

AMPLIFICATEURS D'ANTENNE A TRANSISTORS POUR LES BANDES I, II, III ET IV

CET article se propose de décrire trois amplificateurs fonctionnant dans les bandes I (47-68 MHz), II (87,5-108 MHz) et III (174-230 MHz) et les détails de réalisation de deux amplificateurs à large bande (40-860 MHz).

Les circuits électriques de ces trois amplificateurs d'antenne sont représentés sur les figures 1, 3 et 5. Les mesures effectuées sur ces mêmes amplificateurs sont respectivement indiquées par les figures 2, 4 et 6.

Le tableau I précise les valeurs des points de fonctionnement en courant continu, des différents transistors utilisés dans ces circuits. Dans ce même tableau sont également reportées les valeurs de résistances et de capacités valables pour l'alignement.

A l'entrée de chacun de ces amplificateurs, on trouve la combinaison d'un circuit accordé en parallèle et deux circuits accordés en série ; ces trois circuits doivent être accordés sur la fréquence centrale de la bande reçue. La résistance R_1 , disposée à l'entrée de chacun de ces amplificateurs, sert à obtenir un compromis

TABLEAU I

Amplificateur	Etage	Transistor	Réglage en C.C.		Valeurs d'alignement	
			I_E	V_{CE}	R	C
Bande I.....	entrée	BFY90	14 mA	12 V	—	—
	sortie	BFW16	70 mA	18 V	240 ohms	10 pF
Bande II.....	entrée	BFY90	14 mA	12 V	—	—
	sortie	BFW16	70 mA	18 V	200 ohms	8,2 pF
	entrée	BFY90	12 mA	12 V	—	—
Bande III.....	—	BFW16	35 mA	18 V	—	—
	sortie	BFW16	70 mA	18 V	180 ohms	5,6 pF

satisfaisant entre le facteur de bruit et le rapport d'ondes stationnaires à l'entrée.

AMPLIFICATEUR A LARGE BANDE

Les figures 7 et 9 donnent les schémas de deux amplificateurs d'antenne à large bande (40 MHz-860 MHz). Le premier est formé de

deux étages tandis que le second en comporte quatre. Les mesures effectuées sur ces deux amplificateurs sont indiquées sur les figures 8 et 10.

Sur le tableau 2 sont reportées les valeurs des points de travail, en courant continu, des différents transistors utilisés dans ces deux types d'amplificateurs.

Les circuits sont essentiellement à base commune et à émetteur commun. Dans les amplificateurs à plusieurs étages où les transistors sont montés à base commune, il est nécessaire que l'adaptation des impédances entre étages s'effectue à l'aide de transformateurs pour obtenir le maximum de gain en puissance. On sait cependant que l'utilisation de ces derniers peut donner lieu à des inconvénients, en particulier aux fréquences élevées. Par contre, le circuit avec émetteur commun utilise le gain de courant pour obtenir le maximum d'amplification, et dans ce cas, on a l'avantage de pouvoir se passer des transformateurs. Mais les amplificateurs à large bande, dont les différents étages sont montés en émetteur commun, exigent des transistors ayant une fréquence de transition très élevée et, en outre, une capacité de réaction très basse. Les transistors BFY90, BFX89 et BFW30 répondent à ces exigences.

Le gain en courant d'un transistor dépend de la fréquence de travail, mais cette dépendance peut être facilement contrôlée par l'utilisation de simples circuits de contre-réaction. Dans chacun des étages des amplificateurs décrits, on utilise donc une contre-réaction parallèle et une contre-réaction série. La contre-réaction en parallèle consiste, dans sa forme la plus simple, dans l'introduction d'une résistance entre l'entrée et la sortie d'un étage ; la contre-

