



**HAL**  
open science

## Antenne filaire tridimensionnelle très compacte pour applications RFID UH

Fateh Benmahmoud, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini

► **To cite this version:**

Fateh Benmahmoud, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini. Antenne filaire tridimensionnelle très compacte pour applications RFID UH. XXI èmes Journées Nationales Microondes, May 2019, Caen, France. pp.1-4. hal-02388289

**HAL Id: hal-02388289**

**<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-02388289>**

Submitted on 5 Oct 2023

**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.

## Antenne filaire tridimensionnelle très compacte pour applications RFID UHF

Fateh Benmahmoud, Pierre Lemaitre-Auger, Smail Tedjini

Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP\*, LCIS, 26000 Valence, France

\*Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes

fateh.benmahmoud@lcis.grenoble-inp.fr

**Résumé** – Dans ce travail, on présente le développement d'antennes miniatures en trois dimensions qui sont des monopoles multi-brins. Chaque brin est orienté différemment dans l'espace afin de réduire le volume occupé par l'antenne tout en conservant de bonnes caractéristiques : efficacité de rayonnement, adaptation d'impédance. Les antennes considérées dans cette étude sont destinées aux lecteurs RFID en vue de leur miniaturisation. Etant donné l'absence de pertes liées au diélectriques, les antennes filaires multi-brins sont une alternative efficace aux antennes planaires conventionnelles. Pour leur conception, un algorithme génétique multi-objectif a été implémenté. Une antenne 5 brins occupant un volume de  $(0,08 \times 0,05 \times 0,12) \lambda^3$  a été obtenue avec une impédance de  $50\Omega$  à 868 MHz, un coefficient de réflexion de -12 dB et une efficacité de rayonnement de 92.44% après adaptation. La polarisation de l'antenne est quasiment linéaire.

### 1. Introduction

Avec le développement des technologies sans fil notamment en UHF, les périphériques radiofréquences ont tendance à être beaucoup plus compacts. Cela rend la conception de petites antennes UHF une tâche cruciale. En effet, plus l'antenne est petite, plus l'intégration de celle-ci dans un système ou un périphérique est facile. Mais en même temps, la réduction de la taille s'accompagne d'une dégradation des performances telles que l'adaptation d'impédance, l'efficacité du rayonnement etc.

La conception d'une antenne de taille réduite peut être accomplie à l'aide des techniques d'optimisation habituelles, mais cela pose problème dans le cas d'antennes très complexes où le facteur de miniaturisation est élevé. On peut aussi faire appel à des algorithmes évolutionnistes. Parmi ceux-ci, les algorithmes génétiques (AG) sont l'une des meilleures techniques d'optimisation et est très répandue [1-2]. Ces techniques se sont montrées efficaces dans la résolution de problèmes très complexes en accélérant l'optimisation, notamment pour les antennes filaires.

Dans [3-4], la configuration multi-brins a été employée pour développer des antennes pour des applications de géolocalisation. Dans [5]–[7], des antennes similaires ont été développées pour assurer des communications satellitaires dans le cadre de la mission

« Space Technology 5 » de l'administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA).

Dans ce travail, nous avons employé un AG pour concevoir des antennes filaires multi-brins tridimensionnelles. Le processus d'optimisation a pour objectif de trouver des structures géométriques performantes en matière de taille, d'efficacité de rayonnement et d'adaptation d'impédance à une source de 50 ohms. Contrairement aux travaux précédents qui se concentraient principalement sur les performances, nous accordons ici plus d'importance aux facteurs d'efficacité et de volume. Dans ce travail, le processus d'optimisation cible les applications RFID dans la bande de fréquence européenne (866-868 MHz).

### 2. Approche

La structure d'antenne est un monopole en trois dimensions composé d'un fil plié constituant des segments orientés dans l'espace au-dessus d'un plan de masse. Cela rend la conception de ce type d'antenne très flexible et polyvalente. Il est ainsi possible d'optimiser certaines caractéristiques pour une taille donnée. Chaque segment est défini dans l'espace par trois paramètres : un angle d'azimut,  $\varphi$ , un angle d'élévation,  $\theta$ , et une longueur,  $l$ .

Dans ce travail, les angles d'azimut et d'élévation sont limités à l'intervalle  $[0-360^\circ]$  et  $[0-90^\circ]$ , respectivement avec un pas de  $2^\circ$ . Pour des raisons de fabrication, la longueur des segments est aussi limitée à des valeurs supérieures à trois millimètres ce qui permettra de faciliter le processus de fabrication et de minimiser la complexité de l'architecture de l'antenne, et les erreurs liées à la précision de fabrication. L'antenne simulée présentera un monopole sur un plan de masse considéré comme infini ( $\gg \lambda$ ). Le rayon pour tous les segments a été fixé à une valeur de 0.6 mm. La Figure 1 montre une représentation schématique d'une topologie tridimensionnelle de cinq segments sur un plan de masse.

