

Titre Thèse Title	A one-dimensional quantum simulator grown by selective area epitaxy	
(Co)-Directeur	Bruno Grandidier	E-mail : bruno.grandidier@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Ludovic Desplanque	E-mail : ludovic.desplanque@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant (s)	Pierre Capiod	E-mail : pierre.capiod@junia.com
Laboratoire(s)	IEMN	Web : www.iemn.fr/
Groupe(s)	PHYSIQUE / EPIPHY	Web :www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/physique/nanosttructures-quantum ; www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/epiphy
Financement acquis ?	Oui	Non <input checked="" type="checkbox"/>
	Origine :	
Financement demandé	Contrat Doctoral <input checked="" type="checkbox"/>	Etablissement porteur : Univ. Lille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille JUNIA
	Région	Co-financement acquis : Oui Non <input checked="" type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) :
	Autre :	

Résumé : Résoudre l'état fondamental d'un système fermionique complexe est un défi expérimental et théorique. Les méthodes utilisant des ordinateurs conventionnels sont fortement limitées pour trouver les solutions exactes à ces problèmes et les ordinateurs quantiques ne sont encore qu'au stade de développement. Une des alternatives consiste à construire une plateforme physique qui pourrait simuler ces systèmes fermioniques. Dans ce projet, nous proposons de développer une nouvelle approche pour construire un simulateur quantique à partir de la croissance sélective par épitaxie par jets moléculaires de nanofils semi-conducteurs III-V. Cette technique conduit à la formation de nanofils planaires avec une modulation longitudinale du confinement autorisant la création de systèmes topologiques tels que la chaîne de Su-Schrieffer-Heeger. Cette chaîne possède des états topologiques localisés aux bords de la chaîne protégés par symétrie chirale, donnant lieu à de fortes corrélations électroniques si ces états sont remplis précisément avec un nombre entier d'électrons. Le premier objectif de ce projet visera à réduire aux limites de la technique les dimensions des atomes artificiels le long de la chaîne et à optimiser leur couplage électronique. Le deuxième objectif consistera à caractériser ces chaînes par microscopie et spectroscopie à effet tunnel afin de sonder la morphologie des fils, leur structure électronique et démontrer l'existence d'états localisés sur les atomes situés aux extrémités de la chaîne. Ces chaînes serviront alors à réaliser des simulations quantiques en mesurant le courant au travers de la chaîne via les états de bord, grâce à l'utilisation de grilles électrostatiques qui permettront de régler finement le potentiel de la structure. Ce projet se veut être une étape préliminaire dans la simulation quantique de systèmes plus complexes dans lesquelles l'intrication entre topologie et effets de corrélations sont encore mal compris. Le travail de thèse sera réalisé dans les centrales de Micro et NanoFabrication et caractérisations multi-physiques de l'IEMN. Le candidat aura accès à différentes ressources technologiques et expérimentales pour acquérir une expertise en épitaxie par jets moléculaires, lithographie électronique, gravure assistée par plasma, microscopie électronique à balayage, à force atomique et à effet tunnel.

Abstract: Solving the many-body ground states of fermionic complex systems has always been a challenge both experimentally and theoretically. Classical computational methods are quite limited to find the exact solutions of many-body interacting fermionic Hamiltonians and quantum computers are still under development. A proven alternative resides in the building of physical platforms which can simulate interacting fermionic systems by transposing complex hamiltonians. In this project, we propose a new route to build quantum simulators using molecular-beam epitaxy based on Selective-Area Growth (SAG) of semiconducting nanowires. This technique authorizes the building of in-plane nanowires with a longitudinal modulation of the confinement allowing the creation of topological systems such as the Su-Schrieffer-Heeger (SSH) chain. The chain possesses topological localized edge states protected by chiral symmetry, home of electronic correlations if precisely filled with even numbers of electrons. The first objective of this project is to push the limit of the SAG technique to reach the smallest size possible for the SSH chain, creating coupled quantum dots approaching 30 nm in size. The second objective is to characterize the chain by scanning tunnelling microscopy and spectroscopy to probe the morphology and electronic structures. Finally, thanks to the use of a gate structure to adjust the potential of the quantum dots, a full quantum simulation will be performed by measuring the current across the chain. This project should be a first step into the quantum simulation of more complex systems the interplay between topology and correlations is not well understood. The work will be performed in the micro and nano fabrication facility and in the multi-physics characterization platform of IEMN. The applicant will work with a wide range of experimental techniques to gain in expertise with molecular beam epitaxy, e-beam lithography, reactive ion etching, scanning electron microscopy and near field microscopies.

