

# Préamplificateur bandes basses, 1,8 et 3,5 MHz

Jacques RAMBAUD F6BKI, Lucien SERRANO F1TE

## Avez-vous vraiment besoin d'un préamplificateur sur les bandes basses ?

### RAPPELS :

- bruit thermique : 27°C (500 Hz) : -147 dBm
- RX (FT1000MP) 1,8 MHz sensibilité MDS\* (bande de 500 Hz) :
  - -127dBm préamplificateur OFF
  - -133 dBm préamplificateur ON
- Bruit atmosphérique 1,8 MHz (500 Hz)
  - Campagne calme : -115 dBm (mesures chez W8JI)
  - Ville bruyante : -80 à -90 dBm
- MDS : Minimum discernable signal, c'est le niveau ou le signal plus le bruit est 3 dB plus haut que le bruit de fond. Mesuré sur la sortie BF du récepteur avec un voltmètre (valeur efficace).

Les chiffres ci-dessus montrent que la réponse est non dans la majorité des cas sauf si vous habitez dans une zone calme et que vous utilisiez des antennes de réception qui ont un gain très faible ; c'est le cas par exemple des antennes du type « Loop large bande », K9AY, EWE, Flags, Pennants, qui ont un gain de -25 à -30 dBi.

Sans entrer dans le détail, ces antennes de faibles dimensions ont un lobe de rayonnement qui permet d'améliorer le rapport signal sur bruit de façon significative. Montées seules ou en phase, elles peuvent être une alternative aux fameuses "beverages" que peu d'OM peuvent installer faute de place. (Ref : Low band Dxing de ON4UN)

Mais dans d'autres cas, le préamplificateur peut apporter un certain confort d'écoute.

**REGLE EMPIRIQUE :** Quand on branche l'antenne, si le bruit augmente de façon importante par rapport au bruit propre du récepteur, il est vraisemblable qu'on n'a pas besoin d'un préamplificateur !

Faire le test quand la bande est la plus calme avec la sélectivité la plus étroite utilisée.

### ■ Caractéristiques importantes d'un bon préamplificateur

#### Intermodulation

Définition des termes :

IIP3, Input Third order Intercept Point, Point d'interception de 3<sup>ème</sup> ordre à l'entrée.

OIP3 idem mais à la sortie.

Ces valeurs correspondent à des niveaux de puissance, exprimés en dBm, mesurés en entrée ou en sortie.

Ces données caractérisent l'aptitude de votre récepteur à résister aux forts signaux, c'est-à-dire à ne pas produire des signaux parasites (produits de mélange, ici d'ordre 3) à partir de plusieurs forts signaux reçus.

Sans entrer dans les détails, plus cette valeur est élevée, meilleur est le récepteur.

Cette donnée s'exprime en dBm. Par exemple, l'IIP3 d'un FT1000 MK5 à 3,5 MHz se situe autour de +18 dBm, sans préamplificateur et 5 dBm avec préamplificateur.

L'adjonction d'un préamplificateur ne doit pas dégrader les performances du récepteur devant lequel il est placé. Et dans ces conditions, le préamplificateur doit avoir un OIP3 d'au moins 10 à 20 dB au-dessus, soit environ 30 à 40 dBm.

A titre d'exemple, le préamplificateur KD9SV a un OIP3 de +14 dBm mais il descend à 0 dBm avec le gain au minimum !

### Compression du gain (1 dB)

Plus facile à mesurer que l'OIP3 qui se situe en général 15 à 20 dB au-dessus du point de compression à 1 dB.

Ce paramètre est un indicateur simple et complémentaire de la linéarité d'un préamplificateur : il donne le niveau à la sortie à partir duquel le gain diminue de 1 dB, donc le début de la saturation. Bien que ces niveaux ne soient jamais atteints en pratique, cela montre la capacité à amplifier des signaux forts, le fait que les transistors soient polarisés en classe A garantit ensuite la linéarité aux signaux faibles.

Cette mesure peut être réalisée avec un simple générateur et un voltmètre RF. Pour l'OIP3 il faut deux générateurs et un analyseur de spectre.

