

Développement d'une carte d'acquisition miniaturisée et de conception pérenne et open source pour des mesures environnementales

Porteur : Frédéric LEFEVRE (Prof, CETHIL), Ilane Chérif (Doctorant, CETHIL)

Partenaires : Laurent MOREL (MCF, AMPERE)

Laboratoire : CETHIL - AMPERE

Nature du financement demandé : Stage de M2 – spécialité

Période : 1^{er} septembre 2025 – 31 janvier 2026

Résumé : Ce stage prolonge un travail collaboratif mené entre les laboratoires AMPERE et CETHIL, démarré en avril 2024, portant sur la conception de capteurs de flux de sève autonomes et à basse consommation d'énergie. Il s'agit de réaliser une carte d'acquisition miniaturisée, comportant des composants électroniques pérennes dans le temps et à faible coût, pour des capteurs environnementaux (flux de sève, température, humidité, etc.). Le stage s'appuiera pour cela sur un premier prototype opérationnel, testé durant l'été 2025. Sur la base de l'analyse des performances de ce premier système, l'objectif sera d'en améliorer les performances (consommation d'énergie, acquisition de données à distance), puis de sélectionner des composants électroniques dont les fabricants garantissent une production sur une période minimale de dix ans. Un benchmark sera réalisé à cet effet. Un travail de dimensionnement d'un capot étanche, fabriqué en impression 3D, sera également mené afin de permettre une utilisation du système en conditions extérieures. Le livrable final consistera en un cahier des charges de conception du dispositif, incluant une liste du matériel, son coût et les étapes de réalisation. Ce livrable donnera lieu à une publication dans une revue spécialisée, afin de permettre une diffusion en open source.

Sujet développé :

Ce stage s'inscrit dans le projet **MAGICSquare**, financé par la Mission Interdisciplinaire du CNRS, lancé en 2024 dans le cadre d'un appel « suivi à long terme ». Ce projet a pour ambition de mettre en place un dispositif métrologique et un protocole expérimental sur un îlot urbain spécifique – un parc entouré de résidences universitaires du campus de la Doua – afin d'assurer un suivi longitudinal de ses variables microclimatiques, des arbres urbains et de la biodiversité présente sur le site, du printemps à l'automne. Il vise à évaluer l'efficacité réelle des solutions fondées sur la nature – en particulier les arbres urbains – sur le nexus {microclimat / biodiversité / humain}, dans un contexte de changement global. L'objectif est d'étudier, sur le long terme, les interrelations entre ces différents éléments afin d'identifier leurs services mutuels, contribuant à définir l'état d'« une seule santé » du système, selon l'approche *One Health*.

Les aspects métrologiques liés à l'étude du microclimat en interaction avec les arbres constituent un défi majeur de ce projet. Le nombre de capteurs à installer, potentiellement élevé – notamment sur les arbres – pose plusieurs contraintes. Certaines mesures sont mobiles, mais de nombreux capteurs doivent rester en place durant toute la période de croissance des arbres, ce qui soulève des problématiques de vandalisme ou d'usure prématurée. Cela implique la nécessité d'une instrumentation

facilement remplaçable à moindre coût, ou protégée par des dispositifs adaptés. En outre, ces capteurs doivent intégrer un système de stockage des données et/ou de transmission, tout en étant autonomes en énergie. La métrologie à déployer doit donc être pensée pour répondre à l'ensemble de ces contraintes, très différentes de celles rencontrées en laboratoire. Sur cet aspect, le CETHIL collabore avec le laboratoire AMPERE, spécialisé dans le développement de systèmes embarqués pour la surveillance d'environnements naturels, urbains ou industriels.

En 2024, une collaboration a été initiée avec le laboratoire AMPERE pour développer des capteurs de flux de sève et leur système d'acquisition, à bas coût et faible consommation d'énergie. Bastien Loureau, stagiaire en BUT GEII, a amorcé ce travail, poursuivi ensuite par Youssef Fofana, stagiaire ingénieur en électronique financé par la GI-EIF. À l'issue de ce stage, plusieurs capteurs et leur carte d'acquisition ont été réalisés (voir figure 1).

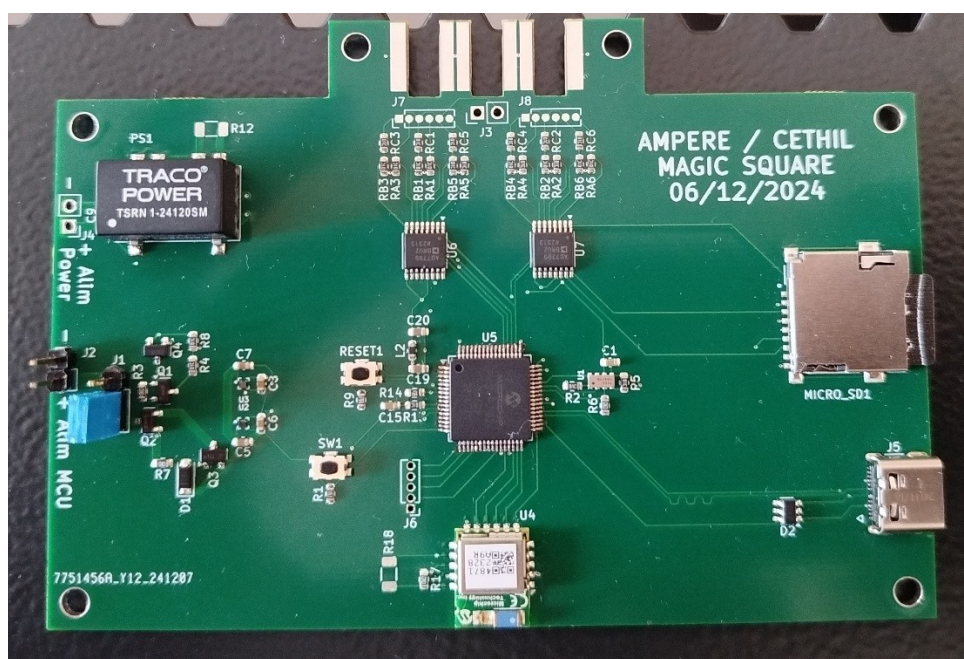


Figure 1 : Prototype du capteur de flux de sève

Ces capteurs ont été installés entre mars et avril sur deux arbres du site et permettent déjà d'obtenir des résultats intéressants. Toutefois, la carte actuelle reste relativement volumineuse, ce qui engendre divers problèmes (installation, étanchéité, etc.). L'objectif de ce nouveau stage est donc de développer une seconde génération, miniaturisée, munie d'une enveloppe hermétique réalisée en fabrication additive. Par ailleurs, les composants utilisés jusqu'ici avaient été choisis dans une optique de prototypage rapide. Un travail de benchmark est désormais nécessaire pour sélectionner des composants fiables, peu coûteux, et dont les fabricants garantissent une disponibilité sur au moins dix ans, afin de permettre la maintenance ou le déploiement futur de nouveaux dispositifs. L'objectif final est également de réduire le coût de production du dispositif afin d'en fabriquer un grand nombre pour une nouvelle campagne de mesures prévue au printemps 2026. Enfin, un dernier objectif est de produire une publication dans une revue spécialisée, présentant les étapes de conception et de réalisation du capteur dans une logique open source. La GI-EIF sera dans les remerciements de la publication au côté de la MITI du CNRS pour le financement humain et matériel de ce projet.