

Tête HF décamétrique à forte linéarité

Article paru dans la revue Radio REFd'avril 1977

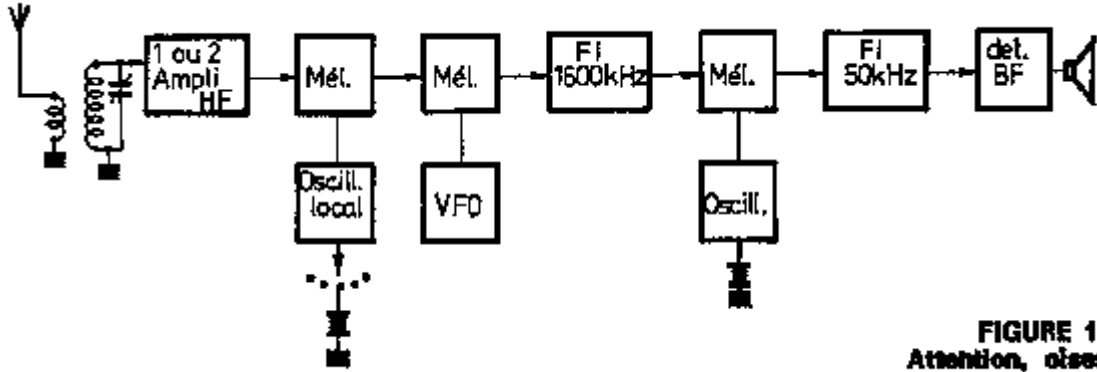


FIGURE 1
Attention, oiseaux !

7010 kHz,
Radio
Pékin 240
kW 7075

- kHz, Radio Tirana 240 kW
 - 7035 kHz, Radio Pékin 240 kW Radio Le Caire 100 kW
 - 7050 kHz, Radio Pékin 240 kW 7080 kHz, Radio Tirana 240 kW, Radio Le Caire 100 kW Radio Pékin 240 kW
 - 7055 kHz, Radio Pékin 240 kW 7090 kHz, Radio Tirana 500 kW
 - 7060 kHz, Radio Pékin 240 kW 7095 kHz, Radio Pékin 120 kW
 - 7065 kHz, Radio Tirana 240 kW 7100 kHz, Radio Moscou 240 kW, Radio Téhéran 100 kW
- et là, au milieu, la station DX qui nous intéresse avec ses 100 W et son dipôle mal dégagé.

Historique

Dans les années 30 dominaient les trois impératifs suivants:
 Un récepteur doit être sensible.
 Un récepteur doit être sélectif.
 Un récepteur doit rejeter la fréquence image.
 Avec la BLU vint s'ajouter l'impératif de stabilité en fréquence.
 La sensibilité s'obtenait en cascadant des étages HF.
 La sélectivité, comme les filtres à quartz n'étaient pas utilisés, s'acquerrait à l'aide de filtres LC sur des fréquences intermédiaires de 50 ou 80 kHz et comme cela était incompatible avec une bonne réjection de la fréquence image, il était nécessaire de prévoir une première FI sur 1,6 MHz au plus.
 Enfin, pour des raisons de stabilité, on utilisait parfois une fréquence intermédiaire variable, précédée d'un mélangeur à quartz.
 Ces principes aboutissaient à des monstres tel celui de la figure 1, exemple parfait de ce qu'il ne faut plus faire aujourd'hui.

Les milieux professionnels ont vite compris qu'il fallait arrêter la course aux microvolts, sauf en ce qui concerne le matériel proposé aux amateurs où, l'argument faisant toujours vendre, on passait pudiquement sur les caractéristiques de transmodulation au profit de celles en sensibilité... En effet, depuis 1930 notre environnement radioélectrique a évolué, les émetteurs sont devenus plus puissants, plus nombreux aussi (voir l'intéressante bande exclusive des 40 m), nos bandes ont rétréci, la pollution radioélectrique a suivi l'essor industriel; bref, le problème aujourd'hui pour entendre un correspondant, consiste plus à éliminer tous les brouillages qui le couvrent qu'à amplifier ce correspondant lui-même. Et quand la technique ne suit pas, on se retrouve devant un récepteur inutilisable la nuit sur 40 m et sur toutes bandes quand on a un voisin OM ou un centre d'émission ondes courtes à proximité.

