



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

COMPREHENSION DES MECANISMES DE TRANSITIONS DE PHASES AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES DE STOCKAGE THERMIQUE

Fouzia **ACHCHAQ**^a, Jean **TOUTAIN**^a, Wahbi **JOMAA**^a, Amine **ABDELWAHED**^a, Philippe **LEGROS**^b.

^a Université de Bordeaux, CNRS, Arts et Métiers Institute of Technology, Bordeaux INP, INRAE, I2M Bordeaux, F-33400 Talence, France

^b PLACAMAT, UMS 3626, 87 Avenue du Docteur Schweitzer, 33608 Pessac Cedex, France

Contact e-mail :

fouzia.achchaq@u-bordeaux.fr

RÉSUMÉ

La synthèse de nouveaux matériaux se fait depuis la nuit des temps par un processus thermique simple basé sur la fusion et la solidification de systèmes purs ou de mélanges. Au fur et à mesure de l'évolution des besoins et des progrès techniques, les phénomènes mis en jeu ont pu être étudiés grâce au développement de différentes techniques complémentaires expérimentales et numériques : DRX, DSC, spectromètres de masse, traitements du signal, modèles thermodynamiques etc. Néanmoins, ces techniques s'avèrent insuffisantes lorsqu'il s'agit de comprendre leurs mécanismes intrinsèques. L'observation *in situ* reste le meilleur outil pour établir les liens de causalité entre les processus et les propriétés des matériaux.

Le défi que nous avons décidé de relever consiste à mettre en place des méthodes incluant des observations qualitatives et quantitatives pour la synthèse et l'étude de matériaux de natures différentes (sels, métaux, céramiques, verres etc.) et de plus en plus complexes : corps purs, eutectiques, péritectiques etc. lors de transitions à hautes températures. Ainsi, les connaissances des comportements des matériaux à très petites échelles ont été enrichies grâce à l'utilisation de la microscopie électronique *in situ* et en temps réel. Ces connaissances viennent étayer les études effectuées à l'échelle macroscopique pour améliorer ensuite le dimensionnement et la réalisation des systèmes de stockage thermique basés sur ces matériaux (interactions matériaux/réservoirs, intensification des échanges thermiques, dynamique des cycles charge/décharge, effets environnementaux).

Dans ce poster, la méthodologie que nous avons adoptée est présentée pour un cas particulier : le développement et l'étude de sels (LiOH , LiBr , $\text{Li}_4\text{Br}(\text{OH})_3$) comme matériaux de stockage thermique pour des applications hautes températures.

Mots Clés : Stockage d'énergie thermique, Changement d'échelles, transitions de phases

Thèmes (choisissez au plus 2 thèmes parmi) : Gestion de l'intermittence et Stockage

Statut (gardez la mention utile) : Enseignant Chercheur - Chercheur



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

SUR LA PILOTABILITE DE L'ELECTRICITE SOLAIRE AVEC STOCKAGE THERMIQUE

Alexis VOSSIER^a, Freddy ORDONEZ^b, Dounia ZIYATI^a, Alain DOLLET^a

^alaboratoire PROMES-CNRS, 7, Rue du Four Solaire, 66120 Odeillo, France

^b Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-275, Quito-Ecuador

Contact e-mail :

alexis.vossier@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Le déploiement massif de l'électricité solaire dans les décennies à venir nécessitera de surmonter un problème de taille : l'absence de pilotabilité des centrales de production d'électricité solaire. Le stockage thermique de l'énergie solaire est couramment évoqué comme une solution simple et peu onéreuse, permettant de mieux faire coïncider la production d'électricité solaire avec le profil de consommation d'un pays ou d'une région donnée. Cette technologie de stockage est aujourd'hui déployée commercialement sur les centrales solaires thermodynamiques à concentration, et commence à susciter de l'intérêt au-delà de la technologie CSP pour laquelle elle a originellement été développée (citons notamment les systèmes hybrides PV-CSP, mais également les centrales PV incluant du stockage thermique). Pourtant, la capacité de ces différentes centrales à assurer une production d'électricité « à la demande » demeure à ce jour relativement méconnue. Dans ce travail, on se propose d'évaluer la capacité des différentes technologies à améliorer la pilotabilité des centrales solaires. On se propose de comparer 4 types de centrales (PV, CSP, Hybride PV-CSP « 1 soleil » et Hybride PV-CSP « haute-température ») en sélectionnant 4 sites représentatifs de la diversité des climats autour du monde, ainsi que deux modes d'injection de l'électricité sur le réseau électrique (charge constante et suivi de charge). Les principaux indicateurs de performances (facteur de capacité, facteur de demande, énergie produite, pertes) sont évalués et comparés pour chacune des technologies, et les verrous scientifiques et technologiques à soulever afin d'atteindre une pilotabilité accrue de l'énergie solaire seront finalement discutés.

