

**Journées scientifiques du CNFRS/URSI
" METROLOGIE ET CAPTEURS EN ELECTROMAGNETISME"
Meudon, 29 et 30 mars 2004**

La cellule TEM tridimensionnelle : un nouveau moyen d'essais pour les tests de CEM en basses fréquences

Virginie Deniau, Marc Heddebaut*, Jean Rioult**

**INRETS-LEOST 20, rue Elisée Reclus - BP 317 - 59666 Villeneuve d'Ascq Cedex*

virginie.deniau@inrets.fr

marc.heddebaut@inrets.fr

jean.rioult@inrets.fr

Commissions des auteurs : A, B, C

Résumé

Les tests de rayonnement et d'immunité réalisés dans les basses fréquences exploitent fréquemment les propriétés électromagnétiques des cellules TEM. Les méthodologies employées dans ces cavités nécessitent des temps de tests relativement importants et induisent des problèmes de répétabilité. A partir de ce constat, un nouveau moyen d'essais regroupant les propriétés électromagnétiques de trois cellules TEM a été élaboré : la cellule TEM tridimensionnelle. L'objectif visé à travers ce moyen d'essais est la caractérisation tridimensionnelle d'un équipement sans devoir le manipuler et donc de façon indépendante de son orientation. La première partie de cette communication décrit ce nouvel équipement et compare des résultats de rayonnement obtenus dans ce dispositif d'essais à ceux obtenus en cellule TEM. La répétabilité et la reproductibilité des mesures sont en particulier analysées. La seconde partie est relative aux tests d'immunité et propose une méthodologie de test spécifique à ce nouveau moyen d'essais. Celle-ci permet d'améliorer l'homogénéité du champ électromagnétique et d'optimiser le volume d'essai.

Mots clés : méthodes de tests, cellule TEM, cellule TEM tridimensionnelle, rayonnement, immunité.

Introduction

En compatibilité électromagnétique, les moyens d'essais permettant de contrôler les niveaux d'immunité et de rayonnement des équipements électriques et électroniques en basses fréquences sont les cellules TEM et leurs variantes (cellule GTEM). Les propriétés de ces cavités imposent de placer l'équipement sous test (EST) suivant plusieurs orientations pour obtenir une caractérisation complète. En pratique, en cellule TEM, l'EST est placé suivant trois orientations orthogonales entre elles pour obtenir une caractérisation tridimensionnelle. Cette démarche nécessite des temps relativement importants et peut induire des problèmes de répétabilité en raison du repositionnement de l'équipement et du câble d'alimentation.

La cellule TEM tridimensionnelle (TEM 3D) a été élaborée pour fonctionner suivant les mêmes principes que les cellules TEM mais pour éviter toute manipulation de l'EST [1]. Ce nouveau moyen d'essais comporte plusieurs septa qui définissent trois plans de couplage orthogonaux avec un EST placé au sein de la cellule.

Après une description de ce dispositif et de son principe de fonctionnement, son utilisation pour des tests de rayonnement sera étudiée. Les conditions de tests appliquées en cellule TEM à un EST seront reproduites en cellule TEM 3D afin de comparer la reproductibilité et la répétabilité des mesures au sein des deux moyens d'essais. La partie suivante traitera de son utilisation pour les tests d'immunité et de la distribution du champ au sein de la cellule. En comparant la structure de la cellule TEM 3D à celle d'une cellule TEM conventionnelle, nous mettrons en évidence l'intérêt d'adopter une méthodologie de tests spécifiques pour optimiser le volume d'essai. Le courant induit dans une petite boucle métallique sera étudié pour observer la reproductibilité des mesures en cellules TEM et TEM 3D.

1. Description et principe de fonctionnement de la cellule TEM 3D

La cellule TEM 3D est une cavité métallique cubique dont les angles sont tronqués sur 10 cm (figure 1). Elle comporte six septa fixés parallèlement aux six faces internes de la cavité et terminés par des connecteurs traversant les parois.

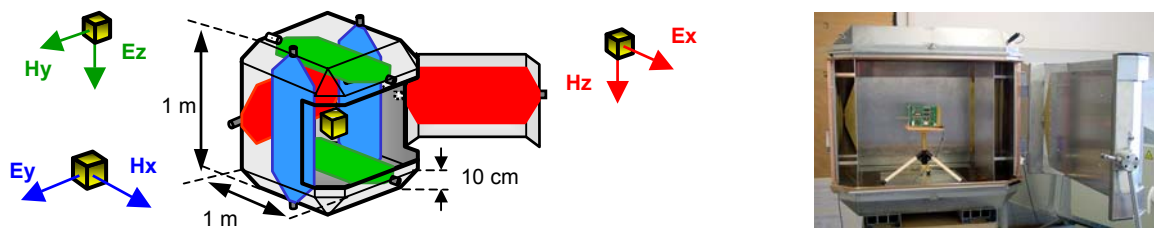


Figure 1 : Représentation de la cellule TEM 3D

En injectant sur différents septa, les champs électrique et magnétique générés peuvent être polarisés suivant les trois axes de la cellule. Ainsi, un EST peut être testé suivant trois incidences de champ orthogonales sans être manipulé [2].