### Facteur de bruit

Cette donnée n'est pas d'une importance capitale pour un préamplificateur sur les bandes basses.

Un facteur de bruit de 5 à 6 dB est parfaitement acceptable pour cette application

### ■ Description et schéma global

Il est relativement facile de faire un préamplificateur ayant +40 dBm d'OIP3 sur ces bandes basses, avec des composants de fond de tiroir.

Nous avons utilisé des transistors bipolaires, type 2N 5109 en montage push-pull, polarisés en classe A pour une meilleure linéarité et contre-réactionnés en continu et en RF pour une large bande passante.

Le montage push-pull permet en plus de réduire d'une vingtaine de dB les produits d'intermodulation d'ordre 2.

Ce montage était déjà très en vogue il y a plus de 20 ans pour des applications d'amplificateur CATV, amplificateur de transmission de signaux TV large bande sur câble coaxial. Les principales caractéristiques sont donc la large bande passante et la grande linéarité.

En effet, pour un gain de près de 15 dB, des OIP3 de +40 dBm ont été mesurés.



Le schéma a été adapté aux bandes HF par plusieurs OM, il a été simplifié ici au maximum pour le rendre plus facilement reproductible. Pour cela il utilise de petits transfos, bobinés sur des tores ferrite « binoculaires » en matériau 73, prévu pour les fréquences utilisées et permettant de bobiner moins de fil grâce à un forte perméabilité magnétique.

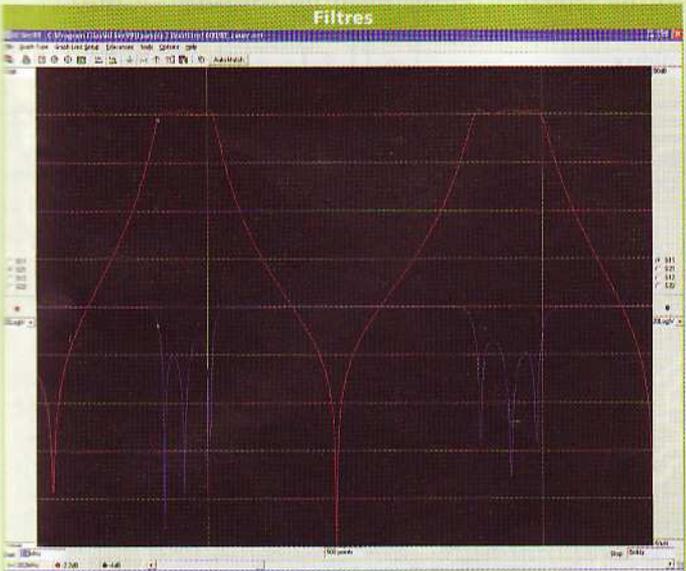
La bande passante de l'amplificateur seul dépasse largement les 30 MHz. La fréquence de coupure haute à -3 dB est autour de 50 MHz. Il peut donc être utilisé sur toutes les bandes décimétriques. Le gain de l'amplificateur seul est de 13,5 dB de 1,8 MHz à 30 MHz.

**Filtre d'entrée**

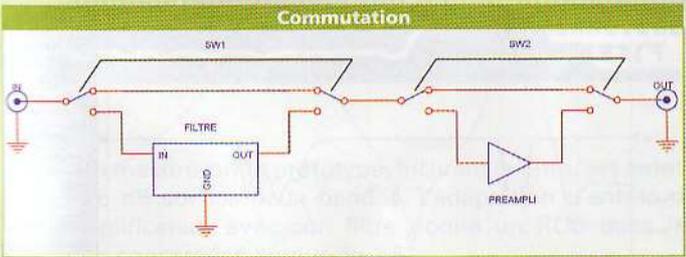
Pour éviter de surcharger le préamplificateur, mais surtout pour que le récepteur placé derrière ne bénéficie pas du gain du préamplificateur sur des signaux hors des bandes amateur, nous avons rajouté un filtre sur les fréquences de 1,8 et 3,5 MHz.

C'est toujours le programme RFSim99 qui est utilisé pour ce genre de calcul.

