

AMPLIFICATEURS LINÉAIRES DECAMÉTRIQUES LARGE BANDE 2 A 30 MHz

Soit qu'il ait réalisé lui-même son petit transceiver, soit qu'il utilise un transceiver de faible puissance du commerce (« Argonaut », par exemple), le radioamateur peut souhaiter un jour trafiquer avec une puissance plus importante ; l'emploi d'un amplificateur linéaire est alors tout indiqué. Dans la 11^e édition de notre ouvrage, « L'Emission et la réception d'amateur », à partir de la page 567, nous avons publié la description d'un tel amplificateur (180 W - PEP ; alim. 12 à 13,6 V)... et nous pouvons dire qu'il a connu un franc succès !

Aussi avons-nous décidé d'accroître le choix possible de nos amis radioamateurs en décrivant deux autres montages d'amplificateurs linéaires du même genre dans les lignes qui suivent, l'un de 80 W (PEP) avec alimentation sous 12,5 V, l'autre de 160 W (PEP) avec alimentation sous 28 V.

Bien entendu, les montages proposés ci-après sont entièrement transistorisés et mettent également en œuvre la technique des circuits couplés sur ferrite à très large bande ; il n'y a donc aucun circuit accordé à régler sur l'amplificateur (ni commutations à effectuer) lorsqu'on change de gamme sur le transceiver.

Pour mener à bien les réalisations de nos maquettes, nous nous sommes largement inspirés des montages proposés par la Notice d'Application AN-593 de Motorola. L'amplificateur 80 W avec alimentation 12 V convient parfaitement aux équipements mobiles ; au contraire, l'amplificateur 160 W avec alimentation 28 V est plus particulière-

ment désigné pour les équipements fixes. Il va sans dire que les transistors de puissance de sortie, notamment, doivent être montés sur des radiateurs ; néanmoins, un refroidissement par circulation forcée d'air (ventilateur) n'est pas obligatoire pour un fonctionnement intermittent, comme c'est le cas en trafic radioamateur.

Amplificateur 160 W/28 V max

L'amplificateur proposé permet de délivrer une puissance de sortie de 160 W - PEP pour une puissance de l'ordre de 0,5 W appliquée à l'entrée. Entrée et sortie sont conçues pour des impédances de 52 Ω . A la puissance maximale, les niveaux de suppression des harmoniques en fonction de la fréquence sont indiqués par le tableau 1 ci-contre.

Harmoniques	2	3	4	5
Fréquences	3 MHz - 16 dB	30 dB	22 dB	37 dB
	6 MHz - 15 dB	20 dB	21 dB	37 dB
	12 MHz - 16 dB	24 dB	22 dB	34 dB
	30 MHz - 35 dB	20 dB	51 dB	44 dB

Notons, cependant, que les valeurs mesurées et indiquées peuvent être altérées s'il y a une désadaptation d'impédance importante, tant en entrée qu'en sortie de l'amplificateur.

La figure 1 représente le schéma général du montage. Deux transistors (Q_2 et Q_3) du type 2N5942 équipent l'étage de sortie push-pull de puissance classe B ; ces deux transistors doivent être soigneu-

sement appariés afin d'obtenir un fonctionnement parfaitement symétrique de cet étage. Pour une amplification linéaire à large bande, le courant de repos dans le collecteur de chaque transistor doit être **identique** et compris entre 60 et 80 mA seulement. Certes, un courant de repos plus important réduit le produit de distorsion par intermodulation du 5^e ordre mais a peu d'effet sur le produit du 3^e ordre (sauf aux faibles puissances) ; or

le produit du 3^e ordre est généralement beaucoup plus significatif, voire gênant, que celui du 5^e ordre. Nous nous en tiendrons donc aux intensités de repos indiquées.

Un dispositif de réglage de polarisation ($D_1 + Q_4 + \text{Pot. lin. de } 1 \text{ k}\Omega$) permet l'ajustage du courant de repos tant pour l'étage de puissance ($Q_2 + Q_3$) que pour l'étage driver (Q_1). Notons au passage que ce

Le système de polarisation peut être mis en œuvre et convient parfaitement, même si l'amplificateur est alimenté sous une tension inférieure à 28 V.

