

LA RECEPTION DE LA FM



ET DE LA TELEVISION

(Suite voir N° 1577)

NOUS avons vu dans le dernier numéro du « Haut-Parleur bis » comment se comportait une antenne de réception lorsqu'elle était soumise à un champ électromagnétique rayonné par un émetteur, que cet émetteur soit F.M. ou T.V. Nous en étions en particulier restés à la transmission du signal disponible aux bornes de l'antenne. L'énergie captée par cette antenne, celle que nous envisageons, il va falloir à présent l'acheminer vers l'entrée de notre récepteur, et ce, autant que possible, avec le meilleur rendement pour ne pas la gaspiller et pour, en définitive, bénéficier du meilleur rapport signal-bruit que notre installation est capable de donner. Pour mieux com-

prendre cette nécessité, qui devient impérative dans le cas des champs faibles, il convient d'aborder le problème de l'adaptation des impédances ; en clair, cela signifie que nous devons rechercher à quelles conditions devra répondre notre installation pour que l'énergie reçue soit transmise dans les meilleures conditions possibles. Dans le cas des réceptions F.M. et T.V. où l'on fait appel aux techniques des circuits à constantes réparties pour transmettre le signal, ce qui veut dire que lesdits circuits ont des dimensions supérieures aux longueurs d'onde à recevoir, la solution est relativement simple pratiquement, mais moins facile à exposer de façon théorique car elle fait appel à des notions de

mathématiques supérieures dont il ne saurait être question de faire état dans ce développement. Nous pouvons toutefois faire une approche de l'adaptation des impédances qui sera élémentaire ; ce ne sera pas parfait, loin s'en faut, mais cela permettra de se faire une idée sur la philosophie du problème.

Nous avons vu qu'à la résonance, une antenne pouvait être assimilée à un générateur de f.e.m. E et de résistance interne R_g . Branchons directement à ses bornes une résistance R_c . Quelle doit être la valeur de R_c pour que nous puissions recueillir la puissance maximum ? Plus simplement encore, étant donné un générateur de tension continue de f.e.m. E et de

résistance interne R_g , quelle doit être la valeur de R_c pour répondre à la question ? C'est ce que nous allons voir ci-après.

L'ADAPTATION DES IMPÉDANCES

Il nous faut nous reporter à la figure 1 a qui représente un générateur de tension continue E et de résistance interne R_g . Si nous branchons aux bornes de sortie de ce générateur une résistance de charge R_c . La tension V disponible aux bornes de R_c est dans ces conditions :

$$V = E \cdot \frac{R_c}{R_g + R_c}$$

et la puissance P recueillie dans R_c :

$$P = \frac{V^2}{R_c} = E^2 \frac{R_c}{(R_g + R_c)^2}$$

Quand R_c varie, dP/dR_c qui est égal à :

$$E^2 \cdot \frac{R_g - R_c}{(R_g + R_c)^3}$$

s'annule pour $R_g = R_c$. Comme par ailleurs pour $R_c < R_g$, $dP/dR_c > 0$, P passe par un maximum.

La conclusion est que, pour que la puissance transmise soit maximum, il faut que $R_g = R_c$. Cette puissance transmise sera alors égale à :

$$P = \frac{E^2}{4 R_c}$$

c'est-à-dire qu'elle sera moitié de celle fournie par le générateur.

Dans le cas (fig. a b) où notre générateur est un générateur de tension alternative E d'impédance interne

$$Z_g = R_g + j X_g,$$

on montrerait de même que le maximum de puissance active recueillie par une charge

$$Z_c = R_c + j X_c$$

est maximum si :

$$R_g = R_c$$

$$\text{et } X_g = - X_c.$$

Dans le cas de la résonance, $X_g = 0$ ($L\omega = 1/C\omega$) si nous avons affaire à un circuit résonant série et, par conséquent, nous pouvons faire $X_c = 0$. En d'autres termes, Z_c pourra être réduit à une résistance pure $R_c = R_g$.

