



Telecom Saint-Étienne
FISE 1

École affiliée
IMT

RAPPORT DE SYNTHÈSE STAGE OPERATIONNEL

ÉTUDE EN FILIÈRE INGÉNIEUR SOUS STATUT ÉTUDIANTE
27.05.2024/21.06.2024

LUCAS LESCURE

Capteur à fibre optique pour les environment extrêmes

Table des Matières

1. Contexte et analyse du travail	5
1.1. Contexte du travail.	5
1.2. Analyse du travail.	6
2. Bilan personnel	6

1. Contexte et analyse du travail

1.1. Contexte du travail

Identité de l'entreprise	
Intitulé	Laboratoire Hubert-Curien
Localisation	Saint-Étienne, Loire, France
Secteur d'activité	Recherche et Développement
Effectif total	200
Tuteur entreprise	
Nom - Prénom	Emmanuel Marin
Fonction	Professeur des universités

Table 1.1. Tableau de contexte du travail

Le laboratoire Hubert-Curien est un laboratoire de recherche. Il se spécialise, en partie, au capteur à fibres optiques construits à partir de réseaux de Bragg. Ces capteurs sont particulièrement utiles pour mesurer des températures, des radiations ou des déformations et peuvent être adaptés pour l'application dans des environnements extrêmes (hautes radiations et hautes températures).

Ces capteurs peuvent être construits à partir de réseaux de Bragg à pas court (FBG¹) ainsi que des réseaux de Bragg à pas long (LPG²). Les FBG ont déjà été étudiés sous condition de températures et de radiation élevées c'est donc pour cela que l'on s'intéressera au LPG et les effets sous des conditions extrêmes.

En temps que disposition RSDD, le laboratoire possède un groupe de travail RSE constitué de Mme. Kachan et M. Maselet. Ces derniers s'occupent de résoudre les problématiques de développement durable afin de réduire l'impact environnemental du laboratoire.

Une partie de son engagement se repose sur les démarches de sécurité mise en place pour les employés. Plusieurs formations sont obligatoires pour l'utilisation de certains équipements scientifiques. Un exemple de ceci est la formation en électronique pour l'utilisation d'équipement spécialisé. Mais ils s'assurent aussi qu'il y ait une sensibilisation envers les dangers et risques de ces équipements. Dans mon cas, j'ai dû suivre une sensibilisation aux risques liés à l'utilisation de laser femto-seconde. Chaque formation étant suivie par des assistants de prévention pour évaluer les risques et dangers.

De plus, le laboratoire compartimentalise les zones de travail et d'équipements grâce à des badges d'accès. Chaque badge assurant que les personnes soient autorisées à être dans la zone et que les équipements soient utilisés par des personnes formées. Ceci est notamment important pour des équipements dangereux comme les lasers et les irradiateurs, qui peuvent causer des dommages irréversibles et néfastes pour la santé.

Dans le cas des formations liées aux radiations, tout personnel concerné doit participer tous les 3 ans à une formation obligatoire de radioprotection. En plus de cela, ils doivent porter des dosimètres personnels pour mesurer l'exposition aux radiations et ainsi s'assurer que les doses reçues soient en dessous des limites autorisées. Chaque année, un bilan est fait pour évaluer les doses reçues et les risques encourus, suivi par l'agence de sûreté nucléaire (ASN).

Des tests de santé sont également effectués, en particulier pour les opérateurs de lasers, qui

¹Fiber Bragg Gratings

²Long Period Gratings

sont assujettis à des tests de vision pour s'assurer qu'ils n'ont pas été affectés par des brûlures rétinienne, qui sont irréversibles et peuvent entraîner une perte de vue partielle ou totale.

1.2. Analyse du travail

Mon travail consistait à fabriquer et caractériser des capteurs fait à partir de LPG pour des applications dans des environnements extrêmes. Pour cela il a fallu que je m'informe sur la physique complexe des LPG et des FBG pour comprendre comment ils fonctionnent et les contraintes de fabrication. Au niveau théorique il a fallu en particulier m'intéresser à la propagation ondulatoire de la lumière dans une fibre, la théorie des modes couplées (et en partie la théorie des perturbations) et la théorie des réseaux de Bragg.

Une fois ayant compris les bases théoriques, il a fallu que j'effectue une formation obligatoire de sensibilisation aux risques liés à l'utilisation de laser. Cette formation m'a permis de comprendre les dangers liés à l'utilisation de laser femto-seconde et les mesures de sécurité à prendre pour éviter les accidents.

Ce n'est qu'après tout ceci que j'ai pu commencer à travailler sur la partie de la photo-inscription des réseaux de Bragg. Pour me former à cela, j'ai assisté un doctorant dans sa thèse d'inscription de FBG et le contrôle des spectres d'absorption de ce dernier liée au couplage des modes entre le coeur et la gaine de la fibre, pour des applications permettant une pluri-modalité de mesure (à la fois thermique et déformation physiques).