Ci-dessous la simulation de la courbe de réponse de la partie filtre de bandes



La réponse est parfaitement plate dans la totalité des deux bandes. L'amplificateur pourra cependant être utilisé sans le filtre d'entrée avec une commutation appropriée, par exemple celle indiquée ci-dessous.



Sur ces fréquences-là, deux inverseurs à levier classiques peuvent être utilisés.

**■ Réalisation**

Pour les transformateurs du préamplificateur, utiliser des tores ferrite « binoculaires » en matériau 73 avec du fil émaillé de 5/10 mm.

Le filtre utilise des capacités mica argenté ou Styroflex exclusivement. Tout autre type de condensateur introduit des pertes importantes. Pour notre application, les bobinages toroïdaux sont les plus efficaces et introduisent le moins de

pertes. Ils ne nécessitent pas de blindage puisque la plupart des lignes de flux sont contenues dans le noyau. Le nombre de tours de chaque self est fonction du matériau magnétique utilisé. Pour le prototype, nous avons utilisé des tores de caractéristiques inconnues.

Item	Quantité	Référence	Valeur
1	...1	...C1	...10 µF 25V
2	...6	...C2,C3,C4,C6,C7,C8	...0,1 µF
3	...1	...C5	...0,47 µF
4	...1	...C9 + C17 + C34	...56 pF mica 56 pF 495-717
		...+	...Ajustable 125-654 Total 65pF
5	...1	...C10 + C16 + C33	...Total 65 pF mica 495-717 + 125-654
6	...1	...C12 + C21 & C22 + C32	...Total 2,2 nF Radiospares 495-896
7	...1	...C13 + C26 + C31	...Total 100 pF Radiospares 495-745
8	...1	...C11 + C23 + C30	...Total 100 pF Radiospares 495-745
9	...2	...C14 + C24	...Total 4,4 nF Radiospares 495-896
10	...1	...C25 + C29	...1 nF mica Radiospares 495-868
11	...7	...D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7	...1N4148
12	...1	...JP1	...Bornier 3 points au pas de 5,08 mm
13	...2	...J3, J4	...Bornier 2 points au pas de 5,08 mm
14	...1	...L6	...3 µH
15	...2	...L1,L2	...28 µH
16	...2	...L4,L5	...70 µH
17	...2	...L3, L8	...1,7 µH
18	...1	...L7	...980 nH
19	...1	...Q1	...ZVP2106A ou 2N2907
20	...1	...Q2	...2N2222
21	...2	...Q3,Q4	...2N5109 avec dissipateur TO39
22	...2	...R2,R1	...4,7 kΩ
23	...1	...R3	...470 Ω
24	...2	...R4,R18	...2,2 kΩ
25	...4	...R5,R7,R15,R17	...1 kΩ
26	...1	...R6	...10 Ω
27	...2	...R8,R16	...7,5 Ω
28	...3	...R9,R10,R14	...22 Ω
29	...1	...R19	...47 kΩ
30	...2	...T1,T2	...Transfo ferrite « binoculaire » FAIR-RITE 2873000202 BN 73-202,RF-ELETRONICA <a href="http://www.rfmicrowave.it">http://www.rfmicrowave.it</a>

Le choix peut se porter sur le tore Amidon T44-1 qui semble avoir des caractéristiques similaires ; le calcul donnant environ le même nombre de spires que sur notre prototype.

Sur le site du fabricant on trouve les données suivantes :

Material	Permeability 20		Freq. Range 0.5 MHz-5 MHz			Color-1Blue	
	O.D. (inches)	I.D. (inches)	Hgt. (inches)	(cm)	Ae (cm)²	Ve (cm)³	AL Value µh/100 turns
T-44-1	0.440	0.229	0.159	2.670	0.107	0.286	105.000
T-44-2	0.440	0.229	0.159	2.670	0.107	0.286	52.000

**Formule**

$$N = 100 \sqrt{\frac{\text{desired } 'L' (\mu h)}{A_L (\mu h/100 \text{ turns})}}$$

$$L(\mu h) = \frac{A_L \times N^2}{10,000}$$

$$A_L (\mu h/100 \text{ turns}) = \frac{10,000 \times 'L' (\mu h)}{N^2}$$

N = number of turns      L = inductance (µh)      A<sub>L</sub> = inductance index (µh/100 turns)

