

## Exploitation du flot Intel HLS pour programmation d'algorithme sur FPGA pour l'analyse de données de l'expérience Atlas au CERN (LHC)

**Spécialité** Électronique numérique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [DEDIP/STREAM](#)

**Candidature avant le** 04/05/2022

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [MOLINA GONZALEZ Emmanuel](#)  
+33 1 69 08 92 45  
[emmanuel.molina-gonzalez@cea.fr](mailto:emmanuel.molina-gonzalez@cea.fr)

### Résumé

Il est prévu de traiter en temps réel les données numérisées à l'aide de FPGA à la pointe de la technologie (Stratix 10 Intel). Une des fonctions du firmware sera de mesurer la luminosité du LHC en temps réel, à partir des données du calorimètre.

### Sujet détaillé

Si la découverte du boson de Higgs intervenue au LHC (CERN) en 2012 est un éclatant succès pour le Modèle Standard de la physique des particules, elle n'apporte pas toutes les réponses à de nombreuses questions toujours ouvertes dans le domaine de la cosmologie et la physique des particules. Parmi celles-ci, on peut mentionner la nature de la matière et de l'énergie noire, l'origine du potentiel de Higgs et le fait que le Modèle Standard n'explique pas de manière satisfaisante les très petites masses des neutrinos. Les solutions naturelles à ces questions pourraient provenir de l'existence de nouveaux types d'interactions et de nouvelles particules. C'est pourquoi depuis la découverte du boson de Higgs, les efforts sont focalisés sur la recherche de phénomènes nouveaux, au-delà du Modèle Standard. Un des aspects importants dans la comparaison entre les observations et la théorie est d'être capable de normaliser aussi précisément que possible les observations par rapport à la théorie, donc de mesurer aussi précisément que possible la luminosité (une grandeur proportionnelle au nombre de collisions à un instant donné) de l'accélérateur. L'objectif est d'atteindre une précision meilleure que 1% au cours des prochaines années, ce qui est un facteur deux à trois meilleur que la précision atteinte actuellement.

Les expériences LHC disposent actuellement de plusieurs techniques et de sous-détecteurs spécialisés pour mesurer la luminosité. Toutefois, ces techniques sont entachées de divers problèmes de stabilité et de linéarité, qui en compliquent l'exploitation.

Le DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) de l'Irfu (l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) conçoit des systèmes

---

d'acquisition de données pour les grandes expériences de la physique fondamentale et d'astrophysique, du détecteur de particules à l'électronique d'acquisition des signaux.

**MISSION :**

Intégré(e) au sein de l'équipe d'électronique (labo STREAM) pour les upgrade phase 2 du détecteur ATLAS au CERN, le stagiaire est en charge de :

- Prendre en main les logiciels (Intel Quartus et ModelSim) pour l'implémentation et simulation du firmware sur cible stratix10
- Prendre en main l'implémentation de firmware avec intel HLS.
- Comprendre l'algorithme à implémenter:
- Implémentation HLS
- Implémentation classique RTL
- Optimiser l'algorithme
- Evaluer la consommation des ressources selon l'implémentation,
- Optimiser les ressources du FPGA,
- Interfacer le bloc algorithmique avec le système déjà en place,
- Documenter et présenter régulièrement l'avancement du travail effectué.

Lien vers réalisation de projets très fortement apprécié.

Possibilité de déplacement au CERN (en fonction des contraintes sanitaires)

**Mots clés**

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

**Compétences**

Les compétences recherchées sont : - Maitrise des concepts de programmation VHDL, langage C/C++, script TCL, - Aisance avec l'environnement Linux, - Première expérience dans l'implémentation de firmware sur cible FPGA (TP, Stage...), - Une première expérience avec les logiciels de versionning (gitLab) est un plus, - Une connaissance du logiciel ModelSim n'est pas requise mais est un plus, - Une connaissance du logiciel Quartus n'est pas requise mais est un plus, - Maitrise de l'anglais à l'oral est un plus.

**Logiciels**

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

---

# Intel HLS firmware development for real time measurement of the luminosity of the LHC luminosity

## Summary

It is planned by end 2025 to fully re-design the readout electronics of the ATLAS Liquid Argon calorimeter. Among other aspects, it is foreseen to process in real time the digitized data using high end FPGAs (Intel Stratix 10). One of the functionalities of the firmware will be to measure online the LHC luminosity using the data from the calorimeter.

## Full description

The discovery of the Standard Model Higgs boson in 2012 is undoubtedly a bright success for the Standard Model of particle physics. This discovery however does not bring any answer to many of the questions that are still open in cosmology and particle physics. Among others, there is the nature of dark matter and dark energy, the origin of the Higgs potential, and the fact that the Standard Model does not provide an explanation for the very small masses of the neutrinos. Natural solutions to these problems could come from the existence of new interaction types or new particles.

This is why, since the discovery of the Higgs boson, efforts are focused on the search for new phenomena, beyond the Standard Model. One of the important aspects of the comparison between experimental measurements and theory is the need to normalize as precisely as possible experimental results to theory. This means in practice being able to measure as precisely as possible the luminosity of the LHC. The goal is to reach a precision better than 1% within the next few years. This is a factor two or three better than the precision that has been reached up to now.

LHC experiments are equipped with dedicated luminosity measurement subsystems, and several observables can be used to measure the luminosity. However, the techniques used have various stability and linearity issues, that complicate their exploitation.

DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique), which is part of Irfu (l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) designs data acquisition systems for fundamental physics and astrophysics experiments, going from the particle detector to the data acquisition electronics.

Within the electronics development team (STREAM group) involved in the phase 2 upgrades of the ATLAS detector at CERN, the different tasks of the intern will be:

- Get acquainted with the software toolchain (Intel Quartus and Modelsim) needed to implement and simulate firmware on a Stratix 10 target.
- Get acquainted with the Intel HLS concept and development suite.
- Understand the algorithms to be implemented :
  - RTL classical/standard implementation
  - HLS Implementation
- Evaluate the resource consumption for each implementation,
- Optimize the algorithm,
- Optimize the FPGA resource usage,
- Interface the designed bloc with other existing blocks,
- Document and present progress on work on a regular basis

References or links to project realizations will be strongly appreciated.  
Travel possibility to CERN (Geneva), if sanitary constraints allow

## Keywords

---

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

### **Skills**

- VHDL, C/C++ language, TCL scripting. - Linux environment, - Firmware implementation on FPGA, - Some experience with versioning software (gitLab) is a plus. - ModelSim knowledge is not required but would be a plus. - Knowledge of Quartus is not required but would be a plus. - English (spoken and written) is a plus.

### **Softwares**

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX