Projet dans le cadre du Graduate Program CODS
2026-2027

Prise en compte de la variabilité de l'environnement proche dans la modélisation statistique d'une antenne tag RFID

Proposé par :
Benoit Poussot (benoit.poussot@univ-eiffel.fr)
Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@univ-eiffel.fr)

Contexte :

Depuis longtemps, la technologie RFID (Radio Frequency IDentification) joue un rôle important dans la logistique industrielle. Avec la croissance de l'internet des objets (IoT), la technologie RFID devient omniprésente et incontournable. Pour la traçabilité des aliments, l'étiquetage dans le domaine du prêt-à-porter ou la logistique et la gestion de la chaîne d'approvisionnement, de nombreux scénarios utilisent la RFID UHF (RFID haute fréquence) pour le suivi et l'identification des produits (Figure 1). Ces scénarios sont complexes pour deux raisons :

- L'antenne tag est environnée par d'autres tags conduisant à une densité élevée d'éléments rayonnants.
- L'environnement proche de l'antenne tag est partiellement connu ou connu de manière incertaine.

Dans un contexte de haute densité de tags dans un environnement non-maîtrisé, les fortes interactions électromagnétiques entre les éléments rayonnants des tags et l'environnement proche impactent le fonctionnement des systèmes RFID [1]–[4]. Ces phénomènes conduisent à la non lecture de certains tags et dégradent à la fois la plage, le débit et le taux de lecture des tags (Figure 2). Dans ce contexte, pour palier à ces problèmes les solutions actuelles reposent sur une multiplication des systèmes de lecture pour apporter de la diversité et / ou sur une modification locale de l'environnement des tags (vibrations mécaniques ou brassage électromagnétique). Dans ces deux cas, ces solutions conduisent à des infrastructures supplémentaires lourdes et coûteuses qui d'une part ne garantissent pas un taux de lecture de 100% et d'autre part ne conviennent pas pour des solutions déployées à grande échelle.

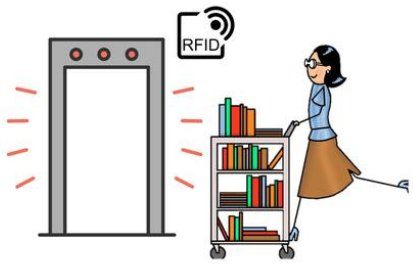

Figure 1. RFID appliquée à la détection automatique d'un grand nombre d'objets

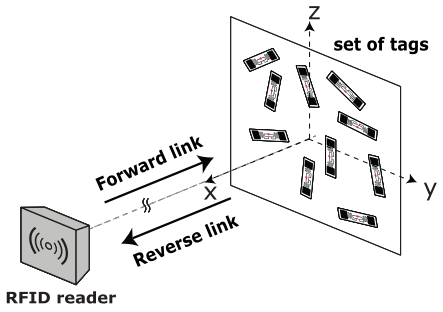

Figure 2. Lien RFID dans le contexte multi tags

Dans ce contexte, l'objectif des travaux menés au laboratoire ESYCOM est d'améliorer le taux de lecture des tags RFID dans un environnement complexe, non pas en agissant sur l'infrastructure de lecture (protocoles, antennes, post-traitement, position et densité des lecteurs ou diversité spatiale et fréquentielle) mais en estimant et en optimisant statistiquement la performance de groupe des tags RFID.

Objectifs :

Le laboratoire ESYCOM travaille depuis plusieurs années sur ce sujet [5]–[8]. Les études menées au laboratoire se sont focalisées en priorité sur la modélisation du comportement collectif d'un groupe de tags RFID. Dans un contexte de forte densité de tags, il s'agit de quantifier l'impact des autres tags sur le tag interrogé. Pour cela, un ensemble de N tags, distribués aléatoirement dans un volume, a été modélisé par un réseau à N ports, permettant de prendre en compte de manière rigoureuse l'ensemble des interactions électromagnétiques entre les antennes.

À partir d'études statistiques basées sur cette modélisation, les comportements stochastiques des paramètres antennaires, tels que l'impédance d'entrée et le diagramme de rayonnement, peuvent être établis. À partir de ces résultats, nous avons quantifié l'impact de ces paramètres sur les indicateurs clés de performance (KPI) d'un système RFID, tels que le taux de lecture et la distance maximale de lecture.

Afin de nous rapprocher de scénarios réels, il convient maintenant d'intégrer dans nos modèles l'influence de l'environnement proche de l'antenne. Ce projet s'articule autour de deux axes :

- Intégrer la variabilité de l'environnement proche de l'antenne dans l'étude statistique menée dans le cadre des tags fortement couplés, et analyser son impact sur les paramètres antennaires (gain, désadaptation, etc.).
- Quantifier l'impact de la variabilité des paramètres antennaires sur les paramètres système, appelés indicateurs clés de performance (KPI). Pour le système RFID, ces paramètres pourraient notamment être le taux de lecture et la distance maximale de lecture.

Références :

[1] C. Craeye and D. González-Ovejero, "A review on array mutual coupling analysis," *Radio Sci.*, vol. 46, no. 2, 2011.

[2] G. Marrocco, "RFID Grids: Part I—Electromagnetic Theory," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 3, pp. 1019–1026, 2011.

[3] S. Banerjee, R. Jesme, and R. Sainati, "Performance Analysis of Short Range UHF Propagation as Applicable to Passive RFID," in *2007 IEEE International Conference on RFID*, 2007.

[4] R. Fletcher, U. P. Marti, and R. Redemske, "Study of UHF RFID signal propagation through complex media," in *2005 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium.*

[5] I. Adjali, A. Gueye, S. Mostarshedi, B. Poussot, F. Nadal, and J.-M. Laheurte, "Matching evaluation of highly coupled dipoles quantified by a statistical approach," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 68, no. 7, pp. 5044–5051, 2020.

[6] A. Mughal, J. M. Sudersanan, S. Mostarshedi, B. Poussot, and J.-M. Laheurte, "Statistical evaluation of the coupling effects between tags in a UHF RFID forward link," *IEEE J. Radio Freq. Identif.*, vol. 7, pp. 257–266, 2023.

[7] B. Poussot, S. Mostarshedi, J. M. Sudersanan, A. Mughal, and J.-M. Laheurte, "Differential RCS of a set of coupled dipoles using a circuit network model: Application in RFID," in *2025 19th European Conference on Antennas and Propagation* (EuCAP), IEEE, Mar. 2025, pp. 1–5.

[8] J. M. Sudersanan, B. Poussot, S. Mostarshedi, and J.-M. Laheurte, "RFID reverse link in the context of coupled tags modelled by dipoles," in *2025 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications* (RFID-TA), IEEE, Oct. 2025, pp. 1–5.