

Comme on le voit, les quelques servo-mécanismes décrits permettent de résoudre les principaux cas qui se présentent dans la technique du tout ou rien. D'autres modèles sont possibles et c'est certainement un terrain de prédilection pour l'amateur ingénieur. Les modèles précédents ont surtout été décrits à titre indicatif. Ils nous ont donné entière satisfaction sur différentes maquettes, mais ne vous croyez pas obligé de les reproduire servilement. Vous pouvez au contraire, partant de leur principe, faire différent, plus petit par exemple et peut-être... mieux !!

La difficulté essentielle de ces réalisations consiste à surmonter les parasites produits, souvent généreusement par les moteurs électriques, qu'ils soient petits ou gros. Bien séparer leur alimentation de celles des récepteurs et décodeurs. Essayer d'éliminer les parasites à la source : le moteur, en disposant entre ses bornes et entre bornes et masse, de bons condensateurs céramiques. Intercaler en série avec les conducteurs d'alimentation, des selfs d'arrêt, placées au ras des bornes du moteur. Dans les cas extrêmes, y placer même des circuits bouchons LC accordés sur la fréquence du récepteur. N'utiliser que des moteurs de bonne qualité. Hélas, aucune recette infaillible ne peut être donnée : il faut essayer tous ces moyens classiques et... ne pas perdre patience !!

## Chapitre 8 UN ENSEMBLE PROPORTIONNEL DIGITAL

### LE TF6/76

Nous voici arrivés au terme de nos descriptions, avec l'ensemble le plus évolué de la gamme, celui dont nous avons dit, au début de cet ouvrage, que sa technologie est certainement la solution définitive du problème de la radiocommande des modèles réduits.

Ses deux caractéristiques essentielles sont :

- La proportionnalité des commandes, les gouvernes suivant fidèlement, au degré près, les positions des manches de commande.
- La simultanéité de ces commandes. Il est possible d'agir sur **six** gouvernes en même temps, sans que l'une réagisse sur l'autre. Ce n'est plus la technique qui limite les possibilités de pilotage, mais bien la dextérité du pilote lui-même !

Voyons comment ces résultats prometteurs sont obtenus :

#### I. L'émetteur du TF6/76

##### 1. CODEUR à composants discrets

###### a) Principes de fonctionnement

Dans les systèmes dits Digitaux, chaque ordre, c'est-à-dire chaque position imposée à la gouverne considérée de la maquette, est « codé » sous forme d'une durée (d'un temps) ; ce qui se fait matériellement par la fabrication d'une impulsion calibrée (fig. VIII-1).

Tout mouvement imprimé au « manche » de l'émetteur provoque une variation de cette durée. Une certaine standardisation s'est faite sur la valeur de ces temps (fig. VIII-2).



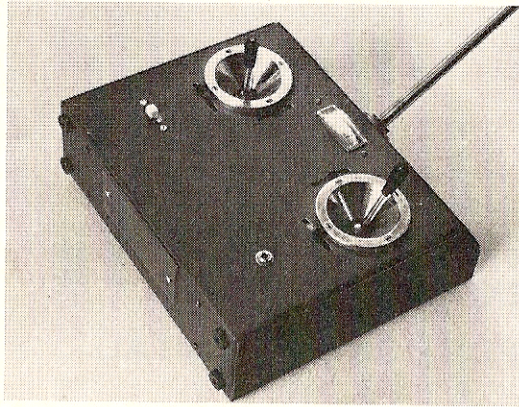


Photo VIII-A. — L'émetteur du TF6/76 en ordre de marche. Remarquer le tiroir enfiché et bloqué.

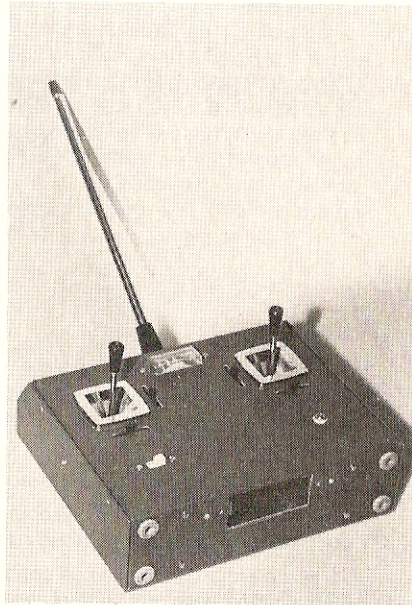


Photo VIII-B. — L'émetteur du TF6, tiroir HF enlevé.

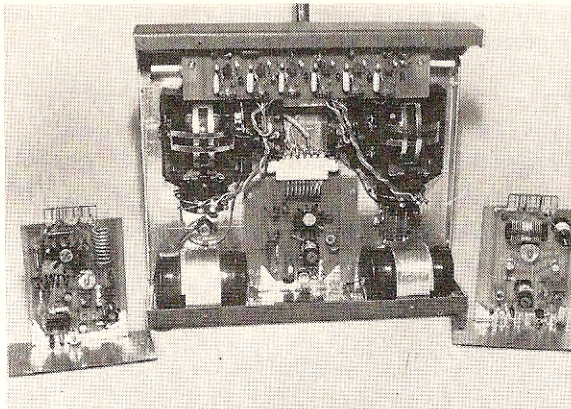


Photo VIII-C. — Vue intérieure de l'émetteur TF6 équipé du codeur à transistors et de la platine HF2. Remarquer les tiroirs HF1 et HF4AM.

Photo VIII-D. — Gros plan sur le codeur à circuits transistorisés.

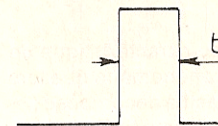
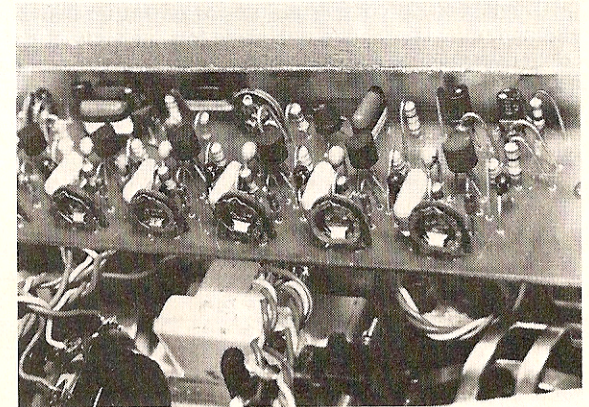


Fig. VIII-1. — Impulsion type.

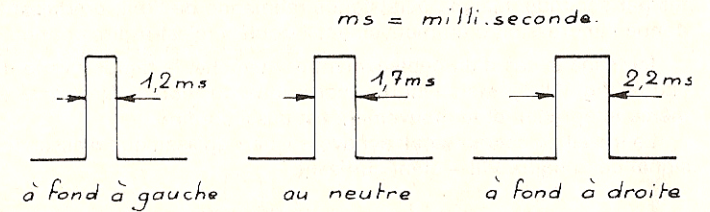


Fig. VIII-2. — Durée d'une impulsion.

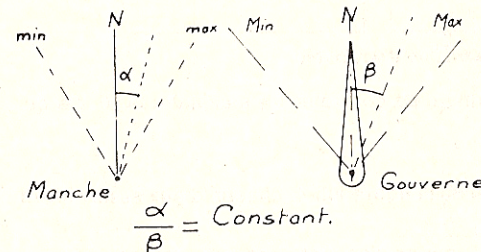


Fig. VIII-3. — La proportionnalité.

La variation est évidemment progressive, passant insensiblement du minimum 1,2 ms, au maximum, 2,2 ms, lors d'un mouvement de bout en bout de la course du manche.

Cette progressivité nous donne la première caractéristique de l'ensemble : la proportionnalité. Ce qui signifie qu'il existe un rapport constant entre l'angle de rotation du manche et l'angle de rotation obtenu sur la gouverne (fig. VIII-3).



L'impulsion de commande a évidemment un caractère fugitif. On conçoit donc aisément que, la produire une seule fois, ne suffirait pas. En fait l'ordre sera répété continuellement et ceci au rythme de 50 fois par seconde, soit à 50 Hz. L'émetteur transmet donc 50 fois par seconde à la gouverne, la position exacte qu'elle doit occuper (fig. VIII-4).

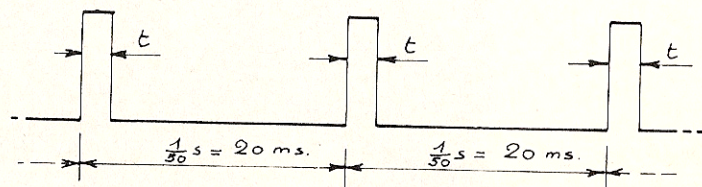


Fig. VIII-4. — Signal de voie.

Cette grande vitesse de répétition permet d'obtenir la seconde caractéristique de l'ensemble : La douceur des déplacements. Il se produit le même phénomène que lors de la projection d'un film : tout mouvement du personnage est en réalité décomposé (24 images par seconde) et sur l'écran, sont projetées successivement, 24 positions distinctes par seconde. Mais la persistance rétinienne de l'œil, produisant une **intégration** donne l'impression d'un mouvement « coulé », c'est-à-dire continu.

Ici, dans le cas d'un déplacement du manche, le temps  $t$  varie d'une impulsion à l'autre (fig. VIII-5). Mais l'inertie mécanique du moteur électrique asservi, donne la même intégration et le mouvement est aussi continu.

Le travail du codeur serait achevé, s'il ne s'agissait que d'asservir une gouverne, le signal de la figure VIII-4 étant suffisant.

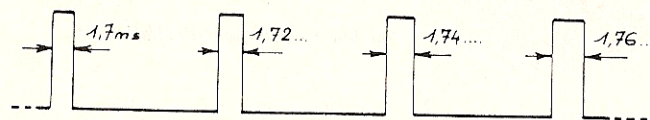


Fig. VIII-5. — Variation d'une durée.

Or, il n'en est rien, et nous proposons d'en contrôler un maximum de 6. Ce qui complique singulièrement le problème.

Il faudra donc :

- Créer 6 signaux analogues à celui de la figure VIII-4, chacun d'eux asservissant sa propre gouverne.

- Mélanger ces 6 signaux, car hélas, nous ne disposons pas de 6 « transporteurs ». Un seul rayonnement hertzien est disponible et c'est lui le « transporteur » unique, qui prend livraison des 6 ordres, soigneusement mélangés de telle manière qu'à l'arrivée, la distribution soit aisée, chaque gouverne recevant bien l'ordre qui lui convient.

L'astuce trouvée est la suivante : nous profiterons de l'intervalle de temps laissé libre à la fin de la première impulsion (20 ms — 1,7 ms = 18,3 ms au neutre) pour y caser les impulsions suivantes. Les 6 impulsions étant transmises successivement et dans un

ordre connu, ce qui permettra de s'y retrouver à la distribution, le décodeur étant chargé de ce tri (fig. VIII-7).

Un temps mort suffisant est néanmoins nécessaire à ce dernier, entre la fin du dernier ordre d'une séquence et le début du premier de la séquence suivante, pour assurer un décodage correct.

On arrive alors tout naturellement au signal de la figure VIII-6, correspondant au train d'impulsions sortant d'un codeur 6 voies. Les temps  $t_1$  à  $t_6$  sont séparés par des « tops » brefs (0.3 ms).

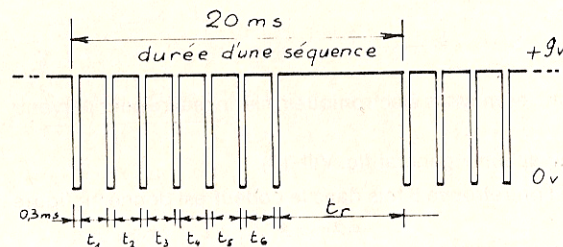


Fig. VIII-6. — Signal d'un codeur 6 voies.

