

MESURES des EMISSIONS RAYONNEES à l'aide d'une SOURCE DE REFERENCE LARGE BANDE

De David Madwsley, Directeur de Laplace Instruments Ltd

Traduction A. BAILLE - CEMesure France

Il est couramment admis que la mesure des émissions rayonnées en champ libre formé est susceptible de présenter de grandes erreurs et une mauvaise répétitivité.

La Source de Référence Large Bande (S.R.L.B.) permet à l'utilisateur, d'améliorer sensiblement la précision et la répétitivité de ces mesures.

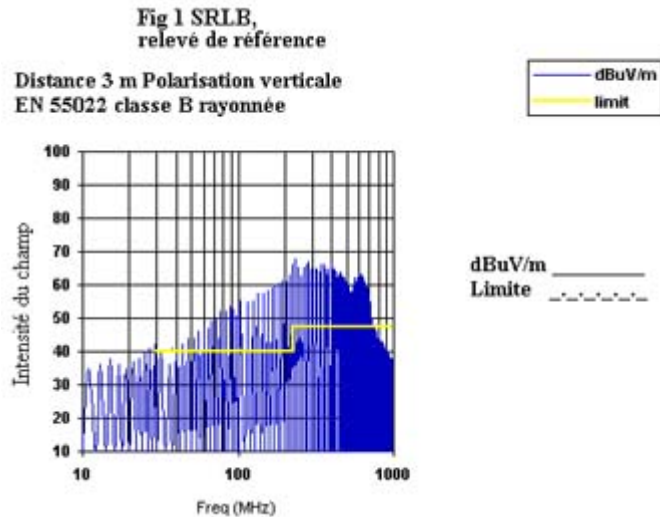
La mesure des émissions rayonnées de la plupart des types de produits implique de créer un site en espace libre (OATS). Les normes génériques et l'EN 55022 s'y réfèrent. Différentes publications et les normes elles-mêmes ont décrit, en détail, les configurations de ces sites. Cependant, la majorité des sociétés qui désirent mettre en place de tels sites, se trouvent devant des conditions matérielles sensiblement moins bonnes que celles requises. Manque de place à l'extérieur, présence d'objets à proximité (réflexions), manque de surface de référence, utilisation d'une chambre blindée non anéchoïque, mauvaise disposition des câbles, utilisation d'analyseurs de spectre et d'antennes simples, impossibilité de déplacer les produits à cause du poids ou des sources d'alimentation etc...., sont parmi les conditions défavorables les plus souvent rencontrées. En plus de ces contraintes physiques et financières liées au site, il faut ajouter les fautes dues à la procédure. L'une des fautes la plus commune réside dans l'impossibilité de déplacer en hauteur l'antenne comme les normes le réclament, afin d'éviter les problèmes créés par les réflexions sur le sol.

Ce facteur seul peut causer des erreurs dépassant 15 dB!

Dans ces circonstances habituelles, les erreurs importantes seront la norme. Il est un fait que ces erreurs tendent à fournir une lecture des champs minorée. Elles sont aléatoires et dépendent de la fréquence. De ce fait, sur un balayage, la lecture peut être vraie à 2 dB près à 120 MHz et fautive de -18 dB à 140 MHz ! L'expérience personnelle a montré que le déplacement de l'équipe de mesure près de l'E.S.T. (Équipement Sous Test) ou de l'antenne, pouvait entraîner des variations de 12 dB dans les mesures à certaines fréquences. En résumé, il apparaît nécessaire de disposer d'une meilleure technique de test et des moyens pour quantifier les erreurs.

La S.R.L.B. est une solution simple mais efficace pour réduire les erreurs dues à l'absence de balayage en hauteur et pour quantifier les erreurs dues au site.

Elle est constituée d'un générateur autonome et d'une antenne. L'ensemble est calibré sur le site NPL (National Physics Laboratory) de Teddington, en Grande Bretagne. Cette calibration (voir Fig. 1) consiste en une mesure précise des émissions d'une "référence", à une distance de 3 mètres, en utilisant toutes les ressources de ce site de référence (y compris le balayage en hauteur) pour disposer d'une calibration aussi parfaite que possible.



