

LES CAPTEURS A FIBRES OPTIQUES EN CHINE

Pierre Ferdinand¹ et Youcef Ouerdane²

¹CEA, LIST, Laboratoire de Mesures Optiques, F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

²Laboratoire Hubert Curien, CNRS UMR 5516, Univ. Jean-Monnet, F-42000 Saint-Etienne, France.

pierre.ferdinand@cea.fr

RÉSUMÉ

Cette présentation invitée a pour objectif d'évaluer l'importance récente et croissante de la Chine dans le domaine des Capteurs à Fibres Optiques (CFO) et des technologies associées, tant des points de vue académique, qu'industriel et applicatif.

MOTS-CLEFS : Capteur à Fibres Optiques, Chine, R&D, tendances.

1. INTRODUCTION

Les CFO forment un domaine très dynamique depuis le début de la décennie 80 qui fût celle de la découverte des possibilités offertes par les fibres. En 1986 est apparu le concept de Réseaux de CFO, 'distribués' et 'répartis'. Par la suite, on a assisté à l'émergence de démonstrations de terrain, et les techniques les plus robustes se développèrent : les réseaux de Bragg, et les approches réflectométriques (Rayleigh, Raman, et Brillouin). Dès le début des années 90, de nouveaux produits virent le jour, tel le DTS Raman, et les réseaux de Bragg se répandirent. La fin du 20^{ème} siècle et le début du millénaire furent celles du 'boom' puis du 'crack' de la bulle Internet et des télécoms. Des PME disparurent, d'autres virent le jour s'investissant dans la technologie, les composants, les systèmes, le déploiement. La Chine, peu présente jusqu'en 2005, a depuis investi massivement, pour devenir un acteur majeur.

2. LA R&D CHINOISE EN CFO ET FIBRES OPTIQUES INNOVANTES

L'analyse de l'implication des pays formant la communauté des CFO, peut être établie en utilisant comme mètre-étalon les actes de la conférence internationale OFS. Depuis 1983, celle-ci s'est déroulée 8 fois en Europe, 7 fois en Amérique, *idem* en Asie. La dernière (OFS23) ayant eu lieu début juin 2014, à Santander en Espagne. A ce jour, 4201 papiers, en provenance de 44 pays, ont été publiés sous cette bannière, et la bibliométrie de ce corpus permet le suivi des efforts des pays contributeurs.

C'est en 2006 (OFS18, Cancun) que l'on date le début de l'engagement de la Chine, désormais soutenu, se traduisant par une contribution explosive depuis lors ; même si une sévère sélection (40 % de rejet des soumissions) a réduit ses ambitions à OFS23. Tant est si bien qu'elle est devenue le premier pays contributeur, et atteint désormais le 4^{ème} rang mondial sur l'intégrale du corpus d'OFS, au pied du podium tenu par le Japon (15,1 %), suivi du Royaume-Uni et des Etats-Unis, avec tous deux 14,4 %. Aujourd'hui la Chine pèse 11,9 % de l'effort global en CFO mais, avec la croissance de ses investissements, dans 10 ans elle montera sans doute sur la plus haute marche du podium (*nota* : en Télécoms elle est déjà en 3^{ème} place). De son côté, l'effort français est étale, avec 3-4 papiers à chaque OFS (10 papiers en 2005 et 2014), et représente en moyenne 2,8 % (4 % en 2014) des efforts mondiaux. Longtemps, la France occupa la 5^{ème} place, désormais en 11^{ème} position, elle décroche.

