

RADIOPLANS

ELECTRONIQUE *Loisirs*

ISSN 0033 7668

N° 465 Août 1986

16 F

Réalisez :

Réseau téléphonique privé :
carte de transmission
par infrarouges

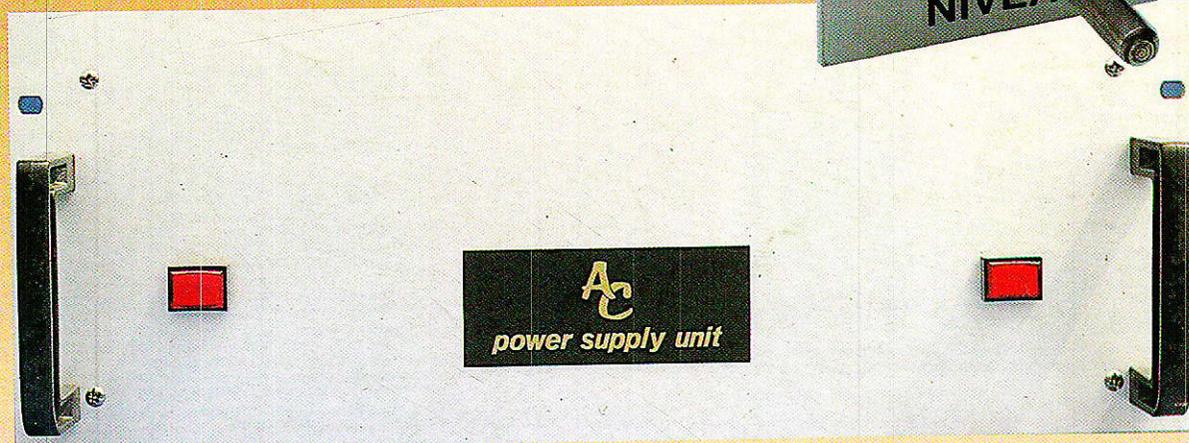
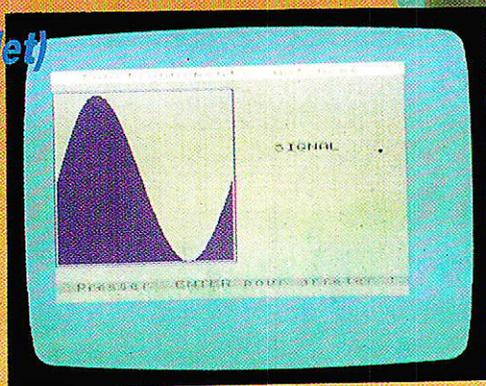
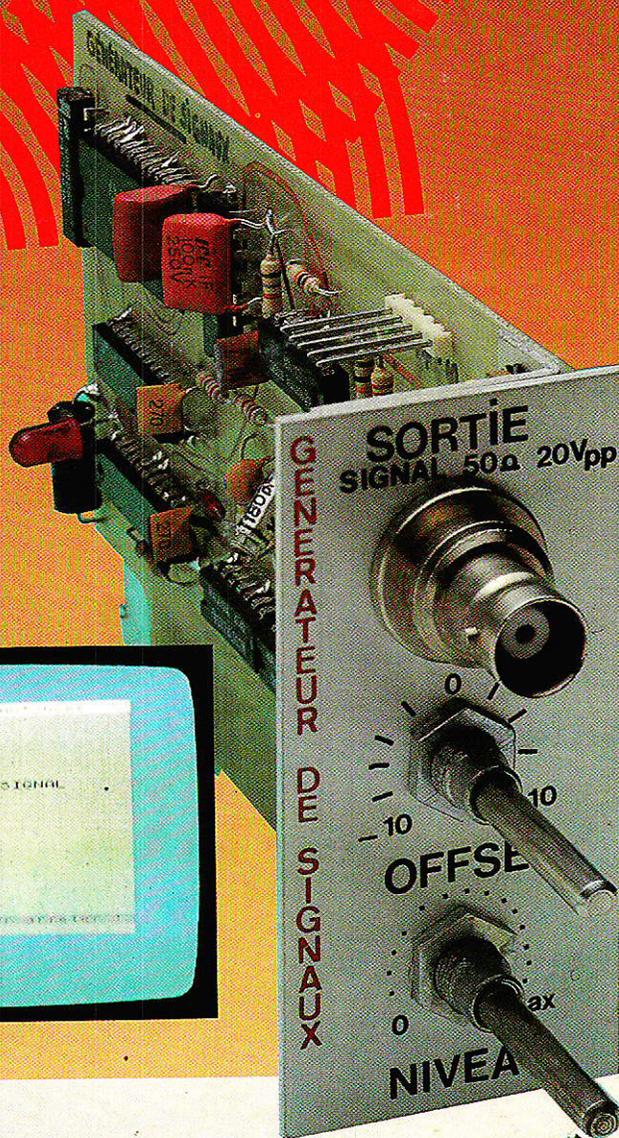
Générateur de signaux
programmable

Station satellite :
cartes son et alimentation

Technique :

Energie nucléaire (1^{er} volet)
aspects physique
et technologique

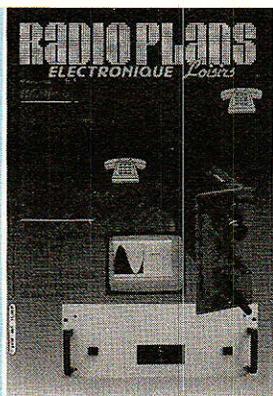
Les asservissements :
calcul des réseaux
de correction



Belgique : 100 F.B. - Luxembourg : 106 F.L. - Suisse : 5 F.S. - Espagne : 250 Pesetas - Canada : Can. \$ 2,50

T. 2436 - 400 - 10,00 F

SOMMAIRE



TECHNIQUE

- 45** *Du noyau atomique à la fission*
54 *Les asservissements linéaires*

DIVERS

- 36** *Infos*

RÉALISATION

- 11** *Récepteur pour satellite de télévision*
17 *Votre réseau téléphonique privé*
23 *Console AC/ODDY : l'alimentation*
59 *Connectez votre Spectrum à votre Minitel*
64 *Générateur de signaux programmable*
71 *Mobile filoguidé*

Ont participé à ce numéro :

J. Alary, M. Barthou, S. Bresnu,
J. Ceccaldi, F. de Dieuleveult,
M.A. de Dieuleveult, P. Dulieu,
P. Gueulle, F. Kilian,
P. Magloire, R. Rateau,
J. Walker, P. Wallerich.

N° 465



Station de réception

TV par satellite

(suite et fin)

Avant d'aborder la dernière partie technique, qui vous permettra de mener à bien la réalisation de l'indoor unit et l'installation de la station de réception dans sa version la plus simple : utilisation de modules Astec et son monophonique, nous donnerons quelques compléments d'information sur la première partie.

Ces compléments correspondent à des questions fréquemment posées dès la parution de la première partie.

Il n'existe pas de nomenclature !

Si bien sûr et celle-ci figure dans la deuxième partie. Le texte est suffisamment explicite pour que les premiers approvisionnements aient pu être effectués.

La liste des fréquences !

Cette liste est parue dans le numéro 461 - Avril - de Radio-Plans. Nous avons insisté sur le fait que cette liste devait être conservée soigneusement. Vous comprendrez qu'il est impossible de reprendre tous les textes antérieurs consacrés à la télévision par satellite.

Le convertisseur

Le convertisseur employé est un modèle DSA 518 très faible bruit de DX, bande 10,9, 11,7 GHz. Le modèle représenté à la page 34 est un modèle Avantek, bande 3,7-4,2 GHz.

L'indoor unit est compatible avec ce convertisseur ; signaux d'entrée et alimentation du LNC. N'oublions pas qu'avec un réflecteur de diamètre raisonnable, cette bande n'offre qu'un intérêt limité : seule réception possible

Gorizont, satellite soviétique. Nous vous laisserons le soin de porter un jugement quant à l'intérêt des programmes transmis.

Sélecteur de fréquence et démodulateur

Pour que cette réalisation soit accessible à une grande partie d'entre vous, nous avons opté dans un premier temps, pour des modules Astec. En feuilletant votre revue vous avez pu découvrir les distributeurs ayant déjà en stock ces fameux modules. Cette solution évite toute manipulation de fréquences supérieure à 10 MHz. Toutefois, nous ne doutons pas que vous soyez assez nombreux à vouloir réaliser sélecteur et démodulateur.

Pour répondre à cet appel nous avons étudié un sélecteur représenté à la page 30 du numéro 464 - juillet - de Radio Plans.

Ce prototype a dû subir de profondes modifications et vous sera présenté sous une forme simplifiée et moins coûteuse. Nous pouvons d'ores et déjà énumérer les composants principaux employés dans la version définitive.

Amplificateurs d'entrée : MSA 735 Avantek.

Mélangeur : SRA-11 Mini circuit
Oscillateur local : VTO 8150 Avantek

Amplificateur FI : MSA 185 ou MSA 385 Avantek

Filtre à ondes de surface : SW 504, Signal Technology
Démodulateur : SL 1452 ou SL 1455 Plessey

Ces composants très particuliers, rarement rencontrés en électronique grand public appellent quelques commentaires que nous ferons au moment opportun. Cette solution : réalisation du sélecteur-démodulateur, n'est envisageable qu'à la condition de posséder un minimum d'équipement et appareils de mesure.

Ceci ne veut pas dire qu'une ou l'autre des solutions est préférable, mais simplement qu'il existe deux solutions différentes, de niveau de complexité et niveau de prix non comparables, qu'il faut choisir l'une ou l'autre des deux solutions en fonction de son habitude au travail en UHF et de son équipement de laboratoire.

Cette réalisation est aussi un excellent entraînement pour s'initier aux techniques UHF mais elle vous demandera un énorme travail. Abandonnons, très provisoirement les problèmes techniques, pour répondre à une question très fréquemment posée.

N'exite-t-il pas une barrière due au langage ?

Un rapide coup d'œil au tableau de la page 47 du numéro 461 suffit pour se rendre compte que la plupart des émissions sont accompagnées d'un signal audio en Anglais ou Américain. A notre





avis cette barrière est inexistante ; inutile d'être un crack pour suivre sur Screen Sport un tournoi de bagminton, curling, ou un des nombreux reportages automobile : formule CART, IMSA, Midget, drags, etc...

Pour des enfants en bas age, la question ne se pose pas, ils restent passionnés par les dessins animés de Children Channel.

Rien à dire non plus pour music-Box. Notons aussi la présence de son multilingage sur Worldset, espérons que cette pratique s'étendra.

Evidemment, pour suivre une discussion sur un problème de fond : politique, économique, sur la chaîne US CNN, il est préférable d'avoir des connaissances approfondies.

Pour les films le problème est plus complexe, la langue de Shaekspere est souvent remplacé par l'argot, une bonne compréhension n'est pas toujours facile mais l'image est un complément inespéré lorsque le message audio est mal perçu. Les meilleurs méthodes d'apprentissage des langues étrangères ne sont-elles pas les méthodes audiovisuelles ? La télévision par satellite est un bon compromis pour relier culture et divertissement.

Et maintenant, place à la technique.

Carte audio monophonique

Notre première intention était de concevoir et réaliser un décodeur capable de démoduler simultanément trois voies audio : une voie audio monophonique et les deux voies stéréophoniques droite et gauche. La fréquence des sous-porteuses et l'excursion ne semblent pas être standardisées. En conséquence, la meilleure solution résidait dans la mise en parallèle de trois démodulateurs à PLL. Pour éliminer le problème de la non-standardisation des sous-porteuses, chaque PLL était programmable entre 6 et 8 MHz. Cette réalisation est un peu lourde pour un début. Nous avons préféré une solution beaucoup plus classique : démodulateur à quadrature en utilisant un circuit intégré classique et performant, à l'origine prévu pour démoduler le signal audio transmis dans la bande FM 88-108 MHz. Dans ces récepteurs la coutume veut que la première fréquence intermédiaire soit choisie à 10.7 MHz. Les filtres céramiques étudiés pour cette application facilitent la conception et la réalisation des étages amplificateurs. Le signal est appliqué au discriminateur, en général à quadrature.

Si à l'origine les circuits intégrés discriminateurs sont conçus pour travailler à 10,7 MHz, il n'y a aucun inconvénient à les faire travailler entre 6 et 7 MHz. Pour que cette carte audio puisse être utilisée pour des sous-porteuses de 6,50 MHz ou 6,60 MHz, le filtrage doit être prévu en conséquence : largeur suffisante pour ne pas atténuer les deux sous-porteuses accompagnées de leurs deux bandes latérales.

Ces considérations aboutissent au schéma théorique de la **figure 20**. Le signal en bande de base est appliqué à l'entrée d'un étage amplificateur sélectif. Au secondaire du transformateur TR₂ on ne recueille que la sous-porteuse et les deux bandes latérales. Le signal est injecté au TDA 1576, classique démodulateur à quadrature qui a déjà fait ses preuves.

Si la sortie indicateur de champ est inutilisée, les composants R₇, R₈ et C₁₃ peuvent être omis. La fréquence centrale du discriminateur est fonction de C₂₀ et de l'inductance de l'enroulement primaire de TR₃. Une valeur de 1,05 µH donne un bon compromis entre 6,50 et 6,60 MHz. Pour TV 5 l'excursion en fréquence est très importante et la résistance R₁₁ doit être choisie par une résistance de 680 Ω.

Grâce à C₁₅ et C₁₆ le signal est désaccentué à 50 µs.

Le tracé des pistes des circuits démodulateur son est représenté à la **figure 21** et l'implantation des composants à la **figure 22**.

Il est préférable de tester cette carte sur table avant la liaison avec le démodulateur AT 3010. En injectant à l'entrée du circuit un signal sinusoïdal de fréquence 6,6 MHz et d'amplitude voisine de 20 mV on règle les noyaux de TR₁ et TR₂. Puis en modulant en fréquence cette porteuse, de manière à obtenir une déviation



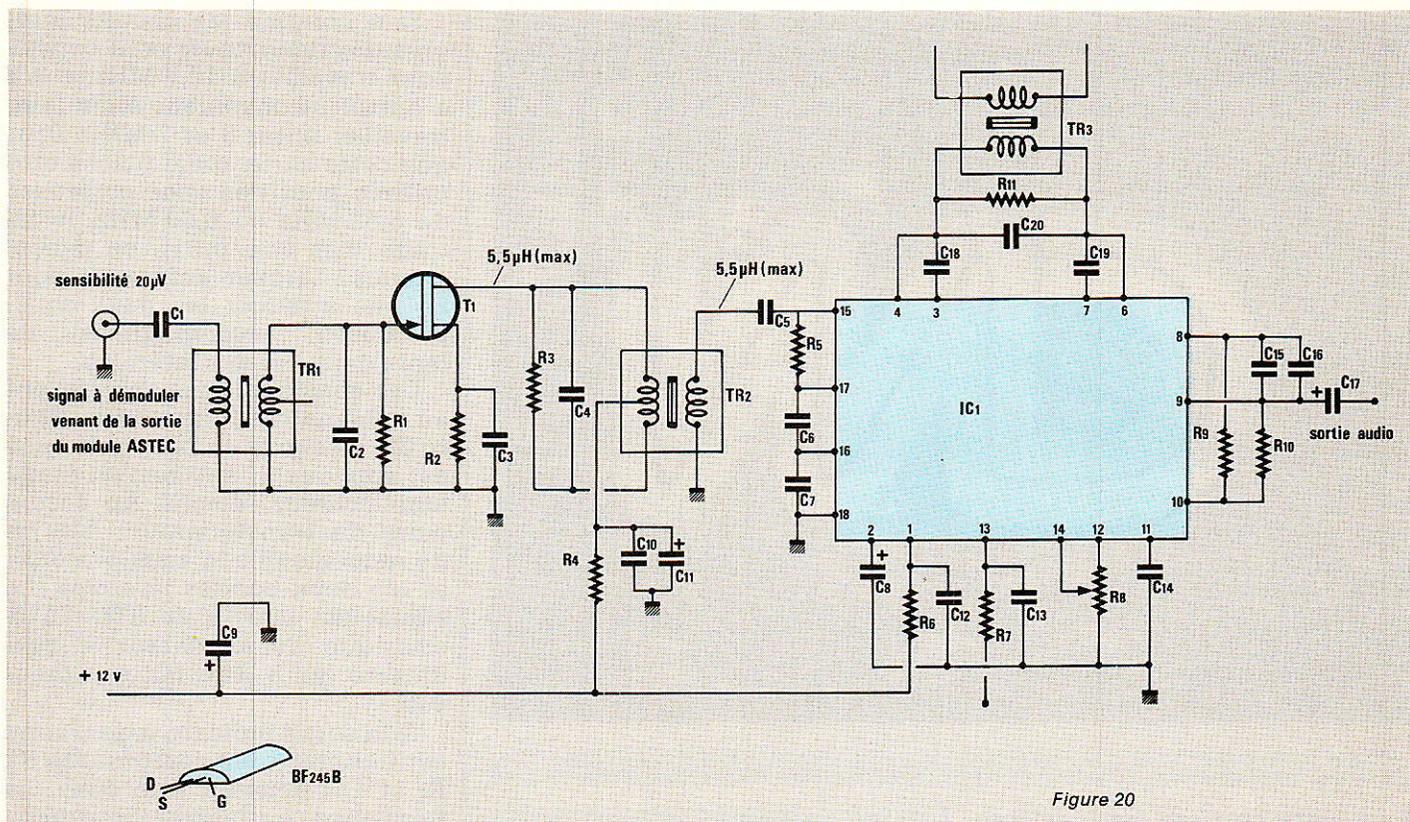


Figure 20

d'environ 250 kHz, on règle le noyau de TR₃ pour récupérer à la sortie audio le signal original écrêté ni en haut ni en bas. Si le générateur le permet, on peut ensuite diminuer le niveau d'entrée pour mesurer la sensibilité du circuit : quelques dizaines de microvolts.

L'alimentation basse tension

C'est un mal nécessaire et le schéma de la figure 23 ne présente aucun intérêt. La consommation relativement importante nous a conduit à l'emploi de régulateur en boîtiers TO 3 équipés des refroidisseurs ad-hoc.

L'alimentation + 30 V est inutile dans le cas présent. Elle est seulement prévue pour une deuxième version équipé d'un VCO nécessitant une tension de commande beaucoup plus élevée. Dans un premier temps tous les composants participant au fonctionnement de cette alimentation peuvent être omis.

Le tracé des pistes de la carte alimentation est représenté à la figure 24 et l'implantation correspondante à la figure 25.

L'alimentation, bien sûr, doit être câblée et testée en priorité : une alimentation défectueuse risquant de détruire un composant

coûteux. Cette étape franchie avec succès, on procèdera respectivement à l'équipement des autres cartes, à la réalisation mécanique, à la mise en place

des différentes cartes dans le boîtier en terminant par l'interconnexion des cartes.

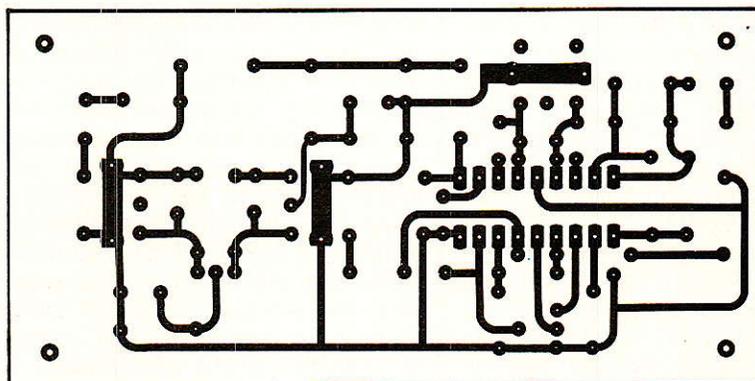


Figure 21 : Schéma de principe carte audio.

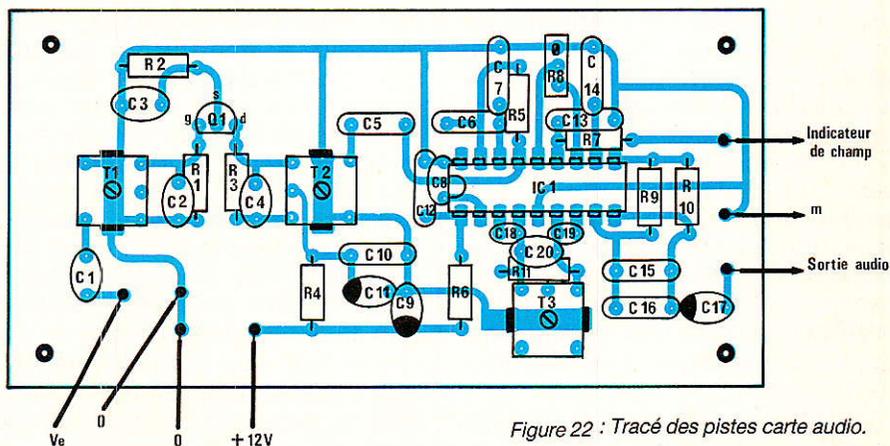


Figure 22 : Tracé des pistes carte audio.

Réalisation mécanique

Tous les composants prennent place dans un rack une unité ESM. Le plan de découpe et perçage des faces avant et contre face avant est représenté à la figure 26. La découpe rectangulaire 42×22 et prévue pour un bloc de cinq roues codeuses muni de ses deux flasques. Le modèle utilisé est standard et disponible chez un grand nombre de distributeurs. On ne donne pas de plan de perçage ni pour le fond du boîtier ni pour la face arrière mais on pourra facilement s'aider avec les diverses photos.

L'interconnexion des cartes ne pose aucun problème si l'on travaille avec méthode. Noter que les 20 diodes 1N 4148 aboutissant aux cinq roues codeuses, schéma de la figure 13, sont directement soudées sur les sorties des codeurs. On peut utiliser une plaquette à trous pour relier ensemble les anodes 1, 2, 4, 8.

La première étape consiste à vérifier le fonctionnement du synthétiseur de fréquence. Sur notre prototype, le verrouillage est assuré de 10890 à 11 505. Avec $N_B = 9388$. Si un défaut apparaît, procéder avec méthode et déboucler le système. Interrompre la

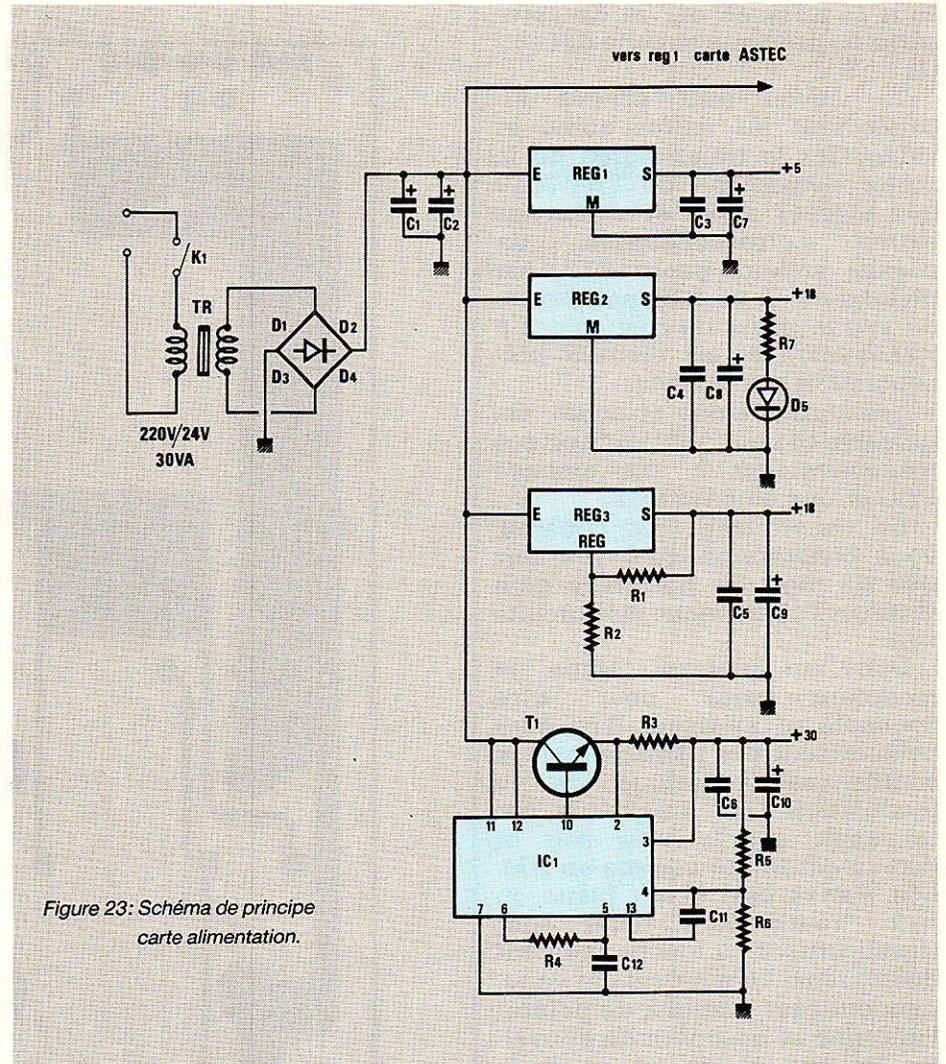


Figure 23: Schéma de principe carte alimentation.



liaison R_3 du synthétiseur vers la commande d'accord du VCO. Appliquer une tension à l'entrée broche 4 du module AT 1020 et à l'aide d'un oscilloscope suivre le signal de sortie du prédiviseur inclus dans l'AT 1020. vérification de la mise en forme par T_2 et IC_7 et division par 10 à la broche 20 de IC_2 . Faire varier la tension de commande du VCO et observer le signal aux divers points indiqués. Sauf erreur de câblage ou erreur sur un compo-



sant la mise en œuvre de cette carte ne présente aucune difficulté.

Le travail sera achevé en connectant les cartes audio et vidéo. Sur le trajet signal de la sortie démodulée de l'AT 3010 aux entrées audio et vidéo des cartes correspondantes, un coaxial sérieux genre KX3, est obligatoire. Il ne faut pas perdre de vue la plage de fréquences à transmettre et les niveaux présents dans ces liaisons.

Les sorties vidéo et audio, via un câble coaxial, sont connectées respectivement à une embase BNC et une embase RCA.

En construisant cet appareil, vous constaterez qu'il y a fort peu de réglages hormis le gain vidéo et l'alignement des circuits son.

Dans un premier temps, le récepteur **seul** peut être connecté au téléviseur. Il n'y aura évidemment pas d'image mais le souffle caractéristique de la modulation de fréquence se reconnaît sur la voie son et l'écran est bruité comme en AM. Les autres cas, écran blanc ou noir, haut-parleur muet sont significatifs d'un fonctionnement défectueux. Le moment est venu, moment tant attendu, de pointer l'antenne et découvrir de nouvelles images. Encore un peu de patience, il reste deux points importants à résoudre.

La liaison récepteur convertisseur

En télévision par satellite, télécommunication ou DBS, la fiche type F est normalisée. Deux embases de ce type équipent le sélecteur AT 1020 et une embase équipe le LNC. Les schémas de la **figure 27** rendent compte des opérations à effectuer pour le montage de la prise sur le câble.

Calculez la longueur de câble dont vous avez besoin. Il n'y a pas de problème dus aux pertes dans le câble jusqu'à environ 50 m. N'employez que du câble RG 59/U ou équivalent : âme rigide $Z = 73 \Omega$. Le câble est préparé de la manière suivante : dégager 15 mm d'âme et couper la gaine, la tresse et l'isolant. Faire coulisser la bague de sertissage autour du câble et enfoncer la fiche de type F entre l'isolant et la tresse de masse. Ramener la

bague de sertissage et sertir à la pince.

Lorsque la prise est correctement montée, l'âme rigide dépasse de 4 à 5 mm.

Avec un convertisseur DX ou MASPRO on procède de la même manière aux deux extrémités du câble.

suite page 36

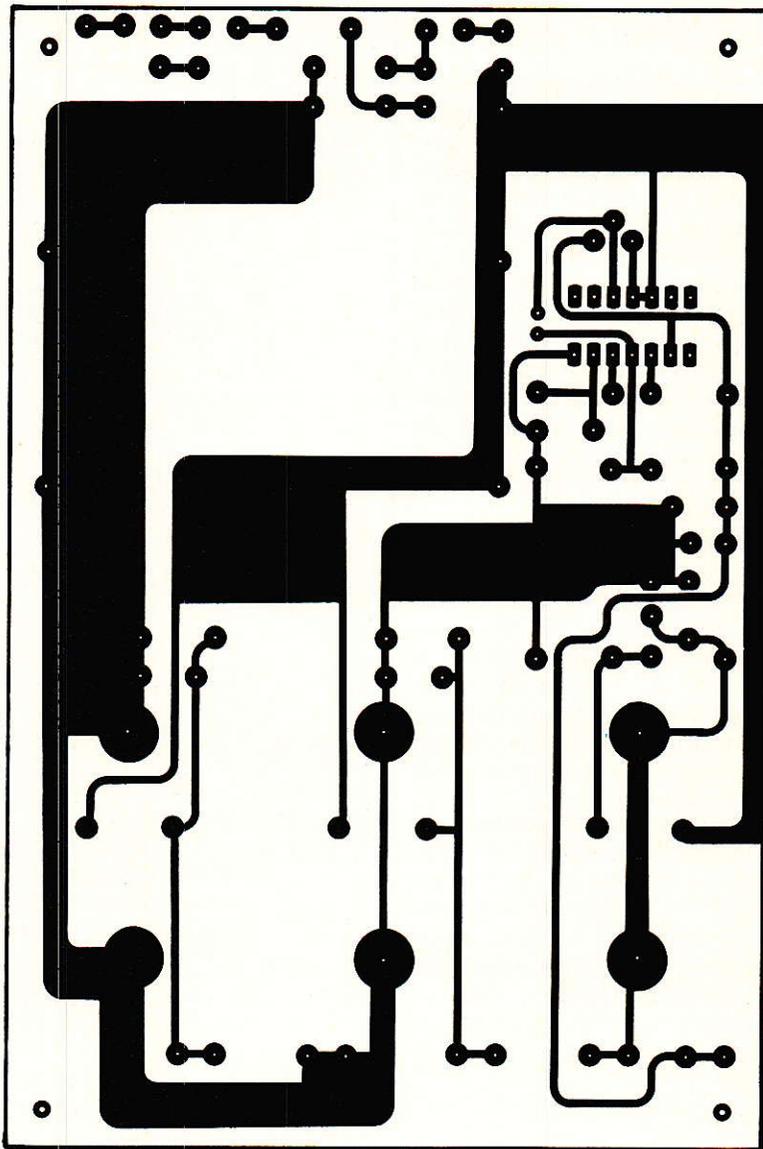


Figure 24 : Tracé des pistes carte alimentation.

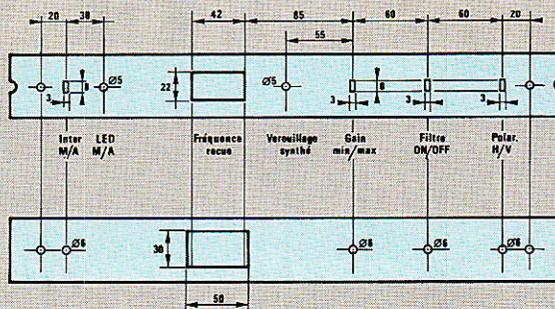


Figure 26 : Plan de découpe face avant.

Votre réseau téléphonique (4^e partie)

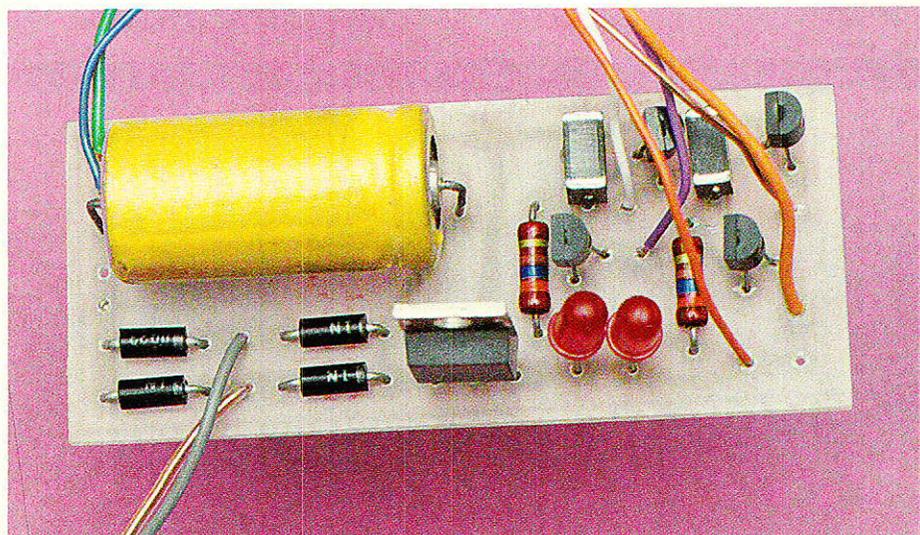
Avec cette réalisation, nous attaquons le « gros morceau » de notre série consacrée à la construction de réseaux personnels de téléphone.

Bien que souvent facultatif, cet équipement de transmission « sans fil » peut parfois résoudre des cas désespérés.

Nous devons cependant mettre nos lecteurs en garde : même si les circuits électroniques utilisés restent plutôt simples, il faudra prévoir beaucoup de soin et de patience pour mener à bien l'ensemble du projet : il s'agit en effet d'un ensemble indissociable faisant appel non seulement à l'électronique, mais également à l'optique et à la mécanique

Le tout aura le plus souvent à fonctionner en extérieur, exposé aux intempéries, mais ne devra pas s'en formaliser...

Nous savons que beaucoup de nos lecteurs sont capables de sortir victorieux de cette entreprise : ils seront alors récompensés par les très réels services que pourra leur rendre cet équipement aux nombreuses applications !



Une liaison universelle

Les systèmes de transmission par infrarouges sont aujourd'hui extrêmement répandus, tant en ce qui concerne le son que les ordres de télécommande ou des données informatiques. Des composants très performants et peu coûteux existent désormais pour l'émission et la réception.

Il y a déjà bien des années, aux tous débuts de ces diodes à infrarouges, nous avons décrit dans RADIO-PLANS des systèmes simplifiés de transmission du son à des distances non négligeables.

Aujourd'hui, le problème que nous nous proposons de résoudre est plus complexe : ce n'est pas simplement du son que nous souhaitons transmettre mais bien tous les signaux que véhicule, dans les deux sens, une ligne téléphonique privée ou publique.

Bref, nous voulons remplacer par notre dispositif à infrarouges, les deux fils d'une ligne pouvant se situer n'importe où dans nos réseaux personnels.

Nous aurons donc à séparer ou regrouper aux extrémités de la liaison, deux signaux audio devant voyager en sens contraire sans se « mordre la queue », et à faire aussi passer des signaux logiques dits de « signalisation » (sonnerie, numérotation, etc.).

Par extension, certains éléments de notre système pourront donc éventuellement être utilisés séparément pour résoudre des problèmes complètement différents (sonorisation, alarme, télécommande, etc.).

Pour ce qui est des applications spécifiquement téléphoniques, nous avons déjà plusieurs cordes à notre arc : en particulier, les modules « joncteur de poste » et « alimentation » de notre auto-commutateur, ainsi que le module « interface de ligne » de notre téléphone modulaire sont là pour faciliter le raccordement de lignes ou de postes.

la configuration de base de notre équipement de liaison peut donc être définie conformément au projet de la **figure 1**.

Ce schéma synoptique traduit les exigences du cas d'application le plus complexe, à savoir le raccordement « hertzien » d'un poste téléphonique tout à fait ordinaire, à une ligne PTT provenant du central.

Il va de soi que des simplifications pourront être introduites si, par exemple, il ne s'agit plus que de faire communiquer deux postes sans utiliser leurs cadrans, ou si des branchements sont possibles dans l'autocommutateur lui-même.

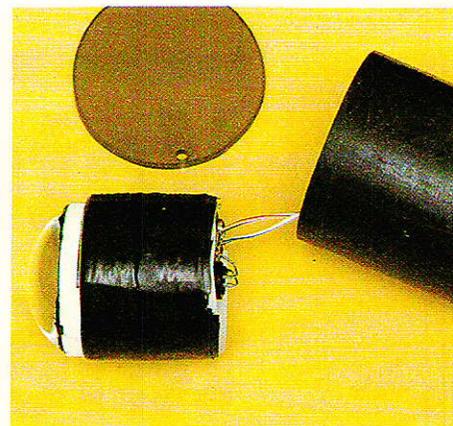
Quelle que soit l'organisation retenue, cependant, il faudra toujours disposer de deux canaux de transmission de types différents :

- transmission du son dans les deux directions (avec conversion « duplex-simplex » par « circuit hybride »)

- transmission d'une information « tout ou rien » dans chaque sens : sonnerie d'une part, décrochage et/ou numérotation d'autre part.

Le point intéressant est que des informations de même nature sont à transmettre en nombre égal dans les deux sens.

On peut donc s'acheminer vers



une « standardisation » des émetteurs et récepteurs, qui seront donc interchangeables.

Indispensable dans tous les cas, le « circuit hybride » destiné à faire le « tri » des signaux audio à l'arrivée et au départ, pourra être incorporé dans l'organe de transmission le moins complexe, en l'occurrence l'émetteur.

Sa conception devra lui permettre de « se faire oublier » si d'aventure l'émetteur devait être utilisé seul, dans une application mettant en œuvre une seule direction de transmission.

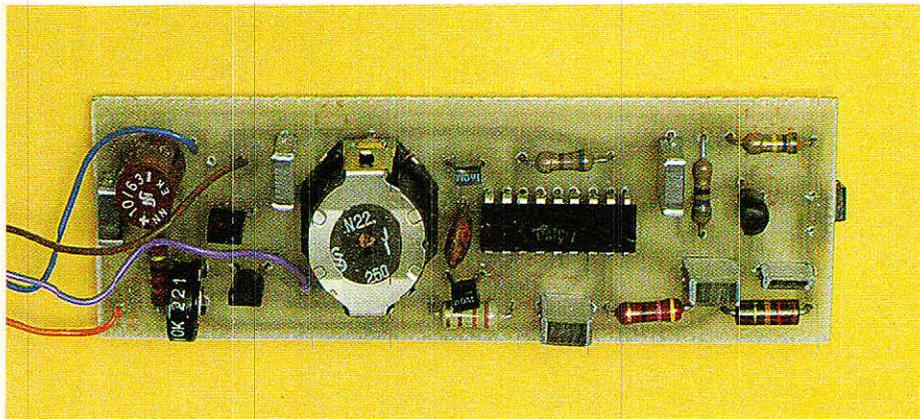
A quelques détails près que nous réglerons le moment venu, notre ensemble émetteur-récepteur est donc parfaitement défini d'un point de vue fonctionnel. Reste à en créer les circuits !

Les circuits d'émission

La **figure 2** rassemble à la fois les circuits d'émission et de réception, mais la séparation est très nette. Cette disposition permet de mieux comprendre le fonctionnement du « circuit hybride », véritable point de rassemblement des signaux émis et reçus.

L'organe d'émission proprement dit est une diode LED spéciale capable d'émettre une forte puissance dans l'infrarouge (rayonnement totalement invisible, mais à ne pas regarder en face).

Un transistor de puissance (BD 136) l'alimente au maximum de ses possibilités : impulsions de 1 ampère séparées par des temps de repos dix fois plus longs, soit un courant moyen de 100 mA.



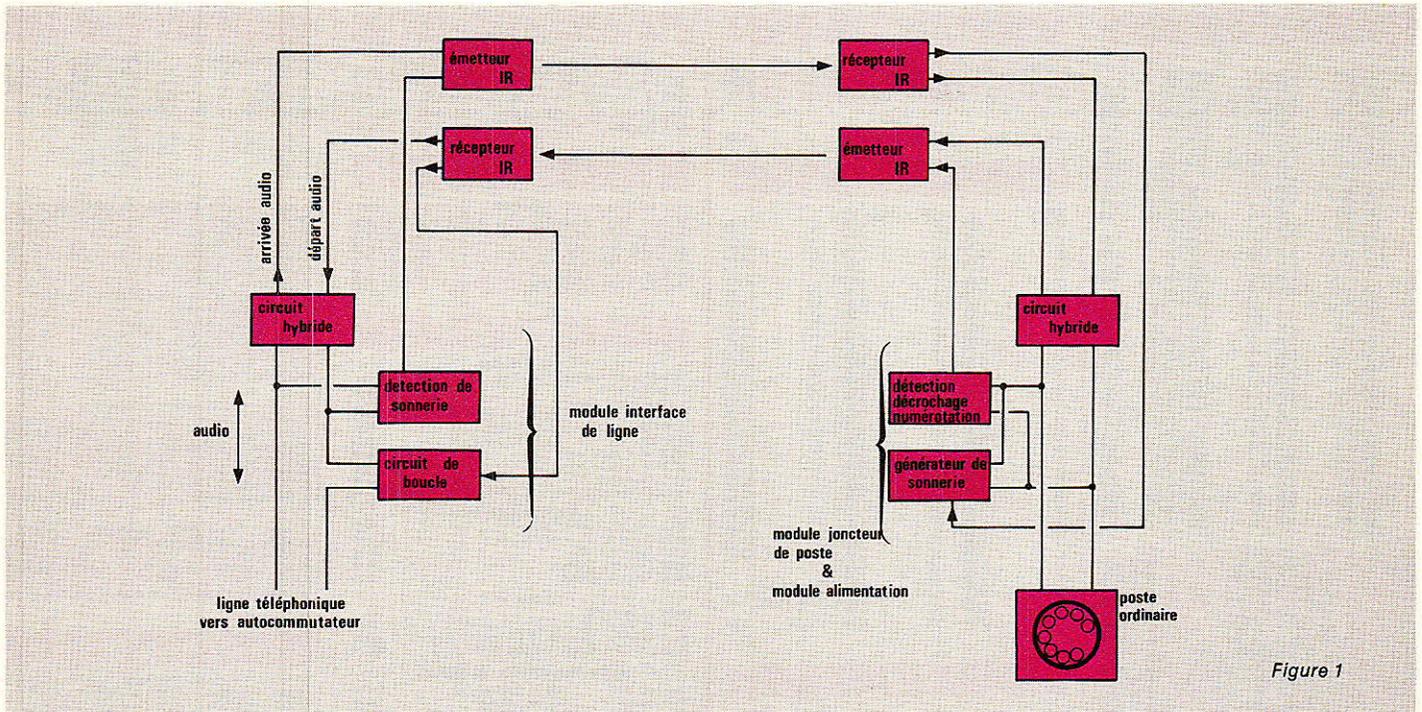


Figure 1

Les pointes de courant sont fournies par un condensateur de forte valeur.

Dans ces conditions, on peut encore déceler à une trentaine de mètres le signal émis par la diode démunie de toute optique additionnelle.

Cette portée n'est toutefois exploitable qu'en cas de transmission très simplifiée (barrières de protection, notamment).

Dans notre cas, beaucoup plus complexe, une puissance confor-

table est nécessaire à la réception pour garantir des performances identiques à celles d'une liaison filaire.

