

L'ÉLECTRONIQUE:

UNE INTRODUCTION PRATIQUE

SI métrique

P.W. BRABY



L'ÉLECTRONIQUE: UNE INTRODUCTION PRATIQUE

SI métrique

P.W. BRABY

Traduction de GÉRARD LANGLOIS

(Révision de la terminologie: PIERRE CADIEU et ALAIN GIROUARD)



guérin Montréal
Toronto

4501, rue Drolet
Montréal (Québec) H2T 2G2 Canada
(514) 842-3481

Copyright © 1983 by John Wiley & Sons Canada Limited.

Tous droits réservés.

Traduction de l'édition anglaise autorisée par John Wiley & Sons Canada Limited.

Copyright © 1988, Guérin, éditeur Limitée

Tous droits réservés.

ISBN-2-7601-1808-8

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite d'aucune façon, modifiée ou retransmise par quelque moyen mécanique ou électronique, par photocopie, enregistrement sur bande magnétique ou autre, sans l'autorisation préalable et écrite de l'éditeur.

Des mesures ont été prises pour retracer tout matériel contenu dans ce texte et protégé par le copyright. L'éditeur recevra avec plaisir tout renseignement qui lui permettra de corriger toute référence ou crédit dans des éditions subséquentes.

Données du Catalogue canadien des Publications

Braby, P.W.

Electronics: a practical introduction

Index inclus

ISBN-0-471-79844-4

1. Electronics.	1. Titre	
TK6816.B72	537.5	C82-094550-1

Imprimé et relié au Canada

10 9 8 7 6 5 4 3 2

Directeur de la rédaction: Tom Shields

Maquettiste: Jack Steiner

Graphisme: Acom Tecnical Art

Dédicace

À mes élèves, qui m'en ont appris autant que j'ai pu leur en apprendre.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements / vi

Préface / vii

SECTION 1

LE CÔTÉ PRATIQUE / 1

CHAPITRE 1

BIEN VENUE À L'ÉLECTRONIQUE / 2

- 1.1 Bienvenue à l'électronique / 2
- 1.2 Pourquoi apprendre l'électronique? / 4
- 1.3 Aptitudes manuelles / 7
- 1.4 Propreté et sécurité / 8
- 1.5 Soins et maniement des outils et de l'équipement / 10
- 1.6 Résumé / 11
- 1.7 Qu'avez-vous appris? / 11

CHAPITRE 2

BIEN COMMENCER / 13

- 2.1 Outils du métier / 13
- 2.2 Équipement de soudage / 16
- 2.3 Outils de travail des métaux / 17
- 2.4 Tâches à faire / 18
- 2.5 Instructions à suivre / 20
- 2.6 Résumé / 20
- 2.7 Qu'avez-vous appris? / 20

CHAPITRE 3

PROJETS / 22

- 3.1 Le choix d'un projet / 22
- 3.2 Projets / 23
 - Projet 1 - Oscillateur de pratique du code (Morse) / 23
 - Projet 2 - Éclairage de secours routier / 28
 - Projet 3 - Métrologue électronique / 31
 - Projet 4 - Sirène électronique / 34
 - Projet 5 - Indicateur d'état de batterie à pile sèche / 39
 - Projet 6 - Indicateur d'état de batterie d'auto de 12 V / 42
 - Projet 7 - Système intercom / 44
 - Projet 8 - Compteur de niveau audio LED / 48
 - Projet 9 - Radio A.M. / 53

CHAPITRE 4

DIAGRAMMES ET SYMBOLES ÉLECTRONIQUES / 56

- 4.1 Types de diagrammes / 56
- 4.2 Tâches à faire / 61
- 4.3 Résumé / 61
- 4.4 Qu'avez-vous appris? / 62

CHAPITRE 5

TRAVAIL DU MÉTAL DU CHÂSSIS / 64

- 5.1 Où l'aptitude au travail du métal est nécessaire / 64
- 5.2 Métaux de châssis / 64
- 5.3 Mesures de sécurité / 64
- 5.4 Outils de travail des métaux / 65
- 5.5 Fabrication du châssis / 69
- 5.6 Résumé / 70
- 5.7 Qu'avez-vous appris? / 70

CHAPITRE 6

LE MATÉRIEL / 72

- 6.1 Connecteurs: sans soudure et à soudure / 72
- 6.2 Vis et écrous mécaniques / 73
- 6.3 Vis à feuille de métal / 74
- 6.4 Rondelles, distanceurs et isolateurs / 74
- 6.5 Supports verticaux et de traversée / 75
- 6.6 Borne d'attaches, empilages et bornes / 76
- 6.7 Matériel électromécanique / 77
- 6.8 Isolant / 78
- 6.9 Tâches à faire / 78
- 6.10 Résumé / 78
- 6.11 Qu'avez-vous appris? / 79

CHAPITRE 7

COMPOSANTES ÉLECTRONIQUES / 81

- 7.1 Composantes actives et passives / 81
- 7.2 Propriétés électriques et unités de mesure SI / 81
- 7.3 Code des couleurs / 83
- 7.4 Résistances / 84
- 7.5 Condensateurs / 85
- 7.6 Inducteurs / 89
- 7.7 Diodes semiconductrices / 91
- 7.8 Transistors / 93
- 7.9 Semiconducteurs spéciaux / 94
- 7.10 Formes et fabrication de semiconducteurs / 95
- 7.11 Substitution de semiconducteurs / 96
- 7.12 Circuits intégrés / 96
- 7.13 Tâches à faire / 97
- 7.14 Résumé / 98
- 7.15 Qu'avez-vous appris? / 99

CHAPITRE 8

TECHNIQUES DE CÂBLAGE MANUEL / 101

- 8.1 Quand faire du câblage manuel? / 101
- 8.2 Harnais de fils / 102
- 8.3 Tâches à faire / 104

- 8.4 Résumé / 105
- 8.5 Qu'avez-vous appris? / 105

CHAPITRE 9 LE SOUDAGE / 107

- 9.1 Pourquoi souder les connexions électroniques? / 107
- 9.2 Soudures et pâtes à souder / 107
- 9.3 L'étamage / 108
- 9.4 Procédé de soudage / 109
- 9.5 Le procédé de dessoudure / 111
- 9.6 Plaques de circuit imprimé / 112
- 9.7 Tâches à faire / 112
- 9.8 Résumé / 112
- 9.9 Qu'avez-vous appris? / 113

CHAPITRE 10 CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS / 115

- 10.1 Dessin d'un diagramme de tracé des pièces avec un schéma / 115
- 10.2 Dessin d'un diagramme de tracé des pièces selon les besoins physiques / 116
- 10.3 Patron de feuille de métal / 117
- 10.4 Impression de la plaque de circuit / 119
- 10.5 Soudure d'une plaque de circuit / 121
- 10.6 Tâches à faire / 122
- 10.7 Résumé / 122
- 10.8 Qu'avez-vous appris? / 123

CHAPITRE 11 MESURES ET TESTS ÉLECTRONIQUES / 124

- 11.1 Pourquoi il y a des mesures / 124
- 11.2 Lecture des compteurs / 124
- 11.3 L'ohmmètre / 125
- 11.4 Le voltmètre / 126
- 11.5 Le milliampèremètre / 128
- 11.6 L'oscilloscope / 130
- 11.7 Tâches à faire / 133
- 11.8 Résumé / 134
- 11.9 Qu'avez-vous appris? / 135

SECTION 2 CIRCUITS ET COMPOSANTES / 137

CHAPITRE 12 LA NATURE DE L'ÉLECTRICITÉ / 138

- 12.1 L'énergie que nous avons hamachée / 138
- 12.2 Nature de la matière / 138
- 12.3 L'atome / 138
- 12.4 Loi des Charges électriques / 139
- 12.5 Isolants, conducteurs et semiconducteurs / 139
- 12.6 Électricité statique / 141
- 12.7 Courant électrique / 142

- 12.8 Tâches à faire / 143
- 12.9 Résumé / 143
- 12.10 Qu'avez-vous appris? / 143

CHAPITRE 13 LES SOURCES DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE / 145

- 13.1 Sources de l'énergie électrique / 145
- 13.2 Conversion de l'énergie chimique / 145
- 13.3 Conversion de l'énergie magnétique / 147
- 13.4 Conversion de l'énergie lumineuse / 148
- 13.5 Conversion de l'énergie sonore / 149
- 13.6 Conversion de l'énergie calorique / 151
- 13.7 Tâches à faire / 151
- 13.8 Résumé / 153
- 13.9 Qu'avez-vous appris? / 153

CHAPITRE 14 LES CIRCUITS / 155

- 14.1 Circuit simple / 155
- 14.2 Court-circuit / 155
- 14.3 Circuit en série / 156
- 14.4 Circuit en parallèle / 156
- 14.5 Un circuit complexe / 156
- 14.6 Contrôles dans les circuits / 157
- 14.7 Tâches à faire / 158
- 14.8 Résumé / 159
- 14.9 Qu'avez-vous appris? / 159

CHAPITRE 15 MAGNÉTISME ET ÉLECTROMAGNÉTISME / 161

- 15.1 L'énergie du magnétisme / 161
- 15.2 Un usage pour des aimants / 161
- 15.3 Types d'aimants / 161
- 15.4 Pôles magnétiques / 162
- 15.5 Magnétisme induit et rémanent / 163
- 15.6 Champs magnétiques et lignes de force / 164
- 15.7 Désaimantation / 165
- 15.8 Blindage magnétique / 165
- 15.9 Électromagnétisme / 166
- 15.10 Comportement électromagnétique dans des conducteurs simples / 166
- 15.11 Comportement électromagnétique dans les bobines / 168
- 15.12 Electro-aimants / 168
- 15.13 Emplois des électro-aimants / 169
- 15.14 Tâches à faire / 169
- 15.15 Résumé / 170
- 15.16 Qu'avez-vous appris? / 171

CHAPITRE 16 RÉSISTANCES / 173

- 16.1 Emploi des résistances / 173
- 16.2 Construction / 173
- 16.3 Loi d'Ohm / 175
- 16.4 Loi de la tension de Kirchhoff pour les circuits en série / 175
- 16.5 Loi du courant de Kirchhoff pour les circuits en parallèle / 176
- 16.6 Tâches à faire / 177
- 16.7 Résumé / 179
- 16.8 Qu'avez-vous appris? / 179

CHAPITRE 17 CONDENSATEURS / 181

- 17.1 Emploi des condensateurs / 181
- 17.2 Construction / 181
- 17.3 Condensateurs de circuits C.C. / 185
- 17.4 Condensateurs de circuits C.A. / 186
- 17.5 Condensateurs en série / 188
- 17.6 Condensateurs en parallèle / 188
- 17.7 Tâches à faire / 188
- 17.8 Résumé / 189
- 17.9 Qu'avez-vous appris? / 190

CHAPITRE 18 INDUCTEURS, RELAIS ET TRANSFORMATEURS / 192

- 18.1 Emplois des inducteurs / 192
- 18.2 Construction / 192
- 18.3 Inducteurs dans des circuits C.C. / 193
- 18.4 Inducteurs dans des circuits C.A. / 194
- 18.5 Inducteurs en série / 195
- 18.6 Inducteurs en parallèle / 197
- 18.7 Emplois de relais / 197
- 18.8 Construction / 197
- 18.9 Relais dans les circuits / 197
- 18.10 Emplois des transformateurs / 198
- 18.11 Construction / 199
- 18.12 Rôle d'un transformateur / 199
- 18.13 Tâches à faire / 200
- 18.14 Résumé / 201
- 18.15 Qu'avez-vous appris? / 202

CHAPITRE 19 SEMICONDUCTEURS / 204

- 19.1 Emplois des semiconducteurs / 204
- 19.2 Construction de base / 204
- 19.3 Diode de jonction / 205
- 19.4 Le transistor / 208
- 19.5 Redresseur commandé au silicium / 211
- 19.6 Tâches à faire / 214
- 19.7 Résumé / 215
- 19.8 Qu'avez-vous appris? / 216

CHAPITRE 20 CIRCUITS INTÉGRÉS / 218

- 20.1 Emplois des circuits intégrés / 218
- 20.2 Construction d'un CI / 219
- 20.3 Circuits intégrés numériques et linéaires / 220
- 20.4 Tâches à faire / 221
- 20.5 Résumé / 221
- 20.6 Qu'avez-vous appris? / 221

APPENDICES / 223

- A Premiers soins et méthodes de respiration artificielle / 223
- B Structure électronique des atomes / 225
- C Propriétés électriques, abréviations, unités et symboles de quantité SI, et préfixes communs SI / 227
- D Codes de couleur des résistances et des condensateurs / 229
- E Procédés de placage et de décapage de plaques de circuit imprimé / 231
- F Description des broches et des emballages de semiconducteurs / 232
- G Réponses aux questions de vos tests / 233

GLOSSAIRE / 234

INDEX / 245

REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer un «merci» tout spécial à trois de mes anciens élèves, David Nahomove, Dan Rueger et Andrew Beaton, pour leur aide dans la conception des projets présentés dans ce livre. J'aimerais aussi remercier mon associé, monsieur Jim Harvey, pour la préparation en grande part du choix multiple des questions de fin de chapitre.

Je suis aussi particulièrement reconnaissant de l'aide et de la coopération de Tessa Gillard et de ses collègues de la ITT Communications Limited. De plus, je remercie l'Industrial Accident Prevention Association pour la vérification

soigneuse des règles de sécurité exposées à travers le livre. Les suggestions qu'on a faites, reliées directement au travail pratique, ont été incorporées au texte lui-même.

Je dois beaucoup également à Mario Rummell et à Trudy Rising, qui ont respectivement écrit à la machine et dirigé mon travail, pour leur patience et leurs efforts en mon nom. À chacun - à ceux qui m'ont encouragé comme à ceux qui m'ont soumis leurs critiques et leurs conseils, j'exprime enfin mon appréciation sincère.

L'Auteur

PRÉFACE

«L'ÉLECTRONIQUE: UNE INTRODUCTION PRATIQUE» est un ouvrage réalisé afin de fournir aux débutants la théorie et la pratique dont ils ont besoin pour envisager avec l'électronique un vaste choix de carrières et des voies intéressantes. La Section 1 met d'abord en relief le développement des aptitudes physiques et mentales qui permettront aux apprentis de poursuivre plus tard d'autres études ou de se livrer plus tôt à leur passe-temps favori. Ces mêmes aptitudes se révéleront également utiles dans plusieurs champs connexes d'activité professionnelle. Pour susciter leur intérêt, on encourage les débutants à choisir eux-mêmes des projets éprouvés dès qu'ils ont maîtrisé les connaissances de base de la sécurité et des outils manuels. Ces projets sont les centres d'intérêt dans ce livre, à la fois comme objets de motivation et moyens importants d'apprentissage.

Au cours de leurs projets, les étudiants s'initient en premier lieu à connaître l'équipement et les composantes électroniques qu'ils emploient dans le montage d'un appareil et leurs propres tests. Plus tard, à mesure qu'ils progressent à travers la Section 2, ils peuvent recourir à la théorie apprise dans leurs initiatives personnelles. Pour les fins de tests, il y a des schémas, des notes de construction, des listes de pièces, des plaques de circuit imprimé, des modèles de tracés métalliques et des tables de tension et de résistance. Ces avantages assurent une grande flexibilité pour les travaux d'ajustage faisant ressortir un plan, facilitant la fabrication d'un appareil et les tests selon le temps disponible, les aptitudes et l'intérêt de chacun. On doit tenir compte cependant que tous les projets proposés peuvent être démontés afin de réutiliser leurs composantes à la création d'autres projets électroniques.

Chaque chapitre de la Section 1 couvre un stage dans l'assemblage et le test d'un projet choisi. Alors que la plupart des projets ont un plan suggéré de châssis métallique, on peut employer à la place des pièces préfabriquées d'un châssis ainsi que du plastique. Cela permettra d'éliminer la nécessité de couvrir le Chapitre 5.

Le tracé de la plaque de circuit imprimé, à chacun des projets, peut être une maquette si on le désire. Les Chapitres 4 et 7 peuvent être ainsi assimilés en même temps par la création d'une maquette. Le procédé de la «photogravure» pour le traçage des plaques de circuit imprimé est décrit au Chapitre 10 et à l'Appendice E, à l'intention des professeurs qui voudraient enseigner cette méthode à leurs élèves. Si tous les chapitres sont

couverts, il faudra environ 30 heures de pratique en atelier pour compléter la Section 1.

Dans la Section 2, la théorie demeure une formation de base; la physique abstraite associée à l'électronique est réservée pour plus tard. Des définitions ont été simplifiées aussi dans le but d'aider les étudiants à mieux comprendre d'abord les concepts difficiles. Ces définitions ne seront donc pas aussi précises que celles apprises par des étudiants plus avancés, mais elles serviront de fondement sur lequel on pourra progresser ensuite en toute confiance dans ses connaissances, et absorber également des explications plus détaillées. L'ordonnement des chapitres de la Section 2 a été prévu avec l'intention de permettre aux débutants de procéder à partir de concepts fondamentaux jusqu'à ceux qui requièrent plus de compréhension. Partout où c'est possible, il y a des exemples de projets avec leurs composantes appropriées, sinon des exemples pratiques de la théorie enseignée dans les cours. Si toute la théorie a été bien apprise, il faudra 80 heures de pratique en atelier pour compléter la Section 2.

Si on le préfère, des chapitres spécifiques de la Section 2 peuvent être couverts à des moments opportuns selon les progrès de chacun durant l'apprentissage de la Section 1. À l'exception du Chapitre 3, consacré à la présentation des projets, tous les chapitres à travers le livre se terminent par des travaux variés à exécuter, des sommaires, des questions de révision et des tests individuels pour approfondir les notions à l'étude et fournir ample matériel d'évaluation. L'abondance de ce renfort de matériel ainsi que la flexibilité du plan d'ensemble, ont permis à cet ouvrage d'être structuré pour convenir à l'expérience différente et aux exigences de chaque nouveau débutant en électronique. L'auteur a toujours visé un niveau réaliste de maîtrise du sujet appris par n'importe quel apprenti.

LE CÔTÉ PRATIQUE



BIENVENUE À L'ÉLECTRONIQUE

1.1 BIENVENUE À L'ÉLECTRONIQUE

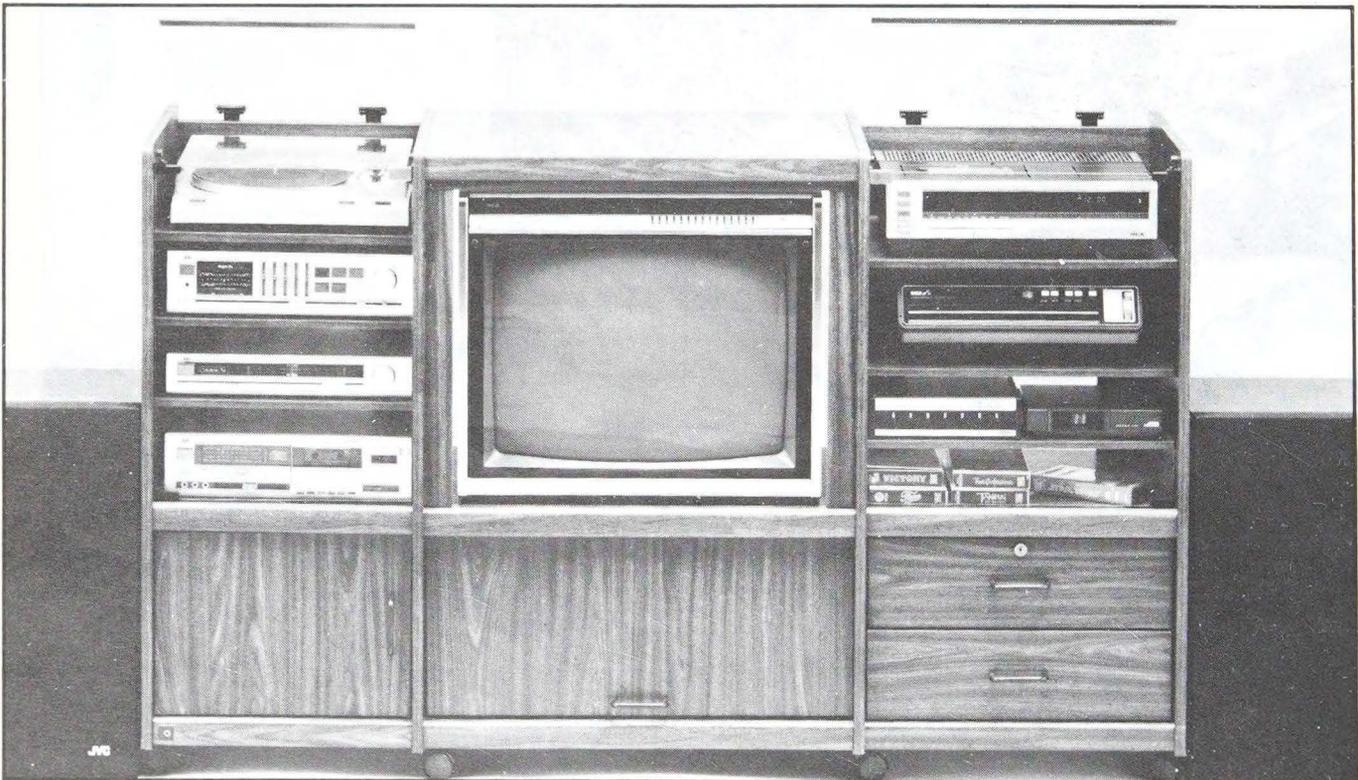
Vous avez décidé d'apprendre l'une des sciences appliquées les plus nouvelles, les plus utiles et en même temps fascinantes. Vous savez déjà probablement, par exemple, que l'électronique nous a donné les amplificateurs stéréo, la télévision et la radio (Figure 1-1). Tous ces appareils sont faits de pièces qu'on appelle composantes électroniques. Ces pièces peuvent changer ou modifier le courant d'électricité de façons différentes, spécifiques et utiles.

Vous possédez peut-être un ordinateur à la maison ou une calculatrice de poche? Avez-vous des jeux vidéo ou quelque dispositif de mise au point à distance de votre appareil de télévision? Peut-être avez-vous aussi un magnétophone et des cassettes?

Possédez-vous une de ces nouvelles montres ou horloges à cadran numérique, ou une caméra 35 mm? Quelle sorte d'appareil téléphonique utilisez-vous chaque jour? Alors, tous ces appareils ou instruments sont faits de composantes électroniques, et ce n'est là que le commencement d'une très longue liste de nouveautés.

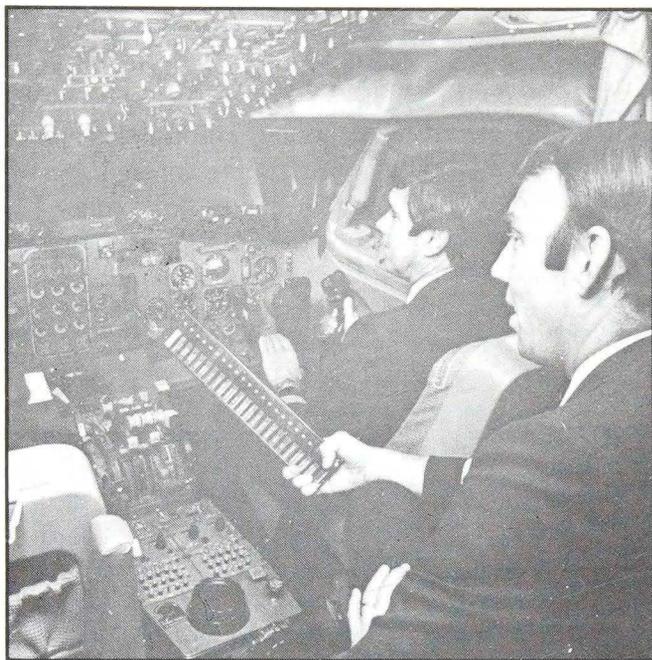
Beaucoup de voitures et de camions sont dotés d'un système d'allumage électronique. Les bateaux sont équipés de dispositifs électroniques de radar, de sonar et autres instruments automatiques de pilotage pour diriger leur course. Les avions recourent à des composantes électroniques pour leur radar, les appareils automatiques de pilotage et beaucoup d'autres moyens techniques de vérification afin d'assurer la sécurité de leurs vols (Figure 1-2).

FIGURE 1-1 Tous ces appareils modernes sont faits de composantes électroniques.

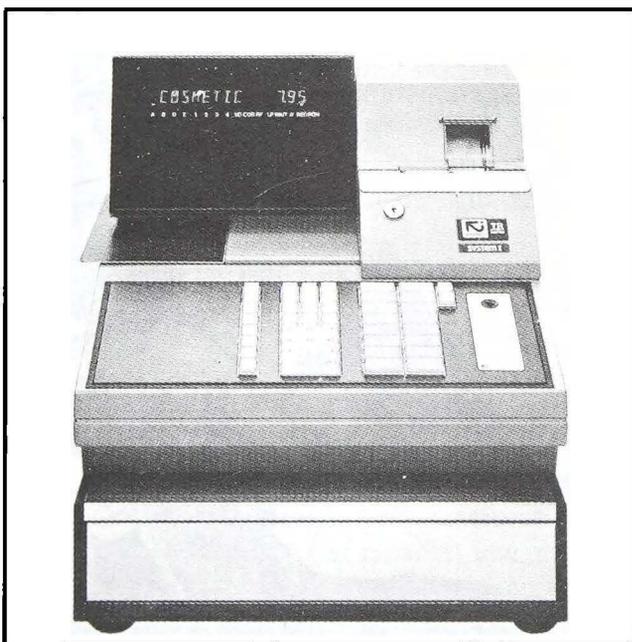


La plupart des magasins ont remplacé leurs vieilles balances et caisses enregistreuses par des appareils électroniques. Ceux-ci sont plus rapides et plus efficaces (Figure 1-3). L'industrie et les manufactures recourent à des contrôles électroniques à des milliers de fins—comme la production automatisée et les inventaires par exemple, ou encore pour une plus grande précision électronique et la conception de plans de projets d'ingénierie. Les banques et les compagnies de fiducie opèrent

FIGURE 1-2 Des instruments électroniques guident les bateaux et les avions.



Air Canada



King Cash Register Systems

FIGURE 1-3 Les magasins ont remplacé leurs anciennes caisses enregistreuses par de l'équipement électronique.

avec des ordinateurs et se protègent avec des mesures électroniques de sécurité.

Les hôpitaux emploient d'innombrables appareils faits de composantes électroniques; ils fournissent aux médecins et aux employés les moyens de mieux déceler les maux des patients et de mieux les traiter. Les laboratoires se servent beaucoup aussi de l'électronique. Enfin, les trains, les forces policières, les satellites, les navettes et les stations orbitales ont tous recours à l'électronique.

