



HAL
open science

Caractérisation de la propagation d'un signal UHF-RFID à 433 MHz pour la localisation indoor

E Hatem, E Colin, S Abou Chakra, B El, J M Laheurte

► **To cite this version:**

E Hatem, E Colin, S Abou Chakra, B El, J M Laheurte. Caractérisation de la propagation d'un signal UHF-RFID à 433 MHz pour la localisation indoor. XXIèmes Journées Nationales Microondes, May 2019, Caen, France. hal-03822847

HAL Id: hal-03822847

<https://hal.science/hal-03822847>

Submitted on 20 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.

Caractérisation de la propagation d'un signal UHF-RFID à 433 MHz pour la localisation indoor

E. Hatem^{1,2}, E. Colin¹, S. Abou Chakra², B. El Hassan², J. M. Laheurte³

¹ EFREI-Paris, 30-32 avenue de la République, 94800 Villejuif

² Université Libanaise

³ Université Pari-Est, 6-8 Avenue Blaise Pascal, 77420 Champs-sur-Marne
elias.hatem@efrei.fr

Résumé – Les systèmes de positionnement indoor sont utilisés pour localiser des personnes ou des objets à l'intérieur des bâtiments. Les technologies utilisées sont très variées : vision, GNSS, Inertial Measurement Unit (IMU), Radiofréquences, etc. Radio Frequency Identification (RFID) est l'une de ces technologies. Cet article vise à caractériser la propagation de balises ou tags UHF-RFID à 433MHz dans un environnement indoor pour des applications de localisation. Le système est validé dans une salle de classe. Les simulations ont été obtenues à l'aide du programme Winprop. Un accord a été observé entre les distances mesurées et simulées, ce qui incite à utiliser le modèle simplifié et la procédure de mesure proposés.

1. Introduction

La localisation indoor est l'une des principaux services de l'internet des objets (IoT) [1, 2]. La précision est un élément essentiel dans la localisation. La RFID (identification par radiofréquence) est l'une des technologies permettant ce service. Elle permet l'identification, la localisation et le suivi d'une balise RFID attachée à une personne ou à un objet [3, 4].

Cependant, la propagation des ondes électromagnétiques dans des environnements indoor est caractérisée par des réflexions, des multi trajets et des diffractions qui sont principalement dus aux murs et au mobilier [5, 6]. En raison de ces réflexions, la propagation des ondes électro-magnétiques peut subir des modifications au niveau de la puissance et du trajet parcouru provoquant des variations du signal. Ces variations sont appelées évanouissements [7, 8]. Ainsi, le signal reçu est une combinaison du signal transmis et des multi-trajets.

Le système RFID à 433 MHz offre une bonne couverture en indoor (quelques centaines de mètres carrés) à la différence de ceux à 860 MHz. De plus, la bande de 433 MHz présente de meilleures caractéristiques de propagation parce qu'elle est actuellement moins affectée par les interférences externes car qu'il y a peu de systèmes qui fonctionnent dans la bande 433 MHz [9, 10]. De même, cette bande de fréquence offre un grand potentiel pour les communications M2M (Machine-to-machine) en utilisant la technologie sans fil.

Cependant, la littérature propose peu de modèles indoor à 433 MHz [11]. L'objectif de cet article est de caractériser la propagation du signal à 433 MHz expérimentalement et en simulation. Cet article propose un modèle simple de caractérisation des signaux à l'aide d'une méthode basée sur des campagnes de mesure, où les résultats seront comparés par rapport à la simulation.

L'article est organisé comme suit : La section 2 présente les bases théoriques de la propagation. La méthodologie de mesure et de simulation utilisées seront présentées dans la section 3. La section 4 décrit les résultats simulés et expérimentaux. Ensuite, les résultats seront analysés dans la section 5. Enfin, la section 6 présente la conclusion générale.

2. Modèle de propagation

Dans l'espace libre et selon la formule de Friis [12], la puissance reçue P_r par un antenne située à une distance d de l'émetteur peut être exprimée par l'équation suivante :

$$P_r(d) = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \quad (1)$$

Où P_t est la puissance émise, G_t est le gain de l'antenne émettrice, G_r est le gain de l'antenne réceptrice et λ est la longueur d'onde.

