



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr : EL BARAKA Ayoub

Soutiendra : le 30/12/2020 à 10H Lieu : Centre Visio Conférence

Une thèse intitulée :

Etude des mécanismes d'adhésion des poussières sur les surfaces des miroirs réflecteurs dans les régions arides

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Sciences des Matériaux et procédés industriels : (SMPI)

Spécialité : Sciences des Matériaux pour l'énergie et l'environnement

Devant le jury composé comme suit :

	NOM ET PRENOM	GRADE	ETABLISSEMENT
Président	Pr. ZORKANI Izeddine	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Directeur de thèse	Pr. JORIO Anouar	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Co-Directeur de thèse	Pr. KHALDOUN Asmae	PES	Université Al Akhawayn – Ifrane
Rapporteurs	Pr. DARHMAOUI Hassan	PES	Université Al Akhawayn – Ifrane
	Pr. REZZOUK Abdellah		Faculté des Sciences Dhar El Mahraz – Fès
	Pr. MANSOURI Imad	PES	Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers - Meknès
Membres	Pr. SALI Ahmed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
	Pr. MOUDAM Omar	PES	Université Mohammed IV Polytechnique-Benguérir
Invité	Pr. BAITOUL Mimouna	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès

Résumé :

Pour les centrales solaires à concentration (CSC), les régions arides sont considérées comme des sites appropriés pour l'installation des centrales électriques principalement en raison de l'irradiance normale directe élevée présentée dans ces zones. Cependant, l'accumulation et l'adhésion de poussières sur les surfaces des miroirs réflecteurs présentent un obstacle à l'amélioration de l'efficacité des miroirs solaires en absorbant et en diffusant la lumière du soleil. Cette recherche se concentre sur la compréhension des mécanismes d'adhésion de poussière et l'évaluation de l'adhérence sur les surfaces des miroirs réflecteurs et aussi sur la recherche de nouvelles solutions qui peuvent être mises en œuvre dans les centrales solaires à concentration pour réduire la consommation d'eau lors du lavage des miroirs réflecteurs.

Tout d'abord, une nouvelle méthode a été présentée pour évaluer l'adhérence de la poussière à la surface des miroirs. Sur la base de la théorie DLVO étendue, trois types de miroirs réflecteurs sont étudiés, le premier type est le miroir commercial utilisé dans le projet NOOR 1, le second type est un miroir avec nano-revêtement hydrophobe amorphe Al_2O_3 et le troisième type est un miroir avec nano-revêtement TiO_2 hydrophile. Les particules de poussière ont été collectées dans trois régions potentielles pour l'installation des centrales CSC au Maroc (Ouarzazate, Tinghir et Midelt). Les résultats ont montré que l'énergie d'adhérence entre les miroirs avec nano-revêtement d'alumine hydrophobe et les particules de poussière de Tinghir a une valeur minimale de $42,78 \text{ mJ} / \text{m}^2$ par rapport à d'autres échantillons. Ce résultat peut s'expliquer par le caractère hydrophobe de la surface de ce miroir et par la nature des minéraux argileux du sol extraits du site de Tinghir. Les résultats de la diffraction des rayons X ont montré que la kaolinite (type de minéraux argileux) est présente en quantités importantes dans Tinghir et cela explique la faible adhésivité de la poussière de Tinghir à la surface des miroirs puisque la kaolinite gonfle partiellement dans l'eau et donc une très faible adhérence.

Deuxièmement, afin d'évaluer l'adhérence de la poussière par une autre méthode et en suivant l'énergie libre de surface des particules de poussière et des miroirs réflecteurs; les forces d'adhérence ont été évaluées pour trois types des miroirs réflecteurs. Dans cette partie, deux types de particules de poussière sont étudiés. Le premier type est les particules de poussière d'Ouarzazate et le second type sont les particules de poussière de Midelt. Il a été fondé une bonne relation entre les compositions de particules de poussière et les conditions des paramètres métrologiques des régions avec les types de forces d'adhésion, soit les forces de Van Der Waals (VDW) ou les forces capillaires. Aussi, une bonne relation a été trouvée entre les résultats des forces d'adhérence et le type de minéraux argileux présentés dans chaque type de particules de poussière.

Troisièmement, suivant la théorie DLVO étendue pour trois phases, de nouvelles solutions ont été présentées pour réduire la consommation d'eau dans l'opération de lavage des miroirs réflecteurs. Certains additifs sont suggérés pour diminuer l'énergie libre de surface de l'eau et par conséquent augmenter l'étalement et la mouillabilité de l'eau au contact des miroirs à réflecteur. Dans cette partie, le Ghassoul naturel, il est fortement recommandé de le mélanger avec de l'eau. En fait, le Ghassoul naturel contient à la fois un côté hydrophile (aimant l'eau), tel qu'un anion acide ($-\text{CO}^{2-}$ ou SO^{3-}) et un côté hydrophobe (qui déteste l'eau); un côté contient des charges positives et l'autre des charges négatives.