L'électronique sert en effet à tellement d'usages qu'il faudrait remplir ce livre pour tous les énumérer seulement. Vous n'auriez jamais ainsi la chance de travailler avec des composantes électroniques ni de connaître leur utilité. C'est pourquoi vous découvrirez ici, par vous-même, d'autres emplois de l'électronique. La tâche ne devrait pas être difficile parce que l'électronique maintenant est entrée dans tous les domaines de la vie de tous les jours!

Cependant il n'en a pas toujours été ainsi. Vous auriez même de la difficulté à trouver une définition du mot «électronique» dans n'importe quel dictionnaire publié avant 1930. La plupart des composantes électroniques actuelles ont moins de 35 ans, et certaines d'entre elles moins de 15 ans (Figure 1-4). Tout cela vous donne une idée de l'âge de tous ces appareils électroniques qui inondent aujourd'hui le marché dans le monde entier.

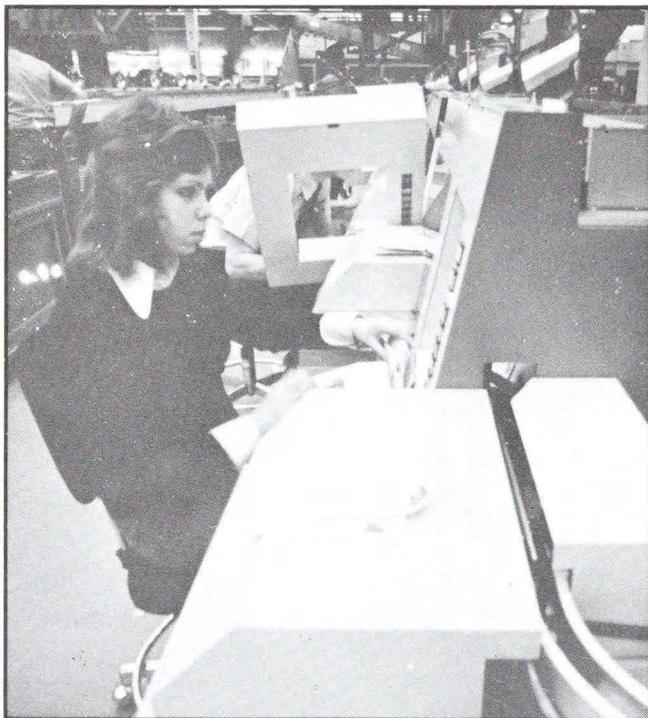


Electrohome Ltd.

FIGURE 1-4 Les tubes à vide électroniques de cet appareil radio primitif sont déjà dépassés et on leur a substitué des composantes électroniques plus solides et plus sophistiquées.

1.2 POURQUOI APPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE?

Il est étonnant de penser que l'usage des composantes électroniques se soit répandu si rapidement. Cela est dû sans doute à des gens clairvoyants qui ont pu prévoir jusqu'à quel point ces composantes seraient utiles; ils ont consacré alors beaucoup de temps, d'argent et d'effort à les fabriquer. Maintenant, il est pratiquement impossible de passer une journée sans recourir à l'électronique. Les appareils électroniques en effet peuvent enregistrer votre musique préférée ou quelque programme de télévision, allumer ou éteindre vos lumières, ou même cuire votre repas pendant votre absence de la maison. Vous ne pouvez plus faire un dépôt ni un retrait à la banque sans le secours de l'électronique. La radio, la télévision et le téléphone ne fonctionneraient plus sans dispositifs électroniques. Vous ne pourriez même pas, probablement, lire votre journal préféré, ni un magazine, ni un livre, sans l'électronique. La plupart des grands éditeurs et imprimeurs disposent de composantes électroniques pour photocomposer et publier leurs ouvrages. Ce livre, par exemple, a été réalisé grâce à des ordinateurs.

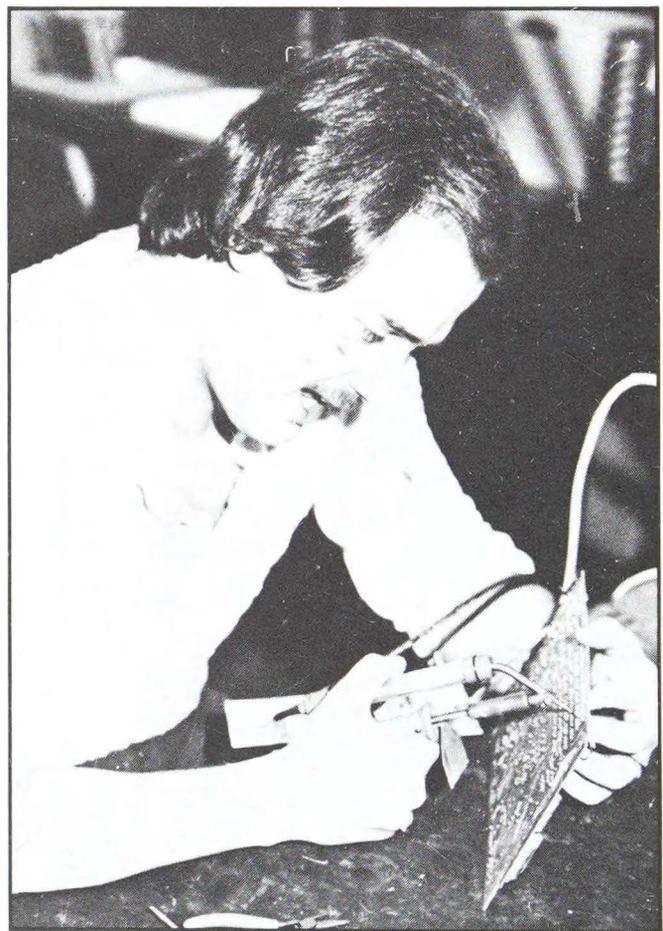


Postes Canada

FIGURE 1-5 De nos jours, même le courrier est trié et acheminé électroniquement.

Les ordinateurs servent aussi à tailler ou à affûter des pièces de véhicules et de la machinerie avec une extrême précision. Même les feux de circulation sont contrôlés à l'aide de l'électronique. Voilà pourquoi vous ne pouvez plus échapper à l'influence grandissante de l'électronique. Bien sûr, vous pouvez essayer de vivre dans un endroit où il n'y a ni électricité, ni téléphone, ni aucune communication, mais vous ne pourriez espérer recevoir du courrier (Figure 1-5). Aujourd'hui, le courrier est trié et expédié presque partout dans le monde avec des moyens électroniques!

Comprendre comment et pourquoi fonctionnent tous ces appareils nouveaux, et de quelle façon ils peuvent affecter votre vie, est une raison suffisante pour chercher à apprendre l'électronique. Il y a bien d'autres bonnes raisons. Vous pouvez songer à fabriquer votre propre appareil de radio ou de télévision, ou à monter des composants stéréo—peut-être même votre ordinateur personnel! Bref, l'électronique peut être un merveilleux et agréable passe-temps (Figure 1-6).



Communications ITT

FIGURE 1-6 Un amateur s'occupe à dessouder une connexion sur la plaque d'un circuit imprimé.

TECHNIQUE SPÉCIALISÉE

SURTOUT DANS LES GRANDES ENTREPRISES MULTINATIONALES

Le titulaire sera responsable de "procédés de production, conception des nouveaux produits et de l'analyse et de l'analyse d'assurance parce qu'on agrandit à grande échelle et nous avons besoin de..."

TELECOM Technici

- Systèmes télé. Telecom, MIT ou/et
- Système cellulair ou/et
- Logiciel de réseau sur le (VTAM, NCP...)
- Protocoles de com. ou/et
- Réseaux de télé. ou/et

REPRÉSENTANT(E) TECHNIQUE

Le candidat doit avoir: DEC en électronique

TRADUCTEUR TECHNIQUE

Traducteur autonome comptant 3 à 4 ans dans le domaine, expérience de révision. Sur-tout anglais-français. Bacc. ou diplôme pertinent; membre agréé de la S.T.Q. Connaissance du traitement de texte, un atout.

Traitement avantageux, horaire flexible, ambiance agréable et dynamique.

Ce poste demande de prod...

TECHNICIEN(NE) EN ELECTRONIQUE

compagnie dynamique est à la recherche d'un installateur avec une expérience minimum de 3 ans dans les domaines suivants: montage d'alarme et de systèmes de sécurité par carte

Compagnie en pleine expansion a un urgent besoin de

TECHNICIEN(NE)S DE SERVICE

TECHNICIEN(NE) EN ELECTRONIQUE

recherche pour vice (e) mar exp ro-ph an

DIVISION FORMATION EN MILIEU INDUSTRIEL

est à la recherche d'un

DIRECTEUR TECHNIQUE

technique de la formation en milieu industriel

TECHNICIEN(NE) EN TELECOMMUNICATIONS

et dans les domaines: magnétique, automate développement de matériel

et d'atelier sur cha...

SPECIALISÉ EN TELECOMMUNICATIONS

Fonction: Analyse et réalisation de projets de comm

Qualifications: technicien

INGÉNIEUR EN LOGICIEL

électromécanique a un compte plus

procédés liés

qui servira

FIGURE 1-7 Un vaste choix d'emplois et de carrières s'offre en électronique.

Il y a d'innombrables appareils électroniques très intéressants que vous pouvez assembler, monter ou fabriquer à une fraction du coût que vous auriez à payer pour vous les procurer dans un magasin. Vous en fabriquerez quelques-uns durant ce cours, vous les testerez et vous apprendrez en même temps comment et pourquoi fonctionnent toutes leurs composantes électroniques. Vous apprendrez aussi des notions d'électricité parce que les composantes électroniques dépendent de l'électricité pour opérer.

Vous trouverez peut-être l'électronique si captivante que vous voudrez vous inscrire à des cours plus avancés dans une école supérieure, un collège spécialisé ou aller même jusqu'à l'université afin de faire éventuellement carrière dans la haute technologie électronique. Dans un cas ou l'autre, plusieurs options s'offrent à vous. Vous aimeriez par exemple être **technicien en réparations**. Ceux-ci assurent le service et réparent une grande variété d'appareils électroniques. Certains techniciens se spécialisent dans l'entretien de plusieurs types d'équipement et créent même leur propre entreprise pour se consacrer à leur spécialité.

Peut-être voudrez-vous aller travailler dans une usine d'assemblage de produits électroniques tels que les récepteurs stéréo et les postes de télévision? Les **monteurs** ou les ajusteurs de pièces assemblent toutes les composantes d'un produit fini.



FIGURE 1-8 Une monteuse procède au filage d'un châssis métallique.

Communications ITT

D'autre part, vous avez peut-être l'ambition d'obtenir ou de viser un poste qui présente de grands défis dans l'industrie? Pour concevoir de l'équipement électronique toujours meilleur et plus perfectionné, il faut en effet beaucoup de connaissances et de compétence. On a besoin partout de nombreux experts hautement qualifiés. Parmi ces gens, il y a des ingénieurs, des techniciens en dessin industriel, des rédactrices techniques, des techniciens en montage, des graphistes, des personnes entraînées pour les tests, des machinistes, des spécialistes de l'environnement, en métallurgie, etc. Avez-vous déjà pensé seulement au nombre considérable de personnes impliquées dans l'électronique? Tous ces gens doivent travailler en équipe ou en étroite collaboration, et posséder individuellement d'autres connaissances étrangères à leur propre spécialité.

Les **ingénieurs** d'abord font les études de base; ils conçoivent les projets et les plans de production d'une nouveauté d'après les résultats de la recherche et du marketing.

Les **techniciens en dessin industriel** travaillent à partir des études des ingénieurs; ils vérifient si un projet est mécaniquement ou techniquement réalisable selon ses conséquences pour l'environnement, pour les personnes qui s'en serviront et sur la manière dont on pourra le réaliser.

Les **rédacteurs techniques** ont la responsabilité de préparer les guides d'instructions ou les manuels d'opération et d'entretien, lesquels doivent être concis, précis et faciles à comprendre ou à interpréter. Leurs directives doivent vraiment aider tous ceux et celles qui auront à utiliser un nouvel appareil ou à en assurer le service.

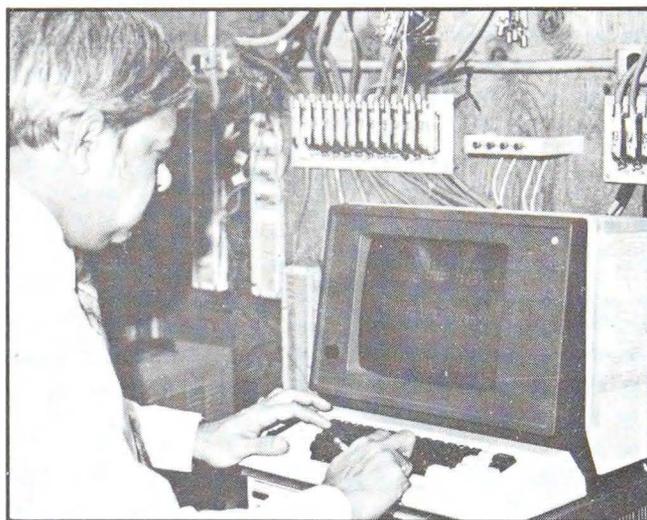
Les **techniciens en montage** construisent le premier modèle (le prototype) de tout nouvel appareil; ils suggèrent les changements nécessaires pour le rendre meilleur ou plus utile. Ils fournissent aussi toutes les indications appropriées pour faciliter le montage d'un nouveau dispositif ou en diminuer le coût.

Les **graphistes** préparent les diagrammes et se servent des symboles de l'électronique pour dessiner des plans de production conformes aux règles et aux directives d'une entreprise. S'il y a lieu, ils suggèrent les changements qui pourraient être apportés dans les plans existants. Leur travail doit être particulièrement minutieux et très précis.

FIGURE 1-9 Techniciens en électronique à l'oeuvre.



Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.



Communications ITT

FIGURE 1-10 Un technicien en dessin industriel travaille avec un ordinateur.

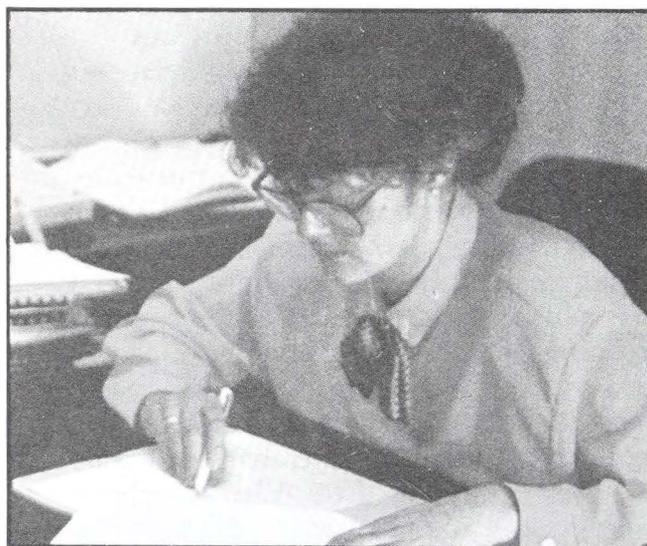


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

FIGURE 1-11 Une rédactrice technique prépare un manuel d'instructions.

FIGURE 1-12 Une graphiste utilise un gabarit pour reproduire des symboles électroniques.



ITT Communications

Les **techniciens de l'environnement** testent toutes les composantes afin de s'assurer qu'elles fonctionnent normalement dans toutes les conditions d'environnement auxquelles peut être soumis un nouvel appareil.

Les **machinistes** et les **travailleurs de métaux** recourent à leurs connaissances des métaux pour fabriquer les parties mécaniques d'un équipement. Ils emploient du matériel dont ils savent qu'il conviendra bien aux buts d'un travail électronique.

Lorsqu'un produit est fini, des vendeurs doivent ensuite le refiler à des marchands au détail. Les détaillants revendent alors les nouveaux produits au grand public. Pour cela, ils sont généralement secondés par de grandes campagnes de publicité lancées par la division des recherches en marketing de chaque entreprise concernée. Cette responsabilité peut relever des mêmes groupes de personnes qui ont convaincu d'abord une compagnie à manufacturer un nouveau produit.

Tous ces gens ont une connaissance approfondie de leur activité respective. Néanmoins, ils partagent aussi en commun un bon bagage de notions générales de l'électronique. Sans tous ces spécialistes, il serait pratiquement impossible de développer et de produire n'importe quel dispositif ou appareil plus perfectionné.

1.3 APTITUDES MANUELLES

Quiconque est impliqué dans le champ de l'électronique doit posséder des aptitudes manuelles ou de la «dextérité».

Avoir de la dextérité, c'est savoir se servir de ses doigts ou de ses mains pour tout ce qu'on peut bien faire avec ses membres. Cela peut paraître simple, mais il faut beaucoup de pratique pour développer de bonnes habitudes avec ses mains. Sans aptitudes manuelles, on peut facilement faire des erreurs qui coûtent cher en temps et en argent. Qu'est-ce qui se produirait en effet si une machiniste usinait mal une partie d'un châssis métallique? Ou encore si un monteur installait une composante à l'envers? Enfin, si une graphiste dessinait un mauvais tracé, ou si un rédacteur donnait des instructions incomplètes ou erronées? Comme les dimensions des composantes et des circuits sont de plus en plus réduites, il est évident qu'il faut de l'adresse pour le soudage ou l'installation de systèmes miniaturisés. Observez par exemple l'intérieur d'une radio transistor à la Figure 1-13. Vous rendez-vous compte jusqu'à quel point sont rapprochées toutes ses composantes? Remarquez bien la distance entre les conducteurs et les soudures de connexions. Une seule petite erreur dans le montage, et plus rien ne fonctionnera. Quelqu'un devra alors perdre du temps pour vérifier chaque circuit afin de trouver et de corriger la cause de toute erreur.

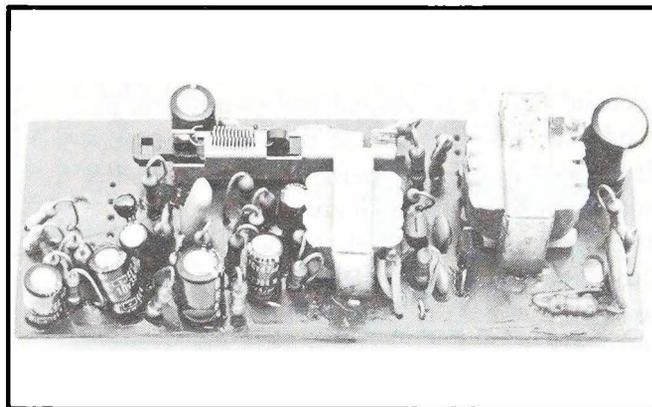


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

FIGURE 1-13 Vue intérieure d'une radio transistor.

Quel que soit le but que vous poursuivez en apprenant l'électronique, il est très important d'acquérir la dextérité nécessaire ou d'avoir des aptitudes manuelles. Afin de vous aider à atteindre ce but, on vous fournira l'occasion de dessiner des tracés, de bâtir et de tester de l'équipement électronique. Vous vous découvrirez peut-être ainsi d'autres aptitudes dans plusieurs autres domaines. De plus, vous apprendrez la manière correcte et sûre d'utiliser l'équipement électronique entre vos mains et de vous servir des outils manuels ou électriques à votre disposition.

1.4 PROPRETÉ ET SÉCURITÉ

Il faut de la propreté et de l'organisation pour travailler efficacement et en sécurité. Une parcelle de fil logée dans une pièce d'équipement peut être la cause de son mauvais fonctionnement. Et ça peut être très dangereux. Si votre lieu de travail est encombré d'équipement et d'outils inutiles, de bouts de papier etc., tout cela peut vous faire perdre du temps. Si vous devez fouiller dans un tas de petites composantes et des feuilles d'instructions, cela peut même vous décourager complètement. Vous pourrez aussi vous négliger et commettre de graves erreurs.

Au lieu d'essayer de travailler dans une ambiance de désordre, faites plutôt la liste des outils, de l'équipement de tests et des livres dont vous aurez besoin avant d'entreprendre n'importe quelle tâche. Puis mettez de côté tout ce qui ne servira pas. Vous n'aurez plus alors à votre disposition que les objets strictement nécessaires sur votre établi. Ce qui est mieux encore, quand vous avez terminé un travail, nettoyez complètement votre place avant de commencer autre chose. C'est la seule façon de travailler professionnellement.

HABITUDES SÉCURITAIRES DE TRAVAIL

La sécurité est une bonne habitude à prendre. Si vous adoptez des habitudes sécuritaires, vous travaillerez en sécurité sans même plus y penser. Il y a toujours un risque de se blesser ou de se faire électrocuter par un courant électrique. Il y a risque encore de se brûler, de se couper ou de se blesser en se servant mal de ses outils. Portez des verres de sécurité s'il le faut. Observez toutes les règles et les procédures de sécurité quand vous faites quelque chose. Vous ne prendrez jamais trop de précautions!

En même temps, vous serez toujours prêt à secourir un blessé. Vous pouvez aider n'importe qui en sachant comment pratiquer la respiration artificielle et donner les soins d'urgence. Vous trouverez des notions de premiers soins et des méthodes de respiration artificielle à l'Appendice A, à la fin de ce livre. Revoyez attentivement ces conseils avant de commencer n'importe quoi durant tout votre cours. Votre professeur d'ailleurs vous indiquera où se trouvent les postes de premiers soins, les extincteurs chimiques, les sorties d'urgence et les coupe-circuits.



FIGURE 1-14 Ne défiez pas les règles de sécurité!

Rappelez-vous toutefois que l'Appendice A¹ ne donne que des renseignements de base. Il s'agit de pratiques courantes, car il y a toujours des cas d'exception; des méthodes différentes peuvent s'imposer à l'occasion. Il est impossible d'expliquer ici chaque méthode particulière ainsi que tous les cas d'exception et toutes les règles de premiers soins. Seul un cours approuvé comme celui que dispense la Société de l'Ambulance Saint-Jean, peut contribuer à vous fournir un entraînement approprié. Quiconque veut travailler avec l'électricité devrait suivre un tel cours de premiers soins aux blessés.

RÈGLES GÉNÉRALES DE SÉCURITÉ

Il est sécuritaire de travailler avec tout équipement électrique ou électronique aussi longtemps qu'on se plie résolument aux règles les plus élémentaires de prudence et de sécurité avec des dispositifs et des appareils dangereux.

¹ Pour les raisons mentionnées, ni l'auteur ni l'éditeur ne peuvent assumer la responsabilité des conséquences de toute action qui ne serait pas conforme à l'information donnée à l'Appendice A.

Vous devez bien apprendre ces règles de sécurité et en tenir compte chaque fois que vous entreprenez un projet. En cas de doute sur les moyens à prendre pour votre sécurité, référez aux règles suivantes et consultez votre chargé de cours—avant d'entreprendre quoi que ce soit!

1. Portez **toujours** un équipement de sécurité sur un lieu de travail. Des verres protecteurs, des gants et des chaussures de caoutchouc sont des exemples d'un bon équipement de sécurité.
2. Soyez sûr que l'équipement utilisé est en bon état avant même de commencer un ouvrage. Vérifiez les fils et les fiches de toutes les connexions faibles ou lâches. Soyez sûr que votre équipement est bien relié au sol. **N'essayez pas** d'employer un équipement endommagé. Signalez à votre professeur tout genre d'équipement non sécuritaire.
3. **Apprenez** la manière sûre et correcte de vous servir de votre équipement et des outils avant de les utiliser.
4. Gardez **toujours** votre établi très propre. Mettez de côté le matériel et l'équipement qui servent aux tests.
5. Ayez **toujours** un bon éclairage pour travailler sur un projet.
6. Ne faites **jamais** des réparations ou des changements quelconques à un circuit branché.
7. Avant de mesurer des circuits branchés, assurez-vous **toujours** que personne ne touche ni ne touchera une pièce métallique exposée à un courant.
8. **N'essayez jamais** de travailler avec de l'équipement électrique ou électronique quand cet équipement, le plancher où vous travaillez, vos mains et vos pieds, sont humides. Portez des chaussures bien sèches ou ayez un tapis isolant de caoutchouc lorsque vous travaillez sur des circuits à haute tension.
9. **Ne vous assoyez pas** sur des sièges de métal ou des bancs avec des bouts métalliques à moins que ceux-ci ne soient reliés à la terre.
10. **Ne portez jamais** de montre, ni de bagues ou autres bijoux en métal qui pourraient toucher accidentellement un circuit branché. Le métal et l'humidité en effet sont tous deux d'excellents conducteurs d'électricité.
11. Lorsque vous apportez de l'équipement ou des appareils à réparer, **identifiez** bien tous les fils et les autres composantes afin de les rebrancher correctement.
12. Dans les circuits à haute tension, déchargez **toujours** les condensateurs avant de procéder à un essai. Les condensateurs conservent souvent des charges électriques même après qu'une source d'énergie a été coupée.
13. **Voyez bien** tout ce qui se fait autour de vous. Si quelqu'un s'avisait de fabriquer quelque dispositif insensé, vous pourriez être la première victime d'un accident.
14. Évitez **toujours** d'être vous-même un conducteur d'électricité. Gardez toutes les parties de votre corps loin des surfaces conductrices et reliées à la terre quand vous travaillez avec l'électricité.



FIGURE 1-15 Ne portez pas de vêtements amples ou détachés, ne laissez pas vos cheveux relâchés, retirez votre montre et vos bagues.

1.5 SOIN ET MANIÈRE D'EMPLOI DES OUTILS ET DE L'ÉQUIPEMENT

«Un ouvrier n'est bon qu'en autant que ses outils le sont.» C'est là un vieil énoncé toujours vrai. Dans l'industrie, si on est négligent avec ses outils ou la machinerie, on peut être remercié de ses services. Voici quelques points essentiels dans le soin et le maniement des outils:

1. Ayez toujours des outils propres et exempts de rouille. De cette façon, ils fonctionneront mieux et seront plus utiles.
2. Ayez des outils bien aiguisés et mis à part des autres.
3. Soyez sûr aussi que le bout du tournevis que vous employez convient bien à une fente ou à une douille quelconque. N'employez jamais des tournevis avec des lames écorchées ou courbées. Un tournevis peut glisser et vous blesser s'il est utilisé sans soin ou improprement.
4. Servez-vous de coupeurs et de cisailles sans entailles à leurs extrémités.
5. Servez-vous des outils uniquement pour les fins auxquelles ils sont destinés et non comme ouvre-boîtes ou des ciseaux ordinaires.
6. Que votre outil soit de la dimension qui convienne à son usage. Une clef à écrou trop grosse arrondira les coins du boulon; votre outil et l'écrou ne seront alors tous deux d'aucune utilité. Ce qui est encore plus grave, la clef à écrou peut glisser du boulon et vous blesser aux mains.
7. Vérifiez votre équipement avant d'entreprendre n'importe quel projet. Dégagez les coins nus ou brisés de l'isolant sur un câble et les connexions. Inspectez les bornes et les fiches de courant. Vérifiez les contrôles, les cadrans, les interrupteurs et les indicateurs afin d'être sûr qu'ils sont intacts, nets et en état de bien fonctionner. Si vous découvrez des défauts, votre équipement ne sera pas sécuritaire.