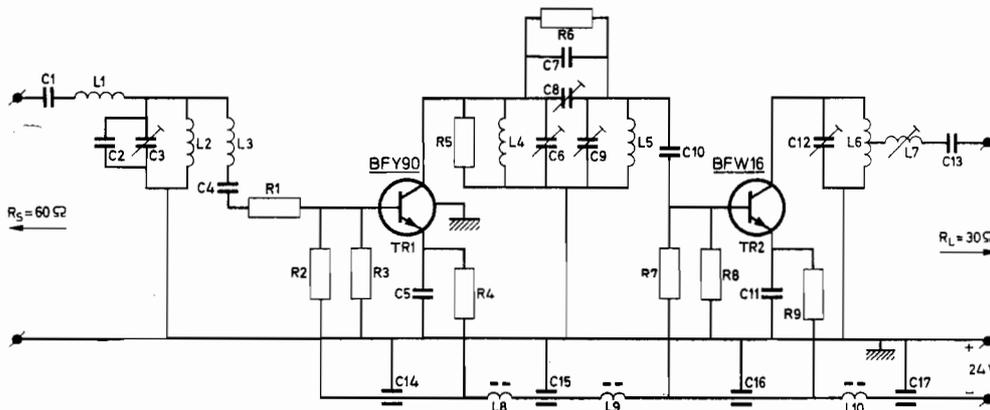


FIG. 1. — Schéma de l'amplificateur d'antenne pour la bande I (47-68 MHz).

Valeur des éléments - Fig. 1.

- R_1 : 10 ohms 1/8 W
- R_2 : 2,2 K. ohms 1/8 W
- R_3 : 1,5 K. ohm 1/8 W
- R_4, R_5 : 1 K. ohm 1/8 W
- R_6 : 750 ohms 1/8 W
- R_7 : 470 ohms 1/4 W
- R_8 : 1,2 K. ohm 1/4 W
- R_9 : 82 ohms 1/2 W

Toutes les résistances ont une valeur de tolérance $\pm 5\%$.

- C_1, C_4, C_7 : 12 pF céramique $\pm 5\%$
- C_2 : 10 pF céramique $\pm 5\%$
- $C_3, C_6, C_8, C_9, C_{12}$: 12 pF
- C_5, C_{11} : 4,7 nF à disque - 20/+ 50 %
- C_{10} : 82 pF céramique $\pm 5\%$
- C_{13} : 56 pF céramique $\pm 5\%$
- C_{17} : 4,7 nF by-pass - 20/+ 50 %

- L_1, L_3 : 500 nH 21 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm enroulées sur un \varnothing de 4 mm, pas 0,5 mm.

- L_2 : 200 nH 13 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm enroulées sur un \varnothing de 4 mm, pas 1,5 mm.
- L_4 : 200 nH 8 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm enroulées sur un \varnothing de 8 mm, pas 1,5 mm.
- L_5 : 85 nH 4 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm enroulées sur un \varnothing de 4 mm, pas 2,5 mm.
- L_6 : 240 nH 11 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm enroulées sur un \varnothing de 8 mm, pas 2 mm, avec prise à 4,5 spires en partant du côté masse.
- L_7 : 75 nH 3 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm enroulées sur un \varnothing de 8 mm, pas 2 mm.
- L_8, L_{10} : self d'arrêt type 4312 020 36701 (Philips)

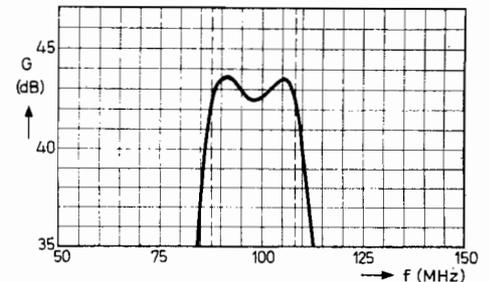


FIG. 2. — Courbe de réponse de l'amplificateur de la figure 1.

TABLEAU 2

Amplificateur	Etage	Transistor	Réglage en C.C.	
			I _E	V _{CE}
Deux étages	premier	BFY90	6,5 mA	2,5 V
	second	BFY90	12 mA	3,6 V
Quatre étages	premier	BFY90	5,5 mA	3,5 V
	second	BFY90	8,5 mA	3,8 V
	troisième	BFY90	14 mA	6 V
	quatrième	BFW30	30 mA	7 V

