



## Supervision pour système d'acquisition de données pour le projet ATLAS-ITK (M1/M2)

**Spécialité** Génie logiciel

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 1

**Unité d'accueil** [DEDIP/LEMID](#)

**Candidature avant le** 01/05/2023

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [GIRAUD Julien](#)  
+33 1 69 08 44 85  
[julien.giraud@cea.fr](mailto:julien.giraud@cea.fr)

### Résumé

L'objectif de ce stage est de développer un système de supervision (incluant une interface graphique utilisateur) permettant d'opérer et de monitorer plusieurs bancs de test utilisés dans le projet ATLAS-ITK. Ces bancs assurent la caractérisation électrique d'objets de détection silicium (« Pixel Quad module ») tout en recueillant les données environnementales associées (tensions, température, ...).

### Sujet détaillé

#### CADRE DE TRAVAIL :

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.

Les personnels du DEDIP, physiciens et équipes de conception en électronique et mécanique, imaginent et réalisent des détecteurs de particules et de rayonnements permettant une meilleure compréhension de l'infiniment petit.

L'objectif de ce stage est de développer un système de supervision (incluant une interface graphique utilisateur) permettant d'opérer et de monitorer plusieurs bancs de test utilisés dans le projet ATLAS ITK. Ces bancs assurent la caractérisation électrique d'objets de détection silicium (« Pixel Quad module ») tout en recueillant les données environnementales associées (tensions, température, ...).

#### MISSION :

Intégré(e) au sein du Laboratoire d'Etude Mécanique et d'Intégration de Détecteur (LEMID), le stagiaire sera en charge de :

- Comprendre le fonctionnement du système de pilotage et de monitoring du banc de test
- Prendre en main les scripts déjà existants

- 
- Créer un interface graphique utilisateur (en relation avec le responsable du banc de test et les opérateurs) en prenant en compte :
    - o Ses fonctionnalités nécessaires
    - o Son ergonomie
    - o La gestion des situations de sécurité matériel
  - Mener des tests de validation du fonctionnement
  - Rédiger une documentation utilisateur et l'intégrer à l'interface

---

#### PROFIL RECHERCHE :

Le candidat est en M1/M2 (école d'ingénieur ou université) et recherche un stage de 3 à 6 mois.

Les compétences recherchées sont :

- Maîtrise de Linux et de Python Orienté Objet,
- Une expérience avec les conteneurs Docker et les logiciels de versioning (gitLab, gitHub) est un plus.
- Une expérience avec les bases de données InfluxDB et MongoDB est un plus.

Le candidat doit faire preuve de dynamisme et curiosité pour le domaine, doit démontrer des capacités d'adaptation, d'écoute et de synthèse afin d'intégrer les besoins utilisateurs à l'interface graphique.

Le candidat doit avoir un goût prononcé pour la programmation.

#### **Mots clés**

#### **Compétences**

#### **Logiciels**

Python InfluxDB, MongoDB GitLab

---

## **Summary**

## **Full description**

## **Keywords**

## **Skills**

## **Softwares**

Python InfluxDB, MongoDB GitLab



## Routage de carte électronique sous CADENCE Allegro et Mise à jour d'une base de donnée composant en python

**Spécialité** Électronique analogique

**Niveau d'étude** Bac+2

**Formation** DUT/L2

**Unité d'accueil** [DEDIP/LISETA](#)

**Candidature avant le** 10/05/2023

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [SALSE Nicolas](#)  
+33 1 69 08 42 92  
[nicolas.salse@cea.fr](mailto:nicolas.salse@cea.fr)

### Résumé

L'objectif de ce stage est de réaliser le routage sous le logiciel Cadence d'une carte multicouche avec des contraintes sur l'intégrité du signal. Et en parallèle de cette activité, il faudra mettre à jour notre librairie composant associée au logiciel CADENCE.

### Sujet détaillé

Contexte :

Le DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) de l'IRFU (Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) conçoit des systèmes de lecture et d'acquisition pour les grandes expériences de la physique fondamentale et d'astrophysique. Ces systèmes de lectures et d'acquisition permettent de lire des détecteurs innovants afin de comprendre l'univers, de l'infiniment grand à l'infiniment petit.

Le stagiaire sera intégré au service CAO au sein du Laboratoire d'Intégration des Systèmes Electriques de Traitement et d'Acquisition (LISETA) développant entre autre des circuits imprimés permettant l'acquisition des données pour les grandes expériences de la physique.

