

# Architecture numérique Multifonctionnelle pour la gestion des phénomènes transitoires dans les micro-réseaux d'Énergie

---

Début souhaité : dès que possible

## Consortium pour l'encadrement

- **Guillaume Viné**, MCF, spécialisé en caractérisation large-bande de fréquence,
- **Baptiste Trajin**, MCF, spécialisé en traitement du signal,
- **Mohamed Kouki**, MCF, spécialisé sur la gestion des réseaux d'énergie,
- **Stéphane Baffreau**, MCF, spécialisé en caractérisation large-bande de fréquence,
- **Pierre Chalimbaud**, MCF, spécialisé en conception électronique numérique.

## Durée du contrat

1 an

## Candidatures

- Envoyer CV détaillé et lettre de motivation aux formats pdf par mail à [guillaume.vine@uttop.fr](mailto:guillaume.vine@uttop.fr) et [baptiste.trajin@uttop.fr](mailto:baptiste.trajin@uttop.fr)
- Ouverture des candidatures : 24/11/2025.
- Fin des candidatures : 19/12/2025 -18pm.
- Après une phase de sélection sur dossier des auditions par visio se tiendront sur convocation entre le 05/01/2026 et le 16/01/2026.

## Introduction

Le projet porte sur la gestion de la qualité de l'énergie et de la compatibilité électromagnétique (CEM) dans les micro-réseaux d'énergie renouvelable. Ces réseaux, intégrant une variété de sources d'énergie, de charges actives et de systèmes de stockage, font face à de nouveaux défis, notamment en raison de la multiplication des convertisseurs statiques. En particulier, la gestion des phénomènes transitoires, qui affectent la fiabilité des réseaux, devient particulièrement complexe en raison de la diversité des sources d'énergie, des reconfigurations possibles des réseaux et de la nécessité de filtres passifs pour les convertisseurs. Ces phénomènes peuvent entraîner des interférences, perturber le fonctionnement du réseau et endommager les équipements. Le projet a pour objectif de développer des capteurs de tension et de courant, équipés d'une électronique de traitement rapide (FPGA), afin de détecter et analyser ces transitoires. En utilisant des algorithmes d'analyse temps-fréquence, tels que la transformée en ondelettes, ces capteurs permettront d'identifier en temps réel les types et les sources des transitoires. Ces informations remontées au système de contrôle et de supervision temps réel du réseau, pourront permettre une gestion optimisée du réseau et un diagnostic en temps réel des contraintes CEM.

## Objectifs

Le projet vise à concevoir un système de détection rapide des phénomènes transitoires, afin de garantir une gestion optimale des micro-réseaux d'énergie renouvelable. Des capteurs de tension et de courant, intégrant une électronique numérique rapide (type FPGA), seront développés pour le traitement en temps réel des signaux. Ce traitement permettra un débruitage des signaux mesurés pour optimiser la détection, ainsi que l'identification précise de la nature et de la source des transitoires.

Les traitements se baseront sur la transformée en ondelettes pour discriminer les événements selon leur fréquence et leur localisation temporelle, avec des filtres optimisés et à faible complexité, adaptés aux FPGA à échantillonnage rapide. Les verrous scientifiques du projet concernent le développement d'algorithmes capables de gérer la diversité des phénomènes transitoires en termes de durée, amplitude et nature, ainsi que l'architecture numérique haute performance, capable de garantir rapidité de traitement, précision et puissance de calcul. Enfin, le développement de systèmes de contrôle distribués multifonctions constitue un objectif central pour la mise en œuvre de micro-réseaux performants.

## Description détaillée

Le développement des micro-réseaux d'énergie renouvelable, intégrant de multiples sources, charges actives et systèmes de stockage pilotés, complexifie la gestion de la qualité de l'énergie et de la compatibilité électromagnétique (CEM) en raison notamment de la démultiplication des convertisseurs statiques. Cette contrainte représente un défi majeur pour la fiabilité et la stabilité de ces micro-réseaux.

Une problématique centrale dans ce contexte est l'impact des phénomènes transitoires, en tension et courant, pouvant endommager les équipements et affecter la performance du réseau. Ces transitoires peuvent intervenir lors de la commutation des équipements (mise en marche, arrêt), en cas de défauts sévères dans les équipements ou le système de distribution (court-circuit, défaut de terre), de décharges dues à une dégradation de l'isolation (machines électriques, transformateurs, panneaux photovoltaïques), ou encore lors d'impacts de foudre. Ces phénomènes transitoires peuvent générer des interférences perturbant le fonctionnement du réseau, déclencher accidentellement des dispositifs de protection, et, dans les cas les plus critiques, provoquer une défaillance en cascade de l'ensemble du réseau.

L'atténuation des risques associés à ces transitoires représente un enjeu majeur pour le développement des micro-réseaux. En particulier, la littérature met en évidence que la détection et la localisation des défauts de court-circuit dans les micro-réseaux, une fonction de protection cruciale, représentent un challenge difficilement adressable avec les méthodes employées dans les réseaux conventionnels. En effet, la diversité des sources d'énergie et les reconfigurations potentielles du réseau entraînent des amplitudes et dynamiques variables des courants de défaut. De plus, la multiplication des convertisseurs statiques impose l'utilisation de filtres passifs qui réduisent les niveaux des courants de court-circuit, rendant ainsi les disjoncteurs classiques moins performants, entraînant des risques de sous-détection.

