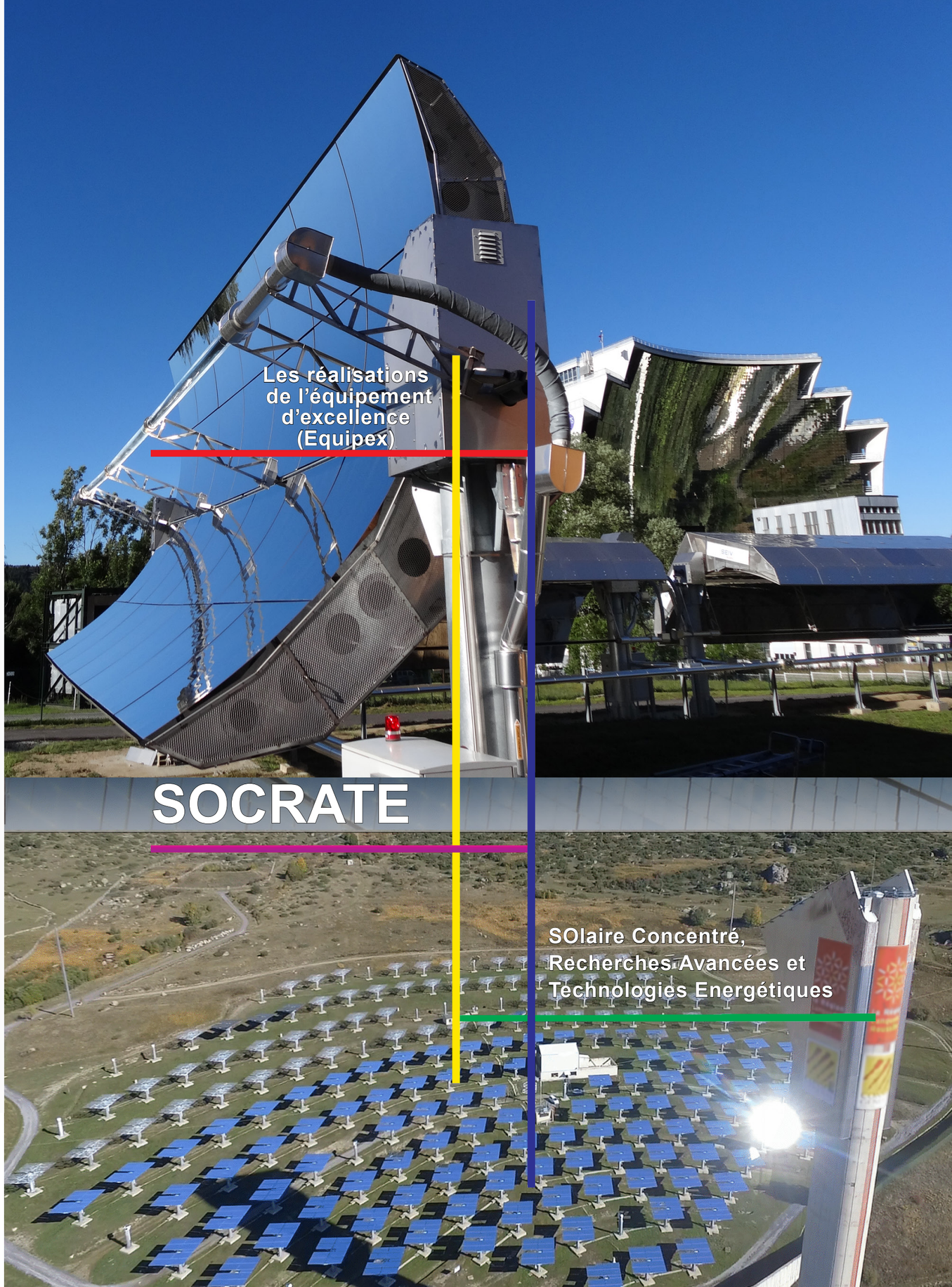
L'équipement d'excellence SOCRATE

L'équipement d'excellence (Equipex) SOCRATE -**SO**laire **C**oncentré, **R**echerches **A**vancées et **T**echnologies **E**nergétiques-, projet financé par les investissements d'avenir (contrat ANR-10-EQPX-49-SOCRATE) et les fonds européens FEDER, réunit les grandes installations françaises de recherche dans le domaine de la concentration du rayonnement solaire situées à Odeillo-Font Romeu (Four solaire) et à Targasonne (Thémis) afin d'améliorer les performances de ces systèmes, de proposer aux chercheurs des moyens expérimentaux uniques et accroître ainsi l'offre technologique française.
Cet ensemble constitue l'infrastructure de recherche FR-SOLARIS.