Vérifiez aussi tous les fusibles. Ils sont calibrés pour «sauter» si trop de courant passe dans un circuit. Il y a risque d'incendie si on a remplacé ces fusibles par d'autres faits pour supporter une tension plus haute que celle du circuit, ou si on a remplacé simplement un

fusible par du papier aluminium. Rapportez immédiatement à votre professeur tout équipement défectueux ou endommagé.

8. Placez votre équipement et vos outils là où ils ne pourront être endommagés ni dangereux. L'équipement et des outils placés sur un coin d'établi peuvent facilement tomber sur le plancher. Trouvez-leur un meilleur endroit pour en disposer. Laissez tout passage libre,

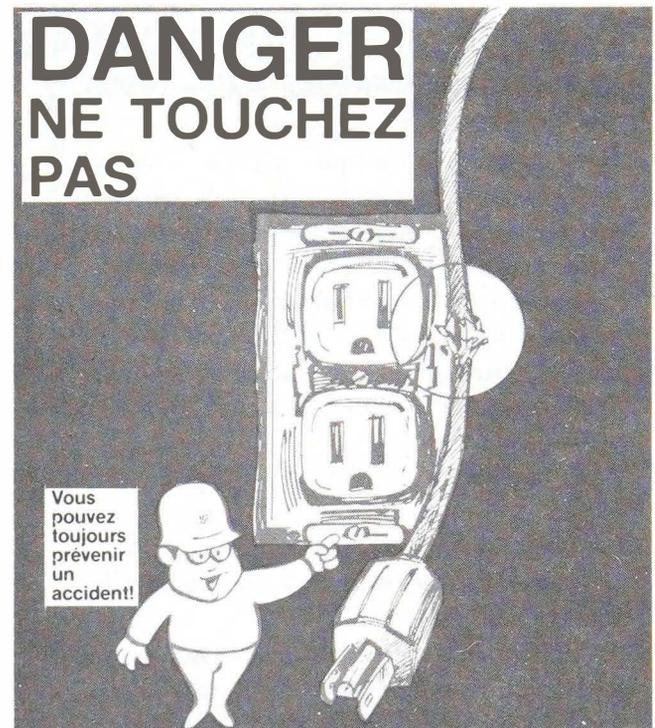


FIGURE 1-16 N'employez pas de câbles effilochés.

ainsi que le plancher autour de vous. Si quelqu'un circule près de vous avec un gros objet comme un châssis, il pourra bien ne pas voir un obstacle sur son chemin. S'il fait un faux pas, il peut briser son châssis, se blesser et vous blesser aussi en même temps.

9. Lorsque vous employez des outils tranchants, envoyez les débris loin de vous et de vos voisins. Portez des verres de sécurité. Servez-vous d'une scie à métaux et non de coupeurs pour tailler des boulons et des vis.

10. Assemblez avec minutie les petites composantes; choisissez-les aussi petites que possible. S'il le faut, manipulez chaque pièce avec précaution afin qu'elle ne se courbe ni ne brise une connexion.
11. Attendez que l'équipement de soudage soit refroidi avant de le remettre à sa place. Ne déposez pas un équipement là où quelqu'un pourrait le toucher accidentellement et se brûler. Si les placards de votre atelier ont des supports spéciaux pour les fers à souder, servez-vous-en. Vous devez remettre tous les accessoires chauds sur ces supports. Ils vous éviteront des brûlures si vous devez prendre d'autres outils.
12. Prenez le temps de remettre chaque outil à sa place, là où il doit aller. Vous n'aimeriez pas vous en servir de nouveau s'il est défectueux ou insécuritaire.
13. Soyez sûr que tout équipement est bien à sa place ou débranché avant de quitter votre atelier, même pour peu de temps. Cette précaution peut éviter bien des accidents.

Si vous êtes délicat dans la manipulation de vos outils et de l'équipement, vous constaterez que votre ouvrage se fera en toute sécurité et aisément. Comme pour la sécurité, un soin minutieux des outils est une bonne habitude à acquérir dès maintenant.

1.6 RÉSUMÉ

L'électronique est un champ d'activité tout nouveau. Même s'il y a déjà des milliers d'applications pour les composantes électroniques, il y en aura encore des milliers d'autres dans l'avenir.

On apprend l'électronique pour plusieurs motifs. D'aucuns veulent savoir comment l'électronique affectera leur existence. D'autres auront décidé simplement d'apprendre à fabriquer ou à réparer de l'équipement électronique. Certains enfin veulent se qualifier pour de bons emplois dans l'industrie électronique. Toutes ces raisons sont excellentes. Normalement, les gens qui recherchent des emplois dans l'électronique doivent posséder aussi beaucoup d'autres connaissances.

Il est important de développer de bonnes aptitudes manuelles. La miniaturisation des composantes électroniques et des circuits exige beaucoup d'habileté dans le soudage et le filage de connexions très critiques.

Prenez de bonnes habitudes de travail, puis suivez les règles de sécurité chaque fois que vous travaillez. Mettez de côté tout équipement et les outils qui ne sont pas nécessaires avant de commencer un projet, et gardez votre place très propre. Apprenez à secourir un blessé. Ne tentez jamais d'utiliser de l'équipement et des outils défectueux. Rapportez-les immédiatement à votre professeur.

Servez-vous minutieusement de votre équipement et de vos outils. Conservez-les en bon état. Vérifiez-les fréquemment en cas de défauts. Employez seulement des outils faits pour un ouvrage particulier. Ne mettez jamais de l'équipement et des outils dangereux là où ils pourraient être endommagés ou constituer un risque d'accident pour les autres. Rangez tout de côté quand vous avez terminé un ouvrage. Soyez sûr que tout appareil est fermé ou débranché avant de quitter votre atelier.

1.7 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez répondre à toutes les questions.

1. Nommez cinq appareils modernes qui ont des composantes électroniques.
2. Depuis quand existe l'électronique?
3. Nommez trois genres d'emplois disponibles dans l'industrie électronique. Qu'est-ce qui vous intéresserait plus particulièrement?
4. Qu'est-ce qu'on entend par «aptitudes manuelles»? Pourquoi est-il si important de les développer?
5. Pourquoi est-il important que votre lieu de travail soit bien propre et dégagé?
6. Faites le tour de votre atelier. Dressez une liste de l'équipement et des outils qui vous paraissent dangereux.

7. Quel danger comporte tout ce que vous avez mentionné à la question précédente?
8. Nommez 14 règles de sécurité que vous jugez indispensables pour vous et votre atelier.
9. Quel équipement de sécurité devez-vous porter à l'ouvrage?
10. Nommez 7 procédures ou plus à suivre dans le soin et le maniement des outils et de l'équipement de travail.
11. Pourquoi est-il important d'observer de bonnes règles de sécurité dans l'utilisation des outils et de l'équipement avant même d'entreprendre un projet?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Lequel des sujets suivants est bien important pour les communications, le transport et les loisirs à la maison?
 - (a) l'électronique,
 - (b) la mécanique automobile,
 - (c) le soudage,
 - (d) la médecine.
2. Quelles sont les personnes suivantes impliquées dans la production des appareils électroniques?
 - (a) les ingénieurs,
 - (b) les techniciens,
 - (c) les graphistes,
 - (d) tous ces spécialistes à la fois.
3. Une technicienne de l'environnement
 - (a) conçoit un circuit,
 - (b) assure le bon fonctionnement des composantes,
 - (c) construit le prototype,
 - (d) rédige les manuels de directives.
4. Le rédacteur technique
 - (a) dessine un circuit,
 - (b) teste les composantes,
 - (c) rédige les manuels de directives,
 - (d) construit le prototype.

5. La graphiste
 - (a) teste les composantes,
 - (b) dessine les plans de production et de service,
 - (c) rédige les manuels techniques,
 - (d) construit le prototype.
6. Le technicien en montage
 - (a) teste les composantes,
 - (b) construit le prototype,
 - (c) rédige les manuels de directives,
 - (d) conçoit le circuit.
7. La machiniste
 - (a) fabrique les pièces d'un nouvel appareil,
 - (b) trace les diagrammes,
 - (c) teste les composantes,
 - (d) construit le prototype.
8. Votre lieu de travail
 - (a) doit avoir tous les outils nécessaires,
 - (b) doit être dégagé de matériel inutile,
 - (c) doit être nettoyé avant chaque tâche,
 - (d) satisfait à toutes les conditions nommées.
9. Quiconque travaille dans l'électricité doit
 - (a) savoir pratiquer la respiration artificielle et donner des soins d'urgence,
 - (b) s'attendre à recevoir des chocs électriques,
 - (c) porter de l'équipement de sécurité approprié pour prévenir les accidents,
 - (d) à la fois (a) et (c).
10. Quelles sont les meilleures règles de sécurité parmi les suivantes?
 - (a) n'avoir personne autour de soi en travaillant,
 - (b) ne pas essayer de travailler avec de l'équipement, des outils, les mains et les pieds mouillés,
 - (c) laisser sur le plancher, près de soi, les outils dont on ne se sert pas,
 - (d) avoir l'éclairage qui convient pour empêcher vos verres de sécurité de s'embuer.

CHAPITRE 2

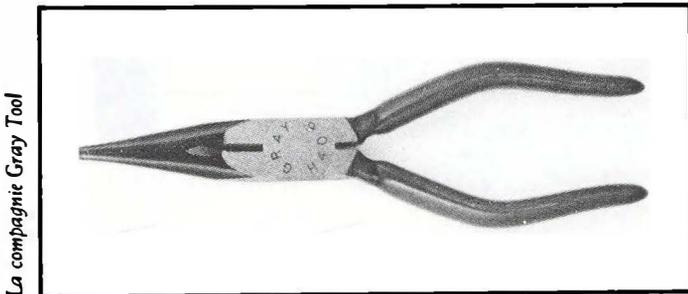
BIEN COMMENCER

2.1 OUTILS DU MÉTIER

Avant d'inventer, de fabriquer et de réparer de l'équipement électronique, il faut apprendre à se servir correctement des outils du métier. Ce chapitre va vous aider à bien commencer.

PINCES À LONG BEC

Les **pincettes à long bec** (ou à long nez) (Figure 2-1) sont destinées à courber les fils ou les câbles des composants, ou à tenir de petites pièces. Elles sont également utiles pour fixer les câbles autour des bornes avant de les souder et pour enlever des petits morceaux aux endroits difficiles d'accès. Les pincettes à long bec sont employées aussi comme «dissipateur thermique» quand on doit souder des petites composantes. Ce sont des refroidisseurs qui enrayent les excès de chaleur. Vous en apprendrez davantage à ce sujet au Chapitre 9.



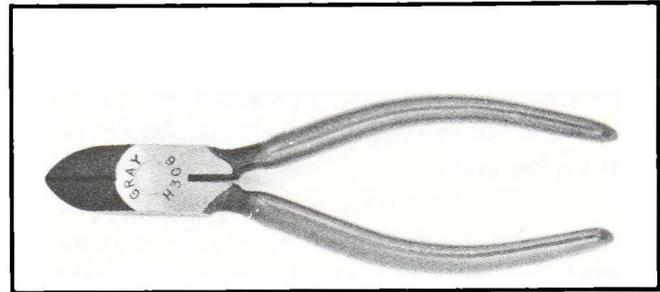
La compagne Gray Tool

FIGURE 2-1 Pincettes à long bec.

N'essayez pas d'utiliser des pincettes à long bec pour serrer des écrous ou pour tout autre usage. Dans ce cas, vous pourriez endommager la surface de serrage, crochir ou briser le bec d'une pincette. Employez toujours la bonne grosseur de pincettes pour un travail particulier.

COUPE-FILS

Les **coupe-fils diagonaux** (Figure 2-2) servent à couper les fils de connexion et les câbles des composants avec précision, à enlever le fil de trop aux



La compagne Gray Tool

FIGURE 2-2 Coupe-fils diagonal.

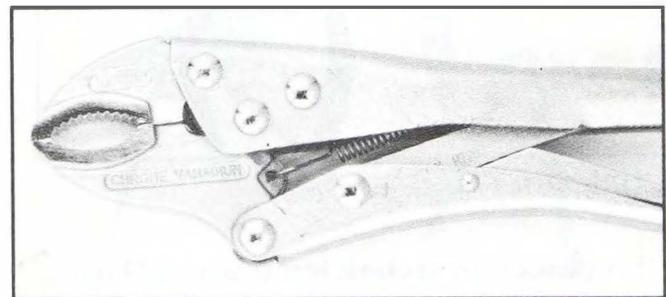
bornes et aux joints de soudure. Les coupe-fils diagonaux peuvent servir aussi à enlever l'isolant à l'extrémité des fils de connexion.

Il y a sur le marché plusieurs grosseurs de coupe-fils diagonaux. Il faut toujours choisir des coupe-fils assez gros pour couper facilement la grosseur de fil utilisé. Si vous essayez de couper du fil trop fort avec un coupe-fils miniature, vous pourrez endommager la surface de coupe ou briser les mâchoires du coupe-fils.

Certains coupe-fils ont des bouts horizontaux plutôt que diagonaux. Ils sont très précieux dans des cas spéciaux de coupe.

PINCES SPÉCIALES

On rencontre encore plusieurs types de pincettes spéciales pour faciliter ou simplifier le travail. Les **pincettes-étau** principalement (**vice grip pliers**) (Figure 2-3) ont des mors parallèles, ajustables et bloquants.



La compagne Gray Tool

FIGURE 2-3 Pincettes-étau (**vice grip pliers**, marque déposée).

Les pinces-étau sont une sorte de «troisième main» pour tenir en place des composants ou des plaques de circuit pendant le soudage des connexions.

Un autre type de pinces avec des mors parallèles ajustables, ce sont les **pinces à jointure** (ou **pinces universelles**) (Figure 2-4). Ces pinces ne bloquent pas en place comme les pinces-étau. Leurs mâchoires ont plutôt de grosses dents pour assurer une bonne poigne. Leurs longues poignées permettent de donner plus de force ou de torsion sur l'objet retenu par les mors pour l'aplatir ou l'arrondir.

usages facilitent l'accès à l'intérieur d'un châssis bien rempli pour détacher des fils et des câbles de composantes. On peut s'en servir aussi pour tenir de petits bouts de câbles pendant qu'on fixe une composante.

Il y a encore des **pinces à bec rond** et des **pinces à bec plat** (Figure 2-5) pour former et tenir les câbles délicats des composantes miniatures. La surface de poigne rude des pinces standard pourrait endommager les câbles ou les casser.

TOURNEVIS ORDINAIRES ET TOURNEVIS À ÉCROUS

Les **tournevis** (Figure 2-6) se présentent dans un

FIGURE 2-4 Pinces à jointure.

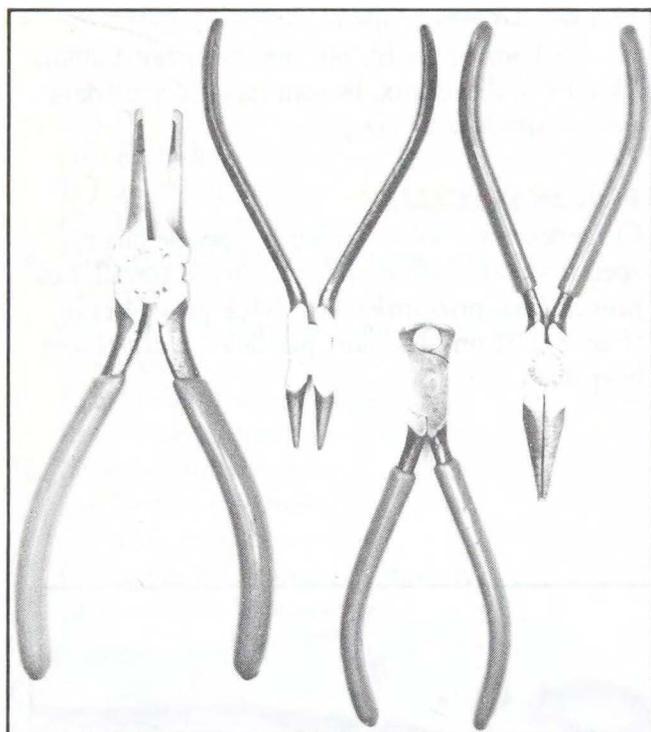
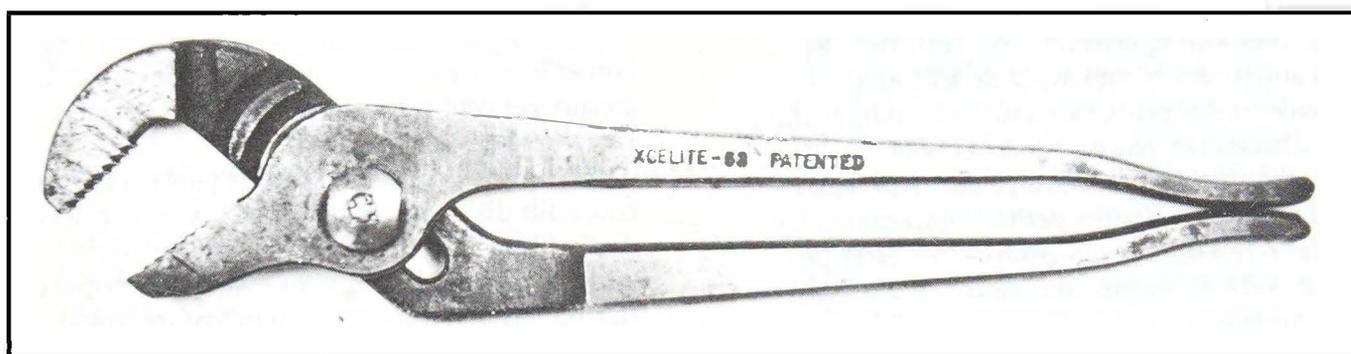


FIGURE 2-5 Types de pinces spéciales.

Les **pinces de technicien** (Figure 2-5) ont des bords longs, très minces, et de petites surfaces de coupe à leurs extrémités. Ces pinces à multiples

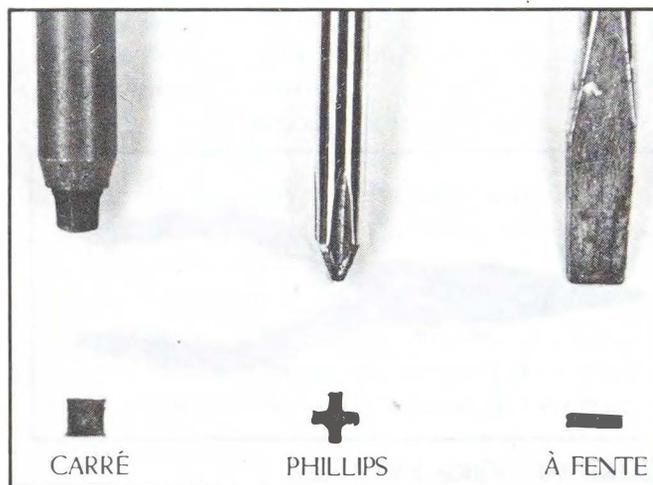


FIGURE 2-6 Formes communes de lames de tournevis.

vaste assortiment de formes, de grosseurs et de longueurs. Les dimensions et les formes de lame usuelles pour les travaux d'électronique sont les suivantes:

- type à fente («slob») 3 mm et 6 mm;
- Phillips n^{os} 1 et 2;
- Carré (Robertson) n^{os} 1 et 2.

On emploie rarement des sortes de vis moins communes qui exigent des types particuliers de tournevis. N'utilisez des tournevis que pour serrer ou desserrer des vis. Ne vous en servez pas comme leviers, ouvre-boîtes ou ciseaux. Assurez-vous d'employer la bonne lame de tournevis (Figure 2-7) qui convient exactement à la tête d'une vis ou d'une fiche. Ne pas se servir du tournevis qu'il faut peut à la fois endommager le tournevis et la tête d'une vis. Le tournevis pourrait glisser, briser votre ouvrage ou vous blesser. Si une tête de vis est écorchée, il sera difficile de la dévisser et l'on perdra du temps.

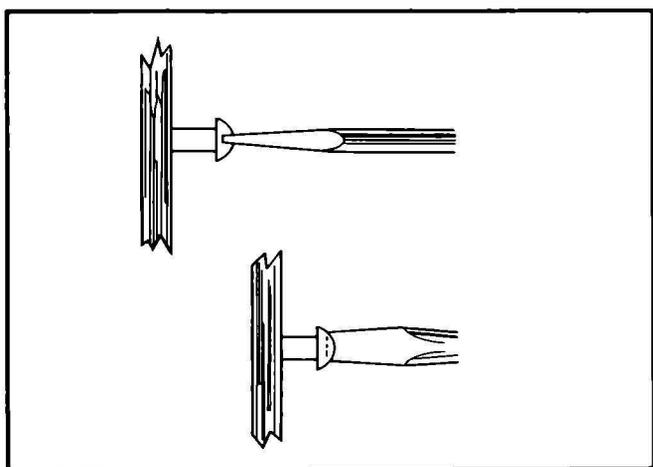
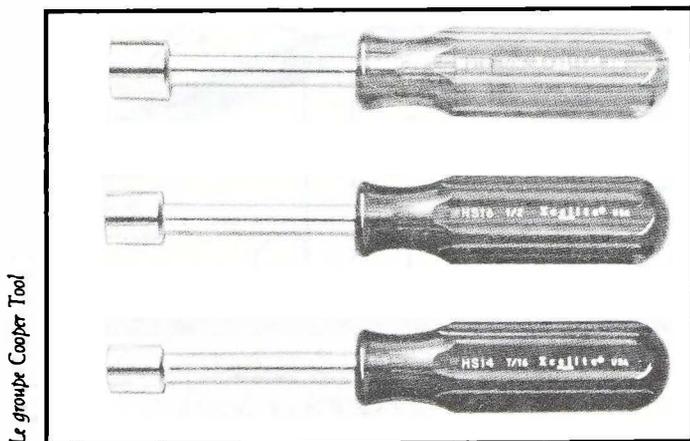


FIGURE 2-7 Employez un tournevis qui convient exactement à la tête d'une vis ou à une fiche.



Le groupe Cooper Tool

FIGURE 2-8 Tournevis à écrous.

Les **tournevis à écrous** (Figure 2-8) ressemblent à des tournevis ordinaires et fonctionnent comme eux, sauf qu'ils ont des douilles hexagonales au lieu de lames. Ces douilles servent à

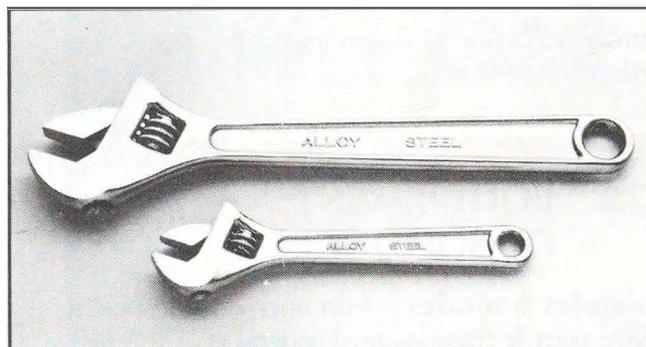
visser des écrous comme ceux employés pour fixer des contrôles et des commutateurs de l'équipement électronique. La plupart des tiges de tournevis à écrous sont creuses. Cette particularité permet de visser des écrous filetés sur de longs boulons.

Les ensembles de tournevis à écrous ont des grosseurs standards de douilles «hex». Ces ensembles sont conçus pour satisfaire aux mesures métriques ou en pouces des écrous. Il y a aussi des tournevis à écrous miniatures pour de petits travaux très délicats.

AUTRES OUTILS MANUELS

Deux outils sont particulièrement utiles pour des ouvrages spéciaux. Ce sont la **clef à molette** (Figure 2-9) et la **clef hexagonale** (clef Allen) (Figure 2-10).

FIGURE 2-9 Clefs à molette.



La compagnie Gray Tool



FIGURE 2-10 Assortiment de clefs hexagonales (clefs Allen).

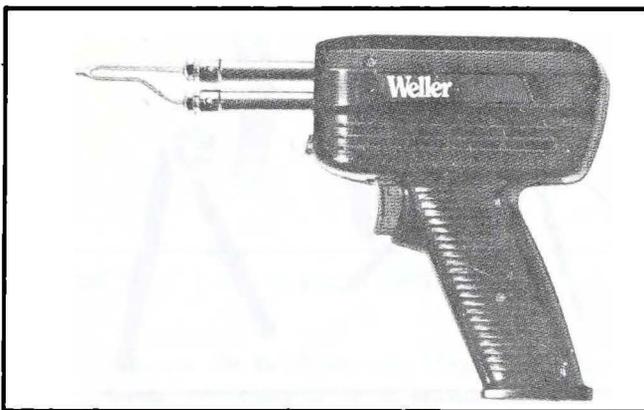
La clef à molette a un mors fixe et un autre qui peut être déplacé grâce à un bouton de réglage. Les clefs de 10 cm ou de 15 cm peuvent être utiles pour tenir ou serrer des écrous hexagonaux que des tournevis à écrous ne peuvent atteindre. Il y en a de différentes grosseurs. Employez toujours une clef suffisamment grosse pour faire votre travail sans difficulté. Une clef trop petite en effet crochira ou brisera le mors mobile de réglage.

Beaucoup de tiges d'extension et de boutons de contrôle en électronique sont assujettis au moyen d'un petit jeu de vis avec une prise hexagonale sur le dessus. On appelle tête Allen ce type de vis à tête hexagonale. Ces jeux de clefs Allen sont disponibles en mesures métriques ou en pouces.

Lorsque vous vous servez de clefs Allen, prenez soin de choisir la dimension exacte qui convient pour fixer une vis. En employant une clef trop petite, vous pouvez écorcher ses coins et la rendre inutilisable. Une vis également peut être déformée ou brisée, et il sera impossible ensuite de la retirer.

