



## Optimisation par apprentissage du traitement de l'image appliqué à la radiographie neutronique.

**Spécialité** Neutronique

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingénieur/Master

**Unité d'accueil** [DPhN/LENA](#)

**Candidature avant le** 01/02/2021

**Durée** 2 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [DROUART Antoine](#)  
+33 1 69 08 73 52  
[antoine.drouart@cea.fr](mailto:antoine.drouart@cea.fr)

### Résumé

De manière analogue aux rayons X, les neutrons sont utilisés pour radiographier des objets. Mais les images obtenues peuvent souffrir d'une résolution limitée. Ce stage propose d'appliquer des méthodes modernes de machine Learning au traitement des images, afin d'améliorer les caractéristiques des clichés.

### Sujet détaillé

La neutronographie, ou radiographie neutronique, consiste à réaliser une image 2D d'un objet traversé par un flux de neutrons en mesurant les différences d'absorption et de diffusion de ces particules lors de la traversée des matériaux. C'est un contrôle non-destructif et ces images possèdent des caractéristiques extrêmement intéressantes, très différentes de celles obtenus par radiographie X, du fait des propriétés de l'interaction neutron-matière. En effet, les neutrons, essentiellement sensibles à l'interaction nucléaire, sont affectés par les éléments chimiques légers (surtout hydrogène), présents notamment dans les matières organiques, alors que les éléments plus lourds, comme les métaux, leur sont transparents. Ils permettent d'imager des substances organiques à l'intérieur d'objets métalliques. Ainsi la neutronographie trouve-t-elle des applications uniques en science des matériaux, en ingénierie, en archéologie ou dans l'étude d'œuvres d'art.

Les installations pratiquant la neutronographie sont traditionnellement localisées auprès des réacteurs nucléaires de recherche, ceux-ci fournissant une source abondante de neutrons. Toutefois, ce type de réacteurs se fait de plus en plus rare, une grande partie d'entre eux arrivant en fin de vie. Ainsi le réacteur de recherche Orphée a-t-il fermé en octobre 2019, alors qu'il était la seule installation de neutronographie en France. De nouvelles sources alternatives sont en cours de développement, basées sur les neutrons émis lors de réactions nucléaires produites par un faisceau de particules (par exemple des protons) accélérées, comme le projet SONATE. Ces nouvelles installations ont l'avantage d'être moins chères et plus souples que les réacteurs nucléaires, mais fournissent des flux de neutrons moins élevés. Pour éviter des temps de mesures trop longs, il est nécessaire d'employer des technologies d'imagerie plus sensibles que les films argentiques traditionnellement utilisés. Une de ces technologies est « l'Image plate ». L'image plate est exposée au flux de neutrons, puis la radiographie est révélée et numérisée par un scanner laser. Les image plates ont la propriété d'être bien plus sensibles que les films argentiques, mais ont le désavantage d'avoir une moins bonne résolution spatiale intrinsèque (de l'ordre de 130µm, contre 90µm pour les films argentiques) et d'être

---

plus sensibles aux bruits ambiants (gamma, neutrons rapides...). Mais on peut imaginer améliorer ces caractéristiques par un traitement de l'image adéquat.

Le travail de ce stage sera d'analyser des images d'objets produites par neutronographie, à la fois avec des films argentiques et des images plates. L'objectif est double : i) étudier les possibilités d'amélioration de ces dernières, et ii) travailler sur l'utilisation d'algorithmes adaptés au traitement rapide des images. Pour ce faire, le stagiaire utilisera des algorithmes modernes de traitement de l'image, qui seront utilisés pour la première fois dans ce domaine d'application. Ce travail pourra faire appel à des méthodes avancées de machine learning pour la reconstruction d'image, permettant potentiellement un gain de qualité de reconstruction ainsi qu'une analyse rapide. Les algorithmes pourront être appliqués à des modèles empiriques, mais aussi à des simulations réalistes du processus d'imagerie, de l'interaction avec le neutron jusqu'au scan laser.. L'objectif final sera d'évaluer la capacité des image plates à repérer des défauts caractéristiques dans les pièces étudiées.

Le stage se déroulera sur le site du CEA Saclay, pour une durée minimale de 2 mois.

### **Mots clés**

Traitement de l'image, machine learning

### **Compétences**

Traitement du signal, traitement de l'image, simulations neutroniques

### **Logiciels**

Français, English C++, Python Github

---

# Optimisation of neutronography image processing through machine learning

## Summary

Similar to X-rays, neutrons are used to radiograph objects. But the images can suffer from a limited resolution. This internship proposes to apply modern methods of machine Learning to image processing, in order to improve the characteristics of the images.

## Full description

Neutronography, or neutron radiography, consists of producing a 2D image of an object crossed by a neutron beam by measuring the differences in absorption and scattering of these particles as they pass through the materials. It is a non-destructive test and these images have extremely interesting characteristics, very different from those obtained by X-ray, due to the properties of neutron-matter interaction. Indeed, neutrons, which are essentially sensitive to the nuclear interaction, are affected by light chemical elements (especially hydrogen), which are present in particular in organic materials, whereas heavier elements, such as metals, are transparent to them. They allow the imaging of organic substances inside metallic objects. Neutronography thus finds unique applications in materials science, engineering, archaeology or the study of works of art.

Neutronography facilities are traditionally located at nuclear research reactors, which provide an abundant source of neutrons. However, this type of reactor is becoming increasingly rare, as a large proportion of them are reaching the end of their lives. For example, the Orphée research reactor was shut down in October 2019, when it was the only neutronography facility in France. New alternative sources are being developed, based on neutrons emitted during nuclear reactions produced by a beam of accelerated particles (e.g. protons), such as the SONATE project. These new facilities have the advantage of being cheaper and more flexible than nuclear reactors, but provide lower neutron fluxes. To avoid excessively long measurement times, it is necessary to use imaging technologies that are more sensitive than the silver films traditionally used. One of these technologies is the "image plate". The image plate is exposed to the neutron flux, then the radiograph is revealed and digitised by a laser scanner. Image plates have the property of being much more sensitive than silver films, but have the disadvantage of having a lower intrinsic spatial resolution (of the order of 130 $\mu$ m, compared to 90 $\mu$ m for silver films) and of being more sensitive to ambient noise (gamma, fast neutrons...). But one can imagine improving these characteristics through adequate image processing.

The work of the student will be to analyse the images of objects produced by neutronography, both with silver films and flat images. The aim is twofold: i) to study the possibilities of improving the latter, and ii) to work on the use of algorithms adapted to rapid image processing. To do this, the trainee will use modern image processing algorithms. This work may make use of advanced machine learning methods for image reconstruction, potentially allowing a gain in reconstruction quality as well as rapid analysis. The algorithms can be applied to empirical models, but also to realistic simulations of the imaging process, from interaction with the neutrons to laser scanning... The final objective will be to evaluate the ability of flat images to detect characteristic defects in the parts under study.

The internship takes place at the CEA Saclay, and will last at least 2 months.

## Keywords

Image processing, machine learning

## Skills

Signal processing, Image processing, neutron physics simulations

## Softwares

Français, English C++, Python Github