Si donc nous pouvons brancher directement notre récepteur aux bornes de l'antenne, pour recueillir la puissance maximum à son entrée, il suffira que son impédance d'entrée, ou plus précisément dans le cas présent, sa résistance d'entrée, soit égale à la résistance de l'antenne.

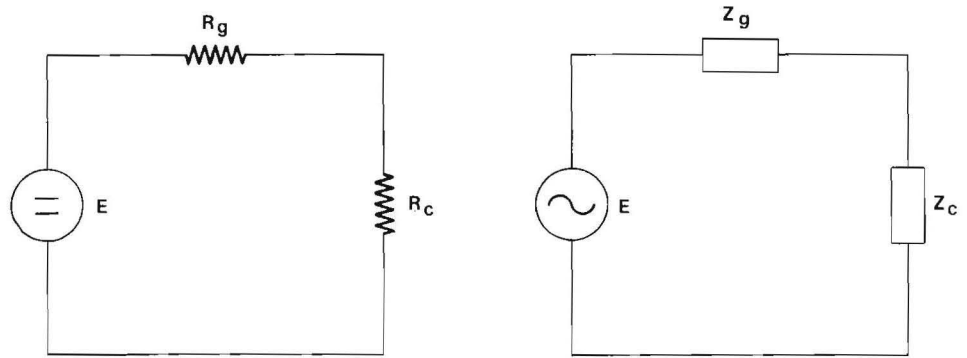


Fig. 1. - Pour qu'il y ait adaptation en puissance, il faut que $R_g = R_c$ (à gauche) ou $Z_g = Z_c^*$ (à droite). Dans ces conditions la puissance maximum est transmise à la charge.

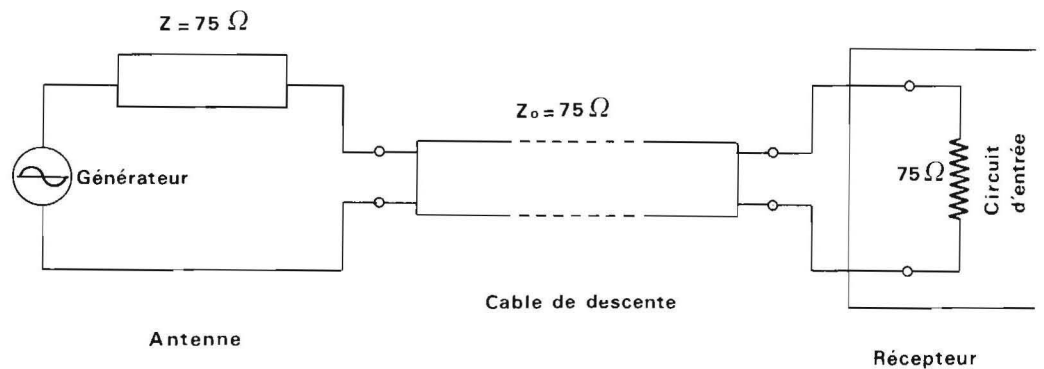


Fig. 2. - Le câble de descente adapté aux impédances de l'antenne et de l'entrée du récepteur permet de transmettre le maximum de puissance de la source vers l'utilisation.