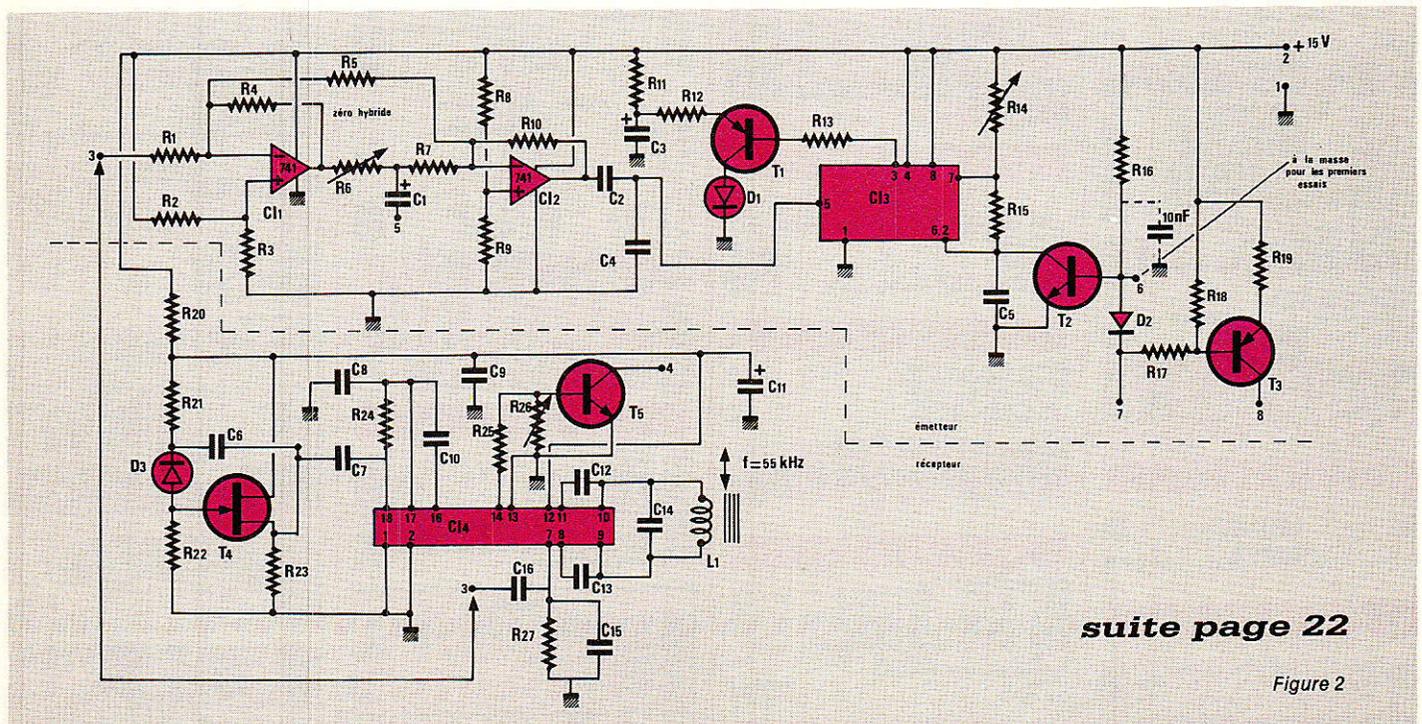
Il sera donc impératif de munir la diode d'émission d'une lentille **parfaitement adaptée** optiquement.

Il résulte de nos essais qu'en plaçant la diode exactement au foyer d'une forte loupe, la portée peut atteindre 100 à 200 m. Théoriquement, il devrait être possible de faire encore mieux, mais l'ali-

gnement devient excessivement délicat à réussir.

C'est un simple multivibrateur à 555 qui délivre la fréquence d'environ 55 kHz sur laquelle émet le montage. Il n'y a généralement aucun inconvénient à employer exactement la même fréquence pour les deux sens de la liaison, ce qui présente l'avantage de rendre le matériel interchangeable.

L'oscillateur est modulé en fréquence par le signal présent en



suite page 22

Figure 2

suite de la page 19

sortie du « circuit hybride » (les deux 741).

Le fonctionnement de cet organe fondamental est le suivant : Le point n° 5 étant bouclé sur une impédance de 600 ohms (ligne ou poste), et le potentiomètre de « zéro » correctement réglé, tout signal arrivant par cette borne 5 vient moduler l'émetteur. A l'inverse, tout signal arrivant par le point n° 3 (sortie du récepteur) ressort par le point 5 sans atteindre l'émetteur.

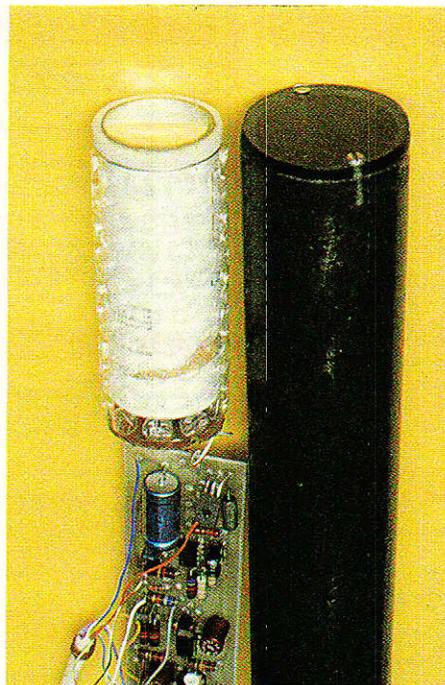
Le signal reçu est ainsi dirigé vers le poste (ou la ligne), tandis que le signal provenant du poste (ou de la ligne) est le seul à être émis. Faute de cette distinction, un « effet Larsen » se produirait en présence des deux ensembles émetteur-récepteur.

Grâce à un transistor, l'application d'une tension négative au point n° 6 ou n° 7 entraîne le démarrage de l'oscillateur.

C'est en effet par simple présence ou absence de la « porteuse » à 55 kHz que nous transmettons l'information « tout ou rien » servant pour véhiculer les signaux de signalisation.

Un second transistor inverse le signal appliqué au point 7, et l'applique, en collecteur ouvert, au point 8, pour un usage futur.

Tous ces circuits tirent leur alimentation d'une tension continue de 15 à 16 volts, également utilisée par le récepteur.



Les circuits de réception

C'est une photodiode spéciale, à filtre infrarouge incorporé (BP 104 Siemens) qui convertit en signaux électriques, les impulsions lumineuses provenant de l'émetteur.

Le niveau disponible est très faible, tandis que l'impédance est forte, la diode étant polarisée en inverse.

Il faut donc un transistor à effet

de champ pour préamplifier convenablement le signal.

Une amélioration des performances pourrait être introduite en remplaçant la résistance de 560 k Ω par un circuit LC accordé exactement sur 55 kHz, mais nous ne jugeons pas cette complication souhaitable pour le moment.

Un circuit intégré TDA 1047 est chargé du gros de l'amplification, et de la démodulation.

Il s'agit d'un composant normalement prévu pour équiper les récepteurs FM, et appartenant à la grande famille des SO 41 P ou TBA 120 que nos lecteurs connaissent bien !

Le TDA 1047 présente l'avantage de posséder une sortie destinée au raccordement d'un galvanomètre indicateur de champ (S-mètre) : la broche 14 délivre en effet une tension continue proportionnelle à l'intensité du signal reçu.

Un simple transistor muni d'un pont diviseur réglable peut donc nous fournir une information « tout ou rien » sur l'absence ou la présence de porteuse : notre démodulation de la voie « signalisation » est résolue !

La démodulation de la voie « audio » fournit un signal BF de niveau confortable sur la broche 7, laquelle rejoint l'entrée du circuit hybride de l'émetteur.

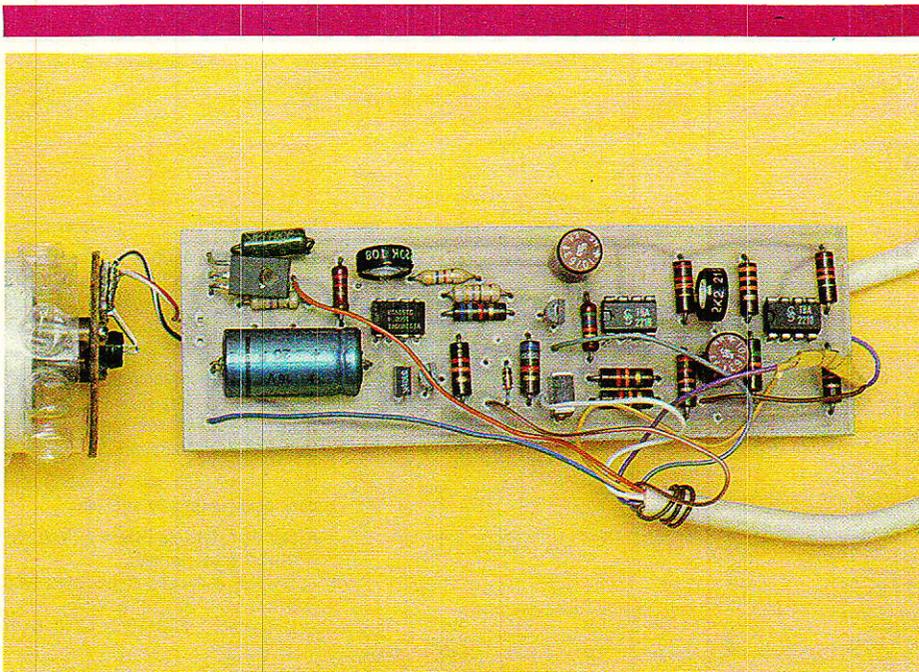
L'accord du récepteur est réalisé par une unique self de 4 mH, mise en résonance par un condensateur de 1500 pF. Dans chaque sens de la liaison, c'est au niveau de l'émetteur que se fera l'accord exact de la fréquence porteuse (simple potentiomètre).

L'éventuelle vis de réglage du bobinage ne servira donc que si l'on souhaite rendre rigoureusement égales des fréquences de la voie « descendante », ce qui peut être utile en cas de battements audibles, par exemple.

Réalisation pratique

Nous conseillons à nos lecteurs de commencer par assembler un circuit émetteur et un circuit récepteur. Une fois cette première moitié de l'installation parfaitement au point, il pourra être envisager de construire la seconde, puis de procé-

suite page 40



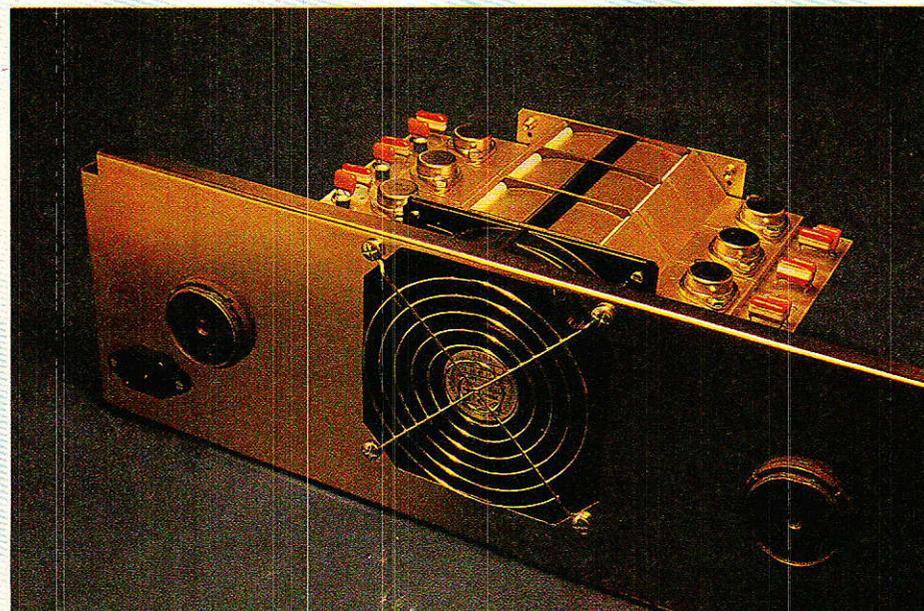
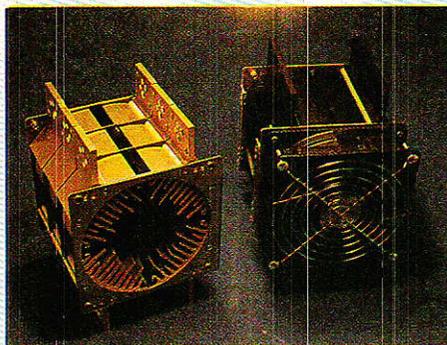
Le mois dernier nous avons examiné les éléments constitutifs de cette fameuse alimentation destinée à répondre aux moindres désirs de notre (nos) console(s). Cette fois, il faut se mettre au travail !

Un peu de courage et d'attention suffiront pour mener à bien la réalisation pratique de cette grosse bête.

Il faudra aussi une ligne 220 V, mais il semblerait que ce soit devenu courant...

13 années au service de la maintenance de matériel audio-pro laissent des traces : l'accessibilité reste totale malgré une haute densité de composants au circuit imprimé carré !

Console AC ODDY (19^e partie)



Brève introduction

Brève oui, car il y a du pain sur la planche ce mois-ci. Pas question de rigoler. Mais introduction quand même pour ne pas rompre le précieux fil qui nous relie à vous et à vos questions.

Cette fois, on reproche à l'auteur de ne pas franciser les inscriptions des façades.

Réponse : si vous buvez votre whisky avec de la glace, il vous est encore possible de demander au garçon un alcool d'orge avec

un glaçon, mais pour un Chestnut tree l'affaire se complique...

En fait votre serviteur ne cherche pas à faire de l'effet avec les termes utilisés, mais au contraire à vous faire rentrer dans le cercle universel - ou Espéranto technique - qu'il faut connaître si l'on souhaite se familiariser et COMMUNIQUER. Même le Japon est entré dans le jeu !

Les pupitres fabriqués par CIT ALCATEL étaient gravés en bon français. Que s'est-il passé depuis ?

Le schéma

Il est donné à la figure 1. Ceux qui diront que nous radotons iront tout droit au piquet !

Ça ressemble à du répétitif, mais suivez-nous un peu plus loin, et vous verrez qu'un chemin bien balisé n'a parfois pas de prix. Il serait facile de dire « c'est 12 fois la même chose, bonnes vacances et à bientôt... »

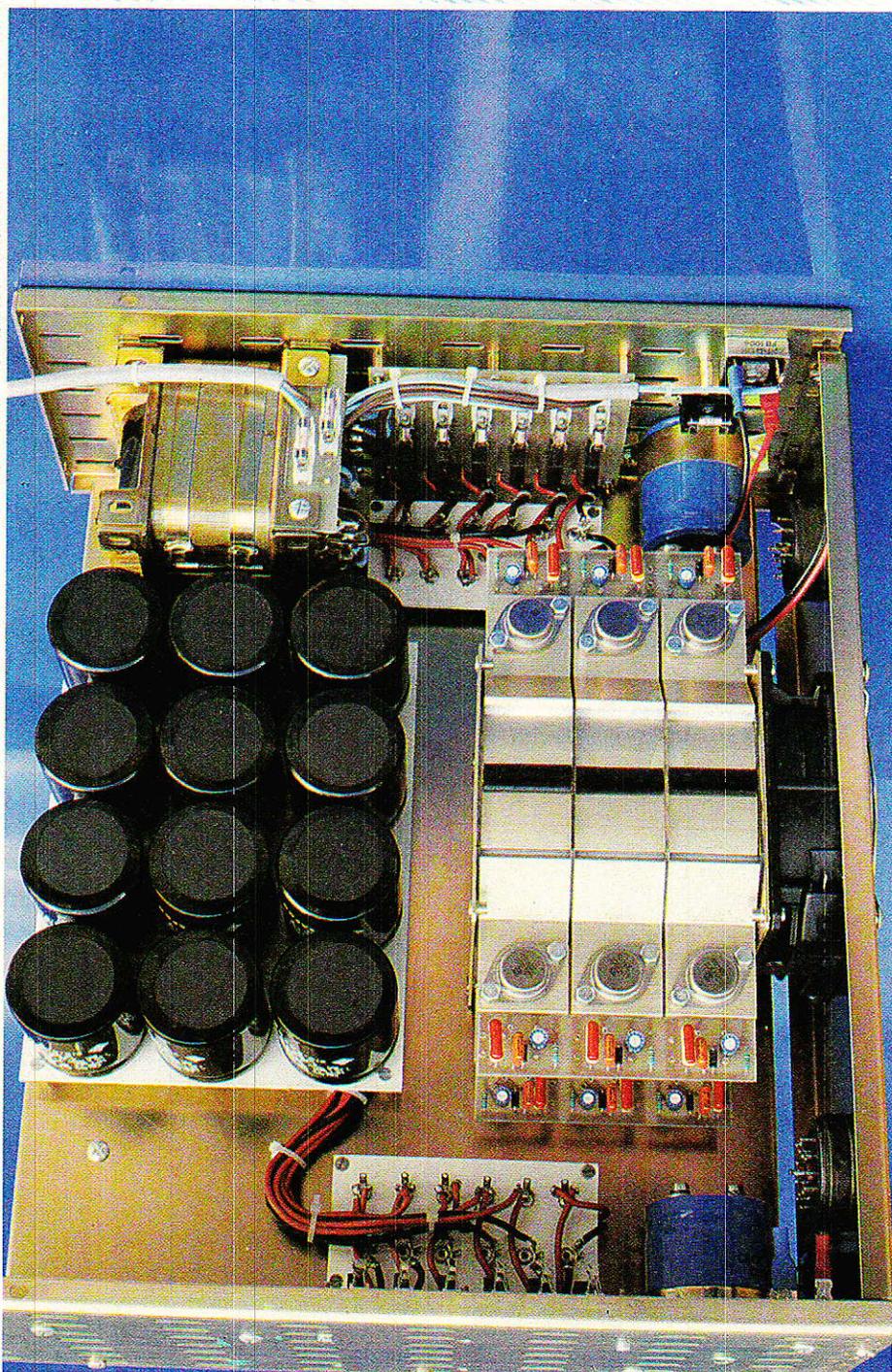
Bien sûr, ce schéma n'est pas aussi voluptueux que notre limiteur qui a reçu la confiance de tant d'entre-vous, mais aussi efficace. Pour l'instant vous lisez tranquillement votre revue préférée, mais quand vous serez « sur le terrain », ce qui vous aura semblé un excès de zèle, vous sera plus qu'indispensable, ou tout du moins pas de trop !

Le transformateur comporte 8 enroulements séparés, dont un pour le raccordement au réseau 220 V. Examinons donc le circuit en amont ; Les deux fils en provenance de la prise secteur chassis, vont directement rejoindre les deux interrupteurs I₁ et I₂; I₁ commandant le transfo de l'alim principale, I₂ le « doublage ». Jusqu'ici il n'y a rien de remarquable. Mais si I₁ et I₂ commandent chacun une mise en route totalement indépendante, il faut quand même que le ventilateur (FAN) soit en route dans tous les cas de figures, sauf bien sûr quand I₁ et I₂ sont ensemble au repos.

Pour éviter de rajouter une cellule supplémentaire à chaque interrupteur, nous avons admis la conception suivante : un des fils du ventilateur est relié en permanence au réseau 220 V, l'autre est commandé par la mise en route indifférente de I₁ et I₂, ce qui nécessite de rendre commun un contact travail d'une cellule de I₁ avec son homologue sur I₂. De ce fait, au repos, nous bénéficions bien d'une déconnexion bipolaire des transformateurs, mais dès que l'un est alimenté, la coupure de l'autre n'est plus qu'unipolaire.

Cette configuration bien pratique ne devrait apporter aucune nuisance particulière.

Les voyants inclus dans I₁ et I₂, sont constitués d'ampoules de 14 V alimentées par l'enroulement 9 V - TC - de chaque transformateur. Pendant que nous y



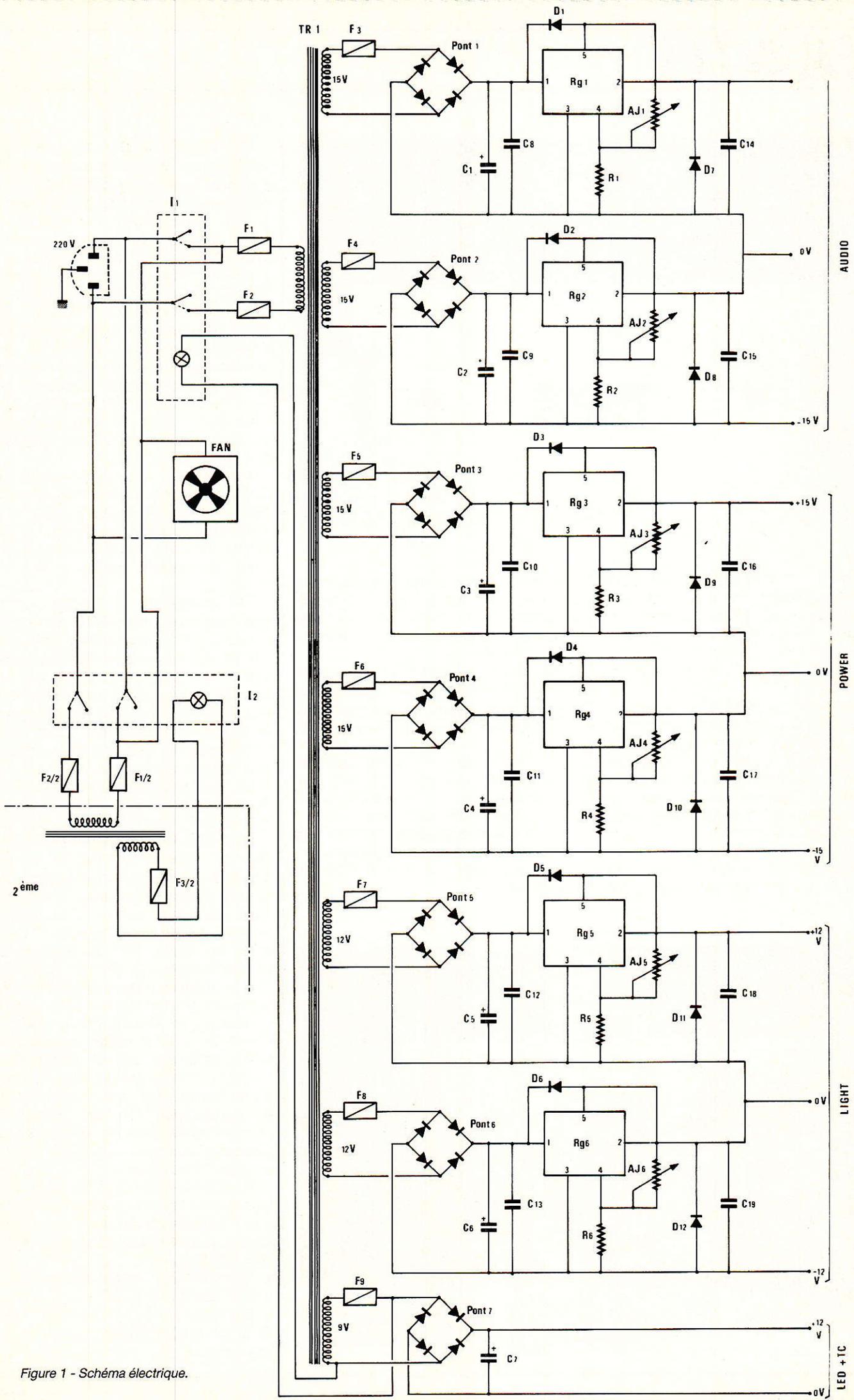


Figure 1 - Schéma électrique.



sommes, constatons tout de suite que ces tensions ne sont pas régulées, et sont obtenues à partir des enroulements 9 V 4,5 A protégés par F_9 , redressées par les « Pont 7 » (10 A) et lissées par de bons 10000 μ F 40 V.

Cette valeur sera d'ailleurs universellement adoptée pour tous les condensateurs de notre maquette, et il n'y en a pas moins de 14 pour la version complète.

Les 6 autres enroulements secondaires se définissent ainsi : 4 de 15 V et 2 de 12 V. Ils sont totalement indépendants pour permettre l'utilisation exclusive des L200, quelles que soient les

polarités souhaitées par rapport au 0 V. Ce n'est qu'après régulation, que la jonction « moins » de l'une et « plus » de l'autre, détermine le 0 V.

Ainsi, on obtient bien deux tensions symétriques ajustables individuellement, et n'imposant pas l'usage de régulateurs spécialisés.

On aura vite fait d'analyser le schéma de régulation retenu, car les composants externes sont réduits au strict minimum.

Comme le circuit est reproduit 6 ou 12 fois, nous ne considérons que R_{g1} et ses éléments périphériques.

Un fusible veille au bien-être de chaque secondaire, mais nous verrons que les circuits imprimés comportent une seconde implantation permettant de monter, si on le désire, un petit disjoncteur DIRUPTOR. De même, sera-t-il possible de placer des ponts KBL02 ou des B80C5000/3300. Si vous observez bien les photos, vous verrez que nous avons fait l'essai, et que deux B80 se promènent sur la carte Alim 1. Après le pont, on trouve le condensateur de filtrage de la tension d'entrée (C1), puis le condensateur de découplage pour les fréquences moyennes (C2).

La broche de commande du L200 (4) reçoit sa tension du diviseur constitué de R_1 et AJ_1 . Cet ajustable nous permettra de régler chaque régulateur à la tension de sortie désirée (12 ou 15 V).

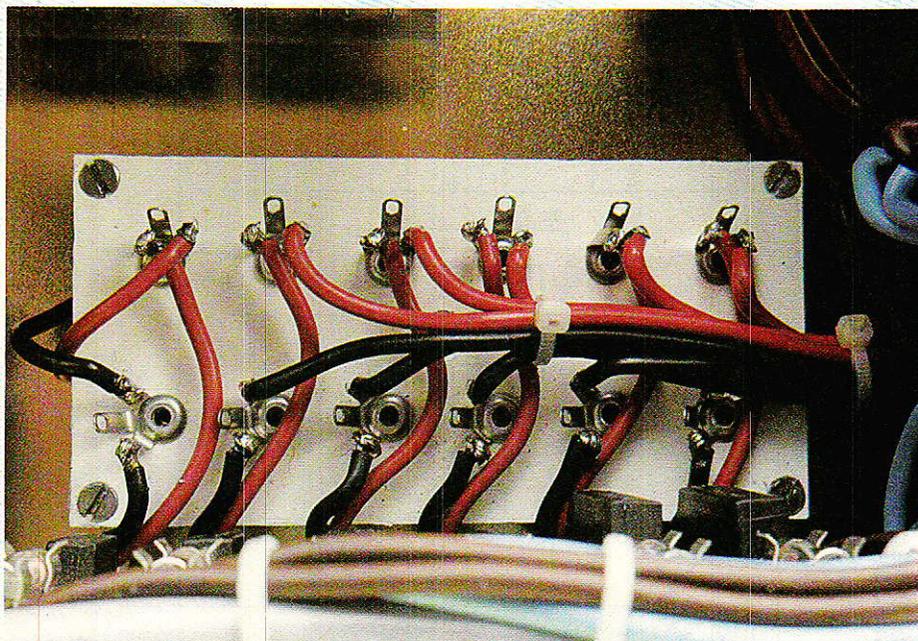
C_{14} découple la sortie, et se voit mis en parallèle avec D_7 . Cette diode protégerait R_{g1} si la sortie était accidentellement portée à un potentiel plus négatif que le commun. Elle le protège aussi contre les charges négatives transitoires dues à des phénomènes de commutation ou à des circuits inductifs.

D_1 , enfin, assure la sécurité de R_{g1} , dans le cas d'une charge fortement capacitive où la tension d'entrée baisserait plus rapidement que la tension de sortie. En fait, nous ne craignons pas grand chose avec nos 10000 μ F, mais un autre avantage apparaît si l'on observe D_1 et D_2 : Elles sont en série, et aux bornes du condensateur C_1 (8). Si vous faites la même bêtise que nous au moment du câblage - soit l'inversion pure et simple de la polarité d'entrée - le fusible sautera de suite, sans que R_{g1} ait souffert.

Voilà, nous avons fait le tour du schéma proprement dit, et en le regardant, on se demande comment si peu de composants peuvent remplir un rack 19", 4 unités ? Pourtant...

Avant de passer à la construction, nous tenons à citer nos sources d'informations et à remercier les responsables qui en ont autorisé la citation :

- TRANSRACK pour le chassis
- SGS pour les L200
- BUREAU D'ÉTUDE ET D'ÉLECTRONIQUE pour les radiateurs



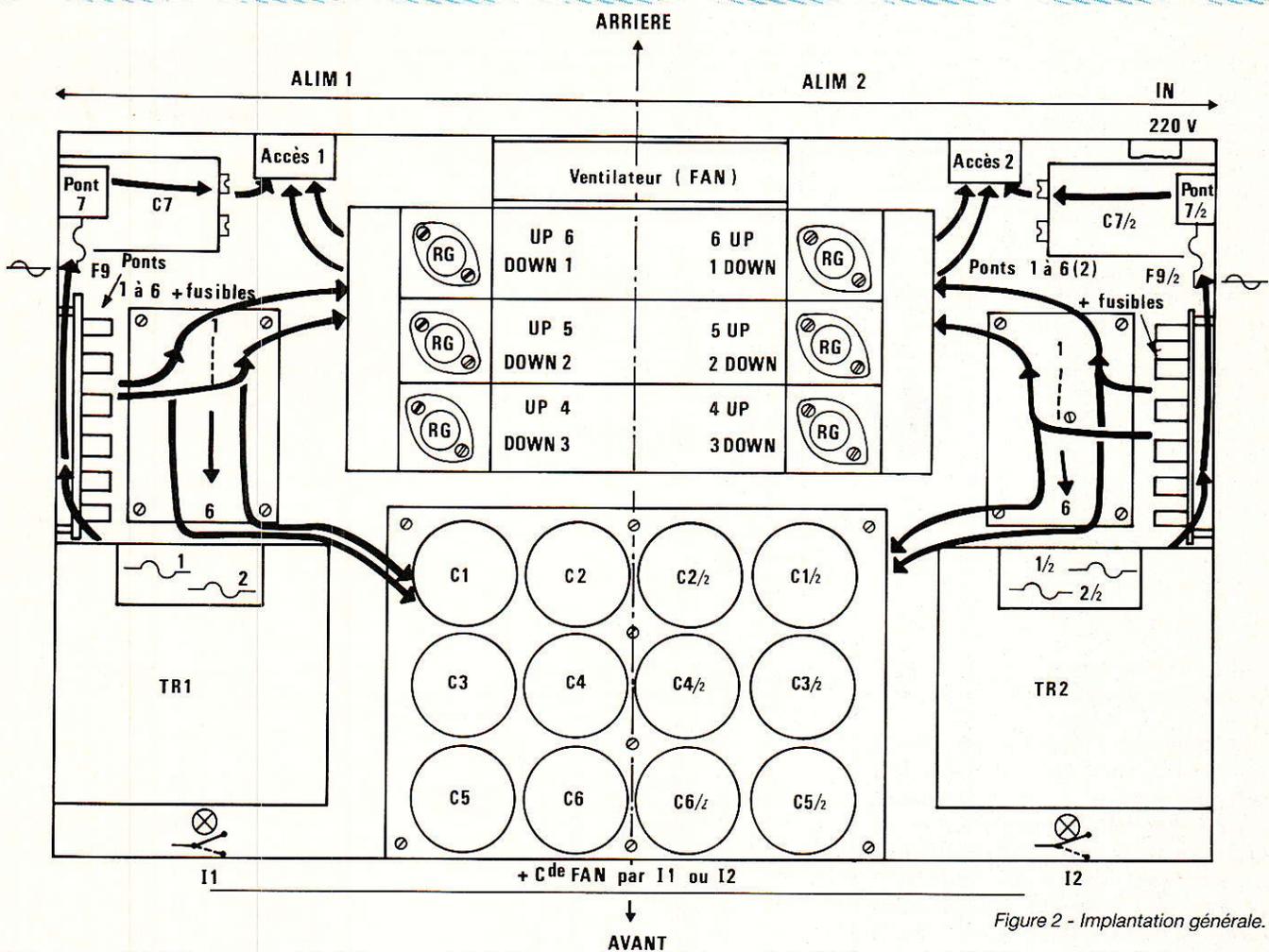


Figure 2 - Implantation générale.

- ETRI pour les ventilateurs
- LA RTC (calcul des radiateurs pour dispositifs semi-conducteurs)
- LOCTITE pour ses produits FREINFILET
- THOMSON CSF pour sa doc 571-200
- LAMBDA enfin, pour cette mine d'or de renseignements concernant les alimentations en général, qu'était le catalogue CG 21 de 1983.

Il est à saluer tout particulièrement cette société qui a eu l'extrême amabilité de nous autoriser à exploiter ses documents, bien que nous n'ayons pas choisi de composant de cette marque.

Le très haut niveau de qualité de ses produits, se retrouve malheureusement sur le tarif, et nous avons eu peur d'aller trop loin. Mais l'élégance est à saluer et l'adresse à retenir. Encore MERCI à TOUS.

Réalisation pratique

Il ne sera plus question que de cela. Aussi mettrons-nous en

titre de chaque paragraphe, la phase de travail concernée.

Implantation générale

La figure 2 est très importante car elle donne l'organisation interne du châssis. Si vous l'avez bien en tête, vous pourrez câbler sans l'aide d'aucun document, ce qui est bien agréable.

Nous considérons que nous regardons le châssis depuis sa face avant. Si l'on fait abstraction de l'arrivée 220 V placée à l'arrière droit, le montage est STRICTEMENT SYMETRIQUE, autour d'un axe passant par le radiateur et le bloc de condensateurs.

Si nous parlons de symétrie avec autant d'insistance, c'est qu'elle apporte un confort indiscutable au moment de la construction et pour une éventuelle maintenance, MAIS que pour être réelle, il faut absolument accepter de tout retourner, et entre autres de bien distinguer un circuit imprimé « droit » de son collègue « gauche ».

Nous avons tout transcrit pour vous, et nous voulons croire que vous serez heureux d'en profiter.

Donc, le ventilateur, assemblé aux radiateurs, est situé plein centre arrière. Ce bloc supporte les 12 régulateurs et les quelques composants relatifs à leur mise en œuvre.

Au plein centre avant, une plaque accepte les 12 condensateurs associés aux tensions régulées.

A l'avant droit et gauche, on trouve les deux transformateurs sur lesquels sont montés les porte-fusibles secteur. Cette place présente l'intérêt de loger les pièces les plus lourdes juste derrière les poignées. Encore un avantage de la symétrie : la répartition des poids est parfaite. Il ne faut pas perdre de vue que, complète, cette alimentation pèse exactement 18,5 kg !

Juste derrière les transfos, on trouve - fixées aux côtés - les 2 cartes porteuses des points 1 à 6 et des porte-fusibles 3 à 8.

A plat au fond, deux plaques borniers dispatchent les sorties des ponts vers les condensateurs

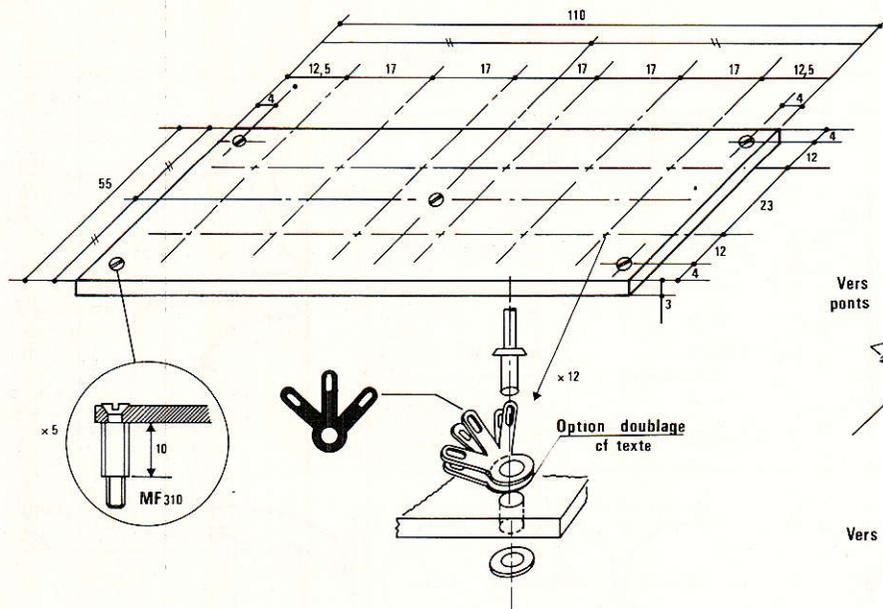
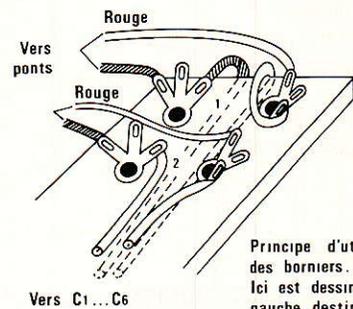


Figure 3 - Détails des Borniers. Principe d'utilisation des borniers. Ici est dessinée la plaque gauche destinée à l'alim. 1.



Principe d'utilisation des borniers. Ici est dessinée la plaque gauche destinée à l'alim 1

et le bloc de régulateurs. Nous en reparlerons car le principe revêt un intérêt tout particulier au moment de l'assemblage et comporte une astuce qui laissera vos services de maintenance... pantois. A l'arrière, à gauche comme à droite, on trouve - fixés aux côtés - les condensateurs C₇, les ponts, les fusibles F₉. Sur la plaque arrière, il reste un peu de place pour les prises d'accès aux 14 tensions disponibles. Enfin, les deux inter I₁ et I₂ sont montés juste devant les transfos qu'ils doivent commander. Ce qui n'envahit pas vraiment la face avant..! Santé, sobriété, sécurité : telle est la devise de cette réalisation. Elle est même capable de souffler dans le ballon...

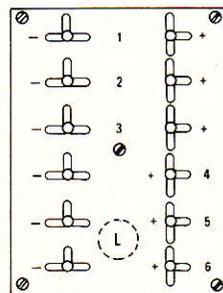
Préparation des borniers

On trouve tous les détails relatifs à la fabrication des borniers à la figure 3.

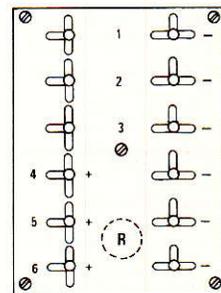
Il faut couper et percer comme indiqué deux plaques de PVC de 3 mm. Disons tout de suite que l'on pourra se procurer ces plaques, ainsi que tous les autres accessoires de ce genre, par la rubrique SERVICES.

Quand vos plaques seront percées, il faudra river les 24 bornes constituées de deux cosses triples superposées. Pourquoi 2 ?

Sur notre maquette nous n'en avons mis qu'une, mais nous l'avons regretté. Le principe est le suivant : sur les trois branches de ces cosses, deux seront soudées (les extrêmes), et la centrale recevra des cosses de haut-parleur, comme on les nomme dans les magasins d'accessoires automobile. Ces cosses doivent se glisser dans les broches mâles suffisamment épaisses pour bien serrer. Nos cosses triples présentent bien la bonne largeur, mais l'épaisseur est de moitié trop faible. Pour notre part, nous avons choisi de resserrer à la pince les fiches HP, mais cela n'est pas facile à bien doser et si l'ensemble n'est pas bien ajusté, la cosse percée se replie, ce qui est désagréable. Donc deux cosses bien superposées SVP ! Avant de river, il est indispensable de placer une rondelle en dessous, car un rivet pop a besoin d'une surface de référence résistante pour arrêter sa compression et gonfler au bon endroit.



Sens de montage des cosses sur les borniers gauche et droit
- Modes de repérages respectifs



AVANT de serrer totalement la pince à river - et donc de sectionner par étirement la broche du rivet - il sera de bon goût de relever légèrement les trois pattes de la cosse et de contrôler son orientation conformément aux dessins : la première remarque est destinée à vous éviter de vous casser les ongles en cherchant à décoller une cosse qui serait restée bien à plat et la seconde à attirer votre attention sur les différences de positionnements entre le bornier gauche et le droit.

Le dernier dessin de la figure 3 profite de l'occasion pour vous donner une idée des connexions soudées et pour vous faire remarquer que les fils en partance vers les condensateurs C₁, passent SOUS les plaquettes.

Ces borniers sont portés par 5 colonnettes MF3 de 10 mm, mais nous verrons cela plus tard. Mettez-les de côté, et passez à l'étape suivante.

UNE ASTUCE : Si vous avez une cosse qui tourne, il ne faut pas rester ainsi. Impossible de percer le rivet pour recommencer, car le PVC se déformerait par échauffement. Il faut donc procéder comme suit : chasser la broche centrale du rivet avec un petit clou meulé et un marteau, en la faisant ressortir par où elle voulait entrer. Retournez la plaque et donnez un petit coup de marteau sur l'arrière du rivet creux que vous avez maintenant, Non pour chercher à parfaire le blocage mais pour ramener de la matière dans le trou. Puis sacrifiez un rivet neuf dont vous extrairez la broche. Réintroduisez celle-ci dans le rivet raté, et redonnez un coup de pince. Le tour est joué, et on n'a rien abîmé.

On peut aussi, quand la broche a été chassée, couper le rivet au ras de la plaque et l'extraire délicatement.

La plaque des condensateurs

Une fois de plus le PVC nous a sauvé la mise. L'auteur adore... se faire des frayeurs : quand il organise un ensemble de cette importance, il tire des plans qui semblent parfaits, et « vlan » une belle peau de banane se glisse sournoisement sous ses Santiag's : quand il a reçu ses beaux condensateurs noirs, il n'y avait pas possibilité de les placer avec leurs colliers à trois pattes ! Mais l'adversité fait découvrir des astuces et c'est plaisant. Vous

connaissez maintenant un peu mieux votre serviteur et vous avez dû remarquer qu'il s'amuse à monter les composants un peu particuliers de façon curieuse.

Cette fois, ce sera carrément à l'envers ! La **figure 4** vous invite à préparer une plaque de 211 x 160 x 3, dont le perçage sera effectué avec soin. Si vous utilisez des possibilités offertes par la rubrique SERVICES, vous disposerez d'une plaque sérigraphiée comportant toutes les indications utiles à la fois au perçage, au bon positionnement de la polarité des condensateurs, et à la fonction de chacun de ceux-ci.

ATTENTION, ces inscriptions ne sont utiles que dessous. Il faudra donc monter attentivement les 12 condensateurs, car on ne voit plus - une fois vissés - les repères de polarité. Il sera néanmoins aisé de bien exécuter cette étape importante, pourvu que l'on y accorde un peu de soin et de sérieux.

L'auteur ne sait pas s'il doit vous dire ce qui suit... Une fois montés, observez le positionnement des inscriptions gravées dans la gaine. Si vous avez été attentif, et que les gravures se positionnent avec logique, vous avez toutes les chances d'être « bon ». Si par contre une gravure joue les farfelues, démontez le condensateur qui est dessous... et revérifiez.

En fait, il ne faudrait pas croire que les inscriptions peuvent être une indication de bon positionnement, car tout dépend du procédé de fabrication. Toutefois, on peut admettre que c'est un drapeau de signalisation : si sur un lot de pièces UNE semble incongrue malgré tout le soin apporté à son positionnement, il peut être bon de vérifier une fois de plus.

Les inscriptions portées sur la plaque de PVC, faciliteront grandement la tâche au moment du câblage. Si vous choisissez de ne monter qu'une seule alim, 6 condensateurs seulement prendront place sur cette plaque.