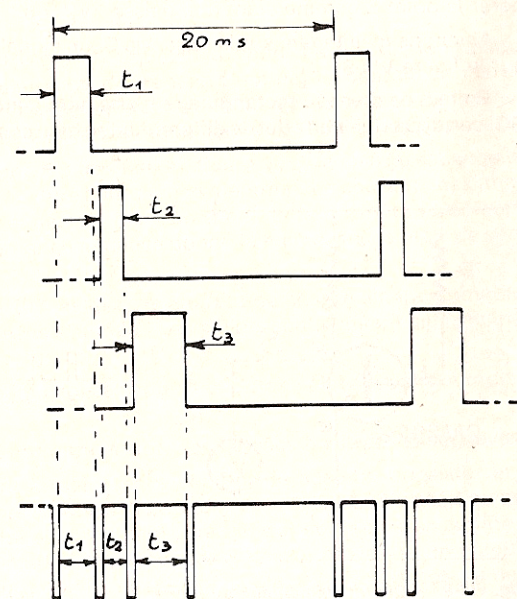


Fig. VIII-7. — Formation du signal.



— Au neutre de toutes les gouvernes, calculons le temps résiduel  $t_r$ ,

$$\begin{aligned} t_r &= 20 - (7 \times 0,3 + 6 \times 1,7) \text{ ms} \\ &= 20 - (2,1 + 10,2) \text{ ms} \\ &= 20 - 12,3 = 7,7 \text{ ms} \end{aligned}$$

— Au maximum de toutes les gouvernes :

$$\begin{aligned} t_r &= 20 - (7 \times 0,3 + 6 \times 2,2) \text{ ms} \\ &= 20 - (2,1 + 13,2) \text{ ms} \\ &= 20 - 15,3 = 4,7 \text{ ms} \end{aligned}$$

— Au minimum de toutes les gouvernes :

$$\begin{aligned} t_r &= 20 - (7 \times 0,3 + 6 \times 1,2) \text{ ms} \\ &= 20 - (2,1 + 7,2) \text{ ms} \\ &= 20 - 9,3 = 10,7 \text{ ms} \end{aligned}$$

Voyons maintenant quels sont les moyens électroniques mis en œuvre pour parvenir à ce résultat.

b) **Analyse du schéma** (voir schéma général fig. VIII-17).

• **Le montage élémentaire** que l'on retrouve 8 fois dans le codeur est donné en figure VIII-8.

On y trouve un transistor NPN (type 2N2926) monté en émetteur commun et polarisé suffisamment sur la base, par R, pour être en régime de saturation (c'est-à-dire très conducteur).

La résistance de passage collecteur-émetteur est ainsi très faible et l'on peut considérer le point S comme étant à la masse :  $V_S = 0$ .

Amenons maintenant sur la base, via C, un signal rectangulaire e, tel celui dessiné sur la figure VIII-9.

En fait, ce créneau rectangulaire n'atteindra cette base, qu'au travers de la cellule RC, ce qui produira un effet de différenciation bien connu mais moins facile à expliquer.

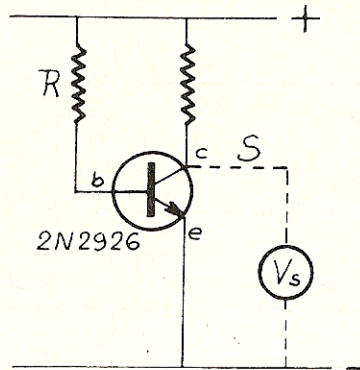


Fig. VIII-8. — Circuit élémentaire au repos.

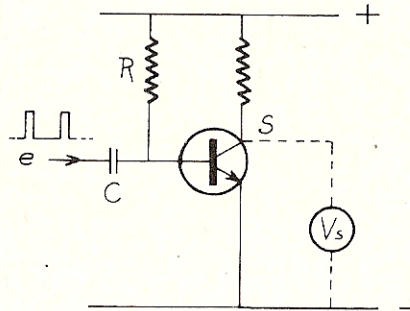


Fig. VIII-9. — Circuit élémentaire au travail.

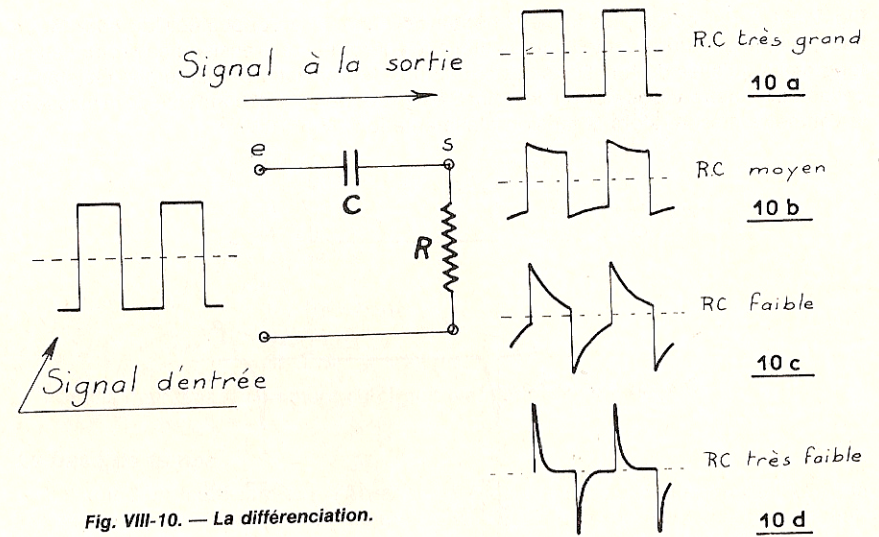


Fig. VIII-10. — La différenciation.

Etudions donc ce phénomène sur la figure VIII-10.

La charge du condensateur C se fait au travers de la résistance R. Aux bornes de celle-ci apparaît donc une différence de potentiel proportionnelle au courant de charge de C ( $V = RI$ ).

— Avec R et C grands (donc RC grand), figure 10 a, cette charge dure longtemps (beaucoup plus longtemps que l'alternance du créneau d'entrée). Le courant de charge reste donc important et quasi constant pendant cette alternance : la tension aux bornes de R est presque constante, les paliers horizontaux sont ainsi fidèlement transmis.

— Avec R et C très petits (donc RC très faible), figure 10 d, la charge est acquise très vite (beaucoup plus vite que ne dure l'alternance d'entrée). Le courant, maximum au flanc avant, diminue très vite et devient nul bien avant le flanc arrière. D'où cette pointe fine, visible en 10 d. L'alternance négative donne la même lancée mais de sens inverse.

— Avec R et C moyens (Fig. 10 b et 10 c), le courant de charge diminue notablement pendant l'alternance, mais sans s'annuler. Les paliers sont d'autant plus inclinés que le RC est faible.

Dans notre montage, les valeurs choisies pour R et C nous placent dans le régime 10 d.

Arrivent donc sur la base de notre transistor, des lancées positives et négatives.

Les lancées positives tendent à renforcer le courant de base du transistor et le rendraient plus conducteur encore si cela était possible. Or le 2N2926 étant déjà saturé, on ne peut faire mieux. Ces pointes positives sont donc sans effet. De plus, en régime de saturation, la résistance base-émetteur est très faible, ce qui provoque un « court-circuit » de ces lancées positives, d'où leur disparition sur la base (voir le détail a de la



Fig. VIII-11). Par contre, les lancées négatives viennent en opposition du courant de base, et leur amplitude est telle qu'un blocage énergétique du transistor se produit aussi longtemps qu'elles durent. Dans ces conditions, le transistor présente une résistance collecteur-émetteur très élevée : le Point S est pratiquement déconnecté de la masse et le voltmètre mesure alors la tension d'alimentation :  $V_S = 9 \text{ V}$ .

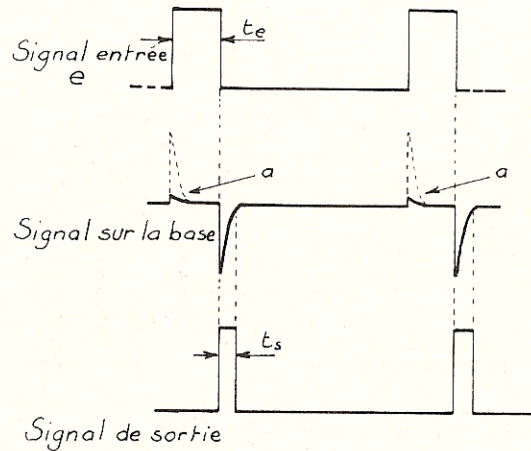


Fig. VIII-11. — Création du signal de voie.

Ainsi la tension en S, nulle en l'absence de signal à l'entrée, passe à + 9 V pendant la durée de la lancée négative.

Sur le collecteur du transistor, apparaît donc un nouveau créneau positif dont le début (flanc montant) coïncide rigoureusement avec le flanc descendant du créneau positif d'entrée.

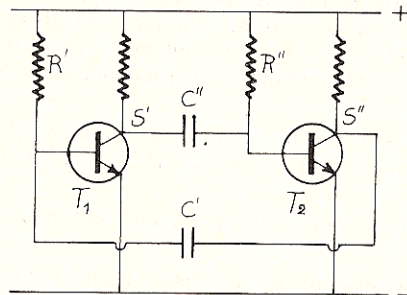


Fig. VIII-12. — Le multivibrateur.

La durée du créneau de sortie est absolument indépendante de celle du créneau d'entrée, cette durée  $t_s$  dépendant uniquement de l'importance de la différentiation, donc de R et de C.

La valeur approchée de  $t_s$  est donnée par la formule :

$$t_s = 0,7 R.C.$$

avec  $t_s$  en secondes (s).

R en ohms ( $\Omega$ ).

C en farads (F).

Ainsi avec :

$$R = 100\,000 \Omega = 10^5 \Omega.$$

$$C = 47\,000 \text{ pF}$$

$$= 47\,000 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$= 47 \cdot 10^{-9} \text{ F.}$$

On a :

$$t_s = 0,7 \cdot 10^5 \cdot 47 \cdot 10^{-9} \text{ en s.}$$

$$t_s = 0,7 \cdot 47 \cdot 10^{-4}$$

$$= 32,9 \cdot 10^{-4} = 3,29 \text{ ms.}$$

Voyons maintenant comment ce circuit élémentaire est utilisé.

### La base de temps

Il s'agit d'un multivibrateur d'Abraham et Bloch, ayant pour mission de fournir la fréquence de répétition du train d'impulsions, c'est-à-dire du 50 Hz. Il le fera en dérivant, par oscillation spontanée, un signal rectangulaire à cette fréquence.

Pour réaliser un tel oscillateur, il suffit de réunir 2 montages élémentaires précédents, l'entrée de chacun étant reliée à la sortie de l'autre. L'agitation électronique est suffisante pour assurer le démarrage initial du processus.

En régime établi  $T_1$  reçoit sur sa base, par  $C'$ , le créneau positif de  $T_2$ , il se débloque donc après  $T_2$  mais redébloque ensuite  $T_2$  par  $C''$ , etc. Chaque transistor conduit donc quand l'autre est bloqué.

On obtient ainsi sur les collecteurs S et S' les signaux de la figure VIII-13.

Remarquer l'opposition de phase des créneaux.

Le temps  $t'$  est déterminé par la constante de temps  $R' \cdot C'$  associée à  $T_1$ ,  $t''$  étant déterminé par  $R'' \cdot C''$ .