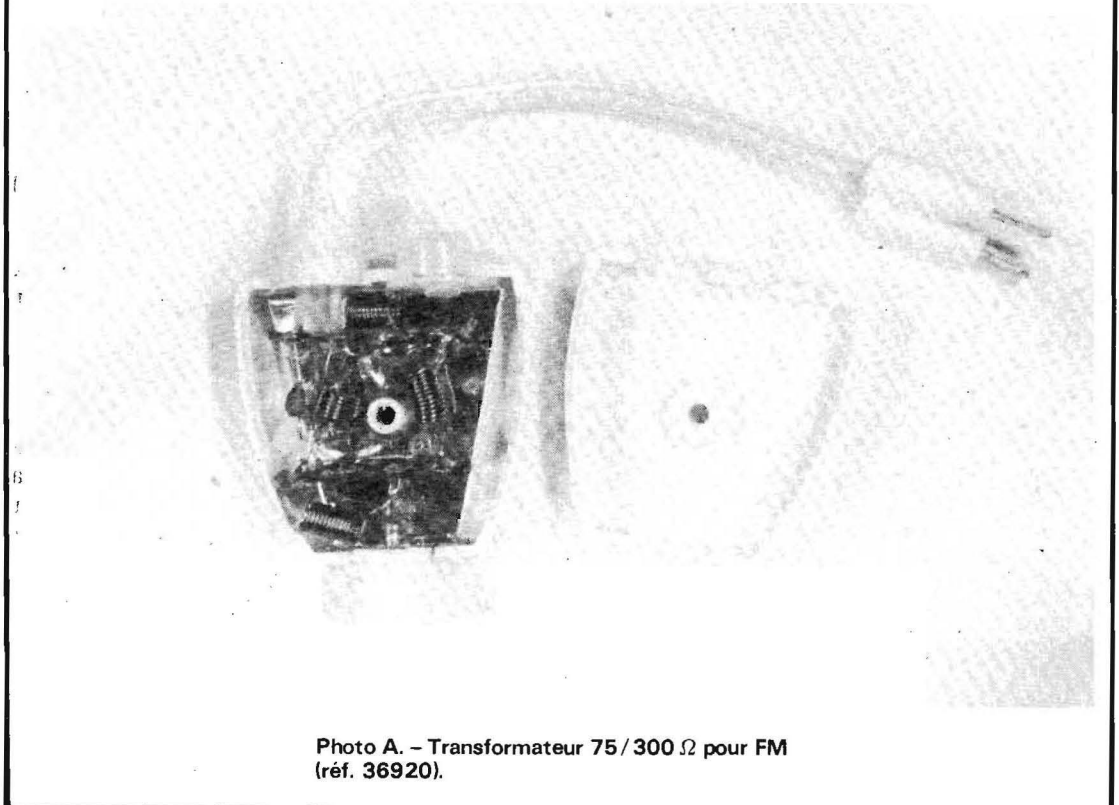


Photo A. - Transformateur 75/300 Ω pour FM (réf. 36920).

Malheureusement, cela n'est guère possible et il faut établir une liaison entre l'antenne d'une part et l'entrée du récepteur d'autre part. Cette liaison sera effectuée par l'intermédiaire d'un câble coaxial ou d'un ruban bifilaire qui présente sa propre impédance. C'est celle que l'on trouve dans les catalogues des fabricants de câbles. Ce qui est très important, et que nous demandons d'admettre, c'est que si le câble de liaison est terminé sur son impédance propre, encore appelée plus souvent impédance caractéristique, tout se passe comme si cette impédance caractéristique se retrouvait intégralement à son entrée.

L'ensemble (câble + entrée du récepteur) se comporte alors comme une résistance pure et le maximum de puissance est alors transmis puisque nous nous retrouvons dans le cas d'un générateur d'impédance interne $Z = 75 \Omega$ débitant dans une résistance égale qui est celle d'entrée du récepteur ramenée aux bornes de l'antenne par le câble de descente. (fig. 2).

Pratiquement, les choses ne se passent pas de façon aussi simple pour plusieurs raisons :

- L'antenne n'est une résistance pure qu'à la fréquence de résonance et en dehors de celle-ci, comme il a été vu, elle peut être selfique ou capacitive.

- Le câble de liaison n'est pas exempt de pertes, ohmiques ou diélectriques, et par conséquent, il ne transmet pas toute l'énergie qu'il reçoit à une extrémité à l'autre, c'est-à-dire l'entrée du récepteur.

- L'entrée du récepteur elle-même ne peut se comporter comme une résistance pure et constante dans toute la gamme de fréquences à recevoir, de la même façon de l'antenne.

