



HAL
open science

Étude d'une antenne flexible bow-tie double bande réalisée par gravure laser et par sérigraphie

A Venouil, M Egels, M Benwadih, C Serbutoviez, P Pannier

► To cite this version:

A Venouil, M Egels, M Benwadih, C Serbutoviez, P Pannier. Étude d'une antenne flexible bow-tie double bande réalisée par gravure laser et par sérigraphie. Journées Nationales des Micro Ondes, Jun 2022, Limoges, France. hal-03767668v2

HAL Id: hal-03767668

<https://hal.science/hal-03767668v2>

Submitted on 27 Oct 2022

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.

Étude d'une antenne flexible bow-tie double bande réalisée par gravure laser et par sérigraphie

A. Venouil¹, M. Egels¹, M. Benwadih², C. Serbutoviez², P. Pannier¹

¹ Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

² Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, LITEN – DTNM/LCO, 17 rue des martyrs, F-38054 Grenoble Cedex

anton.venouil@im2np.fr

Résumé — Nous présentons dans cet article une antenne bow-tie planaire flexible conçue pour deux bandes de fréquence : 5,8 GHz et 15 GHz. L'étude présentée s'inscrit dans une collaboration scientifique entre l'IM2NP et le CEA-Liten pour l'évaluation des potentialités offertes par les technologies d'impression par sérigraphie sur substrats souples. L'article propose une comparaison entre deux antennes réalisées par deux méthodes différentes. La première gravée à l'aide d'une machine de prototypage rapide par gravure laser à l'IM2NP sur Taconic RF35 et la seconde imprimée par sérigraphie au CEA-Liten sur Kapton de même épaisseur. Les métallisations de l'antenne gravée sont en cuivre et en encre à nanoparticules d'argent pour l'antenne imprimée. L'antenne est simulée à l'aide du logiciel ANSOFT HFSS 2020 R2.

1. Introduction

Le développement de l'internet des objets (IoT) dans les télécommunications est moteur de recherche pour de nombreux domaines d'étude de l'électronique : capteurs, récupération d'énergie, conception d'antennes et autres. En parallèle de l'IoT, le développement de l'électronique souple prend une place croissante dans la conception de composants innovants pour la médecine, la recherche ou même dans l'industrie 4.0. Dans ce cadre, une collaboration scientifique entre l'IM2NP et le CEA-Liten pour l'évaluation des potentialités offertes par les technologies d'impression sur substrats souples a été mise en place. À quelques exceptions très récentes [1] [2], la littérature scientifique est très restreinte sur le sujet des antennes sérigraphiées sur substrats souples, pour des fréquences supérieures au GHz. La vaste majorité des publications traitent d'impression jet-d'encre, [3] [4]. Pour celles qui traitent de sérigraphie, les fréquences d'étude sont inférieures au GHz (exemple tag RFID), [5] [6] [7] [8]. De nombreuses études d'antennes imprimées sur textiles existent aussi, [9] [10] [11] [12]. Cette étude, au travers de la réalisation d'une antenne double bandes 5.8 GHz et 15 GHz, met en avant les difficultés associées à l'utilisation de la sérigraphie pour des fréquences en évolution vers de nouvelles bandes d'intérêt. La sérigraphie et la gravure laser sont utilisées dans cette étude pour la réalisation d'une

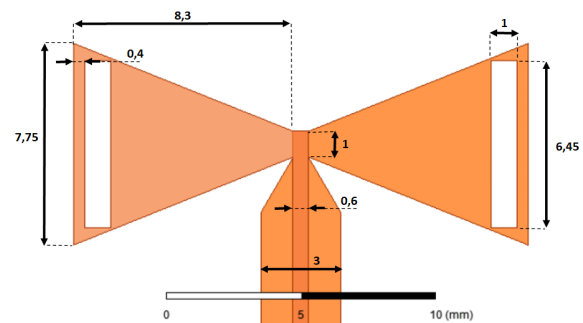


FIGURE 1. Image de l'antenne en simulation (dimensions en millimètres)

antenne dans les bandes C et Ku. Les matériaux utilisés dans cette étude sont les suivants : pour l'antenne gravée à l'IM2NP, un substrat Taconic-RF35 d'épaisseur $250\mu\text{m}$, ($\epsilon_r = 3.5$, $\tan\delta = 0.0025$ à 10 GHz), et pour l'antenne sérigraphiée au CEA, un Kapton ($\epsilon_r = 3.4$, $\tan\delta = 0.0035$ à 10 GHz). Les métallisations de l'antenne gravées sont en cuivre d'une conductivité estimée à $5,8 \times 10^7$ S/m tandis que l'antenne du CEA est imprimée avec une encre à nanoparticules d'argent d'une conductivité de $3,3 \times 10^6$ S/m. La construction géométrique de l'antenne est décrite succinctement.