À l'intérieur des bâtiments, la formule de Friis n'est plus valable car elle ne tient pas compte notamment des nombreux multi-trajets propres à cet environnement. Parmi les modèles indoor de propagation, nous avons choisi le modèle « One Slope », souvent utilisé grâce à sa simplicité. Cependant, il nécessite des mesures préalables permettant de calibrer ses paramètres. Dans ce modèle, la relation entre la puissance reçue et la distance émetteur/récepteur est donnée par la relation :

$$P_{reçue}(mw) = K/d^n \quad (2)$$

Où $P_{reçue}$ est exprimé en mW, K est une constante, d est la distance (émetteur-lecteur) en mètres et n est le coefficient d'atténuation.

En échelle logarithmique, la puissance reçue en dBm s'exprime comme suit :

$$P_{dBm} = P_{d0} + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0}\right) + X \quad (3)$$

Où P_{dBm} est la puissance en dBm, d est la distance en mètres, P_{d0} correspond à la puissance en espace libre à un mètre. Le paramètre X dans l'équation (3) décrit la variation de l'atténuation de la puissance.

3. Méthodologie de mesure et de simulation

Afin de caractériser le comportement du signal, les mesures ont été effectués dans une classe de dimension 8,5 m x 7,5 m x 2,5 m à EFREI-Paris.



Figure 1. Environnement indoor

Pour éliminer les interférences et les réflexions causées par le mobilier dans la classe, tous les sièges, tables et autres objets ont été enlevés. Cependant, le chauffage, le tableau (métal) et un boîtier métallique contenant le vidéoprojecteur sont restés dans la salle.

3.a. Milieu expérimental

Pour la partie expérimentale, les équipements et les appareils utilisés sont une balise active RFID et un lecteur RFID à 433 MHz [13].

Le scénario de mesure est le suivant :

a) La balise ou tag UHF-RFID est placée au mur à une hauteur de 1,25 m qui correspond à la moitié de la hauteur du mur.

b) Le lecteur RFID est déplacé suivant trois trajets différents qui varient entre les angles 60 et 120 degrés (A60, A90, A120) à des positions successives distantes de 0,7 m, ce qui correspond à la longueur d'onde λ de 433MHz. Les différentes positions de mesure sont indiquées sur la figure 2.

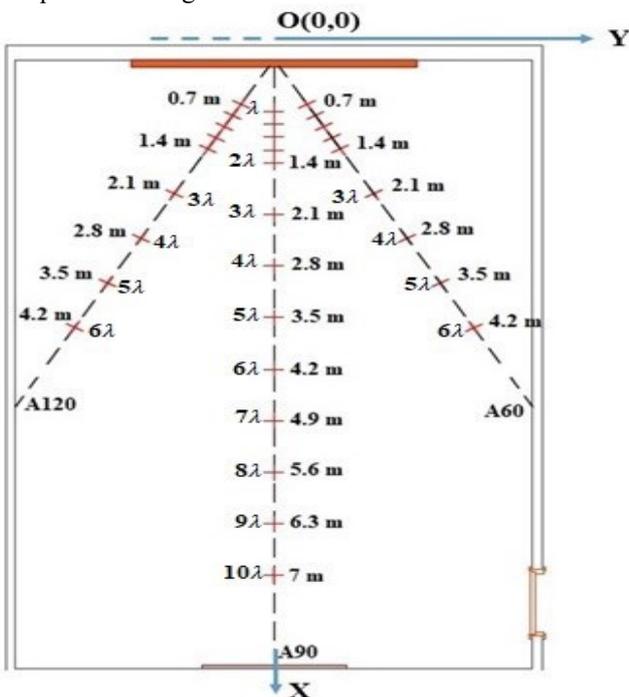


Figure 2. Configuration de la salle de mesure

3.b. Modélisation

La simulation a été réalisée à l'aide du logiciel Winprop [14], basé sur le modèle One Slope. De plus, pour être plus proche de la réalité, Winprop prend en compte les paramètres de Fresnel relatifs au mobilier. Les étapes de ce processus sont les suivantes :

a) Le diagramme de rayonnement de la balise UHF-RFID a été recréé par le logiciel.

b) L'environnement 3D est dessiné à l'aide du logiciel AutoCad (figure 3).

c) Les composants du milieu ont été classés sous différentes couches pour être ensuite caractérisés sous Winprop.

d) Les coefficients de Fresnel relatifs aux matériaux présents dans l'environnement ont été définis dans le logiciel.

e) La balise a été placée au mur au fond comme nous l'avons déjà mentionné dans la partie expérimentale (figure 4).

f) Dans le modèle One Slope proposé, la puissance reçue dans la salle de classe a été établie en considérant une source de puissance égale à 2.63 dBm selon la data sheet de la balise utilisée durant l'expérience.