Mots Clés : *Stockage, Centrales solaires, Hybride, PV, CSP, facteur de capacité*

Thèmes (choisissez au plus 2 thèmes parmi): Gestion de l'intermittence et Stockage,

Statut (gardez la mention utile): Chercheur



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

ÉTUDE EXPERIMENTALE DE L'IMPACT DE LA DISTRIBUTION FLUIDE SUR UN STOCKAGE THERMIQUE DE TYPE THERMOCLINE.

Ségolène **VANNEREM**^a, Quentin **FALCOZ**^{a,b}, Pierre **NEVEU**^b

^a Laboratoire PROMES-CNRS, 7 rue du four solaire, 66120 Font-Romeu-Odeillo-Via, France

^b Université de Perpignan Via Domitia, 52 avenue Paul Alduy, 66000 Perpignan, France

Contact e-mail : segolene.vannerem@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Dans le contexte de transition vers les énergies renouvelables, l'utilisation de la ressource solaire présente des avantages majeurs tels que sa gratuité et son abondance. Cependant, l'intermittence de la production solaire demeure problématique et rend nécessaire l'utilisation d'un système de stockage pour adapter l'offre à la demande énergétique.

La méthode la plus couramment utilisée dans les centrales solaires thermodynamiques consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans le champ de collecteurs solaires et d'ensuite transférer son énergie thermique à un matériau de stockage. La production d'électricité peut alors s'effectuer de façon différée en transférant l'énergie stockée dans le matériau à un fluide de travail utilisé dans un cycle thermodynamique. Le matériau de stockage peut être conservé dans une cuve unique utilisée aussi bien pour la charge que pour la décharge, ce qui permet une réduction conséquente du coût de stockage. Les zones chaude et froide sont en contact direct à l'intérieur de cette cuve unique (appelée thermocline) et il est attendu que la stratification thermique entre ces zones impacte les performances de stockage. C'est pourquoi la méthode de distribution du fluide caloporteur dans la cuve est étudiée afin de déterminer son influence sur la répartition thermique au sein de la cuve et sur le fonctionnement global du stockage.

Pour ce faire, une campagne expérimentale a été menée sur un prototype de centrale solaire du laboratoire PROMES-CNRS afin de comparer trois méthodes de distribution. La centrale MicroSol-R comprend trois collecteurs cylindro-paraboliques et une résistance électrique permettant de chauffer le fluide caloporteur lors de la charge, un stockage thermocline de 220 kWh et un générateur de vapeur pour la production en décharge.

Trois distributeurs ont été successivement placés en haut de la cuve afin de comparer différentes méthodes d'injection en charge et d'extraction en décharge : distribution uniforme du fluide sur la section de la cuve, distribution centrale et distribution périphérique.

Des cycles charge/décharge identiques ont d'abord été comparés entre les distributeurs afin d'isoler l'influence de celui-ci sur les performances. Une étude paramétrique a ensuite été réalisée sur l'influence du débit et de la température. La performance du stockage est évaluée au moyen du taux d'utilisation qui compare la variation d'enthalpie au cours d'une charge à la variation d'enthalpie maximale qui aurait été obtenue si le stockage avait été chargé jusqu'à la température haute. Un taux d'utilisation de décharge est défini de façon similaire.

