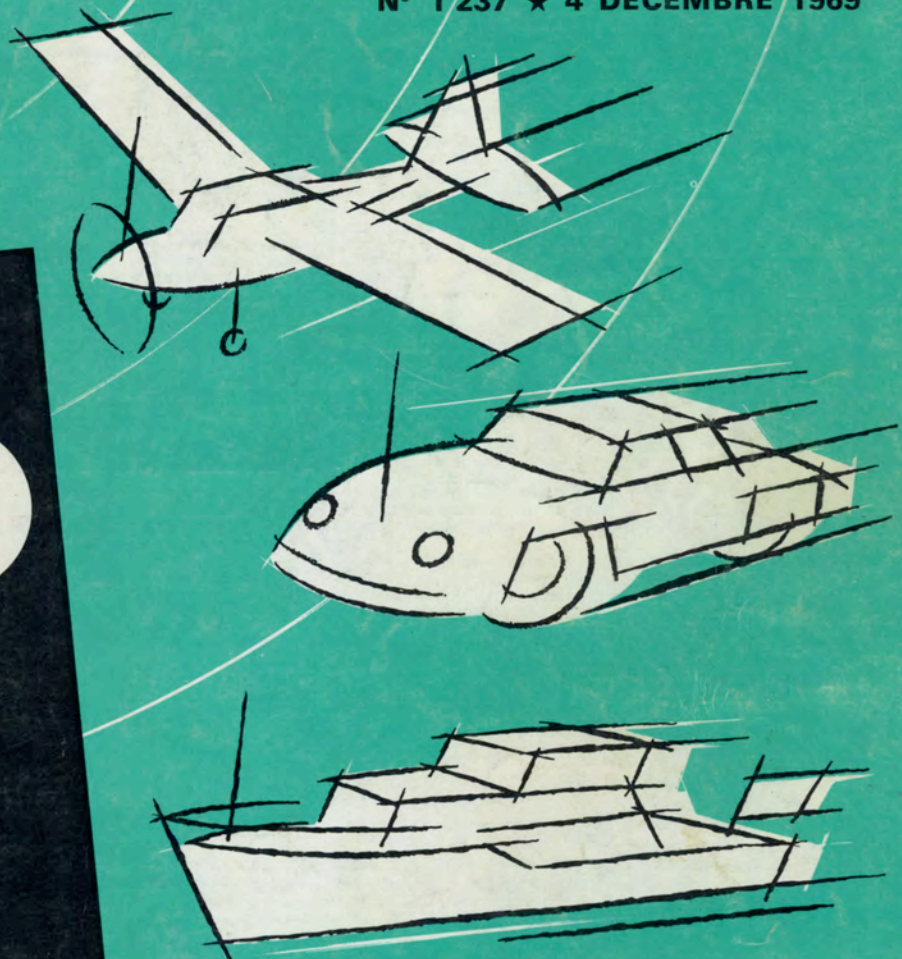


LE HAUT-PARLEUR

NUMÉRO SPÉCIAL

N° 1 237 ★ 4 DÉCEMBRE 1969



RADIO TELECOMMANDE

DE MODÈLES RÉDUITS

BELGIQUE : 38 FB
ITALIE : 625 Lires
MAROC : 3,15 Dr
SUISSE : 3,80 FS
CANADA : 75 ¢
TUNISIE : 296 Mil.



Ensemble de radiocommande « ANALOG 3 »

COMPARAISON ENTRE LES SYSTÈMES DIGITAUX ET ANALOGIQUES

CONTRAIREMENT aux systèmes simples du type « tout ou rien », c'est-à-dire qui envoient les gouvernes en butée lorsque l'on transmet un ordre, les deux systèmes que nous allons décrire maintenant vont nous permettre d'obtenir un positionnement des gouvernes dépendant de la position précise d'un manche de commande disposé sur l'émetteur : l'angle de rotation du volet de gouverne sera **proportionnel** à l'angle de rotation du manche.

Il s'agit donc bien des fameux systèmes dits « proportionnels ».

S'il n'y avait qu'une commande à effectuer (une voie), la solution serait assez simple. Mais il faut commander, deux, trois, voire « n » gouvernes, dont les positions, à tout instant, pourront être quelconques : donc qui dit proportionnel, dit nécessairement simultané.

Il s'agit donc, par des artifices électroniques simples, d'obtenir cette simultanéité de fait (même si elle ne l'est pas dans l'absolu).

Et c'est sur cette première considération que le digital marque un point sur l'analogique.

— En digital, on peut obtenir une simultanéité de fait pour un très grand nombre de voies (on pourrait atteindre facilement cinquante à cent voies).

— En analogique, on ne peut guère dépasser quatre voies.

L'obtention de la proportionnalité est obtenue dans tous les systèmes par un montage « suiveur ».

— En analogique : l'émetteur, le récepteur et le décodeur permettent d'obtenir une tension variable, déterminée à chaque instant par la position du manche de l'émetteur : soit V_m .

Nous donnons, en figure 1, un exemple de variation possible, provoquée par diverses actions successives exercées sur ce manche.

La tension V_g « lue » par un potentiomètre calé sur la gouverne, est astreinte à « suivre » la tension V_m .

Ainsi, c'est la différence algébrique $V_g - V_m$, qui apparaît au moment du changement de position du manche, qui détermine par sa polarité (+ ou -), le sens de rotation du moteur d'asservissement, lequel s'arrêtera lorsque $V_g - V_m = 0$, c'est-à-dire lorsque la concordance de position sera retrouvée. Mais si seule, la polarité de $V_g - V_m$ détermine le sens de la correction, par contre c'est la valeur absolue

de cette différence qui détermine dans une certaine mesure la puissance du moteur. Ce qui fait que si $V_g - V_m$ est petite, le moteur risque de ne pas démarrer, d'où une relative imprécision sur la position.

Enfin, en analogique, les transistors des amplis de servomécanismes « travaillent » sur des points de fonctionnement assez précis et parfois sensibles à la température : d'où un risque de voir la météo réagir d'une manière fâcheuse sur le pilotage. Pour vous rassurer, remarquons simplement qu'il est assez exceptionnel que, durant le même vol, la température ambiante varie de 10 à 20°. Il ne faut donc pas dramatiser !

— En digital : le dispositif « suiveur » ne lit plus une tension, mais une **durée**, facteur très peu sensible aux aléas de transmission.

Ainsi l'émetteur transmettra, pour chaque voie, un signal V_m conforme à celui de la figure 2 et de durée t_1 fixée par la position du manche.

Le servomécanisme de la gouverne correspondante fabrique un autre signal V_g de durée t_2 fixée par la position de la gouverne.

Les deux signaux sont comparés :

— Si $t_1 = t_2$: il y a concordance de position : le moteur ne tourne pas.

— Si $t_1 > t_2$: le moteur tourne dans un sens tel que l'on retrouve $t_1 = t_2$.

— Si $t_1 < t_2$: le moteur tourne dans l'autre sens et l'on retrouve $t_1 = t_2$.

Avantages du procédé

— Insensibilité aux déformations de la transmission.

— Plus grande précision dans les petits débattements.

— Transistors fonctionnant en régime de saturation et de blocage : insensibilité aux variations de température.

La conclusion de cette comparaison est nettement à l'avantage du digital, qui l'emporte sur tous les points. Mais cela ne veut pas dire que l'analogique soit à abandonner définitivement : on peut avoir avec lui de bons résultats.

Et c'est pourquoi, et aussi pour bien fixer les idées, nous allons décrire l'Analog 3. Le Digi 4 sera décrit ultérieurement.

DESCRIPTION DE L'ANALOG 3

I. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Pour que notre système soit valable, il faut trouver un procédé qui ne soit pas trop affecté par les aléas de la transmission et par les variations de température. Il faut donc que la tension variable sortant du décodeur reste bien proportionnelle à la position angulaire du manche de commande.

Or le seul moyen d'obtenir cette tension variable, avec **sécurité**, est de faire varier le rapport cyclique d'un signal rectangulaire d'amplitude constante. Voir figure 3 l'illustration du procédé : la valeur de la tension moyenne est déterminée graphiquement par l'horizontale telle que :

$$\text{aire } s_1 = \text{aire } s_2.$$

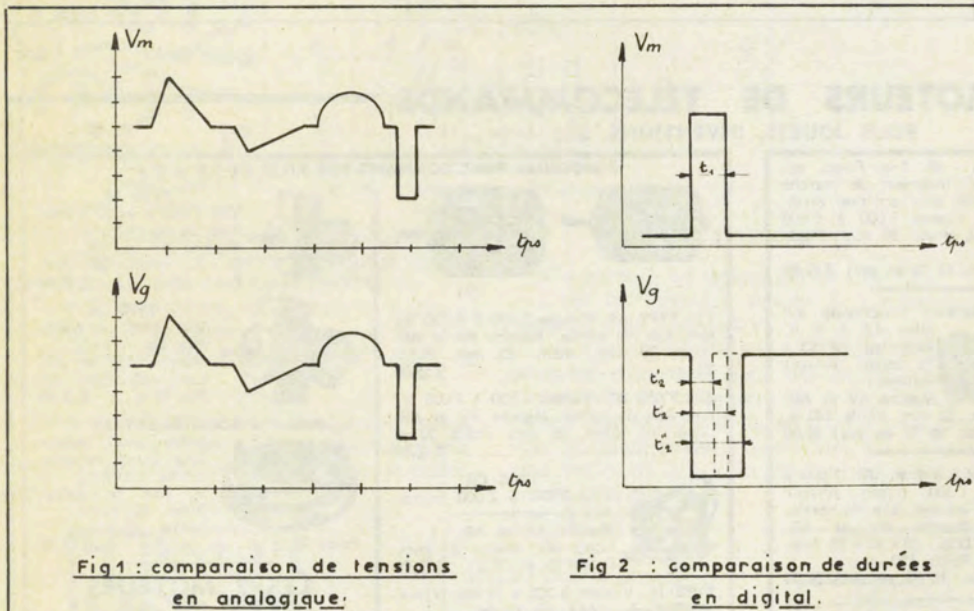


Fig 1 : comparaison de tensions en analogique.

Fig 2 : comparaison de durées en digital.

