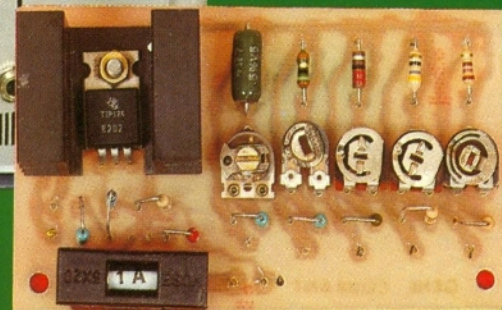
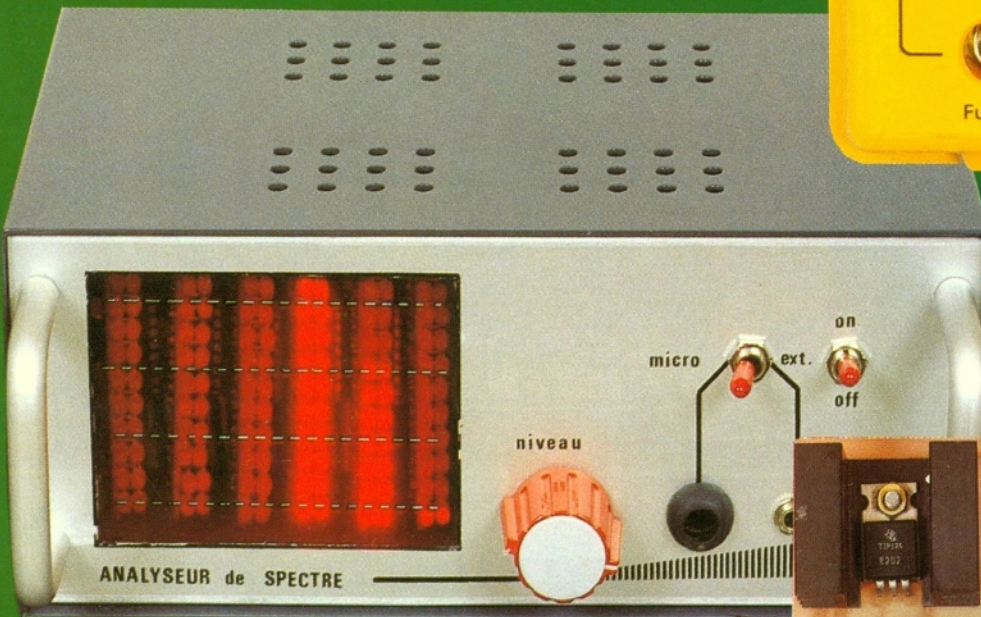
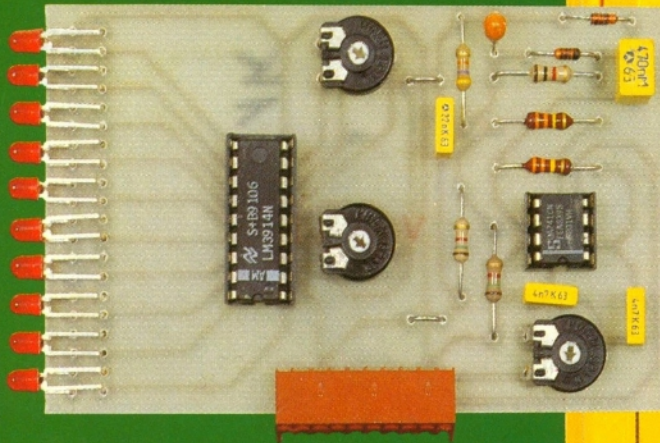
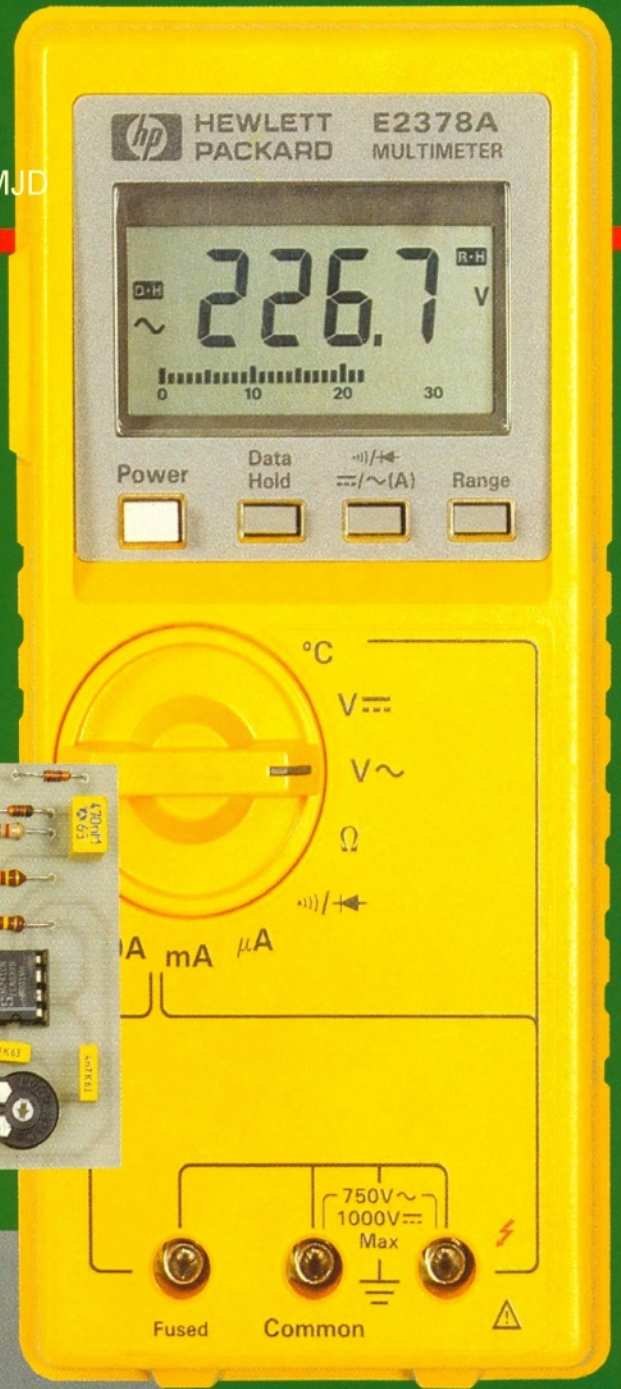


ELECTRONIQUE PRATIQUE

NUMERO 158 - AVRIL 1992 - I.S.S.N. 0243 4911 MJD

ANALYSEUR DE SPECTRE BF
CONVERTISSEUR POUR TUBE FLUO
MONITEUR D'ALIMENTATION
CHENILLARD LUMINEUX
BONNETO SPORTIF
DETECTEUR PNEUMATIQUE
ETC.