En conséquence, il existe une différence entre l'impédance nominale qui est celle qui prend en considération l'impédance en tant que résistance pure telle que nous l'avons envisagée dans le

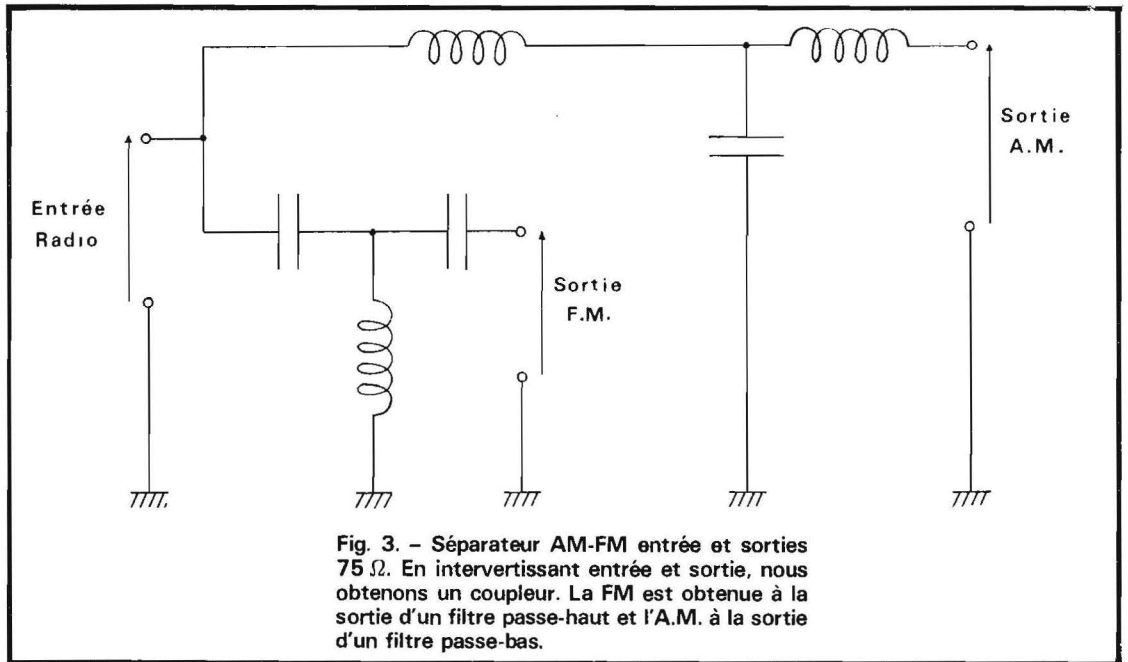


Fig. 3. — Séparateur AM-FM entrée et sorties 75Ω . En intervertissant entrée et sortie, nous obtenons un coupleur. La FM est obtenue à la sortie d'un filtre passe-haut et l'A.M. à la sortie d'un filtre passe-bas.

début de ce paragraphe et l'impédance réelle qui est variable avec la fréquence.

Nous n'aurons donc jamais exactement l'adaptation parfaite dans toute une bande de fréquences.

Quand l'entrée du récepteur sera bien adaptée, on peut dire en première approximation que toute l'énergie transmise par le câble de descente sera consommée par le téléviseur ou le tuner. Par contre, s'il est mal adapté, il réfléchira en direction de l'antenne une partie de l'énergie proportionnelle à sa désadaptation. A son tour, l'antenne pourra, selon la

qualité de son adaptation, absorber cette énergie en la rayonnant dans l'espace ou en réfléchir elle aussi une partie en direction du téléviseur.

Cette énergie correspond à une information d'image qui a déjà été reproduite sur l'écran du téléviseur par exemple, si notre antenne est une antenne TV, avant les réflexions que nous venons de décrire. Il s'ensuivra une deuxième reproduction sur l'écran, décalée dans le sens du balayage d'un temps correspondant à celui qui sera nécessaire à l'information image considérée, pour parcourir un aller et

retour dans la longueur du câble reliant l'antenne au récepteur.

Ces informations « retardées » peuvent former des images dédoublées semblables aux « échos » que l'on observe dans des zones de réception perturbées par les obstacles. Le rapport entre les tensions réfléchies (U_r) et incidents (U_i) représente le coefficient de réflexion K :

$$K = \frac{U_r}{U_i}$$

— Si U réfléchi est égale à zéro, K est aussi égal à zéro, donc l'adaptation est parfaite.