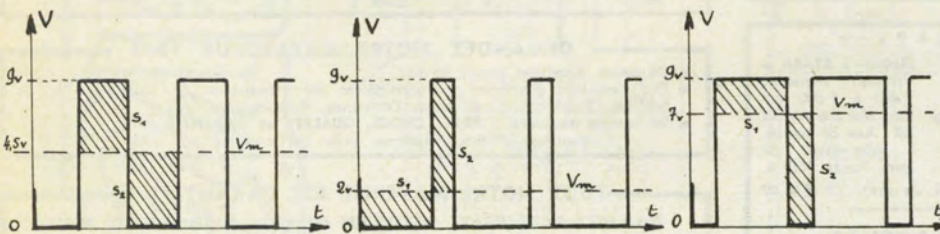


Fig 3 : obtention d'une tension variable

HF = 3 x 2N2926 verts

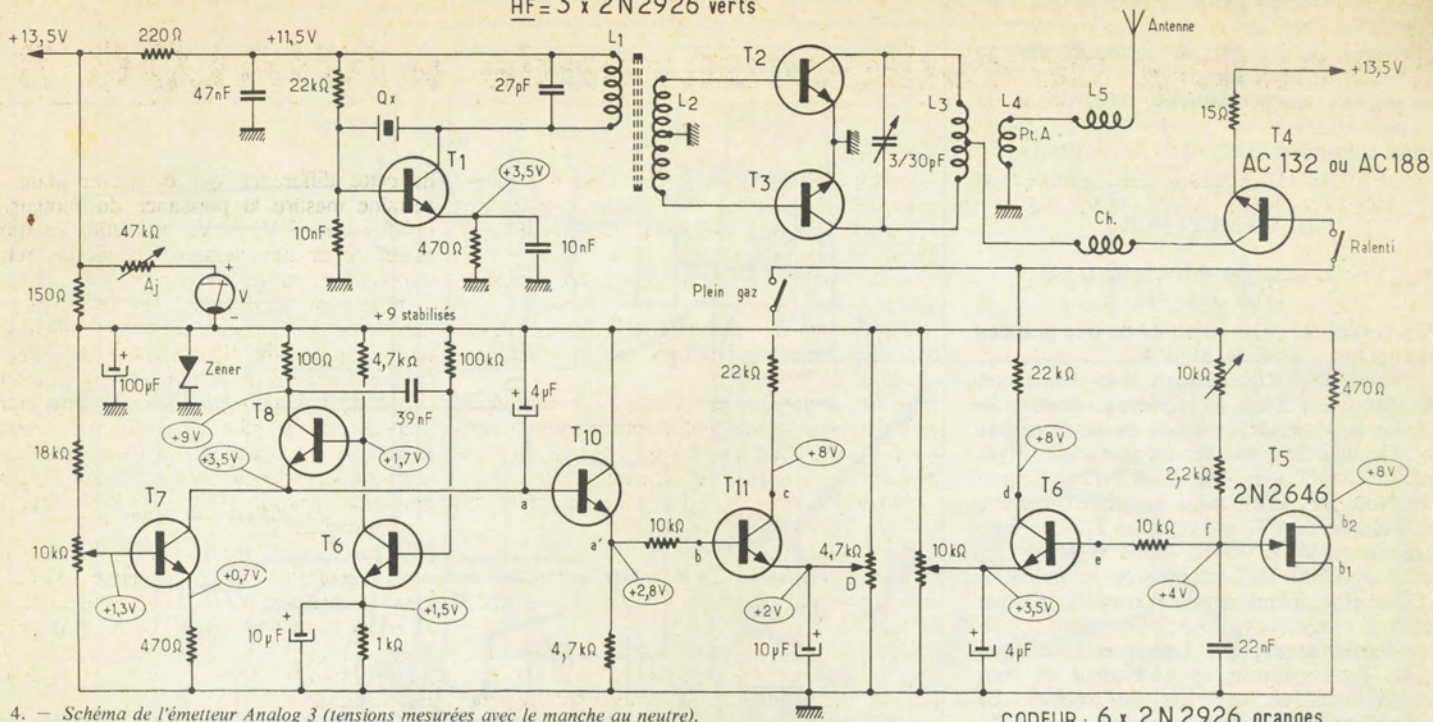


FIG 4. — Schéma de l'émetteur Analog 3 (tensions mesurées avec le manche au neutre).

CODEUR : 6 x 2N 2926 oranges

Si le signal rectangulaire reste de forme parfaite et d'amplitude crête à crête constante, la tension moyenne obtenue (ou tension efficace) ne dépend que du rapport cyclique, caractéristique très stable du signal, donc répondant bien au cahier des charges.

C'est donc par ce moyen que nos tensions seront obtenues.

Mais nous voulons, en fait, deux voies proportionnelles : direction et profondeur, et une voie tout ou rien pour les gaz.

Voici comment nous les aurons :
L'émetteur transmet une note BF à 4 000 Hz environ, découpée par un signal rectangulaire à fréquence basse (50 Hz environ). Cette note ne sert que de support : c'est une sous-porteuse.

— L'information direction est transmise par l'intermédiaire du rapport cyclique du découpage :

durée de la note
durée du silence

— L'information profondeur est transmise par l'intermédiaire de la vitesse du découpage :
fréquence du signal rectangulaire

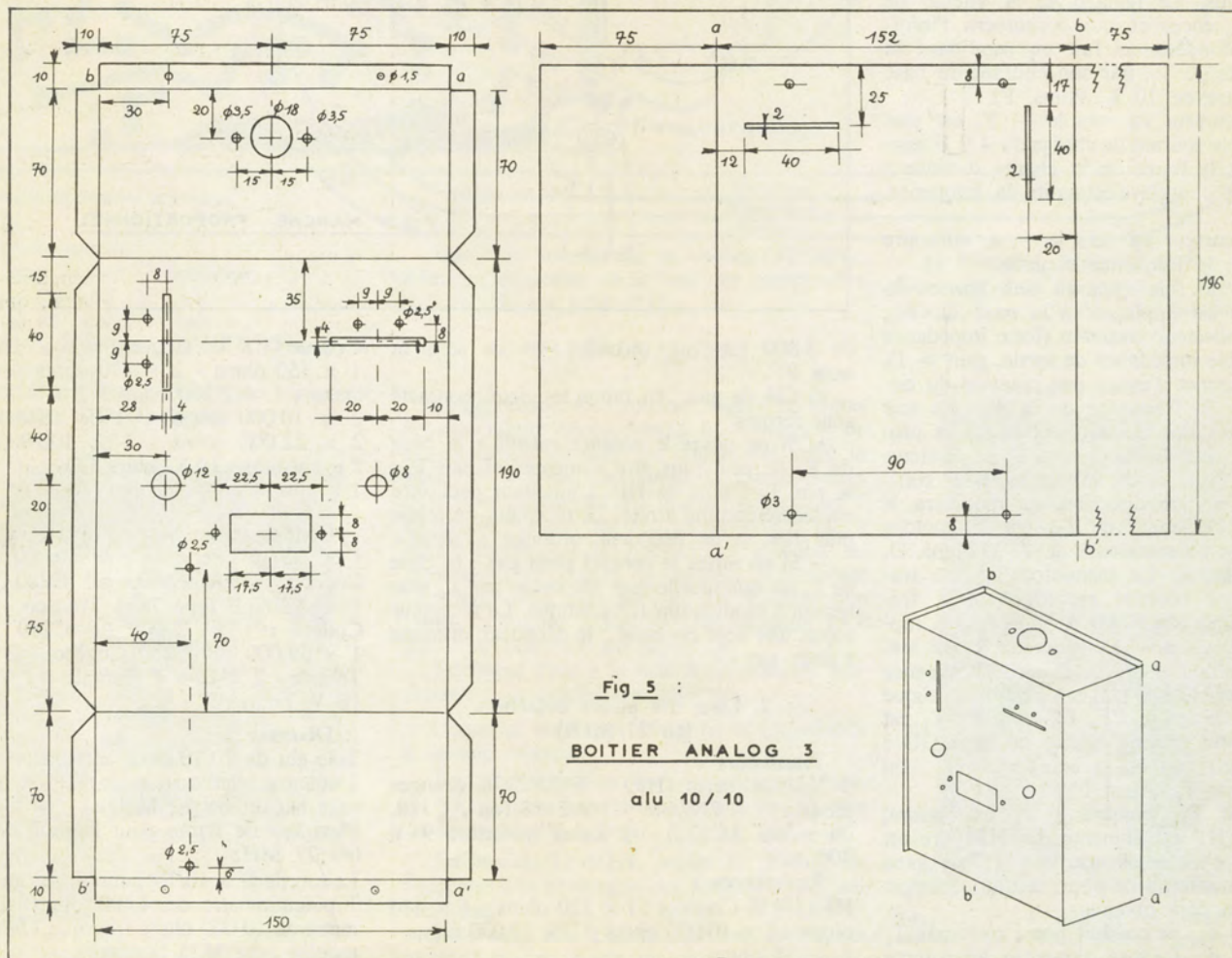


Fig 5 :

BOITIER ANALOG 3

alu 10 / 10

— L'information gaz sera obtenue par l'artifice de la note BF :

découpée, le servogaz est immobile dans la position qu'il occupe ;

transmise en permanence, elle donne le « plein gaz » ;

non transmise, elle donne le « ralenti ».

II. L'ÉMETTEUR

1. Analyse du schéma

(Voir Fig. 4)

La version 27 MHz présente de très grandes ressemblances avec le Mini 4.

a) **Partie HF.** Rigoureusement la même que celle du Mini 4. Mais le découpage de la porteuse se fait par le + au lieu de se faire par le -. On doit donc utiliser un transistor PNP, type AC188 (T_4) au lieu d'un NPN.

b) **Note BF.** C'est aussi le même montage avec l'unijonction T_5 et l'écrêteur T_6 . La résistance ajustable de 10 K. ohms règle la fréquence à 3 800 Hz, tandis que le potentiomètre de 10 K. ohms rend son rapport cyclique égal à 1.

c) **Partie découpage.** Les trois transistors T_7, T_8, T_9 constituent un générateur de courant en dents de scie (dit de Puckle). Le condensateur de $4 \mu F$ se charge à travers T_7 , monté à courant constant : la charge, donc la dent de scie, est linéaire (et non exponentielle, comme avec un unijonction monté simplement). La décharge brutale de ce condensateur se fait à travers T_8 . Elle est déclenchée par une sorte de bascule réalisée par T_8 et T_9 . La durée du retour étant réglée par le condensateur de 39 000 pF et la résistance de 100 K. ohms. Le réglage de la vitesse de charge (fréquence) et qui constituera l'information profondeur se fait en modifiant la conductibilité de T_7 , par son courant de base (potentiomètre de 10 K. ohms, P).

— Si le curseur va vers le +, T_7 est plus conducteur, le courant de charge du $4 \mu F$ augmente, donc la durée de la charge diminue : la vitesse de charge, c'est-à-dire la fréquence, augmente.

— Si le curseur va vers le -, le contraire se produit : la fréquence diminue.

La dent de scie apparaît aux bornes du $4 \mu F$. Elle est appliquée à la base de T_{10} , monté en collecteur commun (forte impédance d'entrée, faible impédance de sortie, gain = 1). Cet étage permet d'éviter une réaction du circuit T_{11} sur la fréquence de la dent de scie (donc une réaction de la direction sur la profondeur). T_{11} est monté comme T_6 en écrêteur. Le rapport cyclique devant varier, pour constituer l'information direction, on modifiera le potentiel de l'émetteur de T_{11} par le manche de direction : potentiomètre de 4 700 ohms, D.

d) **Modulation.** Le transistor T_{11} est traversé par un courant rectangulaire à fréquence variable (de 30 Hz à 90 Hz) et à rapport cyclique variable. Le transistor T_6 est traversé par un courant rectangulaire à fréquence fixe plus élevée (3 800 Hz) et à rapport cyclique constant de 1 : note BF. La base de T_4 est donc alimentée par un circuit du type OU : en effet, elle reçoit ou le courant de T_{11} , ou le courant de T_6 . Ainsi :

— **Quand T_{11} conduit :** T_4 est saturé, l'étage final HF est alimenté. La HF pure est transmise : c'est le **silence**, car T_6 est sans efficacité. En effet, il ne pourrait que renforcer la saturation déjà obtenue.