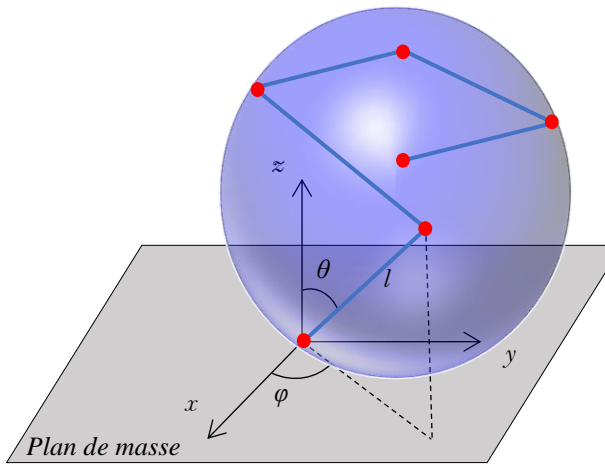


Figure 1. Représentation schématique d'une antenne filaire 3D de 5 segments.

L'AG implémenté est basé sur celui proposé dans [8]. On débute avec une population initiale de  $N$  individus (c.-à-d.  $N$  antennes) formant une génération. Chaque individu est constitué de  $M$  gènes ( $M = 3 * N_b$  de brins). On évalue les performances de chaque individu avec une simulation électromagnétique. Les meilleurs individus (moitié de chaque génération) sont sélectionnés pour donner naissance à la prochaine génération en se basant sur la notion de sélection naturelle. Cette sélection consiste à choisir les individus les plus convenables vis-à-vis des critères et contraintes imposés. Les individus choisis vont se croiser ce qui permet le brassage génétique de la population. L'autre opérateur génétique est la mutation qui consiste à altérer un gène dans un chromosome de manière aléatoire [9]. Dans notre cas les valeurs de probabilité pour les facteurs de croisement et de mutation sont fixées à 0,7 et 0,1 respectivement.

Pour garantir des résultats fiables et éviter la divergence de l'algorithme implémenté, nous avons implémenté un filtre géométrique qui permet d'éliminer les topologies inacceptables. Le filtrage concerne les topologies avec des segments qui se croisent ou qui pénètrent dans le plan de masse. Le remplacement des topologies incorrectes contribue à augmenter la diversité des générations et donc améliore les performances de l'algorithme [10].

L'outil d'optimisation est développé à l'aide de Matlab en conjonction avec le simulateur électro-magnétique «Computer Simulation Technology» (CST). Le nombre de segments et le rayon des fils ont été fixés à 5 et 0,6 mm, respectivement. Il est important de préciser que le processus d'optimisation a été élaboré sur un plan de masse supposé infini ( $\gg \lambda^2$ ) pour réduire le temps de simulation. Le tableau 1 résume les fonctions objectives de l'AG implémenté.

Tableau 1. Les fonctions objectives implémentées.

	Formule
$f_1$	Volume occupé par l'antenne
$f_2$	$1 - \eta$ (@868 MHz)
$f_3$	$ S_{11} $ (dB) (@868 MHz)

\*  $\eta$  : efficacité de rayonnement.

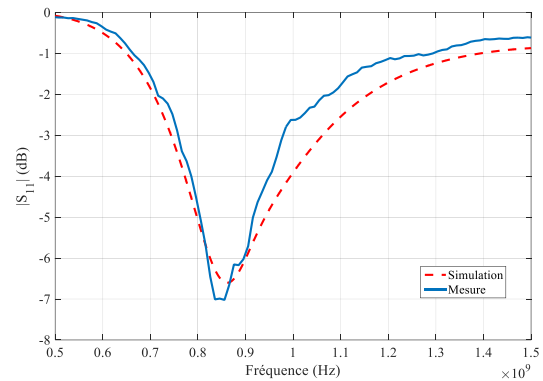
### 3. Résultats

Plusieurs cycles d'optimisation ont été lancés avec différents paramètres initiaux. Les résultats montrent que la majorité des structures de la génération finale présentent une efficacité de rayonnement simulée de 100%. Nous avons aussi constaté que plus le volume dans lequel l'antenne est confinée est compact, plus la puissance réfléchie est élevée [11]. Cela s'explique par l'apparition d'une partie réactive de l'impédance conduisant à une désadaptation. Notons que dans la littérature, en plus de l'apparition d'une partie réactive, une diminution de la partie active de l'impédance a été constatée [12].