Il faudra placer une cosse sous chaque rondelle éventail, et penser aussi à la cintrer avant de la bloquer. Quand ceci sera fait, on pourra monter provisoirement les 8 colonnettes de 20 mm, et passer à l'étape suivante.

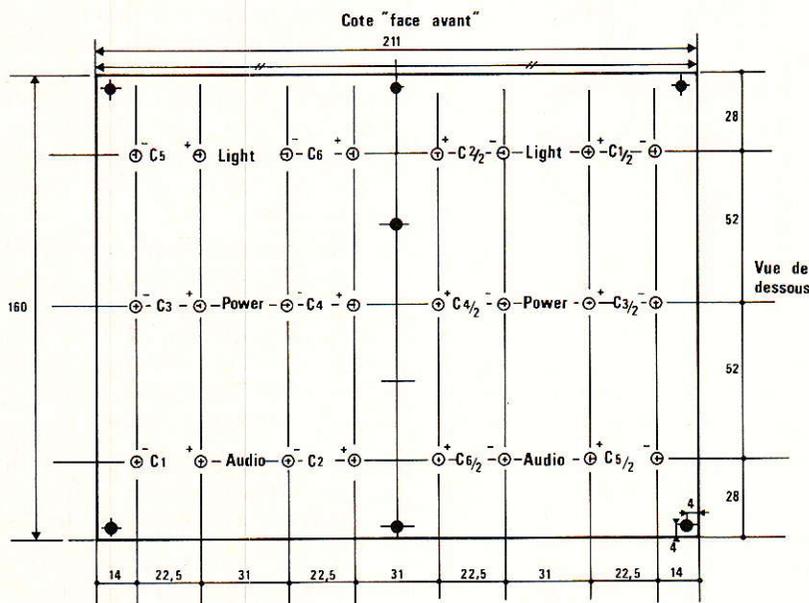
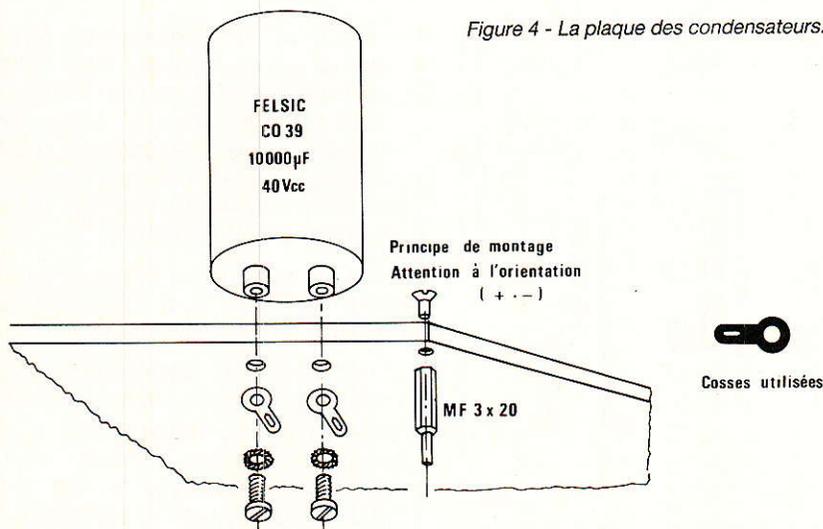


Figure 4 - La plaque des condensateurs.



REALISATION

Préparation des circuits imprimés

La **figure 5** donne les tracés et implantations des deux cartes « Fusibles + ponts ». La seule précaution à prendre consistera à bien orienter les ponts. Comme nous vous l'avons dit, il y a une double implantation pour ceux-ci,

ainsi que le choix entre les porte-fusibles classiques, et des « DI-RUPTOR ». Dans ce cas, il faudrait penser à leur adjoindre des cavaliers de 10 mm afin d'assurer la continuité du circuit.

Aux 6 emplacements prévus, on mettra des colonnettes de 10 mm.

Les deux circuits imprimés sui-

vants (**figure 6**), sont ceux qui portent les fusibles F₁ et F₂. Les deux trous de fixation seront percés avec un foret de 4,5 mm, afin d'autoriser le montage de ces cartes sur les armatures des transfo-

Les cas de la **figure 7** est un peu particulier : le même dessin de circuit comporte deux implantations différentes.

En fait, c'est essentiellement le repérage des composants, qui change. Le câblage aussi n'est pas tout à fait identique, mais nous ne nous en occuperons pas pour l'instant.

Deux remarques cependant concernant ces circuits :

1° - Les régulateurs ne seront pas mis en place car il faudra attendre d'avoir assemblé le radiateur pour les souder définitivement.

2° - Une cosse à souder est dessinée en pointillé sous chaque boîtier. Il faudra effectivement la souder à plat sur le circuit imprimé car elle est destinée à assurer un bon contact électrique entre la piste et le boîtier du régulateur.

Ces deux circuits se monteront sur le « premier étage » du radiateur, c'est la raison pour laquelle ils sont marqués « UP ». Le repérage « 1, 2 » servant à les différencier en fonction du fait qu'ils officieront pour l'alim 1 ou 2.

Toutes ces remarques s'appliquent exactement aux deux autres circuits de la **figure 8**.

Ceux-ci seront placés au « rez-de-chaussée » du radiateur, c'est pourquoi ils sont marqués « DOWN ».

Nous en avons terminé avec la panoplie complète des cartes nécessaires à la construction des deux alimentations. Nous vous conseillons de procéder à un étamage AU FER sérieux, de toutes les pistes et de toutes les cartes ; et ce, pour deux raisons :

1° - Un apport d'étain augmentera de façon non négligeable la section des pistes.

2° - Comme il faudra reprendre ces cartes plus tard pour les connexions entre-elles, l'étamage assurera une protection efficace et durable contre l'oxydation. De plus il facilitera les futures soudures.

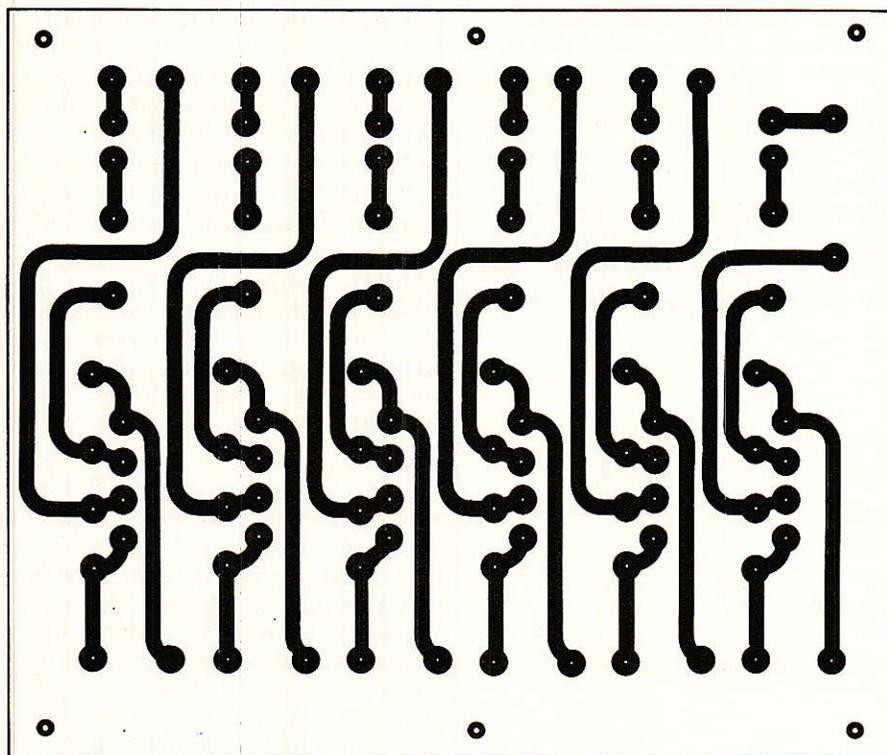
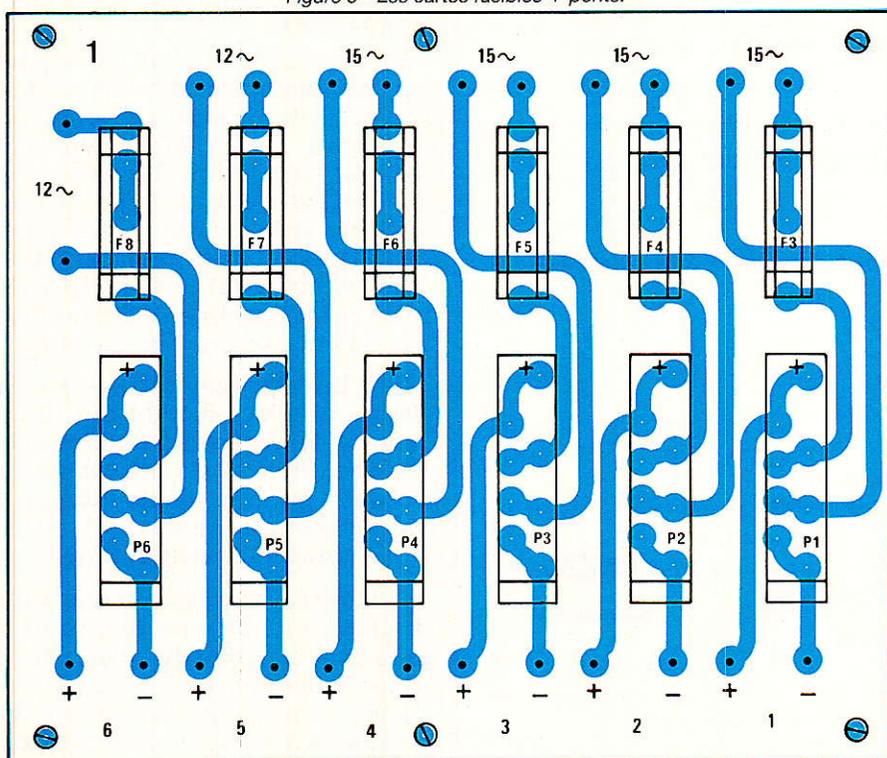


Figure 5 - Les cartes fusibles + ponts.



Préparation du coffret

Cette fois, nous voilà partis dans la mécanique ! Rassurez-vous elle est assez simple.

Comme toutes les pièces constituant notre coffret TRANSRACK sont démontables, nous définirons pour chacune les opérations à effectuer.

La face arrière

C'est la plus complexe car elle comporte à la fois les plus grosses découpes et les formes les plus tordues.

Au moment où nous écrivons ces lignes, il n'y a pas encore eu de décision prise pour le choix d'usinage de cette pièce (embou-

tissage, fraisage ?). Mais quand vous lirez ces lignes, le problème sera résolu. Il vous suffira de vous renseigner auprès de la rubrique SERVICES, ou au CLUB AC. D'excellentes surprises vous y attendent, aussi n'hésitez pas à vous renseigner avant de faire quoi que ce soit. Il en va de votre intérêt !

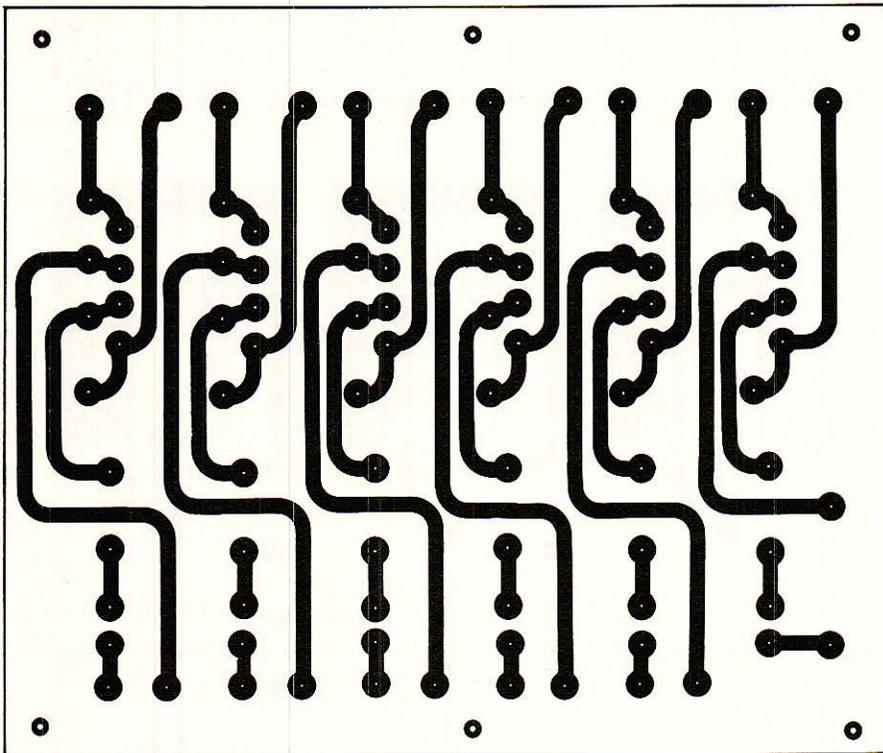
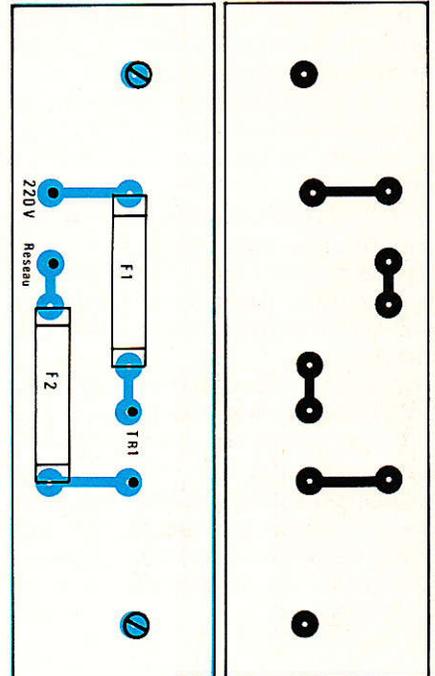
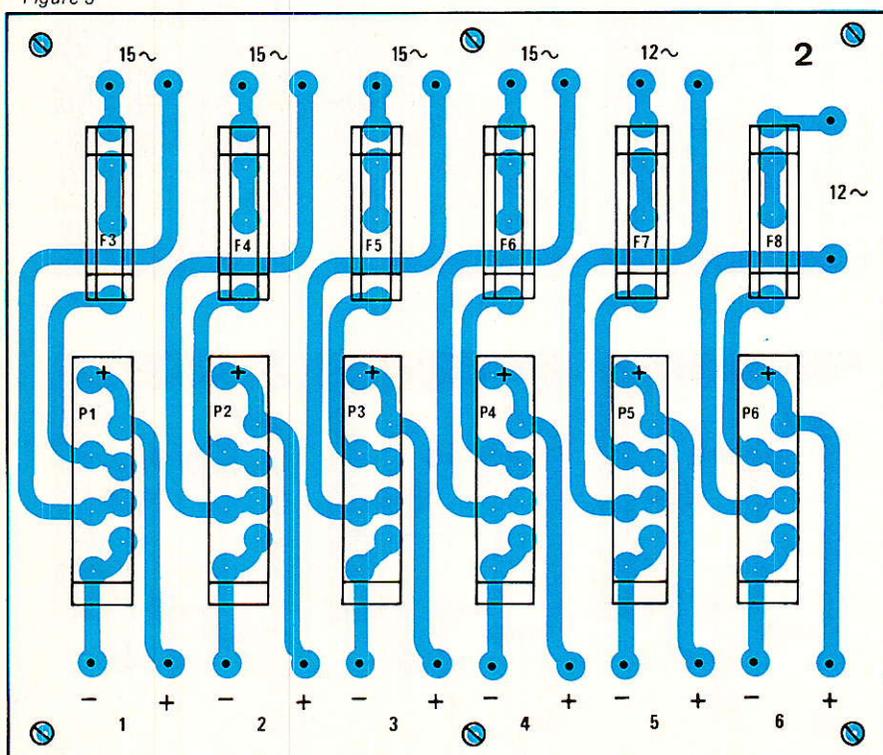
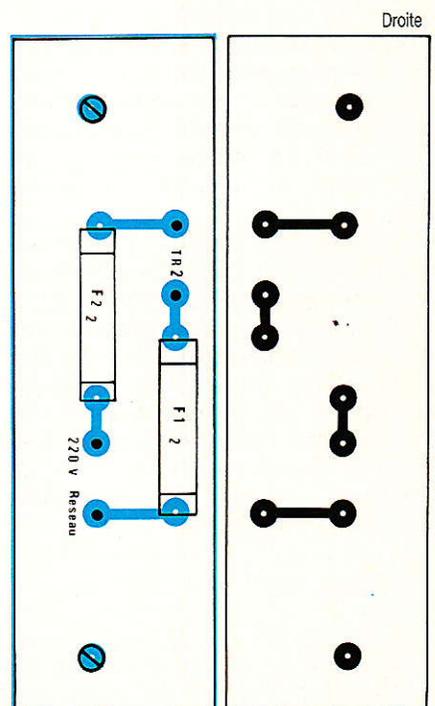


Figure 5



Gauche

Figure 6 - Les cartes fusibles secteur (à monter sur les transfos).



Droite

REALISATION

Le plan de perçage de cette face arrière est donné à la **figure 9** et il faudra le respecter avec grande précision.

L'ouverture destinée à recevoir le ventilateur, comporte des cotes un peu bizarres mais nous n'y sommes pour rien...

Sur la maquette, celle-ci est faite « à la main », c'est-à-dire en perçant côte à côte des trous de diamètre 3, et en finissant à la lime. Comme il n'y a rien pour cacher d'éventuels défauts, il est impératif d'être soigneux.

Une autre découpe concerne la prise secteur chassis. Là encore, on peut envisager la même méthode.

Enfin, deux ouvertures attendent de recevoir les fiches d'accès aux alims 1 et 2. Nous avons pour notre part, utilisé des SOCAPEX 14 broches, de récupération.

Comme ces prises coûtent cher, nous ne les imposerons pas et c'est pourquoi nous n'avons pas mentionné de détails pour ces découpes. Il arrive souvent que l'on puisse récupérer des fiches magnifiques (Jaeger, etc.), aussi nous vous laissons le libre choix des moyens.

Perçage des cotés

La **figure 10** donne les coordonnées des 9 trous à percer dans chaque côté (les plaques sont vues de l'extérieur).

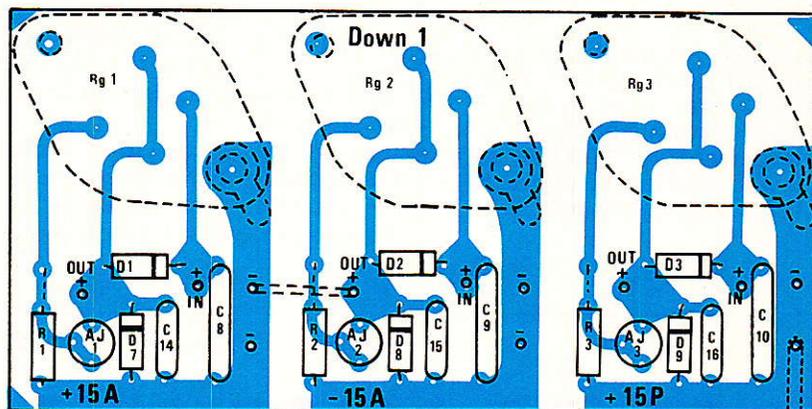
Trois points sont à remarquer :
1° - Ces plaques comportant déjà des ouvertures que nous ne nous sommes pas privés d'exploiter. Les trous que nous avons repérés sont ceux qu'il faut usiner en plus.

2° - A une extrémité, les côtés sont percés de 13 trous afin de se raccorder avec la face ARRIERE.

3° - Sur les 6 trous correspondant aux cartes porte-fusible + Ponts, un seul est défini. On repérera les autres en pointant avec un crayon gras directement au travers du circuit imprimé. C'est la meilleure façon de « tomber pile » ;

Perçage du fond

La **figure 11** est là pour vous aider. 32 trous au total, dont 8 de diamètre 4,5 et 24 de diamètre 3,2.



Gauche

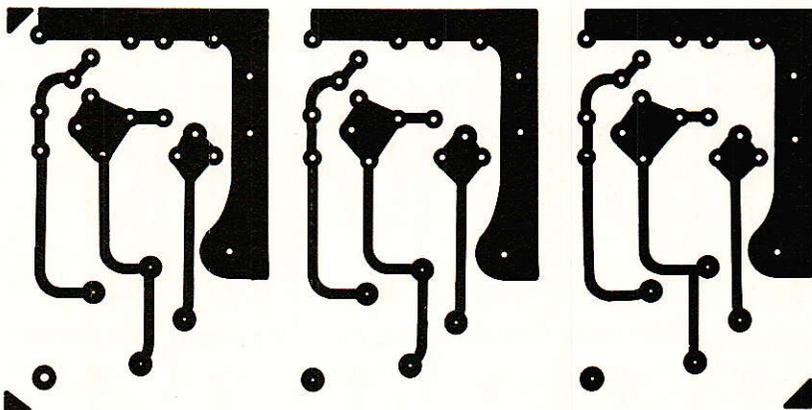
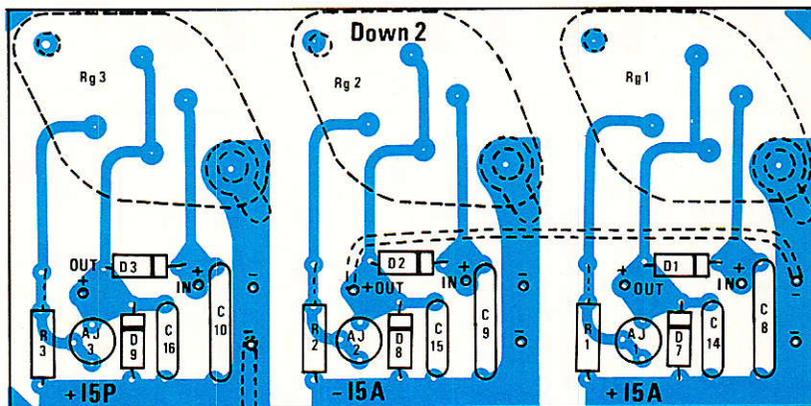
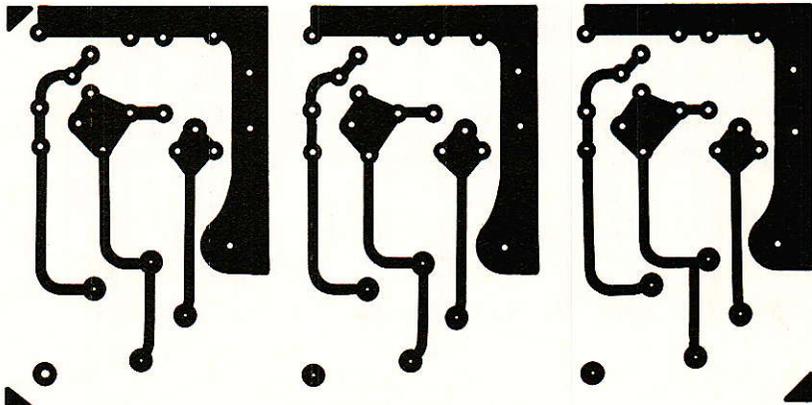
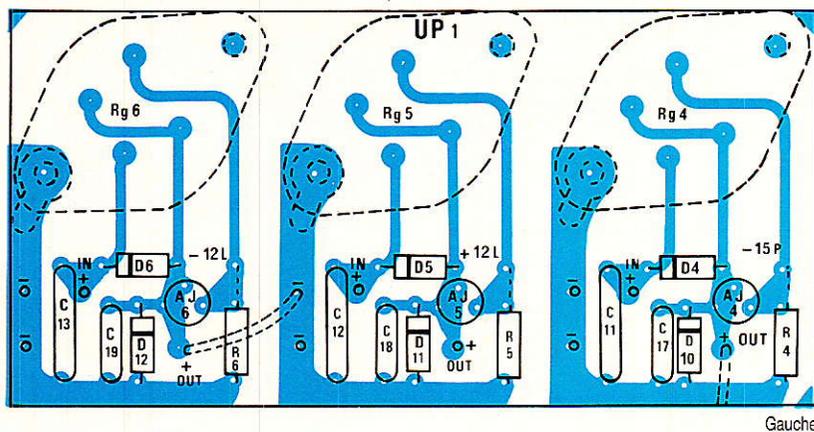


Figure 7 - Les CI « up » et leurs implantations.



Droite





Gauche

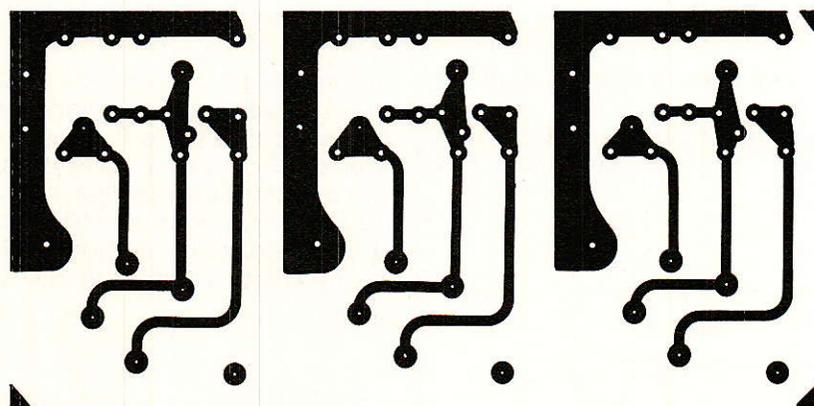
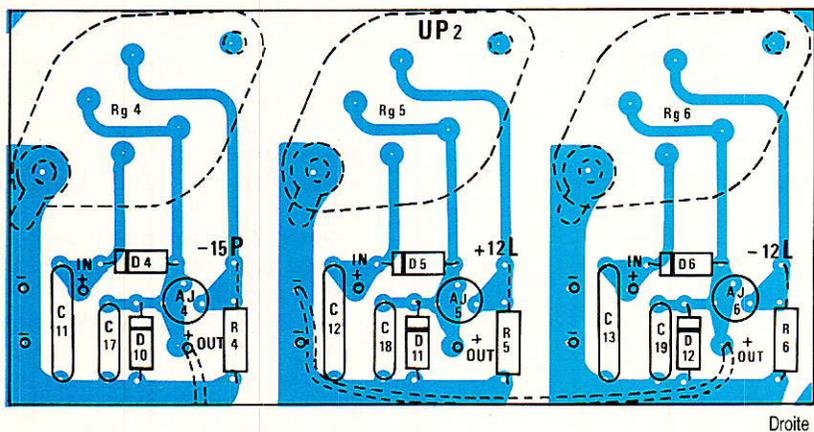
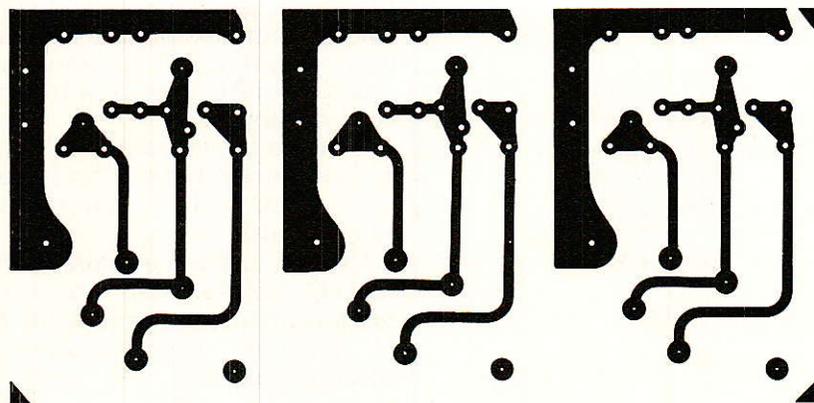


Figure 8 - Les Cl « down » et leurs implantations.



Droite



Le marquage est à faire sur le DESSUS de la plaque (le côté creux de la plaque étant dessous).

On utilisera la même méthode de repérage que précédemment pour les deux borniers et pour la plaque des condensateurs.

Un soin tout particulier sera apporté au perçage des 4 trous du radiateur.

Usinage de la face avant

Il est vraiment restreint : deux trous de diamètre 16 mm et deux de 2 mm pour immobiliser les ergots.

Il faut quand même noter que l'emplacement des poignées pour un châssis de 4 unités, n'est pas centré sur la hauteur. Celles-ci sont montées plus bas que l'axe médian. C'est donc par rapport aux coins inférieurs qu'il faudra reporter les cotes indiquées à la figure 12.

Pour le petit ergot, nous préférons que vous le repérez vous-même car il est situé très au bord du socle de l'inter. Nous vous proposons donc d'utiliser une feuille de carbone, et de venir presser l'ergot dessus, afin de marquer le point exact de perçage. Le trou ne sera d'ailleurs pas obligatoirement débouchant : 3 mm suffiront largement.

Voilà, le perçage est définitivement terminé.

Vous vous doutez bien qu'il serait hors de question de procéder en une seule étape, pour tout ce qui reste à faire, si l'on veut vous garantir un succès total.

Aussi terminerons-nous cette réalisation le mois prochain. Pour ne pas vous faire perdre de temps, vous trouverez dans ce numéro la nomenclature complète des pièces utilisées.

Quelques remarques s'imposent toutefois, afin d'être bien clairs.

Tout d'abord, les transfo : l'utilisation d'un modèle spécialement bobiné pour nous n'est pas du forcing ! Si vous désirez procéder autrement, rien ne vous en empêche. Vous pouvez même superposer des transfo toriques si vos finances sont sans limite.

Nous avons choisi la formule économique et de qualité. Si vous adhérez à ce principe, contactez le CLUB AC.

Pour les condensateurs, faites

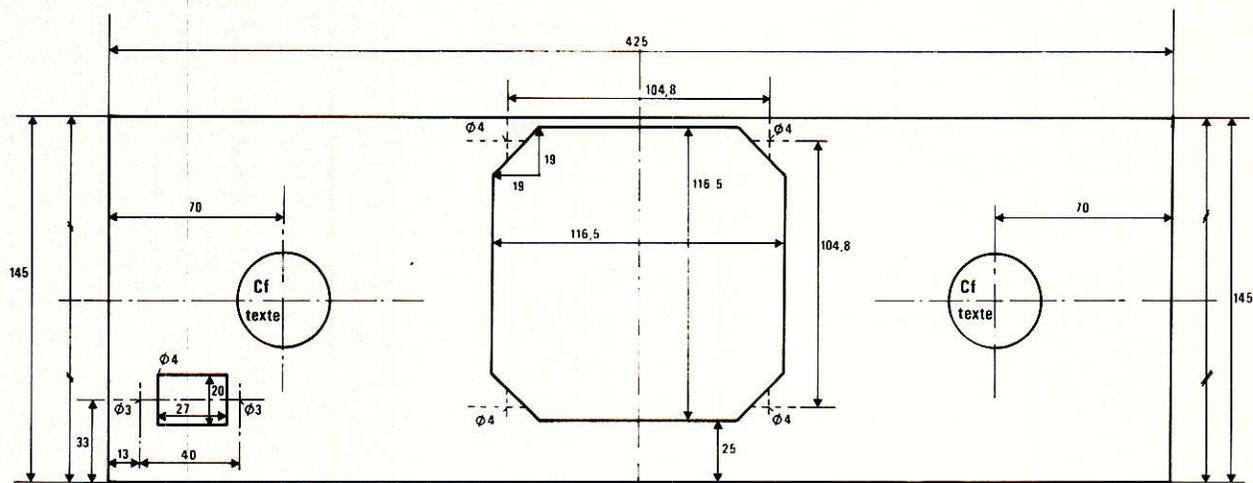


Figure 9 - Perçage de la face arrière.

attention de ne pas vous faire « refileur » n'importe quoi ! Là aussi, la qualité est de rigueur, c'est très important. Attention

aussi aux récupérations douteuses. Pour les inter I₁ et I₂, il est possible de se procurer des

modèles à clé, totalement compatibles avec notre description. Il ne manquera que les voyants, mais on pourra monter les mêmes que ceux qui sont inclus dans les modèles que vous voyez en photo. Renseignez-vous si vous désirez protéger votre alim de cette façon.

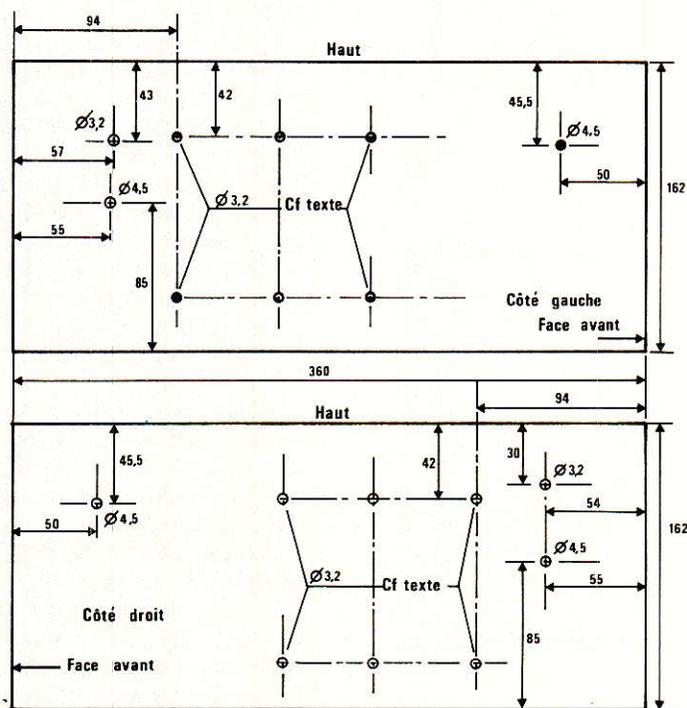


figure 10 - Perçages des côtes (vus de l'extérieur).

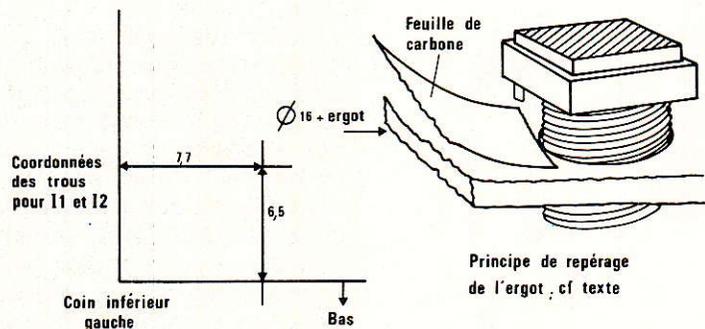


Figure 12 - Préparation de la face avant.

Services

La rubrique SERVICES vous propose un lot indissociable comportant :
 Les 8 circuits imprimés (prêts à graver et percer).
 Les 3 plaques de PVC, coupées et sérigraphiées).
 L'enjoliveur de face avant (en LEXAN adhésivé)
 Un jeu de 2 étiquettes autocollantes pour repérer les broches des fiches d'accès.
 L'ensemble prend le nom de KIT ALIM.

Conclusion

Le mois prochain vous disposez d'une excellente alimentation, capable de supporter la quasi totalité des besoins d'un studio complet.

L'assemblage sera très simple et les possibilités d'accès pour une éventuelle maintenance, remarquables.

Encore une belle réalisation de RADIO-PLANS, dont vous serez fiers. D'ici là, prenez soin de vous et profitez quand même du soleil ! A bientôt.

Jean ALARY

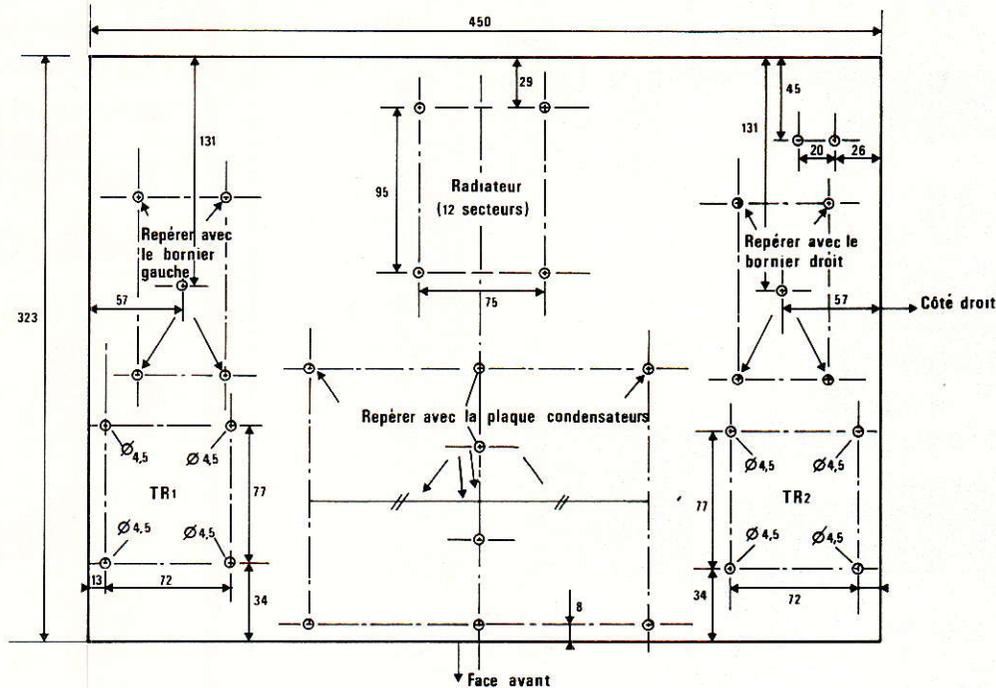


Figure 11 - Perçages du fond (vue de dessus).

Nomenclature

NOTA : tous les composants sont à prévoir en double exemplaire si l'on désire construire l'ensemble complet, sauf ceux qui sont précédés d'un astérisque.

Rg₁ à 6 : L200CT
 D₁ à D₆ : BY251 ou 255
 D₇ à D₁₂ : 1N4004
 PONT₁ à 6 : KBL02 ou B80C5000/3300
 PONT₇ : FB1004
 C₁ à C₇ : 10000 µF 40 V C039 dont un avec collier
 C₈ à C₁₃ : 0,22 µF
 C₁₄ à C₁₉ : 0,1 µF
 R₁ à R₆ : 820 Ω
 AJ₁ à AJ₆ : 10 K T7
 Porte-fusible CI = 9, + une dizaine de fusibles 3,5 A
 TR : Transfo spécial ref. ST 152
 I₁ : Inter TH5 18.24 510200 ou équivalent
 Fiches d'accès : voir texte
 * FICHE SECTEUR chassis

* Coffret TRANSRACK 22161 + blindage 20423 + 2 poignées 20172
 * Un radiateur composé de : 12 secteurs de 35 mm + 24 entretoises + 4 isolants bakélite + 2 flasques + 16 vis fraisées de Ø3 + 1 ventilateur ETRI 125XL + 1 grille protège-doigts (les secteurs seront percés pour L200).
 COSSES à souder MFOM réf 5S = 24
 COSSES à souder MFOM réf 5 = 6
 COSSES à souder MFOM réf 5G = 12
 COSSES à sertir emboîtables M + F = 3 rouges et 6 bleues
 COSSES à sertir femelles lar. 2.8 = 12 rouges

COSSES à sertir femelles larg. 6.3 = 1 rouge, 1 bleue
 COSSES à sertir rondes diam. 4.5 = 2
 COSSES à sertir rondes diam. 3,2 = 3
 FIL de 1,2 mm² = 5 m de rouge et 5 m de noir
 FIL de 2 x 1,5 = 3 m environ
 Paire de fils fins (nappe) = 0.5 m
 Entretoises de 10 = 11
 * Entretoises de 20 = 10
 Rivets de 4 x 10 = 12
 Visserie de 4 (grosse tête), 4 tête plate, 3 fraisée, 3 plate, environ 25 de chaque.
 * 1 domino à 4 cellules de 9 x 21 chacune
 * 1 tube de LOCTITE 243 (normal)

suite de la page 16

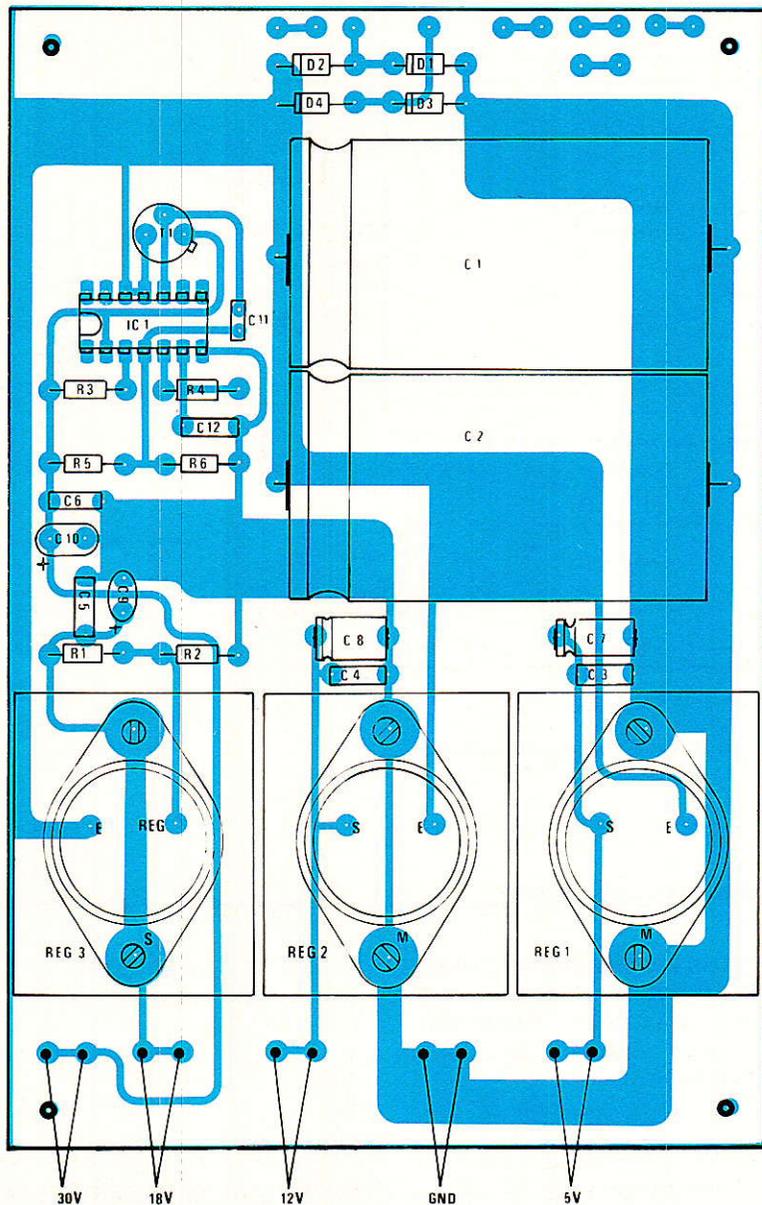


Figure 25 : Implantation des composants carte alimentation.

Motorisation du LNC

La motorisation du LNC est quasi-indispensable. Mais c'est un choix que vous devrez faire seul. Vous opterez soit pour une seule polarisation : chaque passage H en V vous astreindra à la rotation manuelle de 90° du LNC, soit pour un convertisseur motorisé ; la rotation de 90° est automatique de butée à butée et télécommandée à partir du récepteur.

