


– in french below –

**PhD offer – starting 2025/10**

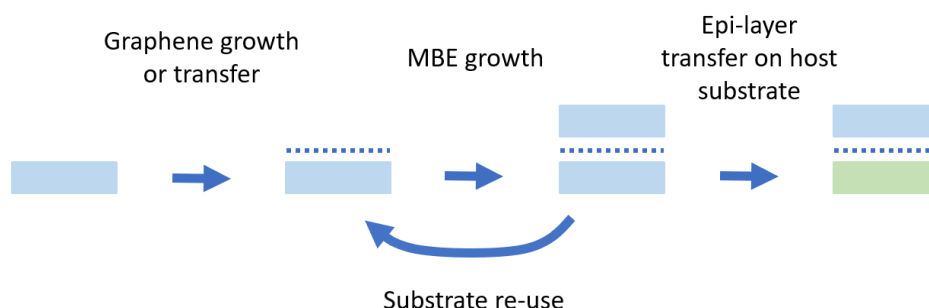
## Graphene assisted III-V epitaxy for low-cost high-efficiency solar cells

<b>Laboratory: Centre for Nanosciences and Nanotechnologies (C2N)</b> <b>Address:</b> 10 Boulevard Thomas Gobert, 91120 Palaiseau, France	
<b>Supervisor(s): Amaury Delamarre</b> <b>Phone number:</b> 01 70 27 04 80 <b>e-mail:</b> amaury.delamarre at cnrs.fr	

### Scientific project:

Solar cells made of III-V materials present the best efficiencies among currently available technologies, up to 46% under concentration. Nevertheless, their cost is significantly higher than mainstream silicon modules. The major part of this cost, about 80% to 90%, lies in the III-V substrates necessary for the growth of monocrystalline materials with sufficient quality.

We propose to explore a new strategy to reuse the substrate for several consecutive growths, in order to drastically reduce its cost contribution. The main goal is to modify the surface of the III-V substrate, so that the fabricated III-V layers can be easily detached, leaving a clean surface suitable for subsequent layer fabrication. A promising route for surface modification consists in depositing graphene layers on top of the substrate. The complete process is depicted in the figure below.




The objectives of the thesis project are twofold: (i) To define and develop the technological stages of the method, which include the manufacture and transfer of graphene, as well as the epitaxy itself (by molecular beam epitaxy). (ii) Clarify the nature of the physical interactions between the fabricated layers, the graphene, and the substrate. Several mechanisms may be involved, including Van der Waals interactions across the graphene layer, but also nucleation phenomena localized at graphene openings. The contribution of these phenomena needs to be quantified so that they can be manipulated to produce III-V thin films of sufficient quality for the production of high-efficiency solar cells. This would constitute a new tool for the growth of III-V materials, opening up a wealth of applications, such as photovoltaics (targeted in this project), but also photonics on silicon or flexible devices...

This work will take place at the Center for Nanoscience and Nanotechnologies (C2N) in the SUNLIT team. It includes several methods of fabrication (III-V by MBE, nano-fabrication clean room processing) and characterization (luminescence, SEM, TEM). Collaboration with high level scientists in specialized techniques are expected (XPS, STM). This environment gives the PhD candidate many opportunities to tackle this project challenge and gain experience.

The ideal candidate will have a master degree in physics, engineering, material sciences or related. Previous experience in clean-room is desirable but not essential. The candidate must show good organization skills to fabricate the target materials, using methods implying numerous parameters, in a clean room environment. A proactive approach is expected. Collaborative work being at the core of the program, communication skills are required for team working as well as regular presentation of work progress in internal meetings and conferences.

