

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Sciences des Matériaux

Par

Julien TRANCHANT

De la transition de Mott électrique au développement des premiers composants Mottroniques

Travaux présentés et soutenus à Nantes, le 15 juillet 2025

Unité de recherche : Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (IMN)

Rapporteurs avant soutenance :

Madame Monica BURRIEL LOPEZ	Directrice de recherche CNRS, Université Grenoble Alpes
Monsieur Damien DELERUYELLE	Professeur, INSA Lyon
Monsieur Damien QUERLIOZ	Directeur de recherche CNRS, Université Paris Saclay

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (6) (<i>à préciser après la soutenance</i>)
Examinateurs :	Monsieur Fabien ALIBART	Chargé de recherche CNRS, Université de Sherbrooke (Canada)
	Monsieur Laurent CARIO	Directeur de recherche CNRS, Nantes Université
	Monsieur Antoine GOULLET	Professeur, Nantes Université

Invité(s)

Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice
------------	--------------------------------------

Titre : de la transition de Mott électrique au développement des premiers composants Mottroniques

Mots clés : mémoires non-volatiles, isolant de Mott, couches minces, neuromorphique

Résumé : L'énergie consommée par le secteur du numérique atteint des sommets sans précédent et pourrait ainsi atteindre la production énergétique mondiale avant 2040. Face à cet immense défi, l'industrie microélectronique est à la recherche de matériaux innovants, utilisant de nouveaux principes physiques, pour stocker et traiter de manière plus frugale les volumes de données toujours plus importants générés par l'humanité. Dans ce contexte, la transition isolant-métal sous champ électrique découverte à l'IMN dans une classe de matériaux quantiques, les isolants de Mott, offre une voie de ressourcement pour la microélectronique de demain.

Depuis 2010, mes recherches visent à comprendre et utiliser cette propriété pour bâtir des applications innovantes dans ce domaine. Ces travaux nous ont permis de poser les fondations d'une nouvelle électronique à base

d'isolants de Mott, appelée Mottronique. Cette habilitation à diriger des recherches présente ces résultats selon deux axes. Le premier aspect, fondamental, concerne les découvertes de notre équipe sur la phénoménologie et le mécanisme physique de la transition de Mott électrique. Le second axe est dédié aux aspects applicatifs de mon champ de recherche, à savoir le développement du dépôt de couches minces d'isolants de Mott et leur intégration avancée dans des dispositifs miniaturisés en vue de leur valorisation. L'ensemble de ces travaux interdisciplinaires ouvre ainsi la voie à une nouvelle technologie de composants qui s'étendent des mémoires aux réseaux de neurones artificiels et portent les promesses d'une électronique innovante à l'empreinte énergétique moindre.

Title : from Mott electric transition to the development of the first Mottronics components

Keywords : non-volatile memories, Mott insulator, thin film, neurocomputing

Abstract : The energy consumed by the digital sector is reaching unprecedented heights and could thus reach global energy production before 2040. Faced with this tremendous challenge, the microelectronics industry is looking for innovative materials, using new physical principles, to store and process in a more frugal manner the ever-increasing volumes of data generated by humanity. In this context, the insulator-metal transition under electric field discovered at the IMN in a class of quantum materials, Mott insulators, offers a resource path for the microelectronics of tomorrow.

Since 2010, my research has aimed to understand and use this property to build innovative applications in this field. This work allowed us to lay the foundations for new electronics based on Mott insulators, called Mottronics.

This habilitation to supervise research presents these results along two axes. The first, fundamental aspect concerns our team's discoveries on the phenomenology and physical mechanism of the electric Mott transition. The second axis is dedicated to the application aspects of my field of research, namely the development of the deposition of Mott insulator thin films and their advanced integration into miniaturized devices towards their industrial transfer. All of this interdisciplinary work thus opens the way to new component technology that ranges from memories to artificial neural networks and carries the promise of innovative electronics with a lower energy footprint.