

DOSSIER DE VAE DOCTORALE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique,
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : Génie Electrique

Par

Boris BRUNED

**Amélioration de la vitesse de calcul et de la précision des outils de
simulation des phénomènes transitoires électromagnétiques sur les
réseaux électriques**

VAE Doctorale présentée et soutenue à Saint-Nazaire, le 26/01/2023

Rapporteurs avant soutenance :

Mario PAOLONE
Seddik BACHA

Full Professor, EPFL Lausanne
Professeur des Universités, Université Grenoble-Alpes

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom
Examineurs : Corinne MIRAL
Jean MAHSEREDJIAN
Nicolas BRACIKOWSKI
Sébastien DENNETIERE
Didier TRICHET

Réf. VAE HDR : François AUGER

Fonction et établissement d'exercice
Maître de conférences HDR, Nantes Université
Professeur Titulaire, Polytechnique Montréal
Maître de conférences, Nantes Université
Docteur, RTE Lyon
Professeurs des Universités, Nantes Université
Professeurs des Universités, Nantes Université

Invité(s)

Bertrand CLERC Ingénieur, RTE Lyon

Titre : Amélioration de la vitesse de calcul et de la précision des outils de simulation des phénomènes transitoires électromagnétiques sur les réseaux électriques

Mots clés : Validation des Acquis de l'Expérience, Réseaux Électriques, Dispositifs d'Électronique de Puissance, Simulation, Transitoires Électromagnétiques, Temps réel, Équations de réseaux, Équivalent fréquentiel de réseau, Parallélisation, Équations de Contrôle, Boucles de rétroaction

Résumé : Ce mémoire de doctorat rédigé dans le cadre de la Validation des Acquis de l'Expérience (VAE) résulte de sept années de travail en tant qu'ingénieur R&D au sein de l'entreprise RTE (Réseau de Transport d'Électricité) sur les outils de simulation de Transitoires ElectroMagnétiques (EMT) des réseaux électriques. Des compétences de chercheur ont été développées autour de la thématique de la simulation temps réel des réseaux électriques incluant de l'électronique de puissance. En effet, au vu des objectifs de la Transition Énergétique, un nombre croissant de dispositifs d'électronique de puissance est installé sur le réseau pour l'intégration des énergies renouvelables. La simulation EMT est au cœur de ces enjeux car elle est utilisée pour valider le bon fonctionnement de ces dispositifs.

L'axe principal de mes recherches est d'accélérer la vitesse de calcul et d'améliorer la précision des simulations EMT d'un réseau électrique. Des équivalents de réseaux fréquents ont été mis en œuvre pour le temps réel afin de réduire le nombre de variables pris en compte par la résolution des équations de réseaux. Les techniques de parallélisation des équations de réseaux ont été étudiées et implémentées en temps réel pour accélérer le temps de simulation. Enfin, le nombre de variables associées aux boucles de rétroaction des équations des contrôles d'un réseau électrique, ont été réduites pour augmenter la vitesse de calcul.

Title : Improvement of speed up computation and accuracy for the simulation of electromagnetic transient phenomena in electrical networks

Keywords : Validation of prior Learning and Experience, Electrical Networks, Power Electronics Equipment, Simulation, Electromagnetic Transients, Real-Time, Network Equations, Network Frequency Equivalent, Parallelization, Control Equations, Feedback loop.

Abstract : This doctoral dissertation, written under the framework of the Validation of prior Learning and Experience (VAE) results from seven years of work as an R&D engineer within RTE (Electricity Transport Network) on tools for simulating ElectroMagnetic Transients (EMT) of electrical networks. Researcher skills have been acquired in the field of real-time simulation of electrical networks including power electronics. Indeed, given the objectives of the Energy Transition, an increasing number of power electronic equipment are installed on the network to integrate renewable energies. EMT simulation is at the heart of these challenges since they are used to validate the proper functioning of these devices.

The main topic of my research is to accelerate the computation speed and to improve the accuracy of EMT simulations of an electrical network. Frequency network equivalents have been implemented in real-time to reduce the number of network equations to solve. Network equation parallelization techniques have been studied and implemented in real-time to speed up simulation time. Finally, the number of variables related to feedback control loop equations of an electrical network has been reduced to increase the computation speed