Les expériences conduites ont permis de mettre en évidence l'influence de la distribution du fluide sur les performances d'un stockage de type thermocline. L'observation des profils de température radiaux montre que le système d'injection du fluide influence les transferts de chaleur et de masse au sein de la cuve. À l'échelle du procédé cependant, il a été montré qu'une amélioration de l'homogénéité radiale ne résulte pas nécessairement en un accroissement du taux d'utilisation et réciproquement. Le distributeur ne semble pas avoir d'influence significative sur le taux d'utilisation tandis que le débit et la température ont un impact en accord avec les prévisions numériques.

Mots Clés : thermocline, stockage de chaleur sensible, distributeur fluide, centrales cylindro-paraboliques, expérimental.

Thèmes (choisissez au plus 2 thèmes parmi): Bâtiments et villes solaires, Gestion de l'intermittence et Stockage, ~~Optimisation de la Collecte et Stratégie de conversion, Photoprocédés, Concentration et Solaire thermodynamique~~

Statut (gardez la mention utile): PhD

Résumé à envoyer à l'adresse suivante : jnes2021@univ-smb.fr



2
0
2
1

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

OPTIMISATION DYNAMIQUE EN TEMPS REEL D'UNE CENTRALE SOLAIRE THERMIQUE

Alix **UNTRAU**^a, Sylvain **SERRA**^a, Sabine **SOCHARD**^a, Frédéric **MARIAS**^a, Jean-Michel **RENEAUME**^a, Galo **LE ROUX**^b

^a Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, LaTEP, Pau, France

^b Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil

Contact e-mail :

alix.untrau@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Les centrales solaires thermiques sont caractérisées par l'intermittence de la ressource solaire et par le caractère asynchrone de la production et de la demande en chaleur. Afin de fournir de la chaleur de manière régulière et sur une plus large plage de temps, un stockage de chaleur sensible peut être ajouté. Faire fonctionner une telle centrale solaire thermique avec une demande variable et des conditions météorologiques changeantes tout en maximisant les bénéfices financiers liés à la vente de chaleur est alors un défi.

L'optimisation dynamique temps réel permet d'adapter la stratégie de fonctionnement de la centrale aux conditions réelles, en maximisant la production de chaleur tout en minimisant la consommation électrique des pompes.

L'étude en cours vise à tester une stratégie d'optimisation dynamique temps réel sur un modèle de centrale solaire thermique. Un premier modèle de connaissance, utilisé pour simuler la centrale et résolu à l'aide du logiciel Matlab, permet de représenter le fonctionnement de la centrale. Il fait régulièrement appel à un deuxième modèle, utilisé en optimisation et résolu par le logiciel Gams, pour la détermination des trajectoires optimales des variables de contrôle. L'optimisation dynamique sur Gams correspond à la résolution d'un problème NLP obtenu par discrétisation temporelle des équations du modèle grâce à la méthode de collocation orthogonale sur éléments finis.

Les trajectoires optimales seront alors suivies par des contrôleurs locaux dans le modèle de simulation de la centrale, en la présence de perturbations pour représenter ce que subirait la centrale réelle. L'état de la centrale, c'est-à-dire les températures en différents points du système, sera mis à jour dans l'optimiseur grâce au modèle de simulation.

Le stockage fera l'objet d'un traitement particulier puisque sa dynamique, plus lente, empêche son utilisation optimale sur une durée courte (de l'ordre d'une heure à une journée) envisagée pour l'optimisation temps réel. Une optimisation dynamique offline sur plusieurs jours, basée sur des prévisions météorologiques et de charge, permettra de déterminer l'état du stockage optimal à la fin de chaque journée. L'optimisation dynamique temps réel intégrera alors le suivi de l'état du stockage planifié dans sa fonction objectif économique.

Cette contribution présentera la méthodologie envisagée ainsi que la modélisation simplifiée du système.