Si vous optez pour cette dernière solution que nous vous conseillons vivement, la fonction du commutateur K₂ sera modifiée.

La broche 2 du module AT 1020 sera connectée soit au zéro,

sélection entrée B, ou au + 12 V entrée A.

K₂ sera remplacé par un interrupteur bipolaire et câblé conformément au schéma de la figure 28.

Un fil scindex cotoiera le câble RG 59/U du récepteur au LNC. A ce stade Indoor et Outdoor units peuvent être connectées ensemble et l'installation mise sous tension.

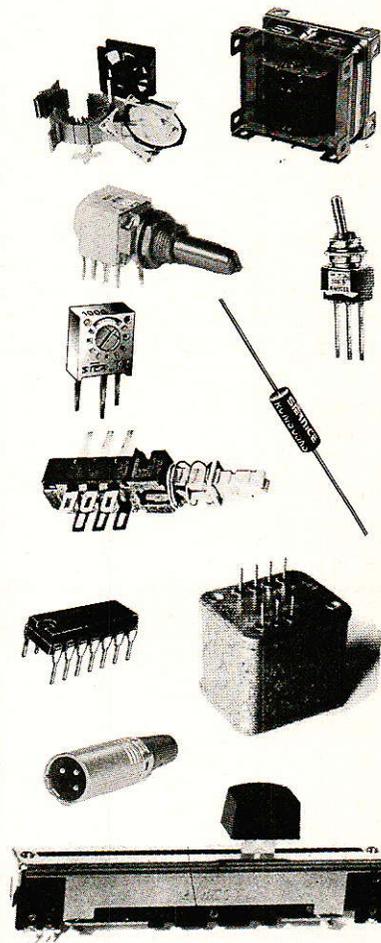
Pointage de l'antenne

Ne cédez pas à la panique mais vous allez être confronté à l'opération la plus pénible : le réglage et le pointage de l'antenne. Choisissez par exemple Intelsat V et CNN, polarisation verticale

SONEREL

33, rue de la Colonie 75013 PARIS
45.80.10.21

UN APPROVISIONNEMENT
SÉRIEUX
Pour votre console
"AC ODDY"



LE club Ac VOUS OUVRE SES PORTES

Il a pour but de faire le lien entre les amateurs, l'auteur et les fournisseurs engagés dans la "VERSION PRO".

Ouvert à tous gratuitement envoyez-nous votre adresse.

DEMANDE DE
DOCUMENTATION SPÉCIALE
AC ODDY

Nom :

Adresse :

Code postal :

11,155 GHz. Provisoirement, connectez un voltmètre entre la broche 4 et le zéro électrique de l'AT 3010. Nous décrivons ultérieurement un module indicateur de champ. Placer K_3 en position gain maximum et K_4 en position filtre hors service, la tension lue sur le voltmètre est voisine de 0,6 V continu.

Le pointage peut être dégrossi grâce à un relevé des coordonnées du lieu de la station de réception et un calcul théorique du site s et de l'azimut a . Avec a et s théoriques, positionner l'antenne au mieux. Agissez tour à tour sur le réglage de a et de s . Plus on se rapproche du pointage correct, plus la tension lue sur le voltmètre augmente.

Lorsque cette tension avoisine 1 V, l'image apparaît, très bruitée certes, mais distincte et synchronisée. Le réglage est retouché en agissant sur la polarisation ; rotation du convertisseur, et site et azimut peuvent être repris en jugeant à l'œil la qualité de l'image.

Dès que l'écart de pointage devient trop important, les pertes augmentent et l'image est fortement bruitée.

Cette opération pourra vous prendre une heure, voire beaucoup plus si vous n'avez jamais pratiqué ce genre de sport. Au deuxième ou troisième pointage en passant de ECS à Intelsat, cette manipulation deviendra vite une routine qui vous prendra moins de dix minutes. Sur notre prototype la qualité de l'image augmente très nettement lorsque le filtre est mis en service : k_4 .

Les photos d'écrans qui illustrent cet article sont dues à deux configurations différentes :

= antenne 1,80 m, convertisseur Maspro pour les photos ECS ;

= antenne 1,20 m, convertisseur DX pour les photos Intelsat.

Dans les deux cas, le récepteur prototype était en service.

Conclusion

Avec cette première approche de réception de télévision par satellite nous espérons avoir répondu aux désirs d'un maximum de lecteurs. Le récepteur pourra éventuellement être complété par un décodeur stéréo, un asservissement de position d'antenne, et un sélecteur-démodulateur 950-1750 MHz est en cours de réalisation.

L'auteur tient à remercier les ingénieurs des sociétés ASTEC, AVANTEK et DX sans l'aide et le concours desquels cette réalisation n'aurait pu voir le jour.

F. de Dieuleveult

N'oubliez pas que pour la plupart des émissions, la couleur est transmise avec le procédé PAL et nous vous invitons à relire notre précédent article consacré à la console de commutation Péritel.

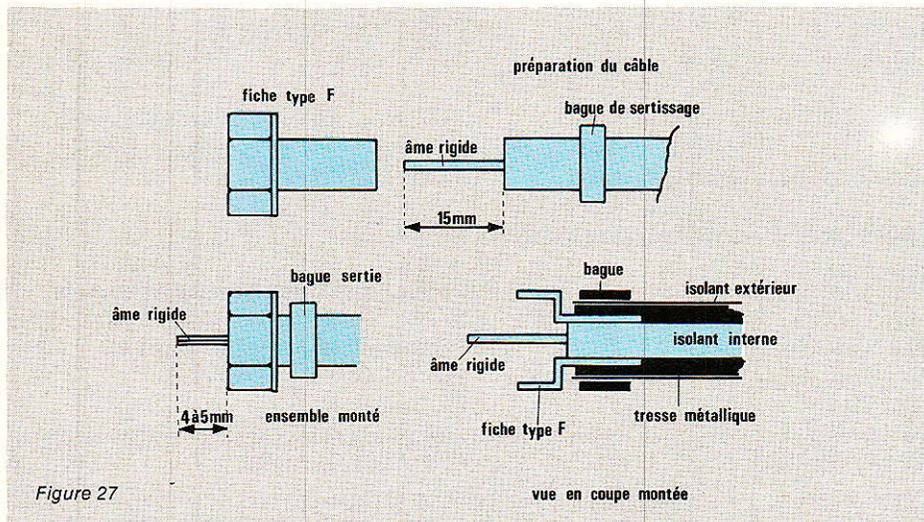


Figure 27

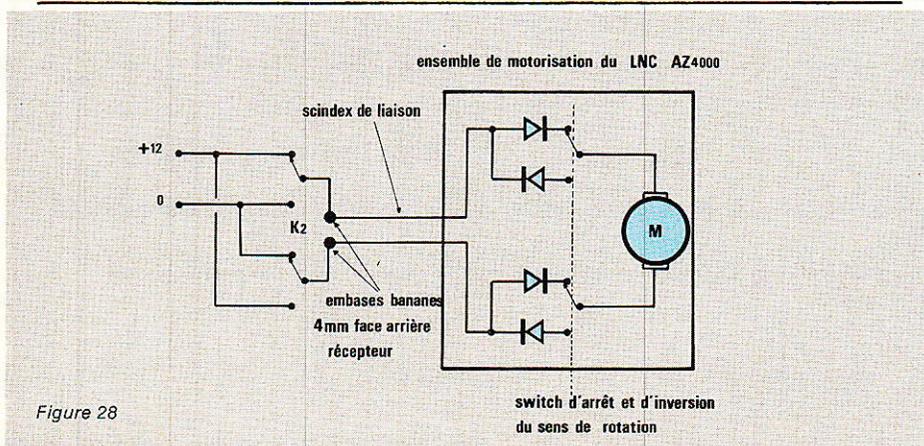


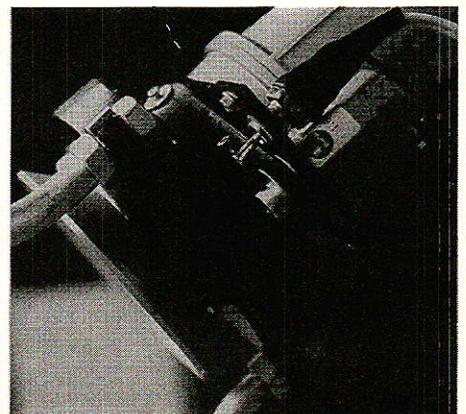
Figure 28

Bibliographie

Télécommunication spatiales Tome I, bases théoriques. MASSON éditeur.

Les systèmes de télécommunication par satellites. G. MARAL, M. BOUSQUET, J. PARES. MASSON éditeur.

Radio diffusion par satellite. A. DUBEC, L. GOUSSOT. Numéro spécial de la revue Radiodiffusion Télévision : éditeur : information promotion française. précédents articles parus dans RadioPlans.



Nomenclature

Carte alimentation

Résistances

R₁ : 220 Ω
 R₂ : 3 kΩ
 R₃ : 2,2 Ω
 R₄ : 10 kΩ
 R₅ : 22 kΩ
 R₆ : 6,8 kΩ
 R₇ : 470 Ω

Condensateurs

C₁ : 4700 μF 40/48 V
 C₂ : 4700 μF 40/48 V
 C₃ : 22 nF M
 C₄ : 22 nF M
 C₅ : 22 nF M
 C₆ : 22 nF M
 C₇ : 47 μF/16 V T
 C₈ : 47 μF/16 V T
 C₉ : 47 μF/35 V T
 C₁₀ : 10 μF/35 V
 C₁₁ : 470 pF C
 C₁₂ : 10 nF M

M : MKH - C : Céramique -
 T : Tantale

Circuit intégré

IC₁ : μA 723

Diodes

D₁ : 1N 4007
 D₂ : 1N 4007
 D₃ : 1N 4007
 D₄ : 1N 4007
 D₅ : Led Ø 5

Transistors

Transformateur torique
 220 V/24 V 30 VA.

Divers

K₁ : inter A/M unipolaire
 REG₁ : 7805
 REG₂ : 7812
 REG₃ : LM 317

} Boîtier
 TO3

Carte modules ASTEC

Résistances

R₁ : 75 Ω

Condensateurs

C₁ : 330 nF
 C₂ : 330 pF
 C₃ : 330 pF
 C₄ : 330 pF
 C₅ : .0,1 μF MKH
 C₆ : .0,1 μF MKH
 C₇ : .100 μF 25 V chimique

Divers

AT 1020 Astec
 AT 3010 Astec
 REG₁ : 7818 (TO 220)
 K₂, K₂, K₃ : inters
 bipolaires miniatures
 L₁ : 4,7 μH

Synthétiseur de fréquence

Résistances

R₁ : 1 M Ω
 R₂ : 2,7 kΩ
 R₃ : 100 Ω
 R₄ : 15 kΩ
 R₅ : 10 kΩ
 R₆ : 10 kΩ
 R₇ : 68 kΩ
 R₈ : 1 M Ω
 R₉ à R₁₆ : Réseau SIL 10 à 22 kΩ
 R₁₇ : 2,2 kΩ
 R₁₈ : 18 kΩ
 T₁₉ : 1 kΩ
 R₂₀ : 470 Ω
 R₂₁ : 10 kΩ

Condensateurs

T : Tantale
 M : MKH
 C : céramique
 C₁ : 10 μF/16 V T
 C₂ : 0,68 μF M
 C₃ : 0,22 μF M

C₄ : 10 μF/35 V T
 C₅ : 33 nF M
 C₆ : 220 pF C
 C₇ : 1,5 nF M
 C₈ : 1 nF M
 C₉ : 150 pF
 C₁₀ : 0,1 μF
 C₁₁ : 33 nF
 C₁₂ : 100 pF C
 C₁₃ : 33 nF M
 C₁₄ : 100 pF C
 C₁₅ : 5-60 pF ajust.
 C₁₆ : 33 nF M
 C₁₇ : 33 nF M
 C₁₈ : 10 μF/16 V T

Circuit intégré

IC₁ : HEF 4750
 IC₂ : HEF 4751
 IC₃ : HEF 4025
 IC₄ : HEF 4013
 IC₅ : HEF 4013
 IC₆ : LF 356
 IC₇ : HEF 40106

Diodes

D₁ : LED Ø 5
 D₂ à D₅ : 1N 4148

Divers

8 interdils doubles pour CI
 5 roues codeuses BCD
 2 flasques
 36 × 1N 4148 non référencées
 pour code N_A et N_B

Transistors

T₁ : BC 109 B
 T₂ : 2N 2369

Carte son monophonique

Résistances

R₁ : 68 kΩ
 R₂ : 820 Ω
 R₃ : 27 kΩ
 R₄ : 220 Ω
 R₅ : 330 Ω
 R₆ : 10 Ω

R₇ : 3,6 kΩ
 R₈ : 22 kΩ ajustable
 R₉ : 220 kΩ
 R₁₀ : 180 kΩ
 R₁₁ : 3,3 kΩ

Condensateurs

C₁ : 100 pF
 C₂ : 150 pF
 C₃ : 0,1 μF
 C₄ : 150 pF
 C₅ : 0,1 μF M
 C₆ : 0,1 μF M
 C₇ : 0,1 μF M
 C₈ : 47 μF/16 V T
 C₉ : 10 μF/35 V T
 C₁₀ : 0,1 μF M
 C₁₁ : 10 μF/ 35 V T
 C₁₂ : 0,1 μF T
 C₁₃ : 1 nF M
 C₁₄ : 0,47 μF M
 C₁₅ : 4,7 nF M
 C₁₆ : 2,2 nF M
 C₁₇ : 10 μF/35 V T
 C₁₈ : 33 pF C
 C₁₉ : 33 pF C
 C₂₀ : 560 pF C

Transistors

T₁ : BF 245 B

Divers

Tr₁ : KANK 3334
 Tr₂ : KANK 3334
 Tr₃ : KANK 3335 } TOKO

Carte vidéo

L3 et C 13 non implantés

Résistances

R₁ : 3,3 kΩ
 R₂ : 1 kΩ
 R₃ : 1 kΩ
 R₄ : 270 Ω
 R₅ : 1 kΩ
 R₆ : 1 kΩ
 R₇ : 1,8 kΩ
 R₈ : 2k2 fixe + 10 k ajustable
 R₉ : 470 Ω
 R₁₀ : 1 kΩ
 R₁₁ : 2,2 kΩ
 R₁₂ : 470 Ω
 R₁₃ : 68 Ω

Condensateurs

C₁ à C₄ : sur carte modules Astec
 C₅ : 10 μF 35 V T
 C₆ : 330 pF × 2
 C₇ : 10 μF 35 V
 C₈ : 0,1 μF MKH
 C₉ : 220 μF 16 V chimique
 C₁₀ : 1 μF MKH
 C₁₁ : 47 μF 10 V T
 C₁₂ : 1000 μF 16 V chimique

Circuit intégré

IC₁ : HA 5195-5 Harris

Diodes

D₁ : 1N 4148
 Dz₁ : Zener 6,2 V 400 mW

Transistors

T₁ : 3N 3904
 T₂ : 2N 3904

Selfs

L₁ : sur carte Astec
 L₂ : 3 × 220 μH

NDLR : Une petite mise au point nécessaire

Les prix annoncés dans le paragraphe « le convertisseur faible bruit » à la page 46 de notre précédent numéro, ont provoqué de vives réactions dans le monde de la distribution, et ce, à juste titre.

En effet, il peut y avoir équivoque sur les 3000 F concernant le convertisseur MASPRO. En fait, l'auteur avait bien précisé qu'il s'agissait du prix moyen de négociation entre professionnels, ce qui signifie des prix hors taxe et par quantité. En l'occurrence,

pour des quantités supérieures à 100 pièces.

Il est évident qu'un magasin spécialisé ne stockera pas obligatoirement cent pièces d'un coup, que donc son prix d'achat sera plus élevé, qu'il doit faire sa marge et qu'il repercutera la TVA.

Mais il nous a semblé que le chiffre d'arrivée : 13 000 F TTC, constaté en un endroit était excessif même si à l'époque le

marché n'était pas encore « ouvert ».

Alors amis lecteurs, de grâce, n'eng...lez » pas votre revendeur préféré si celui-ci vous annonce des prix nettement supérieurs à 3 000 F, c'est tout à fait normal.

Nous faisons confiance aux professionnels, ils connaissent leur métier et n'ont certainement pas l'intention de retarder l'explosion d'un marché profitable à tous.

suite de la page 22

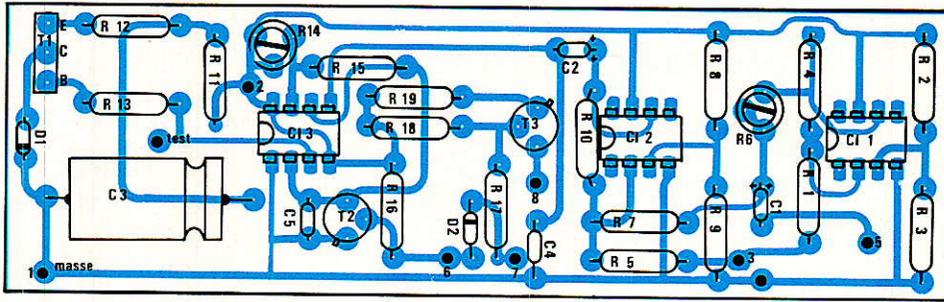


Figure 3b

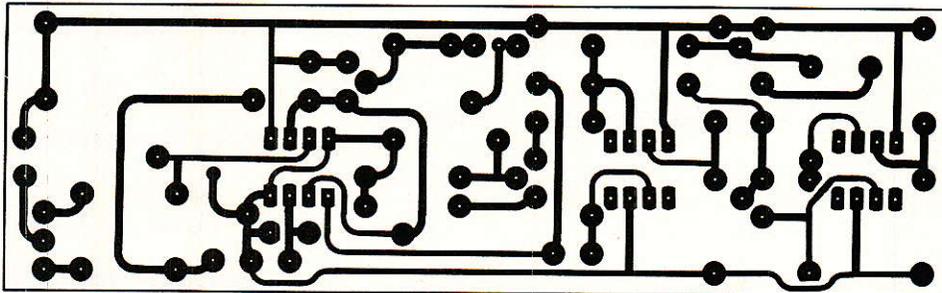


Figure 3a

der à « l'intégration » de l'ensemble, phase la plus délicate du travail.

On commencera donc par graver un exemplaire du circuit imprimé de la **figure 3 d**, dont les dimensions sont prévues pour tenir dans un tronçon de tube PVC pour descente de lavabo. Ce type de « boîtier », fort économique, se prête bien à l'usage prévu pour ce matériel.

Le câblage selon la **figure 3b** ne soulève pas de remarque particulière : tout le secret réside dans la partie optique.

Il faut se procurer une forte lentille convergente (loupe) de diamètre n'excédant pas celui de l'intérieur du tube PVC.

On déterminera la **distance focale** de cette lentille en formant sur un mur clair, l'image d'un objet situé « à l'infini » (quelques centaines de mètres) : lorsque l'image est nette, la distance mur-lentille est égale à la focale.

Si la focale est inférieure à 50 mm, on choisira de préférence une diode d'émission de type LD 271 (SIEMENS). Entre 50 et 100 mm, on se tournera plutôt vers une LD 24 (même marque). Nous déconseillons totalement une focale supérieure à 100 mm (loupe pas assez forte).

Il faut réaliser une pièce mécanique à partir d'un tube de comprimés pharmaceutiques, par exemple, dont le but est de placer la diode exactement au foyer de

la lentille (c'est-à-dire dans son axe, et à une distance égale à sa focale) : attention, chaque millimètre en plus ou en moins se paie par une perte de portée d'au moins 50 %...

Pour le moment, le seul réglage à effectuer est celui de la fréquence d'émission (55 kHz), après avoir provisoirement mis le point 6 à la masse pour faire démarrer l'oscillateur.

Une mesure de tension (à l'oscilloscope) aux bornes de la 10 Ω permettra de vérifier que les pointes de courant atteignent bien 1 ampère pour un rapport cyclique de 10 %. Attention ! tout excès de courant ou de rapport cyclique réduit la durée de vie de la diode à quelques minutes, mais toute insuffisance se traduit par une forte baisse de la portée : soyez précis !

Le circuit imprimé « réception » devra être gravé selon la **figure 4**. Son implantation se fera en accord avec la **figure 5**, sur laquelle la self de 4mH est figurée par un petit pot ferrite.

On peut en effet utiliser un pot Siemens B 65651 K250 A022, ou un équivalent de 250nH/sp², rempli de 120 spires de fil émaillé 25/100. Cependant, toute self existante de 4 mH exactement fera aussi bien l'affaire.

La photodiode de réception pourra dans un premier temps être soudée à plat sur la tranche du circuit imprimé : à condition

de laisser une certaine longueur de tube pour faire obstacle aux rayonnements latéraux, des portées intéressantes peuvent être obtenues sans autre optique.

Lors de l'installation définitive, on aura toutefois intérêt à concevoir un dispositif optique dont le rôle sera double :

- concentrer au maximum l'énergie provenant de l'émetteur sur la surface de la diode réceptrice.
- faire obstacle à tout rayonnement parasite, en particulier la lumière du jour.

On peut employer, selon les conditions locales, une lentille, un réflecteur parabolique, ou un cornet réflectorisé intérieurement.

C'est en général cette dernière disposition qui conduit aux meilleurs résultats à moindre mal.

Dans tous les cas, on évitera absolument de placer la diode réceptrice face au soleil ou à un mur clair violemment éclairé par le soleil : sa vie est en jeu

Première mise au point

Si les adaptations optiques à l'émission ont été faites avec soin, l'alignement émetteur-récepteur doit déjà être délicat à quelques mètres : à cette distance, en effet, la « tache » formée

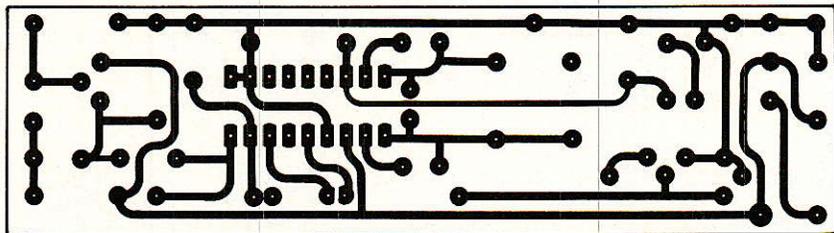


Figure 4

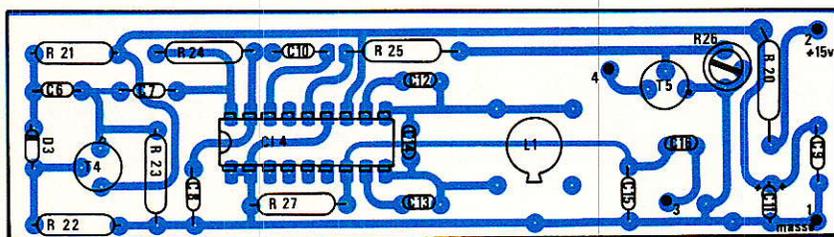


Figure 5

par le faisceau de l'émetteur doit présenter un diamètre n'excédant pas 8 à 10 cm.

Le premier réglage consiste à ajuster précisément la fréquence d'émission pour qu'une modulation audio de quelques centaines de millivolts appliquée au point 5 de l'émetteur (point 3 en l'air et potentiomètre de « zéro » à sa résistance maximum) soit restituée au point 3 du récepteur avec la meilleure qualité possible et le minimum de bruit de fond pendant les silences.

Cela fait, on pourra régler provisoirement le potentiomètre « seuil porteuse » pour qu'une LED branchée au point 4 ne s'allume qu'en présence de la porteuse (agir sur le point 6 de l'émetteur pour la faire s'allumer ou s'éteindre).

A ce stade, on pourra procéder aux premiers essais « sur le terrain » afin de vérifier si la portée obtenue est compatible avec le problème à résoudre.

Dans l'affirmative, on passera à la construction d'un second ensemble émetteur-récepteur, et dans la négative, on soignera davantage les parties optiques.

Insistons bien sur le fait que même à une distance de 50 mètres, la mise en alignement de l'émetteur et du récepteur est une opération délicate : il faut littéralement « viser » avec l'émetteur, le point auquel sera placé le récepteur. Pour ce faire, il peut être commode de munir

provisoirement l'émetteur de deux « réticules » de visée (cadres supportant deux fils se croisant en deux points matérialisant une droite parallèle à l'axe optique de l'émetteur).

Une fois l'émetteur correctement « pointé », le réglage du récepteur est beaucoup plus facile : il se fait « à l'oreille », sur une modulation audio.

Couplage des deux voies

Les deux ensembles émetteur-récepteur étant parfaitement au point, il faut les faire revenir au laboratoire pour procéder à l'interconnexion générale. A ce stade, en effet, des réglages précis restent à effectuer, qu'il ne saurait être question de faire sur le terrain.

Chaque paire émetteur-récepteur sera équipée de sa propre alimentation 15 ou 16 volts commune aux deux modules. Afin d'éviter les accrochages, on amènera séparément les fils d'alimentation des deux circuits aux bornes mêmes du circuit d'alimentation.

Dans un premier temps, la seule connexion réunissant l'émetteur au récepteur sera la réunion des points 3 des deux modules.

Un réglage provisoire des circuits hybrides pourra être fait en plaçant une résistance de 560 Ω

entre le point 5 de chaque module émetteur et la masse.

Tous les alignements optiques étant faits, et les points 6 étant mis à la masse, toute modulation audio appliquée aux bornes de l'une des 560 Ω doit apparaître aux bornes de l'autre.

Côté « arrivée » de cette transmission d'essai, on réglera alors le potentiomètre de « zéro » afin de réduire à un strict minimum l'amplitude du signal atteignant la broche 5 du 555.

Même opération pour l'autre sens de la liaison, mais il est bien entendu que ce réglage sera à figner lorsque des installations téléphoniques réelles prendront la place des 560 Ω .

C'est à ce stade qu'il convient de remédier à d'éventuels accrochages ou battements, et de contrôler le bon fonctionnement des deux liaisons de « signalisation » : une LED branchée au point 4 de chaque récepteur doit s'allumer lorsque le point 6 ou 7 de l'émetteur qui lui fait face, est mis à la masse.

Lorsque les points 6 et 7 sont tous deux « en l'air », la diode LED doit s'éteindre, et la liaison audio s'interrompre.

On n'abordera pas la suite de cette « intégration » tant que ce fonctionnement ne sera pas impeccable : selon le soin apporté aux opérations précédentes, on pourra être amené à corriger certaines fautes de câblage (boucles de masse, fils trop longs) ou à reprendre certains réglages.

Des condensateurs de découplage pourront à l'extrême être placés à titre d'ultimes corrections.

Incorporation dans un système téléphonique

Installé convenablement et réglé avec soin, cet ensemble de liaison par infrarouges permet de faire passer une modulation audio dans les deux sens et en simultané (duplex) entre deux équipements 600 ohms distincts, et séparés par une distance non négligeable.

Parallèlement, un canal de signalisation « tout ou rien » est disponible dans chaque sens, pouvant être utilisé pour faire

passer des informations de sonnerie, de décrochage, et de numérotation décimale (une éventuelle numérotation à fréquences vocales pourrait aussi passer par la voie audio).

Toutes les fonctionnalités nécessaires sont donc disponibles pour mettre sur pied des raccordements « hertziens » tels que :

- raccordement d'un poste à une ligne d'autocommutateur
- raccordement de deux postes entre eux
- raccordement de deux auto-commutateurs

Nous ne fournirons pas ici de schémas trop détaillés, qui pourrait donner à certains de nos lecteurs, l'illusion qu'il s'agit d'opérations simples.

En fait, nous atteignons là l'extrême frontière entre l'électronique d'amateur, et les télécommunications professionnelles. L'établissement d'un réseau privé de téléphonie comportant un ou plusieurs tronçons « infrarouges » est un projet ambitieux nécessitant plusieurs jours de travail avec des moyens suffisants en instruments de mesure et en savoir-faire technique.

A certaines phases de l'installation, il faudra réunir les compétences de plusieurs personnes pour que les réglages puissent être coordonnés de part et d'autre des liaisons sans fil.

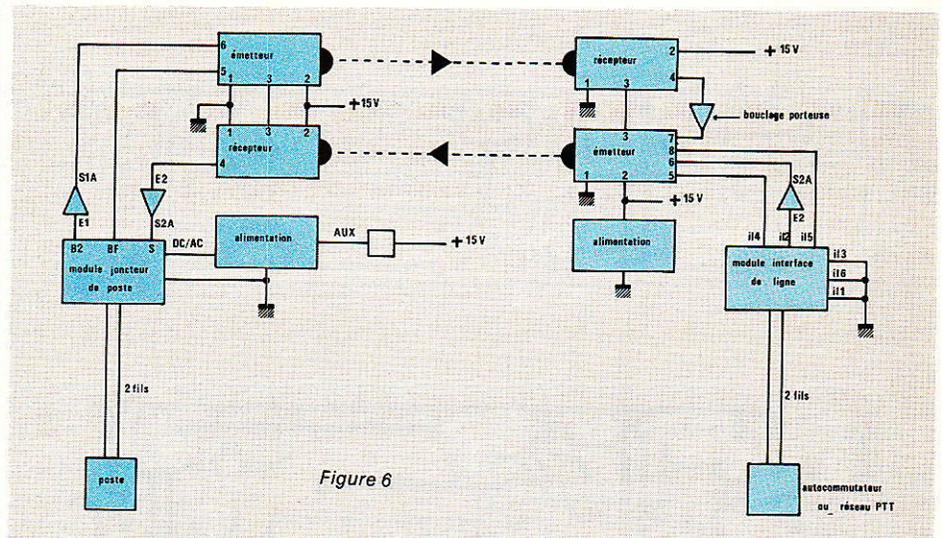


Figure 6

A la **figure 6**, nous donnons cependant un exemple d'utilisation pratique de notre système, dans le cas le plus complexe : le raccordement par infrarouges d'un poste téléphonique ordinaire à sa ligne PTT (autorisation nécessaire, bien sûr !)

Le branchement sur la ligne fait appel à notre module « interface de ligne » (voir RADIO-PLANS N°455), sur lequel il faut ajouter un condensateur de 22 μ F en parallèle sur la bobine du relais REED.

Côté poste, nous faisons appel à notre module « joncteur de poste » et au circuit d'alimentation qui le complète. Ces deux

modules ont été décrits au tout début de la présente série d'articles.

Pour assurer une interconnexion fiable de tous ces éléments, nous avons dû étudier un petit module supplémentaire, dont le schéma est donné en **figure 7**.

Ce module remplit plusieurs fonctions :

- fourniture d'une tension de 15 volts soit à partir de l'alimentation « AUX » de l'autocommutateur, soit à l'aide d'un transformateur délivrant environ 15 V 50 Hz.
- amplification des signaux logiques de signalisation

INFOS

Série ROM 2000 μ P MICROPROSS

MICROPROSS a élargi sa gamme de produits avec une série de 3 programmes Gang capables de programmer la plupart des composants de type EPROMs et EEPROMs disponibles sur le marché.

Ces appareils assurent une très grande sûreté dans la programmation tout en offrant de grandes facilités d'utilisation. Ils permettent une programmation économique.

Caractéristiques techniques

Des algorithmes de programmation rapide réduisent les temps de programmation de 80 %.

L'écran LCD de 16 caractères peut afficher :

- le type et la marque des composants à programmer, ainsi que leur vitesse d'accès ;
- le contenu en hexadécimal de n'importe quelle adresse du composant maître avec le mode ASCII correspondant ;
- les messages d'erreur ;
- les paramètres choisis pour la liaison RS232 C.

10 touches de fonction servent pour toutes les opérations usuelles.

Chaque support est équipé d'une LED qui s'allume dès que la programmation est terminée, et clignote en cas d'erreur.

La programmation des composants se fait à partir d'un compo-

sant maître, ou piloté depuis la liaison RS232 C.

- Test de virginité.
- Checksum.

Sélection des paramètres de la liaison RS232 C (vitesse de 50 à 19 200 bauds).

Sélection du type de composant, de sa marque, de sa vitesse d'accès.

Protection de chaque patte des composants contre les surtensions.

Auto-test automatique entre chaque cycle de programmation.

Possibilités d'évolution par soft pour les futurs composants.

MICROPROSS, parc d'activités des Prés, 5, rue Denis-Papin, 59650 Villeneuve-d'Ascq.

— visualisation de ces signaux pour faciliter la mise en service de l'ensemble et les réglages.

— complémentation de ces signaux, à toutes fins utiles (cas de configurations spéciales propres à un utilisateur).

— fourniture de points de raccordement de composants RC de découplage, filtrage, et temporisation en cas de problèmes à la mise au point (composants figurés en pointillés).

La **figure 8** fournit le tracé d'un circuit imprimé pouvant être câblé selon la **figure 9** ou toute variante liée à une utilisation particulière : le pont redresseur et son condensateur, en particulier, ne sont pas toujours utilisés. Par contre, on aura intérêt à munir le régulateur 7815 d'un refroidisseur efficace lorsque sa tension d'entrée dépassera une vingtaine de volts.

Sur la **figure 6**, nous avons figuré ce petit module sous la forme de triangles rappelant des amplificateurs, et de rectangles pour les parties « alimentation ».

Le fonctionnement de la partie « poste » ne pose pas de problème particulier : la réception de la porteuse fait sonner le poste (sauf s'il est décroché), tandis que le bouclage de la ligne du poste (décrochage et/ou numérotation) déclenche l'émission d'une porteuse.

La tension de sonnerie est fournie par une alimentation de type « autocommutateur » décrite précédemment dans cette série, et délivrant en même temps la tension de polarisation du poste et la tension AUX que le module de

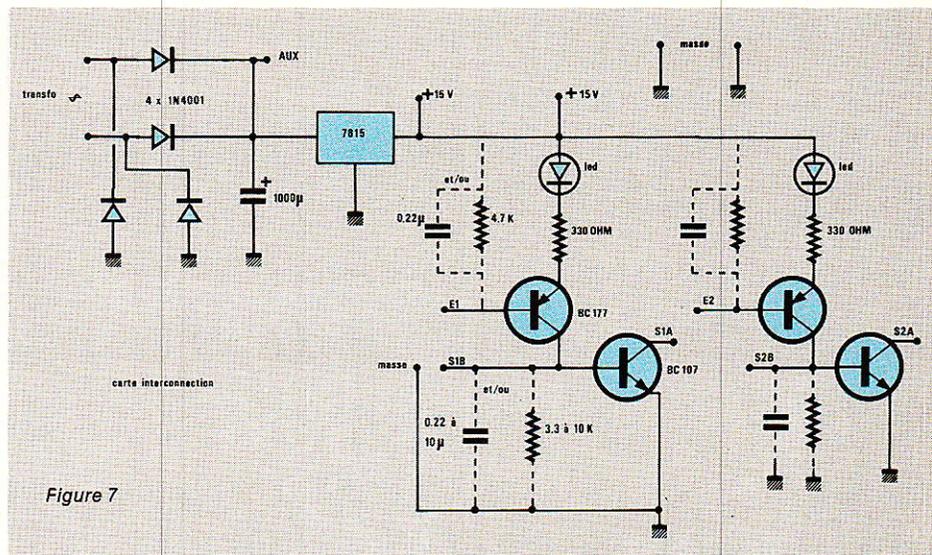


Figure 7

la **figure 7** ramène à 15 V.

Côté autocommutateur (ou ligne) c'est un peu plus compliqué : lorsqu'une tension de sonnerie est reçue, l'émission de la porteuse est déclenchée au même rythme pour faire sonner le poste distant.

Cependant, lorsque ce poste se trouve décroché (lorsqu'il émet à son tour une porteuse), il faut aussi qu'une porteuse lui soit envoyée, pour véhiculer la modulation audio.

C'est pour cela que le point 4 du récepteur se trouve « bouclé » sur le point 7 de l'émetteur, à travers un « buffer ».

En même temps que ce « renvoi de porteuse », un signal émanant de la borne 8 du récepteur fait coller le relais de ligne du module « interface de ligne ».

L'alimentation de cet équipement peut être confiée à un

transformateur séparé (cas d'utilisation sur une ligne PTT), ou prélevée dans l'autocommutateur privé s'il y a lieu (tension AUX).

Dans les deux cas, le module auxiliaire en extrait du 15 V.

Une fois réalisée, une installation de ce genre doit être très soigneusement réglée : en particulier, les potentiomètres de « zéro » des circuits hybrides doivent être ajustés dans les conditions réelles d'exploitation, c'est-à-dire pendant une communication.

De ce soin dépend la qualité de communication qui, sur un système convenablement installé, doit être pratiquement égale à celle obtenue sur un circuit filaire.

Les principales perturbations à craindre proviennent de causes liées à l'environnement : pluie, brumes, fumées, oiseaux, ou lumière parasite tombant dans l'axe des récepteurs.

De telles perturbations ne peuvent toutefois agir que sur une communication en cours : au repos, aucune porteuse n'est émise, évitant pratiquement tout risque de fausse prise de ligne.

Nous souhaitons à nos lecteurs qui utiliseraient cet équipement, autant de plaisir que nous en avons éprouvé à le concevoir, mais répétons bien qu'il leur faudra faire preuve de beaucoup de soin et de patience : le succès est à ce prix !

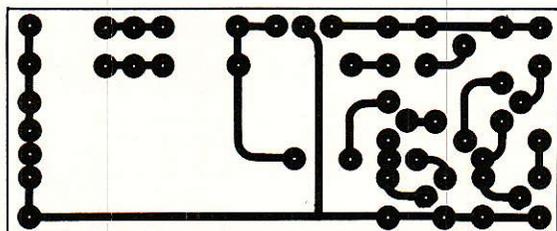


Figure 8

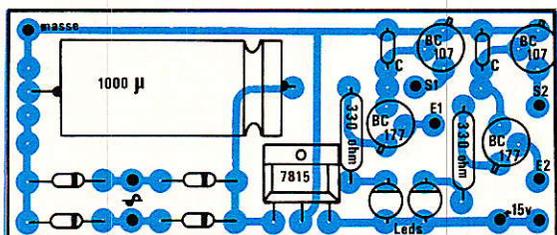


Figure 9

Patrick GUEULLE

Nomenclature

Résistances 5 % 1/4 W sauf mention contraire

R₁ : 15 kΩ
 R : 22 kΩ
 R : 22 kΩ
 R₄ : 33 kΩ
 R₅ : 12 kΩ
 R₆ : pot. ajust. 1 kΩ
 R₇ : 12 kΩ
 R₈ : 22 kΩ
 R₉ : 22 kΩ
 R₁₀ : 56 kΩ
 R₁₁ : 2,2 Ω
 R₁₂ : 10 Ω 2 W
 R₁₃ : 470 Ω
 R₁₄ : pot. ajust. 100 kΩ
 R₁₅ : 4,7 kΩ
 R₁₆ : 12 kΩ
 R₁₇ : 6,8 kΩ
 R₁₈ : 6,8 kΩ
 R₁₉ : 470 Ω
 R₂₀ : 22 Ω
 R₂₁ : 22 kΩ
 R₂₂ : 560 kΩ
 R₂₃ : 560 Ω

R₂₄ : 56 Ω
 R₂₅ : 3,3 kΩ
 R₂₆ : pot. ajust. 10 kΩ
 R₂₇ : 680 Ω

Condensateurs MKH 250 ou chimique 16 V

C₁ : 10 μF 16 V
 C₂ : 10 μF 16 V
 C₃ : 470 μF 16 V
 C : 0,22 μF
 C₅ : 390 pF
 C₆ : 22 nF
 C₇ : 0,1 μF
 C₈ : 0,1 μF
 C₉ : 0,22 μF
 C₁₀ : 0,1 μF
 C₁₁ : 10 μF 16 V
 C₁₂ : 1 nF
 C₁₃ : 1 nF
 C₁₄ : 1500 pF
 C₁₅ : 0,1 μF
 C₁₆ : 10 nF

Transistors

T₁ : BD 136
 T₂ : BC 107
 T : BC 177
 T₄ : 2N 3819
 T₅ : BC 107

Circuits intégrés

CI₁ : 741
 CI₂ : 741
 CI₃ : 555
 CI₄ : TDA 1047 Siemens

Diodes

D₁ : LD 271 ou 274 voir texte
 D₂ : OA 85
 D₃ : BP 104 Siemens

Divers

L₁ : 4 mH
 Composants optiques : voir texte



CHOLET COMPOSANTS ELECTRONIQUES

MAGASIN : NOUVELLE ADRESSE

90, rue SAINT BONAVENTURE
 (Face à la Mairie) Tél. : 41.62.36.70
 Vente par Correspondance
 B.P. 435 - 49304 CHOLET Cedex

MESURE

PL 8 Alimentation réglable 1 à 12V-0.3A	100,00
PL18 Détecteur universel 5 fonctions	90,00
PL40 Convertisseur 12V/220V	100,00
PL44 Base de temps 50 Hz à quartz	90,00
PL46 Convertisseur 6/12V - 2A	170,00
PL56 Voltmètre digital 0 à 999V	180,00
PL61 Capacimètre digital 1pf à 999uf	220,00
PL66 Alimentation digitale 3 à 24V-2A	280,00
PL82 Fréquence-mètre 30Hz à 50Hz	450,00
PL96 Chargeur automat d'accus Cd-Ni	140,00
PL98 Alimentation sym 40V-2A (sans transfo)	140,00

JEUX DE LUMIERE

PL 1 Modulateur de lumière 1 voie	40,00
PL 3 Modulateur de lumière 3 voies	90,00
PL 5 Modulateur de lumière 3 voies+ préampli	100,00
PL 7 Modulateur de lumière 3 voies+ 1 inverse	100,00
PL 9 Modulateur de lumière 3 voies + micro	120,00
PL11 Gradateur de lumière	40,00
PL13 Chenillard 4 voies	120,00
PL15 Stroboscope 40 joulés	120,00
PL21 Double clignotant secteur 2 voies	140,00
PL24 Chenillard modulé 6 voies	150,00
PL37 Modulateur micro/chénillard 4 voies	180,00
PL48 Gradateur à touch-control	120,00
PL60 Modulateur 3 voies pour auto	100,00
PL65 Orgue lumineux 7 notes	220,00
PL69 Chenillard musical 9 voies	170,00
PL71 Chenillard multiprog 8 voies-2048 fonct	400,00
PL74 Stroboscope musical 40 joulés	170,00
PL87 Chenillard 8 voies	160,00

ALARME ANTIVOL

PL10 Antivol de maison	100,00
PL28 Sirène de puissance	70,00
PL47 Antivol pour auto	110,00
PL54 Temporisateur d'alarme	100,00
PL57 Antivol auto à ultrasons	190,00
PL78 Antivol de villa	160,00
PL80 Sirène américaine	100,00

ÉMISSION - RÉCEPTION

PL14 Préampli d'antenne 27 MHz	70,00
PL17 Convertisseur 27 MHz/PO	90,00
PL23 Émetteur 27 MHz FM 1W	100,00
PL33 Générateur 9 tons pour appel CB	90,00
PL35 Émetteur FM 3W	140,00
PL50 Récepteur FM 88 à 104 MHz	160,00
PL63 Ampli d'antenne 1 MHz à 1000 MHz-20 db	110,00
PL79 Tuner FM stéréo 88 à 108 MHz	260,00

BF

PL16 Amplificateur BF 2W	50,00
PL31 Préampli guitare	50,00
PL52 Ampli BF 2x15 W ou 1x30 W	160,00
PL58 Chambre de réverbération	190,00
PL59 Truqueur de voix	100,00
PL62 Vu-mètre stéréo à led	100,00
PL68 Table de mixage stéréo 2x6 entrées	260,00
PL70 Ampli-préampli-correcteur 15 W	140,00
PL73 Préampli de lecteur stéréo pour K7	50,00
PL77 Booster 15 W pour auto	100,00
PL84 Pré-écoute pour table de mixage	120,00
PL86 Préampli-correcteur 5 entrées	140,00
PL89 Mixeur pour 2 platines stéréo	190,00
PL91 Ampli-préampli-correcteur 2x30 W	330,00
PL93 Ampli-préampli-correcteur 2x45 W	450,00
PL95 Ampli-préampli-correcteur 2x20 W	270,00
PL97 Amplificateur BF 80 W	290,00
PL99 Amplificateur guitare 80 W	390,00

NOUVEAU

KITS CHOC

CH1 Alarme auto	140,00
CH2 Convertisseur 24-12 V 3 A	150,00
CH3 Clap télécommande secteur	140,00
CHA Émetteur FM 5 W	250,00
CH5 Thermostat digital 4 mémoires	260,00

KITS PRESTIGE

RT1 Fréquence-mètre 0-1 GHz	850,00
RT2 Chambre d'écho digitale	850,00

Frais de port :
 25 F Recommandé-urgent
 45 F Contre-remboursement

Catalogue : 15 F frais d'envoi compris

BOUTIQUE :

2, rue Emilio Castelar
 75012 PARIS - Tél. : 43.42.14.34
 M° Ledru-Rollin ou Gare de Lyon

CONFORT

PL 2 Métronome électronique	50,00
PL 4 Instrument de musique	70,00
PL 6 Chasse-moustiques	70,00
PL12 Horloge digitale -heures-minutes-alarme	160,00
PL19 Commande de fondu enchaîné	100,00
PL20 Serrure codée	120,00
PL22 Télécommande secteur	170,00
PL25 Télécommande lumineuse	100,00
PL26 Synchronisateur de diapositives	130,00
PL27 Détecteur de gaz	100,00
PL29 Thermostat	90,00
PL30 Clap interrupteur	90,00
PL32 Interphone moto	160,00
PL34 Répétiteur d'appels, téléphoniques	100,00
PL36 Télérupteur	90,00
PL38 Gazouilleur	70,00
PL39 Balise clignotante	70,00
PL41 Horloge auto à quartz	160,00
PL42 Variateur de vitesse 6/12V	100,00
PL43 Thermomètre digital 0 à 99°C	180,00
PL45 Thermostat digital 0 à 99°C	210,00
PL49 Bruteur électronique	220,00
PL51 Carillon 24 airs	160,00
PL53 Grillon électronique	100,00
PL55 Interrupteur crépusculaire	100,00
PL64 Programmateur domestique	500,00
PL67 Télécommande 27 MHz codée	320,00
PL72 Barrière/télécommande à ultrasons	160,00
PL75 Variateur de vitesse 220 V - 1000 W	100,00
PL76 Allumage élec à décharge capacitive	270,00
PL81 Antiparasite secteur 1000 W	120,00
PL83 Compte-tours digital	150,00
PL85 Barrière/télécommande à infrarouges	200,00
PL88 Thermomètre digital négatif -50 à + 9°C	200,00
PL90 Minuterie d'éclairage 30s à 30 mn	150,00
PL92 Stroboscope de réglage pour auto	140,00
PL94 Temporisateur digital 0 à 999s	250,00
PL100 Batterie électronique	150,00

Énergie nucléaire (1^{er} volet)

La maîtrise de la fission nucléaire, et probablement, un jour, celle de la fusion, permet la libération progressive et contrôlée d'immenses quantités d'énergie. Celle-ci provient de la transformation d'une partie de la masse du noyau, alors que les réactions chimiques, comme la combustion, n'intéressent que le cortège électronique de l'atome.

