

## MESURE DE LA CONCENTRATION EN HELIUM ET EN HYDROGENE DANS L'EUROFER 97 PAR LIBS PICOSECONDE – APPLICATION A L'ETUDE DE LA PERMEATION DE L'HYDROGENE

PROPOSITION DE THESE 2023 → 2026

### Projet EurofHHyL

Les matériaux employés dans les réacteurs de fusion nucléaire, en particulier les composants face au plasma (CFP) interagissent fortement avec les isotopes de l'hydrogène utilisés dans la réaction de fusion (deutérium et tritium). Cette interaction se traduit par un phénomène de perméation de ces isotopes au-travers des matériaux, ainsi que par leur rétention. Le tritium étant radioactif, il est nécessaire de pouvoir prédire ces phénomènes de perméation et de rétention afin de garantir la sûreté des réacteurs de fusion. Par ailleurs, les CFP sont exposés à de l'hélium (en implantation directe et via la décroissance du tritium) qui forme des bulles responsables de la dégradation des propriétés thermomécaniques de ces matériaux fortement sollicités.

Afin de pouvoir prédire et limiter ces phénomènes, il est nécessaire de les étudier fondamentalement. Les travaux de thèse proposés ont pour objectif de réaliser des expériences nécessaires à la caractérisation complète de ces processus dans le cas de l'Eurofer97, un acier basse activation créé spécifiquement pour les besoins de la fusion nucléaire.

Une première étape consistera à réaliser des expériences de perméation sur des échantillons de ce matériau. Elles seront conduites sur le banc Hypertomate (HYdrogen PERmeation in Tokamak-relevant MATERials) du CEA Cadarache. Cette technique consiste à exposer une face de l'échantillon à de l'hydrogène gazeux, l'autre face étant sous vide, et de mesurer le flux d'hydrogène s'établissant au-travers de l'échantillon. En parallèle, les profils de concentration proches de la surface de l'échantillon seront analysés par Nuclear Reaction Analysis (NRA). Ces résultats expérimentaux seront analysés avec le code thermocinétique MHIMS et permettront de l'enrichir.

Une seconde étape consistera à obtenir les profils de concentration sur l'épaisseur de l'échantillon. La technique LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) sera utilisée. Cette technique consiste à irradier la surface de l'échantillon au-delà du seuil de transition solide/liquide/gaz/plasma. Le plasma thermique produit émet alors un rayonnement représentatif de sa composition corrélée à celle de l'échantillon en l'absence d'effets de matrice. Ce plasma laisse sur l'échantillon un cratère de quelques centaines de nanomètres de profondeur et de quelques centaines de microns de diamètre. La technique nécessite que le plasma soit homogène et à l'équilibre thermodynamique local. Les expériences seront donc réalisées sous argon à pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique. Par irradiations successives au même endroit, la profondeur du cratère augmente d'un tir à l'autre, ce qui permet la reconstruction du profil de concentration. Afin d'atteindre une résolution spatiale suffisante, des impulsions laser en régime picoseconde seront utilisées. Ces travaux auront lieu au laboratoire CORIA (UMR6614 CNRS, Université et INSA de Rouen).

L'étude proposée s'étend ainsi sur un spectre très large, mêlant spectroscopie ionique et atomique résolue en temps et en espace, physique des plasmas thermiques, physique de l'interaction laser-matière et physique des matériaux. Le/la doctorant(e) retenu(e) pour ces travaux aura en charge l'étude expérimentale du projet et assurera la liaison entre les deux équipes CORIA et IRFM.

### Organisation

La majeure partie des travaux proposés auront lieu au laboratoire CORIA. Cependant, ils nécessitent deux séjours de 3 ou 4 mois au laboratoire IRFM du CEA Cadarache pour les expériences de perméation menées sur le banc Hypertomate et la prise en main du code MHIMS. Ces travaux reposent en grande partie sur l'utilisation de sources lasers de classe IV. Une formation aux dangers, risques et emplois de ces sources lasers aura lieu avant toute activité expérimentale.

### Profil recherché

Le/la candidat(e) devra être titulaire d'un master énergie (ou d'un diplôme d'ingénieur) orienté vers les diagnostics optiques, en particulier spectroscopiques, avec une connaissance des sources lasers. Il/elle devra présenter une ouverture d'esprit lui permettant de mener un projet dans un contexte pluridisciplinaire, montrer une nette qualité rédactionnelle ainsi qu'être capable de formuler et de conduire un projet scientifique, de travailler en équipe tout en faisant preuve d'autonomie et de capacité organisationnelle.

#### Salaire

Les activités du doctorant ouvriront à un salaire brut mensuel de 2135 €.

### Calendrier des travaux de thèse

Les travaux auront lieu du 15 octobre 2023 au 14 octobre 2026.

### Procédure de candidature

Les candidat(e)s intéressé(e)s devront fournir un CV complet mentionnant deux personnes référentes susceptibles d'être contactées par les recruteurs, le titre et le résumé de leur stage de M2, les notes obtenues aux niveaux M1 et M2 ainsi qu'une lettre de motivation argumentée. Ces documents devront adressées sous format pdf aux adresses [arnaud.bultel@coria.fr](mailto:arnaud.bultel@coria.fr), [vincent.morel@coria.fr](mailto:vincent.morel@coria.fr) et [floriane.leblond@cea.fr](mailto:floriane.leblond@cea.fr).

### Date ultime de réception des candidatures

30 juin 2023