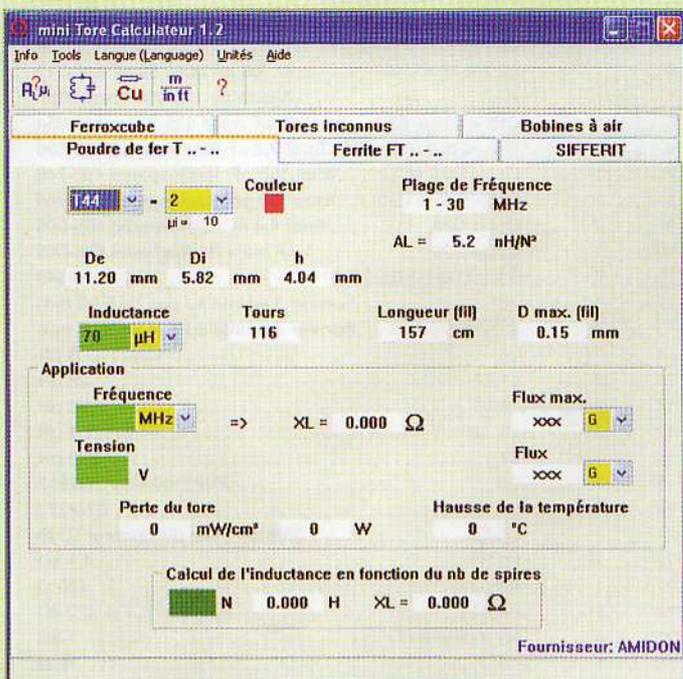
La formule donnée ci-dessus devrait permettre de réaliser facilement les inductances du filtre.

Vous pouvez utiliser d'autres tores dans la marque et refaire le calcul du nombre de spires, par exemple avec un tore T44-2 le calcul donne 82 spires pour 27 µH.

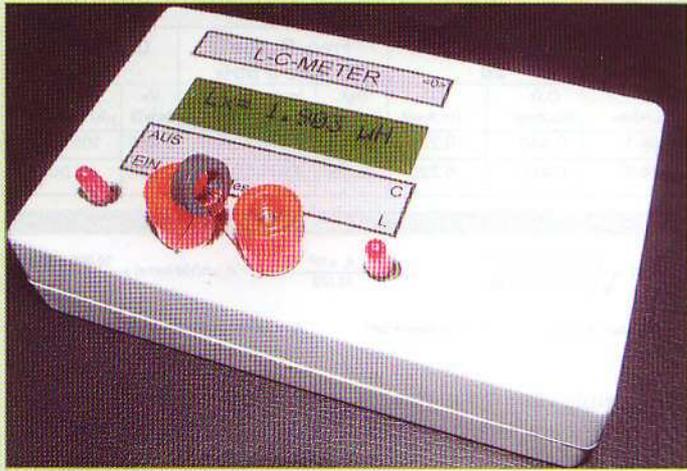
Les tores de la marque AMIDON peuvent s'acheter directement en ligne sur le site du fabricant : <http://www.amidoncorp.com>

Les petites commandes pour amateurs sont acceptées sans problème. Il faut utiliser un matériau magnétique donnant un nombre de tours suffisamment élevé pour avoir une bonne précision, entre 30 et 50 tours.

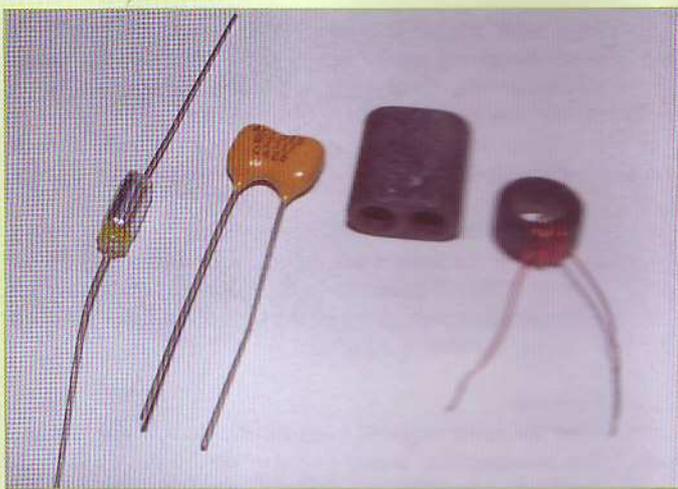
Pour les selfs de faibles valeurs, 980 nH et 1,7 µH, utiliser du matériau magnétique à faible perméabilité, Amidon T37-10 par exemple.  
 Pour le calcul des inductances toriques en vous évitant de manipuler les diverses formules, vous pouvez avantageusement utiliser le programme « mini-tore calculateur » de



