

46

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle — ~~30~~ ¹⁸ dec. '65 — 6 jan. '66 — le numéro 1,60 F.

SUISSE 1,70 FS
BELGIQUE 23 FB
MAROC 1,85 Dh

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 1,80 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

GRANDE-BRETAGNE 3,5 sh
CANADA 50 cts
U.S.A. 50 cts

vosre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Le Directeur: *Georges Giniaux*
Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.
France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

S'adresser aux Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,30 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.

S'adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue sera contrôlée par l' O. J. D.

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 4^e trim. '65
Périodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

Sommaire

- ★ Informations page 2
- ★ Les stages de Techniciens organisés par la F.P.A. en 1966 » 3
- ★ Les circuits imprimés » 5
- ★ La réalisation d'un circuit imprimé » 14
- ★ Questions sur les 136^{ème} et 137^{ème} leçons » 23
- ★ Réponses aux questions du numéro précédent » 23
- ★ Réalisez vous-mêmes vos circuits imprimés » 24
- ★ Réalisation pratique du C.I. » 27
- ★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique » 29

Informations

L'application des techniques spatiales a permis les mesures des paramètres des turbines à vapeur tournant en essai à 3 600 tr/mn.

Un émetteur miniaturisé fixé sur l'arbre de la turbine transmet les paramètres collectés par des jauges de contraintes et un câblage relié aux aubes. Un récepteur extérieur à la turbine reçoit les signaux et les transforme en données utilisables pour les ingénieurs.

Un **nouveau tube pour récepteurs de télévision en couleur** est développé en commun par la CFT - COMPAGNIE FRANÇAISE DE TELEVISION et la SELIT - SOCIETA ELETTRONICA ITALIANA S.p.A.

Grâce à l'emploi de techniques originales mises au point dans les laboratoires de la CFT, le nouveau tube, applicable à tous les systèmes, fournit une image plus brillante et de meilleure qualité que celles obtenues à ce jour, et permettra surtout de mettre à la disposition du public des récepteurs dont les prix assureront un franc succès à la télévision en couleur dans les prochaines années.

On sait que c'est également par la CFT, qu'ont été développés les principes du système de télévision en couleur SECAM,

où l'utilisation de la modulation de fréquence permet d'associer une excellente qualité d'image et une exploitation économique et sûre des réseaux de télévision, et conduit à des récepteurs simples et d'un maniement adapté à leur utilisation par le public.

Savez-vous que... - C'est à 6 000 images par seconde que l'on a tourné les films montrant comment un tube-image de télévision non protégé (sans ceinture d'auto-protection) explose.

Les caméras spéciales sont du type par l'armée pour l'étude des projectiles et par les recherches spatiales pour leurs essais de fusées.

Et quand un tube-image TV auto-protégé (type Sovirel par exemple) tout coup de marteau ne déclenche qu'une fêlure, sans explosion, sans implosion.

Le Commissariat à l'énergie atomique, en France, **occupe plus de 26 000 personnes** (d'après le rapport d'activité à fin 64) sur lesquels il y a plus de 5 000 ingénieurs et cadres et plus de 4 000 agents techniques (essentiellement électroniciens ou chimistes).

A partir de la 121^{ème} leçon il y a eu une regrettable erreur d'impression — pour laquelle nous nous excusons — dans la numération des pages.

Pour consentir aux lecteurs qui rassemblent les fascicules dans les deux volumes prévus, de remédier à l'inconvénient, nous publions ci-dessous une série de numéros qu'ils pourront coller en place pour qu'ils aient une pagination normale. La rectification partira de la page 951 qui deviendra 961 et ainsi de suite.
(Voir "Votre Carrière" N. 45)

Votre Carrière N. 42

985	986	987	988							
989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999
1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008		
1009	1010	1011	1012	1013	1014					
1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023		
1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032		

Votre Carrière N. 43

LES STAGES de TECHNICIENS ORGANISES par la F.P.A. en 1966

Dès à présent le Ministère du Travail et l'A.N.I.F.R.M.O. ont fixé les dates des différents concours d'admission aux stages de techniciens qui se dérouleront dans les centres de Formation Professionnelle des Adultes au cours de l'année 1966.

Les dates de clôture des inscriptions ont été sensiblement avancées. La principale innovation réside dans la création de deux stages préparatoires à la Formation de Conducteurs de Travaux.

Comme chaque année l'A.N.I.F.R.M.O., organisme gestionnaire des centres de F.P.A., renouvelle ses stages de Techniciens. En 1966 environ 850 places sont offertes pour l'ensemble de ces formations qui intéressent les branches les plus diverses: Bâtiment, Métaux, Electricité, Electronique, Physique-Chimie, Plastiques, Industrie de la Chaussure.

CONDITIONS GENERALES d'ADMISSION

A l'exception de trois d'entre eux (Conducteurs de Travaux, Commis du Bâtiment et Agents de Dépannage en Radio et Télévision) ces stages sont ouverts aux hommes et aux femmes. L'âge minimum requis est de 21 ans pour tous les candidats. Les hommes doivent être dégagés des obligations militaires. L'admission se fait sur concours; le niveau des épreuves varie du B.E.P.C. au Baccalauréat mais aucun diplôme n'est requis. Chaque concours est précédé d'une visite médicale et d'un examen psychotechnique (1).

LES CONCOURS de TECHNICIENS PROPOSES

par la F.P.A. en 1966

Comme l'an dernier, les différentes spécialités ont été réparties en 3 groupes de recrutement (A, B, C) en fonction des affinités existant entre ces spécialités et des dates impératives de clôture des inscriptions. A l'intérieur d'un même groupe les candidats ont la possibilité, au moment de leur inscription, soit de faire un choix parmi les spécialités offertes, soit de se présenter pour l'ensemble; ils indiquent alors un ordre préférentiel qui doit leur permettre d'être orientés, selon les résultats obtenus aux épreuves, vers la spécialisation leur convenant le mieux.

En 1966, 2 sessions ont été prévues pour les concours d'admission en stage d'Agents Dépanneurs en Radio-Télévision, d'Agents Techniques Electroniciens, d'Agents Techniques Electrotechniciens.

Une formule nouvelle et originale: LES STAGES PREPARATOIRES à la FORMATION de « CONDUCTEURS de TRAVAUX »

Ces stages fonctionneront pour la première fois en 1966. L'initiative en revient aux représentants de la profession qui souhaitent, depuis quelques temps dé-

jà, que des aménagements soient apportés au mode de recrutement des futurs Conducteurs de Travaux.

Désormais ce recrutement s'effectuera de façon différente selon qu'il s'agira de candidats issus de la profession (Chef de Chantier etc...) ou de personnes étrangères à la profession (étudiants etc...).

a) Pour les candidats issus de la profession

Une première sélection s'effectuera au niveau de l'examen psychotechnique. Ceux qui, sans avoir le niveau de culture générale requis pour le concours témoigneront, lors de l'examen psychotechnique, de connaissances pratiques suffisantes pour suivre avec profit le stage de formation, seront orientés directement vers le **stage préparatoire de connaissances générales**. Ils seront dispensés du concours.

Mais les professionnels qui auront passé avec succès le concours pourront également suivre ce stage s'ils le désirent.

b) **Les candidats non professionnels** passeront tous le concours et suivront tous sans exception le « **stage préparatoire de connaissances pratiques** ». Celui-ci est destiné à faciliter leur adaptation au côté pratique de la formation.

Ces deux stages se situent après le concours et précèdent immédiatement l'entrée en formation. Leur durée est de 3 mois (du 28 Juin au 23 Septembre). Le « **stage de connaissances générales** » se déroulera à TOULOUSE, le stage de « **Connaissances Pratiques** » à ORLEANS-OLIVET.

PREPARATION aux CONCOURS

a) **Cours par correspondance**: Ces cours ont été étendus en 1965 à toutes les spécialités de techniciens du Bâtiment, ainsi qu'à celle d'Agents de Bureau d'Etudes de l'Industrie de la chaussure. Ils sont gratuits (à l'exclusion d'un droit d'inscription de 27 Frs). Leur durée varie de 9 à 24 mois selon les spécialités. L'âge minimum requis est de 19 ans.

Renseignements et inscriptions doivent être pris auprès de:

M. le Directeur
du Centre d'Agents Techniques du Bâtiment
Service des Cours par correspondance
Rue de l'Industrie
COLMAR (Haut-Rhin).

b) **Stages préparatoires à l'Electronique**: Ces stages d'une durée de 3 mois à temps complet sont organisés au centre d'ANGERS. Ils donnent aux participants le complément de connaissances nécessaires pour suivre avec profit la formation d'Agent Technique Electronicien. Il y a un examen d'entrée du niveau du Baccalauréat 1ère partie. Il faut être âgé de 21 ans; les hommes doivent être dégagés des obligations militaires.

SALAIRE et CONDITIONS de SEJOUR

L'enseignement est non seulement gratuit mais rémunéré. Les stagiaires perçoivent, pendant toute la du-

(1) A partir de 1966 les résultats de l'examen psychotechnique joueront un rôle encore plus décisif dans la sélection et l'orientation des candidats.

rée de la formation, une indemnité égale au S.M.I.G. A cette indemnité s'ajoute, pour les stagiaires exerçant préalablement un emploi, une allocation complémentaire destinée à compenser la perte qu'ils subissent du fait de l'interruption de leur travail. Certaines catégories de travailleurs bénéficient en outre d'allocations spéciales; enfin les avantages sociaux (allocations familiales, sécurité sociale, congés payés) ainsi que des indemnités de déplacement sont accordés aux stagiaires.

Tous les centres, à l'exception d'un seul, possèdent un hébergement gratuit ouvert aux candidats et, dans la plupart des cas, aux candidates. Des repas à prix modérés sont servis dans les centres.

PLACEMENT et POSSIBILITES de CARRIERE

Après l'examen final sanctionné par un diplôme d'Etat les services départementaux du Travail et de la Main d'Oeuvre assurent, en collaboration avec les centres de F.P.A., le placement des stagiaires. Ceux-ci rencontrent généralement le meilleur accueil auprès des Entrepri-

ses. Leur Formation les conduit à occuper des postes intéressants, bien rémunérés et offrant de nombreuses perspectives de promotion.

RENSEIGNEMENTS et INSCRIPTIONS

Tous renseignements complémentaires ainsi que les formulaires de demandes d'inscriptions peuvent être obtenus auprès:

— de la Direction Départementale du Travail et de la Main d'Oeuvre du département de résidence

ou auprès de:

— l'A.N.I.F.R.M.O.
13, Place de Villiers

MONTREUIL

93 - (Seine-Saint-Denis)

Les demandes d'inscriptions doivent être adressées directement à l'A.N.I.F.R.M.O. à l'adresse mentionnée ci-dessus.

CALENDRIER DE STAGES DE TECHNICIENS ORGANISES POUR 1966, DANS LES CENTRES DE F.P.A. par l'A.N.I.F.R.M.O.

Groupes	SPECIALITES	Niveau des épreuves	Durée	Cloture des inscriptions	Concours d'admission	Ouvertures des stages
A	* Conducteurs de travaux	1er B ou B.S	12 mois			27.9.66
	Opérateurs-Géomètres-Topographes	1er B ou B.S	9 mois			
	Commis du Bâtiment (Gros Oeuvre et Second Oeuvre)	B.E ou B.E.P.C	9 mois	28.2.66	12 à 14.4.66	4.10.66
	Dessinateurs du Bâtiment (Gros Oeuvre)	B.E ou B.E.P.C	9 mois			
B	Dessinateurs d'Etudes en Mécanique Générale	BAC ou E.N.P.	10 mois			22.11.66 18.2.67
	Dessinateurs Projeteurs en Béton Armé	1er B ou B.S	9 mois			
	Dessinateurs d'Etudes en Construction Métallique	1er B ou B.S	9 mois	31.5.66	19 & 20.7.66	2.11.66
	Dessinateurs en Béton Armé	B.E ou B.E.P.C	9 mois			
	Dessinateurs en Serrurerie, Menuiserie et Charpente Métallique	B.E ou B.E.P.C	9 mois			
	Agents de Bureau d'Etudes Industrie de la Chaussure	B.E ou B.E.P.C	10 mois			4.10.66
	Agents Techniques Electrotechniciens	BAC ou E.N.P.	10 mois			3.5.66
C	* Agents Techniques Electroniciens	BAC ou E.N.P.	10 mois	31.1.66	1 & 2.3.66	31.5.66
	Agents de Dépannage en Radio Télévision	B.E ou B.E.P.C	10 mois			3.5.66
	Techniciens Physiciens Chimistes	BAC ou E.N.P.	11 mois			6.12.66
	Agents Techniques Electrotechniciens	BAC ou E.N.P.	10 mois	31.7.66	13 & 14.9.66	1.3.67
	* Agents Techniques Electroniciens	BAC ou E.N.P.	10 mois			4.1.67 1.3.67
	Agents de dépannage en radio Télévision	B.E. ou B.E.P.C.	10 mois			22.11.66
	Techniciens des Plastiques renforcés	B.E. ou B.E.P.C.	9 mois			29.11.66

* Les stages marqués d'un astérisque sont réservés aux hommes.

1er B = Première partie du Baccalauréat
B.S. = Brevet supérieur
B.E. = Brevet élémentaire

B.E.P.C. = Brevet d'Etudes du premier cycle
E.N.P. = Classes terminales des Ecoles Nationales professionnelles.

LES CIRCUITS IMPRIMÉS

Au cours de la description de quelques appareils de mesure et de récepteurs à transistors nous avons rencontré les circuits imprimés; à partir du moment où ce système de câblage des circuits électroniques a pris un développement tel qu'il est désormais utilisé dans la plupart des applications de l'électronique, spécialement s'il s'agit de grande série, il est temps de l'examiner en détail, tant du point de vue théorique que du point de vue pratique.

Inconvénients des méthodes classiques de câblage - Comme il est logique de le supposer, l'industrie électronique cherche à réduire au minimum les coûts de production, sans toutefois compromettre, mais au contraire, en améliorant les qualités des appareils construits (sécurité de fonctionnement, durée, etc...). Or, quels sont les facteurs qui interviennent dans le prix de revient d'un appareil électronique ?

En premier lieu: le poids de cuivre employé.

En électronique, avec les méthodes classiques de câblage, on gaspille une grande quantité de cuivre. En effet, pour des raisons de résistance mécanique des fils de câblage, on est amené très souvent à utiliser des fils de 1 mm² de section pour véhiculer des courants d'intensité très faible, de l'ordre du milliampère alors que la densité de courant normale est de 2 à 3 A/mm². C'est là un premier inconvénient des procédés traditionnels de câblage.

En second lieu: le nombre élevé d'heures de travail.

Dans la construction d'un appareillage électronique, après avoir procédé au montage mécanique, on procède au montage électrique qui consiste, nous le savons, à relier entre eux tous les composants constituant le circuit. Cela signifie que, dans la production de séries d'une certaine importance, il est indispensable, pour économiser le temps de travail, de préparer les divers conducteurs constituant les liaisons, déjà coupés à la mesure, ou bien pliés.

Une autre opération, souvent indispensable, consiste à étamer les extrémités des conducteurs, en les recouvrant d'une légère couche d'étain afin de faciliter au maximum la soudure. Il est évident que cela comporte une longue série d'opérations, d'autant plus complexes que le nombre des liaisons à effectuer dans un appareil est lui-même plus important.

Enfin, comme autre inconvénient des méthodes traditionnelles de câblage, nous citerons leur encombrement. C'est pour ces raisons que la technique moderne s'est orientée vers les circuits imprimés, dont l'usage

a été étendu à presque toutes les applications de l'électronique et surtout, à celles dont le fonctionnement est basé sur l'emploi des transistors. Il existe des téléviseurs, des calculateurs, des instruments de mesure, etc... dans lesquels la majeure partie du « câblage » consiste précisément en un circuit imprimé.

Afin que le lecteur puisse se rendre parfaitement compte de l'importance de cette innovation relativement récente, nous examinerons les règles de préparation et d'emploi des circuits imprimés, et dans la leçon suivante, leur réalisation pratique.

Avantages des circuits imprimés. - La technique des circuits imprimés est largement utilisée par l'industrie électronique parce qu'elle présente, par rapport à la technique de câblage conventionnelle, des avantages importants.

- 1°) La fabrication des circuits imprimés et même la soudure des différents éléments sur le circuit peuvent être entièrement automatisées, d'où une réduction importante du prix de revient.
- 2°) Les procédés industriels de fabrication des circuits imprimés garantissent une reproductibilité parfaite: pas d'erreurs de câblage, pas de modifications des capacités parasites, etc... Ce résultat ne peut pas être atteint par un câblage manuel.
- 3°) La fixation des éléments sur le circuit lui-même élimine le « châssis » habituel, cher et difficile à réaliser. Elle élimine également un grand nombre de pièces accessoires: vis, rivets, cosses relais, passe-fils, etc... Le circuit imprimé complet est moins cher que tous les éléments qu'il remplace (y compris le fil de câblage).
- 4°) Cette technique de fabrication permet d'obtenir des ensembles légers, compacts, accessibles, stables. Elle est particulièrement adaptée à la réalisation d'ensembles miniature et a provoqué, chez tous les fabricants de pièces détachées, l'apparition d'éléments spécialement adaptés aux circuits imprimés, qui sont particulièrement simples et peu encombrants.
- 5°) Enfin, le problème de la réduction du poids de cuivre utilisé est, en partie tout au moins, résolu.

Pour fixer les idées, disons que le poids de cuivre que représente une couche de 35 micromètres (35/1 000 de mm), disposée sur une plaquette isolante de 1 m² de superficie, n'excède pas 300 grammes.

Or, dans une telle plaquette, on peut réaliser un nombre important d'appareils électroniques (quelques

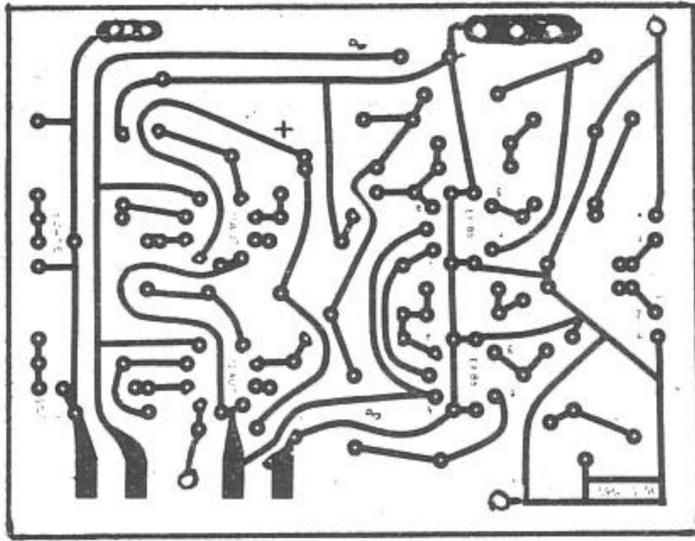


Fig. 1 - Exemple de circuit imprimé: on peut y voir les connexions en cuivre, ainsi que les points de fixation simples et multiples pour plusieurs bornes.

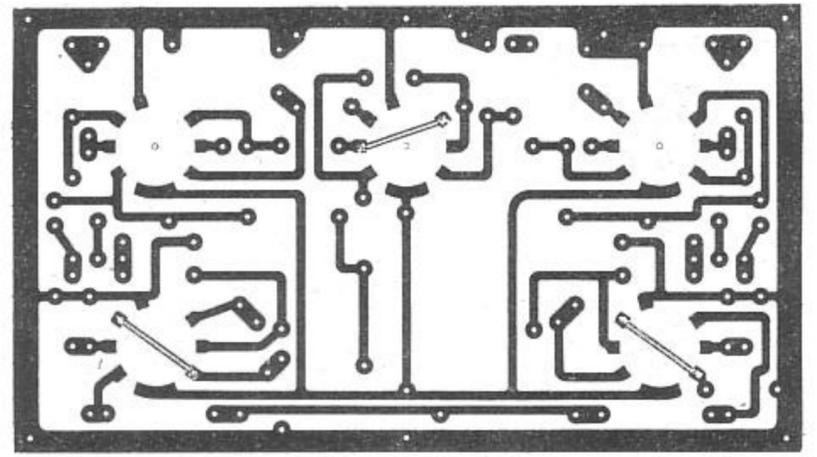


Fig. 2-A - Aspect d'un circuit imprimé d'un appareil à tubes. On peut noter les connexions qui aboutissent aux broches des supports de tubes et aux éléments.

dizaines de téléviseurs, par exemple). Avec le même poids de cuivre, on n'obtiendrait qu'une trentaine de mètres de fil de 1 mm de section.

Applications des circuits imprimés. - Comme le mot lui-même l'indique, un circuit imprimé n'est pas autre chose qu'un « dessin » des liaisons réalisé sur un support isolant; ces liaisons sont disposées d'une façon telle qu'il est possible de relier à leurs extrémités, ou en plusieurs points intermédiaires, les divers composants qui constituent le circuit à proprement parler.

En réalité, le terme « circuit imprimé » est utilisé de façon impropre, alors que l'on devrait distinguer **entre des circuits imprimés et des câblages imprimés**. Au début de cette technique, furent réalisées de petites bases de support sur lesquelles étaient imprimés, non seulement les liaisons, mais aussi quelques composants, comme par exemple: résistances, condensateurs, bobines, etc... Sauf en ce qui concerne les bobines, qui, quelquefois sont encore réalisées sous cette forme (bobinages plats en spirale) le procédé qui permettait de créer directement quelques résistances (au moyen de couches de graphite d'épaisseur convenable), ou quelques condensateurs (constitués par de fines feuilles métalliques séparées par une substance diélectrique), a été presque abandonné, étant donné que l'éventuelle détérioration d'un seul de ces composants rendait parfois impossible la réparation.

Dans ce cas, on pouvait parler effectivement de **circuits imprimés**. La technique actuelle consiste, au contraire, à exécuter sur une plaquette isolante les seuls connexions des éléments, sous la forme de rubans de cuivre très minces, la plaquette ne supportant, par ailleurs que les seuls composants légers, qui sont soudés en des points déterminés sur les rubans.

Pour cette raison, la plaquette devrait porter le nom de **câblage imprimé**. Etant donné toutefois l'emploi assez rare des premiers, l'usage s'est répandu de définir par les termes: circuits imprimés, les plaquettes sur lesquelles ne sont exécutés que les seules liaisons.