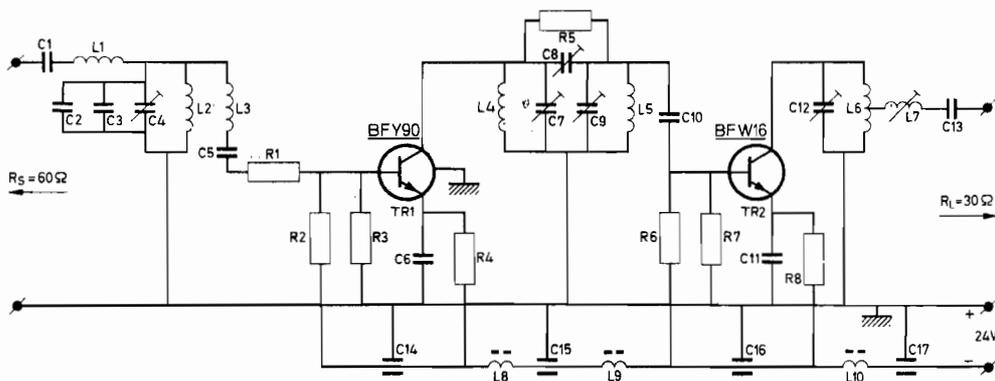


FIG. 3. — Schéma de l'amplificateur d'antenne pour la bande II (87,5-108 MHz).

Valeur des éléments - Fig. 3.

- R₁ : 27 ohms 1/8 W
- R₂ : 2,2 K. ohms 1/8 W
- R₃ : 1,5 K. ohm 1/8 W
- R₄ : 1 K. ohm 1/8 W
- R₅ : 7,5 K. ohms 1/8 W
- R₆ : 470 ohms 1/4 W
- R₇ : 1,2 K. ohm 1/4 W
- R₈ : 82 ohms 1/2 W

Toutes les résistances ont une tolérance de ± 5 %.

- C₁, C₃ : 6,8 pF céramique ± 0,5 %
- C₂ : 10 pF céramique ± 0,5 %
- C₃ : 100 pF céramique ± 5 %
- C₄, C₇, C₈, C₉, C₁₂ : 12 pF
- C₆, C₁₁ : 4,7 nF à disque - 20/+ 50 %
- C₁₀ : 15 pF céramique ± 5 %
- C₁₃ : 22 pF céramique ± 5 %
- C₁₄, C₁₇ : 4,7 nF by-pass - 20/+ 50 %
- L₁, L₃ : 380 nH 14 spires de fil de cuivre

- L₂ : 28 nH 2 spires de fil de cuivre émaillé de 1 mm, enroulées sur un Ø de 4 mm, pas 2,5 mm.
- L₄, L₅ : 135 nH 5 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm, pas 2,5 mm.
- L₆ : 135 nH 5 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm, pas 2,5 mm, avec prise à 2,5 spires en partant de la masse.
- L₇ : 70 nH 2 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm, pas 2 mm.
- L₈, L₁₀ : self d'arrêt type 4312 020 36701 (Philips)

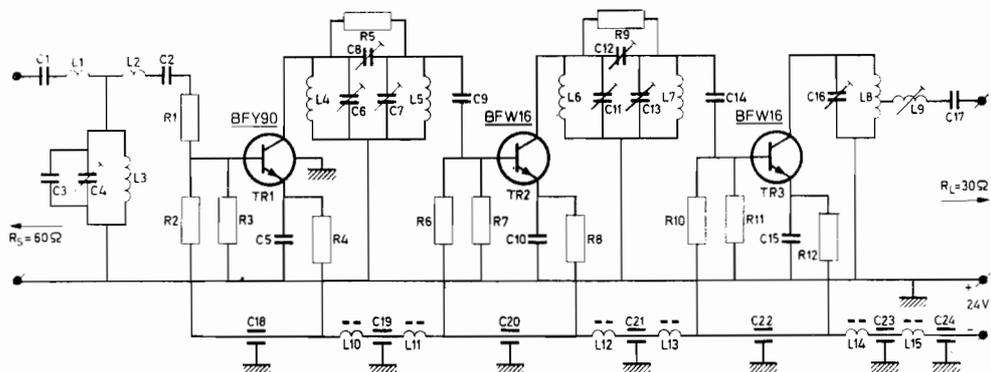


FIG. 5. — Schéma de l'amplificateur d'antenne pour la bande III (174-280 MHz).

Valeur des éléments - Fig. 5.

