



Programme et publications CFOR

Date: Mardi, 03.07.2018

11:00 - 12:30 **O1-D: Session Orale conjointe CFOR / JNOG**

Amphi Grignard

Date: Mercredi, 04.07.2018

11:00 - 12:30 **O4-D: Session Orale CFOR #1**

Amphi Grignard

Capteurs à fibres optiques

17:30 - 19:00 **PO-01 F: Session posters JNOG/CFOR #1**

Salle B24

Date: Jeudi, 05.07.2018

11:00 - 12:30 **O6-D: Session Orale CFOR #2**

Amphi Grignard

Réseaux FTTx et embarqués

Présentations

O1-D: Session Orale conjointe CFOR / JNOG

Heure: Mardi, 03.07.2018: 11:00 - 12:30 · Salle: Amphi Grignard

11:00 - 11:30

Invitée

D E L ' OPTIQUE DANS LES STRUCTURES : IMAGES & MESURES OPTIQUES AU SEIN DE L 'INSTITUT CLEMENT ADER

Y. Gourinat^{1,2}, P. Olivier^{1,3}, G. Michon^{1,2}, O. Cherrier^{1,2}

¹Institut Clément Ader, France; ²ISAE-SUPAERO, France; ³Université Paul Sabatier de Toulouse III, France;

Yves.Gourinat@isae-supaero.fr

L'objectif du présent article est de montrer la parfaite intégration des méthodes optiques dans les travaux de l'Institut Clément Ader, qui ont révolutionné l'approche des essais de structures et matériaux dans les recalages qu'ils offrent aux analyses et méthodes numériques, avec de véritables représentations des champs structuraux, notamment en dynamique et en tolérance au dommage. Les techniques de caméra, de laser interne et externe, ainsi que l'imagerie 3D sont désormais au cœur du laboratoire et en plein transfert vers les applications structurales industrielles.

O4-D: Session Orale CFOR #1

Heure: Mercredi, 04.07.2018: 11:00 - 12:30 · Salle: Amphi Grignard

Capteurs à fibres optiques

11:00 - 11:30

Invitée

CAPTEURS A RESEAU DE BRAGG POUR DES APPLICATIONS AERONAUTIQUES

D. Maraval, J.-B. Paris, Y. Chafiq, O. Portaspana, V. Lamour

Cementys, France; damienmaraval@cementys.com

Nous présentons les avancées réalisées dans la conception de capteurs à réseaux de Bragg pour des applications aéronautiques. Dans un premier temps, nous étudions leur application pour la mesure de déformation d'un radôme d'avion et puis nous présentons nos capteurs pression PressioLux ATM.

11:30 - 11:50

Les applications des capteurs distribués à fibres optiques en géotechnique et en génie civil

A. Khadour

IFSTTAR, France; aghiad.khadour@ifsttar.fr

Les champs d'applications des capteurs distribués à fibres optiques s'étendent rapidement dans des domaines des structures à grandes dimensions. Nous présentons des exemples d'applications des capteurs distribués à fibres optiques dans les domaines géotechnique et génie civil pour des structures à échelle réelle. Une analyse des résultats basé sur les solutions d'intégration des câbles à fibres optiques utilisées comme capteur dans ces structures est présentée.

11:50 - 12:10

Présentation de deux premiere mondiale (premiere jauge optique sur trame pelliculaire et capteur delta P)

F. Bouyon¹, G. Duplain²

¹FTMesures, France; ²Opsens, Canada; gaetan.duplain@opsens.com

Présentation de la premiere jauge optique sur le meme support que les jauges résistive

présentation du premier capteur Optique delta p pour fluide et gaz

Présentation sur application de mesure de température sur système de puissance avec un capteur de 150µm avec un temps de réponse de 1ms

12:10 - 12:30

présentation des différents capteurs utilisé par AIRBUS et le GroupAriane

F. Bouyon¹, G. Duplain²

¹FTMesures, France; ²Opsens, Canada; fbouyon@ftmesures.com

Présentation des résultats d'essais sur les capteurs de pression Température, contrainte utilisé en test flyer sue A 350 et A320 sur la plage de température de -55 à +85°C

Présentation des résultats d'essais sur les capteurs de pression Température, contrainte utilisé sur propulseur Ariane 5 et 6, et présentation des travaux en cours.

PO-01 F: Session posters JNOG/CFOR #1

Heure: Mercredi, 04.07.2018: 17:30 - 19:00 · Salle: Salle B24

MODELISATION DE L'EFFET BRILLOUIN POUR L'ETUDE DES CAPTEURS A FIBRE OPTIQUE DISTRIBUES

M. Salhi¹, S. Faci¹, A.-L. Billabert¹, A. Khadour², S. Mostarshedi³, C. Algani¹

¹Laboratoire Esycom, CNAM, 292, rue St-Martin, 75141 Paris Cedex 03, France; ²Laboratoire IFSTTAR, 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne, France; ³Laboratoire ESYCOM, UPEM, 5 Boulevard Descartes, 77420 Champs-sur-Marne, France; miyassa.salhi@univ-paris-est.fr

Nous présentons dans ce papier une modélisation de l'effet Brillouin combinant une résolution numérique du comportement dynamique et une modélisation par circuit équivalent de la fibre optique. Ce modèle sera utilisé dans l'étude des performances d'un capteur à fibre optique distribué avec une approche de simulation par circuits équivalents.

O6-D: Session Orale CFOR #2

Heure: Jeudi, 05.07.2018: 11:00 - 12:30 · Salle: Amphi Grignard

Réseaux FTTx et embarqués

11:00 - 11:30

Invitée

Objectif Fibre : les enjeux d'un déploiement réussi des réseaux THD

M. Leblanc

Prysmian Group / Objectif Fibre, France; Marc.leblanc.fr@prysmiangroup.com

Le déploiement du Plan France THD mobilise la filière optique. La réussite de ce projet dépend de l'homogénéité des réseaux et la faculté des acteurs à respecter les échéances. Objectif Fibre, plateforme collaborative des acteurs de la filière, s'emploie à lever les obstacles au déploiement de ces réseaux, et propose de faire un point de situation.

11:30 - 11:50

FTTO ou comment rendre votre IT "Green"

G. Danzel d'Aumont

Nexans, Allemagne; geraud.danzel_daumont@nexans.com

Le FTTO est un concept innovant de câblage LAN en Fibre Optique, dont un des avantages majeurs est l'optimisation énergétique du réseau IT. Dans cette conférence, nous examinons comment le FTTO contribue à 2 objectifs majeurs d'un Bâtiment Vert : **Réduction de la consommation d'énergie de l'IT ET Réduction de l'emprunte carbone de l'IT**

11:50 - 12:10

Réponse de la fibre et du FTTO face aux enjeux du transport du POE

G. Danzel d'Aumont

Nexans, Allemagne; geraud.danzel_daumont@nexans.com

Avec les nouvelles normes PoE IEEE 802.3bt permettant de fournir de 60W à 100W au travers des ports RJ45, et les nouvelles applications qui vont inévitablement en découler, il est nécessaire d'appréhender dès maintenant une technologie garantissant flexibilité, évolutivité et efficacité énergétique. Le FTTO répond, entre autres, à ces exigences.

12:10 - 12:30

Fibre optique et 5G... unies pour le meilleur

J.-M. Mur

Club fibres optiques & réseaux, France; jm.mur@orange.fr

La 5^e génération des réseaux de communication pour mobiles – 5G – a des caractéristiques telles qu'elle nécessitera la densification des cellules, synonyme de déploiement de plusieurs millions de kilomètres de fibres optiques !

CAPTEURS A RESEAU DE BRAGG POUR DES APPLICATIONS AERONAUTIQUES

Damien Maraval¹, Jean-Baptiste Paris¹, Yassine Chafiq¹, Olivier Portaspana¹, Vincent Lamour¹

¹ CEMENTYS, 91120 PALAISEAU, France

damienmaraval@cementys.com, jeanbaptisteparis@cementys.com

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons les avancées réalisées dans la conception de capteurs à réseaux de Bragg pour des applications aéronautiques. Tout d'abord, nous étudions une application des réseaux de Bragg pour la mesure de déformation d'un radôme d'avion. Cette étude a pour but d'extraire des informations de navigation. Enfin, nous présentons nos résultats obtenus sur nos capteurs PressioLux ATM dont le principal avantage est leurs faibles épaisseurs permettant la mesure de pression surfacique.

MOTS-CLEFS : Capteur à réseaux de Bragg ; Application aéronautique

1. INTRODUCTION

Les capteurs à fibres optiques offrent de nombreuses possibilités d'instrumentation dans différents domaines (énergie, transports, génie civile, aéronautique, etc.) grâce aux multiples avantages qu'ils offrent : un faible encombrement les rendant facilement adaptables à des systèmes embarqués, une meilleure sensibilité par rapport aux capteurs classiques, une robustesse quant à l'environnement sévère où ils sont déployés et enfin la possibilité de les multiplexer sur une même ligne optique [1,2]. Deux projets d'études sont présentés dans les deux sections suivantes.

