

# Influence des déformations mécaniques sur les signaux électromagnétiques d'antennes conformées : approche FEM/BIM

N. Adnet<sup>1</sup>, F. Pablo<sup>1</sup>, I. Bruant<sup>1</sup>, L. Proslie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LEME, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, France, nicolas.adnet@u-paris10.fr

---

**Mots clefs** — couplage mécanique/électromagnétisme, antenne microruban conformable, éléments finis vecteurs, méthode des intégrales de frontières, algorithme BiCG-FFT.

---

## Résumé pour soumission au 10<sup>e</sup> Colloque National en Calcul des Structures

Afin de répondre à des besoins croissants en terme de navigation, de communication et de surveillance les structures antennaires se multiplient sur les avions de ligne. Ces antennes étant généralement saillantes, leur présence conduit à des inconvénients non négligeables : altération des performances aérodynamiques, fragilisation potentielle de la structure (perçages), nécessité de contrôles et maintenances réguliers, positionnements contraints par les problèmes de compatibilité électromagnétique, etc ...

Pour ces raisons, les recherches actuelles portent sur la conception de nouvelles structures antennaires de type microrubans pouvant être intégrées à la structure composite. Ces antennes, réalisées à base de métamatériaux auront la particularité d'être multi-bandes, de dimensions réduites et de pouvoir s'adapter à des surfaces gauchies pouvant être soumises à des sollicitations aérodynamiques.

L'influence éventuelle des déformations mécaniques sur le rayonnement électromagnétique de ces antennes doit donc être étudiée. Un état de l'art des logiciels dédiés aux couplages ainsi qu'aux antennes a montré qu'ils n'étaient pas appropriés pour ce genre d'étude [1].

La principale difficulté lors de la résolution d'un problème d'électromagnétisme lié aux antennes réside dans la prise en compte du rayonnement dans un espace infini. Une modélisation par éléments finis de l'espace complet devient rapidement inappropriée. Une technique numérique hybride reposant sur un couplage entre la méthode des intégrales de frontière (BIM) et la méthode des éléments finis (FEM) permet de s'affranchir de ce problème. Elle a notamment été appliquée en électromagnétisme par [2]. Cette méthode consiste à introduire une frontière fictive englobant la structure antennaire à modéliser. Dans l'espace fermé ainsi créé, la méthode des éléments finis est utilisée afin de formuler les problèmes électromagnétique et mécanique. Les phénomènes électromagnétiques se produisant à l'extérieur de cet espace sont alors pris en compte sous forme d'intégrales de frontières. Des conditions de continuités sont enfin imposées à la frontière fictive, reliant ainsi les champs électromagnétiques extérieurs et intérieurs.

L'outil numérique développé dans ces travaux est basé sur un couplage faible entre la mécanique et l'électromagnétisme. L'approche FEM/BIM est choisie, en considérant un nouvel élément fini 3D hexaédrique. La modélisation du comportement mécanique utilise une approche nodale classique des déplacements. Le comportement électromagnétique est, quant à lui, représenté à l'aide d'éléments finis vecteurs, plus appropriés pour le calcul de champs électromagnétiques. Les degrés de liberté électromagnétiques sont ainsi associés aux arêtes de l'élément [3]. Afin de réduire les temps de calcul, la résolution du système linéaire obtenu est effectuée à l'aide d'un solveur BiCG-FFT [4]. Cet outil a été validé à l'aide de plusieurs benchmarks de la littérature [4].

Dans ce travail, les simulations sont présentées pour une antenne microruban composée d'un patch

et intégrée sur une structure composite. Une première analyse des résultats a mis en évidence l'influence prévisible de la déformation mécanique sur le rayonnement électromagnétique de l'antenne, notamment en flexion [Fig. 1]. Par ailleurs, un banc expérimental a été conçu afin de mettre en évidence l'influence des déformations mécaniques sur le comportement électromagnétique d'une antenne constituée de 12 réseaux de 4 antennes patchs rectangulaires. Les résultats obtenus [Fig. 2] pourront être confrontés aux simulations numériques obtenues à l'aide de l'outil développé.

Ce travail fait partie du projet MSIE (Matériaux et Structures Intelligentes pour l'Electromagnétisme) du Pôle aéronautique Astech d'Ile de France, débuté en 2008.

