

Mesures de CEM jusqu'à 40 GHz au générateur hyperfréquence SMP

Les générateurs de signaux utilisés pour les mesures de CEM doivent non seulement délivrer un signal RF de grande pureté spectrale et à puissance de sortie réglable avec précision, mais aussi et surtout présenter d'excellentes qualités de modulation d'amplitude et par impulsions, des balayages de fréquence et de niveau sans accrocs (« spikes ») et, enfin, une commande bien conçue, permettant des mesures automatiques avec ou sans contrôleur externe, selon le cas. Les générateurs hyperfréquences de la famille SMP constituent à cet égard des références – comme d'ailleurs tous les autres générateurs de signaux de Rohde & Schwarz. Chacun peut choisir parmi quatre modèles et dans une riche gamme d'options l'équipement répondant pour ainsi dire « sur mesure » à ses besoins – et ce pour un rapport prix/performances inégalé [1 à 3].

Le terme de **compatibilité électromagnétique** (CEM) dit bien ce qu'il veut dire : deux ou plusieurs composants ou « partenaires » électriques doivent « se supporter » sur le plan électromagnétique. Et comme dans tout partenariat, ça ne peut marcher que s'il existe des règles et que si ces règles sont respectées. C'est ce qui explique que des standards et normes de CEM aient été définis très tôt, y compris pour les équipements de mesure – mais seulement jusqu'à des fréquences de 1 GHz, correspondant aux principales activités enregistrées jusque là dans les télécommunications modernes. La gamme des fréquences supérieures était plutôt réservée aux militaires et aux scientifiques.

Il n'a cependant pas fallu attendre l'expiration de la période de transition fixée pour le passage au label CE pour voir les mesures de CEM figurer au répertoire des fabricants de matériels électroniques de haut de gamme conscients de leurs responsabilités. Les **équipements de mesure de CEM** tels que nous les

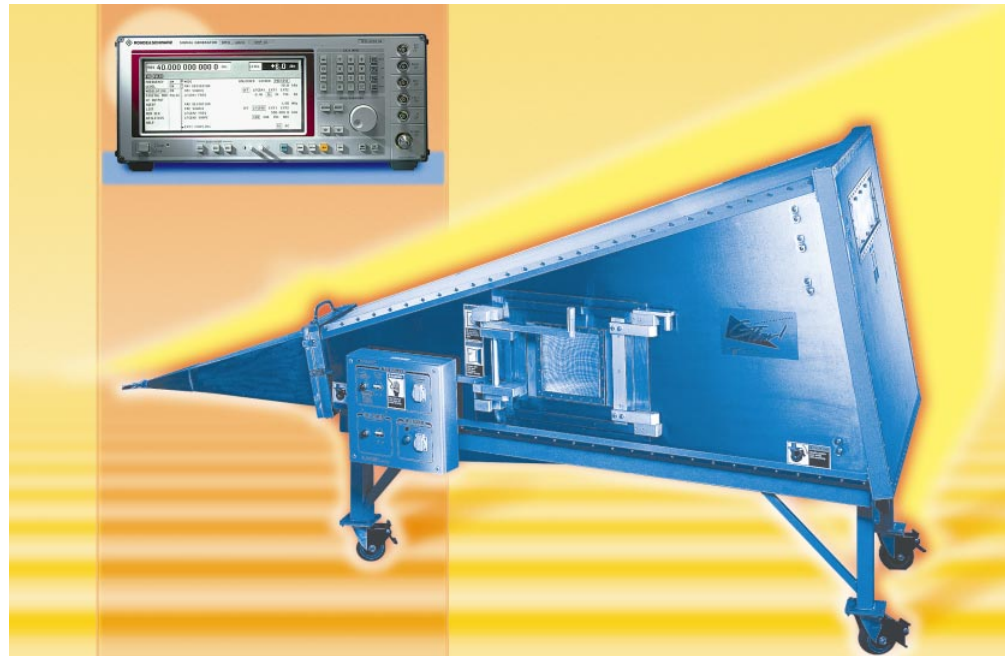


Fig. 1 Générateur de signaux SMP et cellule GTEM (ondes électromagnétiques transverses dans la gamme des gigahertz) – une combinaison moderne pour mesures d'immunité.

Photo 42 574

connaissons aujourd'hui ont leurs racines dans le domaine militaire, où il a toujours fallu que des récepteurs sensibles et de puissants émetteurs fonctionnent parfaitement les uns à côté des autres et en présence de brouilleurs de tout type. C'est ainsi que sont nés les principes de compatibilité et équipements de mesure associés, qui, adaptés aux besoins actuels, se retrouvent dans les normes nationales et internationales de CEM aujourd'hui en vigueur.