2. MESURES STRUCTURELLES SUR RADOME

Dans cette section, nous étudions l'utilisation de capteurs à réseaux de Bragg pour la mesure de déformation d'un radôme d'avion. Comme le montre la figure 1, de nombreux capteurs ont été collés directement sur la surface interne du radôme (Fig. 1a) afin de mesurer sa déformation et sa température (Fig. 1a et 1b) selon les différentes phases d'un vol d'essai. Une forte corrélation a été démontrée entre la vitesse de déplacement de l'avion et son incidence.

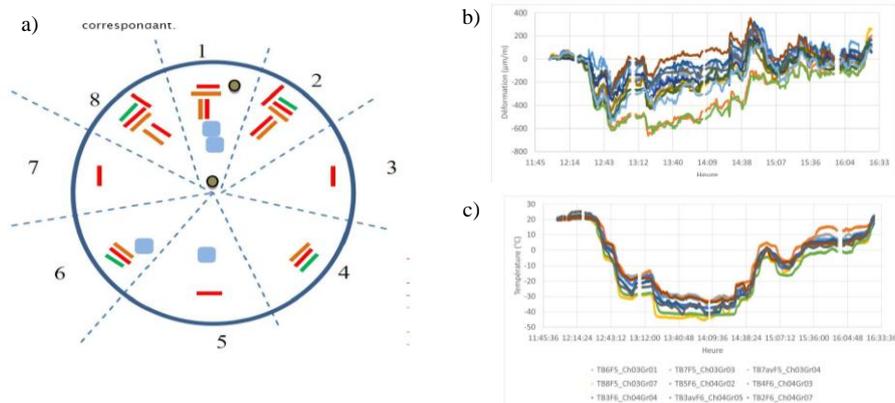


Fig. 1 : a) positionnement des capteurs sur la surface du RADOM. Résultats obtenus en température (b) et en déformation (c) pendant le vol d'essai.

Il est important de noter que la technologie d'instrumentation par fibre optique est très intéressante pour cette application en raison de son insensibilité aux rayonnements

électromagnétiques. En effet, le radôme d'un avion abrite généralement un radar embarqué, que n'importe quel équipement métallique ou électronique peut perturber.

3. CAPTEURS DE PRESSION ULTRAFIN

Dans le cadre de projets visant à mesurer la pression au niveau des ailes d'avion, Cementys développe des capteurs de pression dont la géométrie ne perturbe pas le flux d'air (épaisseur allant de 500 μm à 2,5 mm selon les versions). Ce capteur est sensible à la différence de pression entre l'intérieur de la cavité et l'environnement extérieur. Cette sensibilité se traduit par la déformation de la membrane. Deux réseaux de Bragg sont alors collés sur la surface interne de cette membrane (Fig. 2c). Chaque réseau de Bragg est collé en préservant le même rayon de courbure afin d'éviter les erreurs de mesure qui peuvent être causées par des gradients de déformation (Fig. 2a) [3].

La gamme de pression souhaitée est définie par l'épaisseur de la membrane et de son diamètre. Par exemple, pour une plage de mesure totale de 1,5 Bar, son épaisseur est de 100 μm pour un diamètre de 1,8 cm. La gamme de température est également adaptée en choisissant correctement la colle pour les réseaux de Bragg. Quant à l'étanchéité, celle-ci peut se faire par collage ou par soudure laser. La seconde solution est plus délicate à réaliser mais assure d'excellentes performances et une meilleure résistance mécanique (Fig. 2d).

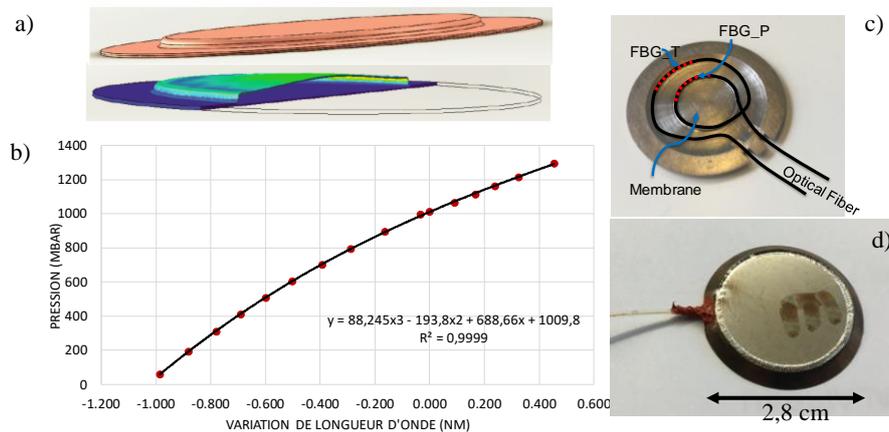


Fig. 2 : a) Modélisation mécanique des capteurs PressioLux ATM® version collée. b) Courbe d'étalonnage du capteur en version collée entre 50 mBar et 1.5 Bar. c) Positionnement des réseaux de Bragg sur la surface interne de la membrane. d) Capteur PressioLux ATM en version soudée

La figure 3b montre un échantillon des résultats obtenus. La mesure de pression suit une courbe du 3^{ème} degré entre 50 mBar et 1,5 Bar avec un taux d'erreur inférieur à 0,5 %. D'autres résultats obtenus sur des capteurs en version collée montre une très bonne linéarité de la réponse en pression pour une gamme allant de la pression atmosphérique jusqu'à 15 Bar. La différence de comportement s'explique par la différence de conception mécanique entre la version collée et la version soudée.

CONCLUSION

Les récentes études sur les capteurs à réseaux de Bragg montrent que cette technologie peut dépasser certaines limites technologiques pour des applications aéronautiques en raison notamment de leur insensibilité aux champs électromagnétiques, leur sensibilité et leur robustesse.

RÉFÉRENCES

- [1] Hang-Eun Joe & al., "A Review on Optical Fiber Sensors for Environment Monitoring", IJPEM-GT, Vol. 5, No. 1, pp 173-191, 2018.
- [2] D. Kinet & al., "Fiber Bragg Grating Sensors toward Structural Health Monitoring in Composite Materials: Challenges and Solutions", SENSORS, Vol. 14, 2014.
- [3] D.H. Kang & al., "The signal characteristics of reflected spectra of fiber Bragg grating sensors with strain gradients and grating lengths", NDT & E International, Vol. 38, No. 8, 712-718, 2005.

DE L'OPTIQUE DANS LES STRUCTURES.

IMAGES RAPIDES & MESURES OPTIQUES À L'INSTITUT CLEMENT ADER.

Yves Gourinat^{1,2}, Philippe Olivier^{1,3}, Guilhem Michon^{1,2}, Olivier Cherrier^{1,2}

¹ Institut Clément Ader UMR CNRS 5312, 31400 Toulouse, France

² Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace, 31055 Toulouse, France

³ Université Paul Sabatier de Toulouse III, France

yves.gourinat@isae-supero.fr

RÉSUMÉ

L'objectif du présent article est de montrer la parfaite intégration des méthodes optiques dans travaux de l'Institut Clément Ader, qui ont révolutionné l'approche des essais de structures et matériaux dans les recalages qu'ils offrent aux analyses et méthodes numériques, avec de véritables représentations des champs structuraux, notamment en dynamique et en tolérance au dommage. Les techniques de caméra, de laser interne et externe, ainsi que l'imagerie 3D sont désormais au cœur du laboratoire et en plein transfert vers les applications structurales industrielles.

MOTS-CLEFS : *laser ; caméra ; champ ; structures*

1. INTRODUCTION

L'Institut Clément Ader (ICA) est le laboratoire de mécanique des solides de l'Université de Toulouse, rassemblant 237 chercheurs autour des thématiques liées aux matériaux, structures et procédés dans le contexte aérospatial. Plus précisément, la tolérance au dommage des matériaux, la dynamique non-linéaire et les procédés novateurs composites et métalliques intégrés aux méthodes de certification des structures sont au cœur de l'ICA. Dans ce contexte, l'optique occupe une place tout à fait originale. En effet, les acquisitions photométriques et par images ont progressivement remplacé les capteurs classiques utilisés en mécanique des structures (jauges de déformation, palpeurs, accéléromètres) élargissant ainsi le champ des mesures et autorisant des recalages de modèles bien plus performants. Cette évolution accompagne de manière tout à fait naturelle la production de modèles de plus en plus évolués, aussi bien en termes de comportement des matériaux que de modélisation dynamique avancée.

2. CAMERAS RAPIDES

En dynamique structurale, l'analyse modale traditionnelle est désormais ouverte d'une part vers les modes non-linéaires et d'autre part vers la modélisation des chocs. Dans ces deux voies, la généralisation des mesures par imagerie rapide a permis de nombreuses avancées. À ce titre, les séquences vidéos acquises avec mille à un million d'images par seconde - avec la possibilité de filmer par 3 caméras placées sous trois angles distincts pour une analyse 3D - constituent un exemple très significatif. On peut d'abord citer le comportement en dynamique rapide des matériaux dans les essais de barres de Hopkinson (5000 m/s) pour lesquels l'instrument standard est la caméra rapide, ainsi que les essais d'impact rapide sur structures (oiseau, acier, glace dotés de vitesses comprises entre 150 et 700 m/s).