Ces circuits imprimés sont principalement développés dans l'environnement Cadence. Cet outil a besoin d'une librairie de composants pour permettre la création des schémas électroniques et du routage. Cette base de donnée est vieillissante et beaucoup de composants sont devenus obsolètes, ne répondent plus aux normes IPC ou sont mal répertoriés.

Mission :

Le stagiaire aura pour mission de :

o Router une carte complète sous Cadence :

- Comprendre le fonctionnement du système avec le chef de projet
- Lecture et compréhension du schéma électronique
- Création composant schéma et empreinte physique
- Routage

- 
- Revues de routage
  - Création du dossier de fabrication (GERBERS) et archivage de la carte
  - Suivi fabrication

o Remanier la base de données composants :

- Créer son architecture
- Trier les composants existant par famille
- Inclure les normes IPC aux empreintes
- Tester la fonctionnalité avec CADENCE Allegro design entry et Allegro PCB.
- Rédiger une documentation d'archivage de composant

### **Mots clés**

Electronique analogique, routage de carte électronique, Python

### **Compétences**

Le candidat est en BUT ou licence spécialisée en électronique et/ou informatique et recherche un stage de 10 à 12 semaines. Les compétences techniques recherchées sont :  
o Une connaissance des composants utilisés sur l'électronique basse puissance  
o Une première expérience sous les logiciels de schématique routage comme Cadence/Altium ou Kicad,  
o Une connaissance générale de la conception des circuits imprimés est un plus  
Outre ces compétences techniques, le candidat sera rigoureux, curieux, dynamique et prompt à proposer des solutions personnelles.

### **Logiciels**

CADENCE Allegro design

---

# Electronic card routing under CADENCE Allegro and Update of a component database in python

## Summary

The objective of this internship is to carry out the routing under the Cadence software of a multilayer board with constraints on the signal integrity. The other objective is to upgrade the libraries dedicated to the CADENCE software.

## Full description

### Context :

The DEDIP (Electronic, detectors and computing division) of IRFU (Institute of research of the fundamental laws of the Universe) designs readout and acquisition systems for fundamental physics and astrophysics. These readout and acquisition systems allow reading innovative detector for understanding the infinite small and large universe.

The interns will be involved in the work of the electrical acquisition and treatment system integration laboratory (LISETA) who is developing, among others, MicroMegas particle detectors and printed circuits boards data acquisition of different physics experiments.

These circuit boards are mainly developed using Cadence environment. This tool needs a component library to allow the creation of electronic schematic and routing. This component database is aging and many components have become obsolete, no longer meet IPC standards or are incorrectly listed.

### Mission :

The intern will be responsible for:

o Routing a complete map in Cadence:

- Understanding the functioning of the system with the project manager
- Reading and understanding of the electronic diagram
- Creation of schematic / layout component
- Routing
- Routing reviews
- Creation of manufacturing files (GERBERS)
- Production tracking

o Redesigning the component database:

- Create your architecture
- Sort the existing components by family
- Include IPC standards in borrowing
- Test the functionality with CADENCE Allegro design entry and Allegro PCB.
- Write component archiving documentation

## Keywords

Electronics, Design of Printed Circuit board, Python

## Skills

The candidate is in BUT or license with a specialization in electronics and / or computer science and is looking for an internship of 10 to 12 weeks. The technical skills asked are: o Knowledge of the components used on low power electronics o Experience with routing schematic software such as Cadence/Altium or Kicad, o General knowledge of PCB design is a plus The candidate is rigorous, dynamic and curious in the field, and shows adaption capacities,

---

listening and synthesis in order to understand the different needs of the users. Aside these technical competences, candidate will be curious, dynamic and eager to propose personal solutions.

**Softwares**

CADENCE Allegro design



## Application d'une nouvelle méthode de machine learning pour la reconstruction 3D à l'aide de trajectoires de muons

**Spécialité** Instrumentation

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 1

**Unité d'accueil** [DEDIP/DEPHYS](#)

**Candidature avant le** 30/06/2023

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [GOMEZ-MALUENDA Hector](#)  
01 69 08 63 80  
[hector.gomez@cea.fr](mailto:hector.gomez@cea.fr)

### Résumé

Dans de récentes publications en machine learning, il a été montré que des réseaux de neurones profonds peuvent apprendre à imiter des algorithmes itératifs et éventuellement avoir de meilleures performances. L'étudiant.e aura à faire une preuve de concept de ce processus (appelé algorithm unrolling) sur l'algorithme itératif SART qui permet de reconstruire des objets en 3D (dans le domaine médical, mais aussi dans l'imagerie muonique).