L'étage driver est équipé d'un transistor 2N6370 (Q₁) dont le courant collecteur de repos doit être de 10 à 15 mA ; une intensité différente entraîne une mauvaise linéarité et dégrade l'efficacité du driver pour l'attaque de l'étage push-pull final.

Pour compenser les éventuelles variations de puissance HF de sortie tout au long de la bande de fréquences de 3 à 30 MHz, une contre-réaction en tension est appliquée à l'étage de sortie et à l'étage driver ; vers 3 MHz, on a, approximativement, 4,5 dB de contre-réaction sur l'étage final et 15 dB sur

l'étage driver. Cette disposition fait que la variation de puissance mesurée, pour la bande de fréquences indiquée, n'est que de 0,5 dB environ.

Caractéristiques des matériels

(non indiquées sur la fig. 1)

- Ch₁ : bobine d'arrêt moulée 0,33 μH.
- Ch₂, Ch₄, Ch₅ : bobines d'arrêt moulées 10 μH.
- Ch₃ : bobine d'arrêt 1,8 μH.
- Ch₆, Ch₇ : bobines d'arrêt moulées, 0,22 μH.
- Fxc₁, Fxc₂ : 3 perles de ferrite sur chaque connexion.
- Q₁ : 2N6370 (Motorola).
- Q₂, Q₃ : 2N5942 (Motorola).
- Q₄ : 2N5190 (Motorola).
- D₁ : 1N4001 (ou similaire).
- D₂ : 1N4997 (ou similaire).
- La résistance de 0,85 Ω

(émetteur de Q₁) est constituée par quatre résistances de 3,3 Ω, 0,25 W soudées en parallèle.

Les condensateurs de 140 pF du circuit de sortie sont constitués chacun par deux condensateurs mylar de 68 nF soudés en parallèle.

Fabrication des bobinages

Tous les bobinages T₁, T₂, T₃ et T₄ sont en quelque sorte des transformateurs « balun » ; ils sont tous réalisés sur des tores de ferrite et bobinés avec deux conducteurs en mains (simultanément côte à côte), chaque conducteur étant lui-même fait de deux fils de cuivre émaillé torsadés, comme il est montré sur la figure 2.

On commence donc par la préparation de ces divers conducteurs torsadés aux longueurs largement suffisantes et en utilisant du fil de cuivre émaillé de 4, 5, ou 6/10 de mm, selon le cas, comme il sera précisé plus loin. Deux à trois torsades par centimètre de longueur suffisent. Bien entendu, les extrémités a et b des deux fils seront soudées pour ne former qu'un seul conducteur électrique.

T₁ : Ce bobinage transforme l'impédance d'entrée de 52 Ω en 13 Ω requise pour l'attaque correcte de la base de Q₁ (rapport 4/1). Il est constitué par six tours de deux conducteurs torsadés de 4/10^e de mm enroulés en même temps, côte à côte, sur un tore type 14 × 9 × 5 de R.T.C. (ferrite 3 E 2). Se reporter à la figure 3 pour le