La fission contrôlée trouve son application principale dans la production d'électricité, et nous consacrerons la deuxième partie de cet article à la description des principaux types de centrales. Mais il nous faut d'abord, et c'est l'objet des pages qui suivent, analyser les mécanismes fondamentaux de la fission, donc la structure du noyau.

Les réactions nucléaires s'accompagnent inévitablement de la manipulation et de la production de matériaux radioactifs, sources de rayonnements aux effets nocifs pour la matière vivante, donc pour l'homme. Nous en parlerons dans la troisième partie. La dernière, enfin, sera consacrée à l'étude des détecteurs, dosimètres et débitmètres employés dans les mesures de radioactivité.

DU NOYAU ATOMIQUE A LA FISSION

Au fil des siècles puis, investigations et découvertes scientifiques s'accéléralent, au fil des ans, physiciens et chimistes ont affiné leur vision de la matière. L'atome, considéré d'abord comme la plus petite particule de l'édifice, a été résolu en un noyau entouré d'un cortège d'électrons. Puis, sont apparus les constituants « élémentaires » du noyau : neutrons et protons. L'expérimentation en physique des très hautes énergies, assistée ou guidée par la théorie, a mis en évidence d'autres particules, et montré que neutrons et protons eux-mêmes résultaient de l'assemblage de quarks.

Au stade qui nous intéresse ici — celui des réactions nucléaires dans les centrales atomiques — protons et neutrons suffiront à expliquer les phénomènes. Il s'agit d'une approximation imposée par la place impartie à cet article, et que nous pardonneront les puristes...

Le phénomène fondamental mis en œuvre, réside dans la conversion de matière, donc de masse, en énergie : voilà qui, sans plus tarder, nous renvoie au physicien Einstein. Nous traiterons, ensuite, de la structure des noyaux atomiques, et des transformations que celui-ci peut subir ; ceci nous conduira aux différentes manifestations de la radioactivité, puis aux réactions de fission.

E = m c²... et presque tout est dit !

Le génie d'Einstein est d'avoir pressenti — l'expérience l'a depuis largement confirmé — que matière et énergie ne sont

que deux formes d'une même entité, baptisée « matière » par certains. On peut transformer de la matière en énergie (nous verrons que c'est le phénomène exploité dans les centrales nucléaires), et sans doute, dans

l'univers, de l'énergie s'est-elle transformée, et se transforme-t-elle encore, en matière.

L'annihilation totale (on reste très loin d'y parvenir) d'une masse **m** de matière, fournirait une énergie **E** déterminée par la

célèbre relation d'Einstein :

$$E = m c^2$$

où c désigne la vitesse de la lumière dans le vide ($c \approx 3.10^8$ m/s). Dans le système MKSA, l'énergie (voir encadré) s'exprime en joules (J), et la masse en kilogrammes (kg). La transformation complète de 1 kg de matière donnerait donc l'énergie :

$$E = 1 \times (3.10^8)^2 = 9.10^{16} \text{ J}$$

c'est à dire (encadré) 25 millions de MWh : c'est à peu près l'énergie totale consommée par la France en six semaines.

Structure de l'atome. Éléments

Tous les atomes, quels qu'ils soient, résultent de l'assemblage, en plus ou moins grand nombre, des mêmes particules élémentaires. Comme annoncé plus haut, nous réduirons celles-ci à trois types : les électrons e , les protons p , et les neutrons n . De plus, nous ne nous intéresserons qu'à leurs masses et à leurs charges électriques, dont le tableau I donne les valeurs.

Au sein de l'atome, protons et neutrons s'agglomèrent de façon compacte pour former le noyau, autour duquel gravitent les électrons. On rassemble souvent les deux types de particules du noyau sous le vocable commun de « nucléons ». L'image approchée (mais trop déterministe pour traduire la réalité) qu'on peut se faire de la structure de l'atome, répond à la configuration bien connue de la **figure 1**, déduite d'une analogie astronomique avec les systèmes planétaires.

Un atome de structure donnée peut exister seul, se combiner à d'autres atomes identiques pour former les molécules d'un corps simple, ou à des atomes différents pour élaborer les molécules d'un corps composé. Les atomes d'un type donné caractérisent un élément chimique : l'élément

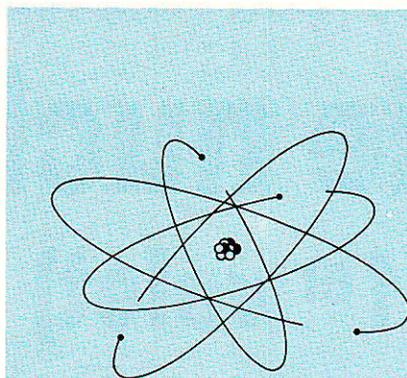


Figure 1

hydrogène (symbole **H**), l'élément oxygène (symbole **O**), l'élément uranium (symbole **U**), l'élément plutonium (symbole **Pu**)...

Globalement, chaque atome est électriquement neutre, ce qui implique l'égalité du nombre de ses électrons et de celui des protons de son noyau, porteurs de la même charge e , mais avec des signes opposés. Ce nombre Z s'appelle le **numéro atomique** de l'élément considéré. Si A désigne le nombre total de nucléons du noyau (A est le **nombre de masse**), l'atome renferme donc : Z électrons, Z protons et $A - Z$ neutrons.

Les propriétés chimiques d'un élément, ne dépendent que du nombre Z des électrons. Dans la nature, les chimistes ont identifié 92 éléments, depuis l'hydrogène ($Z = 1$), jusqu'à l'uranium ($Z = 92$). Artificiellement, on sait en fabriquer d'autres (les transuraniens), de $Z = 93$ jusqu'à $Z = 104$ actuellement : le plutonium **Pu** ($Z = 94$) en est un exemple.

Le noyau de l'atome

La formation d'un noyau atomique implique, dès que Z atteint ou dépasse 2, la mise au contact (ou le voisinage très proche) non seulement de neutrons entre eux ou de neutrons avec des protons, ce qui ne pose pas de problèmes, mais aussi de pro-

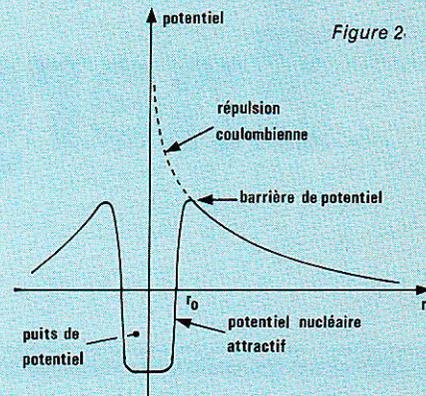


Figure 2

tons avec d'autres protons. Or ces derniers portent tous des charges électriques $+e$, de même signe, et se repoussent donc deux à deux avec une force électrostatique F donnée par la loi de Coulomb :

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \times \frac{e \cdot e}{r^2}$$

où r est la distance qui sépare les deux particules, et ϵ_0 la permittivité du vide. F augmente indéfiniment lorsque r tend vers zéro : c'est ce qu'illustre la courbe en pointillés de la **figure 2**, où la distance r du proton au centre du noyau est portée en abscisse, et le potentiel (dont dérive la force), en ordonnée.

Pour expliquer la possibilité de formation — et la stabilité — du noyau atomique, il est nécessaire de faire intervenir une force d'attraction très grande (interaction forte) entre les nucléons, mais qui n'exerce ses effets qu'à très courte distance, sur le ou les plus proches voisins. Il apparaît alors (figure 2) un **puits de potentiel** : à une distance légèrement inférieure à r_0 , abscisse de la barrière de potentiel, la force d'attraction l'emporte sur la répulsion coulombienne.

Plusieurs modèles du noyau coexistent à l'heure actuelle, dont aucun n'explique totalement ni parfaitement l'ensemble de ses propriétés. Le modèle de la goutte, bien que dépassé, reste encore fécond. Il repose sur l'image d'un conglomérat approximativement sphérique de nucléons. Si ρ_A désigne alors le rayon d'un noyau de nombre de masse A , on a :

$$\rho_A = \rho_0 A^{1/3}$$

TABEAU 1

Particule	Masse	Charge électrique
électron	$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
proton	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$+e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
neutron	$m_n = 1,6747 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	0 (pas de charge)

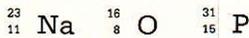
avec $\rho_0 \approx 1,2 \cdot 10^{-15}$ m. En pratique, le rayon des noyaux varie entre 10^{-15} et 10^{-14} m environ, et n'est que de l'ordre du 1/10 000 du rayon total de l'atome.

Symboles nucléaires. Isotopes

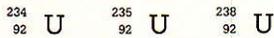
Soit X un élément de numéro atomique Z, et A le nombre de masse de ses atomes. Symboliquement, on rassemble ces trois données (nom de l'élément, numéro atomique, et nombre de masse) sous la forme :



qu'on énonce, dans l'ordre, X, Z, A. Ainsi, le sodium (Z = 11, A = 23), l'oxygène (Z = 8, A = 16), le phosphore (Z = 15, A = 31), se notent-ils respectivement :



Certains éléments comportent deux ou plusieurs variétés d'atomes, de même numéro atomique Z (rappelons que celui-ci caractérise l'élément et détermine ses propriétés chimiques), mais qui diffèrent les uns des autres par le nombre de neutrons de leur noyau : on appelle ces variétés des isotopes de l'élément considéré. Un exemple sur lequel nous aurons à revenir est celui de l'uranium, de numéro atomique Z = 92. Trois isotopes coexistent à l'état naturel : l'uranium 234, l'uranium 235, et l'uranium 238, symboliquement notés :



Les proportions sont de 99,28 % pour l'isotope 238, 0,7 % pour l'isotope 235, et 0,04 % pour le 234, environ.

Artificiellement, l'homme a, nous le verrons, créé d'autres isotopes de l'uranium.

Energie de liaison et défaut de masse

On sait - par des méthodes que nous n'exposerons pas ici - mesurer les masses individuelles des nucléons (protons et neutrons, voir tableau I), et celles des noyaux atomiques. Soit alors un élément ${}^A_Z X$: la somme des masses des nucléons constitutifs est :

$$\Sigma m = Z m_p + (A - Z) m_n$$

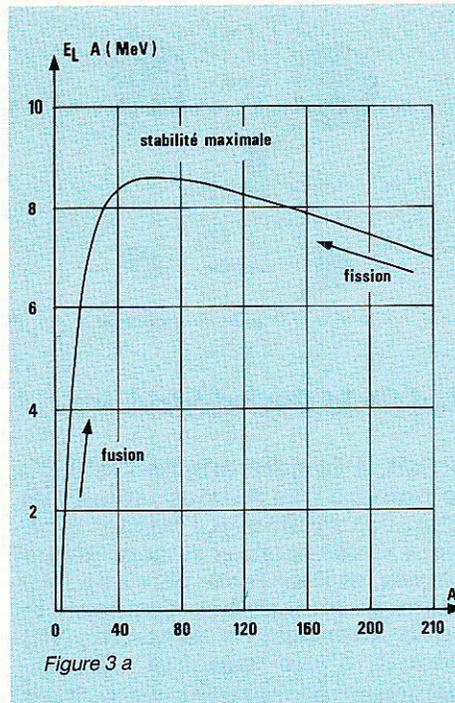


Figure 3 a

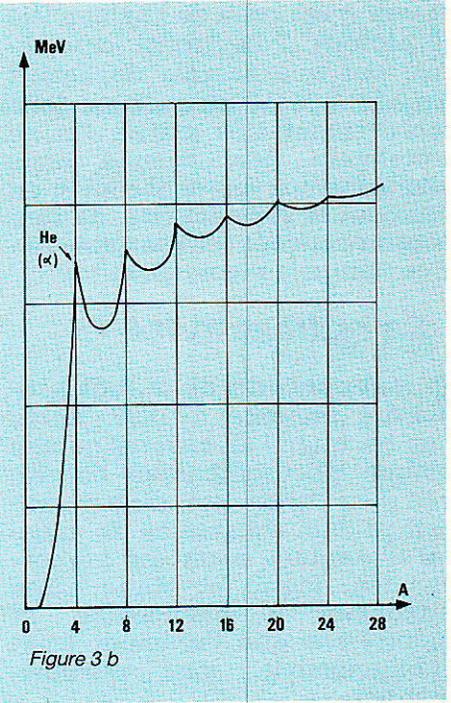


Figure 3 b

Or, on constate que la masse totale du noyau, M, est toujours inférieure à Σm ; la différence Δm s'appelle le défaut de masse.

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - M$$

Or, si on se rappelle que la matière - ensemble de la matière (donc de la masse) et de l'énergie - se conserve, le défaut de masse Δm correspond à une énergie E_L :

$$E_L = \Delta m \cdot c^2$$

C'est l'énergie qui se dégagerait lors de la formation du noyau à partir de nucléons préalablement indépendants les uns des autres, et qu'on appelle « énergie de liaison » du noyau considéré.

Il est instructif, comme l'analyse des résultats va le prouver, de rapporter l'énergie de liaison totale E_L d'un noyau de nombre de masse A, à l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau, c'est-à-dire E_L/A . La courbe de la figure 3 a illustre les variations de E_L/A en fonction de A. On constate que la quantité E_L/A passe par un maximum, voisin de 8,7 MeV, pour les noyaux dont le nombre de masse se situe aux alentours de 60. Ces noyaux, doués d'une forte énergie de liaison par nucléon, sont donc les plus stables (fer 56, nickel 59, cuivre 63...). De part et d'autre de ce maximum, E_L/A diminue, ainsi que le défaut de masse : cette décroissance permet de prévoir la fusion et la fission nucléaires.

Fusion nucléaire

Si on parvient à souder (fusionner) deux noyaux légers, aux nucléons faiblement liés, en un unique noyau plus lourd, le défaut de masse augmente, ce qui correspond à une libération d'énergie. La fusion nucléaire est exploitée dans la bombe H, et les travaux se poursuivent avec acharnement pour essayer de la contrôler, afin de l'utiliser dans de futures centrales.

Fission nucléaire

Dans l'autre sens, en cassant un noyau très lourd en deux noyaux plus légers, on accroît également le défaut de masse, avec libération d'énergie. Sur cette fission, que nous expliquerons ultérieurement plus en détail, reposent le fonctionnement de la bombe A, et celui des centrales nucléaires actuellement en service.

Le cas de l'hélium

La figure 3 b élargit la courbe de la figure 3 a, pour les nombres de masse inférieurs à 30 : on y constate (la théorie l'explique) des irrégularités pour A = 4, et pour les multiples de cette valeur. Le noyau de nombre de

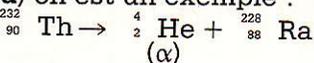
masse 4 est celui de l'hélium ${}^4\text{He}$ (2 protons, 2 neutrons), caractérisé par une énergie de liaison E_L/A de 7 MeV par nucléon, donc relativement très stable. On ne s'étonnera pas, comme nous allons maintenant le découvrir en étudiant la radioactivité, de rencontrer souvent cet assemblage : il constitue le rayonnement α .

La radioactivité

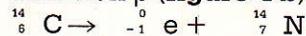
La découverte de la radioactivité remonte à 1896, après que Becquerel ait observé qu'une plaque photographique conservée dans l'obscurité, mais au voisinage d'un échantillon de minerai d'uranium, avait été impressionnée. Pierre et Marie Curie étudièrent le phénomène, et montrèrent que l'uranium émet spontanément des rayonnements.

Cinquante et un corps radioactifs existent à l'état naturel, et l'homme y a ajouté plus de 1500 radiosources artificielles. Le mécanisme est toujours le même : un noyau lourd, changeant de structure, émet des particules. On dit qu'il se désintègre, et on observe trois types de rayonnement (figure 4) :

- le rayonnement α est constitué de noyaux d'hélium ${}^4\text{He}$ (voir plus haut), porteurs de la charge positive $+2e$, et animés d'une vitesse voisine de 20 000 km/s. La désintégration qui transforme le thorium 232 en radium 228 (figure 4 a) en est un exemple :



- le rayonnement β est constitué d'électrons, de charge $-e$, dont la vitesse peut approcher celle de la lumière. Le carbone 14 (radioactif contrairement au carbone 12), se transforme en azote avec émission β (figure 4 b) :



(La notation ${}_{-1}^0\text{e}$ est adoptée par analogie avec la symbolisation nucléaire : charge $-e$, masse négligeable par rapport à celle d'un nucléon).

- le rayonnement γ est un sous-produit des désintégrations α et β . Il s'agit de grains d'énergie, ou photons, sans charge ni masse, et comparables à ceux de la lumière ou des rayons X. Il sont émis lorsqu'un noyau excité, donc possédant un excès d'énergie, revient à l'état stable.

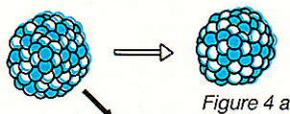


Figure 4 a

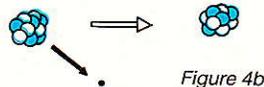


Figure 4 b

Loi de la désintégration

Soit, à la date origine $t = 0$, N_0 le nombre des atomes radioactifs d'un échantillon. A l'instant ultérieur t , des atomes se sont désintégrés, et il ne reste plus que $N(t)$ atomes radioactifs. Pendant le court intervalle de temps dt , $N(t)$ décroît d'une quantité dN évidemment proportionnelle à dt , et à $N(t)$:

$$dN = -\lambda N(t) dt$$

Le signe « moins » indique qu'il s'agit d'une décroissance, et λ s'appelle la **constante radioactive** de l'élément considéré. Par intégration de cette relation, on peut exprimer $N(t)$ en fonction de

$$N_0, t, \text{ et } \lambda : N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N(t)$ diminue donc exponentiellement avec le temps, conformément à la courbe de la figure 5.

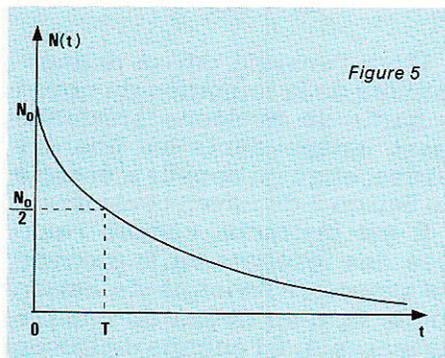


Figure 5

Période d'un radioélément

Par définition, la période T d'un radioélément (ou sa durée de vie), est l'intervalle de temps nécessaire pour que le nombre des atomes radioactifs d'un échantillon donné, soit divisé par 2. On a donc :

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}$$

d'où :

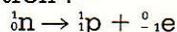
$$T = \frac{\text{Ln}2}{\lambda} = 0,693/\lambda$$

La période varie d'un radioélément à l'autre : de 164 μs par exemple pour le polonium 214, elle passe à 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238.

Le neutron : un projectile contre le noyau

Les fissions nucléaires n'interviennent qu'exceptionnellement de façon spontanée. Le plus souvent — c'est le cas dans les réacteurs — on les provoque par bombardement des noyaux à l'aide de neutrons. Dépourvus de charge électrique, ceux-ci constituent en effet des projectiles de choix, puisqu'ils n'ont pas à franchir la barrière de potentiel coulombien : même les moins énergétiques d'entre eux peuvent atteindre leur cible.

Par extension de la symbolisation nucléaire, on représente le neutron par la notation ${}_0^1\text{n}$ (1 nucléon, pas de proton), de même que le proton s'écrit ${}_1^1\text{p}$. A l'état isolé, le neutron, radioactif avec une période de 11 minutes, se désintègre en donnant un proton et un électron :



On a l'habitude de classer les neutrons, selon leur énergie, donc leur vitesse, en catégories dont voici la liste, par énergies croissantes :

- moins de 0,025 eV : neutrons froids
- de 0,025 à 0,05 eV : neutrons lents
- de 0,05 eV à 1 keV : neutrons épithermiques
- de 1 keV à 0,5 MeV : neutrons intermédiaires
- de 0,5 MeV à 50 MeV : neutrons rapides

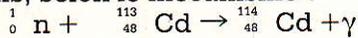
S'agissant des centrales, on a pris l'habitude de distinguer les neutrons « thermiques » (0,025 eV environ) des neutrons rapides.

Lors de l'interaction d'un neutron avec un noyau, trois types d'événements peuvent se produire, avec des probabilités qui dépendent de la nature du noyau, et de l'énergie cinétique $(1/2) m_n v^2$ du neutron, donc de sa vitesse V .

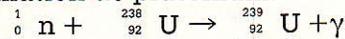
1. il y a choc élastique, c'est-à-dire conservation de l'énergie cinétique, et de la quantité de mouvement $p = mv$, de l'ensem-

ble neutron-cible, sans modification de l'état du noyau. Le neutron transfère au noyau une partie de son énergie, et s'en trouve ralenti : nous verrons que c'est un phénomène essentiel des réacteurs nucléaires.

2. le noyau capture le neutron, et passe dans un état plus ou moins excité, d'où il revient à l'état stable par divers types d'émissions. Si le neutron incident était rapide, les particules réémises sont des protons, des α , voire d'autres neutrons. Dans le cas d'un neutron incident lent, conduisant à un état faiblement excité du noyau, celui-ci émet des photons γ . Ce phénomène est exploité dans les réacteurs, où des barres de cadmium, plus ou moins enfoncées dans le cœur, servent à contrôler la réaction en absorbant plus ou moins de neutrons, selon le mécanisme :



Un autre exemple est celui de la capture d'un neutron par un noyau d'uranium 238 : il se produit de l'uranium 239, dont nous verrons plus loin (fission par neutrons rapides) qu'il conduit à la formation de plutonium.



3. il peut enfin y avoir « fission », un noyau lourd se fragmentant en deux noyaux légers. Nous traiterons ce cas en détail.

La notion de section efficace

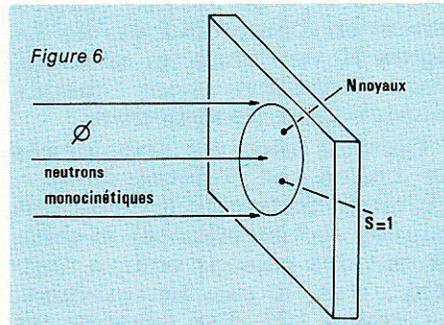
Bombardons, avec des neutrons, un volume de matière contenant, sous forme plus ou moins concentrée, des noyaux d'une structure (A et Z) donnée. L'un des trois événements décrits ci-dessus peut se produire ; une quatrième possibilité est évidemment qu'il n'y ait pas d'interaction.

La probabilité de chaque événement dépend de l'énergie (donc de la vitesse) du neutron incident, et de la nature du noyau cible. Elle présente (voir plus loin : réaction en chaîne) une importance primordiale pour le fonctionnement des réacteurs, et on la ramène à la notion de section efficace, qui lui est proportionnelle.

Un faisceau de neutrons monocinétiques (c'est à dire tous de même vitesse, donc de même

énergie), et de même direction, frappe une cible mince (pour que plusieurs interactions successives ne puissent se produire dans son épaisseur) de surface unitaire (**figure 6**). La cible contient N noyaux du modèle concerné, et Φ désigne le flux neutronique, c'est à dire le nombre de neutrons qui atteint la cible par seconde. A chaque seconde, le nombre n d'interactions du type considéré, est évidemment proportionnel à N et à Φ :

$$n = \sigma N \Phi$$



Le coefficient σ , qui offre les dimensions d'une surface, s'appelle la « section efficace » ; il traduit la surface utile apparente du projectile et de la cible.

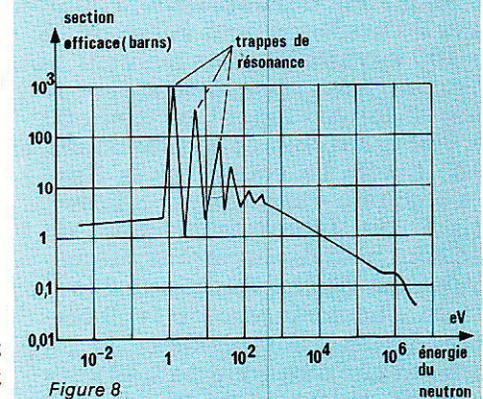
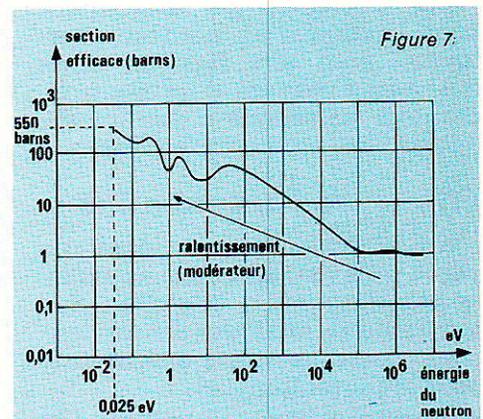
Le mètre carré du système MKSA étant ici beaucoup trop grand, on exprime σ à l'aide d'un sous-multiple, le **barn** :

$$1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2$$

Section efficace de l'uranium pour les neutrons

L'uranium, mélange à l'état naturel des isotopes 238, 235 et 234, est le matériau de base des réacteurs (sauf dans les surrégénérateurs). L'uranium 235, seul fissile, constitue le « combustible », pour lequel on doit optimiser l'action des neutrons, donc chercher la section efficace maximale de fission. Celle-ci, en fonction de l'énergie des neutrons, varie conformément aux indications de la **figure 7**. Les neutrons émis lors de la fission ayant une grande vitesse (20 000 km/s, 2 MeV), il faudra les ralentir jusqu'à 2 km/s (0,025 eV) à l'aide d'un **modérateur**. Notons qu'on ne peut descendre plus bas, la vitesse de 2 km/s correspondant à l'agitation thermique des noyaux à la température ordinaire.

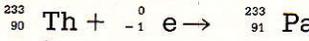
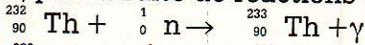
L'uranium 238, non fissile, intervient seulement en capturant des neutrons ; c'est donc un parasite des réacteurs, mais un parasite singulièrement encombrant : 99,28 % à l'état naturel ! La courbe de la **figure 8** montre les variations de la section efficace de capture, en fonction de l'énergie des neutrons : σ , pour les neutrons thermiques, reste heureusement assez faible, de l'ordre de 2 barns. On notera l'existence des pics de σ , dits « trappes de résonance », pour certaines valeurs de l'énergie.



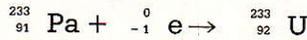
La fission

Des trois événements possibles lors de l'interaction neutron-noyau, la fission est, de très loin, le moins probable, et exige généralement des neutrons de grande énergie. A l'état naturel, il existe cependant une exception : celle de l'uranium 235, dont la fission peut être provoquée par des neutrons lents. A l'état artificiel, deux autres nucléides, qu'il est possible de fabriquer dans les réacteurs eux-mêmes, possèdent la même propriété ; ce sont l'uranium 233 et le plutonium 239, de périodes respectives 160 000 ans et 24 000 ans.

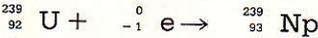
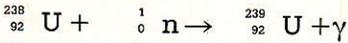
L'uranium 233 dérive du thorium 232, élément naturel abondant, pas la suite de réactions :



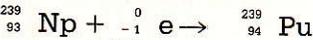
(Pa = protactinium)



Le plutonium 239, lui, s'obtient dans les réacteurs, à partir de l'uranium 238.



(Np = neptunium)

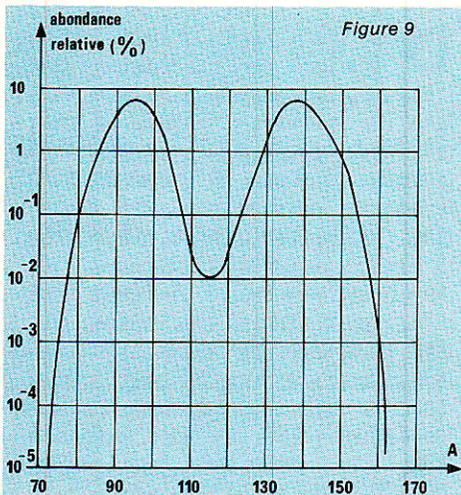


Les nucléides qui fissionnent sous l'action d'un neutron thermique, sont dits **fissiles**. Ceux qui, après capture d'un neutron, donnent naissance à des nucléides fissiles, sont dits **fertiles**.

Fission de l'uranium 235

Nous choisissons cet exemple parce qu'il est, à l'heure actuelle, le plus largement exploité ; des mécanismes analogues interviennent, dans les surrégénérateurs, pour le plutonium 239.

Chaque fission d'uranium 235 donne deux noyaux, dont le nombre de nucléons peut varier de 75 à 160 environ. Le plus souvent, la fission est dissymétrique, le noyau le plus léger contenant 90 à 100 nucléons, et le plus lourd, 135 à 145. La courbe de la **figure 9** donne l'abondance relative, en % de différents produits de fission, pour des neutrons thermiques. La fission du noyau d'uranium s'accompagne de la libération de neutrons rapides : de 1 à 5, avec une moyenne de 2,46 pour chaque rupture : de là découle, comme nous le verrons, la possibilité de réactions en chaîne.



Produits secondaires de fission

Les noyaux légers comportent pratiquement autant de protons que de neutrons, tandis que les noyaux lourds ont un excès de neutrons, qui va croissant avec le nombre de masse A. Lors de la fission de l'uranium 235, chaque noyau fragmentaire possède alors trop de neutrons pour être stable : il subit une succession de désintégrations β (émission d'un électron, donc transformation d'un neutron en proton), jusqu'à obtention d'un produit stable. La **figure 10** en donne un exemple, avec indication, pour chaque intermédiaire, de sa période.

Certains produits secondaires de fission, ou « descendants », capturent fortement les neutrons (grande section efficace), et constituent des poisons pour le réacteur : c'est le cas, par exemple, du xénon 139. Par ailleurs, ces produits secondaires, inutiles et dangereux car fortement radioactifs, doivent être retraités pour en extraire l'uranium et le plutonium, tandis que le reste est stocké selon divers procédés que nous ne pouvons examiner ici : on sait qu'en France, ces opérations s'effectuent à Marcoule et, surtout, à la Hague.

Réaction en chaîne et criticité

Au sein d'un réacteur (ou d'une bombe A, mais notre encadré précise la différence irrég-

miéable qui, heureusement, les sépare), chaque fission induite par un neutron, donne à son tour naissance à un ou plusieurs autres neutrons.

Si une proportion suffisante de ces derniers, provoque à nouveau des fissions, on peut atteindre, par effet d'avalanche, une réaction en chaîne. Celle-ci, pourtant, n'est pas facile à obtenir, et nous allons maintenant en préciser les conditions.

Coefficient de multiplication et criticité

Le neutron libre, particule instable de période 11 minutes, peut cependant être considéré comme stable dans un réacteur, où son état de liberté n'excède pas une durée moyenne de l'ordre de la milliseconde. Dans ces conditions, trois possibilités seulement s'offrent à un neutron émis lors d'une fission :

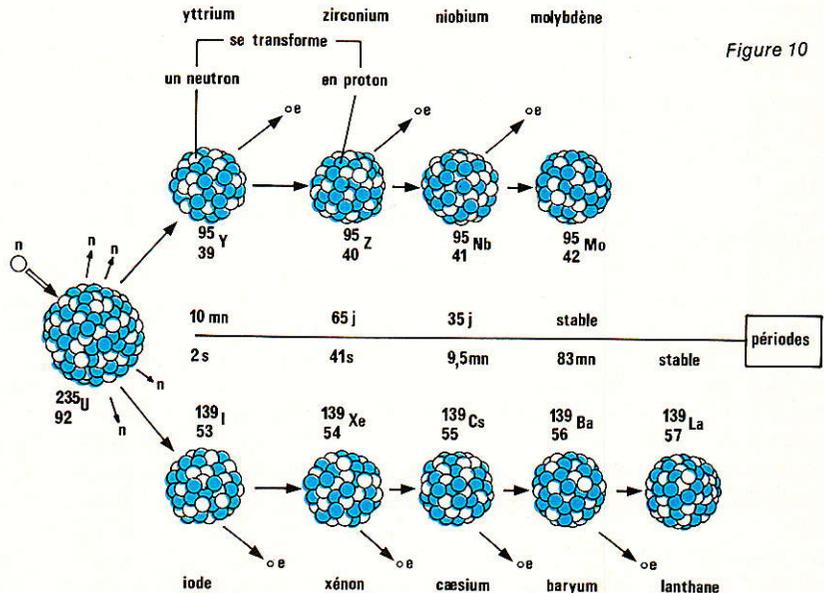
- il provoque à son tour une fission : appelons α la probabilité de ce cas,
- il est capturé par un noyau, sans « profit » pour le réacteur,
- il s'échappe hors du réacteur.

Comme chaque fission libère en moyenne ν neutrons ($\nu = 2,46$ pour l'uranium 235), chaque neutron donne naissance, toujours en moyenne, à k nouveaux neutrons, avec :

$$k = \alpha \nu$$

k est le **facteur de multiplication**.

Si n est le nombre de neutrons d'une génération, la génération



suivante en comporte k_n . En désignant par τ l'intervalle de temps qui sépare l'émission de la disparition d'un neutron, donc, aussi, la durée de vie d'une génération, on peut exprimer le taux de croissance des neutrons :

$$\frac{dn}{dt} = \frac{(k-1)n}{\tau}$$

Si n_0 est le nombre de neutrons à l'origine des temps $t = 0$ (mise en route du réacteur), à la date t , le nombre n s'obtient en intégrant l'équation ci-dessus, ce qui donne :

$$n = n_0 e^{(k-1)(t/\tau)} *$$

Les conclusions s'en déduisent immédiatement :

- si $k < 1$, n décroît exponentiellement, et tend vers zéro. La réaction cesse pratiquement : c'est le **régime sous-critique**.
- si $k > 1$, n croît exponentiellement : le système **diverge**, il est **surcritique**. Dans certaines conditions, on pourrait ainsi obtenir une explosion (bombe A, voir encadré).
- si $k = 1$, n reste constant, ainsi que la puissance dégagée par le réacteur. Ce **régime critique** est évidemment celui du fonctionnement normal.

Stabilité d'un réacteur

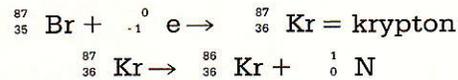
Au sein d'un réacteur, la durée de vie libre τ d'un neutron avoisine 10^{-3} s. Si on calcule alors les variations de n sur une durée de 10 s, temps raisonnable pour permettre aux organes de contrôle et de régulation de réagir, on trouve :

- pour $k = 1,001$, $n = 20\,000 n_0$
- pour $k = 0,999$, $n = 5 \cdot 10^{-5} n_0$

Le réacteur s'emballé dans la première hypothèse, et s'arrête dans la seconde : il semble donc impossible de le stabiliser au régime critique. Cette impossibilité est levée grâce à l'existence des neutrons retardés, sans lesquels la fission nucléaire n'aurait pu servir qu'à fabriquer des explosifs.

Les produits primaires de fission, radioactifs, se désintègrent généralement dans une suite de

réactions caractérisées par des émissions β (électrons). Quelques uns pourtant font exception, et libèrent des neutrons : le brome 87 en constitue un exemple, avec les réactions.



Très instable, le krypton 87 expulse immédiatement un neutron. Or, la période du brome 87 est de 55 s : tout se passe donc comme si le neutron était émis avec cette période. Il s'agit d'un **neutron retardé**, par opposition aux **neutrons prompts** émis lors de la fission, c'est-à-dire en 10^{-14} s environ. Les produits de fission qui donnent des neutrons retardés, ont des périodes comprises entre 0,23 et 55 s. Au total, et compte tenu de leurs abondances relatives, il faut passer la durée de vie moyenne d'une génération, de 10^{-3} à 10^{-1} s. Si on refait, avec cette nouvelle valeur, les calculs précédents, on trouve :

- pour $k = 1,001$, $n = 1,1 n_0$
- pour $k = 0,999$, $n = 0,9 n_0$

ce qui laisse le temps de manœuvrer les barres de commande du réacteur (voir la deuxième partie de notre dossier), pour maintenir sa puissance constante.

Ralentissement des neutrons : choix du modérateur

Nous avons vu que la recherche de la section efficace maximale de fission conduit, sauf dans le cas des super-régénérateurs, à ralentir les neutrons émis à grande vitesse, jusqu'à une énergie cinétique de 0,025 eV (2 000 m/s). On y parvient en utilisant les chocs élastiques (conservation de l'énergie ciné-

que totale de l'ensemble projectile-cible) entre les neutrons et les noyaux d'un élément modérateur.

Il y a choc élastique lors de la rencontre de deux corps indéformables : on peut s'en faire une représentation très bien approchée en examinant l'interaction entre des boules de billard. La boule incidente cède une part de son énergie à la boule cible, et on peut montrer que cette part est d'autant plus élevée que les masses des deux corps sont plus voisines (si une bille frappe une boule de billard, elle rebondit pratiquement sans perdre de vitesse ; si c'est une grosse boule d'acier qui sert de projectile, elle bouscule la boule de billard sans s'en trouver sensiblement affectée).

Dans le domaine de la neutronique, les cibles freinant le plus efficacement sont donc d'autres neutrons, ou des protons, c'est à dire des noyaux d'hydrogène. Ainsi, pour ralentir un neutron de 2 MeV (rapide) jusqu'à 0,025 eV (thermique), il faut, **en moyenne** :

- avec des noyaux d'hydrogène ($A = 1$) : 20 chocs,
- avec des noyaux de deutérium ($A = 2$) : 35 chocs,
- avec des noyaux d'oxygène ($A = 16$) : 150 chocs,
- avec des noyaux d'uranium ($A = 238$) : 2200 chocs,

en supposant naturellement qu'il n'y ait pas capture auparavant.

Si le critère d'efficacité du freinage conduit en effet à sélectionner les modérateurs parmi les éléments de faible nombre de masse, on doit éliminer ceux qui présentent une section efficace de capture trop élevée. Le **tableau 2**, établi jusqu'au fluor

TABLEAU 2

Éléments	Nombre de masse	Section efficace de capture (en mb) pour $E = 0,025$ eV
1. - hydrogène	1, 2	330
deutérium	2	0,57
2. - hélium	3, 4	7
3. - lithium	6, 7	71 000
4. - béryllium	9	10
5. - bore	10, 11	755 000
6. - carbone	12, 13	3,2
7. - azote	14, 15	1 880
8. - oxygène	16, 17, 18	0,2
9. - fluor	19	9

* Ne pas confondre e base des logarithmes supérieurs ou symbole d'exponentiation avec le symbole de l'électron.

(A = 19), donne les nombres de masse (ceux de l'isotope le plus abondant sont inscrits en caractères gras), et les sections efficaces de capture, exprimées en millibarns.

Un dernier critère est enfin celui de la densité du modérateur ; elle doit être suffisante pour que les neutrons aient les plus grandes chances de rencontrer les noyaux, ce qui élimine les corps à l'état gazeux, pour ne retenir que les liquides ou les solides. Notons qu'on peut cependant tourner la difficulté en employant un élément gazeux à l'état de corps simple, sous la forme d'un corps composé liquide : c'est le cas de l'hydrogène, qu'on emploie sous la forme de l'eau ordinaire (ou eau légère) H₂O.

Compte tenu de certaines difficultés de mise en œuvre, d'autres éléments à priori favorables au vu du tableau 2, il ne reste, en pratique, que trois modérateurs : l'eau légère, l'eau lourde (combinaison du deutérium, isotope de l'hydrogène, avec l'oxygène), et le graphite, variété cristallisée du carbone. Ils correspondent aux diverses filières de réacteurs étudiées plus loin. (RP N° 466.)

