



LABORATOIRE PLASMA ET CONVERSION
D'ENERGIE
UMR 5213

Objet : Offre de Sujet de Thèse.

Toulouse, le 09 mars 2021

Titre : Etude d'un convertisseur 48V/12V à haute efficacité énergétique et forte disponibilité fonctionnelle pour application automobile.

Le contexte :

Les enjeux :

L'évolution actuelle des électroniques embarquées dans l'automobile, notamment due à l'accroissement de la puissance des calculateurs de bord, nécessite des solutions d'alimentation visant à gérer au mieux la distribution de l'énergie électrique. Cette tendance fait entre autres émerger l'apparition d'un réseau de bord 48V permettant de réduire la section des câbles d'alimentation. La réduction de poids obtenue contribue à diminuer la consommation de carburant, entraînant notamment la réduction des émissions de CO₂.

Aujourd'hui, le nombre de charges nécessitant des forts courants présents dans une automobile est considérablement élevé (HVAC, Alternateur-démarrateur, ...) ce qui justifie l'introduction d'un bus 48V. Elle se combine avec l'émergence des systèmes de micro-hybridation sur les groupes motopropulseurs qui visent à seconder le moteur thermique afin de réduire la consommation d'énergies fossiles et l'émission de polluants. Toutefois, la plupart des fonctions et des systèmes électroniques actuels restent alimentés en 12V. Il est en effet inconcevable de modifier ce niveau de tension d'alimentation qui concerne l'ensemble des cartes électroniques actuelles. La conception de convertisseurs statiques 48V/12V offrant de forts rendements énergétiques pour un faible encombrement/poids devient nécessaire. Par souci de redondance et afin d'optimiser leurs performances dynamiques, ces convertisseurs seront dupliqués et devront être placés au plus près de leurs charges électroniques. On parle alors de système de conversion décentralisé/distribué (ou zonal) qui fera intervenir plusieurs convertisseurs 48V/12V disposés en des points stratégiques du véhicule (avant-droit, avant-gauche, arrière-droit, arrière-gauche). Sachant que l'on estime le besoin de puissance total en sortie du bus 12V à environ 3KW, chaque convertisseur indépendant devra pouvoir fournir 750W.

INP ENSEEIHT - 2, rue Camichel - BP 7122 - 31071 Toulouse cedex 7 (France)

Tél. : (33) (0)5 34 32 24 03 - Télécopie : (33) (0)5 61 63 88 75 – sec-n7@laplace.univ-tlse.fr - <http://www.laplace.univ-tlse.fr>



A ce niveau de puissance, l'utilisation de *topologies classiques* ne comportant qu'une seule cellule de commutation **ne permet plus** d'obtenir des rendements suffisants et surtout contraint d'utiliser des éléments de filtrage dont l'encombrement devient prohibitif.

Aujourd'hui, de nouvelles architectures de convertisseurs, plus performantes en termes de rendement, de temps de réponse et de réduction d'encombrement des filtres, sont fréquemment utilisées pour des applications telles que les alimentations de microcontrôleurs sur les cartes mères d'ordinateur. Parmi ces architectures, on peut citer les structures dites «*séries multiniveaux*» à capacités flottantes qui permettent de répartir la tension élevée d'entrée sur plusieurs cellules de commutation et «*parallèles multiphases*» à inductances couplées (ou non) qui permettent de répartir les courants sur plusieurs cellules de commutation, d'utiliser des composants de plus faible calibre en tension ou en courant, d'atteindre ainsi des fréquences de commutation très élevées tout en conservant un rendement maîtrisé et de réduire considérablement la taille des éléments passifs de filtrage d'entrée et de sortie.

Les verrous techniques à lever :

Si l'usage de ces architectures multicellulaires est une piste pertinente pour l'implémentation des alimentations 48V/12V, leur utilisation pour des applications automobiles soulève de nombreux défis. En effet, les niveaux de sécurité attendus sont extrêmement élevés (perte l'alimentation = perte de fonction = accident), la conception doit être « par nature » tolérante aux pannes et les électroniques doivent répondre à la norme ISO26262. Pour répondre à ces problématiques, l'usage de nouvelles architectures de convertisseurs doit :

- Offrir de *nouvelles perspectives en termes de reconfigurabilité* permettant de s'adapter aux variations soit de la tension d'entrée fournie par la batterie, soit du courant de sortie requis par la charge (fonctions de suivi de rendement optimal « phase-shedding » ou d'ondulation minimale de tension de sortie),
- Offrir également des *lois de commandes adaptées permettant d'inclure des dispositifs de protection* permettant de garantir une continuité de mission en cas de défaillance partielle d'un ou de plusieurs éléments du convertisseur (ajout ou retrait d'une cellule en fonctionnement par exemple).
- Potentiellement permettre d'avoir recours à des *technologies à tensions d'utilisation limitées, donc bas coût*, pour adresser des applications de plus forte tension.

Le cadre de l'étude :

[La société NXP semiconductors](#) NXP est un leader mondial des solutions intégrées de l'électronique embarquée servant les marchés de l'automobile, du grand public, de l'industrie et des réseaux. Sa division Advanced Power System (APS) largement représentée sur le site de Toulouse (60 personnes) réalise depuis plus de 20 ans des systèmes électroniques intégrés sur silicium pour la gestion de l'énergie des cartes électroniques, que ce soit pour les segments châssis, moteur, sécurité, confort et loisirs. Ces circuits comportent des convertisseurs statiques de type Buck, Boost ou Buck-Boost gérant des puissances de l'ordre de quelques dizaines de Watts maximum. Ces convertisseurs assurent l'interface entre la batterie/alternateur du véhicule et, par exemple, des charges de type microprocesseurs (basse tension, fort courant 1.2V/10A) ou des dispositifs d'injection directe (moyenne tension >80V).

