

Pôle des Etudes Doctorales
Centre des Etudes Doctorales Sciences et Techniques et Sciences Médicales

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Monsieur KHAMMAL Salim
Présentera ses travaux de recherche en vue de l'obtention du Doctorat



Formation Doctorale : Sciences et Techniques de l'Ingénieur
Discipline : Sciences Physiques de l'Ingénieur
Spécialité : Energétique

**Le 03/07/2026 à 10H00 à la Salle de Conférences Pr. Othman Filali
Meknassi, Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tanger, UAE**

Sous le thème

**Étude des performances d'un système solaire intégré combinant trigénération,
production d'hydrogène et dessalement par osmose inverse**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
Pr. SARSRI Driss	ENSA de Tanger, UAE	Président
Pr. EL FADAR Abdellah	ENSA de Tanger, UAE	Rapporteur
Pr. LOUZAZNI Mohamed	ENSA d'El Jadida, UCD	Rapporteur
Pr. IGOUZAL Mohammed	FS de Kénitra, UIT	Rapporteur
Pr. MANSOUR Hanae	ENSA de Tanger, UAE	Examinatrice
Pr. BOUMANE Abderazzak	ENSA de Tanger, UAE	Examinateur
Pr. KHOUYA Ahmed	ENSA de Tanger, UAE	Directeur

Structure de recherche : Equipe Energétique et Matériaux – Laboratoire des Technologies Innovantes

Résumé



Cette thèse s'inscrit dans le cadre de la transition énergétique en développant des systèmes intégrés de trigénération alimentés par énergie solaire, capables d'assurer la production simultanée d'électricité, de chaleur, de froid, d'hydrogène vert et d'eau douce. L'objectif est d'évaluer la faisabilité technique, énergétique et économique de ces systèmes pour des applications décentralisées à petite échelle.

La première configuration étudie un système de trigénération solaire thermique couplé à un électrolyseur alcalin. L'énergie thermique issue de capteurs à tubes sous vide alimente le cycle, tandis que la chaleur récupérée est valorisée pour la production d'hydrogène vert. Les analyses montrent un rendement exergetique de 8,4 % et une efficacité de production d'hydrogène de 60,4 %. Les indicateurs économiques mettent en évidence un coût nivelé de l'énergie et un coût nivelé de l'hydrogène encore élevés, confirmant toutefois la faisabilité du système.

La seconde configuration intègre un système photovoltaïque-thermique à concentration, une unité d'électrolyse et un procédé de dessalement par osmose inverse. La production combinée d'énergie thermique et électrique permet d'alimenter simultanément la trigénération, la production d'hydrogène et le dessalement. Les performances sont améliorées, avec un rendement exergetique de 8,9 % et une efficacité de production d'hydrogène de 65,6 %, accompagnées d'une réduction du coût nivelé de l'hydrogène et de l'introduction du coût nivelé de l'eau, attestant de la viabilité de la co-production eau-énergie.

Globalement, les résultats démontrent que les systèmes de trigénération solaire intégrée constituent une solution prometteuse pour la multi-production énergétique et hydrique. Malgré des contraintes économiques à petite échelle, ces systèmes offrent un potentiel significatif en matière de réduction des émissions, d'indépendance énergétique et d'adaptabilité.

Mots clés : Énergie solaire, Système de trigénération, Hydrogène vert, Osmose inverse, Coût nivelé de l'énergie, Coût nivelé de l'hydrogène, Coût nivelé de l'eau.