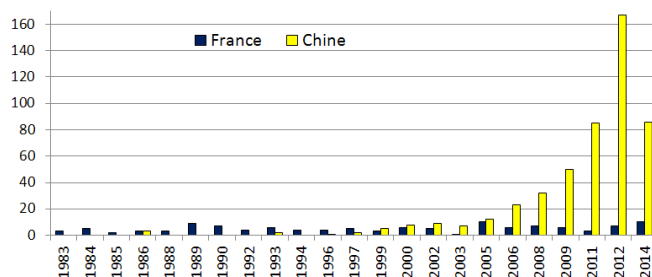


Fig. 1 : Nombre de publications de la Chine et de la France à chaque conférence OFS

2.1 Le soutien public chinois et les conférences scientifiques locales du domaine des CFO

Le gouvernement chinois investit massivement en fonds publics dans les CFO, et les provinces soutiennent les coopérations avec les entreprises. Ainsi, l'administration du *Wuxi New Area* a aidé le *Wuxi Institut de l'Univ. Jiaotong* de Shanghai pour qu'il se focalise sur la R&D en CFO. Avec l'Université de Tianjin, les autorités du district de Pukou ont contribué à établir un écosystème autour des CFO, attirant les entreprises. Nous avons identifié trois Conférences dédiées aux CFO : l'*OFS Development & Industrialization Inter. Forum* (5 éditions) ; le *National OFS Conf. & Industrialization Forum* (6 éditions), et la plus connue reste APOS (*Asia Pacific OFS* ; 4 éditions).

2.2 Les Recherches Universitaires en CFO et fibres optiques spéciales

On peut identifier plus de vingt universités impliquées dans les CFO, qui sont pour la plupart positionnées sur les mêmes thématiques que notre communauté. Présentons les plus actives :

[China Jiliang University](#). Ses activités en CFO sont très variées : Fibres à cristaux photoniques, *Hollow core fiber*, Réseaux de Bragg (FBG, LPG, blazés ...), capteurs à réseaux de Bragg (inclinomètres, mesures simultanées de température et de déformations) ... mais aussi : réflectométrie Brillouin, DTS Raman. Leur activité est qualifiable de 'CFO pour mesures physiques'.

La [Wuhan University of Technology \(WUT\)](#) fut fondée en 2000. La WUT, classée 8^{ème} en Chine, acteur majeur de *l'Optics Valley of China*, participe au « [Project 211](#) » fournissant aux 100 universités de premier rang un important soutien pour qu'elles deviennent de « classe mondiale ». Ces dix dernières années, elle a obtenu 3 milliards de RMB (400 M€)¹ pour sa R&D. En son sein, le *National Engineering Lab. for Fiber Optic Sensing Technologies*, [NEL-FOST](#), 'labélisé' en 2008, occupe entièrement un immense bâtiment moderne de 2010, dont les équipements ont coûté 47 millions de RMB (6 M€). Le NEL-FOST compte plus de 100 permanents (60 chercheurs, > 200 thésards et étudiants en Master), tous impliqués dans les CFO. Ses thématiques sont : inscription de réseaux de Bragg sur tour de fibrage dans les fibres spéciales, banc automatique pour réseaux de Bragg (dénudage, photo-inscription, changement automatique des masques, regainage), capteurs et systèmes de mesure, fonctionnalisation des fibres en silice et en saphir, etc. Pour la fabrication, il s'est associé à [Wutos](#), dont il héberge 200 employés. Leurs débouchés sont ceux du marché chinois : grands ouvrages d'art (e.g. [barrage des 3 Gorges](#), ponts sur le Yangtze), détection d'incendie dans les tunnels (300 équipés, dont plusieurs dizaines de tunnels majeurs), la pétrochimie (réservoirs) par lignes de Bragg (90 % des dépôts de [Sinopec](#) sont ainsi équipés), la surveillance par Bragg des grues, celle des infrastructures pour trains rapides (ponts, viaducs, voies), la détection de fuites dans les barrages, et les centrales nucléaires pour lesquelles le gouvernement les pousse à établir une norme d'utilisation des CFO.