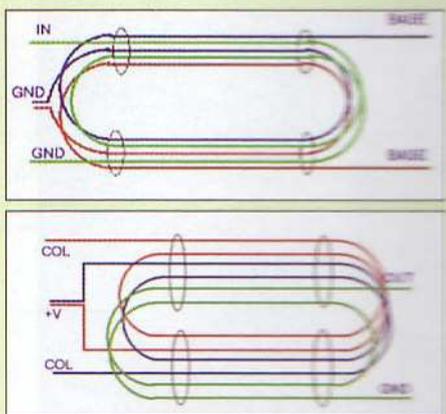
DL5SWB téléchargeable gratuitement sur [www.dl5swb.de](http://www.dl5swb.de). La base de données de ce programme comprend un grand nombre de ferrites de différentes marques et vous donne directement le nombre de tours nécessaire en fonction de la valeur de l'inductance et du matériau choisi.  
 Il est quand même fortement recommandé, surtout si vous n'êtes pas sûr de la ferrite utilisée, de mesurer les selfs avec un capacimètre/inductancemètre. On trouve des descriptions sur le net de ce petit accessoire très utile (ou même le trouver tout fait).



Le préamplificateur est monté sur un circuit imprimé simple face  
 La partie filtre a été largement aérée pour permettre l'utilisation de capacités mica souvent de taille importante. Trois empreintes de tailles différentes sont prévues pour chaque capacité de façon à permettre les groupements pour avoir la capacité finale précise dont dépend la réponse du filtre. Cette partie du circuit imprimé peut être judicieusement découpée si vous souhaitez n'utiliser qu'une seule partie, filtre ou préamplificateur, voire les utiliser séparément.



Cependant, même si le filtre est assez simple pour être facilement reproductible, il est indispensable de disposer d'un appareil permettant de mesurer avec précision les capacités et inductances utilisées, de trop grandes disparités existant dans les composants.  
 Sinon, il faut se procurer des capacités au mica argenté à 1% de tolérance, l'idéal étant de posséder un mini-VNA pour contrôler les courbes de réponse et ajuster le filtre au mieux.



**Bobinages T1 et T2**  
 Comme vous pouvez le constater, l'utilisation du matériau magnétique « T37 » à forte perméabilité permet d'obtenir à 1,8 MHz un transformateur de bon rendement avec un nombre réduit de spires et donc très facile à réaliser.

