



**HAL**  
open science

# Evaluation expérimentale et théorique des pertes thermiques d'un récepteur solaire d'une centrale commerciale de 9 MWélec à concentration linéaire Fresnel

Edouard Montanet, Sylvain Rodat, Quentin Falcoz, Fabien Roget

## ► To cite this version:

Edouard Montanet, Sylvain Rodat, Quentin Falcoz, Fabien Roget. Evaluation expérimentale et théorique des pertes thermiques d'un récepteur solaire d'une centrale commerciale de 9 MWélec à concentration linéaire Fresnel. 31e congrès de la Société Française de Thermique (SFT 2023 ), May 2023, Reims, France. hal-04287390

**HAL Id: hal-04287390**

**<https://hal.science/hal-04287390>**

Submitted on 15 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Evaluation expérimentale et théorique des pertes thermiques d'un récepteur solaire d'une centrale commerciale de 9 MW<sub>élec</sub> à concentration linéaire Fresnel

MONTANET Édouard<sup>a</sup>, RODAT Sylvain<sup>a</sup>, FALCOZ Quentin<sup>a</sup>, ROGET Fabien<sup>b</sup>,

<sup>a</sup> Laboratoire PROMES-CNRS, Odeillo, France ; <sup>b</sup> Centrale solaire eLLO, Llo, France

Contact e-mail : edouard.montanet@promes.cnrs.fr

## Contexte du projet de recherche

Centrale solaire eLLO à génération directe de vapeur avec stockage de vapeur (9 MW<sub>élec</sub>)

Inaugurée en 2019 par SUNCNIM ; Exploitée par ELLO ; Située sur le plateau cerdan, Pyrénées Orientales (66), France

## Présentation de la centrale solaire eLLO

### Champ solaire :

- 27 lignes solaires en parallèle composées de 4 à 8 modules linéaires Fresnel (LFC) assemblés en série ; surface de collecte totale d'environ 153 000 m<sup>2</sup>,
- Pression et température de fonctionnement : 70 bars ; 286°C,
- Champ solaire à génération directe de vapeur ; Régulation des débits pour assurer un titre de vapeur théorique de 80% en sortie des lignes,
- Récepteur solaire à cavité placé à 8,5 m au-dessus des axes des miroirs.
- Réflecteur secondaire type CPC.



Figure 2 : Photo de la centrale solaire eLLO

### Système de stockage de vapeur :

- 9 réservoirs en parallèle de 120 m<sup>3</sup> chacun pour une charge maximale équivalente à 4h de production à pleine puissance → **Première mondiale.**
- Stockage d'énergie sensible sous forme d'eau pressurisée,

### Bloc de puissance :

- Cycle thermodynamique de Hirn,
- Turbine de 9 MW<sub>élec</sub> à vapeur surchauffée,
- Aérocondenseur sec & surchauffeur thermodynamique.

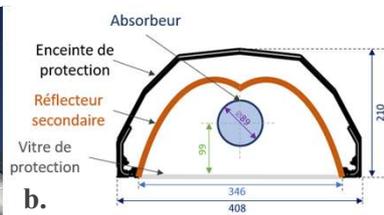


Figure 1 : (a.) Photo du récepteur et (b.) Dimensions du récepteur solaire en millimètres

## Protocoles expérimentaux & méthodes de calculs

- Deux protocoles expérimentaux permettent d'évaluer la perte thermique du récepteur solaire eLLO pour différentes températures sans impacter la production d'électricité.
- Ces protocoles autorisent une circulation du fluide, dans 3 lignes solaires instrumentées, sans concentration du rayonnement solaire vers le récepteur.
- Le protocole à basse température (50 °C à 150 °C) s'opère en régime d'écoulement transitoire et le protocole à haute température (150 °C à 250 °C) s'opère en régime d'écoulement permanent.
- Les pertes thermiques du récepteur sont calculées grâce au bilan thermique récepteur/fluide (équation (1) et (2)) :