Les polarisations horizontale et verticale sont mesurées et les résultats ('données origines') enregistrés dans un fichier informatique. Chaque S.R.L.B. est calibrée par rapport à la S.R.L.B. "référence" dans une chambre anéchoïque et un logiciel est utilisé pour calculer les niveaux d'émission en corrélation avec les données origines mesurées au NPL. Chaque S.R.L.B. est ensuite livrée avec ses relevés individuels et une copie des données d'origine du NPL, permettant la traçabilité.

Si les émissions d'une S.R.L.B. étaient mesurées, maintenant, sur un site parfait, correspondant au site du NPL et en utilisant le meilleur équipement et les procédures correctes, les résultats correspondraient aux relevés de référence. Sur un site 'réel', les résultats seront différents.

La différence en dB entre le résultat 'actuel' et le résultat de référence sera due aux erreurs associées au site de test (y compris les équipements de mesure, et les oublis dans la procédure), ce jour, avec ce type de réglage et dans ces circonstances! Même des effets transitoires, comme la position d'une voiture sur un parking seront pris en compte. Donc, pour chaque fréquence intéressante, l'erreur de mesure peut être rapidement quantifiée.

Effets de l'E.S.T. sur le site de test.

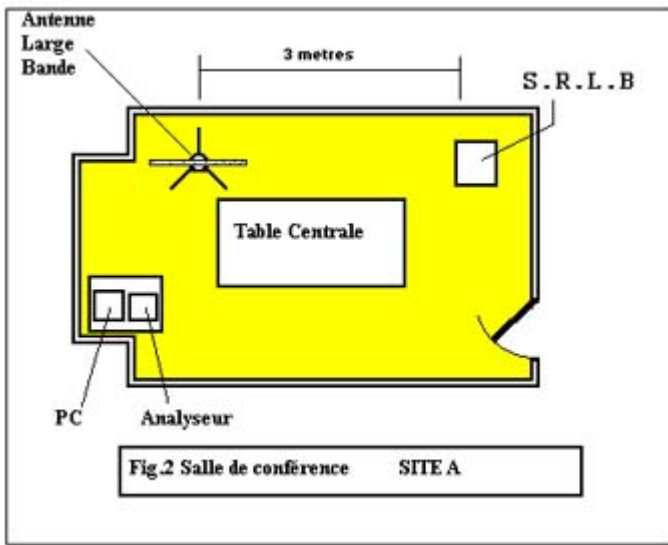
Où et quand cela est possible, la S.R.L.B. est utilisée sur le site de test avec l'E.S.T. enlevé. Cette configuration correspond à la situation qui prévaut sur le site de référence où les mesures de calibration ont été réalisées. La présence d'un E.S.T. sur un site de test crée une distorsion dans les caractéristiques du site de test. On peut assurer que la distorsion serait sensiblement identique sur le site de référence et sur celui de l'utilisateur. En d'autres termes, si l'E.S.T. introduit une distorsion de x dB sur le site des utilisateurs, il introduit le même effet sur le site de référence, et l'erreur se compense.

Effets dus au site de test.

Utilisant la S.R.L.B., les tests ont été menés sur deux sites 'réels', c'est à dire sur deux types de sites que beaucoup d'entreprises (par ignorance ou manque de possibilités) utilisent pour leurs mesures d'émissions C.E.M.