La richesse et le contraste de l'image autorisent des recalages fins de modèles numériques et rhéologiques. Les effets locaux d'impacts à moyenne vitesse (10 à 100 m/s) sont également source de développements mathématiques importants liés au flambage dynamique. Dans ce domaine, on peut citer les revêtements de pales hélicoptères (structures hybrides métalliques-composites) les revêtements fuselage en crash vertical (flambage interne) ainsi que les matériaux spécifiques utilisés en dynamique du sport (matériaux de protection de casques, ...). Enfin, à ces très nombreuses illustrations de l'optique rapide en dynamique des structures s'ajoutent les séquences liant la dynamique des coques (qui est en soi un domaine de R&D) aux interactions fluide-structures. À ce titre, l'Institut Clément Ader a développé de nombreux essais dont certains ont des retombées pédagogiques. On peut citer l'explosion d'un ballon mince (symétrique ou fragmentée selon les conditions d'amorçage) et même les séquences de manipulations rapides de cartes par des prestidigitateurs, dans lesquelles tous les éléments de la dynamique couplée sont présents et parfaitement visibles : modes de gauchissement (similaire à ceux des surfaces portantes) interactions vibrations-choc, conditions aux limites transitoires.

3. LASER INTEGRES AUX COMPOSITES

L'application majeure de l'optique concerne l'intégration des capteurs dans les structures composites. Une technologie nouvelle a été développée, consistant à noyer des réseaux de Bragg dans les plis, donnant une mesure des déformations in situ, en temps réel et indépendante des conditions thermiques. Un exemple significatif consiste à suivre le processus de polymérisation de coques, ce qui n'est pas possible avec les techniques classiques compte tenu des conditions thermodynamiques très perturbées de ces mesures. La fig.1 montre l'intégration des capteurs dans une éprouvette technologique. Non-seulement ces techniques ne perturbent en rien le procédé, mais elles permettent également un excellent suivi des paramètres de polymérisation (voir fig.2).

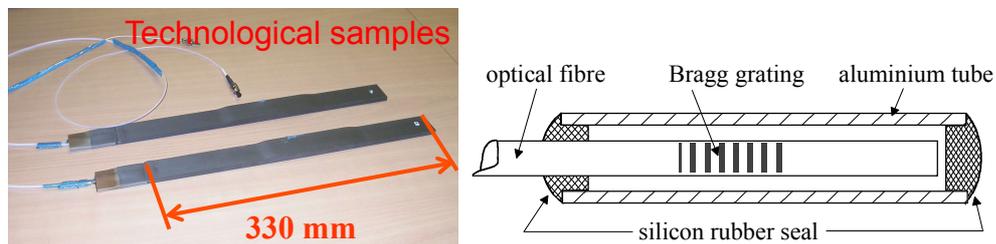


Fig. 1 : Réseau de Bragg intégré à une éprouvette technologique carbone-époxy pour suivi du procédé de polymérisation.

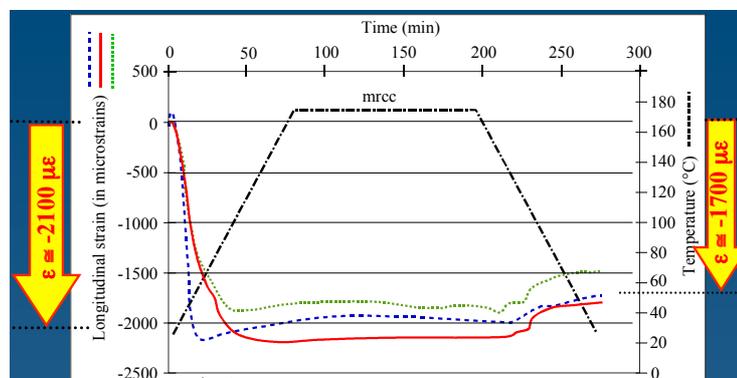


Fig. 2 : Mesures de déformation sur cycle thermique au cours de la polymérisation, sur 3 éprouvettes représentatives de panneaux composites aéronautiques.

Ces capteurs sont désormais intégrés aux structures en essais en vol et en opération, et tendent à remplacer progressivement les capteurs standard en statique et en dynamique, la réactivité de l'optique autorisant en effet un large spectre d'observation.

4. REPRESENTATION 3D EXTERNE

La mise en œuvre systématique de mesures dynamiques par vibromètres lasers par réflexion (en lieu et place des accéléromètres) est un moyen puissant utilisé quotidiennement au laboratoire pour restituer les modes propres des structures aéronautiques en vibrations et choc. Ces techniques sont opérées à des fins de recalage modal, de diagnostic opérationnel et d'optimisation topologiques. Il faut noter que l'optique présente le double avantage de couvrir les champs linéaires et non-linéaires (par exemple les systèmes filaires) et d'être très bien adaptée aux modes sur systèmes en rotation (turbines).

5. CONCLUSION

En 20 ans, l'optique a profondément et durablement enrichi la recherche en mécanique des structures. Les techniques de mesure optique associées aux traitements d'image et aux modèles numériques sont définitivement ancrées dans la modélisation structurale.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Mulle, A. Moussawi, G. Lubineau, S. Durand, D. Falandry, P. Olivier. Response of fiber Bragg gratings bonded on a glass/epoxy laminate subjected to static loadings. *Composite Structures*. 130(15)75-84, 2015.
- [2] P. Olivier, M. Mulle, C. Paris, F. Collombet. Carbon/polymeric composites autoclave cure monitoring with optical Fiber Bragg Grating (FBG) sensors. In book *Wiley Encyclopedia of Composites*, p.230-240. Ed. Edited by L. Nicolais - WILEY Publishing Co June 2012. 2012 ISBN:978-0-470-12828-2.
- [3] JC. Passieux, R. Bouclier, JN. Périé. A space-time PGD-DIC algorithm: Application to 3D mode shapes measurements. *Experimental Mechanics*. , Online first. 2018. DOI: [10.1007/s11340-018-0387-2](https://doi.org/10.1007/s11340-018-0387-2)
- [4] JN. Périé. Digital Image Correlation for investigating the behavior of composite materials. ISIMET2 (2nd International Symposium on Image based Metrology), Hawaiï, USA Invited keynote lecture 2017

DEPLOIEMENT DE L'INFRASTRUCTURE TRES HAUT DEBIT EN FRANCE :

SITUATION ET ENJEUX

MARC LEBLANC^{1,2}

¹ Objectif Fibre, ² Prysmian Câbles et Systèmes France

marc.leblanc.fr@prysmiangroup.com

RESUME

Le déploiement du Plan France THD mobilise la filière optique française. La réussite de ce projet repose sur l'homogénéité des réseaux et la faculté des acteurs à respecter les échéances de 2020 et 2022. Objectif Fibre, plateforme collaborative des acteurs de la filière, s'emploie à lever les obstacles au déploiement de ces réseaux, et propose de faire un point de situation.

MOTS-CLEFS : Plan France THD ; Objectif Fibre

1. INTRODUCTION

Le Plan France Très Haut Débit a deux objectifs : un objectif de cohésion via l'engagement de garantir à tous d'ici 2020 un accès de 8 Mbit/s et une ambition de doter d'ici 2022 tous les territoires d'infrastructures numériques de pointe offrant à tous un débit de 30 Mbit/s.

La complétude ce plan dans les délais impartis passe par le déploiement massif de réseaux optiques passifs homogènes et pérennes.

Objectif Fibre [1], plateforme collaborative créée en 2009 et regroupant 7500 entreprises employant 650 000 salariés intervenant sur les déploiements des réseaux THD s'attache à identifier et lever les obstacles opérationnels au déploiement massif de ces réseaux en produisant des outils pratiques d'intérêt multisectoriel et en participant à différents groupes de travail, en particulier sur la formation, l'un des points-clés étant l'opération et la maintenance de ces réseaux sur plusieurs décennies.

2. LA FIBRE, COMPOSANT CRITIQUE DES RESEAUX ET DE LEUR D'HOMOGENEITE

Les recommandations de l'ARCEP et de la Mission Très Haut Débit préconisent l'utilisation de la fibre G657A2 et des câbles à micro-modules sur l'intégralité du réseau de distribution [2].

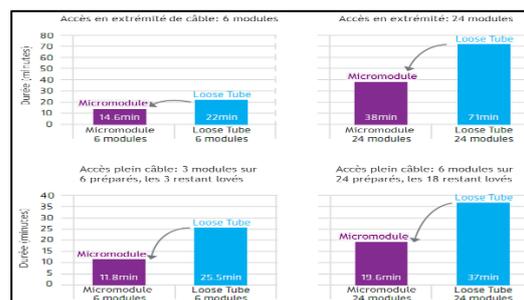
Symbole	Signification et application
	Mise en œuvre fortement recommandée
	Mise en œuvre acceptée / suggérée
	Mise en œuvre acceptée sous conditions
	Mise en œuvre à éviter

La fibre G657A2, par son insensibilité aux courbures (micro et macro courbures) est parfaitement adaptée aux conditions souvent sévères dans lesquelles elle est installée [3].