Mots Clés : *Optimisation dynamique temps réel, solaire thermique, modélisation, simulation*

Thèmes : Gestion de l'intermittence et Stockage

Statut : Master – PhD 2023

Résumé à envoyer à l'adresse suivante : jnes2021@univ-smb.fr



2
0
2
1

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

CARACTERISATION EXPERIMENTALE ET MODELISATION NUMERIQUE DE DEUX GEOMETRIES D'AILETTES POUR L'INTENSIFICATION DES TRANSFERTS THERMIQUES AVEC LES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE

Maxime Thonon¹, Yassine Cherif², Nicolas Cellier¹, Laurent Zalewski², Gilles Fraisse¹

¹ Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LOCIE, 73000 Chambéry, France

² Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, Université d'Artois, ULR 4515, F-62400 Béthune, France

Contact e-mail :

maxime.thonon@univ-smb.fr

RÉSUMÉ

La faible conductivité thermique des matériaux à changement de phase (MCP) est le principal obstacle au développement de systèmes de stockage par chaleur latente. Pour remédier à ce problème, des ailettes sont généralement intégrées dans la cavité de stockage pour intensifier les transferts thermiques avec le MCP. Dans la littérature, la validation de la modélisation numérique des ailettes est souvent effectuée pour une seule géométrie d'ailette avec une seule sollicitation thermique. Le modèle numérique peut alors ne pas être approprié pour réaliser une optimisation numérique de la géométrie des ailettes. Cette étude présente une caractérisation expérimentale et modélisation numérique d'ailettes verticales pour l'intensification des transferts thermiques avec un MCP compatible pour le stockage d'eau chaude sanitaire. Les expériences sont effectuées pour deux géométries d'ailettes selon différentes sollicitations thermiques. A partir du modèle numérique validé, une analyse paramétrique permet d'identifier la géométrie d'ailette la plus adaptée au système étudié.

Mots Clés : *Stockage eau chaude sanitaire - Chaleur latente – Matériaux à changement de phase - Intensification transferts thermiques*

Thèmes (choisissez au plus 2 thèmes parmi): Gestion de l'intermittence et Stockage

Statut (gardez la mention utile): PhD



2
0
2
1

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

PROCEDE THERMOCHIMIQUE HYBRIDE POUR LE STOCKAGE ET LA CONVERSION EN FROID ET ELECTRICITE D'UNE SOURCE BASSE TEMPERATURE

Maxime **PERIER-MUZET**^{a,b}, Alexis **GODEFROY**^{a,b}, Harley **PAGES**^b, Pierre **NEVEU**^{a,b}
Nathalie **MAZET**^b

^a UPVD Université de Perpignan Via Domitia 52 Avenue Paul Alduy – 66100 Perpignan

^b CNRS-PROMES Laboratoire PROcédés, Matériaux et Énergie Solaire Tecnosud, Rambla de la Thermodynamique –
66100 Perpignan

Contact e-mail : maxime.perier-muzet@univ-perp.fr

RÉSUMÉ

Ce travail aborde plusieurs verrous énergétiques : la valorisation de sources thermiques basse température ; la demande croissante en électricité et en froid ; la gestion de la variabilité des sources et demandes par des procédés capables de stocker la chaleur et de restituer de l'électricité et/ou du froid.

Pour répondre à ces problématiques, un cycle thermodynamique innovant est proposé. Ce procédé constitue une véritable rupture technologique par sa multifonctionnalité : Il est dit **hybride** car il associe deux technologies, les procédés à sorption (principalement thermochimiques) et les installations motrices à vapeur, permettant la cogénération d'électricité et/ou de froid et intégrant une fonction stockage. Son développement nécessite la maîtrise des deux domaines scientifiques et techniques liées à ces deux technologies.

Ce procédé est discontinu, et fonctionne en deux phases :

- une phase de stockage thermique : la source chaude disponible est utilisée pour décomposer un solide réactif S, ce qui génère une vapeur, qui est ensuite condensée. Ce fluide de travail est stocké à l'état liquide à température ambiante ;
- une phase de déstockage et de production d'électricité et/ou froid : le condensat alimente un évaporateur, dans lequel il est évaporé à basse température pour produire un effet frigorifique. Cette vapeur est ensuite détendue dans un organe de détente afin de produire de l'électricité. Au niveau du réacteur, cette vapeur réagit avec le solide dans une réaction exothermique de synthèse de S.