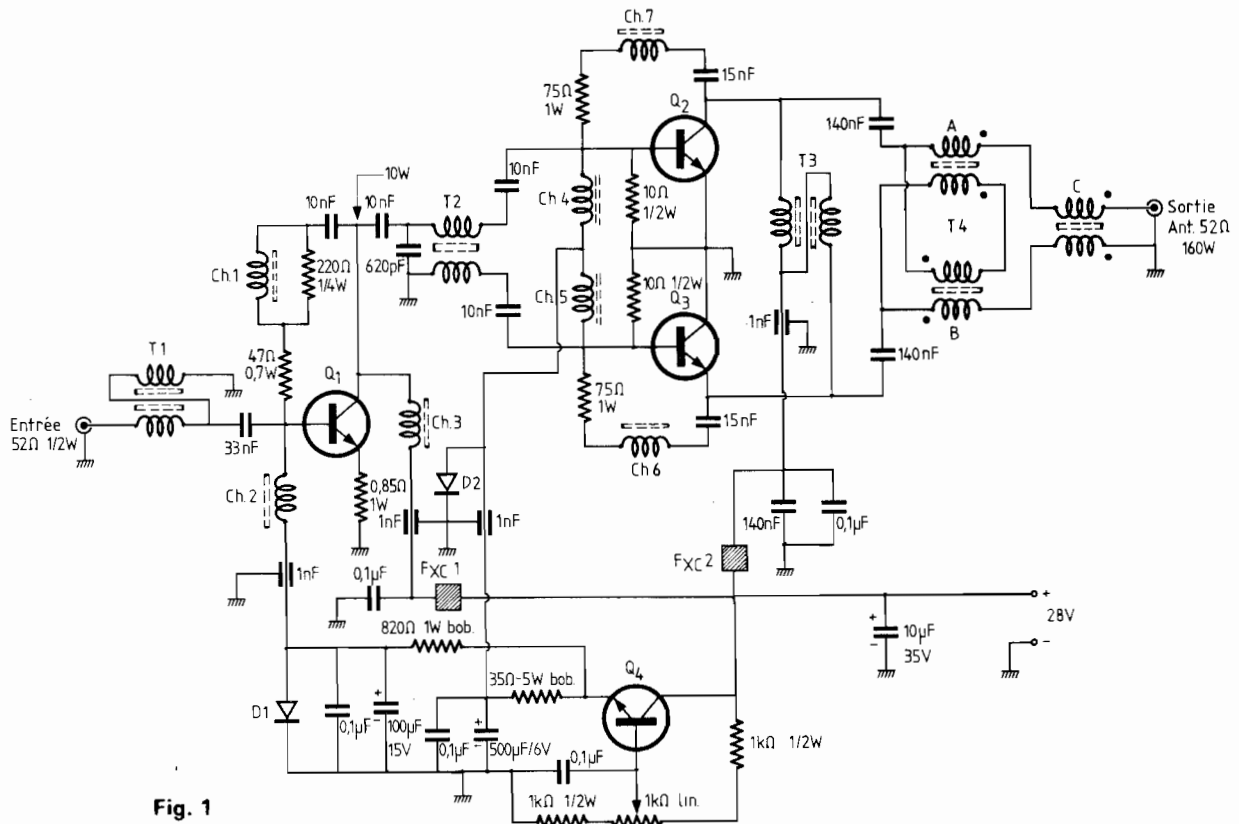


Fig. 1

Fig. 2

mode d'enroulement et le mode de connexion.

Concernant cette figure 3, précisons bien qu'il ne faut y voir que le procédé de fabrication, ainsi que le mode de connexion des enroulements... mais surtout pas les nombres de tours que nous précisons dans le texte et que l'on respectera.

T₂ : Transformateur de rapport 1/1 ; il est constitué par six tours de deux conducteurs torsadés de 5/10 de mm enroulés en même temps, côte à côte, sur un tore identique au précédent (voir figure 3 pour le mode de connexion).

T₃ : Bobinage d'arrêt pour les collecteurs de Q₂ et Q₃ ; il est fait de quatre tours de deux conducteurs torsadés de 6/10 de mm enroulés en même temps, côte à côte, sur un tore de ferrite identique à celui utilisé pour T₁. Le mode de connexion entre les deux enroulements est également le même ; néanmoins, pour T₃, le point « entrée » aboutit à un collecteur (Q₂), le point « masse » aboutit à l'autre collecteur (Q₃), et le point commun des deux enroulements, marqué « sortie » est, alors connecté à l'alimentation.

T₄ : Transformateur balun, rapport 1/4. Nous avons tout d'abord les enroulements A et B constitués chacun par cinq tours de deux conducteurs torsadés de 5/10 de mm enroulés en même temps, côte à côte, sur un tore type 23 X 14 X 7 de R.T.C. (ferrite 3 E 2). Puis, sur le même tore évidemment, nous avons l'enroulement C, comportant 8 tours de deux conducteurs torsadés de 5/10 de mm, enroulés en même temps, côte à côte. Se reporter à la fi-

gure 3 pour le mode de connexion entre ces divers enroulements, ainsi qu'à la figure 4 représentant schématiquement le circuit équivalent.