Fibre monomode	Recommandation France THD sur BLOM	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
B6_a2 (G 657.A2)		- adaptée aux faibles rayons de courbure - compatible avec la G 652.D	- surcoût par rapport à la G652.D - difficultés pour déceler les contraintes mécaniques
B6_b2 (G 657.B2)			- non compatible nécessairement avec la G.652.D - surcoût par rapport à la G652.D - difficultés à identifier les défauts - mise en œuvre délicate en cas de mixité avec G652.D
B6_b1.3 (G 652.D)		- à réserver uniquement pour les réseaux de collecte	

Type	Plus petit rayon de courbure admissible	Conformité à la Recommandation ITU-T G.652.D
G.657.A1	10 mm	Oui
G.657.A2	7,5 mm	Oui
G.657.B2	7,5 mm	Non
G.657.B3	5,0 mm	Non

Les câbles à micro-modules permettent un déploiement rapide des infrastructures optiques avec un impact significatif sur la réduction des coûts d'installation comme le montre les schémas joints [4].

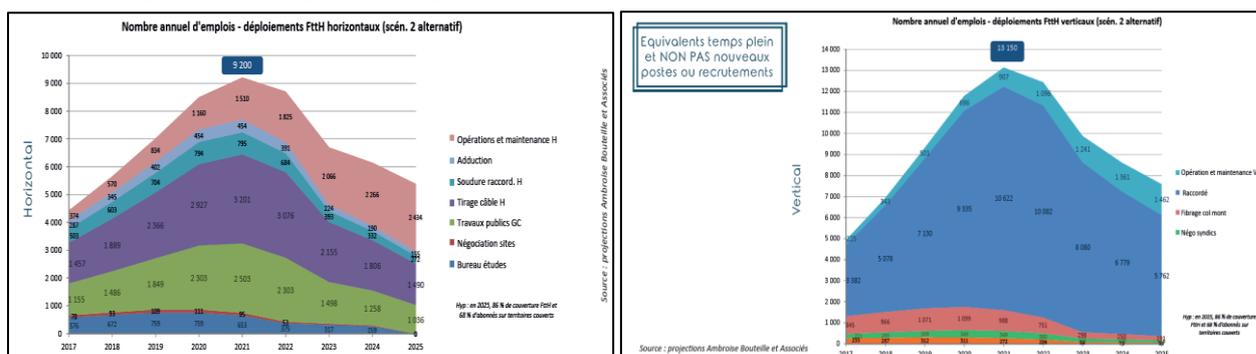


Enfin les besoins en composants, notamment fibres et câbles optiques, doivent faire l'objet de plans pluri-annuels pour anticiper les investissements nécessaires et éviter les tensions d'approvisionnement.

3. QUALITE ET PERENNITE DES RESEAUX

Les réseaux optiques sont installés dans des environnements variés et selon des techniques de pose différentes. La qualité et la pérennité de ces réseaux nécessite une main d'oeuvre qualifiée et donc formée, dans des quantités importantes et selon un planning très serré. Ces besoins ont été estimés en 2017 dans le cadre des travaux de l'EDEC signé en Novembre 2016 [5] comme suit :

Nombre de postes requis pour les déploiements horizontaux et verticaux



Le recrutement et la formation de ces effectifs requièrent de sensibiliser entreprises, prescripteurs, salariés, demandeurs d'emploi, et de développer un réseau de Centres de Formation. Objectif Fibre s'inscrit dans cet objectif en labellisant les plateaux techniques de plus de 35 Centres de Formation.

4. CONCLUSION

Le déploiement d'une infrastructure optique passive de qualité permettant de garantir le Très Haut Débit pour tous, requiert une forte mobilisation de la filière optique française et des actions collectives fortes. Objectif Fibre continuera ses actions dans cette perspective.

REFERENCES

- [1] Objectif Fibre regroupe 5 Fédération Professionnelles : FFIE, FIEEC, FFT, FIRIP, SERCE
- [2] Travaux d'harmonisation de la Mission THD, version 1.0, Juillet 2015
- [3] L. Gasca and al, «Micro Modules cables and G657A2 fibers: key components for the implementation of large FttH networks: Orange FttH network case», proceedings IWCS, 2014
- [4] F. Lissillour, L. Gasca, « Compacité et performance : Point sur les câbles à micromodules », 3^{ème} Congrès des Applications des Fibres Optiques, Paris, 2014.
- [5] Engagement pour le Développement de l'Emploi et des Compétences signé entre la DGEFP (Direction Général pour l'Emploi et la Formation Professionnelle), les branches et fédérations professionnelles (UIMM, FFB, FNTP, UNETEL-RST, Serce, FIEEC, FFIE, FFT).

FIBRE OPTIQUE ET 5G... UNIES POUR LE MEILLEUR

Jean-Michel Mur¹

¹ SFO – Club fibres optiques & réseaux, 91120 Palaiseau, France

jm.mur@orange.fr

RÉSUMÉ

La 5^e génération des réseaux de communication pour mobiles – 5G – a des caractéristiques telles qu'elle nécessitera la densification des cellules, synonyme de déploiement de plusieurs millions de kilomètres de fibres optiques !

MOTS-CLEFS : fibre optique ; réseaux ; 5G

1. INTRODUCTION

Aujourd'hui, la 4^e génération des réseaux de communication pour mobiles – 4G ou *long term evolution* (LTE) – est amplement installée et montre ses capacités en termes de diversité d'applications et en débits dont la transmission de contenus vidéo. La prochaine étape s'appelle 5G.

Cette 5^e génération apportera des débits gigabitaires, des temps de latence de l'ordre de la milliseconde et la capacité de connexion simultanée de plusieurs dizaines de milliers d'équipements par kilomètre carré. Ceci va nécessiter l'implantation de cellules de très petites tailles de moins de 100 mètres de diamètre, chacune étant desservie par fibres optiques, d'où des millions de kilomètres de fibres à déployer. Une récente étude de The Fiber Broadband Association indique : « *We estimate that 1,390,816 miles of fiber cable would be required to provide full 5G service to just the Top 25 metropolitan land areas in the United States.* » [1]

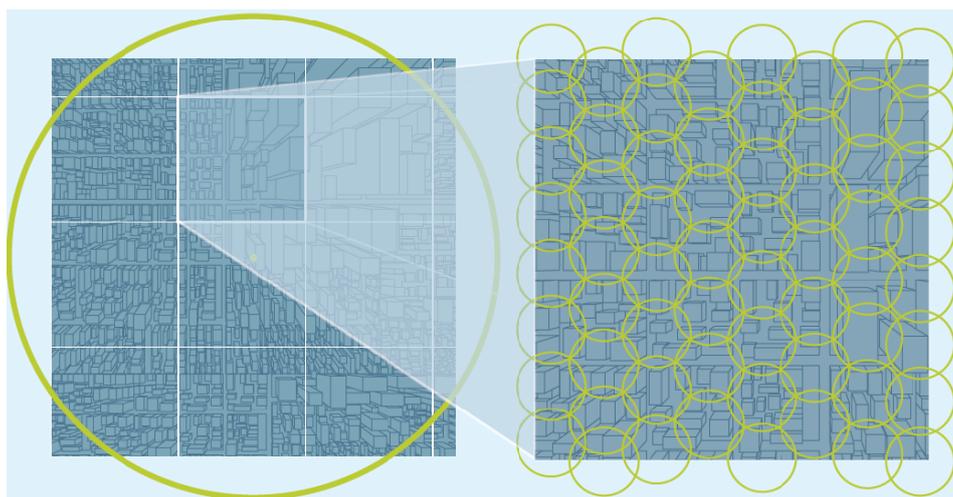


Fig. 1 : En réponse aux caractéristiques de la 5G, chaque dixième de cellule 4G serait remplacée par une soixantaine de femtocellules.

2. LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA 5G

Cette partie de la conférence se propose de présenter :

- Les grands principes de la 5 G ;
- Ses principales caractéristiques et contraintes associées ;

- Les bandes de fréquences retenues en Europe et en France, dont les décisions de l’Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (Arcep) autorisant les sociétés Orange et Bouygues Télécom à utiliser des fréquences dans la bande 3600 - 3700 MHz pour une expérimentation 5G.

3. LES USAGES DE LA 5G

Les trois scénarios majeurs d’usage seront différenciés :

- Les terminaux mobiles à très haut débit, jusqu’à 1 Gbit/s ;
- Les communications de machines en très grand nombre pour les applications de domotique, de la ville intelligente, de l’Internet des objets et d’autres services ;
- Les communications ultra-fiables entre des machines à très faible latence utilisées dans les applications industrielles, la sécurité, les véhicules connectés, etc.

4. LE DÉPLOIEMENT DES FIBRES OPTIQUES POUR LA 5G

Le déploiement de la 5G se fera concomitamment à celui des réseaux en fibres optiques associés, fibres qui apporteront leur bande passante supportant des débits jusqu’à plusieurs téraoctets par seconde. Ce sera l’occasion d’installer des millions de kilomètres de fibres optiques dans toutes tailles de réseaux : longues, moyennes et courtes distances et cela jusqu’à l’antenne (application *fiber to the antenna* – FTTA).

