



**HAL**  
open science

## Elaboration de ferrites Ni-Zn-Cu pour l'intégration en électronique de puissance

Trong Trung Le, Zarel Valdez Nava, Thierry Lebey, Frederic Mazaleyrat

► **To cite this version:**

Trong Trung Le, Zarel Valdez Nava, Thierry Lebey, Frederic Mazaleyrat. Elaboration de ferrites Ni-Zn-Cu pour l'intégration en électronique de puissance. Symposium de Génie Électrique 2014, Jul 2014, Cachan, France. hal-01065212

**HAL Id: hal-01065212**

**<https://hal.science/hal-01065212>**

Submitted on 18 Sep 2014

**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.

# Elaboration de ferrites Ni-Zn-Cu pour l'intégration en électronique de puissance

Trong Trung LE<sup>1,2</sup>, Zarel VALDEZ-NAVA<sup>1,2</sup>, Thierry LEBEY<sup>1,2</sup>, Frédéric MAZALEYRAT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse; UPS, INPT; LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie); 118 route de Narbonne, F- 31062 Toulouse Cedex 9, France.

<sup>2</sup> CNRS; LAPLACE; F-31062 Toulouse, France.

<sup>3</sup> SATIE, ENS Cachan, CNRS, UniverSud, F-94230 Cachan, France

**RESUME – L'intégration hybride tridimensionnelle des systèmes de puissance passe par le développement d'une part, de nouvelles topologies de conversion de l'énergie et, d'autre part, de nouvelles briques technologiques permettant leur réalisation. Les structures entrelacées nécessitent des composants magnétiques de type ICT (pour Intercellular Current Transformer) qui peuvent avoir de géométries complexes. La démarche suivie dans ces travaux permet d'étudier l'impact de toutes les étapes du procédé depuis la synthèse des matériaux à la réalisation des composants sur les principales propriétés. Pour les géométries complexes nécessaires pour les ICT, deux voies sont proposées, la première consiste en l'usinage des pièces déjà frittées et la seconde en la réalisation de la géométrie avant le frittage. Une comparaison entre une ferrite « classique » et une obtenue par un procédé combinant un pressage et un usinage à « cru » montre que les caractéristiques magnétiques restent équivalentes, ouvrant la voie à la réalisation de géométries plus complexes.**

**MOTS-CLES –Noyaux magnétiques céramiques, Ferrites Ni-Zn-Cu, Pressage isostatique.**

## 1. Introduction

L'intégration hybride tridimensionnelle des systèmes de puissance passe par le développement d'une part, de nouvelles topologies de conversion de l'énergie et, d'autre part, de nouvelles briques technologiques permettant leur réalisation. Les buts de l'intégration de puissance peuvent être aussi divers que la fiabilité, l'augmentation de la densité de puissance, l'amélioration du rendement, la réduction du coût, ... et ne concerne donc pas uniquement une recherche de miniaturisation

Les travaux détaillés ici concernent le développement en vue de leur intégration dans des structures entrelacées de composants magnétiques de type ICT (pour Intercellular Current Transformer) (Fig. 1)[1]. Ces coupleurs magnétiques, qui constituent des éléments clés des convertisseurs étudiés, sont particulièrement complexes à réaliser quand tant les fréquences visées que les valeurs de ces composants nécessitent de matériaux céramiques (ferrites). Les démonstrateurs sont à l'heure actuelle réalisés par deux voies distinctes :

- l'usinage de blocs massifs de ferrites disponibles sur le marché, où
- la réalisation de poudre de ferrites, puis la réalisation de l'objet par frittage (densification de la poudre) d'une forme « cru », obtenue soit par usinage soit par formage direct.

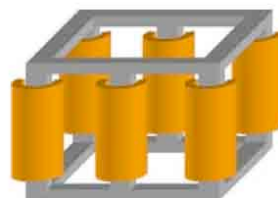


Figure 1. Schéma d'un composant magnétique multicellulaire (Intercellular Current Transformer, ICT). En gris le matériau magnétique et en jaune les bobinages.

Profitant des outils technologiques disponibles de mise en forme et de frittage au sein de 3DPHI [2], et souhaitant maîtriser l'ensemble du procédé, nous avons opté pour la deuxième solution. Pour ce faire, et après

l'optimisation des poudres de ferrites Ni-Zn-Cu [3], nous avons décidé d'explorer plusieurs voies et d'en apprécier l'impact sur les propriétés du composant fini sur des structures simples.

## 2. Experimentation

La poudre utilisée est une ferrite Ni-Zn-Cu [3], réalisée par une voie en poudres par réaction solide-solide, suivi d'un broyage par attrition pour obtenir une poudre avec une taille de particules d'environ  $1\mu\text{m}$ . Cette composition permet d'obtenir une perméabilité magnétique élevée à des fréquences allant jusqu'au MHz. Les poudres ont été enrobées d'un liant organique pour favoriser leur cohésion après les différents types de pressage [3].

La poudre a été ensuite mise en forme par deux procédés de pressage, le premier uniaxial à 150MPa (voie « classique »), et le deuxième par pressage isostatique à 250 MPa. Pour comparer les propriétés magnétiques des matériaux obtenus par les deux voies de pressage, nous avons effectué des noyaux en forme de tores cylindriques. Les moules et le pressage isostatique sont réalisés au sein de la plateforme 3DPHI (Figure 2).

