

Filtre passe-bas de puissance pour la bande 7MHz par HB9BLF

Nous avons trafiqué simultanément sur 160M, 40M et 15M SSB, lors des concours des STN nationales, sous l'indicatif HB9HQ en 2007 et 2008.

La première fois en 2007, nous avons eu le problème que l'émission sur 40M (7,05 – 7,20MHz) brouillait la réception de la bande 15M (21,15 – 21,4MHz).

Par exemple, si on émettait sur 7,1MHz, la 3^{ème} harmonique (21,3MHz) était reçue avec un signal S9+++ , et la « propreté » du TX 7MHz étant toute relative, la réception sur 21MHz était perturbée par les « splatters » de la STN 7MHz sur au moins 200kHz de large (sur l'harmonique 3, les splatters occupent une largeur 3x plus large...).

L'antenne 3éléments A3 pour 21MHz était à 30m de l'antenne « HexBeam » 7MHz. Le QRM était plus ou moins sévère en fonction de l'orientation relative des 2 antennes.

Pour le contest HB9HQ 2008, un filtre de puissance a été réalisé pour couper les harmoniques générées par le PA sur 7MHz (le PA n'a pas d'autre filtre que son circuit de sortie en « PI »). Voici la description de cette réalisation.

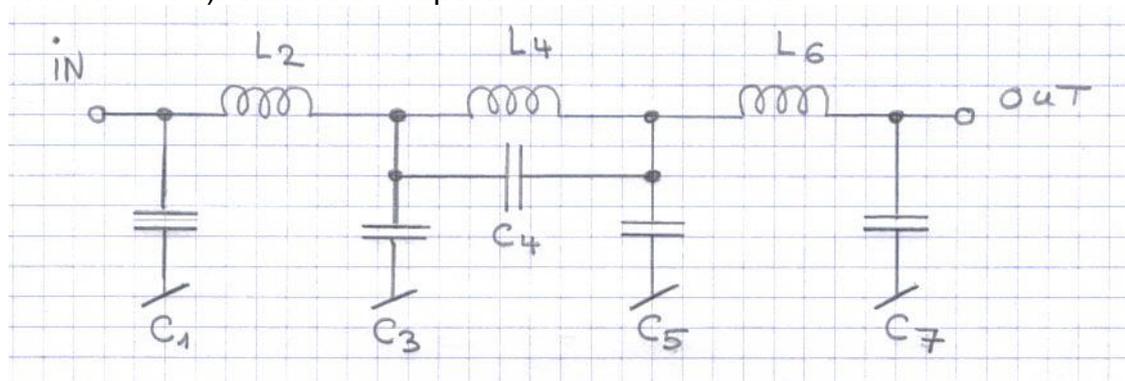


Schéma du filtre

La structure de base est générée par un programme de synthèse des filtres : structure passe-bas d'ordre $N=7$, Tchebychev, ondulation 0.1dB, $f_c = 7,8MHz$; 4 capas et 3 bobines.

Pour améliorer l'atténuation sur l'harmonique 2 (14MHz), on modifie la bobine du milieu (L_4) en un circuit parallèle ($L_4 C_4$) qui résonne sur 14MHz, puis on varie les valeurs des capas $C_1 - C_7$ pour obtenir le meilleur SWR sur la bande 7 – 7,2MHz, par simulations successives avec le programme « ADS » de Agilent.

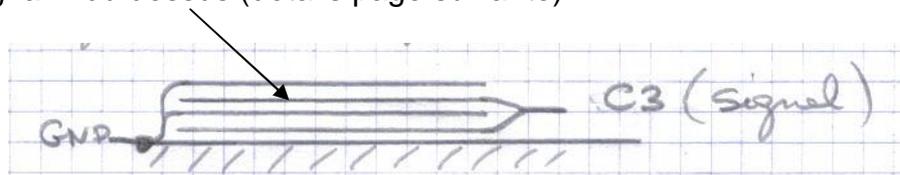
Le réglage fin du SWR du filtre sera fait en comprimant ou décomprimant un peu les spires des bobines L_2 et L_6 .