Les problématiques scientifiques portent sur :

- l'intégration optimale des sous-systèmes constituant ces procédés hybrides et l'adéquation de leurs modes opératoires en fonction de la ressource et la demande.

- les couplages massiques et thermiques entre composants du cycle, point clé pour l'analyse de ces procédés hybrides.
- les aspects dynamiques du fonctionnement du procédé, les temps de réponse des composants pouvant être significativement différents.

Le poster présentera plusieurs architectures de tels cycles hybrides, les principaux résultats d'une étude thermodynamique stationnaire, une première analyse par simulation dynamique du fonctionnement d'un tel cycle ainsi que le projet de preuve de concept expérimentale en cours de développement.

Mots Clés : Procédé thermochimique, cogeneration froid / électricité, stockage thermochimique

Thèmes (choisissez au plus 2 thèmes parmi): Gestion de l'intermittence et Stockage, Optimisation de la Collecte et Stratégie de conversion

Statut (gardez la mention utile): Enseignant Chercheur



2
0
2
1

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021

Odeillo

ETUDE DES PERFORMANCES DE LA CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE DE LLO

Edouard MONTANET^a, Sylvain RODAT^a, Quentin FALCOZ^a, Fabien ROGET^b

^a Laboratoire PROMES-CNRS, Odeillo, France

^b Centrale solaire de Llo, Llo, France

Contact e-mail :

edouard.montanet@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Inaugurée et mise en service en 2019, la centrale solaire de Llo est une centrale solaire thermodynamique construite et exploitée par SUNCNIM, filiale du groupe CNIM. L'installation solaire est basée sur la technologie des concentrateurs linéaires Fresnel à génération directe de vapeur et elle est équipée d'un système de stockage vapeur. Le champ solaire se compose de 170 modules, constitués de 140 réflecteurs primaires chacun, pour une surface de collecte totale de 152 796 m². La production électrique est assurée par un cycle de Rankine allié à un groupe turbo-alternateur développant une puissance nominale de 9 MW_{élec}. Le stockage thermique est composé de 9 accumulateurs de vapeur de 120 m³ chacun. L'énergie est stockée sous forme de chaleur sensible en stockant de l'eau pressurisée à haute température (70 bars, 300°C).

Les performances de la centrale sont évaluées grâce à un ratio de performance (PR) entre l'énergie électrique produite et l'énergie solaire incidente sur les réflecteurs primaires :

$$PR = \frac{E_p}{\int DNI(t).dt * A_p}$$

avec, E_p l'énergie électrique produite, $\int DNI(t).dt$ l'énergie solaire incidente et A_p la surface de collecte totale.

Via un modèle simple de prédiction du productible électrique de la centrale, SUNCNIM définit des garanties de performances d'où découlent des ratios de performances mensuels. Ces garanties donnent un ratio de performance de 6,72% pour le mois de mars.

Pour la journée du 29/03/2021, le ratio de performance calculé via les données mesurées sur site est égal à 6,65%. Cet écart de performance de la centrale peut s'expliquer par des travaux de réparations des champs solaires, commencés en 2020, suite à deux épisodes météorologiques exceptionnels en début d'année (Tempête Gloria et chute de grêle). La production électrique du 29/03/2021 est légèrement décalée par rapport à la course du soleil, les températures nocturnes étant encore faibles à cette période de l'année, une couche de givre se dépose sur les réflecteurs primaires et ralentit la montée en température de l'installation. Ainsi, la turbine atteint une puissance de 9 MW_{élec} vers 12h30 pour une durée d'environ 6h de production nominale. Ensuite, l'énergie stockée au cours de la journée est valorisée via une régulation en pression glissante. Enfin, l'arrêt de la turbine intervient, aux alentours de 2h le lendemain, lorsque la pression du stockage a atteint la pression d'arrêt de la turbine. Un modèle numérique permettant de calculer les performances des sous-ensembles de la centrale est en cours de conception. L'objectif étant d'optimiser les stratégies opératoires afin d'améliorer les performances.

