



## Analyse des résultats de réflectométrie X sur les structures Ge/Si et Si/Ge/Si pour DoTPIX, et choix du diélectrique de grille

**Spécialité** Physique des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DEDIP/DEPHYS](#)

**Candidature avant le** 14/05/2025

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [FOURCHES Nicolas](#)  
+33 1 69 08 61 64  
[nicolas.fourches@cea.fr](mailto:nicolas.fourches@cea.fr)

### Résumé

Le stage consiste à l'étude en réflectométrie X de structures Ge/Si et Si/Ge/Si soumises à des recuits successifs. Il est nécessaire de connaître l'influence des recuits pour s'assurer d'obtenir des substrats conformes et compatibles avec la technologie DoTPIX. Cette technologie est celle d'un détecteur à pixels utilisant des puits quantiques. D'autres types de mesures électriques cette fois permettrons de mieux connaître le diélectrique de grille.

### Sujet détaillé

Le développement des détecteurs internes en physique des particules exige toujours plus de progrès en terme de résolution spatiale et de résolution temporelle. Pour le premier critère nous avons proposé une structure, basée sur un puit quantique enterré en dessous d'un dispositif MOS qui sera la base de la technologie DoTPIX développée ici. Cette structure a été simulée de manière systématique pour s'assurer de sa fonctionnalité, et d'obtenir les critères nécessaires à sa faisabilité. Nous avons commencé à réaliser et à caractériser les couches épitaxiées nécessaires à l'élaboration du DoTPIX. Nous entrons dans une l'étape plus avancée de la réalisation de la structure DoTPIX afin de la caractériser. Pour que cette structure fonctionne il est nécessaire que la couche enterrée en Ge soit suffisamment stable après avoir vu des étapes du procédé de fabrication, qui comportent des recuits et des oxydations. A cette fin nous étudions des structures Si/Ge/Si soumises à différents traitements thermiques et analysées à l'aide de réflectométrie X. Des expériences ont été faites sur la ligne Diffabs du Synchrotron Soleil. Les données finales doivent être analysées offline, pour obtenir la composition, les contraintes par exemple. C'est l'objet de ce stage, qui devra déterminer les conditions limites dans lesquelles les étapes technologiques devront être réalisées et comprendre la physique liée au couches enterrées de Ge dans le Silicium, obtenues par épitaxie (CVD). Le stage d'une durée de 5-6 mois se déroulera à l'IRFU, en collaboration avec l'IRAMIS, qui apportera sa connaissance en réflectométrie X ou des mesures complémentaires seront possibles. Une collaboration avec le C2N et le LAAS est en cours pour ce travail, en particulier pour l'étude du diélectrique de grille qui devra être débutée sur ces échantillons. Par la suite le sujet pourra se prolonger en thèse de doctorat au sein de la collaboration avec le soutien déjà acquis depuis 2024 de l'ANR.

### Mots clés

---

Instrumentation , detection physics

**Compétences**

X ray reflectometry , data analysis

**Logiciels**

---

## **X ray reflectometry on SiGeSi structures for the DoTPIX pixel and its gate dielectric.**

### **Summary**

The subject consists in the study of Ge/Si and Si/Ge/Si structures. These structures will be thermally annealed along with the DoTPIX fabrication process. Thus, it is necessary to have a clear view of the annealing effects to assess the ability of these structures to be compatible with the future DoTPIX technology. We will also use electrical measurements to better estimate the properties of the gate dielectric.

### **Full description**

The development of internal detectors for particle physics requires ever more progress in terms of spatial resolution and temporal resolution. For the first criterion, we proposed a structure based on a quantum well buried under a MOS device. This is the DoTPIX technology we are developing here. Such a structure was thoroughly simulated to ensure its functionality and in a later step to obtain the necessary processing conditions ensuring its physical feasibility. We have started to produce and characterize the epitaxial layers necessary for the development of the DoTPIX structure. We are now entering a more advanced stage of the production of a single DoTPIX structure for basic characterization purposes. In order to work as a charge collection layer the buried Ge layer must be sufficiently stable even after the thermal treatments due to the manufacturing process, which include annealing and oxidation. For this purpose, we are studying Si/Ge/Si structures submitted to different heat treatments and analyzed using X-ray reflectometry. Some experiments were carried out on the Diffabs beamline of the Synchrotron Soleil. The final data must be analyzed offline, to obtain the composition or the crystalline constraints for instance. The purpose of this internship, is to determine the limiting conditions for which the technological steps will have to be carried out and understand the physics related to the buried layers of Ge in Silicon, obtained by epitaxy (CVD). This internship, lasting 5-6 months will take place at the IRFU, in close collaboration with IRAMIS, which will provide its knowledge in X-ray reflectometry, or make possible additional measurements. A collaboration with the C2N and the LAAS is underway for this work, in particular for the study of the gate dielectric which will have to be started on these samples. Subsequently, the subject may be extended into a doctoral thesis within the collaboration with the support already acquired since 2024 from the ANR.

### **Keywords**

instrumentation , material science , detection physics , simulation , defect characterization

### **Skills**

X ray reflectometry , data analysis

### **Softwares**