T 2437 - 158 - 24,00 F



BELGIQUE : 158FB - LUXEMBOURG : 158FL - SUISSE : 6.20FS - ESPAGNE : 450 Ptas - CANADA : \$ 4,25

ANALYSEUR DE SPECTRE



RAPPELS SUR LE SON

La parole et la musique appartiennent toutes deux au domaine du son, qui est une sensation produite au niveau de l'oreille par les vibrations d'un corps sonore, véhiculées le plus souvent par l'air. On peut analyser un phénomène sonore en l'assimilant à un objet tridimensionnel, à savoir :

- la fréquence F en Hz, que l'on appelle aussi la hauteur en musique ; le *la* de la troisième octave vaut 440 Hz ;

- la durée, qui s'exprime généralement en secondes ;

- l'intensité, ou niveau sonore, exprimée en décibels ; les musiciens utilisent pour ce terme des nuances aux consonances italiennes (*forte*, *piano*, etc.).

Nous n'entrerons pas dans le détail du chiffrage exact, fort complexe, des constituants d'un son quelconque, et nous bornerons à essayer de définir la notion de « bande passante ». Elle représente pour le domaine musical la parfaite fidélité d'un support de stockage (disque ou bande) et du dispositif de restitution (ampli, haut-parleur). Pour la parole, l'exigence est moindre et une compréhension correcte nous satisfera. C'est d'ailleurs ce qui se passe avec notre équipement téléphonique, qui ne mérite pas, loin s'en faut, le qualificatif de hi-fi.

En présence d'un phénomène sonore quelconque, on peut donner une image de son évolution en intensité au cours de sa durée : on parle dans ce cas de courbe dynamique, qu'il est possible de relever à l'aide d'un décibel-mètre ou « enregistreur logarithmique de niveau ». Un simple oscilloscope pourra également faire apparaître les variations du timbre et de la fréquence. Mais c'est la représentation du spectre du phénomène sonore qui est la plus passionnante, car elle révèle le niveau respectif des différentes fréquences qui constituent un signal audible, qui aura été décomposé en un grand nombre de bandes à l'aide d'une grande quantité de filtres à réponse étroite. Un spectrographe, ou analyseur de spectre, est donc l'appareil électronique qui permet de visualiser sur un écran cathodique ou autre le module de l'amplitude en fonction de la fréquence, des diverses raies spectrales d'un signal. Ce sera l'objet de notre étude ce mois-ci.

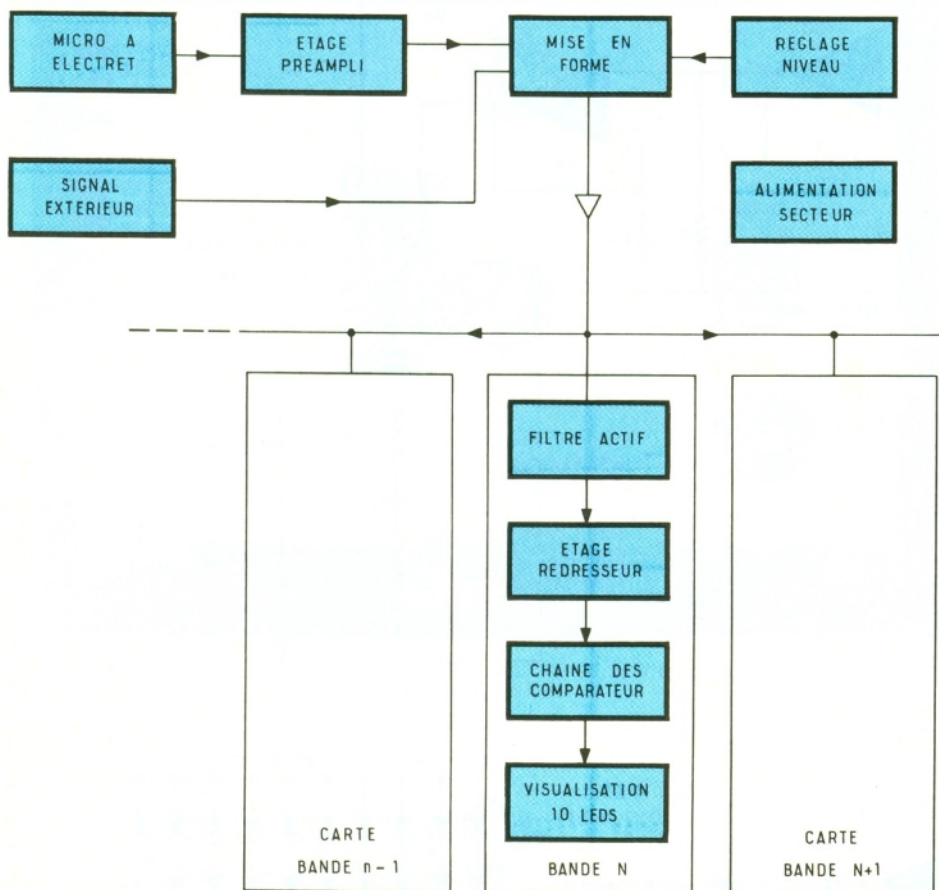
PRINCIPE DU MONTAGE

La division du spectre d'un signal quelconque en bandes, ou « tranches fines », fait appel à la mise en œuvre de filtres passe-bande, réalisés à partir de filtres actifs utilisant un ampli-OP. Les fidèles lecteurs de la revue ont

Cette réalisation spectaculaire n'est qu'une modeste approche d'un analyseur de spectre disponible dans la vaste gamme du matériel de mesure audio haut de gamme, tant en performances qu'en prix de revient, d'ailleurs ! Il s'agit de décomposer un signal audible en plusieurs bandes de fréquence (jusqu'à trente parfois) et d'afficher le niveau acoustique atteint par chacune d'elles. C'est en quelque sorte un super vumètre, capable d'analyser très finement le dosage des diverses fréquences présentes dans un signal complexe, relevé à partir d'un micro ou prélevé sur une source musicale quelconque. Cette réalisation ne devrait pas manquer d'attirer l'attention de tous les lecteurs intéressés par des effets lumineux inédits.

vraisemblablement déjà eu l'occasion de réaliser un modulateur de lumière à 3 voies. Il s'agissait là de faire réagir des spots de couleur aux trois zones de fréquences habituellement présentes, à savoir les graves, les médiums, les aigus. Nous avons déjà pour notre part publié un micro-modulateur de poche fondé justement sur ce principe (voir *EP* n° 107 septembre 1987) ; les fréquences étaient environ de 400 Hz, 2 kHz et 7 kHz sur cette maquette.

Rappel sur les filtres électroniques :



verse des précédents il laisse passer une bande de fréquences très étroite. Il suffit d'associer les éléments des deux premiers filtres.

