

Introduction

Gilles FLAMANT

PROMES, CNRS, Font-Romeu-Odeillo-Via, France

Pourquoi un livre sur le solaire à concentration ?

Les énergies renouvelables occupent une place importante, voire dominante, dans la stratégie énergétique à moyen et long terme de la plupart des pays. Ce contexte engage à considérer avec attention toutes les solutions qui peuvent contribuer à l'émergence d'un monde décarboné. Le pays du déploiement massif du nucléaire, la France, est aussi celui qui a mené des recherches pionnières dans le domaine du solaire, en particulier le solaire à concentration, mais ne l'a pas mené au même niveau de développement. Il y a 65 ans, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, Félix Trombe inversait le trajet de la lumière des projecteurs paraboliques de DCA (défense antiaérienne développée autour de Paris par l'armée allemande) pour en faire des concentrateurs solaires. Magnifique symbole de renaissance qui justifie à lui seul cet ouvrage. Ce n'est bien sûr pas la seule raison.

Les recherches et les développements ont amené cette technologie au stade commercial pour certaines architectures de centrales solaires mais le solaire à concentration a encore du mal à trouver sa place à côté de l'éolien et du photovoltaïque. Trois raisons principales expliquent ce retard, la modularité, les mécanismes de financement et l'aire de déploiement. Même si l'éolien et le photovoltaïque bénéficient d'un effet d'échelle positif, celui du solaire à concentration est beaucoup plus important. En conséquence, d'une part le coût de production des petites centrales solaires (< 10 MW) n'est pas concurrentiel sauf dans des situations où la cogénération peut être envisagée et, d'autre part, la construction de grandes centrales exige la mobilisation de capitaux importants ce qui entraîne des frais financiers lourds. Les seuls systèmes modulaires adaptés aux marchés des petites installations (pour les particuliers par exemple) sont les paraboles-moteurs dont les

Le solaire à concentration,

coordonné par Gilles FLAMANT. © ISTE Editions 2023.

coûts d'opération et maintenance sont supérieurs à ceux d'une installation PV de puissance équivalente.

Ce constat est lié au deuxième point. La mise en place d'un tarif de rachat attractif pour les particuliers, puis pour les centrales au sol, a permis le développement du photovoltaïque (accompagné d'une baisse des coûts) dans une large gamme de puissance et d'utilisateurs. Des mécanismes équivalents (tarifs de rachat négociés) ont été établis pour le solaire à concentration dans certains pays mais pour un marché beaucoup plus réduit. En effet, l'aire géographique favorable au déploiement de cette dernière technologie est plus réduite que celle du PV. Personne n'imagine installer des centrales solaires thermiques en Allemagne, pays qui a été à la pointe du soutien du photovoltaïque sur son territoire ! Enfin, la multiplicité des configurations possibles pour réaliser une centrale solaire à partir des composants élémentaires est une richesse mais aussi une faiblesse si on considère la baisse des coûts associés à la production en série.

Pourtant, dans ce contexte qui semble peu favorable, le solaire à concentration occupe une place originale en complément de l'éolien et du photovoltaïque. Il offre des solutions de stockage thermique massif à faible coût et se décline dans des domaines d'applications qui dépassent l'électricité, la chaleur industrielle et les combustibles de synthèse (hydrogène, syngaz, etc.).

Structure de l'ouvrage

Cet ouvrage a pour but de présenter les différentes facettes de cette technologie solaire, des composants au système complet. Il a été écrit par des chercheurs, enseignants-chercheurs (Université de Perpignan Via Domitia, UPVD) et ex-doctorants du Laboratoire PROMES du CNRS (procédés, matériaux et énergie solaire), héritiers et héritières de Félix Trombe et Marc Foex, les fondateurs du four solaire de Font Romeu-Odeillo-Via. Il est constitué de onze chapitres :

- **chapitre 1. Centrales solaires – État de l'art.** Après un rapide historique, ce chapitre présente les différentes technologies existantes et leurs perspectives d'évolution en termes techniques et économiques ;
- **chapitre 2. Mesure, estimation et prévision de la ressource solaire.** Il introduit les processus physiques conditionnant l'évolution de l'intensité du rayonnement au sol, les instruments de mesure (rayonnement global et direct, DNI) et les modèles de prévision du DNI ;
- **chapitre 3. Systèmes optiques de concentration.** Ce chapitre présente les lois physiques de la concentration par des miroirs et l'influence sur les performances des concentrateurs des défauts associés. Les concentrateurs cylindro-paraboliques (concentration

linéaire) et les systèmes héliostats-tour (concentration ponctuelle) sont détaillés à titre d'exemple ;

– [chapitre 4. Récepteurs solaires](#). En écho au chapitre 3, les récepteurs pour centrales cylindro-paraboliques et à tour sont décrits. Un modèle physique de récepteur pour centrale à tour est détaillé ;

– [chapitre 5. Fluides caloporteurs pour centrales solaires](#). Après un rappel sur la physique des transferts de chaleur, les propriétés et les coefficients d'échange fluide-paroi des principaux fluides caloporteurs sont présentés ;

– [chapitre 6. Simulations numériques des écoulements et transferts thermiques des récepteurs solaires](#). Chapitre consacré aux bases physiques des transferts en écoulements turbulents et aux développements numériques nécessaires à la compréhension des interactions complexes entre dynamique des écoulements et thermique ;

– [chapitre 7. Matériaux pour le solaire à concentration](#). Après des rappels sur les propriétés spectrales des corps, les matériaux adaptés aux différents composants d'une centrale solaire sont décrits et les techniques d'évaluation de leur durée de vie abordées ;

– [chapitre 8. Stockage thermique](#). Composant clé d'une centrale solaire thermique moderne, ce chapitre décrit les technologies de stockage et les développements récents sur le stockage par thermocline. Une comparaison des coûts du stockage thermique et du stockage électrochimique est également proposée ;

– [chapitre 9. Systèmes hybrides PV-CSP](#). Conçus comme des modes de conversion de l'énergie solaire, différents concepts d'hybridation entre convertisseur photovoltaïque et thermique sont analysés et comparés ;

– [chapitre 10. Combustibles de synthèse à partir de ressources hydrocarbonées](#). Les procédés de production thermochimique d'hydrogène et de gaz de synthèse à partir de matériaux carbonés sont décrits. Des considérations technico-économiques accompagnent cette analyse ;

– [chapitre 11. Production de carburants solaires par dissociation thermochimique de l'eau et du CO₂](#). Les différents cycles thermochimiques de décomposition de H₂O et CO₂ sont présentés ainsi que leur niveau de développement. Les avancées en termes de matériaux et procédés sont analysées.