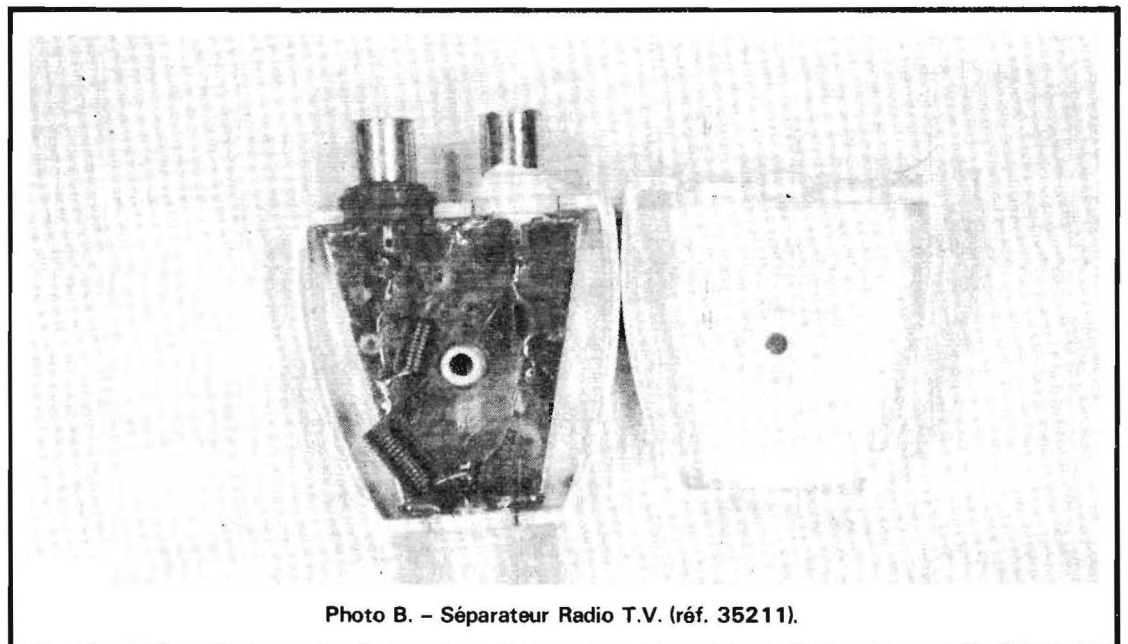


Photo B. — Séparateur Radio T.V. (réf. 35211).

— Si U réfléchi est égale à U incidente, K est égal à 1. La réception est totale et il n'y a aucune adaptation.

Pour les installations grand public, on considère les valeurs de K inférieures à 0,33 comme satisfaisantes.

LES CÂBLES DE DESCENTE

Il convient de les utiliser avec la plus grande attention, surtout dans des lieux où la réception est considérée comme difficile. Comme nous l'avons remarqué, le câble de descente est le siège de pertes de diverses origines et ces pertes donneront lieu à un affaiblissement du signal reçu.

La règle est donc de perdre le minimum de l'énergie que l'antenne peut envoyer de façon parcimonieuse. Nous donnons ci-contre un tableau regroupant les caractéristiques de câbles coaxiaux disponibles chez la firme Portenseigne. On pourra remarquer que suivant le type de câble, les pertes ne sont pas les mêmes. On remarquera aussi qu'elles augmentent avec la fréquence.