La sensibilité

Dans les pages précédentes, nous avons vu les courbes des bruits atmosphériques, galactiques ou industriels en fonction de la fréquence; ce sont des valeurs moyennes. Même en prenant une marge de sécurité pour les rares jours (ou nuits) où ce bruit tombera en dessous de la courbe, on constate qu'il est inutile de courir après une sensibilité extraordinaire puisqu'elle ne servira qu'à amplifier du bruit.

En décimétrie BLU, un facteur de bruit de 15 dB est suffisant, et tous les auteurs s'accordent à dire que chercher à faire mieux, même sur 10 m ne pourrait que nuire à la performance primordiale aujourd'hui sur ces bandes: la transmodulation, et ce surtout sur les bandes basses où 27 et 37 dB suffiraient (référence 1).

Sélectivité FI, fréquence image

Ces deux critères, qui s'opposaient il y a quelques années, ne posent plus de problème à l'amateur depuis l'apparition des filtres à quartz 9 MHz; toutes les sélectivités sont possibles et la fréquence image est rejetée à 18 MHz de la fréquence principale. Des filtres à quartz sur plus de 20 MHz vont encore améliorer ces performances et simplifier les filtres d'entrée HF dans les années à venir.

Malheureusement les fabricants de matériel amateur, s'ils ne se l'imaginent pas, nous laissent croire qu'un filtre FI 9 MHz aux performances de réjection annoncées supérieures à 100 dB, peut être posé sans plus de précaution sur un circuit imprimé et y conserver son taux de réjection. Une telle pratique gaspille les dB par dizaines et une maigre plaque de métal soudée entre les bornes du filtre n'y change pas grand chose. Outre le filtre, le mélangeur et les amplis FI doivent être blindés de façon sérieuse, et les alimentations doivent être filtrées à outrance.

100 dB, cela signifie pour un signal utile de 10 micro Volts, que le signal parasite fait 1 V; cela rayonne facilement d'un bout à l'autre d'un circuit imprimé.

Stabilité en fréquence

Ce point est aussi résolu aujourd'hui grâce aux VFO à mélange (pompeusement appelés, et à tort, synthétiseurs) et aussi grâce aux boucles à verrouillage de phase qui commencent à faire leur apparition dans le matériel amateur.

Cette possibilité de VFO stables permet la réalisation de récepteurs à simple changement de fréquence avec oscillation locale supérieure à la fréquence à recevoir, ce qui rejette la fréquence image dans des bandes où les signaux sont moins puissants et où souvent il n'y a pas de propagation à grande distance.

Par exemple, avec une FI sur 9 MHz, l'oscillateur local devra être sur 12,5 MHz pour le 80 m, et 23 MHz pour le 20 m, ce qui reporte les fréquences images respectivement sur 21,5 et 32 MHz.

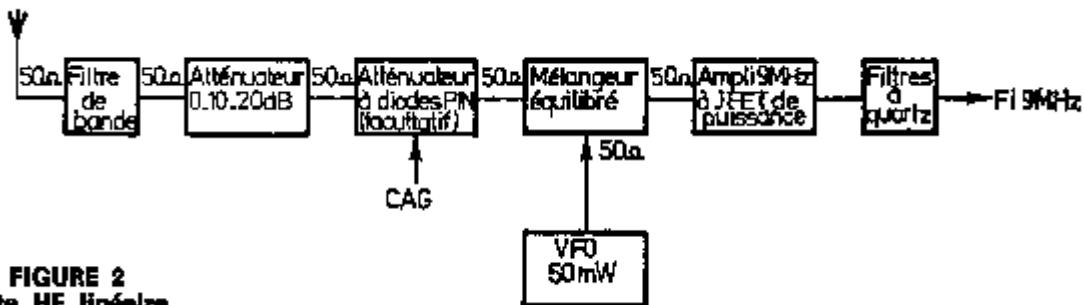
La solution trop classique du VFO 5 à 5,5 MHz aurait mis les fréquences images sur 14 et 3,5 MHz où on ne peut pas dire que règne le plus grand calme.

