

PRÉAMPLIFICATEURS D'ANTENNE A TRÈS LARGE BANDE

DEPUIS l'arrivée sur le marché courant des transistors à grand gain et à fréquence de coupure très élevée, il est désormais possible de réaliser aisément des amplificateurs HF, VHF, UHF à très large bande. De tels amplificateurs ont évidemment des applications multiples ; mais la plus répandue est très certainement celle de la construction des préamplificateurs d'antenne.

En effet, lorsqu'un câble de descente est trop long, ou lorsque le champ reçu est faible, ou lorsqu'on doit allonger un câble conduisant normalement des signaux faibles, il est recommandé de faire appel à un préamplificateur qui

élève préalablement le niveau des signaux.

Les préamplificateurs proposés ici sont destinés à être intercalés entre l'antenne proprement dite et le départ du câble coaxial de descente. En d'autres termes, nous aurons donc l'antenne avec quelques dizaines de centimètres de câble coaxial, puis le préamplificateur, et ensuite toute la longueur de câble coaxial de descente aboutissant au récepteur (téléviseur, récepteurs FM, UHF, VHF, etc.).

L'installation du préamplificateur juste au-dessous de l'antenne (en haut du mât) est capitale si on veut obtenir d'excellents résultats.

Quant à l'alimentation, elle est extrêmement simple. On

utilise une petite alimentation avec redresseur et filtrage, montée à côté du récepteur et mise en fonctionnement en même temps que celui-ci. La tension continue est appliquée au câble coaxial lui-même, véhiculée par ce dernier, et alimente ainsi le préamplificateur.

Tout ceci est illustré par le dessin de la figure 1. D'ores et déjà, on notera la présence éventuelle d'un filtre (en pointillés) intercalé entre l'antenne et l'entrée du préamplificateur. Ce dispositif est facultatif, mais recommandé ; parfois, nous devons le dire, il devient indispensable. Nous en reparlerons plus loin.

Ces préamplificateurs sont pratiquement apériodiques...

ou presque ; en tout cas, ils couvrent une très large bande de fréquences et il n'y a aucune nécessité d'effectuer une quelconque mise au point. Disons tout de suite que tous les montages de préamplificateurs de ce genre (pseudo-apériodiques) reposent sensiblement sur le même principe, à quelques variantes de réalisation pratique près. Il s'agit toujours d'un amplificateur à contre-réaction globale, montage qui a l'énorme avantage de présenter des impédances d'entrée et de sortie faibles, ainsi qu'une grande stabilité en température.

Selon les transistors employés, le point de fonctionnement peut être ajusté, disons légèrement déplacé. Pour

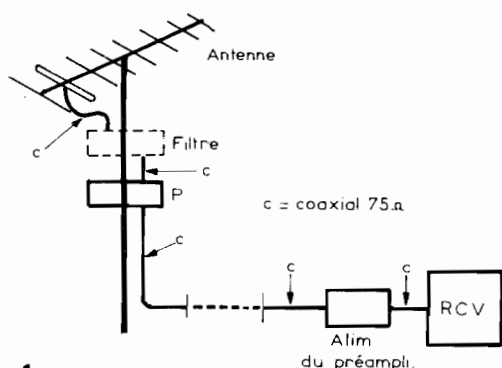


Fig. 1

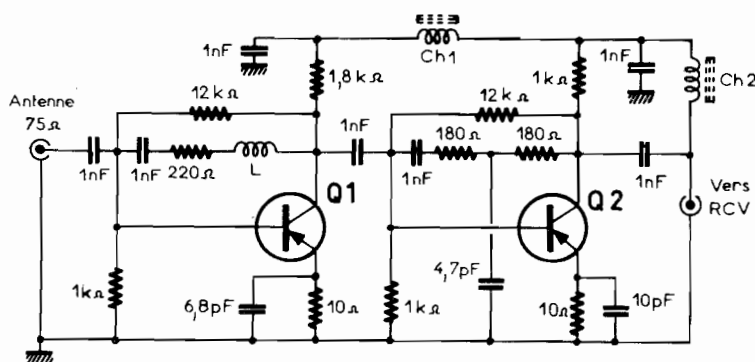


Fig. 2

cela, dans des montages de ce genre, on ne peut guère intervenir que sur la valeur des résistances de collecteur des transistors ; il est peu recommandé d'agir sur les autres valeurs.