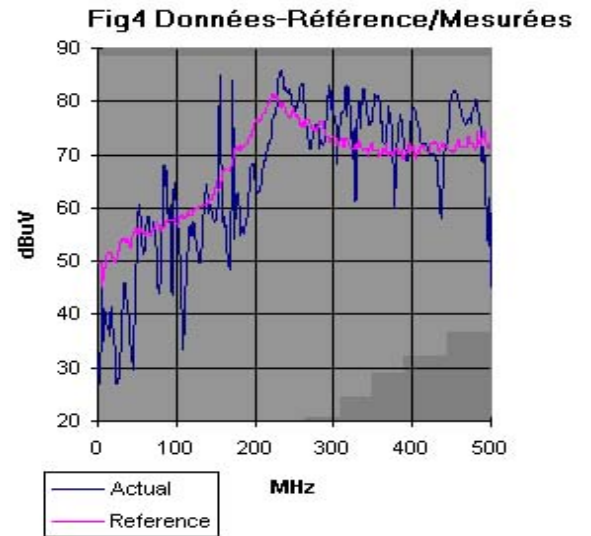
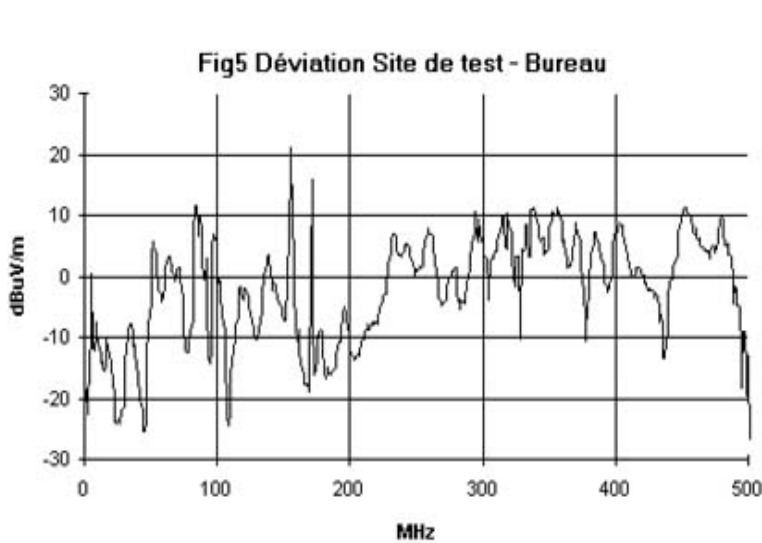
Le site A est constitué d'une salle de conférence dans un immeuble de bureaux, traditionnel, construit en briques. Pas de structure métallique autour, et la pièce est débarrassée des armoires etc.... Cependant, il existe deux gros radiateurs de chauffage central et une grande table en métal située au centre de la pièce. L'E.S.T. (puis la S.R.L.B.) est placé sur une chaise à armature métallique et l'antenne placée près de la grande

table . Voir Fig. 2.



1^{er} exemple.

Les figures 4 et 5 correspondent au site A. Les résultats diffèrent largement du relevé de référence d'une manière imprévisible et erratique. Les erreurs varient de + 10 dB à - 20 dB avec des creux et des pointes très aigus. Les maxima, à 90 MHz, 153 MHz et 170 MHz sont dus à des émissions en bruit de fond comme les émissions FM et les radio téléphones privés.

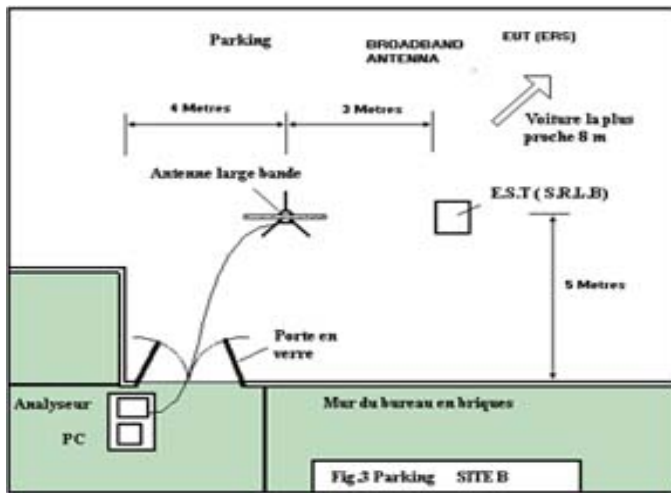


2^{ème} exemple

Le parking des bureaux constitue le site B. Le sol est plat, constitué d'un bitume classique. Les objets les plus proches sont:

- le bâtiment à environ 4 mètres sur le coté par rapport à l'axe de la mesure,
- les voitures sont à environ 8 mètres ou plus.