Laboratoires OFBG et FRP Composites & Structures, *Harbin Institute of Techn. (HIT)*

Créé en 1920 à Harbin, le [HIT](#) fait partie depuis 1996 du « Projet 211 ». En 1999, HIT a été répertorié comme membre du groupe "[C9](#)" rassemblant les 9 meilleures universités, équivalent de la "[Ivy League](#)" américaine. En son sein, le [laboratoire OFBG](#) (*Optical Fiber Bragg Grating sensors*) est un « labo commun » à HIT et Micron Optics Inc. (USA), le *leader* des systèmes de mesure pour réseaux de Bragg. HIT s'était fait remarquer dès OFS18 (2006), en y présentant une conférence sur l'instrumentation des 13 plus grands ponts chinois, instrumentés de centaines de capteurs à réseaux de Bragg. Ses axes de R&D couvrent : les capteurs Bragg, la technique BODTA pour le Génie Civil, l'insertion de fibres dans les matériaux et structures. Son personnel en CFO s'élève à 65 personnes.

Le Key Lab of In-Integrated Optics Fiber, *Harbin Engineering University (HEU)*

La [HEU](#), qui fait aussi partie du projet 211, est une Université 'clé', intégrant 40 Instituts.

En son sein, le *Key Lab of In-Integrated Optics Fiber* date de 1999. Ses thématiques sont orientées vers les : CFO, fibres spéciales et μ -structurées, FCP, les nano et μ -technologies y compris dans la fibre, le μ -usinage latéral (laser) ou en extrémité de fibre. Ce laboratoire 'clé' possède de nombreux équipements, dont une tour de fibrage. Son potentiel humain en CFO est de 28 (2009).

¹ Attention à la conversion, car même si le taux de change est tel que 1 RMB = 0,115 €, n'oublions pas que 1 RMB permet d'acquérir 5-10 fois plus de biens en Chine que 0,115 € chez nous (le salaire mensuel moyen est ~ 3 000 RMB).

Wuhan National Lab. for Optoelectronics (WNLO), Fiber Laser Technology Group

Le [WNLO](#) a été créé en 2008. Il est sous tutelle de l'Université des Sciences et des Technologies de Huazhong ([HUST](#), l'une des 10 meilleures chinoises), et en partenariat avec l'entreprise d'Etat [FiberHome](#). Ses installations intègrent des bancs MCVD (préformes dopées terres-rares, ou μ -structurées), une tour de fibrage de 7,8 m de haut (préformes classiques et FCP). Son potentiel humain avoisine la trentaine de personnes (6 professeurs, 7 thésards, 13 post-docs). Il adresse les thématiques : CFO, télécoms, lasers à fibres, applications biophotoniques et médicales. Ses collaborations avec les industriels de la région sont liées à ses domaines d'activité (amplificateurs à fibres, irradiation de fibres).

Citons également d'autres universités très actives dans les CFO et les technologies fibrées :

[Anhui University](#), [Beijing Jiaotong University](#), [China Jiliang University](#), [Chongqing University](#), [Dalian University of Technology](#), [Nanjing University](#), [Nankai University](#), National University of Defense Technology, [Shandong Academy of Sciences](#), [Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics](#), [Shanghai Jiao Tong University](#), [South China Normal University](#), [The Hong Kong Polytechnic University - Fiber optics lab](#), [Tianjin University](#), [Tsinghua University](#), [University of Electronic Science and Technology of China](#), [Yanshan University](#), [Zhejiang University](#).

3 PRINCIPAUX ACTEURS INDUSTRIELS CHINOIS EN CFO

Un ensemble de plus d'une vingtaine de sociétés est identifiable, regroupant des PME comme [Weilanshi Tech](#), ou [Boom fiber sensing tech](#) et de grands groupes tels *Beiyang* et *Wutos*. Présentons-en deux :

[Wutos Co., Ltd](#) : Il s'agit d'un grand groupe, très actif dans les CFO, qui possède le plus important centre privé de production en Chine (300 employés d'âge moyen 35 ans). Son Directeur scientifique et fondateur, le Prof. Jiang Desheng de l'Académie d'ingénierie chinoise, et Directeur du NEL-FOST, dirige ainsi plus de 100 chercheurs. Wutos est membre du groupe [FiberHome Tech](#). (1^{ère} société chinoise en composants Télécoms fournissant des fonds et les technologies de base à Wutos).