Comme il a déjà été indiqué : jusqu'à 1 GHz, il existe aujourd'hui des **normes et spécifications de mesure** bien au point, dans le domaine civil comme dans le secteur militaire. Aux fréquences supérieures, on est encore obligé de citer des sources militaires, bien que les applications civiles aient manifestement gagné du terrain ces derniers temps. Citons comme exemples les communications par satellite ainsi que l'automobile et l'aéronautique. On peut donc dès à présent oser prédire que, dans un proche avenir, les normes de mesure de CEM seront étendues à 40 GHz. Une condition technique importante a déjà été remplie par Rohde & Schwarz avec

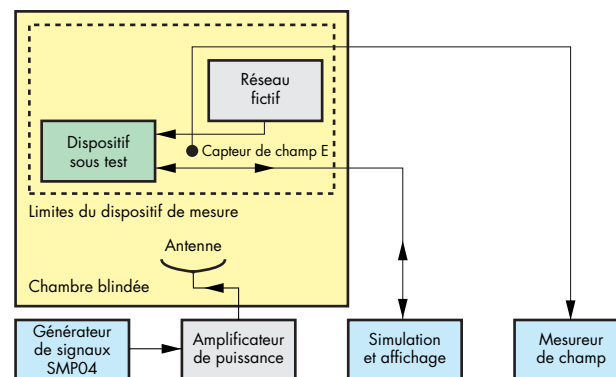


Fig. 2 Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées dans la gamme de 1 à 40 GHz à l'aide du générateur de signaux SMP (norme MIL 462D). La stimulation peut être assurée par le générateur SMP04 (10 MHz à 40 GHz), et l'indication ainsi que la mesure du champ par le récepteur de mesure d'immunité ESMI doté de l'extension mélangeur FS-Z40.

Sélection de spécifications de CEM civiles et militaires actuelles pour la gamme de fréquence de 1 à 40 GHz

Spécification	Intitulé	Description	Gamme de fréquence	Domaine d'application
MIL STD 461D/462D RES103	Radiated Emissions, Antenna Spurious and Harmonic Outputs	Mesure par antenne des rayonnements harmoniques et non harmoniques	1 ... 40 GHz	Militaire (USA)
MIL STD 461D/462D RES103	Radiated Susceptibility, Electric Field	Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées (champ électrique)	1 ... 40 GHz	Militaire (USA)
DEF STAN 59-41 (PART 3), DRS03	Radiated Susceptibility	Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées	0,79 ... 18 GHz	Militaire (UK)
VG 95 370/VG 95 373 Teil 13, Meßverfahren SF 04 G	Meßverfahren für Störsicherheitsabstände gegenüber systemeigenen Feldstärken	Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées	1 ... 40 GHz	Militaire (Allemagne)
SAEJ1113 Part 21	Semi-anechoic Chamber	Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées	0,03 ... 18 GHz	Automobile (USA)
ISO 11451-2/ ISO 11452-2	Perturbations électriques par énergie rayonnée à bande étroite Méthode de contrôle des véhicules, 2 ^{ème} partie : sources de perturbation extérieures au véhicule	Mesure de l'immunité aux perturbations rayonnées	0,2 ... 18 GHz	Automobile (international)
EN 50083-2	Systèmes de distribution par câble de signaux de télévision et de son 2 ^{ème} partie : CEM des composants	Mesure de l'immunité aux perturbations (méthode de substitution)	1 ... 25 GHz	Télécommunications, télévision et radiodiffusion sonore (Europe)

sa famille de générateurs SMP, constituée d'appareils haut de gamme mais abordables et comportant des modèles de 10 MHz/2 GHz à 20, 27 et 40 GHz. Le tableau encadré en bleu donne une sélection des spécifications de CEM civiles et militaires actuelles pour la gamme de fréquence de 1 à 40 GHz.

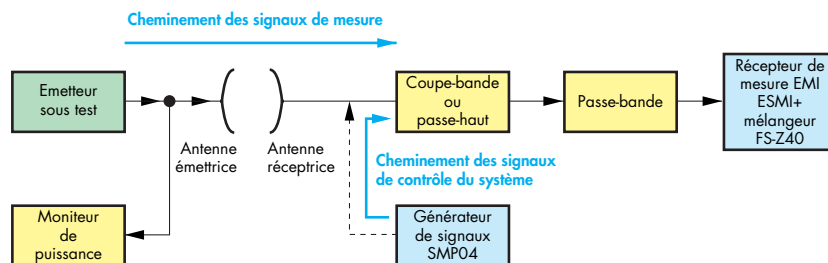
Un simple coup d'œil dans les normes suffit à montrer les principaux domaines d'utilisation des générateurs de signaux hyperfréquences. Le premier est celui des **contrôles d'immunité aux perturbations rayonnées** – parfois appelées mesures de susceptibilité. Dans ce cas, le générateur de signaux commande en