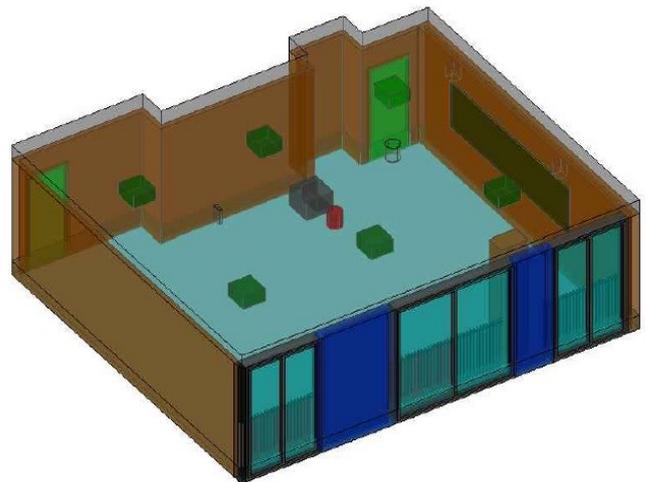


Figure 3. Configuration de l'environnement en 3D

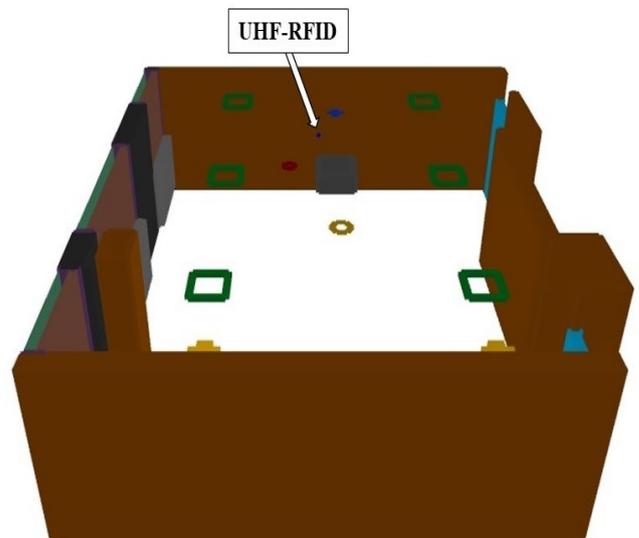


Figure 4. Balise placée au mur en Winprop

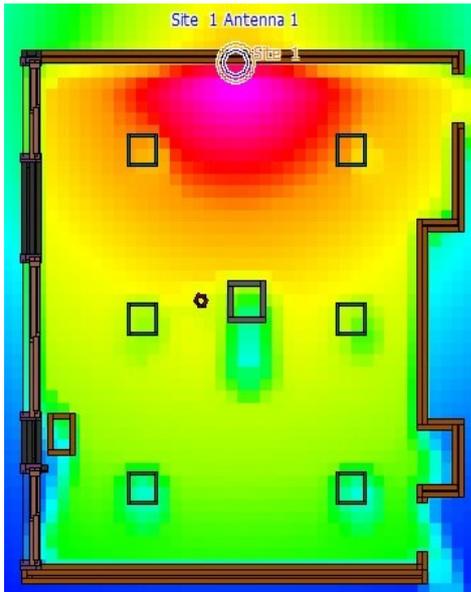


Figure 5. Propagation du signal dans la salle de classe

Le tableau 1 ci-dessous présente les coefficients de Fresnel des matériaux présents dans l'environnement.

Tableau 1. Paramètres des matériaux utilisés

Matériaux	Permittivité	Perméabilité	Conductivité
Béton	4,5	1	0,04
Plâtre	6	1	0,0278
Fer	1	10^5	$1,04 \cdot 10^7$
Aluminium	9,5	1,00000022	$3,5 \cdot 10^7$
Bois	3	1,00000043	$10 \cdot 10^{-15}$
Glasses	4	1	$10 \cdot 10^{-11}$
Copper	4,2	0,999994	$5,8 \cdot 10^7$

3.c. Diagramme de rayonnement de la balise

Il est connu que la propagation du signal est également affectée de manière significative par la présence de la source dans des environnements complexes ce qui influe sur la performance de l'antenne d'émission (balise ou tag) et de réception [15]. Par conséquent, il est important de considérer le diagramme de rayonnement 3D de l'antenne et de combiner ce diagramme avec le modèle de propagation.

