



Campagne de recrutement sur contrats doctoraux 2020
Institut P'

*Le Refroidissement Radiatif Appliqué aux Générateurs Thermoélectrique et
Thermophotovoltaïque*

Institut/Département : Pprime/FTC

Equipe : TNR

Directeur(s) de thèse : YOUNES EZZAHRI

Co-encadrant(s) : JEREMIE DREVILLON

Contact pour information : younes.ezzahri@univ-poitiers.fr
jeremie.drevillon@univ-poitiers.fr

Salaire net mensuel : 1768€ brut / mois, CDD 3ans (*à modifier si co-financement*)

Mot-clés: Refroidissement Radiatif, Générateur Thermoélectrique, Générateur Thermophotovoltaïque, Conversion d'énergie, Optimisation.

Contexte.

L'idée majeure à la base du concept du refroidissement radiatif (RR) consiste en une évacuation de la chaleur d'une surface d'un objet sur terre par voie radiative directement vers l'espace extérieur en exploitant la fenêtre de transparence de l'atmosphère [8, 13 μm]. Ce phénomène est très commun à la surface de la terre et se manifeste par plusieurs processus naturels comme la formation de gèle que l'on observe au matin après une longue nuit d'hiver. Le concept du RR a vu le jour dans le début des années 1970 et plusieurs systèmes ont été développés depuis surtout pour le RR nocturne. Dans les 7 dernières années, l'intérêt à cette méthode de refroidissement et en particulier en plein jour, a connu un regain d'attention grâce à son grand potentiel d'application dans une multitude de domaines. Assurer un bon RR de la surface d'un objet en plein jour s'obtient en réalisant un design optimisé des propriétés radiatives de cette surface afin que celle-ci puisse évacuer plus de chaleur que ce qu'elle en reçoit.

A grande échelle, le RR est favorisé par le besoin croissant en confort thermique dans le bâtiment, mais aussi pour faire face au réchauffement climatique. A petite échelle, cette technique pourrait s'avérer très intéressante pour améliorer la performance énergétique de certains systèmes de conversion d'énergie à l'état solide, comme les générateurs thermoélectriques (GTE) et les générateurs thermophotovoltaïques (GTPV). L'objectif du sujet de la thèse que l'on propose, correspond justement à ce dernier point.

Un GTE est un dispositif qui permet de convertir une différence de température appliquée entre ses deux faces chaude et froide en une différence de potentiel électrique. Le principe de conversion est basé sur l'effet Seebeck. Le GTE se comporte ainsi comme une batterie permettant d'alimenter un circuit fermé avec un courant électrique. Le rendement de conversion du GTE reste faible en comparaison avec les autres systèmes thermodynamiques conventionnels de conversion d'énergie et il dépend en plus des températures des faces chaude et froide, des propriétés thermoélectriques du matériau semiconducteur (SC) qui le constitue et que l'on rassemble dans un seul facteur dit facteur de mérite. Plus ce facteur est élevé, meilleur sera le rendement de conversion du GTE pour une différence de température donnée. Des études intenses ont été menées dans le passé, dans le but de trouver le meilleur



matériau thermoélectrique et d'améliorer son rendement. Plusieurs solutions ont vu le jour et différents matériaux ont été identifiés.

De son côté, le principe de fonctionnement d'un GTPV est similaire à celui d'un générateur photovoltaïque (PV), mais avec deux différences principales; (i) la source de chaleur n'est pas nécessairement le soleil et (ii) le SC constituant la cellule PV et qui permet la conversion de l'énergie photonique en électricité a un gap plus élevé en longueur d'onde. Comme pour le GTE, le GTPV a actuellement un rendement assez faible. Néanmoins, plusieurs solutions se sont développées dans les dernières années qui permettent de l'augmenter comme l'utilisation des émetteurs radiatifs sélectifs en longueurs d'onde. L'utilisation d'empilement de couches de matériaux différents et/ou la gravure de réseaux de surface permet théoriquement l'obtention de tels spectres d'émission thermique.

Programme de l'étude, moyens mis en oeuvre

Le point commun à ces deux types de générateurs, comme c'est le cas d'ailleurs de tout système thermodynamique convertisseur d'énergie, est la dépendance directe du rendement, de la température. L'étude que l'on propose consiste à faire une analyse détaillée de l'apport du RR à l'amélioration de la performance énergétique des GTE et GTPV. Ainsi, pour le GTE, on envisage via cette méthode de refroidissement, de baisser encore plus la température de sa face froide tout en maintenant la température de sa face chaude constante, ce qui augmentera automatiquement son rendement. Pour le GTPV, le RR interviendra pour maintenir la température de la cellule PV à sa température optimale du fonctionnement, ce qui là encore, garantira un meilleur rendement.

Plusieurs paramètres sont à considérer dans cette étude et le travail sera de nature théorique et expérimentale. Théoriquement, on cherchera via une procédure d'optimisation à déterminer l'ensemble des paramètres physiques qui assure la meilleure performance énergétique pour une configuration donnée pour les deux types de générateurs. Une fois cet ensemble obtenu, l'objectif final consistera en la conception d'un démonstrateur expérimental afin de prouver le concept pour les deux dispositifs.

Profil du candidat, prérequis

Master 2 ou équivalent (diplôme ingénieur) avec de bonnes compétences en physique de la matière condensée, électromagnétisme, transfert de chaleur surtout radiatif, calcul numérique et programmation.