La **figure 1** représente un exemple de circuit imprimé, vu du côté où les liaisons sont exécutées. En

règle générale, la plaquette isolante n'est garnie de cuivre que sur une seule face. Toutefois, au moyen d'une technique plus élaborée et dans le cas où « l'effet capacitif » qui se manifeste entre les deux faces métallisées de la plaquette, séparées entre elles par un diélectrique constitué par la plaquette elle-même, n'a aucune importance, il est possible de garnir de cuivre les deux.

Un circuit imprimé se compose donc de liaisons entre les composants d'un appareil électronique entier, ou d'une partie de celui-ci, déposées sous forme de rubans en cuivre convenablement façonnés et ayant une épaisseur déterminée, sur un support isolant qui soutient rigidement le circuit entier et ses composants les plus légers (condensateurs, résistances, bobines, tubes, transistors, etc.). La fixation de ces composants est effectuée grâce à la présence de trous de diamètre adéquat, percés sur la plaquette isolante.

En général, pour faciliter en même temps les éventuelles réparations et les contrôles indispensables durant l'essai, ils sont fixés sur la face non cuivrée de la plaquette (cela bien entendu dans le cas où l'on utilise une plaquette métallisée sur une seule face), comme le montre les **figures 2-A** et **2-B** qui représentent un circuit imprimé vu sur ses deux faces.

Naturellement, un dispositif électronique ne consiste pas seulement, nous le savons bien, en un circuit et ses composants: on y trouve aussi les organes de commande extérieurs (potentiomètres, interrupteurs, etc.), les dispositifs d'alimentation (batteries, transformateurs, etc.), dont le poids est souvent tel qu'il empêche leur fixation sur un châssis non métallique. Il est donc nécessaire qu'un circuit imprimé, puisse permettre de loger les connexions des éléments extérieurs, constituées de conducteurs de diverses sections, isolés ou non. Dans ce but, quelques-unes des connexions imprimées sur la plaquette aboutissent à des bornes fixées sur le bord de cette dernière ou en un autre point.

Les **figures 3, 4** et **5** représentent quelques types de « bornes », agrandies pour plus de clarté, adaptées à la fixation des composants ou des liaisons extérieures. La plaquette à câblage imprimé, après avoir été com-

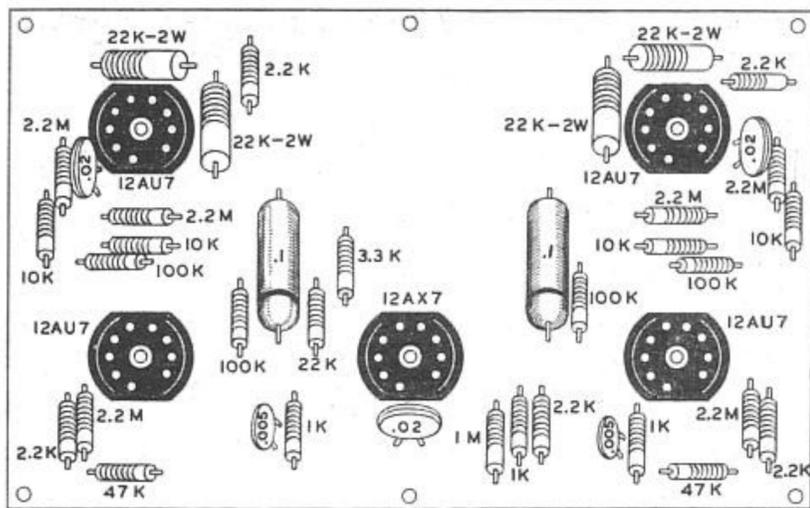


Fig. 2-B - Aspect du circuit imprimé de la figure 2-A, vu de l'autre côté, c'est-à-dire du côté sur lequel sont fixés les différents éléments. Observez l'arrangement rationnel des éléments.



Fig. 3 - Exemples de bornes pour les composants, fixées sur la plaque.

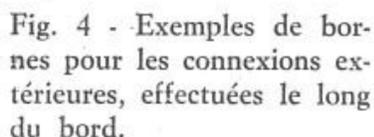


Fig. 4 - Exemples de bornes pour les connexions extérieures, effectuées le long du bord.

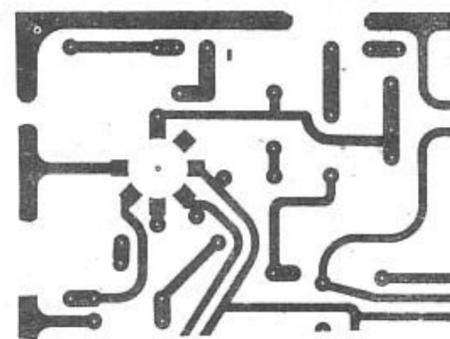


Fig. 5 - Type de circuit imprimé, représenté en partie, sur lequel on peut noter les divers types d'ancrages des connexions intérieures et extérieures.

plétée par les composants qui constituent le circuit, est fixée au moyen de petites équerres ou vis, suivant les cas, les dimensions, les poids, etc... au châssis de l'appareil comme le représente la figure 6.

Caractéristiques des matériaux employés. - Pour qu'il puisse présenter, outre ses propres avantages (économie, encombrement réduit, etc...), les mêmes avantages qu'un circuit conventionnel, un circuit imprimé doit posséder les caractéristiques suivantes:

- 1) Rigidité mécanique suffisante pour supporter le poids des composants sans que des cassures, dues à des chocs ou à des vibrations, ne se produisent.
- 2) Adhésion parfaite des rubans de cuivre constituant les liaisons sur le support isolant de façon à empêcher le décollement, par suite des tractions exercées par les composants, ou de causes accidentelles (élévation de température, par exemple).
- 3) Isolement électrique suffisant (avec une bonne marge de sécurité), afin d'éviter des décharges électriques entre les connexions, à cause des différences de potentiel dues aux courants continus ou alternatifs qui les parcourent. Dans ce but, on évite, en général, les angles vifs dans les connexions, comme le représente la figure 7.
- 4) Les dimensions des rubans de cuivre (largeur et épaisseur) doivent être telles que ceux-ci puissent véhiculer le courant sans engendrer des pertes dues à leur résistance ohmique, ni dégager une température élevée, qui provoquerait inévitablement le décollement du métal du support isolant.
A ce propos, signalons qu'un ruban de cuivre de 3 mm de largeur et 0,035 mm d'épaisseur (35 microns) peut supporter un courant d'une intensité de 3 A; ce qui représente une densité de courant de 30 A/mm² soit dix fois plus qu'un fil ordinaire. Sa résistance linéique n'est que de 0,17 Ω/m. Dans ces conditions, la dissipation de puissance est de 1,5 W/m environ, ce qui est très faible et provoque un échauffement négligeable. De plus, la forme très plate du ruban facilite l'évacuation de la chaleur insignifiante ainsi dégagée.
- 5) Les liaisons doivent être disposées de façon à per-

mettre le minimum de parcours et la capacité la plus faible entre les liaisons parallèles ou adjacentes: nous nous référons plus spécialement aux liaisons qui sont parcourues par la H.F.

- 6) La surface des bornes de chaque connexion doit être telle qu'elle assure une bonne soudure. En un mot, elle doit être en état d'accueillir une quantité d'étain convenable, afin de garantir une robustesse maximum et une résistance de contact minimum.
- 7) Les dimensions des plaquettes doivent être calculées de façon à abriter facilement, sans provoquer un « trop plein » excessif, les composants du circuit. Par contre, ces dimensions ne doivent pas être excessives, car autrement, on risquerait de compromettre l'un des principaux avantages des circuits imprimés par rapport aux circuits conventionnels, c'est-à-dire la réduction d'encombrement.
- 8) Enfin, les matériaux utilisés dans la fabrication de la plaquette isolante cuivrée doivent être en état de supporter d'éventuelles variations de température, sans se fendre ni s'altérer dans le temps et le plus possible, imperméables à l'humidité.

En ce qui concerne la face métallisée de la plaquette, on utilise une feuille de cuivre électrolytique. Ce métal a été choisi en raison de sa ductilité et de sa malléabilité, qui permettent sa transformation en fines feuilles ayant une épaisseur constante en tous points, ainsi que pour sa faible résistivité et, enfin, pour la grande facilité avec laquelle il se laisse attaquer par des acides déterminés.

Cette corrosion par les acides est en fait la base de la technique de fabrication des circuits imprimés.

En ce qui concerne le support isolant, qui est le plus souvent rigide, diverses substances ont été conçues; chacune d'elles présente des avantages et des inconvénients. Parmi les diverses variétés actuellement utilisées, il existe des matériaux constitués d'une succession de feuilles d'isolant ordinaire souple (feuille de papier) imbibées d'une substance à base de cellulose, aldéhyde formique et acide phénique. Ces feuilles, après avoir été convenablement essorées, sont chauffées à une température comprise entre 130 et 160 °C.

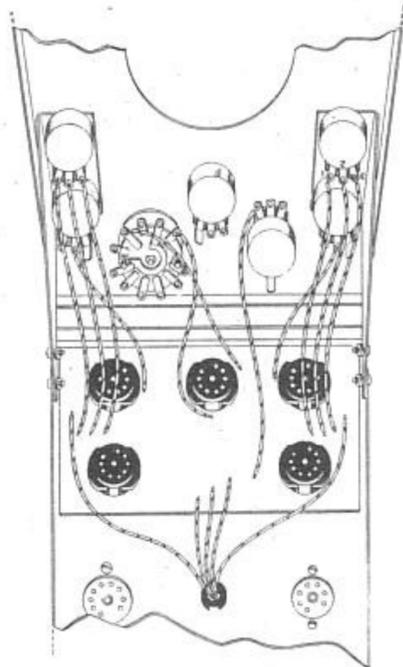


Fig. 6 - Montage du circuit imprimé des figures 2-A et 2-B, sur le châssis de l'appareil. Observez les connexions extérieures des éléments qui ne sont pas fixés sur la plaquette imprimée.

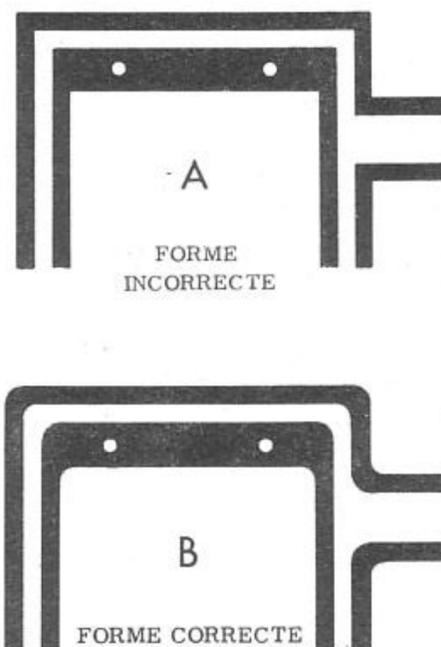


Fig. 7-A - En évitant les angles vifs aux endroits où les connexions changent de direction, on élimine le danger de décharge électriques.

Fig. 7-B - Forme correcte des angles des câblages imprimés. Le raccordement par des lignes courbes donne une plus grande sécurité.

Le matériau ainsi obtenu, de la famille des bakélites, est de couleur marron clair; assez cassant, il impose de prendre de grandes précautions lors du pointage des trous. Bon isolant en atmosphère sèche, en atmosphère humide, il absorbe un peu d'humidité ambiante, ce qui bien entendu réduit la résistance d'isolement.

Une autre variété utilise le papier, mais la substance d'imprégnation est constituée par une « résine époxy », ce qui donne un matériau fini moins cassant, de couleur jaune et de résistance d'isolement plus élevée.

Une troisième variété, enfin, utilise, au lieu du papier, un tissu de fibres de verre imprégné de résine époxy. Ce matériau est, mécaniquement, très résistant. Si la résine n'imprègne pas parfaitement le tissu, il se forme de minuscules canaux par où pénètre l'humidité, ce qui réduit considérablement l'isolement.

Contrairement au châssis métallique, la plaquette isolante d'un câblage imprimé n'assure pas la dissipation de la chaleur dégagée par certains composants: tubes et transistors de puissance, résistances de puissance dissipée supérieure à 2 watts, transformateurs.

C'est la raison pour laquelle l'emploi des circuits imprimés est limité aux équipements dont la dissipation de chaleur n'est pas excessive.

Les dimensions. - L'un des inconvénients majeurs présentés par les supports isolants des circuits imprimés est, surtout la limitation du poids des composants qui peuvent être fixés sur ces supports. C'est la raison pour laquelle, dans les équipements importants, on peut réaliser un circuit imprimé sur lequel est fixée une bonne partie des condensateurs, des résistances, des tubes ou des transistors, etc., tandis que les transformateurs, les valves, les tubes ou transistors de puissance (qui engendrent une température élevée) et tous les autres composants plus encombrants peuvent être fixés sur un châssis métallique et reliés au moyen de connexions conventionnelles, qui aboutissent aux bornes spéciales disposées sur le support.

La figure 8 représente par exemple le circuit imprimé d'un téléviseur. Celui-ci sert de support à sept tubes, environ cinquante résistances, autant de condensateurs, à deux diodes à cristal semi-conducteur,

trois potentiomètres et sept bobines. Les dimensions qui apparaissent ici réduites, sont en réalité de 13 x 27,5 cm. Dans ce cas particulier le support se fixe le long du bord à une ouverture spécialement pratiquée sur le châssis métallique.

Cela en augmente considérablement la rigidité. De cet exemple, il est facile de déduire qu'à condition que l'on prenne certaines précautions particulières pour éviter des torsions et des flexions du support isolant qui pourraient provoquer la rupture de quelques connexions imprimées, les dimensions peuvent être assez grandes de façon à permettre la réalisation selon cette technique moderne d'un appareil complexe.

Dans les cas où l'appareil se compose de plusieurs circuits, c'est-à-dire de plusieurs unités fonctionnant simultanément, rien n'empêche de construire l'appareil en plusieurs unités de circuits imprimés, portant les divers composants, et installées sur un châssis métallique servant de support, en effectuant extérieurement la liaison entre les diverses unités.

Dans l'étude d'un projet de circuit imprimé, il est nécessaire de tenir compte de la différence de potentiel maximum (tension de pointe), qui peut exister entre deux connexions parallèles ou proches sur un parcours plus ou moins long.

Comme il est évident si la distance entre deux conducteurs proches est minime et si la d.d.p. existant entre eux est élevée, il existe un danger de décharge électrique, particulièrement en présence d'humidité ou à cause de résidus dus à la soudure effectuée pendant le montage. Pour cette raison, des distances minimales ont été établies en fonction des tensions maximales présentes. En général, l'espace minimum convenable entre deux connexions est de 1,25 mm; toutefois, on peut adopter d'autres valeurs, calculées au moyen de la formule suivante:

$$\text{distance (en mm)} = \left(0,03 + \frac{V^2}{3 \times 10^6} \right) \times 2,54$$

où V représente la d.d.p. maximum, en volts.

La largeur des connexions est déterminée en fonc-

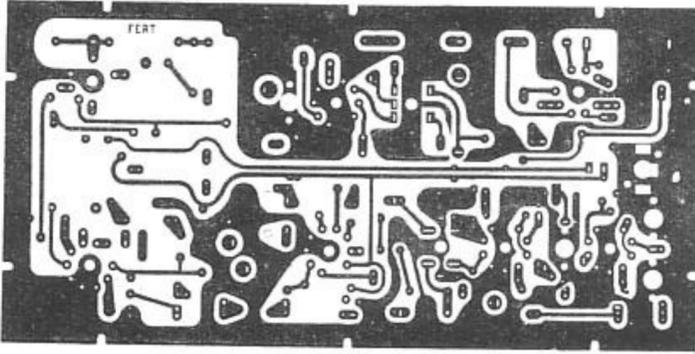


Fig. 8 - Reproduction, en dimensions très réduites, du circuit imprimé utilisé dans un téléviseur.

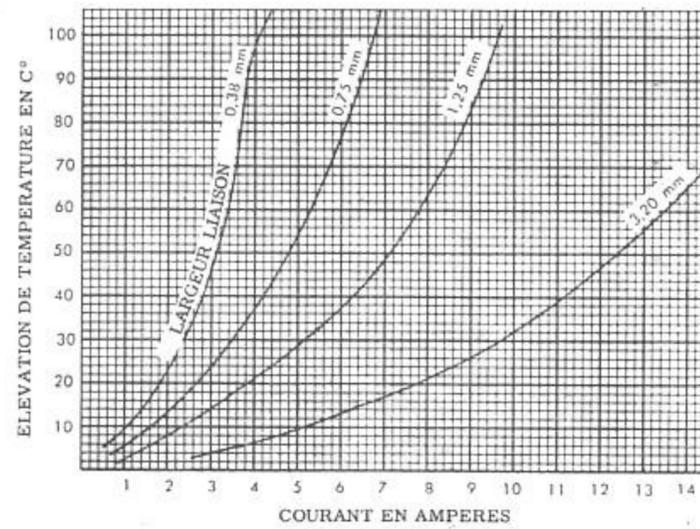


Fig. 9 - Variation de température, en fonction du courant, avec une épaisseur des connexions en cuivre égale à 0,035 mm.

tion du courant qu'elles doivent transporter d'un point à un autre du circuit. Dans les montages utilisant les méthodes traditionnelles de câblage, on emploie des conducteurs en cuivre d'une certaine épaisseur, même dans les circuits où le courant transporté est très faible pour assurer une certaine solidité à la connexion elle-même. Par contre, dans les cas où ces conducteurs sont parcourus par un courant plus intense, comme dans les circuits de chauffage des filaments des tubes, il est nécessaire d'adopter des conducteurs de section telle que leur résistance ohmique soit faible; sinon, celle-ci provoquerait une perte de puissance sous forme de chaleur, une chute de tension prohibitive.

Les mêmes précautions doivent être prises avec les circuits imprimés, avec la seule différence que les connexions étant réalisées au moyen d'un ruban en cuivre ayant une épaisseur constante en tous ses points, l'unique grandeur qu'il soit possible de faire varier est la largeur de la connexion.

En pratique, la section utile de chaque connexion est donnée par le produit entre l'épaisseur du ruban adhérent au support isolant et la largeur de celui-ci.

Les plaquettes isolantes cuivrées ont plusieurs dimensions: l'épaisseur de la feuille de cuivre peut être de 0,035 mm, 0,015 mm ou 0,1 mm selon les cas tandis que l'épaisseur du matériau isolant varie de 0,5 mm (pour les circuits de plus petites dimensions), à 2 mm pour ceux de dimensions importantes. En général, pour un circuit du type représenté par la figure 8, l'épaisseur est de 1,5 millimètres.

La largeur normalement adoptée pour les connexions dans lesquelles circule un courant limité, ne nécessitant pas l'adoption de mesures spéciales de sécurité, est de 1,25 mm.

Il existe pourtant des cas où, le courant transporté étant extrêmement faible, la largeur de la connexion est réduite à une valeur de 0,4 mm; il n'est pas conseillé de descendre au-dessous de cette valeur pour ne pas compromettre la robustesse mécanique.

En général, pour des connexions d'une certaine longueur, on cherche à éviter des largeurs supérieures à 3 millimètres, parce que, dans un tel cas, durant l'opé-

ration de soudure (dont nous nous occuperons sous peu), il est facile de provoquer des bulles d'air entre le cuivre et le support, compromettant ainsi l'adhésion du cuivre sur l'isolant. Dans le cas où le circuit comporte des connexions parcourues par un courant assez intense, il est donc préférable d'adopter des matériaux dans lesquels le cuivre a une épaisseur maximum.

Dans ce cas, il faut considérer qu'avec une épaisseur de 0,1 mm et une largeur de connexion de 3,2 mm, on obtient une section nette du cuivre égale à $0,1 \times 3,2 = 0,3 \text{ mm}^2$. Si l'on considère qu'une connexion de ce genre, exposée à l'air d'un côté et adhérent au support isolant de l'autre, peut être utilisée avec une densité de courant de 10 ampères par mm^2 et peut, par conséquent, être parcourue par un courant beaucoup plus élevé qu'un ampère, il paraîtra évident que, pour l'alimentation des tubes modernes (qui ont un courant de chauffage minimum de 100 mA et un courant maximum de 600 mA), il est possible d'alimenter plusieurs tubes au moyen d'une seule ligne qui rejoint les divers filaments, ou bien au moyen d'une série de ramifications de la ligne de chauffage, selon les cas.

De toute façon, au moyen des deux graphiques représentés par les figures 9 et 10, il est possible de déterminer l'augmentation de température en degrés centigrades, en fonction du courant, pour des connexions de diverses largeurs et de diverses épaisseurs. De tels graphiques il est facile de déduire qu'avec une feuille de cuivre de 0,075 mm, déposée sur un support isolant d'épaisseur 1,5 mm, un courant de 5 ampères qui circule dans un conducteur d'une largeur de 3,2 mm provoque une augmentation de la température de 10 °C seulement, par rapport à la température ambiante: une telle augmentation peut être considérée comme insignifiante en tenant compte que la résistance varie peu.

Dimensions des trous. - Les trous pratiqués sur le support pour permettre l'introduction des connexions des éléments, doivent elles-aussi avoir un diamètre approprié. Il existe des cas où les trous ne doivent recevoir qu'une seule connexion et d'autres où plusieurs connexions doivent aboutir au même point. Du moment que des dimensions standards ont été établies pour les con-

Les éléments aptes à l'emploi dans les circuits imprimés peuvent être subdivisés en deux catégories principales : éléments de petites dimensions, tels que les condensateurs, les résistances, pourvus de connexions

Les éléments aptes à l'emploi dans les circuits imprimés peuvent être subdivisés en deux catégories principales : éléments de petites dimensions, tels que les condensateurs, les résistances, pourvus de connexions

La fixation des éléments. - Alors que le montage électrique d'un appareil construit selon les techniques de câblage conventionnelles, implique l'emploi de bases de fixation, de plaquettes relais, etc., dans le montage d'un circuit imprimé cela n'est plus nécessaire car, nous l'avons vu la plaquette isolante comporte tous les trous prédéterminés ayant un diamètre apte à recevoir les connexions convergeant en un certain point. Pour la fixation des éléments, on a recours à des mesures particulières que nous examinerons succinctement.

Une fois la position des trous établie, on a la certitude qu'en adoptant les éléments prévus expressément pour l'emploi dans les circuits imprimés, les connexions pliées à angle droit ou de la façon la plus convenable selon les cas, correspondront à un multiple de la distance standard de 2,54 mm. En d'autres termes, toutes les résistances de 0,25 W, de 0,5 W, de 1 W, etc., ainsi que les condensateurs, pourront être fixés entre deux trous séparés par la distance standard.