Calculons ces durées avec les valeurs du schéma général :

$$t' = 0,7 \cdot 47 \cdot 10^3 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ en s.}$$

$$= 0,7 \cdot 47 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3}$$

$$= 4,935 \cdot 10^{-3} \text{ soit } 5 \text{ ms environ.}$$

$$t'' = 0,7 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,22 \cdot 10^{-6} \text{ en s.}$$

$$= 0,7 \cdot 100 \cdot 0,22 \cdot 10^{-3}$$

$$= 15,4 \cdot 10^{-3} \text{ soit } 15,4 \text{ ms environ.}$$

La période d'oscillation est donc :

$$t' + t'' = 5 + 15,4 = 20,4 \text{ ms}$$

La résistance  $R'$  étant en réalité ajustable (de 22 k $\Omega$  à 69 k $\Omega$ ), cette valeur sera amenée à 20 ms exactement (par comparaison avec le 50 Hz du secteur). Elle définira la durée de la séquence (fig. VIII-6).

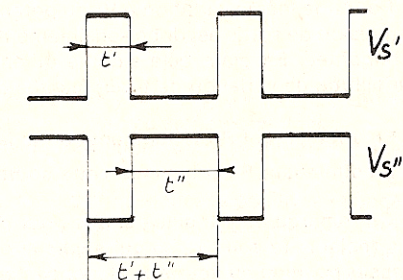


Fig. VIII-13. — Les signaux du multivibrateur.



### Générateurs de signaux d'ordre

Nous disposons donc à la sortie de  $T_2$ , du signal rectangulaire  $V_s$  (fig. VIII-13). Ce signal est appliqué à l'entrée d'une chaîne de 6 circuits élémentaires, chacun recevant sur son entrée, le signal fabriqué par son précédent.

Sur chaque collecteur on obtient donc un créneau positif, commençant quand finit celui du précédent et de durée déterminée uniquement par les caractéristiques propres de l'étage considéré (voir fig. VIII-16). Bien remarquer la coïncidence flanc descendant-flanc montant des signaux consécutifs. Attention, le fonctionnement illustré sur cette figure est en 4 voies seulement.

Voyons maintenant comment nous allons obtenir la variation des durées  $t_1, t_2, \dots$ . Nous savons que

$$t = 0,7 R.C.$$

Il semblerait donc logique de faire varier soit  $R$ , soit  $C$ .

Ce n'est pourtant pas ce qui se fait, la variation de  $C$  étant impossible et celle de  $R$  dévolue à un autre usage.

En fait, un montage potentiométrique permet de recueillir une fraction de chaque créneau rectangulaire avant de l'appliquer à l'entrée de l'étage suivant. C'est la variation de cette fraction qui provoquera la variation de  $t$  désirée.

On se reportera à la figure VIII-14 qui nous explique le mécanisme de cette variation, beaucoup mieux qu'un long discours.

C'est donc ce potentiomètre qui sera manœuvré par l'intermédiaire du manche. Par contre la variation de  $R$ , modifiant le taux de différenciation, modifie la pente de la remontée du potentiel de base (détails  $a, b, c$  de la fig. VIII-14).

La figure VIII-15 doit permettre de comprendre ce qui se passe :

En assimilant les remontées  $a, b, c$  à des droites, on a la relation :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta t_s}{\Delta V_b}$$

soit :

$$\Delta t_s = \Delta V_b \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Pour une même variation  $\Delta V_b$  du potentiel de base, la variation  $\Delta t_s$  de la durée de l'impulsion de sortie est donc sensiblement proportionnelle à la tangente de l'angle de la remontée. En clair, cela signifie qu'en augmentant  $R$ , la pente est diminuée et l'amplitude de variation de  $t_s$  augmentée et inversement.

En augmentant  $R$  on augmente donc la course du servo.

En diminuant  $R$  on diminue cette course.

On remarquera par ailleurs, que pour obtenir dans les deux cas le même neutre il faut déplacer le point  $N$ , ce qui explique pourquoi le réglage de  $R$  modifie en même temps la position du neutre. Il y a donc interdépendance entre le réglage de course ( $R$ ) et le réglage de position (manche). Toute retouche de la course obligera à un recalage du potentiomètre de manche, pour retrouver le neutre.

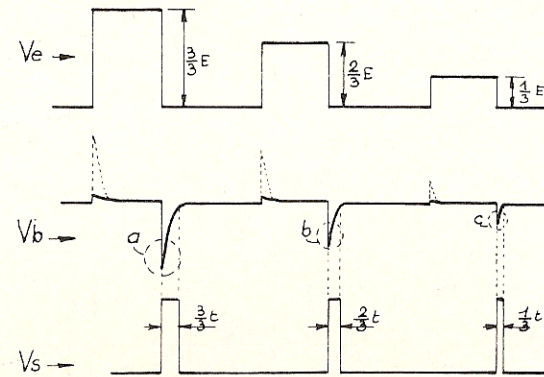


Fig. VIII-14. — Variation de durée.

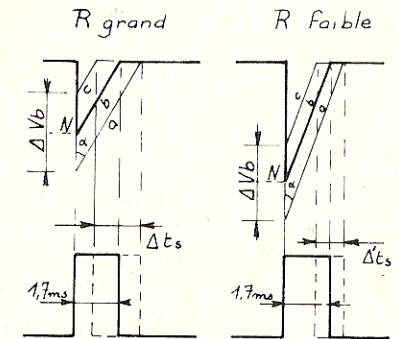


Fig. VIII-15. — La variation de course.

La même variation de  $V_b$  ( $\Delta V_b$ ) donne des variations de  $t_s$  ( $\Delta t_s$ ) différentes (course des servos)

### Mélange des ordres

Le principe en est illustré sur la figure VIII-16. On y voit tout d'abord les signaux fabriqués : celui du multivibrateur (collecteur de  $T_2$ ) et les signaux de voies.

Chaque signal est recueilli par un condensateur de faible valeur (4 700 pF) associé à une résistance de valeur moyenne (47 000  $\Omega$ ).

Il s'ensuit donc une forte différenciation, avec de fines lancées positives et négatives. Mais toutes les sorties se faisant au travers d'une diode, convenablement orientée, seules passent les lancées négatives. On retrouve ainsi sur la sortie commune, 7 impulsions négatives séparées les unes des autres par les durées  $t_1$  à  $t_6$  de chaque voie.

Les diodes ont aussi pour but d'éviter une réaction d'un étage sur les autres. Ce qui sort de l'un ne pouvant absolument pas rentrer dans un autre.



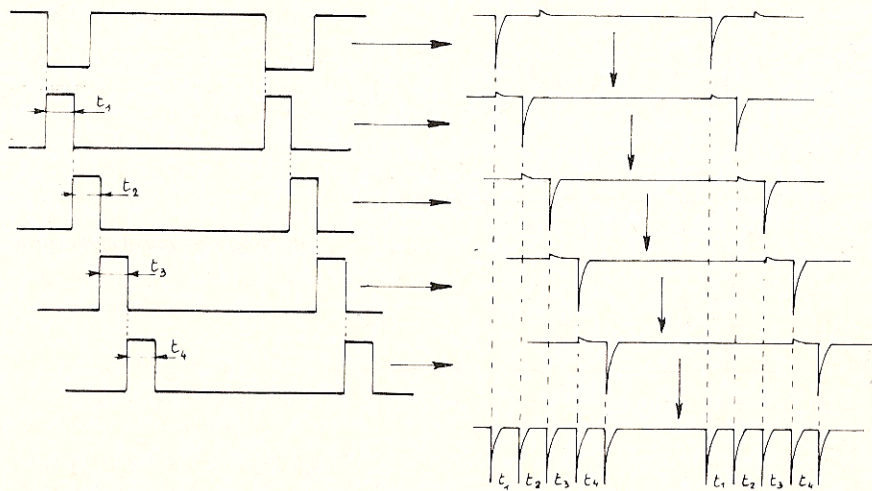


Fig. VIII-16. — Formation du train d'impulsions.

### Mise en forme

Un amplificateur à 2 étages  $T_9$  et  $T_{10}$ , reçoit sur son entrée, les impulsions négatives mélangées

Au repos  $T_9$  est conducteur (courant de base par la  $100\text{ k}\Omega$ ). Le point  $i$  est donc à la masse et  $T_{10}$ , non polarisé, est bloqué. La tension en  $k$  est alors de  $+9\text{ V}$  environ.

Une lancée négative bloque  $T_9$ , lequel débloque  $T_{10}$ . Le point  $k$  passe à  $0\text{ V}$ , pendant la durée de cette lancée.

On recueille ainsi à la sortie, un signal parfaitement calibré, en forme et en amplitude (celui de la fig. VIII-6).

La durée des tops de séparation ( $0,3\text{ ms}$ ) est déterminée essentiellement par la valeur de la résistance de base de  $T_9$  ( $100\text{ k}\Omega$ ).

Dans les pages qui suivent, nous allons décrire un codeur de technologie beaucoup plus récente que ce premier montage à composants discrets. Nous voudrions cependant indiquer que, hormis l'attrait de la nouveauté du modèle à circuits intégrés, le bon vieux codeur à transistors conserve tout son intérêt et présente même un gros avantage : il permet le calage de chaque voie indépendamment des autres, tant pour le neutre, que pour la COURSE, ce qui, il faut en convenir, est bien pratique. C'est la raison pour laquelle, après pratique des deux versions, nous aurions tendance à vous le conseiller de préférence au séduisant montage que nous allons décrire maintenant.