Il est également possible et habituel de réaliser des filtres très efficaces à partir de quelques montages à ampli-OP comme le 741 que l'on ne présente plus. Souvent, il est commode de ne faire varier qu'un seul composant pour faire évoluer la bande passante du filtre. Nous procéderons de cette manière en modifiant tour à tour la valeur des condensateurs C du filtre. Retenez que plus la valeur du condensateur sera faible, et plus la fréquence centrale du filtre sera haute. Nous resterons toutefois dans des limites raisonnables tant vers les graves que vers les aigus.

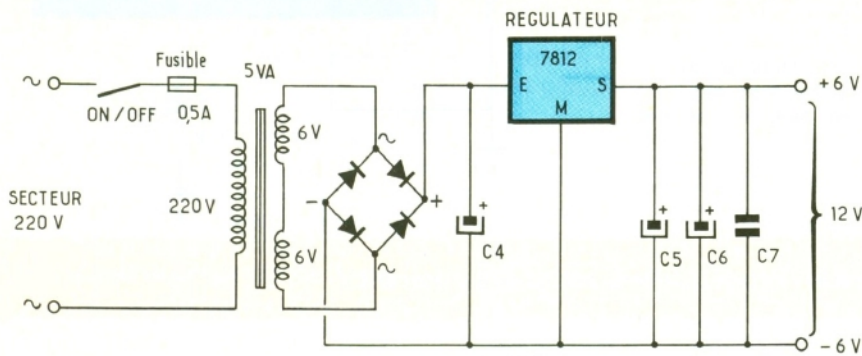
ANALYSE DU SCHEMA ELECTRONIQUE

Nous avons volontairement limité notre appareil à six bandes de fréquences seulement, alors qu'un matériel sophistiqué pourrait décupler ce nombre en associant de nombreux filtres identiques à bande très étroite. Notre but est tout autre, car il ne s'agit point de concurrencer les appareils du commerce, mais plus simplement de réaliser un analyseur, rudimentaire certes, mais dont nous puissions bien saisir tous les rouages. Il va sans dire que le lecteur intéressé aura tôt fait de doubler ou de tripler le nombre de bandes de fréquence, s'il souhaite atteindre une définition plus précise. Il lui suffira dès lors de suivre nos indications, car le module proposé est aisément transposable à un nombre plus grand de filtres, donc de voies.

L'alimentation de cet ensemble se fera naturellement confiée au secteur, car le bloc d'affichage est constitué de nombreuses diodes LED non multiplexées ! Ce schéma est donné à la figure 2, et ne dissimule aucune difficulté insurmontable. Le transformateur a été prévu d'une puissance de 5 VA, et la mise en œuvre d'un régulateur intégré 7812 simplifie grandement cet étage. Nous avons noté le pôle positif + 6 V tandis que la masse porte l'appellation - 6 V ; cet apparente fantaisie nous est imposée par le choix d'une alimentation pseudo-symétrique pour les amplis-OP en service.

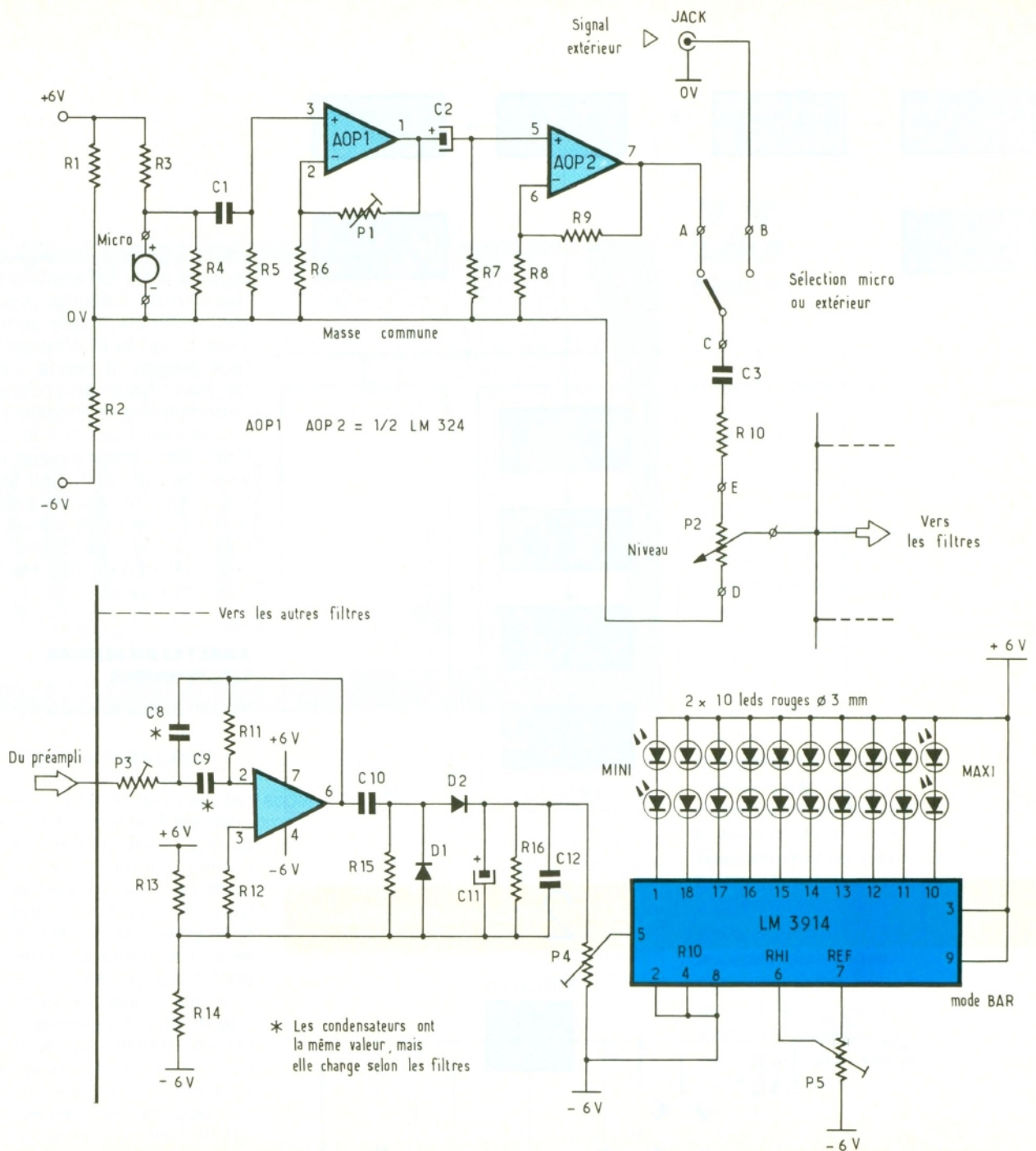
1 Schéma fonctionnel de l'analyseur BF.