Outre cette précaution, les circuits imprimés ont généralement une marge extérieure inutilisée, le long du périmètre, dont le but est de permettre l'éventuel ajustage mécanique de la plaquette dans le cas de réalisations expérimentales et d'éviter que les connexions extérieures ne suivent directement le bord de la plaquette, avec le risque de décharges électriques vers la masse dues aux éventuelles tensions d'une certaine importance existant entre la liaison et la masse.

disposer les éléments selon un ordre logique et, autant que possible, symétrique, faisant une économie maximum d'espace due à la disposition rationnelle.

Fig. 12 - « Grille interne » pour déterminer la position des trous.

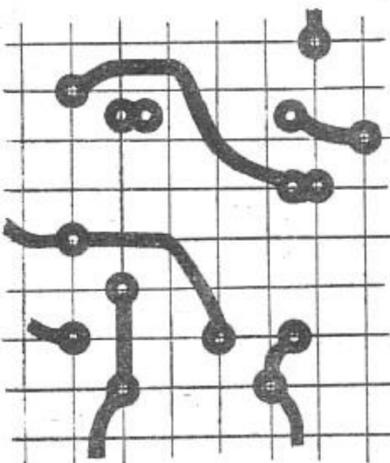
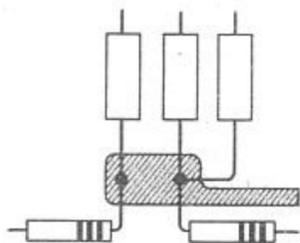


Fig. 11 - Exemple de borne de câblage imprimé, propre à la fixation de divers éléments.



La grille internationale. - En règle générale, dans l'établissement du projet d'un circuit imprimé, il faut disposer sur un plan les divers éléments qui devront être fixés sur la plaquette, dans le but d'établir à priori les dimensions idéales de la plaquette elle-même et le parcours logique des connexions, ainsi que pour éviter les croisements entre ces dernières (évidemment impossible) et pour limiter opportunément la longueur.

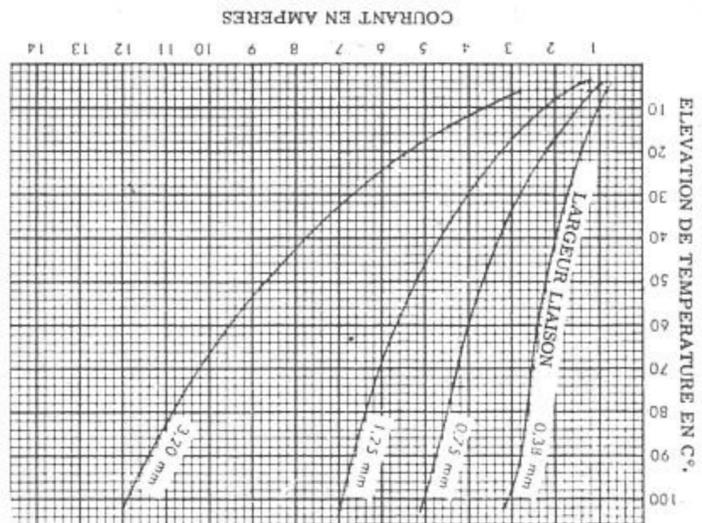
Puisque les éléments principaux (résistances, condensateurs, etc.) ont des dimensions standards établies conformément aux accords internationaux, il est nécessaire de s'en tenir à un modèle dénommé « grille internationale » du type représenté par la figure 12. Il s'agit comme on peut le voir, d'un réseau dans lequel les carrés ont tous un côté de 2,54 mm, c'est-à-dire égal à un dixième de pouce anglo-saxon.

Le diamètre de ces trous varie, en général, entre quatre valeurs : 0,7 - 1,0 - 1,3 et 2,0 mm (+ 0,1 millimètre). Naturellement dans le cas où le diamètre maximum n'est pas suffisant pour recevoir toutes les connexions convergeant vers ce point, cela devra être pris en considération lors de l'établissement du projet.

Pour éviter un trou de dimensions excessives qui pourrait compromettre la robustesse du support, on préférera pratiquer deux trous rapprochés, sur une unique zone de cuivre qui, après la soudure, met en contact les deux connexions comme le montre la figure 11.

ducteurs qui servent de connexions aux condensateurs, résistances, etc., il a été possible de fixer des dimensions également standard pour les trous.

Fig. 10 - Variation de la température, en fonction du courant, avec une épaisseur des connexions en cuivre égale à 0,075 mm.



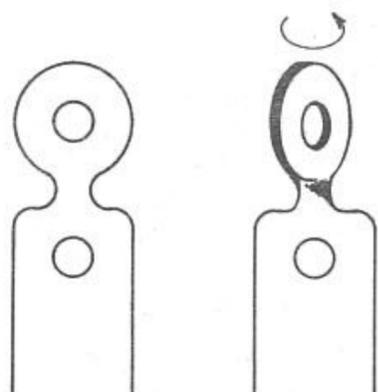


Fig. 16 - Méthode de torsion de la cosse; pour la fixation des supports de tubes sur la plaquette.

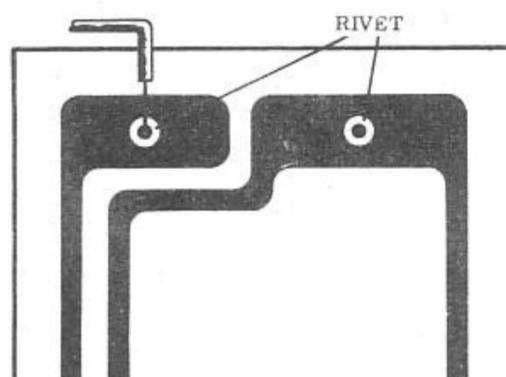


Fig. 17 - Application d'oeillets pour l'ancrage de connexions extérieures.

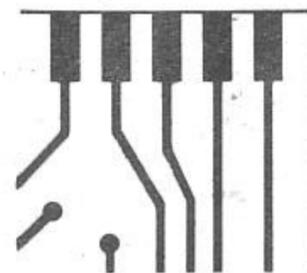


Fig. 18 - Exemple de bornes imprimées à « languette », pour des connexions extérieures au moyen de contact à ressort de pression.

axiales (voir **figure 13**) ou radiales (voir **figure 14**), lesquels peuvent être fixés simplement au moyen d'une soudure des connexions elles-mêmes (après les avoir nécessairement raccourcies), et éléments de formes et de dimensions variées pour la fixation desquels il peut être nécessaire d'utiliser un système mécanique, indépendamment de la soudure des connexions.

Les petits éléments cylindriques peuvent être fixés sur le support isolant de trois façons: selon le plan de la plaquette (disposition horizontale), comme le montre la **figure 15-A**; perpendiculaires au plan comme le montre la **figure 15-B** et inclinés par rapport au plan, comme le montre la **figure 15-C**.

Ces deux dernières positions sont désastreuses et, en conséquence, on ne doit y recourir que lorsque la place fait défaut. En effet, d'une part le fil qui traverse la plaquette étant très court, provoque lors du soudage un échauffement exagéré de la résistance; d'autre part, le fil peut être soumis, lors de la manipulation de la plaquette, à des contraintes mécaniques dangereuses, par exemple à la suite d'un choc.

Répetons que dans chaque cas la simple soudure des connexions aux points correspondants sur le circuit imprimé, constitue aussi bien le contact électrique des éléments que le système de fixation mécanique.

En ce qui concerne les autres éléments, il faut adopter d'autres précautions. Considérons, par exemple, un support de tube. Il est évident que pour assurer un bon contact entre les broches du tube et les contacts du support, il est nécessaire que ces derniers exercent une certaine pression sur les dites broches. Cette pression, en tenant compte du nombre des broches, difficilement inférieur à 7, rend quelque peu difficile l'introduction du tube dans le support, ou son extraction.

Si celui-ci était fixé au circuit imprimé par l'intermédiaire de la seule soudure des contacts, après un certain nombre d'extractions répétées du tube, il pourrait se produire des ruptures dangereuses de quelques broches. Pour cette raison, les supports aptes à l'emploi dans les circuits imprimés sont pourvus de contacts ayant une longueur et une forme permettant leur introduction dans les trous correspondant prati-

qués sur la plaquette et une légère torsion de la partie saillante du côté opposé. Cette torsion, comme le montre la **figure 16**, empêche que le support ne sorte de sa position, indépendamment du fait que la soudure ait été effectuée ou non. De cette façon, à la soudure à l'étain est confié le seul soin d'assurer un bon contact électrique, lequel ne sera par la même soumis à aucune traction mécanique et cela pour le plus grand profit de la sécurité de fonctionnement.

Les blindages des tubes ne doivent être utilisés que pour des tubes de faible puissance dissipée. En effet le blindage ordinaire contrarie la circulation de l'air ambiant devant refroidir le tube; il en résulte la surchauffe de certaines parties de l'enceinte du tube, ce qui est très dangereux pour la vie du tube.

Cependant, il existe des blindages spéciaux dits «dissipateurs de chaleur», qui peuvent être employés pour des tubes dissipant une puissance importante.

Il existe des cas où les potentiomètres, les transformateurs d'alimentation ou de basse fréquence, les inductances de filtre, les condensateurs variables, etc..., ont des dimensions telles qu'ils ne peuvent être fixés directement sur une plaquette à circuits imprimés. Dans ce cas, on a recours à des éléments ayant des caractéristiques telles qu'ils s'adaptent (tant pour la fixation mécanique que pour le contact électrique) à la perforation basée sur la grille internationale précédemment citée. Les seuls éléments pour lesquels la grille est souvent négligée, sont les supports de tubes déjà cités, dans lesquels les contacts étant distribués sur une circonférence, il n'est pas toujours possible de les faire coïncider tous exactement avec la position d'un point de croisement de deux coordonnées de la grille.

En vue de l'utilisation plus rationnelle de l'espace disponible sur une plaquette, la seule façon de fixer les éléments consiste à les placer verticalement de façon que leur axe soit perpendiculaire au plan de la plaquette. Cela comporte toutefois une augmentation de l'épaisseur de l'ensemble une fois le montage terminé, surtout en ce qui concerne les tubes et les autres éléments de dimensions plus importantes. Toutefois, il est clair qu'à l'exception des cas où les monta-

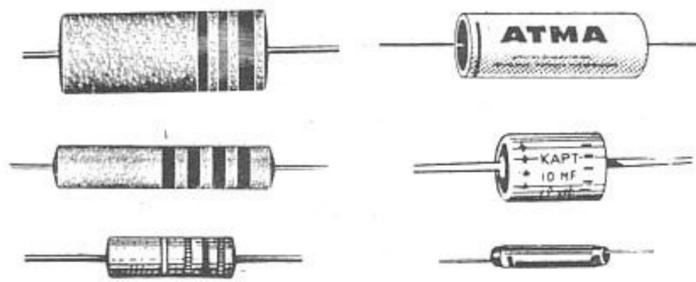


Fig. 13 - Types d'éléments cylindriques, à connexions axiales, propres à être employés dans les circuits imprimés.

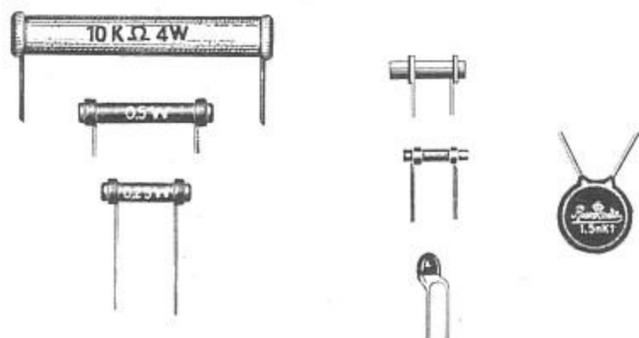


Fig. 14 - Eléments cylindriques et au mica, à connexions radiales, d'emploi courant dans les circuits imprimés.

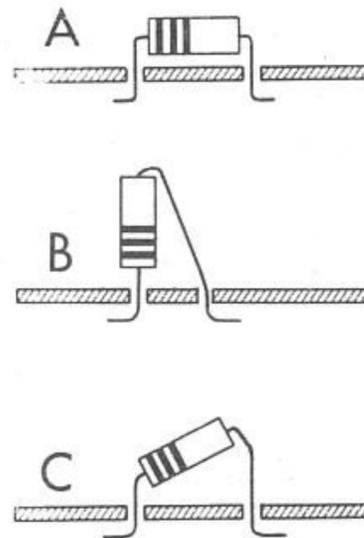


Fig. 15 - Méthodes de fixation des éléments (dans ce cas, des résistances) sur les circuits imprimés: en A, position horizontale; en B, position verticale et, en C, position inclinée.

ges sont ultra-compactes, dans lesquels les réparations sont rendues extrêmement difficiles, le système de la plaquette à circuits imprimés permet une économie notable d'espace et de plus, la réalisation d'appareils plus petits et plus légers, ce qu'il n'est pas possible d'obtenir avec les méthodes traditionnelles de câblage.

Bornes de contact. - Les bornes destinées à la liaison de la plaquette à circuits imprimés avec la partie restante de l'appareil (commandes sur le panneau, haut-parleur, alimentation, etc.) se divisent également en trois types principaux: contacts directs au moyen de la soudure (avec ou sans pièce), contacts par ressort (au moyen de languettes de pression) et contacts par support.

Dans le premier cas, il s'agit de zones en cuivre faisant partie du ruban lui-même déposé à l'origine sur le support isolant et de dimension telles qu'elles puissent permettre l'application d'une quantité suffisante d'étain pour assurer un bon contact. Avec ce système, il convient parfois d'appliquer au trou pratiqué au centre de la zone en cuivre, un rivet ou un oeillet, ou encore une pièce de laiton, à laquelle il est possible de souder la borne de connexion extérieure: Un exemple est représenté par la **figure 17**. Comme on peut le remarquer dans ce cas, l'effort mécanique est supporté par le rivet, alors que la soudure pourvoit seulement à la sécurité du contact électrique.

Dans le cas des contacts par ressort, il s'agit de zones en cuivre existant le long d'un ou de plusieurs côtés de la plaquette, comme le montre la **figure 18**. Le raccord entre la plaquette et la partie extérieure du montage ne s'effectue pas au moyen de bornes soudées, mais en introduisant la plaquette elle-même dans un guide qui retient le circuit imprimé de façon que chaque languette en cuivre, sur les bords, soit en contact avec un ressort parcourant la zone en cuivre: le principe est représenté par la **figure 19**.

Enfin, le système de contact par support consiste à appliquer un contacteur au bord du circuit imprimé. Normalement, il s'agit d'une série d'épines, retenues dans une enveloppe de matériau isolant, soudées postérieurement aux bornes périphériques.

Les deux derniers systèmes permettent le remplacement rapide d'un circuit défectueux par un autre circuit ayant les mêmes caractéristiques; il sont employés dans les cas où plusieurs circuits imprimés font partie d'un unique appareil, comme dans les calculateurs électroniques et dans d'autres appareils du même genre.

La soudure des éléments - Dans le cas de la réalisation d'un prototype, ou d'un petit nombre d'unités, la soudure des divers contacts d'un circuit imprimé peut être effectuée normalement avec un fer à souder classique. Il est nécessaire, pourtant, que la puissance électrique du fer à souder, donc la quantité de chaleur produite, soit tout juste suffisante pour faire la soudure. Dans le cas contraire, et bien que les matériaux aient été choisis spécialement pour assurer l'adhésion maximum du métal (cuivre) sur le support, ainsi que la résistance maximum aux températures élevées, il est facile de brûler la surface du support lui-même, causant un grave préjudice au circuit imprimé. On doit agir de façon à effectuer la soudure une seule fois, après s'être assuré qu'aucune autre connexion ne doit aboutir en un point donné. Il est recommandé de souder rapidement avec une panne très propre, en évitant que l'étain liquéfié ne puisse atteindre sa température d'ébullition.

Dans le cas de production de série, toutes les firmes qui construisent des appareils à circuits imprimés sont depuis longtemps pourvues d'équipement adaptés à ce que l'on appelle la **soudure par immersion**, ou soudure au trempé. Dans ce but, il existe de petites bassines spéciales qui prennent le nom de « creusets », dans lesquelles, au moyen d'une résistance électrique réglée par un thermostat qui en interrompt le fonctionnement lorsqu'elle a atteint une température élevée, l'étain est gardé à l'état liquide.

La plaquette pré-montée, portant tous les éléments fixés à leur place, avec les connexions déjà coupées à la longueur voulue, est maintenue à une certaine hauteur au dessus du niveau de l'alliage fondu. Mécaniquement il est possible d'abaisser la plaquette de sorte que le circuit imprimé entre, par sa face inférieure, en contact avec la surface liquide.

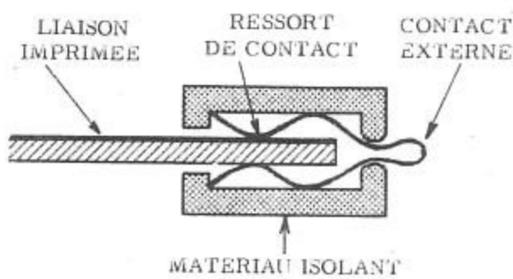


Fig. 19 - Coupe d'un contact à ressort, vu de côté.

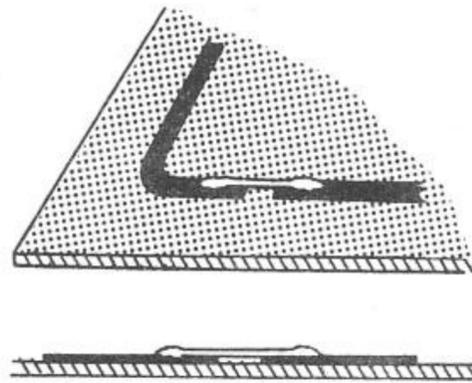


Fig. 20 - Réparation de la rupture d'une connexion imprimée, au moyen de la soudure d'un segment de conducteur placé longitudinalement sur la connexion interrompue.

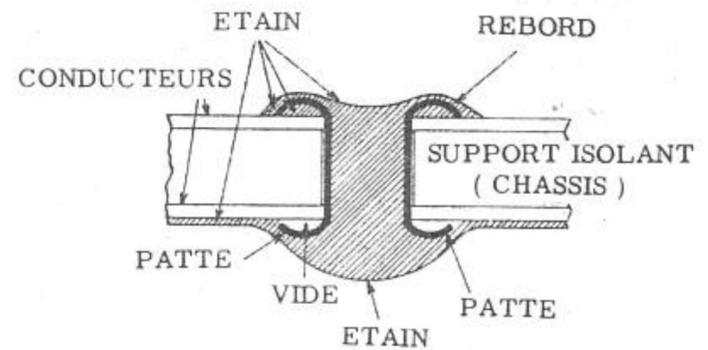


Fig. 21 - Réparation de la rupture de cuivre d'un oeillet, L'étain appliqué doit recouvrir l'intérieur de l'oeillet, du côté du rivetage, afin d'assurer le contact.

Il est nécessaire que la face cuivrée de la plaquette ne fasse qu'effleurer la surface de l'étain en fusion, car si on l'enfonçait dans le bain, la soudure coulerait partout, détériorant ainsi les composants électroniques, ou établissant des court-circuits entre eux.

La durée du contact est réglée de façon à permettre une soudure parfaite, sans par ailleurs brûler la surface du support. Naturellement, ce temps est critique, il est de trois ou quatre secondes et dépend de la température du bain et de sa composition.

Le support qui tient la plaquette doit être animé d'un mouvement bref et d'amplitude réglée avec précision, de façon à assurer une immersion rapide de toute la face cuivrée de la plaquette.

Un autre procédé bien meilleur que celui-ci est celui dit de la « soudeuse à vague ». Dans ce procédé, la plaquette est placée sur un chariot qui la déplace horizontalement à une certaine distance du niveau du bain d'étain liquide, maintenu à une température constante. On provoque alors au sein du liquide, par pompage, des « vagues » qui jaillissent par une fente horizontale et viennent ainsi lécher la surface cuivrée de la plaquette. Avant que l'étain ne se soit solidifié, on relève le circuit et l'on imprime au support isolant des coups secs de façon à faire tomber les gouttes de soudure qui resteraient en certains endroits et risqueraient de provoquer des court-circuits.

Il n'est pas difficile de comprendre l'économie énorme de temps que permet la technique de la soudure au trempé. Celle-ci a valorisé l'emploi des circuits imprimés, permettant une réduction des coûts de production, due à l'économie de main-d'oeuvre.

Protection et conservation - Une fois le circuit imprimé terminé, il est protégé contre les agents atmosphériques extérieurs, tels que l'humidité, la poussière les vapeurs de substances corrosives etc. Le procédé de protection consiste à assécher complètement le support et ses éléments en le soumettant un certain temps à de l'air chaud absolument sec après quoi le circuit tout

entier est recouvert d'un vernis spécial transparent qui le rend imperméable à l'humidité.

Naturellement, le vernis déposé à l'aide d'un jet doit être tel qu'il puisse s'évaporer rapidement en présence d'une source de chaleur élevée, comme par exemple la panne d'un fer électrique à souder.

Réparations des circuits imprimés. - Dans le cas où l'on doit remplacer un ou plusieurs éléments, on doit tout d'abord effectuer avec les précautions nécessaires le dessoudage de la partie détériorée et le ressoudage des éléments neufs. Il est bon d'éviter d'ajouter de l'étain à celui déjà existant: il est toujours convenable d'étamer la connexion des éléments à souder, de la couper à la longueur voulue, d'effectuer la soudure en fondant l'étain déjà présent sur la zone relative de cuivre. Une quantité plus importante d'étain implique un temps de soudure et un temps de refroidissement plus longs.

L'une des pannes les plus courantes dans les circuits imprimés est la rupture d'une connexion, à la suite d'une traction ou d'une flexion de la plaquette, ou la fêlure de l'étain qui unit un contact quelconque avec une surface en cuivre. Pour effectuer la réparation dans le premier cas, il suffit de procéder comme le montre la **figure 20**: on coupe un morceau de fil fin de cuivre nu, ayant une longueur d'environ 2 cm (ou moins, selon les cas) et on l'applique longitudinalement sur la connexion interrompue. Une fois placé de sorte que la moitié de sa longueur soit d'un côté de la rupture, et la seconde moitié de l'autre côté, on recouvre le fil de soudure, au moyen d'un petit fer à souder, en prenant les mêmes précautions (peu d'étain et rapidité d'exécution) que pour la soudure à main des éléments.

Dans le cas de rupture du cuivre autour d'un oeillet de fixation, il convient de procéder comme le montre la **figure 21**. Si le circuit imprimé existe sur une seule face de la plaquette, le côté opposé peut servir pour l'éventuelle fixation d'un élément; dans le cas contraire, le rivet utilisé constitue le « pont de connexion » avec lequel les deux bornes sont en contact entre elles.

