

LES APPORTS DE LA FABRICATION ADDITIVE POUR LES COMPOSANTS MAGNÉTIQUES DU GÉNIE ÉLECTRIQUE

L'électrification d'un nombre croissant de secteurs invite à l'innovation afin d'améliorer l'efficacité énergétique des machines électriques tout en réduisant leur poids et leur volume. Pour les composants magnétiques des machines tournantes et transformateurs, la fabrication additive (FA) apporte des réponses à ces enjeux en favorisant la réalisation de formes complexes combinant propriétés électromagnétiques et topologie optimale. La FA peut également permettre de limiter le recours aux matériaux nobles dans les circuits magnétiques en ne les utilisant que là où ils apportent un vrai différenciateur : un véritable atout environnemental et financier !

Cependant, des freins restent à lever avant l'utilisation industrielle de ces procédés : sélection des poudres, performance des solutions alliant matériaux conducteurs et isolants ou encore tenue dans le temps et recyclabilité de ces nouveaux alliages. En particulier, la réduction des pertes fer des pièces obtenues par FA reste un axe majeur de recherche sur ces technologies.



Régis Meuret, co-responsable de l'axe Matériaux et Composants du Génie électrique du Comité Scientifique de MEDEE.

Imprimer des matériaux aux nouvelles propriétés



Par **Christophe Coisne**,
président de Isolectra Martin

Les ferrites sont des matériaux clés du génie électrique, employés notamment dans les transformateurs et les filtres. Le marché de la ferrite présente trois besoins principaux auxquels la fabrication additive pourrait répondre :

- Obtenir des prototypes à un prix plus abordable et avec une plus grande réactivité, notion clé pour permettre aux entreprises comme Isolectra Martin d'accélérer dans l'innovation vers de nouveaux produits.
- Imprimer des formes géométriques complexes pour augmenter l'efficacité des composants à moindre coût.
- Permettre une montée en fréquence avec des matériaux magnétiques adaptés grâce à de nouvelles poudres et des alliages innovants.

Malgré ces caractéristiques prometteuses et les avancées faites dans les technologies de FA, la maîtrise du frittage* pour les ferrites reste l'étape cruciale avant d'obtenir des matériaux applicables aux composants passifs du génie électrique. En effet, les taux de porosité des ferrites obtenues ainsi que leur perméabilité magnétique ne sont pour l'instant pas suffisantes au sortir de la production par FA.

* Procédé visant à consolider une pièce par agglomération des poudres sous l'effet de la chaleur, sans atteindre la fusion complète.

Le mot du Comité



par **Stéphane Duchesne**, co-responsable de l'axe Matériaux et Composants du Génie électrique du Comité Scientifique du pôle MEDEE

Avec ce troisième numéro, le MEDEE FOCUS conclut son premier tour d'horizon des thématiques de recherche du Comité Scientifique du pôle MEDEE en se concentrant cette fois sur l'axe 1 « Matériaux et Composants du Génie Électrique ».

Nous voulons dans cette édition valoriser le travail des adhérents du pôle sur les nouveaux procédés de fabrication, réflexion indispensable dans un contexte de transition énergétique. Le contenu de ce MEDEE FOCUS se base sur le travail interne du Comité Scientifique, en permettant la diffusion des avancées sur la fabrication additive en génie électrique au plus grand nombre.

Développer la machine électrique du futur



Par **Paul Maier**,
directeur d'Erem

Pour la production industrielle de très petites séries de machines électriques, la FA apporte des avantages déjà bien connus tels que la limitation des outils ou encore la réduction du workflow entre la conception et la pièce. Pour les machines à haute densité de puissance, la FA pourrait présenter deux avantages supplémentaires.

D'un côté, la FA permet d'élargir le panel des formes réalisables pour les pièces magnétiques. Intégrer ces nouveaux matériaux aux machines électriques ne semble plus aujourd'hui une utopie, au regard des performances obtenues en laboratoire. D'un autre côté, la recherche de performance des machines passe par une optimisation mécano-thermique pour laquelle la FA peut ouvrir de nouvelles portes, en permettant notamment d'amener les fluides caloporteurs au plus près des zones chaudes. Ainsi, avec ces technologies, on pourrait à terme envisager de créer des canaux de refroidissement directement intégrés aux conducteurs, aux aimants, ou aux circuits magnétiques par exemple, améliorant ainsi le rapport poids/performance.

