

Offre de thèse / PhD Position

Titre / Title

L'électronique normalement éteinte comme paradigme émergent

[Intermittent computing as an emerging paradigm](#)

Contexte / Context

Un défi indispensable au déploiement de l'Internet des objets et des réseaux de capteurs sans fil est la capacité à collecter et à transmettre des données sur Internet à faible coût d'énergie et en utilisant des solutions durables. La maturité des technologies de récupération d'énergie et des microcontrôleurs basse consommation ouvre la perspective de développer une électronique sans batterie pour les réseaux de capteurs sans fil et les applications IoT.

Nous assistons ainsi à l'avènement d'appareils alimentés par intermittence et sans batterie, fonctionnant entièrement grâce à l'énergie extraite de leur environnement. Les appareils fonctionnant par intermittence présentent de nombreux défis technologiques dans divers domaines (électronique, informatique, ...). Parmi les challenges intéressants, nous pouvons mettre en avant la prédiction de l'énergie récupérée, l'évaluation de l'énergie disponible et l'estimation de l'énergie consommée à travers des modèles de consommation très fins (prenant en compte notamment le capteur, le microcontrôleur et l'envoi des informations). L'architecture et la structure du nœud est également un sujet important dans ce contexte de minimisation de l'énergie consommée. L'électronique normalement éteinte présente également d'autres problématiques liées au stockage des données (mémoire non volatile) et à l'exécution prolongée des applications informatiques sans batterie.

Dans le contexte de l'Internet des objets, Il existe de nombreux cas d'usage (smart agriculture, smart city, smart building, industrie 4.0, ...). Chaque cas d'usage est spécifique en termes de débit, latence, portée de communication, fréquence des envois d'information. Il est évident que le cas d'usage aura un impact non négligeable sur la consommation énergétique et donc sur la gestion de l'énergie et l'énergie qui doit être récupérée.

[A critical challenge to deploying the Internet of Things \(IoT\) and wireless sensor networks \(WSN\) is the ability to collect and transmit data over the Internet at low energy costs and using sustainable solutions. The maturity of energy harvesting technologies and low-power microcontrollers opens the prospect of developing batteryless computing for WSN and IoT applications.](#)

[We thus expect the advent of intermittently-powered, batteryless devices that operate entirely using energy extracted from their environment. Intermittently operating devices present numerous technological challenges in various domains \(electronics, IT, etc.\). Among the interesting challenges, we can highlight the prediction of the harvested energy, the evaluation of the available energy and the estimation of the consumed energy through very fine consumption models \(taking into account in particular the sensor, the microcontroller and data transmission\). The architecture and structure of the node is also an important subject in this context of minimizing the consumed energy. Intermittent computing also presents other issues related to data storage \(non-volatile memory\) and prolonged execution of batteryless computing applications.](#)

[In the context of IoT, there are many use cases \(smart agriculture, smart city, smart building, industry 4.0, etc.\). Each use case is specific in terms of data rate, latency, communication range, frequency of data transmission. It is obvious that the use case will have a significant impact on energy consumption and therefore on energy management and the energy that must be harvested.](#)

Objectifs / Objectives

Le premier objectif de ce travail sera d'identifier les cas d'usages qui seront considérés. Puis les différentes pistes permettant la récupération d'énergie seront étudiées. A partir de cela, un modèle prédictif de récupération d'énergie sera proposé ainsi qu'un modèle de consommation énergétique. Le second objectif sera de mettre en place un démonstrateur. Il permettra l'évaluation pratique et les résultats de mesures obtenus alimenteront les modèles pour les affiner. Les résultats permettront également d'améliorer l'algorithme de prédiction de l'énergie récupérée. Finalement, les liens entre le capteur, le prédicteur et l'émetteur rendra possible la mise en place de méthodes efficaces de gestion de l'énergie qui optimiseront le fonctionnement du nœud.

Pour cette étude, nous utiliserons les objets connectés ainsi que les équipements d'analyse et de mesure de la plateforme « objets connectés » du laboratoire IETR.

En fonction des résultats obtenus, une ouverture pourra être faite sur l'aspect réseau. La prise en compte de plusieurs nœuds pourra emmener l'étude vers l'optimisation répartie et le « fog computing ».