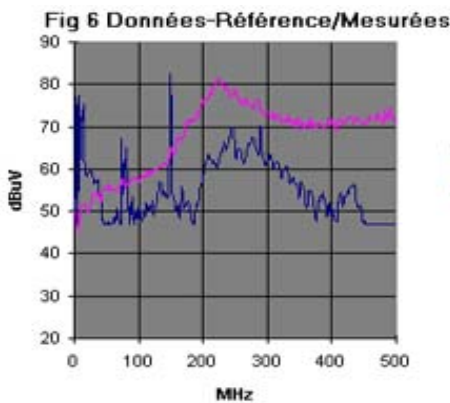
L'E.S.T. (puis la S.R.L.B.) est placé sur une grande caisse en bois à une hauteur de 80 cm. Voir fig.3.



Les Fig. 6 et 7 illustrent les résultats sur le site B.

Comme prévu, les larges fluctuations erratiques ont pratiquement disparues, mais on observe encore une valeur moyenne des erreurs entre + 10dB et - 20dB.

Comme précédemment, les pics de 90 MHz et 150 MHz sont dus aux émissions ambiantes et doivent être ignorés



L'explication des résultats du site B est relativement évidente.

L'absence de réflexions dues à des objets à proximité entraîne un relevé plus stable, mais l'absence de balayage en hauteur de l'antenne entraîne l'enregistrement de niveaux globalement trop bas. Les normes demandent de déplacer l'antenne entre 1 et 4 mètres, en hauteur, et d'enregistrer le niveau le plus élevé (voir le chapitre sur les réflexions dues au sol).

Le creux significatif de signal à 380 MHz correspond à un effet maximum de réflexion sur le sol pour une antenne située à 1,8 m de hauteur.

Les résultats sur le site A démontrent clairement en quoi le choix du site est critique.

Les nombreux pics et creux sont dus aux réflexions sur les surfaces métalliques dans la pièce (et hors de la pièce), plus les réflexions sur la chaise métallique et le plateau de la table.

La table, en particulier va agir comme un conducteur partiel d'énergie, à certaines fréquences, entre la S.R.L.B. et l'antenne, produisant encore plus de confusion. Voilà la preuve de l'impossibilité d'utiliser des

pièces ordinaires. Il faut se souvenir que cette pièce a été débarrassée des objets métalliques évidents, comme les armoires et que nous sommes dans un bâtiment de construction non métallique (briques).

Cet exercice met en lumière les problèmes que l'on rencontre dans des chambres blindées non anéchoïques. Dans tous les cas, les résultats sont moins bons que sur le site B, à cause de la présence de nombreuses résonances aiguës.

Dans ces circonstances, un soin extrême et l'utilisation d'un calibre sont les seules façons d'obtenir même des résultats approximatifs.

Il faut bien noter que ces erreurs sont liées au site de test. Elles seraient présentes quel que soit le niveau de sophistication ou le prix de l'instrumentation et de l'antenne !

Utilisation de la S.R.L.B.

Il existe deux stratégies possibles dans la réalité :

1. On caractérise le site sur toute la gamme de fréquences comme un exercice de calibration particulier.

Cela entraîne la mesure des émissions de la S.R.L.B. en un seul balayage entre 30 MHz et 1 GHz. Comme le spectre généré par la SRLB est constitué par la suite d'harmoniques d'un signal étroit, n'importe quelle bande passante entre 120 MHz et 1 MHz est utilisable. Les différences seront dues aux signaux ambiants. Les résultats seront comparés avec ceux de la référence. Afin d'aider, les valeurs de référence sont données suivant un graphique et un tableau. De plus, ces données de référence sont disponibles sur disque pour générer des facteurs de correction dans un tableur. Cette technique est valable pour les sites qui ne changeront pas dans le temps. Il s'agit des cages de Faraday et des pièces dans lesquelles les conditions et les réglages sont rigoureusement maintenus fixés. Les effets dus à la position de la source sont traçables en prenant une série de relevés de la S.R.L.B. déplacée dans une zone correspondant à la taille du futur E.S.T. Cela pourrait constituer un exercice d'illumination dans une cage non anéchoïque !