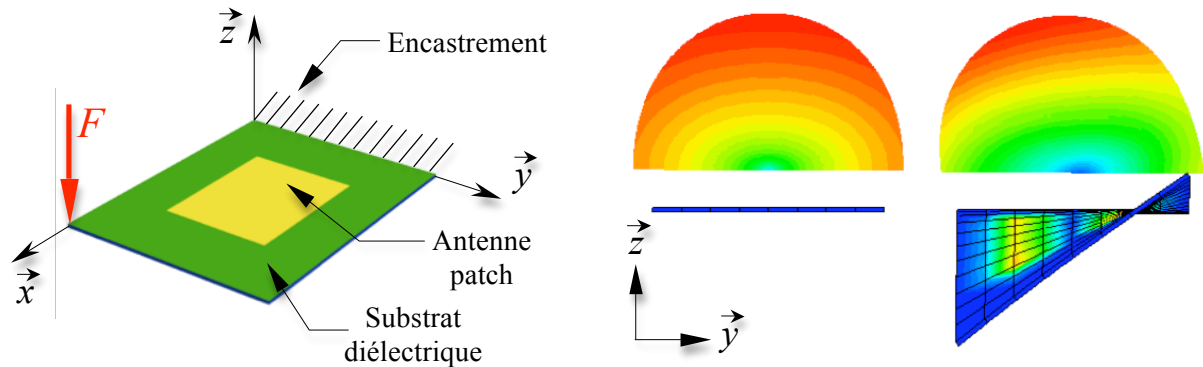


FIG. 1 – Diagramme de rayonnement (normalisé à 1) du champ électrique total d'une antenne patch soumise à un effort de flexion  $F$  et en configuration de réception

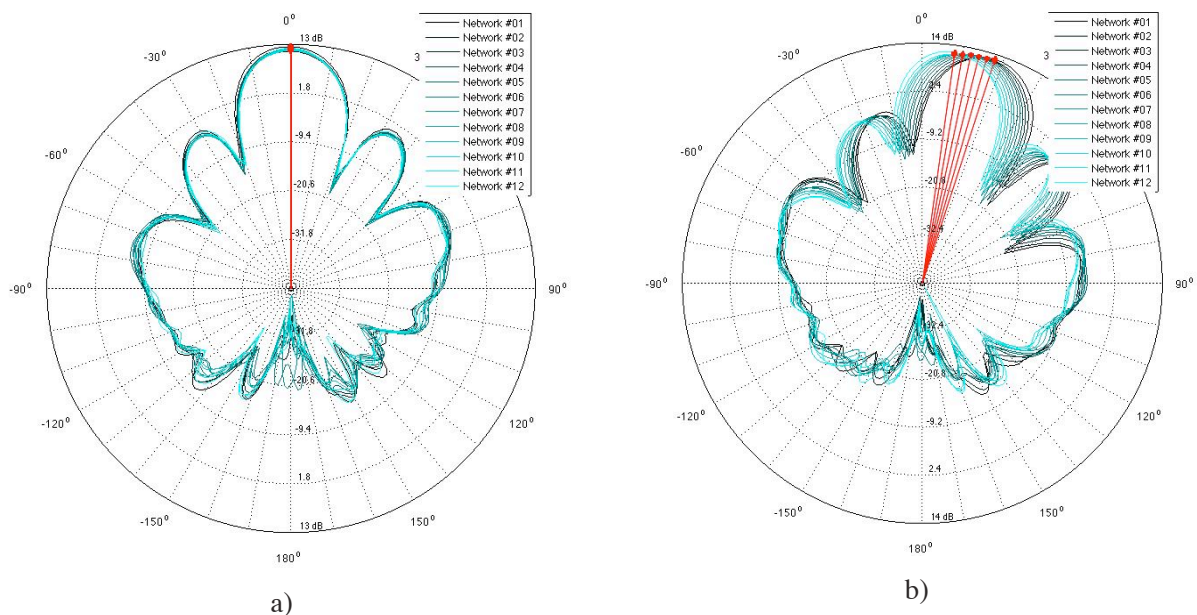


FIG. 2 – Diagrammes de rayonnement dans le plan  $E$  des 12 réseaux d'antennes en configuration non déformée (a) et en configuration de torsion (b))

## Références

- [1] B. Reig, J. Chevrier, A. Lambrecht, JJ. Greffet, V. Leconte. Monaco : Modélisation nano composants, Poster présentation aux J3N2009, 2009
- [2] J. Jin, *The finite element method in electromagnetics*, 2<sup>nd</sup> 2dition Wiley-Interscience, 2002
- [3] J.C. Nédélec, *A new family of mixed elements in  $R^3$* , *Numerical mathematics*, Vol 50 page 57-81, 1986
- [4] J.L. Volakis, A. Chatterjee, L.C. Kempel, *Finite element method for electromagnetics. Antennas, microwave circuits and scattering applications*, IEEE Press, 1998