— **Quand T_{11} ne conduit pas :** c'est par T_6 que la base de T_4 sera alimentée au rythme

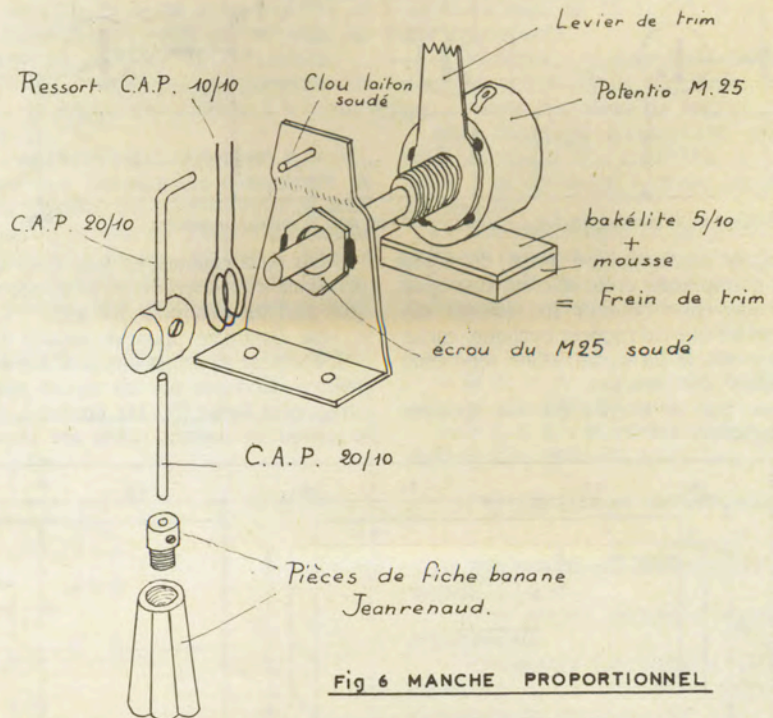
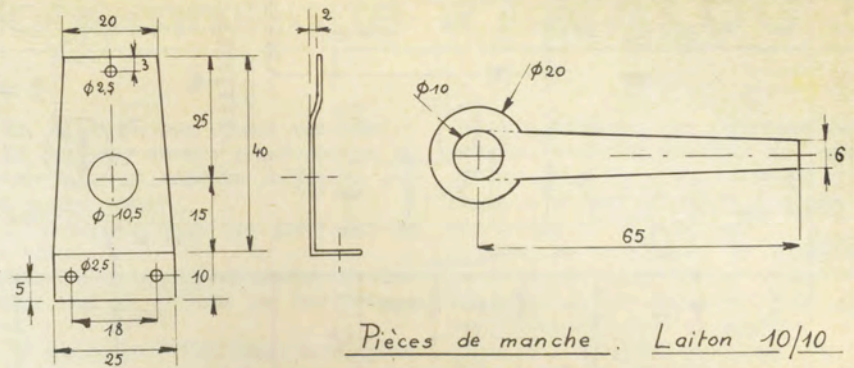


Fig 6 MANCHE PROPORTIONNEL

de 3 800 fois par seconde : et ce sera la note BF.

e) **Clé de gaz.** Au repos les deux contacts sont fermés.

— **Si on ouvre le contact ralenti :** la base de T_4 ne peut plus être alimentée ni par T_{11} , ni par T_6 : plus de HF. L'émetteur peut être considéré comme arrêté. Le récepteur ne reçoit plus rien et le décodeur ordonne « ralenti ».

— **Si on ouvre le contact plein gaz :** la base de T_4 est continuellement alimentée par T_6 seulement : modulation BF continue. Le récepteur reçoit une note continue : le décodeur ordonne « plein gaz ».

2. Liste des pièces détachées (en 27 MHz)

Transistors :

3 2N2926 verts (HF) - 6 2N2926 oranges (codeur) - 1 2N2646 - 1 AC188 (ou AC128, ou même AC132) - 1 Zener miniature 9 V 400 mW.

Résistances :

HF (1/8 W Cogéco) : 1 x 220 ohms - 1 x 470 ohms - 2 x 10 000 ohms - 1 x 22 000 ohms - 1 x 15 ohms.

Codeur (1/8 W Cogéco) : 1 x 100 ohms - 1 x 150 ohms - 2 x 470 ohms - 1 x 1 000 ohms - 1 x 2 200 ohms - 2 x 4 700 ohms - 2 x 10 000 ohms - 1 x 18 000 ohms - 2 x 22 000 ohms - 1 x 100 000 ohms - 2 x ajustables 10 K. ohms EO97AC Transco - 1 x ajustable 47 K. ohms EO97AC Transco.

Condensateurs :

1 x 22 pF Perle - 1 x 10 000 pF C280 Cogéco - 1 x 47 000 pF C280 Cogéco - 1 x 3/30 pF type 7864 Transco.

Codeur : 1 x 22 000 pF C280 Cogéco - 1 x 39 000 pF C280 Cogéco - 2 x $4 \mu F$ Tantale - 2 x $10 \mu F$ Tantale - 1 x 100 μF 16 V Transco.

Divers :

Tôle alu de 10/10 pour le boîtier.
1 antenne télescopique de 1,25 m (avec passage isolant en 72 MHz).
Plexiglass de 3 mm pour fixation de l'antenne (en 27 MHz).

Laiton de 8 à 10/10 pour pièces de manches.
1 potentiomètre de 4 400 ohms, 1 potentiomètre de 10 000 ohms (marque Ohmic à piste moulée type M25 linéaires).

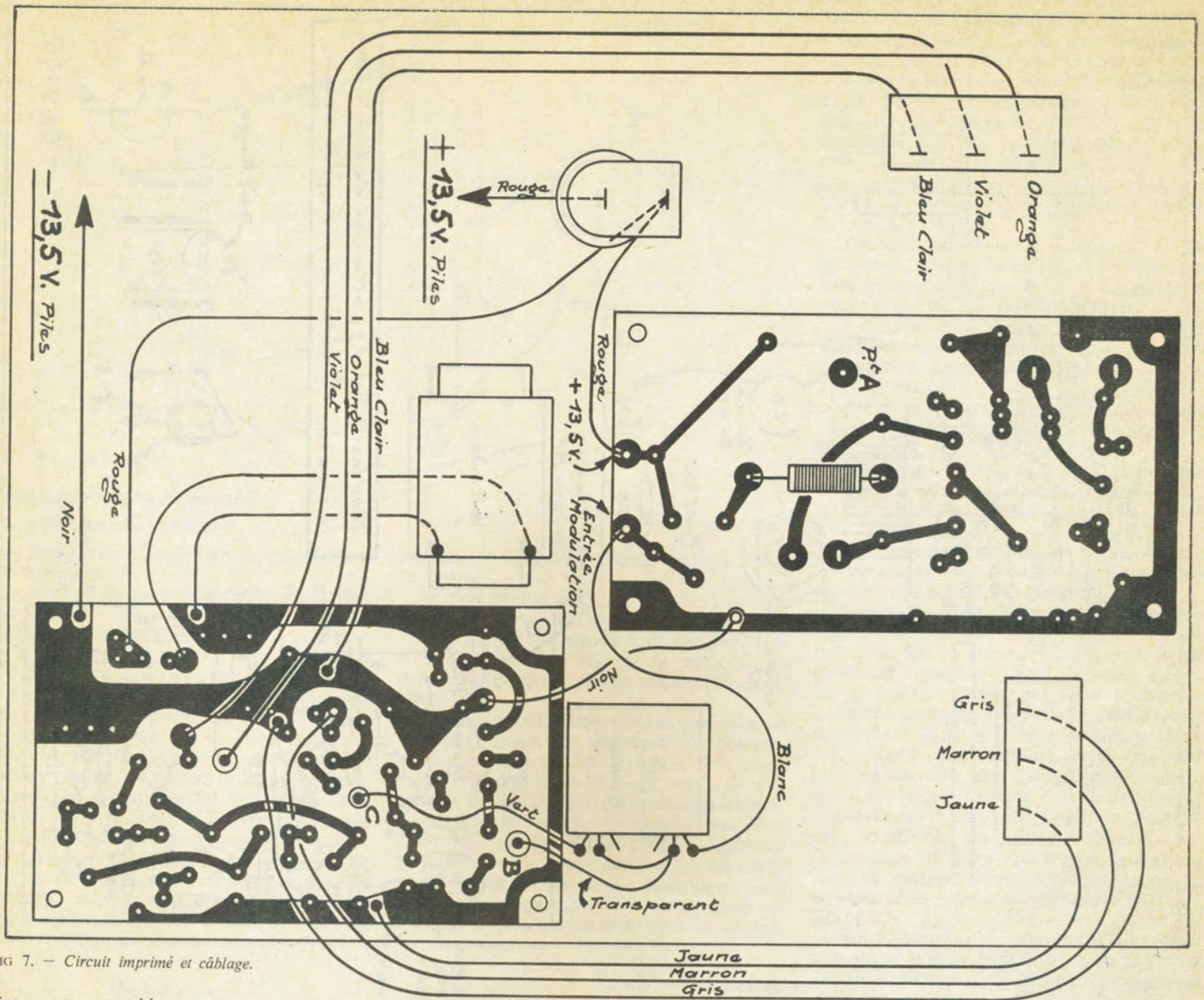


FIG 7. - Circuit imprimé et câblage.

- 1 interrupteur tumbler.
- 1 clé de gaz Reuter (2 positions).
- 1 vu-mètre Centrad OEC35.
- Visserie, fil de câblage, piles.
- En 27 MHz : 1 quartz bande 27 MHz, 1 jeu de bobinages HF.
- Ou en 72 MHz : 1 tête HF Reuter précablée 750 mW (chez RD, Toulouse).

N.B. : Si l'on choisit la version 72 MHz, il faudra supprimer de la liste des composants tout ce qui est noté « HF ».

b) Manches proportionnels. Voir Fig. 6. Découper dans du laiton de 8 à 10/10 deux jeux de pièces de manche. Souder le levier de

3. RÉALISATION

a) **Le boîtier.** On trouvera, figure 5, toutes les indications nécessaires à la réalisation de cet important élément. En comparant avec la photo n° 1 vous constaterez certaines petites différences provenant de l'utilisation en figure 5 d'une clé Reuter, au lieu de la grosse clé à lames visible sur la photo. Par ailleurs, les dimensions proposées permettent d'alimenter l'émetteur avec trois piles de 4,5 V, beaucoup moins coûteuses à l'achat que les deux 6 V 500 mA Voltabloc du prototype.

Découper l'alu à la scie à métaux, de préférence à la cisaille qui déforme.

Découper les fentes et les trous importants à la scie Abrafil.

Les pliages se font sur des pièces de bois de 150 mm de large (partie avant) et 152 mm de large (partie arrière).

En version 72 MHz, percer le passage de l'antenne à la dimension des rondelles isolantes fournis.

Les fentes de la partie arrière permettent le passage des leviers de trim.

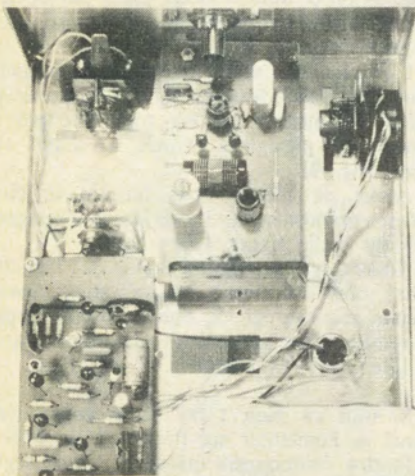


PHOTO 1. - L'émetteur Analog 3, version 27 MHz.

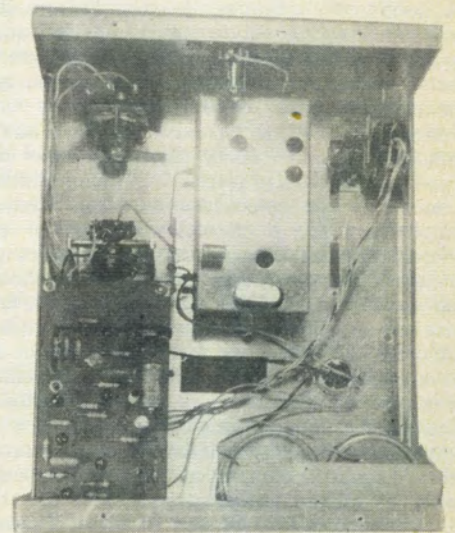


PHOTO 2. - L'émetteur Analog 3, version 72 MHz avec tête HF Reuter. Remarquer le transistor AC188 monté sur un relais à 4 cosses.