La technologie des réseaux optiques passifs (*passive optical network* – PON) sera mise à contribution, entre autres à travers la deuxième « nouvelle génération » NG-PON2 à 40 Gbit/s.

Il sera fait état des premiers déploiements de fibres et d’antennes tels que :

- Aux États-Unis, où des services 5G seront disponibles dans cinq villes, offre de Verizon Communications, et dans une dizaine de villes par AT&T ;
- En France, à travers le choix fait par l’Arcep de neuf métropoles éligibles – Lyon, Bordeaux, Lille, Douai, Montpellier, Nantes, Le Havre, Saint-Étienne et Grenoble – villes qui disposent d’une large diversité de sites industriels, scientifiques, commerciaux... et, surtout, de la disponibilité des fréquences nécessaires.

CONCLUSION

Le cabinet d’études de marché américain – Communication Industry Researchers (CIR) – prévoit que l’installation des réseaux en fibres optiques dédiés à la 5G devrait atteindre deux milliards de dollars en 2022, dont la moitié aux États-Unis [2]. Cet optimisme sera à vérifier compte tenu des lourds investissements à faire par les opérateurs – simultanément – sur trois plans : assurer la montée constante des débits demandés, apporter au plus grand nombre d’utilisateurs la fibre jusqu’à l’habitation (*fiber to the home* – FTTH) et déployer les services de la 5G !

RÉFÉRENCES

- [1] "The road to 5G is paved of fiber", The Fiber Broadband Association, 2017.
<https://www.fiberbroadband.org/>
- [2] "Optical Networking Opportunities in 5G Wireless Networks: 2017-2026.", cabinet CIR, 2017.
<https://cir-inc.com/reports/optical-networking-opportunities-in-5g-wireless-networks-2017-2026/>

Le Green PoE

Présentation de la conférence :

Comment équiper un bâtiment neuf ou à rénover d'un réseau IT certes moderne et performant mais aussi peu gourmand en énergies ? Est-il possible de se doter d'une infrastructure réseau pérenne sans générer plus de déchets ? Comment augmenter la performance de son IT tout en économisant des ressources, du temps, de l'énergie et de l'argent ?

Le FTTO est un concept innovant de câblage LAN (Local Area Network) en Fibre Optique, dont un des avantages majeurs est l'optimisation énergétique du réseau IT. Le FTTO combine les avantages de la Fibre Optique à l'universalité des ports RJ-45. La 1ère conséquence est la disparition des répartiteurs d'étage, gourmands en équipements et en énergie. De nombreux autres facteurs contribuent à l'efficacité énergétique des réseaux FTTO. Dans cette conférence, nous examinons en détail ces autres facteurs et présentons comment le FTTO contribue à 2 objectifs majeurs d'un Bâtiment Vert : Réduction de la consommation d'énergie du Système d'Information ET Réduction de l'emprunte carbone du Système d'Information.

Introduction : Préoccupations pour l'Environnement

Presque la moitié des émissions de carbone européennes vient des bâtiments. En fait, selon l'Agence internationale de l'énergie, les bâtiments consomment plus de 40 % de l'énergie primaire mondiale et sont responsables de 24 % des émissions de CO₂.

L'Union Européenne s'est donnée l'objectif "20-20-20": faire passer la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen à 20% ; réduire les émissions de CO₂ des pays de l'Union de 20% ; accroître l'efficacité énergétique de 20% d'ici à 2020.

Pour atteindre cet objectif, il est indispensable de réduire les émissions CO₂ des nouveaux bâtiments et d'optimiser l'efficacité énergétique de l'existant. De plus en plus de promoteurs immobiliers, d'exploitants d'établissements et de responsables IT pensent en termes d'éco-construction et développent des solutions pour diminuer l'emprunte carbone des bâtiments.

Efficacité Énergétique IT et l'éco-construction

les Technologies de l'Information et des Communications (TIC) sont une partie essentielle de l'infrastructure des bâtiments (les TIC représentent de 20 à 25% de la facture énergétique d'un bâtiment), il est judicieux de considérer comment ceux-ci peuvent contribuer à une meilleure efficacité énergétique du bâtiment.

Green IT, aussi appelé eco-TIC ou Informatique durable, est un concept qui vise à réduire l'empreinte écologique, économique, et sociale des TIC. Le volet "écologique" appelle à des produits et technologies à consommation réduite d'énergie, au re-design des data centres, à la virtualisation de serveurs pour une réduction des émissions de CO₂, et aux services dans le "cloud".

Le volet social vise à une société plus équitable et le volet économique à une réduction de la facture énergétique, des coûts des matériels et des coûts généraux.

Pour aboutir à un réseau plus éco-responsable, il faut étudier, analyser et optimiser la performance des ordinateurs, des serveurs, des unités d'alimentation secteur et de tous les sous-systèmes associés et autres périphériques. En plus de réduire la consommation d'énergie et l'empreinte carbone d'une entreprise ou d'une institution, cette démarche permet des économies considérables.

Une technologie "efficace" des TIC est la Fibre Optique jusqu'au Bureau, ou FTTO (Fibre to the Office).

Qu'est que le FTTO?

Le FTTO est un concept innovant de câblage LAN (Local Area Network) en Fibre Optique, dont un des avantages majeurs est l'optimisation énergétique du réseau IT.

Dans une infrastructure FTTO, la fibre optique court du switch central jusqu'au plus proche des utilisateurs et autres postes de travail, où des FTTO Switches manageables intelligents convertissent le signal vers le cuivre. Les derniers 3 à 5 mètres vers les terminaux sont réalisés avec des cordons RJ45 standards.

Chaque FTTO Switch est connecté au switch central via 1 ou 2 uplinks SFP et a 4 ports utilisateurs, de chacun 1 Gigabit Ethernet. Cette structure centralisée de produits réseau actifs simplifie énormément le

déploiement, l'administration et la maintenance des réseaux, réduisant considérablement les coûts de l'infrastructure IT.

Pourquoi FTTO= Efficacité énergétique?

Disparition des répartiteurs d'étage

Un câblage FTTO requiert moins d'équipements passifs et actifs qu'un câblage traditionnel. Cela est en grande partie lié à l'absence des répartiteurs d'étage, qui ne sont plus nécessaires du tout.

Consommation électrique moindre

Sur un câblage traditionnel, les switches des répartiteurs d'étage consomment de l'électricité autant pour être alimentés que refroidis (climatisation).

Par exemple, sur un réseau avec 1.000 ports utilisateurs, en câblage traditionnel, les switches de distribution peuvent consommer jusqu'à 2,74 kWh par heure (lorsque tous les ports sont actifs). Et il faut 3,21 kWh par heure pour les refroidir, soit une consommation d'énergie totale de 5,95 kWh par heure (52.084 kWh par an)². En FTTO, il n'y a pas besoin des switches de distribution et on peut économiser minimum 31.498 kWh par an !

De plus, les FTTO Switches consomment très peu: 3,5 à 3,6 Watts par switch et seulement 0,7 à 0,8 W par port (moyenne). C'est presque la moitié de la consommation totale des switches de distribution sur les réseaux traditionnels.

Le design spécifique des FTTO Switches permet aussi une meilleure dissipation calorifique sans appareil de refroidissement. Leur MTBF (Mean Time Before Failure) statistique en environnement bureautique atteint les 400 ans.

Gain d'espace

Comme il n'y a pas besoin, en FTTO, d'équipement pour passer du câblage vertical au câblage horizontal, il n'y a pas besoin de répartiteur d'étage. Les mètres carrés normalement réservés pour ces pièces (de 9 à 18 m² par étage voire plus), peuvent être revalorisés et utilisés, par exemple, pour les imprimantes et photocopieurs.

Volume de câbles et charge combustible moindres

Avec une infrastructure FTTO, le volume de câbles peut être réduit de trois quarts par rapport à un câblage structuré. De plus, la Fibre Optique ne nécessite pas de mise à la terre. Enfin, elle a une charge combustible minime, caractéristique déterminante pour les applications en bâtiments historiques.

Conclusion

Les analyses montrent que le FTTO contribue à 2 objectifs majeurs d'un Bâtiment Vert.

Réduction de la consommation d'énergie du Système d'Information

Un réseau FTTO a une efficacité énergétique d'environ 30% meilleure qu'un câblage traditionnel et permet de réduire jusqu'à 70% la consommation du Système d'Information.

Réduction de l'emprunte carbone du Système d'Information

Une consommation réduite signifie moins d'émission de CO₂ et donc une empreinte carbone moindre.

LES APPLICATIONS DES CAPTEURS DISTRIBUES A FIBRES OPTIQUES EN GEOTECHNIQUE ET EN GENIE CIVIL

Aghiad Khadour

IFSTTAR, LISIS 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne, France

aghiad.khadour@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

Les champs d'applications des capteurs distribués à fibres optiques s'étendent rapidement dans des domaines des structures à grandes dimensions. Dans ce contexte nous présentons des exemples d'applications des capteurs distribués à fibres optiques dans les domaines géotechnique et génie civil pour des structures à échelle réelle. Une analyse des résultats basé sur les solutions d'intégration des câbles à fibres optiques utilisées comme capteur dans ces structures est présentée.