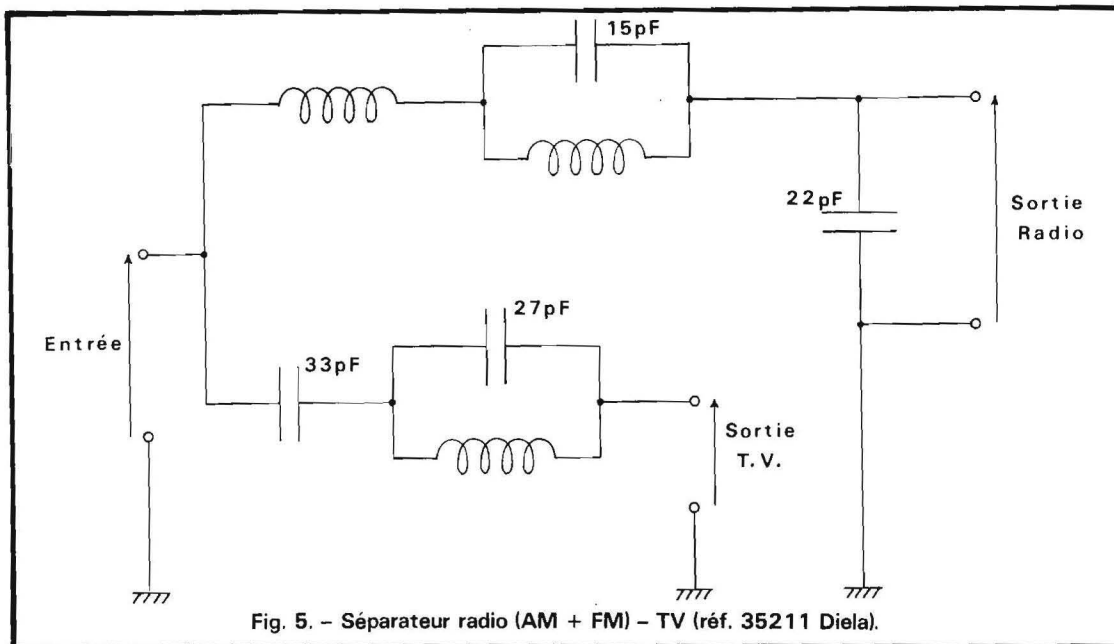


Fig. 5. - Séparateur radio (AM + FM) - TV (réf. 35211 Diela).

En conséquence, l'affaiblissement ne sera pas du tout du même ordre suivant qu'il s'agira de recevoir la FM autour de 100 MHz ou les canaux de la TV bande V entre 700 et 800 MHz.

Par ailleurs, nous avons extrait de la documentation technique Diela les quelques conseils ci-après :

Il est indispensable de prendre le plus grand soin pour

assurer l'étanchéité des extrémités d'un câble coaxial. Même si le diélectrique du câble est en polyéthylène massif, l'eau peut cheminer entre celui-ci et le conducteur extérieur, provoquant une dégradation de l'état de surface du cuivre, ce qui entraîne des pertes prohibitives, généralement localisées aux parties du câble situées en extrémités et atteintes par la dégradation.

A fortiori ceci est encore plus vrai pour les câbles aérés, semi-aérés et particulièrement ceux à diélectriques cellulaires car la plupart du temps, les cellules sont du type ouvert et non fermé et l'isolant se comporte comme une véritable éponge. Il est impossible de sauver un câble cellulaire qui a « pris l'eau » alors qu'un câble semi-aéré pourra souvent être récupéré grâce à une

Câbles coaxiaux

	Type de câble	Gaine ϕ	Conducteur extérieur	Diélectrique polyéthylène	Conducteur central	Affaiblissement aux 100 m, température 20 °C					
						50 MHz	100 MHz	180 MHz	500 MHz	650 MHz	800 MHz
0 777 17	MP 7 P	7 mm	tresse cuivre	plein	unique	6,5 dB	9,5 dB	13,5 dB	23,5 dB	27,3 dB	31 dB
0 776 17	MP 7 E	7 mm	tresse cuivre	mousse	unique	6 dB	9 dB	13 dB	22,5 dB	26 dB	29 dB
0 779 17	MP 7 PF	7 mm	feuillard * + tresse cuivre	plein	unique	6,3 dB	8,8 dB	11,7 dB	21,2 dB	25,2 dB	27,9 dB
0 773 17	MP 7 C	7 mm	tresse cuivre	mousse	unique	5,2 dB	7 dB	10 dB	18 dB	22 dB	26 dB
0 774 17	MP 7	7 mm	tresse cuivre	mousse	unique	5 dB	6,8 dB	9,5 dB	16,2 dB	19,5 dB	23 dB
71 772 17	7,25	7,25 mm	feuillard * + tresse cuivre	plein	unique	4,6 dB	6,9 dB	9,8 dB	17,9 dB	20,7 dB	23,5 dB

* Facteur de recouvrement de 100%.