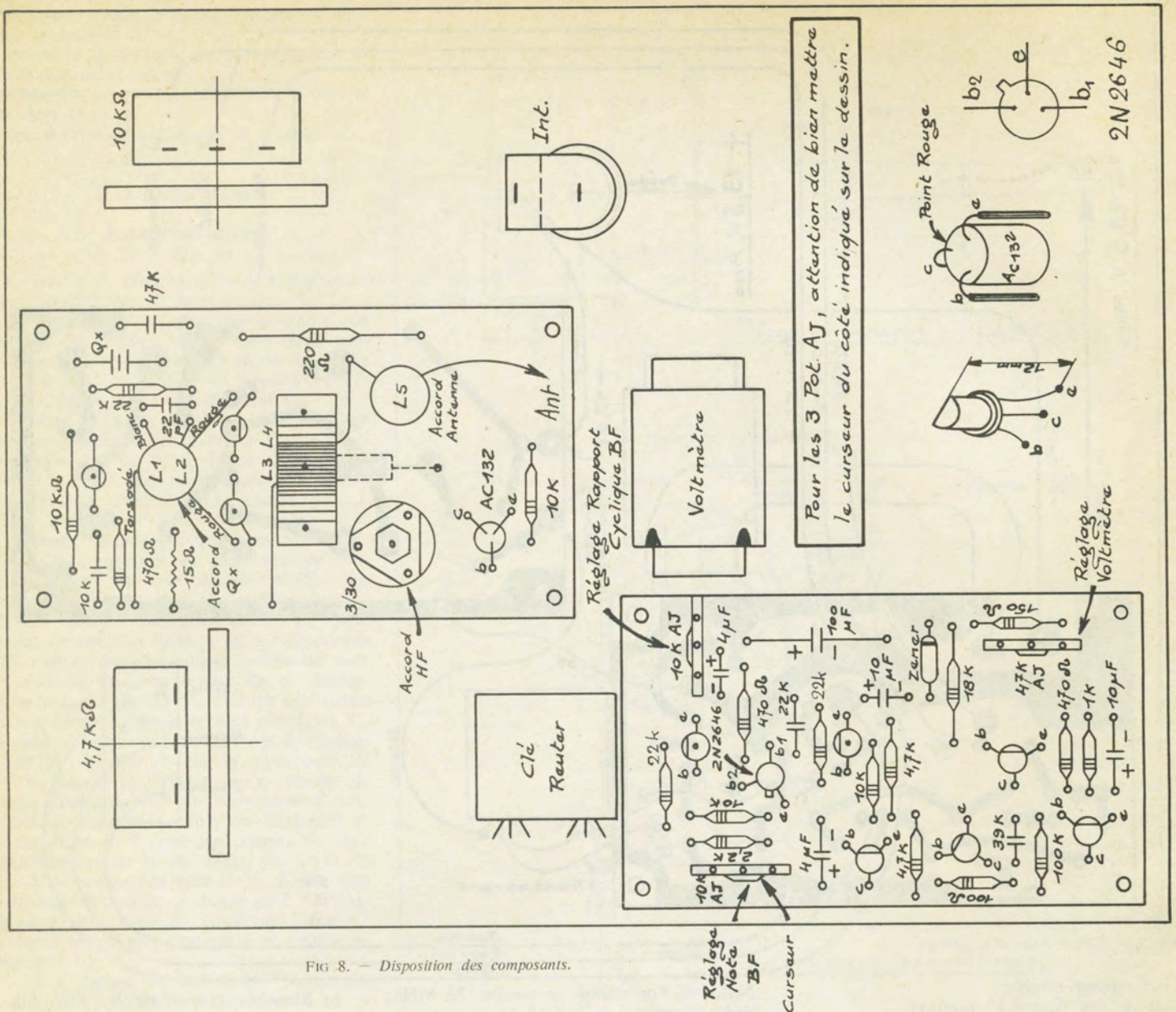


FIG. 8. — Disposition des composants.

trim sur le corps du potentiomètre M₂₅ (4 points de soudure). Souder l'écrou du potentiomètre sur l'équerre, de manière que, en position de fonctionnement, ce potentiomètre puisse tourner sur cet écrou, quand on manœuvre le levier de trim.

Souder la butée fixe (clou laiton de 2 mm). Souder les C.A.P. 20/10 dans des trous de 2 mm percés dans la pièce d'axe (demi-prolongateur d'axe de potentiomètre radio). Monter l'ensemble (avec le ressort) sur le boîtier en intercalant entre le corps du potentiomètre et la tôle d'aluminium, une épaisseur de caoutchouc mousse et une plaquette de bakélite 5/10, faisant office de frein de trim. Il reste à régler les pattes du ressort de manière à éliminer le jeu au neutre. Ce ressort aura été assez tendu pour assurer un retour au neutre énergétique. Ces manches fonctionnent parfaitement, le trim étant accessible derrière le boîtier à un endroit tel qu'il ne nécessite pas de déplacement de la main, ce qui en vol est appréciable.

c) **Bobinages HF.** Version 27 MHz. Ils sont strictement identiques à ceux du Mini 4. Se reporter à la description de cet ensemble pour en avoir les caractéristiques.

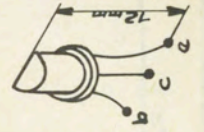
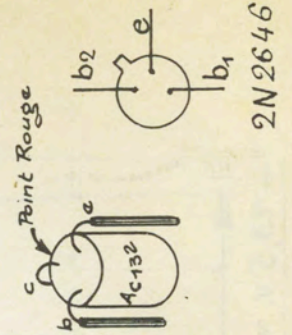
d) **Circuits imprimés.** Voir Fig. 7. Utiliser la technique exposée dans les articles précédents. Il n'y a d'ailleurs aucune difficulté particulière.

e) **Câblage.** Voir Fig. 7 et 8. L'émetteur est éprouvé : il doit fonctionner du premier coup. Donc, inutile de « finasser ». Souder les divers composants après les avoir contrôlés. Attention au sens des transistors, de la diode Zener, des condensateurs chimiques (surtout pour les tantales). Respecter dans la mesure du possible les couleurs des fils. La figure 7 représente le câblage vu à travers le panneau avant (comme s'il était installé).

f) **Mise au point.** Il est prudent de commencer par une vérification du fonctionnement de la partie HF. Souder un témoin HF entre le point A et la masse (ampoule de 6 V, 50 mA). Intercaler dans l'alimentation un milliampèremètre de 100 mA. Relier, par un fil de câblage, le collecteur et l'émetteur du AC188 de manière à l'éliminer.

Visser le noyau de L₁ au cœur de l'enroulement, le 3/30 pF aux trois quarts de sa course. Brancher les piles en faisant très attention à la polarité.

Pour les 3 Pot. AJ, attention de bien mettre le curseur du côté indiqué sur le dessin.



Régulateur Voltmètre

Régulateur Note BF
Curseur

Le témoin HF doit immédiatement s'allumer. Régler au maximum de luminosité par le 3/30 pF. Dévisser le noyau de L₁ pour faire décrocher le pilote, puis revisser pour retrouver l'oscillation et ajouter deux tours par sécurité.

La consommation de la platine HF est de 35 mA environ.

Ces résultats étant obtenus, supprimer le pont du AC188. Monter dans le boîtier et raccorder à l'antenne qui est supportée par une équerre de plexiglass formée à chaud (voir détail Fig. 9).

Avant de mettre sous tension le circuit codeur, répositionner les différents réglages en s'aidant de la figure 10.

Toutes les interconnexions de l'émetteur étant bien vérifiées, mettre sous tension. Mettre le mesureur de champ oscilloscopique en service (gain vertical au maximum, gamme 2). Déployer les antennes.

Si tout va bien : on verra apparaître le signal de l'émetteur sur l'écran. Voir Fig. 11. Il faudra évidemment procéder à un réglage de l'oscilloscope pour avoir ce résultat. On pourra alors régler l'émetteur.

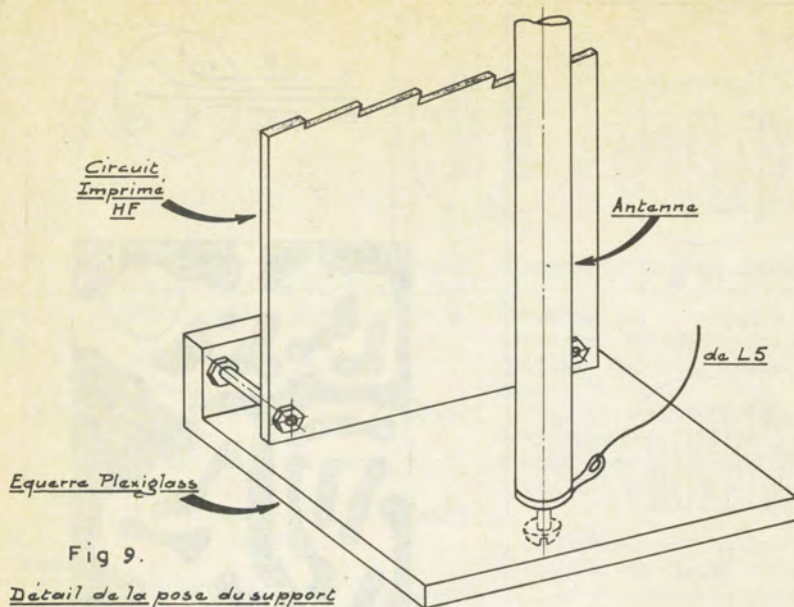


Fig 9.

Détail de la pose du support inférieur de l'antenne

— Réglage du 3/30 pF : au maximum d'amplitude du signal.

— Réglage du rapport cyclique de la note BF : envoyer « plein gaz » (note BF continue). Passer l'oscilloscope en gamme 3 ou 4. Observer le signal reçu et agir sur le potentiomètre de 10 K. ohms pour avoir un rapport cyclique de 1. Ce réglage réagissant sur la fréquence de la note, il faut retoucher au fur et à mesure la fréquence de balayage de l'oscilloscope.

— Voie direction : manche de direction à zéro, trim à zéro, le rapport cyclique du signal transmis par l'émetteur doit être voisin de 1 (rapport entre la durée de la note et la durée du silence). En cas d'écart notable, rattraper le décalage en desserrant la vis pointeau de l'axe du potentiomètre de 4 700 ohms et en le tournant alors, sans bouger le manche, dans le sens convenable. Il est d'ailleurs inutile de

figoler ce réglage sur lequel on sera obligé de revenir.

— Voie profondeur : on ne peut pas faire de calage convenable pour le moment.

— Note BF : on pourra contrôler qu'elle est de l'ordre de 3 800 Hz par la méthode des figures de Lissajous, si l'on dispose du générateur BF.

— Réglage voltmètre : remarquez que le voltmètre mesure la différence de potentiel existant entre le + 13,5 V et le + 9 V stabilisés, cette disposition donnant une « amplification » de la variation de la tension alimentation. Amener l'aiguille du vu-mètre aux trois quarts de l'échelle, en tournant la résistance ajustable de 47 K. ohms, ainsi on pourra considérer les piles comme bonnes jusqu'au moment où l'aiguille n'indiquera plus qu'un quart de l'échelle. Il faut évidemment faire ce réglage

avec des piles neuves.

En cas d'ennui : il faut alors contrôler le montage méthodiquement :

— Partie HF. Il faut arriver à l'allumage du témoin HF et à la consommation de 35 mA. S'assurer que le pilote oscille. En cas de doute, dessouder les deux extrémités de L_2 et les relier, en intercalant une diode genre OA70, à un contrôleur (en milliampère-mètre 1 mA \Rightarrow). S'il y a oscillation, le contrôleur indique 0,75 mA environ.