En tant que prototypiste, EREM considère la FA comme un outil indispensable pour développer les machines électriques du futur et asseoir son expertise européenne dans ce domaine.

UNE RECHERCHE RÉGIONALE DYNAMIQUE



Impression polymère chargée en poudre pour les matériaux magnétiques

L2EP / LaMcube - Centrale Lille

La fabrication conventionnelle de composants magnétiques doux a recours à des procédés de mise en forme chronophages et peu flexibles. Les géométries réalisables sont limitées et les coûts de développement importants. Le projet Fabotop propose d'utiliser la fabrication additive afin de réduire les délais de production et de dépasser les limites topologiques de conception. L'adaptation des technologies à base de polymères thermoplastiques (FFF/FDM) ou de résines photo-polymérisables (DLP) aux matériaux magnétiques a permis l'impression de composants tests en Fe3%Si et en ferrite Mn-Zn. Des étapes complémentaires de densification permettent d'obtenir des pièces performantes et d'envisager leur intégration à des systèmes électro-magnétiques.

L2EP = Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille
LaMcube = Laboratoire de Mécanique, Multiphysique, Multiéchelle
Projet cofinancé par la Région Hauts-de-France.

Les principales étapes d'obtention de composants magnétiques doux dans le cadre du projet Fabotop, de leur optimisation topologique à l'impression.

Des liens procédé-microstructure-propriétés optimisés pour des pièces magnétiques plus performantes

Laboratoire Roberval - Université Technologique de Compiègne

Université de Technologie de Belfort Montbéliard

Les technologies de FA ont connu un succès croissant grâce à la liberté de conception qu'elles offrent pour la réalisation des composants. Le projet MAGMA (Magnetics by Additive Manufacturing) montre qu'il est possible d'obtenir des pièces magnétiques (Fe6.5%Si) par FA avec des propriétés mécaniques et magnétiques pertinentes pour des applications électrotechniques. Les interactions paramètres procédé-microstructure-propriétés (mécaniques et magnétiques) ouvrent des perspectives prometteuses dans le but d'optimiser les pièces produites pour mieux répondre aux défis de compacité et puissance massique nécessaires pour les actionneurs électriques du futur.

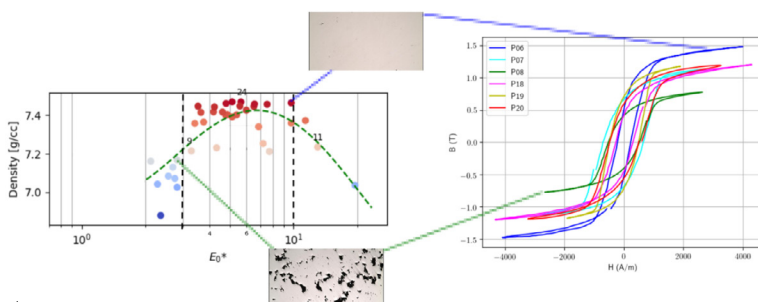


Illustration des liens entre microstructure (notamment densité) et propriétés magnétiques dans le cadre du projet MAGMA

Projet cofinancé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

AU-DELÀ DES MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Les réflexions engagées dans notre réseau sur les enjeux de la fabrication additive vont au-delà de l'application aux seuls matériaux magnétiques. Les travaux de l'axe 1 du Comité Scientifique portent également sur l'application des différentes technologies existantes aux matériaux conducteurs. On peut citer notamment les travaux de la société Auxel sur le procédé Cold Spray, qui consiste à projeter de la poudre de cuivre ou de nickel à vitesse supersonique sur un substrat aluminium. Ceci permet la réalisation de zones de contacts électriques en gagnant en légèreté et en coût.

La fabrication additive offre ainsi un champ large de recherche avec un jeu possible autour des matériaux, des procédés et des paramètres. Le défi aujourd'hui est de faire coïncider ces techniques avec les attentes des entreprises du territoire : à MEDEE de jouer son rôle de courroie de transmission !

AVR. 2022 MEDEE FOCUS

La lettre de veille scientifique du Pôle Medee

Crédits photos : istock 2022 - Conception : CAD
Réalisation : MEDEE

PLUS D'INFOS : POLE-MEDEE.COM

