

PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

Intitulé : Combinaison cohérente de faisceaux laser par interférométrie PISTIL

Référence : **PDOC-DOTA-2021-02**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début du contrat : à partir de janvier 2022

Date limite de candidature :

Durée : 12 mois, éventuellement renouvelable une fois - **Salaire net** : environ 25 k€ annuel

Mots clés

Interférométrie ; Physique des Lasers ; Combinaison cohérente ; Traitement du signal ; Temps réel ; Valorisation

Profil : Grandes écoles d'ingénieur (IOGS, Ecole centrale,...), Master 2 Photonique / Traitement du signal + Thèse en physique expérimentale (optique laser, traitement du signal).

Compétences recherchées : Compétences théoriques et appliquées (optique, laser, traitement du signal, électronique embarquée), compétences expérimentales, capacité de publication attestée.

Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectif :

Contexte : Le projet ICAN (International Coherent Amplifying Network), mené par Gérard Mourou et dont l'Onera/DOTA est un partenaire depuis l'origine, a pour but de réaliser un laser ultra intense extrêmement puissant afin d'accélérer les particules étudiées en physique fondamentale. Celui-ci remplacerait les accélérateurs actuels par des systèmes plus compacts et moins gourmands en énergie, et permettrait ainsi d'obtenir les niveaux d'intensité requis pour accéder à une physique nouvelle, au-delà du modèle standard. En particulier, ces instruments apporteraient des données utiles en physique pure (explication de la matière noire...) et permettraient de répondre à des besoins sociétaux (protonthérapie, transmutation des déchets nucléaires, ...). Etant donné les fortes puissances moyennes et crête imposées par cette application, l'utilisation d'un seul laser dans cette mission est impossible. Il est alors possible d'utiliser plusieurs milliers de fibres lasers, amplifiées sous leur seuil de non linéarité, puis de combiner leurs faisceaux par interférences constructives en champ lointain. Toutefois, pour que ce système soit efficace, il faut que la phase et l'alignement de chaque fibre laser soient parfaitement connus, maîtrisés et asservis, en compatibilité avec les exigences de précision et cadence imposées par ce type de laser.

Le projet XCAN (X Coherent Amplifying Network), partenaire de ce projet post-doctoral, constitue un jalon à court terme pour ce type de laser. En partenariat entre Thales et l'Ecole Polytechnique, il s'agit du développement d'un prototype comportant 61 canaux amplifiés représentatifs du projet ICAN (impulsionnel court, haute énergie), réalisé à l'Ecole Polytechnique (Fsaïfes *et al*, Opt. Express (2020)).

Il est à noter que si XCAN est une première étape pour le développement des infrastructures géantes envisagées pour l'accélération, il a été aussi dimensionné dans une logique de remplir déjà des premiers besoins, en particulier pour les domaines de la photolithographie, de la Défense ou pour le médical.

Description du sujet : De récentes études menées à l'ONERA sur l'analyse des surfaces d'ondes morcelées ont abouti à une nouvelle version d'interféromètre, dénommé interféromètre PISTIL (Deprez *et al*, Opt Lett (2016)), adapté à la mesure simultanée d'un grand nombre de lasers, et compatible de l'application. Elle consiste à comparer, en une seule mesure, chaque morceau de surface d'onde avec ses voisins directs pour en extraire les informations de piston et de tilt relatifs. Appliquée à la surface d'onde morcelée décrite par la juxtaposition des faisceaux des fibres laser en champ proche, cette technique permet de quantifier collectivement et de façon rapide, précise et robuste les relations de phase entre les fibres.

MiniPISTIL est une version portable de cet interféromètre, développée pour une installation simple et rapide sur ce type d'installation laser. Son premier déploiement sur laser opérationnel a prouvé sa capacité à diagnostiquer les défauts de phase avec une exactitude extrême (Rouzé, 2021).

Sa mise au point à l'Onera s'opère sur un banc de test dédié appelé HIBISCUS, dont l'objectif est de reproduire les défauts de phase représentatifs d'un toron de lasers fibrés, tant en boucle ouverte (lorsque les phases des faisceaux évoluent librement), qu'en boucle fermée (lorsqu'elles sont asservies sur une consigne). Le banc de test se veut évolutif en fonction des besoins des laséristes. Il est aujourd'hui composé d'un miroir déformable à 37 segments, de différentes sources lasers à diverses longueurs d'onde, et d'une informatique dédiée.

Le projet post-doctoral proposé a trois objectifs majeurs :

Après une prise en main sur le banc HIBISCUS, le premier objectif est de mettre en oeuvre miniPISTIL sur le laser XCAN en boucle ouverte, afin d'étudier le comportement des lasers fibrés dans leur environnement de travail. En particulier, une stratégie sera mise en place pour analyser les causes fondamentales des déphasages, en tenant compte des comportements individuels des lasers élémentaires, mais aussi des causes collectives liées aux différentes étapes de l'amplification et de la mise en phase.

Les résultats obtenus permettront, dans un deuxième temps, de proposer des modèles physiques adaptés aux observations du toron de lasers fibrés, en fonction des différents régimes envisagés (impulsionnel court ou long, puissances plus ou moins élevées, ...). L'intérêt de XCAN, banc versatile dédié à l'étude de ce nouveau type d'architecture, est qu'il permet d'envisager d'extrapoler les résultats obtenus ici à toute architecture de ce type.

Ces modèles seront alors implémentés dans le banc HIBISCUS, pour qu'il permette la mise au point des systèmes de contrôle/commande.

Le troisième objectif est de faire évoluer miniPISTIL pour l'intégrer dans une boucle de contrôle/commande, en lui donnant des capacités de temps réel.

L'ensemble de ce travail sera guidé par la volonté de publier pour rendre le plus visible possible la nouvelle technique de mesure PISTIL. De plus, un premier travail de valorisation sera conduit par le post-doc, afin de déterminer le bon positionnement pour un futur développement industriel.

Pour réaliser ce projet, le post doctorant pourra bénéficier des moyens techniques de l'ONERA et de XCAN (étalons de mesure, bancs d'essais, informatique temps réel, miniPISTIL, banc HIBISCUS, accès au laser XCAN). Il bénéficiera d'un suivi régulier avec ses tuteurs de recherche Onera et XCAN. Les équipes XCAN et Onera ont déjà une expérience conséquente en matière de valorisation réussie.

Collaborations extérieures :

Ecole polytechnique / XCAN, Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (métrologie optique)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département d'Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contacts : Cindy Bellanger Tél. : 01 80 38 63 84 Email : cindy.bellanger@onera.fr

Jérôme Primot Tél. : 01 80 38 63 86 Email : jerome.primot@onera.fr