2. Mesures de puissance totale rayonnée en cellules TEM et TEM 3D

Le protocole de mesures de la puissance totale rayonnée par un EST appliqué en cellule TEM, repose sur l'hypothèse que le rayonnement d'un équipement peut être assimilé à un couple de moments électrique et magnétique [3]. La mesure des trois composantes de ces moments, dans un repère associé à la cellule TEM, nécessite de positionner successivement l'équipement suivant trois orientations orthogonales entre elles. Les puissances induites recueillies à chaque extrémité du septum de la cellule TEM pour les trois orientations, permet de reconstituer le spectre de rayonnement de l'équipement.

Dans cette partie, des comparaisons de spectres de rayonnement obtenus en cellules TEM et TEM 3D seront présentées. Une carte électronique industrielle sera testée dans les deux moyens d'essais. En cellule TEM 3D, nous adopterons une approche équivalente à celle utilisée en cellule mais sans réorienter l'EST. Pour une position fixe de l'équipement, le spectre de puissance rayonnée sera reconstitué à partir des puissances mesurées aux extrémités de trois septa orthogonaux entre eux.

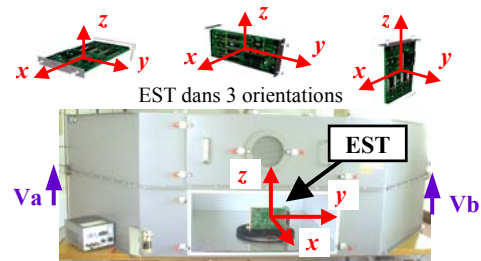


Figure 2 : Protocole de mesures en cellule TEM

3. Utilisation de la cellule TEM 3D pour les tests d'immunité

Dans ce paragraphe, une première section portera sur la caractérisation de l'environnement électromagnétique au sein de la cellule TEM 3D, en alimentant un unique septum. Afin d'étendre le volume de champ homogène au sein de la cellule, nous proposerons une approche qui consiste à alimenter simultanément deux septa opposés. Cette approche sera validée à travers des mesures de champ et de courant induit (entre 10 MHz et 200 MHz) dans une petite boucle de 10 cm de diamètre (figure 3), en cellule TEM et en cellule TEM 3D. Une étape de calibrage sera effectuée sur les deux moyens d'essais pour s'assurer que les caractéristiques du champ électromagnétique appliqué au centre de la boucle sont identiques dans les deux dispositifs sur toute la gamme de fréquences étudiée.

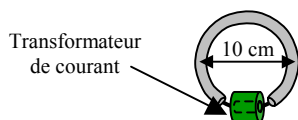


Figure 3 : Boucle magnétique testée

Conclusion

L'objectif de cette publication est d'une part de présenter une solution alternative pour les tests de CEM effectués en basses fréquences en réduisant les temps de tests et en améliorant la répétabilité des mesures. D'autre part, la cellule TEM 3D qui comporte six septa, offre de nouvelles possibilités pour les tests basses fréquences. En alimentant simultanément plusieurs septa et en contrôlant de manière adéquate les différentes alimentations, il est possible de générer un champ d'amplitude constante dans un volume délimité et de polarisation variable dans le temps. Ceci offrirait la possibilité de tester un EST sous toutes les incidences de champ sans modifier son orientation. Ces perspectives feront l'objet d'une quatrième partie dans la communication finale.

Références bibliographiques

- [1] M. Klingler, S. Egot, J.P. Ghys and J. Rioult, "On the Use of Three-Dimensional TEM Cells for total Radiated Power Measurements", 2001 Int. Symposium on EMC, Montreal, August 2001.
- [2] V. Deniau: Recherche des caractéristiques optimales d'un nouveau moyen d'essais électromagnétiques appliqué aux tests d'équipements électroniques embarqués sur véhicules, mémoire de thèse, Lille, Juin 2003, 177 pages.
- [3] J. C. Tippet and D. C. Chang, "Radiation Characteristics of Electrically Small Devices in a TEM Transmission Cell", IEE Trans. on EMC, vol. 18, NO. 4, pp. 134-140, November 1976.