La simulation électro-magnétique peut être utilisée pour concevoir les antennes et pour calculer les caractéristiques de rayonnement en termes de diagramme de rayonnement en 3D. De plus, FEKO est un des logiciels qui peut être appliqué dans ce contexte.

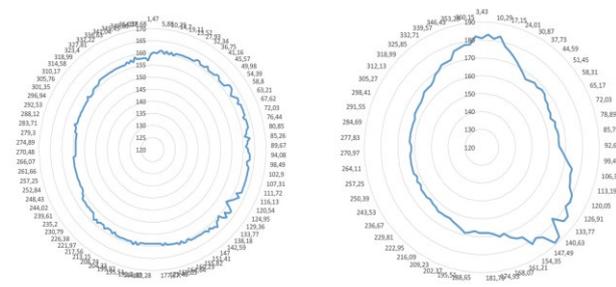


Figure 6. Diagrammes de rayonnement horizontal et vertical

4. Résultats expérimentaux et simulés

Les mesures ont été effectuées afin de caractériser le comportement du signal en fonction de la distance dans l'environnement. Pour bien étudier l'évolution de la puissance du signal sur les différents trajets illustrés dans la figure 2, la puissance reçue a été récupérée à chaque point indiqué sur le plan de la figure 2. De plus, après l'analyse des puissances reçues sur les trois trajets A60, A90 et A120 et en utilisant le modèle de propagation One Slope, le coefficient d'atténuation « n » obtenu est égal à 1,37.

De même, les valeurs simulées et mesurées du niveau de puissance reçue dans la classe ont été comparées aux valeurs calculées par la formule de Friis.

