

**Titre du stage : Développement d'un nouveau module de calcul de tracé de rayon pour la modélisation des sources plasma dans les machines de fusion nucléaire**

**Durée du stage** : 6 mois

**Niveau** : Master 2 / École d'ingénieur

**Tuteur**: marie-helene.aumeunier@cea.fr

**Description du sujet**

Dans les machines de fusion nucléaire constituée principalement de matériaux métalliques, hautement réfléchissant, la trajectoire des rayons lumineux suit un chemin complexe, difficilement intuitif, notamment à cause des multiples réflexions et de la géométrie de la machine.

Cela va impacter à la fois (1) l'interprétation des diagnostics optiques (spectromètre, imageur visible et infrarouge) en rajoutant un flux parasite (dégradation du rapport signal sur bruit) mais également (2) la répartition de la puissance radiative du plasma sur la première paroi. En particulier, cela peut affecter de manière inattendue certains composants critiques, qui ne sont pas directement exposés au flux radiatif du plasma. Une autre difficulté est la variation des états de surface de la première paroi au fur et à mesure des opérations plasma qui va modifier le modèle de réflectance et donc le trajet lumineux.

Pour anticiper et prédire le comportement du trajet lumineux pour différents états de surface, un code de tracé de rayon a été développé sur carte graphique accélérée (GPU). Actuellement, le code prend en compte la modélisation de sources thermiques et la propagation du rayon dans un milieu vide (sans atténuation du milieu)

L'objectif du stage est de développer et d'intégrer un nouveau module de calcul dans ce code de tracé de rayon Monte Carlo incluant:

- La modélisation des sources volumiques d'émission visible et infrarouge (plasma, Bremsstrahlung)
- Modélisation d'un milieu absorbant
- Calcul de la puissance radiative sur le mur

Le travail du stagiaire consistera à :

1. Développement du nouveau module de modélisation de source volumique et capteur 3D dans le code de tracé de rayon
2. Validation du code avec le logiciel de tracé de rayon ANSYS-SPEOS
3. Application sur le tokamak WEST et comparaison sur des images expérimentales (chocs fortement radiatifs)
4. Application au future tokamak ITER pour l'évaluation de l'impact de l'émission Bremsstrahlung sur la mesure infrarouge. Ce travail s'inscrit également dans le cadre d'une tâche européenne (WP-PriO dédiée à la préparation des opérations ITER)

Le stagiaire travaillera étroitement avec un ingénieur développement C/C++ GPU pour l'intégration du module dans le code existant et avec un étudiant en thèse pour la partie physique

**Compétences: développement C/C++, optique, ray tracing**

**Title:** Development of a new ray tracing calculation module for modelling plasma sources in nuclear fusion devices

**Duration:** 6 months

**Level:** Master 2 / Engineering school

In nuclear fusion devices, which are mainly made of highly reflective metallic materials, the light rays follow a complex path that is difficult to understand, particularly because of the multiple reflections and the geometry of the machine.

This will affect both (1) the interpretation of optical diagnostics (spectrometer, visible and infrared imager) by adding parasitic flux (degradation of the signal-to-noise ratio) and (2) the distribution of the plasma radiative power on the first wall. In particular, this can unexpectedly affect certain critical components that are not directly exposed to the plasma flux. Another difficulty is the variation in the surface state of the first wall as the plasma operation progresses, which changes the reflection pattern and therefore the light path.

In order to anticipate and predict the behaviour of the light path for different surface states, a ray tracing code has been developed on an accelerated graphics processing unit (GPU). Currently, the code takes into account the modelling of thermal sources and ray propagation in an empty medium (without attenuation of the medium).

The aim of the internship is to develop and integrate a new calculation module into this Monte Carlo ray tracing code, including:

- Modelling volumetric sources of visible and infrared emission (plasma, bremsstrahlung)
- Modelling an absorbing medium
- Calculation of the radiative power on the wall

The trainee's work will consist of:

1. Development of a new module for modelling volumetric sources and 3D sensors in the ray tracing code.
2. Validation of the code with the ray tracing software ANSYS-SPEOS
3. Application to the WEST tokamak and comparison with experimental images (highly radiative pulses)
4. Application to the future ITER tokamak to assess the impact of bremsstrahlung emission on infrared measurements. This work is also part of a European task (WP-PrIO dedicated to the preparation of ITER operations).

The trainee will work closely with a C/C++ GPU development engineer to integrate the module into the existing code and with a PhD student for the physics part

**Skills:** C/C++ development, optics, ray tracing