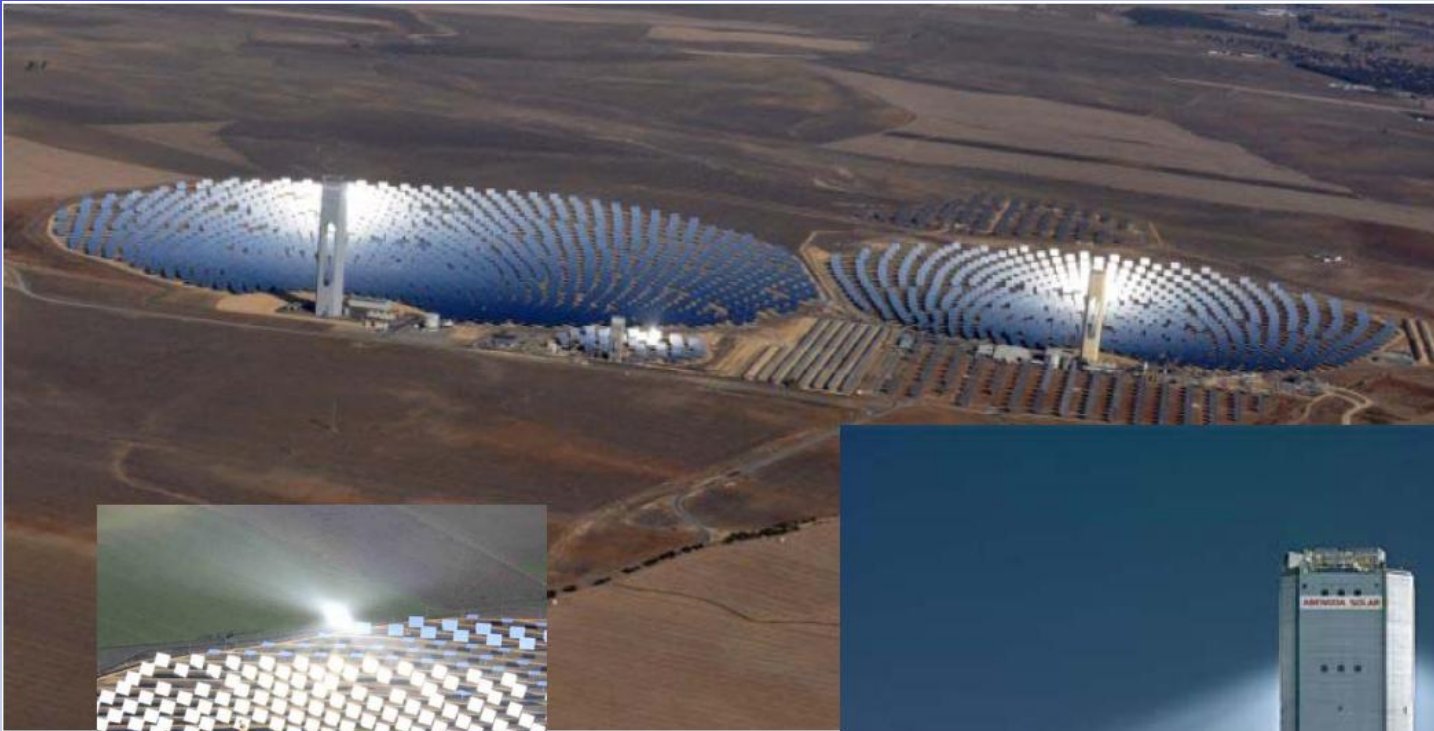


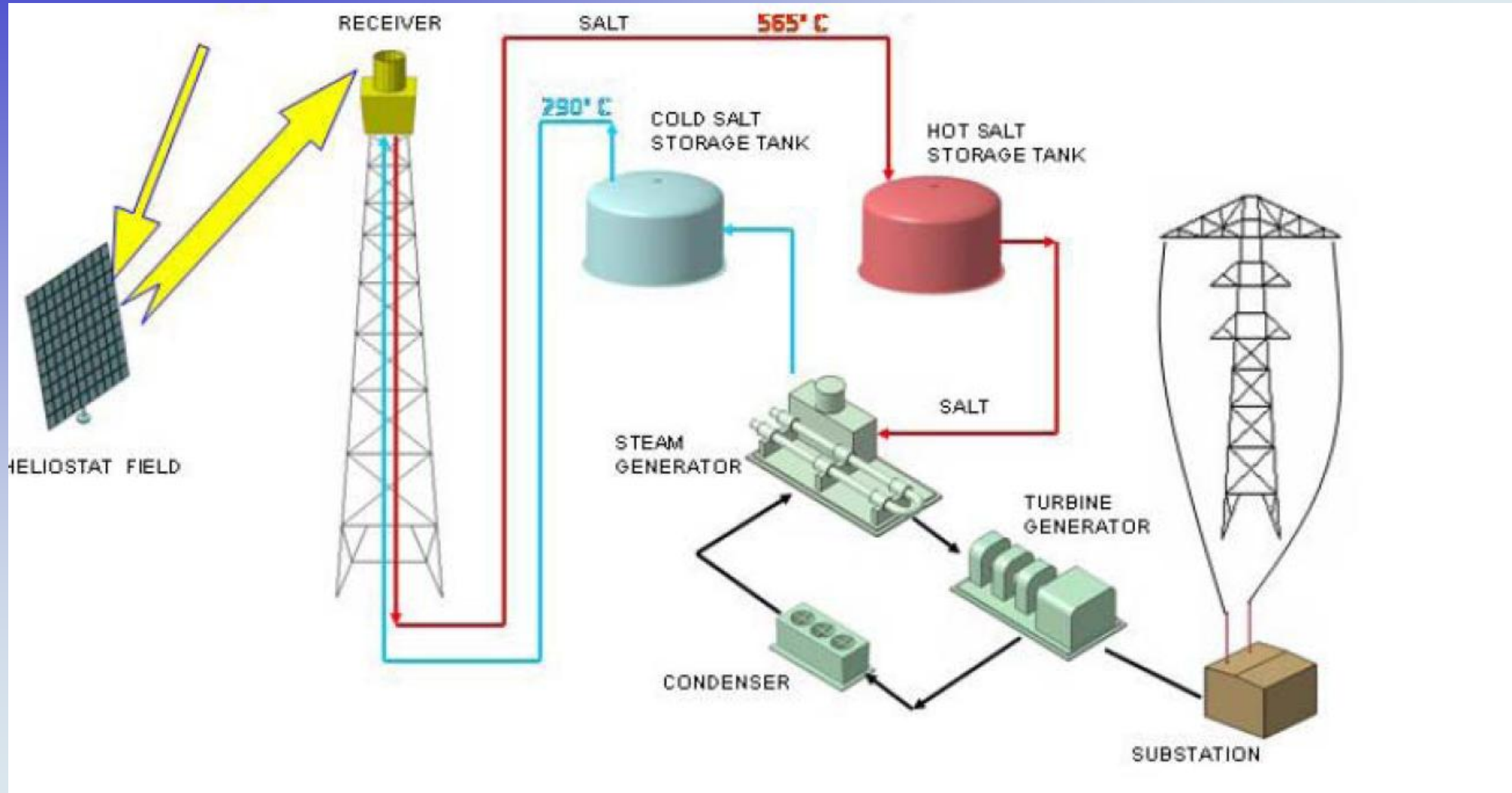
Schéma de principe (PS10)



PS10 et PS20 (Espagne)



GEMA Solar: Tour avec sels fondus



GEMA Solar (Espagne)



GEMA Solar - Caractéristiques

Design Data	
Total Reflective Area	285.200 m²
Number of heliostats	2480
Total Area covered by Heliostat Field	142.31 Ha
Thermal output of the Receiver	120 MWt
Tower height	120 m
Heat Storage Capacity (equivalent to turbine operation)	15 hours
Steam Turbine power	17 MWe
Natural Gas Thermal Power	16 MWt
Projected Operative Figures	
Direct solar radiation over Heliostats	2062 kWh/m²
Annual Energy sales	96.400 MWhe
Contribution of Natural Gas	15%
Capacity utilization	65 %
CO2 savings	23.000 – 85.000 t/y

Héliostats – Pour et Contre

Pour:

- Atteinte de températures élevées → rendement élevé
- Intégration industrielle: disponibilité de la plupart des composants
- Nombreuses options technologiques
- Démonstration technique établie
- Options de stockage thermique multiples
- Grand potentiel de réduction des coûts et d'augmentation du rendement.

