

Étude, Modélisation et Implémentation d'un système de Communication par lumière visible (VLC)

Encadrant : Delaram HAGHIGHI-TALAB (delaram.haghighi-talab@esiee.fr)

Laboratoire : ESYCOM UMR 9007

1. Présentation générale

La communication par lumière visible (VLC) est une technologie émergente de communication sans fil qui utilise la lumière visible pour transmettre des données. Dans la Fig. 1, le schéma bloc d'un système VLC typique est présenté. Un système VLC se compose de plusieurs éléments clés. La **source de données** génère l'information à transmettre, qui est ensuite traitée par un **modulateur de signal** pour coder les données sur le porteur optique. Le signal modulé alimente le **circuit pilote de la LED**, qui contrôle la **LED émettrice** pour émettre la lumière transportant l'information. Le signal optique se propage à travers le **canal**, qui peut inclure l'air intérieur, les réflexions et les obstacles. Du côté récepteur, un **photodétecteur** capte la lumière entrante et la convertit en signal électrique. Ce signal est ensuite amplifié par un **amplificateur de signal**, démodulé par le **démodulateur de signal**, et enfin délivré sous forme de **données en sortie**. Chacun de ces éléments joue un rôle crucial pour assurer une communication VLC efficace et fiable [1].

Elle offre un transfert de données à haute vitesse, une immunité aux interférences électromagnétiques et une sécurité renforcée, ce qui la rend particulièrement adaptée aux environnements intérieurs intelligents tels que les bureaux, les habitations et les installations industrielles [2]. Dans de tels réseaux, l'efficacité énergétique est cruciale, car les dispositifs doivent souvent fonctionner de manière autonome ou avec une consommation minimale d'énergie, tout en maintenant des performances de communication fiables. Combiner communication et récupération d'énergie peut ainsi améliorer considérablement la durabilité et la praticité des réseaux intérieurs intelligents.

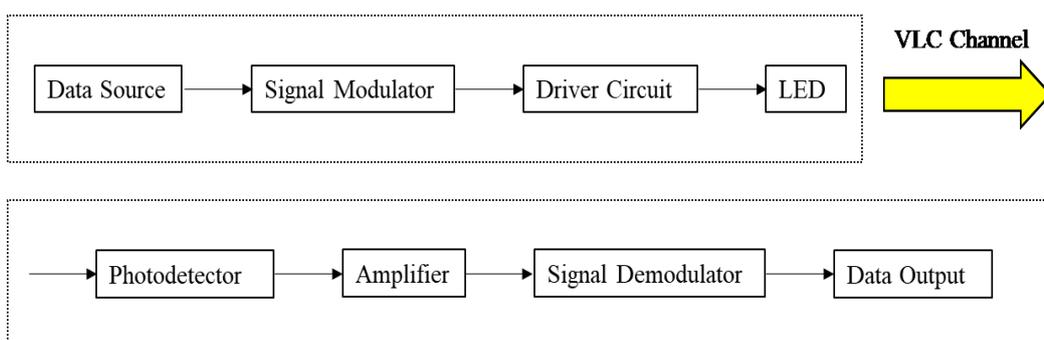


Fig.1 VLC Block Diagramme

2. Objectifs du projet

L'approche proposée s'inscrit dans la continuité des travaux récents sur la récupération d'énergie [3] et sur la communication optique sans fil [4]. Les systèmes VLC ont été largement étudiés pour leur potentiel dans les réseaux intérieurs intelligents [5]. Parmi les récepteurs envisagés, les cellules solaires présentent un double intérêt : elles permettent de détecter un signal lumineux modulé tout en récupérant l'énergie optique ambiante [6], [7]. Cette approche a été validée dans divers contextes, allant des expérimentations en intérieur [5] aux communications véhiculaires [6], [7] et même au moyen de modules solaires commerciaux pour des liaisons optiques haut débit [8].

Cependant, une comparaison systématique entre les différentes générations de cellules solaires — silicium cristallin, couches minces, pérovskites, organiques — reste à réaliser afin de déterminer le meilleur compromis entre efficacité énergétique et performance en communication. L'intégration de ces technologies photovoltaïques pour cette double fonction communication + énergie constitue donc une voie prometteuse à explorer.

- Étudier différentes technologies de cellules solaires (silicium cristallin, couches minces, pérovskites, organiques) afin de comprendre leurs caractéristiques électriques et optiques.
- Comparer ces cellules en termes de bande passante, de responsivité et d'efficacité énergétique pour identifier les solutions les plus adaptées à une application VLC (Visible Light Communication) combinant communication et récupération d'énergie.
- Sélectionner la cellule solaire optimale qui offre le meilleur compromis entre performance en communication et capacité de récolte d'énergie.
- Modélisation et simulation de modèle complète (émetteur/récepteur)
- Implémenter des cellules sélectionnées dans un réseau VLC, afin de valider leur double fonction : réception de signaux lumineux modulés et récupération de l'énergie ambiante.

3. Bibliographie

[1] H. Haas, L. Yin, Y. Wang, C. Chen. "What is LiFi?" *J. Lightwave Technology*, 2016.

[2] S. Arnon. *Visible Light Communication*. Cambridge University Press, 2015.

[3] Y. Fan, N. Wu, Y. Wen and D. Zhang, "A High-Efficiency Self-Powered Wireless Sensor Network Driven by Ambient RF Energy Far-Field," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 74, pp. 1-10, 2025.

- [4] M. A. Khalighi, M. Uysal. "Survey on Free Space Optical Communication: A Communication Theory Perspective." *IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, 2014.
- [5] S. Rajbhandari et al. "Solar cell receiver for optical OFDM signals." *IEEE Photonics Tech. Lett.*, 2012.
- [6] D. Tettey, K. A. Mahmoodi, R. Bonakdar, and M. Uysal, "Vehicular visible light communications with a solar panel receiver," in Proceedings of the 29th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, ser. ACM MobiCom '23. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2023.
- [7] Rahul, A. Srivastava, V. A. Bohara, D. Solanki and A. Mitra, "Demonstration of Broadband Data Link Over Off-the-Shelf Solar Module With White LED," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 43, no. 10, pp. 4564-4572, 15 May 2025, doi: 10.1109/JLT.2025.3541831.
- [8] M. Kong, J. Lin, C. H. Kang, C. Shen, Y. Guo, X. Sun, M. Sait, Y. Weng, H. Zhang, T. K. Ng, and B. S. Ooi, "Toward self-powered and reliable visible light communication using amorphous silicon thin-film solar cells," *Opt. Express*, vol. 27, no. 24, pp. 34 542–34 551, Nov 2019.