



Blindages, boîtiers et chassis (2)

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

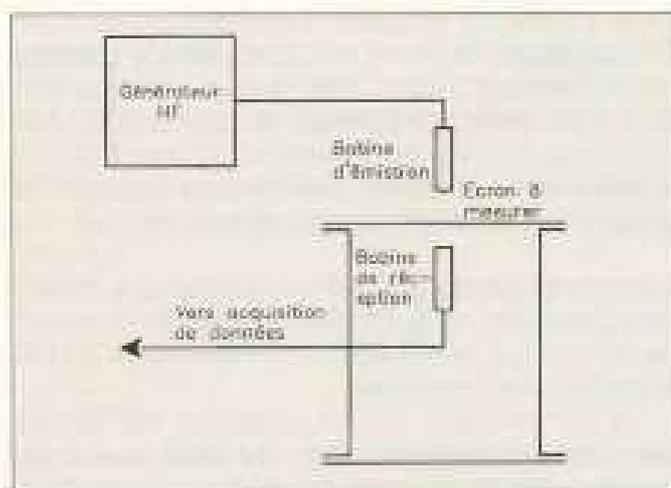


Figure 4: Mesure de l'atténuation:
Gamme de 10 kHz à 30 MHz

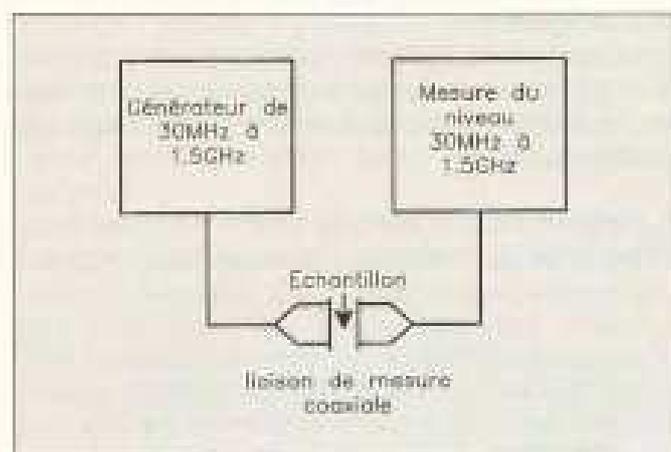


Figure 5: Mesure de l'atténuation:
Gamme de 30 MHz à 1.5 GHz

5. Différentes méthodes de mesures pour différents boîtiers

Il existe toute une série de méthodes de mesure. Le choix dépend des dimensions du boîtier, de la gamme de fréquences envisagée, et de la valeur d'atténuation du blindage.

Il faut distinguer les atténuations des champs

magnétiques et électriques de proximité de celle du champ électromagnétique éloigné.

5.1 Méthode standard pour les gros boîtiers

Voir la figure 7.

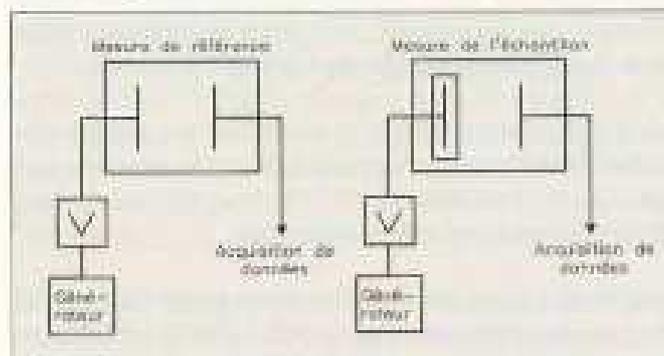


Figure 7: Méthode de mesure standard pour gros boîtiers

Les boîtiers ont un volume supérieur à 200 litres. Pour éviter toute influence due à un émetteur éventuel se trouvant dans le voisinage, on utilisera une cage de Faraday.

Une cage de Faraday, est constituée d'un matériau formant une enceinte hermétique au rayonnement électromagnétique et soigneusement mise à la terre, atténuant fortement les deux champs. Celle-ci devra comporter des faces absorbantes pour éviter que la courbe de référence de mesure ne soit faussée par la mise en résonance de la cage. Rappelons qu'une voiture constituée, elle aussi, une cage de Faraday, ce qui réalise une protection contre la foudre. Comme la voiture n'est pas mise à la terre en permanence, des charges électrostatiques s'accumulent. Il en résultera donc une différence de potentiel (tension) entre la voiture et le sol.

Le choix des antennes sera un compromis. L'antenne de réception doit être dans le boîtier à tester, et son impédance ne doit pas varier en cours de manipulation, afin de conserver l'adaptation des impédances. D'autre part,

dans le but d'avoir une bonne dynamique de mesure, et une haute efficacité, on optimisera les deux antennes.

