



CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES : DE LA DOSIMÉTRIE À LA SANTÉ HUMAINE

Évaluation in situ des champs électromagnétiques issus de lecteurs RFID UHF

In situ evaluation of electromagnetic fields radiated by UHF RFID interrogators

Claude Tételin

Centre National de Référence RFID, ctetelin@centrenational-rfid.com

Mots-clefs : RFID UHF, exposition humaine, mesures in-situ

Keywords : UHF RFID, human exposure, in-situ measurements

Résumé

Dans cet article, une procédure destinée à l'évaluation, à titre indicatif, du champ électrique ou de la puissance émise par les systèmes RFID fixes dans la bande UHF (860-960 MHz) est présentée. Cette procédure est basée sur des mesures effectuées à l'aide d'un analyseur de spectre associé à une antenne dont les caractéristiques sont connues. Deux méthodes de mesure complémentaires sont proposées : en conduit (si l'installation RFID le permet) ou en rayonné. A partir de ces mesures et de quelques formules simples, le champ électrique est calculé. Ces mesures peuvent être comparées au seuil d'exposition des directives sanitaires européennes. La distance des antennes à laquelle le seuil est atteint peut également être évaluée. Cette méthodologie peut être appliquée directement sur le site où les lecteurs RFID sont installés.

Introduction

La RFID est une technologie d'identification automatique utilisant le rayonnement électromagnétique pour faire communiquer un lecteur et un ou plusieurs tags posés sur des objets ou des personnes. Dans la majeure partie des cas, les tags ne possèdent pas de source d'énergie interne et le lecteur doit alors télé-alimenter les tags. Les premiers systèmes RFID étaient principalement basés sur des fréquences basses (125 et 13,56 MHz). Ces systèmes utilisent le champ magnétique pour réaliser le couplage entre lecteurs et tags. Pour ce type de solutions, les distances de communication n'excèdent pas 1,5 mètre. Depuis 2006, la mise en place des normes EPC Class1 Gen2 et ISO 18000-6, a permis un rapide déploiement de systèmes mettent en œuvre les UHF (860-960 MHz). Dans ces gammes de fréquence, les distances de communication sont proches de la dizaine de mètres et le couplage entre tag et lecteur est propagatif. La multiplication des applications RFID UHF posent le problème de l'exposition humaine aux rayonnements électromagnétiques. Les opérateurs de ces solutions doivent respecter les directives de protection des travailleurs et, le cas échéant du public. S'il est facile de mesurer, en laboratoire, les champs rayonnés par ces dispositifs, les phénomènes de propagation liés à l'environnement dans lequel les lecteurs RFID sont mis en place sont importants et peuvent modifier sensiblement les niveaux de champ observés réellement. Dans le cadre d'une réflexion menée dans un groupe de travail de l'AFNOR, une méthode de mesure a donc été proposée et récemment validée par l'ensemble des membres de la Commission Nationale 31 (identification automatique et saisie de données). Basée sur de nombreux travaux menés par Renault SA, cette méthodologie requiert peu de moyens et peut être mise en œuvre directement sur le site d'exploitation du système RFID.

La directive 2004/40/CE du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concerne les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques). Les valeurs déclenchant l'action y sont données et rappelées ci-dessous pour la bande RFID UHF. Valeur déclenchant l'action (travailleurs)

Gamme de fréquences (MHz)	Champ électrique E (V/m)	Champ magnétique H (A/m)	Induction magnétique B (μ T)	Densité de puissance d'une onde plane équivalente S (W/m^2)
400 - 2000	$3\sqrt{f}$	$0,008\sqrt{f}^{1/2}$	$0,01\sqrt{f}$	$f / 40$

De même, la recommandation 1999/519/CE du 12 juillet 1999 relative à la limite d'exposition du public aux champs électromagnétiques donne des niveaux de référence qui sont rappelées ci-dessous pour la bande RFID UHF.