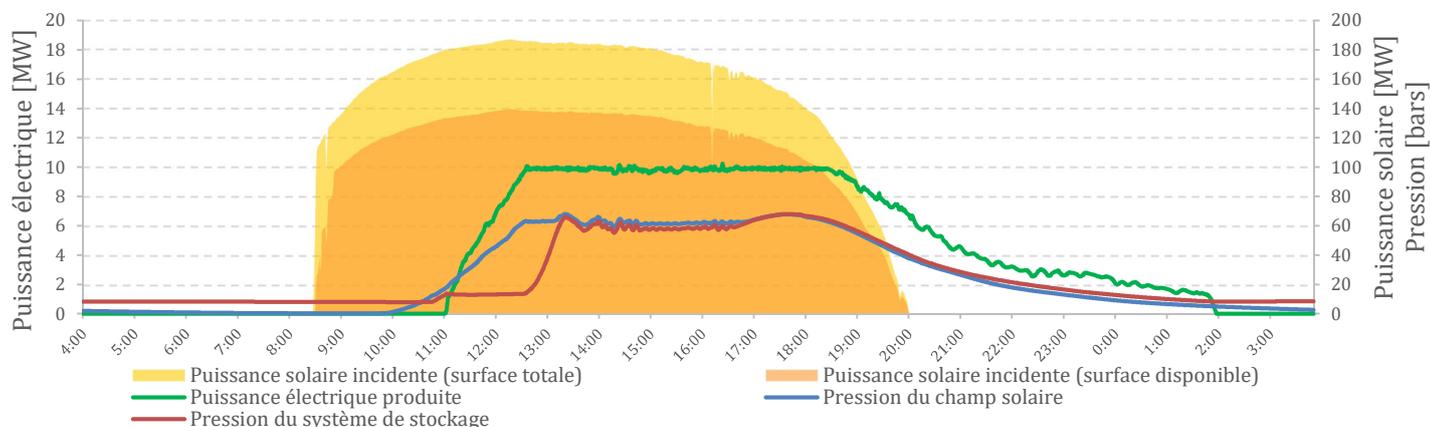


Figure 1: Evolution de la production électrique, des pressions de fonctionnement et de la puissance solaire incidente du 29/03/2021

Mots Clés : Solaire thermodynamique, Concentrateur linéaire Fresnel, Génération directe de vapeur, Stockage de vapeur

Thèmes : Stockage et Gestion de l'intermittence, Concentration et Solaire thermodynamique

Statut : PhD



Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

MODELING AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF COMBINED LATENT AND SENSIBLE HEAT THERMAL ENERGY STORAGE IN A PILOT SCALE THERMOCLINE TANK

Asaad KEILANY^{a,b}, Jean-Jacques BÉZIAN^a, Gilles FLAMANT^b, Mathieu MILHÉ^a, Quentin FALCOZ^b

^aCentre RAPSODEE, Université de Toulouse; Ecole des Mines d'Albi, CNRS, Albi F-81013, France

^bCNRS-PROMES, 7 Rue du Four Solaire, 66120 Font Romeu-Odeillo, France.

Contact e-mail :

makeilany@gmail.com

RÉSUMÉ

Concentrated solar power (CSP) plants have the advantage to store energy at a large scale using thermal energy storage (TES) to provide 24 hours a day operation [1]. One-tank TES also known as thermocline provides a cost reduction opportunity for the CSP compared to the two-tanks TES [2]. However, a thermal gradient layer typically called the thermocline thickness (or region) develops between the hot and cold heat transfer fluid (HTF) inside the tank, which shortens the useful time of discharge and reduces available heat. Adding a layer of phase change material (PCM) to the thermocline could overcome these challenges [3]. Hence, the aim of this work is to observe the influence of adding a layer of PCM to sensible heat storage medium (SHSM) in a thermocline in order to improve the thermal performance of the one-tank TES. The experimental setup is a 4 m³ pilot scale thermocline, that is filled with alumina spheres as SHSM and NaNO₃ as PCM which are encapsulated in 144 stainless steel tubes. The volumetric ratio of PCM is 5.5% of the tank's volume. Furthermore, a numerical model is developed to simulate thermal behavior of the experimental setup. The model couples two one-dimensional (1D) physical methods, continuous-solid (C-S) in the SHSM and dispersion-concentric (D-C) in the PCM layer. It takes into account natural convection by modifying the thermal conductivity of the within the PCM capsules. The enthalpy porosity method is applied to simulate the phase changing behavior. The influence of phase change was evidenced experimentally and the numerical model was validated against charge and discharge experiments, providing an efficient tool for further optimized design.

