

Fév. - sept. 2022

## Titre du stage

# Evaluation d'une solution de communications optiques sans fil (LiFi) utilisant les photodiodes à avalanche à photon unique (SPAD) comme récepteur

## Contexte général

Le LiFi (de light fidelity ou visible light communications, VLC) est une technologie qui se développe autour des éclairages à LED pour créer un canal de communication optique sans fil (équivalent au WiFi pour les ondes EM). Le LiFi se limite à des communications à courte distance (1-10m) et présente des avantages vis-à-vis du WiFi (cf. tableau ci-contre [1]).

	RF ET MICRO-ONDES	LI-FI
Spectre disponible	300 GHz	380 THz
Complexité	Élevée	Faible
Couverture	Longue portée	Limitée à la zone d'éclairage
Interférence - bruit	Limité	Contenu
Interférence électromagnétique	Oui	Non
Consommation de puissance	Moyenne	Faible
Infrastructure	Points d'accès	Éclairage installé

Les applications concernent à ce jour plutôt des niches : hôpitaux, avion / spatial (pas d'interférences RF), salle de classe (installation bas coût) ... le militaire ou toute application requérant la confidentialité des données. Le LiFi utilise une source modulée (LED filtrée dans le visible ou laser VECSEL<sup>1</sup>, un canal de propagation : espace libre, un photodétecteur en général une photo diode à avalanche APD ou une photodiode PiN).

L'INL et le LISV participent respectivement : au développement de nouvelles architectures de photodiode à avalanche à photon unique (SPAD<sup>2</sup>) [2], à la modélisation haut niveau d'une chaîne de communications LiFi incluant des modèles basiques des composants matériels et du canal de propagation ainsi que des modèles avancés des protocoles de modulation et d'accès multiples [3].

## Aspect novateur

Des travaux précurseurs associant les SPAD comme photodétecteurs apparaissent et mettent en avant un bon potentiel des SPAD (en remplacement des solutions existantes à base de APD<sup>3</sup> ou photodiode PiN) grâce à leur grande rapidité et leur forte sensibilité [4-7]. Les réalisations avec des SPAD sont essentiellement basées sur des SPAD issues du commerce dans des récepteurs non intégrés.

## Objectifs du stage

Nous souhaitons mener une étude de faisabilité en s'appuyant sur ce stage master ayant pour objectifs :

- de modéliser un lien de communications LiFi,
- d'évaluer les performances (débit maximal, bit-error-rate) en fonction des caractéristiques de la SPAD (temps mort, bruit, efficacité de détection, taille pixel, taille matrice etc.),
- de comparer à l'état de l'art avec les solutions usuelles (APD ou PiN).

En complément de ce travail de simulations, des essais pratiques seront envisagés sur plateforme *open-source*<sup>4</sup>. La finalité serait de concevoir un récepteur LiFi intégré en technologie CMOS à base de SPAD.

## Références

- [1] J. Garcia-Marquez, S. Topsis "Les communications par lumière visible : Le Li-Fi" Photoniques Numéro 86, Mai-Juin 2017, pp. 22-24, <https://doi.org/10.1051/photon/20178622>.
- [2] T. Chaves de Albuquerque, F. Calmon, R. Clerc, P. Pittet, Y. Benhammou, D. Golanski, S. Jouan, D. Rideau, A. Cathelin "Integration of SPAD in 28nm FDSOI CMOS technology" ESSDERC 2018, 3-6 sept. 2018, Dresden, Germany, <http://dx.doi.org/10.1109/ESSDERC.2018.8486852>.

<sup>1</sup> Vertical- External- Cavity Surface- Emitting Laser

<sup>2</sup> Single Photon Avalanche Diode

<sup>3</sup> Avalanche Photo Diode

<sup>4</sup> <http://www.openvlc.org/>

Fév. - sept. 2022

- [3] M. Merah "Conception and realization of an indoor multi-user Light-Fidelity link", Thèse de l'Université Paris-Saclay, 2019.
- [4] L. Zhang et al. "A Comparison of APD- and SPAD-Based Receivers for Visible Light Communications," in Journal of Lightwave Technology, vol. 36, no. 12, pp. 2435-2442, 15 June 15, 2018, <https://doi.org/10.1109/JLT.2018.2811180>.
- [5] Y. Li et al. "Performance Analysis of SPAD-based OFDM" 2019, <https://arxiv.org/abs/1905.06302>.
- [6] S. Huang and M. Safari "Hybrid SPAD/PD Receiver for Reliable Free-Space Optical Communication," in IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 1, pp. 1364-1373, 2020, <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2020.3023009>.
- [7] Z. Ahmed, R. Singh, W. Ali, G. Faulkner, D. O'Brien and S. Collins, "A SiPM-Based VLC Receiver for Gigabit Communication Using OOK Modulation," in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 32, no. 6, pp. 317-320, 15 March 15, 2020, <https://doi.org/10.1109/LPT.2020.2973200>.

#### Lieu du stage et encadrement

- INL - Institut des Nanotechnologies de Lyon (UMR CNRS 5270), INSA Lyon, 8 avenue Jean Capelle, 69100 Villeurbanne (<https://inl.cnrs.fr/>)
  - o Francis Calmon (équipe DE) & Fabien Mandorlo (équipe i-Lum).
- Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (LISV). Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (<https://www.lisv.uvsq.fr/>)
  - o Bastien Béchadergue.

#### Conditions

Stage (5-6 mois) indemnisés ~ 600€/mois.

#### Profil attendu

Ingénieur / Master M2 électronique/microélectronique au sens large.

#### Candidature

Envoyer par email CV et lettre de motivation à : [francis.calmon@insa-lyon.fr](mailto:francis.calmon@insa-lyon.fr) et [bastien.bechadergue@uvsq.fr](mailto:bastien.bechadergue@uvsq.fr).