Dans ce cadre, le développement de capteurs de tension et de courant, associés à une électronique de traitement rapide exploitant des analyses temps-fréquence des signaux pour distinguer les différents types de transitoires et identifier leurs sources, constitue un axe de développement primordial. L'objectif est double : permettre d'une part la mise en œuvre de la gestion du réseau adaptée, telles que l'isolement de certaines parties du réseau et le contrôle des instabilités engendrées ; et d'autre part, par le diagnostic en temps réel fourni par ces capteurs, permettre l'identification et l'analyse de problématiques CEM (équipements perturbateurs et dysfonctionnements associés).

La problématique complexe à traiter est ainsi de deux ordres :

- 1) Niveau capteur : Assurer une détection rapide des transitoires, une identification de leur source et le transfert au système de contrôle et de supervision temps réel du réseau.
- 2) Niveau réseau : Développer les stratégies adaptées du réseau pour garantir sa reconfiguration et sa

stabilité ; Développer les méthodes de diagnostic CEM en associant les mesures à la modélisation du réseau.

Le premier point constitue l'objectif du projet. La problématique scientifique porte sur le développement de capteurs intelligents intégrant une électronique numérique rapide type FPGA pour le traitement associé de la détection. La spécificité du projet réside dans la prise en considération d'une large diversité de phénomènes transitoires, qu'ils soient liés à la qualité de l'énergie (dynamique relativement lente) ou à la compatibilité électromagnétique (dynamique très rapide). Ces phénomènes, variés en durée, amplitude et nature (impulsionnels ou oscillations amorties), imposent une détection ultra-rapide. Les enjeux scientifiques se déclinent comme suit :

- Le développement de capteurs larges bandes de fréquence présentant des hautes performances pour la détection de fortes amplitudes sur de courtes durées.
- Le développement de code FPGA optimisé pour une vitesse de traitement rapide.
- Le développement d'algorithmes de traitement alliant des capacités de débruitage et d'identification de la nature et la source des transitoires. En ce sens, la transformée en ondelettes représente un outil essentiel pour ces analyses. En effet, celle-ci permet de discriminer les événements en fonction de leur fréquence et de leur localisation temporelle, ce qui la rend particulièrement adaptée pour des applications telles que la détection de court-circuits ou de décharges partielles. De plus, l'utilisation de la transformée en ondelettes numérique implique la programmation de filtres optimisés, avec une complexité algorithmique réduite, adaptée aux cibles FPGA à échantillonnage rapide.

Le deuxième point représente les perspectives du projet avec l'application d'un réseau de capteurs intelligents dans le micro-réseau d'énergie renouvelable Genhyo de la plateforme PRIMES permettant l'optimisation de la gestion de la qualité de l'énergie et des enjeux liés à la compatibilité électromagnétique (CEM).

Ce projet s'ancre dans les thématiques de recherche de l'équipe e-ACE2 : gestion des réseaux d'énergie, caractérisation large-bande de fréquence et conception électronique numérique. Ils se baseront sur des travaux antérieurs entrepris par l'équipe :

- Post-Doctorat (24 mois) sur projet DGA Rapid 2020-2022 : "Etude et conception d'un capteur de courant intégré en technologie d'impression 3D"
- Stage de Master 2 - 1er semestre 2023 : "Conception d'une chaîne de conversion analogique-numérique rapide pour l'acquisition et le traitement de mesures en électronique de puissance"
- Stage de Master 2 - 1er semestre 2024 : "Traitement numérique du signal sur FPGA pour l'analyse en temps réel de la compatibilité électromagnétique d'un module de puissance".

## Profil recherché

Le (la) candidat(e) devra être titulaire d'un doctorat en génie électrique avec des compétences dans les smart-grids, le traitement du signal et/ou la programmation de cibles numériques temps-réel. Outre des qualités scientifiques avérées, le (la) candidat(e) devra posséder une curiosité pour aborder les différents champs thématiques proposés mais aussi être force de proposition dans le déroulement de l'étude.

Le (la) candidat(e) devra également posséder un bon niveau de maîtrise de l'anglais et des qualités de communication et de synthèse écrites et orales en français comme en anglais.

## Lieu de déroulement

Les travaux se dérouleront principalement sur 2 lieux situés à 5 km l'un de l'autre :

- Laboratoire Génie de Production, U T T O P - E N I T , 47 Avenue d'AZEREIX, 65000 TARBES ;

- Plateforme PRIMES, 67 Boulevard Pierre Renaudet, 65000 Tarbes. Cette adresse sera le lieu principal de l'étude.

## Financement

Ce contrat-post-doctoral au sein du projet AMIE est financé par le programme NUTTEO *Nouvelle Université de Technologie à Tarbes en Occitanie*, lauréat en août 2023 de l'appel à projets "Excellence sous toutes ses formes – ExcellencES" » du Programme Investissements d'Avenir (PIA4)