2.2 ÉQUIPEMENT DE SOUDAGE

Le **pistolet à souder** est un outil commun de soudage pour le filage manuel général et le travail d'un châssis. Il y en a de différentes grosseurs. Beaucoup de pistolets à souder ont deux portées de chaleur. Le pistolet à souder de la Figure 2-11 a une haute portée de chaleur de 140 W (watts¹) et une faible portée de chaleur de 100 W. La plupart des pistolets à souder sont faits pour de l'ouvrage intermittent. Ils se réchauffent quand on presse un



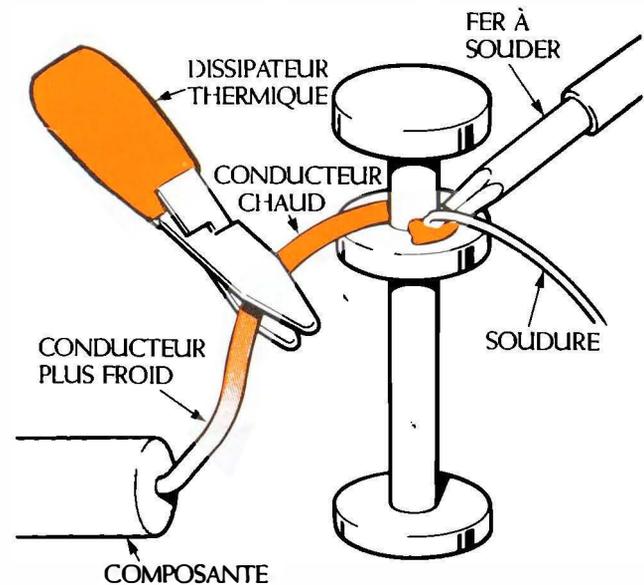
Le groupe Cooper Tool

FIGURE 2-11 Un pistolet à souder.

commutateur, et se ferment automatiquement en relâchant la pression. On appelle ce genre de commutateur «un déclencheur de contact momentané». Il a la particularité de permettre à la pointe de soudage de se refroidir entre les usages, minimisant ainsi les risques de brûlures accidentelles. Avant d'employer un pistolet à souder, vous devez presser le déclencheur pendant deux ou trois secondes afin de permettre à la pointe de soudage d'atteindre le degré nécessaire de chaleur pour la soudure.

Protégez-vous contre tout excès de chaleur quand vous soudez. S'il y a trop de chaleur, cela peut endommager des composants électroniques ou détacher de petites «îles» de cuivre sur les plaques de circuit imprimé. La réparation de ce genre de plaque endommagée est un travail délicat et une perte de temps. Les dissipateurs thermiques (Figure 2-12), dont on parlera au Chapitre 9, sont justement employés pour dissiper l'excès de chaleur quand on fait de la soudure.

FIGURE 2-12 L'emploi d'un dissipateur thermique.



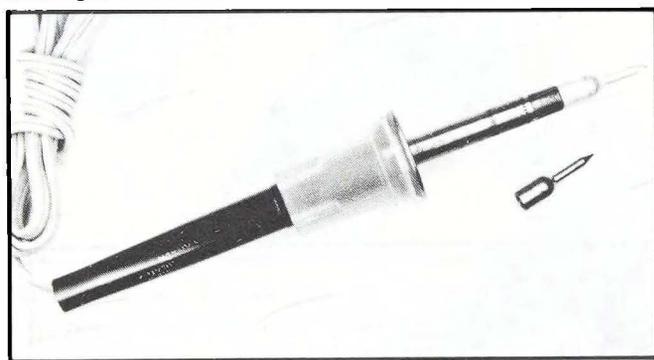
Les **fers à souder** (Figure 2-13) ont généralement des pointes plus fines et des éléments chauffants moins puissants (25 à 50 W) que les

¹ Le watt est l'unité de mesure SI métrique pour mesurer l'énergie électrique. Voir le Chapitre 7 pour une explication du style et des symboles des unités SI.

pistolets à souder. On les utilise pour la soudure sur des circuits imprimés où les pièces sont très rapprochées et les conducteurs très étroits. La plupart des fers à souder exigent plusieurs minutes de réchauffement. On les laisse habituellement branchés tout le temps qu'on les utilise. L'élément chauffant et la pointe sont toujours très chauds (300 à 500 °C), et peuvent causer de graves brûlures. Certains fers à souder ont des thermostats afin de garder leurs pointes à des températures constantes. D'autres ont des supports pour protéger l'élément et la pointe quand le fer n'est pas utilisé. Même avec de telles particularités, ces instruments sont toujours très chauds. C'est pourquoi, quand on se sert de fers à souder, il faut prendre beaucoup de précautions afin de ne pas se brûler.

Certains fers à souder possèdent des éléments et des pointes interchangeables. Les formes de pointes les plus employées généralement pour le soudage délicat sont celles en pointe de burin ou de crayon. Choisissez toujours le bon élément chauffant et la forme de pointe appropriée pour le genre de soudure que vous désirez. Avec un peu de pratique, vous apprendrez vite ce qu'il faut faire pour développer de bonnes aptitudes dans le soudage.

FIGURE 2-13 Un fer à souder avec une pointe de rechange.



2.3 OUTILS DE TRAVAIL DES MÉTAUX

Les cabinets métalliques et les châssis sont normalement construits pour loger ou supporter des appareils électroniques. Si vous voulez savoir comment les construire, vous devrez auparavant apprendre à vous servir des outils manuels suivants. Quant aux plus gros instruments pour le travail des métaux, ils sont décrits au Chapitre 7.

ÉQUERRES

Il y a deux types d'équerres employés pour le travail des métaux, l'**équerre de menuisier** et l'**équerre combinée** (à fonctions multiples). L'équerre de menuisier (Figure 2-14) est employée pour faire des coins exactement droits. L'équerre combinée (Figure 2-15) a le même rôle, mais elle a un bord droit pour faire des lignes parallèles et des angles droits. De plus, la tête de l'équerre a une surface de 45° pour vérifier des coupes d'angles de 45°. Cette tête peut être déplacée dans n'importe quelle position à l'échelle pour être bloquée en place. Des mesures précises peuvent être prises ainsi en se servant d'un bord de l'ouvrage comme référence.

FIGURE 2-14 Une équerre de menuisier.

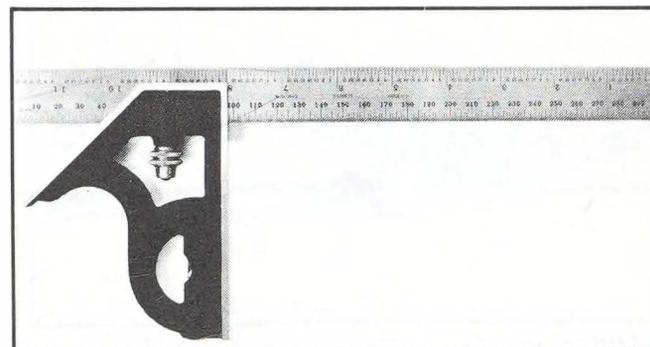
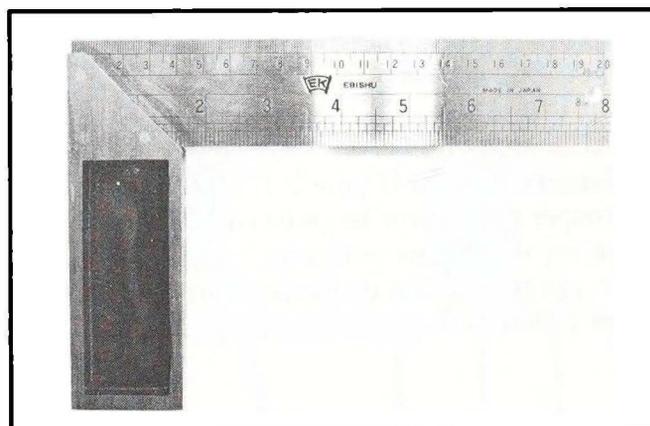


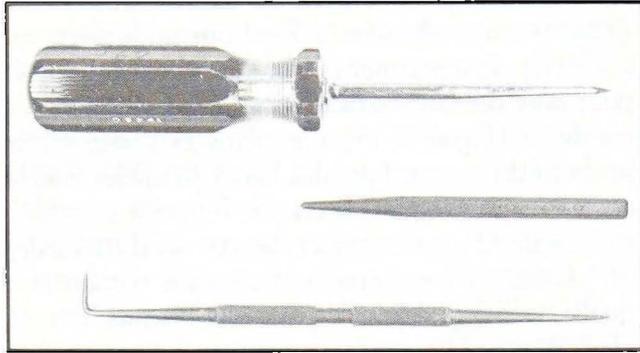
FIGURE 2-15 Une équerre combinée (à fonctions multiples).

ALÉSOIRS, POINTES À TRACER ET POINTEAUX

Les lignes de coupe, de pli et de centre pour les ouvertures sont faites sur le métal soit avec une **pointe à tracer** ou un **alésoir** (Figure 2-16). Ces outils sont en acier dur et munis de pointes très effilées pour graver des lignes de tracé sur un ouvrage en métal.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

FIGURE 2-16 Une pointe à tracer, un pointeau et un alésoir.



On les emploie exactement comme un crayon. Évitez toutefois de vous piquer avec le bout très pointu de ces outils.

Le **pointeau** (Figure 2-16) s'emploie avec un marteau afin de percer juste au centre des trous à perforer ou à poinçonner.

CISEAUX À MAIN

Les **ciseaux à main** (Figure 2-17) sont utilisés pour couper ou dégarnir les petits coins. On s'en sert comme des ciseaux ordinaires, mais ses bouts ne sont pas pointus afin de pouvoir faire des tailles précises à l'intérieur sans couper de lignes.

Le groupe Cooper Tool

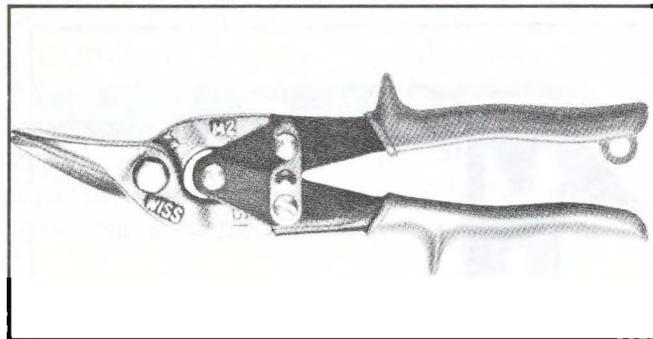
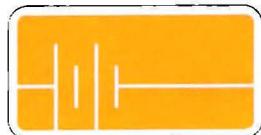


FIGURE 2-17 Ciseaux à main.



2.4 TÂCHES À FAIRE

Les tâches suivantes vont vous aider à «palper avec vos sens» les outils manuels et quelques-unes des

composantes dont vous aurez à vous servir plus tard. Il est essentiel pour vous de développer la «touche délicate» nécessaire pour travailler dans l'électronique. Beaucoup de composantes dispenseuses ont des câbles fragiles qui se briseront si on les manipule mal. Si vous les endommagez, il faudra plus de temps pour compléter vos projets. Une bonne habitude à prendre, c'est de traiter les composantes comme si elles étaient les seules disponibles au monde.

1. Demandez à votre professeur une résistance (ou «resistor») de 0,25 W. Observez comment les câbles sont attachés. Il est très important que ces connexions ne se brisent pas ni ne cèdent. Employez des pinces à bec long et tenez un des câbles de la résistance. Servez-vous maintenant de votre main libre pour courber le câble à 90° autour du bec des pinces (Figure 2-18). En enlevant les pinces, le câble devrait être courbé à 90°, à environ 2 mm de la résistance. Courbez ensuite l'autre câble de la même façon (Figure 2-19). C'est la seule bonne manière de courber les câbles d'un composant afin de bien le monter sur une plaque de circuit imprimé.
2. Demandez une autre résistance à votre professeur. Courbez un des câbles à 90° comme dans le cas précédent. Déplacez maintenant vos pinces de 2 à 3 mm derrière cette courbe.

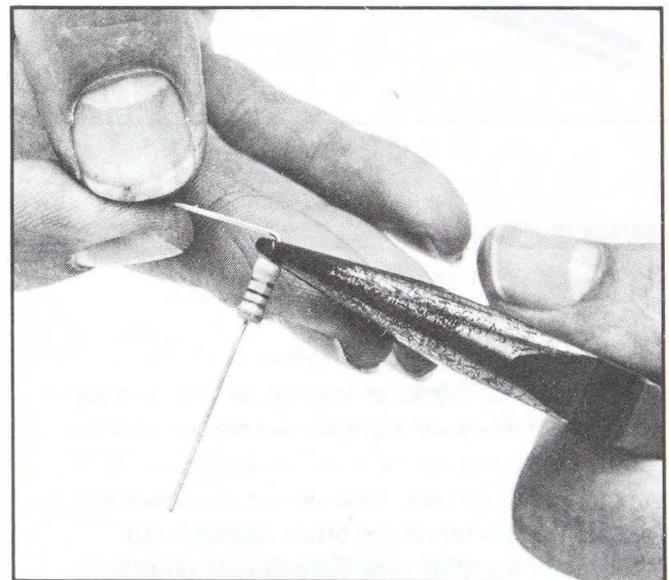


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

FIGURE 2-18 Courbe d'un câble de résistance.

FIGURE 2-19 Câbles d'une résistance, courbés et prêts pour un montage horizontal sur une plaque de circuit imprimé.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

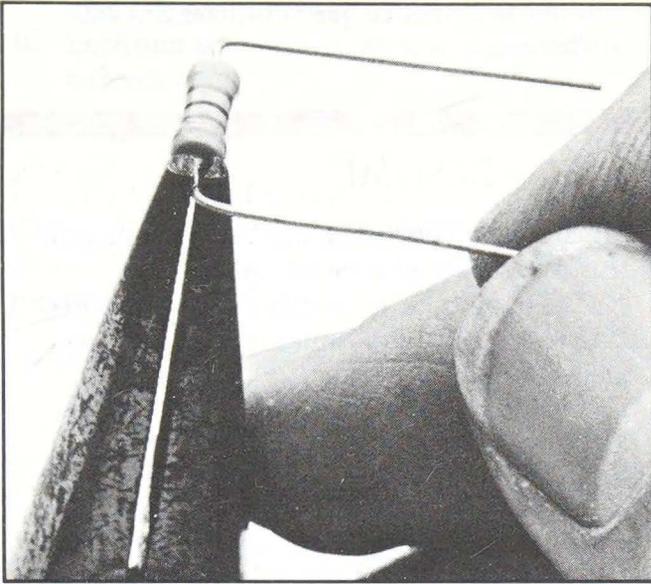


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

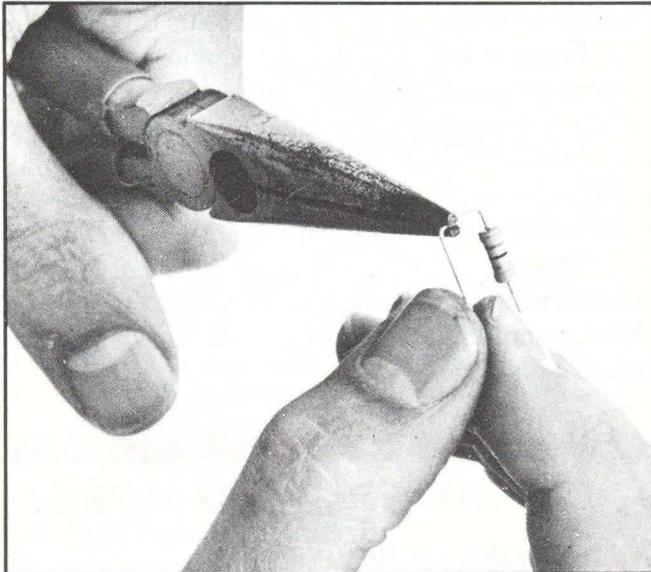


FIGURE 2-20 Câbles d'une résistance, courbés et prêts pour un montage vertical sur une plaque de circuit imprimé.

Faites une autre courbe de 90° à ce point. Le reste du câble devrait maintenant être parallèle à la résistance (Figure 2-20). C'est la bonne manière de courber les câbles d'une composante pour la faire tenir debout sur une plaque de circuit imprimé.

3. Demandez à votre professeur un transistor à faible signal. Il serait préférable que ce transistor ait des câbles pointant dans la même direction. Tenez le transistor par le corps et non par ses câbles. Remarquez comment

ceux-ci sont très fins et rapprochés ensemble. Avec des pinces à bec long, courbez chacun des câbles du transistor, un à la fois (Figure 2-21). Remarquez qu'il y a deux courbes à chaque câble. La première courbe doit être à environ 2 mm plus bas que le fond du transistor, et la seconde à 3 mm en bas de la première. À la fin, les points des câbles devraient être séparés des autres d'environ 5 mm. Ils formeront alors les points d'un triangle équilatéral.

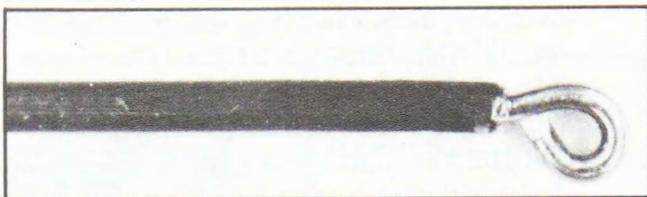
FIGURE 2-21 Transistors avec leurs câbles courbés, prêts pour le montage sur une plaque de circuit imprimé.



Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

4. Demandez un bout de fil de connexion de 200 mm de longueur. Avec un coupe-fils diagonal, séparez-le en deux bouts égaux. Prenez ensuite un bout de 100 mm du fil de connexion, et enlevez 5 mm de l'isolant à chaque extrémité avec le coupe-fils. Assurez-vous de ne pas couper le fil. Maintenant, avec les pinces à bec long, faites un crochet **fermé** à chacune des extrémités dénudées (Figure 2-22). Si vous faites une encoche dans le fil en enlevant l'isolant, la partie dénudée pourra se casser. Dans ce cas, dénudez un autre bout de fil, de 5 mm, et essayez de nouveau.

FIGURE 2-22 Courbe d'une boucle fermée.



5. Prenez le second bout de 100 mm du fil de connexion et enlevez 5 mm d'isolant à chaque extrémité avec un coupe-fils diagonal comme plus tôt. Maintenant, avec des pinces à long bec faites une boucle **ouverte** à chaque extrémité (Figure 2-23). Accrochez les deux bouts ensemble et fermez les boucles avec vos pinces. On appelle ce genre de connexion une **ligature de technicien** (Figure 2-24). S'il s'agit d'une ligature temporaire, elle n'a pas besoin d'être soudée.

FIGURE 2-23 Une boucle ouverte en vue d'une ligature de technicien.

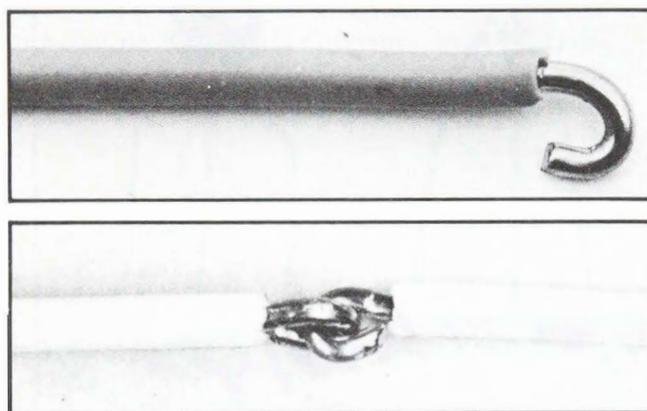


Photo Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

FIGURE 2-24 Ligature de technicien.

2.5 INSTRUCTIONS À SUIVRE

Au chapitre suivant, vous aurez à choisir et à réaliser un projet à votre goût. Peu importe le projet que vous choisirez, vous le réaliserez par étapes. Chaque étape devra être complétée en suivant des instructions précises. Certaines instructions seront fournies par écrit tandis que d'autres vous seront présentées sous forme de diagrammes. Des explications supplémentaires vous seront données aussi

par votre professeur. Ne soyez pas à la gêne pour demander de l'aide—c'est la méthode sage d'agir. Si vous suivez toutes les instructions correctement, vous réussirez tout ce que vous ferez à votre satisfaction.

2.6 RÉSUMÉ

Employez toujours le bon outil et la bonne grandeur d'outil pour chaque ouvrage.

Les outils pour le soudage peuvent être très dangereux à cause des hautes températures auxquelles ils opèrent.

Une trop grande chaleur peut endommager des composantes et des circuits électroniques. Servez-vous d'un dissipateur thermique et protégez-vous contre toute chaleur extrême quand vous faites de la soudure.

Manipulez les composantes électroniques de manière à ne pas briser ou casser leurs câbles.

Courbez les câbles des composantes avec une pince à long bec. Toute courbe devrait être au moins à 2 mm du corps d'une composante.

Les outils pour le travail des métaux servent à la fabrication des châssis métalliques et des cabinets des appareils électroniques.

Observez rigoureusement les instructions et les conseils qu'on vous donne. Assurez-vous d'avoir bien compris toutes les explications avant d'entreprendre quoi que ce soit.

2.7 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Nommez les usages d'une pince à long bec.
2. Nommez les usages d'un coupe-fils diagonal.
3. Qu'est-ce qu'un tournevis à écrous?
4. À quoi ressemble la lame d'un tournevis Phillips?
5. À quoi ressemble la lame d'un tournevis Robertson?
6. Quel est le plus grand avantage d'un pistolet à souder?
7. Quand devez-vous vous servir d'un fer à souder?

8. Quelle précaution doit-on prendre avec un fer à souder?
9. Quelle est la bonne manière de courber les câbles de composantes?
10. Expliquez comment se fait une «ligature de technicien».

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les pinces à long bec servent à
 - (a) tenir de petites composantes,
 - (b) courber des fils et des câbles de composantes,
 - (c) fixer des câbles autour des bornes,
 - (d) tous ces usages mentionnés.
2. Les coupe-fils diagonaux servent à
 - (a) couper des câbles de composantes,
 - (b) couper du fil de connexion,
 - (c) enlever l'isolant sur un fil,
 - (d) tous ces usages mentionnés.
3. Les pinces à long bec ne devraient pas être employées pour
 - (a) serrer des écrous,
 - (b) tenir des composantes,
 - (c) servir comme dissipateur thermique,
 - (d) servir à retirer de petites pièces.
4. Une clef hexagonale (Allen) sert à
 - (a) débloquer une fermeture sur un châssis,
 - (b) à visser des vis hexagonales,
 - (c) à mettre en place des têtes Allen,
 - (d) aucun des usages mentionnés.
5. Les pinces de technicien
 - (a) sont comme des pinces à long bec,
 - (b) n'ont pas de surface de coupe-fils,
 - (c) sont comme les pinces à jointure,
 - (d) ont des surfaces de coupe près de leurs bouts.
6. Un tournevis devrait servir à
 - (a) ouvrir des boîtes de conserve,
 - (b) tailler comme des ciseaux,
 - (c) serrer ou desserrer des vis de machinerie,
 - (d) tous les usages mentionnés.
7. Les tournevis à écrous
 - (a) sont bons pour ouvrir des boîtes de conserve,
 - (b) servent à serrer ou desserrer des vis de machinerie,
 - (c) servent à couper du fil de connexion,
 - (d) sont ajustables à toute grosseur d'écrou.
8. Les pointes de pistolet à souder servent à
 - (a) chauffer les surfaces à souder,
 - (b) retirer les fils qu'on dessoude,
 - (c) tenir les fils ensemble pendant le soudage,
 - (d) dissiper la chaleur de soudure.
9. Quiconque travaille dans l'électronique doit
 - (a) développer des aptitudes manuelles délicates et des habitudes prudentes de travail,
 - (b) employer les outils appropriés pour faciliter sa tâche,
 - (c) empêcher tout dommage à des composantes par une mauvaise technique de soudure,
 - (d) faire tout ce qui est mentionné ci-dessus.
10. Les outils suivants sont employés pour la construction de cabinets et de châssis métalliques:
 - (a) un pistolet à souder, une équerre de menuisier, des ciseaux à main,
 - (b) une équerre combinée, des ciseaux à main, un alésoir,
 - (c) des ciseaux à main, un voltmètre, une équerre combinée,
 - (d) des ciseaux à main, un alésoir et un oscilloscope.

CHAPITRE 3

PROJETS

3.1 LE CHOIX D'UN PROJET

Vous avez maintenant l'occasion dans ce chapitre de choisir un projet électronique à construire. Neuf projets différents vous sont présentés. Si vous suivez bien toutes les instructions, le projet que vous choisirez se fera sans problème et en toute sécurité.

Quel que soit le projet que vous choisissiez, il vous faudra des aptitudes dans le travail des métaux, le câblage manuel, le soudage et la conception d'une plaque de circuit imprimé. Les Chapitres 4 à 11 vous aideront à développer les aptitudes nécessaires. Dans ces chapitres vous apprendrez également à interpréter des diagrammes électroniques et à vous servir de l'équipement de test. Vous apprendrez enfin ce que sont les composants et tout le matériel de l'électronique. Vous tirerez profit de la pratique en suivant toutes les instructions.

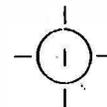
Les projets eux-mêmes sont conçus pour mettre à l'épreuve vos connaissances et vos aptitudes dans plusieurs domaines. Certains projets exigeront que vous pensiez à beaucoup de choses en même temps. Pour d'autres, vous aurez besoin de doigté. Essayez de choisir un projet que vous aimez et que vous voudrez conserver pour vous lorsqu'il sera complété. Choisissez un projet que vous trouverez fascinant et qui sera aussi un défi pour vous. Mais assurez-vous que votre cours vous donnera tout le temps nécessaire pour le compléter! Interrogez votre professeur à ce sujet.

Il y a trois mesures de sécurité que vous devez suivre si vous construisez un projet qui fonctionne sur du C.A. (courant alternatif):

1. Employez **toujours** des conducteurs de fil triple en construisant un projet électronique qui opère sur du C.A. Assurez-vous que le fil de mise à la terre est fermement connecté à toutes les parties métalliques, y compris les surfaces exposées.
2. N'alimentez **jamais** en énergie quelque projet sans l'avoir testé d'abord contre les courts-circuits et pour les liens de mise à la terre au châssis. Corrigez tous les défauts et reprenez vos tests. Demandez à votre professeur de faire une inspection finale.
3. N'utilisez **jamais** une fiche «trompeuse» pour connecter une ligne triple sur une prise de courant murale. Un tel procédé défiera le but de la mise à la terre à moins qu'une connexion spéciale ne soit faite.

Si vous suivez les instructions, avec les mesures et les tests appropriés, votre projet fonctionnera en toute sécurité.

Chaque projet est accompagné d'un diagramme schématique, d'une liste de pièces ou de parties, d'un tracé suggéré de circuit imprimé ainsi que d'un tracé détaillé de châssis. Dessinez chaque tracé sur une feuille de papier séparée, en vous servant des dimensions fournies dans le livre. Toutes les dimensions sont en millimètres à moins qu'il en soit spécifié autrement. Marquez tous les centres de trous à percer avec deux tirets à angles droits comme indiqués ici + et sur les diagrammes de tracé. C'est la façon la plus facile pour vous de marquer des centres de trou, quoique vous aimerez savoir que les dessinateurs et les graphistes professionnels dessinent les lignes de centre et les diamètres des trous à l'échelle exacte autour de chaque paire de tirets lorsqu'ils font les plans de production manufacturière (voir plus loin à la Figure 4-6).



Il vous faudra compléter les diagrammes de tracé pour les parties mécaniques de votre projet afin qu'ils conviennent aux parties spécifiques et aux matériels qu'on vous demandera d'employer. Avec l'aide de votre professeur, vous pouvez décider de changer la dimension ou la forme de la plaque de circuit imprimé ou du châssis de votre projet. Assurez-vous de suivre l'avis de votre professeur.