- R₁ : 30 ohms 1/8 W
- R₂ : 2,4 K. ohms 1/8 W
- R₃ : 3,3 K. ohms 1/8 W
- R₄, R₅ : 750 ohms 1/8 W

- R₆, R₉ : 750 ohms 1/4 W
- R₇ : 1,8 K. ohm 1/4 W
- R₈ : 150 ohms 1/4 W
- R₁₀ : 470 ohms 1/4 W
- R₁₁ : 1,2 K. ohm 1/4 W
- R₁₂ : 82 ohms 1/2 W

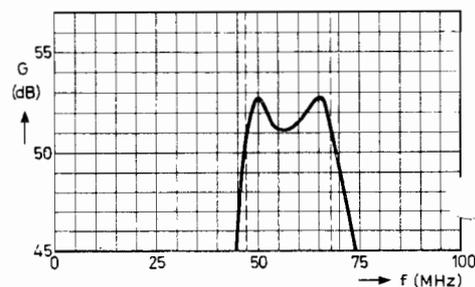


FIG. 4. — Courbe de réponse de l'amplificateur de la figure 5.

réaction en série, au contraire, aboutit à l'introduction d'une résistance disposée en série avec l'émetteur.

Toute inductance en série avec la résistance d'émetteur tend à renforcer la dépendance du gain avec la fréquence de travail. C'est pour cette raison que les connexions doivent être aussi courtes que possible; pour satisfaire à cette exigence, on devra souder la sortie de l'émetteur au ras du boîtier même du transistor. En outre, pour réduire au minimum l'effet de l'inductance répartie, la résistance d'émetteur ne devra pas être de valeur trop faible (> 10 ohms).

En outre, la relation du gain avec la fréquence de travail est encore réduite dans les deux circuits par l'introduction d'un condensateur disposé en parallèle entre la base et l'émetteur des transistors T_{R1} et T_{R3}, dans l'amplificateur à quatre étages. C'est la présence de ces condensateurs qui provoque une pointe dans la courbe de gain (Fig. 8 et 10) à la fréquence de 800 MHz.

Toutes les résistances ont une tolérance de + 5 %.

- C₁, C₂ : 3,3 pF céramique ± 0,5 %
- C₃ : 39 pF céramique ± 5 %
- C₄, C₆, C₇, C₈, C₁₁, C₁₂, C₁₃, C₁₆ : 12 pF
- C₅, C₁₀, C₁₅ : 1 nF à disque - 20/+ 50 %
- C₉ : 100 pF céramique ± 5 %
- C₁₄ : 15 pF céramique ± 5 %
- C₁₇ : 8,2 pF céramique ± 0,5 %
- C₁₈-C₂₄ : 4,7 nF by-pass - 20/+ 50 %

- L₁, L₂ : 190 nH 9 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm enroulées sur un Ø de 4 mm; pas 1 mm.
- L₃ : 14 nH Boucle de 20 mm de fil de cuivre de 0,6 mm.
- L₄, L₆ : 35 nH 2 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulée sur un Ø de 8 mm, pas 2 mm.
- L₅, L₇ : 20 nH 1 spire de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm.
- L₈ : 60 nH 3 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm; pas 2,5 mm, prise à 1 3/4 spire en partant de la masse.
- L₉ : 50 nH 2 1/2 spires de fil de cuivre argenté de 1,3 mm enroulées sur un Ø de 8 mm; pas 2,5 mm.
- L₁₀, L₁₅ : self d'arrêt type 431202036701 (Philips).

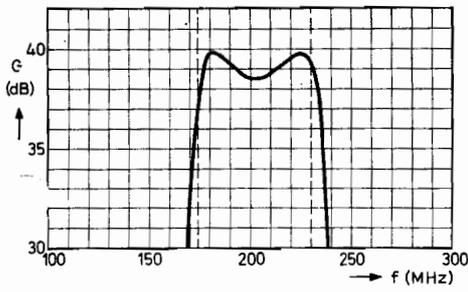


FIG. 6. — Courbe de réponse de l'amplificateur de la figure 9.

La contre-réaction en parallèle tend à abaisser la valeur de l'impédance d'entrée et de sortie de l'étage dans lequel elle est utilisée; au contraire, la contre-réaction série tend à augmenter la valeur de ces impédances; donc, en

choisissant judicieusement la valeur de la résistance utilisée dans chaque type de circuit de contre-réaction, il est possible d'obtenir la meilleure adaptation, tant à l'entrée qu'à la sortie de l'étage.