Dans un VFO à mélange, un VFO stable sur une fréquence variant généralement de 5 à 5,5 MHz est mélangé à des fréquences quartz pour obtenir la fréquence finale désirée; il faut calculer les principaux produits de mélange parasites et prévoir en sortie des filtres capables de les rejeter suffisamment. Un simple circuit accordé est très insuffisant; il faut des filtres de bande à deux, trois ou quatre cellules, et de la chance pour qu'aucun produit ne tombe dans la bande passante!

Dans un oscillateur verrouillé en phase, comme dans tout autre d'ailleurs, il faut faire attention au bruit résiduel qui limitera toutes les performances de sélectivité du récepteur; sa mesure n'étant pas du domaine amateur, il faut se fier aux schémas éprouvés ou suivre des lignes connues: oscillateurs fournissant de la puissance, circuits à Q élevé, transistors oscillateurs ou amplificateurs à faible bruit.

Sélectivité HF

Ce sujet a été abordé par F2MM en même temps que la protection contre les réponses parasites dans les articles précédents. Signalons simplement qu'en décimétrique bandes basses, dans un récepteur aux prétentions élevées, l'utilisation d'un seul circuit accordé est une erreur fondamentale; un filtre à quatre circuits accordés est un minimum pour des performances sérieuses et les auteurs renommés, américains ou allemands n'hésitent pas à en placer six ou huit en couplant les passe-bande aux passe-haut et aux réjecteurs de FI (référence 2).



Linéarité

Ce problème vient d'être

aussi étudié, avec intermodulation, blocage et point d'interception du troisième ordre; c'est dans ce sens que doivent être conçus les récepteurs modernes. Plusieurs articles en ont traité dans les revues amateurs ces dernières années, en particulier un, signé DJ2LR, dans Ham Radio d'octobre 75 (référence 3) et qui a été à la base de la description suivante.

Principe de la tête HF (figure 2)

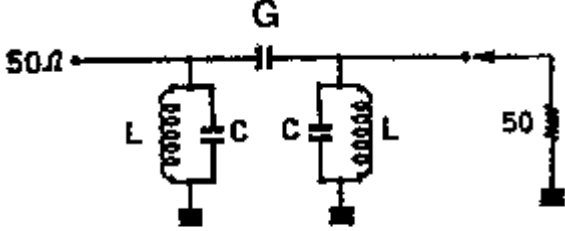


FIGURE 3
Filtre passe-bande

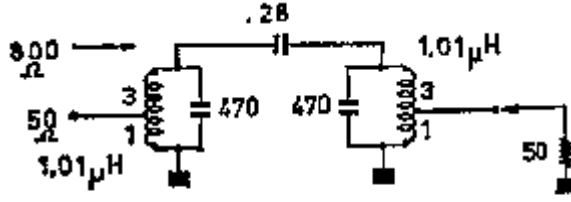


FIGURE 4
Filtre 40 m à 2 étages

Elle a été
réalisée sur
la bande 40

m car c'est sur celle-ci que se posent le plus les problèmes de transmodulation; cependant, moyennant un VFO et le filtre de bande en conséquence, l'ensemble peut fonctionner sur n'importe quelle bande amateur décimétrique, y compris le 160 m (et sur 2 m avec adjonction d'un étage HF).

