

Proposition stage fin d'étude ingénieur ou Master 2

Nano-grid : Développement d'une interface de conversion DC-DC pour pile microbienne

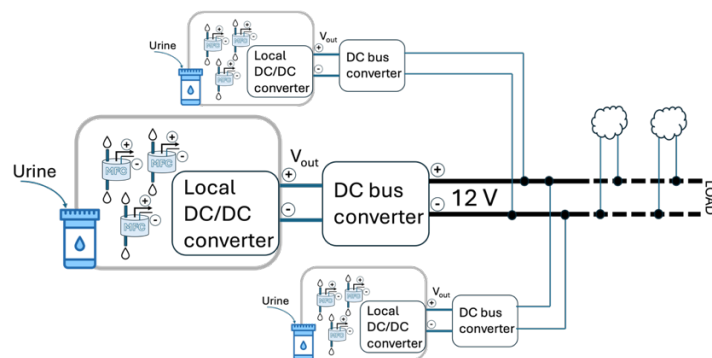
Fabien Mieyeville, Bruno Allard

Mots clés : nano-grid, conversion DC-DC, low-tech, frugal electronic, microbial fuel cell

Contexte

Un nano-réseau ou nano-grid est un petit système électrique localisé qui dessert généralement un seul bâtiment ou un petit groupe de bâtiments. Il fonctionne indépendamment ou conjointement avec le réseau principal, en utilisant des sources d'énergie locales telles que des panneaux solaires, des éoliennes ou des batteries. Les nano-réseaux sont conçus pour améliorer la fiabilité, l'efficacité et la durabilité de l'énergie, en particulier dans les zones isolées ou en cas de panne du réseau. Les nano-grids peuvent fonctionner de manière autonome ou en parallèle avec le réseau principal et sont généralement gérés par des systèmes de contrôle intelligents qui optimisent la production, le stockage et la consommation d'énergie. Ils permettent également un partage de l'énergie au travers d'une approche entre pair (P2P) permettant aux bâtiments d'un nanogrid de partager l'énergie excédentaire, ce qui accroît encore l'efficacité énergétique et réduit les coûts. Les solutions de nano-grid sont particulièrement étudiées dans les pays en voie de développement ou les régions isolées ayant besoin d'une résilience énergétique. Néanmoins des solutions de stockage de l'énergie, telles que les batteries à l'état solide et les systèmes de stockage hybrides, sont essentielles pour garantir que les nanoréseaux puissent fournir une alimentation ininterrompue. Par ailleurs des dispositifs d'IoT (Internet des objets) sont également intégrés pour permettre la surveillance à distance, la détection des pannes et l'automatisation, améliorant ainsi la fiabilité et la sécurité des nano-réseaux.

Les piles Microbiennes (MFC Microbian Fuel Cell) sont des piles fournissant de l'énergie [3-5] au travers de la dégradation chimique d'eau polluée ou de sols contaminés. Ces piles de dimensionnement variable peuvent alimenter des bâtiments [6] comme des systèmes embarqués [7]. Elles sont à même de fournir un relais dans l'utilisation de solution de stockage ouvre des perspectives intéressantes vis à vis des piles microbiennes (dont les piles à urine [8]) où celles-ci se substitueraient aux solutions actuelles dont la recyclabilité, le coût carbone et le coût financier sont des freins.



Si dans le cadre des systèmes à récupération d'énergie, il existe des architecture éprouvées et performantes dont le circuit AEM30330C0010 de EPEAS, les caractéristiques électriques des piles microbiennes rendent inefficaces les algorithmes communément utilisés pour assurer le maintien au point maximal de puissance extraite (MPP ou Maximum Power Point) plutôt adaptés pour des sources d'énergie de type mécanique ou solaire. Il est donc nécessaire de développer des circuits dédiés [9-10].



De plus le contexte de déploiement visé et la philosophie de circuit auto-alimenté à architecture minimaliste voire low-tech ouvre la voie à des architectures de circuits certes anciennes mais pour lesquelles les piles microbiennes présentent des perspectives intéressantes.

Des premiers travaux menés en collaboration avec l'université de Southampton ont permis de valider des résultats prometteurs à base d'un circuit à capacité commutée (le LM2663) en utilisant les piles microbiennes à la fois comme source d'énergie mais comme capacité de l'architecture commutée du système.

L'objectif de ce stage est de développer une architecture low-tech performante pour assurer la récupération d'énergie d'une pile microbienne dans un premier temps puis d'un nano-grid de piles microbiennes (équilibre des piles, gestion de l'intermittence, P2P...).