2. Conception et simulation

2.a. Antenne bow-tie, ouverture rayonnante

Nous avons retenu une topologie bow-tie. Elle présente une propriété intéressante de faible dépendance relative au substrat. Des variations significatives des propriétés du substrat influent donc faiblement sur les performances de l'antenne bow-tie. Les dimensions de l'antenne sont déterminées par simulation sur le logiciel HFSS. L'alimentation de l'antenne est assurée par une ligne micro-ruban à plan de masse réduit. La géométrie d'antenne est incompatible avec la géométrie coplanaire (avec plan de masse sur face inférieure ou non). L'antenne est rendue multi-bande à l'aide d'une ouverture rayonnante [13] par le principe de Babinet [14]. Ceci nous permet d'étudier les potentialités de la sérigraphie dans la bande Ku.



FIGURE 2. Photographie de l'antenne réalisée par sérigraphie.

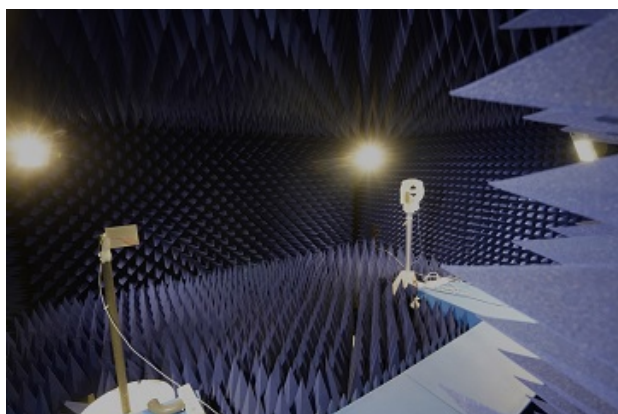


FIGURE 3. Photographie de l'environnement de mesure.

2.b. Optimisation géométrique

L'antenne est optimisée afin d'obtenir les résonances aux fréquences souhaitées de 5.8 GHz et 15 GHz. La transition entre la ligne d'alimentation et l'antenne modifiant son comportement, un amincissement de la transition est ajouté entre la ligne et l'antenne, voir figure 1. Son angle est optimisé pour maintenir le compromis entre adaptation d'impédance et gain de l'antenne. Une étude préliminaire de différentes solutions de connectivité de l'antenne fait ressortir les connecteurs "Southwest" comme efficaces pour l'alimentation d'antenne sur les matériaux souples d'épaisseur $250\mu m$. Le modèle de simulation du connecteur est utilisé afin de tenir compte des effets de couplage avec l'antenne.

3. Résultats et discussion

La mesure des antennes est effectuée en chambre anéchoïque (figure 3), à l'aide d'un analyseur de réseaux calibré aux extrémités des câbles. Les courbes de gain et de coefficient de réflexions sont tracées en figure 4 à 7.

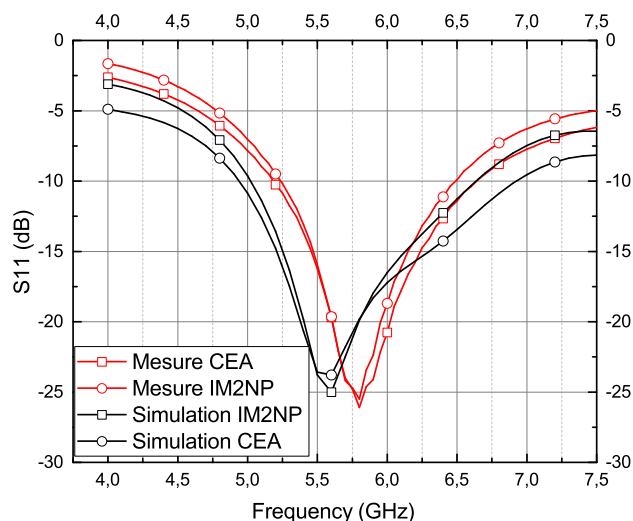


FIGURE 4. S11 en bande basse.

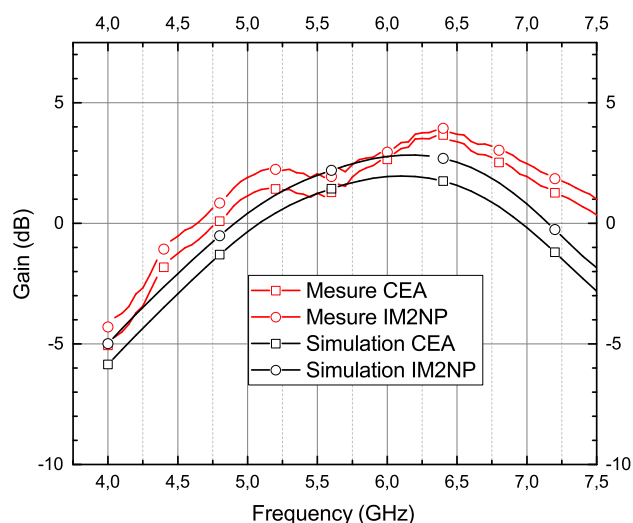


FIGURE 5. Gain en bande basse.

