



**HAL**  
open science

## Filière technologique pour la conception de convertisseurs DC-DC jusqu'à 400V/4kW

Théo Lamorelle, Jean-Christophe Crebier, André Andreta, Yves Lembeye

### ► To cite this version:

Théo Lamorelle, Jean-Christophe Crebier, André Andreta, Yves Lembeye. Filière technologique pour la conception de convertisseurs DC-DC jusqu'à 400V/4kW. Symposium de Génie Electrique, Université de Lorraine [UL], Jul 2018, Nancy, France. hal-02983359

**HAL Id: hal-02983359**

**<https://hal.science/hal-02983359>**

Submitted on 29 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Filière technologique pour la conception de convertisseurs DC-DC jusqu'à 400V/4kW

Théo Lamorelle, André Andreta, Lyubomir Kerachev, Yves Lembeye<sup>1</sup>, Jean-Christophe Crébier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble-INP, G2Elab, F-38000, Grenoble, France

<sup>2</sup>Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble-INP, CMP, F-38000, Grenoble, France

**RESUME** -Cet article présente une filière technologique dédiée à la conception de convertisseurs DC-DC non isolés jusqu'à 400V/4kW. Celle-ci est basée sur l'approche Power Electronics Building Blocks (PEBB) et permet d'accélérer les phases de design et de transfert industriel en utilisant des modules pré-qualifiés et pré-industrialisés. La réalisation d'un prototype à l'aide de cette filière est présentée pour faire une démonstration du concept.

**Mots-clés**—*Electronique de puissance, Convertisseur modulaire, Conversion DC-DC, Conception automatisée.*

## 1. INTRODUCTION

Dans le domaine de l'électronique de puissance l'intérêt pour les convertisseurs modulaires a sensiblement augmenté les dernières décennies. Les principales approches modulaires aujourd'hui sont les IPEM (Integrated Power Electronics Modules), les PEBB (Power Electronics Building Blocks), les convertisseurs entrelacés et les systèmes multi-niveaux [1, 2]. Leurs plus grands avantages ne sont pas uniquement liés aux importantes densités de puissance mais aussi à la possibilité de standardisation et pré-qualification des modules qui réduit la durée de design et de transfert industriel. Malgré le fort potentiel des approches modulaires pour standardiser le flot de conception, beaucoup d'éléments comme les composants magnétiques, les systèmes de refroidissement, les organes de contrôle et de commande etc. doivent être optimisés ou faits sur mesure en fonction des cahiers des charges. Cela induit toujours un travail de design et optimisation supplémentaire nous éloignant de la standardisation désirée et du transfert industriel accéléré.

Pour pallier cette contrainte, une filière technologique dédiée à la conception de convertisseurs non isolés jusqu'à 400V/4kW a été développée. A la différence des approches modulaires conventionnelles, celle-ci présente une librairie de blocs pré-qualifiés et pré-industrialisés pour la réalisation d'un convertisseur. D'autre part, l'optimisation électrique et physique du convertisseur final est effectuée grâce à l'association, au moment du design, différents modules qui le constituent. La filière technologique développée au G2Elab offre les performances suivantes :

Tableau 1. Performances garanties par la filière technologique G2Elab.

Vmin	Vmax	Pmin	Pmax	ηmax	ηmax
20V	400V	100W	4kW	95.5%	97% (100W)

## 2. CONTENU ET UTILISATION DE LA FILIERE TECHNOLOGIQUE

### 2.1. Le Design Kit

La filière technologique a été décrite sous la forme d'un Design Kit pouvant être installé sur des outils de simulation et de CAO déjà existants comme Spice et Altium Designer. Le Design Kit est constitué d'une librairie de modules incluant leurs modèles électriques et les règles de mise en œuvre. Tous les blocs de la librairie de cette filière technologique sont paramétrables et pré-qualifiés suite à des caractérisations expérimentales réalisées dans toutes les conditions de fonctionnement à l'instar de ce qui est fait dans le domaine de la microélectronique. Cela permet de prévoir et simuler précisément les performances du convertisseur final.



Fig. 1. Structure du design kit

### 2.2. Les composants de la filière technologique

Tableau 2. Liste des modules disponibles dans le Design Kit.

Module	Description	Paramètres
Cellule élémentaire de conversion (PEBB)	Convertisseur DAB capacitif	20V/5A, 16kW/l Vin=Vout
Interconnexions de puissance (clips)	Bus bars pour des associations Série/Parallèle	400V/20A
Interconnexions de signal/commande	Générées au niveau du PCB	
Module de contrôle	dsPIC33. Firmware automatiquement adapté	8 PWM
Capteurs de courant, tension et température	Automatiquement placés en fonction de l'association des PEBBs	Tolérance +/- 1% pour I et V, +/-10% pour T
Transfert d'ordres	Isolation des signaux de commande par optocoupleur	
Passifs	R, C, L standards	Tolérance R +/-1% L +/- 20% C +/-20%

Le tableau ci-dessus récapitule les briques élémentaires de la filière technologique à base desquelles des convertisseurs vont pouvoir être réalisés :

Grâce à l'association série et/ou parallèle de plusieurs cellules élémentaires de conversion, le convertisseur final répond au cahier des charges. La cellule élémentaire de conversion représente un convertisseur DAB avec un couplage capacitif [3].