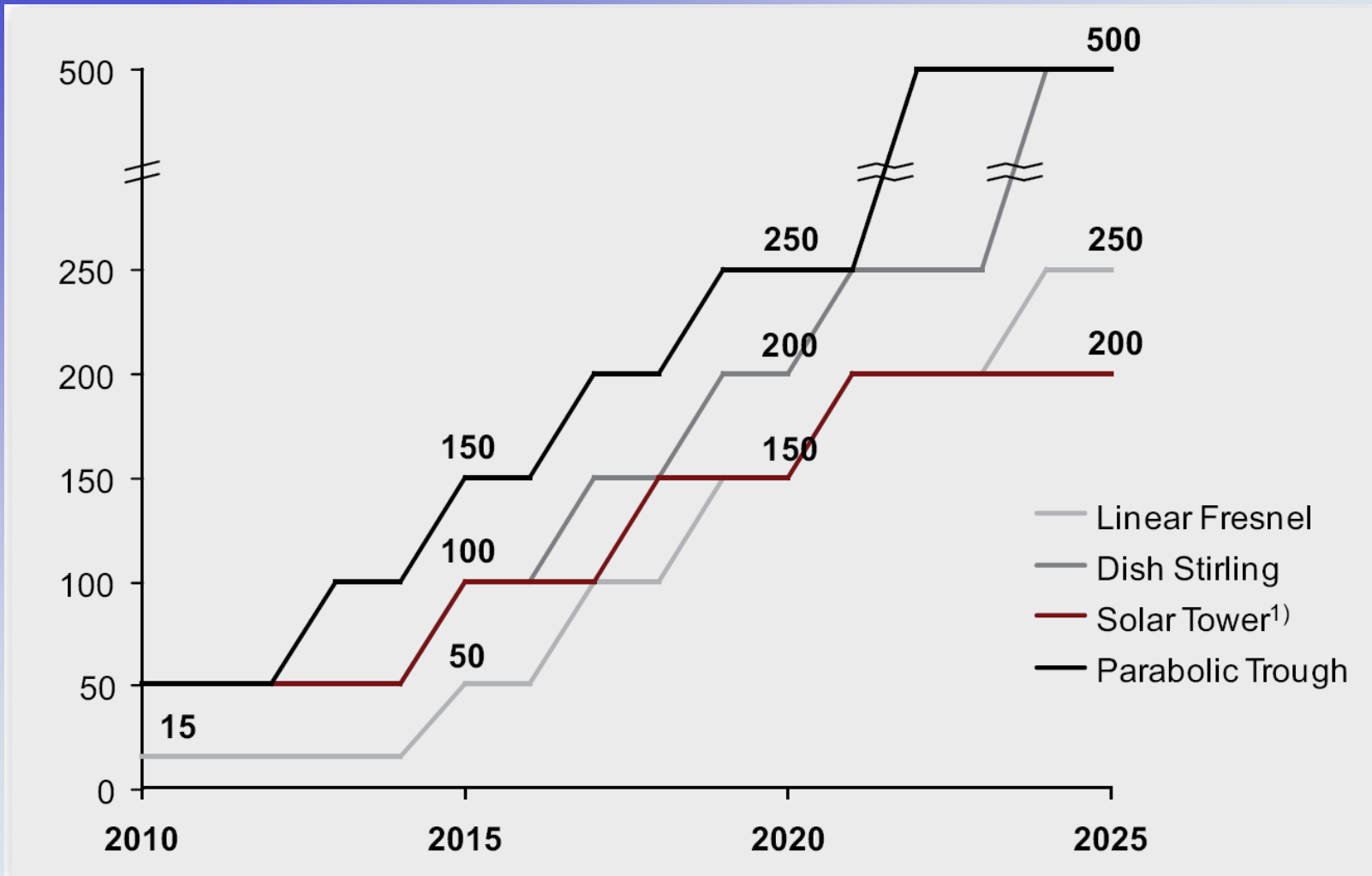
Contre:

- Complexité
- Peu d'expérience commerciale, maturité

Liste des projets: réalisés, en construction, en projet

- Total en fonctionnement (2010): 940 MW (USA, Espagne etc.)
- En construction: 1934 MW (USA, Espagne)
 - 370 MW - Ivanpah Solar Power Facility (californie) le plus grand projet CSTC en construction – Tour
 - Espagne: 26 centrales , 50 à 100 MW, Paraboliques, ENV. 1000 MW prévus pour fin 2010
- Annoncés 13.9 GW USA: 9'600, Maroc: 2'000, Chine; 2'000, Espagne: 1'080, Autres: 2'800

Projections de scale-up



Seules les mono-tours ont été considérées avec limite à 200MW

Source: A.T. Kearney projections basées sur interviews avec CENER; et équipe ESTELA

Besoins de Ra&D

- Composants:

- Augmenter la réflectivité des miroirs
- Diminuer les pertes des collecteurs/absorbeurs linéaires (en $\epsilon\sigma T^4$)
 - Revêtements à faible émissivité dans l'infrarouge
- Développer des absorbeurs à air à haute température pour les tours
- Nouveaux fluides de transfert
- Nouveaux matériaux de stockage (sels, réfractaires, milieux poreux...)
- Revêtements autonettoyants (nanostructures)