Le meilleur individu de la dernière génération (191 ont été simulées) a été retenu pour la réalisation d'un prototype, comme on le voit dans la Figure 2(a). Il est fabriqué en utilisant un fil de cuivre d'un rayon de 0,6 mm. Sans aucun circuit d'adaptation, on mesure une impédance de  $57 + j85 \Omega$  à la fréquence 868 MHz. La Figure 2(b) montre les coefficients de réflexion de l'antenne fabriquée pour une source de  $50 \Omega$ .



(a)



(b)

Figure 2. Le prototype fabriqué et les coefficients de réflexion avant adaptation, simulation et mesure.

Pour remédier au problème de désadaptation, un circuit d'adaptation constitué d'un stub équivalant à une capacité  $C$  en série avec une inductance  $L$  est conçu et intégré sous le plan de masse, de manière à ne pas nuire à la miniaturisation. Le stub est un tronçon de ligne de longueur  $D$  que l'on relie en dérivation sur la ligne de transmission principale à une distance  $d_0$  de la charge. Le circuit d'adaptation a été fabriqué sur un substrat FR-4. La figure 3 montre le circuit d'adaptation conçu.

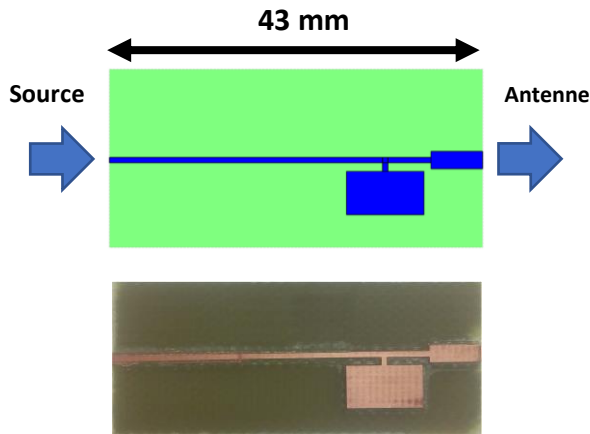


Figure 5. Le circuit d'adaptation conçu.

L'antenne fabriquée occupe un volume de  $(0,08 \times 0,05 \times 0,12) \lambda^3$  et le circuit d'adaptation :  $(43 \times 20 \text{ mm}^2)$ .

Les mesures du coefficient de réflexion après adaptation montrent un bon accord avec les résultats simulés, comme cela est indiqué dans la figure. 4. L'antenne fabriquée a une largeur de bande de 68 MHz, 865 à 933 MHz ce que la rend utilisable pour les bandes RFID européenne (866-868 MHz) et américaine (902-928 MHz). L'efficacité simulée a légèrement été dégradée de 100% à 92 % à cause des pertes dans le substrat FR-4 du circuit d'adaptation. Cette dégradation reste minimale et l'efficacité de l'antenne est élevée.

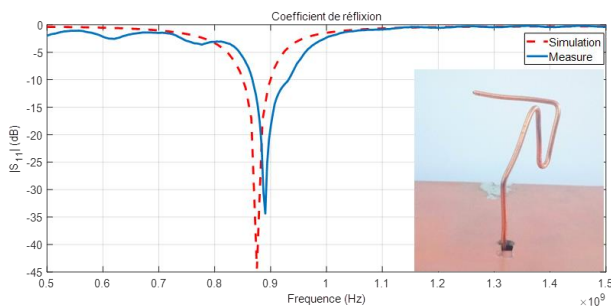
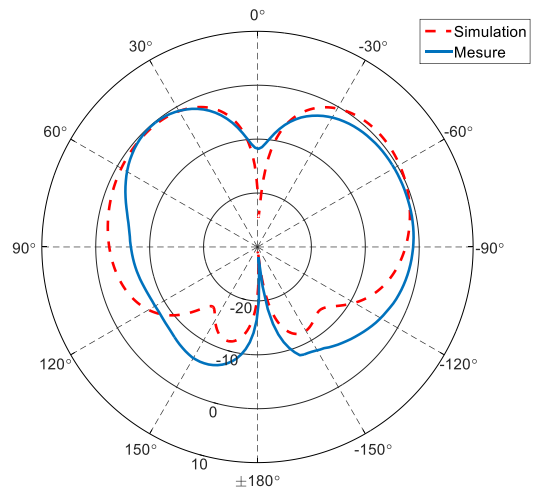