2. Vérifier les mesures spécifiques sur un E.S.T. au coup par coup.

Cela entraîne la vérification effective des résultats enregistrés. Cette méthode est recommandée sur les sites qui sont susceptibles de varier dans le temps. Il s'agit des sites ouverts (OATS), des sites non blindés localisés à l'intérieur, et tous ceux dans lesquels l'environnement peut changer (personnes, voitures, machines, équipements...) et les conditions extérieures évoluer (humidité du sol, présence de feuilles, etc....). L'E.S.T. est mesuré de façon normale. Un certain nombre de fréquences significatives sont observées et notées. Pour chacune de ces émissions, on utilise alors les sondes de proximité pour localiser avec précision la source. Une fois ces sources localisées et notées, on enlève l'E.S.T. On place la S.R.L.B. à l'endroit précis où se situent les sources émissions et on relève le niveau d'émission à la fréquence voulue. On compare le résultat avec la mesure de référence fournie. Un facteur de correction est ainsi disponible pour la fréquence, à cette position, ce jour. La mesure initiale sur l'E.S.T. est ensuite corrigée.

Prenons un exemple.

Un maximum de 36 dBuV/m est mesuré à 134 MHz, à une distance de 3 mètres.

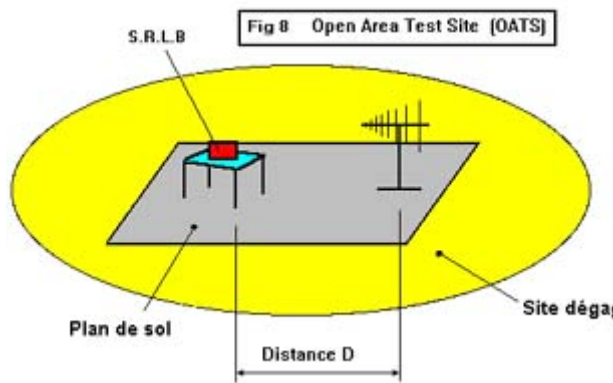
La position de la source est localisée. L'E.S.T. est enlevé. La S.R.L.B. est maintenant placée précisément à l'emplacement de la source d'émission. Une nouvelle mesure du niveau de la S.R.L.B. à la fréquence de 134 MHz est effectuée. On relève alors 49 dBuV/m. Le relevé de référence fourni avec la S.R.L.B. indique pour

134 MHz, 60 dBuV/m. Cela signifie que la mesure sur le 'site' est inférieure de 11 dB. La mesure initiale de 36 dB doit être ajustée à 47 dB. Pour la norme EN 55022, classe B, à 3 mètres, la limite est 40 dBuV/m.

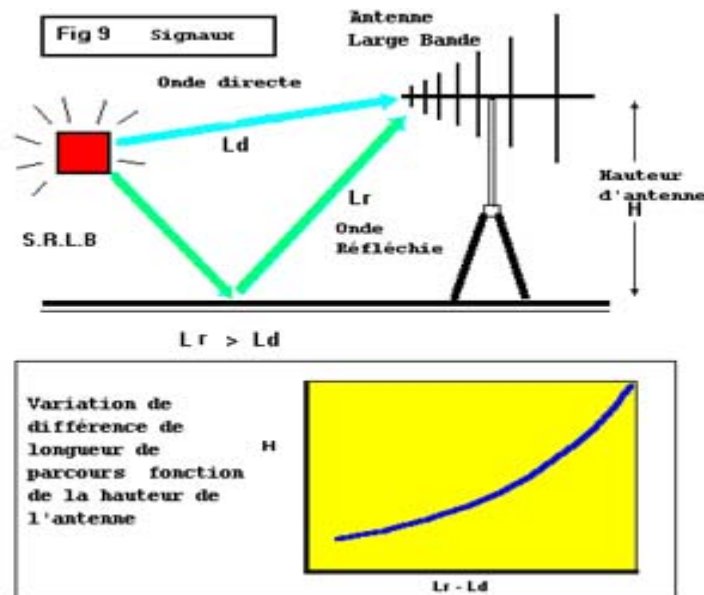
Cela signifie que sans la calibration, l'E.S.T. aurait été considéré comme correct et répondant à la norme alors qu'il dépasse largement cette limite !