Les écarts entre la simulation et les mesures sont limités en basse fréquence (écart max : 1.5 dB) pour les deux antennes, CEA comme IM2NP. La seule différence en basse fréquence entre les deux antennes mesurées, est un gain plus faible pour l'antenne kapton. L'origine de cette différence est due à la conductivité de l'encre utilisée. À plus haute fréquence, on observe un écart important sur la fréquence de résonance de l'ouverture rayonnante. Une des hypothèses envisagées sur l'origine de cet écart est la résolution de l'impression par sérigraphie. Cette résolution, couplée avec la sensibilité de l'ouverture peut s'avérer être une des sources d'écarts. Des simulations complémentaires montrent que le rayonnement est très sensible aux variations de dimensions de l'ouverture, voir figure 8.

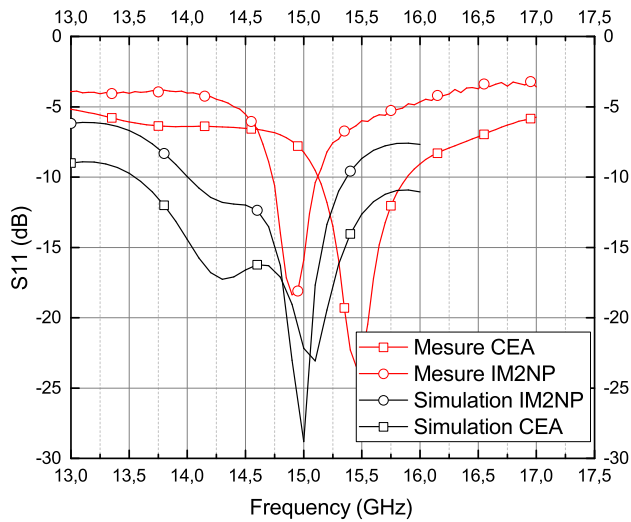


FIGURE 6. S11 en bande haute.

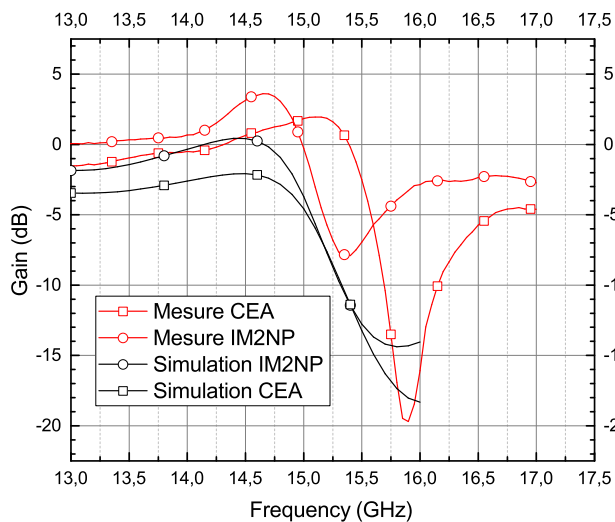


FIGURE 7. Gain en bande haute.

4. Conclusion

Une antenne double bande fonctionnelle a été sérigraphiée sur substrat souple. Cette antenne met en évidence une possible utilisation de la sérigraphie pour la fabrication d'antennes compatibles avec l'IoT. Le comportement en bande Ku présente des écarts significatifs entre mesure et simulation, mais l'antenne reste fonctionnelle. Pour la bande C, la sérigraphie présente des résultats comparables pour l'antenne bow-tie aux moyens de réalisation conventionnels. Ces résultats permettent d'envisager la réalisation d'antennes sérigraphiées pour les bandes basses de la 5G.