Pour en terminer avec ce montage, ajoutons que le montage, ajoutons que l'implantation des composants sur la plaquette est conforme au schéma théorique de la figure 1 ; en d'autres termes, il faut s'astreindre à respecter parfaitement la **symétrie**, notamment en ce qui concerne l'étage push-pull final. La figure 5 représente le brochage des transistors utilisés ; elle indique aussi, d'ailleurs, le brochage des transistors 2N6367 et 2N6368, employés dans le montage suivant.

Du point de vue réalisation pratique, comme à l'accoutumée, plusieurs solutions sont possibles, et, bien entendu, nous laissons le choix au réalisateur. Par exemple, on peut utiliser une plaquette perforée pastillée ou une plaquette entièrement cuivrée sur une face (ce qui servira de plan de masse) et percée à la

demande ; dans tous les cas, le câblage par « wrapping » est souhaitable, la mise au point étant alors grandement facilitée.

Les circuits d'alimentation et de polarisation doivent être bien séparés des étages d'amplification proprement dits. Les découplages doivent être énergiques et efficaces, ce qui implique des retours à la masse aussi courts et directs que possible.

La plaquette supportant les composants pourra être montée sur un ou deux radiateurs à ailettes en aluminium noirci : soit un seul radiateur de mêmes dimensions (ou à peu près) que celles de la plaquette ; soit deux radiateurs distincts, l'un pour le driver, l'autre pour l'étage push-pull de sortie. Dans ce domaine (refroidissement), on le sait, diverses solutions pratiques sont également possibles ; mais dans tous les cas, les embases Q (fig. 5) des transistors devront être énergiquement vissées sur le ou les radiateurs.

Nous ne nous étendons donc pas davantage sur ces divers points d'ordre pratique, la construction d'amplificateurs HF de ce genre n'étant pas, il faut bien le dire, du domaine du débutant.

En fonctionnement intermittent (radioamateur), il est possible d'obtenir 200 W (PEP) avec 28 V max pour l'alimentation, 160 W pour 26 V, 130 W pour 24 V et environ 80 W pour 22 V. L'intensité totale consommée en crête est de l'ordre de 13 A.

Amplificateur 80 W/12,5-13,6 V

Le schéma de cet amplificateur fait l'objet de la figure 6. Il met en œuvre un transistor 2N6367 (Q₁) à l'étage driver suivi d'un étage push-pull de puissance comportant deux transistors 2N6368 (Q₂ et Q₃). Le transistor driver 2N6367 est prévu pour délivrer une puissance de 9 W

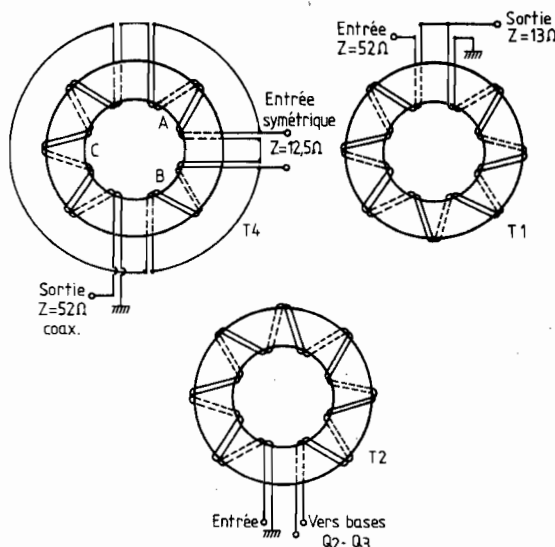


Fig. 3

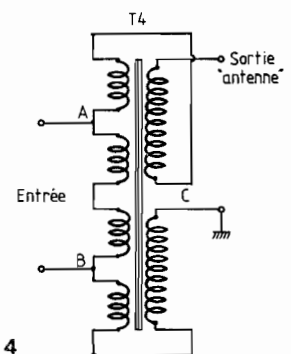


Fig. 4

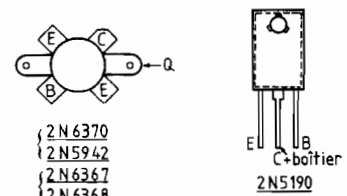


Fig. 5

(PEP) ; ici, nous ne lui demandons que 5 W... avec pour résultat un produit de distorsion par intermodulation de, seulement, - 37 à - 38 dB, à 30 MHz. Le courant de repos de ce transistor driver est réglé entre 35 et 40 mA.

