

## DRF : Sujet de thèse SL-DRF-20-0967

### DOMAINE DE RECHERCHE

---

Physique des plasmas et interactions laser-matière / Physique corpusculaire et cosmos

### INTITULÉ DU SUJET

---

Développement et benchmarking de nouvelles méthodes AMR-PIC 3D pour la simulation réaliste de l'interaction laser-matière et laser-vide quantique à intensité extrême

### RÉSUMÉ DU SUJET

---

Le défi majeur de la physique des champs forts ou physique des Ultra-Haute Intensité (UHI) est aujourd'hui de produire une source de lumière capable d'explorer de nouveaux régimes d'électrodynamique quantique (QED) encore inexplorés des grands accélérateurs. En particulier autour d'intensités proches de la limite de Schwinger ( $10^{29} \text{W/cm}^2$ ), le vide devient instable et des paires  $e^-/e^+$  peuvent être créées à même le vide. De tels processus physiques ne se produisent que dans les phénomènes astrophysiques les plus violents. Pouvoir les reproduire et les contrôler en laboratoire revêt un intérêt fondamental immense.

Toutefois, à l'heure actuelle, les sources lumineuses les plus puissantes sur terre (lasers de puissance PetaWatt -PW) ne permettent de délivrer que des intensités proches de  $10^{22} \text{W.cm}^{-2}$ . Atteindre la limite de Schwinger demande donc un changement de paradigme que nous venons de proposer dans le groupe Physique à Haute Intensité (PHI) du CEA. Notre solution consiste à utiliser un composant optique remarquable, auto-généré par le laser de puissance focalisé sur une cible solide, appelé 'miroir plasma relativiste courbé optiquement'. Au cours de la réflexion sur un tel miroir courbé, le champ réfléchi subit une forte intensification par compression temporelle Doppler et par focalisation sur des tailles de tâche plus petites que celles possible avec le champ incident. Le groupe PHI a récemment proposé d'utiliser la déformation du miroir plasma sous l'effet de la pression de radiation du faisceau laser incident pour focaliser fortement le champ réfléchi. Des simulations 3D préliminaires ont montré que ce schéma permettrait d'atteindre des intensités proches de  $10^{25} \text{W/cm}^2$ , à partir desquels des effets de QED non-perturbatifs encore inexplorés se manifestent lors de l'interaction du faisceau réfléchi avec de la matière. Ceci constitue un premier jalon vers la limite de Schwinger.

A présent, le challenge principal à relever pour pouvoir atteindre la limite de Schwinger est de développer de nouveaux schémas réalistes pour courber beaucoup plus fortement la surface du miroir plasma. Dans ce contexte, le candidat devra développer et valider numériquement ces nouveaux schémas à l'aide de codes cinétiques de type Particle-In-Cell (PIC) 3D. Les simulations envisagées étant extrêmement coûteuses en temps de calcul du fait des grandes gammes d'échelles spatio-temporelles simulées, il devra dans un premier temps développer et benchmarker une technique de raffinement de maillage adaptatif proposée par le groupe du Dr. J-L Vay au Lawrence Berkeley National Lab (LBNL), dans lequel se déroulera la première phase de cette thèse. Au cours de la deuxième phase (au CEA), le candidat exploitera ce code pour répondre aux questions suivantes: quels sont les paramètres laser-plasma permettant d'atteindre la limite de Schwinger pour chaque schéma de focalisation envisagé? A partir de quelle intensité produit-on des paires Schwinger avec le champ réfléchi? Quelles sont les caractéristiques de ces paires? Peut-on les détecter de manière claire dans les expériences? De manière plus générale, comment obtenir des signatures claires des intensités atteintes au foyer du miroir plasma? Le candidat devra également participer à l'interprétation des premières expériences de QED réalisées à l'aide de tels miroirs plasmas au cours de la thèse.

### FORMATION NIVEAU MASTER RECOMMANDÉ

---

Plasma physics, Lasers, High-Performance scientific computing

## INFORMATIONS PRATIQUES

---

Institut rayonnement et matière de Saclay  
Service Laboratoire Interactions, Dynamique et Lasers  
Physique à Haute Intensité  
Centre : Saclay  
Date souhaitée pour le début de la thèse : 01/10/2020

## PERSONNE À CONTACTER PAR LE CANDIDAT

---

Henri VINCENTI  
CEA  
DRF/IRAMIS/LIDyL/PHI  
CEA Saclay, 91191 Gif-Sur-Yvette, FRANCE  
Téléphone : +33 1 69 08 03 76  
Email : [henri.vincenti@cea.fr](mailto:henri.vincenti@cea.fr)

## UNIVERSITÉ / ÉCOLE DOCTORALE

---

University of California, Berkeley (US)  
Ondes et Matière

## EN SAVOIR PLUS

---

<http://iramis.cea.fr/Pisp/henri.vincenti/>  
<http://iramis.cea.fr/LIDYL/PHI/>

## DIRECTEUR DE THÈSE

---

Henri VINCENTI  
CEA  
DRF/IRAMIS/LIDyL/PHI  
CEA Saclay, 91191 Gif-Sur-Yvette, FRANCE