Beaucoup de termes que vous rencontrerez dans ce chapitre seront probablement nouveaux pour vous, comme «bascule», «circuit en série», «TRIAC» et «R.C.S.». Vous trouverez la plupart de ces termes inusuels pour vous, imprimés en **caractères gras**, lorsque vous les verrez pour la première fois dans le texte de ce livre.

Ce sont les noms de quelques-uns des circuits et des composants électroniques qui ont rendu possible la réalisation de ces projets et d'autres appareils électroniques. Comme vous commencez votre projet et que vos connaissances électroniques progressent, vous voudrez savoir comment ces circuits et ces composants fonctionnent et pourquoi on les assemble ensemble. Les Chapitres 12 à 20 répondront à votre attente. Si vous trouvez un terme difficile à comprendre et désirez en savoir davantage à son sujet, consultez la Table des matières pour savoir où l'on en parle, puis lisez les sections qui vous intéressent. Si vous voulez encore en savoir plus pour le moment, référez au nom du terme qui vous intrigue dans le Glossaire de la fin du livre ou discutez-en avec votre professeur.

Pour vous accommoder, des noms de fournisseurs sont indiqués sur les listes de pièces électroniques mentionnées. Toutes les autres pièces sont des composants électroniques standards. Vous pouvez les obtenir facilement chez beaucoup de vendeurs.

NOTE SPÉCIALE: Le Canada est maintenant un pays où le système métrique a été adopté presque partout par les manufacturiers d'accessoires électroniques. Pour cette raison, les attaches filetées sont désignées en mesures métriques au long de ce texte. L'auteur et l'éditeur réalisent toutefois que les attaches en mesures métriques ne sont pas disponibles dans toutes les régions. Vous devrez peut-être y substituer des attaches mesurées encore en pouces, spécialement dans un projet de construction d'un appareil électronique. Les deux dimensions de vis mécaniques utilisées dans les projets sont données plus bas, suivies des dimensions en pouces entre parenthèses:

M2,5 × 1,5 × 6 (4-40 × ¼ po)

M2,5 × 1,5 × 12 (4-40 × ½ po)

Les désignations d'attaches filetées sont expliquées au Chapitre 6, Section 6.2.

3.2 PROJETS

PROJET 1 OSCILLATEUR DE PRATIQUE DU CODE (MORSE)

Être opérateur de radio amateur, c'est un passe-temps intéressant et enrichissant. Des amateurs licenciés construisent leurs propres récepteurs et transmetteurs, et échangent des communications avec d'autres amateurs dans le monde entier.

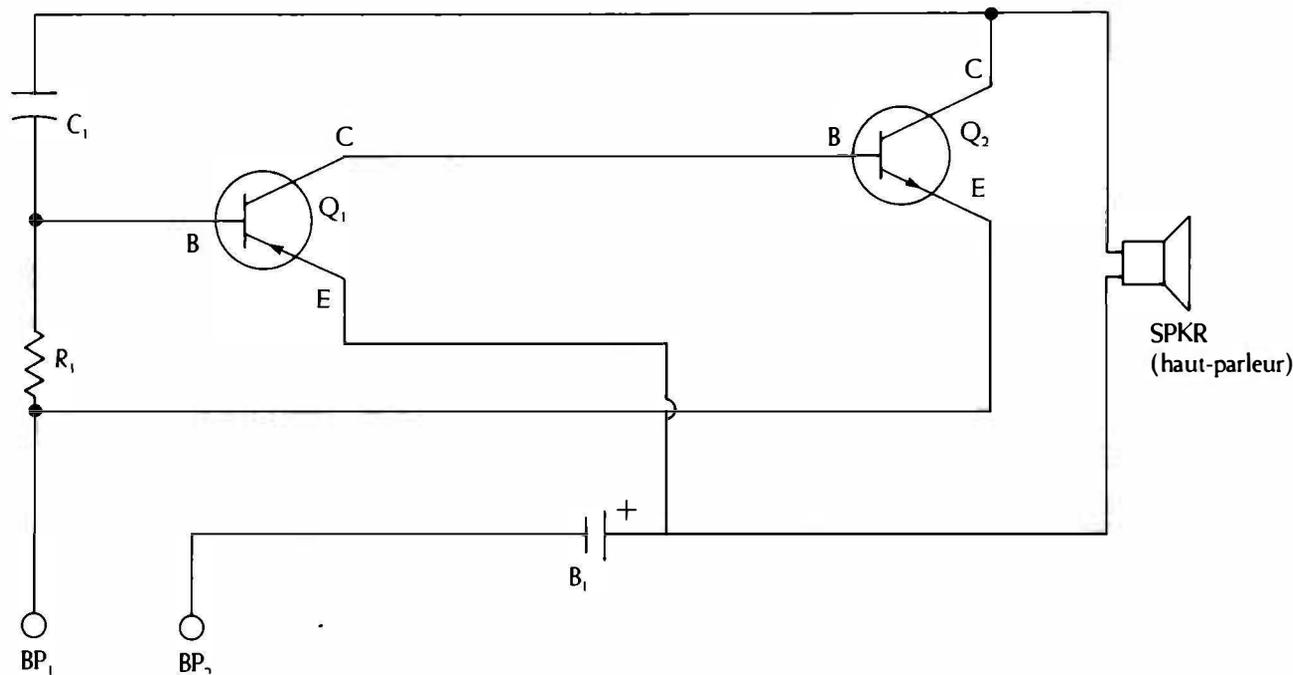
Pour vous qualifier à la licence d'amateur, vous devez d'abord subir un examen. Cet examen inclut un test sur la réception et l'envoi de messages avec le **code Morse**. Le ministère fédéral des Communications vous renseignera sur les conditions d'admission à l'examen pour la licence d'opérateur de radio amateur.

L'oscillateur de pratique du code est un projet que vous pouvez utiliser pour apprendre et pratiquer le code Morse. Si vous et un autre collègue de classe construisez ces unités, vous pourrez vous envoyer mutuellement des messages. Cela vous aidera à apprendre le son des lettres du code et à améliorer vos aptitudes à communiquer par code.

La Figure 3-1 illustre le diagramme schématique d'un oscillateur de pratique du code. La liste des pièces apparaît à la Figure 3-2. Le projet peut loger dans un cabinet de plastique ou dans un châssis métallique comme celui que vous pouvez fabriquer avec les diagrammes de tracé de la Figure 3-3. Quant à la Figure 3-4, elle suggère des tracés de parties et de feuille métallique. Si vous avez l'intention de construire votre propre manipulateur, vous trouverez tous les détails nécessaires de construction à la Figure 3-5.

Le code Morse admis internationalement est illustré à la Figure 3-6. Le point représente un son bref comme «dit». Le tiret représente un son trois fois plus long en durée; on l'appelle un «dah». Lorsque vous écoutez le code Morse, la lettre «A» par exemple s'entend comme «di'dah», et la lettre «D» comme «dah di'dit».

FIGURE 3-1 Oscillateur de pratique du code—diagramme schématique.



B ₁	pile sèche 1,5 V, type AA	SPKR	speaker (haut-parleur), diamètre de 5 cm, 8 Ω (Radio Shack n° 270-245 ou équivalent). Pour un plus gros haut-parleur, construire un cabinet plus gros ou avoir un cabinet séparé. Ajoutez deux serre-fils au panneau de devant pour les connexions du haut-parleur et omettez la grille de haut-parleur sur le devant.
BP ₁ , BP ₂	serre-fils (binding posts), un rouge et un noir (Radio Shack n° 274-662 ou n° 274-315 ou équivalent)		
C ₁	condensateur, 0,022 μF (microfarads) à 0,05 μF, disque de céramique ou mylar, 50 V, 10 % (Note: plus la capacité est élevée, plus le ton est faible.)	Divers	<input type="checkbox"/> plaque de circuit imprimé 40 mm × 50 mm; <input type="checkbox"/> porte-batterie «AA» (Radio Shack n° 270-401 ou équivalent)
Q ₁	transistor, PNP, 2N3906 type (Radio Shack n° 276-2034 ou équivalent)		
Q ₂	transistor, NPN, 2N3055 type (Radio Shack n° 276-2041 ou équivalent)		
R ₁	résistance 47 kΩ (kiloohms) à 56 kΩ, 0,5 W, 10 % (Note: plus la résistance est faible, plus le ton est élevé.)		

FIGURE 3-2 Oscillateur de pratique du code—liste des pièces.

FIGURE 3-3(a) Oscillateur de pratique du code—patron de tracé de châssis, panneaux de dessus et de côté.

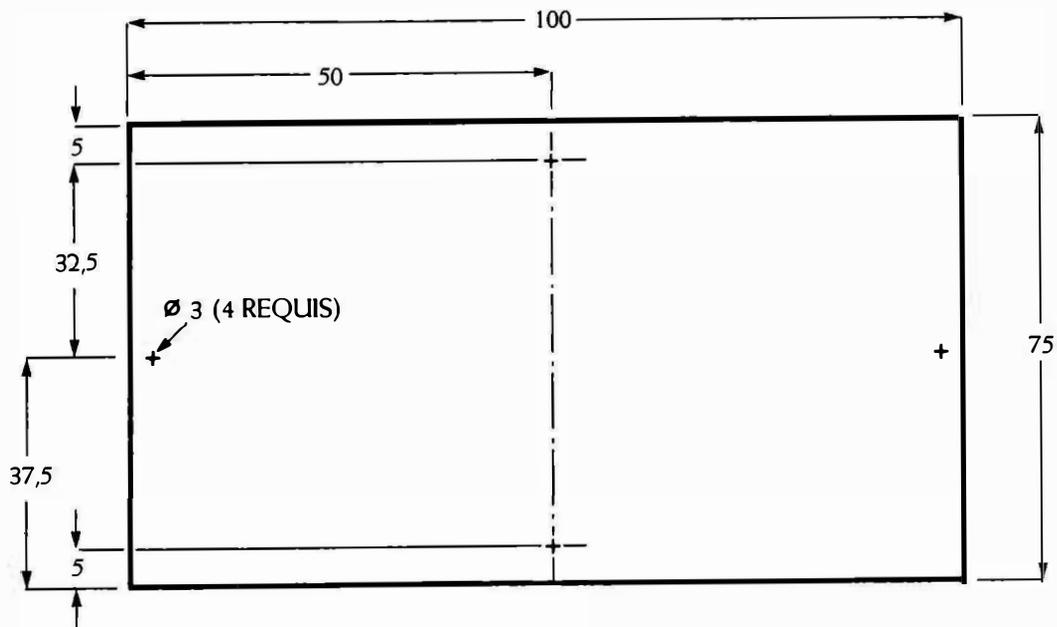
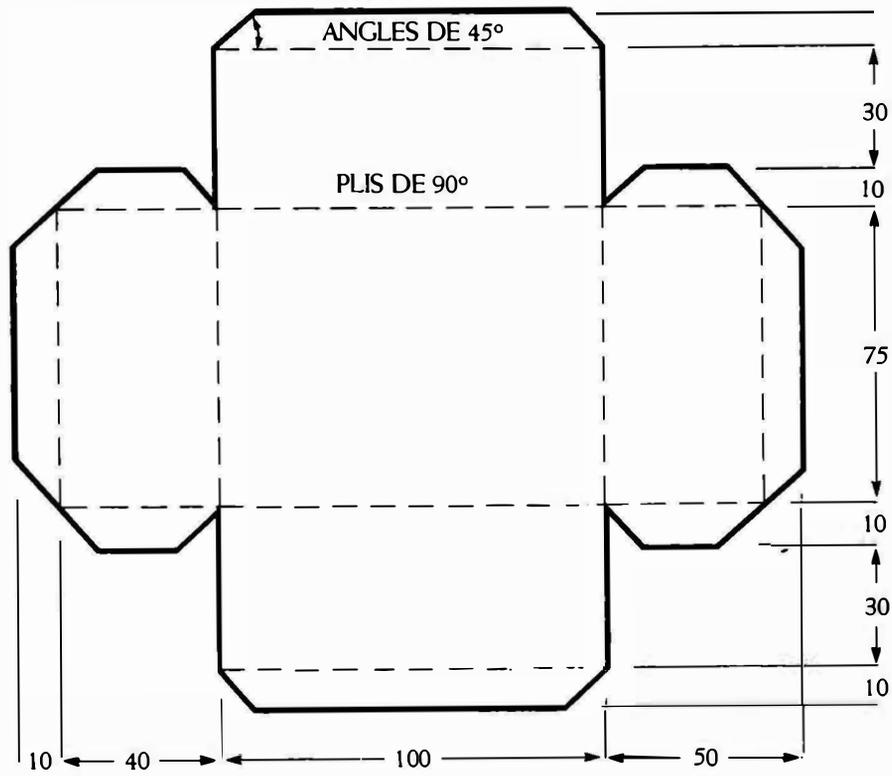


FIGURE 3-3(b) Oscillateur de pratique du code—patron de tracé de châssis, panneau du fond.

FIGURE 3-4 Oscillateur de pratique du code—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

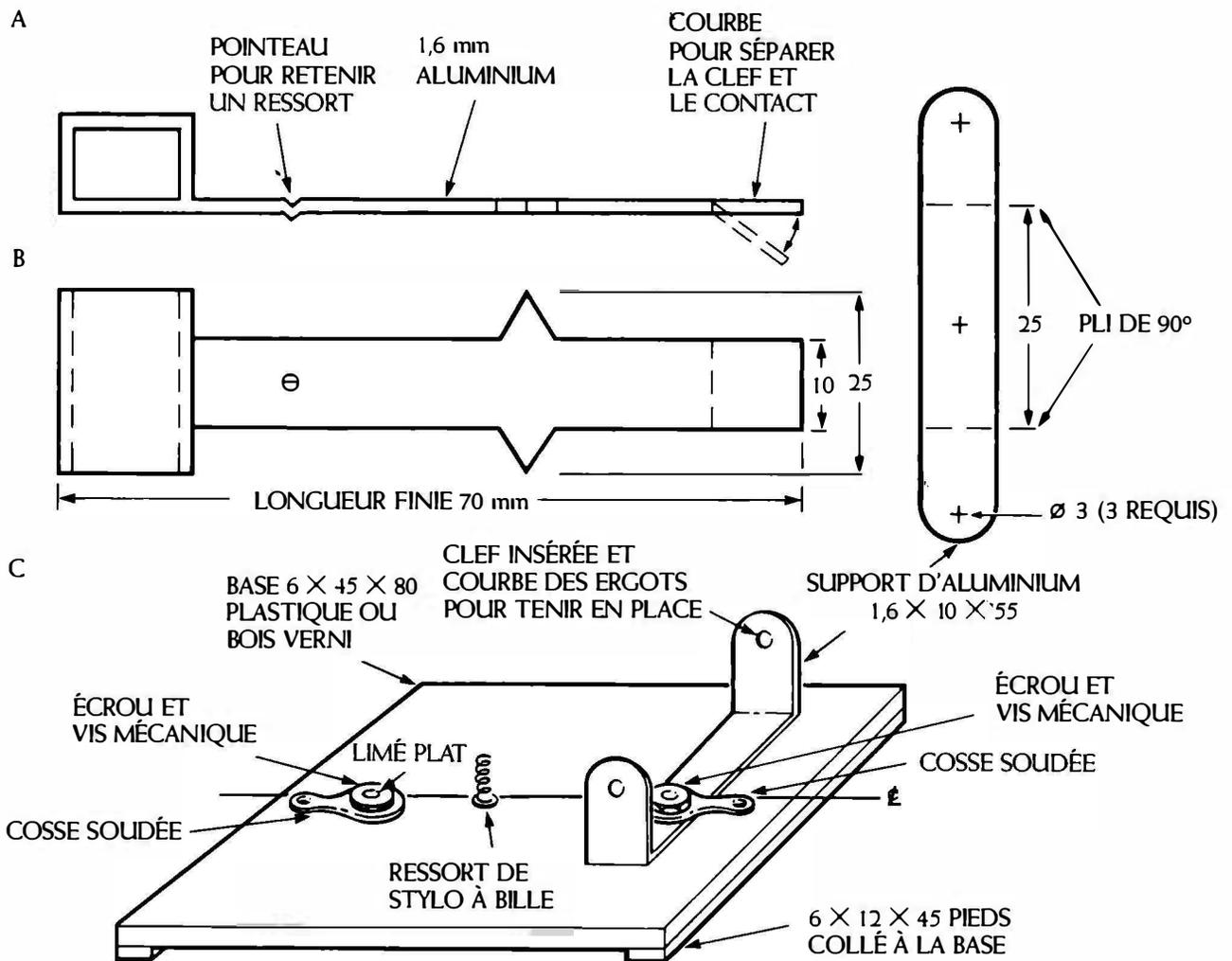
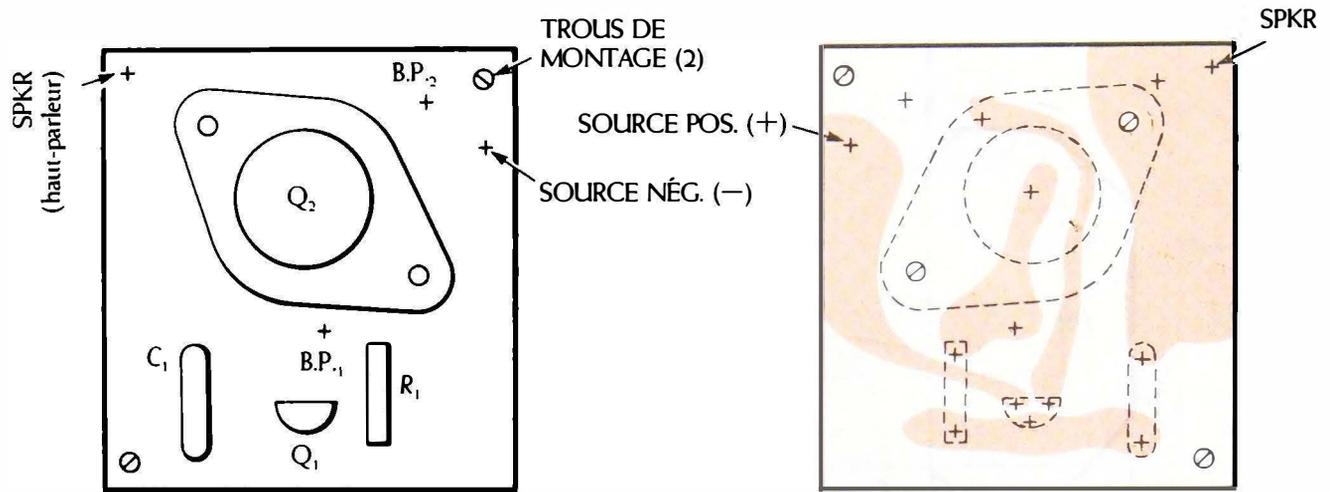


FIGURE 3-5 Oscillateur de pratique du code—construction d'un manipulateur Morse.

FIGURE 3-6 Code international Morse.

A	.-	L	..-.	W	.-.-
B	...-	M	--	X	..--
C	..--	N	-.	Y	..--
D	..-	O	---	Z	---.
E	.	P	..--		
F	...-	Q	..--		
G	--.	R	..-	point	..-.-
H	S	...	virgule	..-.-
I	..	T	-	question	..-.-
J	..--	U	..-	deux points	..-.-
K	-.	V	...-	faute	..-.-
1	..-.-	6	..-.-		
2	..-.-	7	..-.-		
3	..-.-	8	..-.-		
4	..-.-	9	..-.-		
5	..-.-	0	..-.-		

Notes de construction

Si vous construisez un châssis métallique, dessinez des patrons de tracé comme ceux de la Figure 3-3. Déposez la plaque de circuit imprimé et le porte-batterie en place sur les patrons. Puis marquez sur les patrons les centres des trous de fixation. L'emplacement de ces trous peut varier, selon les pièces employées. Choisissez les emplacements des bornes, de BP₁ et de BP₂. Marquez les centres de ces emplacements sur le patron afin de percer ou de poinçonner plus tard les trous de montage. Indiquez le diamètre de tous les trous. N'oubliez pas de limer tous les trous.

Le transistor Q₁ doit être installé et soudé en dernier lieu. La valeur de C₁ peut être changée pour changer la hauteur du ton. Le ton le plus confortable se situe habituellement entre 400 Hz (hertz) et 1 000 Hz. Le câblage entre la plaque de

circuit imprimé et les autres composants doit être net. Assurez-vous d'abord du code des couleurs de tous les fils. Vous pouvez entrelacer les fils dans un seul câble ou les lacer dans un hamais. Référez au Chapitre 8 pour les techniques de câblage manuel et suivez les procédures de test mentionnées au Chapitre 11.

TABLEAU DE RÉSISTANCE

RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
châssis et BP ₁	infini
châssis et BP ₂	infini
châssis et Q ₂ collecteur	infini
BP ₁ et Q ₁ émetteur	zéro
Q ₂ collecteur et haut-parleur	0 à 8 Ω

TABLEAU DE TENSION

TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
BP ₂ et Q ₂ collecteur	-1,5 V
BP ₂ et Q ₁ émetteur	-1,5 V
<i>Note</i> Prendre les mesures suivantes avec BP ₁ et BP ₂ , joints au fil de connexion	
Q ₁ de l'émetteur au collecteur	+0,6 à +1,0 V
Q ₁ de l'émetteur à la base	+0,4 à +0,6 V
Q ₂ de l'émetteur au collecteur	-1,0 à -1,5 V
Q ₂ de l'émetteur à la base	-0,4 à -1,0 V
<i>Note</i> Toutes les mesures peuvent varier de ± 20 %.	

PROJET 2 ÉCLAIRAGE DE SECOURS ROUTIER

Quiconque s'est déjà arrêté sur une grande route pour des réparations d'urgence, spécialement la nuit, connaît le danger des voitures qui viennent à grande vitesse. Si votre auto est en panne, cet éclairage de secours routier avertira les autres conducteurs de vos allées et venues. L'éclairage est fourni par la batterie de 12 V de votre voiture.

Vous le branchez soit dans la prise de votre allume-cigarettes ou bien vous le connectez, un câble à une borne de la batterie et l'autre au châssis de l'auto, avec une pince crocodile. Aussi longtemps qu'un câble est fermement attaché au châssis de l'auto, votre éclairage d'urgence devrait être sûr à opérer de cette manière.

Contrairement aux signaux pyrotechniques, votre dispositif d'éclairage va fonctionner longtemps. Il requiert très peu d'énergie de votre batterie pour fonctionner. Vous pouvez avoir des câbles aussi longs que vous le désirez pourvu que vous utilisiez du fil de fort calibre afin de prévenir la perte de courant.

Le dispositif d'éclairage est construit autour d'un circuit qu'on appelle un **multivibrateur**. C'est un type d'oscillateur adapté des circuits de télévision et d'ordinateur. En électronique numérique, on le nomme un circuit à **bascule**.

La Figure 3-7 montre le diagramme schématique du système d'éclairage de secours routier. À la Figure 3-8, vous avez la liste des pièces. À la Figure 3-9, on vous suggère un agencement de pièces et un patron de feuille métallique. Ce projet devrait loger dans un châssis de métal rigide pour supporter un maniement assez brusque. Le châssis

peut être recouvert de vinyle adhésif ou peint au pistolet pour une meilleure apparence. Les aimants de plastique peuvent être collés au fond du châssis. Les aimants de plastique tiendront alors le dispositif d'éclairage sur des surfaces de métal telles que le coffre ou le capot de la voiture en attendant du secours. La Figure 3-10 montre le patron de tracé pour le châssis métallique. La Figure 3-11 montre l'assemblage final.

Notes de construction

Les trous du panneau de devant doivent s'aligner avec les trous des montures sur le devant du châssis. Percez ou poinçonnez les trous dans le panneau de devant, puis servez-vous de ce panneau comme d'un gabarit pour marquer les centres des trous du châssis. Limez toutes les arêtes rugueuses. Vous fixez le panneau de devant avec quatre vis à métal après avoir assemblé toutes les autres pièces.

Installez maintenant deux canons isolants. Les câbles d'alimentation sont alors soudés directement aux contacts de la base de la lampe. Puis celle-ci est bien assujettie dans le gros canon isolant. La lentille ruche est scellée au-dessus de la lampe avec un caoutchouc de silicium ou de butyle semblable au scellant de baignoire produit par Dow Corning. Ce scellant tiendra la lentille bien en place et il sera encore possible de l'enlever si nécessaire.

Faites un noeud dans les câbles d'alimentation à l'intérieur du châssis afin de ne pas les tirer dehors accidentellement. Puis amenez par dehors les câbles d'alimentation en les passant à travers le petit canon isolant à l'arrière du châssis. Pour les câbles d'alimentation, utilisez du fil torsadé et

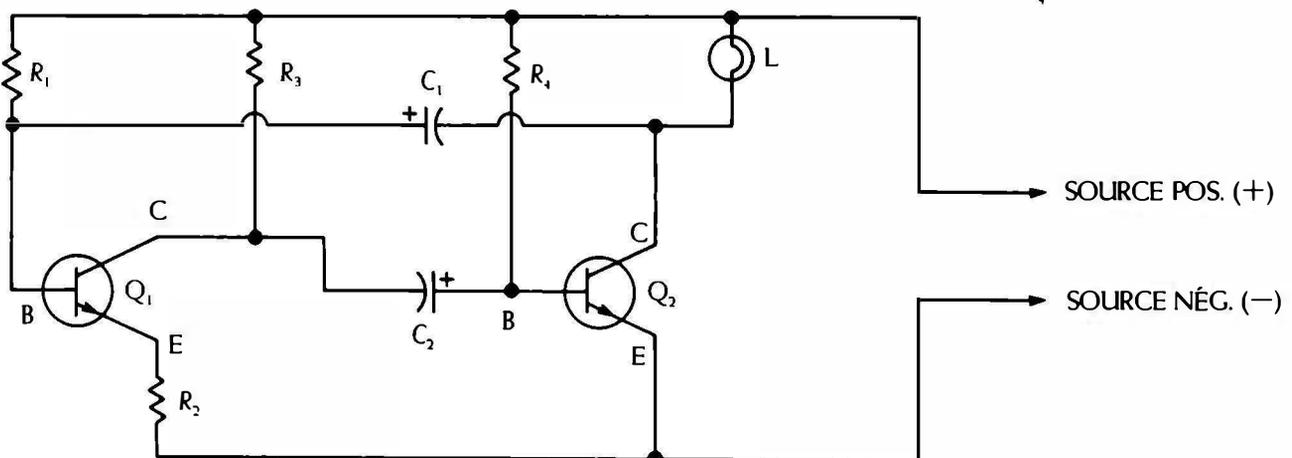


FIGURE 3-7 Éclairage de secours routier—diagramme schématique.

flexible, de calibre N° 18 ou N° 16. NOTE: Si le projet doit être alimenté à partir de l'allume-cigarettes, vous devrez déterminer quel est le côté de l'allumeur qui est positif et quel est le côté négatif.

La plaque de circuit imprimé est isolée du châssis par des distanceurs (espacements) de plastique.