Parmi les défis scientifiques à relever, ce projet doctoral portera sur :

- L'étude et la sélection des méthodes de récupération d'énergie ;
- La proposition de nouveaux modèles de prédiction et de consommation énergétique qui seront affinés via des expérimentations pratiques ;
- La valorisation et la diffusion de ces travaux via des publications de recherche.

The first objective of this work will be to identify the use cases that will be considered. Then the different way allowing energy harvesting will be studied. From this, a predictive energy harvesting model will be proposed as well as an energy consumption model. The second objective will be to set up a testbed. It will allow practical evaluation and the obtained measurement results will feed the models to refine them. The results will also make it possible to improve the energy harvested prediction algorithm. Finally, the links between the sensor, the predictor and the transmitter will make it possible to implement efficient energy management methods that will optimize the operation of the node.

For this study, we will use the devices and the analysis and measurement equipment of the connected objects platform of the IETR lab.

According to provided results, an opening could be made on the network aspect. Taking into account several nodes could lead the study towards distributed optimization and fog computing.

Among the scientific challenges to be addressed, this PhD project will focus on:

- The study and selection of energy harvesting methods;
- The proposal of new prediction and energy consumption models which will be refined through practical experiments;
- The promotion and dissemination of this work via research publications.

Mots clés / Keywords

Electronique normalement éteinte, objets connectés, récupération d'énergie, consommation énergétique

Intermittent computing, connected devices, energy harvesting, energy consumption

Bibliographie / References

- [1] S. Umesh and S. Mittal, "A survey of techniques for intermittent computing," in Journal of Systems Architecture, Vol. 112, p. 101859, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.sysarc.2020.101859.
- [2] Z. Yuan, Y. Ge, J. Wei, S. Yuan, R. Liu and X. Mo, "Energy Prediction for Energy-Harvesting Wireless Sensor: A Systematic Mapping Study", in Electronics, vol. 12, no 20; p. 4304, 2023, doi: 10.3390/electronics12204304
- [3] D. Ma, G. Lan, M. Hassan, W. Hu and S. K. Das, "Sensing, Computing, and Communications for Energy Harvesting IoTs: A Survey," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 2, pp. 1222-1250, Secondquarter 2020, doi: 10.1109/COMST.2019.2962526.
- [4] E. C. Reuben and L. Y. Meng, "Programmable Microcontroller Based Power Management Module for Batteryless intermittent Computing Systems," 2022 5th International Conference on Intelligent Robotics and Control Engineering (IRCE), Tianjin, China, 2022, pp. 7-12, doi: 10.1109/IRCE55557.2022.9963031.

Profil souhaité / Candidate profile

Diplôme d'ingénieur et/ou Master (spécialité : Electronique / Systèmes embarqués / Télécommunications) avec des connaissances en : consommation énergétique, microcontrôleur, communications numériques.

Engineering degree and/or Master's degree (specialty: Electronic / Embedded Systems / Telecommunications) with knowledge in: energy consumption, microcontroller, digital communications.

Equipe d'encadrement / Management team

Jean-François Diouris, full professor, SIGNAL team, IETR Lab

Guillaume Andrieux, full professor, SIGNAL team, IETR Lab

Sébastien Pillement, full professor, ASIC team, IETR Lab

Lieu et démarrage de la these / Location and starting date of the thesis

La thèse se déroulera au sein du laboratoire IETR, Nantes Université, France.

Poste ouvert. Démarrage de la thèse en fonction des candidatures.

The thesis will take place in the IETR laboratory, Nantes Université, France.

Position open. Start of the thesis based on applications.

Salaire / Salary

2109 € brut par mois (1706 € net)

Pour candidater / To apply

Prière d'adresser un CV, une lettre de motivation, une copie de toutes les notes universitaires (de préférence avec classement), et (optionnellement) une lettre de recommandation.

Les dossiers de candidature seront à envoyer avec le sujet [PhD position: Intermittent Computing] à :

Guillaume Andrieux : guillaume.andrieux@univ-nantes.fr

Seuls les dossiers complets seront considérés.

Please send a CV, motivation letter, copies of all academic records and grades (preferably with rankings), and (optionally) a letter of recommendation.

Application files must be sent with the subject [PhD position: Intermittent Computing] to:

Guillaume Andrieux: guillaume.andrieux@univ-nantes.fr

Only complete applications will be considered.