

## Etudes de faisabilité par simulation Monte Carlo pour des applications de la muographie avec des détecteurs Micromegas

**Spécialité** Instrumentation

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DEDIP/DEPHYS](#)

**Candidature avant le** 01/10/2021

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

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

**Autre lien**  
[http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=fait\\_marquant&id\\_ast=4862](http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=4862)

### Résumé

Ce stage vise à réaliser des études de faisabilité par simulations Monte Carlo pour évaluer le potentiel de la muographie comme méthode d'auscultation pour des applications dans les domaines industrielle et nucléaire. Si pour quelqu'un des cas simulés il existe des données expérimentales correspondantes, une première comparaison Données / Simulation pour valider ces dernières sera aussi envisagée. Selon l'intérêt du candidat, le stage peut avoir une suite avec la réalisation d'une thèse au sujet de la reconstruction 3D des objets à partir des images muographiques dans le domaine nucléaire.

### Sujet détaillé

- Contexte :

La muographie comme technique d'auscultation des grandes structures d'une façon non-invasive et non-destructive, est actuellement considéré comme une technique potentiellement utilisable dans un grande variété d'applications qui vont de l'archéologie à la volcanologie, le génie civil ou le domaine nucléaire.

En utilisant la capacité des muons atmosphériques à traverser des grandes quantités de matière avant d'être absorbés ou déviés, la reconstruction de leur trajectoire permet donc d'étudier et d'imager les objets traversés en utilisant différentes techniques (absorption, transmission ou déviation). Au sein de l'Irfu, le groupe dédié à la tomographie réalise des mesures avec des instruments basés sur les détecteurs Micromegas (Micro Mesh Gaseous Structure), inventés à l'Irfu, conçus originalement pour les expériences de physique nucléaire et des particules. D'entre les mesures réalisées par le groupe depuis 2015 on peut souligner celle du château d'eau de Saclay, celle de la pyramide de Kheops ou plus récemment celle d'un réacteur nucléaire au Centre du CEA à Marcoule. Ces résultats ont réveillé l'intérêt pour plusieurs projets dans le domaine industriel en France et autour de l'Europe. Pour répondre à

---

cette grande variété d'applications, des simulations pour évaluer le potentiel de la technique pour chaque cas ont devenu un outil indispensable.

- But :

L'objectif du stage est de développer des simulations Monte Carlo pour réaliser l'étude de faisabilité d'un des projets liés au génie civil et/ou au nucléaire dans lequel le groupe de l'Irfu travaille actuellement. Pour ces simulations le stagiaire disposera d'un outil de simulation basé sur Geant4 optimisé pour des études de muographie (générateur de muon, propagation, modèle géométrique, détection et reconstruction). Le stagiaire devra adapter l'outil aux particularités du projet étudié afin d'obtenir des informations nécessaires pour évaluer le potentiel de la technique avec les instruments développés par l'équipe de l'Irfu. Si au moment du stage, des données expérimentales sont disponibles, le stagiaire pourra aussi réaliser des comparaisons entre ces données et des simulations pour analyser des images expérimentales ainsi comme pour valider les simulations. Éventuellement, le stagiaire pourra aussi contribuer à l'instrumentation des télescopes utilisés pour réaliser des mesures par muographie.

- Le candidat :

Le candidat est un étudiant en Master ou en école d'ingénieur. De bonnes compétences en physique et/ou en informatique et algorithmique sont préférables pour la compréhension du fonctionnement et la simulation d'un détecteur de particules, ainsi que pour le développement des algorithmes d'analyse.

### **Mots clés**

Muographie, simulation Monte Carlo, Geant4, analyse des données, détecteur Micromegas.

### **Compétences**

Simulation Monte Carlo, analyse de données.

### **Logiciels**

C/C++, Geant4, ROOT, python.

---

## **Feasibility studies by Monte Carlo simulation for muography applications with Micromegas detectors**

### **Summary**

This internship expects to carry out feasibility studies by Monte Carlo simulation to evaluate muography as scanning method for industrial and nuclear applications. If experimental data are available for the simulated cases, a first Data / Simulation comparison for simulations validation is also considered. If the candidate is interested, this internship could continue with a PhD thesis regarding the 3D reconstruction of an object by the combination of muography images in nuclear domain.

### **Full description**

#### **- Context :**

Muography as scanning methods of large structures in a non-invasive and non-destructive way is currently being considered as a potential technique for a large variety of applications going from archaeology to volcanology, engineering or nuclear domain.

Taking advantage of the capability of atmospheric muons to go through long distances of matter before being absorbed or deviated, muons track reconstruction allows the study and the imaging 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, 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, this of a nuclear reactor at CEA – Marcoule, can be highlighted. These results triggered the interest of several industrial groups at France and all along Europe. To carry out all these variate applications, simulations to evaluate the potential of the technique for each case has become an indispensable tool.

#### **- Goal :**

The goal of the internship is to carry out Monte Carlo simulations to perform the feasibility study of one of the projects about engineering and/or nuclear domain in which Irfu group are currently involved. For these simulations, the student will use a simulation tool based on Geant4 optimized for muography studies (muon generation, propagation, geometry model, detection and reconstruction). The student will have to adapt the simulation tool to the particularities of the studied case in order to obtain the required information to evaluate the potential of the technique with the telescopes developed by Irfu. If experimental data are available during the internship, the student could also compare these data with the simulations in order to analyze the experimental images as well as to validate the simulations. Potentially, the student could also contribute to the instrumentation of the telescopes used to perform muography measurements.

#### **- Candidate :**

The candidate should be a Master or engineering school student. Good skills in physics and/or computing and algorithms development are desirable for the understanding of the principle and simulation of a particle detector as well as for the analysis algorithms implementation.

### **Keywords**

Muography, Monte Carlo simulation, Geant4, data analysis, détecteur Micromegas detectors.

### **Skills**

Monte Carlo Simulations, Data analysis.

---

## Softwares

C/C++, Geant4, ROOT, python.