### Sujet détaillé

- Contexte:

La muographie est une méthode de scan non invasive et non destructive adaptée aux structures de grande taille. Elle est actuellement appliquée dans une large variété de contextes comme la volcanologie, la géophysique ou le nucléaire.

Les muons atmosphériques pouvant traverser de très grandes distances dans la matière avant d'être absorbés ou déviés (contrairement aux rayons X par exemple), la reconstruction de leur trajectoire permet l'étude et l'imagerie des objets traversés à l'aide de différentes techniques (absorption, transmission ou déviation).

A l'Irfu, le groupe muographie réalise des mesures à l'aide d'instruments basés sur les détecteurs Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure), inventés à l'Irfu. Ces détecteurs ont été développés à l'origine pour des expériences de physique nucléaire et de physique des particules. A l'aide de cette technologie, le groupe a pu montrer l'intérêt de la muographie depuis 2015 entre autre sur un château d'eau à Saclay, la pyramide de Khéops et plus récemment sur des réacteurs nucléaires à Marcoule. Ces résultats ont éveillé l'intérêt de l'industrie et de la recherche en France et en Europe pour des applications similaires et plus variées.

Le groupe muographie a une politique de R&D continue sur l'instrumentation des télescopes à muons, le traitement du



---

signal et l'analyse de données. Le stage proposé sera concentré sur l'analyse de données avec des réseaux de neurones profonds qui utiliseront les trajectoires des muons pour réaliser une image 3D d'une structure étudiée (par exemple un réacteur nucléaire).

Les réseaux de neurones ont prouvé leur efficacité dans de nombreux domaines ces dernières années et de nombreuses applications pourraient bénéficier du machine learning à la place de méthodes conventionnelles.

Cependant, dans certains cas les méthodes de machines learning sont en compétition avec des méthodes et algorithmes très explicites. En effet certains algorithmes reposent sur des connaissances théoriques (comme des modèles physiques) qui ont prouvé leur efficacité. Il est donc difficilement justifiable de remplacer un modèle issu d'une théorie par un réseau de neurone qui se comporte comme une boîte noire ; et cela même si le réseau de neurone peut être plus performant.

Dans le cas de méthodes conventionnelles itératives, une approche récente propose d'entraîner les réseaux de neurones à imiter l'algorithme classique. Cette méthode, appelée algorithm unrolling, pourrait permettre de profiter des performances des réseaux de neurones tout en conservant les propriétés de l'algorithme initial.

Pour la reconstruction 3D de structures (comme un réacteur nucléaire) nous utilisons actuellement l'algorithme itératif SART, issu de l'imagerie médicale. Nous voudrions savoir si la méthode d' algorithm unrolling peut permettre d'augmenter la qualité de la reconstruction ou sa vitesse.

- Objectif :

L'étudiant.e travaillera sur le process d'algorithm unrolling appliqué à la reconstruction 3D d'objets scannés par la muographie.

### **Mots clés**

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Reconstruction 3D, Machine learning, Réseaux de neurones profonds, Deep

### **Compétences**

Durant le stage, l'étudiant.e devra : • Comprendre le concept d'algorithm unrolling • Comprendre l'actuel algorithme de reconstruction 3D • Proposer et entraîner une preuve de concept d'algorithm unrolling sur SART • Réaliser une reconstruction 3D et comparer sa qualité

### **Logiciels**

• Bon niveau en Python • Connaissances de base en machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux

---

# Application of a new machine learning methods to 3D muon tracks reconstruction with deep neural network

## Summary

In recent machine learning publications, it has been shown that deep neural network could learn to imitate iterative algorithm, and even have better performances. The student will have to do a proof of concept of that process (called algorithm unrolling) for the SART algorithm which allows to reconstruct 3D objects (in the medical field, but also for muon imaging).

## Full description

- Context:

Muography is a non-invasive and non-destructive scanning method for large structures; it is currently being considered as a potential technique for a large variety of applications going from volcanology to geophysics, engineering or nuclear domain.

Taking advantage of the capability of atmospheric muons to go through long distances of matter before being absorbed or deviated (on the contrary to X rays for example), muons track reconstruction allows the study and the imaging of the traversed objects using different analysis techniques (absorption, transmission or deviation).

At Lrfu, the group working on muography performs measurements using instruments based on Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure) detectors. Invented at Lrfu, Micromegas were conceived originally to be used at nuclear and particle physics experiments. Among the measurements done by the group from 2015, those of the "château d'eau" at Saclay, the Khufu's pyramid or, lately, of a nuclear reactor at CEA - Marcoule, can be highlighted. These results triggered the interest of several industrial groups in France and all along Europe for the previously mentioned applications or to new ones.