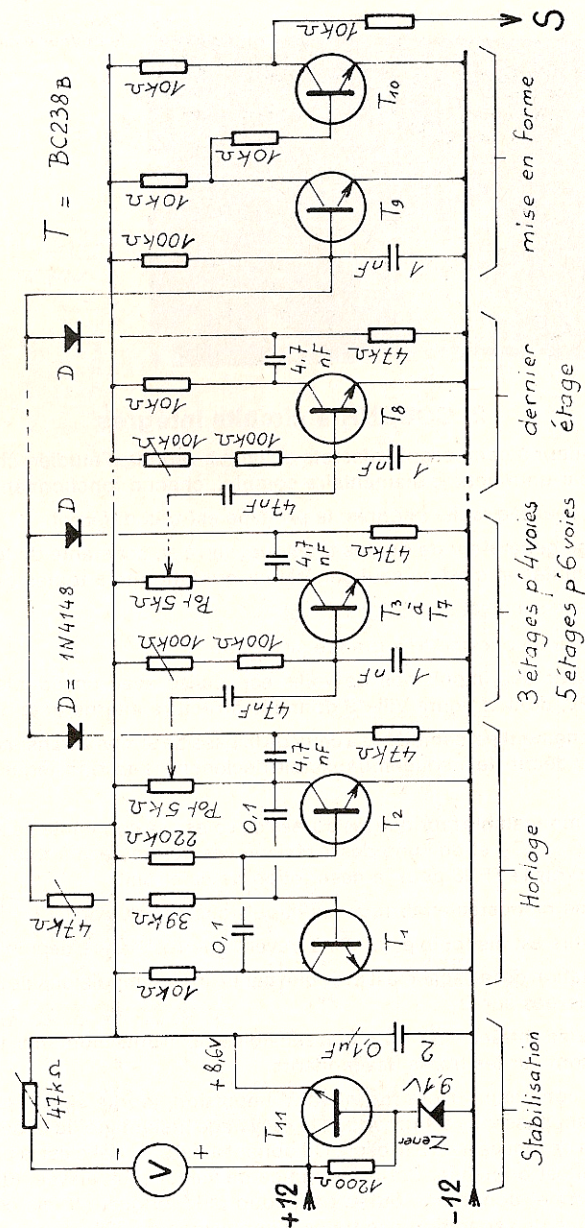


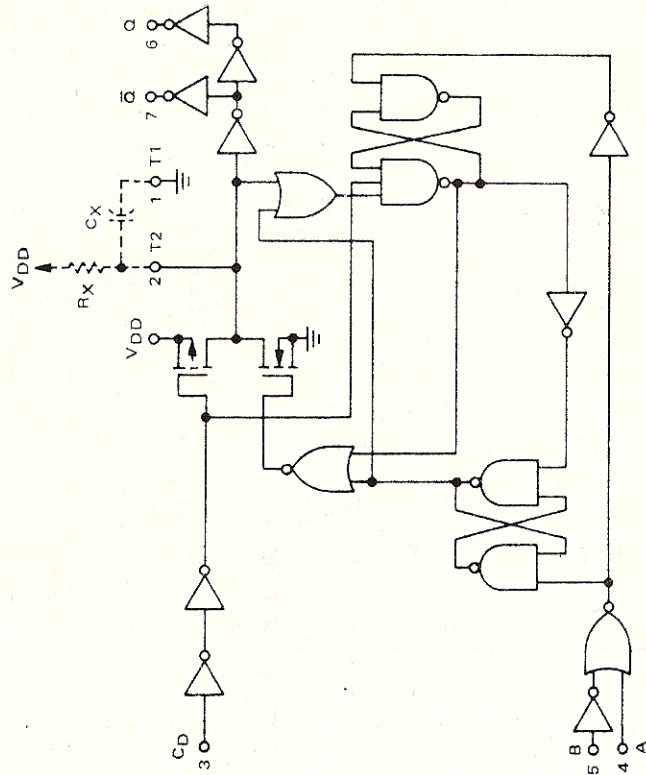
Fig. VIII-17. — Schéma général du codeur à transistors.







LOGIC DIAGRAM  
(1/2 of Device Shown)



BLOCK DIAGRAM

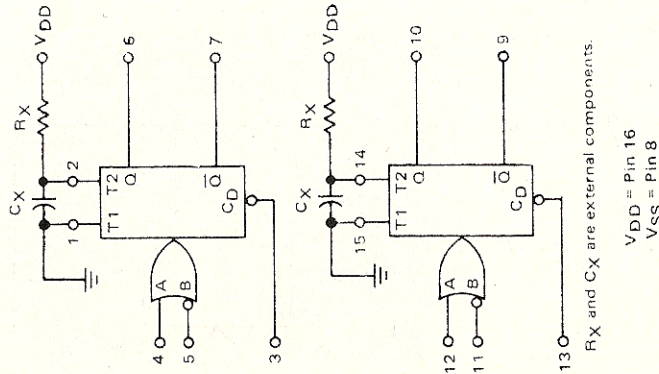


Fig. VIII-19. — Structure et brochage du 4528.

Chaque sortie du 4017 étant soit à 0, soit à 1, les diodes sont indispensables pour éviter de connecter à la masse, les résistances R non en service, ce qui perturberait gravement le fonctionnement du codeur.

Les sorties des circuits C.MOS ont le gros avantage de délivrer des signaux calibrés à la tension d'alimentation, mais ne peuvent fournir que de faibles intensités. Il est donc impossible de monter des potentiomètres de manches classiques, de 4700 Ω, avec lesquels les intensités seraient trop grandes. Il est donc fait usage de potentiomètres de 220 kΩ, dont la zone de fonctionnement est à peu près centrée sur 65 kΩ. Nous avons d'ailleurs profité de ce problème pratique, pour résoudre simplement l'adaptation de potentiomètres bien français et de grande qualité, aux mécaniques courantes de manches proportionnels. Nous en parlerons plus loin.

Autre problème important : celui de la course des commandes, qui déterminera « l'amplitude » des déplacements des servos.

En admettant que les potentiomètres soient parfaitement identiques, cette course est automatiquement la même pour toutes les voies. C'est à la fois un avantage et un inconvénient : un servo peut être changé de voie sans aucun réglage de course, mais les différents servos de l'ensemble n'ayant pas forcément la même course propre, à cause de la dispersion des composants, l'adaptation peut soulever quelques problèmes.

Sur le codeur, la course dépend essentiellement de la zone de fonctionnement des potentiomètres de manches. La figure VIII-20 nous le montre fort bien. Elle est dessinée pour des déplacements de 60°, ce qui correspond à la réalité. De d à d, le rapport des valeurs extrêmes est de 1,5, mais de a à a, il est de 3.

Normalement, la variation désirée est de 1,2 ms à 2,2 ms, ce qui donne un rapport de 1,8 environ. C'est donc la région bb qui convient.

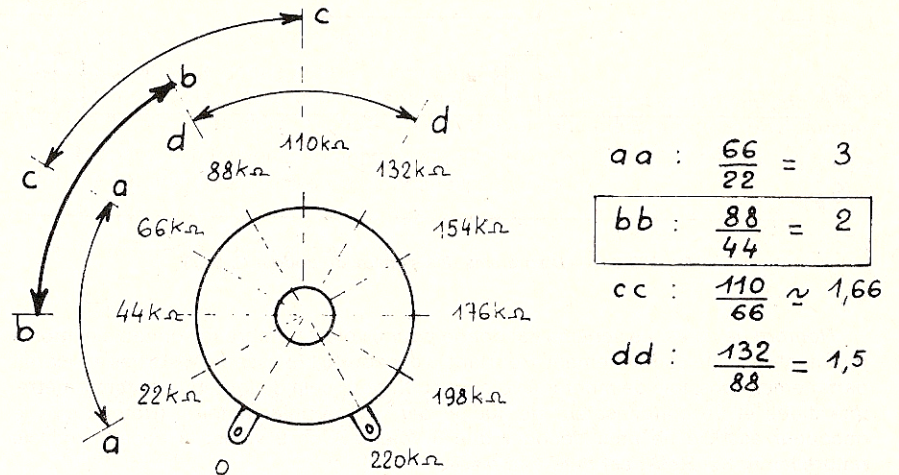


Fig. VIII-20. — Variation de la course avec le calage du potentiomètre.



Evidemment le changement de région, s'il agit sur la course, agit aussi sur la valeur du neutre : s'il est de 1,7 ms en a/c, il passe à 1,1 ms en b et à 2,2 ms en b/d. Pour compenser cette variation, il faut modifier la valeur de  $C_2$ . Pour faciliter cette mise au point, le CI permettra la pose de deux condensateurs en parallèle. En augmentant  $C_2$ , on doit diminuer R pour retrouver la même durée : le potentiomètre travaille dans une zone donnant alors plus de course.

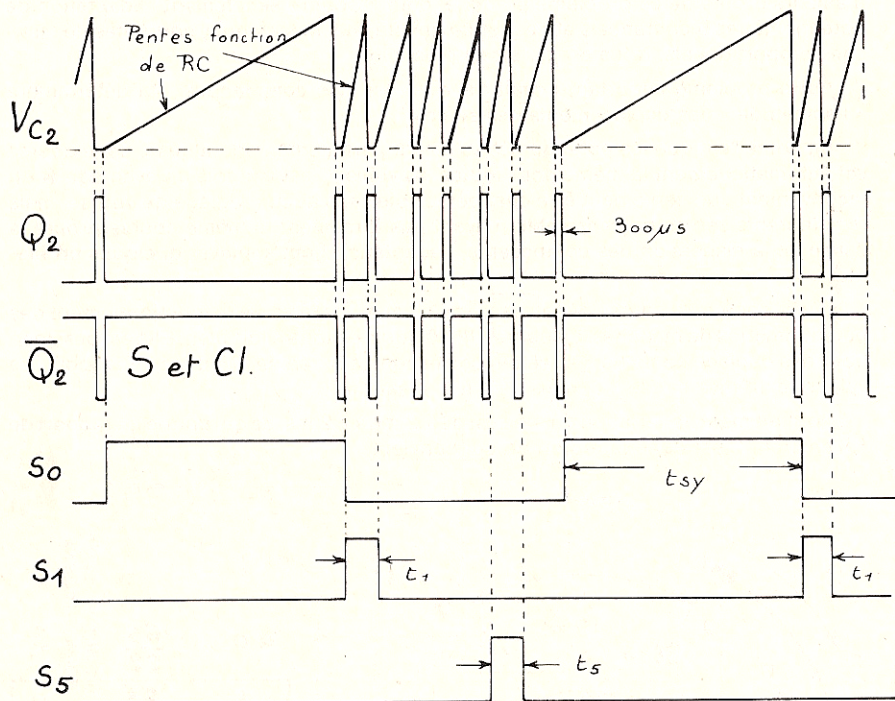


Fig. VIII-21. — Diagramme des signaux du codeur C. MOS.

**Nombre de voies.** Le schéma est donné pour 6 voies, nombre raisonnable et même rarement exploité complètement. Pourtant la décade 4017 possède 10 sorties et il serait parfaitement possible de monter 9 voies. Il suffit pour cela d'ajouter un potentiomètre, une diode et un condensateur de 100 pF par voie supplémentaire. (Notons que le décodeur associé ne peut décoder que 8 voies). Avec 9 voies, la décade recycle naturellement et Reset est relié à la masse

Terminons cette étude théorique en disant que, comme pour tous nos codeurs, l'alimentation est stabilisée à + 8,5 V, par zener et transistor. C'est important, car

l'intensité dans R dépend de la tension de sortie de la décade, laquelle est précisément... celle de l'alimentation.

NB. Contrairement à un codeur classique, où c'est la durée de la séquence qui est constante (20 ms), ici c'est le temps de synchronisation qui l'est (10 ms environ). Cette particularité, si elle contrarie quelque peu les observations à l'oscilloscope, facilite le décodage et c'est tout de même autrement important.

- Pour éviter un curieux phénomène de blocage du codeur à la mise sous tension, dans le cas où le 4017 utilisé a tendance à se positionner avec, soit la sortie 9, soit la 8 au niveau 1, ces sorties sont reliées avec la sortie 7 à la ligne de remise à zéro, celle-ci étant normalement au niveau bas par la résistance de 100 kΩ. Pour supprimer des voies, relier la cathode des diodes à la ligne de remise à 0. Pour ajouter des voies (8 maximum avec le décodeur associé) il faudrait déconnecter la diode de cette ligne et lui faire alimenter un potentiomètre supplémentaire.

### 3. Réalisation de l'émetteur

#### a) Le boîtier

Se reporter à la Fig. VIII-22.

La technique de fabrication ayant été développée, nous n'y reviendrons pas.

- Tracer très soigneusement.
  - Découper contours et trous divers. Fignoler les fentes de Trim.
  - Plier. (Attention : pour la découpe du trou du tiroir HF, se reporter à TF1, chapitre VI, § la).
  - Fixer les glissières. Voir Fig. IV-4.
- Les supports de connecteur HF. Voir Fig. IV-5.
- Les supports de codeur et de potentiomètres d'auxiliaires. Ces derniers sont fabriqués en alu de 10/10, selon la figure VIII-23. Prévoir une pièce droite et une gauche.
- Préparer le blindage d'antenne en alu de 5/10 ou en fer blanc. Voir fig. VIII-24. Ce blindage est maintenu par les vis de fixation du vu-mètre.
  - Préparer les colliers de fixation de la batterie.
  - Gainer partie principale et couvercle.

#### b) CI des codeurs

En époxy simple face de 15/10.

Le modèle pour composants discrets est donné en figure VIII-25. Celui pour circuits intégrés en figure VIII-26. Réalisation suivant la technique de votre choix.

Régler tout de suite la question de la fixation dans le boîtier. Percer dans les supports des trous de 15/10, pour la prise des petites vis à tôle. Laisser 1/2 à 1 mm de jeu entre le haut du CI et la tôle d'alu.