Niveau de référence (public)

Gamme de fréquences (MHz)	Champ électrique E (V/m)	Champ magnétique H (A/m)	Induction magnétique B (μT)	Densité de puissance d'une onde plane équivalente S (W/m ²)
400 - 2000	$1,375\sqrt{f}$	$0,0037\sqrt{f}$	$0,00461\sqrt{f}$	$f/200$

1. Procédure de mesure

Deux types de mesures sont proposés dans ce document : des mesures de puissance conduite (quand le système RFID le permet) et des mesures de puissance rayonnée. Dans la mesure du possible, on préférera effectuer des mesures de puissance conduite car elles sont plus précises. Pour cela, il faut que l'antenne puisse être déconnectée du lecteur RFID, ou à défaut connecter l'AS au lecteur via un câble de mesure, et que ses caractéristiques soient connues ou mesurables. Le logigramme ci-dessous résume les méthodes de mesure.

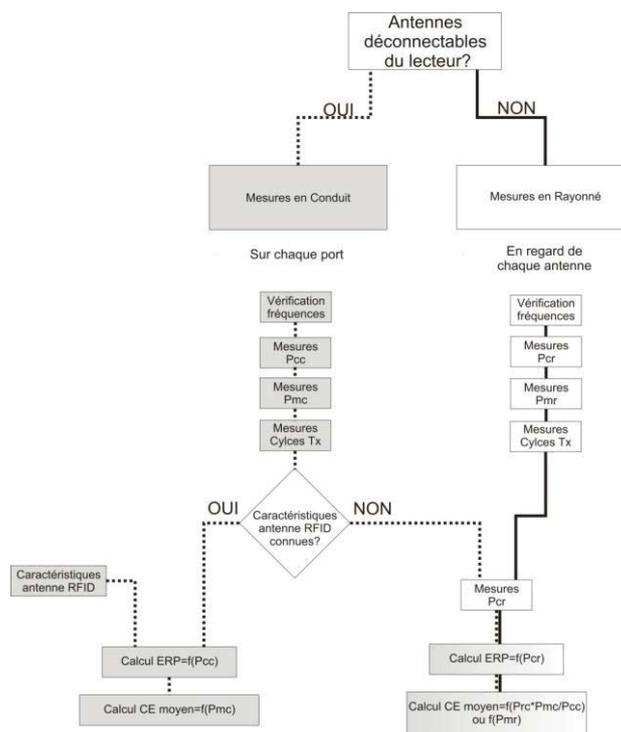


Figure 1 : Méthodes de mesure en conduit et rayonné

Le chemin en pointillé correspond à des mesures en conduit et en rayonné. Il s'agit du chemin recommandé permettant de minimiser l'exposition de l'opérateur lors des mesures.

Le chemin en traits pleins correspond aux mesures en rayonné. Ce chemin doit être pris s'il est impossible d'accéder aux câbles reliant lecteur RFID et antennes.

2. Mesures en conduit : Pcc et Pmc

Ces mesures ne peuvent être menées que si la configuration de l'installation le permet. Elles permettent de mesurer facilement le rapport entre puissance moyenne et puissance crête. L'antenne RFID doit pouvoir être déconnectée du lecteur RFID. Deux configurations sont possibles suivant l'installation. Elles sont résumées sur la figure ci-dessous.

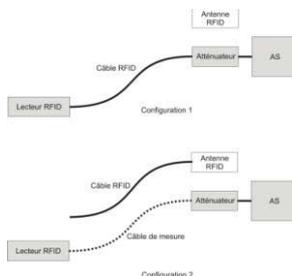


Figure 2 : Connexions de l'analyseur de spectre pour les mesures en conduit

Les mesures de puissance conduite permettent, par calcul, de déterminer la puissance rayonnée et le champ électrique lorsque les caractéristiques de l'antenne RFID sont connues ou ont été mesurées par ailleurs. Dans le cas d'émissions disjointes (le lecteur RFID émet de manière séquentielle dans les canaux autorisés), la somme arithmétique des puissances moyennes doit être calculée :

$$\Sigma P_{mc} \text{ (Watt)} = \sum_{\text{fréquences}} P_{mc} \text{ (Watt)}$$