SOCRATE a permis en particulier
(1) la construction de la microcentrale solaire « MicroSol-R »,
(2) la mise en place d'un laboratoire spécialisé dans la mesure des propriétés des matériaux solaires (plateforme PROMATSOL),
(3) l'amélioration des performances du four solaire de 1 MW du CNRS à Odeillo-Font Romeu (66)
et (4) l'aménagement de la centrale à tour Thémis de 5 MW à Targasonne (66).

Les équipements de SOCRATE sont accessibles aux centres de recherche publics et industriels afin de développer des projets collaboratifs et de réaliser des essais dans les domaines des matériaux à hautes températures, des propriétés optiques des matériaux solaires, des fluides de transfert pour centrales solaires thermiques, des récepteurs solaires innovants, du stockage thermique, de l'intégration des composants et des outils de simulation numérique des systèmes à concentration.

Site web : http://www.equipex-socrate.fr/
Contact : gilles.flamant@promes.cnrs.fr



La microcentrale solaire pour la recherche MicroSol-R

La microcentrale « MicroSol-R » (*Figure 1)* est destinée à faire des recherches sur les composants des centrales solaires de petite et moyenne puissance, le stockage en particulier, et sur la poly-génération d'électricité, de chaleur, de froid et d'eau douce ; à former des étudiants dans le domaine du solaire à concentration ; et à développer le savoir-faire de l'industrie française.

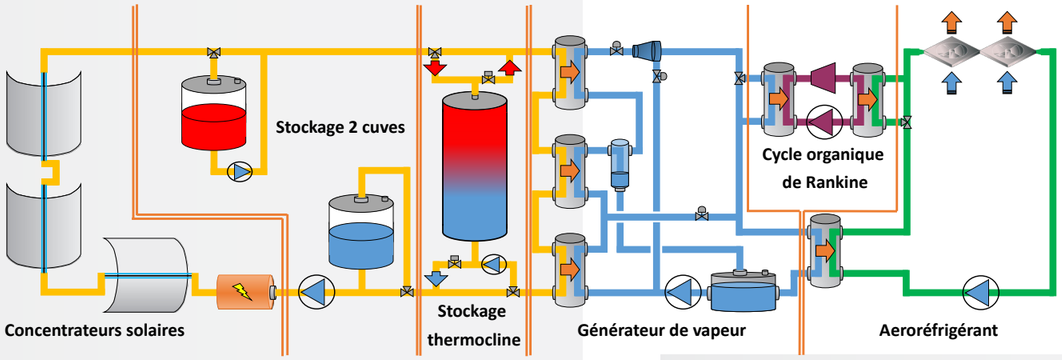


Figure 1. Schéma du pilote MicroSol-R
Il est constitué de cinq sous-ensembles assurant les fonctions suivantes :
(1) captation de l'énergie solaire (concentrateurs), (2) stockage de la chaleur, (3) production de vapeur, (4) génération d'électricité (turbine ORC) et (5) boucle de refroidissement (aéro-réfrigérant).

Le concentrateur solaire est constitué de trois modules cylindro-paraboliques longs de 12 mètres chacun et de 5.7 m d'ouverture *(Figure 2)*. Un des modules est orienté Nord-Sud, les deux autres sont orientés Est-Ouest, ceci afin d'avoir une production optimisée en fonction de la position du soleil dans le ciel et donc de la saison.
Les températures de fonctionnement visées sont de 220°C en entrée de champ solaire et de 300°C à 330°C en sortie de champ solaire.
MicroSol-R est équipée de deux technologies de stockage thermique distinctes. Un stockage fonctionnant avec deux cuves (une cuve froide et une cuve chaude) et l'autre uniquement avec une cuve de type thermocline dont l'intérêt est de stocker en une même cuve le fluide froid et le fluide chaud. L'objectif est de réduire le coût du stockage. La cuve thermocline est remplie à 50% d'un lit de roche ou d'un matériau issu du recyclage de déchets minéraux qui sert de matériau de stockage à bas coût.

