

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

**Spécialité :** Physique ou Instrumentation ou Computer Science ou Data analysis

**Durée :** 3 à 6 mois

**Niveau d'étude :** M1 ou M2 ( Bac +4 or 5) – Université ou École d'ingénieur

**Unité :** CEA/DRF/IRFU/DEDIP/DEPHYS

**Poursuite en thèse du sujet :** Non

**Contact :**

Héctor Gomez [hector.gomez@cea.fr](mailto:hector.gomez@cea.fr) (+33 1 69 08 63 80)

David Attié [david.attie@cea.fr](mailto:david.attie@cea.fr) (+33 1 69 08 11 14)

Baptiste Lefèvre [baptiste.lefevre@cea.fr](mailto:baptiste.lefevre@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.

## **Description :**

### **- 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 éveillés 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.

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

### **Compétences :**

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

### **Mots clés :**

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Time projection chambers, Machine learning, Réseaux de neurones profonds, Réseaux de neurones convolutionnels, Deep neural networks, Convolutional neural networks, Data analysis

### **Plus d'informations :**

[http://irfu.cea.fr/Phocea/file.php?file=ScintillationS/ScintillationS\\_N97-98.pdf](http://irfu.cea.fr/Phocea/file.php?file=ScintillationS/ScintillationS_N97-98.pdf)

[https://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=fait\\_marquant&id\\_ast=4888](https://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=4888)