

Sujet thèse / PhD subject 2025

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titre Thèse</b>                                                                                                                 | <b>« Optimisation énergétique d'un nœud Radio IoT biomimétique »</b>                                                              |                                                                                                                                         |
| <b>PhD Title</b>                                                                                                                   | Biomimetic highly energy efficient IoT Radio node                                                                                 |                                                                                                                                         |
| <b>Directeur</b>                                                                                                                   | François DANNEVILLE                                                                                                               | E-mail : francois.danneville@univ-lille.fr                                                                                              |
| <b>(Co)-Directeur</b>                                                                                                              | Christophe LOYEZ                                                                                                                  | E-mail : christophe.loyez@univ-lille.fr                                                                                                 |
| <b>(Co)-Encadrant (s)</b>                                                                                                          |                                                                                                                                   | E-mail :                                                                                                                                |
| <b>Laboratoire</b>                                                                                                                 | IEMN UMR CNRS 8520                                                                                                                | Web : <a href="https://www.iemn.fr/">https://www.iemn.fr/</a>                                                                           |
| <b>Groupe(s)</b>                                                                                                                   | ANODE / CSAM                                                                                                                      | Web : <a href="https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-anode">https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-anode</a> |
| <b>Projet phare principal</b>                                                                                                      | IOT MAKES SENSE ( <a href="https://www.iemn.fr/projet-phare-iot-make-sense">https://www.iemn.fr/projet-phare-iot-make-sense</a> ) |                                                                                                                                         |
| <b>Thèse fléchée Flagships IEMN ?</b>                                                                                              | Non                                                                                                                               |                                                                                                                                         |
| <b>Demande de labellisation Université de Lille (GREAL, labellisée)</b>                                                            | Non                                                                                                                               |                                                                                                                                         |
| <b>Financement acquis</b><br>Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Partiel <input type="checkbox"/> | Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère, , ....) :                                     |                                                                                                                                         |
| <b>Financement demandé</b>                                                                                                         | Contrat Doctoral Etablissement                                                                                                    | ULille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>                       |
|                                                                                                                                    | Région ou Autre <input type="checkbox"/><br>Préciser :                                                                            | Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) :                                                            |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |                                                                                                                                         |

## Résumé (français)

Le nombre d'objets connectés attendus dans le domaine de l'internet des objets (IoT) croît continûment avec des projections atteignant le nombre impressionnant de 100 milliards d'objets connectés en 2050. Le principal challenge posé concerne la consommation de puissance de ces objets, qui pris individuellement, affichent une consommation moyenne qui peut atteindre plusieurs dizaines de milliWatts. La consommation globale des réseaux IoT est donc colossale et une réduction drastique est indispensable.

Parallèlement, la physiologie constitue un modèle d'efficacité énergétique ouvrant la voie à une nouvelle approche des radiocommunications basées sur les modes de transmission rencontrées dans le vivant : (i) l'intérêt étant de concevoir la *couche physique d'un nœud radio* (NR) impliquant un émetteur-récepteur communiquant basé sur un nouveau paradigme de protocole de communication bioinspiré, (ii) l'objectif étant d'afficher une combinaison record en termes d'intégrité du signal transmis (résilience aux interférences et/ou bruit) et de consommation énergétique du NR.

Dans ce contexte, le sujet de thèse mettra l'accent sur : (i) un encodage bioinspiré des informations issues d'un capteur, (ii) une transmission / réception des informations (de « nœud en nœud ») via un protocole de communication inspiré du vivant, (iii) la conception de récepteur et/ou émetteur radio ad hoc. Si le leitmotiv principal concerne l'optimisation en énergie de la couche physique du NR IoT (qui devra afficher une autonomie supérieure à dix ans alimenté sur pile), une attention particulière devra se porter sur le récepteur Radio, prompt au réveil (latence très inférieure à la milliseconde) avec une portée excédant le kilomètre. Les conceptions de circuit se feront à partir d'une technologie CMOS standard fonctionnant sous le seuil, garantissant une consommation des circuits ultra faible, pour des bandes de fréquences intéressant l'IoT.

Ce sujet s'adresse à un.e étudiant.e (Universitaire ou Ingénieur, possédant et/ou actuellement en Master2) ayant un profil « conception de circuits électroniques (analogiques, hyperfréquences et/ou mixed-mode) » et maîtrisant divers logiciels (LTspice, Keysight ADS, CADENCE Virtuoso). Il s'inscrit également dans un écosystème plus large, citons : le CPER IMITECH<sup>1</sup> (*Technologies miniaturisées innovantes pour une société connectée et durable*), le HUB 3 de l'initiative d'excellence<sup>2</sup> de U. Lille, et une stratégie basée sur le biomimétisme (Cf. exemples décrits par le Ceebios<sup>3</sup>).

<sup>1</sup> <https://www.hauts-de-france.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/projets-du-contrat-de-plan-etat-region-20212027>

<sup>2</sup> <https://initiative-excellence.univ-lille.fr/nos-projets-structurants/mener-une-recherche-dexcellence/hub-monde-numerique-au-service-de-lhumain>

<sup>3</sup> <https://ceebios.com/>

## **Abstract (anglais)**

The number of connected objects expected in the Internet of Things (IoT) domain is continuously growing with projections reaching the impressive number of 100 billion connected objects in 2050. The main challenge posed concerns the power consumption of these objects, which taken individually, display an average consumption that can reach several tens of milliWatts. The overall consumption of IoT networks is therefore colossal and a drastic reduction is essential.

At the same time, physiology constitutes a model of energy efficiency paving the way for a new approach to radiocommunications based on the transmission modes encountered in living things: (i) the interest being to design the physical layer of a radio node (NR) involving a communicating transceiver based on a new paradigm of bioinspired communication protocol, (ii) the objective being to display a record combination in terms of integrity of the transmitted signal (resilience to interference and/or noise) and energy consumption of the NR.

In this context, the thesis subject will focus on: (i) bioinspired encoding of information from a sensor, (ii) transmission/reception of information (from "node to node") via a communication protocol inspired by living things, (iii) the design of ad hoc radio receivers and/or transmitters. If the main leitmotif concerns the energy optimization of the physical layer of the NR IoT (which must display an autonomy greater than ten years powered by battery), particular attention must be paid to the Radio receiver, prompt to wake up (latency much lower than a millisecond) with a range exceeding one kilometer. The circuit designs will be based on standard CMOS technology operating below the threshold, guaranteeing ultra-low circuit consumption, for frequency bands of interest to the IoT.

This subject is aimed at a student (University or Engineer, with and/or currently in Master2) with a profile "electronic circuit design (analog, microwave and/or mixed-mode)" and mastering various software (LTspice, Keysight ADS, CADENCE Virtuoso). It is also part of a broader ecosystem, including: the CPER IMITECH (Innovative miniaturized technologies for a connected and sustainable society), the HUB 3 of the U. Lille excellence initiative, and a strategy based on biomimicry (Cf. examples described by Ceebios3).