HAL open science

Régimes d'Ecoulement dans les Récepteurs Solaires Tubulaires à Lits Fluidisés

Ronny Gueguen, Guillaume Sahuquet, Emilien Derome, Samuel Mer, Adrien Toutant, Françoise Bataille, Gilles Flamant

To cite this version:

Ronny Gueguen, Guillaume Sahuquet, Emilien Derome, Samuel Mer, Adrien Toutant, et al.. Régimes d'Ecoulement dans les Récepteurs Solaires Tubulaires à Lits Fluidisés. Journées Nationales de l'Energie Solaire, Aug 2021, Font-Romeu, France. hal-03328118

HAL Id: hal-03328118

https://hal.science/hal-03328118v1

Submitted on 28 Aug 2021

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.

2021

Régimes d'Ecoulement dans les Récepteurs Solaires Tubulaires à Lits Fluidisés

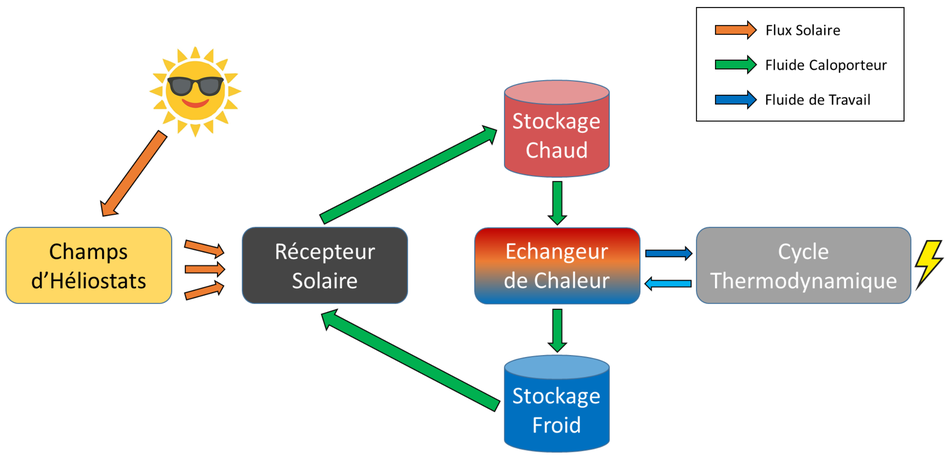
Ronny Gueguen[a*] , Guillaume Sahuquet[a*], Emilien Derome[a], Samuel Mer[a], Adrien Toutant[a], Françoise Bataille[a], Gilles Flamant[a]

[a] *Laboratoire PROMES, CNRS, Université de Perpignan, France*

Contact e-mail [*]: *ronny.gueguen@promes.cnrs.fr*, *guillaume.sahuquet@promes.cnrs.fr*

Récepteur Solaire Tubulaire à Particules Fluidisées

* Depuis 2010, étude au **laboratoire PROMES-CNRS** (Odeillo, France) d'un concept de **récepteur solaire** à base de **particules fluidisées** comme fluide caloporteur (**HTF**) et milieu de stockage (**TES**) **[1]**. Circulation des particules dans des **tubes** métalliques **verticaux** à fort ratio hauteur/diamètre (> 60), soumis au **flux solaire concentré** (CSP).



Principe de fonctionnement d'une centrale CSP

* **Fluide caloporteur** généralement utilisé dans les centrales CSP : sels fondus, **limités en températures** de fonctionnement (220 - 565°C) et **coûteux** (≈ 1000 $/tonne).

⇒ Choix des **particules d'olivine [2]** : **hautes températures** (> 1000°C) et **moins chères** (≈ 150 $/tonne).

Objectif : Comprendre les écoulements de particules fluidisées dans les récepteurs tubulaires pour définir les meilleurs paramètres opératoires en exploitation.

Qu'est-ce que la fluidisation ?

* Lit fixe de **particules** (a) traversé par un **gaz**. A partir d'une **vitesse** de gaz, acquisition de propriétés d'un fluide : c'est la **fluidisation**.
* Selon la vitesse, différents **régimes de fluidisation** : bullage (b), piston-nage (c), turbulent/fluidisation rapide (d), transport (e).

⇒ Différents **transferts thermiques** paroi/particules.

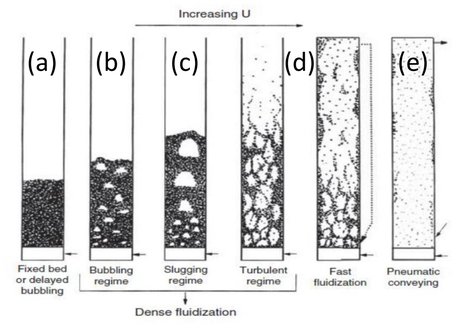


*Schéma de différents régimes de fluidisation en fonction de la vitesse de gaz appliquée, U **[3]***

⇒ **Nécessité d'identifier les régimes de fluidisation dans les récepteurs.**

Fonctionnement du récepteur

* Tube plongé dans un lit fluidisé **air/olivine** nourrice (dispenser). **Déplacement** du mélange dans le tube en **pressurisant** le dispenser.
* Injection d'un **débit d'air** dans le tube
  => Stabilisation du mélange et **changement de régime** de fluidisation.