MOTS-CLEFS :

L'auscultation des infrastructures par les capteurs à fibres optiques distribués est une solution ultime pour offrir un suivi de l'état de santé de l'infrastructure en temps réel, avec une haute précision en localisation spatiale. Nous présentons le retour de l'expérience de l'IFSTTAR dans l'utilisation de ces capteurs dans le suivi des ponts à échelle réelle. L'impact de l'utilisation des structures de renforcement en composite pour contrôler l'ouverture des fissures et allonger la durée de vie de service de ces structures est étudié en utilisant les capteurs distribués à fibres optiques.

Depuis quelques années, l'utilisation des capteurs à fibres optiques distribués dans les études des pieux a montré un avantage par rapport à d'autres types de capteurs utilisés jusqu'à présent. Les pieux sont utilisés lorsque les sols de surface sont de faible résistance mécanique. Ils permettent de transmettre aux couches profondes et résistantes les efforts imposés par les ouvrages. L'utilisation des capteurs distribués à fibres optiques pour réaliser des mesures de déformations réponds aux différents défis pour les concepteurs de pieu : les pénétrations de plus en plus profondes, des sols complexes et des chargements à caractère variable non monotone.

Plus récemment, des nouveaux types des pieux appelés les « Pieux énergétiques », ont commencé à attirer l'attention. Nous avons donc commencé à l'IFSTTAR l'analyse de son comportement. Ce type de pieu assure une double fonction. La première est de reprendre des charges mécaniques et donc d'assurer la stabilité de l'ouvrage qu'il supporte. La deuxième est d'assurer un coût énergétique très réduit, par l'installation de tubes échangeurs dans le pieu. Une mesure des déformations et des variations thermiques a permis de réaliser une analyse et étudier l'impact des variations thermiques lors des chargements mécaniques et suivant le type de sol autour des pieux.

Les techniques d'interrogation des fibres optiques utilisées dans les différents cas sont basées sur les phénomènes de rétrodiffusion Rayleigh et Raman. Ce qui permet d'obtenir des mesures des champs de déformation mécanique avec une haute résolution spatiale et une haute sensibilité.

Présentation de deux premières mondiales : premier capteur de déformations à fibre optique sur trame pelliculaire et premier capteur de pression différentielle à fibre optique

Gaétan Duplain ^a, Frédéric Bouyon ^b

^a Opsens Solutions Inc, 319 rue Franquet, bureau 110, Québec, QC, G1P 4R4 CANADA

^b FTMesures, 179 route de Saint-Paul, 74330 Épagny, FRANCE

^a gaetan.duplain@opsens.com

^b fbouyon@ftmesures.com

Résumé : La société Opsens Solutions a développé une gamme de capteurs à fibre optique basée sur l'interférométrie polarimétrique en lumière blanche (Technologie IPLB) ainsi que sur la transmission spectrale dans un semi-conducteur à bande interdite (Technologie SCBI). En premier lieu sont présentés un bref aperçu de la société et une description de ces technologies. Par la suite sont exposés les points forts de cette technologie dans le cadre de son utilisation dans différentes applications industrielles particulièrement exigeantes (applications aérospatiales, navales, militaires, milieux radiatifs, etc.). En dernier lieu sont présentées deux nouveaux capteurs à fibre optique uniques en leur genre soit le capteur de déformations à fibre optique sur trame pelliculaire et le capteur de pression différentielle à fibre optique. Les détails techniques ainsi que les performances de ces deux capteurs dans diverses applications sont aussi discutés.

Présentation de différents capteurs à fibre optique d'Opsens Solutions utilisés par Airbus, ArianeGroup et la DGA

Frédéric Bouyon ^a, Gaétan Duplain ^b

^a FTMesures, 179 route de Saint-Paul, 74330 Épagny, France

^b Opsens Solutions Inc, 319 rue Franquet, bureau 110, Québec, QC, G1P 4R4 CANADA

^a fbouyon@ftmesures.com ^b

gaetan.duplain@opsens.com

Résumé : La société FTMesures, représentant exclusif des produits de capteurs à fibre optique d'Opsens Solutions pour le territoire français, a développé depuis quelques années des partenariats avec les grands joueurs de l'aérospatiale française. En premier lieu sont présentés les différents besoins et exigences des sociétés telles qu'Airbus, ArianeGroup et la DGA. Par la suite sont exposés les différents types de capteurs à fibre optique que ses sociétés utilisent, notamment le capteur de déformations à fibre optique d'Opsens Solutions, ainsi que son capteur de pression à fibre optique ultra-miniature (de diamètre 0,22 mm) et celui à pression différentielle. En dernier lieu sont discutés les résultats et les performances de ces capteurs chez ces clients de l'aérospatiale.

11:50 - 12:10 Présentation de deux première mondiale (première jauge optique sur trame pelliculaire et capteur delta P)

1. Courte présentation des sociétés
2. Revue des technologies IPLB et SCBI
3. Revue des capteurs de base (Pression, température, déformation, déplacement)
4. Revue rapides des réalisations (Brise-glace, nucléaire, etc.)
5. Jauge de déformation pelliculaire
 - a. Le besoin (motivation)
 - b. Les spécifications
 - c. Les performances
 - d. Les applications et les réalisations (DGA 15000 μm , Course Vendé Globe)
6. Jauge de pression différentielle
 - a. Le besoin (motivation)
 - b. Le défi
 - c. Les performances
 - d. Les applications et les réalisations

12:10 - 12:30 Présentation des différents capteurs utilisés par AIRBUS, ArianeGroup et la DGA

1. Les besoins
2. Capteur de pression miniature – applications et performances
3. Capteur de pression différentielle – applications et performances
4. Capteurs de déformation – applications et performances
5. Capteurs de Températures – applications et performances

Présentation de deux premières mondiales : premier capteur de déformations à fibre optique sur trame pelliculaire et premier capteur de pression différentielle à fibre optique

Gaétan Duplain ^a, Frédéric Bouyon ^b

^a Opsens Solutions Inc, 319 rue Franquet, bureau 110, Québec, QC, G1P 4R4 CANADA

^b FTMesures, 179 route de Saint-Paul, 74330 Épagny, FRANCE

^a gaetan.duplain@opsens.com

^b fbouyon@ftmesures.com

Résumé : La société Opsens Solutions a développé une gamme de capteurs à fibre optique basée sur l'interférométrie polarimétrique en lumière blanche (Technologie IPLB) ainsi que sur la transmission spectrale dans un semi-conducteur à bande interdite (Technologie SCBI). En premier lieu sont présentés un bref aperçu de la société et une description de ces technologies. Par la suite sont exposés les points forts de cette technologie dans le cadre de son utilisation dans différentes applications industrielles particulièrement exigeantes (applications aérospatiales, navales, militaires, milieux radiatifs, etc.). En dernier lieu sont présentées deux nouveaux capteurs à fibre optique uniques en leur genre soit le capteur de déformations à fibre optique sur trame pelliculaire et le capteur de pression différentielle à fibre optique. Les détails techniques ainsi que les performances de ces deux capteurs dans diverses applications sont aussi discutés.

Présentation de différents capteurs à fibre optique d'Opsens Solutions utilisés par Airbus, ArianeGroup et la DGA

Frédéric Bouyon ^a, Gaétan Duplain ^b

^a FTMesures, 179 route de Saint-Paul, 74330 Épagny, France

^b Opsens Solutions Inc, 319 rue Franquet, bureau 110, Québec, QC, G1P 4R4 CANADA

^a fbouyon@ftmesures.com ^b

gaetan.duplain@opsens.com

Résumé : La société FTMesures, représentant exclusif des produits de capteurs à fibre optique d'Opsens Solutions pour le territoire français, a développé depuis quelques années des partenariats avec les grands joueurs de l'aérospatiale française. En premier lieu sont présentés les différents besoins et exigences des sociétés telles qu'Airbus, ArianeGroup et la DGA. Par la suite sont exposés les différents types de capteurs à fibre optique que ses sociétés utilisent, notamment le capteur de déformations à fibre optique d'Opsens Solutions, ainsi que son capteur de pression à fibre optique ultra-miniature (de diamètre 0,22 mm) et celui à pression différentielle. En dernier lieu sont discutés les résultats et les performances de ces capteurs chez ces clients de l'aérospatiale.