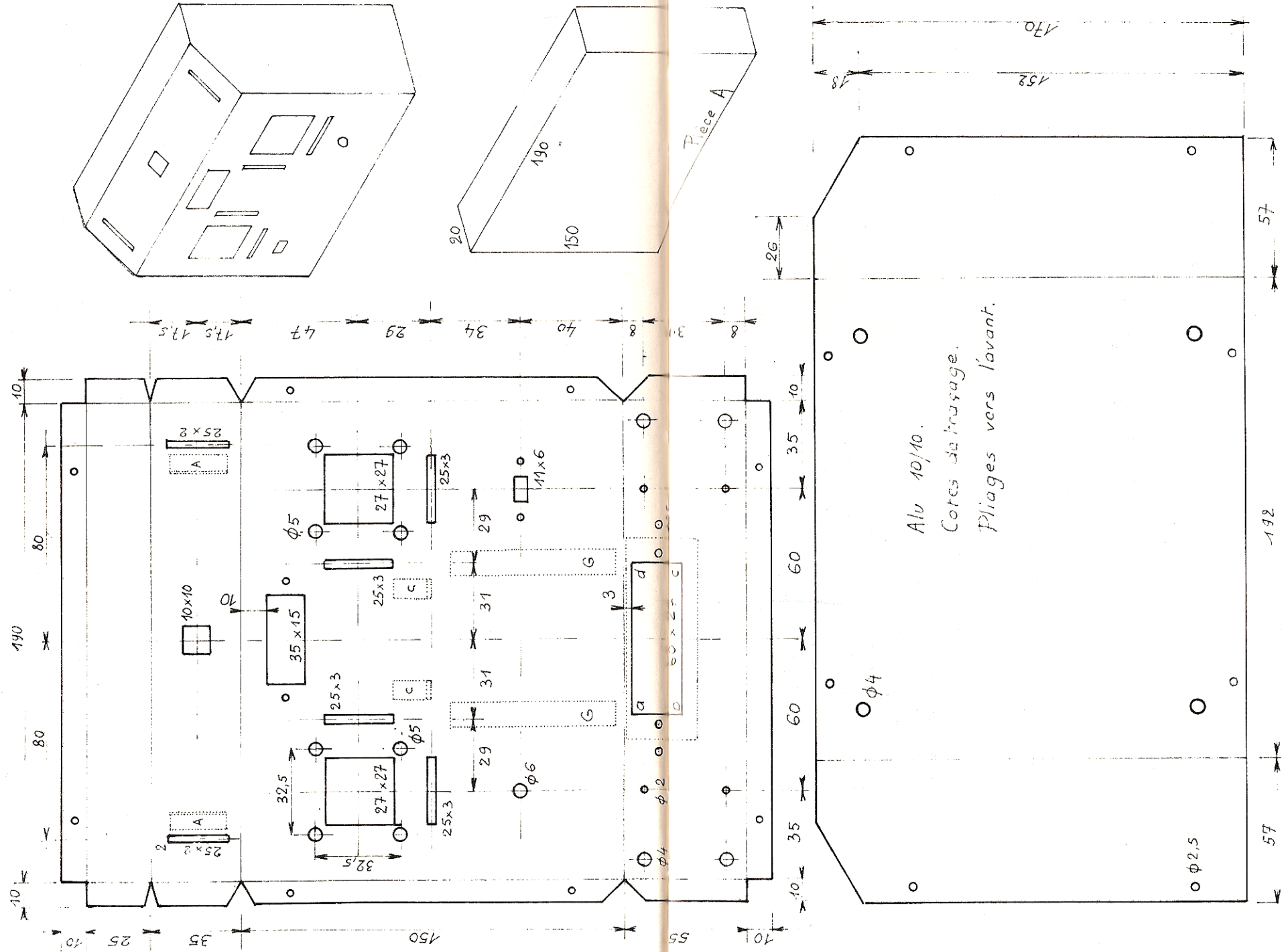


Fig. VIII-22. — Le boîtier.







### c) Composants du codeur à transistors (6 voies)

11 BC238B	6 47 nF MKM 100 V	7 47 k $\Omega$ 1/4 W
7 1N4148	4 0,1 $\mu$ F MKM 100 V	7 100 k $\Omega$ 1/4 W
1 Zener 9,1 V		1 220 k $\Omega$ 1/4 W
	1 1200 $\Omega$ 1/4 W	2 47 k $\Omega$ Pot/Aj E086 debout
7 1 nF GFO 12V	6 10 k $\Omega$ 1/4 W	6 100 k $\Omega$ Pot/Aj E086 debout
7 4,7 nF MKM 100 V	1 39 k $\Omega$ 1/4 W	

### d) Composants du codeur à circuits intégrés (6 voies)

1 4017 (MC14017CP de Motorola, CD4017A de RCA, 34017PC de Fairchild...)	1 33 nF MKM 100 V (C <sub>2</sub> )
1 4528 (MC14528CP de Motorola, CD4528A de RCA, 34528PC de Fairchild...)	1 10 à 22 nF MKM 100 V (C <sub>2</sub> )
1 BC238B	1 0,1 $\mu$ F GFO 12 V
1 Zener de 9,1 V, 400 mW	1 1200 $\Omega$ 1/4 W
10 1N4148	1 15 k $\Omega$ 1/4 W
	1 82 k $\Omega$ 1/4 W
	1 100 k $\Omega$ 1/4 W
	1 390 k $\Omega$ 1/4 W
8 100 pF céramiques	2 Pot/Aj de 10 k $\Omega$ , E086, couchés
1 6800 pF MKM 100 V	2 supports DIL, 16 broches. Facultatifs.

### e) Pose des composants. Mise en service

#### CODEUR A TRANSISTORS (Voir Fig. VIII-27)

Pas de difficultés particulières. Veiller évidemment au sens correct des transistors et des diodes. Attention, pour T<sub>2</sub>, il faut plier le fil de base, en sens contraire du sens d'origine.

Souder les résistances ajustables et les positionner à mi-course.

Pour ceux qui voudraient supprimer des voies, rappelons qu'il faut garder le **dernier** étage élémentaire, non chargé par un potentiomètre, mais par une 10 k $\Omega$ .

Pour 5 voies, supprimer l'avant-dernier étage. Pour 4 voies, supprimer les deux avant-derniers. Toutefois, compte tenu de la faible incidence financière, nous déconseillons ces restrictions.

Tous composants soudés, préparer les liaisons aux potentiomètres. (Voir fig. VIII-28). Travail à faire avec grand soin. Torsader chaque groupe de 3 fils. Laisser juste assez de longueur pour pouvoir déplacer sans gêne le circuit imprimé, pour une éventuelle intervention ultérieure. Ne pas oublier cependant que des longueurs excessives ne peuvent que nuire au fonctionnement.

Le - 12 V est torsadé avec le toron du potentiomètre d'ailerons, pour rejoindre le point de masse du jack.

Le + 12 V est lui, torsadé avec le toron du potentiomètre de direction et rejoint le 74M.

La liaison codeur-connecteur est faite avec un petit fil blindé, gainé plastique et souple. Pour le vu-mètre, 2 fils torsadés souples.

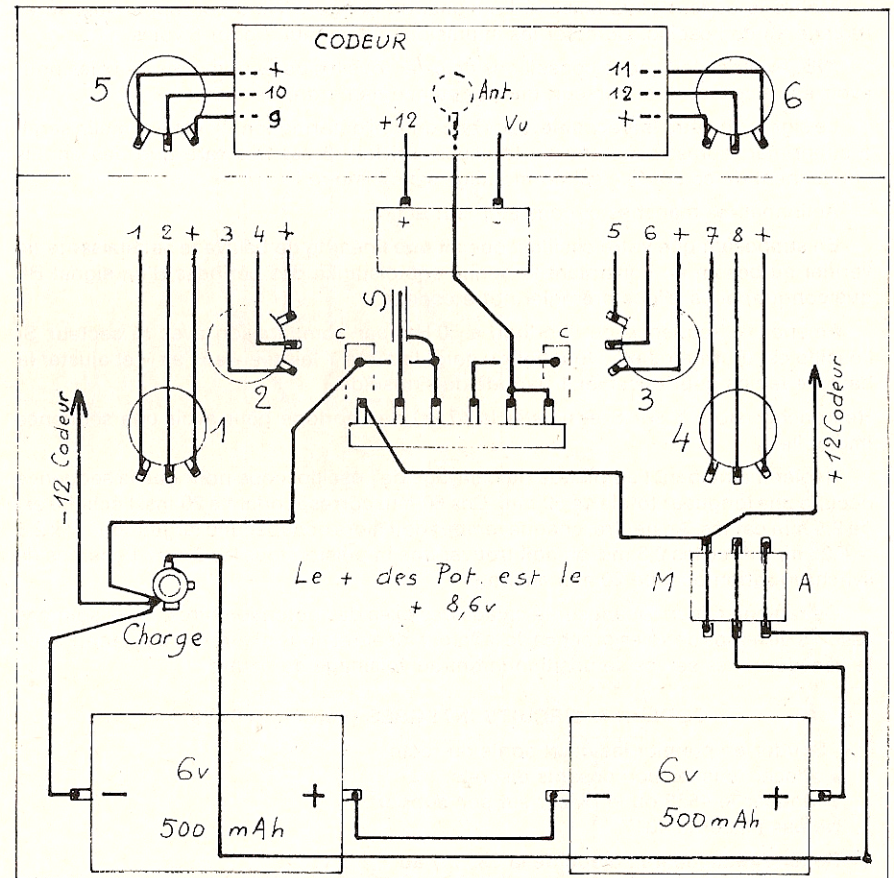


Fig. VIII-28. — Interconnexions. Codeur à transistors.

Les torons des potentiomètres d'auxillaires juste assez longs pour pouvoir rabattre à 90°, le circuit du codeur.

Ces liaisons terminées, le travail devrait avoir l'allure de netteté qui caractérise le câblage professionnel. (A l'occasion, jetez donc un coup d'œil sur un matériel de ce genre et... prenez-en de la graine !)

#### Essai

L'instant est venu de tester cette première platine. **Seul l'oscilloscope** en est capable.

Brancher l'entrée Y (verticale) à la sortie S du codeur. Relier les masses, évidemment. Balayage sur 50 Hz environ.



Mettre le codeur sous tension. Le signal de la figure VIII-6 doit apparaître après réglage fin de l'oscillo. Compter les impulsions : il en faut 7 pour 6 voies.

(NB. Avant ce test, nous conseillons de caler tous les potentiomètres de voies pour avoir entre cosses + et curseur, une résistance de l'ordre de 1500 Ω).

Le signal doit être **impeccable**, sans accident ni déformation. Toute anomalie serait à supprimer, après recherche de la cause. En fait, il est très rare que des ennuis surviennent de ce côté : c'est un montage sans histoire !

Actionner les manches et constater leur action.

En supposant que votre oscilloscope ait une linéarité de balayage satisfaisante (le vérifier au besoin en constatant la bonne équidistance des périodes d'un signal BF quelconque) nous allons pré-régler notre codeur.

Amener la fréquence de l'horloge à 50 Hz, par comparaison avec le secteur Si l'oscillo est du type relaxé : toucher du doigt l'entrée Y laissée « en l'air » et ajuster la base de temps pour observer 1 période de sinusoïde.

Rebrancher alors Y sur S et ajuster la 47 kΩ de l'horloge pour avoir une séquence immobile.