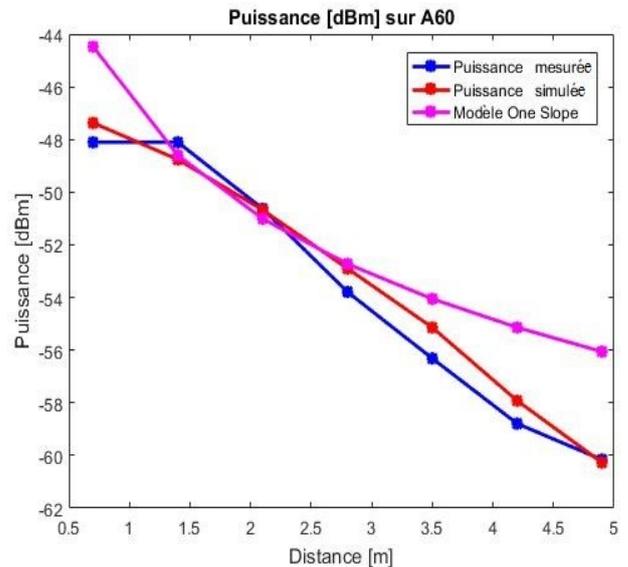


Figure 7. Graphique comparatif sur A60

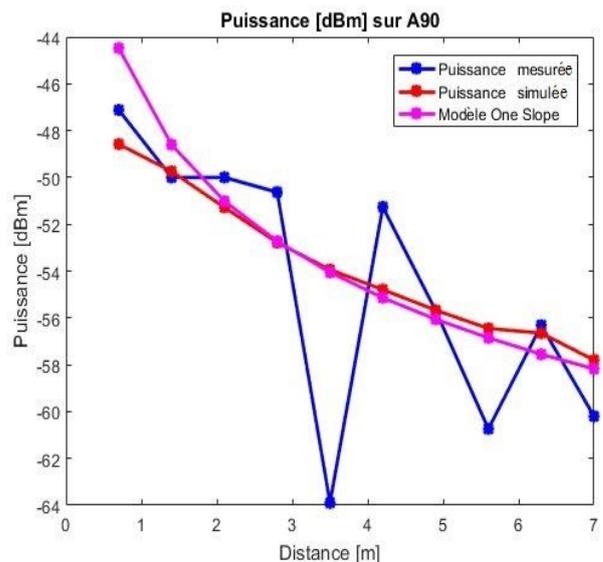


Figure 8. Graphique comparatif sur A90

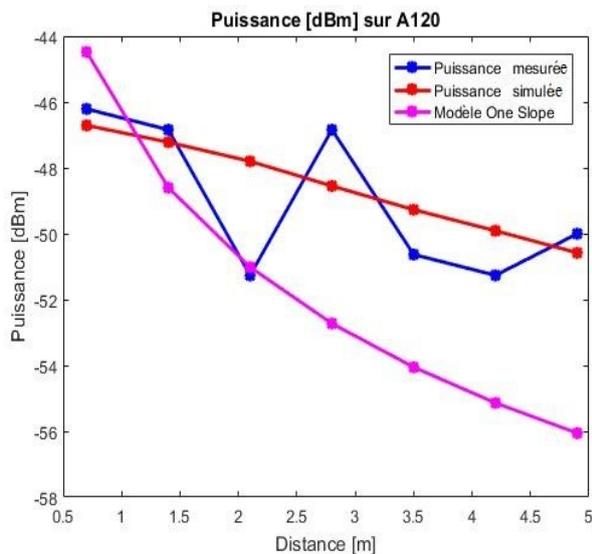


Figure 9. Graphique comparatif sur A120

5. Analyse des résultats

Les valeurs de puissance obtenue par simulation et par mesure ont montré un comportement proche. De plus, elles ont été comparées au modèle One Slope (avec $n = 1,37$). La connaissance du niveau de signal à l'émission est suffisante pour estimer la couverture le long de chaque ligne (A60, A90, A120). Ainsi, le temps de mesure et de simulation est réduit, ce qui augmente la simplicité du processus de prévision de la couverture, sans perdre de la fiabilité des résultats.

6. Conclusion

Cet article décrit la caractérisation de la propagation du signal utilisant la fréquence 433 MHz dans un environnement indoor. Les mesures ont été réalisées dans une salle de classe de dimension 8,4 x 7,4 x 2,5 m³. Les résultats expérimentaux concordaient bien avec la simulation obtenue par le logiciel de simulation. Ce qui incite à utiliser le modèle simulé et la procédure de mesure proposés pour des applications de localisation à l'intérieur des bâtiments.

Enfin, le travail sera complété par la réalisation des simulations dans un environnement plus vaste en utilisant un certain nombre de balises RFID déployées dans ce milieu afin d'étudier la propagation des signaux dans cet environnement.

Références

[1] Z. Chen, F. Xia, T. Huang, F. Bu, and H. Wang, « *A Localization Method for the Internet of Things* », The Journal of Supercomputing, vol. 63, no. 3, pp. 657–674, Sep. 2011.

[2] L. Mainetti, L. Patrono, and I. Sergi, « *A survey on indoor positioning systems* », 2014, pp. 111–120.

[3] M. Bouet and A. dos Santos, « *RFID tags: Positioning Principles and Localization Techniques*, » in Proceedings of Wireless Days 2008 (WD'08), 2008.

[4] K. Chawla and G. Robins, « *An RFID-based object localisation framework* », Int. J. Radio Frequency Identification Technology and Applications, vol. 3, nos. 1/2, pp. 2–30, 2011.

[5] Zhang Dian, Lu Kezhong and Mao Rui, « *A Precise RFID Indoor Localization System with Sensor Network Assistance* »,

[6] T. Sarkar, et al, « *A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication* », IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 45, pp.51-82, 2003.

[7] L. Moreno, « *Propagation topics in radio link design* », Radio Engineering Services, Torino, p. Section 1, 2006.

[8] F. Mani, F. Quitin and C. Oestges, « *Directional Spreads of Dense Multipath Components in Indoor Environments: Experimental Validation of a Ray-Tracing Approach* », IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 60, pp. 3389-3396, 2012.

[9] T. Sarkar, et al, « *A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication* », IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 45, pp.51-82, 2003.

[10] P. Tuset-Peiró, A. Anglès-Vazquez, J. López-Vicario, and X. Vilajosana-Guillén, « *On the suitability of the 433 MHz band for M2M low-power wireless communications: propagation aspects* », Trans. Emerg. Telecommun. Technol., vol. 25, no. 12, pp. 1154–1168, Dec. 2014.

[11] K. Phaebuga, C. Phongcharoenpanich, D. Torrungrueng, and J. Chinrungrueng, « *Short-distance and near-ground signal measurements in a car park of wireless sensor network system at 433 MHz* », 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Krabi, Thailand, 2008, pp. 241–244.

[12] H. Friis, « *A Note on a Simple Transmission Formula* », in Proceedings of the IRE, vol. 34, no. 5, pp. 254–256, May 1946.

[13] Ela Innovation SA. (2014) Ela Innovation active RFID, https://ela.fr/Local/ela/files/780/DS_IDx_021_0_B_FR.pdf.

[14] AWE Communications, Site internet de WinProp, <http://www.awecomunications.com/Products/>

[15] D. Campbell and C.J. Reddy, « *Antenna Design Considerations for LTE Enabled Base Stations* », 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, Vancouver, July 2015.