

Avis de Soutenance

Monsieur Matthieu BELEY

Génie électrique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
*Dimensionnement, modélisation et conception de convertisseurs très haute fréquence :
Application à la classe E*

dirigés par Monsieur Arnaud BREARD

Soutenance prévue le **mercredi 10 décembre 2025** à 9h00

Lieu : Ecole Centrale de Lyon, 36 avenue Guy de Collongues, 69130 Ecully

Salle : Amphi. 1 bis

Composition du jury proposé

M. Arnaud BREARD	Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
Mme Audrey MARTIN	Université de Limoges	Rapporteuse
Mme Anne-Sophie DESCAMPS BACQUET	Université de Nantes	Examinatrice
M. Loris PACE	Ecole Centrale de Lyon	Co-encadrant de thèse
M. Ghislain DESPESSE	CEA-LETI	Rapporteur
M. Yves LEMBEYE	Université Grenoble-Alpes	Examineur
M. Christian MARTIN	Université Claude Bernard Lyon 1	Examineur
M. Mohamed BENSETTI	Université Paris-Saclay - Centrale Supélec	Examineur

Mots-clés : Conversion très haute fréquence, Classe E, GaN HEMT, Commutation douce, Méthode de dimensionnement, Caractérisation haute-fréquence

Résumé :

L'électronique de puissance joue un rôle majeur dans l'électrification des systèmes modernes, en assurant un transfert d'énergie efficace entre les différents sous-systèmes. L'augmentation de la fréquence de découpage des convertisseurs a permis d'améliorer leur densité de puissance au cours des dernières décennies. En ce sens, atteindre des fréquences de l'ordre de plusieurs dizaines de mégahertz permet de s'affranchir des matériaux magnétiques et des pertes associées. La conversion très haute fréquence est une piste de recherche prometteuse pour améliorer la densité de puissance des convertisseurs et réduire leur hétérogénéité, ainsi que pour répondre à certains besoins applicatifs spécifiques tels que la transmission d'énergie sans-fil ou la génération de plasma. Cette thématique de recherche bénéficie d'un nouvel élan depuis quelques années grâce à l'émergence de composants grand-gap, tels que les transistors à base de Nitrure de Gallium (GaN), capables de commuter en quelques nanosecondes. Pour s'affranchir des pertes en commutation, il convient d'utiliser des topologies résonantes possédant des structures bien particulières. La structure mono-interrupteur de classe E, bien connue du domaine des radiofréquences, permet d'atteindre des rendements théoriques élevés (> 90 %) à très haute fréquence. Elle reste aujourd'hui peu exploitée pour des applications d'électronique de puissance. En effet, les méthodes de dimensionnement de ces convertisseurs très haute fréquence sont complexes et difficilement généralisables aux besoins du concepteur. De plus, le rendement et la fiabilité des convertisseurs restent limités. Dans ce contexte, ces travaux proposent une méthode de dimensionnement générique et intuitive. Celle-ci est fondée sur une mise en équation analytique exhaustive du circuit de classe E. A partir de certains critères de performance, un espace de conception optimisée est identifié et permet de concevoir des onduleurs de classe E. Plusieurs scénarios répondant au même cahier des charges peuvent ainsi être imaginés, et comparés avant toute réalisation expérimentale. Cette méthode peut également s'appliquer à la conception de convertisseurs DC-DC isolés et basés sur la classe E, qui peuvent être associés en série ou en parallèle et ainsi répondre à de nombreux besoins applicatifs. Pour valider cette approche, trois prototypes d'onduleurs de classe E (40,68 MHz, 50 W, 87,9 – 94,2 % de rendement) et un prototype de convertisseur DC-DC isolé de classe E² (40,68 MHz, 50 W, 73,3 % de rendement) ont été développés. Le transistor GaN fonctionne en commutation douce, conformément aux hypothèses de la méthode. Un modèle de simulation est également proposé et confronté aux résultats expérimentaux. Celui-ci s'appuie sur la caractérisation haute fréquence des composants passifs et actifs, et sur la modélisation électromagnétique du circuit imprimé. Les impédances réelles des éléments résonants, ainsi que celles des éléments parasites, sont ainsi anticipées dès le dimensionnement. La non linéarité des capacités parasites des semi-conducteurs est également prise en compte et intégrée dans le processus de dimensionnement.