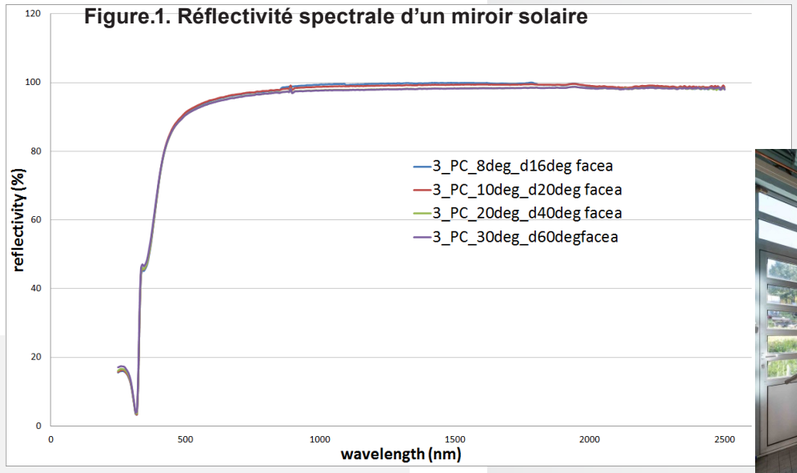
La boucle huile transmet ses calories à un circuit eau/vapeur grâce à trois échangeurs (préchauffeur, vaporisateur, surchauffeur) qui est équipé d'un désurchauffeur venturi dans le but de simuler thermodynamiquement une turbine à vapeur *(Figure 3).* La production d'électricité est assurée par une microturbine de 15 kW installée sur le circuit vapeur. Cette unité de production met en œuvre un cycle organique de Rankine (ORC) valorisant la chaleur à 160°C.

Figure 2 : Les concentrateurs solaires

Figure 3 : Les échangeurs huile / eau

La plateforme de caractérisation des propriétés des matériaux solaires PROMATSOL

Lorsque des matériaux sont soumis au rayonnement solaire, leur équilibre thermique (la température) dépend de leurs propriétés d'absorption du rayonnement dans le spectre du soleil et de leurs propriétés d'émission dans l'infrarouge. Ces propriétés varient avec la longueur d'onde, la température et la direction d'observation. Pour les concentrateurs solaires (miroirs), la propriété pertinente est la réflectivité spectrale directionnelle *(Figure 1).*



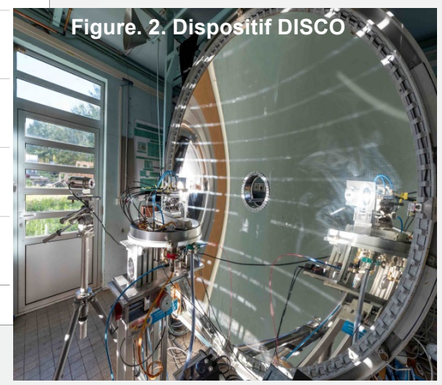


Figure. 2. Dispositif DISCO

Enfin, en ce qui concerne les matériaux de stockage, la conductivité thermique est une propriété déterminante pour les performances des systèmes.
La plateforme PROMATSOL a été conçue pour répondre à ces besoins de caractérisation.

Propriétés optiques des matériaux solaires
Le spectrophotomètre UV/Vis Lambda 950 (Perkin Elmer), gamme 250 nm à 2500 nm, mesure :
-la réflexion totale spéculaire et diffuse ;
-la réflexion spéculaire et diffuse en fonction de l'angle d'incidence ;
-la transmission directe totale, normale et diffuse en fonction de l'angle d'incidence.
Le réflectomètre SOC 100HDR est associé à un spectromètre Thermo-Electron (Nicolet 6700), gammes 2 µm à 25 µm et 10° à 80°, il permet la mesure de la réflectivité hémisphérique normale et directionnelle, à partir de laquelle on peut déterminer l'émissivité et l'absorptivité de l'échantillon jusqu'à 500°C.
Le SMS CASI permet de mesurer les angles de diffusion d'un rayon réfléchi. On peut ainsi obtenir la distribution angulaire du rayonnement réfléchi avec une résolution de 0.001° et une incertitude de 0.05°.
DISCO est un moyen unique développé par PROMES de mesure de la distribution angulaire du rayonnement réfléchi à haute température sous flux solaire *(Figure 2).*

Propriétés thermiques des matériaux de stockage de la chaleur
Le Laserflash NetzschLFA457 permet de mesurer la diffusivité thermique de matériaux en absolu depuis la température ambiante jusqu'à 1100°C. La conductivité thermique peut être obtenue grâce à la connaissance de la masse volumique et de la chaleur spécifique.

Banc d'étalonnage de pyromètres optiques
Le banc d'étalonnage comprend 3 corps noirs couvrant la gamme de températures de 250°C à 2500°C régulés.
Les températures de référence sont données à l'aide de 2 pyromètres étalons.