Régler maintenant l'amplitude du balayage de l'oscilloscope pour que la séquence occupe une longueur totale de 50 mm. Ces 50 mm correspondant à 20 ms, l'échelle est de 2,5 mm par ms. Au neutre, chaque temps t doit alors occuper une largeur de  $1,7 \times 2,5 = 4,25$  mm. Avec les 0,3 ms, on doit trouver une impulsion tous les 5 mm. Le temps de synchronisation occupe 20 mm environ.

Ce réglage fait en jouant sur le calage des axes des potentiomètres, nous sommes assurés de temps de voies proches de la valeur idéale et nous n'aurons pas d'ennui avec le décodeur. Les servos se positionneront au voisinage du neutre.

#### CODEUR A CIRCUITS INTEGRES (Voir Fig. VIII-29)

- Souder en premier les deux ponts du recto
- Placer tous les composants discrets.
- Souder le 4528 ou le placer sur son support.

Ne pas placer le 4017.

Relier directement la diode de la 390 kΩ au + 8,5 V.

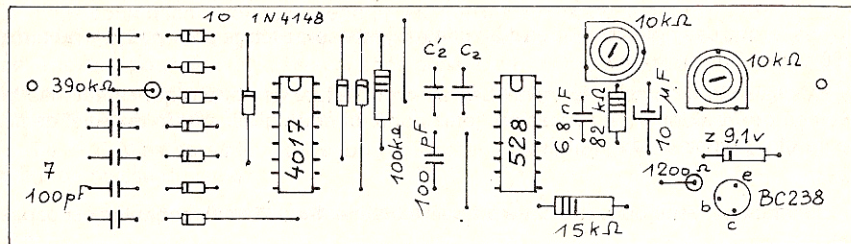


Fig. VIII-29. — Pose des composants du codeur C. MOS.

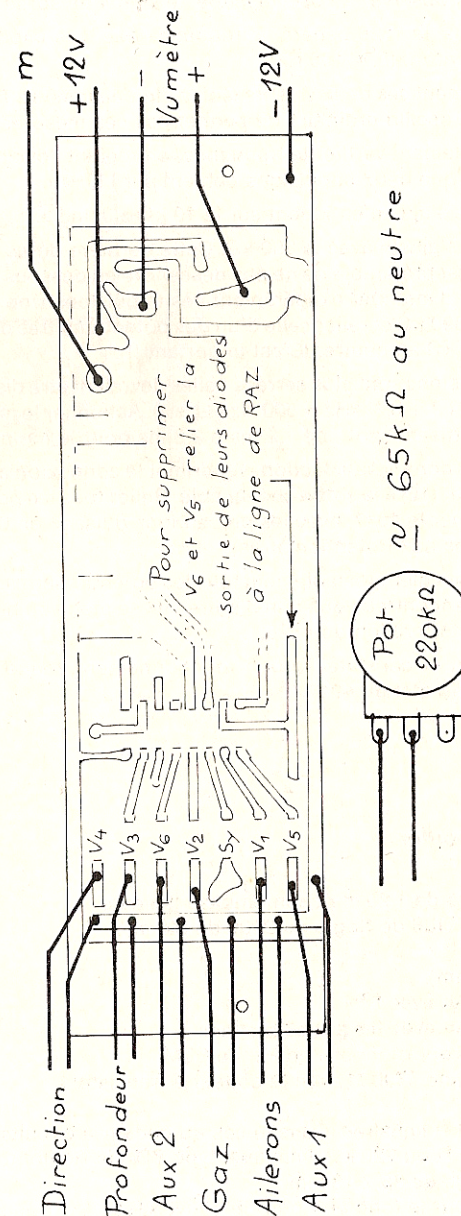


Fig. VIII-30. — Liaisons codeur intégré.



Relier au  $\pm 12\text{ V}$  et observer à l'oscilloscope, le signal de sortie S.

Dans ces conditions, le 4528 génère, à fréquence fixe, des impulsions de  $300\ \mu\text{s}$ , distantes de  $10\ \text{ms}$  environ. ( $F = 100\ \text{Hz}$ )

Vérifier éventuellement ces deux valeurs (soit à l'impulsimètre TFX1, soit à l'oscilloscope étalonné). Un oscillo ordinaire ne permet pas ces mesures précises.

On peut, tout simplement vérifier la fréquence, en réglant l'oscillo sur  $50\ \text{Hz}$  (secteur) et en constatant que deux impulsions défilent sur l'écran.

La durée de  $300\ \mu\text{s}$  s'ajuste en jouant sur la  $10\ \text{k}\Omega$  ajustable.

La durée de  $10\ \text{ms}$  s'ajuste avec la  $390\ \text{k}\Omega$ . Cette dernière durée n'est pas du tout critique, par contre il est préférable de ne pas descendre en dessous des  $300\ \mu\text{s}$ , car le récepteur risque alors d'atténuer exagérément ces impulsions trop courtes.. Déconnecter la diode/ $390\ \text{k}\Omega$  et relier celle d'un des potentiomètres de manches. Caler ce potentiomètre à  $65\ \text{k}\Omega$  au neutre. (C'est important !!).

Cette fois, les impulsions sont plus serrées : elles devraient être distantes de  $1,7\ \text{ms}$ . La fréquence est de  $1/(1,7 + 0,3)\ \text{kHz} = 500\ \text{Hz}$  ( $\approx 500\ \text{Hz}$ ). Actionner le manche et voir si la durée de voie varie suffisamment : de  $1,2\ \text{ms}$  à  $2,2\ \text{ms}$  pour le moins.

Si le codeur semble donner satisfaction, supprimer la connexion ajoutée ci-dessus. Relier, côté cuivre Reset (15) à la sortie convenable. Relier tous les potentiomètres et... enfin, souder ou enficher le 4017, avec les précautions d'usage en C.M.O.S. (Voir fig. VIII-30, pour les liaisons aux Potentiomètres).

NB. Attention : Il faut caler préalablement tous les potentiomètres, pour avoir  $65\ \text{k}\Omega$  au neutre. Il serait malencontreux que l'un d'entre eux se mette en butée, à résistance nulle, car il y aurait détérioration du 4528.

Mettre sous tension et constater le bon fonctionnement, lequel à ce niveau, ne dépend plus que du bon état du 4017.

#### f) Composants du boîtier

- 1 antenne télescopique de  $1,25\ \text{m}$  et son embase isolante.
- 1 connecteur HF type CIL6 de Sogit ou 2406 de Métallo.
- 1 74M de Jeanrenaud.
- 1 Jack et sa fiche ( $4\ \text{mm}$ ).
- 2 batteries  $6\ \text{V}$   $250\ \text{mAh}$  avec HF1  
6 V  $500\ \text{mAh}$  avec les autres platines. DEAC ou VARTA
- 2 manches doubles, proportionnels, en kit, de SLM
- 4 potentiomètre d'origine  $4700\ \Omega$  avec le codeur à transistors.  
ou
- 4 potentiomètres  $220\ \text{k}\Omega$  linéaires. Dans le cas du codeur à circuits intégrés.
- 2 potentiomètres  $4700\ \Omega$  ou  $220\ \text{k}\Omega$ , linéaires, type P20 de Radiohm.
- 1 vu-mètre pour fenêtre de  $35 \times 15\ \text{mm}$ .
- 8 pieds plastique (4 pour le fond et 4 pour le couvercle).

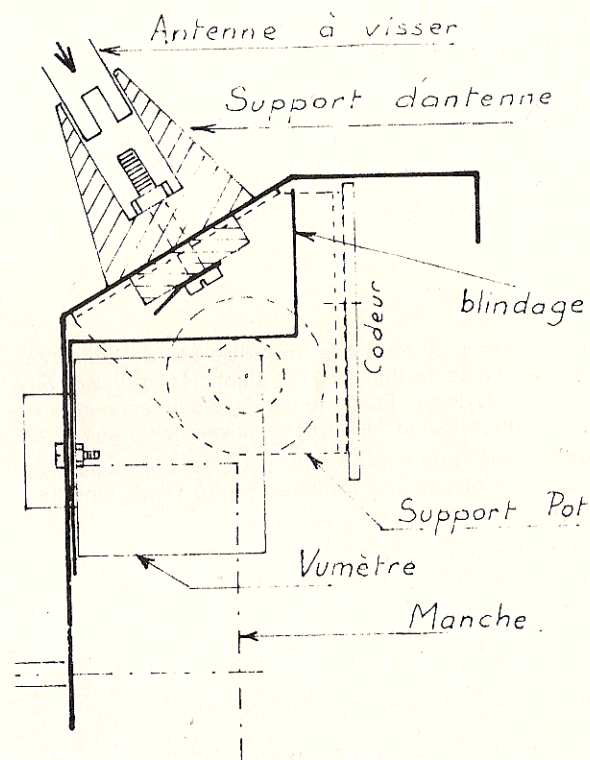


Fig. VIII-31. — Montage de l'antenne.

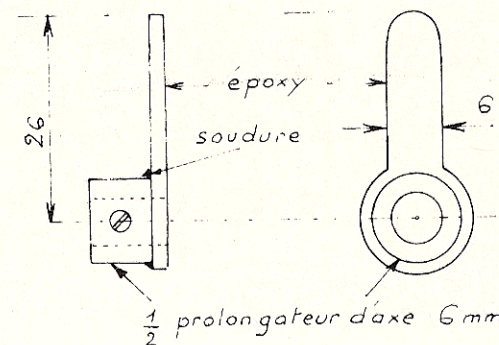


Fig. VIII-32. — Manette d'auxiliaire.



Avant de monter les manches SLM dans le boîtier, les examiner minutieusement et essayer de supprimer à la fois tous points durs et tout jeu excessif. Points à surveiller : la rotule et le mécanisme de retour au neutre.

Les modélistes exigeants pourront adopter les manches distribués par RADIO-PILOTE. Ces manches « ouverts » sont de très bonne qualité. Un peu plus chers, ils permettront d'avoir sur les voies essentielles un jeu absolument nul, puisque l'attaque est directe. La découpe du boîtier est à revoir. Un point noir : l'obturation se fait par un rectangle de mousse plastique, solution un peu rudimentaire.

### **g) Installation dans le boîtier**

Monter le connecteur HF, les pièces de mise à la masse du bas de tiroir. (Voir Fig. IV-6). Installer de suite l'embase d'antenne (fig. VIII-31) y souder le fil de liaison relié au connecteur (âme de coaxial de télévision). Placer le blindage d'antenne et le vu-mètre, enfin les manches, la prise de jack et le 74M. Câbler suivant la figure VIII-28.

Les fils des potentiomètres doivent être aussi courts que possible, torsadés et éloignés de la HF. Le — du codeur est torsadé avec les fils du manche d'ailerons. Le + avec ceux du manche de direction.

Noter en figure VIII-32 le détail de la manette de commande des auxiliaires.

Fixer les batteries. Mettre sous tension et vérifier à l'oscilloscope que le bon fonctionnement est conservé.

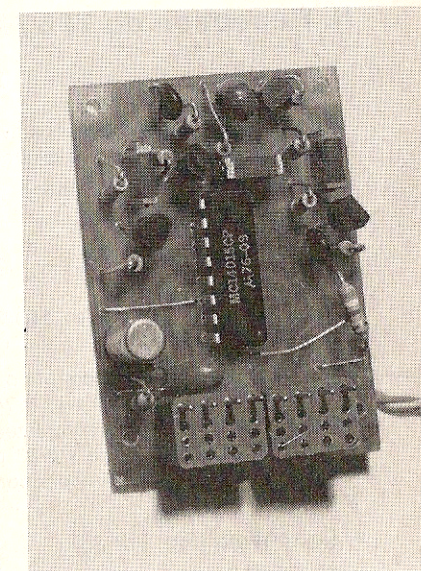
### **h) Fonctionnement global**

Enficher le tiroir HF choisi (câblé en AM, s'il s'agit d'une platine FM).