2 L'alimentation symétrique.



Un filtre est un ensemble de composants électroniques destiné à séparer certaines fréquences dans un signal composite, comme la parole ou la musique. Deux composants sont habituellement utilisés, le condensateur et la résistance. La bande passante d'un filtre est la bande de fréquences pour laquelle le gain du filtre est sensiblement constant, à 30 % près. On distingue quatre types de filtres, que vous trouverez sur le document en annexe à la figure 9 :

- le filtre passe-bas, il élimine les hautes fréquences, sa fréquence de coupure haute est $F_c = 1/2 \cdot R \cdot C$;
- le filtre passe-haut, à l'inverse, il élimine les fréquences basses, le condensateur et la résistance sont inversés ;
- le filtre coupe-bande, il est destiné à atténuer une bande de fréquences bien précise, sa réalisation exige de nombreuses cellules RC ;
- le filtre passe-bande, qui nous intéresse directement ici, à l'in-



3/4 *En haut, l'étage d'entrée - En bas, le schéma électronique d'une carte.*

La figure 3 révèle le schéma du préamplificateur de micro, et quelques détails de mise en forme. Remarquez d'abord de suite l'inverseur A-B-C qui devra sélectionner un signal amplifié provenant du micro à électret ou un signal plus vigoureux accessible sur une prise jack en face avant du boîtier. Ce pourrait être le cas d'un instrument de musique quelconque que l'on voudrait ainsi analyser. La masse commune fictive ou point milieu de l'alimentation est réalisée à l'aide du pont diviseur formé par les deux résistances égales R_1 et R_2 .

Ce point est noté 0 V. Le petit micro polarisé à travers la résistance R_3 délivre un faible signal transmis à travers la capacité C_1 vers la borne 3 du premier étage, dont le gain est réglable à l'aide de l'ajustable P_1 .

Le signal quelque peu ragailardi est ensuite transmis au second étage, de même nature, à travers la capacité C_2 . Le gain fixe de cet étage est fonction des résistances R_8 et R_9 . Si le sélecteur est placé sur la position A, le signal amplifié issu de C_3 est, bien entendu alternatif et restitué TOUTES les fréquences captées par

le micro, comme il le ferait d'ailleurs dans le cas d'un signal externe en position B. Dans ce cas seulement, une préamplification préalable n'est certes pas nécessaire. Le niveau général du signal audible à « traiter » se détermine au moyen du potentiomètre P_2 dont le réglage est accessible en face avant. Notre appareil dispose donc de six modules affectés à une bande de fréquences particulière, et la disposition matérielle la plus souple est celle du BUS dans lesquels viennent s'insérer les différentes cartes électroniques (voir photos).

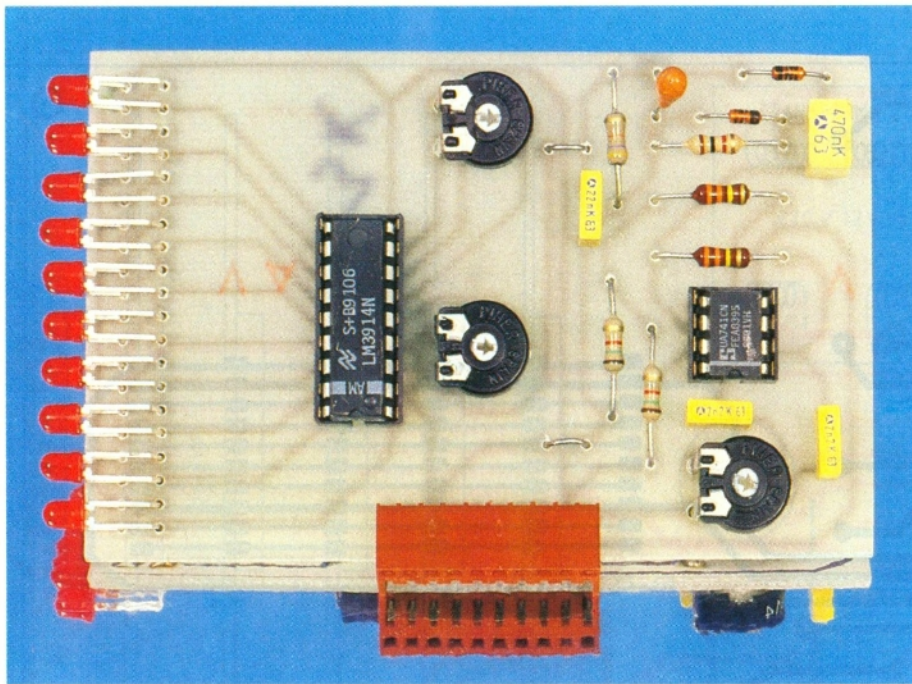
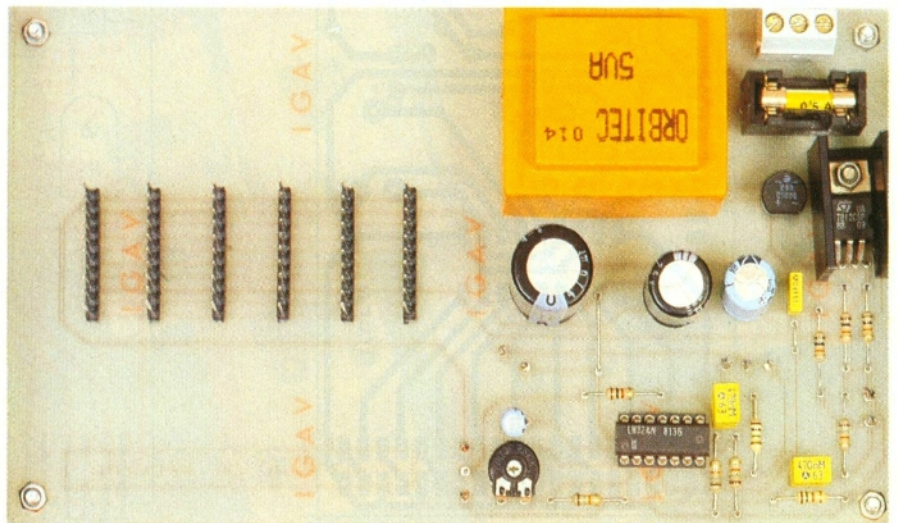


Photo 2. – Les modules s'emboîtent sur la platine principale à l'aide de supports mâle-femelle, ici la carte 3 kHz.