Dans un préamplificateur d'antenne, le facteur de bruit est également un point capital. Si l'on ne veut pas détruire le rapport « signal/bruit » à la réception, il importe que la « température de bruit » du préamplificateur soit négligeable par rapport à la température d'antenne. En outre, il est impératif que le gain du préamplificateur soit suffisamment important pour que la contribution à la température de système des éléments qui suivent le préamplificateur soit négligeable. Rappelons aussi qu'en ce qui concerne le bruit, les connexions de masse sont très critiques ; il importe d'éviter toute « boucle », et par ailleurs, si le montage est fait sur circuit imprimé, il est recommandé de souder le dit circuit au boîtier de blindage du préamplificateur.

Le premier montage de préamplificateur que nous examinons est extrait d'une documentation de la firme SGS - ATEs ; son schéma est représenté sur la figure 2.

L'étage d'entrée (côte « antenne ») comporte un transistor Q1 type BFR 99 (SGS) chargé en courant continu dans son circuit de collecteur par la résistance de 1,8 k Ω ; l'impédance de charge en HF est beaucoup moindre, car

l'on doit tenir compte de la résistance de base de 1 k Ω du second transistor, ainsi que du circuit en T de contre-réaction de l'étage suivant.

L'émetteur du premier transistor BFR 99 comporte une résistance de 10 Ω incomplètement découplée par un condensateur de 6,8 pF seulement. L'effet de contre-réaction qui en résulte n'est progressivement atténué que sur les fréquences élevées, disons à partir de 100 MHz ; il y a donc réduction progressive de l'amplification pour les fréquences inférieures.

Les résistances de 1 k Ω et de 12 k Ω constituent le pont d'alimentation de la base ; la résistance de 12 k Ω assure en outre une bonne stabilité en courant continu du fait de son montage en contre-réaction entre sortie et entrée.

Enfin, un circuit série « L + 220 Ω + 1 nF » constitue l'élément « accordable » d'entrée connecté en contre-réaction également. La bobine L est constituée par deux tours très espacés de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm enroulés sur un bâtonnet isolant de 6 mm de diamètre (ou sur le corps d'une résistance de 1 W). Le cas échéant, pour centrer l'accord vers le milieu de la bande désirée, on pourra écarter plus ou moins les spires l'une de l'autre. Le condensateur de 1 nF n'intervient pratiquement pas dans cet accord, si ce n'est que vers les fréquences assez faibles en constituant avec la bobine L une sorte de réjecteur série.

Le second étage avec le

transistor Q2 (BFR 99 également) accroît légèrement le gain de l'ensemble ; mais son rôle primordial est surtout de séparer le câble de sortie d'impédance 75 Ω de l'étage précédent. En effet, si la liaison était faite directement dès la sortie du 1^{er} étage, l'amortissement qui en résulterait serait tel qu'il supprimerait presque tout le bénéfice de l'amplification.

Le filtre en T connecté en contre-réaction, relève la réponse en fréquence vers les UHF. Rappelons que la sélectivité d'un filtre placé en contre-réaction, s'inverse totalement par l'intermédiaire de l'amplificateur ; en conséquence, ce qui « creuse » la réponse d'une bande de fréquences, devient une « bosse ». C'est donc le cas présent, mais très amorti, et descendant très bas en fréquences.

Les mêmes dispositions que précédemment ont été prises en ce qui concerne l'alimentation de la base et le découplage partiel de la résistance d'émetteur.

L'alimentation est faite sous 24 V avec le « plus » à la masse par l'intermédiaire du câble coaxial de descente. Les bobines d'arrêt Ch 1 et Ch 2 sont constituées chacune par 30 tours de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm enroulés jointifs sur un bâtonnet de ferrite de 1,5 mm de diamètre.

Il est important de préciser que l'on recommande de faire tout le montage et le câblage avec des fils extrêmement

courts sur une plaquette de laiton (éviter le circuit imprimé).