Muography team at Lrfu develops a continuous R&D program both for telescopes instrumentation and signal processing and analysis techniques. The following internship will be focused on the development of 3D muon tracks reconstruction based on deep neuronal networks.

Deep neural networks have shown to be applicable and efficient in many new fields last years. Many specific applications may benefit from machine learning to replace previous methods.

However, machine learning algorithm can sometime be in competition with previous conventional methods based on explicit models. Some algorithms come from theoretical approaches and are therefore proven to be effective. It is then hard to justify replacing that kind of solution with a black-box algorithm, even with a performance gain.

In the case of conventional iterative algorithm, a recent proposition is to try to learn the iterative process with a deep neural network. This method, called algorithm unrolling, could provide better performances but also keep the properties of the initial algorithm.

We currently use the SART iterative algorithm to do 3D reconstructions of objects (like a nuclear reactor) using muon tracks. We would be interested in recent machine learning publications, it has been shown that deep neural network could learn to imitate iterative algorithm, and even have better performances. The student will have to do a proof of concept of that process (called algorithm unrolling) for the SART algorithm which allows to reconstruct 3D objects (in the medical field, but also for muon imaging). We are interested in the idea that algorithm unrolling could help us increase the quality of the reconstruction, or do it faster with the same precision.

- Goal:

The candidate will work on the development of an algorithm unrolling process for the 3D reconstruction of objects

---

scanned by muography. This reconstruction is made using the SART algorithm (usually used for medical applications but currently used for muon tomography as well).

### **Keywords**

Muography, Data analysis, Instrumental Physics, 3D Reconstruction, Machine learning, Deep neural networks, Algorithm unrolling

### **Skills**

During this internship, the intern would need to: • Understand the concept of algorithm unrolling • Understand the current 3D reconstruction algorithm • Propose and train a proof of concept to unroll the 3D reconstruction • Perform a 3D reconstruction and evaluate the performance increase/decrease

### **Softwares**

• Bon niveau en Python • Connaissances de base en machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux



## Machine learning pour le démultiplexage de pixels dans une Time Projection Chamber pour des applications muographiques

**Spécialité** Instrumentation

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 1

**Unité d'accueil** [DEDIP/DEPHYS](#)

**Candidature avant le** 30/06/2023

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [GOMEZ-MALUENDA Hector](#)  
01 69 08 63 80  
[hector.gomez@cea.fr](mailto:hector.gomez@cea.fr)

### Résumé

L'étudiant.e devra développer un réseau de neurones pour reconstruire les traces de muons projetées sur un détecteur dont les pixels sont hexagonaux. Pour cela l'étudiant.e aura besoin d'implémenter une variante des couches convolutionnelles 2D pour des pixels hexagonaux.

### Sujet détaillé

- Contexte:

La muographie est une méthode de scan non invasive et non destructive adaptée aux structures de grande taille. Elle est actuellement appliquée dans une large variété de contextes comme la volcanologie, la géophysique ou le nucléaire.

Les muons atmosphériques pouvant traverser de très grandes distances dans la matière avant d'être absorbés ou déviés (contrairement aux rayons X par exemple), la reconstruction de leur trajectoire permet l'étude et l'imagerie des objets traversés à l'aide de différentes techniques (absorption, transmission ou déviation).

A l'Irfu, le groupe muographie réalise des mesures à l'aide d'instruments basés sur les détecteurs Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure), inventés à l'Irfu. Ces détecteurs ont été développés à l'origine pour des expériences de physique nucléaire et de physique des particules. A l'aide de cette technologie, le groupe a pu montrer l'intérêt de la muographie depuis 2015 entre autre sur un château d'eau à Saclay, la pyramide de Khéops et plus récemment sur des réacteurs nucléaires à Marcoule. Ces résultats ont éveillé l'intérêt de l'industrie et de la recherche en France et en Europe pour des applications similaires et plus variées.

Le groupe muographie a une politique de R&D continue sur l'instrumentation des télescopes à muons, le traitement du signal et l'analyse de données. Le stage proposé sera concentré sur le développement d'une nouvelle méthode de

---

reconstruction à l'aide de réseaux de neurones pour une TPC (Time Projection Chamber).