FIGURE 3-8 Éclairage de secours routier—liste des pièces.

C_1	condensateur électrolytique, 100 μ F, 15 V	<i>Divers</i>	<input type="checkbox"/> lentille ruche, rouge ou ambre (Canadian Tire Corp. n° 20-4510X ou équivalent); <input type="checkbox"/> adapteur, allume-cigarettes (Canadian Tire Corp. n° 37-4489 ou équivalent); <input type="checkbox"/> plaque de circuit imprimé, 40 mm \times 60 mm approximativement; <input type="checkbox"/> canon isolant 9 mm; <input type="checkbox"/> canon isolant 18 mm; <input type="checkbox"/> vis mécaniques et écrous; vis guidées à feuille de métal; <input type="checkbox"/> intermédiaires de plastique; etc.
C_2	condensateur électrolytique, 500 μ F, 15 V		
L	lampe automotrice, n° T89 ou n° 63		
Q_1	transistor, 2N3904 type		
Q_2	transistor, TIP 31 A type		
R_1	résistance, 15 k Ω , 0,5 W, 10 %		
R_2	résistance, 100 Ω , 0,5 W, 10 %		
R_3	résistance, 220 Ω , 0,5 W, 10 %		
R_4	résistance, 4,7 k Ω , 0,5 W, 10 %	<p><i>Note</i> Fournisseur de lamelles aimantées de plastique — Eriez of Canada Ltd., 133 Oakdale Road, Downsview, Ontario, Canada, M3N 1W2.</p>	

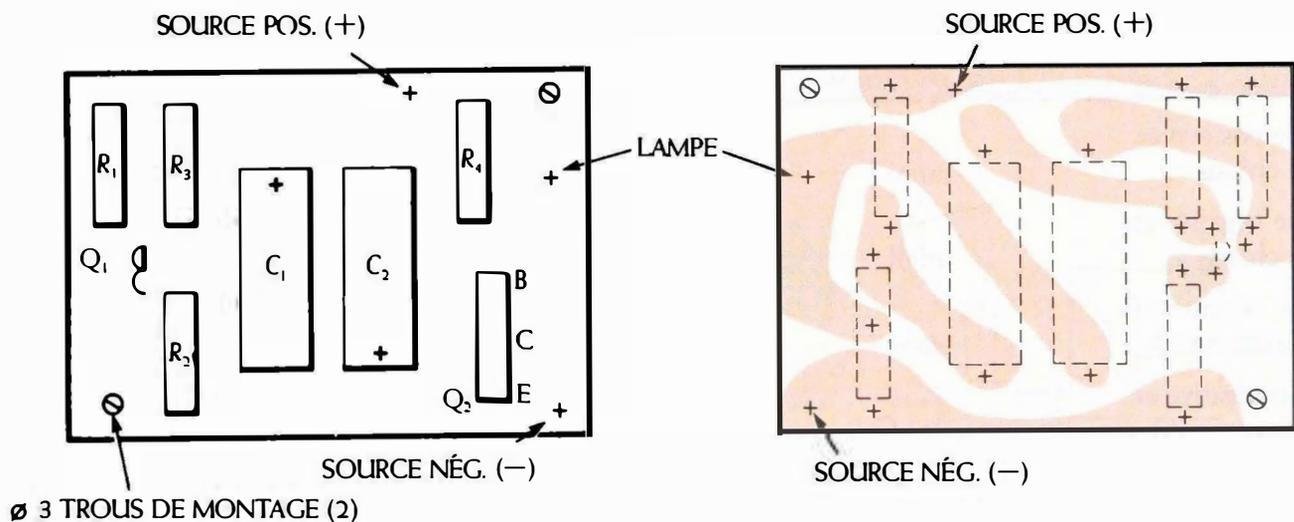


FIGURE 3-9 Éclairage de secours routier—tracé des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

FIGURE 3-10 Éclairage de secours routier—patron de tracé de châssis.

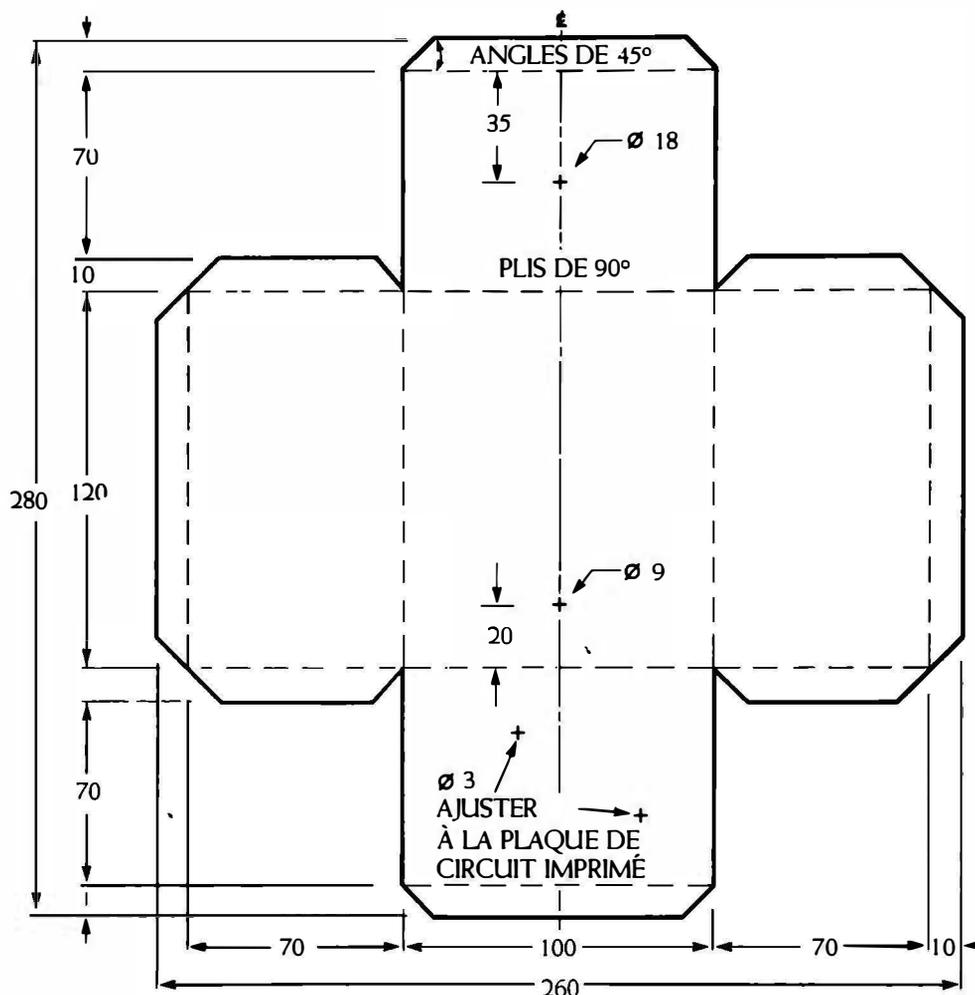
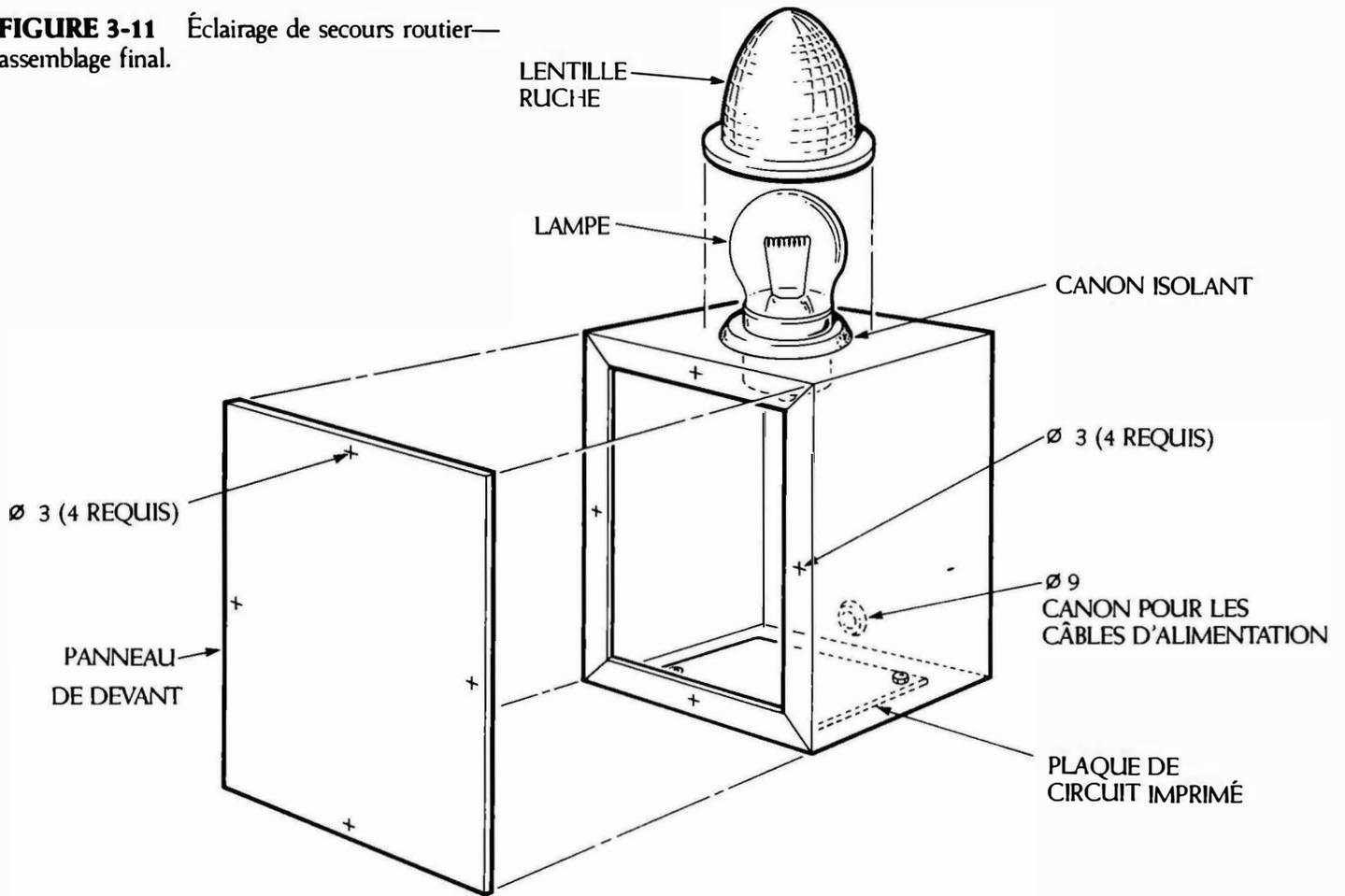


TABLEAU DE RÉSISTANCE	
RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
borne positive et le châssis	infini
borne négative et le châssis	infini
borne négative et l'émetteur Q_2	zéro
borne négative et l'émetteur Q_1	100 Ω
borne positive et le collecteur Q_2	moins que 15 Ω
borne positive et le collecteur Q_1	220 Ω

TABLEAU DE TENSION	
TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
Q_1 émetteur	3 V moyenne
Q_1 collecteur	6 V moyenne
Q_2 émetteur	zéro
Q_2 collecteur	9 V moyenne
<i>Note</i> Toutes les mesures faites à un câble commun négatif. Ces tensions varient au même taux que les éclairs de la lampe. Toutes les mesures peuvent varier de $\pm 20\%$.	

FIGURE 3-11 Éclairage de secours routier—
assemblage final.



PROJET 3 MÉTRONOME ÉLECTRONIQUE

Quiconque a déjà pris des leçons de musique est familier avec les sons de «tic-tac» d'un métronome. Les métronomes mécaniques sont munis d'un pendule pour contrôler leur tempo. En glissant un poids en haut ou en bas du pendule, on peut changer le nombre de battements par minute. La gamme de la plupart des métronomes est de 40 à 200 battements par minute.

Dans les métronomes électroniques, c'est un circuit appelé **oscillateur de blocage** qui produit les battements dans un haut-parleur ou un écouteur. La gamme des métronomes électroniques est approximativement de 26 à 220 battements par minute. On peut changer le nombre de battements avec un circuit de chronométrage qui emploie une **résistance variable**. Au lieu d'un poids mobile sur un pendule, c'est un contrôle de résistance

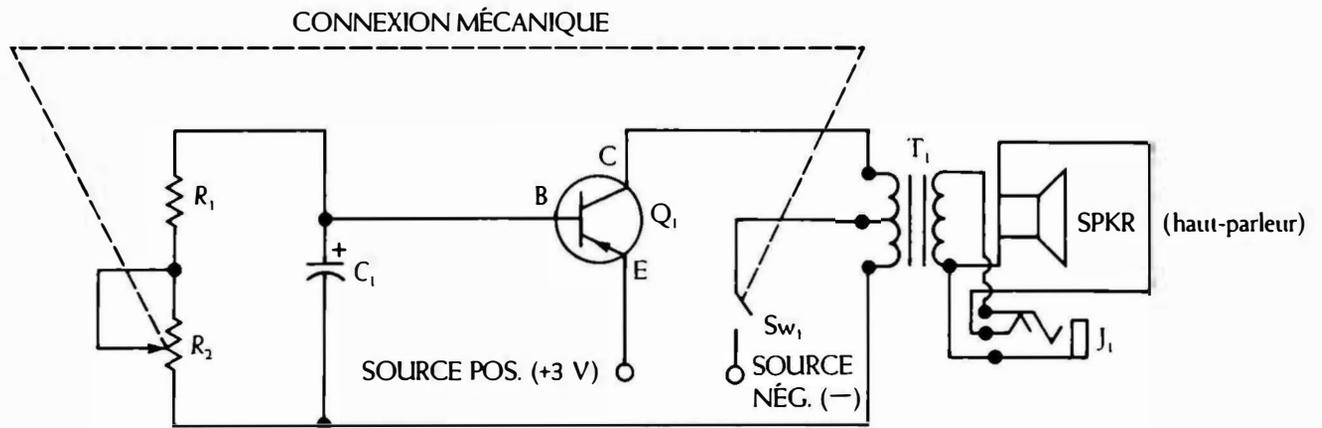


FIGURE 3-12 Métronome électronique—diagramme schématique.

variable qui change le tempo du métronome. Une échelle marquée en battements par minute est généralement attachée sur le devant du contrôle.

La Figure 3-12 illustre le diagramme schématique du circuit d'un métronome. Toutes les composantes sauf le haut-parleur, le levier de l'écouteur, l'ensemble de batterie et la résistance variable sont montées sur la plaque de circuit imprimé. La résistance variable et le commutateur d'ouverture et de fermeture sont connectés à la même tige. Cela signifie qu'un seul trou est nécessaire pour monter les deux parties du métronome. Le commutateur peut être du type ouvre-ferme ou du type à poussoir. Si vous décidez de choisir un interrupteur double pour les deux opérations de fermeture et d'ouverture, vous devrez percer un trou supplémentaire. Toutefois, vous pouvez régler d'avance le nombre de battements quand le métronome est en marche. La prise pour l'écouteur est optionnelle mais recommandée.

La Figure 3-13 donne la liste des pièces pour ce projet. Quant aux tracés des parties et du patron de feuille métallique, vous les avez à la Figure 3-14.

La Figure 3-15(a) montre un tracé possible de châssis. Vous pouvez essayer de dessiner un tracé de patron qui donnerait à votre métronome une forme plus traditionnelle. Le châssis doit être assez grand pour y loger le haut-parleur. Si vous employez un haut-parleur plus petit, le volume ne sera peut-être pas assez fort. La Figure 3-15(b) illustre un patron pour la grille métallique du haut-parleur. Si vous voulez de plus petits trous, percez-en ou poinçonnez-en davantage.

Comme alternative, vous pouvez découper entièrement l'aire de la circonférence du haut-parleur et y installer à la place une grille de tissu. N'oubliez jamais de nettoyer ou de limer les bords rudes.

FIGURE 3-13 Métronome électronique—liste des pièces.

C_1	condensateur électro. 10 μF , 6 V
R_1	résistance, 27 $\text{k}\Omega$, 0,5 W, 5 %
R_2	résistance variable, 200 $\text{k}\Omega$, à curseur, 0,5 W, avec interrupteur
Q_1	transistor, PNP de commutation 2N5138 type ou équivalent
T_1	transformateur, sortie audio, 1 $\text{k}\Omega$ primaire, prise de centre 8 Ω secondaire, miniature type transistor
SPKR	speaker 100 mm, 8 Ω , carré (haut-parleur)
J_1	jack (prise), mini-téléphone, type circuit fermé, optionnel
Divers	<input type="checkbox"/> porte-batterie; <input type="checkbox"/> 1,5 V piles sèches, type AA (4); <input type="checkbox"/> plaque de circuit imprimé; <input type="checkbox"/> distanceurs de plastique; écrous et vis mécaniques; <input type="checkbox"/> bouton profilé (avec index); <input type="checkbox"/> cabinet de métal ou de plastique...

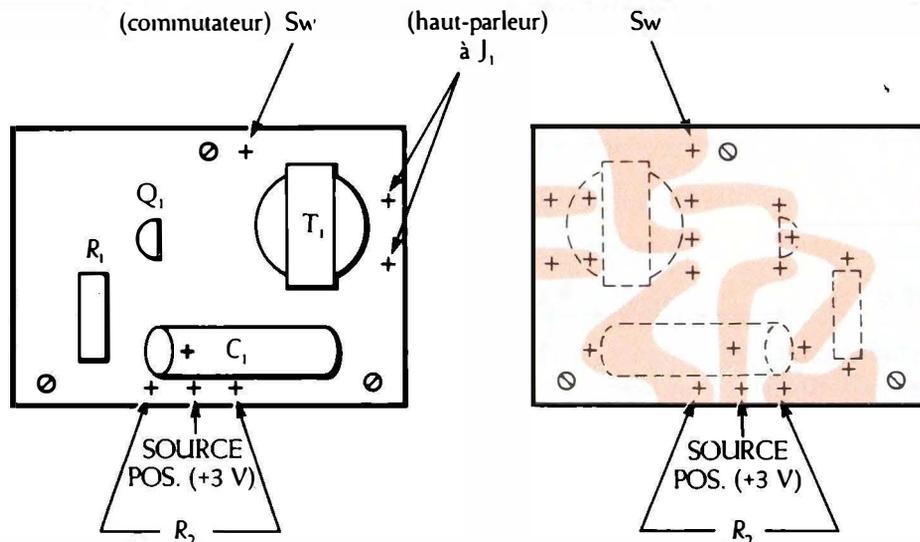


FIGURE 3-14 Métronome électronique—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

FIGURE 3-15(a) Métronome électronique—patron de tracé du châssis, panneaux de côté et de l'arrière.

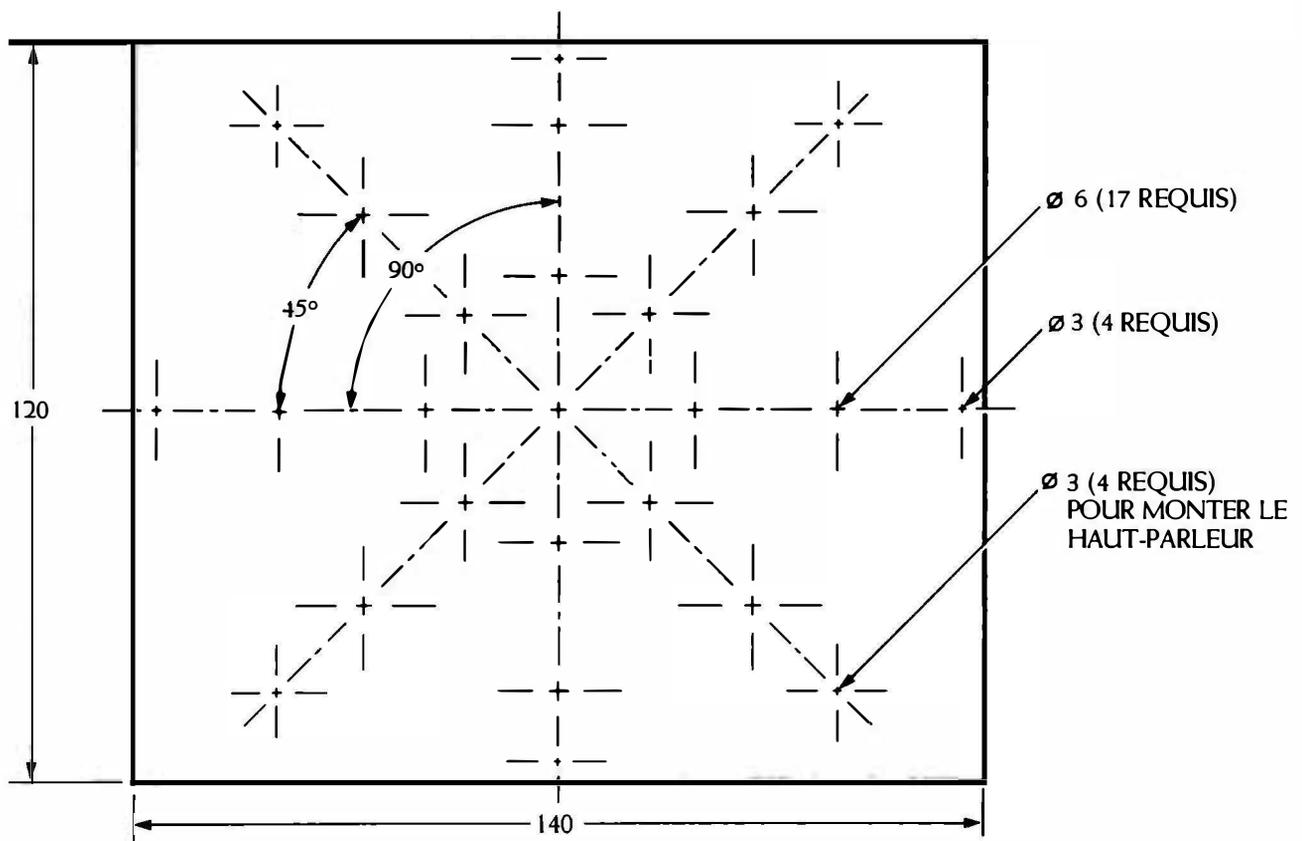
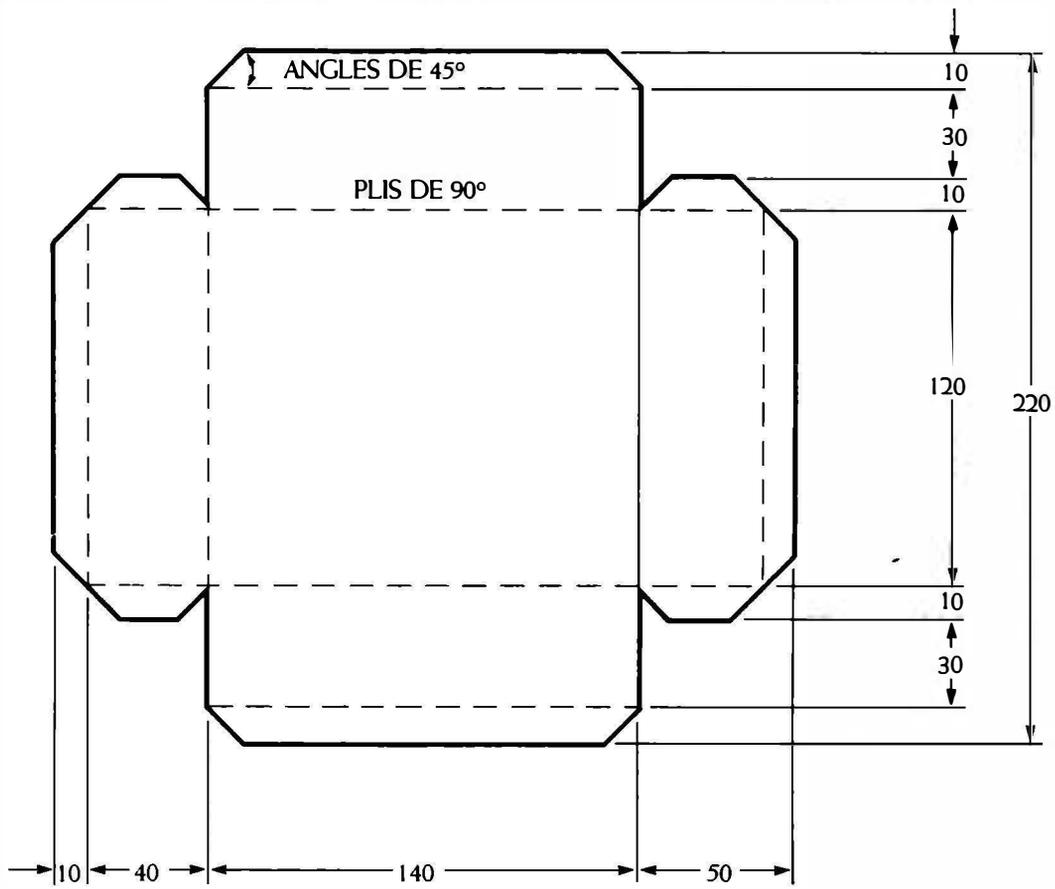


FIGURE 3-15(b) Métronome électronique—patron de tracé du châssis, panneau de devant.

Notes de construction

La construction se fait carrément d'une traite. Mais faites attention, n'allez pas surchauffer le transistor en soudant. Dans certains circuits, la capacité actuelle de C_1 peut bien se révéler insuffisante. Si c'est le cas, essayez d'autres condensateurs jusqu'à ce que vous en trouviez un avec une gamme acceptable. Occasionnellement, mais rarement, le transistor affectera le nombre de pulsions. En le remplaçant par un transistor de gain plus élevé, cela devrait régler votre problème.

Après avoir pris les mesures de résistance et de tension, comptez le nombre de battements par minute aux deux réglages extrêmes du potentiomètre. Comme le nombre de changements dans la résistance est linéaire dans ce contrôle, vous pouvez faire une échelle et la calibrer à des intervalles réguliers.

Construction de l'échelle calibrée

Prenez un morceau de papier vierge et percez au centre un petit trou pour la tige seulement de la R_2 . Passez le papier par la tige et fixez-le délicatement au châssis avec du ruban gommé. Mettez ensuite le bouton profilé (avec index) sur la tige. Tournez le bouton entièrement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Marquez sa position sur le papier. Comptez alors le nombre de battements par minute à cette position et enregistrez ailleurs cette information. Maintenant, tournez le bouton profilé dans le sens des aiguilles d'une montre et marquez sa position sur le papier. Comptez également le nombre de battements par minute à cette position. Enregistrez ce nombre au-dessus de l'autre. Retirez ensuite le bouton profilé et enlevez avec soin le papier collé au châssis. Avec un compas, tracez un arc entre vos deux marques, en mettant la pointe du compas dans le centre du trou qui a été fait pour la tige. Divisez l'arc en 10 espaces égaux. Marquez les extrémités de l'échelle avec vos deux nombres. Maintenant soustrayez le plus petit nombre du plus grand et divisez par 10. Additionnez le résultat au plus petit nombre pour obtenir le deuxième nombre le plus élevé sur votre échelle. Puis additionnez votre résultat antérieur au deuxième nombre le plus élevé pour obtenir le troisième plus élevé, et ainsi de suite pour compléter l'échelle. Étiquetez chaque division de votre échelle avec chacun des nombres correspondants. Découpez l'échelle et fixez-la en permanence sur le châssis du métronome, derrière le bouton profilé.

