

Qualification de la transmission/réception de signaux RF sur des liaisons utilisant la puissance sur fibre

Romildo H. Souza^{1,2}, Paulo Kiohara^{1,2}, Laura Ghisa¹, Mikael Guegan¹, Véronique Quintard¹,
Olympio L. Coutinho², Vilson R. Almeida², André Pérennou¹

¹École Nationale d'Ingénieurs de Brest, CNRS, UMR 6285 LAB-STICC, 29238 Brest, France

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brésil

La puissance sur fibre (PoF) est une solution qui permet de fournir de l'énergie à des instruments (émetteurs ou récepteurs) situés sur un site distant. Des signaux de données peuvent être également transmis vers/depuis ces dispositifs distants. Les données et l'alimentation peuvent partager la même fibre ou utiliser chacune des fibres dédiées [1]. Pour certaines applications, la réutilisation de réseaux optiques existants et de composants commerciaux, rend les topologies PoF attrayantes en raison de leur coût de mise en œuvre réduit [2,3]. Nous proposons une étude des performances de la transmission de signaux radio sur fibre (RoF) en présence d'une forte puissance dans une configuration d'amplification Raman.

Par la suite, nous considérons deux architectures PoF-RoF avec une seule fibre SMF de longueur 10 km pour alimenter optiquement des capteurs distants et transmettre simultanément des signaux RF depuis ou vers des antennes distantes, comme le montre la figure 1. Le signal optique pour l'énergie est également utilisé comme signal de pompe pour l'amplification Raman. La première configuration concerne les systèmes avec un capteur TX distant, le signal de pompe et le signal de données étant tous les deux transmis dans un sens co-propagatif. La seconde configuration repose sur une transmission bidirectionnelle optique pour collecter le signal RF du capteur RX distant : la porteuse optique est générée au niveau de la station centrale et modulée sur le site distant. Dans les deux configurations, une modulation d'intensité/détection directe (IM/DD) avec un modulateur Mach-Zehnder

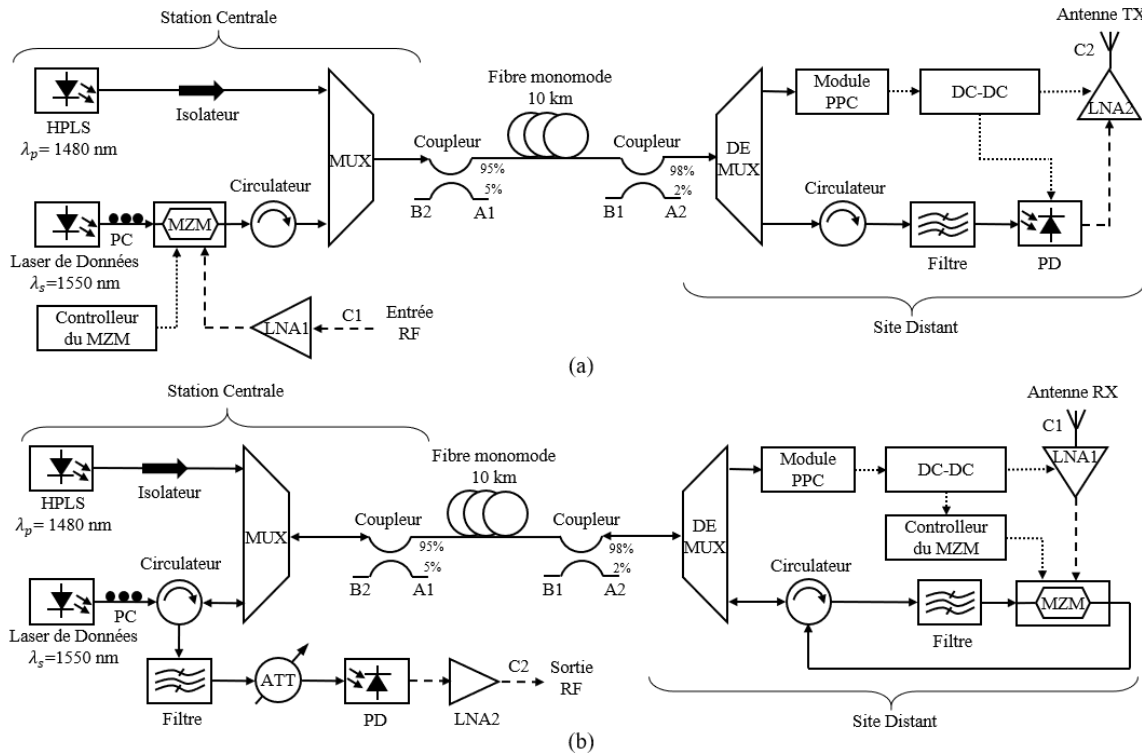


Figure 1. Schémas des deux configurations expérimentales : (a) transmission descendante ; (b) transmission bidirectionnelle.