Fig. 4. - Caractéristiques de câbles coaxiaux Portenseigne. On remarquera que les pertes en ligne augmentent avec la fréquence.

chasse d'azote sec, pourvu que le séjour de l'eau dans le câble ait été de courte durée.

Du point de vue mécanique, il ne faut jamais cintrer un câble au-dessous des rayons de courbures indiqués dans les documentations. Les moyens de fixation des câbles doivent être tels qu'ils évitent toute traction sur les connexions. Les colliers doivent être adaptés au diamètre du câble posé. La règle est de prendre soin de ne jamais déformer ou favoriser la déformation dans le temps de la section transversale du câble, afin de ne pas

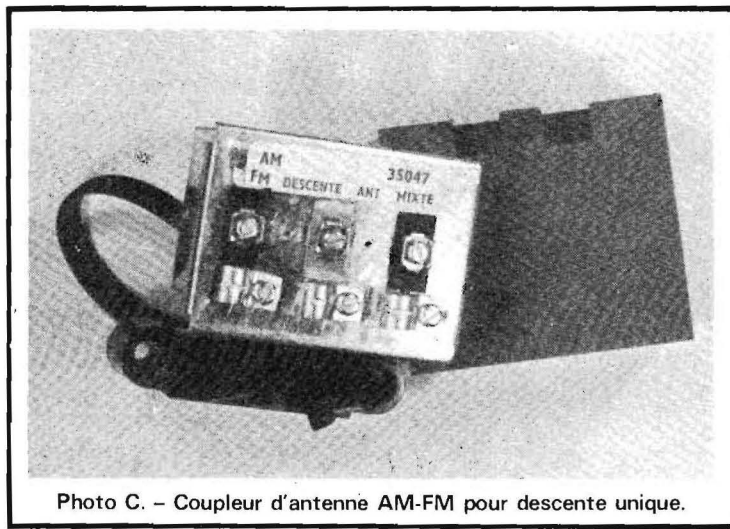


Photo C. - Coupleur d'antenne AM-FM pour descente unique.

perturber ses caractéristiques et en particulier de ne pas diminuer son affaiblissement de réflexion.

QUELQUES ACCESSOIRES

Il arrive très souvent que plusieurs types d'antennes alimentent le même câble de descente. Ceci est possible par l'intermédiaire de coupleurs qui ont pour rôle de collecter les différents signaux en provenance des sources que sont chacune des antennes tout en conservant l'adaptation d'impédance. A l'autre extrémité du câble, il convient dans ces conditions d'opérer un tri et donc de séparer ce qui a été assemblé par le coupleur : c'est le rôle du séparateur, qui n'est en fait qu'un coupleur branché à l'envers ; la sortie devenant entrée et réciproquement. Ces accessoires sont très utiles quand il s'agit d'alimenter à la fois un récepteur TV et un tuner FM, ou encore pour séparer le signal A.M. du signal F.M. Nous donnons (fig. 3 et 5) quelques réalisations du commerce.

Enfin, quand il s'agit de passer d'un câble coaxial 75Ω à une entrée 300Ω , le problème est facilement résolu à partir d'un transformateur d'impédances qui permet d'attaquer l'entrée 300Ω de certains tuners F.M. même si la descente d'antenne s'effectue en 75Ω , en conservant l'adaptation des impédances et donc de recueillir le maximum d'énergie de l'antenne (fig. 6 et 7).

Il nous reste à espérer que nos lecteurs retirent de ces développements l'idée que les installations d'antennes sont relativement simples quant à leur fonctionnement mais que cette simplicité doit toujours être prise au sérieux.

Ch. P.

Bibliographie : Documentations Portenseigne et Diela.