Le caractéristiques essentielles de ce préamplificateur sont les suivantes :

- bande passante : 42 à 850 MHz,
- facteur de bruit : inférieur ou égal à 5 dB,
- ROS entrée et sortie : inférieur ou égal à 2,
- impédances entrée et sortie : 75 Ω ,
- intermodulation : inférieure ou égale à 1 %,
- tension de sortie maximale : 100 mV eff.

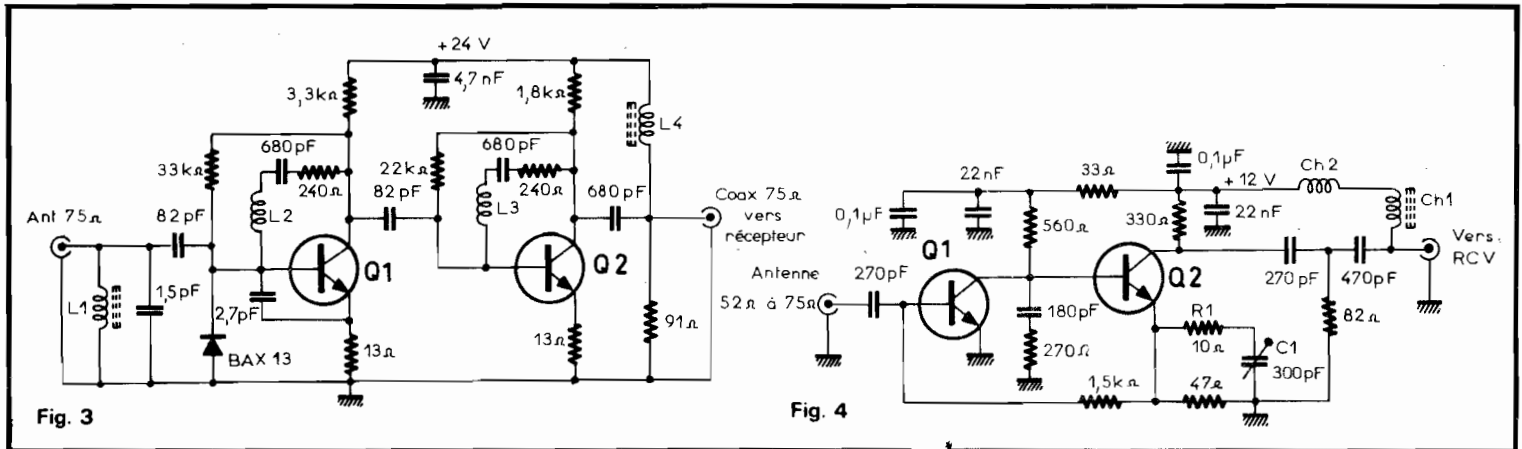
Un second montage de préamplificateur (proposé d'après A.C.E. Philips) est représenté sur la figure 3.

Cette réalisation d'une conception voisine de la précédente comporte deux transistors Q1 et Q2 du type BFY 90, ou mieux BFR 90. L'alimentation s'effectue comme précédemment par l'intermédiaire du câble coaxial, sous 24 V également, mais ici avec le « moins » à la masse (consommation 17 mA).

Les bobinages sont constitués comme suit : L1 = L4 = bobine d'arrêt comportant 30 spires de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm enroulées jointives sur un bâtonnet de ferrite de 1,5 mm de diamètre.

L2 = 5 spires de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm enroulées sur air ; diamètre intérieur de 3 mm ; pas de 0,5 mm.

L3 = 3 spires (comme ci-dessus).



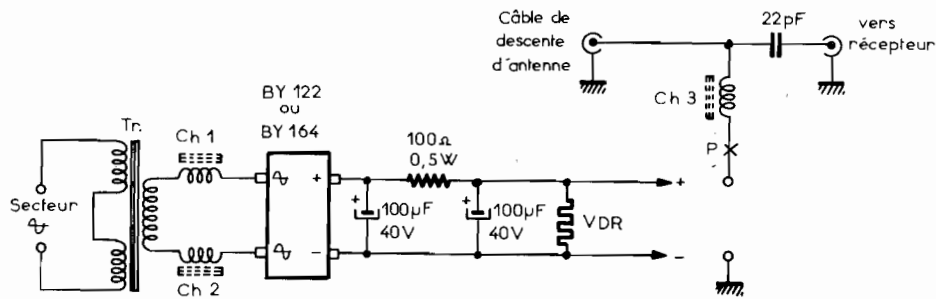


Fig. 5

Les caractéristiques essentielles de ce préamplificateur sont les suivantes :