Le schéma de l'une d'entre elles est donné à la **figure 4** et fera l'objet d'une plaquette imprimée compacte, avec le filtre, l'étage redresseur, les comparateurs de tension et enfin les LED de signalisation du signal. Le filtre actif est construit autour d'AOP 3, alimenté en symétrique entre + 6 V et - 6 V. Le gain de l'étage est réglable à volonté par l'ajustable P₃. Nous prendrons pour les condensateurs C₈ et C₉ des valeurs identiques dans chaque filtre. Ainsi avec le filtre le plus aigu, soit 7 kHz, nous préconisons pour C₈₁ et C₉₁ une valeur de 1 nF. Tous les autres composants sont maintenus inchangés : la résistance R₁₁ est égale à R₁₂ ; la borne e⁺ d'AOP 3 est elle aussi alimentée sous V_{cc}/2 à l'aide des résistances R₁₃ et R₁₄. Le condensateur C₁₀ transmet vers l'étage redresseur les fréquences sélectionnées par le filtre en question. Grâce aux diodes D₁ et D₂, le signal est redressé, puis filtré par le condensateur C₁₁. Une tension continue est disponible sur le côté « chaud » de l'ajustable P₄ ; elle représente un véritable témoin de l'amplitude instantanée de la fréquence étudiée. Il ne reste plus qu'à comparer cette tension instantanée à dix seuils de tension pour mettre en évidence cette petite portion du signal. La variations de niveau, même très rapides, captées par le micro sont restituées très fidèlement et visualisées à

l'aide de dix amplis-OP montés en comparateur de tension... et tous présents dans le circuit intégré LM 3914, spécialisé dans ce genre de fonction. Il dispose d'une référence de tension interne, dont une partie seulement est prélevée pour réaliser le seuil du haut (R_{hi}) de la chaîne de mesure. Le seuil du bas est simplement relié à la masse - 6 V. Le signal à mesurer est appliqué à la borne 5, où il est traité par un étage buffer, et transmis ensuite à toutes les entrées inverseuses des comparateurs.

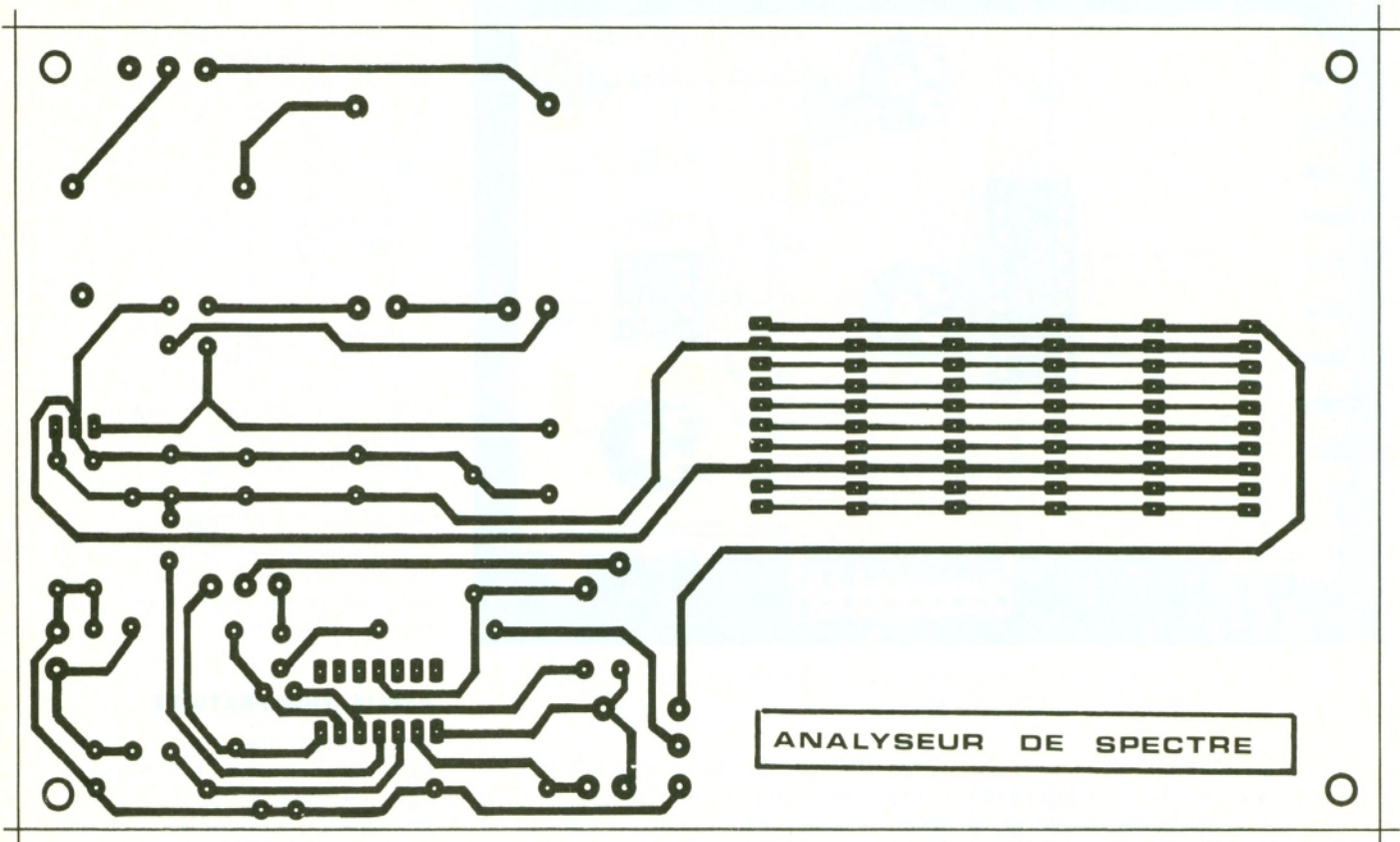
Photo 3. – Vue globale de la carte principale où prennent place les modules.