La puissance effective rayonnée isotrope peut donc être évaluée suivant la formule :

$$EIRP \text{ (dBWatt)} = \Sigma P_{mc} \text{ (dBWatt)} + G \text{ (dBil)} + \text{Pertes (dB)}$$

Dans cette équation, les pertes sont l'addition de la valeur de l'atténuateur de protection (20 dB typique) et des pertes du câble de mesure si différent du câble RFID. G représente le gain de l'antenne RFID (connu ou mesuré par ailleurs).

Le champ électrique équivalent peut alors être évalué, dans le cas d'un champ formé, par la formule :

$$E \text{ (V/m)} = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP \text{ (Watt)}}}{d \text{ (m)}}$$

Ces valeurs de champs sont à comparer aux niveaux de référence (public) ou valeurs déclenchant l'action (travailleurs), valeurs de champs à 1 mètre.

La distance limite déclenchant l'action (cf. Directive Santé) est donnée par le produit de la distance de la mesure, le champ mesuré et le max de niveau d'exposition (par ex 40 V/m pour le public et 90 V/m pour les travailleurs) avec des unités homogènes.

$$d_{min} = d_{mes} \frac{E_{mes}}{E_{max}}$$

3. Mesures en rayonné : Pcr et Pmr

La figure suivante décrit la configuration de mesure des champs rayonnés par l'installation RFID.

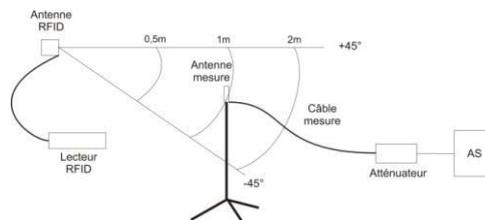


Figure 3 : configuration typique pour les mesures en rayonné

Dans le cas de mesures de puissances rayonnées, les formules permettant de le champ électrique et la distance limite déclenchant l'action sont les suivantes :

Dans le cas d'émissions disjointes (le lecteur RFID émet de manière séquentielle dans les canaux autorisés), la somme arithmétique des puissances moyennes doit être calculée. Les composantes horizontale et verticale doivent également être sommées :

$$\Sigma P_{mr} \text{ (Watt)} = \sum_{\text{polarisations}} \sum_{\text{fréquences}} P_{mr} \text{ (Watt)}$$

La puissance effective rayonnée isotrope peut donc être évaluée suivant la formule (en linéaire) :

$$EIRP \text{ (Watt)} = \Sigma P_{mr} \text{ (Watt)} \cdot \text{Pertes} \cdot \frac{5}{3} \cdot d^2 \cdot k^2$$

Dans cette équation, les pertes sont l'addition de la valeur de l'atténuateur de protection (20 dB typique) et des pertes du câble de mesure. k, exprimé en m⁻¹, représente le facteur d'antenne de l'antenne de mesure et d est la distance à laquelle la mesure a été faite.

Comme dans le cas des mesures en conduit, le champ électrique équivalent peut alors être évalué, dans le cas d'un champ formé ainsi que la distance déclenchant l'action.

4. Conclusion

A partir de mesures simples des puissances crête et des cycles d'émission d'un lecteur RFID UHF en conduit ou en rayonné, il est aisé de retrouver les valeurs de champ électrique moyen en fonction de la distance de l'antenne d'émission. En comparant ces valeurs aux seuils d'exposition des travailleurs ou du public, l'opérateur de l'application RFID peut alors prendre les mesures nécessaires pour limiter cette exposition. Dans le cas de lecteurs possédant plusieurs antennes, il est possible de sommer (arithmétiquement ou quadratiquement) les différentes contributions au champ électrique moyen suivant que les émissions sont simultanées ou disjointes. La procédure détaillée est disponible sur le site du Centre National de Référence RFID : www.centrenational-rfid.com