



Les types de récepteurs d'une centrale solaire à tour

MAMMAR Mohamed

Attaché de Recherche

Division Solaire Thermique et Géothermie - CDER

E-mail : mohamed.mammar@cder.dz

Introduction

Bien que les centrales solaires thermodynamiques à tour soient commercialement moins matures que les systèmes des capteurs cylindro-paraboliques, elles ont fait néanmoins l'objet d'expérimentations et de tests sur le terrain à travers le monde durant ces trente dernières années, démontrant ainsi la faisabilité technique et le potentiel économique de cette technologie.

Une centrale solaire à tour se compose essentiellement d'un champ de réflecteurs à deux axes de suivi appelés héliostats. Ces derniers concentrent le rayonnement solaire direct sur un récepteur monté sur une tour. La chaleur transformée dans cette tour solaire peut être utilisée pour la production d'électricité.

Dans cette étude bibliographique, on s'intéresse à la partie réceptrice de la centrale solaire.

La littérature propose plusieurs types de récepteurs. Le but de cet article est de mettre en évidence les caractéristiques importantes de chaque type de récepteur, montrant leurs avantages et leurs inconvénients afin de faire le choix le plus approprié.

Dans la filière centrale solaire à tour, on peut utiliser au moins quatre types des récepteurs :

Le récepteur à eau-vapeur

L'eau est convertie en vapeur dans le récepteur et est utilisée directement pour alimenter une turbine à vapeur avec le cycle de Rankine conventionnelle. Son avantage majeur est sa simplicité et sa puissance considérable (Figure 1).

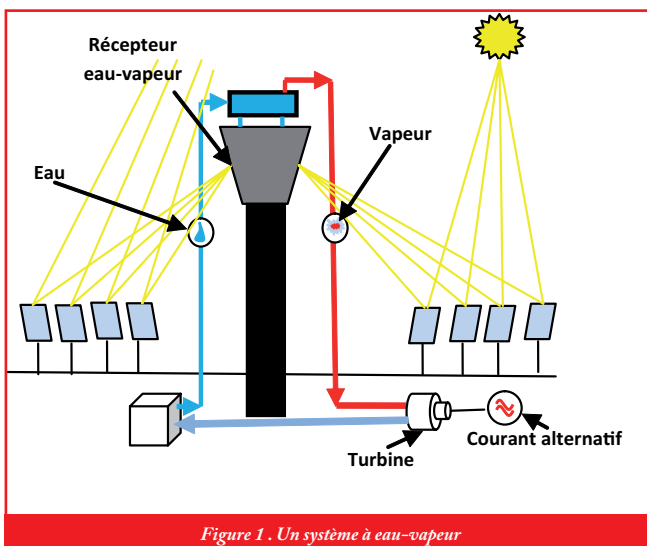


Figure 1. Un système à eau-vapeur

Dans ce type de récepteur, des tubes alimentés en eau à haute pression sont utilisés. L'utilisation de ces tubes présente des inconvé-

nients : la corrosion ainsi qu'un entretien coûteux. Ces raisons font qu'aujourd'hui cette filière est pratiquement abandonnée.

Le récepteur à sel fondu

La technologie du sel fondu (Figure 2) représente aujourd'hui la technologie la plus rentable pour la production d'électricité pour les centrales solaires autonomes (1). Le sel fondu est un fluide synthétique qui se compose de 60% de nitrate de sodium et 40% de nitrate de potassium. Les caractéristiques principales de ce fluide sont : sa grande capacité thermique volumétrique, une faible conductivité thermique. La résistance mécanique des tubes est peu sollicitée car la pression d'exploitation est peu élevée. De plus, c'est un oxydant, ininflammable et non toxique.

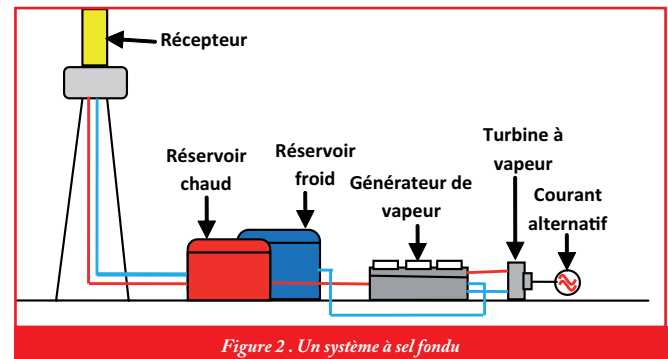


Figure 2. Un système à sel fondu

Un tel type de récepteur présente néanmoins certains inconvénients, à savoir :

- Son circuit à grande vitesse qui favorise les échanges thermiques avec la paroi provoque en même temps une forte perte de charge.
- Leur température doit être maintenue au-dessous d'une valeur critique 600°C (2).
- Ce mélange est eutectique à 220°C et est maintenue en fusion dans le réservoir de stockage froid à 290°C.