Il n'y a bien sûr pas d'étage HF, le mélangeur est un pont de diodes équilibré et la FI prévue est de 9 MHz, la sélectivité étant assurée à ce niveau par un filtre XF9B en BLU et un filtre XF9M en télégraphie (facultatif).

Le filtre de bande

Avec la technologie adoptée, à moins d'avoir un voisin radioamateur dont les antennes sont à moins de quelques longueurs d'onde des vôtres, il n'est pas nécessaire de prévoir un filtre accordable tout au long de la bande. Cela nous supprime d'ores et déjà le bouton de commande généralement appelé présélecteur.

Le Document H2-04 donne la formule de calcul pour un filtre de bande à deux circuits accordés assez facile à réaliser; nous le reproduisons figure 3. Si F1 et F2 sont les limites de bandes prévues et R l'impédance itérative (50 ohms dans notre cas car c'est l'impédance de tous les éléments utilisés).

On a:

$$L = R \cdot (F2 - F1) / (2 \cdot \pi \cdot F1 \cdot F2)$$

$$C = (F2 / F1) / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot (F2 - F1))$$

$$G = (F2 + F1) / (4 \cdot \pi \cdot R \cdot F1 \cdot F2)$$

avec F1 et F2 en Hertz ($F2 > F1$)

L en Henry

C et G en Farad

R en ohms

La bande qui nous intéresse s'étend de 6,9 à 7,3 MHz car les amateurs américains peuvent émettre jusqu'à 7,3 MHz. Le calcul avec 50 ohms donne:

$$L = 63,2 \text{ nH. } C = 7520 \text{ pF. } G = 449 \text{ pF.}$$

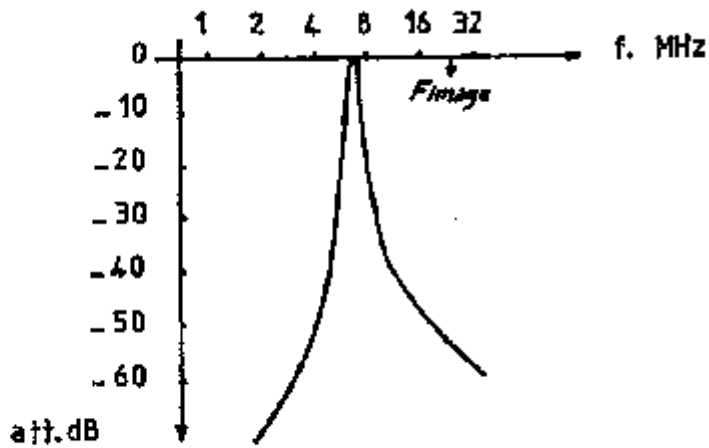
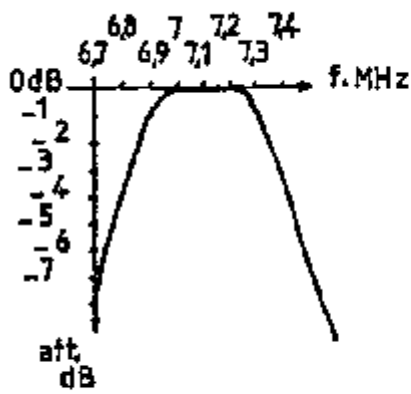
La valeur de L rend difficile la réalisation d'un tel filtre.

Si nous le calculons pour 800 ohms, nous trouvons les valeurs, plus réalistes, de:

$$L = 1,01 \text{ uH. } C = 526 \text{ pF. (on prendra 470) et } G = 28 \text{ pF.}$$

Comme le filtre utilise des bobines en entrée et en sortie, Il suffit de se brancher sur une prise donnant 50 ohms; soit à $SQR(50/800) = 1/4$ de la masse (voir figure 4).