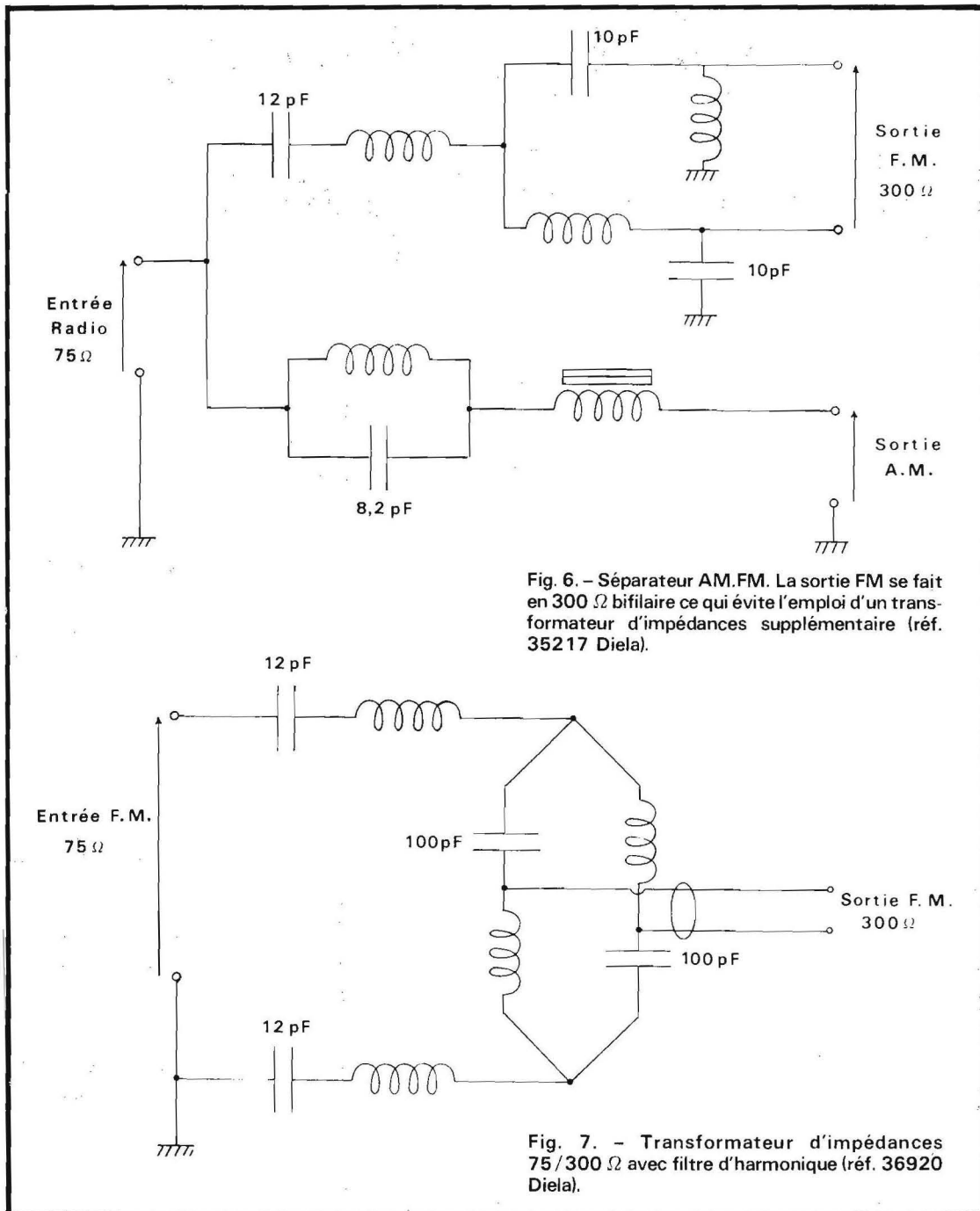


Fig. 6. - Séparateur AM.FM. La sortie FM se fait en 300Ω bifilaire ce qui évite l'emploi d'un transformateur d'impédances supplémentaire (réf. 35217 Diela).

Fig. 7. - Transformateur d'impédances $75/300 \Omega$ avec filtre d'harmonique (réf. 36920 Diela).