Le courant de repos des transistors de l'étage de sortie classe B est normalement de 50 mA (pour chacun) ; mais on peut aller jusqu'à 60 mA sans altérer la linéarité.

Les niveaux de suppression des harmoniques en fonction de la fréquence sont indiqués par le tableau 2 ci-dessous.

que pour des adaptations d'impédance correctes à l'entrée comme à la sortie de l'amplificateur. Comme précédemment aussi, les deux transistors Q_2 et Q_3 de l'étage final doivent être soigneusement appariés pour l'obtention d'un fonctionnement parfaitement symétrique.

Nous avons également des circuits de contre-réaction sur l'étage driver et sur l'étage final permettant de niveler la puissance HF de sortie tout au long de la bande de fréquences de 3 à 30 MHz. Pour une tension d'alimentation de 12,5 V, cette puissance de sortie

puissance de 0,2 W (PEP) seulement, appliquée à l'entrée. L'intensité totale de crête consommée est de l'ordre de 14 A.

Caractéristiques des matériels
(non indiquées sur la fig. 6)

Ch₁ : bobine d'arrêt moulée 0,22 μH.

Ch₂, Ch₆, Ch₇ : bobines d'arrêt moulées 10 μH.

Ch₄, Ch₅ : bobines d'arrêt moulées 0,15 μH.

Ch₃ : 1 μH ; 25 tours de fil de cuivre émaillé de 4/10 de mm enroulés sur le corps d'une résistance de 100 Ω, 2 W.

Fxc₁, Fxc₂ : 3 perles de ferrite sur chaque connexion.

Q₁ : 2N6367 (Motorola).

Q₂, Q₃ : 2N6368 (Motorola).

Brochages : voir figure 5.

Diodes de polarisation :

D₁ : 1N4001.

D₂ : 1N4997 ; diode munie d'un refroidisseur à collier fixé sur le radiateur de Q₂ + Q₃ pour compensation

thermique du courant de repos.

A la sortie de T₂, les condensateurs de 48 nF sont obtenus par le montage en parallèle d'un condensateur de 15 nF et d'un condensateur de 33 nF (mylar).

Ces capacités (48 nF), ainsi que celles de 560 pF (entre bases et masse), doivent être respectivement égales ; en d'autres termes : rigoureusement appariées, afin d'obtenir une attaque HF bien symétrique de l'étage final.

Le cas échéant, si l'on constatait un produit de distorsion par intermodulation élevé aux fréquences supérieures (vers 30 MHz), il est possible d'agir sur la capacité de 470 pF (en sortie de T₂), ainsi que sur les capacités de 560 pF (entre bases et masse).

Les condensateurs de 140 pF du circuit de sortie sont constitués chacun par deux condensateurs mylar

Harmoniques	2	3	4	5
Fréquences	3 MHz - 19 dB	6 MHz - 17 dB	12 MHz - 30 dB	30 MHz - 35 dB
	15 dB	18 dB	20 dB	25 dB
	26 dB	23 dB	28 dB	50 dB
	29 dB	35 dB	34 dB	62 dB