[Wuxi ChengDian OFS Tech](#) : Ses activités comprennent la R&D, la fabrication, la vente de solutions CFO. Elle propose une gamme de produits utilisant les réseaux de Bragg, les Fabry-Perot, les capteurs répartis. Au-delà citons d'autres sociétés (âge moyen 10 ans, et 6-7 ans pour les plus jeunes) : [Beiyang Electric Group Co., Ltd.](#), [Boom fiber sensing technology Co., Ltd.](#), [CETC](#), [The 41st Institute of China Electronics Technology Group Corp.](#), [COSIC](#), [The 4th Academy of China Aerospace science and Industry Hong Feng Control Corp.](#), [Distributed Sensing and Control Technology Co., Ltd.](#), [Five Star Optic Fiber Sensor Technology Co., Ltd.](#), [Gaussianoptics \(Wuhan\) Co. Ltd.](#), [Harbin Tai Daer Technology Co. Ltd.](#), [HeQi Opto-Electronic Technology Co., Ltd.](#), [HiSKY \(Hisky Tech. \(Hong Kong\) Ltd.](#), [Hope-excellence Information Technology Co., Ltd.](#), [Hoyatek Co. Ltd.](#), [Jphotonics Co. Ltd.](#) (Filiale de Jphotonics USA), [Ningbo Nuo Electronic Technology Develop. Co. Ltd.](#), [Ningbo Shangong center of structural monitoring and control engineering Co., Ltd.](#), [Synet Optoelectronic Technology Co. Ltd.](#), [T&S Communications Co., Ltd.](#), [The Femtosecond Optoelectronics Technology Co., Ltd.](#), [TOP Photonics Co. Ltd.](#), [Weilanshi Technology Co., Ltd.](#), [Wutos Co., Ltd.](#), [Xintianwei Optoelectronics Technology Co., Ltd.](#), [YSL](#), [Wuhan Yangtse Soton Laser Co. Ltd.](#)

4 CONCLUSION & PERSPECTIVES

En 10 ans la Chine a quasiment rattrapé 30 ans de R&D pour se hisser au 4^{ème} rang mondial au nombre du total des publications en CFO, et devenir le 1^{er} pays contributeur depuis OFS22. On peut identifier de nombreuses Universités de premier plan, fortement soutenues par les acteurs publics, et impliquées dans l'ensemble des thématiques du domaine (capteurs répartis, distribués, fibres μ -structurées, surveillance des structures ...). Ainsi, située au cœur de l'*Optics Valley* Chinoise, l'Université de Technologie de Wuhan s'est dotée d'un Centre National de R&D, créé ex-nihilo par la NDRC (*Nat. Develop. and Reform Commission*), hébergeant lui-même un 'Laboratoire clé d'Etat', NEL-FOST, labélisé et financé par le MoST (Ministère de la science et de la technologie), uniquement dédié à la thématique des CFO. La taille moyenne de ces laboratoires est d'une trentaine de chercheurs, celui du NEL-FOST étant mieux doté, et leurs personnels sont jeunes (trentenaires). Certains des laboratoires mènent d'importants projets applicatifs, et nouent des relations industrielles, e.g. le NEL-FOST associé avec Wutos à qui il transfère sa R&D. De nombreuses entreprises très dynamiques et récemment créées sont ainsi impliquées. Soulignons l'apparente facilité avec laquelle tous ces acteurs montent d'immenses projets de déploiement, conséquence d'un modèle économique très différent du nôtre. Le marché chinois de la surveillance des ouvrages est immense : > 400 000 réservoirs, 380 000 ponts et 7 000 tunnels de grandes tailles, 5 000 000 de mines de charbon, > 80 000 barrages, > 50 000 km de lignes THT. Les importants efforts engagés par la Chine dans les CFO, fibres μ -structurées, et μ -capteurs ... après un rattrapage à marche forcée (ce pays est devenu le 1^{er} déposant pour les brevets, le 2^{ème} pour les publications scientifiques) augure clairement de sa future domination dans ces domaines.