Pour des valeurs moyennes d'atténuation, la méthode doit nous permettre d'explorer une large gamme de fréquences. Pour ce faire, on utilisera des antennes large bande en émission comme en réception, ce qui limitera le rendement.

Pour la gamme inférieure à 30 MHz, on utilise des antennes en boucle. De 30 MHz à 1 GHz, on utilisera des antennes dipôles.

La mesure ne se limite pas seulement à effectuer un balayage de fréquences avec les antennes requises. C'est ainsi que les boîtiers comportant des ouvertures d'aération devront être mesurés avec différentes orientations d'antennes, car les ouvertures provoquent une rotation de la polarisation de l'onde.

Lors de la mesure de référence, on diminuera l'effet de résonance en utilisant des dipôles large bande. Au dessus de 1 GHz, on utilisera l'antenne cornet conique en pointe.

Les ouvertures d'aération diminuent l'efficacité du blindage au dessus de 100 MHz d'une façon très nette. Une longueur d'ouverture de $\lambda/100$ rend l'effet bien visible, alors que l'effet principal disparaît à $\lambda/2$.

Plus l'ouverture est large, plus le transfert de rayonnement sera à large bande.

5.2 La méthode des deux antennes

Voir la figure 8

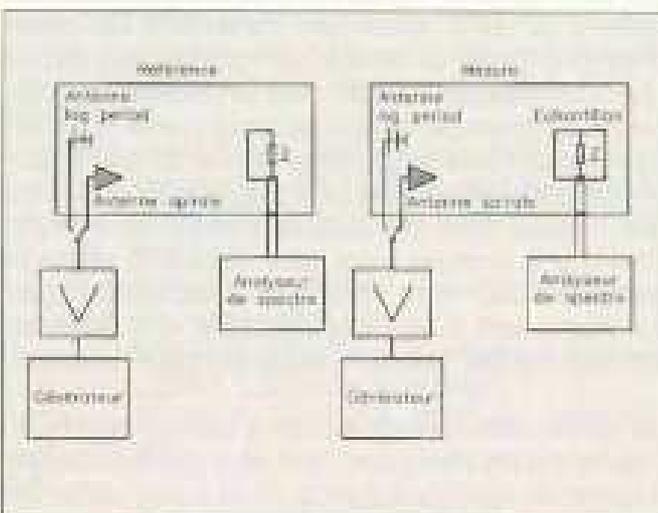


Figure 8: Méthode des deux antennes

C'est une méthode de mesure pour les boîtiers de grandeur moyenne, et elle met en œuvre deux antennes d'émission. Comme antenne de réception on utilise un fil tendu parallèle au grand côté de l'échantillon. Pour diminuer les indésirables rayonnements parasites, le tout est placé dans une cage de Faraday. On établira la valeur de référence avec une boucle de fil, afin d'obtenir la valeur moitié de celle de l'échantillon. On déterminera à l'aide des positions des deux antennes d'émission, les niveaux maximaux indiquant les résonances dans la cage de Faraday à différentes fréquences.

On obtiendra de bons résultats dans la gamme de 100 MHz à 1 GHz avec la combinaison des antennes coniques spirales et log périodiques.

L'analyseur prendra automatiquement la moyenne des deux niveaux de pointe.

L'antenne spirale produit un champ à polarisation circulaire, ce qui atténue l'effet de résonance de la cage de Faraday. La préparation de l'échantillon est simplifiée.

Le rendement de l'antenne de réception varie avec les dimensions de l'échantillon, ce qui limite cette méthode de mesure aux petits boîtiers.

5.3 La méthode dite des ondes de blindage

Voir la figure 9

Pour les petits boîtiers (volumes de 0.1 à 50 litres), l'antenne filaire de réception est inefficace. La méthode dite des ondes de blindage est ici appropriée.

A l'origine cette méthode fût développée pour déterminer la résistance au couplage parasite

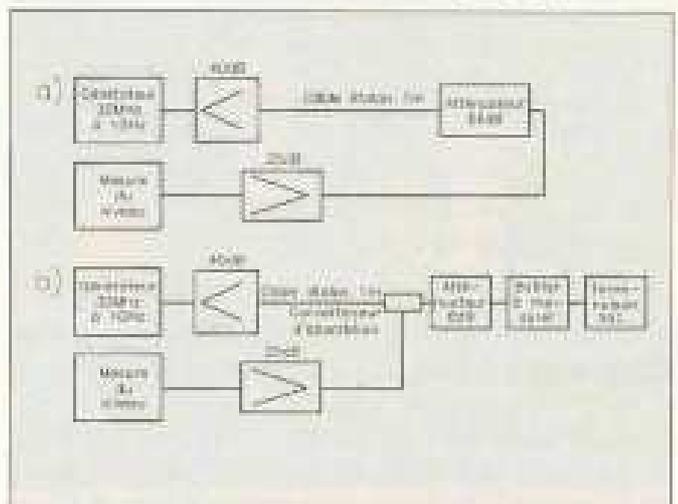


Figure 9: Méthode du courant de gaine
a) Mesure de la puissance d'alimentation P_s
b) Mesure de P_m

