



HAL
open science

Comparaison en champ proche entre développements en harmoniques circulaires et en harmoniques elliptiques

François Tavernier, Arnaud Bréard, Laurent Krähenbühl

► To cite this version:

François Tavernier, Arnaud Bréard, Laurent Krähenbühl. Comparaison en champ proche entre développements en harmoniques circulaires et en harmoniques elliptiques. Assemblée Générale GDR Ondes, Oct 2015, Ecully, France. hal-01217241

HAL Id: hal-01217241

<https://hal.science/hal-01217241v1>

Submitted on 13 Feb 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.

Comparaison en champ proche entre développements en harmoniques circulaires et en harmoniques elliptiques

F. Tavernier, A. Bréard, L. Krähenbühl

Université de Lyon – Ampère (CNRS UMR5005), ECL, 69134 Écully, France,
 francois.tavernier@doctorant.ec-lyon.fr

Résumé

Ce papier compare la reconstruction de source en s’appuyant sur la base harmonique circulaire et la base harmonique elliptique en champ magnétique proche. La comparaison s’appuie sur l’exemple d’une gaine de fils de forme elliptique.

1. Introduction

Dans les problèmes de Compatibilité Electro Magnétique (CEM) des convertisseurs d’électroniques de puissance, il est important de déterminer le couplage en champ proche entre deux composants complexes. Cependant, les problèmes de CEM sont souvent traités après la mise au point d’un prototype. Ces interférences électromagnétiques conduisent à des coûts supplémentaires et à des retards importants avant la mise en fabrication. Afin de prendre en compte les problèmes de CEM dès la phase de conception, une méthode prédictive basée sur des expansions harmoniques multipolaires du rayonnement en champ proche autour d’un élément a été développée dans notre laboratoire. A partir des coefficients harmoniques d’une source, nous pouvons représenter les champs électromagnétiques autour de la source sous la forme d’une somme infinie (tronquée) de termes connus et standards (dipôle, quadripôle, octopôle...). Lorsque deux sources sont identifiées suivant un tel développement, nous pouvons utiliser directement ces développements pour déterminer leur couplage via le calcul de la mutuelle inductance en fonction de leurs positions respectives.

Onze types de développements harmoniques sont recensés dans la littérature. Ce travail s’intéresse particulièrement à 2 d’entre eux, valables pour les problèmes de Laplace en 2D, de manière à comparer leurs performances pour la description du champ proche en fonction de la forme du dispositif représenté : développement *circulaire* (transposition en 2D des harmoniques sphériques classiques), et développement *elliptique*, qui pourrait être plus efficace pour des objets allongés.

2. Exemple d’une gaine de fils infinie

Nous allons supposer que l’on souhaite reconstruire le champ magnétique d’une gaine de fil. La vue en coupe de la gaine est représentée Figure 1. On peut voir la disposition des fils (en jaune) à l’intérieur de la gaine elliptique. La gaine et les fils à l’intérieur sont supposées rectilignes infiniment longs.

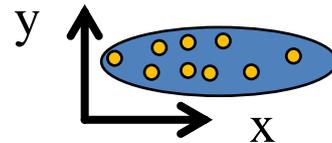


Figure 1. Vue en coupe de la gaine

Les hypothèses précédentes permettent de passer d’un problème à trois dimensions, à un problème à deux dimensions. Il suffit de connaître le champ magnétique dans le plan (x, y) pour connaître le champ dans tout l’espace.

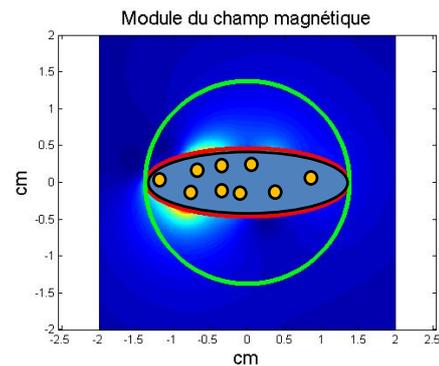


Figure 2. Module du champ magnétique des fils infinis

Le champ magnétique de la gaine de fils calculée de manière analytique est représentée Figure 2. Le cercle de référence pour le développement circulaire est représenté en vert et l’ellipse de référence pour le développement elliptique est représentée en rouge. Dans cet exemple la géométrie elliptique semble être la plus pertinente à utiliser car elle englobe la source de façon optimale.