Pendant cette période, nous avons eu des problèmes quand à la qualité du spectre de transmission du FBG. Un problème que l'on pense est lié aux caractéristiques du faisceau quand à l'étape de photo-inscription. En considérant le faisceau comme un faisceau gaussien, on suppose que la puissance et la taille du faisceau qui touche le coeur dans une zone donnée de la fibre modifie donc l'index de réfraction de cette zone à partir de l'effet Kerr optique, et induit par la suite un effet d'autofocalisation du faisceau. Cet effet crée alors sous la zone désirée de photo-inscription des zones de photo-inscription parasites qui dégradent la qualité du spectre de transmission du FBG.

Pour tenter de résoudre ce problème nous avons dû revoir la configuration du montage laser, effectuer de nombreux réalignements et ajustements du faisceau afin d'obtenir un faisceau s'approchant le plus possible d'un faisceau gaussien idéal. Il a fallu également revoir les configurations logicielles de la photo-inscription pour s'assurer que les paramètres de photo-inscription soient correctement ajustés, et il a fallu que l'on revoie les conditions de génération du faisceau.

Chaque composant possédant de nombreux paramètres à ajuster, nous n'avons pas réussi à obtenir des conditions de photo-inscription optimales permettant de mitiger ou éliminer les zones parasites.

La condition de photo-inscription étant un problème majeur, tant pour les FBG que pour les LPG, je n'ai pas encore pu photo-inscrire de LPG. Cependant, j'ai pu observer le processus de photo-inscription et de caractérisation des FBG, ce qui m'a permis de comprendre les étapes de fabrication et de caractérisation des réseaux de Bragg.

2. Bilan personnel

Bien que la mission de stage n'ait pas été remplie, j'ai pu acquérir de nombreuses compétences techniques et théoriques. J'ai pu comprendre la physique des réseaux de Bragg et des fibres optiques, et j'ai pu apprendre à manipuler des équipements scientifiques complexes. J'ai également

pu apprendre à travailler en équipe et à communiquer avec des personnes de différents horizons, en particulier dans un environnement de recherche multilinguistique.

La fortune d'être trilingue m'a permis de communiquer avec des personnes de différentes nationalités et de comprendre les différentes cultures de travail. J'ai pu également apprendre à travailler de manière autonome et à gérer mon temps de travail de manière efficace.

Mes savoir-faire en photonique ont été poussées et améliorés bien au delà de ce que j'aurais pu imaginer. J'ai découvert la rigueur et la précision indispensable à avoir dans un contexte de manipulation de laser ainsi qu'une disposition et une discipline de réflexion face aux problèmes complexes de la photo-inscription des réseaux de Bragg.

Grâce à ce stage j'ai pu contraster l'environnement de travail en entreprise et en laboratoire. Ceci implique les contraintes de travailler sur un sujet de recherche auparavant non exploré, le rythme de découverte et d'apprentissage lié à la recherche, et la résolution autonome de problèmes apparaissant dans des conditions d'expériences uniques. Cela étant bien différent du travail en entreprise, où les problèmes sont souvent déjà résolus et où le travail est plus orienté vers la production et la rentabilité, vis à vis d'un projet défini et déterminé, et d'un respect d'attribution hiérarchique des tâches.

Ayant adoré le fait d'apprendre tout les jours, je me suis souvent retrouvé à passer plus de temps que prévu au laboratoire ainsi que durant une partie de mon temps libre sur le projet de recherche.

Dans un contexte de projet professionnel d'ingénieur industriel en photonique, je n'ai jamais entretenu l'idée de la recherche. Ce stage m'a très agréablement surpris et m'a donné une nouvelle perspective sur la recherche en photonique. J'ai pu découvrir un monde de recherche passionnant et enrichissant, ce qui m'encourage désormais à entretenir l'idée de poursuivre une carrière en recherche, ou du moins à forte proximité de la recherche.

Les compétences et les connaissances acquises durant ce stage sont précieuses pour mon projet professionnel, et ont réveillé une passion en photonique que je n'ai que ressentie il y a 5 ans durant un stage sur la caractérisation d'un faisceau gaussien. L'idée et le fait que l'on peut contrôler la lumière pour en faire des applications utiles et innovantes m'a toujours fasciné, et ce stage m'a permis de me rapprocher de cette passion.

Compétence	Connaissances	Application
Photonique	Propagation ondulatoire de la lumière Modes couplés Réseaux de Bragg	Caractérisation et simulation du couplage et propagation de la lumière
Sécurité	Sensibilisation aux risques liés à l'utilisation de laser Formation en radioprotection	Application des règles de sécurité lors de l'utilisation de laser et de radiations
Travail en équipe	Communication interculturelle Travail en équipe Gestion du temps	Résolution de problèmes Apports de connaissance et aide
Autonomie	Travail autonome Rigueur et précision	Recherche Résolution de problèmes

Table 2.1. Tableau de compétences