Le récepteur à métal fondu

L'intérêt d'utiliser un métal fondu comme un fluide caloporteur s'interprète par sa bonne conductivité thermique, autrement dit il présente un coefficient d'échange thermique élevé avec la paroi. De ce fait, un récepteur à métal fondu (typiquement : le sodium) peut présenter une surface d'échange thermique bien moindre et une perte de charge inférieure à celle d'un récepteur à sel (3). L'inconvénient majeur de ce type de récepteur est qu'il soit inflammable et impose des dispositifs de sécurité importants.

Le récepteur à air

Dans ce cas, le récepteur se compose de plusieurs modules (Figure 3). Ces derniers contiennent un milieu poreux qui peut être en céramique ou en métal. Le rayonnement solaire concentré chauffe ce milieu. A son tour, ce dernier chauffe par convection, l'air qui passe.

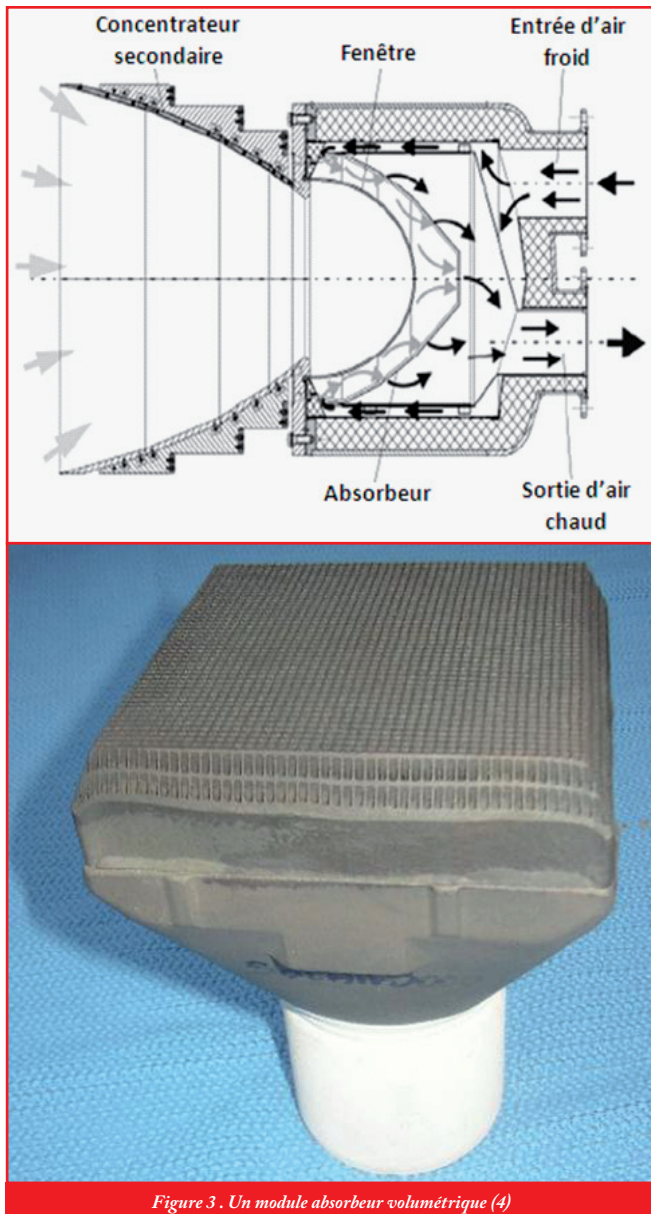


Figure 3. Un module absorbeur volumétrique (4)

Le récepteur volumétrique a principalement une capacité d'absorption du flux solaire relativement élevée et un bon fonctionnement