Bien entendu, comme précédemment, les valeurs mesurées ne sont valables

PEP se maintient aux environs de 80 W (± 1 dB) sur toute la gamme, avec une

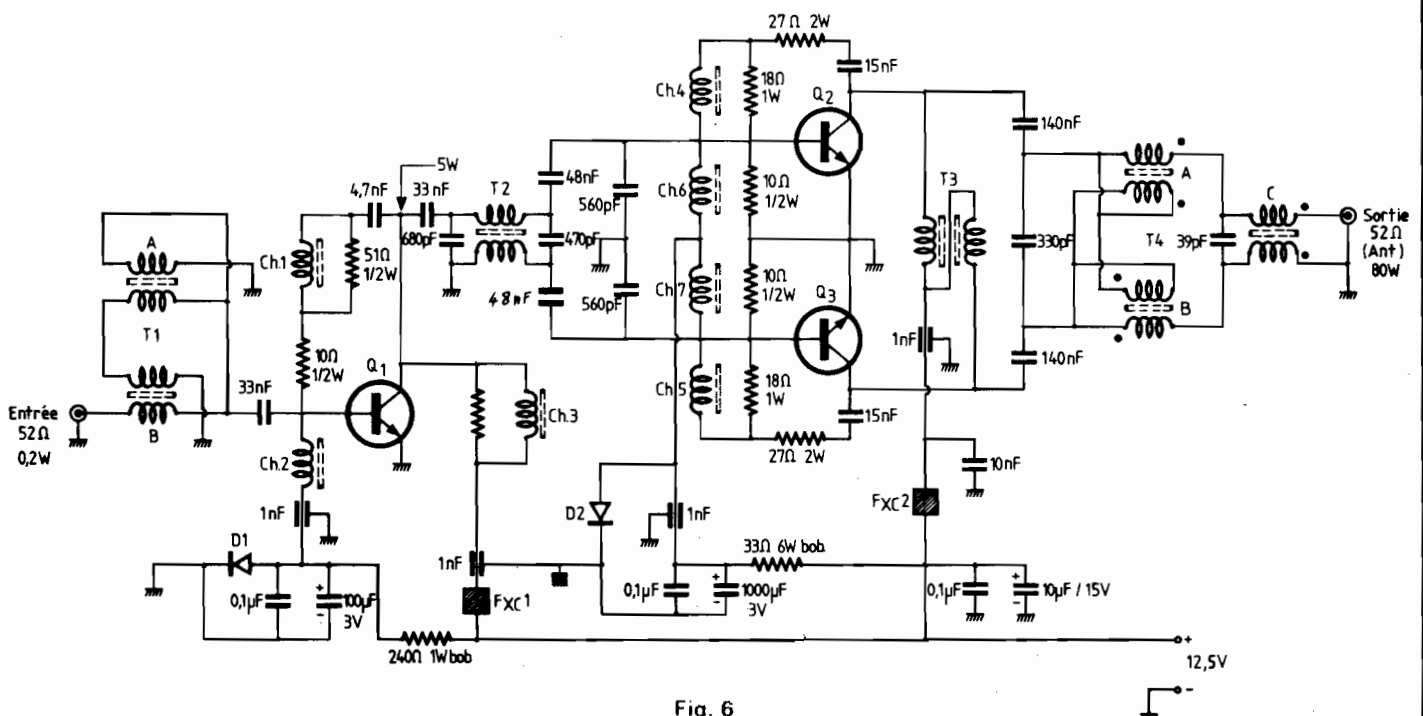


Fig. 6

de 68 nF soudés en parallèle.

Fabrication des bobinages

Comme précédemment, tous les bobinages sont des « baluns » réalisés sur des tores de ferrite et bobinés avec deux conducteurs en mains, simultanément, côte à côte ; ne voulant pas nous répéter, nous prions le lecteur de bien vouloir se reporter au texte concernant le montage précédent.

T₁ : Ce bobinage transforme l'impédance d'entrée de 52 Ω en 6,5 Ω requise pour l'attaque correcte de la base de Q₁. Il est constitué par deux enroulements A et B faits en fils

torsadés de 4/10^e de mm ; A comporte quatre tours de deux conducteurs torsadés enroulés en même temps, côte à côte ; B comporte huit tours de deux conducteurs torsadés enroulés de la même façon. Le tore de ferrite est du type 14 × 9 × 5 de R.T.C. (qualité 3 E 2). Se reporter à la figure 7 pour les modes d'enroulement et de connexion ; mais, comme nous l'avons dit précédemment, il ne faut voir que cela sur cette figure et ne pas tenir compte des nombres de tours du dessin (se conformer aux nombres indiqués dans le texte). Le circuit équivalent de ce bobinage est schématisé sur la figure 8 ; cet enroulement transformateur peut

être considéré comme l'association d'un balun 4/1 (A) à un balun 1/1 (B), ce dernier apportant une soustraction de tension.

T₂ : Ce bobinage est confectionné comme T₂ du montage précédent, auquel on voudra bien se reporter.