d'un câble échantillon de 1 mètre dans la gamme de 30 MHz à 1 GHz. Ce phénomène de couplage parasite d'un câble coaxial sur un autre, se nomme la diaphonie.

Un générateur HF alimenté une configuration coaxiale de mesure ayant 1 mètre de longueur. On mesure la puissance P_s dissipée dans la résistance de terminaison (50 Ohms). Le courant réfléchi circule par le côté intérieur de l'échantillon et revient au générateur.

Avec une étanchéité absolue du boîtier à mesurer, il ne circule aucun courant sur la gaine du câble coaxial.

Si le boîtier à mesurer a des discontinuités, le courant revient partiellement par la gaine du câble. Les valeurs maximales de ce courant permettront de déterminer la valeur de la puissance P_m .

$$a_s \text{ (dB)} = 10 \log \left(\frac{P_s}{P_m} \right)$$

On doit être adapté à 50 Ohms pour cette mesure, et on le contrôlera à l'aide d'un réflectomètre. L'adaptation peut se faire par la détermination des dimensions du rectangle formé par les conducteurs à l'intérieur de la cage de Faraday.

Si cette mesure n'est pas effectuée dans une cage de Faraday, il y aura en permanence des courants de gaine qui reviendront à la source. Ces courants devront être pris en compte, lors de la première mesure de puissance. Une élimination n'est possible qu'en cas de niveau constant.

Ce procédé ne devrait pas être appliqué si le boîtier présente des dimensions dépassant $\lambda/10$ (λ est la longueur d'onde). Dans ce cas, le boîtier rayonne dans la cage de Faraday. Cette puissance de rayonnement provoque des perturbations dans les appareils voisins. La possibilité d'application aux câbles, connecteurs, et boîtiers est un avantage, car on pourra comparer des éléments différents, ayant des valeurs d'atténuation de blindage différentes.

5.4 Conclusions de la partie théorique

Nous arrivons au terme de cet exposé théorique sur les façons professionnelles d'évaluer les performances d'un blindage. Nous sommes pleinement conscients qu'un constructeur amateur ne pourra jamais utiliser de tels moyens, mais, en lisant cet article, il aura acquis un bagage lui permettant de mieux comprendre

ce qu'il doit faire, et comment le faire, et surtout de comprendre éventuellement ce qui n'a pas été fait sur son équipement acheté dans le commerce. Nous passons maintenant à la partie pratique, celle qui permettra au constructeur amateur, d'utiliser au mieux les connaissances acquises.

6. Que faire pratiquement

Il y a trois questions fondamentales à se poser: La première est de connaître, au moins approximativement la gamme de fréquence à laquelle on veut opposer un blindage. S'agit-il de fréquences basses moyennes ou hautes. Veut-on se protéger contre un rayonnement extérieur ou au contraire contre une onde intérieure que l'on veut empêcher de rayonner à l'extérieur? En d'autres termes, veut-on blinder un dispositif de réception ou d'émission.

La deuxième question concerne la puissance mise en jeu. S'agit-il d'une petite puissance ou, au contraire d'une puissance relativement importante. Des réponses apportées à ces questions dépendront les moyens mis en œuvre, pour apporter les atténuations désirées.

Un troisième point très important qui facilitera grandement la mise en place des blindages, est de réfléchir, lors de la conception d'un montage, lorsqu'on passe du schéma théorique à la réalisation pratique, de penser à la disposition des éléments. A ce stade déjà, on pourra juger quel élément doit absolument être éloigné de tel autre. En particulier, se souvenir qu'un transformateur d'alimentation est forcément une source de rayonnement à 50 Hz intense. Bien disposer les éléments en tenant compte de leur spécificité et prévoir à l'avance l'emplacement des blindages, sont des précautions qui feront gagner beaucoup de temps. C'est ainsi que l'auteur, après avoir mis beaucoup de temps à lutter contre l'auto oscillation (accrochage) d'un étage final OE08/200 a fini par remarquer, qu'à l'intérieur du tube se trouvait, dans la partie inférieure de l'ampoule une plaque métallique formant un blindage de séparation entre circuit plaque et circuit grille de commande. Il suffisait donc d'enfoncer suffisamment le tube à travers le plan d'aluminium de telle façon que la plaque métallique interne du tube, se trouve à la hauteur du plan du châssis, constituant ainsi, le prolongement du plan formant blindage, à l'intérieur du tube, pour le plus grand bien de la stabilité de l'étage.