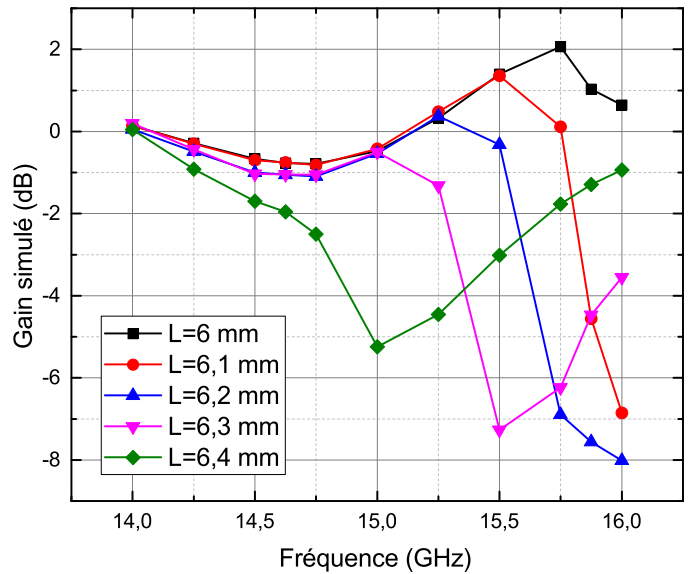


FIGURE 8. Variation du gain simulé à différentes longueur d'ouverture.

Références

- [1] M. WAWRZYNIAK, A. Denneulin, J. J. Bras, and T.-P. Vuong, "Etude de l'influence de la géométrie du maillage constituant une antenne dipôle transparente à 2.45 GHz en technologie imprimée," in *XXIèmes Journées Nationales Microondes*, Caen, France, May 2019. [Online]. Available : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02177690>
- [2] X. Zhou, T. Leng, K. Pan, M. Abdalla, K. S. Novoselov, and Z. Hu, "Conformal screen printed graphene 4×4 wideband MIMO antenna on flexible substrate for 5g communication and IoT applications," vol. 8, no. 4, p. 045021, publisher : IOP Publishing. [Online]. Available : <https://doi.org/10.1088/2053-1583/ac1959>
- [3] W. Ahmad and D. Budimir, "Inkjet-printed antennas for 28 GHz 5g applications," in *2016 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)*. IEEE, pp. 1–4. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/document/7931475/>
- [4] B. S. Cook and A. Shamim, "Inkjet printing of novel wideband and high gain antennas on low-cost paper substrate," vol. 60, no. 9, pp. 4148–4156. [Online]. Available : <http://ieeexplore.ieee.org/document/6252012/>
- [5] X. Li, J. Sidén, H. Andersson, and T. Schön, "A paper-based screen printed HF RFID reader antenna system," vol. 2, no. 3, pp. 118–126.
- [6] A. H. F. Marques, D. dos Santos, K. de Oliveira Vieira, M. H. Quadros, P. H. P. Rebello, V. L. D. Ferro, E. dos Santos, H. Fellegara, P. Valério, L. Fugikawa-Santos, T. C. Gomes,

and G. Gozzi, "Environmentally friendly, semi-transparent, screen printed antenna for RFID tag applications," vol. 51, no. 3. [Online]. Available : <https://doi.org/10.1007/s13538-021-00892-w>

- [7] J. Virkki, T. Björninen, T. Kellomäki, S. Merilampi, I. Shafiq, L. Ukkonen, L. Sydänheimo, and Y. C. Chan, "Reliability of washable wearable screen printed UHF RFID tags," vol. 54, no. 4, pp. 840–846. [Online]. Available : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026271413004496>
- [8] Y. Kim, B. Lee, S. Yang, I. Byun, I. Jeong, and S. M. Cho, "Use of copper ink for fabricating conductive electrodes and RFID antenna tags by screen printing," vol. 12, no. 2, pp. 473–478. [Online]. Available : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567173911004366>
- [9] M. A. Riheen, T. T. Nguyen, T. K. Saha, T. Karacolak, and P. K. Sekhar, "CPW fed wideband bowtie slot antenna on PET substrate," vol. 101, pp. 147–158. [Online]. Available : <http://www.jpier.org/PIERC/pier.php?paper=20031402>
- [10] A. Meredov, K. Klionovski, and A. Shamim, "Screen-printed, flexible, parasitic beam-switching millimeter-wave antenna array for wearable applications," vol. 1, pp. 2–10.
- [11] M. L. Scarpello, I. Kazani, C. Hertleer, H. Rogier, and D. Vande Ginste, "Stability and efficiency of screen-printed wearable and washable antennas," vol. 11, pp. 838–841.
- [12] T. Kellomäki, J. Virkki, S. Merilampi, and L. Ukkonen, "Towards washable wearable antennas : A comparison of coating materials for screen-printed textile-based UHF RFID tags," vol. 2012, pp. 1–11. [Online]. Available : <http://www.hindawi.com/journals/ijap/2012/476570/>
- [13] G. D. Maria, "Slotted Bowtie antenna," <https://www.eeweb.com/slotted-bowtie-antenna/>, 2020.
- [14] G. Pelosi and S. Selleri, "Babinet's principle in electromagnetics : Why does a slot radiate like a dipole? [historical corner]," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 59, no. 2, pp. 144–148, 2017.