Leçon n° 137

LA REALISATION D'UN CIRCUIT IMPRIME

Les procédés techniques relatifs à la réalisation des circuits imprimés ont subi, dans le temps, un développement prodigieux.

Les origines du circuit imprimé sont déjà lointaines: bien avant que la technique photographique et, en particulier, celle se rapportant au domaine de la photomécanique, n'eut atteint le niveau de développement que nous lui connaissons actuellement. Pour cette raison, les difficultés rencontrées à cette époque (il y a trente ans environ), ont rendu impossible l'application pratique, c'est-à-dire l'exploitation industrielle.

Tous les techniciens oeuvrant dans ce domaine ont réalisé de nombreuses expériences afin d'obtenir un bon résultat avec le minimum de temps et un bon prix de revient. De façon à connaître tous les systèmes de construction, nous examinerons sommairement les diverses solutions, puis nous étudierons en détail la solution qui est actuellement utilisée industriellement.

Après quelques essais basés sur la technique de dépôt des connexions (verniss à base d'argent) sur une plaquette isolante, on sut qu'une meilleure solution résidait dans la technique inverse, c'est-à-dire dans l'attaque, au moyen de solutions acides, de zones entières d'une surface métallique adhérant à un support isolant, de façon à ne laisser subsister que le métal constituant les connexions.

Tout cela conduisit à un procédé chimique, basé sur la protection partielle d'une surface de cuivre (représentant les connexions) au moyen des vernis spéciaux et sur l'immersion de la plaquette ainsi préparée, dans des solutions acides qui attaquent le métal non protégé. A la fin de l'immersion et après avoir enlevé, au moyen de solvants, le vernis protecteur, on obtenait un circuit constitué par des lignes en cuivre convenablement dimensionnées et distribuées.

Le vernis protecteur était appliqué sur la connexion voulue au moyen de pinceaux ou de plumes spéciaux. Cependant, par ce procédé les bords des connexions étaient découpés après la corrosion (**figure 1**) à cause de la difficulté de distribution régulière et uniforme du vernis. Cela compromettrait aussi bien l'isolement que la durée.

On a également essayé une méthode électrolytique de dépôt des connexions. On dessinait tout d'abord le circuit en grandeur nature sur la plaquette isolante, au moyen d'un crayon à base de graphite. Le circuit ainsi préparé était alors plongé dans une solution de sulfate de cuivre, après avoir mis les connexions dessinées au

graphite en contact entre elles et, à leur tour, en contact avec le pôle négatif d'une batterie. L'autre pôle de la batterie était relié à une électrode en cuivre, plongée elle-aussi dans la solution. Par suite du phénomène d'électrolyse bien connu, le cuivre contenu dans la solution se déposait sur les lignes de graphite, jusqu'à ce qu'il atteigne l'épaisseur désirée.

Cette méthode aussi fut abandonnée très rapidement à cause de la très faible adhésion du cuivre sur le support isolant.

LA METHODE ACTUELLE

Les diverses phases de réalisation du circuit imprimé dans son aspect définitif, c'est-à-dire jusqu'au point où il est possible de fixer les divers éléments et de les souder de la manière que nous avons décrit dans la leçon précédente, peuvent être classées comme suit:

1) **Etablissement du projet du circuit** - Il s'agit d'établir avec exactitude le schéma électrique de la partie de l'appareil à construire, qui sera concentrée sur la plaquette à circuit imprimé, ainsi que la nomenclature et les dimensions exactes des éléments qui doivent être fixés sur la plaquette. Cela est indispensable pour entreprendre la phase suivante.

2) **Disposition des éléments et exécution du dessin** - Dans cette phase, on dispose les éléments sur un plan (feuille de dessin) et on trace avec un crayon les liaisons qui les connectent entre eux, ainsi que celles nécessaires à la liaison du circuit imprimé avec la partie restante de l'appareil. Pendant ces opérations, on est souvent contraint de refaire tout ce travail plusieurs fois, à cause de la difficulté d'éviter le croisement entre deux ou plusieurs connexions. Ainsi que nous l'avons déjà dit, les circuits imprimés sont presque toujours réalisés sur un seul côté de la plaquette isolante; en conséquence, il est évident que toutes les connexions doivent suivre un parcours déterminé, sans se croiser en un point quelconque.

De toute façon s'il y avait un croisement, il serait indispensable d'utiliser un « pont » en fil de cuivre placé sur la face non cuivrée et reliant deux points de soudage, ou soulevé par rapport au circuit, comme l'indiquent les **figures 2-A** et **2-B**; cependant, cela va évidemment à l'encontre des avantages offerts par le circuit imprimé.

Une fois la position des éléments et le parcours des

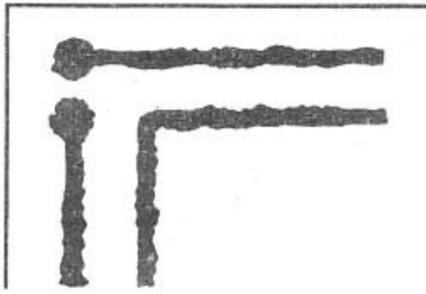


Fig. 1 - Aspect des câblages imprimés, résultant de l'application à la main du vernis protecteur vu grandeur nature. On remarque l'irrégularité des bords qui détermine des variations considérables de la section du conducteur.

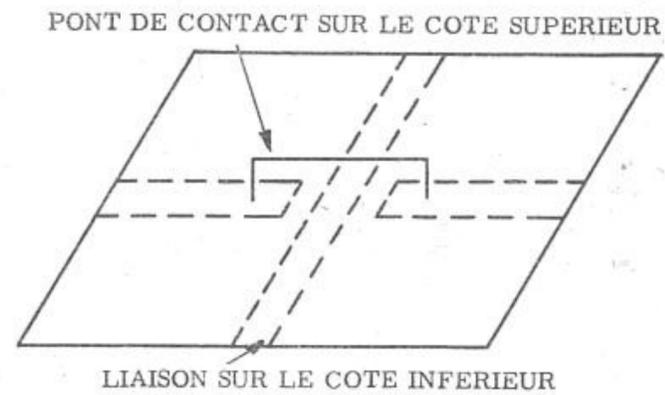


Fig. 2-A - Utilisation d'un «pont» en fil de cuivre placé du côté opposé à celui des connexions, au moyen duquel on évite le croisement entre deux connexions imprimées.

diverses connexions établis avec exactitude, on peut passer à la troisième phase.

3) **Dessin définitif sur calque** - Le circuit imprimé est dessiné d'une manière définitive sur une surface transparente ou translucide, en se basant sur le dessin antérieur, c'est-à-dire en tenant compte de la position des éléments et des prises pour les connexions extérieures; afin d'obtenir une grande précision, on donne à ce dessin des dimensions beaucoup plus grandes que celles qui sont en réalité nécessaires.

4) **Réalisation du négatif pour photogravure** - Le dessin original montrant les connexions en noir sur fond blanc, est photographié dans les dimensions voulues (réduites); on obtient donc un film négatif sur lequel les parties noires du dessin sont parfaitement transparentes tandis que les zones blanches sont complètement noires.

5) **Tirage des positifs** - Le négatif ainsi obtenu peut être utilisé tel qu'il est pour la photogravure par exemple, pour des réalisations en très petit nombre. Lorsque l'on désire réaliser un grand nombre de circuits imprimés identiques (grande industrie), on tire à partir du négatif obtenu, plusieurs dizaines de positifs que l'on place côte à côte, de façon à obtenir sur une grande feuille photosensible, un autre négatif destiné à la photogravure.

6) **Report sur cuivre par photogravure** - La feuille de cuivre déposée sur la plaquette isolante, dont l'épaisseur, calculée lors de l'établissement du projet, est fonction de l'intensité des courants qui circuleront dans les connexions, est enduite d'un produit photosensible. La plaquette est alors uniformément exposée à la lumière pendant plusieurs minutes, à travers le film négatif appliqué directement sur la couche photosensible déposée sur la feuille de cuivre.

7) **Développement** - La plaquette ainsi exposée à la lumière est plongée dans un bain solvant ou révélateur dont le rôle est de dissoudre, soit la partie de la couche qui n'a pas été exposée à la lumière, soit au contraire, la partie exposée, selon le procédé employé.

8) **Attaque du cuivre** - Après le développement, la plaquette est soumise à un lavage soigné qui extirpe soigneusement les zones d'émulsion qui ont été dissoutes précédemment. On la plonge alors une seconde fois dans un bain de substances en solutions qui ont la propriété d'attaquer le cuivre. Pendant cette immersion, les zones de la feuille de cuivre protégées par l'émulsion photosensible qui n'a pas disparu restent intactes, tandis que les autres sont complètement rongées. On arrive ainsi à obtenir, en quelques minutes, des rubans de cuivre convenablement façonnés sur le support isolant dont la forme est en tout point identique au dessin original du paragraphe 3.

9) **Découpage et perçage - Protection** - Le circuit ainsi préparé est successivement lavé, équerré, percé aux points où cela est nécessaire et, enfin, recouvert d'un vernis transparent qui évite l'oxydation du cuivre et le protège de l'influence des agents atmosphériques. Dans ces conditions, les plaquettes peuvent être enveloppées dans du papier et conservées indéfiniment.

Après avoir examiné, succinctement les diverses phases de la réalisation des circuits imprimés, nous pouvons les étudier en détail.

ETABLISSEMENT DU PROJET DU CIRCUIT

Si l'appareil que l'on désire réaliser comporte un grand nombre de composants, on le fractionne en plusieurs plaquettes. En effet, une plaquette unique devrait avoir, pour loger tous les éléments, des dimensions importantes et serait de ce fait, moins solide.

Une fois établies les caractéristiques de l'appareil à réaliser, il faut établir la nomenclature des éléments qui peuvent être fixés sur le circuit imprimé et de ceux qui devront l'être en dehors de lui. Dans ce cas des appareils récepteurs à transistors du type « miniature » dont les composants sont si petits qu'ils peuvent être fixés presque tous sur la plaquette, les seuls éléments qui doivent l'être en dehors du circuit imprimé sont: le haut-parleur et la batterie d'alimentation.



Fig. 2-B - Utilisation d'un «pont» placé du même côté que les connexions: le conducteur utilisé doit être soulevé afin d'éviter le contact avec l'autre ruban de cuivre.

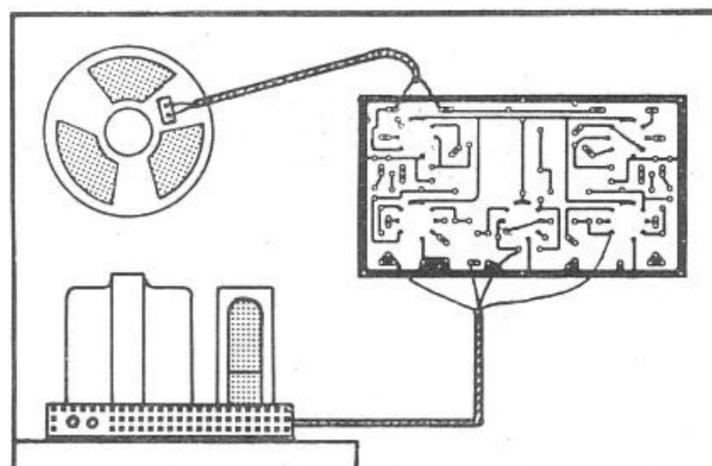


Fig. 3 - Exemple d'emploi d'un circuit imprimé dans un récepteur. Les bornes pour les connexions extérieures se trouvent du côté faisant face aux composants auxquels elles aboutissent.

Quand il s'agit d'appareils de dimensions importantes, il faut, au contraire, séparer le transformateur d'alimentation assez encombrant, les commandes extérieures, les tubes et les autres organes qui dégagent pendant le fonctionnement une chaleur considérable et tous les éléments qui, sur la base de ce que nous avons dit dans la leçon précédente, ne peuvent pas être montés sur la plaquette d'un circuit imprimé. D'après le schéma de principe de l'appareil, on prépare le dessin du schéma du circuit imprimé proprement dit.

En se basant sur ce schéma, il sera assez simple d'établir sur quels côtés devront être disposées les prises. Le choix de la position des points de fixation doit évidemment être fait selon la position relative des organes (potentiomètres, transformateur, etc.).

Par exemple, si le transformateur doit, pour des raisons particulières, être installé sur le fond de l'appareil, on tâchera que les points de fixation relatifs existant sur le circuit imprimé, soient disposés sur le bord inférieur de la plaquette (**figure 3**). Dans le cas contraire, les connexions nécessaires devraient suivre inutilement un parcours plus long, au risque d'induire des champs magnétiques.

DISPOSITION des ELEMENTS et EXECUTION du DESSIN

En règle générale, les dimensions de la plaquette ainsi que sa forme, sont établies selon l'espace occupé par les différents organes: toutefois, il existe des cas où les dimensions de la plaquette sont imposées par l'espace disponible; dans ce cas les éléments devront être disposés de façon à utiliser au mieux la surface disponible, en superposant quelques uns d'entre eux, si cela est nécessaire.

En somme, le travail consiste à disposer tous les éléments sur une feuille de papier à dessin, afin que l'on puisse se rendre compte de l'encombrement du circuit entier. Pendant la disposition des organes, on devra déterminer la position des points de fixation: en d'autres termes, on obtiendra une seconde version

du schéma électrique, mais cette fois les symboles schématiques des différents éléments seront remplacés par la forme des éléments proprement dits, avec leurs dimensions réelles.

Un détail d'une importance extrême dans l'exécution de ce travail consiste à éviter les croisements des connexions; ceux-ci bien qu'ils soient possibles dans un câblage classique, doivent absolument être évités dans les circuits imprimés. Dans ce but, il est nécessaire d'essayer expérimentalement les solutions possibles, en faisant converger en un point unique toutes les connexions qui doivent être reliées ensemble.

Lorsque cela s'avère impossible, on peut résoudre le problème soit en interrompant l'une des deux connexions, comme nous l'avons signalé précédemment, en rétablissant par la suite le circuit au moyen d'une connexion placée sur la face opposée de la plaquette, soit en éliminant de la plaquette elle-même l'élément qui provoque le croisement et en le fixant en dehors d'elle. De toute façon cela se produit très rarement.

Un second détail se rapporte aux connexions tracées avec un crayon sur la feuille à dessin placée sous les éléments, lesquelles, en réalité, vont se trouver sur le côté opposé. Nous savons, en effet, qu'en pratique les organes sont fixés sur la face non cuivrée de la plaquette.

C'est pour cette raison que ce travail est exécuté en plusieurs phases successives: pendant la première, les connexions sont tracées sur le plan d'appui des éléments, comme nous l'avons signalé précédemment, au moyen d'un crayon noir courant. Pendant la seconde, on trace sur le même plan les contours des éléments (en marquant l'encombrement maximum par projection horizontale) et on indique dans chaque contour les valeurs relatives afin de pouvoir les repérer. En plus de cela, on marque avec une précision extrême les positions des trous par où les connexions à souder devront passer. Le contour des éléments ainsi que la position des trous, sont tracés avec de l'encre, ou avec un crayon dur. Ensuite, on sépare les éléments de la feuille et on place celle-ci, inversée, sur un verre dé-

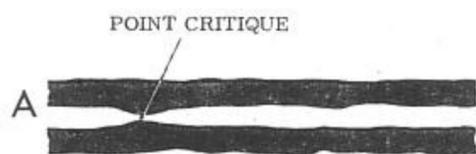


Fig. 4-A - Présence de points critiques dus aux irrégularités des bords des connexions imprimées.

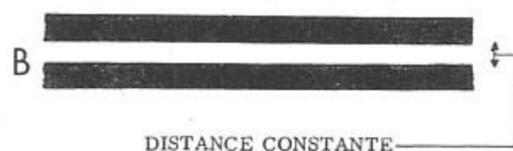


Fig. 4-B - Si, au contraire, les bords des connexions imprimées sont réguliers, séparés par une distance constante, le risque de décharge devient négligeable.

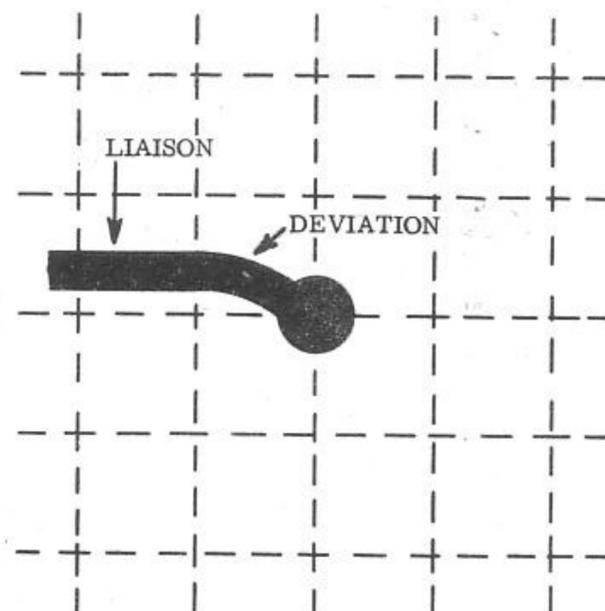


Fig. 5 - Déviation d'une connexion, pour l'adapter à la grille internationale.

poli (au-dessous de ce dernier on installe une lampe allumée), afin de pouvoir décalquer sur l'autre face les connexions tracées avec le crayon.

Ce travail étant achevé, on peut effacer les connexions effectuées en premier sur le côté opposé. Ce faisant la feuille représentera, plus ou moins, l'aspect du circuit imprimé, ayant les connexions d'un côté et les composants de l'autre.

On doit déployer un soin particulier pendant ce travail quand il s'agit d'établir la position et l'orientation des supports de tubes, alors qu'on doit tenir compte soit des nombreuses connexions qui aboutissent à ceux-ci, soit du parcours des conducteurs qui amènent le courant alternatif de chauffage (lesquels ne devront pas, naturellement, être parallèles aux parcours du signal basse fréquence) soit, enfin, de la position critique des trous correspondant aux broches. En d'autres termes, le dessinateur d'un circuit imprimé doit connaître exactement toutes les fonctions qui se produisent dans le circuit en question lorsqu'il est mis en service, ainsi que les tensions existant entre les divers conducteurs (pour déterminer la distance convenable), l'intensité du courant (pour établir la largeur des conducteurs), la position et le but des bornes de liaison avec la partie extérieure du circuit, etc.

Une fois le circuit tracé sur les deux côtés de la feuille c'est-à-dire après avoir déterminé la position de tous les composants et le parcours des connexions relatives ainsi que la position des trous qui devront être pratiqués sur la plaquette on peut commencer le dessin définitif sur calque.

DESSIN DEFINITIF sur CALQUE

Il s'agit du dessin détaillé et précis du circuit imprimé, c'est-à-dire, uniquement des connexions qui devront être reportées sur le cuivre déposé sur le support isolant. Ce dessin est réalisé en dimensions notablement supérieures à celles effectivement nécessaires, pour des raisons que nous signalerons par la suite.

Seul un dessinateur très habile est capable de dessiner avec une précision suffisante des objets de petites dimensions: par contre, il est bien évident qu'un dessin de grandes dimensions, que l'on pourra réduire lors de l'opération de photographie apparaîtra beaucoup plus précis dans les contours et dans la forme.

Dans un circuit imprimé, un détail d'une grande importance est d'obtenir un tracé dont les connexions doivent avoir leurs bords parfaitement parallèles entre eux, étant donné que, dans ce cas, la résistivité reste constante en tous les points (au profit d'une répartition uniforme égale des éventuels accroissements de température dus au courant) et, de plus, la différence de potentiel qui subsiste entre deux conducteurs adjacents est répartie sur des lignes ayant entre elles une distance constante. En observant la figure 4, il est bien facile de comprendre que dans le cas A, une décharge électrique entre deux conducteurs soit moins probable que dans le cas représenté en B.

Afin d'éviter des inconvénients de ce genre, le dessin est réalisé à une échelle triple, quadruple, ou encore plus grande. Dans ce cas, les petites imperfections possibles qui résultent de l'impossibilité de tracer des lignes absolument parfaites, deviendront négligeables après la réduction de l'original aux dimensions voulues.

En ce qui concerne la grille internationale dont nous avons parlé dans la leçon précédente, il faut tenir compte du facteur de réduction pour photographier ensuite le dessin. Nous avons dit qu'une telle grille consiste en un réseau hypothétique constitué de petits carrés ayant 2,54 mm de côté. Si le dessin définitif est exécuté avec un agrandissement égal à 3, le réseau sera formé de carrés ayant un côté de $2,54 \times 3 = 7,62$ mm, et ainsi de suite. En général, le support choisi n'est pas supérieur à 6.

Une fois les dimensions maximales du circuits et les caractéristiques de la grille internationale connues, on n'a plus qu'à dessiner le contour de la plaquette sur

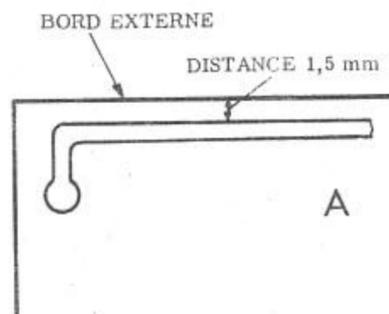


Fig. 6-A - Quand on réalise le dessin de l'original, on trace tout d'abord les bords des connexions avec de l'encre de Chine les connexions les plus extérieures à la plaquette se trouvent à une distance minimum de 1,5 millimètre du bord de la plaquette.

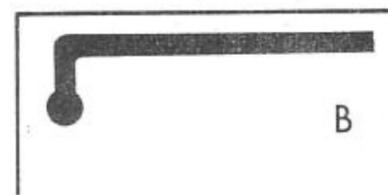


Fig. 6-B - Quand le dessin est terminé, on noircit les connexions avec de l'encre de Chine noire ou avec de l'aquarelle noire. Il est bon d'éviter l'emploi des encres brillantes, qui peuvent provoquer des réflexions nuisibles à la photographie.

une feuille de papier calque, en multipliant les deux côtés par le rapport choisi. Par exemple, si le circuit à réaliser doit avoir les dimensions de 15×20 cm et si le rapport choisi est de 4, on dessinera un rectangle ayant les côtés de 60×80 cm, c'est-à-dire exactement le quadruple des dimensions désirées.