La courbe de réponse calculée de ce filtre est donnée figure 5. Nous avons



vu que la fréquence image avec un VFO calé sur 16 MHz se trouvera sur $7 + (2 \times 9) = 25$ MHz. A cette fréquence, l'atténuation sera de 54 dB, valeur trop souvent admise dans le

FIGURE 5
Courbe de réponse calculée du filtre de la figure 4

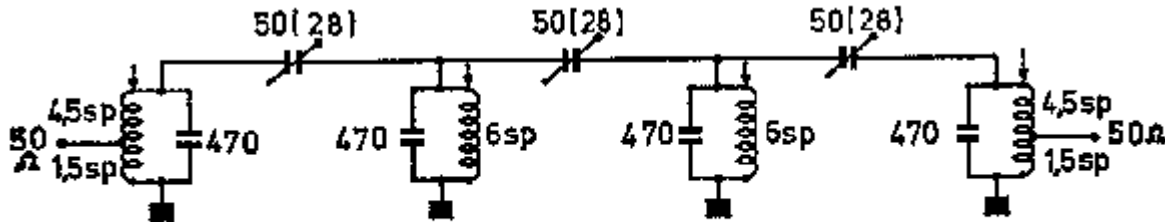
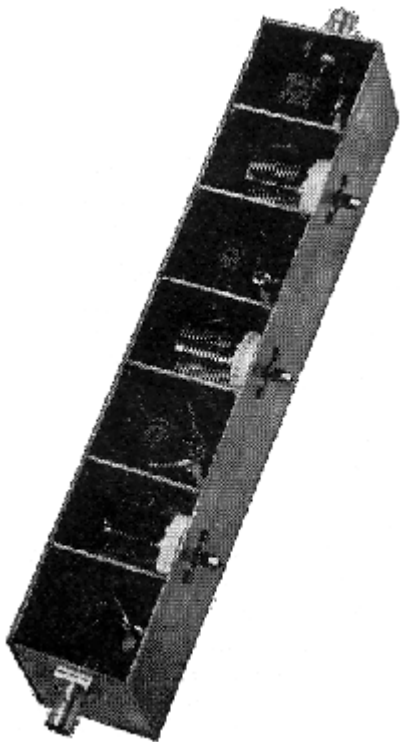


FIGURE 6
Le filtre de bande 80 m

matériel qui nous est vendu, mais à notre avis insuffisante. Nous allons donc doubler ce filtre (figure 6).



Le filtre de bande 80 m
photo F9FF

Après avoir essayé toutes sortes de tores, rendant assez difficile l'ajustage de la bobine, nous nous sommes rabattus sur des supports classiques à noyau réglable pour nous rendre compte que les résultats étaient aussi

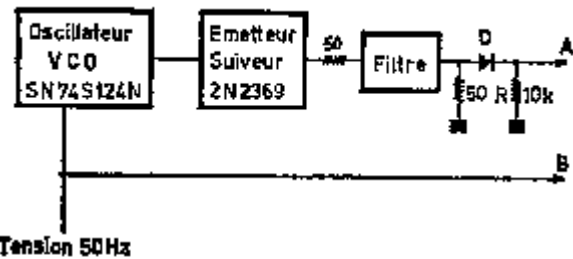
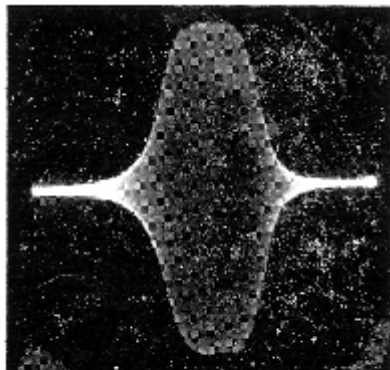


FIGURE 7
Oscillateur wobulé

On rajoutera D et R si l'oscilloscope ne passe pas 7 MHz.