général un amplificateur de puissance de bande passante adéquate, raccordé à une antenne rayonnant sur le dispositif à tester (fig. 2). Suivant les exigences imposées, la capacité de fonctionnement du dispositif sous test ne doit pas alors être affectée, ou uniquement dans des limites bien définies. Aux courtes longueurs d'onde des hyperfréquences, le risque de résonances dans le dispositif sous test est particulièrement grand. Les petites fentes du boîtier ou bouts de fil montés sur les circuits forment souvent des résonateurs à très haut facteur de qualité, ce qui peut conduire à des défaillances totales sur une plage de fréquence extrêmement étroite. Grâce au balayage numérique du SMP, les résonances de ce type se détectent rapidement et à coup sûr, le pas minimal de réglage de 0,1 Hz satisfaisant à cet égard même les plus exigeants. L'excellente stabilité en fréquence garantit en outre la reproductibilité des mesures ; les insuffisances du dispositif sous test,

une fois décelées, peuvent être retrouvées à tout moment. Une autre caractéristique importante du balayage du SMP est l'absence de tout pic de niveau ou « spike », susceptible de détruire l'amplificateur de puissance qui suit, voire le dispositif sous test, et de conduire dans le cas le moins grave à des erreurs de mesure.

Le deuxième grand domaine d'utilisation des générateurs hyperfréquences est le **calibrage de dispositifs de mesure**, tels que celui représenté à la figure 3. Ici, avant la mesure proprement dite, l'indication de niveau du récepteur de mesure est calibrée à l'aide du générateur de signaux. On comprend aisément que le niveau du générateur doit alors être très précis et très stable – aucun problème pour les générateurs de la famille SMP grâce à leur système de régulation de niveau largement dimensionné, auquel s'ajoute un calibrage soigné en usine à l'issue de leur fabrication ! Dans le cas de dispositifs de mesure du type de celui de la figure 3, il est aussi fréquent de calibrer le récepteur de mesure non pas en injectant le signal du générateur par câble, mais en le faisant parvenir à l'antenne de réception par une antenne spéciale d'émission [2], ce qui permet de tenir compte également de la caractéristique de l'antenne de réception.

Fig. 3 Mesure des rayonnements harmoniques et non-harmoniques d'émetteurs dans la gamme de 1 à 40 GHz selon la norme MIL 462D à l'aide du générateur de signaux SMP et du récepteur de mesure d'immunité ESMI.



Les réponses en fréquence des câbles RF, de l'amplificateur de puissance et de l'antenne du dispositif de mesure induisent en général de grosses erreurs de mesure – et même l'excellente précision du niveau du SMP (écart typique de 0,1 dB seulement) ne peut rien y changer. Le SMP est cependant dans l'heureuse situation de posséder toute une série de **fonctions compensant ces réponses en fréquence** :

- « User Correction », permettant de choisir librement un profil de réponse en fréquence du niveau RF,
- « Memory Sequence », permettant de programmer l'exécution séquentielle de réglages complets de l'appareil,
- « List Mode », permettant de programmer jusqu'à 2003 couples fréquence/niveau,
- et, enfin, la régulation du niveau à l'aide d'un wattmètre externe [4].

Lorsque le SMP est utilisé en manuel, c'est-à-dire sans contrôleur externe, le

meilleur moyen de compenser la totalité de la réponse en fréquence est de faire appel à la fonction « User Correction », les valeurs de correction pouvant alors être déterminées automatiquement par simple touche si l'on dispose d'un wattmètre NRVS ou NRVD. Les programmeurs de systèmes de mesure automatiques préféreront toutefois corriger directement la réponse en fréquence à l'aide du contrôleur, via le bus CEI, en réalisant une régulation de niveau par l'intermédiaire des organes de réglage de niveau du SMP, qui permettent d'obtenir une résolution de 0,01 dB. Dans ce cas, la valeur réelle de contre-réaction se détermine par wattmètre à l'aide d'un coupleur directif raccordé à l'entrée antenne ou par sonde de champ placée au voisinage du dispositif sous test.

Ces exemples montrent bien que quel que soit le problème de mesure de CEM à résoudre entre 10 MHz et 40 GHz, le SMP est toujours le bon choix car c'est

un appareil performant, évolutif et néanmoins abordable, conçu par un fabricant ayant des dizaines d'années d'expérience dans tous les domaines des mesures de CEM !

Wilhelm Kraemer

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Kraemer, W. : Générateur de signaux SMP – Le générateur hyperfréquence des applications haut de gamme. Actualités de Rohde & Schwarz (1994), N° 144, p. 11–14.
- [2] Kraemer, W. : Générateurs de signaux SMP03 et SMP04 – Puissants générateurs hyperfréquences jusqu'à 40 GHz. Actualités de Rohde & Schwarz (1995), N° 147, p. 10–13.
- [3] Kraemer, W. : Le générateur hyperfréquence SMP – l'utilité de performances de pointe. Actualités de Rohde & Schwarz (1996), N° 151, p. 58–59.
- [4] Kraemer, W. : Régulation externe précise du niveau pour générateur de signaux hyperfréquence SMP. Actualités de Rohde & Schwarz (1994), N° 144, p. 14.