Chaque côté du rectangle ainsi obtenu est divisé en plusieurs segments ayant chacun une longueur de 10,16 mm, après quoi les différents points ainsi déterminés seront réunis au moyen de lignes fines tracées avec un crayon de couleur bleu clair. On choisit cette couleur parce qu'elle n'impressionne pas le film photographique.

Le réseau ainsi obtenu représente la grille internationale agrandie quatre fois et sera utilisé uniquement pour déterminer la position des trous (points de fixation) par rapport aux éléments ayant des dimensions standards, à l'exception des supports des tubes et des composants pour lesquels on ne peut pas suivre cette règle.

Une fois les positions déterminées, la grille perd son utilité, donc il n'est pas nécessaire qu'elle soit visible sur la photographie réalisée par la suite.

Au point où nous en sommes, on commence la transcription du circuit en le copiant d'après la version rudimentaire effectuée auparavant sur le papier à dessin en grandeur nature. Evidemment, connaissant a priori l'intensité du courant qui traverse les divers conducteurs, on calculera une largeur effective de 1,25 mm pour les connexions dans lesquelles le courant est négligeable et une largeur proportionnelle à l'intensité pour les connexions où le courant est d'intensité élevée. Dans ce but, le lecteur se rappellera ce que nous avons dit à la leçon précédente, à savoir que l'on peut en règle générale adopter une densité de 8-10 ampères par mm^2 , grâce à l'aptitude des câblages imprimés à dissiper le chaleur qui se dégage. Comme on peut le remarquer, il est possible d'adopter une densité de courant considérablement plus grande que dans le cas des câblages traditionnels.

Lorsque la largeur des divers conducteurs est déterminée suivant l'intensité du courant qui les parcourt, on la multiplie par 4 (le rapport choisi) et l'on dessinera alors les connexions sur l'original en préparation.

En tenant compte de la grille internationale tracée sur l'original, on doit prendre soin que les trous où chacune des connexions aboutit, tombent exactement sur le point de croisement de deux droites du réseau. Si cette disposition implique le voisinage excessif de deux zones conductrices, il sera toujours possible d'éloigner les bords, en variant la forme en ce point, comme l'indique la **figure 5**.

Après avoir tracé toutes les connexions, en prenant soin que les conducteurs extérieurs soient à une distance de 1,5 mm (6 mm sur l'original agrandi) par rapport au bord de la plaquette (voir par exemple la **figure 6-A**), on remplit l'intérieur des tracés parallèles des conducteurs, ainsi que les zones conductrices correspondant aux bornes au moyen de l'encre de Chine noire, légèrement diluée, ou, mieux encore, de l'aquarelle noire, comme le montre la **figure 6-B**. Il faut prendre soin que les tracés noirs ainsi réalisés soient le plus possible opaques afin d'éviter qu'une surface brillante puisse réfléchir la lumière pendant la prise photographique, nuisant ainsi au résultat.

Comme nous l'avons vu dans la leçon précédente, le diamètre des trous peut être aussi prédéterminé en connaissant le nombre exact des bornes des éléments qui devront être introduites et leur diamètre. En conséquence, une fois le diamètre effectif connu, lui aussi devra être reporté sur l'original après avoir été multiplié par le facteur d'agrandissement 4. Donc, selon les trous on tracera des cercles ayant un diamètre pré-établi, en remplissant de noir seulement la zone comprise entre la circonférence du trou et le bord extérieur de la borne, comme le montre la **figure 7**.

Le dessin devra être le plus précis possible: en cas de besoin, on peut, toujours en noir et avec des dimensions nécessaires et dans une zone éventuellement



Fig. 7 - Au centre des bornes des câblages imprimés, on laisse un petit cercle blanc, de diamètre convenable qui détermine avec exactitude la position du trou pour l'introduction des connexions des éléments.

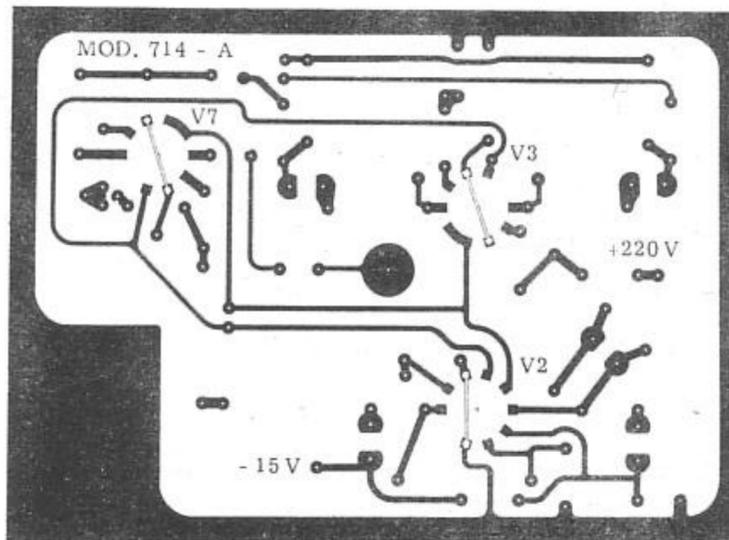


Fig. 8 - Si nécessaire et dans les zones inutilisées du support isolant, il est possible de marquer des indications, toujours en cuivre, pour la détermination du modèle, des points de références, des tensions, etc.

libre de connexions, marquer un numéro de référence du modèle, la date, le numéro de série ou un autre signe particulier quelconque. On peut marquer les valeurs et les polarités des tensions d'alimentation; on peut en faire autant pour les tensions d'entrée et de sortie. Pour faciliter les opérations de montage, on peut aussi marquer les broches des supports de tubes. En d'autres termes, là où l'espace et les normes relatives à l'isolement le permettent, il est toujours possible de marquer le circuit imprimé avec des indications utiles à la production, ainsi qu'au service technico-commercial. La **figure 8** représente quelques types de signes appliqués sur l'original d'un circuit imprimé.

REALISATION du NEGATIF pour PHOTOGRAVURE

Pour effectuer une bonne photographie de l'original précédemment préparé, il faut naturellement une certaine expérience photographique. L'outillage nécessaire consiste en un appareil photographique de reproduction (type à soufflet), horizontal ou vertical. L'original est installé de sorte que son plan soit parfaitement perpendiculaire à l'axe de l'objectif, afin d'éviter des distorsions de l'image sur le film.

La photo est prise sur un film de fort contraste, du type utilisé en photomécanique pour photographier des dessins traits, c'est-à-dire dépourvu de teintes intermédiaires entre le blanc et le noir. Ces films, en fait, ont l'avantage de donner un noir absolument opaque, et un blanc absolument transparent, à la condition que le sujet photographié consiste en un dessin composé de traits noirs sur un fond blanc.

Evidemment, ce qu'on obtient sur le film est un négatif de l'original, sur lequel ce qui est noir apparaît transparent et ce qui est blanc apparaît complètement noir. La **figure 9** représente en A le dessin réduit d'un original, et en B le négatif obtenu sur le film en le photographiant: comme on peut le noter, les deux couleurs (blanche et noire) sont inversées.

Il est nécessaire avant tout que l'appareil photographique réduise les dimensions du dessin original, dans

un rapport égal au facteur d'agrandissement. Par exemple, si l'original a été agrandi dans le rapport six, la photo doit être réduite dans le rapport de six. Cela est possible en éloignant convenablement l'appareil photographique du sujet à prendre et en procédant ensuite à la mise au point, obtenue en variant la distance existant entre l'objectif et l'image projetée. Dans ce but, les appareils utilisés pour la réalisation de ces travaux sont pourvus d'une plaque en verre dépoli, sur laquelle l'opérateur peut, en s'isolant de la lumière du milieu au moyen d'un drap parfaitement opaque, observer l'image qui sera projetée ensuite sur le film qui remplacera la plaque dépolie.

L'opération de mise au point est d'une extrême importance, car c'est d'elle que dépend l'exactitude des dimensions du circuit imprimé, pourvu que la préparation de l'original soit faite avec la précision voulue.

Après avoir contrôlé que les dimensions et la symétrie sont absolument exactes, on enlève le verre dépoli et on le remplace par un châssis spécial renfermant le film.

Il faut s'assurer que sa position soit telle à ne pas laisser une partie de l'image en dehors; en d'autres termes, pour des raisons de sécurité, il convient que le film ait toujours des dimensions qui puissent contenir parfaitement toute l'image, en plus d'une marge d'au moins un ou deux centimètres de chaque côté.

Les films adoptés dans ce but sont insensibles aux variations de la température ambiante. Cela empêche qu'une variation éventuelle de température ne modifie, même très peu, les dimensions de l'image compromettant ainsi la précision du travail.

Avant d'effectuer l'exposition, on doit s'assurer qu'il n'existe pas de zones plus éclairées que d'autres. Bien mieux, pour éviter cet inconvénient, on utilise des lampes à incandescence de notable puissance (au moins 500 watts chacune) du type survolté, afin d'obtenir une forte intensité lumineuse et de pouvoir les installer, à une distance telle que le sujet soit uniformément éclairé. Ces lampes seront au nombre de deux ou de quatre.

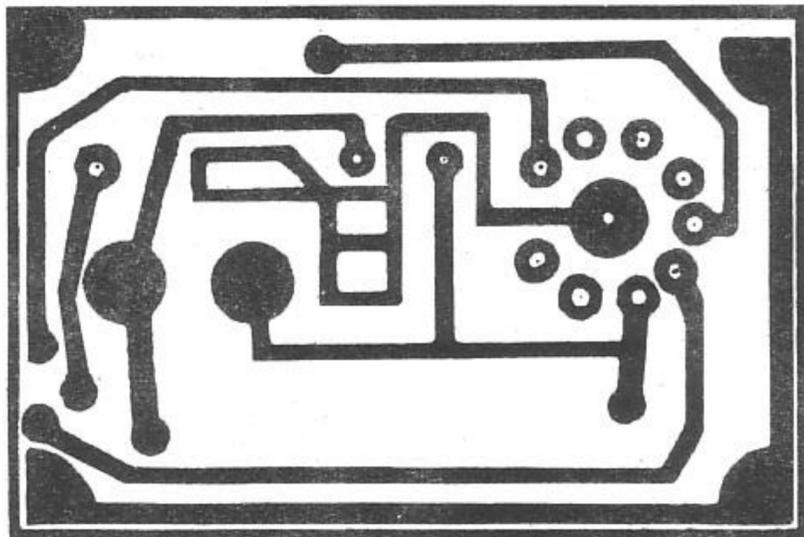


Fig. 9-A - Le dessin original donne une reproduction bien détaillée du circuit imprimé en dimensions beaucoup plus grandes.

selon les dimensions du dessin à photographier.

La durée exacte de l'exposition dépend de la sensibilité du film, de l'intensité de l'éclairage, du rapport de réduction, des caractéristiques de luminosité de l'objectif et même de la distance existant entre l'appareil et l'original. On ne peut donc pas donner de valeurs exactes: de toute façon, il s'agit toujours d'exposer pendant une ou deux minutes et, en tenant compte des caractéristiques du film employé, ce temps n'est pas trop critique.

Après avoir effectué l'exposition, on ferme l'objectif et on retire le châssis de l'appareil, en faisant attention qu'aucune source de lumière, qui ne soit pas de couleur rouge foncé, ne tombe directement sur le film exposé.

LE DEVELOPPEMENT DU NEGATIF

La technique de développement, aussi, est assez simple. Nous nous limiterons à l'étudier très sommairement parce que ce sujet n'entre pas dans notre programme.

La plaque, ou le film exposé, est plongée, en chambre noire, dans un bain révélateur à base d'hydroquinone qui, en général, a été préparé par la firme qui fabrique le film utilisé. Cette immersion a une durée qui varie de deux à cinq minutes (selon la température de la solution), et elle continue jusqu'à ce que, malgré le très faible éclairage donné par la lampe rouge qui doit être installée dans la chambre noire, le circuit photographié soit complètement visible sur le film.

Le développement doit se poursuivre jusqu'à ce que l'on soit sûr que les zones noires sont devenues parfaitement opaques; cependant, on doit faire attention que les zones blanches ne commencent pas à se foncer à cause d'une exposition excessive ou d'une immersion trop prolongée. Toutefois, le temps d'immersion n'est pas en général critique; trente secondes en plus ou en moins n'entraînent pas de conséquences fâcheuses.

A titre indicatif, voici la formule du bain révélateur KODAK «D 11»; vendu également prêt à l'emploi:

Eau tiède (50° environ)	500 cm ³
Métal (appelé encore: Genol, Rhodol, Viterol)	1 g
Sulfite de soude	75 g
Hydroquinone	9 g
Carbonate de soude	25 g
Bromure de potasse	5 g
Eau froide	1 l

La durée du développement est, avec le bain, de deux à trois minutes maximum.

Aussitôt que les zones noires ont atteint l'opacité voulue (pour en juger, il faut, naturellement, une certaine expérience que la pratique seule peut offrir) le film est plongé dans un bain d'arrêt, qui se compose d'une solution d'acide acétique diluée (à 3,5%).

Cette opération a généralement une durée de 15-20 secondes, après quoi le film est lavé sous l'eau courante puis il est plongé dans un troisième bain, appelé de fixation, à base d'hyposulfite de soude (eau tiède à 50 °C = 60 cm cube; hyposulfite de soude = 240 g).

Ce bain enlève tout l'argent existant dans l'émulsion du film, qui passe dans la solution, en laissant les zones blanches parfaitement transparentes. Après une minute d'immersion, le film peut être considéré comme fixé; alors, il peut être exposé à la lumière blanche sans aucun risque d'altération de l'image. Pour plus de sécurité et pour éviter des altérations avec le temps, le bain de fixation peut être prolongé à volonté.

Arrivé à ce point, il ne reste plus qu'à soumettre le film développé à un lavage sous l'eau courante, au moins pendant 30 minutes, après quoi il peut être suspendu pour être séché.

Il se peut que, par suite d'un défaut du film ou d'un mauvais filtrage des solutions employées ou, encore, de la présence de poussière sur l'émulsion ou sur le

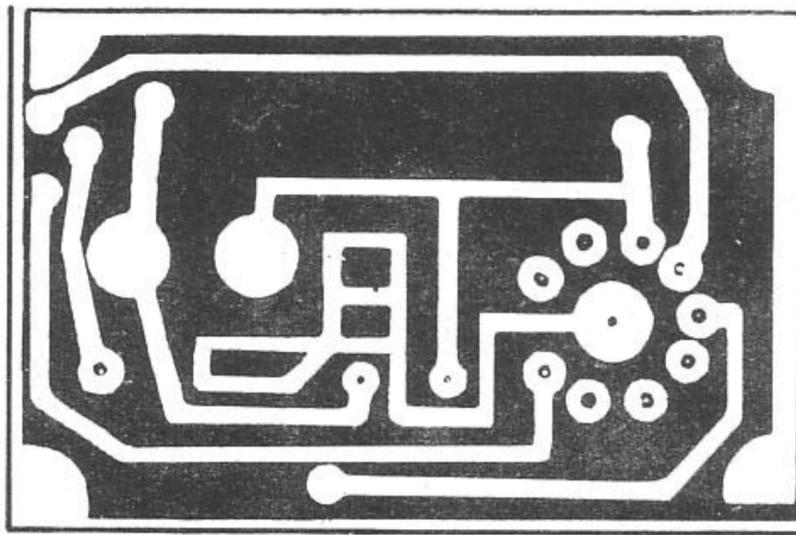


Fig. 9-B - La photographie du dessin original donne un négatif de celui-ci, sur lequel les zones blanches et noires sont inversées. Lorsqu'on « imprime » le négatif sur la plaque sensibilisée, on obtient une nouvelle inversion des deux couleurs et le procédé donne, encore une fois, une version positive.

verre qui retient la film dans le châssis, on puisse noter la présence de points ou de traces transparents dans les zones noires. Ces défauts peuvent être éliminés (une fois le séchage terminé) en retouchant le négatif au moyen d'une substance colorante, absolument opaque. Si, au contraire, on rencontre la présence de traces noires dans les zones qui doivent être parfaitement transparentes, ces traces peuvent être éliminées par l'intermédiaire d'un simple canif.

Une fois ces opérations terminées, on obtient un négatif grandeur naturelle avec lequel il est possible, comme nous le verrons sous peu, d'obtenir autant de circuits imprimés que l'on désire en avoir. Nous vous faisons remarquer que, souvent, on fait plusieurs copies du même film, afin de pouvoir graver avec une seule exposition plusieurs plaquettes simultanément: évidemment, cela permet une accélération notable de la production.

REPORT sur CUIVRE par PHOTO GRAVURE

Comme nous l'avons dit au commencement de la leçon, le circuit imprimé est obtenu en employant une base de matériau isolant sur laquelle est collée une feuille de cuivre pur, ayant une épaisseur déterminée. Sur le marché on trouve plusieurs versions de ce matériau. Quelquefois, on le trouve déjà sensibilisé, mais, en général, la sensibilisation est réalisée par celui qui doit produire le circuit.

Parmi les divers produits photosensibles existant dans le commerce, un des plus connus est le « Photo-resist », de Kodak: il s'agit d'un liquide qui, une fois répandu sur une surface, se comporte comme l'émulsion photographique, bien qu'ayant une sensibilité beaucoup plus réduite.

La caractéristique particulière de ce matériau, est qu'une fois exposé à la lumière et développé, il est durci au point de constituer une vraie protection du cuivre, capable d'éviter la corrosion de la part de forts acides. Les parties qui ne reçoivent pas la lumière peuvent être, au contraire, complètement éliminées par

l'intermédiaire des solvants organiques existant dans la solution spéciale de développement.

On peut utiliser plusieurs méthodes pour enduire la face cuivrée de la plaquette: méthode de la pulvérisation (s'emploie pour les réalisations sur une grande échelle); méthode du trempé (grande industrie) et, enfin, méthode du compte gouttes (réservée aux amateurs). Avec cette méthode, on fait tomber, à l'aide d'un compte gouttes, sur la face cuivrée de la plaquette tenue horizontalement, quelques gouttes de la solution sensibilisante. Afin que la feuille de cuivre soit uniformément imprégnée, on incline, ensuite, la plaquette dans tous les sens.

Avec la méthode du trempé, les plaquettes sont plongées dans des cuves contenant la solution sensibilisante. Cette méthode est rapide et permet de sensibiliser simultanément un grand nombre de plaquettes.

Quelle que soit la méthode employée, la couche sensibilisante est en général trop épaisse. Afin que cette dernière soit très mince, l'excès de solution est éliminé au moyen de la force centrifuge, en faisant tourner la plaquette autour de son centre à une vitesse d'environ 100 tours par minute. Après avoir obtenu une couche uniforme, la plaquette est desséchée, ensuite elle peut être exposée comme une photographie, ou bien conservée pendant un temps assez long (plusieurs mois).

Le film négatif du dessin du circuit est appliqué sur la face cuivrée sensibilisée de la plaquette (**figure 10**).

Le contact entre les deux surfaces doit être parfait; dans ce but, on utilise soit un simple « châssis-presse » soit, mieux encore, un « châssis pneumatique » qui permet de pomper l'air existant entre les deux surfaces, créant ainsi un vide relatif. La pression atmosphérique applique alors la face cuivrée de la plaquette contre le film négatif.

Après cela, on soumet la plaquette, du côté du film, à un rayonnement lumineux provenant soit d'une lampe à arc, soit d'une lampe intense, survoltée, soit enfin, d'une lampe à vapeur de mercure.

Lorsque l'exposition est terminée, on sépare le négatif de la plaque; naturellement, ce négatif peut être

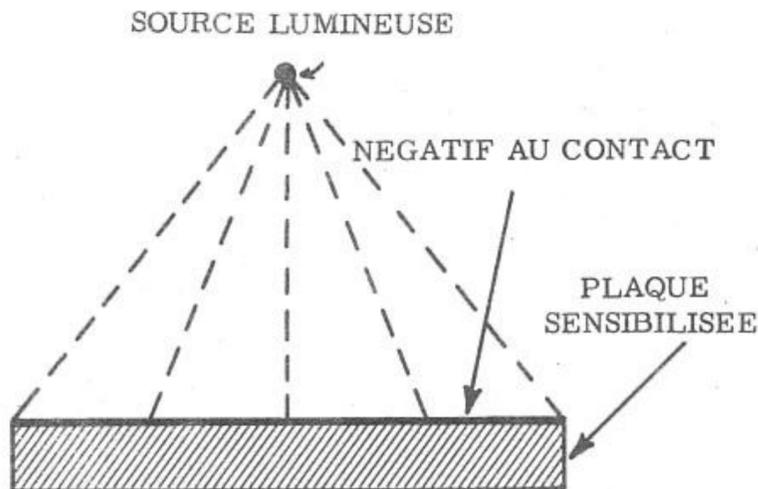


Fig. 10 - Pour la gravure du négatif sur la plaque sensibilisée, on applique directement le film sur la face cuivrée sensibilisée de la plaquette, et la lumière provenant de la source lumineuse, atteint la couche photosensible à travers les zones transparentes, correspondant aux zones noircies sur le dessin original.

utilisé pour une autre exposition tandis que la plaque est plongée dans la solution spéciale de développement.

Pendant cette phase, les zones transparentes du négatif (correspondant aux liaisons du circuit imprimé et qui sont reproduites en noir sur l'original), ayant permis le passage des rayons lumineux, provoquent, le durcissement de la solution déposée. Par contre, les zones noires (correspondant aux zones blanches sur l'original), n'ayant pas laissé passer les rayons pendant l'exposition, maintiennent les caractéristiques de solubilité de la substance photosensible. Par conséquent, dans toutes les zones qui ne sont pas exposées à la lumière, le matériau photosensible est dissous tandis que dans les zones exposées, le matériau reste sur le cuivre.

Dans certains procédés au contraire, ce sont les zones exposées à la lumière qui sont dissoutes. Après le développement, qui dure à peu près deux minutes, la plaquette est plongée pendant 30 secondes environ dans un vernis spécial, qui adhère parfaitement au matériau resté sur le cuivre à la suite du développement. Une fois cette opération terminée, la plaquette est soumise à un lavage intense avec de l'eau courante; après ce lavage, le circuit imprimé apparaît en noir sur la feuille de cuivre, dans tous ses détails.

Le vernis présent sur le cuivre est, répétons-le, inattaquable par les acides tandis que le cuivre resté nu, l'est. Par conséquent, en plongeant la plaque dans une solution corrosive le cuivre resté nu est complètement éliminé en un temps assez court tandis que les zones protégées par le vernis photosensible durci, restent intactes.

Le produit corrosif couramment employé est une solution de perchlorure de fer (liquide brum foncé) à 45° Baumé étendue de la moitié de son volume d'eau.