De toute façon, si les bobinages ont bien les caractéristiques indiquées, si les transistors sont bons et bien branchés, si le quartz est actif, le circuit HF doit fonctionner.

— Codeur. Nous donnons, en figure 11, les différents oscillogrammes relevés. Il est conseillé d'enlever le quartz pour faire ces mesures, faute de quoi le cordon de l'oscilloscope peut capter de la HF et amener de telles perturbations des oscillogrammes qu'ils deviennent inutilisables.

Par ailleurs, le schéma (Fig. 4) porte l'indication des tensions continues mesurées avec un contrôleur 10 à 20 000 ohms/V, le — étant à la masse.

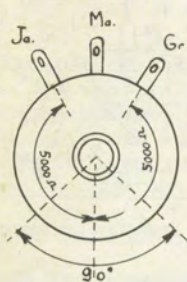
Pour cette partie encore, un défaut de fonctionnement ne peut provenir que d'une erreur ou d'un composant défectueux.

Version 72 MHz. Supprimer tout ce qui a trait à la partie HF 27 MHz. On distingue fort bien, sur la photo n° 2, le petit boîtier contenant le module Reuter. Ce boîtier est fixé sur le panneau avant par deux boulons de 2 mm traversant les pattes de fixation. Comme le transistor T_4 ne se trouve pas sur le circuit HF, il faut le souder sur les cosses d'un morceau de barrette relais, bloqué par l'intermédiaire du boulon d'angle du CI codeur. La résistance de 15 ohms est supprimée. Le montage ne présente donc aucune difficulté.

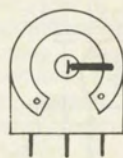
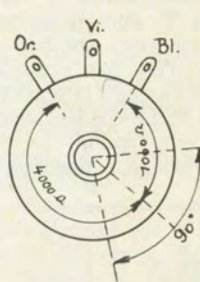
La sortie HF étant vers le haut, utiliser une pièce de passage d'antenne isolée, permettant de sortir cette antenne complètement (RD également).

N.B. : Attention, ne jamais relier directement à la masse le fil de base de T_4 , c'est-à-dire l'un des fils arrivant à la clé Reuter, car cela détériore le transistor.

Profondeur



Direction



Note BF

Rcycl BF

Voltm.

Fig 10 Répositionnement réglages émetteur

III. LE RÉCEPTEUR

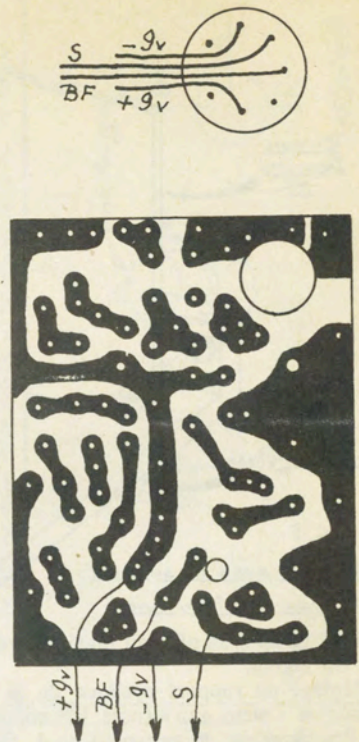
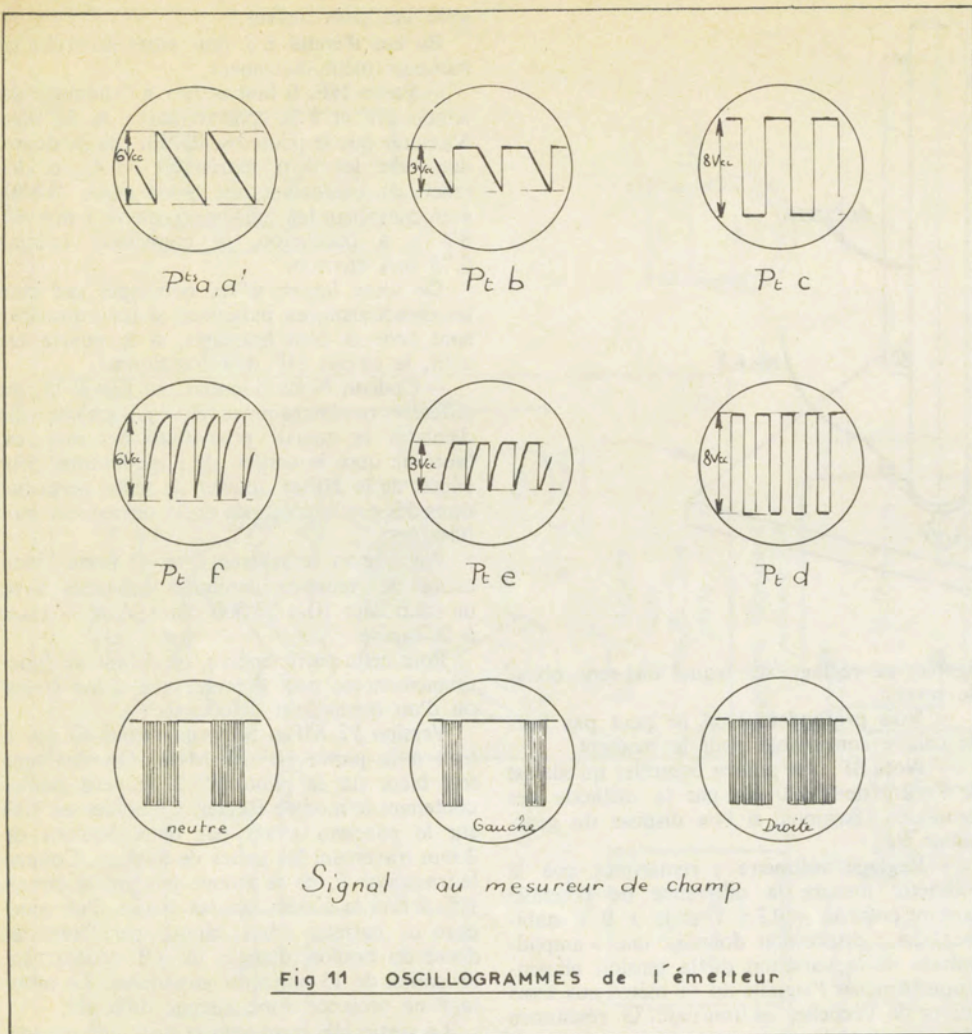
Le signal transmis par l'émetteur analogique est difficile à passer : il contient en effet, à la fois des fréquences hautes, le 3 800 Hz et des fréquences basses, le 50 Hz. Pour passer correctement, sans déformation un tel signal, il faut un récepteur à bande passante suffisamment large. Or les superhétérodynes à transfo FI du commerce (genre RX129S) sont trop sélectifs.

Deux solutions sont possibles :

— Un superhétérodyne à bande large, tel celui décrit par nous dans le numéro spécial de radiocommande de décembre 1965. C'est malheureusement une solution à la fois assez coûteuse et difficile.

— Un récepteur à super-réaction, qui convient parfaitement compte tenu de sa faible sélectivité. Revers de la médaille : les risques de brouillage. C'est pourquoi nous vous proposons à la fois une version 27 MHz et une version 72 MHz. Si vous avez la chance d'habiter une région « tranquille », la première vous convient. Sinon, choisissez la seconde, le 72 MHz étant tout de même plus dégagé.

Passons donc maintenant à l'étude de ce récepteur particulier.



1. Analyse du schéma

(Voir Fig. 12)

Les transistors T_1 à T_4 sont montés de manière parfaitement classique. Pour passer en 72 MHz, on change évidemment L_a , le condensateur de réaction collecteur-émetteur du AF125 passe de 47 pF à 15 pF, et on ajoute un condensateur de 1,5 pF en série avec l'antenne. A la sortie de l'amplificateur BF, le signal est envoyé sur un filtre BF accordé sur 3 800 Hz. On met ainsi en évidence la note BF qui bénéficie de la résonance, alors que

les tensions parasites (souffle, oscillation de super-réaction) sont éliminées. (Voir oscillogramme a de la Fig. 15).

Dès que l'amplitude utile de la note dépasse 0,5 V, le transistor T_5 conduit. Nous retrouvons donc sur le collecteur, le signal amplifié, bien écrit et propre (oscillogramme b Fig. 15). On l'applique alors à T_6 dont le mécanisme de fonctionnement est assez spécial.

Au repos, ce transistor n'est pas polarisé (base au - par la self). Il est bloqué : la tension au point S est donc de +9 V. Le condensateur de 0,1 μF se charge à cette tension.

Quand une impulsion débloque momentanément

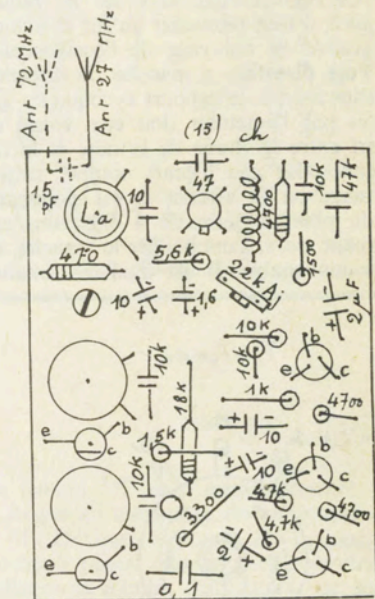


Fig 14. - Disposition des composants.

ment T_6 , celui-ci conduit : il décharge brusquement le condensateur et la tension S tombe à -9 V.

A la fin de l'impulsion, il faudra pour revenir à la situation de repos, un temps correspondant au temps de recharge du 0,1 μF à travers la 3 300 ohms.

Par contre, si une série d'impulsions vient très vite après la première, le condensateur n'a pas le temps de se recharger et la tension S reste de -9 V.

C'est bien ce qui se passe avec la BF découplée transmise :

— **Pendant les silences** : aucune impulsion n'arrive sur T_6 : S reste à +9 V.

— **Pendant la note**. Les impulsions BF (3 800 par seconde) font passer S à -9 V et l'y maintiennent.

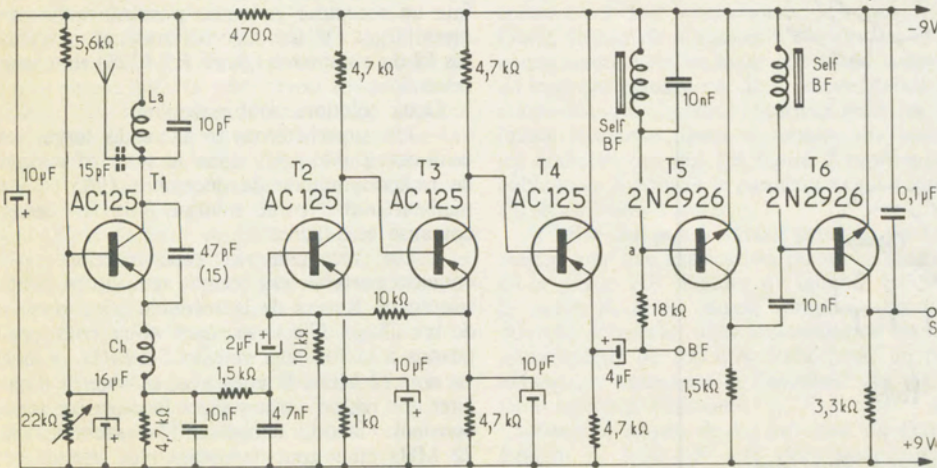


Fig 12. - Schéma du récepteur.