Utilisation des neutrons rapides

Les neutrons rapides émis dans un réacteur, n'offrent qu'une section efficace de fission relativement faible (voir la figure 7). On ne peut donc songer à les utiliser avec de l'uranium naturel, ni même enrichi à 3 % environ comme dans les réacteurs à neutrons thermiques. Par contre, ils deviennent utilisables si on les emploie soit avec de l'uranium fortement enrichi (au moins 25 % de l'isotope 235), soit avec du plutonium. Seule cette dernière solution a donné lieu à des réalisations, en raison de la difficulté et du coût de la séparation des isotopes, base des procédés d'enrichissement. Elle conduit aux superrégénérateurs (nous allons justifier cette appellation), comme Phénix et Superphénix en France.

Le plutonium 239, lors de sa fission, donne naissance, en moyenne, à plus de 3 neutrons par neutron incident. On l'utilise mélangé à de l'uranium naturel.

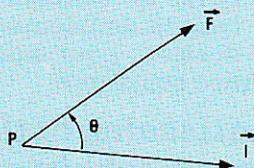
L'ÉNERGIE ET SES UNITÉS

L'énergie - ou le travail, ce qui est équivalent - se définit, en physique, à partir de grandeurs mécaniques. Soit une force \vec{F} , grandeur vectorielle caractérisée par sa direction, son sens et son intensité, dont le point d'application P (voir figure) se déplace d'une quantité \vec{l} (le déplacement est aussi une grandeur vectorielle, que caractérisent sa direction, son sens, et sa longueur. Le travail de la Force, lors du déplacement \vec{l} , est le produit scalaire :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{l} = F \cdot l \cdot \cos \theta$$

Le cosinus est une grandeur sans dimension. Dans le système MKSA, où le module de la force s'exprime en newtons (N), et la longueur en mètres (m), le travail W se mesure en joules (J) :

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ newton} \times 1 \text{ mètre}$$



Energie cinétique

Soit un corps de masse m placé dans un champ d'accélération γ (par exemple dans le champ de gravité terrestre, où $\gamma = g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$). A l'instant $t = 0$, nous supposons nulle sa vitesse initiale. A l'instant t , le corps, décrivant un mouvement rectiligne uniformément accéléré ($\gamma = \text{constante}$), a parcouru une distance l (chemin colinéaire à γ) :

$$l = \frac{1}{2} \gamma t^2$$

Or, d'après la loi fondamentale de la mécanique, il est soumis à la force :

$$\vec{F} = m \vec{\gamma}$$

Pendant le déplacement \vec{l} , celle-ci a donc accompli le travail :

$$E = F \cdot l = \frac{1}{2} m \gamma^2 t^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

La quantité E représente ainsi l'énergie emmagasinée par le corps, du fait de sa vitesse v : on l'appelle l'énergie cinétique (ciné = mouvement).

Le travail - ou l'énergie - intervient aussi dans les phénomènes électriques. On démontre que si une charge q se déplace d'un potentiel V_1 vers un potentiel V_2 , elle acquiert une énergie :

$$W = q (V_2 - V_1)$$

Dans le système MKSA, on obtient W en joules, en exprimant V_1 et V_2 en volts (V), et q en coulombs (C). Mais le joule n'est pas d'un emploi commode pour traiter de la physique des particules, où la charge élémentaire est celle de l'électron. On y exprime alors les énergies en électron-volts (eV), avec la correspondance évidente :

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Pour les énergies élevées (relativement aux particules), on fait appel aux multiples de l'électron-volt : 1 keV = 10³, 1 MeV = 10⁶ eV, 1 GeV = 10⁹ eV.

Pour une particule de masse m donnée, par exemple un neutron, l'énergie cinétique ne dépend que de la vitesse v et est proportionnelle à son carré. Ainsi, si un neutron possède, à 2 km/s (neutron thermique), une énergie de 0,025 eV, à 20 000 km/s (neutron rapide), cette énergie devient :

$$0,025 \times \left(\frac{20000}{2}\right)^2 = 0,025 \cdot 10^8 \text{ eV}$$

soit 2,5 MeV.

BOMBE ATOMIQUE OU CENTRALE NUCLÉAIRE ?

En leur temps - et aujourd'hui encore, ce qui est fort salubre pour l'humanité - les bombes atomiques dites « A », qui exploitent la fission de l'uranium (Hiroshima, 6 août 1945) ou celle du plutonium (Nagasaki, 9 août 1945), ont tragiquement impressionné l'opinion publique mondiale.

Lors de la construction des premières centrales nucléaires, à vocation exclusivement ou partiellement pacifique (certaines, outre la production d'électricité, servent aussi à la fabrication du plutonium pour des applications militaires), beaucoup de gens, faute d'une connaissance des mécanismes mis en œuvre, ont craint qu'un accident ne puisse transformer ces centrales en bombes. Nous allons montrer l'impossibilité d'une telle métamorphose.

Ainsi que nous l'expliquons dans l'article, une masse de matière fissile devient un système divergent, et la réaction en chaîne de la fission s'y installe puis s'y développe, lorsque le facteur de multiplication $k = \alpha v$ des neutrons devient supérieur à l'unité.

Dans une bombe atomique, le matériau fissile, constitué soit d'uranium très fortement enrichi (plus de 90 % d'isotope 235), soit de plutonium pur, est séparé, avant l'explosion, en deux masses inférieures, chacune, à la masse critique (voir figure). L'amorçage consiste à réunir brutalement ces deux parties pour obtenir une masse largement sur-critique. Pour cela, on utilise un explosif chimique qui projette l'une des masses au sein de l'autre.

La première bombe atomique expérimentée par l'homme (désert du Nevada) a fourni une puissance explosive équivalente à celle de 20 kT de TNT (trinitrotoluène), ce qui implique la fission d'environ 1 kg de matière fissile pure, et exige 4 g de neutrons, soit 2^{81} particules. Si toutes provenaient d'un seul neutron primaire, il faudrait donc attendre la 81^{ème} génération de neutrons pour parvenir

à ce résultat, ce qui correspond à un délai d'environ 1 μ s. En fait, à l'instant où la criticité est atteinte, un dispositif libère quasi-instantanément quelques milliers de neutrons (2^{10} à 2^{12}), ce qui fait gagner 10 à 12 générations.

Il convient de préciser que, la croissance étant exponentielle, seules les 24 ou 25 dernières générations sont responsables de la « supériorité » de l'uranium ou du plutonium sur le TNT : à la génération n^o56, la puissance fournie par la bombe que nous évoquons, ne dépasserait pas celle d'un kilogramme de trinitrotoluène.

L'essentiel de la difficulté de fabrication d'une bombe atomique réside dans ce problème. En effet, dès que la puissance devient suffisante pour que la température interne dépasse quelques milliers de degrés (elle atteint plusieurs millions de degrés dans une explosion nucléaire menée à son terme), tous les constituants fondent et tendent à se dilater : cet accroissement des distances diminue le facteur de multiplication k , et rend la masse sous-critique. La réaction en chaîne s'arrête, avant le nombre de générations suffisant.

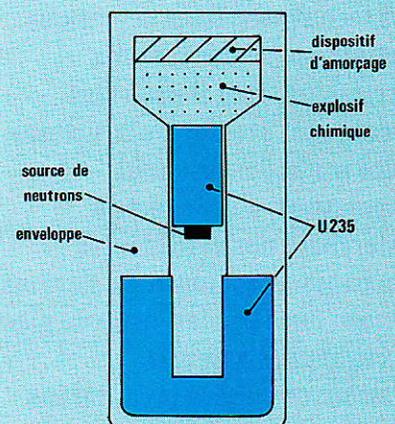
Revenons alors au cas d'une centrale nucléaire, et supposons qu'à la suite d'une perte de contrôle, celle-ci s'emballe. L'élévation de température résultante, compte tenu des phénomènes indiqués ci-dessus, aurait pour effet d'interrompre la réaction en chaîne bien avant l'explosion, surtout que la matière fissile s'y trouve fortement diluée dans un matériau seulement fertile : une centrale nucléaire ne peut pas se transformer en bombe.

Cela étant, il reste évidemment à lutter contre la dispersion des produits radioactifs. C'est un des critères de sécurité impératifs dans les pays dits « de l'ouest », et moins, apparemment, dans ceux « de l'est ».

Dans ces conditions, si 1000 fissions produisent 3000 neutrons environ, les destins de ces derniers se répartissent comme suit, dans les conditions de travail habituelles :

- 1000 neutrons provoquent de nouvelles fissions, afin de maintenir le réacteur au régime critique, avec un facteur de multiplication $k = 1$.
- 1500 neutrons sont capturés par des noyaux d'uranium 238, qu'ils transforment en plutonium 239, selon une succession de réactions dont nous avons déjà donné le détail (paragraphe sur la notion de section efficace). On remarquera donc que le surrégénérateur produit plus de matière fissile qu'il n'en consomme (1500 noyaux pour 1000 au départ), en puisant dans la matière fertile : c'est ce qui justifie son nom... et son intérêt.
- 300 neutrons sont capturés sans profit aucun.
- 200 neutrons sont perdus en fuyant le cœur.

R. Rateau



Les asservissements linéaires

6^e partie : calculs des réseaux de correction

Nous avons, dans la précédente étude, examiné le principe des méthodes visant à améliorer les performances des systèmes asservis, ce qui nous a conduit à les ranger en trois catégories : le contrôle proportionnel et dérivé, qui correspond à une avance de phase ; le contrôle proportionnel et intégral, introduisant un retard de phase ; enfin, une méthode mixte, le contrôle proportionnel, intégral et dérivé.

Ces techniques, dans la pratique, mettent en jeu des réseaux correcteurs, dont il nous faut maintenant étudier les structures, et les méthodes de calcul.

Auparavant, il nous reste à généraliser nos précédentes explications, comme nous l'avons promis, mais pas fait faute de place, aux systèmes asservis quelconques ; nous procéderons graphiquement, à partir du diagramme de Nyquist.

Modelage du diagramme de Nyquist

Pour montrer que les contrôles proportionnel et dérivé, proportionnel et intégral, ou mixte, peuvent améliorer les performances d'un système quelconque, la méthode graphique se révèle beaucoup plus simple que les calculs.

Considérons (figure 1) le diagramme de Nyquist en chaîne ouverte, d'un asservissement de type 1. Nous l'avons représenté pour deux valeurs K_1 et K_2 du gain statique K . Pour la valeur faible K_1 , le système est stable puisque, en parcourant le diagramme dans le sens des pulsations ω croissantes, on laisse à gauche le point critique $(-1, 0)$; mais il manque de précision. En augmentant à K_2 le gain statique, on gagne évidemment en précision, mais le système devient instable.

Or, cette instabilité concerne le domaine des fréquences élevées, alors que la précision joue aux fréquences basses. Il est donc intéressant de choisir un gain K_2 grand, et d'essayer de déformer le diagramme aux fréquences les plus hautes, en avançant la phase sans modifier le

gain : la figure 2 illustre graphiquement cette opération. La courbe (1) est celle qui correspondait, en figure 1, au gain statique K_2 . Au point P , de pulsation ω grande, on effectue une avance de phase $+\Delta\varphi$, sans changer l'amplitude A .

On voit qu'en choisissant convenablement $\Delta\varphi$, la partie « dangereuse » du diagramme est ramenée du bon côté du point critique (point P'). Cette action correspond au contrôle dérivé (avance de phase aux fréquences élevées).

Voyons maintenant le cas du contrôle intégral, en nous reportant à la figure 3. Cette fois, au départ (avant correction), le gain statique K_1 garantit une marge de stabilité satisfaisante, mais n'offre qu'une précision faible. En diminuant la phase, sans modifier le gain, mais seulement aux fréquences basses, on fait passer chaque point du diagramme de P en P' , ce qui transforme la courbe (1) en la courbe (2), et répond bien au but cherché.

Remarquons que cette deuxième méthode peut s'interpréter, aux basses fréquences, comme une augmentation d'amplitude à phase constante, puisqu'on passe aussi du point P de la courbe (1) au point P' de la courbe (2).

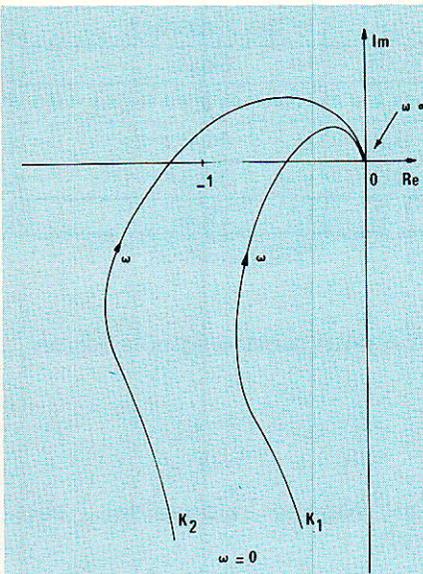


Figure 1

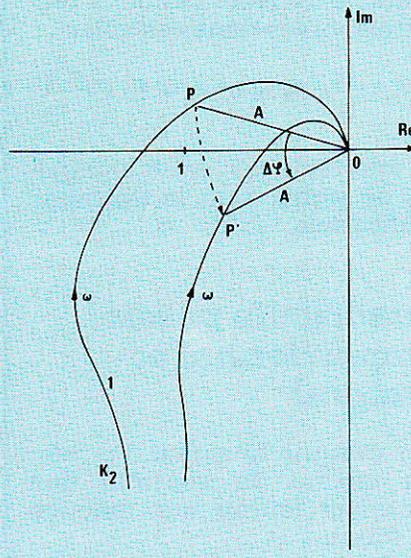


Figure 2

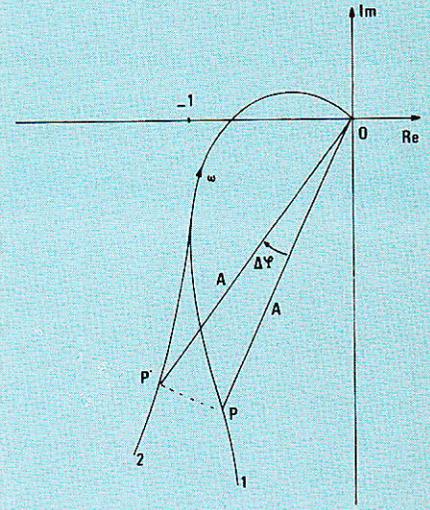


Figure 3

Quadripôle passif proportionnel et dérivé

On se rappelle (RP-EL n° 462) que si ε désigne le signal d'erreur, la chaîne de contrôle doit fournir une fonction de la forme :

$$K_C \varepsilon + L \frac{d\varepsilon}{dt}$$

comportant un terme proportionnel à ε , et un autre à sa dérivée par rapport au temps.

En électronique, on utilise souvent des réseaux différenciateurs de type RC. Comme nous allons le voir, il suffit de les modifier légèrement pour obtenir une réponse de la forme (1) : la nouvelle structure du quadripôle passif, apparaît en **figure 4**. Physiquement, on voit que le réseau se compose d'une branche aperiodique (diviseur résistif $R_1 R_2$), et d'une branche différentiatrice CR_2 , dont l'action se fait sentir principalement aux fréquences élevées.

Précisons ces observations par le calcul. Nous appellerons V_e et V_s , respectivement, les tensions d'entrée et de sortie. Pour que le réseau impose sa réponse, il faut l'attaquer par une source à faible impédance (nous la supposons nulle), et le charger par une impédance très grande, que nous supposons infinie. Nous poserons, de plus :

$$Q = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{et} \quad \tau = R_1 C$$

La fonction de transfert du quadripôle s'écrit :

$$T(p) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_2 (1 + R_1 C p)}{R_1 + R_2 + R_1 R_2 C p}$$

qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{Q (1 + \tau p)}{1 + Q \tau p}$$

ce qui, en régime sinusoïdal, donne :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{Q (1 + j \omega \tau)}{1 + Q j \omega \tau}$$

Si ω est suffisamment petit ($\omega \ll 1/\rho \tau$), la relation (2) se simplifie, et la fonction de transfert devient :

$$T(p) = \frac{V_s}{V_e} = Q (1 + j \omega \tau)$$

En valeurs instantanées, on a donc :

$$v_s = Q v_e + Q \tau \frac{d v_e}{dt}$$

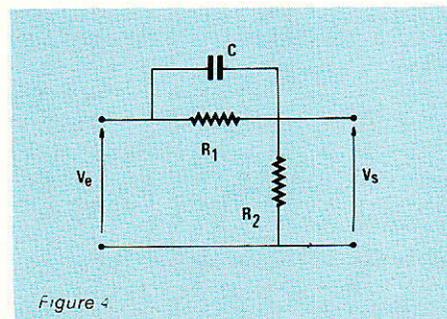


Figure 4

La relation (3) a bien la forme de la relation (1) cherchée, donc le quadripôle de la figure 4 assure le contrôle proportionnel et dérivé voulu.

Diagrammes du quadripôle proportionnel et dérivé

Pour pouvoir étudier graphiquement l'action du correcteur, nous allons établir, pour lui seul, les divers diagrammes. Ceux de Bode (**figure 5 a et 5 b**) sont bien connus ; nous avons représenté en pointillés les courbes réelles de variation de l'amplitude $T(\text{dB})$ et de la phase φ , en fonction de ω . Souvent, on adopte les courbes idéalisées, dessinées en traits pleins, et qui font apparaître deux points de cassure aux pulsations ω_1 et ω_2 :

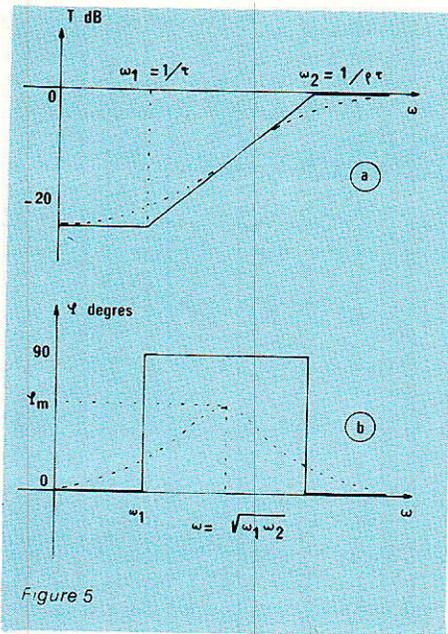
$$\omega_1 = \frac{1}{\tau}, \quad \omega_2 = \frac{1}{Q \tau}$$

La phase passe par un maximum φ_m pour la pulsation

$$\omega_m = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$$

La valeur maximale de φ_m dépend de ρ ; dans le **tableau I**, nous donnons φ_m en degrés, pour quelques valeurs de ρ (le choix de ces dernières sera justifié plus loin).

Le diagramme de Nyquist peut se déduire de ceux de Bode. Pour abrégé, donnons directement les résultats (**figure 6**). Il s'agit d'un



demi-cercle centré sur l'axe réel, et le coupant aux points d'abscisses $\omega = 0$ et $\omega = \infty$, ce qui est évident physiquement. On retrouve, sur ce diagramme, l'angle maximal d'avance φ_m .

La fonction de transfert peut s'écrire :

$$T(p) = \frac{\rho(1 + \tau p)}{1 + \rho \tau p} = \frac{p - z_1}{p - p_1}$$

Ce qui permet de calculer le zéro z_1 et le pôle p_1 du diagramme d'Evans :

$$z_1 = -\frac{1}{\tau} \quad p_1 = -\frac{1}{\rho \tau}$$

Comme ρ est évidemment inférieur à 1, le zéro se trouve plus près de l'origine que le pôle (figure 7).

Réseau actif proportionnel et dérivé

Le réseau passif de la figure 4 présente deux défauts : d'une part, il introduit une atténuation aux fréquences basses, puisque le gain statique ρ reste inférieur à l'unité ; d'autre part, la phase maximale φ_m n'atteint pas 90° .

On peut remédier à ces inconvénients en réalisant un réseau actif, à l'aide d'amplificateurs opérationnels, comme à la figure 8. On y retrouve, à la partie supérieure, la branche proportionnelle et, à la partie inférieure,

la branche dérivée. Les deux tensions élaborées dans ces voies :

$$v_1 = -\frac{R_2}{R_1} v_e \quad \text{et} \quad v_2 = -R_3 C \frac{d v_e}{dt}$$

sont additionnées, avec changement de signe, dans le troisième amplificateur.

Quadripôle passif proportionnel et intégral

Si ε désigne le signal d'erreur, la chaîne de contrôle doit maintenant fournir une fonction de la forme :

$$K_c \varepsilon + M \int_0^t \varepsilon dt \quad (4)$$

Comme pour le cas du contrôle proportionnel et dérivé, on modifie légèrement le traditionnel réseau intégrateur RC, en lui donnant la structure indiquée à la figure 9. Là encore, pour que le réseau impose sa réponse, l'impédance de source doit être très faible, et l'impédance de charge élevée. On posera :

$$\rho = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad \text{et} \quad \tau = R_2 C$$

La fonction de transfert du quadripôle s'écrit :

$$T(p) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1 + R_2 C p}{1 + (R_1 + R_2) C p}$$

ρ	φ_m (degrés)
0,05	64,8
0,1	54,9
0,2	41,8
0,3	32,5
0,4	25,4

Tableau 1

qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1 + \tau p}{1 + \rho \tau p}$$

En régime sinusoïdal, ceci s'écrit :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1 + j \omega \tau}{1 + \rho j \omega \tau} \quad (5)$$

Si ω est suffisamment grand ($\omega \gg 1/\rho\tau$), la relation (5) se simplifie :

$$\frac{V_s}{V_e} \approx \frac{1}{\rho} \left(1 + \frac{1}{\tau j \omega} \right)$$

En valeurs instantanées, on a donc :

$$v_s = \frac{1}{\rho} v_e + \frac{1}{\rho \tau} \int_0^t v_e dt \quad (6)$$

La relation (6) a bien la forme de la relation (4) cherchée, donc le quadripôle de la figure 9 assure le contrôle proportionnel et intégral voulu.

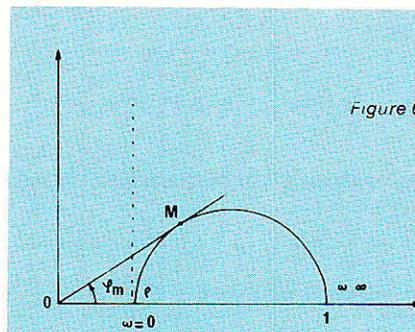


Figure 6

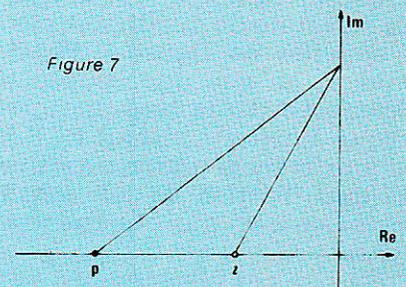


Figure 7

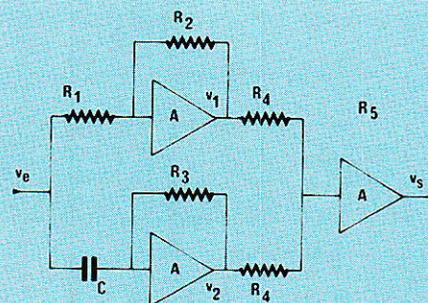


Figure 8

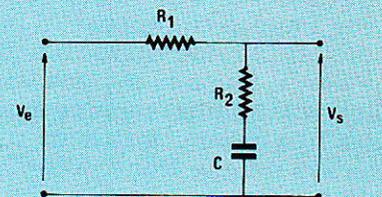


Figure 9

Diagrammes du quadripôle proportionnel et intégral

Les méthodes de construction sont connues, et nous passerons directement aux résultats. Les figures 10 a et 10 b donnent les diagrammes de Bode, réels et idéalisés, en précisant les pulsations de cassure ω_1 et ω_2 , ainsi que la pulsation ω_m correspondant au déphasage maximal φ_m .

Le diagramme de Nyquist est toujours un demi-cercle centré sur l'axe réel (figure 11), mais situé maintenant au-dessous, puisque le correcteur introduit un retard de phase.

En faisant apparaître le pôle et le zéro de la fonction de transfert, qui ont les mêmes valeurs, en fonction de ρ et τ , que précédemment, mais en remarquant que ρ est maintenant supérieur à l'unité, on peut placer ces deux éléments sur le diagramme d'Evans (figure 12).

Réseau actif proportionnel et intégral

On augmente les performances du correcteur passif, en utilisant un correcteur actif à amplificateurs opérationnels, dont la figure 13 fournit un exemple. Le lecteur y reconnaîtra les deux branches, et leur addition.

Détermination d'un réseau correcteur

Le principe de la détermination d'un correcteur, à partir de la connaissance d'un servomécanisme (fonction de transfert, diagrammes représentatifs), est le même dans le cas de la correction dérivée, que dans celui de la correction intégrale. Nous l'exposons donc pour la première, et nous contenterons de brèves indications complémentaires pour la deuxième.

Un système donné comporte une partie mécanique et électromécanique (moteur, réducteur...) dont l'inertie impose la constante de temps, que nous noterons τ_s ; il comporte aussi une partie élec-

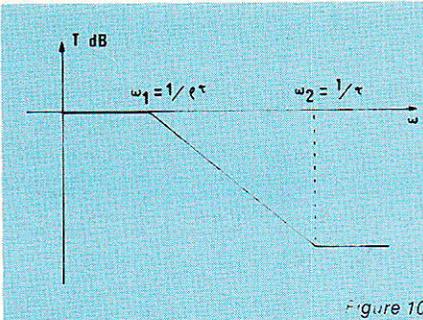


Figure 10

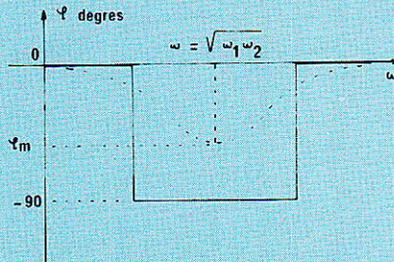


Figure 12

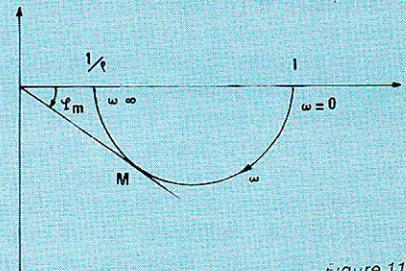


Figure 11

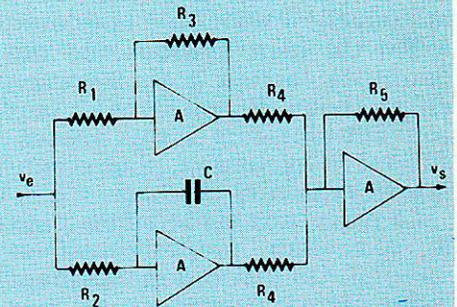


Figure 13

tronique, et notamment un amplificateur, permettant de régler facilement le gain statique K , alors que τ_s est difficile à modifier.

On voit (voir nos précédents articles, et surtout RP-EL n° 463) que, pour optimiser la réponse en régime transitoire, on choisit généralement un coefficient d'amortissement m voisin de 0,4. Dans la courbe des variations d'amplitude en fonction de la fréquence, ceci correspond à une augmentation du gain d'un facteur $M = 1,3$ (soit 2,3 dB) à la pulsation de résonance (ω_R):

$$\omega_R = \omega_0 \sqrt{1 - 2m^2} \text{ (avec)}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{\tau_s}}$$

Considérons alors un système asservi répondant à ces normes, ce qui garantit sa stabilité absolue et relative. Le plus souvent, on s'apercevra que sa précision est insuffisante: un correcteur s'impose, pour l'augmenter.

La fonction de transfert en boucle ouverte $T(p)$ peut s'écrire, en faisant apparaître le gain statique K , sous la forme:

$$T(p) = K G(p)$$

Pour déterminer la pulsation critique ω_c du système (pulsation correspondant à un déphasage de -180° , donc à la fréquence d'oscillation), on commence par tracer les diagrammes de Bode pour $K = 1$, donc pour $G(p)$; ils ont l'allure indiquée à la figure 14: courbe (1) pour l'amplitude, et (1') pour la phase. On en déduit immédiatement ω_c .

A partir de là, la recherche du gain optimal K_1 permettant de satisfaire à la condition $m = 0,4$, s'effectue à l'aide de l'abaque de Black. Sur cet abaque (module en fonction de l'argument, voir RP-EL n° 458), on construit point par point la courbe correspondant à $G(j\omega)$, comme le montre la figure 15. Puis, à l'aide d'un calque, on cherche quelle translation verticale il faut faire subir au contour d'amplitude $M = 2,3$ dB, pour le rendre tangent à $G(j\omega)$: cette translation définit K_1 , gain stati-

que optimal du système non corrigé.

Afin d'assurer au correcteur une efficacité maximale, on choisit généralement de faire coïncider son premier point de cassure D_1 (voir figure 5) avec la pulsation critique ω_c : ainsi, l'avance de phase la plus grande se situera au voisinage de ω_R . On prend une marge de phase de l'ordre de 50° , ce qui (voir tableau I) donne $\rho = 0,1$ pour le réseau, et on essaie une valeur de τ voisine de τ_s . Ceci permet de tracer, sur la figure 14, les courbes de Bode (2) et (2') du correcteur, puis celles (3) et (3') du système corrigé. En reportant la courbe ainsi corrigée dans l'abaque de black, on trouve la nouvelle valeur K_2 (supérieure à K_1) du gain statique, ce qui donne le facteur d'amélioration en précision. En pratique, il faut souvent plusieurs essais successifs sur la valeur de τ , pour atteindre les meilleurs résultats.

Le processus est le même pour le correcteur proportionnel et intégral. On prend généralement la première pulsation de coupure D_1 voisine de $0,1 \omega_R$, et ρ voisin de 10.

Conclusion

L'étude des asservissements linéaires est un sujet immense : malgré cette série d'articles, nous n'avons pu qu'en faire saisir l'essentiel.

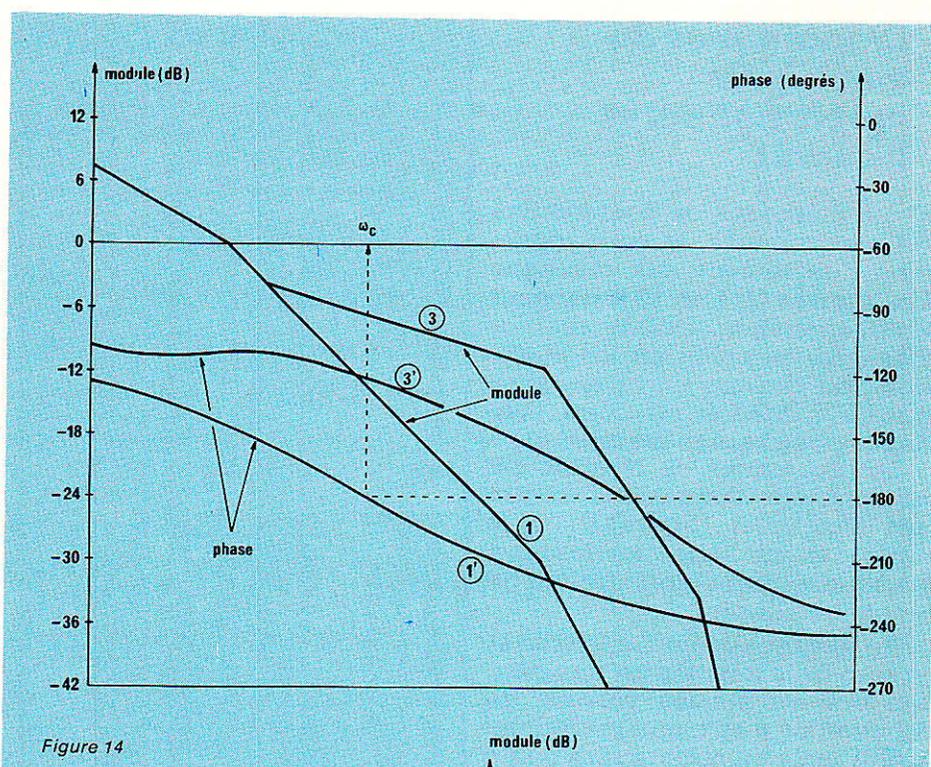


Figure 14

Nous avancerons encore lorsque - dans un avenir malheureusement impossible à préciser maintenant - nous passerons à l'étude pratique d'un système... probablement un asservissement de position d'antenne parabolique, pour la réception de satellites de télévision.

R. RATEAU

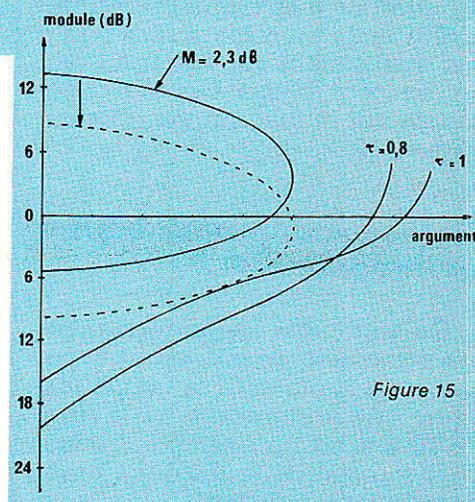


Figure 15

INFOS

Un commutateur SIPRS à autoprotection

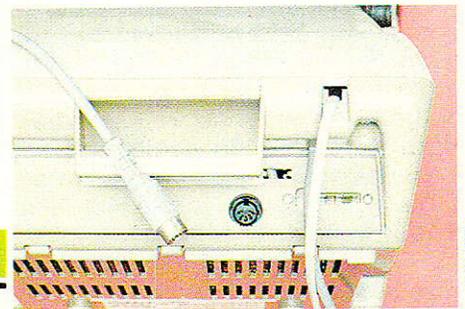
Siemens présente un commutateur de puissance MOS qui, en cas d'incident s'autoprotège des surcharges : le SMT 12. Son courant permanent de 2,5 A (courant de pointe 15 A), et son insensibilité aux surtensions, courts-circuits et excès de température, le rendent pratiquement indestructible. La plage de tensions de 6 à 50 V prédestine le composant aux véhicules possédant des batteries de 12 ou 24 V et permet de brancher des charges électriques telles que lampes, ventilateur, réglage des sièges, toit ouvrant,

installation stéréo ou essuie-glaces. « SIPMOS INTELLIGENT » veut dire technologie CMOS (5 V aussi bien que 50 V) et structures bipolaires rassemblées sur un seul chip : s'y rajoutent des transistors de puissance MOS-FET comme élément de commutation.

Le SMT 12 est donc un commutateur à autoprotection pour charges électriques reliées à la masse dans les circuits automobile ou l'électronique industrielle : lors d'un court-circuit important, la déconnexion intervient au bout d'un temps d'attente de 40 μs ; pour une lente augmentation de la sollicitation, une surveillance de la température entre en action et coupe le SMT 12 lorsque celle-ci atteint $50^\circ C$ (mesurée à la jonction).

Ce Sipmos doué est logé dans un boîtier TO 220 à cinq broches. L'entrée est compatible CMOS 5 V et/ou TTL. La capacité d'entrée est inférieure à 2 pF. Une sortie indiquant l'état de charge détecte la présence ou non à la sortie d'un court-circuit, d'une roue libre ou d'une charge trop élevée. Par ailleurs, le SMT 12 peut être commandé par μC et VLSI. Un dispositif de protection écrétant les surtensions à 50 V est intégré comme sécurité supplémentaire entre la batterie et la sortie. Une fonction d'extinction par diode Zener de 10 V est prévue pour la déconnexion rapide de charges inductives.

Siemens SA, 39-47, bd Ornano, 93200 Saint-Denis.
Tél. : 48.20.63.16.



Le MINITEL est un merveilleux outil de communication grâce à son modem incorporé, mais on lui reproche souvent son manque « d'intelligence » : simple terminal, il n'a en effet aucun moyen de se livrer à du « traitement de l'information ».

L'ordinateur domestique, lui, n'est pas à court de puissance de traitement, mais ne sait pas communiquer par ses propres moyens si ce n'est avec quelques périphériques locaux.

La prise DIN « péri-informatique » dont sont équipés tous les MINITEL permet, entre autres usages, de connecter un micro-ordinateur au terminal, ce qui laisse entrevoir une foule d'applications.

Avec certains ordinateurs, l'adaptation est fort complexe, mais il est des cas où tout reste très simple.

Penchons-nous donc sur le cas du SPECTRUM !

Connectez votre Spectrum à votre Minitel

Testeur universel de poche CDA 16 verif

- 8 fonctions en toute sécurité :
- Test de tension continue de 6 à 440 V ;
- Test de tension alternative de 6 à 440 V ;
- Test de polarité ;
- Test sonore d'identification de la tension ;
- Test sonore de continuité ;
- Test lumineux de continuité ;
- Test semi-conducteur ;
- Auto-test de sa pile.

Sous un volume réduit, et pour un faible coût, le testeur de poche CDA 16 VERIF offre, aux électriciens, aux bricoleurs avertis, un outil de contrôle à la fois rapide et universel.

Il se compose, pour l'essentiel, d'un détecteur de seuils travaillant aussi bien en continu qu'en alternatif (de 25 à 400 Hz), sur une échelle de sept niveaux : 6 V, 12 V, 24 V, 48 V, 110 V, 220 V, et 380/440 V. Lors du franchissement de chaque niveau de tension, une diode électroluminescente supplémentaire s'allume, face à un repère gradué. Cette indication s'accompagne, pour les courants continus, de l'identification lumineuse de la polarité, à l'aide de deux LED. On identifie l'alternatif par leur allumage simultané.

Le CDA 16 permet aussi, soit visuellement (LED référencée « Ω », soit par émission d'un signal sonore, les tests de continuité, avec une limite de déclenchement voisine de 10 k Ω . Notons que cette fonction autorise également le contrôle de l'état des divers types de jonctions semi-conductrices (diodes, transistors...), et la reconnaissance de leur polarité.

En court-circuitant les deux pointes de touche - interchangeables afin de faciliter les essais dans les circuits difficilement accessibles, on contrôle l'état de charge de la pile interne de 9 V, à l'aide des deux indications sonore et lumineuse.

Le CDA 16 comporte des protections internes par CTP, pour des surcharges jusqu'à 440 V alternatifs. Pour l'utilisation sur des installations industrielles de forte puissance non protégées, une pointe de touche rétractable avec fusible HPC peut-être fournie en accessoire.

La prise

« périinformatique » :

Tout MINITEL normalement constitué possède sur la partie arrière de son boîtier, une prise DIN à 5 broches analogue à celles utilisées en audio. La numérotation des broches est d'ailleurs la même et est souvent gravée auprès des cosses à souder : nous n'y reviendrons donc pas.

Il est par contre fort intéressant de se pencher sur le rôle joué par ces broches.

— La **broche 2** est reliée à la masse électrique des circuits du MINITEL, tout comme sur un simple appareil audio.

— La **broche 1** est une **entrée** destinée à l'injection dans le MINITEL de données informatiques extérieures.

— La **broche 3** est une **sortie** permettant au MINITEL d'émettre des données à destination de l'extérieur

— La **broche 4** doit être mise à la masse lorsque l'on veut signaler au MINITEL qu'un dispositif externe est raccordé à la prise est prêt à fonctionner.

— La **broche 5** se trouve reliée à la masse dans le MINITEL dans des conditions qui varient légèrement d'un modèle à l'autre.

On parle de la remplacer un jour par une sortie + 5 volts qui serait la bienvenue pour alimenter toutes sortes d'accessoires.

Les échanges d'informations pouvant s'établir par l'intermédiaire de cette prise consistent en des **messages série** dont la vitesse nominale est de 1 200 bauds (ou bits par seconde) dans les deux sens. Il est possi-

ble, depuis le clavier ou à distance, de réduire cette vitesse à 300 ou 75 bauds dans l'un ou l'autre sens ou les deux, mais cette manœuvre n'est à conseiller que dans des cas très particuliers car elle présente plusieurs inconvénients.

Le « protocole » utilisé rappelle la norme « RS 232 C » mais s'en distingue par plusieurs points.

Le niveau logique « zéro » correspond au potentiel de la masse, tandis que le « un » est représenté par une tension positive pouvant se situer entre 5 et 15 volts. Ce potentiel positif est d'ailleurs le **niveau de repos** de la liaison.

La transmission se fait sous la forme de « mots » de 7 bits qui représentent chacun un **caractère** (ASCII ou autre).

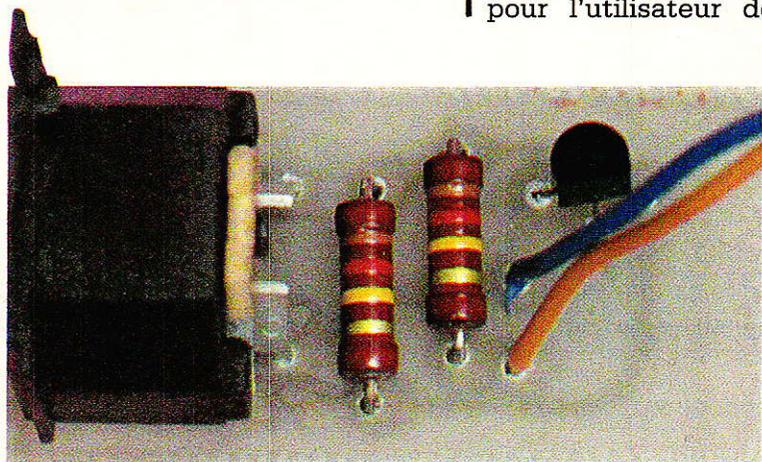
Chacun de ces groupes de 7 bits « utiles » est précédé d'un « bit de START » toujours à zéro, et suivi d'un bit de parité paire (à des fins de contrôle d'erreurs) puis d'un **bit de STOP** (toujours à un).

C'est donc 10 bits qu'il faut transmettre en réalité pour chaque caractère. A 1 200 bauds, on ne transmettra donc que 120 caractères par seconde et non 171 comme un calcul hâtif pourrait le laisser supposer.

La **figure 1** résume toutes ces données sous une forme facilement compréhensible pour l'électronicien.

Les **figures 2 et 3** montrent la configuration électrique, compatible TTL, des circuits de sortie et d'entrée ; intéressons-nous maintenant à l'aspect logiciel du problème :

La prise DIN donne accès à pratiquement toutes les fonctionnalités du MINITEL, à charge pour l'utilisateur de demander



l'établissement des « chemins de données » voulus à l'intérieur de l'appareil.

Ces demandes se font par l'envoi de groupes de caractères bien précis sur la prise DIN : c'est le « langage protocole ».

Ce langage permet un véritable dialogue entre le MINITEL et ses périphériques (imprimante, lecteur de cartes à mémoire, ordinateur, etc.), car le MINITEL peut répondre !

En fait, bien des manipulations peuvent être menées sans rien connaître de ce langage, dont l'étude nous entraînerait bien trop loin (ce numéro entier y suffirait à peine !).

A la mise sous tension du MINITEL, en effet, des chemins de base sont automatiquement établis, qui diffèrent selon que l'appareil est connecté ou non à un serveur.

En mode local (non connecté), le MINITEL se comporte en simple terminal clavier-écran : tout ce qui est frappé au clavier sort par la prise DIN tout en s'affichant à l'écran.

Pour en avoir la preuve, un branchement très simple suffit : reliez donc les broches 2 et 3 de la prise DIN, et tout ce qui sera frappé au clavier s'affichera deux fois à l'écran !