Après s'être assuré que tout le cuivre a été éliminé des zones correspondant aux parties blanches du dessin original, on n'a plus qu'à laver soigneusement le circuit imprimé.

Le vernis déposé sur le cuivre qui constitue les câblages imprimés doit être, à son tour, dissous afin de permettre la soudure des éléments. Cela peut être ef-

fectué au moyen de solvants convenables, à base de benzine, térébenthine ou autre.

DECOUPAGE - PERÇAGE et DERNIERE RETOUCHE du CIRCUIT IMPRIME

La plaquette à circuits imprimés ainsi obtenue, est prête à être utilisée ou conservée pour un temps indéterminé, selon les exigences. Evidemment, en cas de conservation, il faut prendre des précautions spéciales afin que la surface de cuivre ne s'oxyde pas, ce qui compromettrait la soudure des éléments au moment de l'emploi. En plus de cela, le travail d'achèvement consiste à équarrer, c'est-à-dire à enlever une partie du bord de sécurité prévue pendant la réalisation et pendant le perçage.

Pour cette dernière opération, quand il s'agit de production industrielle en grande série, il existe des machines perforatrices qui percent tous les trous nécessaires en une seule fois: voilà justement une autre raison pour laquelle a été créée la grille internationale, alors qu'il serait beaucoup plus simple d'adapter parfaitement la disposition des forets qui peuvent être installés sur ces machines, à chaque circuit.

Enfin, tout au long du bord extérieur, sont appliquées les broches de fixation ou les contacts auxquels les connexions extérieures aboutissent. Un contrôle du circuit ainsi obtenu, nécessiterait un travail assez long (contrôle de la continuité des connexions, de l'isolement, du degré d'humidité, etc.).

En général, après un simple contrôle optique on considère que le circuit est normal. Toutefois, pour des raisons bien évidentes, lorsque les différents éléments ont été fixés sur la base, avant de l'employer, il est bon d'essayer le circuit entier sur un dispositif spécial, qui, en pratique consiste en un appareil analogue à celui que réalise le circuit imprimé.

Une fois tous les contacts établis, on fait fonctionner le circuit pendant un certain temps, en le soumettant aux variations de température, aux vibrations, etc.

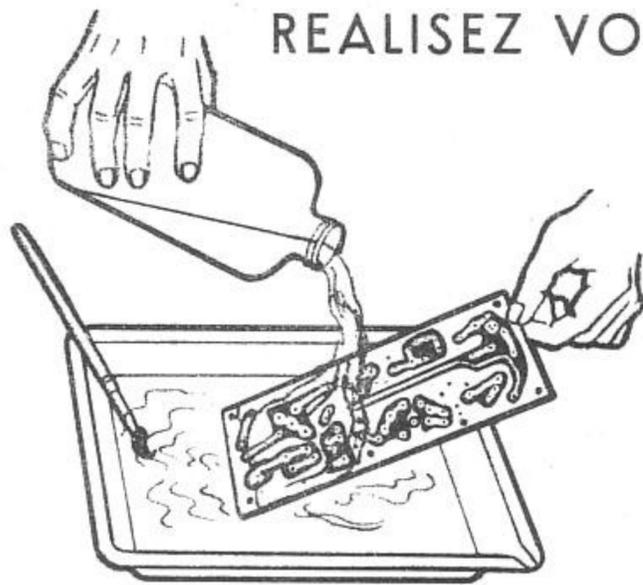
Le résultat positif de ce contrôle rend le circuit imprimé effectivement disponible pour la production.

QUESTIONS sur les LEÇONS 136 et 137

- N. 1 — Quel est l'avantage principal des circuits imprimés par rapport au système traditionnel de câblage ?
- N. 2 — Quel est, par contre l'inconvénient le plus important ?
- N. 3 — Pour quelle raison, dans un circuit imprimé existe-t-il des connexions ayant une largeur différente de celle des autres ?
- N. 4 — Parmi les différents types expérimentés, quel est le matériau isolant servant de support, le plus utilisé ? Pourquoi ?
- N. 5 — Quels sont les facteurs principaux que l'on considère dans la détermination des dimensions d'une plaquette ?
- N. 6 — Quelle est la densité maximum de courant que l'on peut adopter dans le calcul de la section des conducteurs d'un circuit imprimé ?
- N. 7 — Pour quelle raison, la connexion étant achevée, est-il nécessaire de créer une surface, en général ronde, plus large que la connexion elle-même ?
- N. 8 — A quoi sert la grille internationale ? Quelles sont ses caractéristiques ?
- N. 9 — De combien de façons peut-on effectuer la soudure des éléments fixés sur une plaquette imprimée ?
- N. 10 — Comment peut-on effectuer la réparation d'une connexion interrompue ?
- N. 11 — Quelle est la méthode actuellement en usage pour la production de circuits imprimés ?
- N. 12 — Quelle est la première opération à effectuer pendant l'établissement du projet d'un circuit imprimé ?
- N. 13 — De quelle façon est-il possible de tracer la grille internationale sur le dessin original, sans qu'elle soit pour cela visible sur la photographie ?
- N. 14 — Pour quelle raison les matériaux utilisés dans la préparation de l'original et le film employé pour le photographe, devront être « thermostables » ?
- N. 15 — Pour quelle raison, dans la production de série, préfère-t-on travailler avec plusieurs négatifs du même original ?
- N. 16 — Quelle est la différence qui existe entre les zones de l'émulsion déposée sur la surface en cuivre, qui n'ont pas été exposées à l'action des rayons lumineux ultraviolets et celles qui, au contraire, ont été exposées ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 1065

- N. 1 — La suppression d'une des deux bandes latérales, accompagnée de celle, partielle ou totale, de l'onde porteuse, avec l'avantage d'un encombrement plus réduit de la bande disponible et d'un meilleur rendement.
- N. 2 — Oui. Dans ce but il suffit de la faire suivre d'un étage doubleur où le signal d'entrée a une longueur d'onde de 40 mètres tandis que le circuit accordé de sortie résonne sur 20 mètres.
- N. 3 — Parce qu'il permet l'accord sur une fréquence quelconque de la gamme choisie, sans aucune substitution d'élément au moment de l'émission.
- N. 4 — Les variations de température, de tension et les vibrations mécaniques, qui, à leur tour, font varier les paramètres du circuit.
- N. 5 — En utilisant des circuits dont le facteur de qualité Q est le plus élevé possible ce qui conduit à utiliser pour le circuit à accord parallèle, une capacité de grande valeur.
- N. 6 — A superposer deux fréquences, l'une fixe et l'autre variable, toutes les deux de valeur relativement basse, pour obtenir une troisième fréquence (par addition) de la valeur désirée.
- N. 7 — Dans le premier, la largeur de bande double avec le doublement de la fréquence: dans le second, au contraire, elle reste constante.
- N. 8 — Parce qu'autrement, étant donnée la faible distance séparant le récepteur de l'émetteur, celui-ci induirait dans le récepteur des signaux d'intensité telle que les possibilités de réception seraient sérieusement compromises.
- N. 9 — Parce que l'oscillateur à fréquence variable, comme celui à fréquence fixe, fonctionnent sur une longueur d'onde bien différente de celle de réception.
- N. 10 — La fréquence maximum est de 3,5 kHz, et cela dans le but de limiter à 7 kHz la largeur de la bande occupée par chaque émetteur; naturellement, cela est applicable à la modulation d'amplitude normale à deux bandes latérales.
- N. 11 — Au moyen d'un commutateur spécial (généralement couplé à celui de réception/émission) qui réalise la commutation de l'antenne soit à la sortie de l'émetteur soit à l'entrée du récepteur.
- N. 12 — En adoptant un modulateur du type « équilibré », grâce auquel la porteuse appliquée à l'entrée est neutralisée à la sortie. La bande latérale peut être supprimée au moyen de l'introduction de filtres sélectifs, (à inductance et capacité) ou, également, au moyen du modulateur « équilibré ».
- N. 13 — Parce que le transformateur joue le rôle d'un filtre passe-bande, c'est-à-dire est accordé de façon à passer presque uniformément une bande de fréquences, correspondant précisément à l'une des bandes réservées aux amateurs.
- N. 14 — Accorder L3 sur la fréquence de fonctionnement.
- N. 15 — A vérifier les conditions de résonance du circuit anodique, dans ce cas le courant est minimum dans la charge.



REALISEZ VOUS - MEMES VOS CIRCUITS IMPRIMES

avec le Cogekit "Self - Print"

Comment réaliser votre circuit imprimé

Nous venons de voir quels étaient les différents procédés employés dans l'industrie pour la réalisation des circuits imprimés.

Ces procédés peuvent paraître trop difficiles au profane ou bien à l'électronicien intéressé par cette nouvelle technique.

En réalité, la réalisation d'un circuit imprimé est extrêmement facile et même amusante, par certains côtés. Elle ne nécessite qu'un peu d'adresse et de réflexion. De plus, elle permet une grande originalité dans la réalisation, qui est plus difficile par les moyens classiques.

Résumons brièvement tout d'abord, les connaissances acquises par l'étude des deux leçons précédentes.

Qu'est-ce qu'un circuit imprimé ?

Un circuit imprimé est constitué essentiellement par une plaquette isolante, en bakélite par exemple. Sur cette plaquette, un certain nombre de conducteurs ou connexions, réalisant un circuit, sont fixés rigidement, à la différence d'un fil de câblage ordinaire qui serait soudé seulement aux deux extrémités. Les divers éléments entrant dans la composition du circuit (transistors, supports de tubes, résistances, etc...) sont fixés sur la plaquette isolante elle-même (en général ils sont fixés uniquement par leurs soudures sur les connexions).

Comment réalise-t-on un circuit imprimé ?

Industriellement, on réalise les circuits imprimés par deux méthodes différentes:

La première consiste à partir d'une plaquette isolante nue et à lui appliquer des bandes de métal conducteur aux endroits nécessaires pour réaliser le circuit, soit par fixation mécanique, soit par peinture au pochoir, métallisation sous vide ou impression.

La seconde consiste à partir d'une plaquette isolante préalablement recouverte sur toute sa surface d'une feuille de cuivre collée. Le circuit est réalisé en enlevant le métal inutile, par des moyens mécaniques ou chimiques.

Pour les réalisations d'amateur, on utilise uniquement la seconde méthode, l'enlèvement du métal étant réalisé par un moyen chimique.

Les différentes opérations à réaliser sont les suivantes:

- a) Dessin du circuit sur une feuille de papier;
- b) Report du dessin sur la plaquette cuivrée. Les parties de métal à conserver sont protégées par une couche de peinture.
- c) Attaque par une solution de perchlore de fer: cette solution attaque et dissout le cuivre partout où il n'est pas protégé.
- d) Enlèvement de la peinture par dissolution au trichlore.
- e) Exécution des perçages nécessaires à la fixation et au raccordement des éléments.

1) Le matériel

Il comprend:

- a) un bac en matière plastique de forme rectangulaire, peu profond;
- b) des cristaux de perchlore de fer à dissoudre dans l'eau. On trouve une telle solution toute préparée dans les grandes drogueries;
- c) une peinture qui peut être une peinture émail à séchage rapide;
- d) un pinceau effilé (pinceau à dessin), ainsi qu'un pinceau moyen;
- e) une feuille de bakélite cuivrée que l'on trouve dans certaines maisons spécialisées;
- f) enfin, le nécessaire pour couper la feuille cuivrée et percer les trous (forets de 1,5 mm, 2 mm, 4 mm, et scie).

2) Réalisation d'un amplificateur BF

Nous vous conseillons de réaliser, pour commencer, le petit amplificateur basse fréquence de la **figure 1**.

Il faut tout d'abord faire un dessin, sur le papier, de la réalisation pratique de cet amplificateur.

On peut faire plusieurs réalisations de ce genre (toujours sur le papier) car on est guidé au départ par des considérations d'encombrement ou de dispositions personnelles.

Après plusieurs dessins vous verrez votre circuit se préciser dans sa forme et son encombrement et aussi dans sa simplicité.

Enfin, vous pourrez choisir entre plusieurs dessins celui qui vous plait le mieux.

Voici quelques conseils pour l'exécution de ce travail :

Vous avez le schéma de principe de l'amplificateur mais, par exemple, la place disponible pour cet amplificateur se trouve définie à l'avance dans un ensemble déjà existant. Cette place est, supposons-le, de 90 x 40 mm.

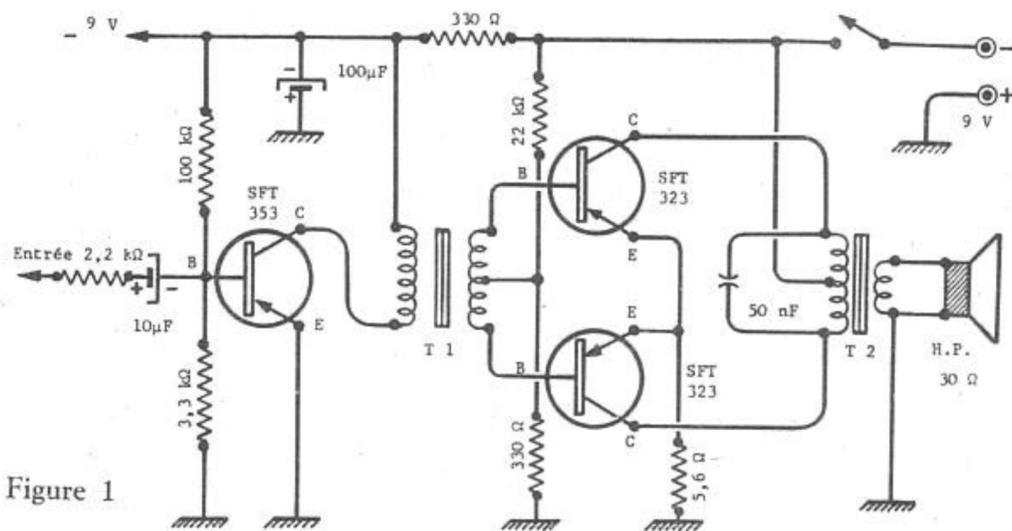


Figure 1

Vous prenez une feuille de papier quadrillée à 5 mm et sur les lignes vous dessinez un premier rectangle de 90 × 40 mm.

Tracez une ligne d'axe dans le sens de la longueur.

Rassemblez devant vous le matériel nécessaire à la construction de l'amplificateur.

Il va falloir grouper tout ce matériel sur votre rectangle de 90 × 40 mm et d'une façon logique bien entendu.

Cet ordre logique est tout d'abord celui du schéma et il faudra essayer de s'y tenir.

Nous avons d'abord à réaliser l'implantation du matériel et ensuite les liaisons entre éléments.

Remarques

1°) Etant dans un espace à deux dimensions, il est impossible de croiser deux connexions.

Ces connexions ne pouvant être interrompues, pour passer d'un élément à un autre, il faudra qu'elles se contournent ou bien se servent d'un élément (condensateur ou résistance) pour les croiser (figure 2).

2°) Il y a deux façons de monter les éléments sur le circuit imprimé: à plat ou debout. Il est préférable de les monter à plat mais dans les cas difficiles d'encombrement, on les placera debout.

Revenons à notre dessin. - Nous employons donc du papier quadrillé de 5 mm de côté. Les trous nécessaires à la fixation des éléments seront placés à l'intersection de deux lignes, sauf pour certains éléments tels que transformateurs B.F. ou F.I. (fréquence inter-

médiaire), etc... dont les perçages sont très précis (figure 2).

Les connexions suivront les lignes du papier, sauf pour certains contours ou points de passage (figure 3).

Implantation. - Il faudra d'abord placer les grosses pièces: dans notre cas les deux transformateurs et les condensateurs électrochimiques.

Les transformateurs seront, ainsi que tout le matériel, implantés soit sur la ligne médiane, soit de part et d'autre de cette ligne (fig. 2).

Une excellente méthode, pour un appareil à transistors, consiste à employer deux lignes de cuivre placées au bord des deux grands côtés du rectangle. Une ligne sera le + batterie (ou masse), l'autre ligne le - batterie.

Les entrées et sorties du circuit seront placées aux deux extrémités du rectangle.

Nous allons commencer la réalisation en prenant le schéma à l'envers (en l'occurrence par T2).

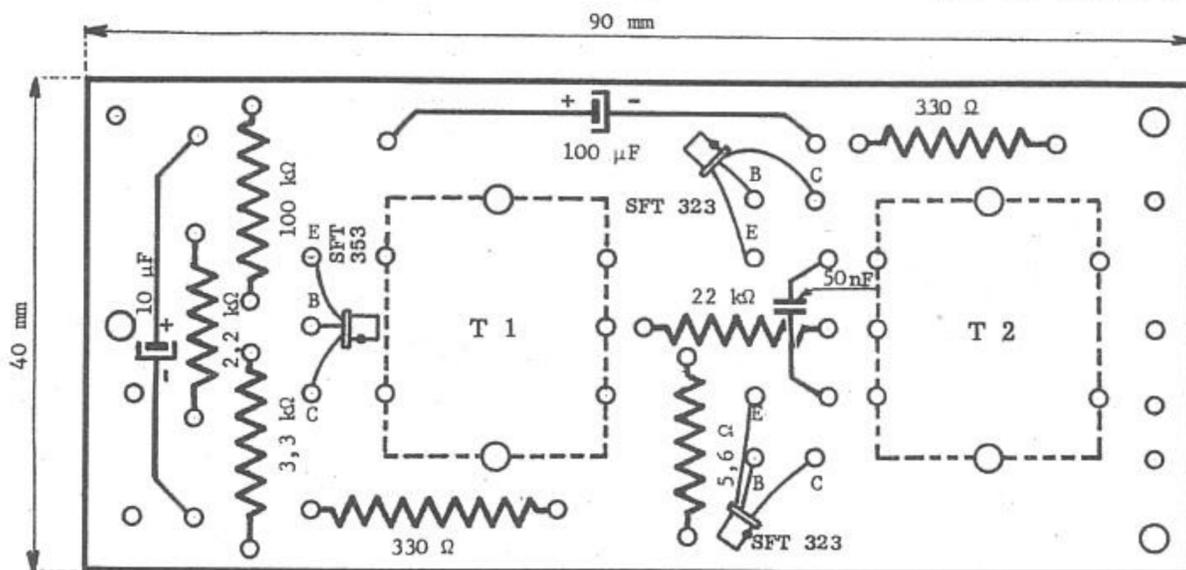
Posons donc T2 à cheval sur la ligne médiane en laissant 5 mm pour les fils de sortie.

Posons ensuite T1, toujours sur la ligne médiane, mais en laissant un espace suffisant pour y loger les deux transistors de puissance et leurs éléments de liaison. Vous voyez (fig. 2) que la distance optimale d'axe entre les 2 transformateurs sera de 40 mm.

Placez ensuite le transistor driver et ses éléments en réservant encore 5 mm pour les fils d'entrée.

En ce qui concerne l'alimentation des transistors, par exemple les ponts de base, les deux résistances partant de la base (au centre du circuit) iront sans difficulté d'une part au + et d'autre part au - batterie et sans se gêner. Les lignes de cuivre (connexions) seront, lorsque c'est possible, espacées de 5 mm.

Dans le dessin d'un circuit imprimé on trouve toujours quelque « astuce » permettant par exemple le passage d'une connexion. (Dans notre cas par exemple, la masse du condensateur de découplage de 100 μF). La fixation mécanique du transformateur T1 et T2 se fait par un petit étrier en tôle cadmiée et à l'aide de deux pattes passant dans deux trous de 3 mm. La ligne de masse (+ batterie) se trouve du mauvais côté



T 1 et T 2 sont vus en transparence

DISPOSITION DES ELEMENTS SUR CIRCUIT IMPRIME (côté cuivre)

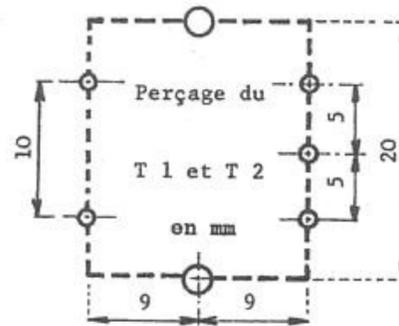


Figure 2

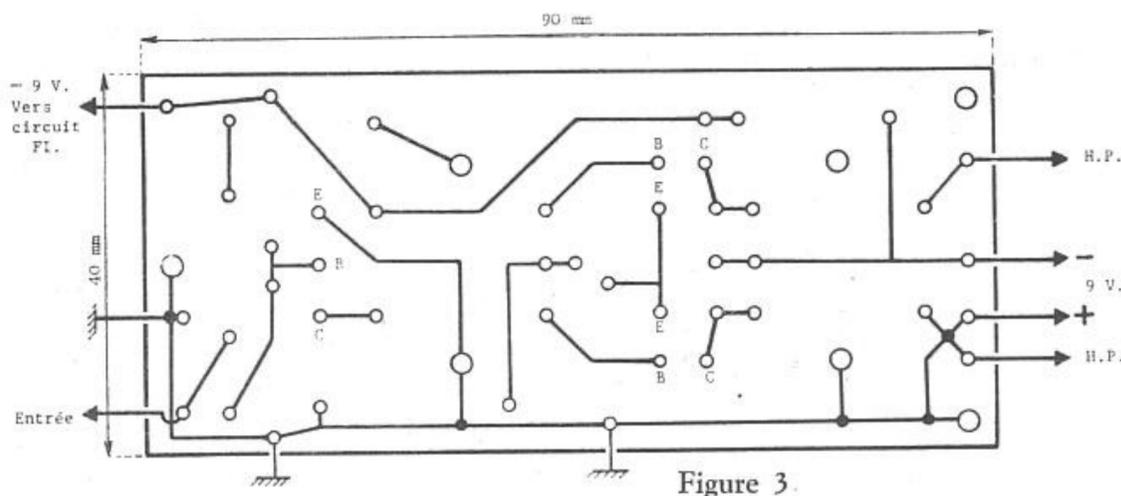


Figure 3.

té par rapport à ce condensateur de découplage. On le ramène du bon côté par l'intermédiaire de l'étrier.

3) Recherche des connexions sur le circuit imprimé

Lorsque l'on juge que l'on a déterminé à peu près la disposition des pièces, on reporte leur emplacement exact au crayon sur le papier (fig. 3).

C'est à ce moment qu'il va falloir faire travailler son imagination pour relier toutes ces pièces ensemble.

On cherchera des points de passage possible et on y arrivera quelquefois après avoir noirci pas mal de papier !

C'est dans cette réalisation que réside la partie passionnante du problème et aussi son côté personnel.

Car, pour un même schéma on trouve souvent plusieurs réalisations valables dans un même laboratoire,

mais qui sont le fait de plusieurs techniciens.