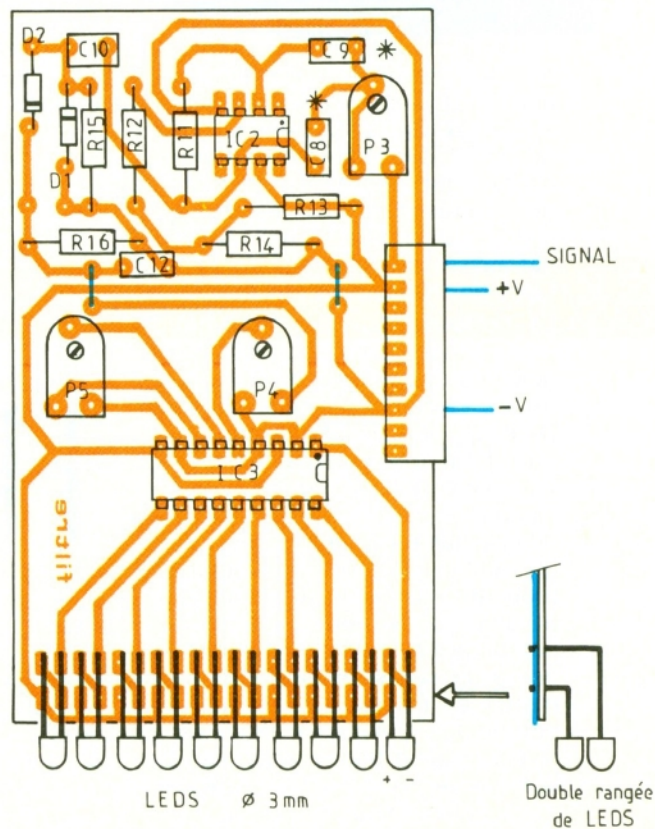
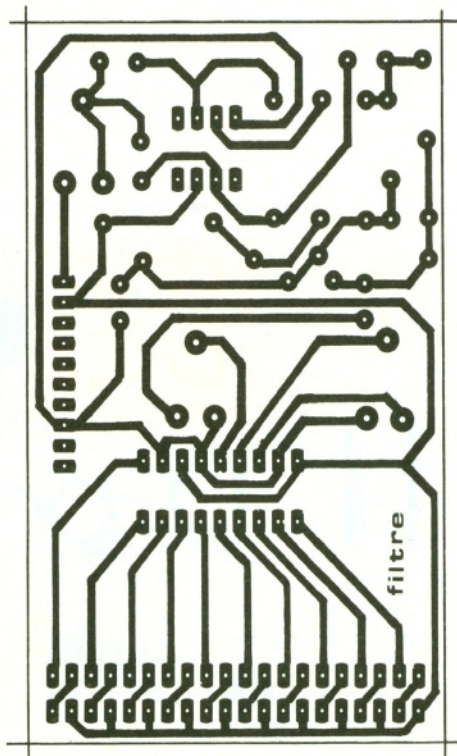
La suite est aisée à deviner : si la tension instantanée d'une bande de fréquences est supérieure au seuil d'un AOP, celui-ci et tous ceux qui sont en dessous de lui, car nous sommes en mode BAR = ligne, voient leur sortie passer à l'état bas, et les LED correspondantes s'allument. Ce raisonnement s'applique bien entendu à chaque module de sortie, dont nous avons six exemplaires sur la maquette. Si le cœur vous en dit, et si vous pouvez fournir un petit effort financier, rien n'interdit de multiplier le nombre des voies de l'analyseur pour apprécier plus en détail encore les composantes d'un signal complexe. La conception de notre prototype et l'adoption de modules enfichables se prête particulièrement bien à une extension importante.

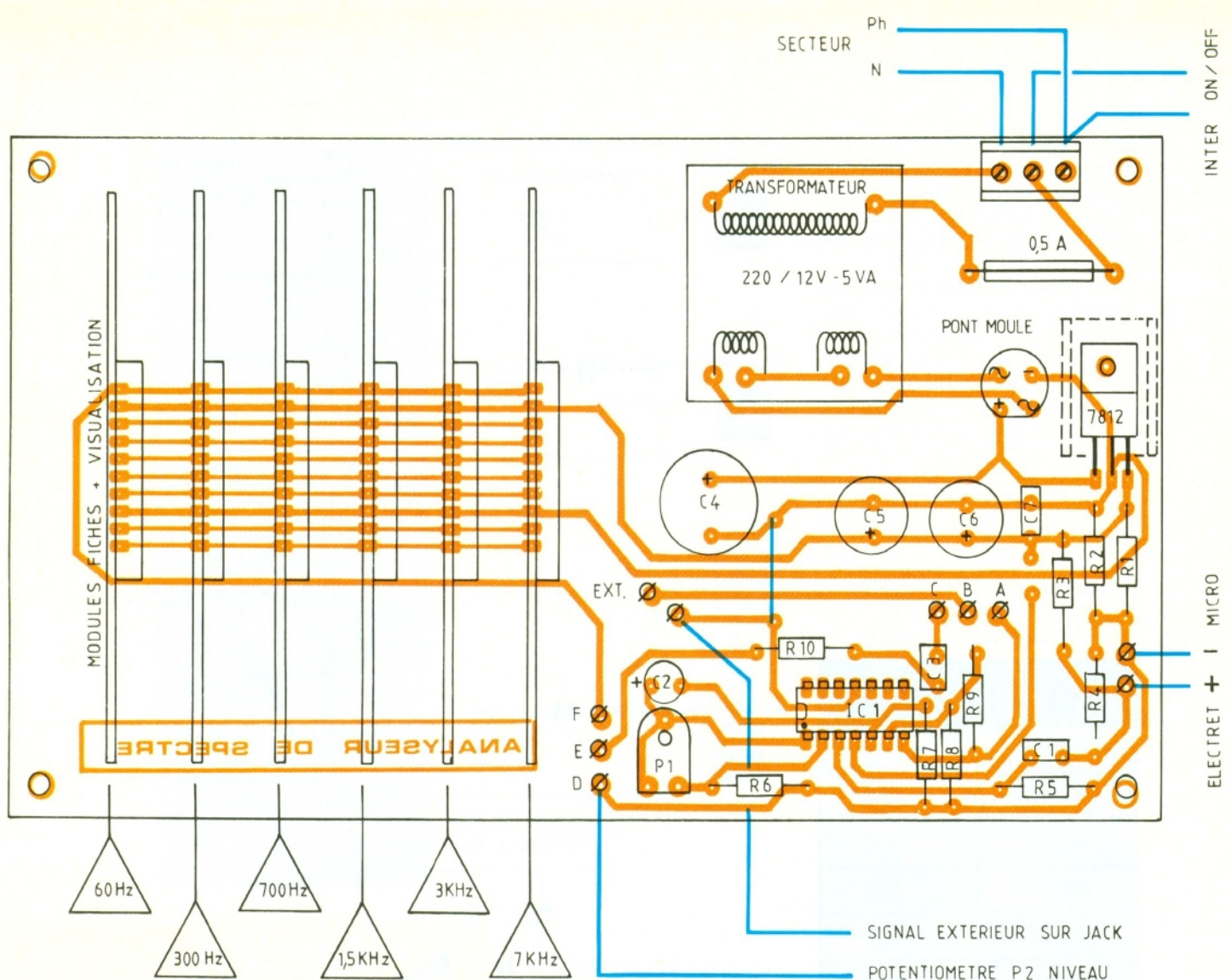
REALISATION PRATIQUE

Il est évident que notre maquette représente une somme de travail non négligeable, surtout si l'on souhaite en étendre les possibilités à plusieurs dizaines de voies. Il n'empêche que avec un minimum de soin et de patience, le lecteur aura en sa possession un appareil de mesure original ; et si la précision n'est pas un critère premier, il possédera là un super jeu de lumière que bien des amis lui envieront ! Le coffret retenu pour notre version réduite provient des établissements ESM, joli boîtier métallique avec deux poignées latérales