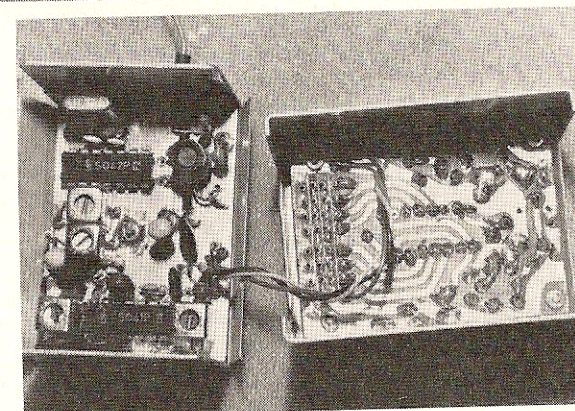
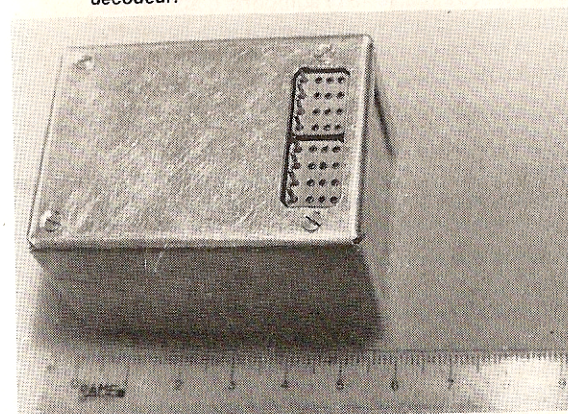
Vérifier que le signal rayonné est impeccable (mesureur de champ/oscilloscope).

Régler l'indication du vu-mètre, en fin d'échelle, avec des batteries bien chargées.

**Photo VIII-F. — Le décodeur C. MOS du TF6.**



**Photo VIII-G. — Le boîtier double du récepteur-décodeur.**



**Photo VIII-H. — Exemple d'installation du RX8 et du décodeur C. MOS en boîtier double.**



## II. Réception du TF6/76

### 1. Récepteur

Ce sera l'un des récepteurs suivants : RX4, RX5, RX6, RX7, RX8, selon le mode de transmission et la fréquence de travail choisie.

Le RX1 peut être aussi utilisé, pour une très courte distance ou pour des essais d'atelier.

### 2. Décodeur

Il fait appel à la technique C.MOS et est réalisé autour d'un registre à décalage deux fois 4 bits. du type 4015.

Nous renvoyons à la description du TFN8 pour l'étude du fonctionnement d'un tel registre. Petites différences avec le 74C164 utilisé alors, le 4015 comporte d'abord deux registres à 4 bits chacun, complètement indépendants et qui doivent être connectés extérieurement. Voir figure VIII-33 pour la structure interne et le brochage. Puis la remise à zéro est à 0 pour un fonctionnement normal, alors qu'elle était à 1 pour le 164. (enable)

#### a) Le schéma (Fig. VIII-34)

Le signal S/Rx injecté à l'entrée se retrouve bien en forme, mais négatif, en sortie de  $T_2$ . L'étage  $T_3$  le prélève, le rend à nouveau positif et l'applique sur l'entrée **clock** du registre. Voir diagramme des signaux en figure VIII-35.

Par ailleurs, le signal  $c/T_2$  est différencié par la liaison 10 nF/10 k $\Omega$  et appliqué sur  $b/T_4$  : les pointes positives provoquent la conduction de  $T_4$  et la décharge brutale du 0,1  $\mu$ F. Les impulsions rapprochées amènent donc **data** à 0.

A la fin du train d'impulsions, le condensateur peut se recharger et au bout de quelques ms, **data** revient à 1.

A l'arrivée du front *montant* de la première impulsion (donc sur le front avant) le registre trouve un 1 sur **data** et le **décale** : ce 1 passe sur  $s_1$ .

L'arrivée de la seconde impulsion ramène  $s_1$  à 0 et « pousse » le 1 sur  $s_2$  et ainsi de suite. (Voir la fig. VIII-35).

Comme **data** est revenu à 0 sur le front arrière de la première impulsion, aucun autre 1 ne suit le premier.

Comme on peut le constater sur la figure VIII-35, les sorties  $s_1$  à  $s_n$  passent à 1, pendant les temps  $t_1$  à  $t_n$  et restituent les temps de chacune des voies.

#### Quelques remarques

— une pluie de parasites est assimilable à des impulsions rapprochées : elles bloquent le décodeur en mettant **data** à 0. Toutes les sorties passent à 0. Donc, pas de « bafouillage » de servos, même à vide.

— Le souffle violent de la FM, à vide, produit exactement le même effet : il passe totalement inaperçu au niveau des servos.

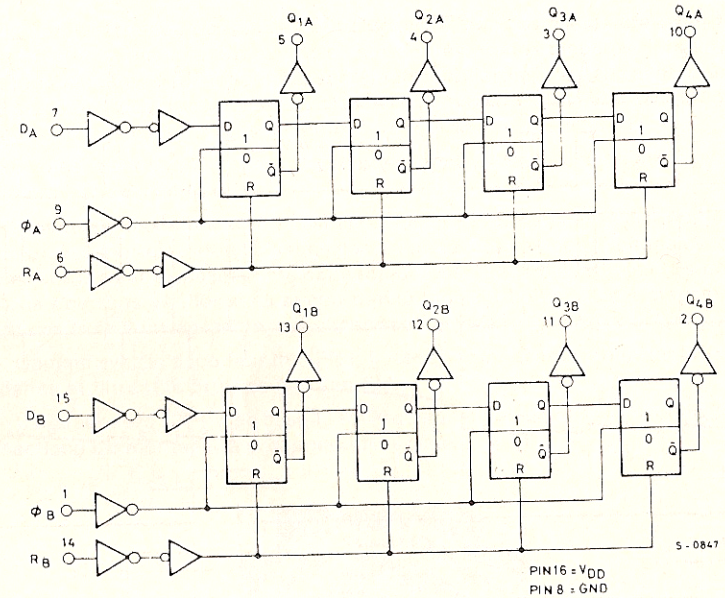


Fig. VIII-33. — Le 4015.

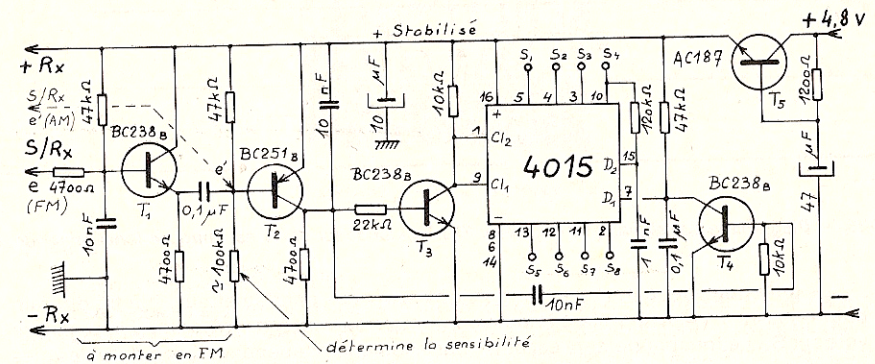


Fig. VIII-34. — Schéma du décodeur TF6.



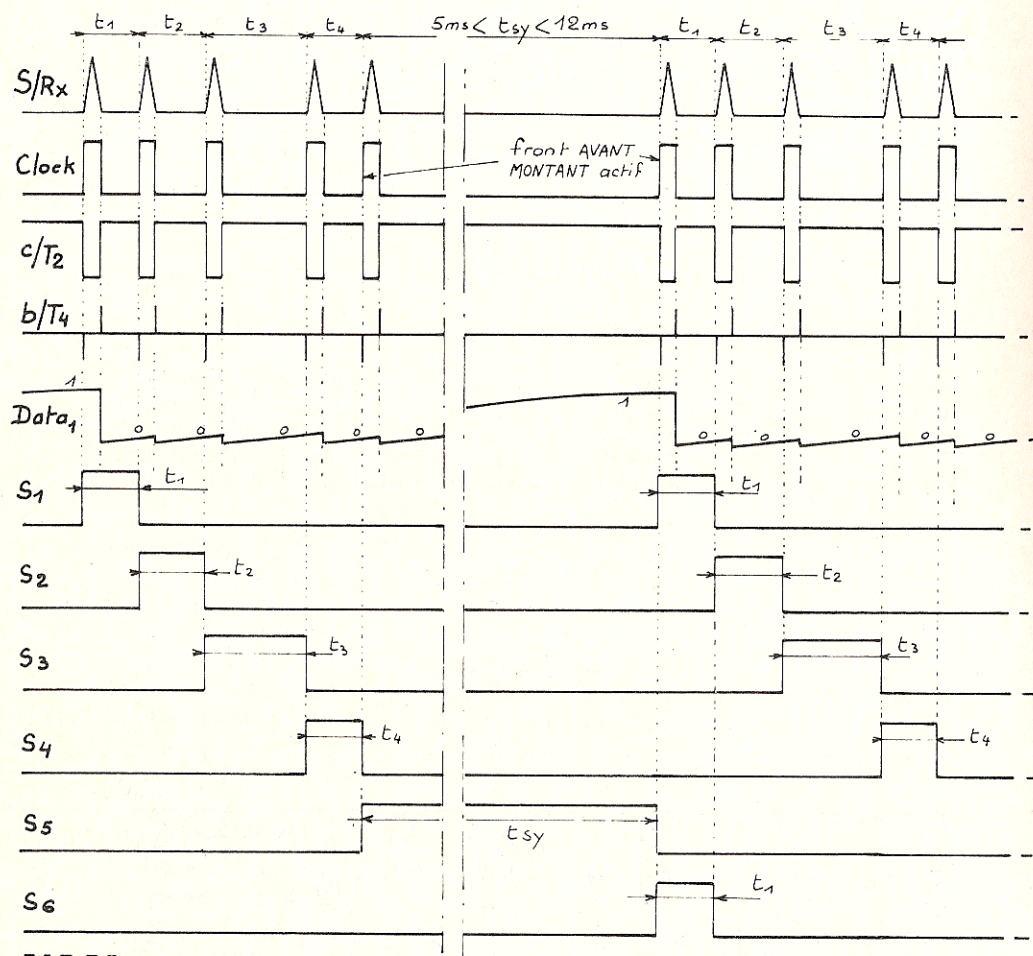


Fig. VIII-35. — Diagramme des signaux du décodeur TF6176. Le codeur du Tx est supposé fonctionner en 4 voies.

— quel que soit le nombre d'impulsions envoyées par l'émetteur, à la fin du train **data** repasse à 1 et la première impulsion du train suivant fait « ressortir » la première voie sur  $S_1$ . Le fonctionnement est ainsi, parfaitement indépendant du nombre de voies transmises.

— Imaginons 4 voies à l'émission :  $s_1$  donne  $t_1$ ,  $s_2$  donne  $t_2$ ,  $s_3$  donne  $t_3$ ,  $s_4$  donne  $t_4$ . Mais que se passe-t-il sur les sorties suivantes ? (Voir la fig. VIII-35). La sortie  $s_5$  donnera le temps de synchronisation,  $t_{sy}$ ,  $s_6$  redonnera  $t_1$ ,  $s_7$  donnera  $t_2$  et  $s_8$ ,  $t_3$ . Puis le registre

sera vidé du 1 entré au départ. Il est donc possible, dans ce cas de brancher 2 servos réagissant à la même voie. Un exemple : sur de très grands planeurs, il faut utiliser 2 servos indépendants pour actionner séparément les ailerons des deux ailes. L'un de ces servos serait branché normalement sur la voie 1 (des ailerons) et l'autre sur la voie 6... et ces deux servos réagiront tous les deux à la commande des ailerons.