11:50 - 12:10 Présentation de deux première mondiale (première jauge optique sur trame pelliculaire et capteur delta P)

1. Courte présentation des sociétés
2. Revue des technologies IPLB et SCBI
3. Revue des capteurs de base (Pression, température, déformation, déplacement)
4. Revue rapides des réalisations (Brise-glace, nucléaire, etc.)
5. Jauge de déformation pelliculaire
 - a. Le besoin (motivation)
 - b. Les spécifications
 - c. Les performances
 - d. Les applications et les réalisations (DGA 15000 μm , Course Vendé Globe)
6. Jauge de pression différentielle
 - a. Le besoin (motivation)
 - b. Le défi
 - c. Les performances
 - d. Les applications et les réalisations

12:10 - 12:30 Présentation des différents capteurs utilisés par AIRBUS, ArianeGroup et la DGA

1. Les besoins
2. Capteur de pression miniature – applications et performances
3. Capteur de pression différentielle – applications et performances
4. Capteurs de déformation – applications et performances
5. Capteurs de Températures – applications et performances

Réponse de la fibre et du FTTO face aux enjeux du transport du POE

Introduction

Lorsque l'on planifie et conçoit un réseau informatique, on considère en premier lieu la bande passante pour la transmission ainsi que la sécurité des données. Cependant, un critère de base pour une infrastructure IT (y compris pour la téléphonie et les services de sécurité), performante et sécurisée, est son alimentation électrique parfaitement dimensionnée, efficace, sûre et fiable. Il s'agit d'être conforme aux normes électrotechniques, tout particulièrement pour les applications avec Power over Ethernet (PoE), c'est-à-dire lorsque le câble data fonctionne comme une ligne d'alimentation.

Pour nombre d'infrastructures LAN, la technologie FTTO offre des avantages par rapport à d'autres technologies de câblage structuré, notamment de par son approche globale et sa flexibilité. Les réseaux FTTO répondent à des exigences très élevées en termes de redondance, performance, évolutivité et de gestion du réseau. Pour profiter de tous les avantages du FTTO, une attention particulière doit être portée aux concepts d'alimentations intelligentes.

Qu'est-ce que le FTTO?

Contrairement au câblage structuré classique, Fiber To The Office (FTTO) est un concept de câblage LAN en environnements tertiaires décentralisé et distribué qui combine les avantages de la fibre optique et du cuivre à paire torsadée (TP).

Power over Ethernet – Alimentation via le câble data

Power over Ethernet (PoE, Type 1) IEEE 802.3af a été spécifié pour la première fois en 2003. En 2009, une autre norme a été adoptée, l'IEEE 802.3at (PoE +, Type 2). Aujourd'hui, une autre norme PoE est en cours d'élaboration, la 3ème génération de normes PoE, à savoir l'IEEE 802.3bt (PoE ++, Type 3 et Type 4). Elle devrait aboutir en 2017. Les normes PoE récentes diffèrent des plus anciennes, non seulement par le taux de consommation d'énergie plus élevé (en Watts), mais aussi par le type de protocoles Ethernet supportés et autres fonctionnalités.

Un budget de puissance plus élevé signifie une augmentation de la température dans le câble data. Ce constat est déjà fait sur les applications PoE +. Ce développement pose un risque et représente un facteur de coût important. De plus, l'augmentation de la température a tendance à affecter négativement les propriétés d'atténuation et de transmission de données du câble. Ceci devient non négligeable lorsque plusieurs longs câbles sont confinés en un faisceau, car la chaleur s'accumule au centre du faisceau. Seuls les réseaux FTTO ne sont pas confrontés à ce problème puisque les câbles à paire torsadée utilisés sur ce concept sont courts (3-5 m). Ici, l'effet de l'augmentation de chaleur observé du fait de budgets PoE plus élevés peut être complètement négligé.

	Nombre de paires requises	Puissance max. en sortie du PSE	Budget utilisable par le terminal (PD)	Standard	Effectif depuis
PoE	2	Class 1: 15.4 Watts	12.95 Watts	IEEE 802.3af, Type 1	2003
PoE+	2	Class 4: 30 Watts	25.50 Watts	IEEE 802.3at, Type 2	2009
PoE++	4	Class 6: 60 Watts	51 Watts	IEEE 802.3bt, Type 3	expected: 2017
PoE++	4	Class 8: 90 Watts	71 Watts	IEEE 802.3bt, Type 4	expected: 2017

Class: classification de la performance au niveau physique
PSE: Power Sourcing Equipment = par exemple, le FTTO-Switch
PD: Powered Device = téléphones et caméras IP, points d'accès wi-fi, scanners, etc.

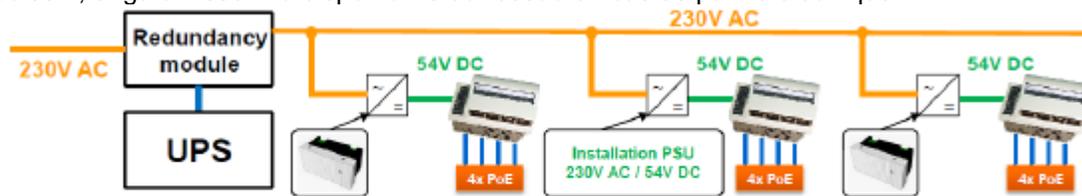
Alimentation d'un réseau FTTO avec fonction PoE/PoE+

Le courant alternatif 230-240V AC est transformé en courant continu de 48-54V DC au moyen d'un bloc d'alimentation. Cette tension est déterminante pour les FTTO-Switches supportant la fonctionnalité PoE. L'utilisation de blocs d'alimentation nécessite un effort de planification supplémentaire car différents câbles et points de distribution entrent en ligne de compte. Avec le concept d'alimentation locale 54 V DC,

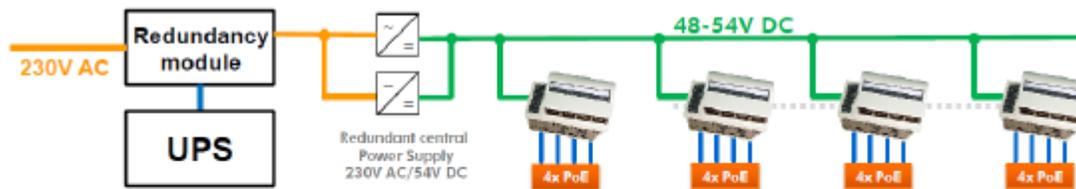
les blocs d'alimentation des FTTO-Switches sont répartis dans tout le bâtiment et se trouvent généralement cachés dans le conduit de câble ou dans un boîtier séparé.

En revanche, dans les concepts d'alimentation centralisée, le courant continu est acheminé directement depuis le local technique central vers les FTTO-Switches.

Les deux concepts d'alimentation 54V DC (centralisée et locale) peuvent être configurés de façon redondante. Les modules UPS surveillent l'ensemble du réseau et détectent les conditions de fonctionnement critiques à un stade précoce, avant que des pannes ou des courts-circuits ne se produisent, et garantissent la disponibilité du réseau en cas de panne électrique.



Alimentation 54V DC des FTTO-Switches avec des blocs d'alimentation connectés aux lignes 230V AC redondées par un UPS



Alimentation 54V DC des FTTO-Switches avec une alimentation centrale redondante et câblage électrique dédié

Concept d'alimentation centralisée

Le 48V DC est bien établi dans les télécommunications et se retrouve dans la première génération des normes PoE, à savoir IEEE 802.3af. La tension PoE définie dans ce 1er standard varie de 44 à 57 V DC. Pour parer aux éventuelles chutes de tension, 4V supplémentaires sont préconisés et doivent être ajoutés en tête, donc 48V DC pour PoE selon IEEE 802.3af.

Pour le PoE+ selon IEEE 802.3at, la tension définie varie de 50 à 57V DC. Ici aussi, 4V doivent être ajoutés en tête pour parer aux chutes de tension, de sorte que les blocs d'alimentation pour PoE+ se situent à 54V DC.

Du fait de la résistivité des matériaux, Plus le besoin d'énergie est élevé, plus la longueur du câble est limitée. La section du câble est un levier pour réaliser des distances plus longues. Par exemple, la longueur maximale possible d'un câble d'alimentation de 6 mm² pour un besoin de puissance de 60W par point de distribution est d'environ 85 mètres. Pour le même besoin de puissance, un câble 10 mm² permet une longueur de plus de 150 mètres.

Alimentation locale (au plus proche des FTTO-Switches)

Dans le concept d'alimentation locale (dédiée), on distingue deux approches.

La première approche consiste en un bloc d'alimentation électrique avec un budget de puissance inférieur à 100 W qui alimente un ou deux FTTO-Switches maximum. Dans cette approche, les distances entre le bloc d'alimentation et le FTTO-Switch sont très courtes, inférieures à 10 mètres, d'où des pertes du fait de la transmission en DC respectivement faibles. D'ailleurs, pour un besoin typique de 65W, les pertes sont négligeables.

La seconde approche consiste en un bloc d'alimentation avec un budget de 500 à 1,500W, pour alimenter plusieurs FTTO-Switches. Les distances typiques vont jusqu'à 35 mètres.

Les concepts d'alimentation locale et de zone sont efficaces car les distances entre le point de conversion AC vers DC (jusqu'à 54V DC) et les FTTO-Switches sont courtes. Les pertes de puissance sont minimales car la puissance transmise sur la distance l'est à un niveau de tension plus élevé (230 V AC).