TABLEAU DE RÉSISTANCE

RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
positif et châssis	infini
négatif et châssis	infini
prise du centre de T_1 au collecteur Q_1	500 Ω
prise du centre de T_1 à la base Q_1	230 k Ω
<i>Note</i> R_2 au maximum (rotation dans le sens des aiguilles d'une montre).	

TABLEAU DE TENSION

TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
négatif à l'émetteur Q_1	3 V
négatif à la base Q_1	0,4 à 0,6 V
négatif au collecteur Q_1	1 à 2 V
<i>Note</i> Toutes les mesures peuvent varier de ± 20 %.	

PROJET 4 SIRÈNE ÉLECTRONIQUE

Quoique ce circuit (Figure 3-16) comporte un grand nombre de composantes, il n'est pas difficile à construire si vous travaillez avec soin. Avant de souder, vérifiez la valeur de chaque composante afin de vous assurer que vous l'avez au bon endroit sur la plaque de circuit imprimé.

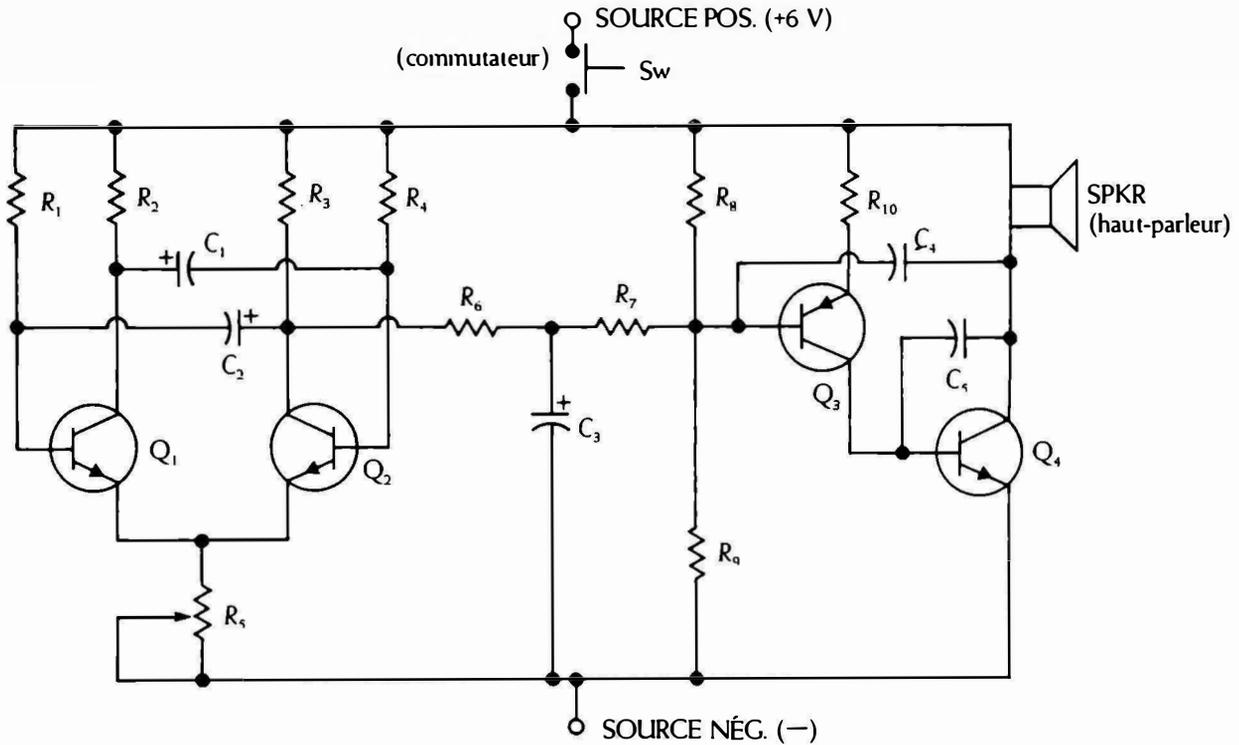
La résistance variable, R_5 , contrôle le taux auquel le cycle sonore se répète lui-même. Q_1 et Q_2 forment un circuit oscillateur appelé à bascule. À cause de la grande dimension de C_1 et C_2 , le taux d'oscillation est très lent. Ce circuit de la première oscillation fournit la tension **polarisée** qui contrôle le deuxième circuit d'oscillation, Q_3 et Q_4 . Comme la tension polarisée appliquée au second oscillateur change, la fréquence du son produit varie également dans le haut-parleur. C_4 fournit une réaction positive pour soutenir le second oscillateur.

Cette sirène est un projet amusant. Elle peut être un appareil pour capter l'attention seulement ou faire partie d'un système de sécurité. On peut employer un plus gros haut-parleur, mais dans la majorité des cas, celui qui est suggéré dans la liste des pièces (Figure 3-17) se fera entendre assez fort.

On voit à la Figure 3-18 les tracés des pièces

suggérées et du patron de feuille métallique. La Figure 3-19 illustre le tracé suggéré de châssis. Si vous employez ce châssis, votre assemblage final devra être bien précis. À la Figure 3-20 vous avez les détails de cet assemblage. Si c'est là cependant votre premier projet, vous voudrez peut-être un châssis plus grand ou un cabinet de plastique.

FIGURE 3-16 Sirène électronique—diagramme schématique.



$R_{1,4}$	résistance, 82 k Ω , 0,5 W, 5 %	$Q_{1,2,4}$	transistor, NPN, 2N 3904 type
$R_{2,3}$	résistance, 3,3 k Ω , 0,5 W, 5 %	Q_3	transistor, PNP, 2N 3906 type
R_5	résistance variable, 5 k Ω , miniature, montage de CI	SPKR	speaker (haut-parleur) rond 50 mm, 8 Ω
R_6	résistance, 10 k Ω , 0,5 W, 5 %	SW	switch (commutateur), bouton pression, ouvert
R_7	résistance, 150 k Ω , 0,5 W, 5 %	Divers	<input type="checkbox"/> porte-batterie, à 4 piles;
R_8	résistance, 100 k Ω , 0,5 W, 5 %		<input type="checkbox"/> 1,5 V piles sèches, AA (4);
R_9	résistance, 1 M Ω , 0,5 W, 5 %		<input type="checkbox"/> distanceurs de plastique;
R_{10}	résistance, 33 Ω , 0,5 W, 5 %		<input type="checkbox"/> vis et écrous mécaniques.
C_1	condensateur, électrolytique, 100 μ F, 10 V		
$C_{2,3}$	condensateur, électrolytique, 47 μ F, 10 V		
$C_{4,5}$	condensateur, mylar, 0,01 μ F, 50 V		

FIGURE 3-17 Sirène électronique—liste des pièces.

FIGURE 3-18 Sirène électronique—tracés des pièces suggérées et d'un patron de feuille de métal.

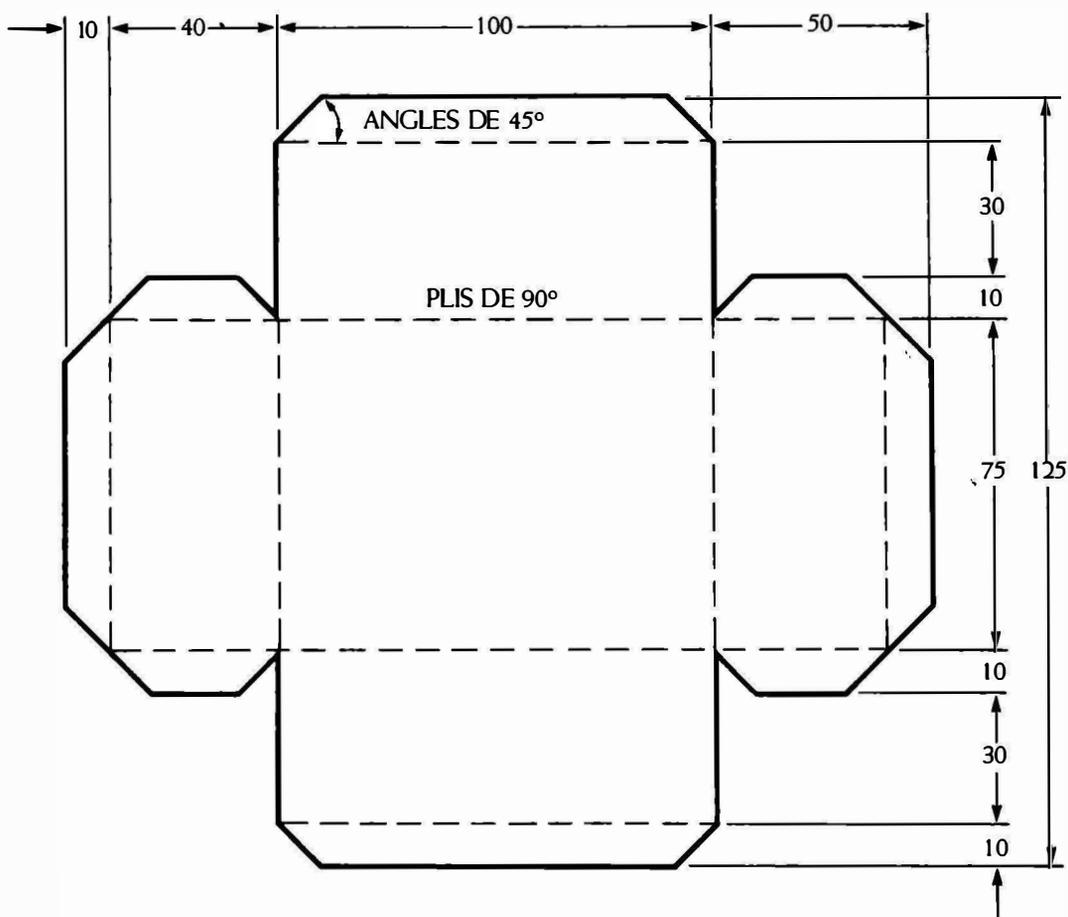
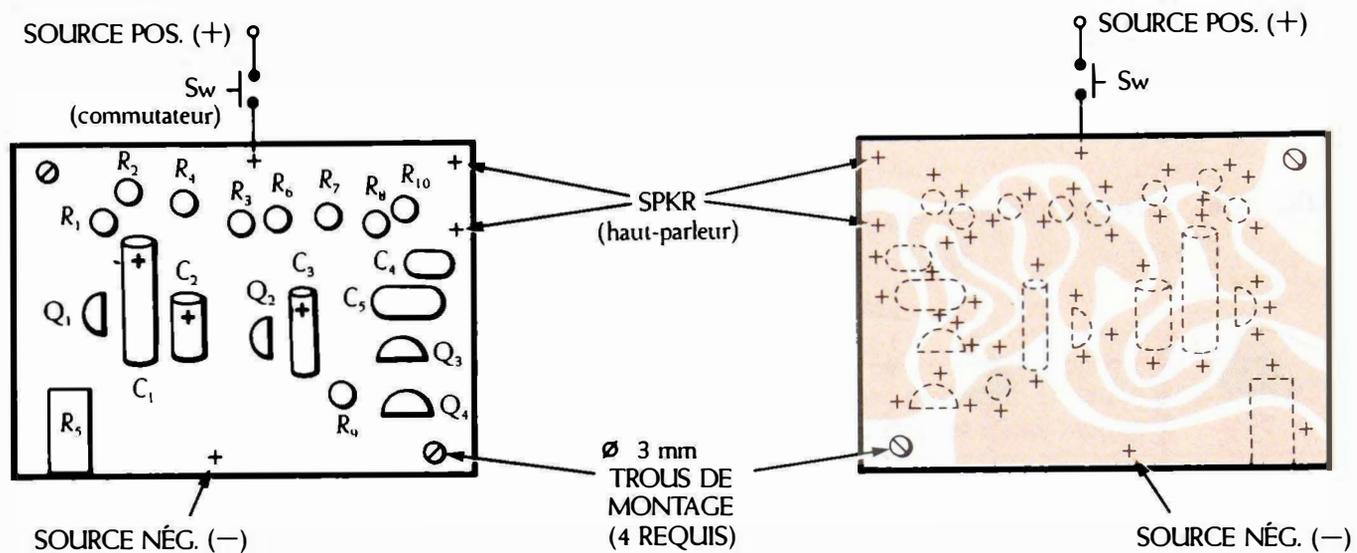


FIGURE 3-19(a) Sirène électronique—tracé partiel du châssis.

FIGURE 3-19(b) Sirène électronique—patron du tracé du châssis, panneau de devant.

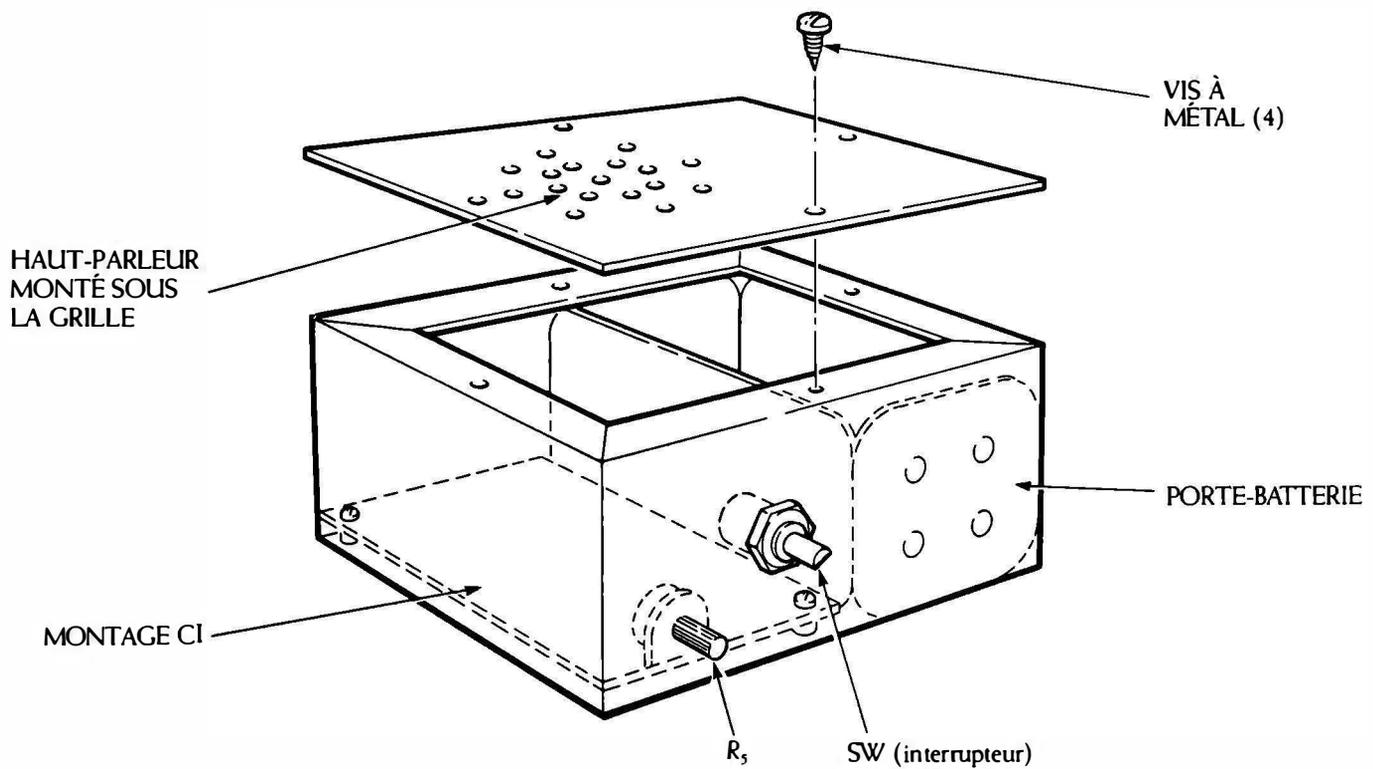
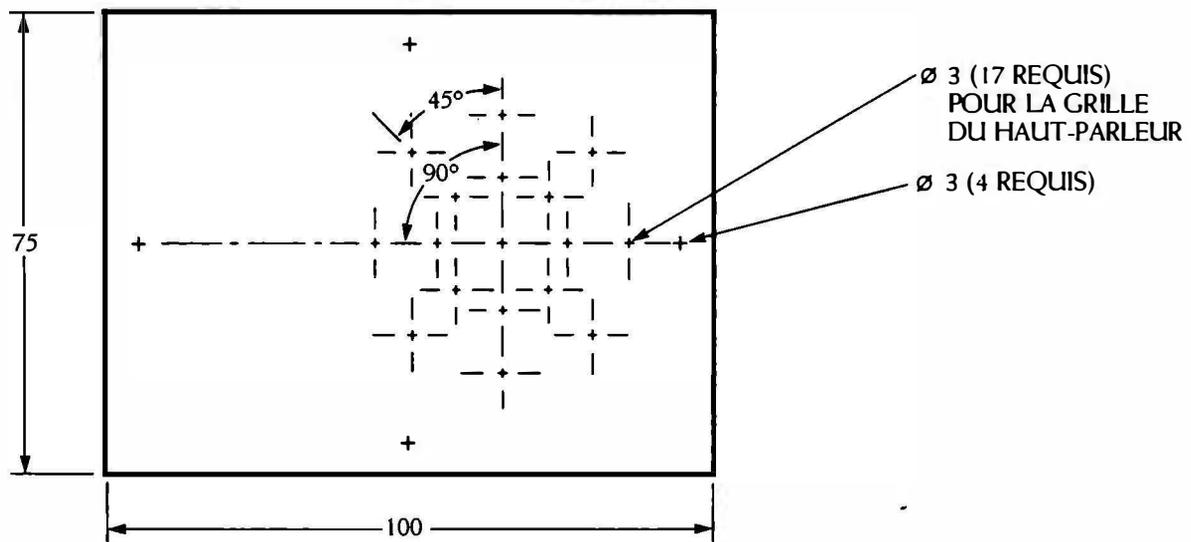


FIGURE 3-20 Sirène électronique—assemblage final.

Notes de construction

Si vous construisez la sirène selon le tracé de châssis illustré à la Figure 3-19 et à la Figure 3-20, il est essentiel d'observer l'emplacement de la plaque de circuit imprimé, du haut-parleur et du porte-batterie. Montez la plaque de circuit imprimé au fond du châssis contre un des côtés de 75 mm. La tige de R_5 et l'interrupteur doivent tous deux sortir par les trous d'un des côtés de 100 mm. Vous devrez situer et percer des trous pour la R_5 et l'interrupteur. Montez celui-ci juste au-dessus de la plaque de circuit imprimé mais assez bas pour ne pas nuire au haut-parleur. Le porte-batterie est monté dans la moitié du fond du châssis non occupé par la plaque de circuit imprimé. Montez le haut-parleur sur le panneau du dessus sous l'aire de la grille. Le panneau de dessus est monté avec le haut-parleur au-dessus de la plaque de circuit imprimé. Vous vous servez de quatre vis à métal. Assurez-vous que les trous de fixation du panneau de dessus s'alignent avec les trous dans les bords du châssis. Les trous du châssis doivent être percés plus petits que ceux du panneau de dessus. Cela donnera aux vis à feuille de métal assez de métal pour faire des filets dans les côtés des trous.

TABLEAU DE RÉSISTANCE

RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
borne négative du commutateur	infini
borne positive du commutateur	infini
bornes du haut-parleur	infini
<i>Note</i>	Toutes les mesures de résistance faites au châssis.

TABLEAU DE TENSION

TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
Q_1 émetteur	0 à 4 V (variera avec R_5)
base	0,4 à 0,6 V plus grande que l'émetteur
collecteur	2 à 4 V (variera avec R_5)
Q_2 émetteur	0 à 4 V (variera avec R_5)
base	0,4 à 0,6 V plus grande que l'émetteur
collecteur	2 à 4 V (variera avec R_5)
Q_3 émetteur	5 V
base	4,4 V
collecteur	0,6 V
Q_4 émetteur	0,0 V
base	0,6 V
collecteur	5,5 V
<i>Note</i>	Toutes les mesures peuvent varier de $\pm 20\%$, faites en regard de la borne négative de la batterie.

PROJET 5 INDICATEUR D'ÉTAT DE BATTERIE À PILE SÈCHE

Beaucoup d'appareils électroniques portatifs tels que radios, calculatrices, enregistreuses à cassette et de petits jeux vidéo sont alimentés par une ou plusieurs piles sèches. L'indicateur d'état de batterie à pile sèche vous permettra de vérifier la qualité ou les conditions de service de ces piles. L'indicateur est connecté à même les câbles de la batterie à pile sèche que vous voulez tester. La résistance variable utilisée dans le circuit de l'indicateur peut être ajustée pour mesurer des tensions de 3-15 V d'après la tension de la batterie à pile sèche. La **diode électroluminescente** spéciale, qu'on appelle aussi un **LED** (light-emitting diode), s'allumera lorsque la tension à travers elle baissera sous la valeur réglée. Ce signal indique que les piles n'ont pas de tension suffisante pour fonctionner normalement et qu'elles doivent être remplacées.

Comme le circuit de ce projet ne requiert que peu de composants, il peut être monté sur une plaque de circuit imprimé de moins de 625 mm² de surface. Cet avantage rend possible la conception d'un indicateur qui peut être installé en permanence à l'intérieur d'un appareil électronique particulier alimenté par une batterie à pile sèche. Pour économiser l'énergie de la batterie quand l'indicateur n'est pas en usage, un interrupteur normal à poussoir est utilisé pour alimenter le circuit. La condition de la batterie est déterminée en mettant le dispositif en position de marche, en relâchant l'interrupteur et en observant le LED pour voir s'il éclaire. Si vous désirez plutôt avoir un indicateur qui soit une composante séparée utile pour tester plusieurs autres appareils, vous pouvez utiliser un petit coffret rigide en plastique, comme ceux qui sont vendus dans les magasins de pièces électroniques et qui peuvent servir de châssis préfabriqué.

La Figure 3-21 montre le diagramme schématique de l'indicateur d'état d'une batterie à pile sèche. Les parties pour l'indicateur sont détaillées à la Figure 3-22, puis à la Figure 3-23 vous avez les tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

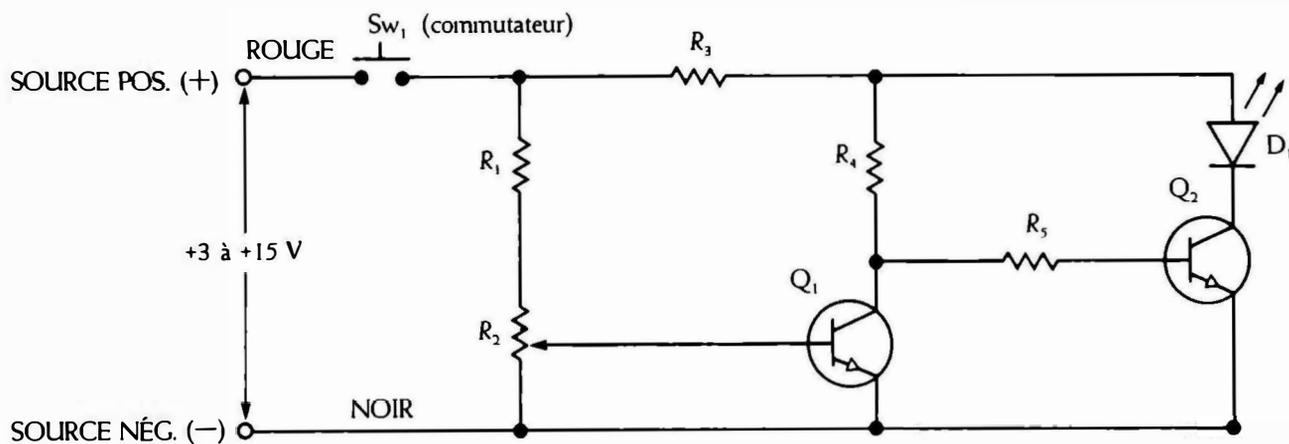


FIGURE 3-21 Indicateur d'état de batterie à pile sèche—diagramme schématique.

FIGURE 3-22 Indicateur d'état d'une batterie à pile sèche—liste des pièces.

R_1	résistance, 18 k Ω , 0,25 W, 5 %	Divers	<input type="checkbox"/>	plaque de circuit imprimé;
R_2	résistance, variable, linéaire, 10 k Ω , miniature ou sous-miniature, carbone, réglé		<input type="checkbox"/>	distanceurs de plastique;
R_3	résistance, 470 Ω , 0,25 W, 5 %		<input type="checkbox"/>	vis mécaniques, tête plate;
$R_{4,5}$	résistance, 4,7 k Ω , 0,25 W, 5 %		<input type="checkbox"/>	douille pour LED; <i>Option</i> , indicateur séparé;
D_1	diode électroluminescente,		<input type="checkbox"/>	canons isolants;
$Q_{1,2}$	transistor, NPN, 2N 3904 type		<input type="checkbox"/>	attaches ou pince crocodile;
Sw_1	commutateur à poussoir normalement ouvert		<input type="checkbox"/>	fils de test, un rouge et un noir

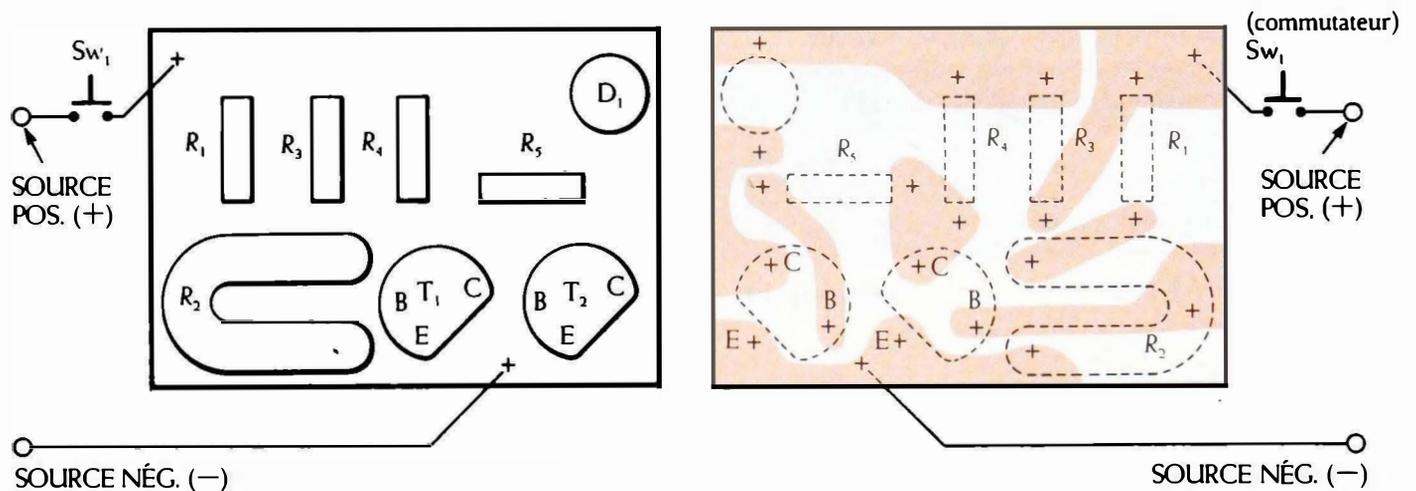


FIGURE 3-23 Indicateur d'état d'une batterie à pile sèche—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

Notes de construction

Si l'indicateur doit être installé à l'intérieur d'un appareil électronique, vous devrez savoir d'abord où il sera situé à l'intérieur du châssis de l'appareil. L'espace disponible peut influencer la dimension et la forme de votre plaque de circuit. Vous devrez situer et percer des trous dans le châssis pour monter la plaque de circuit d'une façon permanente. Cela peut être fait avec quelques distanceurs, des écrous et des vis mécaniques. Des vis à tête plate sont généralement préférables parce qu'elles peuvent être enfoncées à l'égalité avec la surface du châssis. Il vous faudra aussi quelques trous pour fixer l'interrupteur à poussoir et le LED dans le mur du châssis où vous aurez à vous en servir sans avoir à ouvrir le châssis.