- bande passante : 40 à 860 MHz,
- gains : VHF = 14,5 dB ; UHF = 13 dB ± 1 dB selon canal,
- facteurs de bruit : VHF < 6 dB ; UHF < 7,5 dB,
- tensions maximales admissibles : VHF = 19 mV eff. ; UHF = 22 mV eff,
- tension de sortie maximum = 100 mV eff,
- impédance : 75 Ω (nominale),
- pas de risques de transmodulation par les signaux forts même lorsque plusieurs canaux sont amplifiés simultanément... comme cela se produit généralement.

Nous avons relevé un troisième montage proposé par C. ROSOLEN dans *Electronique Professionnelle* N° 1514, montage que nous avons expérimenté et légèrement modifié comme nous l'indiquons par le schéma de la figure 4. Ce préamplificateur est conçu pour la couverture d'une bande de fréquences allant de 100 kHz à 500 MHz. A l'origine, il comporte deux transistors type 2 N 5032 ; nous l'avons expérimenté avec deux transistors Q1, Q2 du type BFR 90.

Le gain en boucle fermée aux fréquences inférieures est de l'ordre de 28 dB. Du fait des capacités parasites, un réseau correcteur R1 C1 a été introduit et son action sur la résistance d'émetteur de 47 Ω

maintient le gain sensiblement constant en fonction de la fréquence. Le condensateur C1 provoque un certain déphasage sur le signal de contre-réaction qui n'est donc plus rigoureusement en opposition de phase à l'entrée ; on peut ainsi obtenir (pour certaines plages de fréquences) un gain plus important que le gain aux fréquences inférieures. La capacité du condensateur C1 peut être ajustée par examen de la bande passante globale au wobulateur.

La bande passante aux fréquences inférieures est pratiquement limitée par les valeurs des condensateurs d'entrée et de sortie (270 et 470 pF).

L'impédance d'entrée est ramenée vers 52 Ω par l'adjonction d'un réseau RC (220 Ω + 180 pF) entre le collecteur de Q1 et la masse. Toutefois, pour des fréquences supérieures à 300 MHz, il est nécessaire d'ajouter en série avec ce réseau RC, une petite bobine de 0,1 μH afin que le ROS reste inférieur à 1,8/1.

Aux fréquences inférieures, l'impédance de sortie est pratiquement définie par la résistance de charge du collecteur de Q2 (330 Ω). Pour ramener cette impédance vers 52 Ω, et compte tenu des capacités parasites de sortie, une résistance shunt de 82 Ω aboutissant à la masse a été ajoutée.

Toutes ces corrections étant effectuées, le gain global du montage se trouve ramené vers 18 à 20 dB.

La mesure du facteur de bruit donne les résultats suivants : 2,5 dB à 30 MHz ; 2,6 dB à 100 MHz ; 2,9 dB à 300 MHz. Pour le facteur de bruit, les connexions de masse sont très critiques ; il est capital d'éviter toute « boucle » et de souder la masse du circuit imprimé en de multiples points du boîtier de blindage.

Comme dans les montages précédents, l'alimentation peut se faire par l'intermédiaire du câble coaxial de descente (12 V avec « moins » à la masse). Cependant ici, compte-tenu de la bande de fréquences très large à amplifier, nous avons non seulement une bobine d'arrêt VHF - UHF (Ch 1) présentant les mêmes caractéristiques que précédemment, mais également une bobine d'arrêt HF (Ch 2 du type R100 ou similaire) nécessaire au blocage des fréquences inférieures.

ALIMENTATION

Le schéma de l'alimentation convenant aux montages préamplificateurs que nous venons de décrire est représenté sur la figure 5.

Dans le cas des préamplificateurs des figures 2 et 3, le transformateur Tr. aura un secondaire délivrant 30 V eff. La résistance VDR de sortie, non obligatoire mais recommandée, sera du type 39 V 10 mA. On obtient ainsi une

tension d'alimentation en charge de l'ordre de 24 V.

