



# Soutenance de thèse

Jeudi 18 mars 2021

14h00

Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies  
10 boulevard Thomas Gobert  
91120 Palaiseau  
Amphithéâtre

Camille BARBIER

## “ Epitaxie de GaN sur substrat de graphène ”

Lien public : <https://eu.bbcollab.com/guest/36bf1927e4b1470998aa4a89cf2aa02c>

### Jury members :

Mme. Agnès Trassoudaine – Professeur, Université Clermont Auvergne, apporteur  
M. Jean-Paul Salvestrini – Professeur, Georgia-Tech Lorraine, Rapporteur  
Mme. Marie-Ingrid Richard – Directeur de recherche, CEA-IRIG-MEM, Examineur  
M. Franck Vidal – Professeur, Sorbonne université, Examineur  
M. Jean-Christophe Harmand – Directeur de recherche, C2N, Directeur de thèse  
M. Ludovic Largeau – Ingénieur de recherche, C2N, Encadrant de thèse  
Mme. Maria Tchernycheva – Directeur de recherche, C2N, Invité  
M. Christophe Durand – Maître de conférences, Université Grenoble-Alpes, Invité

### Abstract :

De par leurs excellentes propriétés physiques, les nitrures d'éléments III sont des semi-conducteurs très prisés pour la fabrication de dispositifs micro-électroniques et opto-électroniques. Bien que de nombreux dispositifs à base d'alliages III-N soient d'ores et déjà commercialisés, leurs performances peuvent rester impactées par une densité importante de défauts dans les couches actives. Cela est lié à l'absence de substrat natif de III-N, disponible à bas coût. Actuellement, la fabrication de ces couches est réalisée par hétéroépitaxie, c'est-à-dire sur des substrats massifs de nature différente. Il apparaît donc important d'identifier un substrat alternatif pour améliorer la qualité cristalline des couches actives. Dans ce contexte, j'ai cherché à élaborer des domaines de GaN monocristallins et de taille micrométrique, pouvant servir à la fabrication d'un dispositif unique sur chacun d'eux. J'ai utilisé un procédé novateur reposant sur deux étapes importantes : (i) l'épitaxie par jets moléculaires (EJM) de nanostructures d'excellente qualité cristalline sur un substrat ultimement mince et compliant : le graphène transféré sur silice ; (ii) l'élargissement latéral de ces nanostructures par épitaxie en phase vapeur aux organométalliques (EPVOM). Mes résultats ont tout d'abord illustré la problématique de la nucléation du GaN sur le graphène et plus généralement, d'un matériau 3D (d'orbitales  $sp^3$ ) sur un matériau 2D (d'orbitales  $sp^2$ ). Une très longue durée d'incubation est notamment observée avant nucléation des premiers germes de GaN. J'ai cherché à expliquer l'origine de ce temps d'incubation et identifié des conditions expérimentales permettant de le raccourcir. J'ai mis en évidence d'importantes modifications structurales du graphène qui surviennent pendant l'incubation. Il est probable que ces modifications représentent des sites d'ancrage pour la nucléation du GaN. Puis l'état de contrainte des premiers germes de GaN a été mesuré in situ à l'ESRF. Nous avons mis en évidence une contrainte en tension du GaN de 0.8%, au tout début de la nucléation. Un scénario de croissance reprenant nos divers résultats expérimentaux est proposé. J'ai aussi montré qu'on peut réaliser une épitaxie sélective de nanofils de GaN sur de très petits motifs de graphène structurés sur la silice. Des conditions optimisées ont permis d'obtenir un nanofil unique par motif. Mes résultats préliminaires sur l'étape d'élargissement latéral des nanofils démontrent la possibilité d'obtenir des cristaux micrométriques de GaN sans défauts étendus. J'ai étudié leur cinétique de croissance à l'aide de marqueurs d'AlN. On atteint un régime de croissance fortement anisotrope correspondant à l'avancée de facettes verticales, condition idéale pour développer des micro-templates de GaN. Cette approche par épitaxie sélective sur des motifs de graphène offre des perspectives très prometteuses pour le transfert de micro-dispositifs vers un substrat hôte, différent du matériau support de croissance.