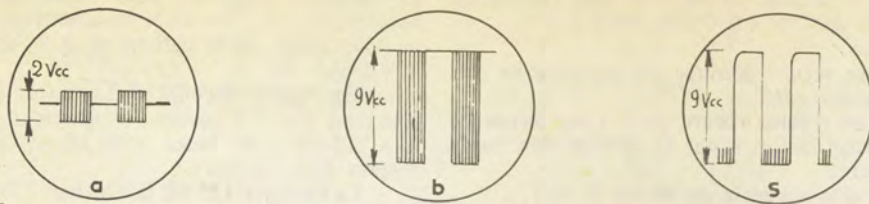


FIG 15.

On retrouve donc en S un signal rectangulaire reconstituant celui de l'émetteur, avec quelques imperfections (voir oscillogramme S, Fig. 15).

- Résidu BF au « fond » du signal.
- Flancs montants exponentiels.

Ce signal sera envoyé à l'entrée du décodeur.

2. Liste des pièces détachées

Transistors :

1 × AF125 (27 MHz) ou un AF124 (72 MHz)
- 3 × AC125 - 2 × 2N2926 verts.

Résistances :

1 × 470 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 1 000 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 1 500 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 3 300 ohms 1/8 W Cogéco - 5 × 4 700 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 5 600 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 10 000 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 18 000 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 22 000 ohms ajustable Dralowid GSr887.

Condensateurs :

1 × 1,5 pF Perle (en 72 MHz) - 1 × 10 pF Perle - 1 × 47 pF Perle (15 pF en 72 MHz) - 3 × 10 000 pF C280 Cogéco - 1 × 47 000 pF C280 Cogéco - 1 × 0,1 μF C280 Cogéco - 1 × 1,5 μF Tantale - 1 × 2 μF Tantale - 1 × 4 μF Tantale - 3 × 10 μF Tantale.

Divers :

L_a en 27 MHz : 9 spires fil émail-soie 45/100 sur mandrin Lipa 8 mm - L_a en 72 MHz : 4 spires fil de câblage 7/10 plastique sur mandrin Lipa 8 mm - C_h : identique à celle de l'émetteur - 2 filtres BF Reuter ordinaires de fréquence 1080 Hz. On n'utilisera pas les condensateurs d'accord fournis. Seul le premier bobinage est accordé sur 3 800 Hz par un 10 000 pF C280. 1 bouchon 7 broches, fil souple SM485. 1 boulon de 2 mm avec écrous et rondelles.

3. Réalisation (photo 3)

a) Le CI, figure 13.

Rien de particulier à signaler : c'est une extension du CI du Mini 4.

b) Pose des composants.

Les AC125 sont montés à l'envers, tête sur le CI, avec leurs fils isolés par du petit souplisso plastique. Les selfs Reuter sont immobilisées par l'intermédiaire d'un morceau de fil de câblage nu soudé sur le circuit imprimé

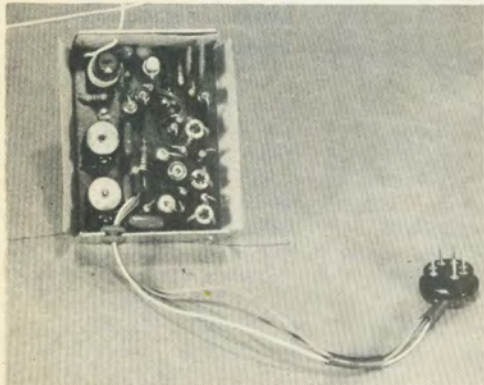


PHOTO 3. - Récepteur superréaction Analog 3, version 72 MHz.

et traversant le rivet tubulaire auquel il sera aussi soudé. On pourra parfaire la rigidité mécanique, par un collage à l'araldite. Ne pas tendre les fils de sortie, mais laisser au contraire, une petite boucle. Le fil d'antenne mesure 75 cm.

Tous les composants soudés (sans erreur), limer les soudures et l'écrou du mandrin Lipa. Installer alors le CI dans un boîtier conforme à celui de la figure 12 de l'article sur le Mini 4.

c) Vérification et réglage.

Brancher un casque entre le point BF et

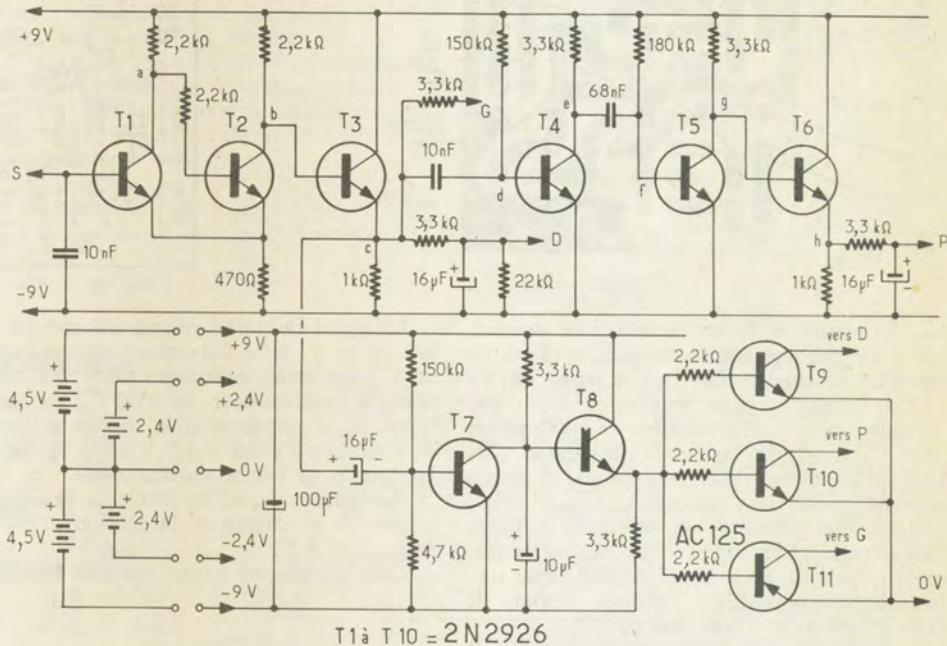


FIG 16. - Schéma du décodeur.

la masse : on doit entendre le souffle caractéristique de la super-réaction.

Mettre l'émetteur en service : si l'accord du récepteur est à peu près bon, on entend le signal : ronflement puissant (50 Hz) sur un fond aigu (3 800 Hz).

Fignoler l'accord à grande distance, en même temps que le réglage de sensibilité. (Par la 22 000 ohms A_j .)

Revenir à l'atelier et brancher l'oscilloscope aux bornes du filtre accordé BF. Toujours intercaler juste au point de branchement, une résistance de 2 200 ohms dans chaque conducteur de l'oscillo, de façon à éviter des phénomènes parasites. On obtient l'oscillogramme a figure 15.

Régler la fréquence de la note BF de l'émetteur (ajustable de 10 000) pour avoir le maximum d'amplitude.

Vérifier alors les oscillogrammes b et S. Ne pas trop rapprocher les deux antennes afin d'éviter des anomalies résultant d'une saturation du récepteur.

Ne pas rentrer l'antenne de l'émetteur, cela pouvant provoquer une déformation du signal transmis.

Récepteur :

- Consommation au repos : 5 mA;
- Consommation en régime découpé : 6 à 8 mA;
- Poids en boîtier : 60 g.

IV. LE DÉCODEUR

1. Analyse du schéma (Fig. 16)

a) Direction.

Le signal de sortie du récepteur est appliqué à la base de T_1 .

Les transistors T_1 et T_2 sont montés en « trigger de Schmidt ».

T_1 et T_2 ont pour rôle de rendre parfait le signal de sortie qui ne l'était pas. On retrouve donc sur le collecteur de T_2 ce signal parfait.

- Bien rectangulaire, calibré en amplitude et de rapport cyclique variable avec la position du manche direction de l'émetteur.

T_3 , monté en collecteur commun, donne « du muscle » à ce signal, sans l'amplifier en tension, mais en puissance, de telle sorte qu'on pourra l'utiliser sans faire varier ses caractéristiques.

La tension moyenne (ou efficace) est « lue » par un circuit intégrateur (3 300 ohms et 16 μF) qui élimine l'alternatif pour garder le continu, et finalement envoyée vers l'entrée D de l'amplificateur du servo de direction.

b) Profondeur.

Le signal rectangulaire de sortie trigger est envoyé par un 10 000 pF vers T_4 . Cette valeur du condensateur de liaison est beaucoup trop faible pour assurer un passage correct des paliers horizontaux, de telle sorte qu'il se produit une forte différenciation du signal. Voir oscillogramme d de la figure 19.

Or T_4 est normalement saturé par la 150 K. ohms, les pointes positives ne font que renforcer cette saturation : elles sont sans effet

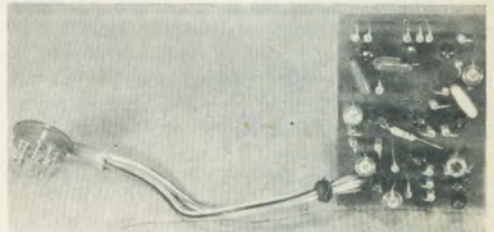


PHOTO 4. - Le décodeur Analog 3.

et d'ailleurs court-circuitées par la jonction de base de T_4 (d'où leur disparition en d avec T_4). Par contre les pointes négatives viennent en opposition au positif amené par la 150 K.ohms : elles bloquent T_4 pendant un temps t , fonction à la fois de C (le 10 000 pF) et de R (la 150 K.ohms) et donné par la formule :

$$t = R.C. \log 2 \approx 0,69 R.C.$$

Résultat : sur le collecteur de T_4 on a des impulsions positives (oscillogramme *e*) déclenchées par les fronts descendants du signal initial et qui se répètent à la même vitesse que

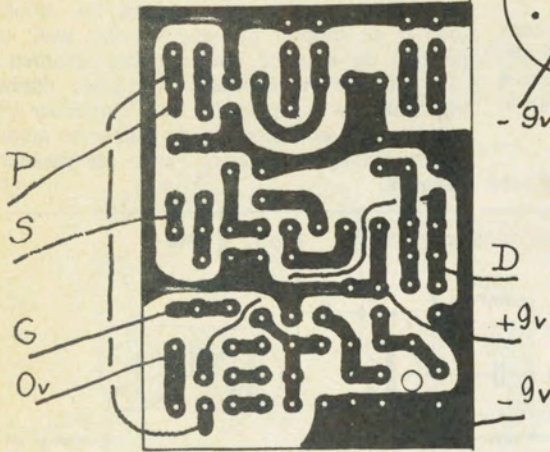


FIG 17. - Circuit imprimé.

lui. Par contre les fronts montants ne donnent rien : **Le changement du rapport cyclique de direction ne change plus rien à partir de T_4 .**

Ces impulsions sont transmises à T_5 par un autre circuit différentiateur (68 000 pF et 180 K.ohms) de constante de temps plus longue. Ce circuit différencie moins, et donne le signal visible en *f* (sans T_5).

Le même processus se reproduit : T_5 se bloque pendant un temps t_1 donné par la formule $t_1 = 0,69 R.C.$ et qui dépend donc uniquement des valeurs choisies pour R (180 K.ohms) et C (68 000 pF).

On recueille ainsi sur le collecteur un signal rectangulaire dont la durée t_1 de l'alternance positive est constante (indépendance des positions des manches) mais dont l'alternance négative dure un temps t_2 :

$t_2 =$ durée du cycle du signal initial - t_1
 En modifiant donc, par le manche de profondeur, la vitesse de répétition :

- on allonge t_2 en diminuant la fréquence du découpage ;

- on raccourcit t_2 en l'augmentant.