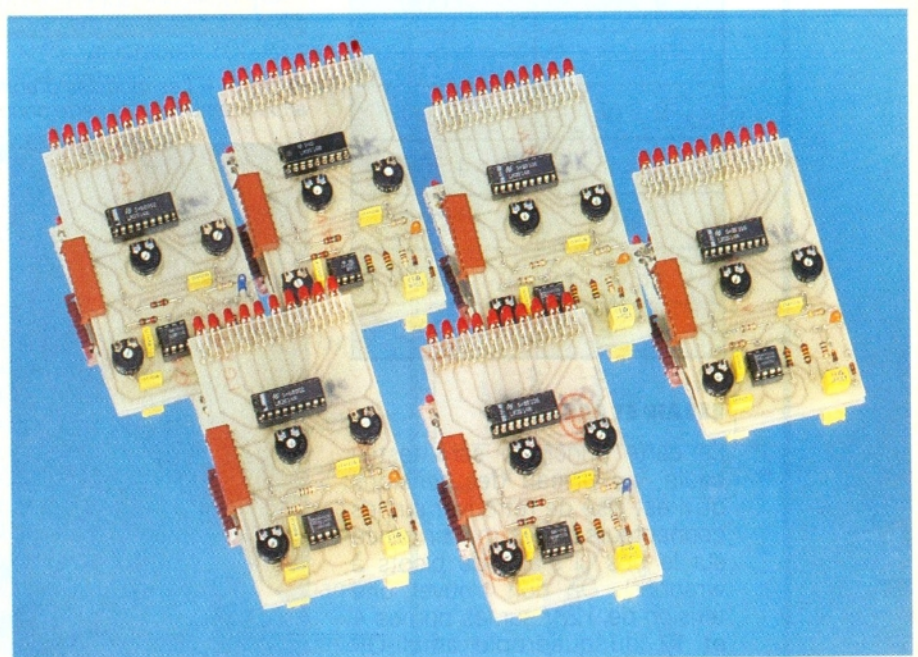
5 à 8 *Le dessin des circuits imprimés et l'implantation des composants. On peut étendre les possibilités de l'analyseur en augmentant le nombre de filtres. Prévoir une alimentation en conséquence.*





genre « rack », qui lui donnent un petit air professionnel supplémentaire. Le tracé de la plaquette principale est donné à l'échelle 1 sur la **figure 5** ; il comporte toute la section alimentation et les « bus » destinés à recevoir nos six modules filtres + visualisation. Il suffira de prolonger ces pistes pour une version plus complète, sans aucune difficulté. Il faudra encore réaliser autant de plaquettes cuivrées que de fréquences retenues. Le dessin est donné à la **figure 6** et comporte la particularité de recevoir un connecteur latéral embrochable sur le côté bas, ainsi que toutes les LED d'affichage en face avant. Il nous a semblé utile d'en doubler le nombre, simplement par la mise en série de modèles rouges 3 mm. L'implantation sera certes un peu plus délicate, mais le résultat sera encore plus spectaculaire. Si toutefois vous n'optez que pour une seule

Photo 4. – Les six modules prêts à l'emploi.



diode, veillez à monter un strap à la place des autres. Aucune modification de résistance de limitation n'est nécessaire, car le circuit LM 3914 se charge vraiment de tout.

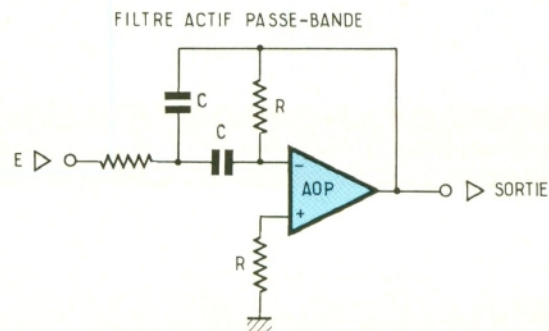
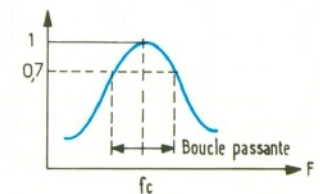
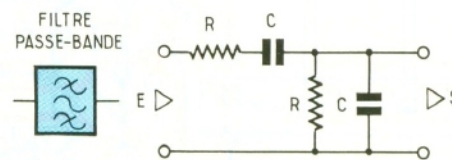
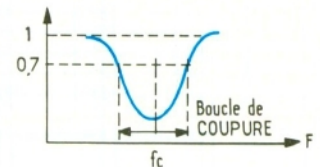
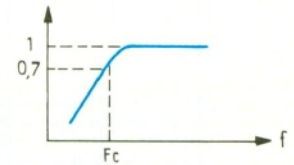
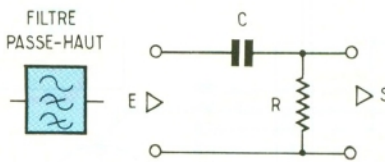
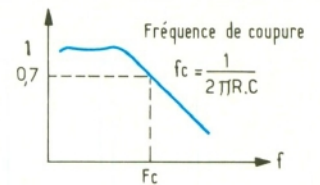
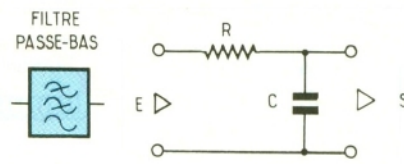
La mise en place des autres composants ne pose aucun problème ; nous vous conseillons toutefois de noter sur les plaquettes la fréquence du filtre, afin d'une part de pouvoir choisir aisément les valeurs de C_8^* et C_9^* qui conviennent (voir tableau joint), et d'autre part d'insérer cette plaquette dans le bon ordre.

Tableau des valeurs de C_8^* et C_9^* en fonction des fréquences de coupure

Valeur de C_8^* et C_9^*	Fréquence de coupure en Hz
150 nF	45
100 nF	60
68 nF	100
47 nF	200
33 nF	300
22 nF	400
15 nF	550
10 nF	700
6,8 nF	900
4,7 nF	1 000
3,3 nF	2 000
2,2 nF	3 000
1,5 nF	4 500
1 nF	7 000
68 pF	9 000
47 pF	11 000

