

La petite histoire du blindage d'un filtre passe-bas 144MHz

Par François, HB9BLF

En plus de la platine du PA 1KW à LDMOS pour le 144MHz, j'ai aussi acheté à W6PQL celle du filtre passe-bas de puissance. Cette platine a aussi un coupleur directionnel qui permet la mesure du niveau de sortie et du SWR.

Very High Power (up to 2.5kw)
LPF and Dual Directional Detector
for 2 meters

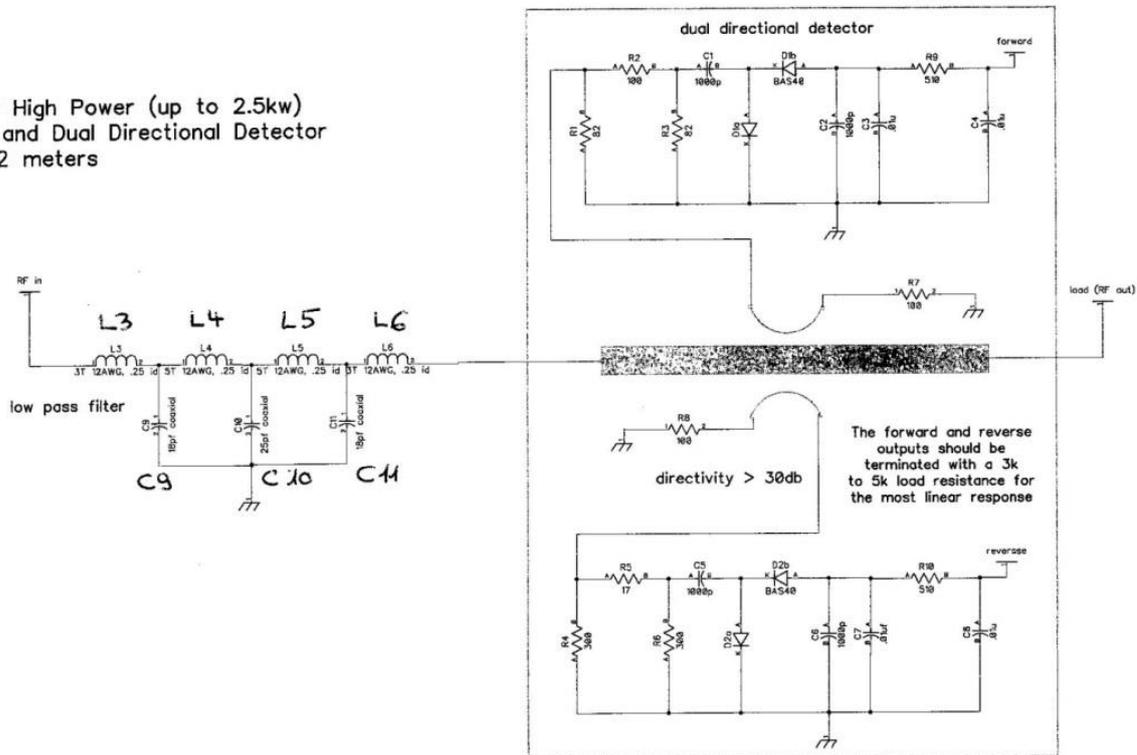


Fig. 1 : Schéma de filtre LPF / coupleur de mesure PWR/SWR

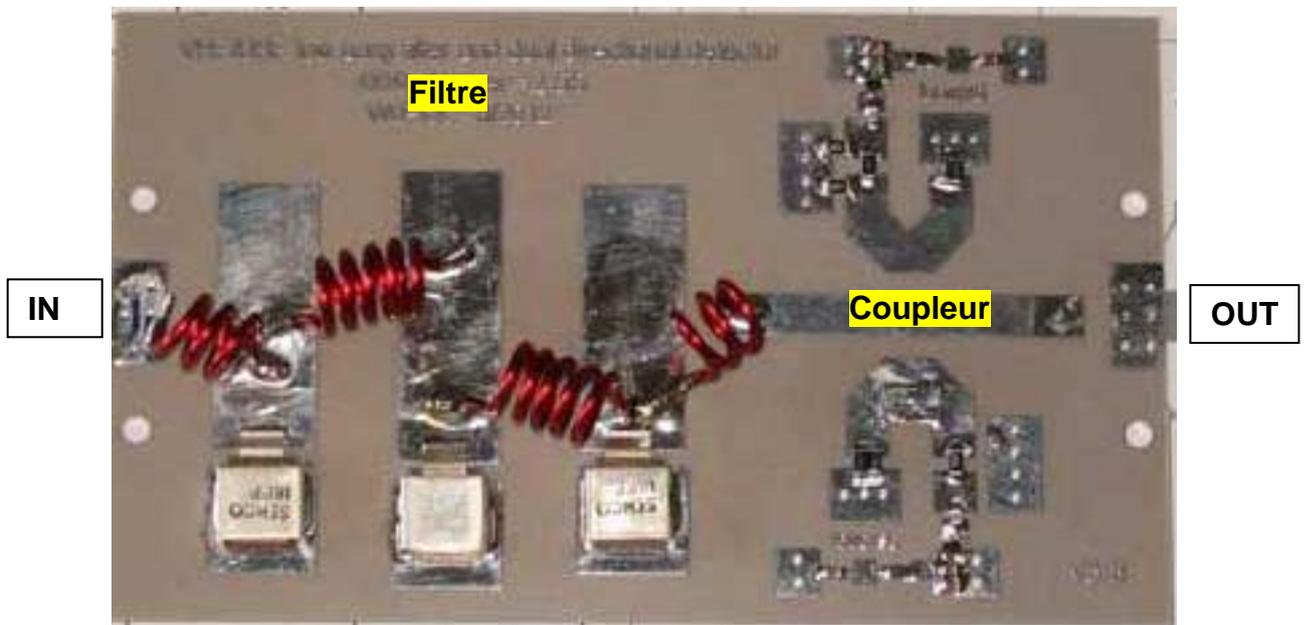


Fig. 2 : PCB du filtre passe-bas avec coupleur directionnel

A la figure 2, une photo de la version standard. La version « puissance » a des bobines en fil de cuivre plus épais et argenté, les condensateurs sont réalisés avec des bouts de câbles coaxiaux au téflon de longueurs entre 4 et 6cm, et le coupleur a un capot métallique de blindage.

J'ai fait une première mesure du filtre, en y ajoutant des connecteurs SMA, à l'analyseur de réseau. Ensuite, pour l'utiliser avec le PA, je l'ai monté avec des fiches « N » dans un enclos blindé HF réalisé avec du circuit imprimé simple face ; les plaques de l'enclos sont soudées entre-elles et au plan de masse du filtre.

A la fig. 3 une comparaison des courbes de réponse du filtre sans et avec le blindage.

