

## *Mise en phase active de réseaux de faisceaux laser par boucle d'optimisation opto-numérique : nouveau procédé de cartographie des phases*

DESFARGES-BERTHELEMOT Agnès, agnes.desfarges-berthelemot@xlim.fr

Tél : 0555457738

KERMENE Vincent, vincent.kermene@xlim.fr

Tél : 0555457738

Equipe : PHOCAL, Limoges

**Mots clés :** Laser, amplification, traitement du signal optique, techniques d'optimisation

### **Résumé de la thèse :**

■ ■

Pour répondre aux demandes de sources lasers de puissance, il apparaît aujourd'hui incontournable de devoir combiner une multitude de sources lasers élémentaires. Dans ce contexte, plusieurs approches sont explorées par les grands acteurs internationaux mais aucune des techniques publiées ne répond de manière complètement satisfaisante aux besoins exprimés. Il reste donc nécessaire d'imaginer des voies originales pour verrouiller et asservir la phase de multiples émetteurs lasers qui soient susceptibles d'aboutir à des performances plus élevées. La voie explorée par XLIM conjointement avec CILAS et ayant conduit à un dépôt de brevet en 2015 vise à combiner un grand nombre de lasers tout en respectant les contraintes de vitesse de convergence dictées par les fréquences des perturbations de phases à compenser. Dans le schéma de phasage actif imaginé pour les grands nombres de lasers, l'approche passe par un système diffractif de transcription de la phase sur l'amplitude qui doit évoluer pour servir les applications de puissance. Le travail de thèse a pour objectif d'imaginer de nouveaux systèmes de transcription dédiés à la combinaison d'un grand nombre de lasers à forte puissance. Il s'agira d'explorer et de comparer les potentialités offertes par des systèmes à base de milieux nanostructurés ou de milieux désordonnés. Les propriétés fondamentales de transmission à travers des éléments diffusants, à travers des cristaux photoniques ou dans des structures diffractantes complexes pourraient être exploitées. Associé à un algorithme d'optimisation, ce système devra assurer le verrouillage des phases entre les différents lasers. Les points importants à considérer se rapporteront à la vitesse de mise en synchronisme, à la stabilité de la mise en phase vis-à-vis des perturbations extérieures, à la complexité du dispositif et son encombrement, au coût, au nombre de degrés de liberté pilotés sur chaque élément, à la qualité du champ lointain et à la possibilité d'ajuster la topologie du front d'onde combiné.

🇬🇧

Nowadays, coherent combining of multiple laser sources is the way to reach high power while preserving good beam quality. Several approaches were investigated by the scientific community but so far none of them had been completely successful. It is then challenging to propose new schemes to lock and control the phase of several lasers in order to offer increased brightness. In the framework of collaboration, XLIM and CILAS have proposed and patented in 2015 a new way to measure and to rectify phase differences between the laser emitters of an array. This method is suited to large size arrays while operating within the constraints of convergence speed fixed by phase perturbation frequencies. Phase analysis in the investigated approach is made by use of a phase contrast device which is not compatible with the expected powers. The subject of the thesis is to propose and to experiment new systems to transfer phase changes into intensity variations. They have to be designed for large size arrays of high power lasers. The systems under study will include nanostructured or disordered media such as scattering media whose transmission properties will be investigated. Associated with an

optimisation algorithm, this system should force the emitters to operate in phase so as to generate high brightness combined beam. The important points to consider deal with convergence speed, phase stability with respect to environmental perturbations, set up complexity as well as its size and its cost, the number of degrees of freedom used to perform phase mapping, the beam quality in the far field, the possibility to generate steerable combined beam.

### **Objectifs :**

L'objectif de l'étude est d'explorer des voies d'optimisation de la mise en phase active dédiée à la combinaison cohérente d'un grand nombre de lasers puissants. L'architecture laser intégrera un système innovant de transcription de la phase sur l'amplitude compatible avec les exigences du projet.

### **Description complète du sujet de thèse :**

Le travail de thèse comportera des volets expérimentaux et numériques relatifs à la conception et à la mise en œuvre d'un système laser à amplification parallèle et combinaison cohérente. La première phase du travail de thèse consistera à étudier les propriétés fondamentales de milieux nanostructurés ou désordonnés en vue de les exploiter pour cartographier les écarts de phase entre les sorties lasers. Sur la base des caractéristiques en transmission de ces milieux, le doctorant sera amené à faire évoluer l'algorithme d'optimisation mis en œuvre dans la technique de phasage brevetée par XLIM et CILAS pour l'adapter aux nouvelles caractéristiques en diffraction du dispositif de cartographie.

L'ensemble du système laser sera réalisé à la suite de cette étape de conception et les performances en termes de brillance du faisceau combiné et de nombre de faisceaux phasés, en termes de vitesse de convergence et de robustesse au bruit seront évaluées. La possibilité de profiler le front d'onde de sortie du réseau sera également étudiée.

### **Compétences à l'issue de la thèse :**

Le docteur aura des compétences expérimentales et théoriques dans le domaine de la conception et de la réalisation de chaînes d'amplification lasers à fibre, de systèmes optiques et d'optique cohérente. Il aura également des compétences en programmation sous matlab de ces systèmes et en développement de systèmes asservis.

### **Présentation de l'équipe d'accueil :**

L'équipe PhoCaL (Photonique Cohérente, non-linéaire et Lasers) est constituée de 12 chercheurs et enseignants chercheurs et d'une dizaine de doctorants et post doctorants. Le vecteur commun des activités de recherche de cette équipe est la maîtrise de la propagation optique en milieux complexes. Ces activités sont articulées autour de trois axes : les systèmes lasers et la synthèse de rayonnements cohérents, l'instrumentation pour l'imagerie astronomique, la cohérence et le contrôle des interactions non-linéaires. Le nouveau doctorant viendra renforcer les activités de recherche sur la combinaison de lasers à fibre. Depuis plus de 10 ans, PhoCaL est reconnue par la communauté scientifique internationale pour ses travaux sur cette thématique à travers plus de 10 conférences invitées. Ils ont aussi donné lieu à plusieurs brevets et des collaborations soutenues avec des acteurs industriels. Le fruit de ces

collaborations est la création en janvier 2016 d'un laboratoire commun entre CILAS et XLIM (X-Las). Le sujet de thèse proposé est au cœur des activités de ce laboratoire commun.

**Financement :** Lot3: Sujet financé (organisme - industriel - ...)

**Spécialité de Doctorat :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

**Domaine de compétences principal:** Sciences pour l'Ingénieur

**Domaine de compétences secondaire:** Physique

**Candidat :**

**Compétences souhaitées :** Titulaire d'un Master à coloration photonique : lasers, fibres optiques, traitement du signal optique

**Conditions restrictives de candidature :** Nationalité française exigée

**Date Limite de candidature :** 11/15/2015