- Systèmes

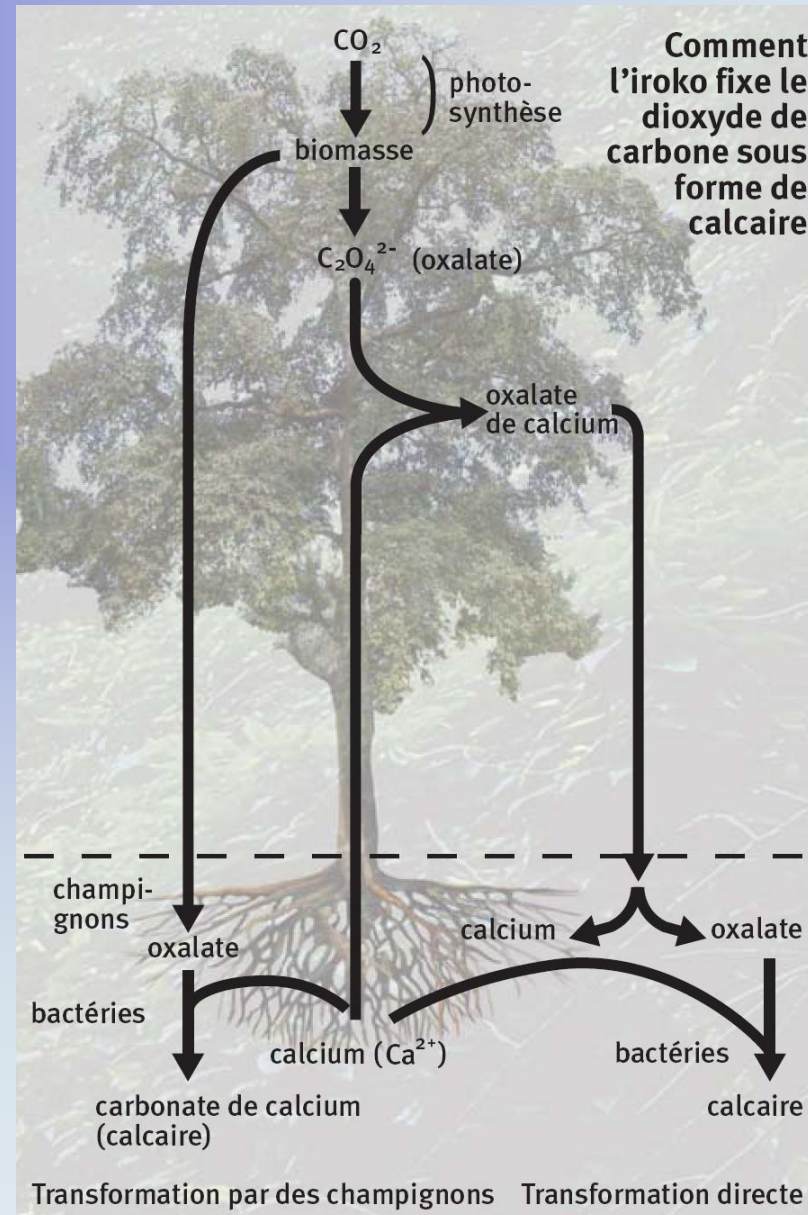
- Méthodes et techniques de suivi et régulation (par ex. prédictive)
- Techniques de stockage alternatives pour conserver la qualité de l'énergie: H₂, Méthanol,...
- Moteurs et cycles Stirling
- Hybridation avec biomasse et cycles combinés
- Dessalement

Reforestation et stockage du CO₂

L'activité d'un iroko compense l'augmentation annuelle du CO₂ atmosphérique observée dans 5 millions de mètres cubes d'air.

Condition: PH > 8,4

Uni. de Neuchâtel



Sources

- MED-CSP: “Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region” Final Report by German Aerospace Center (DLR), 16-04-05
- Manuel Silva, CSP Webinar, Leonardo Energy (2010) www.leonardo-energy.org/node/5840
- R. Sioshansi, P. Denholm, “The Value of Concentrating Solar Power and Thermal Energy Storage” National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL-TP-6A2-45833 February 2010
- A.T. Kerney, “Solar Thermal Electricity 2025 - Clean electricity on demand: attractive STE cost stabilize energy production”, Juin 2010
- Technology Roadmap, Concentrating Solar Power, AIE
- Concentrating solar power: its potential contribution to a sustainable energy future, EASAC policy report 16, Nov. 2011, ISBN: 978-3-8047-2944-5
www.easac.eu