Mots Clés:

One-tank thermal energy storage.
Combined sensible to latent heat storage material.
Concentrated solar power plant.

Enthalpy porosity method.
Phase change material.

Reference

- [1] X. Py, N. Sadiki, R. Olives, V. Goetz, and Q. Falcoz, "Thermal energy storage for CSP (Concentrating Solar Power)," *EPJ Web Conf.*, vol. 148, pp. 1–24, 2017.
- [2] J. E. Pacheco, S. K. Showalter, and W. J. Kolb, "Development of a Molten-Salt Thermocline Thermal Storage System for Parabolic Trough Plants," *J. Sol. Energy Eng.*, vol. 124, no. 2, pp. 153–159, 2002.
- [3] G. Zanganeh, M. Commerford, A. Haselbacher, A. Pedretti, and A. Steinfeld, "Stabilization of the outflow temperature of a packed-bed thermal energy storage by combining rocks with phase change materials," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 70, no. 1, pp. 316–320, 2014.



2
0
2
1

Journées Nationales sur l'Énergie Solaire

25 au 27 Août 2021
Odeillo

DEVELOPPEMENT D'UN PROTOTYPE PRE-INDUSTRIEL POUR LE STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMOCHIMIQUE DANS UN MATERIAU CIMENTAIRE

Noé BEAUPERE^a, Alexandre MALLEY-ERNEWEIN^a, Kristine HJORTH-GULBRANDSEN^a, Tamar NAHHAS^a, Stéphane GINESTET^a, Gabriel SAMSON^a, Martin CYR^a

^a Université de Toulouse, UPS, INSA, LMDC (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions de Toulouse), 135, Avenue de Rangueil, 31 077 Toulouse cedex 4, France

Contact e-mail :

beaupere@insa-toulouse.fr

RÉSUMÉ

Le délai entre la production et la consommation de l'énergie solaire constitue l'un des principaux freins à son développement comme l'une des solutions au réchauffement climatique. Afin de limiter cet écart temporel, l'une des solutions envisagées est le stockage thermo-chimique. Le matériau cimentaire étudié, l'ettringite ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$), se transforme en metaettringite ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$) à une température de 60 °C en libérant de la vapeur d'eau. Des études préliminaires réalisées sur des échantillons de petites dimensions (6,4 L) ont montré qu'une grande densité énergétique ($117 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$) pourrait alors être conservée à court ou long terme, jusqu'à ce que les deux espèces chimiques soient remises en contact. Cette densité d'énergie est jusqu'à 10 fois supérieure à des solutions de stockage par chaleur sensible ou latente à des températures équivalentes. Ce résultat a motivé le développement d'un prototype dédié à l'étude à plus grande échelle, jusqu'à 250 L. Le matériau est formulé de façon à être poreux pour permettre le passage du fluide de transfert thermique. Selon le but recherché, le fluide est un gaz chaud et sec ou un gaz froid et humide, ce qui permet respectivement la charge (déshydratation du matériau) et la décharge de l'énergie stockée (hydratation). L'ettringite poreuse possède une bonne résistance mécanique (jusqu'à 6 MPa), ce qui lui permet d'être utilisés aussi bien comme mur autoporteur qu'en chauffe-eau solaire.

Mots Clés : *Stockage d'énergie thermo-chimique, Ettringite, Hydratation*

Thèmes (choisez au plus 2 thèmes parmi): Gestion de l'intermittence et Stockage

Statut (gardez la mention utile): PhD

Résumé à envoyer à l'adresse suivante : jnes2021@univ-smb.fr