On peut noter que pour la réalisation de ces convertisseurs, suivant la nature des spécifications en tension/courant des applications visées, les éléments de commutation seront soit externes (transistors MOSFET ou MESFET GaN de fort calibre en courant), soit directement intégrés sur la même puce que le circuit de contrôle (transistor latéral LDMOS faible calibre en courant pour solution monolithique). La filière technologique Analogique et Signaux Mixtes SMARTMOS de la société NXP offre une gamme des composants intégrés analogiques et

numériques bien adaptée pour ce type d'intégration. Elle offre des composants bipolaires et MOSFET, moyenne tension, bas courant utiles pour le traitement du signal analogique et numérique, et des interrupteurs moyenne-tension/moyen-courant pour la commande d'actuateurs ou la conception directe de cellules de commutations monolithiques.

[Le laboratoire LAPLACE](#) (Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie) est une Unité Mixte de Recherche du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT) et de l'Université Toulouse 3-Paul Sabatier (UPS). Les recherches menées au laboratoire vont de l'étude des mécanismes physiques de conversion d'énergie jusqu'aux systèmes qui les mettent en œuvre. Les grands domaines d'applications englobent la production, le transport, la gestion, la conversion et l'usage de l'électricité. Depuis de nombreuses années, le [groupe Convertisseurs Statiques](#) (CS) du LAPLACE étudie, conçoit et optimise de nouvelles architectures de convertisseurs pour assurer une amélioration constante en termes de coût, de rendement et d'encombrement de ces dispositifs. Ses activités concernent les études menant de la cellule de commutation (structure élémentaire d'un convertisseur statique) aux dispositifs les plus optimisés (en volume, rendement, performances CEM).

Le [laboratoire commun SEMA](#) : Afin de renforcer leurs forces et compétences autour des problématiques émergentes du véhicule électrique autonome, le laboratoire LAPLACE et la société NXP créent en février 2020 le laboratoire commun SEMA (Systèmes Embarqués pour la Mobilité Autonome). Le SEMA est une structure de type LCOM INSIS CNRS. La mission du SEMA concerne « l'étude, la conception et le développement amont des électroniques de puissance haute performance du véhicule électrique et autonome du futur ». Quatre champs thématiques scientifiques sont alors couverts : intégration de puissance, sûreté de fonctionnement, robustesse et fiabilité prédictive, distribution de la puissance au sein du véhicule.

Objectifs et organisation des travaux de la thèse :

Les phases à entreprendre :

Afin de répondre à la problématique évoquée, les étapes importantes à entreprendre lors de cette thèse seront:

- Faire un inventaire des solutions existantes dans d'autres domaines d'application (informatique, avionique, médical, ...) et déterminer la nature des solutions les plus adaptées aux contraintes automobiles,
- Proposer des solutions permettant de faire sauter les verrous technologiques identifiés et apporter une solution permettant de répondre à l'objectif souhaité,
- Réaliser, en fin d'étude, un démonstrateur utilisant le meilleur compromis technique et technologique précédemment identifié et apporter par la mise en œuvre d'un banc de caractérisation la preuve de la pertinence des solutions proposées.

Planning Prévisionnel :

Aussi, le planning préliminaire suivant peut d'ores et déjà être proposé (activité, durée, livrable) :

- Bibliographie sur l'inventaire des solutions existantes : activité au LAPLACE, 4 mois suivi d'un rapport sur état de l'art des solutions dans le domaine d'étude,
- Identification des solutions permettant d'améliorer les topologies de conversion actuelles (1ère partie scientifique de la thèse) : activité partagée LAPLACE/NXP, 7 mois suivi d'un rapport énumérant les travaux effectués et solutions identifiées,
- Identification des solutions adaptées aux besoins de sûreté de fonctionnement / tolérance aux fautes (2ème partie scientifique de la thèse): activité partagée

- LAPLACE/NXP, 7 mois suivi d'un rapport énumérant les travaux effectués et solutions identifiées,
- Réalisation d'un démonstrateur et validation expérimentale : activité NXP, 7 + 5 mois suivi d'un rapport de conception et de test,
 - Rédaction du manuscrit de thèse : activité LAPLACE, 6 mois et livraison du manuscrit en fin de thèse.

Informations pratiques pour toute candidature :

Contexte : [Laboratoire Commun SEMA](#) (NXP Toulouse – Laplace) Systèmes embarqués pour la mobilité autonome.

Contacts : Marc Cousineau marc.cousineau@laplace.univ-tlse.fr
 Eric Rolland eric.rolland@nxp.com

Profil du candidat : Formation Ingénieur ou Master (BAC +5) dans les domaines du EEA. Une formation avancée en génie-électrique/électronique de puissance est requise (topologies de convertisseurs, conception et mise en œuvre de circuits de puissance).

Des compétences en automatique (loi de commande classique, commande vectorielle de CVS multiniveaux) sont également attendues.

Des compétences en conception de circuits analogiques intégrés seront aussi appréciées.

Acte de candidature : CV détaillé (incluant les coordonnées des référents de stage) avec lettre de motivation et relevés de notes (Bac +3 à Bac +5).

Financement : Les travaux de thèse et le salaire du ou de la doctorante seront financés pendant 36 mois, dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE).