



Avis de Soutenance

Monsieur Deepak AMARIPADATH

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **vendredi 22 novembre 2019** à 10h00
Lieu : LNE 29 Avenue Roger Hennequin 78190 TRAPPES France
Salle : Bâtiment Maxwell, M144

Titre des travaux : Développement d'outils pour l'étude précise des émissions supra-harmoniques dans les réseaux intelligents

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 63

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Fei GAO

Codirecteur de thèse : Robin ROCHE HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Fei GAO	Professeur	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
Mme Daniela ISTRATE	Ingénieur de Recherche	Laboratoire National de Métrologie et d'Essais	Examineur
M. Robin ROCHE	Maître de Conférences	Université Bourgogne - Franche-Comté	Co-directeur de thèse
Mme Mihaela ALBU	Professeur	Universitatea Politehnica din București	Rapporteur
M. Serhiy BOZHKO	Professeur	University of Nottingham	Rapporteur
M. Marc PETIT	Professeur	CentraleSupélec - Université Paris-Saclay	Examineur

Mots-clés : Qualité de l'énergie, Sources d'énergie renouvelables, Réseaux intelligents, Émissions supra-harmoniques, Plateforme d'onde,

Résumé de la thèse (en français) :

Alors que la préoccupation mondiale pour le changement climatique et ses effets se multiplient, les gouvernements sont forcés de prendre des décisions fermes en faveur de la mise en place des réseaux électriques intelligents. Toutefois, le succès de ces actions dépend fortement de la satisfaction de certaines exigences du réseau électrique soulevées par la qualité de l'énergie fournie et les moyens de l'évaluer. Les réseaux électriques intelligents doivent relever les défis posés par l'utilisation croissante des sources d'énergie renouvelables, telles que le photovoltaïque (PV), le vent, etc. et les équipements, tels que les onduleurs photovoltaïques (PVI), les chargeurs de véhicules électriques (EVC), etc. Cela introduit un environnement opérationnel de dynamique complexe pour le système de distribution. Les distorsions provenant d'équipement de nouvelle génération et de charge sont généralement plus importantes et moins régulières que celles dues à l'équipement de génération traditionnelle et de charge, rendant les mesures de puissance et d'énergie difficiles à effectuer. Dans ce contexte, la thèse vise à quantifier et reproduire les émissions supra-harmoniques pour des fréquences de 2 à 150 kHz. Par conséquent, la littérature existante sur les émissions supra-harmoniques pour des fréquences de 2 à 150 kHz est étudiée. Le système de mesure à 4 voies est conçu et mis en œuvre pour la mesure des composantes fondamentales et supra-harmoniques des formes d'onde de tension et de courant pour des fréquences de 2 à 150 kHz dans le réseau électrique. Les mesures sont effectuées dans la plateforme Concept Grid. La caractérisation des équipements individuels et les tests du réseau électrique sont effectués ici. Les formes d'onde acquises durant les campagnes de mesure sont traitées mathématiquement à l'aide de l'algorithme de transformation rapide de Fourier (FFT) et statistiquement à l'aide de l'algorithme d'analyse de variance (ANOVA). Le traitement mathématique et statistique des formes d'onde acquises permet de déterminer les effets individuels et les interactions des différents paramètres dans la génération des émissions supra-harmoniques dans le réseau électrique. Les différents paramètres, tels que les émissions primaires et secondaires, les effets de la longueur du câble, les effets de l'ajout soudain et l'enlèvement de l'équipement de charge sont également étudiés. La thèse décrit la conception de la plateforme complexe d'onde, qui peut être utilisée pour des essais en laboratoire et la caractérisation des analyseurs de qualité de puissance (PQA) pour des fréquences de 2 à 150 kHz. Dans les réseaux électriques, la plateforme d'onde peut être utilisée pour mesurer les émissions supra-harmoniques pour des fréquences de 2 à 150 kHz. L'architecture logicielle de la plateforme d'onde est décrite ici. De plus, le document explique la conception matérielle de la plateforme d'onde. Il comprend également les applications de la plateforme d'onde du laboratoire et du réseau électrique. La configuration au laboratoire pour la caractérisation du PQA et le schéma de mesure pour les formes d'onde du réseau électrique sont également représentés ici. Le bilan d'incertitude pour la plateforme d'onde est calculé en tenant compte des différents facteurs, tels que la longueur du câble, le bruit, etc., sont discutés dans la thèse. Enfin, le PQA est caractérisé dans des fréquences de 2 à 150 kHz par rapport à la plateforme d'onde pour des amplitudes d'émission variables.

Abstract (in English):

As the worldwide concern for the climate change and its effects are growing, the governments are forced to make strong decisions in favour of the implementation of the smart electrical grids. However, the success of these actions strongly depends on meeting the certain requirements of the electricity system raised by the quality of the energy supplied and the means to assess it. The smart electrical networks have to tackle the challenges raised by the increasing uptake of the renewable energy sources, such as the photovoltaic (PV), wind, etc. and the equipment, such as photovoltaic inverters (PVI), electric vehicle chargers (EVC), etc. This introduces a complex dynamic operating environment for the distribution system. The distortions coming from the new generation and load equipment are generally larger and less regular than those due to the traditional generation and load equipment, making the power and energy measurements difficult to perform. In this context, the thesis aims to quantify and reproduce the supraharmonic emissions in the frequency range of 2 to 150 kHz. Therefore, the existing literature on the supraharmonic emissions in the frequency range of 2 to 150 kHz is studied. The 4-channel measurement system is designed and implemented for the measurement of the fundamental and supraharmonic components of the voltage and current waveforms in the frequency range of 2 to 150 kHz in the electrical network. The measurements are carried out in the Concept Grid platform. The individual equipment characterization and electrical network tests are carried out here. The waveforms acquired during the measurement campaigns are processed mathematically using the fast Fourier transform (FFT) algorithm and statistically using the analysis of variance (ANOVA) algorithm. The mathematical and statistical processing of the acquired waveforms helps to determine the individual effects and interactions of the different parameters in the generation of the supraharmonic emissions in the electrical network. The various parameters, such as the primary and secondary emissions, effects of the cable length, effects of the sudden addition and removal of the load equipment are also studied. The thesis describes the design of the complex

waveform platform, which can be used for the laboratory testing and the characterization of the power quality analyzers (PQA) in the frequency range of 2 to 150 kHz. In the electrical networks, the waveform platform can be used to measure the supraharmonic emissions in the frequency range of 2 to 150 kHz. The software architecture of the waveform platform is described here. In addition, the paper explains the hardware design of the waveform platform. It also includes the laboratory and electrical network applications of the waveform platform. The laboratory setup for the characterization of the PQA and the measurement schema for the electrical network waveforms are also depicted here. The uncertainty budget for the waveform platform is calculated considering the various factors, such as the cable length, noise, etc. are discussed in the thesis. Finally, the PQA is characterized in the frequency range of 2 to 150 kHz with respect to the waveform platform for varying emission amplitudes.