Effets du plan de sol

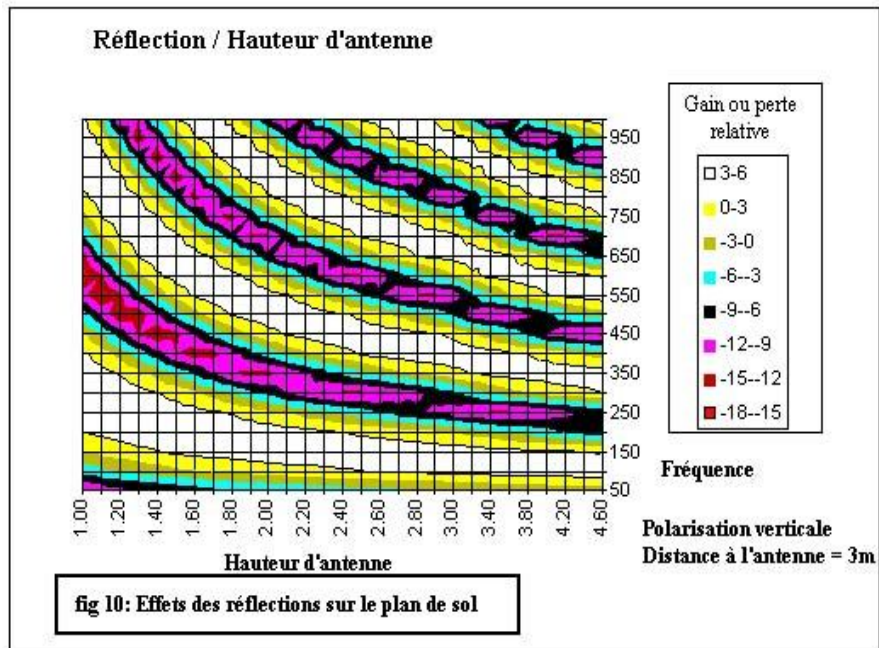
Les normes CEM définissent un espace libre de mesure (OATS) comme un espace libre de réflexions H.F., avec un plan de sol métallique et dont l'antenne de réception peut être déplacée en hauteur entre 1 et 4 mètres.



Avec ce type d'arrangement, la seule réflexion provient du sol. Avec un sol métallique, comme précisé dans les normes, la réflexion est maximalisée et interfère avec l'onde directe, comme montré sur la figure 9.



Si, à la fréquence mesurée, la différence de parcours entre l'onde directe et l'onde réfléchie est égale à une 1/2 longueur d'onde, les deux signaux sont en opposition de phases et s'annulent. En fait, cette annulation n'est pas totale. L'onde réfléchie a parcouru une distance plus importante et son amplitude est plus faible que l'onde directe. Cependant, sur un site à 3 mètres, la réduction d'amplitude due à la réflexion sur le sol sera de plus de 15 dB quand $L_r - L_d = 1/2$ longueur d'onde. La figure 10 illustre cet effet.



De ce graphique, il ressort que pour la fréquence de 300 MHz, avec une hauteur d'antenne de 2,5 mètres, la valeur mesurée sera minorée de plus de 15 dB ! A cette fréquence, la hauteur de l'antenne devrait être ajustée à 1 mètre. Il faut noter que tout ce qui est indiqué ci-dessus n'est valable que pour une polarisation verticale. Avec la polarisation horizontale, la réflexion introduit un déphasage supplémentaire de 180° et le graphique est 'inversé'. Afin de supprimer le problème de la réflexion interférente, les normes précisent que la hauteur de l'antenne (H) doit être ajustée afin de trouver et d'enregistrer le maximum de signal entre 1 et 4 mètres de hauteur. En comparaison, un site à 10 mètres a aussi été analysé. La distance entre l'antenne et le produit testé s'accroît. La longueur du trajet des deux ondes est plus grande, mais comme l'angle de réflexion est plus petit, la différence entre les deux trajets est très proche. Cela signifie que les amplitudes sont très proches. La suppression est donc plus importante. Pour un site à 10 mètres, la réduction de signal peut atteindre 30 dB ! En se souvenant que toutes ces conséquences sont justes produites par un seul réflecteur (le sol), la présence d'autres réflecteurs (objets à proximité) entraînerait clairement une incertitude encore plus considérable ! Le scénario le plus mauvais serait une cage de Faraday nue. Les résonances (ondes stationnaires) seraient présentes sur les trois axes avec des zones de maximum et de minimum de champ dans la chambre, rendant la mesure en absolu de niveau d'émission rayonnée pratiquement impossible.