Toutefois, dans la transposition du schéma, il ne faudra pas perdre de vue certains impératifs tels que liaisons courtes, découplages courts, proximité gênante de deux éléments, etc..., qui sont les mêmes que dans le câblage classique.

4) Report sur le cuivre

Lorsque le dessin est définitif, il faut le reporter sur la plaquette de bakélite cuivrée (figure 3).

La façon la plus commode, c'est de reproduire d'abord (côté cuivre) le quadrillage du papier.

Puis, à l'aide d'une équerre, d'une règle et d'un réglet, on reportera tous les trous du dessin en précisant la place d'une façon définitive à l'aide d'une pointe à tracer par exemple (ou un poinçon).

Ce travail est long, mais doit être fait soigneusement, surtout en ce qui concerne certains éléments à plusieurs « pattes », tels que transformateurs BF et FI.

Remarque. - Ne pas utiliser un pointeau et un marteau qui ferait éclater la bakélite.

Lorsque tous les trous sont pointés, les relier, toujours en s'aidant du dessin, par des traits de crayon très marqués.

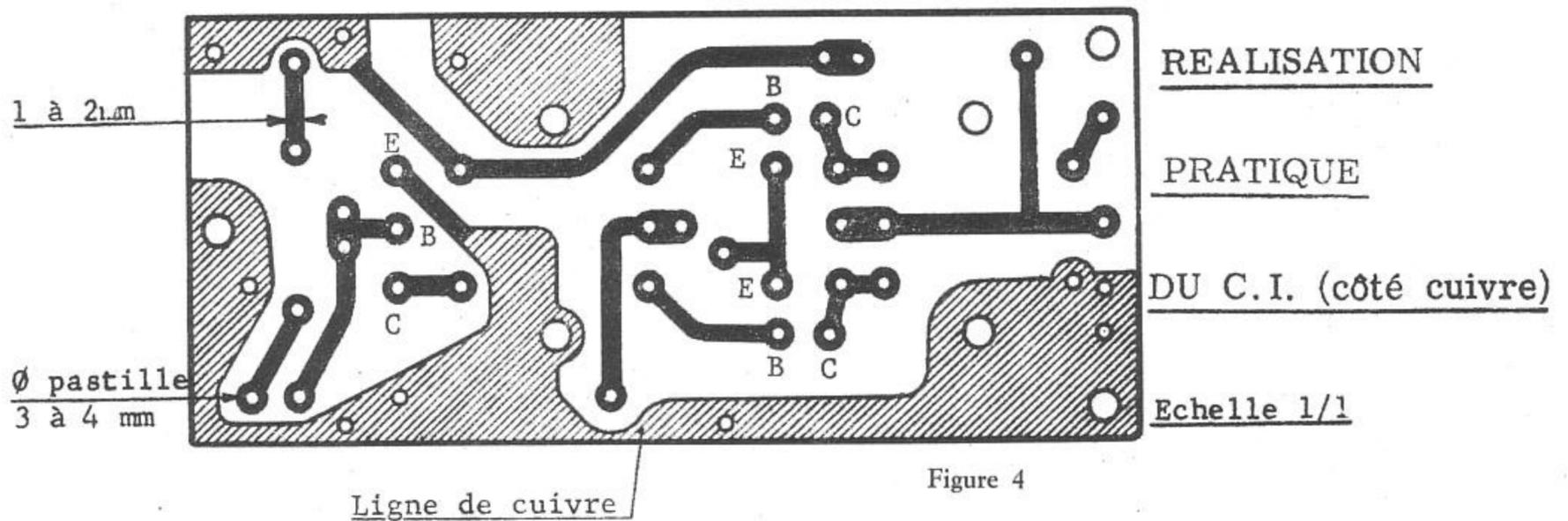
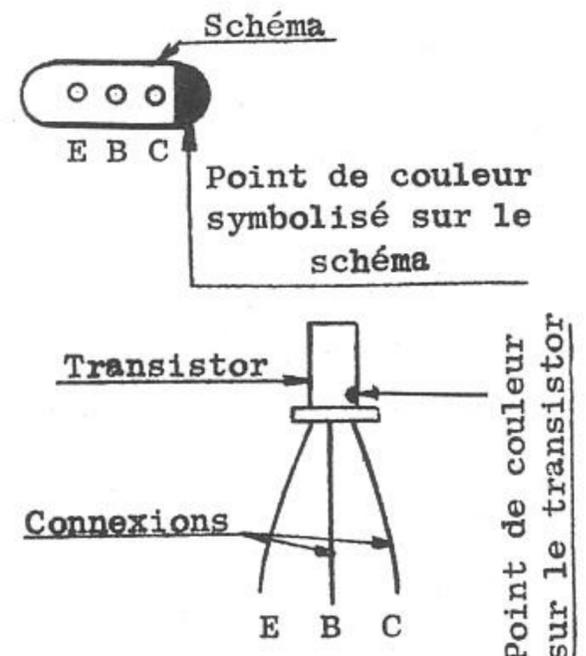
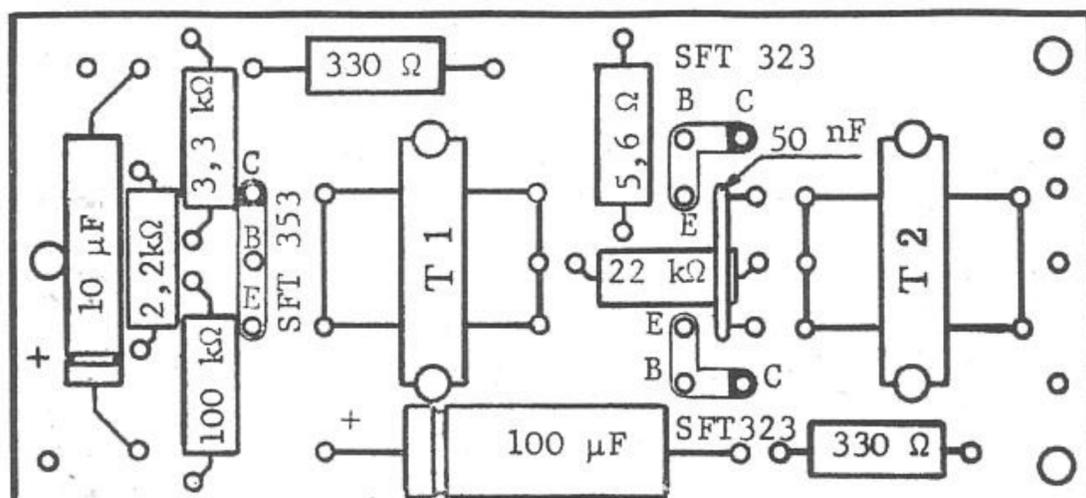


Figure 4

Figure 5 SERIGRAPHIE (côté bakélite)



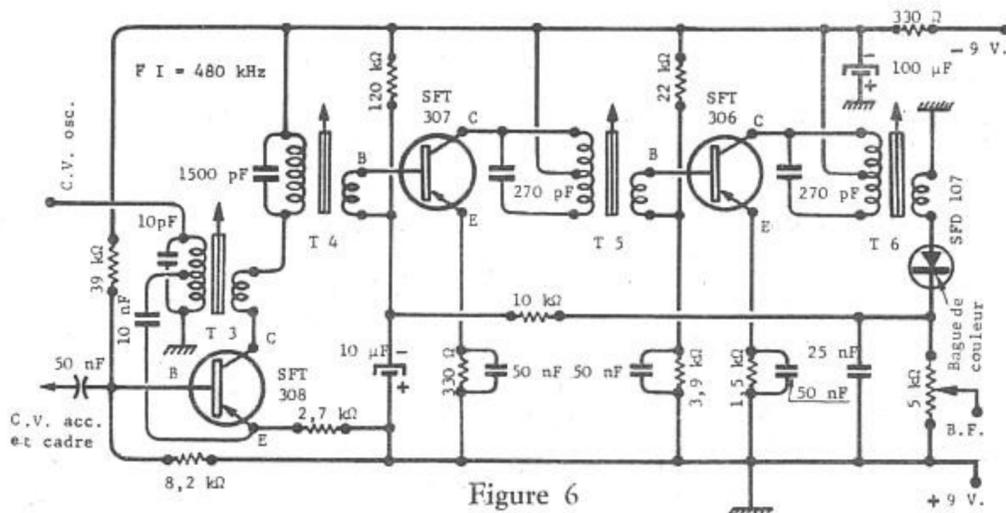


Figure 6

Contrôler minutieusement que tout le traçage correspond bien au dessin.

5) Mise en peinture

Maintenant nous allons passer la peinture sur les parties à protéger à l'aide du petit pinceau. Les traits de peinture auront une largeur comprise entre 1 et 2 mm. Les trous seront cerclés par une « pastille » de 3 à 4 mm (fig. 3).

Faire ce travail de peinture très soigneusement, car c'est de lui que dépend l'aspect définitif du circuit imprimé.

Lorsque cela sera possible, le + batterie (ou masse), ainsi que certaines liaisons, comprendront de grandes surfaces de cuivre afin d'augmenter, tout d'abord, la résistance mécanique et, aussi, pour réaliser une sorte d'écran entre différents circuits, ce qui est très intéressant en HF en particulier.

Lorsque la peinture a été étalée, on laissera sécher le circuit à l'abri des accidents. Ce séchage dépend de la peinture employée. Il peut varier de 3 à 24 heures.

6) Préparation de la solution de perchlore de fer

Versez dans la cuvette un demi-litre d'eau. Puis, faites dissoudre un sachet de cristaux de perchlore de fer dans ce volume d'eau. Il faudra agiter la cuvette de temps en temps et déplacer les cristaux avec une baguette en bois.

Évitez à tout prix un contact manuel avec cette solution. Elle est dangereuse.

La solution doit être conservée dans le flacon plastique. Une étiquette indiquant la nature: « Perchlore de fer » ainsi que le mot « Produit dangereux », doit être collé.

Mettre ce flacon à l'abri des enfants.

7) Décapage du circuit

Verser dans la cuvette une quantité de perchlore de fer largement suffisante pour que le circuit imprimé puisse bien tremper (un demi litre suffit en général).

Plongez le circuit dans le bain, le cuivre vers le haut, et enfoncez-le avec une baguette.

Regardez l'heure à ce moment là

La durée du bain peut varier entre 1 h et 2 h. Vous devez bien surveiller, car le circuit peut re-

venir flotter à la surface: regarder tous les quart d'heure et agiter le circuit dans le bain, la rapidité sera augmentée.

Lorsque le cuivre a disparu aux endroits non peints, retirez le circuit et plongez le dans une autre cuvette remplie d'eau.

Puis le laver soigneusement et laisser sécher.

N'oubliez pas également de remettre le perchlore de fer dans son flacon.

La solution peut être conservée longtemps et réutilisée plusieurs fois. Elle doit être remplacée lorsque le temps du décapage devient trop long.

8) Comment enlever la peinture

La meilleure façon de faire disparaître la peinture est de verser dessus du trichlore (ou tremper le circuit dedans). Le peinture se désagrège et disparaît avec un coup de chiffon.

On peut aussi le gratter soigneusement. On peut aussi, tout simplement, enlever la peinture avec un chiffon imbibé d'essence. Lorsque la peinture sera retirée, vous verrez reparaître le cuivre ainsi que les coups de pointe à tracer; à ce moment, il faudra percer les trous avec un foret en s'aidant de la foreuse prévue à cet effet. Si vous possédez une chignole, vous pouvez l'utiliser avantageusement (fig. 4). Les trous destinés aux résistances et aux condensateurs seront de 1,5 mm; pour les autres composants il faudra les mesurer. Les trous de fixation seront de 3,2 mm. Après perçage, vous poncerez le cuivre légèrement avec un abrasif très fin (papier de verre). Vous êtes alors en possession de votre premier circuit imprimé.

9) Soudage des éléments

Vous utiliserez un fer à souder à panne fine, très propre et bien étamée. Pour souder une résistance, par exemple, pliez les deux fils de façon que ce pliage corresponde aux deux trous. Passez les fils dans les trous, pris écartez les légèrement vers l'extérieur, la résistance tiendra toute seule. Retournez le circuit sur le dos et soudez en chauffant à la fois le fil et le circuit en « mouillant » avec un peu de soudure.

Si vous éprouvez une difficulté à ce moment là, ne pas chauffer plus de 3 secondes, laissez refroidir un peu et recommencez après avoir gratté un peu le cuivre. Coupez les fils après soudure et le plus près possible. Lorsque tous les éléments seront soudés, il faudra faire un contrôle minutieux des soudures et éliminer les court-circuits éventuels (fig. 5).

Pour cela, il faut tenir le circuit, cuivre vers le bas et chauffer la soudure verticalement. Dès qu'elle fond, donnez une secousse au circuit pour la faire tomber.

10) Circuits HF et FI

Cet amplificateur BF, dont la qualité et la puissance (200 mW) vous étonneront, peut être précédé des circuits HF et FI. Les schémas et dessins de ceux-ci

- Radioactive thickness gage** — Instrument pour mesurer l'épaisseur de parois métalliques au moyen d'un faisceau de rayons gamma.
- Radioactive tracer** — Radioisotope utilisé pour mettre en évidence le développement d'un processus déterminé.
- Radioactive transformation** — Transformation radioactive (d'un élément chimique en un autre par radioactivité).
- Radioactivity** — Radioactivité (désintégration nucléaire spontanée).
- Radio aid** — Aide radio à la navigation.
- Radio altimeter** — Radioaltimètre (altimètre dont le fonctionnement est basé sur la réflexion des ondes radio sur le sol).
- Radio altitude** — Voir « Radar Altitude ». Altitude donnée par le radioaltimètre.
- Radio amateur** — Radio amateur.
- Radio approach aid** — Appareillage qui facilite au pilote d'un avion l'approche d'un aérodrome, par mauvaises conditions de vol, en vue de l'atterrissage (ILS, balises, fan-marker, etc.).
- Radio astronomy** — Radioastronomie (étude des ondes radio émises par les corps célestes).
- Radio attenuation** — Affaiblissement radio.
- Radio autocontrol** — Télécommande automatique radio.
- Radioautograph** — Enregistrement photographique de radiations provenant d'une matière radioactive.
- Radio balloon** — Radiosonde.
- Radio beacon** — Radiophare (émetteur radio à rayonnement circulaire qui peut être relevé au goniomètre).
- Radio beacon station** — Dans la terminologie de l'OACI (International Civil Aviation Organisation), station radio spéciale dont les émissions permettent à une station mobile de déterminer son gisement vis à vis du radiophare.
- Radio-beacon system** — Réseau de radiophares conjugués (radiophares marins).
- Radio beacon with double modulation** — Radiophare à double modulation.
- Radio beam** — Faisceau d'ondes radio.
- Radio bearing** — Relèvement radiogoniométrique.
- Radio bearing installation** — Radiogoniomètre.
- Radiobiology** — Radiobiologie (partie de la biologie qui s'intéresse aux effets des radiations sur les tissus vivants).
- Radio blackout** — Absorption totale des ondes radio (de la part de l'ionosphère).
- Radio broadcast** — Radio diffusion, programme radiophonique.
- Radio broadcasting** — Radio diffusion.
- Radio broadcasting station** — Station de radiodiffusion.
- Radiocarbon** — Radiocarbone (Radioisotope).
- Radiocarbon gage** — Evaluation de l'âge d'une matière quelconque en fonction de la radioactivité du carbone 14 contenu dans cette matière.
- Radiocesium** — Radiocaesium (radioisotope).
- Radio channel** — Canal radio (gamme de fréquences).
- Radiochemistry** — Radiochimie.
- Radio choke coil** — Bobine d'arrêt H.F.
- Radio circuit** — Circuit radio.
- Radio circuit discipline** — L'emploi correct des appareillages radio, ainsi que l'observation des fréquences et des procédures.
- Radiocolloid** — Groupement d'atomes radioactifs.
- Radio command** — Signal radio de télécommande de véhicule.
- Radio communication circuit** — Circuit de radiocommunication.
- Radio communication guard** — Station radio qui écoute et enregistre pour le contrôle des émissions dans une certaine gamme de fréquences.
- Radio communication link** — Liaison radio.
- Radio communications** — Radiocommunications.
- Radio compass** — Radiocompas (radiogoniomètre utilisé pour la navigation, qui fournit le gisement d'une station radio).
- Radio compass loop antenna** — Antenne de radiogoniomètre.
- Radio control** — Radiocommande.
- Radio controlled target** — Cible télécommandée.
- Radio countermeasure** — Contre-mesure radio (brouillage volontaire pour gêner et empêcher l'écoute des émissions radio).
- Radio deception** — Emploi de la radio pour tromper l'ennemi (en envoyant des faux messages ou bien en utilisant des indicateurs d'appel de l'ennemi).
- Radio detection** — Radiolocalisation.
- Radio determination** — Relèvement radio.
- Radio direction finder** — Radiogoniomètre (poste récepteur qui peut être utilisé pour déterminer un gisement radio).
- Radio direction finding** — Radiogoniométrie ou radiolocalisation.
- Radio direction-finding station** — Station radiogoniométrique.
- Radio discipline** — Discipline radio (l'observation exacte des règles relatives à l'emploi de la radio).
- Radio distortion** — Distorsion des signaux radio.
- Radio element** — Radioélément.
- Radioelectroencephalograph** — Radioélectroencéphalographe.
- Radio engineering** — Technique de la radio.
- Radio enthusiast** — Amateur de la radio.
- Radio equipment** — Appareillage radio.
- Radio facsimile** — Communications en facsimile par voie radio.
- Radio fadeout** — Evanouissement des ondes radio (qui sont absorbés par les plus basses couches de l'ionosphère).
- Radio fan marker beacon** — Voir « Fan marker beacon ».
- Radio field intensity** — Intensité du champ radioélectrique.
- Radio field strength** — Intensité du champ radioélectrique.
- Radio field-to-noise ratio** — Rapport entre l'intensité du champ radioélectrique et le bruit.
- Radio fitter** — Monteur radio.
- Radio fix** — Détermination de la position géographique d'un navire ou d'un avion, muni de radiocompas, par intersection de deux ou plusieurs relèvements de radiophares, ou par relèvements simultanés de deux ou trois stations fixes de l'émission de la station mobile.
- Radio fixing aids** — Appareillage radio pour déterminer la position géographique d'un navire ou d'un avion.
- Radio frequency** — Haute Fréquence (allant de 10 kHz à 300 000 MHz).
- Radio-frequency alternator** — Alternateur Haute Fréquence.
- Radio-frequency amplification** — Amplification Haute Fréquence.
- Radio-frequency amplifier** — Amplificateur Haute Fréquence.
- Radio-frequency choke** — Impédance à Haute Fréquence.
- Radio-frequency choke coil** — Bobine d'arrêt Haute Fréquence.
- Radio-frequency coil** — Bobine Haute Fréquence.
- Radio-frequency component** — Composante haute fréquence (portion d'un signal composée uniquement par les alternances H.F.) composante H.F.
- Radio-frequency current** — Courant Haute Fréquence (courant alternatif de fréquence supérieure à 10 000 Hz).
- Radio-frequency feed-back** — Retour d'énergie Haute Fréquence, contre-réaction Haute Fréquence.
- Radio-frequency filter** — Filtre (de blocage) Haute Fréquence.
- Radio-frequency heating** — Chauffage Haute Fréquence.
- Radio-frequency image** — Fréquence image d'un signal radio.
- Radio-frequency intermodulation distortion** — Distorsion d'intermodulation dans les étages H.F. (d'un poste récepteur).
- Radio-frequency oscillator** — Oscillateur haute fréquence.
- Radio-frequency pulse** — Porteuse H.F. modulée en amplitude par impulsions.
- Radio-frequency resistance** — Résistance Haute Fréquence.
- Radio-frequency stage** — Etage Haute Fréquence.
- Radio-frequency suppressor** — Dispositif pour absorber l'énergie rayonnée qui pourrait causer des interférences à la réception radio.
- Radio-frequency transformer** — Transformateur Haute Fréquence.
- Radio-frequency transparent** — Se dit d'un corps qui laisse passer les ondes radio.
- Radiogenic** — Produit radiogénique.
- Radio heat** — Chaleur de radioactivité.
- Radiogoniometer** — Radiogoniomètre.
- Radiogram** — Radiogramme (message transmis par voie radio).
- Radiograph** — Radiographie (image photographique obtenue aux rayons X ou gamma à travers un objet).
- Radiographic stereometry** — Stéréométrie radiographique (détermination de la position et des dimensions des détails à l'intérieur même d'un objet grâce aux mesures effectuées sur des radiographies prises sous différents angles).
- Radiography** — Radiographie.
- Radio-guidance system** — Système de radioguidage.
- Radio-guided bomb** — Bombe radioguidée.
- Radio homing beacon** — Radiophare d'alignement.
- Radio horizon** — Horizon radio (lieu des points où le rayonnement d'un émetteur devient tangent à la surface de la terre).
- Radio inertial guidance** — Radioguidage par inertie.
- Radio intercept** — Interception de messages radio.
- Radio interference** — Interférence radio.
- Radioisotope** — Radioisotope (isotope radioactif produit artificiellement).
- Radio jamming** — Transmission délibérée de signaux de brouillage.

Radio knife — Bistouri électrique (bistouri utilisant un arc électronique Haute Fréquence en chirurgie).

Radio landing aids — Ensemble des aides-radio d'atterrissage.

Radio landing beam — Faisceau d'ondes radio utilisé pour le guidage d'un avion pour l'atterrissage.

Radiolead — Radioisotope du plomb.

Radio license — Licence, brevet de radio.

Radio line of position — Ligne de position obtenue au radiogoniomètre.

Radio link — Liaison radioélectrique, faisceau hertzien..

Radiolocation — Radiolocalisation (position d'un mobile déterminée par des moyens radio, goniomètres, radars, etc.).

Radio log — Registre des enregistrements quotidiens des messages envoyés et reçus par une station radio.

Radiological — Radiologique.

Radiological defense — Défense radiologique.

Radiological indicator — Indicateur radiologique (de la radioactivité au-dessus d'une valeur déterminée).

Radiological warfare — Guerre radiologique.

Radiologist — Radiologue.

Radiology — Radiologie (la science qui s'occupe de la production et de l'emploi des rayons X, rayons gamma et autres radiations ionisantes de fréquence élevée).

Radioluminescence — Radioluminescence (luminescence produite par une énergie radioactive, par exemple: des rayons X, émissions radioactives, particules alpha, ou bien des électrons).

Radio magnetic indicator — Indicateur radio magnétique (pour la navigation aérienne).