Accumulation dans le volume de contrôle = Transport entrant par la surface – Transport sortant par la surface – Transfert à la surface (1)

$$m_{abs} c_{p,abs} \frac{dT_{abs}}{dt} + m_f c_{p,f} \frac{dT_f}{dt} = \dot{m}_f \cdot C_{p,f,in} \cdot T_{in}(t) - \dot{m}_f \cdot C_{p,f,out} \cdot T_{out}(t) - P_{th-ligne}(t) + P_{sol-e}(t) \quad (2)$$

- En négligeant  $P_{sol-e}$  et en considérant un régime permanent, c-à-d lorsque les températures du fluide d'entrée et de sortie sont constantes, l'inertie de l'absorbeur est nulle et l'équation (1) se simplifie comme suit :

$$P_{th,reg,permanent}(t) = \dot{m}_f (T_{in}(t) - T_{out}(t)) \quad (3)$$

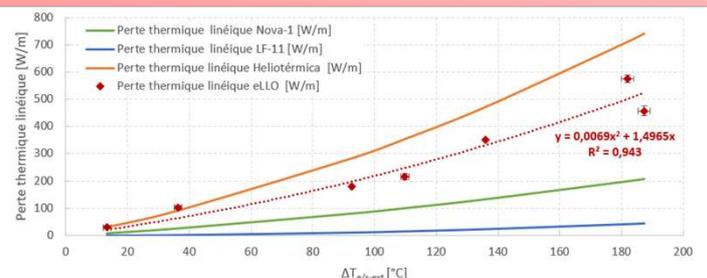
- Pour un régime transitoire, les termes du bilan thermique du récepteur solaire (équation (2)) sont intégrés sur la période d'étude, l'inertie du système est approximée en considérant la variation d'énergie du fluide et du tube absorbeur.

$$\int_{T_1}^{T_2} m_{abs} \cdot C_{abs} \cdot dT_{abs} + \int_{T_1}^{T_2} m_f \cdot C_{p,f} \cdot dT_f = \int_{t_i}^{t_f} \dot{m}_f \cdot C_{p,f} \cdot T_{in}(t) \cdot dt - \int_{t_i}^{t_f} \dot{m}_f \cdot C_{p,f} \cdot T_{out}(t) \cdot dt - \int_{t_i}^{t_f} P_{th,reg,transitoire}(t) \cdot dt \quad (4)$$

## Corrélation de perte thermique du récepteur eLLO

- La méthode de calcul pour les régimes d'écoulement transitoire est validée grâce à un modèle thermohydraulique monophasique 1D développé sur MatLab,
- Les pertes thermiques sont évaluées expérimentalement avec les méthodes présentées et sont comparées aux pertes thermiques des modules Nova-1, LF-11 et Heliotérmica développés respectivement par Frenell, Industrial Solar et le laboratoire LEPTEN.
- La corrélation de perte du récepteur eLLO est exprimée en pertes thermiques linéiques [W/m] dans l'équation suivante :

$$P_{th-eLLO} = 6,9 \cdot 10^{-3} (T_{moy} - T_{ext})^2 + 1,4965 (T_{moy} - T_{ext}) \quad (5)$$



## Conclusion et remerciements

Les contraintes techniques liées à l'échelle industrielle du système ont conduit à définir puis valider une nouvelle méthode de calcul pour évaluer les pertes thermiques du récepteur solaire eLLO pour un régime d'écoulement transitoire. Enfin, une corrélation de perte thermique linéique est construite expérimentalement en utilisant les méthodes de calcul adéquates en fonction du régime d'écoulement dans les lignes solaires. Pour conclure, la loi de perte thermique du récepteur eLLO admet des résultats compris entre les corrélations de perte thermique décrites par les fabricants d'autres modules linéaires Fresnel.

Ce travail est soutenu par le programme « Investissements d'Avenir » Labex Solstice géré par l'Agence Nationale de la Recherche sous le code ANR-10-LABX-22-01 et par l'Agence Nationale de la Recherche Technologique (Contrat Cifre n° 2020/0451).