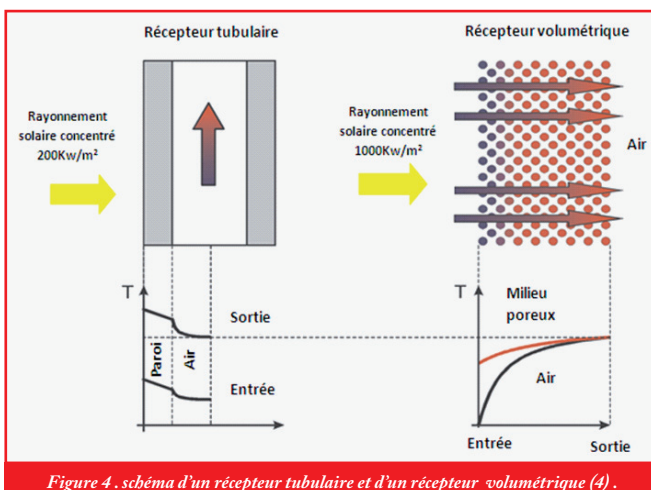


Figure 4. schéma d'un récepteur tubulaire et d'un récepteur volumétrique (4).

à haute température (Figure 4). De plus, il est simple, peu coûteux, plus efficace et surtout il possède des propriétés thermiques adéquates.

Les récepteurs volumétriques sont plus souples que les récepteurs à tubes quasi-bidimensionnels (surfacique) en raison de leur fonctionnalité et leur configuration tridimensionnelle (volumétrique).

La mauvaise performance de certains récepteurs volumétriques est préoccupante. Les écoulements du gaz très chaud et l'instabilité du flux thermique créent une défaillance locale, telle que la fusion ou la fissuration et donc une mauvaise performance (4).

Le tableau ci-dessous donne quelques caractéristiques des fluides caloporteurs pour trois types de récepteurs eau-vapeur (Solar one), sel fondu (Solar two), air (centrale à tour de Julich):

Tableau 1. Caractéristiques des fluides caloporteurs pour trois types de récepteurs (2), (5), (6).

Caractéristique	Eau à 20°C	Sel fondu 50%-50%	Air à 20°C
Densité (kg/m ³)	998.3	1800	1.205
Chaleur spécifique (kJ/kg K)	4.183	1.46	1.005
Conductivité thermique (W/m K)	0.60475	0.4215	0.0257
Viscosité cinématique (m ² /s)	1.004 x 10 ⁶	0.855 x 10 ⁶	15.11 x 10 ⁶
Nombre de Prandtl	7.01	5.285	0.713

Conclusion

Le développement des centrales solaires thermodynamiques à tour montre un engouement particulier pour certains types de récepteurs solaires. En effet, ces dernières années de nouveaux types de récepteurs sont apparus. En revanche d'autres ne sont plus fonctionnels, tels que les récepteurs à eau-vapeur et à métal fondu.

Actuellement, les travaux de recherche sont orientés vers l'amélioration des performances de deux types de récepteurs : le récepteur à sel fondu et le récepteur à air volumétrique.

Dans le processus de conception d'un récepteur à sel fondu, on cherche à optimiser la surface de captation du rayonnement solaire, minimiser les pertes de chaleur (convection, émission et conduction) et déterminer le nombre et le diamètre des tubes qui conviennent le mieux.

Pour le récepteur volumétrique à air, les travaux de recherche qui sont menés à ce jour concernent le développement du contrôle des composants, la stratégie de gestion de l'installation, l'amélioration de la performance et la fiabilité des composants.

Référence

- (1) Jesús M. Lata, Manuel, R. Mónica, A. High Flux Central Receivers of Molten Salts for the New Generation of Commercial Stand-Alone Solar Power Plants. Journal of Solar Energy Engineering, MAY 2008, Vol. 130.
- (2) Hiroshi Hasuike et al. Study on design of molten salt solar receivers for beam-down solar concentrator. Solar Energy 80 (2006) 1255-1262.
- (3) http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/websfp/rivoire.htm
- (4) Antonio L. Avila-Marín. Volumetric receivers in Solar Thermal Power Plants with Central Receiver System technology: A review. Solar Energy 85 (2011) 891-910.
- (5) http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d_162.html
- (6) http://www.engineeringtoolbox.com/air-properties-d_156.html