T₃ : Ce bobinage d'arrêt est également réalisé comme T₃ du montage précédent, mais en utilisant du fil torsadé de 8/10^e de mm.

T₄ : Transformateur balun. Nous avons tout d'abord les enroulements A et B constitués chacun par 5 tours de deux conducteurs torsadés de 5/10 de mm enroulés simultanément, côte à côte, sur un tore type 23 × 14 × 7 de R.T.C. (ferrite 3 E 2). Puis,

sur le même tore évidemment, nous avons l'enroulement C comportant huit tours de deux conducteurs torsadés de 5/10^e de mm enroulés en même temps, côte à côte. Se reporter à la figure 7 pour le mode de connexion entre ces divers enroulements, ainsi qu'à la figure 9 représentant schématiquement le circuit équivalent.

En ce qui concerne la réalisation pratique, le lecteur voudra bien se reporter à ce qui a été dit pour le montage précédent : mêmes variantes possibles et mêmes précautions à prendre, cela va sans dire.

**Roger A. RAFFIN
F3 AV**

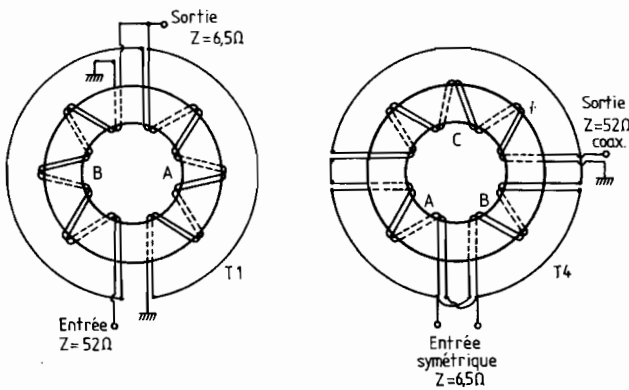


Fig. 7

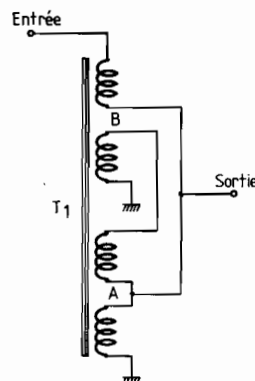


Fig. 8

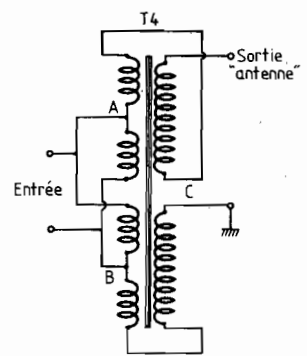


Fig. 9

Bloc-notes

ENSEMBLES D'INTERCONNEXIONS SUR SUPPORTS DE CÂBLAGE SANS SOUDURE

Importés et distribués par Gradco France, les ensembles d'interconnexions sur supports de câblage sans soudure Data Router de Global Specialties Corporation sont destinés à faciliter le test et le suivi de lignes de données au sein de systèmes informatiques ou de transmissions.

Trois versions, les modèles 125, 225 et 325, sont offerts et comportent tous : deux connecteurs mâle-femelle du type EIA/D au standard RS 232.

Les Data Router 125 et 225 présentent le même support d'interconnexions sur 2 × 35 terminaux offrant 5 contacts reliés électriquement. Le modèle 225 possède en outre 8 diodes témoin destinées à suivre l'activité des signaux présents sur 8 lignes.

Le Data Router 325, en plus des spécifications du Data Router 225, comporte une surface de câblage sans soudure de 1 110 points de contacts, facilitant la conception, l'élaboration de circuits d'interface, de temporisation, de déclenchement, etc.

Les liaisons se font avec de simples straps mono-brin de diamètre maximum de 0,8 mm, et les deux rangées de points terminaux accédant aux connecteurs RS 232 sont

référencées aux mnémoniques EIA.

Les Data Router conviennent ainsi tout particulièrement au test comme au suivi de lignes de transmission de données, à l'étude, l'adressage, comme à la modification de lignes de signaux.

Montés sur des pieds en caoutchouc, leur encombrement est, pour les modèles 125 et 225 de 100 × 140 mm et, pour le modèle 325, de 165 × 280 mm.