Fig. 2. Photo de la cellule élémentaire de conversion DAB capacitif.

Les interconnexions de puissance (les clips) représentent des jeux de barres répétitifs et configurables en fonction du type d'association des cellules élémentaires de conversion. Les interconnexions de commande sont imprimées au niveau du PCB et elles intègrent aussi les optocoupleurs.

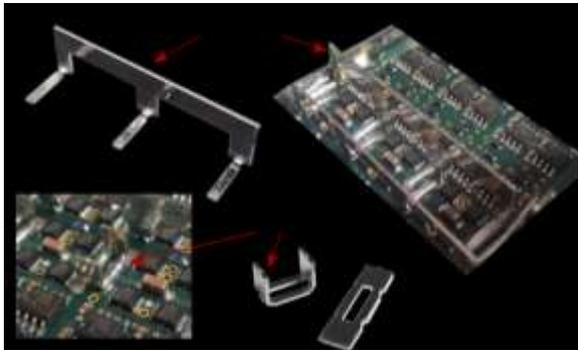


Fig. 3. Photo des clips de puissance pour associer les cellules élémentaires.

Le module de contrôle/commande représente un microcontrôleur de la famille dsPIC33F. Son firmware est généré automatiquement en fonction du nombre des cellules élémentaires de conversion et du type de leur association grâce à un outil spécialement développé pour cet objectif.

Les mesures de courant sont faites par des résistances shunt dont la valeur varie en fonction du calibre du courant, les mesures de tension sont faites avec des diviseurs de tension dont le rapport de division dépend de la tension à mesurer.

Il n'y a pas de restrictions pour l'utilisation des composants passifs tels que les résistances et les capacités puisqu'ils sont standardisés et normalisés. Le seul paramètre qui est imposé est la tolérance en raison de la précision des mesures.

Afin que le convertisseur puisse être fabriqué conformément aux performances garanties par la filière technologique, des règles de design ont été créées pour encadrer la conception. Celles-ci sont automatiquement configurées avec l'installation du Design Kit dans l'outil de CAO. Un document décrivant toutes ces règles ainsi que les caractéristiques de chaque module a été élaboré.

### 3. REALISATION D'UN CONVERTISSEUR DC-DC 2.7kW

Un convertisseur DC-DC élévateur avec un grand rapport de transformation 20V-180V/2.7kW a été réalisé en utilisant la filière technologique. 27 cellules élémentaires de conversion associées en parallèle-série et puis en parallèle-parallèle ont été nécessaires pour répondre au cahier des charges suivant :

Tableau 3. Cahier des charges du convertisseur.

Type de conversion	Tension d'entrée	Tension de sortie	Puissance transférée
DC-DC non-isolée	20V	180V	2.7kW

Le rendement atteint est de 95.5% à pleine charge pour une densité de puissance de 6.5kW/l incluant la carte de la commande et le ventilateur. Ces résultats montrent qu'avec cette approche il est possible d'atteindre des densités de puissances compétitives à l'état de l'art.



Fig. 4. Photo du convertisseur utilisé avec la filière technologique G2Elab.

### 4. CONCLUSIONS

Cet article porte sur la filière technologique de G2Elab dédiée à la conception des convertisseurs jusqu'à 400V/4kW. Cette filière est disponible sous la forme d'un design kit permettant de l'utiliser avec les outils de simulation et CAO commerciaux. Cette nouvelle méthode de conception permet d'accélérer la phase de design et d'anticiper l'industrialisation des prototypes en utilisant des modules pré-qualifiés et pré-industrialisés.

L'article final présentera plus en détails le cœur de la filière technologique ainsi que son couplage avec les outils de simulation et de CAO.

### 5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Linksium pour l'accompagnement dans la démarche de commercialisation de ce travail de recherche.

### 6. REFERENCES

- [1] Narain Hingorani, "PEBB concept for high power electronics," 2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Bari, 2010, pp. 3684-3688.
- [2] D. Boroyevich et al., "IPEM-Based Power Electronics System Integration," 5th International Conference on Integrated Power Electronics Systems, Nuremberg, Germany, 2008, pp. 1-10.
- [3] F. Sarrafin-Ardebili et al "Capacitive Coupling for High Voltage Ratio Power Transfer in Multi-Cell Converters Based on GaN HFETs," CIPS 2016; 9th Int. Conf. on Integrated Power Elec. Systems, Nuremberg, Germany, 2016, pp. 1-6.