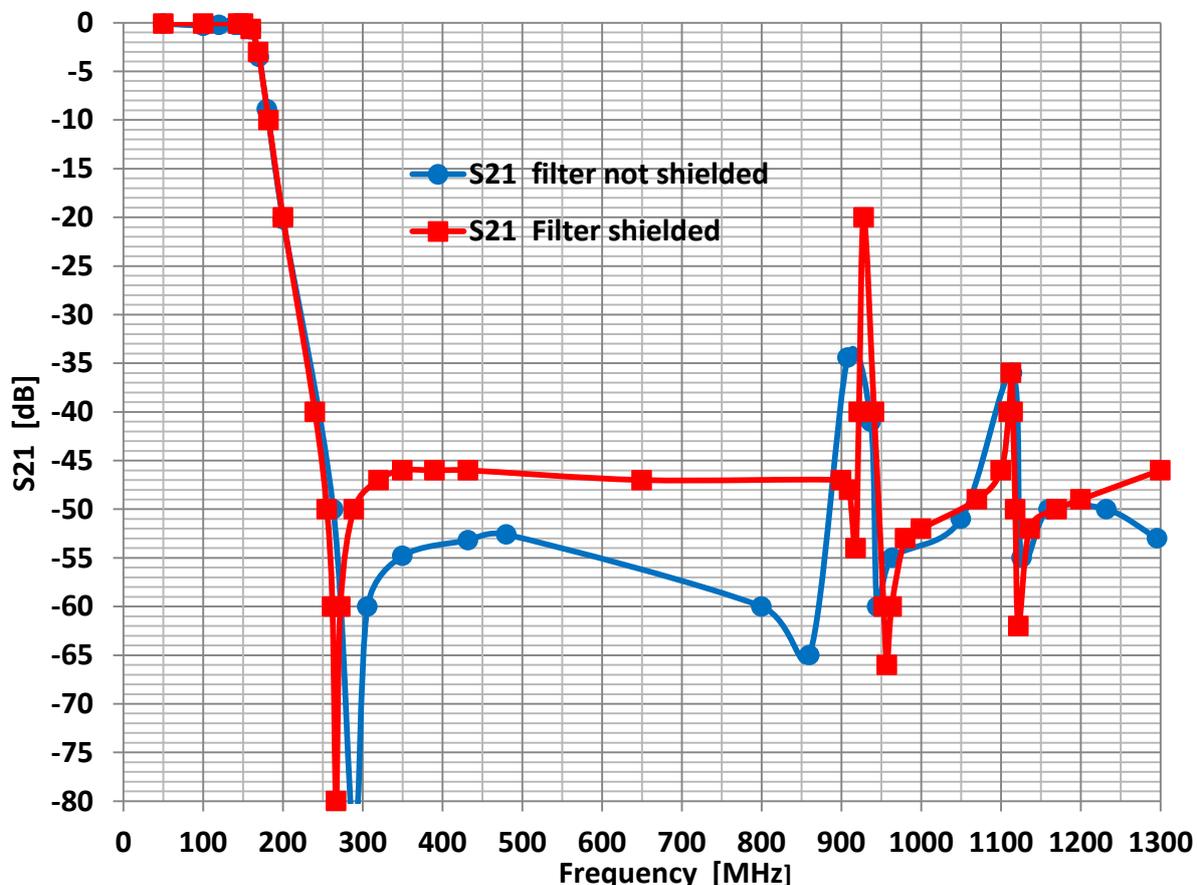


Fig. 3 : Réponse du filtre passe-bas sans (en bleu) puis avec le blindage (rouge)

La courbe **bleue** montre déjà beaucoup de résonances parasites avec des pics d'atténuation (vers 300MHz, 850MHz...) et des pics inverses avec atténuations faibles à 900MHz et 1100MHz. Une simulation avec des éléments L et C « idéaux » ne montrerait pas tous ces pics. Avec cette structure (filtre Tchebychev d'ordre 7) on devrait avoir une atténuation qui augmente continuellement à partir de la fréquence de coupure (avec ce filtre $f_c(-3dB) = 170MHz$), sans ces remontées du signal (en fait pour $F > 400MHz$, S21 devrait être $< -80dB$). Ces remontées sont dues à des couplages parasites entre les bobines qui sont assez proches les unes des autres.

Les capacités contre la masse C9, C10 et C11 sont réalisées avec des bouts de lignes coaxiales au téflon à basse impédance, ouvertes. Mais là, Jim a fait un truc un peu « bourrin ». Il a soudé l'âme du coax à la masse et le blindage au point chaud. C'est plus facile comme cela et ça prend moins de place, mais le résultat est que les points « chauds » sont en vision directe les uns avec les autres, et l'on a alors des couplages capacitifs parasites supplémentaires entre ces 3 condensateurs...

A la figure 3, la courbe **rouge** (avec le blindage) est moins bonne que la bleue (sans le blindage). L'atténuation sur 432 et 1296MHz (les fréquences qui nous intéressent) est 7-8dB plus faible qu'avant.

Une explication est que la présence du blindage métallique autour du filtre augmente le couplage magnétique parasite entre les bobines. Celles-ci créent un champ magnétique qui induit du courant HF sur les surfaces métalliques internes du blindage. Ce courant crée à son tour un champ magnétique qui est capté par les autres bobines et la boucle est bouclée !

Une première contre-mesure a été de mettre L3 de l'autre côté (voir ci-dessous).



Fig. 4 : Vue du filtre modifié ; dessous (gauche) et dessus (droite)

