



## Monitoring de détecteur de muons et dé-bruitage avec du machine learning

**Spécialité** Instrumentation

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DEDIP/DEPHYS](#)

**Candidature avant le** 01/05/2024

**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

La muographie est une technique d'imagerie permettant de scanner des objets très opaques, qui ne peuvent pas être analysés avec d'autres techniques (comme les rayons X). Au CEA Irfu, nous utilisons la muographie pour scanner différents objets comme des réacteurs nucléaires, des colis de déchets radioactifs ou même la grande pyramide de Gizeh. L'équipe développe un programme de R&D en continu pour l'instrumentation des détecteurs, le traitement du signal et l'analyse de données, incluant le machine learning. Pour améliorer l'analyse nous avons besoin de monitorer les détecteurs de muons et d'identifier le bruit. C'est actuellement fait à l'aide de critères appliqués sur certaines features des données. Nous souhaiterions développer un outil de machine learning qui prendrait en compte plus de features et discriminerait mieux les muons du bruit.

### 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, incluant le machine learning.

Une des premières étapes de l'analyse est la séparation entre données réelles et bruit. Celle-ci est actuellement faite à l'aide de critères simples utilisant certaines features des données (amplitude électrique, position sur le détecteur, ...). Ces critères réduisent significativement le bruit dans les données mais utilisent seulement une petite parties des features mesurées. En pratique il est difficile de trouver des critères à appliquer sur les autres features, ou sur plusieurs en même temps.

#### - Objectif

Le-la stagiaire recevra des données réelles de détecteurs à muons et développera une méthode de classification supervisée ou non-supervisée pour prédire si les détecteurs fonctionnent correctement ou pas. Dans les deux cas, l'algorithme devra aussi identifier si chaque évènement est du bruit ou un muon.

Pendant ce stage, le-la stagiaire aura à:

- apprendre comment fonctionne un télescope à muons (électronique, gaz, réseau, stockage des données, ...)
- apprendre les types de bruits courants
- apprendre quelles informations sont enregistrées pendant l'acquisition
- se renseigner sur l'état de l'art des techniques de monitoring par machine learning
- proposer et développer une méthodes pour les télescopes à muons
- tester et caractériser la méthode choisie

#### **Mots clés**

Machine Learning, Data analysis, Statistics

#### **Compétences**

Nous attendons du-de la candidat-e d'avoir un bon niveau en Python pour l'analyse de données (numpy, matplotlib, ...), et curieux ou curieuse au sujet de l'actualité du machine learning. Nous attendons aussi des connaissances fondamentales en statistiques. Une expérience en C/C++ et/ou en ROOT sera appréciée.

#### **Logiciels**

Python, C/C++, ROOT

---

# Muon detector monitoring and noise suppression with machine learning algorithm

## Summary

Muography is an imaging technique that allows to scan very opaque objects, that cannot be analyzed with other techniques (like X rays). At CEA Irfu, we use muography to scan various objects like nuclear reactors, nuclear waste packages or even the great pyramid of Khufu. The team develops a continuous R&D program for detector instrumentation, signal processing and data analysis techniques, including machine learning. To improve the analysis we need to monitor the muon detectors and identify noise. This is currently done with criteria applied on some features of the data. We would like to develop a machine learning method to take more features into account and discriminate better the muons from the noise.

## 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 Irfu, the group working on muography performs measurements using instruments based on Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure) detectors. Invented at Irfu, 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 Irfu develops a continuous R&D program both for telescopes instrumentation, signal processing and data analysis techniques, including machine learning.

One of the first step in the analysis is the separation between real data and noise. This is currently done thanks to simple criteria applied on some features of the data (electrical amplitude, localisation on the detector, ...). Those criteria significantly reduces the noise in the data, however many other features are measured but not used. Indeed it can be hard to find how to use them properly.

### - Goal

The intern will be given real data from muon telescopes and will have to develop unsupervised and/or supervised classification methods to predict if the telescope is properly functioning or not. In both cases, the algorithm will also have to discern if each event is a muon or noise.

During this internship, the intern would need to:

- learn how a muon telescope works (electronics, gas, network, data storage...)
- learn the usual types of noise
- learn what informations are stored during the acquisition and what they mean
- study the current monitoring methods in the scientific litterature
- propose and develop a classification tool for the telescopes
- test and characterise the choosen method

## Keywords

---

Machine Learning, Data analysis, Statistics

### **Skills**

We expect the candidate to have a good level in Python (numpy, matplotlib, ...), and to be curious about the current trends in machine learning. Also the candidate will need to have elementary knowledge in statistics. An experience with C/C++ and/or the ROOT framework will be appreciated.

### **Softwares**

Python, C/C++, ROOT