Valeurs des éléments :

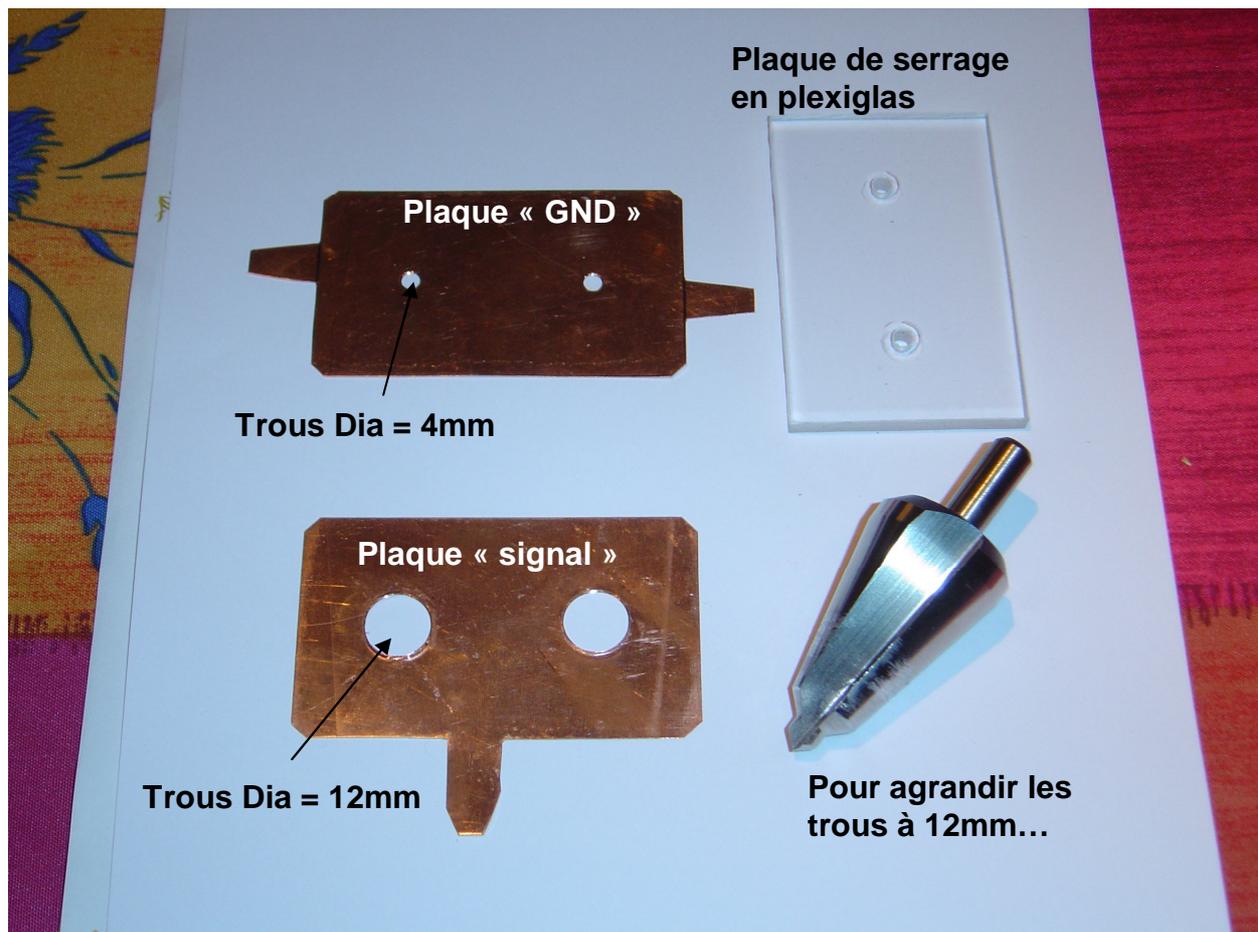
- $L_2 = L_6 = 1,45\mu H$. Réalisées sur un tore T200-6 (Amidon Associates, fournisseur HB9BYL) ; 10 spires de fil émaillé $\Phi = 1,5mm$ réparties sur 2/3 du tore
- $L_4 = 1,2\mu H$. T200-6 ; 9 spires de fil émaillé $\Phi = 1,5mm$ réparties sur 2/3 du tore. Les bobines ont un facteur de qualité mesuré $Q_0 = 380$ (excellent !)