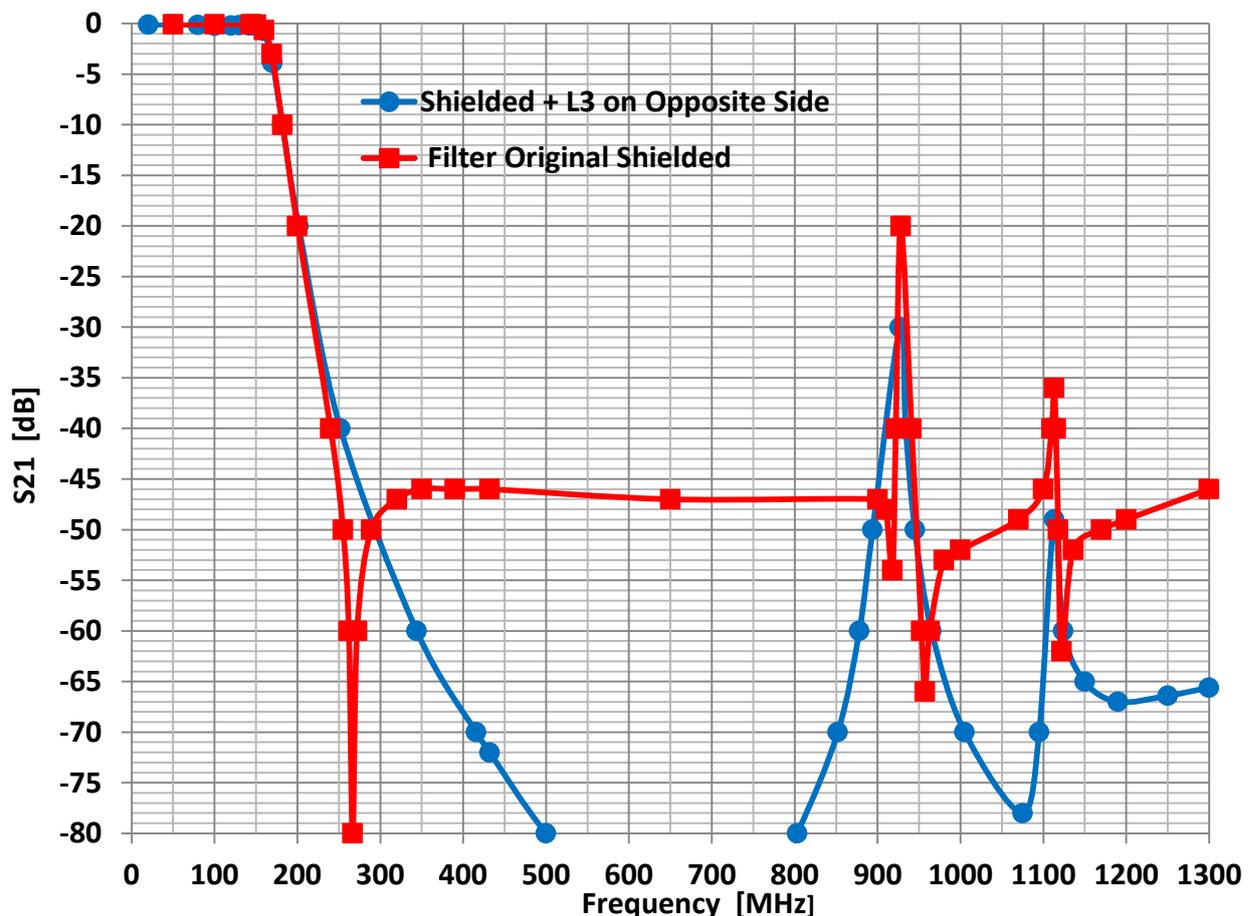


Fig. 5 : courbe de réponse avec L3 de l'autre côté (en bleu)

Bingo ! L'atténuation aux fréquences qui nous intéressent a augmenté massivement ; on a maintenant -72dB à 432MHz et -65dB à 1296MHz. On a toujours les résonances parasites à 920 et 1100MHz, mais elles sont un peu moins fortes et comme elles ne tombent pas sur des multiples de 144MHz ce n'est pas un problème.

Est-il possible de faire mieux ? La deuxième modification a été de mettre L5 aussi de l'autre côté, avec des plaques de blindages entre les bobines (voir ci-dessous).

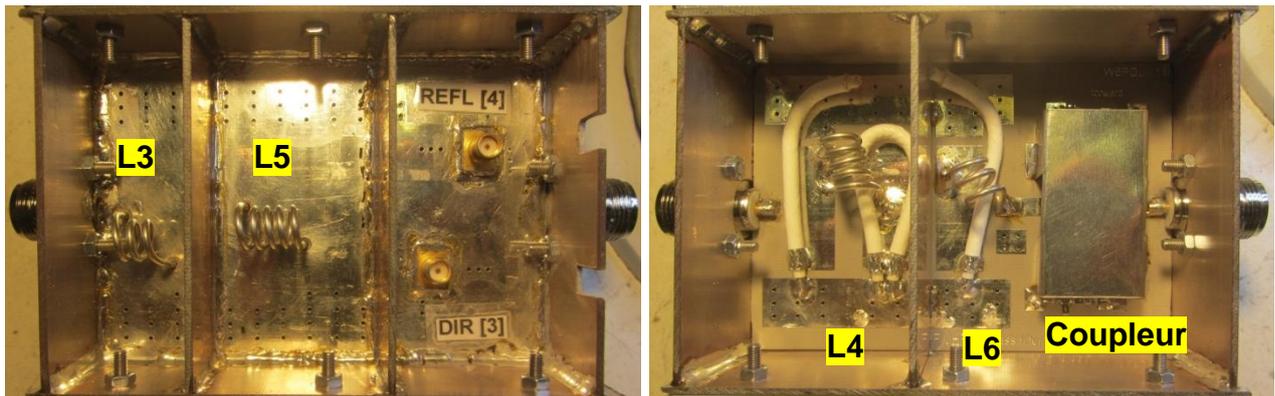


Fig. 6 : version finale du filtre : dessous (gauche) et dessus (droite)