**Mesures**

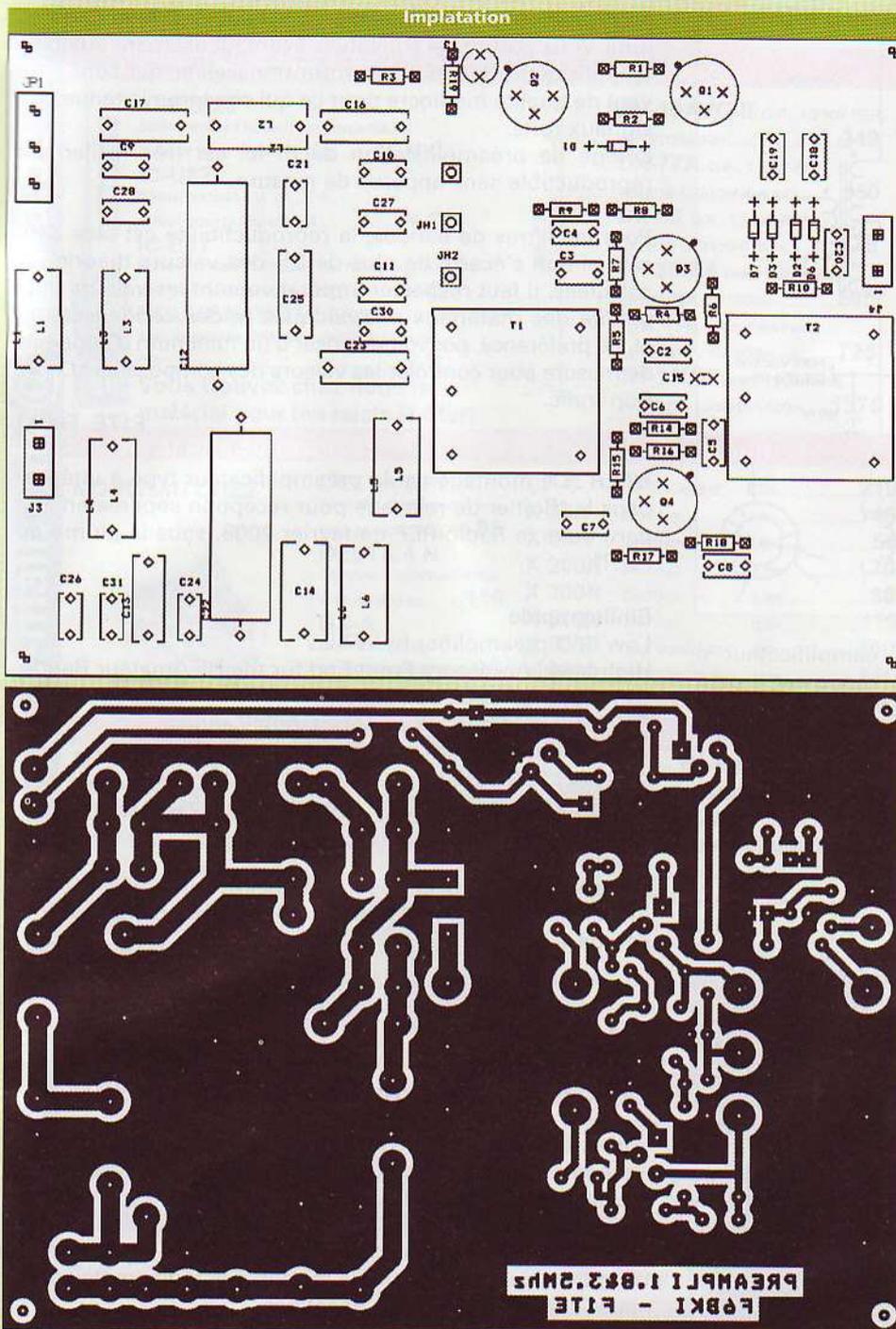
Courbe de réponse mesurée et adaptation d'entrée  
 Filtre + préamplificateur, bande passante et ROS d'entrée



Vous remarquerez la similitude des courbes de réponse théorique et réelle.

En réalité, les pertes du filtre seul se situent autour de 1,3 dB, ce qui est très acceptable sur ces bandes. C'est la qualité des composants utilisés qui détermine ces pertes.

Vous pouvez télécharger le fichier du circuit imprimé au format PDF sur : <http://www.f1te.org/>



Le second a été décrit dans le QEX de mars 2003 sous la signature de IK4AUY, dans une réalisation de F5AUW et dont voici le schéma. (Voir page suivante)

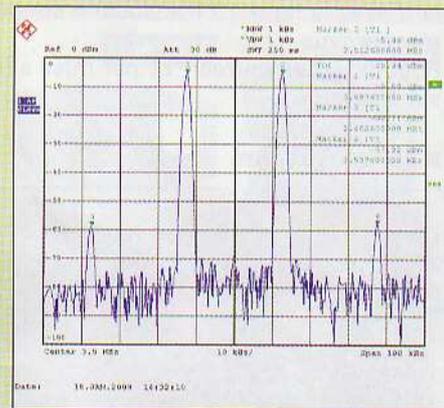
L'OIP3 mesuré est de +42 dBm pour le préamplificateur Dx-Engineering, de +39 dBm pour le montage IK4AUY et de +40,94 dBm pour cette description, filtre inclus dans la mesure. (20,94 dBm + 20 dB extérieur pour la protection de l'appareil de mesure).