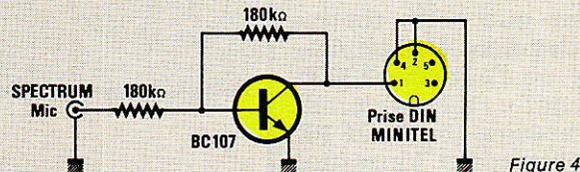
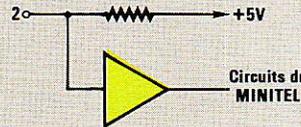
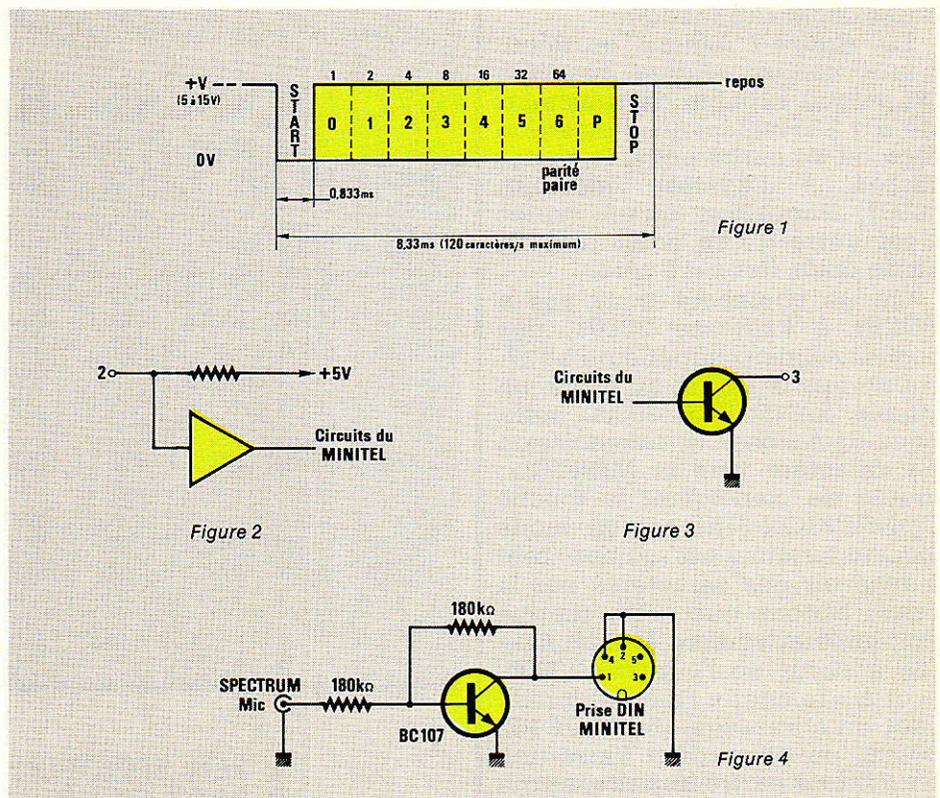
En mode connecté (c'est-à-dire pendant un dialogue avec un serveur), tout ce qui arrive par la ligne téléphonique ressort par la prise DIN tout en s'affichant à l'écran.

Inversement, tout ce qui est injecté dans la prise DIN est immédiatement envoyé en ligne.

Ce qui est frappé au clavier n'est pas directement dirigé sur la prise, mais la plupart du temps renvoyé « en écho » par le serveur. Il peut donc y avoir quelques centaines de kilomètres de fil (et un délai non négligeable) entre l'appui sur une touche et l'apparition du code correspondant sur la prise DIN.

Raccordons notre SPECTRUM

Dans le cadre de cet article, nous n'exploiterons qu'une petite partie des possibilités de



la prise « péri-informatique » du MINITEL : grâce à un circuit d'interface très simple et à un petit logiciel de communication écrit en assembleur, nous permettrons à n'importe quel SPECTRUM (plus ou moins normal !) d'envoyer des caractères de 7 bits (CHR\$ 0 à CHR\$ 127) sur la prise DIN.

En mode local, cela permettra au SPECTRUM d'afficher des textes, des messages, voire des écrans entiers (en ASCII exclusivement) sur le MINITEL. Dans certaines limites, le MINITEL pourra donc remplacer le téléviseur pour l'exécution de programmes.

En mode connecté, le SPECTRUM pourra envoyer sur la ligne téléphonique des informations du même genre, et en particulier des textes ASCII de programmes BASIC.

Une application possible serait le transfert à distance sur un ordinateur quelconque équipé d'un modem, de programmes BASICODE. Nos lecteurs savent en effet fort bien que le texte ASCII de programmes écrits dans ce BASIC spécial est indépendant de l'ordinateur utilisé !

Normalement, la transmission se fera à 75 bauds (même si le MINITEL est attaqué en

1 200 bauds : attention à la saturation de son « buffer »), mais certains MINITEL peuvent « retourner » leur modem : l'émission se fait alors à 1 200 bauds.

La figure 4 donne le schéma du très simple montage d'interface nécessaire entre la sortie « MICRO » du SPECTRUM (jack cassette) et la prise DIN du MINITEL : son rôle se limite en fait à une simple adaptation de niveau, car cette sortie n'est rien d'autre qu'un port de sortie facilement accessible par logiciel (son adresse décimale est 254, soit FE en hexadécimal).

Nous avons dessiné en figure 5 un petit circuit imprimé qui, câblé selon la figure 6 (qui prévoit une embase DIN spéciale CI), évitera les risques inhérents à tout montage « en l'air ».

Le raccordement au MINITEL POURRA ALORS SE FAIRE AU MOYEN d'un simple cordon HIFI à deux prises 5 broches.

Le cas échéant, une rallonge de plusieurs mètres pourra être intercalée sans déformation notable des signaux.

Le logiciel

Sans un logiciel de communication, le SPECTRUM ne peut rien tirer de ce raccordement

d'une simplicité rustique.

La **figure 7** donne le détail d'une courte routine machine (31 octets) capable de transmettre à 1 200 bauds, avec insertion d'un bit de parité paire, le septet chargé à l'adresse mémoire 30001. Rappelons qu'un septet n'est autre qu'un octet dont le bit de poids fort est à zéro.

On ne cherchera donc pas à POKER à l'adresse 30001, des codes décimaux supérieurs à 127.

Une fois le septet en place, un simple RAND USR 30000 suffit pour déclencher la transmission du caractère vers le MINITEL : inutile de manœuvrer la touche CONNEXION-FIN, car en mode local le terminal est toujours prêt à recevoir des caractères par la prise. Notons que cette routine doit impérativement être implantée à partir de l'adresse 30000, sauf à « reloger » l'instruction de saut en adressage absolu JP PE, 30008, on obtiendrait l'insertion d'un **bit de parité impaire**, ce qui peut être utile pour d'autres applications.

Nos lecteurs pointilleux remarqueront que nous avons prévu deux bits de STOP au lieu d'un : la fiabilité de la transmission s'en trouve améliorée, au prix d'un léger ralentissement

Le logiciel BASIC de la **figure 8** se charge de l'implantation de la routine machine en mémoire, et en étend le champ d'applications : la routine de la ligne 100 (GOSUB 100) se charge d'afficher sur l'écran du MINITEL toute chaîne alphanumérique (ASCII) construite sous le nom a\$.

Le sous-programme de la ligne 1000 (GOTO 1000) utilise GOSUB 100 pour transférer ligne à ligne sur le MINITEL l'intégra-

30000	LD A, 12	62	12		septet à transmettre dans A
30002	AND A	167			recherche de parité
30003	JP PE, 30008	234	56	117	si parité paire
30006	SET 7, A	203	255		mise à 1 bit de parité
30008	LD C, A	79			octet avec parité dans C
30009	AND A	167			flag de retenue à 0 (start)
30010	LD B, 11	6	11		11 bits à transmettre
30012	LD A, 255	62	255		port de sortie à 1
30014	JR NC, 30018	48	2		si retenue à zéro
30016	LD A, 0	62	0		port de sortie à 0
30018	OUT (254), A	211	254		transfert sur le port
30020	LD D, 115	22	115		tempo 1200 bauds/3,25 MHz
30022	DEC D	21			temporisation
30023	JR NZ, 30022	32	253		bouclage tempo
30025	SCF	55			flag de retenue à 1 (stop)
30026	RRC	203	25		bit suivant dans flag retenue
30028	DJNZ, 30012	16	238		bit suivant
30030	RET	201			retour au BASIC

Figure 7

```

1 REM SPECTRUM-MINITEL
10 DATA 62,12,167,234,56,117,203,
255,79,167,6,11,62,255,48,2
20 DATA 62,0,211,254,22,115,21,32
,253,55,203,25,16,238,201
30 FOR f=30000 TO 30030
40 READ n
50 POKE f,n
60 NEXT f
70 GO TO 170
100 LET a#=CHR# 13+a#+CHR# 32
110 FOR f=1 TO LEN a#
115 RANDOMIZE USR 30000
120 POKE 30001,CODE a#(f)
140 PAUSE 1
150 NEXT f
160 RETURN
170 REM DEBUT ROUTINE UTILISATEUR
300 LIST 100
999 REM FIN ROUTINE UTILISATEUR
1000 LET a#=CHR# 12
1005 GO SUB 100
1008 FOR l=0 TO 21
1010 DIM a#(42)
1020 FOR c=0 TO 31
1030 LET s#=SCREEN# (l,c)
1040 LET a#(c+1)=s#
1050 NEXT c
1060 GO SUB 100
1070 NEXT l
1080 REM (c)1985 P.GUEULLE
    
```

Figure 8

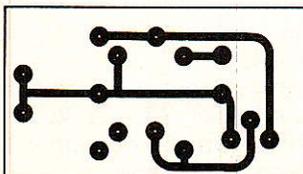


Figure 5

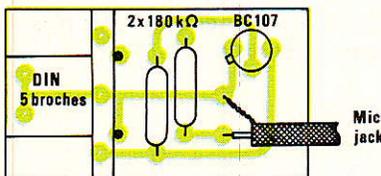


Figure 6

```

170>REM DEBUT ROUTINE UTILISATEUR
180 CLS : PRINT #1;"FRAPPEZ VOTRE
TEXTE";
190 IF INKEY#<>" THEN GO TO 190
200 IF INKEY#="" THEN GO TO 200
210 LET A#=INKEY#
220 IF A#=CHR# 7 THEN GO TO 1000
230 PRINT A#;
240 GO TO 190
999 REM FIN ROUTINE UTILISATEUR

```

Figure 9

lité d'un écran de SPECTRUM, ne devant toutefois contenir que des signes ASCII (pas de graphismes !).

A titre d'exemple, la ligne 300 affiche à l'écran un extrait de listing qui convient bien à l'essai du système.

Précisons que tout doit fonctionner du premier coup : aucun réglage n'est à effectuer puisque les temporisations sont obtenues par voie purement logicielle.

La **figure 9** donne un exemple de routine « utilisateur » pouvant avantageusement remplacer la ligne 300 : elle permet d'utiliser le SPECTRUM en « machine à écrire » simplifiée pour remplir l'écran avant de le transférer sur MINITEL.

Cette transmission sera déclenchée par la manœuvre EDIT (CAPS SHIFT-1).

Il est bien entendu que nos lecteurs pourront écrire leurs propres routines « utilisateur » pour

remplir l'écran des informations de leur choix.

Ils pourront d'ailleurs se dispenser de transiter par l'écran du SPECTRUM, étape qui ralentit notablement la transmission. Avec la routine GOSUB 100 (ou GOSUB 110 si les textes transmis ne sont pas destinés à un affichage sur l'écran du MINITEL, mais à un envoi en ligne), ils pourront transmettre des chaînes ASCII de longueurs quelconques.

La ligne 1000 pourra cependant leur être utile : exécutée avant un GOSUB 100, elle efface l'écran du MINITEL.

Conclusion

La méthode décrite ici permet à tout possesseur d'un SPECTRUM d'expérimenter sans risque et pratiquement sans frais, quelques-unes des multiples possibilités latentes du MINITEL.

L'étude détaillée (mais relativement ardue) du « langage protocole » pourrait permettre d'aller beaucoup plus loin : télécommander intégralement le MINITEL à partir du SPECTRUM : connexion, déconnexion vis-à-vis du serveur, composition automatique de numéros et codes d'accès TRANSPAC, cheminement automatique parmi les pages offertes par un serveur, etc.

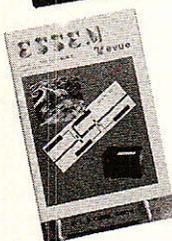
A condition de « retourner » le modem du MINITEL, on pourrait même enregistrer sur cassette magnétique, et en « format TELETEL », les écrans que le SPECTRUM transmet au MINITEL.

En plaçant cette cassette dans un répondeur téléphonique, ces écrans deviendraient accessibles « en ligne » à tout possesseur d'un MINITEL, par simple composition d'un numéro de téléphone approprié.

Et nous ne donnons évidemment là que quelques exemples nullement limitatifs !

Nous faisons confiance à l'imagination de nos lecteurs, qui ne manqueront certainement pas de trouver bien d'autres applications à l'outil que nous leur fournissons-là...

Patrick Gueulle



SM ELECTRONIC

20, bis avenue des Clairons - 89000 Auxerre Tél. : 86.46.96.59

Construisez votre station METEOSAT avec les kits VHF-COMMUNICATIONS. Le système est intégralement décrit dans nos ouvrages VHF METEOSAT (parabole, convertisseur 1.7 GHz/137 MHz, récepteur 137 MHz, convertisseur mémoires pour visualisation) et ESSEM ES-12 (nouveau préampli GaAsFET). La description de chaque module comprend la technique, le montage, les dessins des circuits imprimés et implantation, réglage).

(Fermeture annuelle : du 6 au 25 août 1986).

VHF METEOSAT : 188 F + 9,50 F de port
 ESSEM-ES-12 : 46 F franco
 Les deux : 200 F franco

BON DE COMMANDE

Nom :

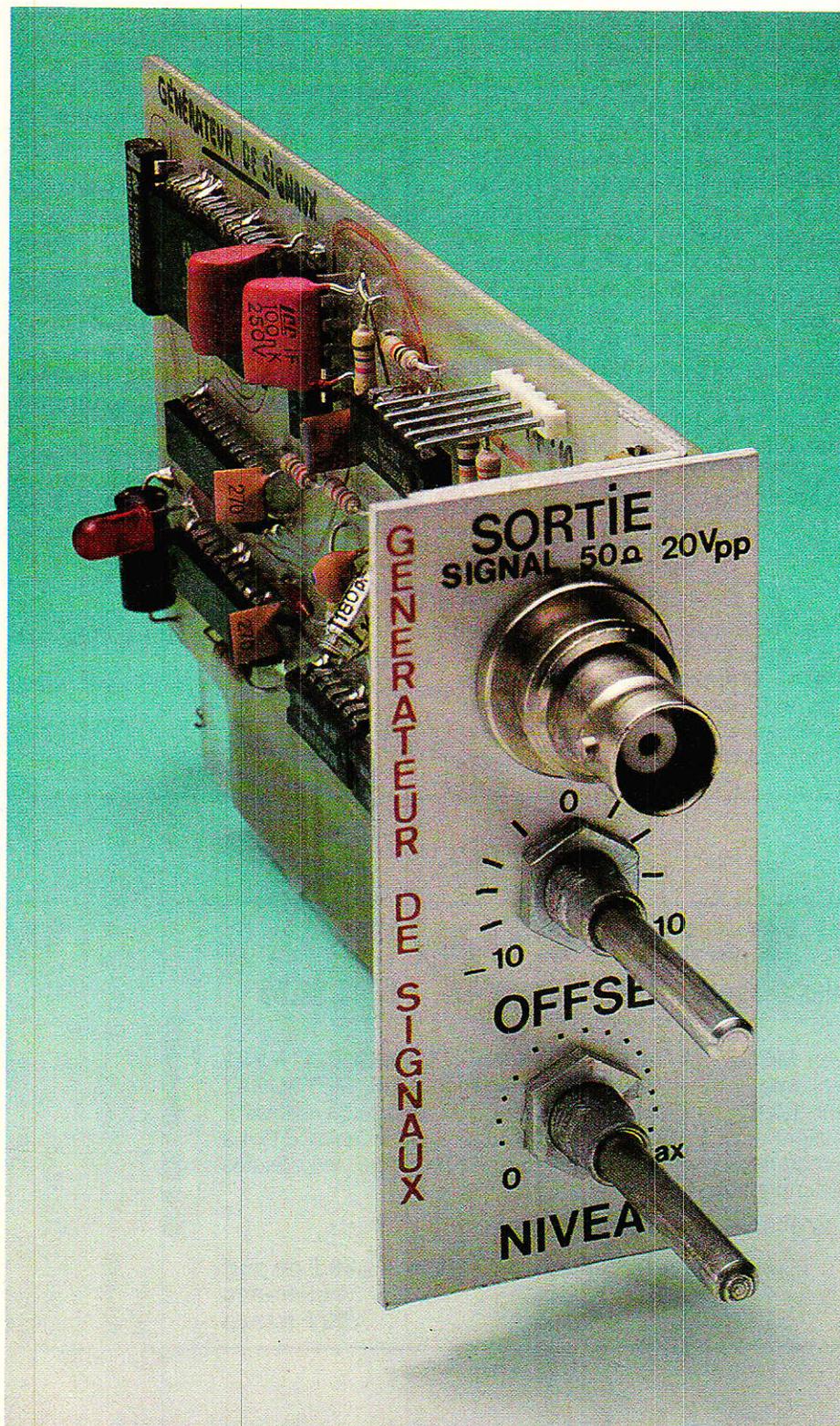
Adresse :

VHF METEOSAT : 197,50 F

ES-12 : 46,00 F

Les 2 : franco 200,00 F

Générateur de signaux programmés



Nous poursuivons ce mois-ci, notre étude d'interfaces pour la carte mère universelle, en présentant une application particulière du convertisseur digital-analogique : un générateur de signaux programmé, autonome. Comme à l'habitude, nous présenterons d'abord le composant clé de ce montage, soit le DAC 0800, puis nous découvrirons le schéma de la solution retenue et sa réalisation pratique. A noter qu'avec quelques notions de « hardware », il sera possible d'adapter cette carte à n'importe quel micro-ordinateur, sans passer par la carte universelle.

Le convertisseur D/A : DAC 0800

Rappelons tout d'abord ce qu'est une conversion D (digital)/A (analogique). Comme le précise l'abréviation, c'est une conversion d'une valeur numérique (digitale) en une valeur analogique. Ainsi, la tension de sortie sera proportionnelle au nombre digital appliqué, ce dernier étant réalisé sur un codage binaire.

Le circuit DAC 0800 réalise très facilement et très vite cette conversion. Ce circuit est produit par plusieurs constructeurs (NS, Signetics...) et ne posera donc aucun problème de disponibilité

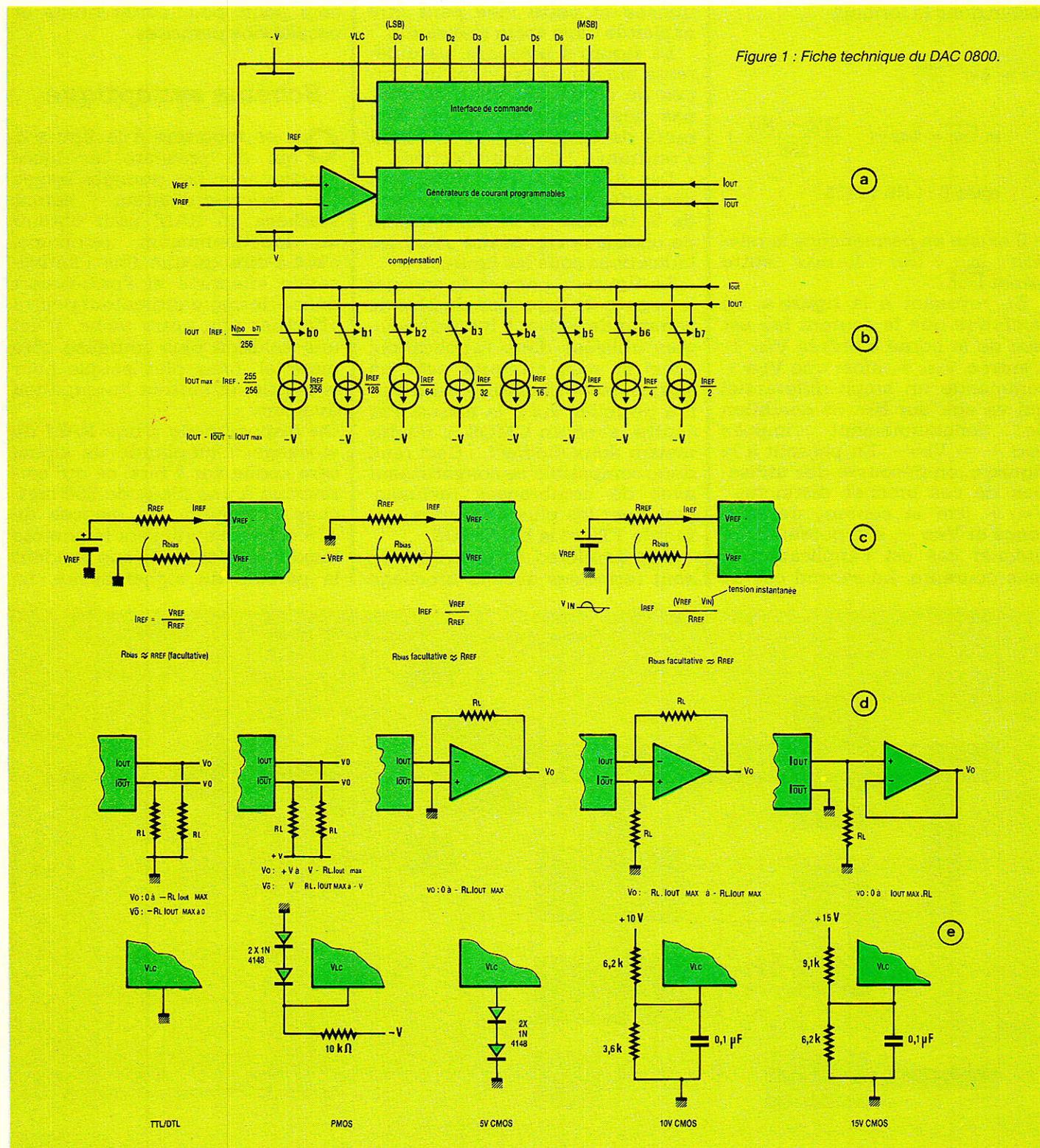
chez votre revendeur. On se reportera à la **figure 1** pour avoir tous les détails nécessaires.

En a, on trouve le schéma synoptique qui précise les blocs fonctionnels. On a huit bornes d'entrée, D₀ à D₇, qui correspondent au nombre binaire à convertir et une borne V_{LC} (qui, comme on le verra après, fixe le seuil de

différentiation entre le « 0 » et le « 1 »).

Ces connexions se rapportent au bloc de commande qui servira d'interfaçage à la commutation des générateurs de courant constant. Ces derniers, qui constituent le second bloc fonctionnel, n'ont le terme de programmable, que par le fait de pouvoir sélectionner sur quelle connexion, ce

courant sera ajouté (I_{OUT} ou I_{OUT}). La figure présente le détail de la structure. On voit donc huit générateurs de courant constant, associés à un inverseur commuté par un bit de poids n, qui décide des caractéristiques du courant (b₀ → I_{REF}/256, ..., b₇ → I_{REF}/2). Dans le cas présent, le nombre



vaut « 0 », donc $I_{OUT} = 0$ car tous les commutateurs sont ouverts et :

$$I_{OUT} = \left(\frac{I_{REF}}{256} + \frac{I_{REF}}{128} + \frac{I_{REF}}{64} + \frac{I_{REF}}{32} + \frac{I_{REF}}{16} + \dots + \frac{I_{REF}}{2} \right) = I_{REF} \cdot \frac{255}{256} = I_{FS} = I_{OUTMAX}$$

Suivant le nombre appliqué, on relève donc la formule :

$$I_{OUT} = I_{REF} \cdot \frac{Nb}{256}$$

$$\text{et } \overline{I_{OUT}} = I_{REF} \cdot \left(\frac{255 - Nb}{256} \right)$$

avec $0 \leq Nb \leq 255$

Il existe en permanence la relation $\overline{I_{OUT}} + I_{OUT} = I_{OUTMAX}$ entre I_{OUT} et $\overline{I_{OUT}}$.

En revenant à la **figure a**, on remarque que le courant I_{REF} est issu de la borne d'entrée V_{REF+} . L'entrée V_{REF+} , ainsi que V_{REF-} commande un ampli différentiel qui va agir sur I_{REF} . Sa condition de fonctionnement impose $V_{REF+} \approx V_{REF-}$. En passant à la **figure c**, on découvre des utilisations de ces broches distinctes : V_{REF+} fixe le courant de référence et V_{REF-} , son potentiel. Le premier cas est l'application la plus courante. Le second cas ne

se différencie que par le choix de V_{REF} . Dans le premier cas, la source V_{REF} attaquera le montage sous faible impédance ($\Rightarrow I_{REF}!$) et dans le second cas, le courant consommé sur V_{REF} sera insignifiant. Le troisième cas permet une variation du courant de référence autour d'un point donné. En revenant à l'idée de notre réalisation, cela serait une entrée de modulation. En fait, on ne l'a pas utilisée et cette idée peut être exploitée dans votre réalisation.

La **figure d** présente les différents moyens d'exploiter les bornes de sortie. Ne vous étonnez pas des résultats, car les courants de sortie I_{OUT} et $\overline{I_{OUT}}$ sont « rentrant » ! (Polarité fléchée).

Les différents cas présentent des différences quant à la plage de la tension de sortie. Il suffira de choisir le cas désiré selon les indications sous les figures.

La **figure e**, permet de corriger les seuils de détection du bloc de commande suivant les technologies utilisées dans l'application. Ainsi si vous attaquez avec un signal (octet binaire) TTL, il suffira de relier V_{LC} à la masse. Par contre, avec un CMOS, il faudra mettre deux diodes !... Ceci rend donc compatible ce convertisseur avec de nombreuses technologies dont les plus courantes restent le TTL et le 5 V CMOS.

Les dernières caractéristiques sont rappelées avec le brochage

du circuit en fin d'article de même que le brochage des autres circuits. Pour finir, la broche « Comp. » est une broche de compensation. Un condensateur y sera relié, et son autre borne à $-V$. Ce condensateur évitera les oscillations parasites et stabilisera le signal de sortie. A noter que la masse logique doit être la même que la masse analogique, mais la liaison s'effectuera en un seul point pour éviter bruits et oscillations parasites.

Schéma synoptique

On se reportera à la **figure 2**, qui en présente les blocs fonctionnels. Les données issues du micro-ordinateur seront stockées en RAM pour obtenir un fonctionnement autonome, c'est-à-dire qu'une fois l'initialisation effectuée et l'ordre start donné, le micro-ordinateur pourra effectuer une autre tâche. C'est une solution plus coûteuse côté matériel, mais plus souple pour le logiciel et surtout l'occupation du micro.

On dispose donc d'une RAM de stockage. L'amplitude du signal sera codée sur 8 bits, ce qui correspond à une plage de 256 marches maximum. On dispose de 128 octets, ce qui sera le nombre maximum d'échantillons pendant la période du signal désiré. La

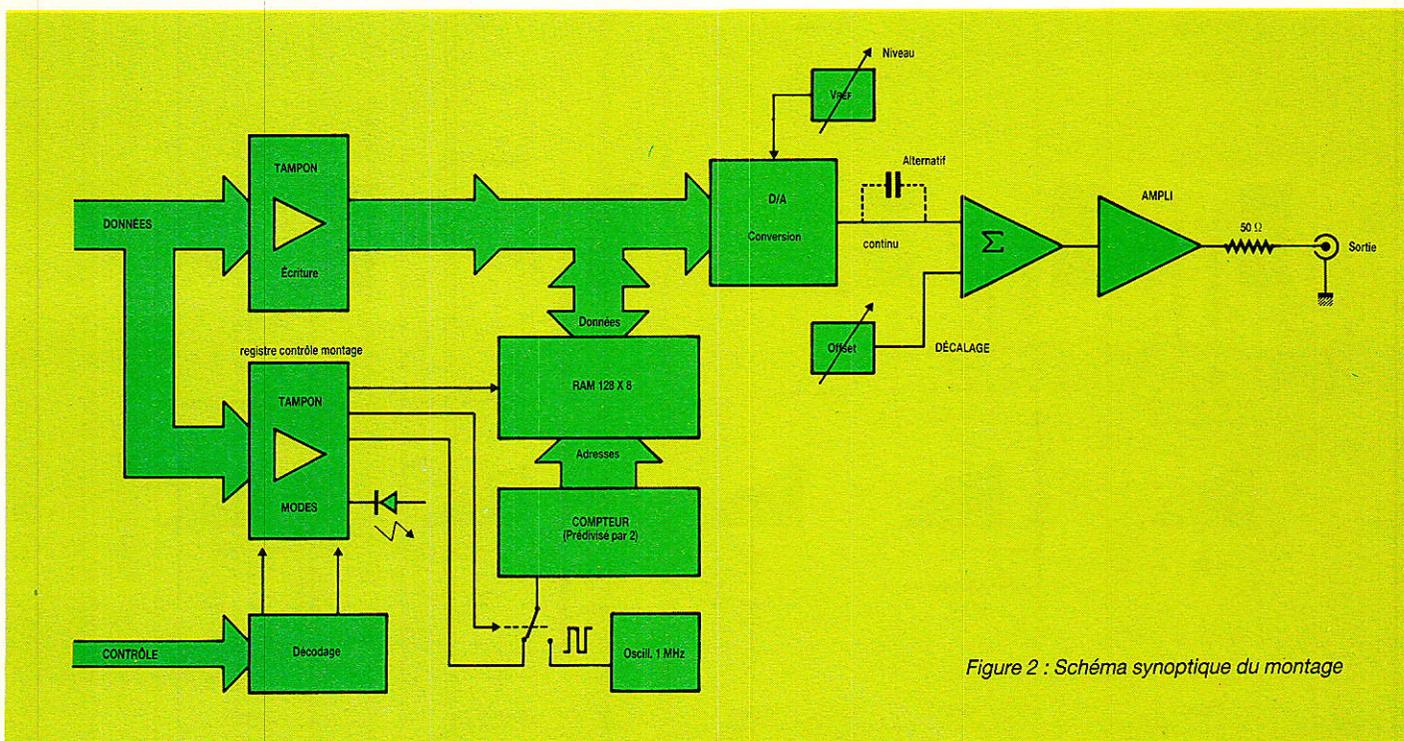


Figure 2 : Schéma synoptique du montage

période de notre signal sera « dessinée », dans la RAM. Pour ce faire, un tampon enverra les données correspondantes au niveau codé et un compteur l'adresse, correspondant à la position de l'échantillon dans la période. Un registre de contrôle (TAMPON MODES) sélectionnera l'écriture (ou la lecture) de la RAM, choisira l'horloge adéquate (autonome ou gérée par microprocesseur) et allumera une Led témoin du fonctionnement. Ces deux tampons sont bien sûr accessibles uniquement après confirmation du décodeur associé à la carte. Voilà pour la partie logique du circuit car on peut le dissocier en deux blocs : logique et analogique.

Le contenu de la RAM, ou le nombre envoyé par le tampon (ce qui permettra le contrôle en cours de programmation) est converti en grandeur analogique grâce à l'étage convertisseur.

L'amplitude du signal dépendra du nombre appliqué, mais aussi de V_{REF} , qui agira donc sur le maximum de l'amplitude. On réalise donc un réglage de niveau. Le signal de sortie est maintenant ajouté à une tension d'offset réglable. Suivant sa valeur, on obtiendra une valeur moyenne du signal de sortie, nulle, positive ou négative. Ce qui correspond à la commande de décalage. Le signal est alors amplifié pour pouvoir attaquer tout autre montage sous une impédance de 50Ω , valeur courante.

En revenant sur le compteur, on remarque « prédivisé par 2 ». Cette prédivision est nécessaire comme on le verra après mais il est indispensable de préciser déjà que la fréquence maximum d'échantillonnage du signal de sortie sera de 500 kHz, soit donc une fréquence du signal de sortie maximum de 250 kHz (64 périodes en RAM) à 3,9 kHz (1 période en RAM). Cette limite de fréquence dépendra donc de la précision et de l'allure du signal mémorisé en RAM. Par contre, on ne sera pas limité en basse fréquence, car le micro-ordinateur pourra déclencher le compteur quand il voudra. En outre, une commande tout ou rien reste aussi possible pour générer des salves. Passons maintenant à l'étude détaillée.

Schéma de principe

Celui-ci est proposé à la **figure 3**. A la disposition près, il devrait être assez aisé de reconnaître les blocs décrits auparavant.

Reprenons la partie logique. La RAM est repérée sous la référence IC₇. C'est un modèle 6810, vestige des premiers pas de la micro. Son choix repose sur la disponibilité de fonds de tiroirs, son faible coût, et le fait qu'elle soit statique. Tout autre RAM statique pourrait convenir. A vous alors de l'adapter au montage. IC₃, un double compteur asynchrone, est monté en cascade pour générer les bits d'adresse de la RAM. La première sortie QA reste libre, pour une prédivision par deux, à cause du temps d'accès de la RAM.

Autour d'IC₄ est construit un oscillateur à quartz. On utilisera un quartz standard 1 MHz, donc économique. Si le signal Clk vaut « 0 » et ClkEn vaut « 0 » alors on retrouve la structure standard d'un oscillateur à quartz TTL. Si Clk vaut « 1 », on force le signal d'horloge du compteur à « 1 » et le comptage est stoppé, mais l'oscillateur à quartz non ! Pour ce faire, il faut porter ClkEn à « 1 » ! Alors, on peut utiliser Clk comme horloge.

On se reportera utilement au **tableau 1**. A noter la possibilité de remplacer le quartz par C₁₁.

Les signaux de contrôle sont mémorisés par IC₁, au moment où l'on écrit dans le port I/O n₁. D₄ sera le bit de contrôle de $\overline{\text{ClkEn}}$ et D₃ de Clk. D₂ servira à remettre le compteur d'adresse à zéro,

action précédant une écriture dans la RAM. Après quoi, on envoie l'octet dans IC₂ à travers l'adressage I/O n₂, et on génère le signal Write, D₀ sur le port I/O n₁, soit donc une impulsion à l'état 0 par valider l'écriture. Une fois cette étape achevée, on inhibe l'écriture et on avance le compteur d'un pas. On reproduira ce cycle 128 fois pour remplir la RAM. A noter le bit 7 du port I/O n₁ qui commande la led D₃. Son rôle sera celui d'indication de fonctionnement et de contrôle de signaux lents.

Pour la partie analogique, le schéma débute par le circuit convertisseur IC₆. Comme on utilise du TTL, VLC est donc relié à la masse. C₃ et C₄ découplent l'alimentation au plus près du circuit car il existe des pics de courant lors des commutations internes dans IC₆. L'entrée COMP est compensée par C₆. Le courant de référence est créé à l'aide d'une source de tension stable (D₁, C₁, R₁) dont le niveau est réglable par P₁. Cette tension sous impédance élevée peut être exploitée après recopie par l'étage suiveur (Aop IC₈) (faible impédance) pour attaquer R₃, et obtenir un courant proportionnel. On exploitera la broche IOUT en sortie, qu'on fera suivre d'un convertisseur courant-tension. On obtient donc $V = -R_6 \cdot I_{OUT}$. Une seconde source de tension, négative cette fois est générée par (R₂, D₂, C₂). Ceci permet d'obtenir au curseur de P₂ une tension évoluant de -5,6 V à +5,6 V, tension des Zener choisies pour leur stabilité en température. Un ampli de IC₈, monté en suiveur permettra d'attaquer le sommateur sous impédance constante. Ce sommateur associe

Tableau 1

$\overline{\text{ClkEn}}$	Clk	V _A	V _B	Explications
0	0			Comptage 1 MHz/2
0	1			bloqué
0				« Burst » (Salve) 1 MHz/2
1				Comptage rythme Clk

R₄, R₅, l'étage de puissance avec T₁, T₂ et le réseau de contre-réaction R₇-R₈. On aura donc en permanence la sortie qui vaudra :

$$V_s = V_{\text{offset}} + \alpha \cdot N \cdot 10 \text{ V}$$

avec V_{offset} :

$$- 10 \text{ à } + 10 \text{ V par } P_2$$

$$\alpha : 0 \text{ à } 1 \text{ par } P_1$$

$$n : 0 \text{ à } 255/256$$

La résistance R₁₀ protège l'étage de puissance et calibre l'impédance de sortie à environ 50 Ω. La capacité C₅ découple l'alimentation logique.

Attention, si la masse de l'alimentation ± 12 V est relié à la masse de la carte mère, ou tout autre carte, alors les deux masses, logiques et analogiques, sont reliées. Cela ne fait rien, sauf si le point de liaison est mal choisi, d'où une perturbation (ondulation résiduelle). Cela constituerait un double nœud de masses, qui ne sont reliées qu'en un point sur le circuit (br. 1 et 2 de IC₆). En figure 9, on notera une variante pour le sommateur ampli.

Réalisation pratique

Le plan du circuit imprimé est donné aux figures 4, 5 et 6, qui correspondent aux tracés des deux faces et à l'implantation des éléments. Comme vous avez pu le remarquer, c'est un circuit double face, avec quelques pistes fines autour de IC, IC₂, IC₃, IC₆ et IC₇. On recommandera donc très vivement le support photographique pour effectuer le transfert. On choisira une plaque d'époxy

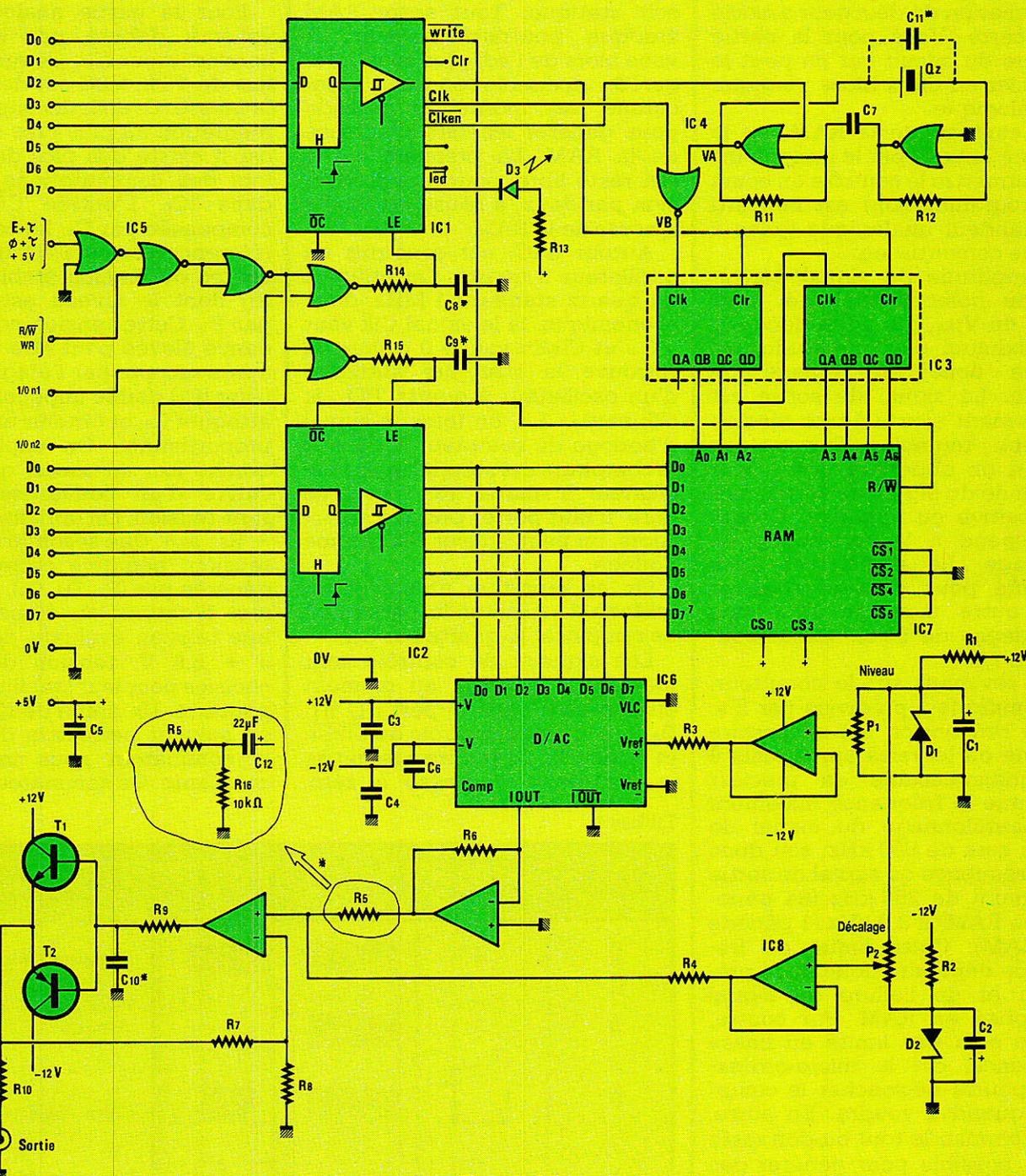
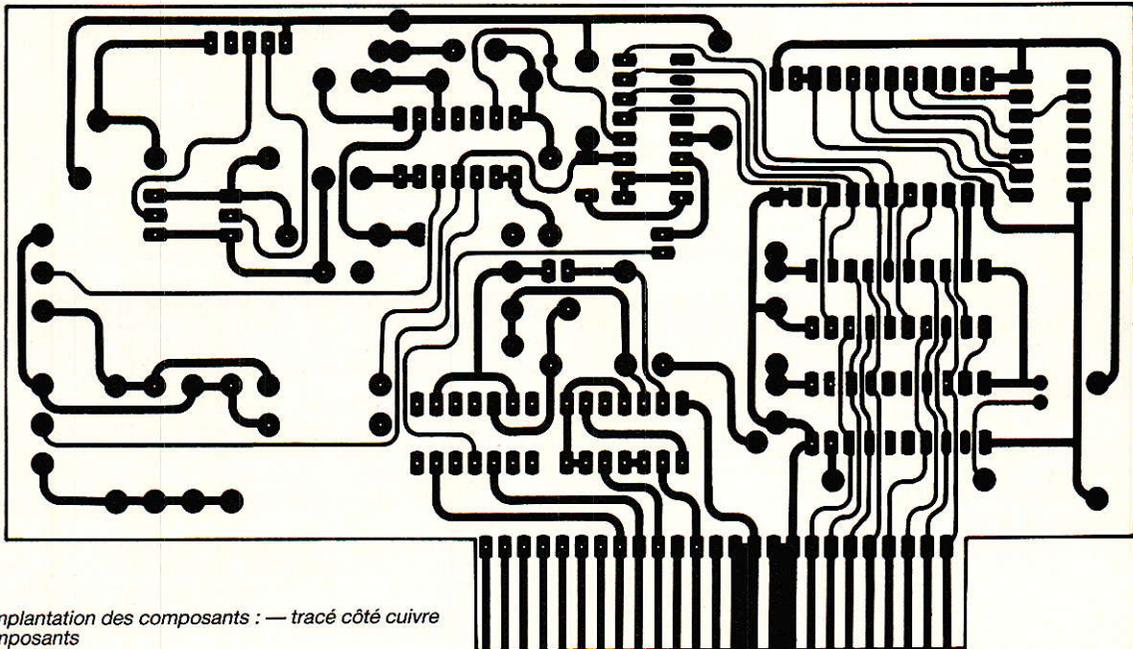
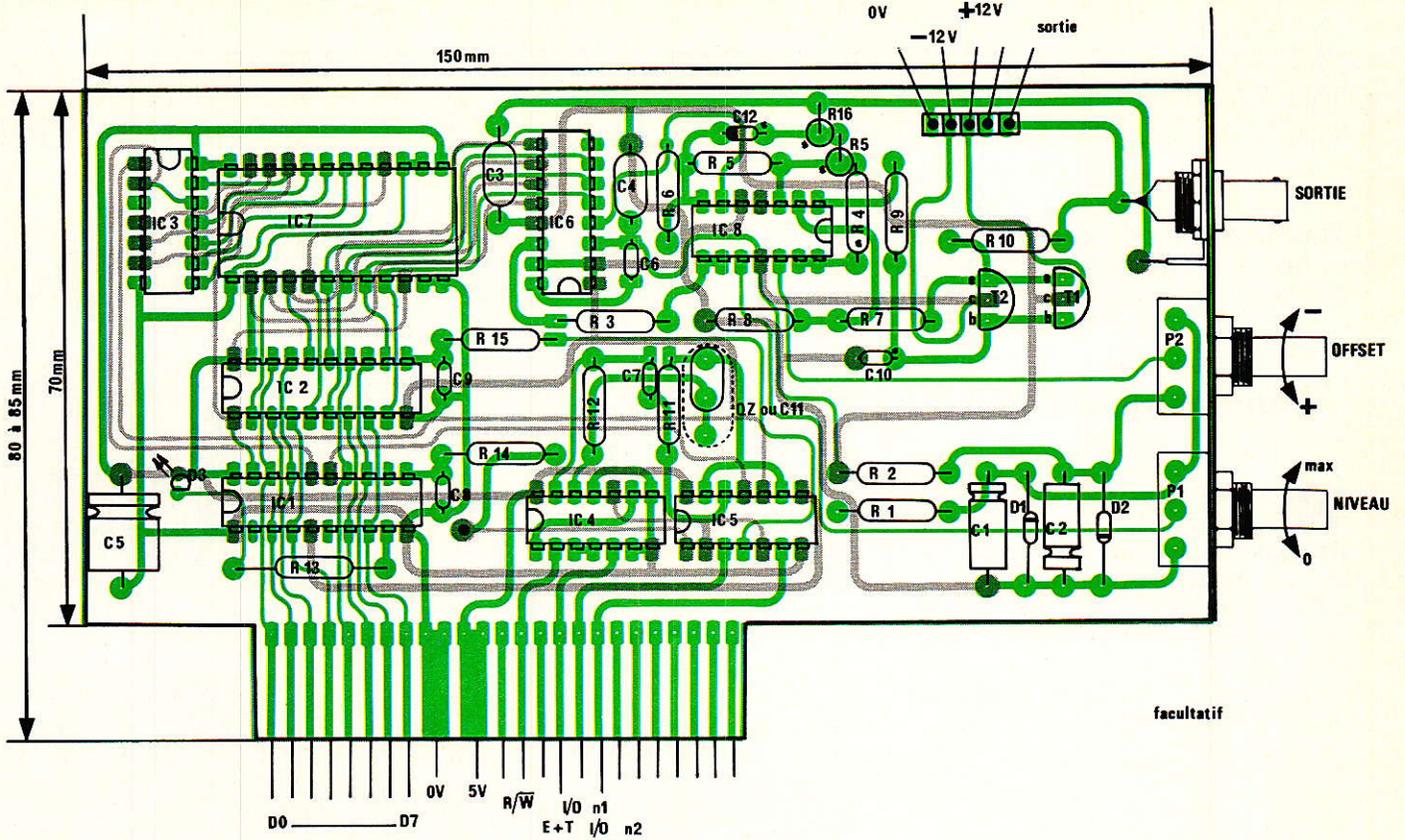
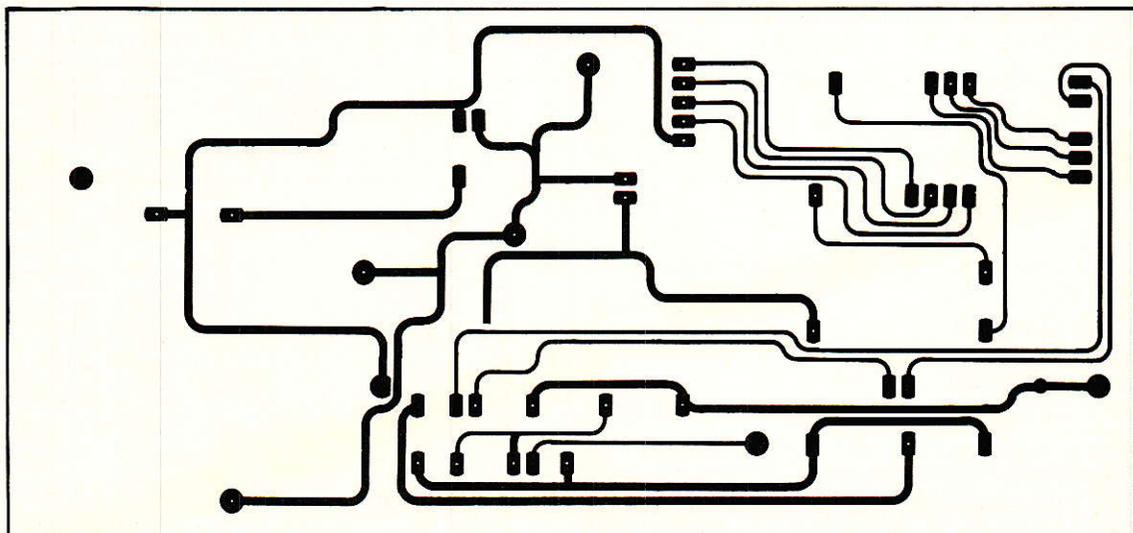


Figure 3 : Schéma de principe du générateur de signaux (* se reporter au texte)



Figures 4, 5, 6 : Implantation des composants : — tracé côté cuivre
 — tracé côté composants
 — implantation.