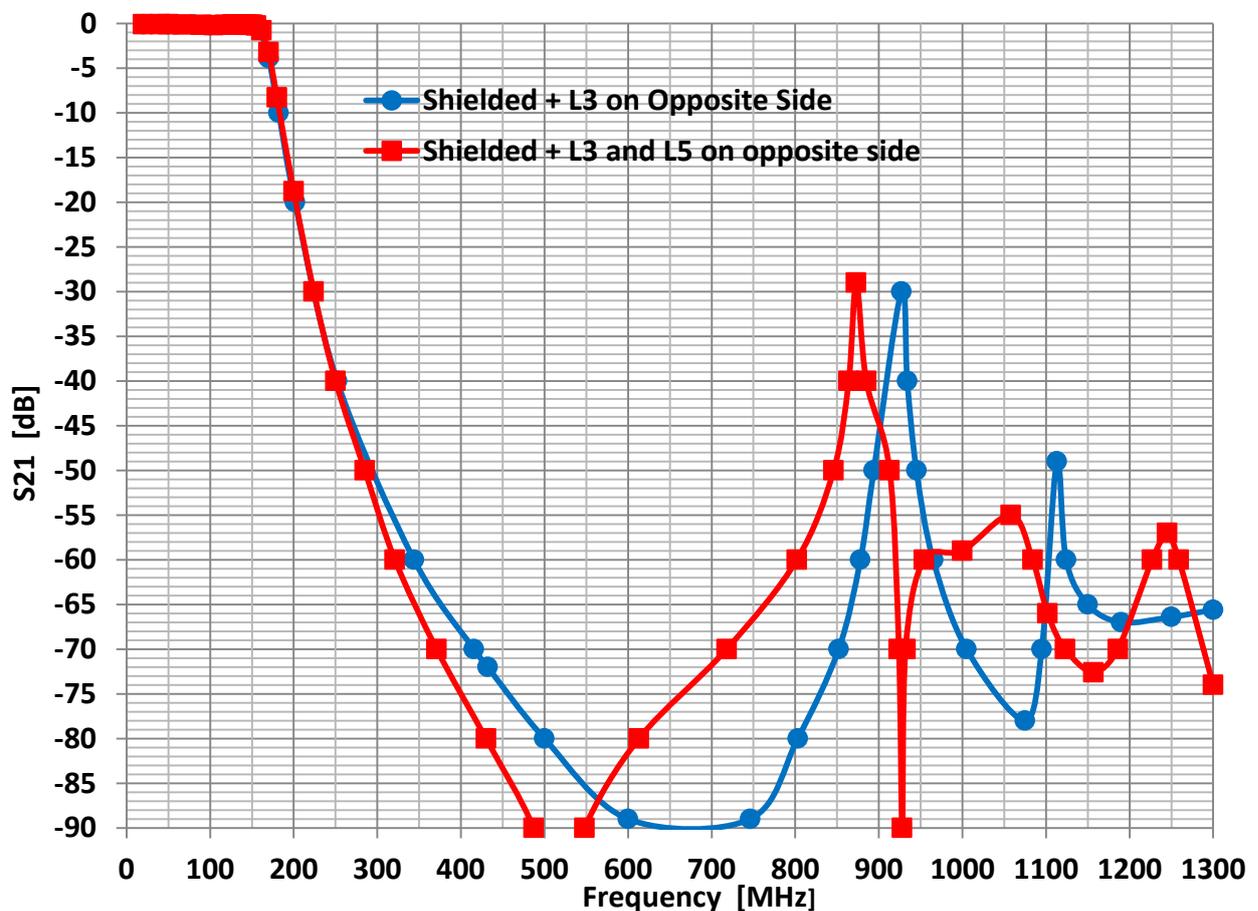


Fig. 7 : courbe de réponse finale **en rouge**

C'est encore un peu mieux ; -80dB à 432MHz et -74dB à 1296MHz. L'atténuation d'insertion à 144MHz n'est que de -0.18dB (4% de puissance perdue).

Conclusions : quand on réalise un blindage, il faut faire attention à ne pas dégrader les performances. Les résonances parasites sont dues aux caractéristiques HF non idéales des éléments utilisés et aux couplages parasites entre les éléments. Ce sont des problèmes courants dans les circuits à haute fréquence. Une bonne compréhension du problème est nécessaire.