On l'a vu sur les diagrammes d'atténuation, les fréquences basses sont les plus difficiles à atté-

nuer, à plus forte raison lorsqu'il s'agit d'une puissance importante. Il faudra s'en souvenir lors de la construction d'amplificateurs à basse fréquence, ou de la partie basse fréquence tant d'un émetteur que d'un récepteur.

La règle logique veut que plus un signal est petit, plus il faudra le protéger contre les inductions pernicieuses du voisinage, avec un blindage approprié, ce signal étant appelé à être amplifié. Au contraire, un signal déjà puissant demandera moins de précautions. C'est le rapport signal utile/bruit qui est important.

Comment procéder? Une fois le câblage terminé, en tenant compte de toutes les règles mentionnées dans les précédents articles, on peut juger de l'importance de l'inévitable 50 Hz, présent partout, en explorant le montage, à l'aide d'une spire branchée à la sonde d'un oscilloscope. Si l'entrée de l'oscilloscope présente 1 Mohms, 20 pF comme c'est classiquement le cas, il faudra un transformateur d'adaptation, qui adaptera la sonde à l'entrée de l'oscilloscope. En plus des blindages nécessaires, se souvenir que le 50 Hz entre principalement par les divers câbles d'alimentation du montage, surtout par ceux de l'alimentation du secteur, et tout un choix de filtres secteurs existent.

Quel matériau choisir? Pour ces fréquences basses cherchez à atténuer en priorité le champ magnétique. Choisissez donc de l'acier doux, ou mieux à haute perméabilité magnétique, du genre tôles de transformateur. Dans la majorité des cas, on pourra se contenter de tôles d'acier de 0,5 mm ou 1 mm d'épaisseur facilement pliables.

Le cas de champs électromagnétiques puissants à basse fréquence est le plus difficile à résoudre, et pose de gros problèmes aux professionnels eux mêmes. Fort heureusement, de gros progrès ont été accomplis dans la construction de condensateurs à grosse capacité, qui, s'ils sont branchés à des endroits convenables, permettent de réduire le ronflement.

Dans le domaine des fréquences plus élevées, il sera plus facile de créer un blindage mixte, de la partie magnétique, et de la partie électrique. On utilisera une feuille d'acier doux étamé (fer blanc), atténuant les deux champs. Ce type de feuilles métalliques est très pratique pour confectionner de petites boîtes soudées contenant les différents circuits que l'on pourra interconnecter. Ceci pour les circuits à puissance réduite.

Pour les circuits à grande puissance, du genre

étage final d'émetteur, une plaque d'aluminium accolée à une fine tôle d'acier doux peut suffire. Dans ce cas, pour un étage puissant à tube électronique, le blindage efficace entre le circuit plaque et le circuit grille de commande est de la plus haute importance. De plus, l'alimentation continue à haut voltage, passera au travers d'un condensateur «by pass». Les étages de puissance HF à transistors ne nécessitent pas autant de précautions, du fait que le circuit de collecteur est constitué d'un noyau de ferrite à haute perméabilité, ce qui canaliserait beaucoup plus le champ électromagnétique.

Lors de l'achat d'un appareil, se souvenir que la partie blindage, tout comme la partie mécanique, est très souvent le parent pauvre pour une question de coût. Nous l'avons vu, cela exige beaucoup de mesures coûteuses et pas faciles à faire. Se souvenir que les perturbations peuvent facilement traverser un boîtier en matière plastique. Il suffira de disposer l'appareil dans un blindage digne de ce nom pour améliorer ses performances.

7. Conclusions

Nous l'avons vu, la bonne protection électromagnétique d'un équipement nécessite des moyens qui augmentent d'une façon non négligeable le prix du produit, de sorte que les fabricants, pour le matériel grand public, négligent souvent cet aspect. De plus, souvent les performances mécaniques sont totalement insuffisantes. C'est dommage, car combien d'appareils électroniques pourtant très performants du point de vue purement électronique s'entend, finissent trop rapidement leur carrière au fond d'une benne parce que le boîtier est cassé et irréparable, ce qui détériore très souvent les circuits imprimés.

Nous espérons avoir intéressé le lecteur sur cet aspect souvent négligé de la protection électromagnétique. Cette protection devient de plus en plus importante et urgente pour les raisons évoquées au début. La technique actuelle parvient à mieux cerner les paramètres importants.

Référence bibliographique:

- Design & Elektronik 24 du 26.11.96 en allemand