Les bobines d'arrêt CH 1 et Ch 3 comportent chacune 30 spires de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm enroulées jointives sur un bâtonnet de ferrite de 1,5 mm de diamètre.

Naturellement, dans le cas du préamplificateur de la figure 2, le « plus » sera relié à la masse et le « moins » aboutira au conducteur central du câble coaxial. Il en sera exactement le contraire dans le cas du préamplificateur de la figure 3 (alimentation avec « moins » à la masse).

Enfin, pour le préamplificateur de la figure 4, le secondaire du transformateur d'alimentation délivrera une tension de 15 V eff. et la résistance VDR sera du type 18 V 10 mA (tension d'alimentation de l'ordre de 12 à 15 V en charge avec « moins » à la masse). Pour l'obtention d'un fonctionnement correct aux fréquences inférieures de la bande passante prévue pour ce préamplificateur, la capacité du condensateur de liaison de 22 pF sera portée à 100 pF ; en outre, il sera nécessaire d'intercaler au point P en série avec Ch 3 une bobine d'arrêt HF du type R 100.

Dans tous les cas, selon les matériels utilisés, on pourra évidemment modifier la valeur de la résistance de filtrage R (100 Ω sur le schéma) afin d'obtenir exactement la tension d'alimentation requise (12 ou 24 V) en sortie.

FILTRES

Il est absolument évident que les préamplificateurs à très large bande (pseudo-apériodiques) ne présentent pratiquement aucune sélectivité ; cela veut dire qu'ils amplifient aussi bien les signaux désirés que les signaux « perturbateurs » (s'il en existe au lieu de réception) et cela peut être la cause d'une gêne très importante notamment dans le cas de la réception de la télévision.

Fort heureusement, il existe de nombreux types de filtres commerciaux dont le choix est à faire selon la fréquence ou la bande de fréquences perturbatrice, c'est-à-dire selon la fréquence ou la bande de fréquences à rejeter. On peut d'ailleurs installer plusieurs filtres à la suite les uns des autres, la perte d'insertion sur le signal utile étant généralement très faible.

Ces filtres s'intercalent entre l'antenne proprement dite et l'entrée du préamplificateur, comme nous l'avons indiqué en pointillés sur la figure 1.

Les problèmes posés par la réception des signaux de télévision dans des zones où ceux-ci sont perturbés par des émissions (hors bandes TV), mais très puissantes (émetteurs de télécommunication,

radio-téléphones, radio-amateurs, etc.) ont conduit à développer quatre filtres complémentaires destinés à apporter une certaine sélectivité aux entrées bande I, bande II (FM), bande III et bandes UHF (filtres Portenseigne).

Ces filtres doivent être intercalés sur le câble coaxial en amont de l'amplificateur d'antenne et raccordés à l'entrée correspondante de celui-ci ; chaque filtre peut être utilisé seul ou être associé à un ou plusieurs autres filtres, suivant le problème particulier posé par chaque cas de perturbation.

La figure 6 montre les courbes de transmission pour les bandes I, II, III, et UHF (IV et V). En abscisses, sont inscrites les fréquences de 20 à 850 MHz ; les bandes pouvant être le siège de perturbations sont également indiquées.

En ordonnées, sont inscrites les atténuations obtenues en dB. Enfin, les courbes inférieures représentent la désadaptation K entraînée (en pourcent) en fonction de la fréquence.

Le filtre bande I est caractérisé par une forte réjection (> 35 dB) contre les brouillages entre 26,1 et 27 MHz (radiotéléphones), entre 28 et 29,7 MHz (amateurs) et entre 30 et 41 MHz (radiotéléphones de la bande A). La bande I étant moins vulnérable (pro-

priété des antennes, atténuation d'espace, etc.) aux perturbations provoquées par la bande B (68 à 87,5 MHz), la protection est plus faible (> 20 dB) avec néanmoins un circuit réjecteur vers 72 MHz (fréquence utilisée en bande B) et réjection de l'harmonique 3 du 27 MHz. Atténuation de passage dans la bande I : < 1,5 dB.