A : vers oscilloscope (déviation verticale)
B : vers oscilloscope (déviation horizontale)



Courbe de réponse du filtre de bande 40 m
Le méplat de la courbe s'étend de 7 à 7,3 MHz
photo PFF

bons
Les supports des bobinages font 18 mm de diamètre (valeur non critique) ; dans notre cas il a fallu 6 spires, prise à 1,5 spire à partir de la

masse.

Les ajustables sont à air, les condensateurs fixes au mica. Le filtre non blindé perd 30 dB sur ses performances hors bande; il est donc impératif de le blinder soigneusement (la photo n°1 se passe de commentaire) le blindage est réalisé en circuit imprimé double face, ce qui semble être suffisant.

Les alvéoles contenant les circuits accordés mesurent 38 x 45 x 60 mm et ceux contenant les condensateurs ajustables mesurent 34 x 45 x 60 mm. Les condensateurs G étant au minimum de leur capacité. on règle les quatre bobines pour un maximum sur 7300 kHz; après quoi on augmente la valeur des trois condensateurs G jusqu'à trouver une belle courbe s'étendant de 7 à 7,3 MHz.

Il faut un générateur HF et une excellente réserve de patience pour y arriver, sinon la courbe sera moins belle.

Le possesseur d'un oscilloscope aura tout intérêt à wobuler un oscillateur HF ou un VCO (voltage contrôlé oscillateur en français) par un oscillateur BF ou même le secteur et à observer sa courbe sur l'oscilloscope s'il passe le 7 MHz, sinon via détection par une diode. Le synoptique de la méthode employée est donné figure 7.

On rajoutera D et R si l'oscilloscope ne passe pas 7 MHz.

A: vers oscilloscope (déviation verticale)
B: vers oscilloscope (déviation horizontale)

En jouant sur L et G on modèle la courbe à son gré (photo n°2). Les performances obtenues après blindage sont les suivantes: Atténuation dans la bande: 3 dB, réjection FI 25 MHz: 95 dB, réjection 3,5 MHz: > 100 dB, réjection 14 MHz: 94 dB (valeurs mesurées sur l'ensemble récepteur donc tenant compte du bruit des oscillateurs).

Un filtre presque semblable a été réalisé pour le 80 m, bande 3,4 à 4 MHz (figure 8). Les deux bobines centrales sont la moitié et leurs condensateurs le double de leurs collègues extrêmes - ce qui est plus logique - mais les résultats n'en semblent pas meilleurs. Même procédure de réglage: les trois G au minimum, accord sur 4.000 kHz puis augmentation des G.

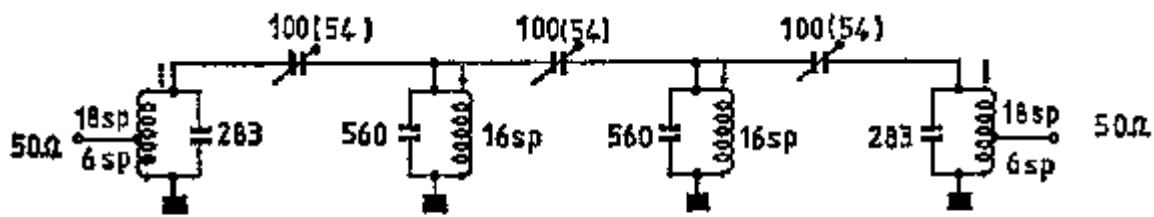


FIGURE 8
Le filtre de bande 80 m

Atténuation
 dans la
 bande: 3
 dB,

réjection sur 14 MHz: 92 dB, réjection sur la FI 21,5 MHz non mesurée.

Pour le 160 m :

$L = 7,07 \mu\text{H}$ (4 bobines identiques).

$C = 895 \text{ pF}$. $G = 105 \text{ pF}$.

Bande couverte: 1,8 à 2 MHz prises à 1/4 côté masse. Accord avec G à zéro:

2 MHz.