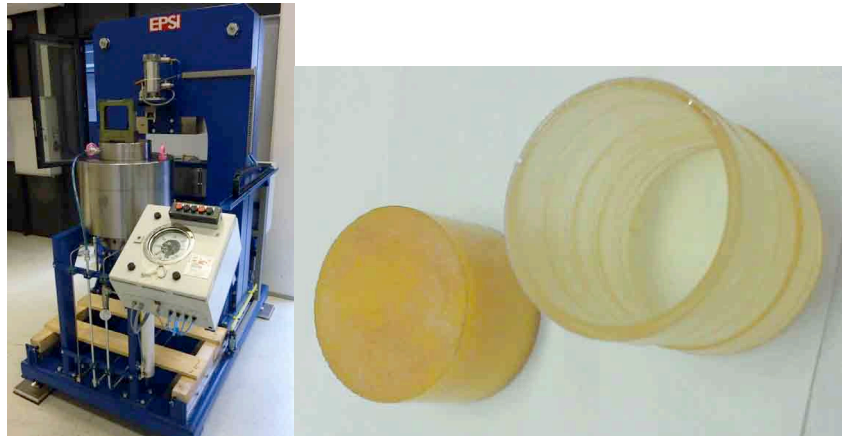


Figure 2. Presse isostatique (EPSI) et moule souple en polyuréthane (diamètre 36 mm) utilisé pour le pressage de poudres.

Les deux tores sont frittés à  $1050^{\circ}\text{C}$  pendant 24h avant la caractérisation électrique. Les tores nous ont permis de déduire la perméabilité magnétique complexe ( $\mu'$  et  $\mu''$ ) entre  $10^2$  et  $10^7$  Hz à l'aide d'un pont d'impédance (HP 4194A).

## 3. Résultats

Le pressage uniaxial permet, avec un moule adapté, d'obtenir un tore direct à l'issue du pressage. Le moule souple utilisé pour le pressage permet uniquement d'obtenir un cylindre, celui-ci (Fig. 3) a été ensuite usiné sous forme d'un tore.

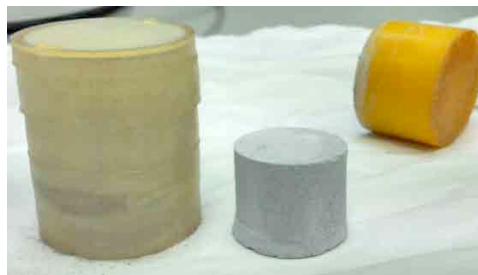


Figure 3. Moule et poudres pressés isostatiquement. L'usinage est nécessaire pour donner la forme au « cru ».

Une comparaison des résultats électriques à faible signal nous permet de confirmer que les étapes d'usinage du cru et le pressage isostatique ne modifient pas sensiblement les propriétés magnétiques du matériau (Fig. 4)

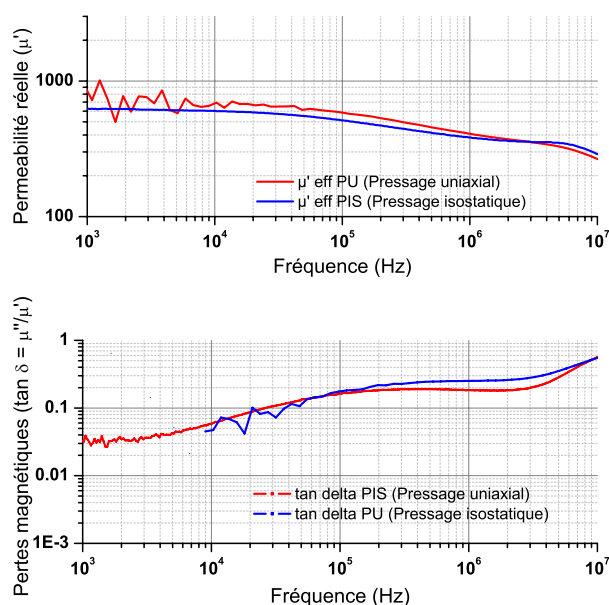


Figure 4. Perméabilité réelle et pertes magnétiques ( $\tan \delta$ ) des tores issus du pressage uniaxial et isostatique.

## 4. Conclusion et Perspectives

Le développement de nouvelles structures pour l'intégration en électronique de puissance nécessite la maîtrise de toutes les étapes technologiques pour s'assurer que les matériaux aient les mêmes propriétés prévues lors de la conception de structures. La réalisation de noyaux magnétiques pour les structures entrelacés de type ICT, représente un défi si on doit optimiser à la fois les matériaux et la géométrie. Dans ces travaux, nous proposons d'effectuer les noyaux à géométrie complexe à partir des poudres de ferrite Ni-Zn-Cu, en utilisant un pressage isostatique et un usinage en « cru » des poudres. Les premiers résultats montrent que les propriétés magnétiques en fréquence ne sont pas modifiées en comparaison aux poudres pressées par pressage uniaxial. Ceci valide que nous pourrions par cette méthode développer les structures nécessaires pour la réalisation des noyaux du type ICT.

Il serait cependant souhaitable de réduire, voir éliminer complètement l'étape d'usinage pour obtenir directement les pièces à fritter à l'issue du pressage isostatique. Dans la suite de ces travaux, la réalisation de moules et les règles de conception pour des géométries plus complexes seront à étudier.

## 5. Références

- [1] F. Forest, E. Laboure, B. Gelis, V. Smet, T. Meynard, J-J. Huselstein, Design of Intercell Transformers for High-Power Multicell Interleaved Flyback Converter, IEEE Transactions on Power Electronics 24 (3-4) (2009) 580–591.
- [2] 3DPHI. Intégration hybride tridimensionnelle des systèmes de l'électronique de puissance. GIS, CNRS <http://www.3dphi.fr> (consulté déc. 2013).
- [3] A. Lucas (2010). Etude et mise au point de transformateurs large bande radiofréquence Thèse de Doctorat. Ecole Normale Supérieure de Cachan. SATIE. France