Or le rapport cyclique du signal ainsi fabriqué est :

$$R_{cycl} = \frac{t_1}{t_2} \text{ (constant)}$$

$$t_2 \text{ (variable)}$$

Ce rapport cyclique est donc variable et dépend uniquement de la fréquence du signal de découpage, donc de la position du manche de profondeur de l'émetteur. Il suffit alors de la même manière que pour la direction de « lire » la tension moyenne, pour obtenir la tension variable de profondeur, laquelle sera envoyée vers l'entrée P du servo de profondeur.

c) **Gaz et sécurité (fail-safe).**

Pendant la note BF : T_1 est bloqué, T_2 est saturé : la sortie c est à + 2 V.

Pendant le silence : T_1 est saturé, T_2 est bloqué : la sortie c est à + 9 V.

Cette tension est envoyée vers l'entrée de l'ampli gaz via une 3 300 ohms.

Mais :

- **en régime découpé :** le servogaz ne doit pas fonctionner ;

- **en régime « ordre gaz » :** les servos de gouverne doivent rester au zéro et non partir en butée.

D'où la nécessité du circuit T_7 à T_{11} .

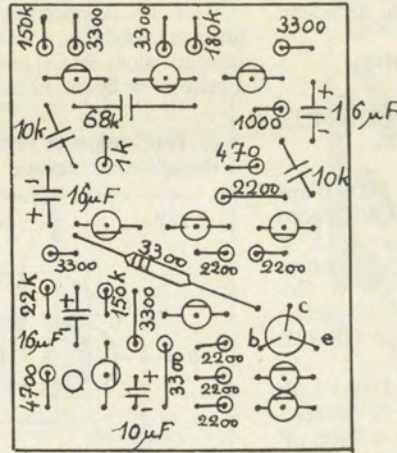
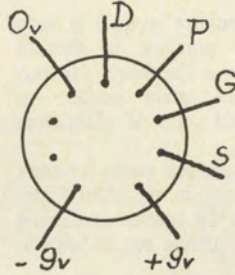


FIG 18. - Pose des pièces.

Le signal de sortie trigger est envoyé sur la base de T_7 et le fait passer alternativement au blocage et au déblocage. Dans ces conditions, le condensateur de $10 \mu F$, n'a pas le temps de se recharger et la tension collecteur T_7 reste basse : 0,5 à 1,5 V selon le rapport cyclique et la vitesse du découpage.

Par contre, quand on arrête le découpage, le $10 \mu F$ se charge et la tension collecteur passe à + 9 V.

Cette tension est « musclée » par T_8 , monté

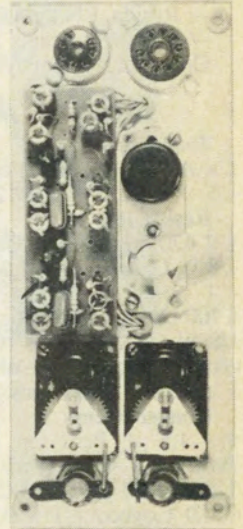
en collecteur commun, puis appliquée aux bases de T_9, T_{10}, T_{11} dont les émetteurs sont au point milieu de la batterie de 9 V, donc à + 4,5 V.

- **En régime découpé :** Les trois bases sont donc à + 1 V environ, les émetteurs étant à + 4,5 V : les bases sont négatives par rapport aux émetteurs.

- **Le PNP AC125** est conducteur : l'entrée de l'ampli est au point milieu batterie : le moteur gaz ne tourne pas.

- **Les NPN 2N2926** sont bloqués ; les sorties D et P sont normalement reliées aux servos

PHOTO 5. - La platine des servomécanismes de l'Analog 3



D et P qui se positionnent en fonction des manches.

- **En régime non découpé :** Les trois bases sont à + 9 V, les émetteurs à + 4,5 V donc bases positives par rapport aux émetteurs.

- **Le PNP AC125** est bloqué : la sortie trigger est reliée à l'entrée du servogaz.

- **Si l'émetteur transmet une note continue,** cette sortie trigger est à + 2 V (négative par rapport au point milieu batterie) : le servogaz tourne dans le sens « plein gaz ».

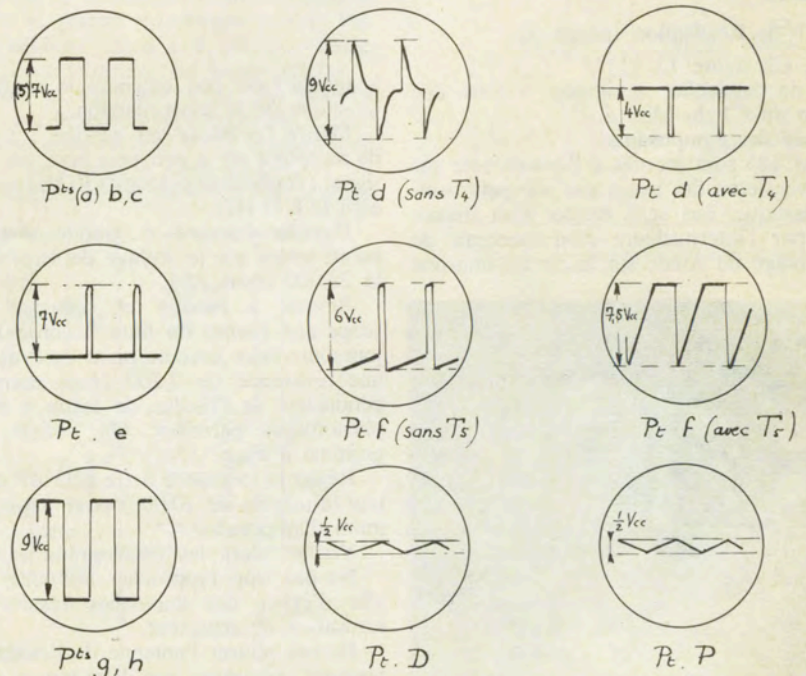


Fig 19 OSCILLOGRAMMES du décodeur.

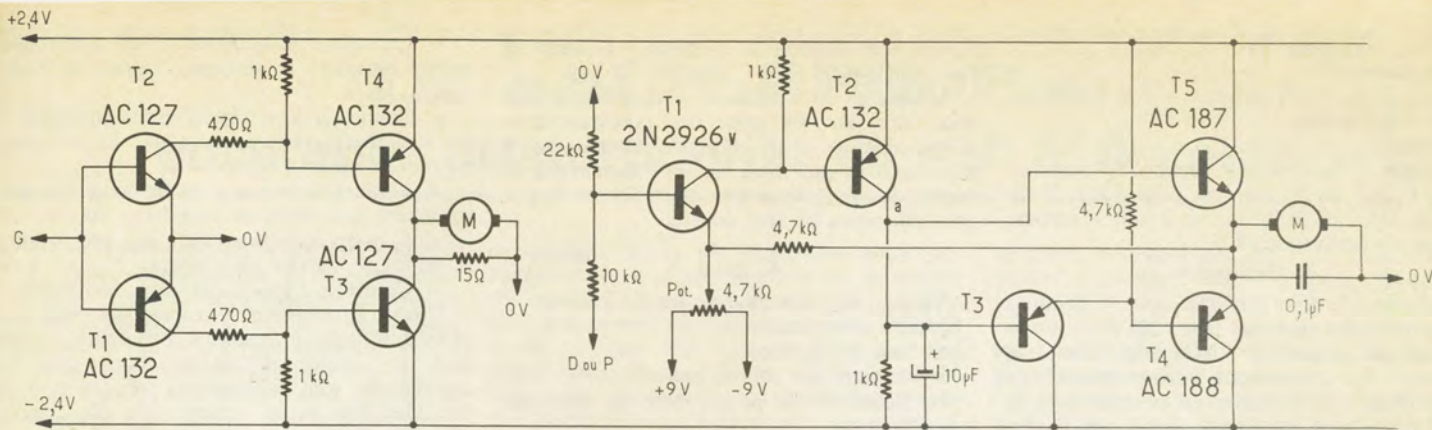


FIG. 20. — A gauche schéma de l'ampli gaz, à droite schéma de l'ampli proportionnel.

— Si l'émetteur transmet un silence, la sortie trigger est à +9 V (positive par rapport au point milieu) : le servogaz tourne dans le sens « ralenti ».

— Les NPN 2N2926 sont conducteurs et les entrées D et P des amplis de gouvernes sont reliées au point milieu batterie : celles-ci viennent au neutre.

On remarque :

— un ordre de gaz perturbe les voies proportionnelles. Mais ces ordres étant toujours très brefs, en vol, cela n'est pas du tout gênant, à condition de monter l'ensemble sur un avion lent ;

— en cas de perte de liaison, le décodeur interprète en « silence continu ». Il amène les gaz au ralenti et les gouvernes au neutre. On

3. Réalisation (photo n° 4)

Elle ne présente aucune difficulté. Réaliser le CI (voir Fig. 17). Souder les composants en suivant la figure 18. Attention comme d'habitude au sens des transistors, des condensateurs chimiques. Limer les soudures. Puis souder, bien à plat, les dépôts de sept fils du bouchon et les deux fils d'interconnexion. Le décodeur fonctionne, sans aucun réglage, la dernière soudure effectuée. L'installer dans un boîtier standard, avec cartons d'isolement et mousse plastique.

Décodeur :

- Consommation au repos : 19 à 20 mA.
- Consommation en régime découpé : 17 à 25 mA.
- Poids en boîtier : 47 g.

Au repos, T₁ et T₂ sont en fait, juste assez conducteurs pour amener a au potentiel 0V : les trois transistors de sortie sont alors bloqués et le moteur est immobile. Un condensateur de 10 μF a été ajouté entre a et le - de manière à filtrer le résidu d'alternatif provenant du décodeur. On réduit ainsi la consommation de repos. La 4 700 ohms reliant le moteur à l'émetteur de T₁, joue le rôle de « frein électrique » et arrête la gouverne juste à l'endroit désiré, de façon à éviter l'entrée en oscillation du système (dépassement, recul, redépassement...).

La 22 000 ohms de base de T₁ donne le neutre, quand le décodeur n'est pas branché. La 10 000 ohms permet un réglage de l'amplitude de la course.

b) Ampli de gaz.

C'est beaucoup plus simple :

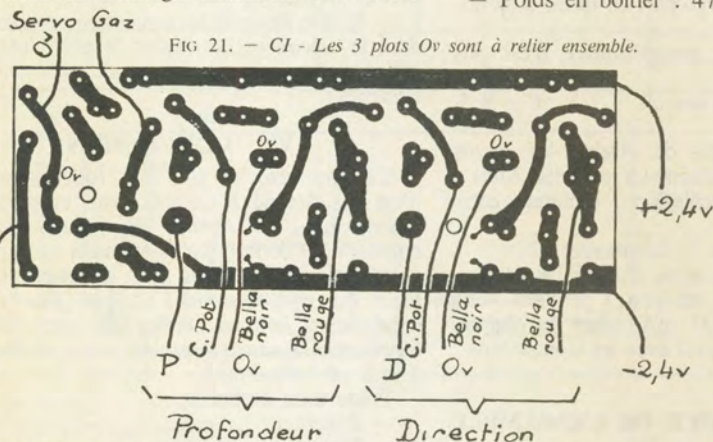


FIG. 21. — CI - Les 3 plots 0v sont à relier ensemble.