Les TPC sont un type de détecteurs gazeux dans lequel l'interaction d'une particule avec le gaz est projetée sur un plan par un champ électrique. Dans l'expérience D3DT, les muons qui traversent un cylindre ionisent un gaz et les électrons sont projetés sur un détecteur au fond du cylindre. Sur ce détecteur, le signal est recueilli sur des pixels pour construire une image sur laquelle on s'attend à voir la projection 2D de la trace 3D des muons.

Cependant, pour de multiples raisons, il n'est pas possible de mesurer le signal sur tous les pixels séparément. Nous avons uniquement accès à un signal « multiplexé », qui est la somme de certaines combinaisons de pixels. C'est pourquoi nous avons besoin d'un processus de démultiplexage, qui estime quels pixels ont réellement été touchés.

Il a été montré dans d'autres détecteurs que les réseaux de neurones convolutionnels peuvent être une bonne approche pour résoudre ce problème. Cependant, le détecteur D3DT a des pixels hexagonaux, ce qui rend impossible l'utilisation de couches convolutionnelles classiques. Il sera donc nécessaire d'adapter les couches existantes pour construire un réseau.

- Objectif:

L'étudiant.e devra proposer une implémentation d'un algorithme de démultiplexage à l'aide de réseaux de neurones adaptés au détecteur D3DT.

### **Mots clés**

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Time projection chambers, Machine learning, Réseaux de neurones profonds

### **Compétences**

Durant le stage, l'étudiant.e devra : • Comprendre comment le détecteur D3DT et son multiplexage fonctionnent • Comprendre la méthode de démultiplexage actuelle • Développer une implémentation de convolutions pour des pixels hexagonaux • Développer et entraîner un réseau pour démultiplexer le détecteur

### **Logiciels**

• Bon niveau en Python • Intéressé par le machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux

---

# Machine learning for pixel demultiplexing in a gaseous time projection chamber for muography applications

## Summary

The student will need to develop a machine learning method to reconstruct particle tracks projected on a detector. For that, the student will need to try to use convolutional neural networks. However the pixels of our detector are hexagonal, which mean that the candidate will have to implement his or her own version of the convolution algorithm.

## Full description

- Context:

Muography is a non-invasive and non-destructive scanning method for large structures; it is currently being considered as a potential technique for a large variety of applications going from volcanology to geophysics, engineering or nuclear domain.

Taking advantage of the capability of atmospheric muons to go through long distances of matter before being absorbed or deviated (on the contrary to X rays for example), muons track reconstruction allows the study and the imaging of the traversed objects using different analysis techniques (absorption, transmission or deviation).

At Lrfu, the group working on muography performs measurements using instruments based on Micromegas (MICRO MESH GASEOUS STRUCTURE) detectors. Invented at Lrfu, Micromegas were conceived originally to be used at nuclear and particle physics experiments. Among the measurements done by the group from 2015, those of the "château d'eau" at Saclay, the Khufu's pyramid or, lately, of a nuclear reactor at CEA - Marcoule, can be highlighted. These results triggered the interest of several industrial groups in France and all along Europe for the previously mentioned applications or to new ones.

Muography team at Lrfu develops a continuous R&D program both for telescopes instrumentation and signal processing and analysis techniques. The following internship will be focused on the development of new signal reconstruction process based on machine learning for a Time Projection Chamber.

Time projection chambers are a type of gaseous detectors in which the interaction of a particle with a gas will be projected on a plane by an electric field. In the D3DT experiment, muons that cross a cylinder will ionize a gas and electrons will drift to a detector plane. On that detector, the signal is gathered in pixels that build an image, on which we expect to see the 2D projection of the 3D particle track.

However, for many reasons, it is not possible to measure the signal of each pixel separately. We only have access to a "multiplexed" signal, which is the sum of some pixel combination. That is why we need a demultiplexing process, in which an algorithm estimates what pixels were really hit. It has been shown on other detectors that convolutional neural networks could be a good approach for this problem. However, the D3DT detector has hexagonal pixels. It will be necessary to adapt the convolutional layer to hexagonal pixels.

- Goal:

The candidate would need to propose a new implementation of a demultiplexing algorithm for D3DT using recent machine learning developments.

## Keywords

Muography, Data analysis, Instrumental Physics, Time projection chambers, Gaseous detectors, Machine learning, Deep neural network

---

## **Skills**

During this internship, the intern would need to: • Understand how the TPC detector and its multiplexing works • Understand the current demultiplexing approach • Develop an implementation of a convolutional layer for hexagonal pixels • Develop and train a network to demultiplex the detector pixels

## **Softwares**

• Bon niveau en Python • Intéressé par le machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux