

# Avis de Soutenance

Monsieur Nassim BENNACER

Génie électrique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés  
*Développement de convertisseur d'électronique de puissance pour le pilotage de valves à base d'éléments piézoélectriques*

Travaux dirigés par Monsieur Christian MARTIN

Soutenance prévue le **vendredi 10 avril 2026** à 10h00

Lieu : 1, rue J.B. LAMARCK 69100 Villeurbanne

Salle : Amphi 6 Marie Curie

## Composition du jury proposé

M. Christian MARTIN	Professeur des universités	Lyon 1 Université	Directeur de thèse
M. Charles JOUBERT	Professeur des universités	Lyon 1 Université	Examineur
Mme Imen BAHRI	Maître de conférences	Université Paris-Saclay	Examinatrice
M. David FREY	Maître de conférences	Université Grenoble Alpes	Examineur
Mme Edith CLAVEL	Professeure des universités	Université Grenoble Alpes	Rapporteuse
M. Ghislain DESPESSE	Directeur de recherche	CEA Grenoble	Rapporteur
M. Loris PACE	École Centrale de Lyon	Invité	

**Mots-clés :** piézoélectricité, haute-tension, conversion DC/DC, conversion DC/AC, Fort gain en tension

## Résumé :

De nos jours, la plupart des véhicules off-road sont équipés de moteurs thermiques couplés à des transmissions hydrauliques, principalement en raison de la forte densité de puissance requise. Toutefois, des améliorations au niveau de la contrôlabilité sont nécessaires. pour réduire le bruit et les vibrations indésirables. Dans ce contexte, le projet P4Hydro propose l'intégration d'actionneurs piézoélectriques rapides, caractérisés par un temps de réponse de 1ms, au sein du système de transmission hydraulique. Le pilotage de tels actionneurs exige toutefois le développement d'une électronique de puissance adaptée à leurs contraintes spécifiques (niveau de tension élevé et comportement capacitif). L'objectif de cette thèse est le développement d'une architecture de conversion destinée au pilotage de plusieurs actionneurs piézoélectriques nécessitant une tension de 1000V , fournie à partir d'une source batterie de 48V . Cette architecture doit satisfaire à la fois des contraintes fonctionnelles, telles qu'un fort gain en tension et un actionnement rapide de l'ordre de 1ms, ainsi que des exigences liées au cahier des charges, incluant le rendement, le coût, le volume occupé et la dynamique. L'architecture retenue repose sur un convertisseur DC/DC à fort gain de

tension (48/1000V ), suivi de plusieurs convertisseurs DC/AC unipolaires assurant le pilotage individuel de chaque actionneur piézoélectrique. L'organisation du manuscrit distingue, dans un premier temps, l'étude, la réalisation et la mise en oeuvre des convertisseurs DC/DC et DC/AC, avant d'aborder la mise en place de l'architecture complète de conversion. Le convertisseur DC/AC est destiné au pilotage d'un seul actionneur piézoélectrique en garantissant des temps de montée et de descente ajustés à 1ms. Ceci est obtenue par l'introduction d'un contrôle haute fréquence du courant fourni à l'actionneur, prenant en compte son impédance propre ainsi que les contraintes exigées au convertisseur. Les résultats expérimentaux montrent un comportement du prototype similaire aux résultats issus des simulations, avec un écart relatif inférieur à 1 % sur les temps de montée et de descente. Le convertisseur DC/DC, quant à lui, est dimensionné pour fournir une tension continue de 1000V sur une large plage de puissance comprise entre 0 et 200 W, correspondant aux différentes séquences de pilotage de l'ensemble des actionneurs piézoélectriques. Les résultats expérimentaux obtenus sur le prototype montrent un rendement élevé, compris entre 94.5% et 96.6 % pour des puissances de sortie allant de 20W à 200W, surpassant les rendements des topologies à fort gain de tension retrouvées dans la littérature. Enfin, l'architecture complète de conversion est validée à partir de l'assemblage des convertisseurs développés pour des scénarios de fonctionnement envisagés pour le cas de deux actionneurs piézoélectriques. Les résultats obtenus confirment la conformité de l'architecture proposée avec le cahier des charges, au niveaux de la plage de variation de la tension continue de 1000V et des temps d'actionnement imposés à 1 ms.

### Summary:

Nowadays, most off-road vehicles are equipped with combustion engines coupled with hydraulic transmissions, mainly due to the high power density required. However, improvements in controllability are needed to reduce unwanted vibrations and noise. In this context, the P4Hydro project proposes the integration of fast piezoelectric actuators, characterized by a time response of 1ms, into the hydraulic transmission system. However, driving such actuators requires the development of power electronics adapted to their specific constraints (high voltage level and capacitive behavior). The objective of this thesis is to develop a conversion architecture for controlling several piezoelectric actuators requiring a voltage of 1000V , supplied from a 48V battery source. This architecture must satisfy both functional constraints, such as high voltage gain and fast actuation in the order of 1ms, as well as requirements related to specifications, including efficiency, cost, volume, and dynamics. The chosen architecture is based on a DC/DC converter with high voltage gain (48/1000V ), followed by several unipolar DC/AC converters ensuring individual drive of each piezoelectric actuator. The manuscript is organized as follows : first, it discusses the study, design, and implementation of DC/DC and DC/AC converters, before addressing the assembly of the conversion architecture. The DC/AC converter is designed to drive a single piezoelectric actuator, guaranteeing rise and fall times adjusted to 1ms. This is achieved by introducing high-frequency control of the current supplied to the actuator, taking into account its own impedance and the constraints imposed on the converter. The experimental results show that the prototype behaves similarly to the simulation results, with a relative error of less than 1% in rise and fall times. The DC/DC converter is designed to supply a continuous voltage of 1000V over a wide power range between 0 and 200 W, corresponding to the different drive sequences of all the piezoelectric actuators. The experimental results obtained on the prototype demonstrate high efficiency, between 94.5% and 96.6% for output powers ranging from 20W to 200W, surpassing the efficiencies of high voltage gain topologies found in the literature. Finally, the complete conversion architecture is validated based on the assembly of the converters developed, in all operating scenarios considered for the case of two piezoelectric actuators. The results obtained confirm that the proposed architecture complies with the specifications in terms of the DC voltage variation range of 1000V and the actuation times imposed at 1 ms.