Dans la réalisation des deux amplificateurs, on s'aperçoit que l'adaptation du circuit d'entrée ne présente aucun problème; il est seulement nécessaire d'introduire une capacité de correction de faible valeur à insérer dans le circuit d'entrée pour maintenir le rapport d'ondes stationnaires au-dessous de la valeur 2, sur toute la bande à amplifier. Pour obtenir le même résultat, à la sortie de ces amplificateurs, il est nécessaire d'introduire une résistance d'amortissement de 91 ohms; mais on constate que l'effet de cette résistance, notamment dans l'amplificateur à quatre étages, n'est pas aussi efficace que dans le circuit à deux étages; dans l'amplificateur à quatre étages, le rapport d'ondes stationnaires est inférieur à 2, seulement jusqu'à 750 MHz.

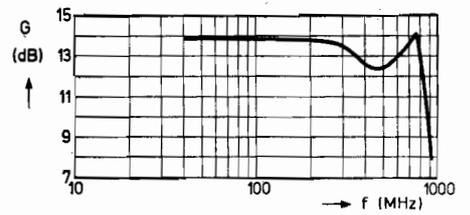


FIG. 8. — Bande passante de l'amplificateur de la figure 9.

En correspondance d'un facteur d'intermodulation $d_{im} = -60$ dB, la tension de sortie de l'amplificateur à deux étages est de 30 mV, tandis que dans l'amplificateur à quatre étages, elle est de 70 mV. Cette importante différence est due exclusivement à l'utilisation du transistor BFW30 dans l'étage de sortie du second circuit. On sait, en effet, que dans les amplificateurs à large bande, le transistor BFW30 présente un facteur d'intermodulation très inférieur à celui du transistor BFY90.

Les selfs d'arrêt disposées en parallèle aux bornes d'entrée servent à dissiper les charges statiques accumulées sur l'antenne et, en conséquence, à protéger les transistors contre d'éventuelles surcharges. De plus, pour éviter l'effet des tensions induites dues à la foudre, la base du transistor d'entrée de chaque amplificateur est mise à la masse à travers la diode BAX13, et, en outre, les condensateurs de couplage disposés à l'entrée ont des valeurs aussi faibles que possible.

Grâce à l'adoption de ces précautions, les deux amplificateurs peuvent supporter une décharge de 1,5 kV provenant d'un condensateur de 150 pF. La polarité de cette décharge n'a aucune importance.

(D'après « A.C.E. » Philips. Radiotecnica n° 91 - 1970) F.H.

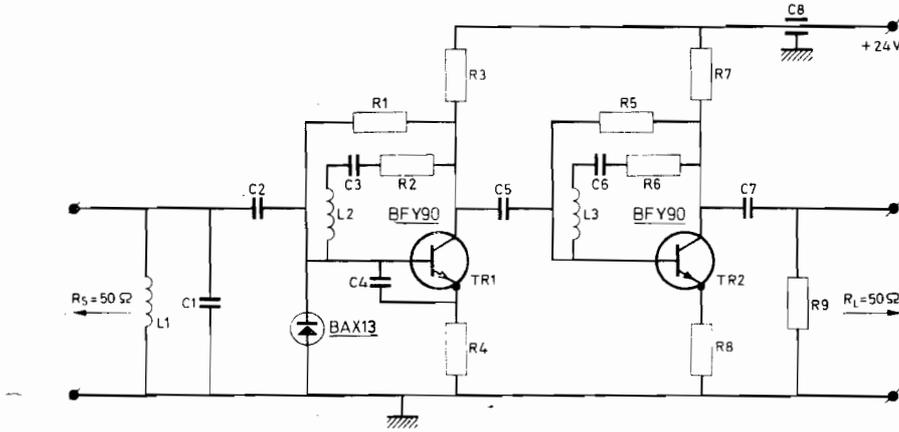


FIG. 7. — Schéma de l'amplificateur à large bande à deux étages (40 MHz-860 MHz).

Valeur des éléments - Fig. 7.