**Websites:** <https://sunlit-team.eu>, <https://www.c2n.universite-paris-saclay.fr>

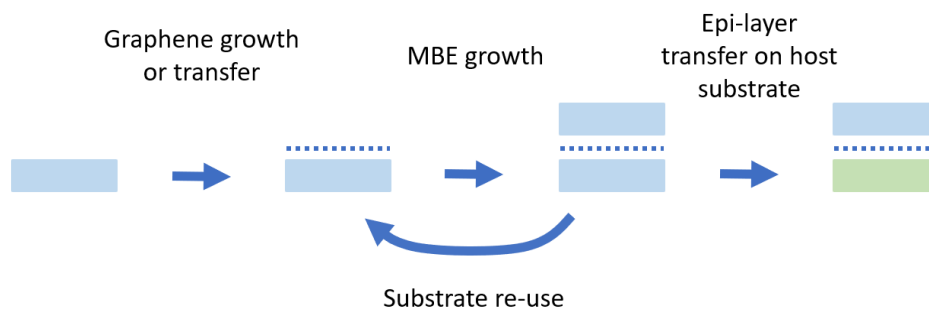
# Epitaxie de matériaux III-V assistée graphène pour des cellules solaires haut-rendements et bas-coûts

<b>Laboratoire : Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)</b> <b>Adresse : 10 Boulevard Thomas Gobert, 91120 Palaiseau, France</b>	
<b>Superviseur(s) : Amaury Delamarre</b> <b>Téléphone : 01 70 27 04 80</b>	
<b>E-mail : amaury.delamarre at cnrs.fr</b>	

## Projet scientifique :

Les cellules solaires à base de matériaux III-V présentent les meilleurs rendements parmi les technologies disponibles aujourd’hui, jusqu’à 46% sous concentration. Néanmoins, leur coût est significativement plus élevé que les modules silicium largement utilisés aujourd’hui. La majeure partie de ce coût, environ 80-90%, vient du substrat III-V nécessaire à la croissance d’un monocristal de qualité suffisante.

Nous proposons une nouvelle stratégie visant la réutilisation du substrat pour plusieurs croissances successives, dans le but de réduire drastiquement sa contribution au coût final. Le principal objectif est de modifier la surface du substrat III-V, afin que les couches fabriquées puissent être détachées aisément, laissant une surface compatible avec de nouvelles croissances. Une voie prometteuse consiste à insérer une couche de graphène sur le substrat avant la croissance. Le procédé de fabrication est schématisé dans la figure ci-dessous.



Les objectifs du projet de thèse sont doubles : (i) Définir et développer les étapes technologiques de la méthode, qui incluent la fabrication et le transfert du graphène, ainsi que l’épitaxie elle-même (par jets moléculaires). (ii) Clarifier la nature des interactions physiques entre les couches fabriquées, le graphène, et le substrat. Plusieurs mécanismes peuvent être impliqués, dont des interactions Van der Waals à travers la couche de graphène, mais également des phénomènes de nucléation localisés dans des ouvertures dans le graphène. Il conviendra de quantifier la contribution de ces phénomènes afin de pouvoir les manipuler pour la production de couches minces III-V de qualité suffisante pour la production de cellules solaires haut rendement. Ceci constituerait un nouvel outil pour la croissance de matériaux III-V, laissant entrevoir une richesse d’applications, comme le photovoltaïque ciblé dans ce projet, mais également la photonique sur silicium ou des dispositifs flexibles...

Ce projet sera réalisé au Centre de Nanosciences et Nanotechnologies (C2N) dans l'équipe SUNLIT. Les études menées utiliseront plusieurs méthodes de fabrication (III-V par MBE, procédés de nano-fabrication en salle blanche) et de caractérisation (luminescence, microscopie électronique). Des collaborations pour des techniques complémentaires spécialisées sont programmées (XPS, STM). Cet environnement donnera au doctorant de nombreuses opportunités pour atteindre les objectifs du projet et gagner en expérience.

Le candidat idéal dispose d'un master ou équivalent en physique, ingénierie, science des matériaux ou domaines connexes. Une expérience antérieure en salle blanche sera appréciée sans être essentielle. Le candidat doit présenter de bonnes capacités d'organisation pour la réalisation des tâches du projet, qui utilisent des procédés impliquant de nombreux paramètres, en salle blanche. Il devra faire preuve d'indépendance et être force de propositions pour le développement de nouveaux procédés. Le travail collaboratif étant au cœur du projet, de bonnes compétences en communications sont attendues, pour un fonctionnement effectif en équipe, et la présentation régulière des résultats obtenus en conférences et meetings internes.

**Websites:** <https://sunlit-team.eu>, <https://www.c2n.universite-paris-saclay.fr>