- $C_4 = 100 pF$. Capa sandwich (1 – 2 – 1). 3 plaques de cuivre argenté et 2 feuilles isolantes en téflon d'épaisseur 0,2mm. Surface des plaques de cuivre ; 30mm x 28mm. Le condensateur est serré en son milieu entre 2 plaques de plexiglas d'épaisseurs 5mm par une vis M4 inox. La plaque de cuivre du milieu (signal « 2 ») a un trou de 12mm de diamètre au milieu pour éviter le contact avec la vis de serrage (dégagement de 4mm autour de la vis)
- $C_3 = C_5 = 920 pF$ Capa sandwich (GND (fond) – signal – GND – signal – GND) ; 4 plaques de cuivre argenté plus le plan de masse du fond et 4 feuilles isolantes en téflon d'épaisseurs 0,2mm. Surface des plaques de cuivre : 80mm x 48mm. Le condensateur est serré contre le fond par 1 plaque en plexi avec 2 vis M4.
- $C_1 = C_7 = 460 pF$. Capa sandwich idem (GND (fond) – signal – GND – signal – GND), mais surface des plaques de cuivre 80mm x 30mm.

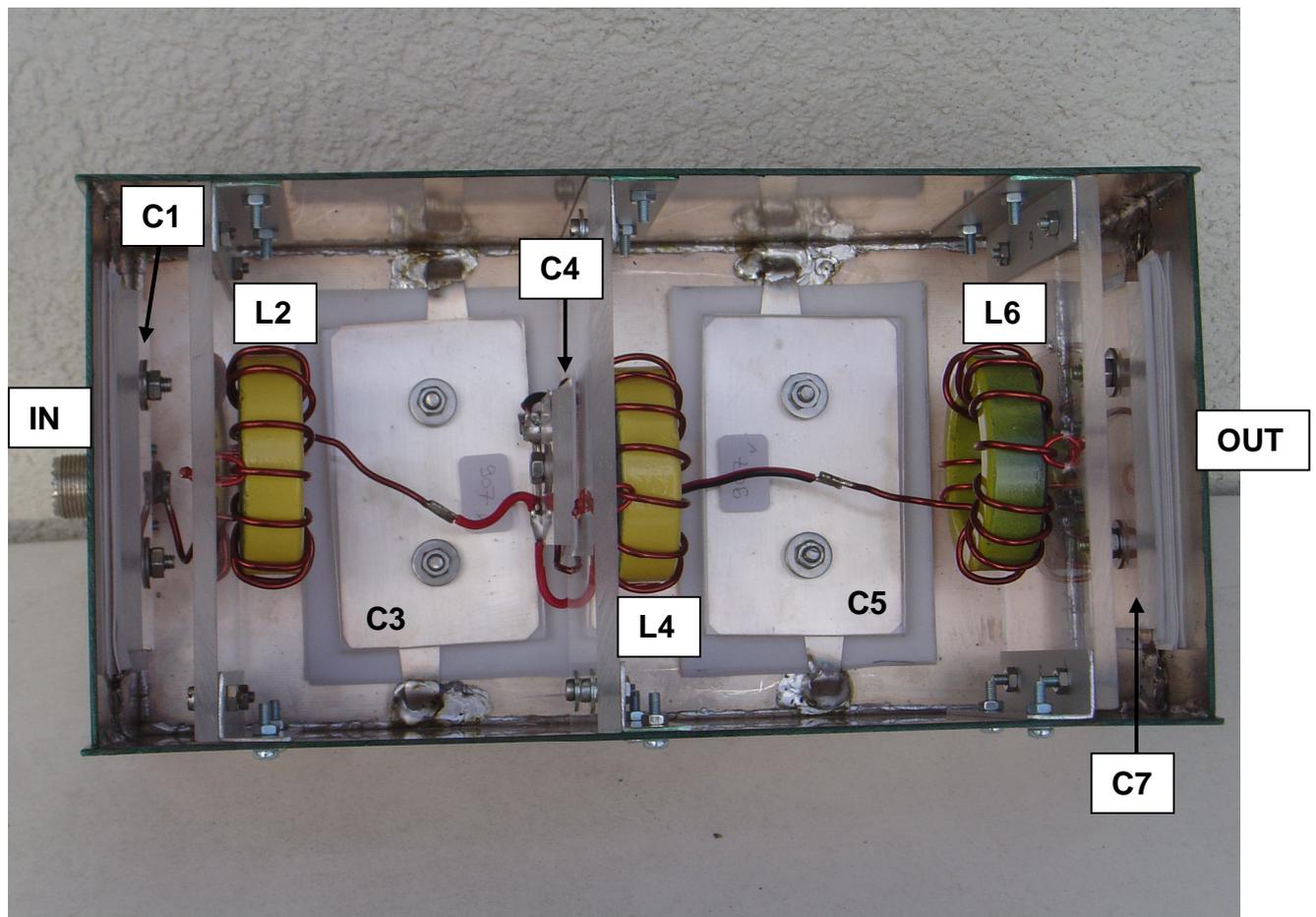
L'ajustement fin des valeurs de C_1 , C_3 , C_5 , C_7 se fait en diminuant la surface de la plaque « signal » du dessus (détails page suivante)