⇒ **Débit de particules** en sortie du récepteur.

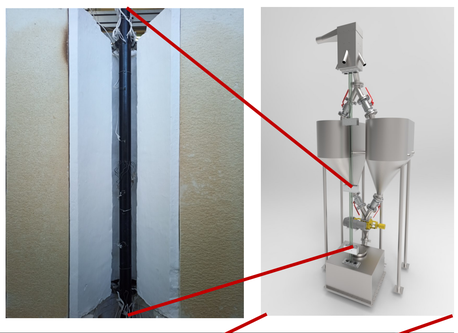
Etudes Expérimentales en Cours

Au laboratoire **PROMES** : Construction de **plusieurs récepteurs** à particules fluidisées, avec des tubes de **3 mètres** de hauteur.
A **Odeillo**, deux types de tubes : en **verre** (étude à température ambiante) et **métallique** (situation réelle avec flux solaire).

***Echelle laboratoire**, four solaire d'Odeillo.*

*Récepteur d'**un tube**.*

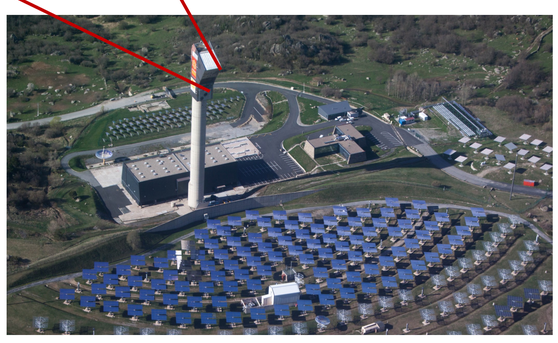
*Puissance de **50 kW$_{th}$**.*



Echelle pilote**, centrale à tour Thémis. Projet Next-CSP **[2]

*Récepteur de **40 tubes**.*

*Puissance de **3 MW$_{th}$**.*



Perspective : Changement d'Echelle

Dimensionnement d'une centrale à **échelle industrielle [4]** :
- Récepteur de **300 tubes** de **7 mètres** de hauteur.
- Puissance de **50 MW$_{th}$.**

Exemple de la centrale à tour Khi Solar One (Afrique du Sud), fonctionnant à vapeur surchauffée comme HTF. Récepteur de même puissance que ce qui est dimensionné pour des particules fluidisées (50 MWth).

Régimes de Fluidisation dans un Tube Transparent

Etude du récepteur avec un tube en verre permettant la **visualisation directe** du mélange, **instrumenté** de capteurs de pression.
=> **Identification** de différents **régimes de fluidisation** par comparaisons entre **observations** et **analyses des signaux de pression**.

Fluidisation homogène :

Faible vitesse d'air (≈ 0,4 - 0,6 cm/s)

* **Forte concentration** en particules (fraction volumique α ≈ 0.40).
* **Absence** de **bulles**
  => **Faible mélange** des particules.

⇒ **Faible échange thermique** (h < 200 W/m²K attendu).

Pistonnage :

Vitesse d'air intermédiaire (≈ 10 - 40 cm/s)

* **Concentration intermédiaire** en particules (α ≈ 0.30).
* **Coalescence** des bulles en **pistons** sur la hauteur
  => **Freine le mélange** des particules.

⇒ **Faible échange thermique** (coefficient d'échange simulé h ≈ 200 W/m²K **[5]**).

Turbulent/Fluidisation Rapide :

Forte vitesse d'air (≈ 40 - 60 cm/s)

* **Faible concentration** en particules (α ≈ 0.20).
* Scission des bulles, formation de **tourbillons**
  => **Très fort mélange** des particules.

⇒ **Bon échange thermique** (h ≈ 600 - 800 W/m²K attendu).

⇒ **Régime à privilégier.**

Futurs Travaux : Etude des régimes de fluidisation et des transferts thermiques associés dans le récepteur avec un tube métallique exposé au flux solaire concentré (φ ≈ 500 kW/m²).

Remerciements

Ce travail a été financé par « Investissements d'Avenir », programme géré par l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) sous le contrat ANR-10-LABX-22-01 (Labex Solstice).

Un financement supplémentaire a été accordé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européeenne dans le cadre de la convention de subvention 727762, projet Next-CSP.

Références

[1] Flamant, G. and Hemati, H. Dispositif Collecteur D'énergie Solaire (Device for Collecting Solar Energy). French Patent FR 1058565, 20 October **2010**; PCT extension WO2012052661, 26 April **2012**.

[2] Site du projet Next-CSP (**2020**), disponible sur http://next-csp.eu/

[3] Grace, J.R. and Bi, X.T. (**1997**). Introduction to circulating fluidized beds, in *Circulating Fluidized Beds* (Grace, J.R.; Avidan, A.A.; Knwolton, T.M). New York: Blackie Academic & Professional Press.

[4] Gueguen, R. *et al.* (**2020**). Shaping high efficiency, high temperature cavity tubular solar receivers. *Energies, 13, 4803*.

[5] Deng, Y. *et al.* (**2021**), Dense upflow fluidized bed (DUFB) solar receivers of high aspect ratio: Different fluidization modes through inserting bubble rupture promoters. *CEJ, 418, 129376*.