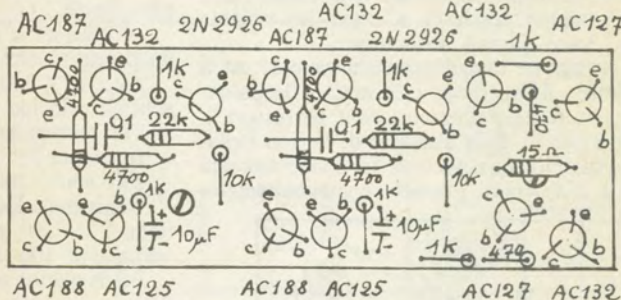


FIG. 22. — Pose des pièces.

obtient ainsi une sécurité appréciable sur un avion autostable (aile haute à dièdre important).

De même dans ce cas, si le pilote débutant « panique », il envoie « ralenti » en maintenant et, si l'avion est assez haut, il se rétablira seul, moteur au ralenti. Il suffit de relâcher alors l'ordre et de reprendre le pilotage en redonnant éventuellement un peu de gaz.

2. Liste des pièces détachées

Transistors :

10 × 2N2926 oranges - 1 × AC125.

Résistances :

1 × 470 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 1 000 ohms 1/8 W Cogéco - 6 × 2 200 ohms 1/8 W Cogéco - 7 × 3 300 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 4 700 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 22 000 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 150 K.ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 180 K.ohms 1/8 W Cogéco.

Condensateurs :

2 × 10 000 pF C280 Cogéco - 1 × 68 000 pF C280 Cogéco - 3 × 16 μF Tantale et 1 × 10 μF Tantale.

Divers :

1 bouchon 9 broches - Fil souple SM485.

V. LES AMPLIS DE SERVOS

1. Analyse du schéma

a) **Amplis proportionnels :** (D et P) Ils ont tous les deux le même schéma (partie droite de la Fig. 20).

Leur fonctionnement est relativement complexe et nous l'analyserons assez vite.

Le moteur tourne dans un sens quand T₅ est conducteur (soit a positif par rapport au point milieu batterie (0V)).

Il tourne dans l'autre sens quand T₃ et T₄ sont conducteurs (soit a négatif...).

Sur la base de T₁, on applique la tension du décodeur (D ou P).

Sur son émetteur, la tension « lue » par le potentiomètre de gouverne.

Quand il y a une différence rendant la base positive, T₁ et T₂ sont débloqués : a passe à +2,4 V et le moteur tourne dans un sens tel qu'il ramène les deux tensions à égalité.

Quand il y a une différence rendant la base négative, T₁ et T₂ sont bloqués, a passe à -2,4 V et le moteur rattrape l'écart en tournant dans l'autre sens.

— **Entrée a 0 V :** tous les transistors sont bloqués.

— **Entrée négative.** T₁ et T₃ sont conducteurs : le moteur tourne dans le sens plein gaz.

— **Entrée positive.** T₂ et T₄ sont conducteurs : le moteur tourne vers ralenti.

2. Liste des pièces détachées

a) Pour un ampli de servo :

Transistors :

1 × 2N2926 vert - 1 × AC132 - 1 × AC125 - 1 × AC188 ou AC128 ou AC132 - 1 × AC187 ou AC127.

1 Bellamatic II

Résistances :

2 × 1 000 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 4 700 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 10 000 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × 22 000 ohms 1/8 W Cogéco - 1 × Pot. bobiné Minibob de 4 700 ohms (ils ont un couple de rotation très faible).

Condensateurs :

1 × 10 μF Tantale - 1 × 0,1 μF C280 Cogéco.

b) Ampli gaz :

Transistors :

2 × AC132 - 2 × AC127.

1 Servo Automatic II

Résistances :

1 × 15 ohms 1/8 W Cogéco - 2 × 470 ohms - 2 × 1 000 ohms.

Divers :

1 support 9 broches, 1 support 7 broches. 1 × 100 μ F 16 V Transco. Tôle d'aluminium, fil de câblage. Boulons de 2,5 mm et 2 mm + écrous. 4 passe-fils amortisseurs.

3. Réalisation

Fabriquer le CI (Fig. 21).

Poser les composants (Fig. 22).

Tous les transistors AC sont montés à l'envers. La résistance transversale de 4 700 ohms est à souder en premier lieu, le 0,1 μ F passant au-dessus, ainsi que l'autre 4 700 ohms. Limer les soudures et souder bien à plat les départs de connexions. Celles-ci traversent la platine par deux trous (voir photo n° 5 et Fig. 23).

— **Trou 1** : fils des Bellamatic II. Fils des curseurs de Pot.

— **Trou 2** : fils d'alimentation : + 2,4 V, 0 V, - 2,4 V. Fils D, P, G.

Il est commode de souder les fils du Servo Automatic II, sur les fils de la 15 ohms, côté pièces.

On aura fabriqué la platine servo en aluminium 10/10 avant de procéder à ce câblage. Découper à la scie Abrafil les logements des trois servos et les trous de supports. Le CI est fixé sur la platine par deux boulons de 2 mm, d'abord bloqués sur la bakélite, puis sur la tôle. Ne pas oublier un bon carton d'isolement.

Un grand soin doit présider au câblage de cette partie, car la platine subira certainement des vibrations importantes : tous les fils seront plaqués contre la tôle, arrimés si possible. Faire de très bonnes soudures. Couper les isolants au fer chaud, jamais au couteau.

Le ressort de rappel des Bellamatic II est à **supprimer** : il faut pour cela enlever le palonnier jaune (ranger soigneusement ce ressort !).

Fabriquer les deux biellettes de liaison Bellamatic-Potentiomètre avec de la bonne bakélite de 20 à 25/10 mm. Former soigneusement les

C.A.P. d'accouplement en pliant très court et bien d'équerre.

Les pièces de bakélite doivent s'emmancher assez dur sur les axes des potentiomètres. L'ensemble ne doit présenter aucun « point dur » mais ne pas avoir de jeu ! Bellamatic au neutre, les potentiomètres se trouvent à peu près au milieu de leur course.

4. Essai

Vérifier, à plusieurs reprises, le câblage.

Mettre sous tension.

Si tout est correct :

- le servogaz ne tourne pas ;
- les Bellamatic se positionnent au voisinage du neutre.

Retoucher le calage des bras de manière à les amener exactement à zéro. Il faut pour cela, tourner très délicatement, l'axe dans le sens opposé à celui de la correction nécessaire. Coller les bras à l'araldite.

Pour tester le fonctionnement des servos, monter le circuit de la figure 25.

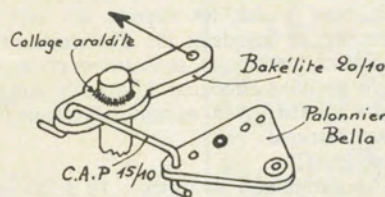


FIG. 24. — Détail accouplement Bellamatic-potentiomètre.

Anomalies : Un servo part en butée et continue à tourner :

— Vérifier que le potentiomètre n'est pas très décalé.

— Inverser le sens des fils + 9 V et - 9 V du potentiomètre.

Avec la 4 700 ohms de « frein » les servos sont en principe normalement amortis. Mais :

- s'ils entrent en oscillation : diminuer cette résistance ;
- s'ils sont « mous » : l'augmenter.

Consommation au repos d'un ampli proportionnel : 20 mA environ ; pendant une manœuvre 100 à 200 mA selon la charge.

Poids platine complète avec les trois servos : 230 g.

VI MISE EN SERVICE DE L'ENSEMBLE

Tous les constituants de l'ensemble : l'émetteur, le récepteur, le décodeur, les amplis de servos ayant été vérifiés et préréglés, on doit obtenir un fonctionnement immédiat.

Procéder de la manière suivante :

- Mettre la platine servos, seule, sous tension : les Bellamatic se placent au zéro ; le servogaz ne tourne pas.

— Connecter le décodeur : les Bellamatic restent au zéro ; le servogaz tourne en butée « plein gaz ».

— Connecter le récepteur (sans émission) : les Bellamatic restent au zéro ; le servogaz tourne en butée « ralenti ».

— Allumer l'émetteur : les Bellamatic se positionnent sans doute au voisinage du zéro (si les calages des manches sont à peu près bons) ; le servogaz s'arrête de tourner.

— Contrôler l'action des trois commandes.

Il reste à retoucher le calage des manches pour que, tout à zéro, les Bellamatic soient bien au neutre. Constaté alors que les commandes sont simultanées, précises et douces. Une très petite interaction d'une gouverne sur l'autre peut exister. Elle n'a aucune importance en vol.

Si on désirait inverser le sens de rotation d'un Bellamatic, le plus simple est de croiser les fils extrêmes du potentiomètre correspondant de l'émetteur. Refaire le calage de l'axe qui sera le symétrique du précédent.

Pour le servogaz par contre, il est plus facile de croiser les fils du moteur, sur la 15 ohms.

L'importance de la course d'un servo peut se régler par la résistance d'entrée de l'amplificateur (la 10 K. ohms).

— Augmenter cette résistance diminue la course.

— Et inversement.

Lors des calages de neutre, bien distinguer :
— **le zéro statique** : (émetteur arrêté) dont le calage se fait par action sur les potentiomètres accouplés aux Bellamatic ;

— **le zéro dynamique** : (émetteur en marche) dont le calage se fait, après le précédent, par action sur les potentiomètres des manches de l'émetteur.

VII. CONCLUSION

Cet ensemble, de très bon fonctionnement, n'est pas destiné à un modéliste préparant le championnat de France de voltige RC. Il convient par contre, parfaitement à un amateur volant pour le plaisir ou à un débutant voulant tâter du proportionnel. Utiliser des avions relativement lents et stables tels que : Goofy, Skywagon, Radar, Aramis... avec moteur de 1 à 3 cm³ maximum.

Poids total embarqué :

— Récepteur	60 g
— Décodeur	47 g
— Platine servos	230 g
	<hr/>
	337 g

Plus alimentation :

— 4 Voltabloc VB50	130 g
— 6 Voltabloc VB10	70 g

F. THOBOIS

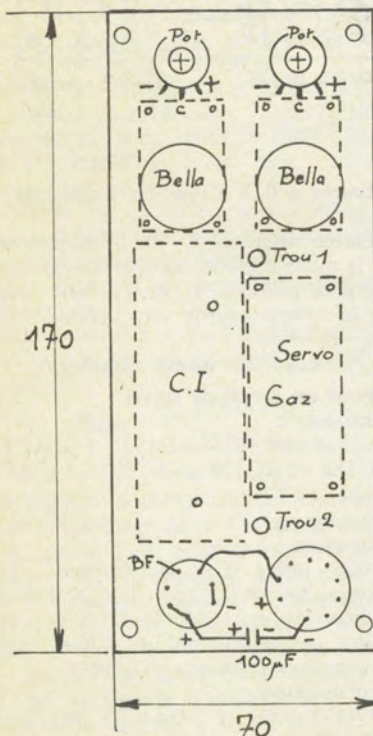


FIG. 23. — Disposition de la platine Servos (vue par dessous).

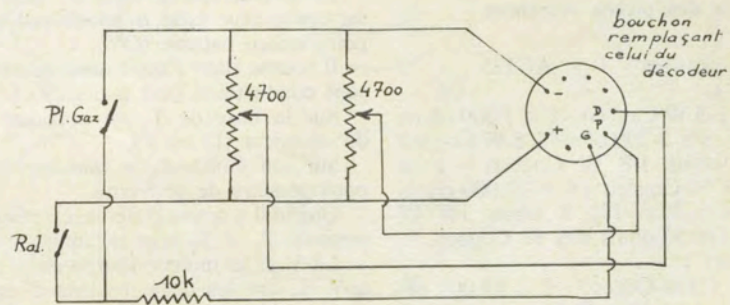


FIG. 25. — Montage d'essai des Servos.