Radioman — Opérateur radio.

Radio marker beacon — Radiobalise VHF (75 MHz) à rayonnement vertical, se traduisant par un signal visuel et auditif à bord de l'avion.

Radio marker station — Station de radiobalise, généralement située sur une route aérienne (airway) et surtout sur l'axe d'approche ILS.

Radio mast — Antenne mât.

Radiomateriology — Etude aux rayons X.

Radio mechanic — Radiomécanique de la structure interne d'un matériau.

Radiometal locator — Radiorepérage de gisements métallifères (dispositif électronique rayonnant un champ électromagnétique Haute Fréquence, ce dernier étant perturbé par la présence de masses métalliques).

Radiometallography — Radiométagraphie (étude de la structure interne d'un métal au moyen des rayons X).

Radiometeorograph — Radiosonde enregistreuse météorologique.

Radiometer — Radiomètre (instrument pour mesurer l'énergie de rayonnement, récepteur mettant en évidence les radiations thermiques et autres signaux similaires de faible intensité et à large bande produisant un bruit semblable au bruit de fond du récepteur).

Radiometer-type receiver — Voir « Radiometer ».

Radiometric analysis — Analyse radiométrique (analyse chimique quantitative basée sur la mesure de la vitesse de désintégration d'un composant radioactif).

Radiometry — Radiométrie (mesure des radiations).

Radiomicrometer — Radiomicromètre (détecteur thermosensible de la puissance de rayonnement).

Radiomonitor — Contrôle radio.

Radio multiplexing — Division d'un canal radio en un certain nombre de canaux codés répartis dans la gamme de fréquence; liaison de deux ou plusieurs émetteurs ou récepteurs à la même antenne à l'aide de réseaux de couplage.

Radio navigation — Radionavigation.

Radio navigation aid — Aide à la radionavigation.

Radio navigation guidance — Le guidage d'un mobile selon une route balisée radioélectriquement.

Radio navigation land station — Station fixe pour la radionavigation.

Radio navigation mobile station — Station mobile pour la radionavigation.

Radio navigation service — Service de radionavigation.

Radio net — Réseau de stations radio.

Radio noise — Bruit de fond, brouillage, parasite.

Radio noise field intensity — Intensité du champ radioélectrique perturbateur.

Radionuclide — Radionuclide (substance qui présente une certaine radioactivité).

Radio operator — Opérateur-radio.

Radio-optical line of distance — Limite de portée d'une onde suivant les lois de l'optique.

Radio-optical range — Portée d'une onde radio suivant les lois de l'optique.

Radiopaque — Radio-opaque (qui n'est pas pénétrable par les rayons X ou par une autre forme de radiation).

Radio path — Faisceau radio.

Radiophare — Radiophare.

Radiophone — Radiotéléphone.

Radio phonograph — Radiophonographe.

Radiophoto — Radiophoto (photo transmise par voie radio belinogramme).

Radiophotograph — Radiophotographie (Photo transmise par voie radio).

Radiophotography — Radiophotographie (transmission de photo par voie radio).

Radiophotoluminescence — Radiophotoluminescence (luminescence de quelques minéraux soumis d'abord aux rayons X ou gamma, puis exposés à la lumière).

Radioplay — Jeu radiophonique.

Radio position finding — Repérage de la position d'une station radio grâce à deux ou plusieurs radiogoniomètres par triangulation.

Radio positioning land station — Station fixe pour le service de radiorepérage.

Radio positioning mobile station — Station mobile pour le radiorepérage.

Radio position-line determination — Détermination d'une ligne de position par radiorepérage.

Radio procedure — Règlementation radio.

Radio program — Programme radio.

Radio propagation prediction — Prévisions sur la propagation radio (d'après l'activité des tâches solaires et de la variation des saisons).

Radio prospecting — Procédés radio pour la recherche de gisements minéraux ou pétrolifères.

Radio proximity fuse — Emetteur récepteurs radio placé dans un missile qui déclenche l'explosion de la charge à proximité

de la cible, la distance optimum étant déterminée en fonction de l'intensité des échos sur cette cible.

Radio range — Moyen de radioguidage qui détermine dans un plan horizontal 4 secteurs différenciés par les lettres Morses complémentaires A et N (. — et — .), ce qui a pour effet de créer 4 axes privilégiés, la fusion des signaux A et N donnant un trait continu. La lettre N est toujours dans le secteur contenant le Nord magnétique.

Radio-range beacon — Radiophare directionnel.

Radio-range beam — Faisceau de radiophare directionnel.

Radio range-finding — Relèvement goniométrique d'un radio-range.

Radio-range leg — Branche d'un radiophare directionnel.

Radio-image monitor — Appareil de contrôle automatique du signal émis par un radiophare directionnel, fournissant un signal d'alarme aux avions en approche lorsque le fonctionnement du radiophare n'est pas correct.

Radio range station — Station du radiophare directionnel.

Radio receiver — Poste récepteur.

Radio receiving set — Poste récepteur.

Radio receiving tube — Tube de réception.

Radio reception — Réception radio.

Radio relay system — Station-relais.

Radio repeater — Répéteur radio (amplificateur relais sur une ligne ou un coaxial).

Radioreistance — Radiorésistance (la résistance des tissus, organismes etc. soumis à l'action nocive des radiations).

Radio scattering — Dispersion des ondes électromagnétiques par les couches supérieures de l'atmosphère.

Radiosensitive — Sensible aux radiations.

Radio serviceman — Technicien d'un service d'assistance.

Radio servicing — Service de réparations radio.

Radio set — Emetteur radio, poste récepteur ou bien les deux.

Radio shadow — Absorption des ondes-radio.

Radio shielding — Blindage métallique pour empêcher des interférences d'un circuit sur un autre.

Radio signal — Signal radio.

Radio silence — Période de silence (période pendant laquelle les transmissions d'une station d'émission sont interrompues pour permettre la réception des signaux de détresse).

Radiosondage — Radiosondage.

Radiosonde — Radiosonde (émetteur radio automatique placé à bord d'un ballon, donnant des informations météorologiques).

Radiosonde balloon — Ballon pour radiosonde.

Radiosonde station — Station météorologique qui utilise des radiosondes.

Radiosonic — Qui fait usage d'ondes radio pour le radiosondage.

Radio sonobuoy — Bouée émettrice (notamment utilisée pour la détection et le repérage des sous-marins).

Radio sounding — Radiosondage (détermination de la profondeur de l'eau, ou bien de l'altitude, au moyen d'ondes radio).

mesurer c'est savoir!

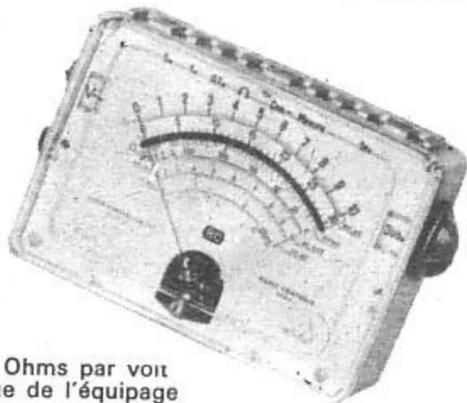
(GEORGES OHM)

CONSULTEZ

RADIO-CONTROLE

IL VOUS EXPOSERA LES AVANTAGES MULTIPLES DE SA GAMME D'APPAREILS DE MESURE

VOICI LE
**SUPER CONTROLEUR
DE POCHE
TYPE SC3
50.000 Ω par Volt !**



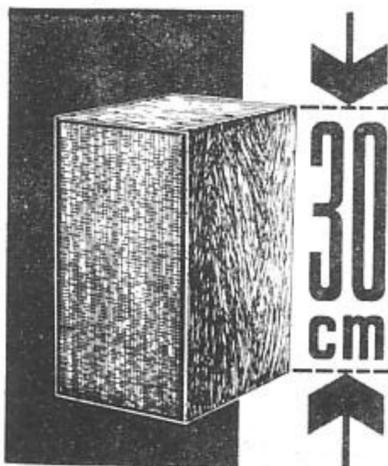
Ses avantages :

- Suppression des pivots, crapaudines et spiraux
- Résistance interne de 50.000 Ohms par volt
- Protection statique automatique de l'équipage à cadre mobile
- Grand cadran à échelles multiples
- Les sensibilités 300 millivolts et 1 volt en continu 225.000 et 50.000 Ω
- Ohmmètre 4 gammes
- Cache transparent en plexiglas incassable
- Dimensions 160 x 115 x 55 mm
- Poids : 0,850 Kg

EN VENTE CHEZ TOUS LES BONS REVENEURS RADIO

RADIO-CONTROLE CATALOGUE GRATUIT SUR DEMANDE
141, RUE BOILEAU - LYON (6^e)

POURQUOI L'ENCEINTE "MINIMEX" CHEZ VOUS ?



PARCE QU'É
POUR UN
ENCOMBREMENT
INCROYABLEMENT
FAIBLE

x 15,8 x 23,5

VOUS
OBTIENDREZ
UNE

HAUTE FIDELITE DE REPRODUCTION SONORE

Enceinte de petit volume ne posant pas de problème d'installation — Système à décompression lamellaire et à diffraction contrôlée

IMPEDANCE 15 ohms ou 4/5 ohms (à préciser)

Haut-parleur grave elliptique 12 x 19 — 1200 gauss
Haut-parleur aigu à « SALADIER » clos sans interférences
Enceinte en plaque ébénisterie revêtue de mat. absorbants

EN VENTE CHEZ TOUS LES BONS REVENEURS RADIO

MINIMEX
EST UNE
PRODUCTION



S. A. VEGA
52, RUE DU SURMELIN
PARIS-20. Tél. MEN 08-56

POUR LA **1^{ère}** FOIS



**230 PAGES
300 ILLUSTRATIONS**
évoquent

LE PASSÉ et le
DEVENIR de la
RADIO et de la
TÉLÉVISION...

dans votre bibliothèque...
UN OUVRAGE PRESTIGIEUX
QUE CHAQUE
AMI DE LA RADIO
SE DOIT DE POSSEDER...



FORMAT 21 x 27
RELIE PLEINE TOILE

au delà des ondes perdues

En plus d'un véritable musée iconographique
...25 témoignages autobiographiques de per-
sonnalités et pionniers de la Radio et l'Elec-
tronique vous permettent de suivre pas à pas

UNE DES PLUS PASSIONNANTES AVENTURES INDUSTRIELLES DE NOTRE SIECLE !

PRIX 60 F + PORT : 1,70 F
ou 50 F PORT COMPRIS
POUR LES ABONNÉS A
"VOTRE CARRIÈRE"

aux **ÉDITIONS CHIRON**
40, RUE DE SEINE - PARIS 6^e
G. C. P. PARIS 53-35

DECOUVREZ L'ÉLECTRONIQUE PAR LA PRATIQUE ET L'IMAGE !



Un nouveau cours par correspondance - très moderne - accessible à tous - bien clair - SANS MATHS - SANS THEORIE compliquée - pas de connaissance scientifique préalable - pas d'expérience antérieure. Ce cours utilise uniquement LA PRATIQUE et L'IMAGE sur l'écran d'un oscilloscope. Pour votre plaisir personnel, améliorer votre situation, préparer une carrière d'avenir aux débouchés considérables : **LECTRONI-TEC**

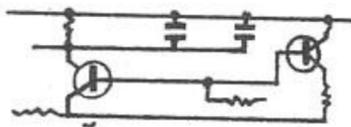
1 - CONSTRUISEZ UN OSCILLOSCOPE

Le cours commence par la construction d'un oscilloscope portatif et précis qui restera votre propriété. Il vous permettra de vous familiariser avec les composants utilisés en Radio-Télévision et en Electronique. Ce sont toujours les derniers modèles de composants qui vous seront fournis.



2 - COMPRENEZ LES SCHÉMAS DE CIRCUIT

Vous apprendrez à comprendre les schémas de montage et de circuit employés couramment en Electronique.



3 - ET FAITES PLUS DE 40 EXPÉRIENCES

L'oscilloscope vous servira à vérifier et à comprendre visuellement le fonctionnement de plus de 40 circuits.

- Action du courant dans les circuits
- Effets magnétiques
- Redressement
- Transistors
- Amplificateurs
- Oscillateur
- Calculateur simple
- Circuit retardateur
- Récepteur Radio
- Circuit photo-électrique
- Commutateur transistor
- Etc.

LECTRONI-TEC REND VIVANTE
L'ÉLECTRONIQUE !

GRATUIT BON N° 42 pour une brochure en couleurs de 20 pages
(à découper ou à recopier)

envoyez ce bon à **LECTRONI-TEC**, 35 - DINARD (France).

Nom majuscules

Adresse

S.V.P.

REALISATION PRATIQUE DU C.I. (côté cuivre)

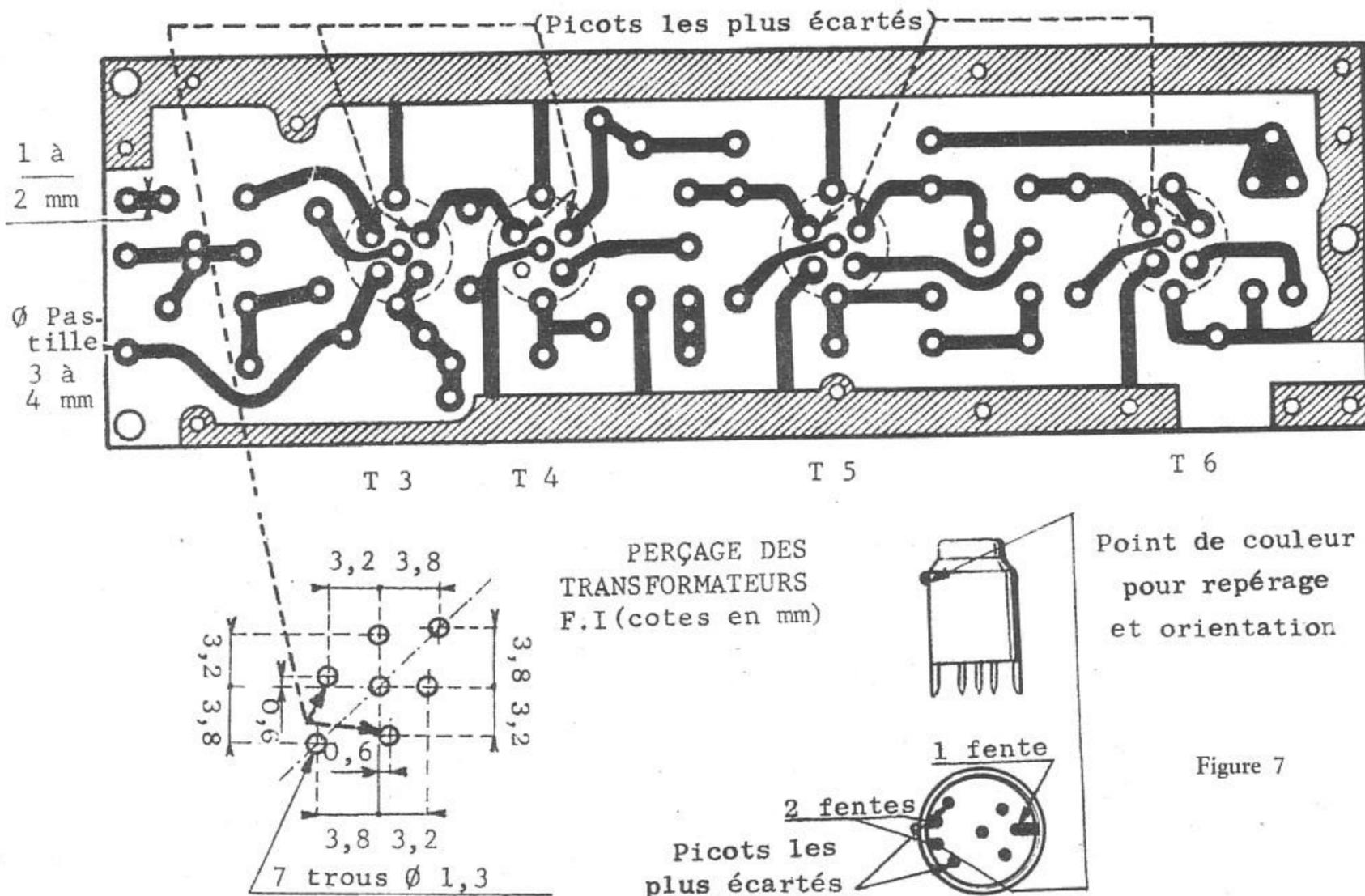


Figure 7

SERIGRAPHIE (côté bakélite)

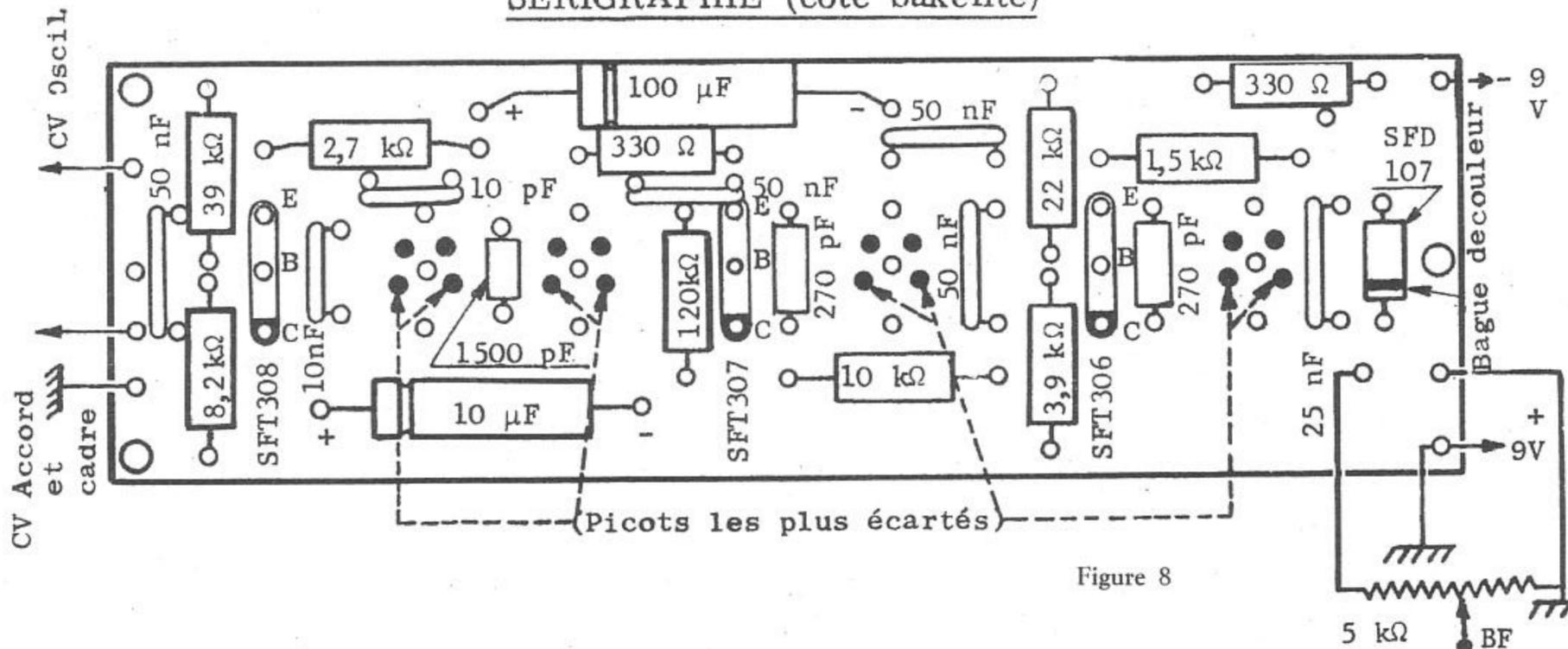


Figure 8

sont indiqués par les figures 6, 7 et 8.

Après réalisation de ce second montage et en y adjoignant un cadre, un condensateur variable et un haut-parleur, vous serez en possession d'un excellent récepteur PO - GO.

Réparations éventuelles

Lors du soudage et du dessoudage d'un élément ou de plusieurs, il peut arriver qu'une partie de circuit se décolle et la chose peut apparaître a priori, catastrophique.

Voici ce qu'il faut faire: prendre un petit morceau

de fil fin et nu et relier les deux parties à réparer, en soudant soigneusement et rapidement le fil nu, sur 1 cm de part et d'autre de la coupure. Si c'est la pastille de cuivre cerclant un trou, vous agrandirez ce trou (après avoir retiré l'élément), pour pouvoir y passer à la fois le fil nu et le fil de l'élément à souder. Le bout de fil nu sera passé dans le trou et retourné à plat contre la bakélite (dessus). L'extrémité opposée, côté cuivre, sera soudée comme précédemment sur la coupure. On passera ensuite l'élément comme primitivement et on le soudera au fil après passage dans le trou.

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

111, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,
les valises de dépannage Radio TV Sptés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.
Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90
TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e
TÉL. : 828.58.30
TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TÉLÉVISION
EXPÉDITION PROVINCE
Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !
Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder
le **MEMENTO ACER**
VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE
TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES
TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT
Envoi contre 6F pour frais
ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi
● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) ● Grand choix de pièces
détachées ● Appareils de mesures ●
Outillage ● Appareils électriques ● De
nombreuses réalisations ● Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e
Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris
Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME
KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE SPÉCIALISTE DU "KIT" PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue élec-
tronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES
175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
ARCHIVES 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Radio-Télévision ● Industrie ● Télécommande
Chaines Haute Fidélité ● Amplis ● Tuners FM
GROS
DETAIL
RADIO-VOLTAIRE
GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIOFCHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64
R.C. 5281 119 13495 - Métro : Line Rollin-Poissonnière - Autobus : 46 14 41-74-25 C.P. 8408-71 PARIS

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - HI-FI - Enceintes acoustiques - Emetteurs
récepteurs - Interphones, etc...
Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRACE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

80, BD HAUSSMANN - PARIS-8^e

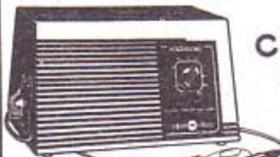
9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

Départements :
VENTE PAR CORRESPONDANCE
COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :
Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS
LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.
- Ouvrages pour débutants -
Envoi du catalogue général contre 3 F
PERLOR-RADIO
16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
RECTA REUSSIR RECTA
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
**SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE**

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS DE LAMPES
REMISE 25 à 30%
SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES
Documentation complète c. 4,50 TP
— Soc. **RECTA** —
37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e
Tél. TRUDAINE 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).