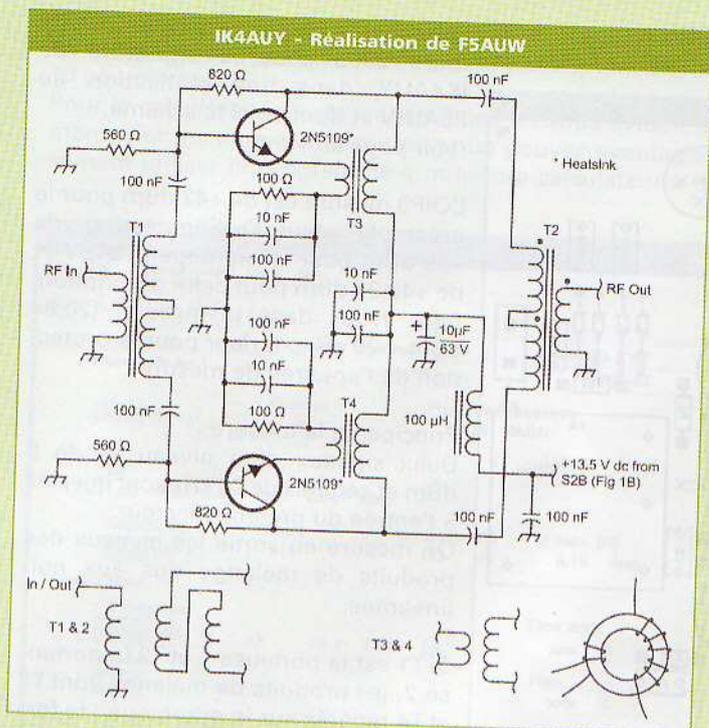
Principe de la mesure :

Deux signaux d'un niveau ici de 0 dBm et séparés de 25 kHz sont injectés à l'entrée du préamplificateur.

On mesure en sortie les niveaux des produits de mélange dus aux non linéarités.

Si T1 est la porteuse 1 et T2 la porteuse 2, les produits de mélange sont T3 et T4 repérés sur le graphique ; la formule appliquée ici est la suivante :  $(T3+T4)/2 - (T1+T2)/2 - (T1+T2)/2$   
Les résultats du calcul donnent ici un TOI de 20,94 dBm auquel il faut ajouter les 20 dB placés devant l'analyseur.

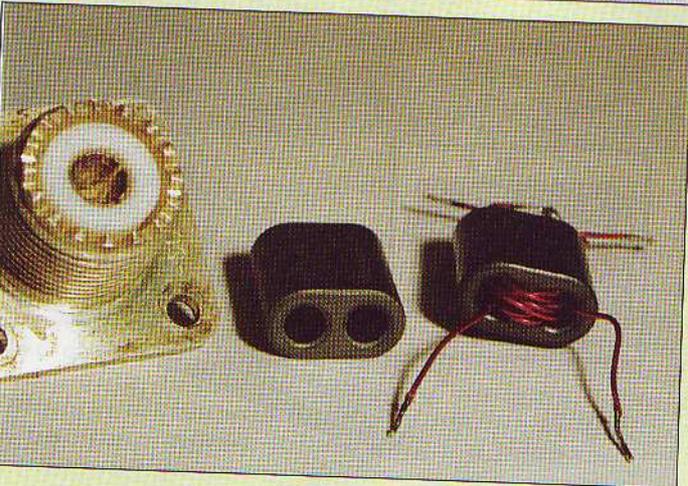
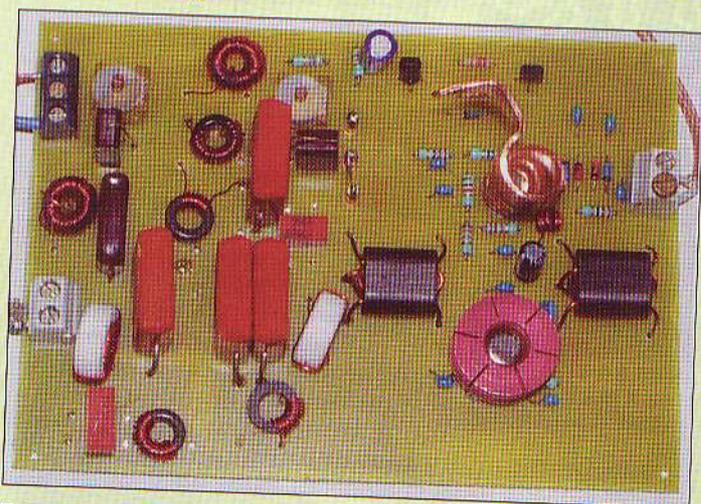