On notera la liaison entre masse logique et masse analogique en un seul point, au niveau des broches 1 et 2 du convertisseur IC6 !
 (Les résistances seront surélevées d'1 mm pour éviter tout contact avec les pistes côté composants !)

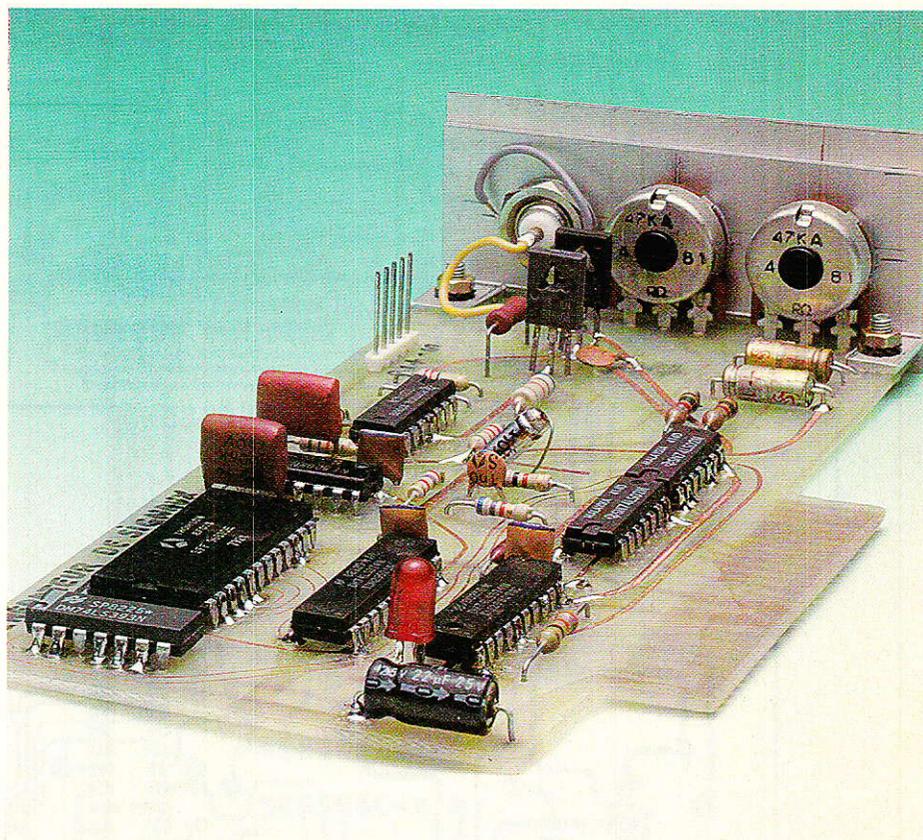


qui est plus rigide que la bakélite et qui se prête beaucoup mieux à d'éventuels ressoudages.

Conclusion provisoire

Nous verrons dans notre prochain numéro la fin de la réalisation pratique, la mise au point, ainsi que l'utilisation de notre générateur. Profitez-en pour tirer et vérifier vos circuits.

P. Wallerich



Selectronic

VENTE PAR CORRESPONDANCE :

11, RUE DE LA CLEF - 59800 LILLE - Tél. 20.55.98.98

VOUS PROPOSE SON Kit COMPTEUR GEIGER-MÜLLER de PRECISION

UN MONTAGE SÉRIEUR ÉQUIPÉ D'UN DISPOSITIF SONORE ET D'UN GALVANOMÈTRE DE MESURE À CADRE MOBILE

ET TOUJOURS LA QUALITÉ SELECTRONIC !

- 2 types de tube de sensibilité différente vous sont proposés :
 - ZP 1310 : 10⁻¹ R/h pour 200 imp./s.
 - ZP 1400 : 10⁻² pour 200 imp./s.
- Alimentation : 6 piles 1,5 V
- Notice détaillée avec caractéristiques, mode d'utilisation et d'étalonnage, etc.

LE KIT avec tube ZP 1310
(sans boîtier)..... 112.0084 840,00 F

LE KIT avec tube ZP 1400
(sans boîtier)..... 112.0085 1155,00 F

(VOIR NOS CONDITIONS GÉNÉRALES DE VENTE DANS NOTRE PUBLICITÉ ANNEXE)

SEPTEMBRE 1986 : PARUTION DU CATALOGUE 86/87
RÉSERVEZ-LE DÈS MAINTENANT CONTRE 12,00 F EN TIMBRES-POSTE

S.C.E.M.P.

74, rue du Faub. Saint-Antoine
75012 Paris - Tél. : 43.43.76.90
CCP 13 08 58 2C

Qualité professionnelle unique au monde
Simulateur d'émissions TV par Satellites, générateur de signaux de 0,95 GHz à 1,7 GHz tunable ou non, entrées auxiliaires Pal/Secam/D2 MAC..., permettant la mise au point sans antenne parabolique ni accessoires de celle-ci, du démodulateur et du tuner.

Ex. : celui décrit par Radio Plans n° 464... **2 840 F**
Adaptateur péritélévision destiné aux transformations des TV Noir et Blanc et Couleur dépourvus de prise péritel permettant les branchements : Décodeur Canal +, Décodeur D2 MAC Paquets, Démodulateur satellite..., **à monter : 640 F**

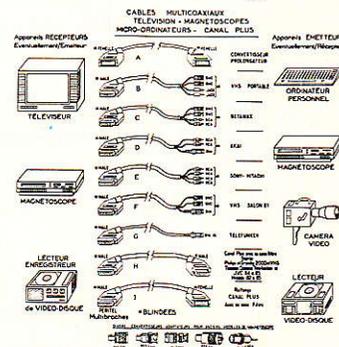
Décodeur D2 MAC PAQUETS montage par nos soins : **980 F**

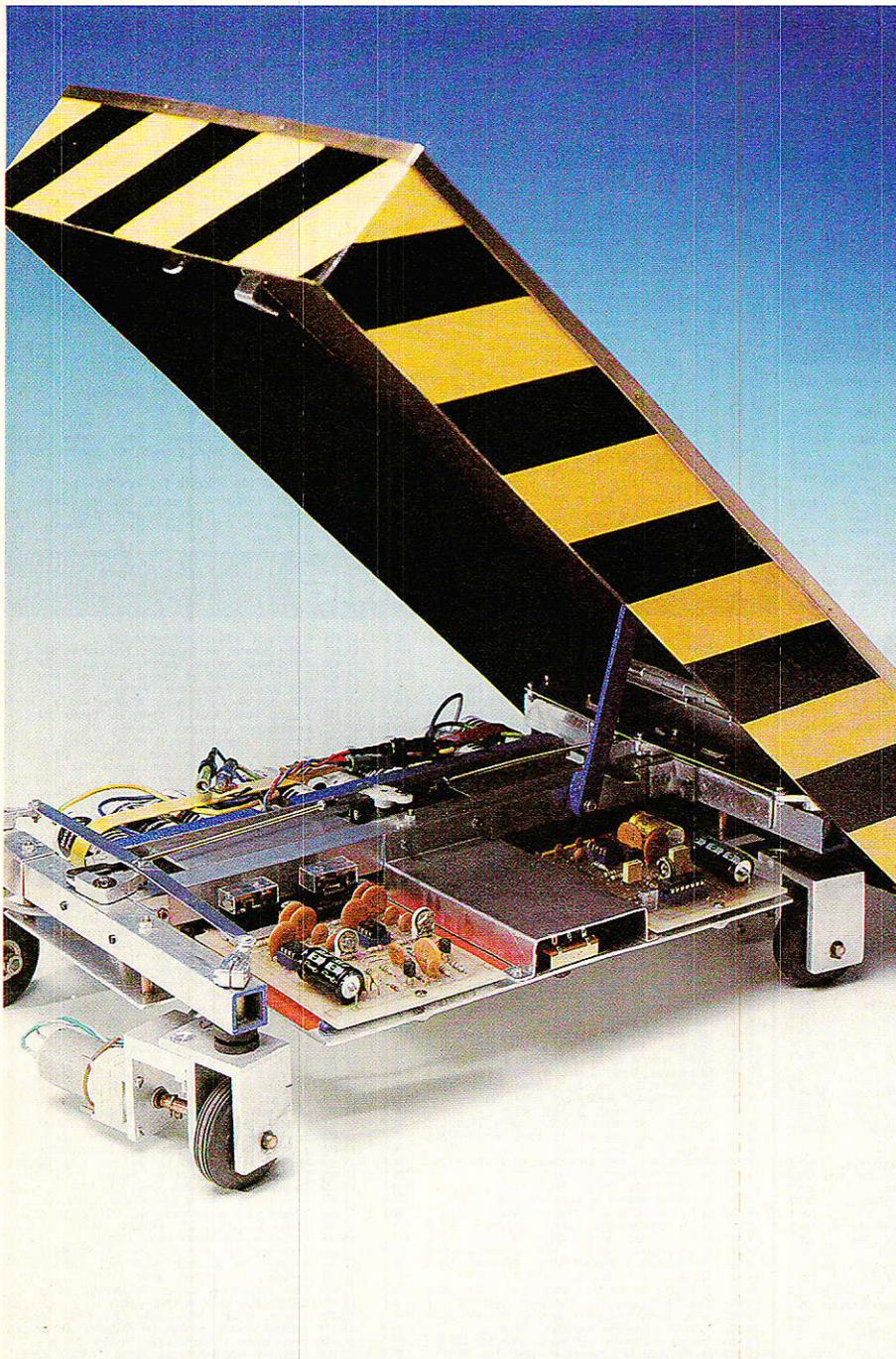
Générateur de MIRES **8 400 F**

D MAC - B MAC - C MAC sorties en 0,95 GHz à 1,7 GHz et/ou en R.V.B. **4 600 F**



- A 142 F
- B 130 F
- C 124 F
- D 132 F
- E 123 F
- F 137 F
- G 122 F
- H 98 F
- I 106 F





Mobile filoguidé (3^e partie)

Après avoir réalisé le générateur de signaux et le circuit de direction, nous abordons maintenant le système de propulsion.

Il a plusieurs fonctions. Tout d'abord il fournit du courant aux moteurs, dans un sens ou dans l'autre, pour obtenir soit la marche AV soit la marche AR. Il commande aussi l'arrêt. De plus, il sélectionne le capteur de direction correspondant au sens de déplacement du mobile.

Principe général de fonctionnement

Il est donné par le schéma synoptique de la **figure 1**. La self L capte la porteuse modulée. Seule la modulation nous intéresse ici ; c'est pourquoi elle est détectée puis amplifiée avant de se présenter à l'entrée de 2 filtres qui ont été conçus pour être sensibles respectivement à 340 Hz et 580 Hz. Lorsqu'un filtre est en résonance avec la fréquence d'entrée, sa sortie délivre une tension sinusoïdale qui est redressée puis filtrée et enfin amplifiée pour être en mesure d'actionner un relais.

Etude du circuit

La self L, bobinée sur un noyau de ferrite de 10 centimètres de longueur, est placée au centre du mobile.

Nous verrons plus loin comment la réaliser. Elle capte le 70 kHz modulé et le transmet au détecteur T₁, sur le collecteur duquel apparaît la modulation avec des restes de porteuse qui sont éliminés par le filtre C₃, R₃, C₁.

Le transistor T₂ amplifie ce signal et lui donne une forme parfaitement rectangulaire. Il se présente à travers R₈ et R₁₁ à l'entrée des filtres IC₁ et IC₂. Comme ils sont semblables, seul le filtre IC₁ a été représenté sur la figure. Les éléments qui rendent le filtre sensible à une fréquence particu-

REALISATION

lière sont la résistance R_1 et les condensateurs C_4 et C_5 connectés respectivement à l'entrée et à la sortie de IC_1 .

IC_1 étant en résonance sur la fréquence d'entrée, sa sortie délivre un signal sinusoïdal de 4 à 5 volts qui est redressé par D_2 et D_3 puis filtré par C_{77} , R_{15} et C_8 . Il apparaît alors une tension continue d'environ 1,5 volts sur la base de T_3 , qui, associé à T_4 actionne RL_1 aux bornes duquel la tension atteint 6 volts.

Si vous n'avez pas choisi les

mêmes fréquences de modulation que l'auteur, le tableau de la **figure 3** vous permettra d'accorder facilement les filtres IC_1 et IC_2 .

Les relais, du type miniature, ont malgré cela un fort pouvoir de coupure. Ils se fixent sur des supports 16 broches de circuits intégrés.

Leurs fonctions sont les suivantes : (**figure 4 et 5**)

— RL_1 et RL_2 au repos : Arrêt du mobile. Le capteur de direction pour la marche AV est sélectionné par la position repos de

RL_1 .

— RL_2 en position travail et RL_1 en position repos : le capteur de direction pour la marche AV est en service comme nous venons de le voir, tandis que les moteurs sont alimentés par RL_2 pour propulser le mobile en avant.

— RL_1 en position travail et RL_2 en position repos : Le capteur de direction pour la marche arrière est sélectionné par le premier inverseur de RL_1 , tandis que le second alimente les moteurs pour propulser le mobile en arrière.

L'alimentation des platines direction et propulsion (6 volts), est différente de celle des moteurs (6 volts également) pour qu'ils ne transmettent pas de parasites aux circuits électroniques. Malgré cela, certains moteurs arrivent à perturber la direction. C'est pourquoi il est nécessaire de faire un essai préalable. Nous avons choisi des Milliperm (0,7 amp) qui ne présentent absolument pas cet inconvénient.

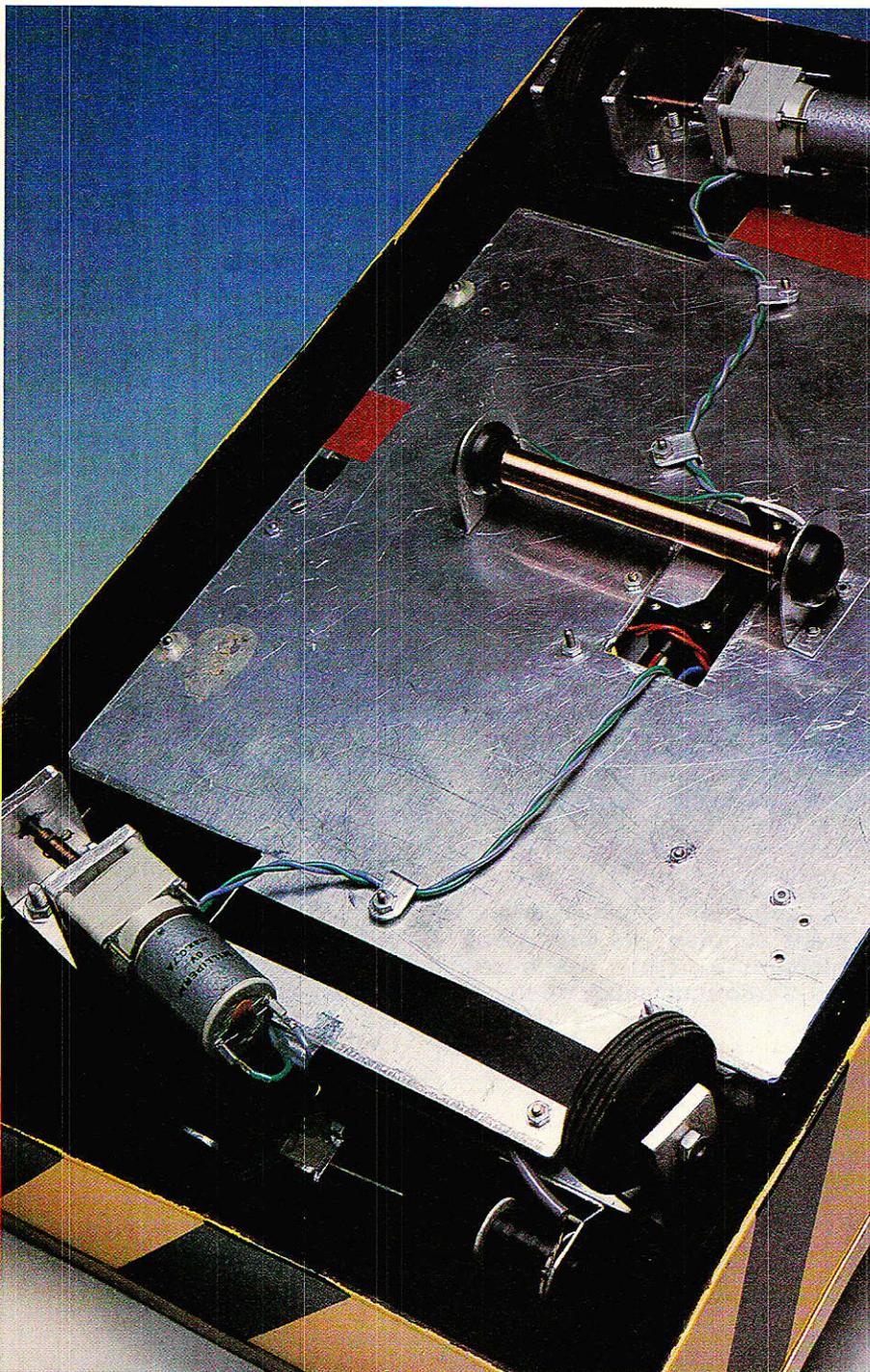
Dans le prochain article qui traitera du mobile lui-même, nous vous donnerons le schéma complet des interconnexions des 2 platines et de tous les éléments extérieurs.

Réalisation

Cette fois encore commençons par la self. Elle se compose d'un batonnet de ferrite de 10 centimètres de long et de 10 mm de diamètre, sur lequel on bobine du fil émaillé de 15/100e, à spires jointives sur 9 centimètres. On réserve 0,5 cm à chaque extrémité pour la fixation. Inutile de compter les tours (celà en représente environ 400) car l'accord sur 70 kHz se fait avec les condensateurs C et C' (en parallèle).

La valeur de la capacité à associer à L pour obtenir l'accord sur 70 kHz est déterminée de la manière suivante (voir **figure 6**) :

- 1 - Réglez un générateur BF sur 70 kHz/1 volt.
- 2 - Reliez L en parallèle sur sa sortie, ainsi qu'un oscilloscope ou éventuellement un voltmètre électronique.
- 3 - Placez un condensateur sur les pinces crocodile prévues à cet effet.



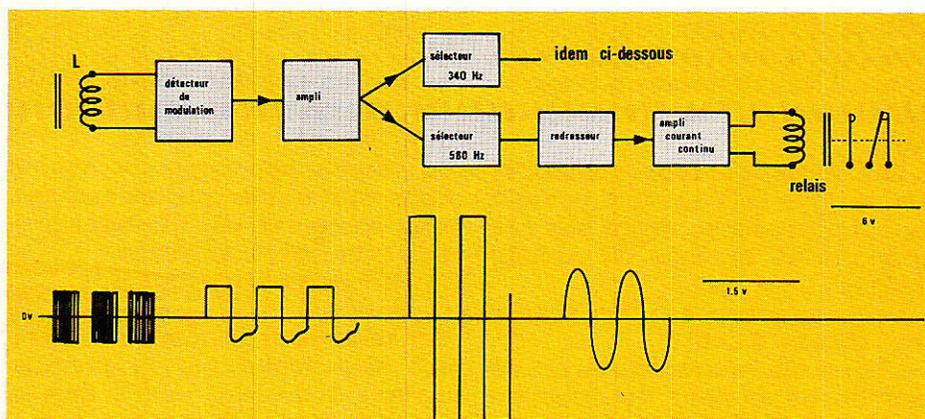


Figure 1 - Principe général de fonctionnement du circuit de propulsion.

FRÉQUENCES DES FILTRES EN FONCTION DE R et C

R/C	4,7 nF	10 nF	22 nF	47 nF
22 K	310 Hz	115 Hz	55 Hz	
150 K	325	120	65	
10 K	370	150	70	
6,8 K	465	185	90	
4,7 K	560	215	105	50 Hz
3,3 K	710	270	135	65
2,2 K	890	340	160	80
1,5 K	1055	405	190	95
1 K	1220	485	225	115
680	1530	605	290	145
470	1770	695	330	165
330	2120	845	405	
220	2450	1000	485	
150	2910	1220	600	
100	3190	1370	685	

Figure 3

4 - Recherchez l'accord (lecture maximum) en essayant différents condensateurs. Sur le modèle de l'auteur, l'accord est obtenu avec 600 pF (C = 330 pF et C' = 270 pf)

Si vous ne possédez pas de générateur BF, utilisez celui de votre montage en plaçant une résistance de 100 kΩ en série sur la sortie. Le fait qu'il soit modulé est sans importance.

Tirez le circuit imprimé (échelle 1) de la figure 7 selon votre méthode habituelle, puis implantez les composants selon la figure 8.

Réglages

Les réglages sont extrêmement simples ; ils consistent simplement à aligner les filtres sur les 2 fréquences BF, de façon

à ce que les relais qui leur font suite passent à la position travail. Vous pourrez les entreprendre lorsque la platine sera montée sur le mobile, ou encore dès maintenant.

Si vous choisissez cette dernière solution, faites le montage provisoire de la figure 9.

1 - Reliez la self en 12 et 14 (sur le connecteur), par un fil blindé de 10 à 20 cm.

2 - Alimentez la platine en 6 (+ 6 V) et en 1 (- 6 V)

Continuez par les opérations suivantes :

3 - Mettez le générateur en service et reliez-le à une boucle courte (2 à 3 mètres).

4 - Ajustez sa commande d'intensité au 1/3 de sa course environ.

5 - Placez la self en croix au-dessus du fil guide en la surélevant de 5 à 10 cm (sur des livres empilés, par exemple).

6 - Reliez un oscilloscope sur la broche 6 de IC₁.

7 - Mettez la commande du générateur en marche avant (580 Hz).

8 - Réglez R₁ pour le maximum d'amplitude du signal sinusoïdal. Le relais RL₁ passe à la position travail.

9 - Faites la même opération pour la marche arrière en réglant R₂ (340 Hz).

Si vous ne possédez pas d'oscilloscope, utilisez un voltmètre électronique.

Dans notre prochain article, nous verrons la réalisation de la partie mécanique du mobile avec la disposition des circuits électroniques et de leurs périphériques.

Paul DULIEU

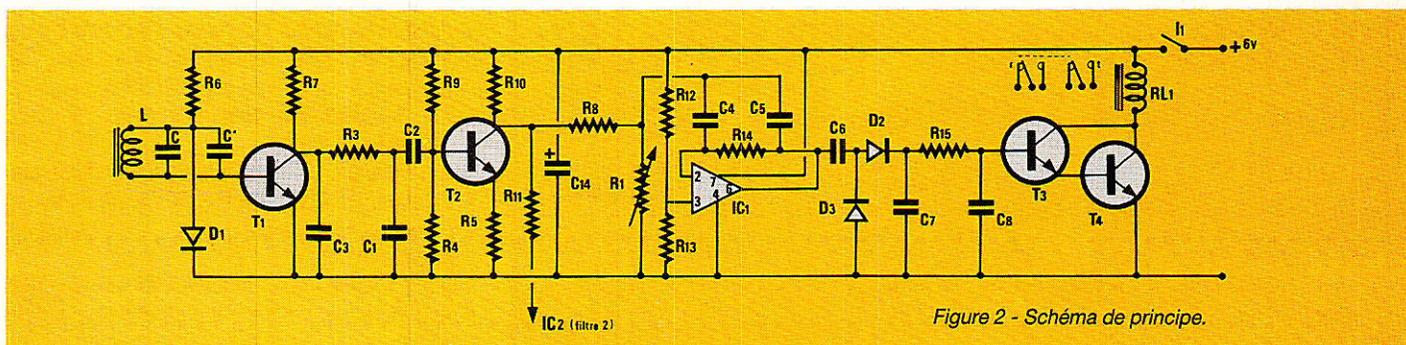


Figure 2 - Schéma de principe.

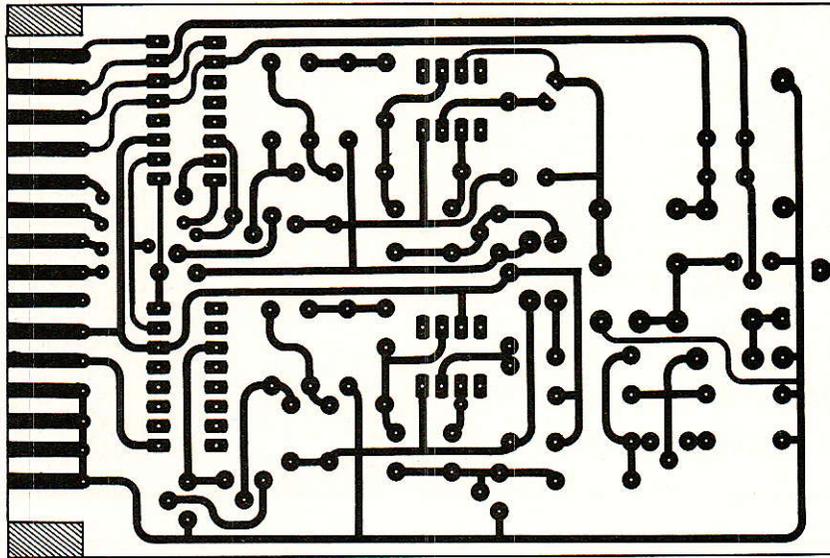


Figure 7 - Circuit imprimé propulsion (échelle 1) côté cuivre.

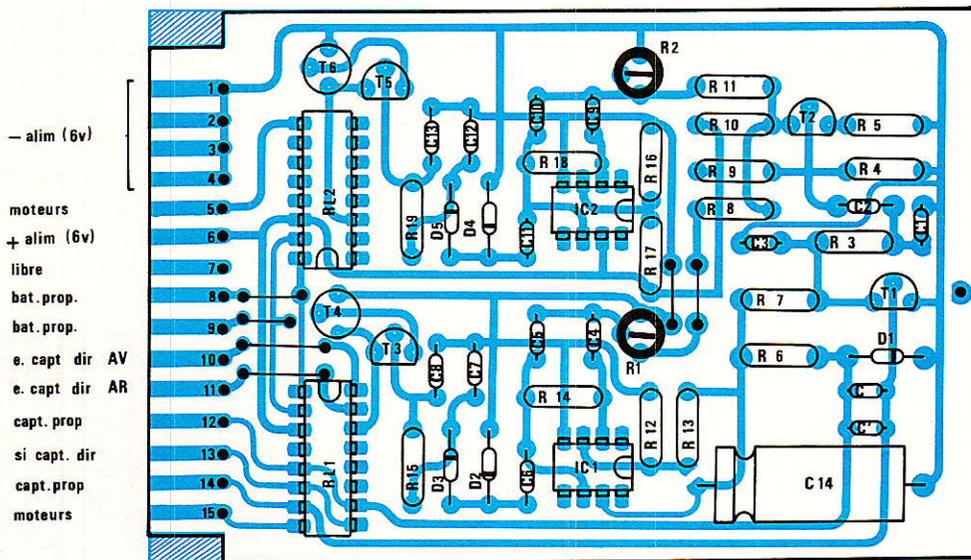


Figure 8 - Implantation des composants.

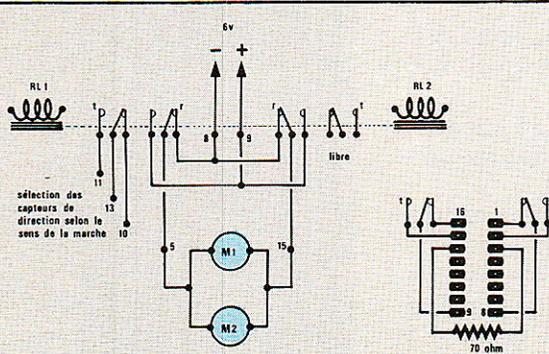


Figure 4 - Branchement des moteurs de propulsion.

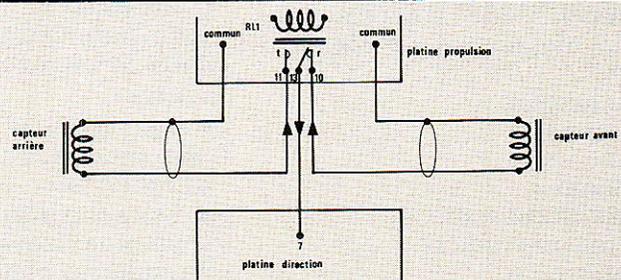


Figure 5 - Sélection des capteurs de direction.

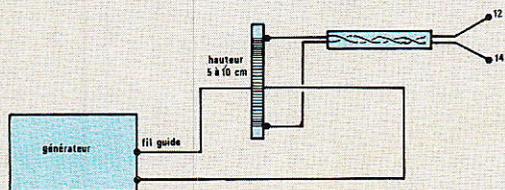


Figure 9 - Montage pour le réglage du circuit de propulsion.

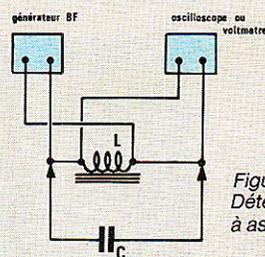


Figure 6 - Détermination de la valeur du condensateur à associer à L pour obtenir l'accord sur 70 kHz.

Nomenclature

Résistances ½ W

R₁, R₂ : 470 Ω (ajust. vert.)
 R₃ : 3,3 kΩ
 R₄ : 15 kΩ
 R₅ : 150 Ω
 R₆ : 15 kΩ
 R₇ : 1,5 kΩ
 R₈ : 470 kΩ
 R₉ : 100 kΩ
 R₁₀ : 4,7 kΩ
 R₁₁ : 220 kΩ
 R₁₂, R₁₃, R₁₆, R₁₇ : 220 kΩ
 R₁₄, R₁₈ : 1 MΩ
 R₁₅, R₁₉ : 22 kΩ

Condensateurs

C, C' : voir texte
 C₁ : 10 nF
 C₂ : 68 nF
 C₃ : 22 nF
 C₄, C₅, C₉, C₁₀ : 22 nF
 C₆, C₇, C₈, C₁₁, C₁₂, C₁₃ : 68 nF
 C₄ : 1000 µF/15 volts

Divers

L (voir texte) 15 m de fil émaillé
 15/100e et un noyau de ferrite :
 l : 10 cm, d : 1 cm;
 IC₁, IC₂ : 741
 T₁, T₂, T₃, T₅ : BC 548 b
 T₆, T₄ : 2N 1711
 2 supports de CI 8 broches
 2 supports de CI 16 broches
 2 relais 6 volts National HB 2
 2 moteurs Milliperm (0,7 Amp.
 max.) avec démultiplicaton réglable
 de 3/1 à 3601.
 1 connecteur 15 broches.

INFOS

IC MASTER :
la dernière cuvée

Conseil et Promotion annonce la nouvelle édition IC MASTER 1986, qui est disponible, en France.

L'IC MASTER 86, publié par HEARST BUSINESS COMMUNICATION/UTP Division, le plus grand éditeur technique des USA, est le catalogue existant le plus largement utilisé sur les circuits intégrés.

50 000 exemplaires de l'édition 1985 sont utilisés aux USA et 15 000 dans le reste du monde.

L'édition 1986 comprend les guides Master de choix, suivants :

- Numérique,
- Interfaces,
- Linéaires,
- Mémoires,
- Microprocesseurs,
- Cartes pour micro-ordinateur,
- Systèmes de développement,
- Cartes supports/mémoires,
- Circuits intégrés militaires,
- Circuits intégrés grand public,
- Circuits intégrés digitaux pour montage en surface (CMS),
- Custom, semi-custom.

Ce catalogue est organisé par : types, fonctions et paramètres clés et est orienté vers la résolution des problèmes que rencontrent les ingénieurs de conception. Il permet de gagner du

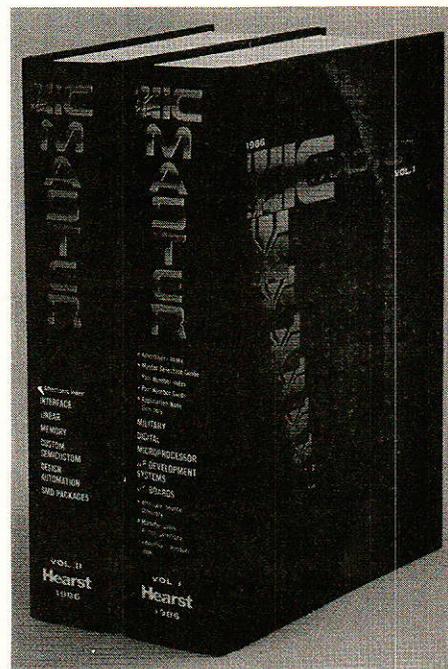
temps dans la recherche d'un C.I. spécifique et de ses secondes sources.

Un répertoire des secondes sources permet à l'utilisateur de trouver immédiatement les C.I. susceptibles de remplacer broche à broche les C.I. connus.

Le nouvel IC MASTER se présente :

- En deux volumes de 5 300 pages,
- Multilingue (anglais, français, allemand, espagnol et japonais),
- Plus de 70 000 C.I. sont répertoriés dont plus de 12 000 ont changé par rapport à la précédente édition,
- 250 fabricants de C.I. sont cités dans le répertoire des secondes sources,
- Les feuilles de spécification des produits clés comprennent 62 fabricants,
- Les sections choix des produits sont organisées par fonctions et paramètres pour faciliter le choix,
- Les fabricants et leurs distributeurs figurent sur un répertoire complet.

IC MASTER – édition 1986 – est en vente, au prix de 1 215 F TTC, franco de port et d'emballage, chez :
CONSEIL ET PROMOTION
 28, rue de la Procession -
 92150 Suresnes.



S.P.E. : Société Parisienne d'Édition
 Société Anonyme au capital de 1 950 000,00 F
 Siège social :
 43, rue de Dunkerque 75480 PARIS CEDEX 10
 Création : 1909
 Durée : 140 ans
 Président Directeur Général
 Directeur de la Publication :
 J.-P. VENTILLARD
 Rédacteur en Chef :
 Christian DUCHEMIN

Actionnaires :
 Publications Radio-électriques et Scientifiques
 Monsieur J.-P. Ventillard
 Madame Paule Ventillard
 Tirage moyen 1985 :
 93 310
 Diffusion moyenne 1985 :
 59 798
 Chiffre d'Affaires 1984 de la Société Parisienne
 d'Édition :
 92 863 848,00 F

Vous avez apprécié cette revue, suivez le guide et partagez les vôtres...

Comment faire le vide dans vos placards, contribuer à la collecte du vieux papier et emmener votre bibliothèque (Et celle des autres) en vacances sans payer de surtaxe à l'aéroport.

Chapitre I : Découpage.

Pas le choix, un bon massicot capable de couper 100 pages (Ca existe ?) ou une latte, de préférence en métal, un bon cutter et un support pour épargner votre table de cuisine...

Chapitre II : Scannage.

Si vous ou votre patron avez un scanner **recto-verso** qui converti en pdf passez au chap. III.

Sinon il vous faut au minimum un scanner avec chargeur (Ou être insomniaque). Il est important que le programme de gestion du scanner soit convivial. Pour éviter/réduire les images fantômes du verso de la page qui apparaissent par transparence augmenter lumière +/- 10% et contraste de +/- 15 %.

Scannez toutes les pages (1 pdf par page) impaires dans la directory 1 et renommez le début du fichier (Winsome File Renamer fait ça très bien) increment : 2, start from 1) : 001, 003, 005... **055**. (Par exemple). Retournez le paquet, scannez dans la directory 2 (A l'envers, la première page scannée sera la dernière du livre!) et renommez à l'envers FileRenamer : decrement : 2, start from **56** : 056, 054, 052... 002. Transférez les deux directories dans une directory commune et fusionnez toutes les pages en un seul fichier avec votre prg favori. (PDF Tools de Tracker Soft, léger et convivial mais il y en a d'autres).

Avant de fusionner toutes vos pages vous pouvez les parcourir sous forme de vignettes avec l'explorateur XnView (Gratuit) et facilement retirer les pages de pub intempestives... à supprimer par paire pour garder la mise en page gauche/droite !

Il paraît qu'Adobe Acrobat (Pas le « reader ») fait ça tout seul, pas essayé. (> 300 Mb)

Tous les prg cités sont en version d'essai sur eMule ;-)

Chapitre III : Partagez.

Sur Rapidshare & co c'est bien mais encore faut-il trouver les liens et avoir la chance que les fichiers n'aient pas été effacés... à la demande des éditeurs ! Torrent faut chercher beaucoup aussi, eMule il faut un peu de patience mais on trouve tout et tout de suite. Merci de soutenir eMule. Si vous avez des (vieilles) séries genre : Bateaux, Voile Magazine, Motor Boat, Neptune... merci ôssi, ça se fait rare.

Au boulot...

Pour lire les revues un programme léger et très complet : pdfXchange viewer (Pro). A configurer par défaut dans « affichage » : Afficher 2 pages en vis-à-vis + Afficher la couverture en mode vis-à-vis. Vous aurez ainsi à chaque fois les pages paires à gauche et impaires à droite + F12 = plein écran. Pour définir l'affichage par défaut rendez-vous dans : Edition -> Préférences -> Affichage de page...

Pour feuilleter les couvertures sous forme de vignettes encore XnView (Affiche à peu près tout ce qui existe.)

Un programme qui fait les deux : Koobit, mais nombre de vignettes limité à 2 lignes.

PS : Si cette dernière page vous ennuie, supprimez-la avec pdfXchange viewer pro, menu : Document...