



Proposition de stage Master 2

Équipe d'accueil : Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne (LPCA), UMR6533 UCA-CNRS – Pôle Santé & Environnement, équipe Environnement.

Responsables : Lydia Maigne, professeur des universités et Emmanuel Busato, maître de conférences HDR

emails : Lydia.Maigne@clermont.in2p3.fr, Emmanuel.Busato@clermont.in2p3.fr

Sujet du stage : Amélioration de la base de données GATE MARIM pour l'évaluation de la dose reçue aux microorganismes exposés à une radioactivité alpha artificielle.

Durée du stage : 5 mois (mars à juillet 2026)

Contexte :

En 2007, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a recommandé une approche systématique pour évaluer les effets radiologiques sur les espèces non humaines. Cette méthode transforme l'exposition aux rayonnements en débits de dose pour la matière vivante, à l'aide de coefficients de conversion de dose (CCD) spécifiques aux radionucléides et aux organismes. Nous avons utilisé la plateforme de simulation Monte Carlo open source GATE^{1,2} pour calculer les CCD de micro-organismes exposés à une radioactivité alpha naturelle (expositions internes ou externes) pour 15 isotopes émetteurs alpha des chaînes de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232. La base de données GATE MARIM^{3,4} est disponible avec une interface Jupyter Notebook permettant le calcul des débits de dose aux micro-organismes prélevés, par exemple, à proximité de sources hydrothermales terrestres ou sous-marines.

Objectifs du stage :

Le premier objectif du stage est d'enrichir la base de données GATE MARIM, en calculant, avec la plateforme Monte Carlo GATE, des CCDs spécifiques aux radioisotopes artificiels présents dans l'environnement terrestre ou sous-marin suite à des rejets industriels, des essais nucléaires ou à proximité de déchets enfouis. On s'intéressera particulièrement aux radioisotopes suivants : plutonium 238-239-240 et 241, l'américium 241, le curium 242 et 244, l'uranium 236, le thorium 229, l'actinium 225.

Dans un deuxième temps, il s'agira de calculer des débits de dose pour des microorganismes soumis à une radioactivité alpha artificielle à partir des concentrations d'activité mesurées dans des échantillons de sédiments ou d'eau sur des sites particulièrement étudiés par l'équipe de recherche.

L'étudiant(e) évoluera dans une équipe pluridisciplinaire et disposera de tous les moyens informatiques nécessaires pour mener à bien son stage. Il aura également accès à des mesures de concentrations d'activité réalisées dans des écosystèmes étudiés par l'équipe de recherche.

Connaissances requises : programmation Python, Git, Linux, Geant4/GATE, bonne pratique de l'anglais.

Références :

1 - <https://github.com/OpenGATE/opengate>

2 - Sarrut et al, The OpenGATE ecosystem for Monte Carlo simulation in medical physics. Phys Med Biol. 2022 Sep 8;67(18):10.1088/1361-6560/ac8c83. doi: 10.1088/1361-6560/ac8c83.

3 - GATE MARIM DB - <https://github.com/lpc-umr6533/marim>

4 - G R. Fois et al, Journal of Environmental Radioactivity, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107639>

Master's Thesis Internship Proposal

Host team: Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne (LPCA), UMR6533 UCA–CNRS – Health & Environment Division, Environment Team

Supervisors: Lydia Maigne, Full Professor, and Emmanuel Busato, Associate Professor (HDR)

Emails: Lydia.Maigne@clermont.in2p3.fr, Emmanuel.Busato@clermont.in2p3.fr

Internship topic: Improvement of the GATE MARIM database for dose assessment in microorganisms exposed to artificial alpha radioactivity.

Internship duration: 5 months (March to July 2026)

Context

In 2007, the International Commission on Radiological Protection (ICRP) recommended a systematic approach to evaluate radiological effects on non-human species. This method converts radiation exposure into dose rates in living matter using radionuclide- and organism-specific dose conversion coefficients (DCCs).

We used the open-source GATE Monte Carlo simulation platform^{1,2} to compute DCCs for microorganisms exposed to natural alpha radioactivity (internal or external exposure) for 15 alpha-emitting isotopes from the uranium-238 and thorium-232 decay chains. The GATE MARIM database^{3,4} is publicly available and includes a Jupyter Notebook interface enabling the computation of dose rates for microorganisms sampled, for example, near terrestrial or submarine hydrothermal vents.

Internship objectives

The first objective of the internship is to expand the GATE MARIM database by computing, with the GATE Monte Carlo platform, DCCs specific to artificial radioisotopes found in terrestrial or marine environments because of industrial releases, nuclear weapons testing, or proximity to buried nuclear waste. The project will focus on the following radioisotopes: plutonium-238, -239, -240 and -241; americium-241; curium-242 and -244; uranium-236; thorium-229; and actinium-225.

In a second phase, the student will calculate dose rates for microorganisms exposed to artificial alpha radioactivity, based on activity concentrations measured in sediment or water samples collected from sites actively studied by the research team.

The student will work within a multidisciplinary team and will have access to all necessary computing resources to successfully complete the internship. Activity concentration measurements from ecosystems studied by the group will also be made available.

Required skills

Python programming; Git; Linux; Geant4/GATE; good working knowledge of English.

References :

- 1 - <https://github.com/OpenGATE/opengate>
- 2 - Sarrut et al, The OpenGATE ecosystem for Monte Carlo simulation in medical physics. Phys Med Biol. 2022 Sep 8;67(18):10.1088/1361-6560/ac8c83. doi: 10.1088/1361-6560/ac8c83.
- 3 - GATE MARIM DB - <https://github.com/lpc-umr6533/marim>
- 4 - G R. Fois et al, Journal of Environmental Radioactivity, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107639>