En 6 voies, c'est  $s_7$  qui restitue  $t_{sy}$  et  $s_8$  redonne  $t_1$ . (cette sortie n'étant pas prévue dans la réalisation pratique).

— Huit voies maximum sont possibles avec le 4015. Estimant cela inutile pour le « commun des mortels » nous n'avons pas branché, comme nous venons de le dire, la huitième sortie pour disposer sur le connecteur ainsi rendu disponible, du signal S/Rx, que nous pourrions vérifier sans aucun démontage du boîtier. Cette disposition que nous avons trouvée intéressante, est cependant laissée au gré de chacun !

— Comme avec le décodeur du TFN8,  $T_1$  et ses composants prélèvent S/Rx à haute impédance et filtrent le bruit de fond en FM.

— La valeur de la 100 k $\Omega$  de base  $T_2$  est à ajuster au mieux de la sensibilité désirée et des réactions du montage, à proximité immédiate.

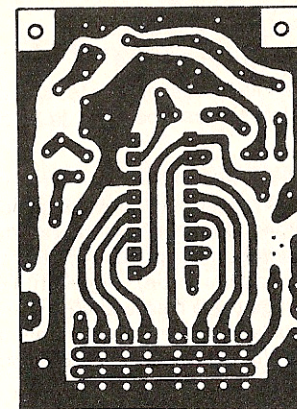


Fig. VIII-36. — CI du décodeur TF6.

#### b) Le CI

En époxy simple face de 15/10. (Voir fig. VIII-36.)

La seule particularité réside dans la présence sur le CI des connecteurs de liaison aux servo-mécanismes. Cette disposition simplifie considérablement le travail du réalisateur et augmente la fiabilité générale, par la suppression de ces faisceaux de câbles si délicats à souder et si gênants par la suite.

Le CI est un peu plus délicat : il faudra essayer de trouver des blocs 4 x 4 de connecteurs à picots spéciaux pour CI, car les broches de 11/10 des modèles normaux n'arrangent rien !



### c) Liste des composants

1 4015 (MM5615A de NS ou MC14015CP de Motorola ou CD4015A de RCA ou HBF 4015 AE de SGS/Ates...)	1 22 k $\Omega$ 1/4 W
2 BC238B	2 47 k $\Omega$ 1/4 W
1 BC251B	1 100 k $\Omega$ 1/4 W (voir texte)
1 10 nF MKM 100V	2 blocs de connecteurs SLM 4 x 4, à picots pour CI.
1 10 nF GFO 12V	
1 0,1 $\mu$ F MKM 100 V	<i>Pour FM seulement :</i>
1 47 $\mu$ F perle tantalé.	1 BC238B
1 4700 $\Omega$ 1/4 W	1 10 nF GFO 12 V
2 10 k $\Omega$ 1/4 W	1 0,1 $\mu$ F MKM 100 V
	2 4700 $\Omega$ 1/4 W
	1 47 k $\Omega$ 1/4 W

Sur les derniers décodeurs, nous avons ajouté :

- Une cellule 120 k $\Omega$ /1 nF entre S<sub>4</sub> et Data<sub>2</sub>, pour supprimer un défaut de fonctionnement apparaissant avec certains 4015.
- Une cellule de filtrage électronique nécessitant en plus : 1 10  $\mu$ F tantalé, 1 AC187 et 1 1200  $\Omega$ /1/4w. Cela pour éviter des intèrreactions avec certains types de servo-mécanismes. Voir la fig. VIII-34.

### d) Pose des composants. Mise en service

Suivre simplement la figure VIII-37. Placer tous les composants discrets, mais pas le 4015. Attention au sens des transistors : pour T<sub>2</sub>, le fil de base est à plier en sens contraire de l'origine.

Relier au récepteur bien réglé, par les 3 fils : +, —, S/Rx.

Brancher l'alimentation 4,8 V. Pour cela faire un cordon venant de la batterie, via l'interrupteur habituel et terminé par une fiche 4 broches mâle, connectée sur la sortie du bloc 4 x 4, réservée à l'alimentation. (Cependant cette fiche pourrait être connectée, sans inconvénient sur n'importe quelle sortie). (Fig. XI-10.) Brancher un oscilloscope, à travers des 3300  $\Omega$  de découplage (côté masse et côté entrée verticale), aux différents points du décodeur. L'émetteur en service, à rayonnement réduit, on doit trouver les différents signaux de la figure VIII-35. Voir S/Rx, c/T<sub>2</sub>, **clock**, enfin **data**.

Un oscilloscope à double trace permettrait de vérifier les phases relatives de ces signaux. Malheureusement, cet appareil n'est pas très courant sur la table de travail des amateurs. C'est dommage !

De toute façon, si tout va bien, il reste à souder le 4015 (avec les précautions C. MOS) et le fonctionnement global est assuré. Vérifier les sorties de voies en les identifiant par la manœuvre du manche correspondant.

### e) Montage en boîtier

Le récepteur et le décodeur se montent dans un boîtier double : le récepteur dans le fond, maintenu par son boulon central (ou deux, pour RX6), bien isolé par un carton à quatre rabats (attention aux pointes de soudure).

Le décodeur est dans le couvercle, fixé par quatre boulons de 1,5 mm, tête fraisée, longs de 15 mm et entretoises isolantes de 10 mm. Ne pas oublier aussi, un carton d'isolement à rabats.

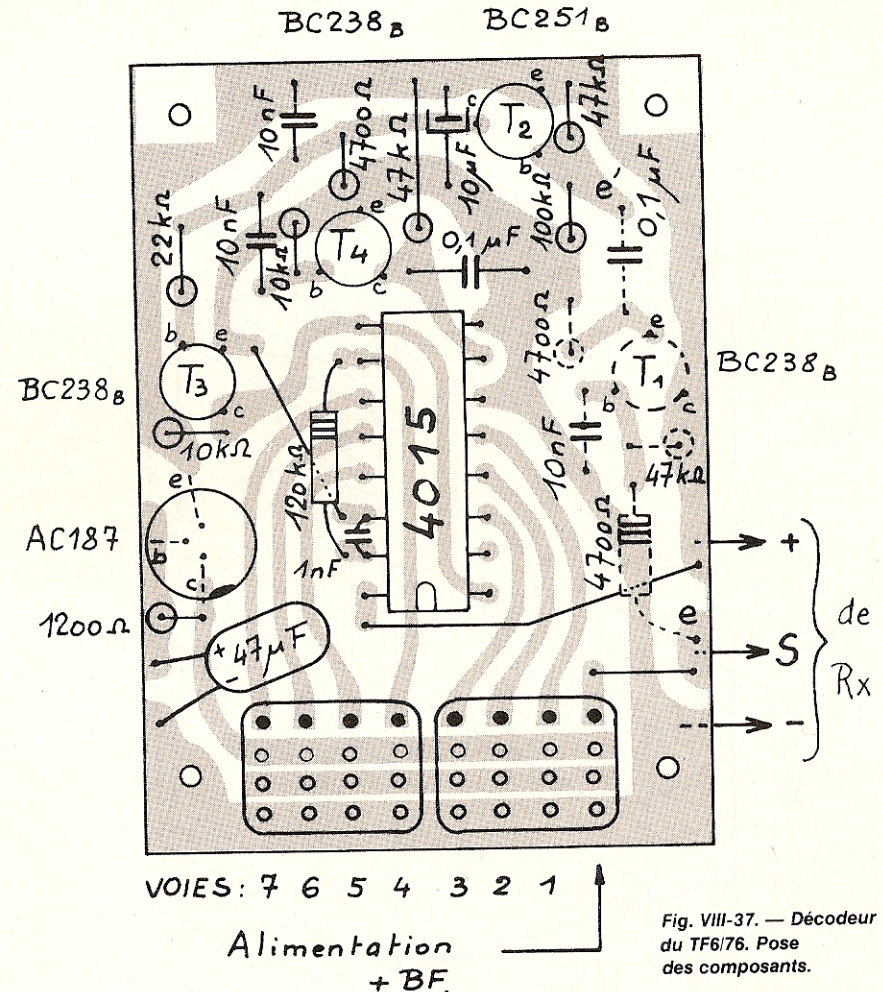


Fig. VIII-37. — Décodeur du TF6/76. Pose des composants.

Les trois fils de liaison entre le récepteur et le décodeur seront aussi courts que le permettra une ouverture aisée du boîtier. Torsader ces fils et, à la fermeture, veiller à ce qu'ils se placent vers le bas du récepteur et non vers le haut, c'est-à-dire du côté HF.

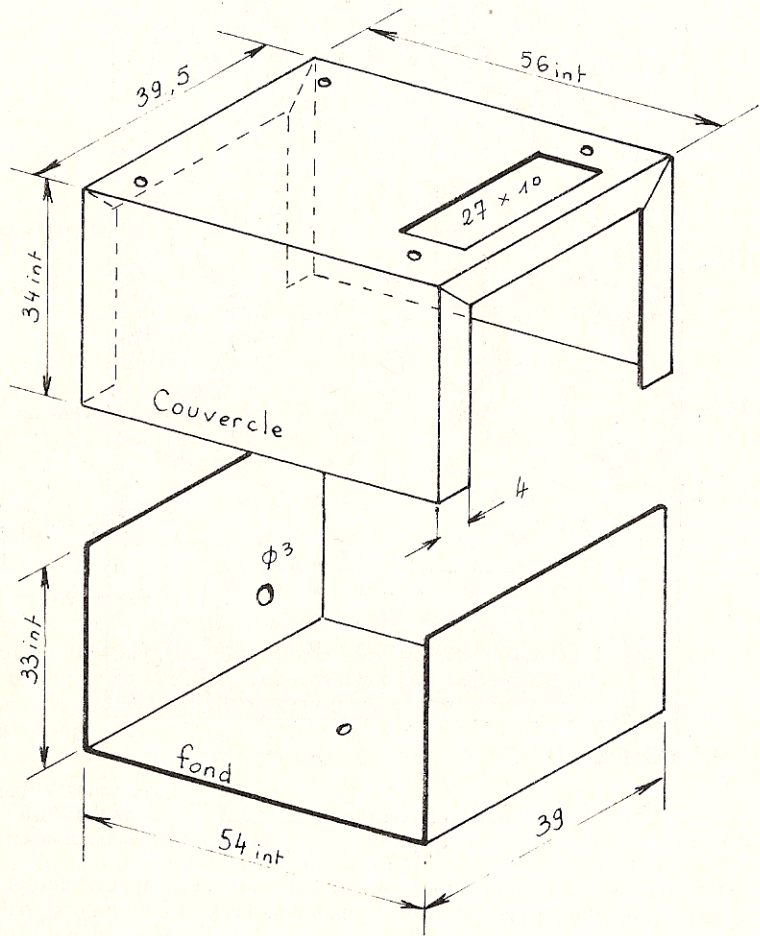
**Important :** avec un montage en boîtier double, les noyaux des bobinages HF du récepteur se règlent par le bas des mandrins et sont accessibles par des trous ménagés dans le fond de ce boîtier.

Il faudra **obligatoirement** procéder à un réglage fin définitif du récepteur, dans les conditions finales du montage. (Voir chapitre RX).

Disposant maintenant de l'émetteur digital et de son bloc de réception, il nous manque le dernier maillon de la chaîne : les servo-mécanismes.

Ce sont ces derniers que nous allons étudier dans le chapitre suivant.





Fond : alu de 10/10

Couvercle : alu de 8/10

Fig. VIII-38. — Fabrication du boîtier Rx TF6/76.