Quatrièmement, suite au calcul de l'adhérence des poussières et à l'évaluation des forces d'adhérence et afin d'étendre nos recherches en temps réel. Une microscopie des salissures en extérieur (MSE) a été implantée pour collecter les données d'images des échantillons souillés et corrélérer le résultat des paramètres météorologiques. Cependant, sur la base d'un réseau neuronal artificiel (RNA) et les données collectées. Le dépôt de poussière et la remise en suspension ont été prévus en fournissant uniquement les conditions météorologiques de certaines régions. Les performances de ce modèle ont été testées à l'aide de l'algorithme NARX Levenberg Marquardt pour identifier le lien entre les données d'entrée et de sortie et ainsi prédire avec précision les pourcentages de poussière sur les surfaces, et nous concluons dans cette partie que la machine de réseau neuronal artificiel (RNA) a montré un bon résultat pour la prédiction du pourcentage de poussière.

Mots clés:

Énergie solaire concentrée (CSC), énergie libre de surface, Derjaguin, Lev Landau, Evert Verwey (DLVO), Van Der Waals (VDW), microscopie des sols extérieurs, Réseau Neuronal artificiel (RNA)

Study of dust adhesion mechanisms on the surfaces of CSP reflector mirrors in arid regions

Abstract:

For concentrated solar power (CSP) plants, arid regions are considered suitable sites for power plant installation courtesy of their high direct normal irradiance presented in these areas. However, the accumulation and the adhesion of dust on the surfaces of CSP mirrors present an obstacle to improving the efficiency of solar mirrors by absorbing and scattering the sunlight. This research focuses on understanding the evaluation of dust adhesion on the surfaces of CSP reflector mirrors and also finding new solutions that can be implemented in CSP projects to decrease water consumption in the washing operation of reflector mirrors.

Firstly, a novel method was presented to evaluate dust adhesion on the surface of CSP mirrors. Based on extended DLVO theory, three types of CSP mirrors are investigated. First, the commercial mirror used at NOOR 1 project, the second one is a CSP mirror with hydrophobic amorphous Al_2O_3 nano-coating and finally, the third one is CSP mirror with hydrophilic TiO_2 nano-coating. The dust particles were collected from three potential regions for CSP plant installation in Morocco (Ouarzazate, Tinghir, and Midelt). The results showed that the work of adhesion between CSP mirrors with hydrophobic alumina nano-coating and Tinghir dust particles has a minimum value of 42.78 mJ/m^2 compared to other samples. This result can be explained by the hydrophobic nature of the surface of this mirror and the nature of the clay minerals in the soil extracted from the Tinghir site. X-ray diffraction results showed that the kaolinite type of clay minerals is present in major quantities in Tinghir and this explains the low adhesiveness of Tinghir dust on the surface of the mirrors, since kaolinite is partially swelling clay in water and hence very low adhesion to a solid surface.

Secondly, in order to evaluate the dust adhesion by another method and following the surface free energy of dust particles and surface mirrors; the adhesion forces were evaluated on the surfaces of three CSP reflector mirrors. In this part, two types of dust particles are investigated. The first type is dust particles from Ouarzazate and the second type are the dust particles from Midelt. It was founded a good relationship between dust particles compositions and metrological parameters conditions of the regions with adhesion forces types, either Van Der Waals (VDW) forces or capillary forces. Also, a good relationship was found between adhesion forces results and the type of clay minerals presented in each type of dust particles.

Thirdly, following the extended DLVO theory for three phases, a new solutions were presented to decrease the water consumption in the washing operation of CSP reflector mirrors. Some additives are suggested to decrease the surface free energy of water and as a result increase the spreading and the wettability of water when in contact with CSP reflector mirrors. In this part, the natural Ghassoul it's highly recommended to be mixed with water. In fact, the natural Ghassoul contain both a hydrophilic (water-loving) side, such as an acid anion ($-\text{CO}^{2-}$ or SO^{3-}) and a hydrophobic (water-hating) side; one side contains positive charges and the other side contain negative charges.

Fourthly, following the calculation of dust adhesion and evaluation f adhesion forces and in order to expanding our research in real-time conditions. An Outdoor Soiling microscopy (OSM) was implanted to collect the images data of the soiled samples and correlate the result of weather parameters. However, based on an Artificial Neural Network (ANN) and data collected. The dust deposition and re-suspension was predicted by providing only the weather conditions of selected regions. The performance of this model was tested using the NARX Levenberg Marquardt algorithm to identify the link between the input and output data and thus predict accurately the dust percentages on the surfaces, and we conclude in this part that Artificial Neural Network (ANN) machine showed a good results for the prediction of dust percentage.

Key Words:

Concentrated solar power (CSP), surface free energy (SFE), Derjaguin, Lev Landau, Evert Verwey (DLVO), Van Der Waals (VDW), Outdoor Soiling microscopy (OSM), Artificial Neural Network (ANN).