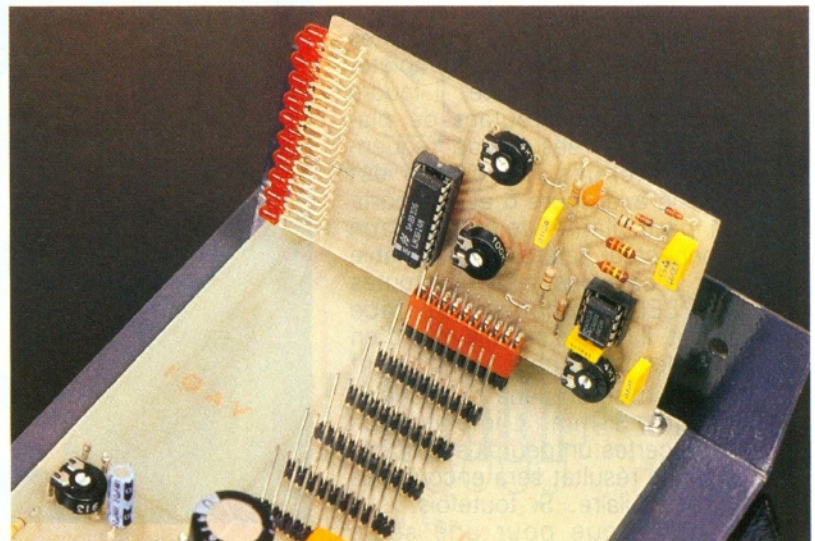
ESSAIS ET REGLAGES

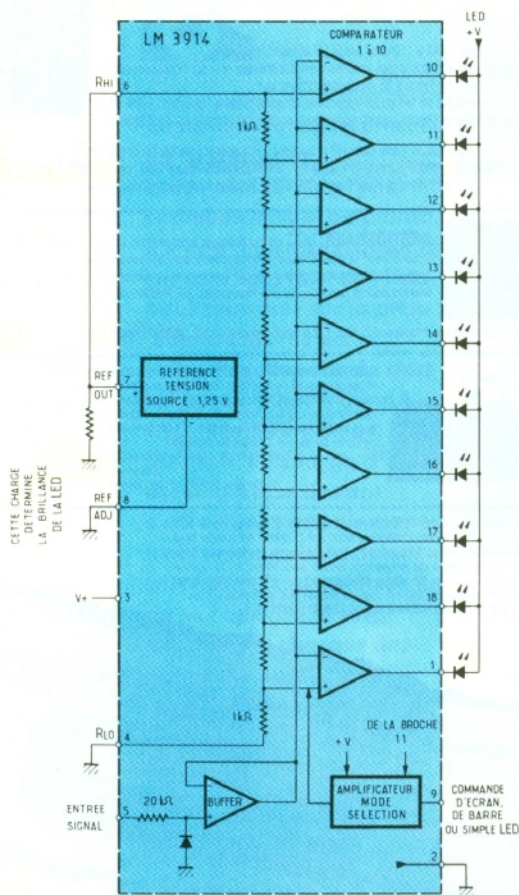
La carte principale sera testée seule, au niveau des tensions qu'il est aisé de retrouver sur les connecteurs mâles mis en place sur le bus (il s'agit de picots à wrapper). On doit trouver une tension de 12 V sur les bornes 4 et 11 du quadruple ampli-OP LM 324. Après mise en place du



9 Quelques rappels de base sur les filtres.

Photo 5. – Les modules prennent place côte à côte, ici la platine 1 kHz placée arbitrairement sur la carte principale.





10 Le schéma synoptique du LM3914.

micro du potentiomètre et de l'inverseur, on doit trouver sur le curseur de P₂ une faible tension continue proportionnelle au signal capté ou prélevé à l'extérieur. Un oscilloscope est appréciable à cet instant. Le gain, ou sensibilité, du micro, s'ajuste avec l'élément P₁.

Il faut à présent réaliser une première plaquette avec toutes les LED ; mise en place convenablement, elle permettra de « voir » enfin une tranche du signal, qui dépend en fait de la fréquence de coupure centrale et notamment de la position de l'ajustable P₃. Un manque de sensibilité ou au contraire une saturation exagérée des LED sera aisément compensée par les ajustables P₄ et P₅ autour de l'étage comparateur. Avec un générateur de fréquences précis, il serait possible de construire des filtres bien sélectifs. Mais nous ne doutons pas un seul instant que nos fidèles lecteurs sauront compenser leur faible équipement en matériel par une motivation accrue et leur patience sera récompensée par un

réglage certes plus long, mais combien plus méritoire aussi ! Il vous reste à présent à essayer votre nouveau joujou en présence de signaux divers. L'idéal serait de pouvoir disposer d'un petit instrument de musique électronique simulant bon nombre

LISTE DES COMPOSANTS

Semi-conducteurs

Régulateur intégré 12 V positif 7812 boîtier TO 220 pont moulé cylindrique
 IC₁ : AOP₁, AOP₂ : quadruple ampli OP LM 324
 IC₂ : AOP₃ : μ A 741
 IC₃ : comparateur dix seuils LM 3914
 D₁, D₂ : diodes commutation 1N4148 120 diodes leds rouge 3 mm

Résistances toutes valeurs 1/4 W

R₁, R₂, R₃ : 10 k Ω (marron, noir, orange)
 R₄, R₅, R₆, R₇, R₈ : 15 k Ω (marron, vert, orange)
 R₉ : 1 M Ω (marron, noir, vert)
 R₁₀ : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
 R₁₁, R₁₂ : 330 k Ω (orange, orange, jaune)
 R₁₃, R₁₄ : 1,5 k Ω (marron, vert, rouge)
 R₁₅ : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
 R₁₆ : 47 k Ω (jaune, violet, orange)
 P₁ : ajustable horizontale 1 M Ω pas de 2,54 mm
 P₂ : potentiomètre linéaire 100 k Ω
 6 x P₃, P₅ : ajustable 4,7 k Ω pas de 2,54 mm
 6 x P₄ : ajustables 100 k Ω pas de 2,54 mm

Condensateurs

C₁ : plastique 470 nF
 C₂ : chimique vertical 2,2 μ F/25 V
 C₃ : plastique 470 nF
 C₄ : chimique vertical 470 μ F/63 V
 C₅, C₆ : chimique vertical 470 μ F/25 V
 C₇ : plastique 10 nF
 C₈₁, C₉₁ : plastique 1 nF bande de 7 kHz
 C₈₂, C₉₂ : plastique 2,2 nF bande de 3 kHz
 C₈₃, C₉₃ : plastique 4,7 nF bande de 1,5 kHz
 C₈₄, C₉₄ : plastique 10 nF bande de 700 Hz
 C₈₅, C₉₅ : plastique 33 nF bande de 200 Hz

d'instruments de musique réels, aux timbres bien différents entre eux. Vous pouvez également « voir » la prononciation des voyelles et des consonnes, et finalement de tout ce qui vous passera par les... oreilles.

Guy Isabel

C₈₆, C₉₆ : plastique 100 nF bande de 60 Hz
 6 x C₁₀ : plastique 470 nF
 6 x C₁₁ : tantale 2,2 μ F/16 V
 6 x C₁₂ : plastique 22 nF

Divers

Boîtier métal ESM modèle EC 20/08 FA
 Transformateur à picots 220/12 V 5 VA
 Porte-fusible + cartouche verre 5 x 20 0,5 A
 Dissipateur pour régulateur
 Bloc de 3 bornes vissé-soudé pas de 5 mm
 1 support à souder 14 broches
 6 supports à souder 8 broches
 6 supports à souder 18 broches
 Picots à souder
 6 x connecteurs femelles à souder sur CI 10 broches coudées à 90°, pas de 2,54 mm
 Barrettes à wrapper autocassable simple rangée, pas de 2,54 mm
 Bouton pour potentiomètre Micro miniature à électret
 Cordon secteur
 Inter inverseur miniature
 Prise jack femelle 3,5 mm
 Fil souple multicolore