Concept d'alimentation	Efficacité	Monitoring	Redondance	Coûts	Simplicité
centralisée	**	*****	*****	**	**
de zone	****	***	****	****	****
locale	*****	*	*	*****	*****

Comparaison des concepts (note de 1 à 5; 5 = meilleure note)

En résumé, on peut affirmer que l'alimentation centrale est une bonne alternative pour des scénarios d'application où la redondance est primordiale ou lorsque des options de supervision sont indispensables. Mais ses faiblesses dominent plus on migre vers le PoE+ et PoE++.

Le concept d'alimentation locale est la meilleure approche en matière de flexibilité, évolutivité et d'efficacité énergétique. En raison des distances relativement courtes entre les terminaux alimentés et la source d'alimentation, les pertes sont évitées. Lorsqu'un budget de puissance plus élevé est requis, par exemple plus de 65W par FTTO-Switch, on utilise des alimentations plus puissantes. Via le management des FTTO-Switches, on peut superviser l'alimentation (monitoring du PoE ; traps SNMP). Et la redondance du système d'alimentations locales peut être construite par des circuits d'alimentation séparés, protégés par des onduleurs.

MODELISATION DE L'EFFET BRILLOUIN POUR L'ETUDE DES CAPTEURS A FIBRE OPTIQUE DISTRIBUES

M. Salhi¹, S. Faci¹, A-L. Billabert¹, A. Khadour², S. Mostarshedi³, C. Algani¹

¹ ESYCOM, CNAM, 292, rue St-Martin, 75141 Paris Cedex 03

² IFSTTAR, 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne

³ ESYCOM, UPEM, 5 Boulevard Descartes, 77420 Champs-sur-Marne

miyassa.salhi@univ-paris-est.fr

RÉSUMÉ

Nous présentons dans ce papier une modélisation de l'effet Brillouin combinant une résolution numérique du comportement dynamique et une modélisation par circuit équivalent de la fibre optique. Ce modèle sera utilisé dans l'étude des performances d'un capteur à fibre optique distribué avec une approche de simulation par circuits équivalents.

MOTS-CLEFS : *Diffusion Brillouin, Modélisation électrique, Capteur à fibre optique.*

1. INTRODUCTION

La fibre optique a eu un impact considérable sur les télécommunications telle qu'elle est actuellement le support de transmission le plus déployé. Parallèlement, la fibre optique a suscité un autre intérêt dans le domaine de la surveillance. En effet, étant un milieu physique guidé, la fibre peut être soumise à des perturbations, comme un changement local dans sa géométrie qui peut être exploité à distance. La technologie des capteurs à fibre optique distribués (CFOD) considère alors la fibre optique comme étant un élément sensible sur toute sa longueur (capteurs intrinsèques). Les CFODs exploitent les non-linéarités de la fibre monomode qui sont liées à des diffusions inélastiques de type Brillouin ou Raman [1].

L'effet Brillouin est décrit par un couplage entre une onde pompe se propageant dans la fibre et une onde acoustique liée à une modification locale de la densité de la fibre. Nous avons développé un modèle électrique à partir de la résolution numérique de ce couplage pour l'associer aux modèles des composants optoélectroniques d'une diode laser DFB, une photodiode et les composants optiques développés à ESYCOM [2]. Ceci permet l'étude des capteurs à fibre ainsi que leur optimisation.

2. MODÉLISATION DE L'EFFET BRILLOUIN

Le processus de diffusion Brillouin fait intervenir des interactions par échange d'énergie entre une onde lumineuse se propageant dans la fibre et des phonons acoustiques. C'est une diffusion qui est caractérisée par un décalage de l'onde lumineuse transmise d'une valeur égale à la fréquence Brillouin ν_B , qui elle-même dépend de la température et/ou de la déformation. La diffusion Brillouin est alors décrite par un système d'équations différentielles définissant le couplage entre les ondes pompe et Stokes [3] présentant une dépendance spatio-temporelle. La représentation de ces équations par un circuit équivalent n'étant pas envisageable, nous avons réduit les équations de la diffusion Brillouin au régime permanent, ce qui permet une simple résolution par la méthode de tir (Shooting Method) avec des conditions aux limites. Nous avons implémenté cette résolution numérique des équations dans un programme en langage C/C++ dans un modèle générique sous le logiciel ADS (Advanced Design System). Le modèle équivalent de la fibre optique englobe l'effet Brillouin ainsi que les effets d'atténuation optique et de dispersion chromatique. Les signaux d'entrée/sortie de ce modèle de fibre optique sont décrits par les champs électriques des ondes pompe et Stokes comme indiqué sur le schéma de la figure 1.a. Ces champs sont équivalents à des courants électriques dans l'outil de simulation. La figure 1.b représente la simulation de l'évolution des puissances pompe et Stokes le long d'une fibre optique monomode standard de 2 km. La méthode de tir a permis de

déterminer la valeur de puissance Stokes $P_s(0)$ rétrodiffusée à l'entrée de la fibre, qui dans ce cas est de $7,39 \mu\text{W}$ pour une puissance pompe à l'entrée de 8 mW et qui respecte bien la condition limite posée sur $P_s(L)$ de $1 \mu\text{W}$ [3].

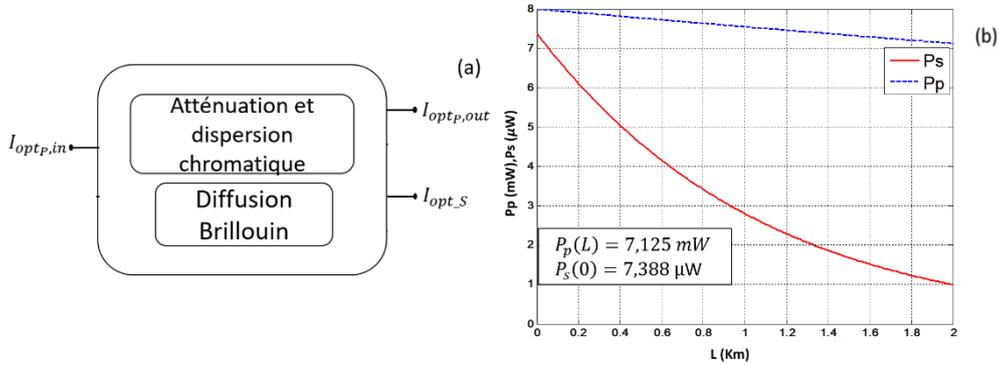


Fig. 1 : (a) Entrée/Sorties du modèle et (b) et résultats de simulation pour une SMF à $1,55 \mu\text{m}$.

3. SYSTEME PROPOSÉ

Nous proposons une solution de capteur à fibre composée d'une source laser bi-mode aux longueurs d'onde des télécoms, de coupleurs et circulateur optiques et d'une photodiode équilibrée. Ce système est schématisé sur la figure 2. Une des porteuses optiques générée par le laser bi-mode est utilisée comme une onde pompe et l'autre porteuse est utilisée pour détecter l'onde Stokes par la technique hétérodyne. L'étage de détection est ainsi simplifié, ce qui permet une mesure du décalage Brillouin à des fréquences inférieures à 1 GHz . Cette spécificité permet de relâcher la contrainte relative à la bande passante de la photodiode (PD) et d'améliorer la sensibilité de la détection. L'ensemble des éléments de ce système sont modélisés à partir des données expérimentales.

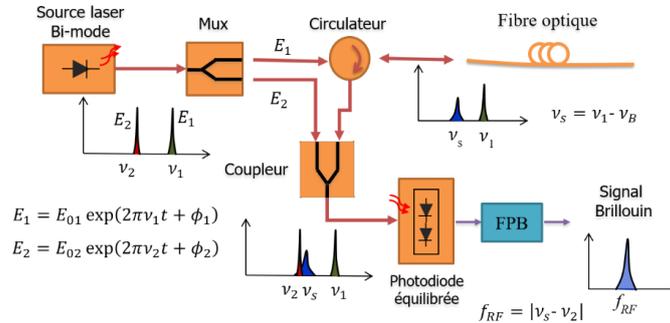


Fig. 2 : Schéma synoptique du capteur à fibre optique proposé.

4. CONCLUSION

Le modèle de la fibre optique qui considère l'effet Brillouin a été développé sous un environnement purement électrique (ADS). Nous avons combiné une résolution numérique des équations différentielles de couplage des ondes pompe et Stokes avec une représentation électrique de la fibre optique. Cette modélisation permet l'étude du capteur complet et l'identification de l'influence des paramètres physiques des différents éléments (laser et fibre optique) sur les performances du capteur.

REFERENCES

- [1] F. T. S. Yu and S. Yin, Fiber Optic Sensors. New York, Marcel Dekker, Inc., 2002.
- [2] C. Rumelhard, C. Algani, A-L. Billabert, "Composants et circuits pour liaisons photoniques en micro-ondes", Editions Hermes Science Publications, Collection : Hyperfréquences, ISBN-10: 2746224941, ISBN-13: 978-2746224940, 2010.
- [3] S. Le Floch and P. Cambon, "Theoretical evaluation of the Brillouin threshold and the steady-state Brillouin equations in standard single-mode optical fibers," J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 20, No. 6, June 2003.