JCOM 2022
FEMTO-ST-ENSMM
Besançon
13 juin 2022



(MZM) est utilisée. La source laser haute puissance (HPLS) génère la puissance optique nécessaire aux convertisseurs de puissance photovoltaïques (PPC), afin de fournir la puissance électrique d'alimentation aux différents dispositifs, tels que l'amplificateur à faible bruit (LNA), le photodétecteur (PD) et le driver du MZM.

Un laser Raman à 1480 nm est utilisé comme HPLS afin de fournir de l'énergie à cette longueur d'onde, tout en exploitant l'amplification Raman du signal de données dans la bande de 1550 nm grâce à la diffusion Raman stimulée (SRS) [4]. La configuration descendante (Fig. 1a) présente un gain optique Raman dans une seule direction, tandis que la configuration bidirectionnelle (Fig. 1b) bénéficie de l'amplification simultanée de la porteuse optique co-propagative et du signal optique contra-propagatif.

Les figures de mérite classiques de la théorie des micro-ondes, par rapport aux grandeurs typiques utilisées pour qualifier les communications numériques, offrent une autre approche pour analyser les performances des liaisons RoF, en particulier lorsque les signaux radio sont transmis ou reçus par des antennes distantes à l'extrémité de la liaison optique [5]. Ainsi nous avons évalué les performances de la liaison à l'aide de ces paramètres classiques : Gain (G), Noise factor (NF) et Spurious-Free Dynamic Range (SFDR), au travers d'une analyse de la réponse en fréquence du système.

Nous montrons que le gain RF augmente lorsque le niveau de puissance HPLS augmente de 30 à 35 dBm, pour les deux configurations, ce qui est en accord avec le modèle théorique. Nous montrons également que les valeurs du NF et du SFDR sont meilleures en présence du signal de pompe. Cependant, le NF décroît jusqu'à ce que la HPLS atteigne 33 dBm, puis commence à augmenter, sans suivre la décroissance continue prédite par le modèle théorique. Ce même point d'inflexion se retrouve sur le comportement du SFDR. Dans la configuration descendante (Fig. 1a), l'amélioration du gain RF passe de 10 à 30 dB, comparativement au gain sans pompe, lorsque le niveau de puissance de la HPLS augmente de 30 à 35 dBm. Il existe des améliorations du NF et du SFDR pour tous les niveaux de puissance de la pompe, avec un maximum proche de 16 dB pour le NF et 11 dB pour le SFDR, lorsque la HPLS délivre 33 dBm. En ce qui concerne la configuration bidirectionnelle (Fig. 1b), on obtient une amélioration du gain RF d'environ 20 à 60 dB, par rapport à l'état sans pompe, dans la même plage de puissance de la HPLS (30 à 35 dBm). Des améliorations du NF et du SFDR sont également observées pour tous les niveaux de puissance de la pompe, avec un maximum proche de 33 dB pour le NF et 23 dB pour le SFDR, toujours à un niveau de puissance HPLS de 33 dBm.

Lorsque la HPLS délivre 33 dBm nous mesurons 29,6 dBm à l'entrée du module de conversion optique-électrique, ce qui permet d'estimer une puissance électrique disponible de 228 mW au niveau du capteur en utilisant des PPC commerciales. Si davantage de puissance électrique est demandée, la HPLS peut être réglée jusqu'à 35 dBm, ce qui permet d'obtenir une puissance électrique jusqu'à 360 mW. A ce stade, compte tenu des consommations des différents composants constituant le capteur, la configuration descendante nécessite 180 mW et la configuration bidirectionnelle 280 mW. Un travail sur l'optimisation de la consommation électrique des capteurs est en cours afin de pouvoir ajuster une puissance de la HPLS favorable à l'obtention de valeurs optimales pour le NF et le SFDR.

Références :

- [1] J. B. Rosolem, R. Roka, "Power-over-fiber applications for telecommunications and for electric utilities," in *Optical fiber and wireless communications*, R. Roka, InTech, 2017, pp. 255–278.
- [2] C. Diouf et al., "Design, characterization, and test of a versatile single-mode power-over-fiber and communication system for seafloor observatories," *IEEE J. Ocean. Eng.*, vol. 45, no. 2, pp. 656–664, 2020.
- [3] F. Al-Zubaidi et al., "Optically powered radio-over-fiber systems in support of 5G cellular networks and IoT," *J. Lightw. Technol.*, vol. 39, no. 13, pp. 4262–4269, Jul. 2021.
- [4] R. H. Souza et al., "Performance of an Optically Powered Radio-over-Fiber System Exploiting Raman Amplification," *IEEE Photonic Technologies Letter*, to be published.
- [5] V. J. Urick, K. J. Williams, J. D. McKinney, *Fundamentals of Microwave Photonics*, New York, NY, USA: Wiley, 2015.