Déroulé du stage

Après avoir pris connaissance du banc expérimental de test de piles microbiennes, le stagiaire aura les missions suivantes :

- Etat de l'art sur les architectures DC-DC adaptées aux piles microbiennes
- État de l'art sur les nano-grids
- Établissement d'un cahier des charges pour un Convertisseur DC-DC local de sortie d'un nano-grid
- Conception et simulation des circuits de conversion
- Réalisation des PCBs des circuits
- Tests et caractérisations des circuits sur mise en charge de piles microbiennes
- Optimisation des circuits réalisés
- Préparation d'une publication scientifique

Matériel mis à disposition et organisation du stage

Stations de travail avec logiciels de CAO électronique, atelier électronique, banc de test et de mesure de piles microbiennes.

Compétences développées durant le stage

- Conception électroniques d'appareils nomades de mesure.
- Développement d'une chaîne de conversion DC-DC.
- Développement de cartes PCB.
- Développement de protocoles de mesures.
- Optimisation énergétique.
- Développement d'un nano-réseau.

Informations pratiques

Le stage aura lieu entre le site de Roanne où se situe le laboratoire hébergeant les piles microbiennes et le site de Villeurbanne, dans une quotité à définir avec le stagiaire.

Le stage peut se dérouler entre le 1^{er} mars 2025 et le 31 Août 2025 (dont 3 semaines de vacances - fermeture administrative du laboratoire) pour une durée de 4 à 6 mois.

Le stage fait l'objet d'une gratification mensuelle de 639,45€ par mois et prise en charge partielle des transports en commun.

Pour postuler, envoyer un CV, votre relevé de notes des années BAC+4 et BAC+5 et une lettre de motivation à :

- Fabien Mieyeville – fabien.mieyeville@univ-lyon1.fr et Bruno Allard – bruno.allard@insa-lyon.fr

Bibliographie

[1] Richard, N. Saincy, N. Le Saux, D. Frey, M.-C. Alvarez-Herault, B. Raison, A new electrification model to end energy poverty: An example from a novel rural electrification approach in madagascar, IEEE Electrification Magazine 11 (2) (2023) 62–73.doi:10.1109/MELE.2023.3264922.



- [2] M. Koepke, S. Groh, Against the odds: The potential of swarm electrification for small island development states, *Energy Procedia* 103 (2016)363–368, renewable Energy Integration with Mini/Microgrid – Proceedings of REM2016. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.300>.
- [3] A. Mukimin, H. Vistanty, Low carbon development based on microbialfuel cells as electrical generation and wastewater treatment unit 44 132–138. doi:10.1016/j.ref.2022.12.005
- [4] G. Puthilibai, V. Chithra, R. Deepashri, R. Jeyashri, V. Devatarika, R. Robert, An Intelligent Approach for Electricity Generation: Microbial Fuel Cell, in: 2022 International Conference on Power, En-ergy, Control and Transmission Systems (ICPECTS), IEEE, pp. 1–4. doi:10.1109/ICPECTS56089.2022.10046995.
- [5] J. Prasad, R. K. Tripathi, Review on improving microbial fuel cellpower management systems for consumer applications 8 10418–10433. doi:10.1016/j.egyr.2022.08.192.
- [6] A. Mukherjee, V. Patel, M. T. Shah, D. A. Jadhav, N. S. Mun-shi, A. D. Chendake, D. Pant, Effective power management system in stacked microbial fuel cells for onsite applications 517 230684. doi:10.1016/j.jpowsour.2021.230684.
- C7] E. Osorio de la Rosa *et al.*, « Plant Microbial Fuel Cells–Based Energy Harvester System for Self-powered IoT Applications », *Sensors*, vol. 19, n° 6, p. 1378, mars 2019, doi: [10.3390/s19061378](https://doi.org/10.3390/s19061378).
- [8] Ieropoulos, Urine in Bioelectrochemical Systems: An Overall Review 7 (6) 1312–1331. doi:10.1002/celc.201901995
- [9] L.-p. Fan, X. Feng, Q-Learning based Maximum Power PointTracking Control for Microbial Fuel Cell 15 (10) 9917–9932. doi:10.20964/2020.10.63.
- [10] R. Fernandez Feito, T. Younas, R. M. Dinsdale, Evaluation of a comprehensive power management system with maximum power point tracking algorithm for multiple microbial fuel cell energy harvesting 155 108597. doi:10.1016/j.bioelechem.2023.108597.