- R_1 : 33 K. ohms 1/8 W
- R_2, R_6 : 240 ohms 1/8 W
- R_3 : 3,3 K. ohms 1/8 W
- R_4, R_8 : 13 ohms 1/8 W
- R_5 : 22 K. ohms 1/8 W
- R_7 : 1,8 K. ohm 1/4 W
- R_9 : 91 ohms 1/8 W
- Toutes les résistances ont une tolérance de $\pm 5\%$.
- C_1 : 1,5 pF céramique $\pm 0,5\%$

- C_2, C_5 : 82 pF céramique $\pm 5\%$
- C_3, C_6, C_7 : 680 pF à disque - 20/+ 50 %
- C_4 : 2,7 pF céramique $\pm 0,5\%$
- C_8 : 2,2 nF by-pass - 20/+ 50 %
- L_1 : self d'arrêt type 3122 108 20150 (Philips)
- L_2 : 50 nH, 5 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm-enroulées sur un \varnothing de 3 mm, pas 0,5 mm.
- L_3 : 30 nH, 3 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm, enroulées sur un \varnothing de 3 mm, pas 0,5 mm.

Valeur des éléments - Fig. 9.

- R_1, R_5 : 39 K. ohms 1/8 W
- R_2, R_6 : 220 ohms 1/8 W
- R_{10}, R_{14} : 3,9 K. ohms 1/4 W
- R_3 : 13 ohms 1/8 W
- R_4, R_8, R_{12} : 13 ohms 1/8 W
- R_7 : 2,4 K. ohms 1/4 W
- R_9 : 33 K. ohms 1/8 W
- R_{11} : 1,3 K. ohm 1/4 W
- R_{13} : 12 K. ohms 1/8 W
- R_{15} : 560 ohms 1/4 W
- R_{16} : 15 ohms 1/8 W
- R_{17} : 91 ohms 1/8 W
- Toutes les résistances ont une tolérance de $\pm 5\%$.

- C_1, C_4 : 2,7 pF céramique $\pm 0,5\%$
- C_2, C_6 : 82 pF céramique $\pm 5\%$
- C_3, C_7, C_9 : 680 pF à disque - 20/+ 50 %
- $C_{10}, C_{13}, C_{14}, C_{16}, C_{17}$: 680 pF à disque - 20/+ 50 %
- $C_5, C_8, C_{12}, C_{15}, C_{18}$: 2,2 nF by-pass - 20/+ 50 %
- C_{11}, C_{17} : 1,5 pF céramique $\pm 0,5\%$
- L_1, L_5 : self d'arrêt type 3122 108 20150 (Philips).
- L_6, L_7 : 40 nH, 4 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm enroulées sur un \varnothing de 3 mm, pas 0,5 mm.
- L_8 : 30 nH, 3 spires de fil de cuivre émaillé de 0,5 mm enroulées sur un \varnothing de 3 mm, pas 0,5 mm.

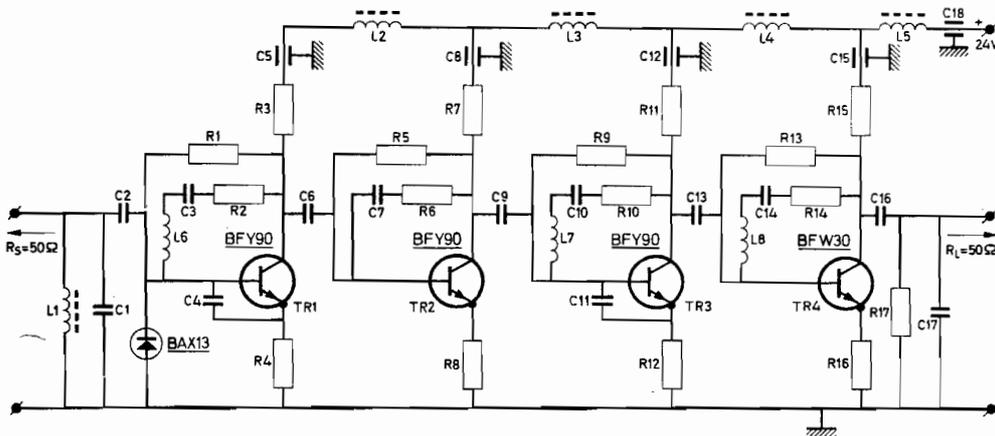


FIG. 9. — Schéma de l'amplificateur à large bande à quatre étages (40 MHz-860 MHz).