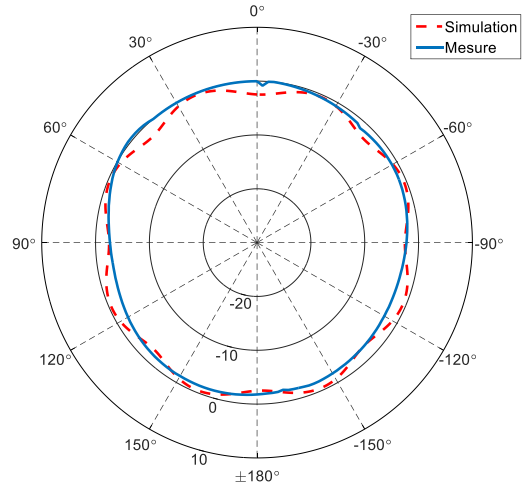
Figure 4. L'antenne fabriquée et les coefficients de réflexion après adaptation (simulation et mesure).

Afin de bien caractériser le prototype fabriqué, des mesures ont été faites dans un environnement anéchoïque en champs lointain. Comme cela est illustré à la figure 5, la totalité du champ électromagnétique est rayonné dans la moitié supérieure de l'espace (de  $-90^\circ$  à  $90^\circ$ ), comme cela était attendu étant donné la présence du plan de masse. L'accord entre les mesures et les simulations est bon dans le plan azimutal et pour une grande partie du plan d'élévation. Nous expliquons les écarts observés dans le dernier plan par un défaut du banc de mesure.

Quant à la polarisation, l'antenne montre une polarisation linéaire. Cela est normal étant donné la taille relativement petite de l'antenne par rapport à la longueur d'onde dans la bande de fréquence concernée. L'obtention d'une polarisation circulaire (ou elliptique) nécessiterait un volume plus grand pour l'antenne.



(a)



(b)

Figure 5. Le diagramme de rayonnement de l'antenne : (a) plan vertical. (b) plan horizontal.

## 4. Conclusion

La conception d'antennes miniatures, performantes et réalisables en pratique a été démontrée dans ce travail. Ce type d'antenne est destiné aux lecteurs RFID UHF de taille réduite. En effet aujourd'hui la taille d'un lecteur RFID est directement imposée par la taille de son antenne. Ainsi il sera possible de concevoir des lecteurs RFID UHF très compacts en associant une puce lecteur à ce type d'antenne.

Les travaux futurs se concentreront sur l'amélioration de la réponse des antennes et l'adaptation d'impédance pour des antennes 3D multifilaires ou utilisant des matériaux magnéto-diélectriques pour obtenir des structures encore plus compactes.

## Références

- [1] H. Iba and C. C. Aranha, "Introduction to genetic algorithms," *Adaptation, Learning, and Optimization*, 2012.
- [2] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan,

- “A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II,” *IEEE Trans. Evol. Comput.*, 2002.
- [3] E. E. Altshuler, D. S. Linden, and U. S. Air, “Design of a vehicular antenna for gps / iridium using a genetic algorithm,” pp. 1680–1683, 1998.
- [4] E. E. Altshuler and D. S. Linden, “Wire-antenna designs using genetic algorithms,” *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 39, no. 2, pp. 33–43, 1997.
- [5] J. D. Lohn, D. S. Linden, B. Blevins, T. Greenling, and M. R. Allard, “Automated synthesis of a lunar satellite antenna system,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 4, pp. 1436–1444, 2015.
- [6] G. S. Hornby, A. Globus, D. S. Linden, J. E. M. Engineering, C. Lane, and J. D. Lohn, “Automated Antenna Design with Evolutionary Algorithms,” vol. 5, pp. 1–8.
- [7] J. D. Lohn *et al.*, “Evolutionary Design of an X-Band Antenna for NASA ’ s Space Technology 5 Mission,” 2003.
- [8] Y. Rahmat-Samii and E. Michielssen, *Electromagnetic optimization by genetic algorithms*, vol. 42, no. 11. 1999.
- [9] “Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning,” *Choice Rev. Online*, 2013.
- [10] P. A. Diaz-Gomez and D. Hougen, “Initial Population for Genetic Algorithms: A Metric Approach,” *Proc. 2007 Int. Conf. Genet. Evol. Methods*, 2007.
- [11] H. a. Wheeler, “Fundamental Limitations of Small Antennas,” *Proc. IRE*, 1947.
- [12] a J. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design Third Edition*. 2005.