3. Résultats des développements circulaire et elliptique

L’erreur relative entre le champ magnétique analytique (Figure 2) et le champ magnétique développée à partir des harmoniques circulaires est représentée Figure 3. La couleur rouge foncé représente une erreur supérieure ou égale à 100% et le bleu une erreur inférieure à 10%.

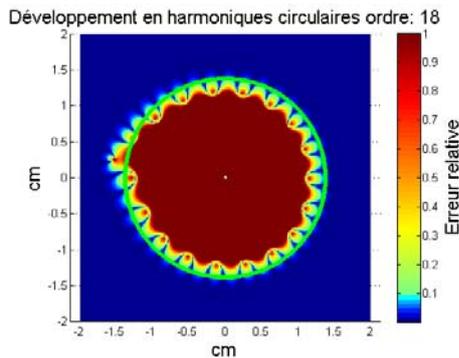


Figure 3: Erreur relative du développement circulaire jusqu’à l’ordre 18

On remplace le développement circulaire par un développement elliptique (voir la Figure 4).

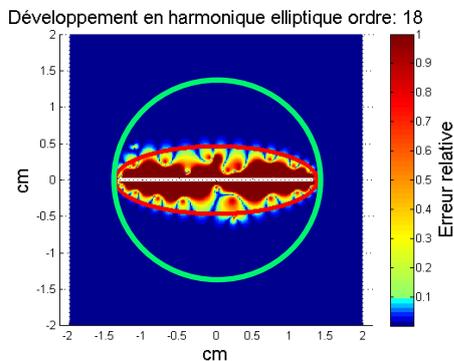


Figure 4: Erreur relative du développement elliptique d’ordre 18

On remarque que dans le cas d’un développement elliptique, le champ magnétique est connu avec moins de 10% d’erreur autour de l’ellipse et notamment dans la zone où le développement circulaire ne permet pas de connaître le champ magnétique.

Dans nos exemples nous nous sommes limités à un développement d’ordre dix-huit. Choisir un ordre de troncature plus élevé ou plus faible modifie l’erreur relative mais l’intérêt de la géométrie elliptique reste indéniable.

4. Conclusion

Dans ce papier, nous avons montré l’intérêt de changer de géométrie afin de reconstruire une source par un développement multipolaire. Cependant les sources n’ont pas de forme géométrique simple. Il est donc primordial d’identifier la zone où la connaissance du champ sera nécessaire pour choisir une géométrie adaptée.

Une autre approche fait actuellement l’objet de recherche au sein du laboratoire Ampère où la géométrie circulaire est maintenue. Pour connaître le champ dans une région particulière comme la zone orange représentée dans la Figure 5, on utilise un cercle de développement avec un rayon plus important et une translation.

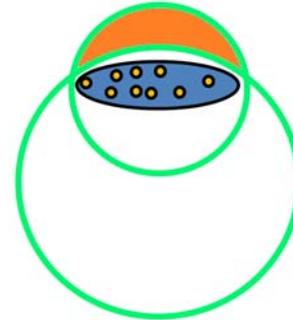


Figure 5: Chargement de diamètre et translation cercle de référence

5. Remerciements

Ce travail est financé par un contrat doctoral (ECL).

6. Bibliographie

- [1] T. Q. V. Hoang, A. Bréard, and C. Vollaire, “Near Magnetic Field Coupling Prediction Using Equivalent Spherical Harmonic Sources,” *IEEE Trans. on EMC*, Vol. 56-6, 1457-1465 (2014). DOI 10.1109/TEMC.2014.2329601
- [2] B. Vincent, O. Chadebec, J. L. Schanen, K. Berger, et al., “Identification of Equivalent Multipolar Electromagnetic Sources by Spatial Filtering,” *IEEE Trans. on Magnetics*, vol. 46-8, 2815-2818 (2010). DOI 10.1109/TMAG.2010.2043421
- [3] T. Q. V. Hoang, M. Santos, A. Bréard, C. Vollaire, L. Krähenbühl, C. Sartori, “Complete Identification for Near-Field Multipolar Expansion of Electromagnetic Sources,” *CEFC*, May 2014, Annecy, France.
- [4] S. Zangui, K. Berger, M. Ferber et al. “Using equivalent emission sources to evaluate the coupling between component,” *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol. 48-2, 439-442 (2012). DOI 10.1109/TMAG.2011.2176316
- [5] P. Schnizer, B. Schnizer, P. Akishin, E. Fischer, “Theory and application of plane elliptic multipoles for static magnetic fields,” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 607, 505–516 (2009). DOI 10.1016/j.nima.2009.06.007