Attention cependant à bien couper le préamplificateur si vous êtes en émission avec une autre antenne car il peut alors délivrer en sortie une puissance non négligeable pouvant provoquer de gros dommages sur le circuit d'entrée du récepteur connecté derrière. En émission, mettre à la masse la ligne PTT si aucune coupure de l'alimentation n'est prévue.

Pour cela, une entrée PTT par mise à la masse est possible sur le circuit.

### ■ Le prototype.



### ■ Conclusion

Le but de cette description est de montrer qu'il est facile de faire un bon préamplificateur résistant aux signaux très forts. Vous pourrez le substituer avantageusement aux préamplificateurs inclus dans votre transceiver qui sont souvent de qualité médiocre pour ce qui concerne la tenue aux signaux forts.

L'étage de préamplification décrit ici est très facilement reproductible sans appareil de mesure.

Pour les filtres de bandes, la reproductibilité est plus délicate si l'on s'écarte de plus de 2% des valeurs théoriques calculées. Il faut respecter impérativement les valeurs et la qualité des matériaux magnétiques et des condensateurs et, de préférence, pouvoir disposer d'un minimum d'appareils de mesure pour contrôler les valeurs des composants LC. Bon trafic.

**F1TE F6BK1**

**NDLR** : Ce montage est le préamplificateur type à intégrer dans le "Boîtier de relayage pour réception séparée en HF" paru dans le Radio-REF de février 2008, sous la plume de F6ETI.

### Bibliographie

Low IMD preamplifier by W7IUW  
High-Level Accessory Front End for the HF Amateur Bands, QEX Mar/Apr 2003 by IK4AUU  
ON4UN Low Band DXing, ARRL publications  
W8JI, Charles T RAUCH Jr, <http://www.w8ji.com/>  
AMIDON TOROID : <http://www.amidoncorp.com>  
Mini Ring Core Calculator : <http://www.dl5swb.de>

### Remerciements

Un grand merci à la société RF-HAM qui a mis à notre disposition les appareils de test et les préamplificateurs de comparaison.

### → TMOFAC à l'université de Valenciennes (59)

Marc, F4ESH, secrétaire du radio-club F5KAZ, nous informe que le club va participer à une manifestation festive à l'université de Valenciennes (UVHC) le jeudi 3 avril 2008 avec l'indicatif TMOFAC.

Le but sera de faire découvrir aux étudiants, mais aussi au personnel enseignant, le monde des radioamateurs et peut-être de susciter des vocations.

Ils seront actifs sur 20, 40, 80 mètres et en VHF sur les relais de la région de Valenciennes. Une carte QSL spéciale sera éditée pour cet événement.

### → F5KRH/TM5OIS au festival de l'oiseau et de la nature à Abbeville (80)

Le radio-club d'Abbeville F5KRH animera le festival de l'oiseau et de la nature du dimanche 13 avril au dimanche 27 avril 2008 avec l'indicatif spécial TM5OIS. Une nouvelle QSL vient d'être réalisée pour cette circonstance. Vous pourrez nous retrouver sur les bandes décennétriques habituelles, ainsi que sur 432 MHz. Thierry, F8FLK et Bernard, F5INJ, trafiqueront en CW. Le mode bpsk ne sera pas oublié. Pour l'année prochaine, un diplôme verra le jour. Il sera attribué en fonction du nombre de modèles de QSL possédés par opérateur.

Jean-Marc, F5CDZ