La courbe de réponse du filtre pour la bande II a été établie de façon à présenter le maximum de réjection contre les brouillages originaires de la bande B (68 à 87,5 MHz) où se situe un trafic important des radiotéléphones. La réjection des autres bandes plus éloignées étant importante (40 dB), sauf entre 80 et 125 MHz, les risques de perturbations par des signaux dans ces bandes sont extrêmement réduits. Atténuation de passage dans la bande II : < 1,5 dB.

Le filtre pour la bande III comporte une réjection réglable de 140 à 160 MHz, permettant d'atténuer (40 dB environ) les fréquences des bandes « amateurs » (144 à 146 MHz), aviation (146 à 156 MHz), et bande C (156 à 162 MHz) où se situe un trafic radiotéléphonique assez important. Les fréquences supérieures à celles de la bande III ne pouvant être perturbées que par le trafic aérien UHF, où les stations n'utilisent

qu'une puissance moyenne et sont toujours suffisamment éloignées, ne nécessitent pas de protection particulière. Atténuation de passage dans la bande III : < 1 dB.

Le réjecteur pour les bandes IV et V (UHF) est réglable sur une fréquence quelconque de cette gamme ; il permet d'atténuer un signal brouilleur de 20 à 26 dB suivant la fréquence. Il est ainsi possible d'éliminer les brouillages pouvant provenir de stations radiotéléphoniques utilisant la bande D (440 à 470 MHz) ou les perturbations susceptibles d'être produites par une émission étrangère de télévision sur une fréquence quelconque de la bande IV-V. Atténuation de passage dans la bande IV-V : < 1 dB.

Ces filtres permettent donc de résoudre très efficacement les problèmes de brouillage qui venaient parfois interdire l'emploi des amplificateurs « toutes bandes » ou « à très large bande » dans des régions où le niveau des signaux TV (ou FM) assez faible les rendaient plus particulièrement vulnérables aux signaux perturbateurs.

Le cas échéant, ces filtres peuvent être également utiles, en amont d'amplificateurs même beaucoup plus sélectifs, lorsqu'ils sont employés dans une zone violemment perturbée.

Roger A. RAFFIN

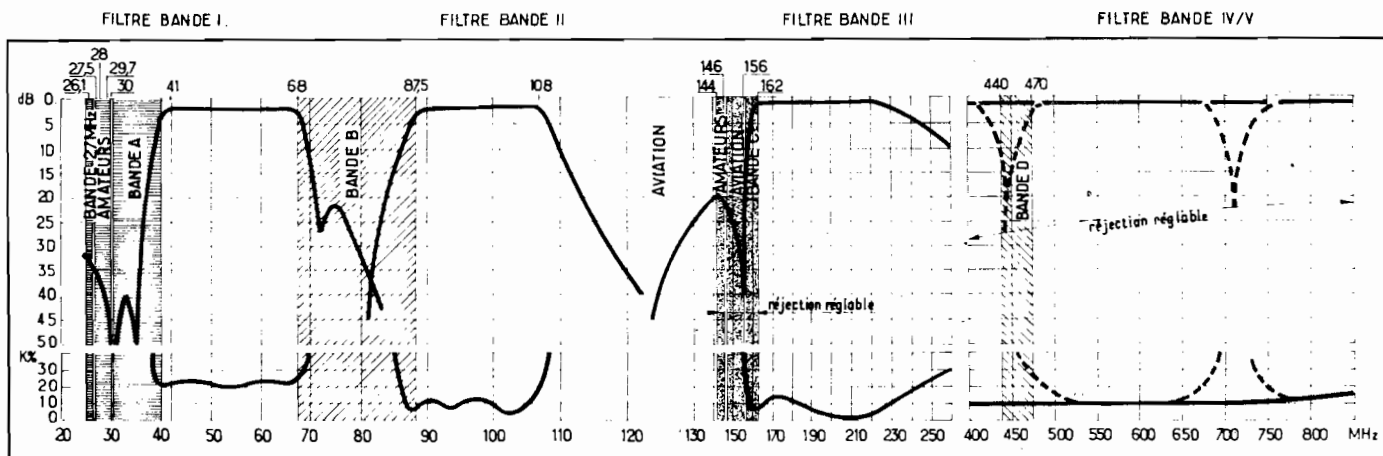


Fig. 6