

AVIS DE SOUTENANCE

THESE DE DOCTORAT

dans le cadre d'une cotutelle entre l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
&

l'Université de Pau et des Pays de l'Adour



Présentée par

Mr: SAIF ED-DIN FERTAHI

Spécialité : Mécanique énergétique

Sujet de la thèse : Simulation et optimisation des systèmes de production de l'eau chaude sanitaire solaire.

Formation Doctorale : Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le samedi 14 décembre 2019 à 10h à l'Amphi Al Khawarizmi devant le jury
composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Abdellah MECHAQRANE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Belkacem ZEGHMATI	PES	Université de Perpignan	Rapporteur
Laurent ROYON	PES	Université Paris Diderot	Rapporteur
Abdelouahad AIT MSAAD	PH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Rapporteur
Rachid SAADANI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Meknès	Examineur
Abdelmajid JAMIL	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Directeurs de thèse
Ali BENBASSOU	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	
Tarik KOUSKSOU	PH	Uni de Pau et des Pays de l'Adour France	

Laboratoire d'accueil : Transmission et Traitement d'Information

Etablissement : Ecole Supérieure de Technologie de Fès/ Université de Pau et des Pays de l'Adour

Titre de la thèse : Simulation et Optimisation des Systèmes de Production de l'Eau Chaude Sanitaire Solaire

Nom du candidat : Saïf ed-Dîn FERTAHI

Spécialité : Mécanique Énergétique

Résumé de la thèse

Le marché mondial des chauffe-eau solaires (CES) est en essor. En effet, les CES sont devenus des systèmes compétitifs aux appareils de chauffage par gaz naturel et énergie électrique, en raison de leurs faibles émissions de CO₂ et de leur participation explicite à la réduction des factures d'électricité du consommateur marocain. Actuellement, l'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles (IRESEN-Maroc) pourvoit le soutien financier nécessaire pour promouvoir la recherche et le développement dans le domaine des CES au Maroc. Ainsi, en février 2016, le projet SOL'R SHEMSY a été défini pour concevoir et commercialiser le premier CES intégrant la technologie des capteurs à tubes sous vide (ETC) avec des caloducs, en rendant son acquisition accessible au sociale marocain.

L'objectif principal de cette thèse est de mener des simulations numériques et des optimisations qui portent sur les CES, en prenant en compte le contexte technico-économique du Maroc et ses conditions climatiques intrinsèques. Deux approches de simulation ont été utilisées pour atteindre cet objectif. La première approche s'est basée sur des simulations numériques CFD (Computational Fluid Dynamics) instationnaires pour améliorer l'efficacité énergétique des caloducs intégrés dans les ETC et d'augmenter les indicateurs de stratification thermique des ballons horizontaux dans lesquels les caloducs sont immergés. Enfin, d'améliorer la structure du réservoir du CES en utilisant des simulations qui permettent de modéliser un couplage thermomécanique. La deuxième approche est basée sur des simulations dynamiques, qui ont été menées pour évaluer et optimiser la performance énergétique d'un système collectif destiné à produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) sous les conditions climatiques de la ville de Fès-Maroc. En effet, plusieurs paramètres ont été considérés, en particulier l'effet du volume du réservoir de stockage, les marques des capteurs, leurs rendements et leurs technologies issues de différents fabricants, et finalement l'effet de la connexion série/parallèle et mixte entre les panneaux solaires (ETC et FPC) qui constituent le champ capteur, etc

Il paraît qu'à l'heure actuelle, plusieurs technologies de capteurs solaires de marques différentes sont commercialisées au Maroc tels que les capteurs plan (FPC) et les capteurs à tube sous vide (ETC), outre le thermosiphon et les CES à circulation forcée pour convertir l'énergie solaire en une énergie thermique, afin de produire de l'eau chaude avec la température requise dans plusieurs applications individuelles, collectives, industrielles et tertiaires. Cependant, une sérieuse problématique d'ajustement, d'intégration et de transfert technologique devrait être envisagée avant d'importer les CES à capteur ETC munis de caloduc sur le marché marocain auprès de pays fournisseurs tels que la Chine, l'Espagne, l'Allemagne et la Turquie considérés comme des leaders internationaux dans le domaine des CES. Car en effet, les CES importés au Maroc ont présenté des modes de défaillances thermomécaniques après une courte période d'utilisation, comme le dépôt de calcaire à l'intérieur des ballons de stockage, la corrosion et la fissuration de leur coque interne... Prendre en considération la problématique d'ajustement, de l'intégration et du transfert technologique des CES au marché marocain est nécessaire, étant donné que les conditions d'utilisation diffèrent d'un pays à un autre en termes de conditions climatiques, qui peuvent être résumées par l'amplitude de l'irradiation solaire, la température ambiante, la vitesse du vent et le pourcentage de l'humidité dans l'air. Par ailleurs, le profil de consommation aléatoire du consommateur affecte à son tour l'efficacité thermique du champ de capteurs et la fraction solaire globale des CES.

Mots clés : Chauffe-eau solaire ; SOL'R SHEMSY ; Capteur à tube sous vide ; Caloducs ; Adaptation et intégration ; Transfert technologique ; Maroc ; CFD ; Simulations dynamiques.