Réalisation des condensateurs C_1 , C_3 , C_5 , C_7



Plaques de cuivre de C_3 et C_5 avant polissage, argentage et montage



Le filtre terminé

Le boîtier du filtre est réalisé en plaques d'époxy cuivrées et argentées. Le cuivre fait office de plan de masse. Assemblage du boîtier par soudure à l'étain.

Les 3 bobines sont fixées sur des plaques en plexiglas d'épaisseurs 5mm, fixées à l'intérieur du boîtier à l'aide de vis et d'équerres.

C1 et C7 sont fixées sur les parois latérales des côtés, et sont connectées aux prises « PL » d'entrée / sortie du filtre. C3 et C5 sont fixées contre le fond de la boîte.

Avec les surfaces des plaques indiquées à la page précédente, les valeurs de C1 – C7 sont un peu trop élevées :

- C1 et C7 : valeurs initiales non ajustées = 547pF. La surface de la feuille de cuivre « signal » supérieure a été réduite à $S = 80\text{mm} \times 18\text{mm}$ (-12mm)
- C3 et C5 : valeurs initiales 1105pF et 1165pF respectivement (elles devraient être identiques...). La surface de la feuille de cuivre « signal » supérieure a été réduite à $S = 80\text{mm} \times 31\text{mm}$ pour C3, et à $S = 80\text{mm} \times 30\text{mm}$ pour C5

L'ajustement fin des valeurs des capacités a été faite en utilisant un capacimètre...

Le téflon est fragile. Les plaques de cuivre (épaisseur des plaques utilisées environ 0,4mm ; on peut en prendre des bien plus minces) ont été aplaties, puis lissées à la lime fine et au papier de verre, surtout vers les trous pour enlever toutes les aspérités et ainsi éviter d'endommager les feuilles isolantes en téflon lors du serrage des vis.

Le serrage des condensateurs se fait avec du « sentiment »... Pas trop fort SVP ! Ne bloquez pas les écrous avec de la « loctite » car celle-ci attaque le plexiglas si elle coule dessus (→ le plexi s'effrite et votre moral aussi...)

Bien réalisés, les condensateurs tiennent une haute tension d'essai ; aucun claquage constaté dans les capas avec $U_{TEST}(AC,50Hz) = 3,5KV$. Quand on essaye tout le filtre, les claquages se font autour des prises « PL ».

Performances mesurées

- $P_{IN}(MAX) = 1KW$
- Atténuation en bande passante : -0,22dB
- SWR < 1,15 entre 7MHz et 7,2MHz
- Atténuation en bande bloquante :
 - 14MHz : -68dB
 - 21MHz : -88dB
 - 28MHz : -100dB
 - Résonances parasites : 81MHz, -62dB ; 282MHz, -52dB ; 435MHz, -51dB

Résultats pratiques

Ce filtre a été utilisé lors du contest HB9HQ en 2008.

Les perturbations générées par la STN 40m sur la réception de la STN 15M ont été réduites mais pas éliminées complètement ; on entendait encore des splatters sur la fréquence triple de la STN 40m, +/- 40kHz autour.

La raison est que même si on réduit massivement l'énergie envoyée sur 21MHz par le PA de la STN 40M sur son antenne, il reste le rayonnement parasite du PA lui-même à travers son alimentation... La THT est amenée sur les tubes du PA par une self de choc, découplée à l'autre extrémité par des condensateurs. Ce filtrage n'est pas suffisant pour éliminer la HF envoyée dans l'alimentation THT par les tubes sur la fondamentale et les harmoniques. Une partie de cette énergie passe dans l'alimentation 220V et est rayonnée par les câbles... Le chalet en bois depuis lequel nous opérons ne blinde rien du tout et l'antenne 15m reçoit le signal parasite provenant de l'alimentation du PA 40M.

Le diable se niche dans les détails, comme d'habitude ! Il faudrait améliorer le filtrage de la THT du PA, et aussi de l'alimentation des filaments (ben tient !), etc.
Du boulot en perspective pour celui qui en a le temps et l'envie...