Pour faciliter l'opération, ces deux composantes, l'interrupteur et le LED, devraient être situées l'une près de l'autre sur le devant ou un côté du châssis. Il y a moins de risque d'endommager les composantes à ces endroits, surtout l'interrupteur qui pourrait être pressé accidentellement à un autre endroit du châssis. La diode électroluminescente (LED) doit être assujettie avec une douille spéciale pour ce dispositif.

Si vous construisez un indicateur séparé, la dimension de votre plaque de circuit imprimé dépendra de la dimension du châssis de plastique que vous aurez choisi. Localisez et percez les trous de fixation à l'arrière du châssis, et montez la plaque à l'intérieur du châssis avec des vis et des

écrous mécaniques. Un trou doit être percé sur le devant du châssis pour le LED.

Avec l'indicateur séparé, l'interrupteur à bouton-pression n'est pas nécessaire. Percez plutôt un trou dans un côté du châssis pour y passer le câble de l'indicateur. Ces câbles doivent être d'au moins 300 mm de long. Limez bien le trou comme vous devez le faire chaque fois que vous percez des trous dans le plastique ou le métal. Nouez les câbles juste à l'intérieur du châssis afin de ne pas les tirer à l'extérieur par accident. Soudez les câbles en position sur la plaque de circuit imprimé. Amenez les câbles à travers le trou et glissez un canon isolant par-dessus. Intercalez le canon isolant en place dans un trou pour assujettir les câbles. Soudez des cosses appropriées ou une pince crocodile en place à chaque bout de câble. Pour se servir de l'indicateur séparé, le châssis de tout appareil à tester doit être ouvert pour permettre l'accès aux câbles de la batterie du dispositif. Les cosses de l'indicateur ou les pinces crocodile sont connectées à travers ces câbles pour procéder au

TABLEAU DE RÉSISTANCE	
RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
batterie positive et mise à la terre	26 k Ω
collecteur de Q ₁ et mise à la terre	31 k Ω
base de Q ₂ et mise à la terre	36 k Ω
collecteur Q ₂ et mise à la terre	infini
<i>Note</i> Toutes les mesures ci-dessus faites avec R ₂ à mi-position	
base de Q ₁ et mise à la terre (R ₂ tourné au maximum en sens horaire)	10 k Ω
base de Q ₁ et mise à la terre (R ₂ tourné au maximum en sens anti-horaire)	0 Ω

test. Assurez-vous d'avoir la bonne polarité en procédant ainsi. Le câble rouge de l'indicateur doit être connecté au câble positif de la batterie; le câble noir de l'indicateur doit être connecté au câble négatif de la batterie. Rappelez-vous que l'appareil à tester doit être en marche pour que le test soit bon.

TABLEAU DE TENSION	
TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
tension appliquée au circuit et mise à la terre	10 V
base de Q ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire) et mise à la terre	0,71 V
collecteur de Q ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire) et mise à la terre	0 V
base de Q ₂ (R ₂ entièrement en sens horaire) et mise à la terre	0 V
collecteur de Q ₂ (R ₂ entièrement en sens horaire) et mise à la terre	7,8 V
base de Q ₁ (R ₂ entièrement contre le sens horaire) et mise à la terre	0 V
collecteur de Q ₁ (R ₂ contre le sens horaire) et mise à la terre	1,4 V
base de Q ₂ (R ₂ entièrement contre le sens horaire) et mise à la terre	0,75 V
collecteur de Q ₂ (R ₂ entièrement contre le sens horaire) et mise à la terre	0,4 V
<i>Note</i> Quand R ₂ est tourné au maximum en sens horaire, le LED sera fermé. Quand R ₂ est tourné au maximum en sens anti-horaire, le LED sera ouvert.	

PROJET 6 INDICATEUR D'ÉTAT DE BATTERIE D'AUTO DE 12 V

Cet indicateur d'état de batterie vous indiquera si la batterie de votre voiture charge normalement et si elle garde sa charge. Cette information peut vous éviter des frais inutiles de remorquage et des rendez-vous manqués en vous prévenant à temps d'une batterie trop faible ou d'un circuit qui flanche. Comme l'indicateur d'état de la batterie à pile sèche, ce circuit occupe peu d'espace. Il peut aussi s'installer facilement au tableau de bord de votre auto.

Le projet utilise deux diodes électroluminescentes connectées en parallèle, une rouge et une verte, ainsi qu'un **circuit intégré (CI)** 741. La troisième diode, D_1 , sert à empêcher que le CI soit endommagé si l'indicateur est connecté par erreur avec la mauvaise polarité. Lorsque l'alternateur de votre voiture charge correctement, il produit entre 12,75 et 13,25 V. La R_2 est ajustée pour allumer la diode verte, D_2 , avec cette portée de tension. Si la tension de la batterie chute en bas de 10,5 V, la diode rouge, D_1 , s'allumera. Entre ces portées de tension, aucune diode ne s'allumera. Pour alimenter le circuit, il ne faut qu'un courant de 30 mA. Un tel courant peut sembler gros pour beaucoup d'applications électroniques, mais en réalité c'est un courant insignifiant pour une bonne batterie d'auto de 12 V.

La Figure 3-24 détaille le diagramme schématique pour l'indicateur d'état de batterie d'auto. La liste des pièces se trouve à la Figure 3-25, tandis qu'à la Figure 3-26 vous avez les tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

Notes de construction

Comme il faut peu d'espace seulement, une plaque de circuit imprimé d'environ $950 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ suffira pour assembler ce circuit. Le circuit fini peut loger alors dans un bout de tuyau de plastique. La largeur de la plaque de circuit doit juste convenir au diamètre intérieur du tuyau pour un bon ajustage. Le tuyau ou conduit peut être assujéti à l'intérieur du tableau de bord avec une paire d'attaches de câble électrique et des vis et des écrous mécaniques.

Il faut employer un support de CI à 8 broches pour ne pas endommager le circuit intégré. Travaillez avec prudence en soudant le support de CI à sa place. Vous voudrez peut-être monter le conduit là où on ne voit pas de vis mécaniques. Si c'est le cas, faites les câbles de LED assez longs pour monter les diodes électroluminescentes sur le tableau de bord, bien à la vue du conducteur. Les diodes peuvent tenir en place sur le tableau de bord avec les attaches appropriées de LED.

Les câbles d'alimentation doivent être aussi assez longs pour atteindre les bornes de la batterie ou être fixés à une paire de conducteurs sous le tableau de bord, et affichant toujours la même différence de potentiel que la batterie. Vous pouvez choisir de lacer ces câbles avec ceux du harnais sous le tableau de bord. Assurez-vous cependant que les câbles d'alimentation sont attachés avec la bonne polarité.

Note Assurez-vous enfin que tous les trous à percer dans le tableau de bord auront été correctement localisés avant de les percer. Un trou mal percé ou placé à un mauvais endroit est toujours désagréable à voir et difficile à corriger. Nettoyez et limez tous les trous après le perçage.

FIGURE 3-24 Indicateur d'état de batterie d'auto de 12 V—diagramme schématique.

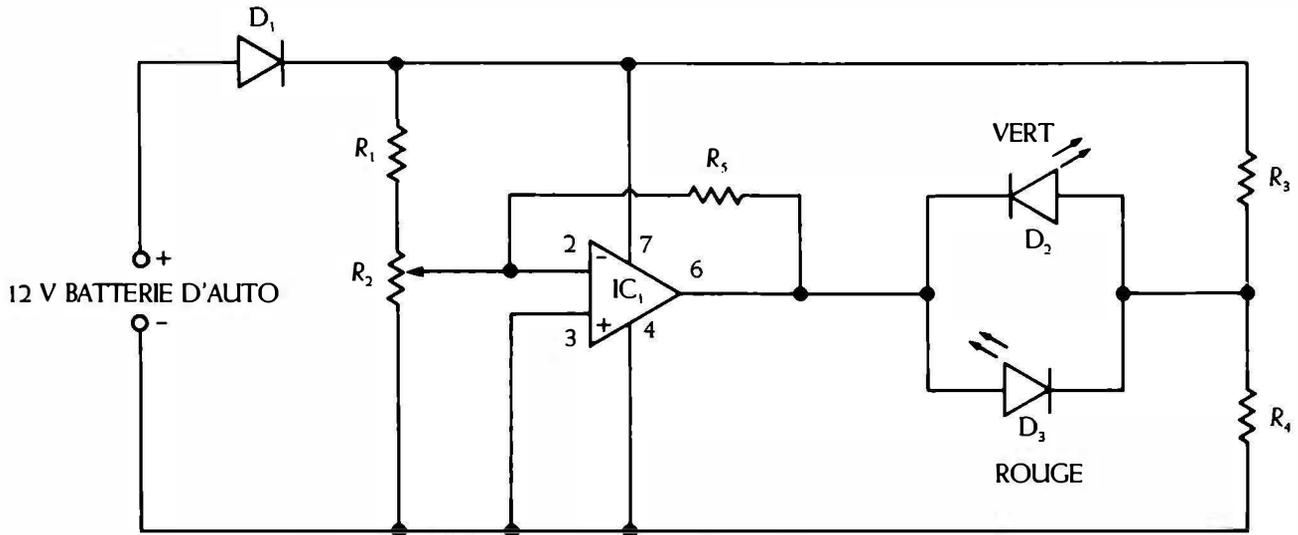


FIGURE 3-25 Indicateur d'état de batterie d'auto de 12 V—liste des pièces.

R_1	résistance, 8,2 k Ω , 0,25 W, 5 %	Divers	<input type="checkbox"/> plaque de circuit imprimé, approximativement 950 \times 15 mm ou pour convenir au diamètre du conduit;
R_2	résistance, 2,2 k Ω , miniature, réglé		<input type="checkbox"/> conduit de plastique pour loger la P.C.I.;
$R_{3,4}$	résistance, 330 k Ω , 0,25 W, 5 %		<input type="checkbox"/> support CI;
R_5	résistance, 15 k Ω , 0,25 W, 5 %		<input type="checkbox"/> attaches pour les LED;
D_1	diode, IN4148 ou équivalent		<input type="checkbox"/> agrafes de câble électr.;
$D_{2,3}$	diode électroluminescente, TIL 209 ou équivalent, une rouge et une verte		<input type="checkbox"/> vis et écrous méc.
IC_1	CI 741 circuit intégré		

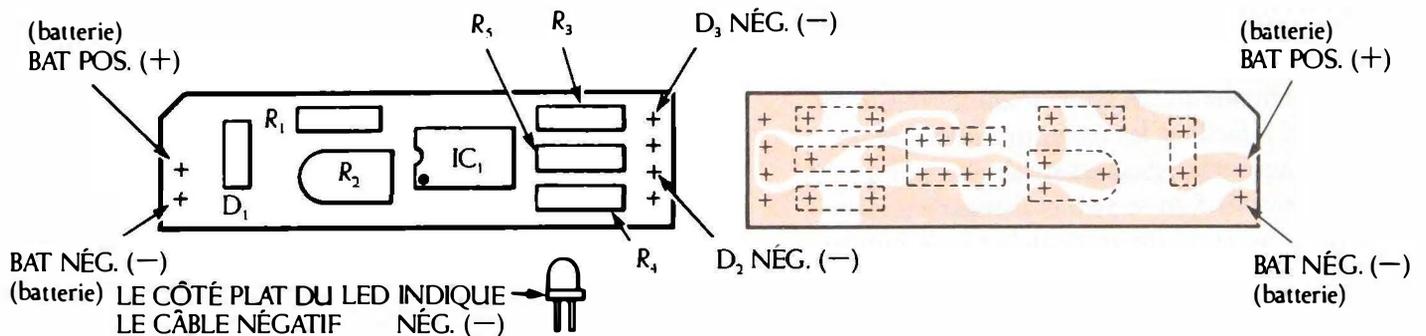


FIGURE 3-26 Indicateur d'état de batterie d'auto de 12 V—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

TABLEAU DE RÉSISTANCE	
RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
cathode de D ₁	620 Ω
broche 2, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire)	2,2 Ω
broche 2, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens anti-horaire)	0 Ω
broche 6, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire)	16,6 Ω
broche 6, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens anti-horaire)	4,8 Ω
broche 3, IC ₁	0 Ω
broche 4, IC ₁	0 Ω
broche 7, IC ₁	620 Ω
cathode de D ₃	320 Ω
<i>Note</i> Toutes les mesures de résistance faites au lien commun de mise à la terre.	
cathode de D ₃ à l'anode D ₂	0 Ω
anode de D ₃ à cathode D ₂	0 Ω

TABLEAU DE TENSION	
TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
tension appliquée au circuit	12,0 V
cathode de D ₁	11,3 V
broche 2, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire)	2,5 V
broche 2, IC ₁ (R ₂ entièrement contre le sens horaire)	0 V
broche 6, IC ₁ (R ₂ entièrement en sens horaire)	2,6 V
broche 6, IC ₁ (R ₂ entièrement contre le sens horaire)	8,9 V
broche 3, IC ₁	0 V
broche 4, IC ₁	0 V
broche 7, IC ₁	11,3 V
cathode de D ₃	4,6 V
<i>Note</i> Toutes les mesures de tension faites au lien commun de terre	

PROJET 7 SYSTÈME INTERCOM

Un intercom ou un système d'intercommunications sert à faciliter les communications entre deux ou plusieurs personnes situées dans des endroits éloignés. On se sert probablement d'un système intercom entre votre atelier et le bureau d'administration de votre école. Grâce à ce système, votre professeur peut communiquer avec le personnel de l'administration, et vice versa. Il y a aussi de nombreux usages des intercoms dans les milieux industriels et à la maison.

Dans ce projet, des haut-parleurs doubles servent à la fois comme haut-parleurs et microphones. Lorsque le haut-parleur est employé comme microphone, les ondes sonores de la voix humaine frappent le cône du haut-parleur et le font vibrer dans un mouvement de va-et-vient. Ces vibrations se produisent presque aux mêmes fréquences que les ondes qui les causent. Le cône du haut-parleur est attaché à une bobine de fil suspendue dans un champ magnétique permanent. Lorsque le cône vibre, la bobine se déplace en va-et-vient. Cela cause un changement de courant

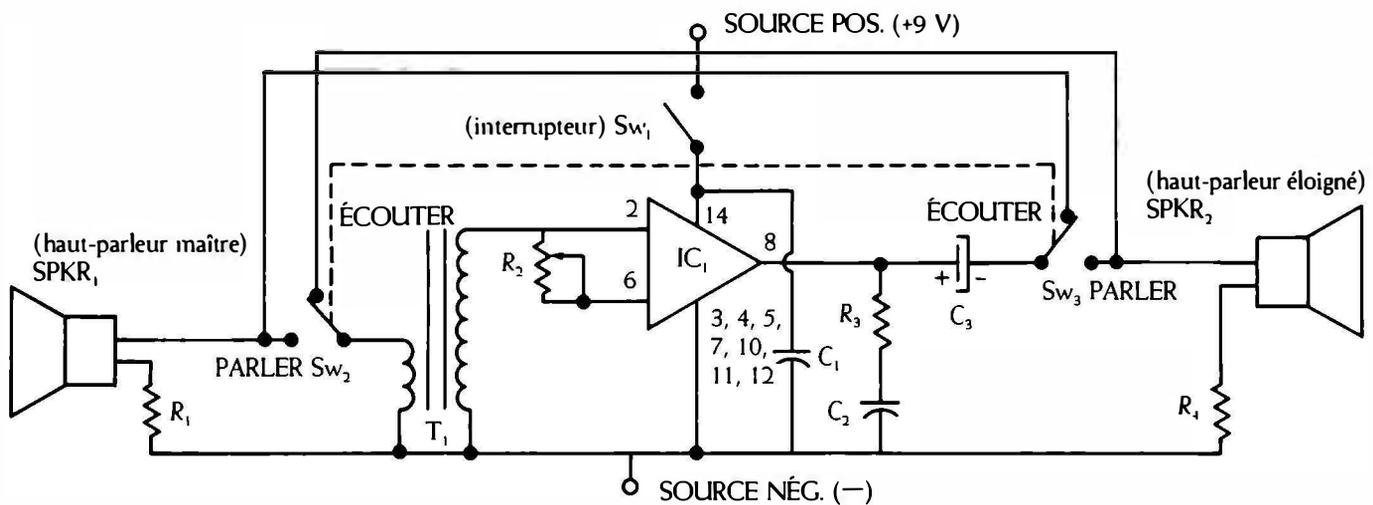
électrique qui passe à travers la bobine. La faible tension qui pousse ce courant est stimulée par le transformateur T_1 , puis amplifiée par le circuit intégré LM 380. Le signal qui en résulte sert à animer l'autre haut-parleur.

Sw_1 sert alors à alimenter le circuit et à l'ouvrir pour conserver l'énergie de la batterie quand le système n'est pas en usage. Lorsqu'il est relâché, l'interrupteur Sw_2 permet à n'importe qui situé au maître haut-parleur de converser avec quiconque se trouve près du haut-parleur éloigné. Quand on relâche Sw_3 , cela permet à toute personne située au haut-parleur éloigné de parler avec quelqu'un

du haut-parleur maître. Quand on ne relâche pas l'interrupteur Sw_3 , le haut-parleur éloigné se comporte comme un microphone, communiquant tous les sons du voisinage du haut-parleur maître. Cette particularité rend le système intercom très utile pour surveiller des bébés ou de petits enfants d'une pièce éloignée des activités des autres membres de la famille.

La Figure 3-27 illustre le diagramme schématique pour le système intercom. La liste des pièces paraît à la Figure 3-28. À la Figure 3-29, vous trouverez les tracés des pièces recommandées ainsi

FIGURE 3-27 Système intercom—diagramme schématique.



$R_{1,4}$	résistance, 7,5 Ω , 0,5 W, 5 %	Divers	<input type="checkbox"/>	plaque de circuit imprimé;
R_2	résistance variable, 2 M Ω , 0,5 W, 5 %		<input type="checkbox"/>	batterie 9 V et support;
R_3	résistance, 2,7 Ω , 0,5 W, 5 %	<input type="checkbox"/>	plaques de matrice;	
$C_{1,2}$	condensateur, polyester, 0,1 μ F	<input type="checkbox"/>	distanceurs de plastique;	
C_3	condensateur, électrolytique, 47 μ F, 16 V	<input type="checkbox"/>	vis et écrous mécaniques;	
T_1	transformateur, sortie audio, 8 Ω primaire, 10 K Ω secondaire, XFMR type AT 47	<input type="checkbox"/>	bouton indicateur pour R_2 ;	
IC_1	LM 380 circuit intégré linéaire	<input type="checkbox"/>	tissu pour la grille du haut-parleur;	
Sw_1	interrupteur (tumbler)	<input type="checkbox"/>	fil pour unité du haut-parleur éloigné;	
$Sw_{2,3}$	interrupteur à poussoir (à ressort)	<input type="checkbox"/>	châssis de plastique assez gros pour loger les unités	
$SPKR_{1,2}$	haut-parleur, 100 mm, 8 Ω , rond			

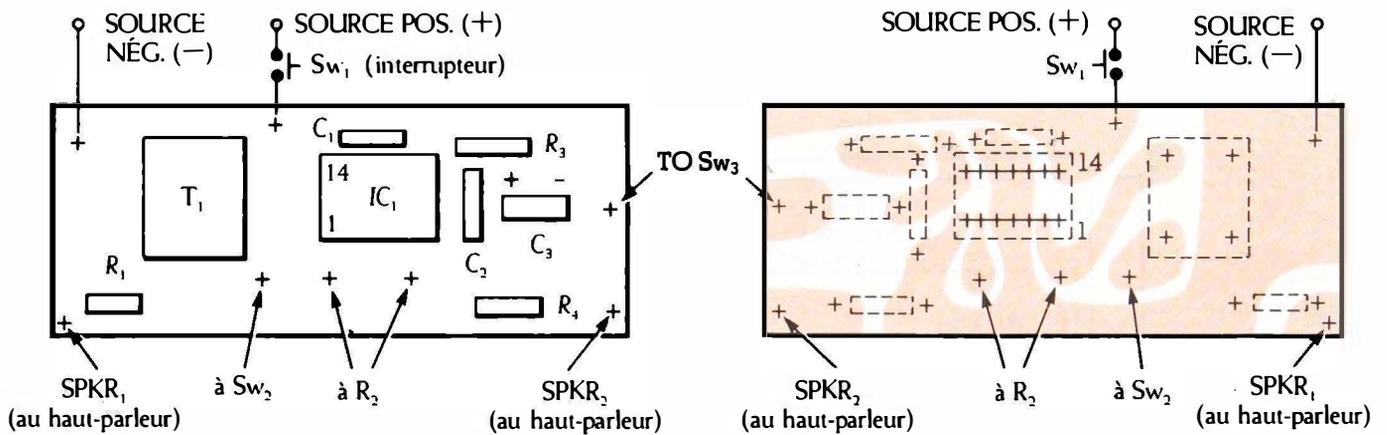
FIGURE 3-28 Système intercom—liste des pièces.

que du patron de feuille métallique. La plaque de circuit imprimé et des plus grosses composantes devrait être montée sur une matrice ou un panneau en véro de manière à ce que la plaque puisse servir en même temps de panneau de devant du châssis. Dès que les trous ont été percés, le tissu de la grille du haut-parleur peut être collé sur la plaque pour un meilleur coup d'oeil. Des trous sont découpés dans le tissu pour Sw_1 , R_2 et Sw_2 ou Sw_3 . Ces composantes sont montées à travers la

plaque pour que l'utilisateur y ait accès. Le panneau de devant de la plaque de matrice finie est alors monté sur un des châssis de plastique recommandés dans la liste des pièces.

La Figure 3-30 montre une façon de monter de grosses composantes et la plaque de circuit imprimé sur la plaque de la matrice. La Figure 3-31 montre comment percer le châssis de plastique de l'unité maîtresse avant de monter la plaque de matrice complétée.

FIGURE 3-29 Système intercom—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.



PLAQUE DE MATRICE—PANNEAU DE DEVANT

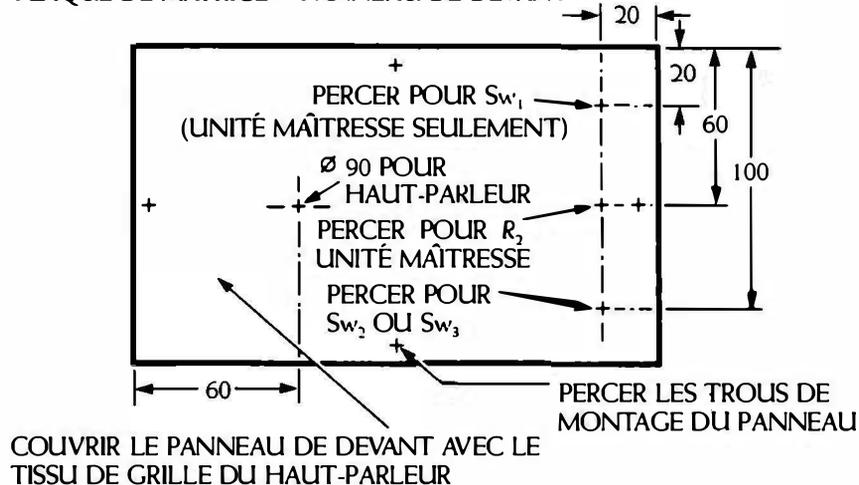
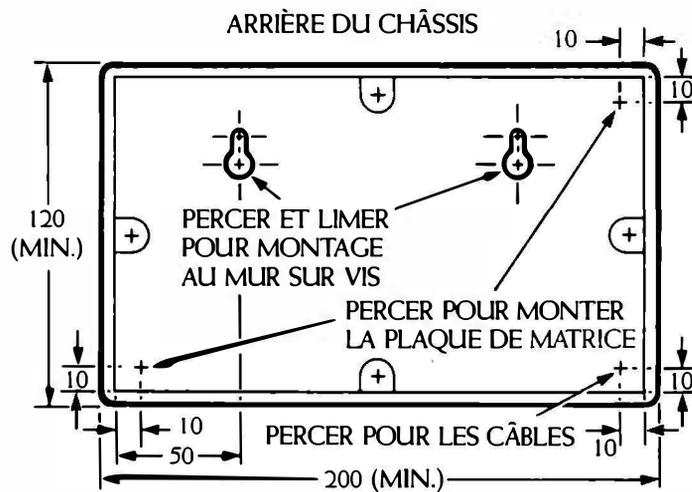


FIGURE 3-30 Système intercom—plaque de matrice suggérée—tracé du panneau de devant.

FIGURE 3-31 Système intercom—tracé des trous pour le châssis de plastique.



Notes de construction

La construction de ce projet est relativement simple. L'interrupteur pour ouvrir et fermer, le contrôle du volume et l'interrupteur pour parler et écouter doivent tous être situés du côté opposé au haut-parleur à une extrémité du devant du châssis de l'unité maîtresse pour faciliter l'opération de l'appareil. L'arrière du châssis peut être percé pour accrochage à un mur si on le désire. L'accès au cabinet doit être facile pour le remplacement de la batterie.

Après l'assemblage, le contrôle du volume doit être calibré en réglant d'abord le bouton de l'indicateur dans sa position maximale et dans le sens des aiguilles d'une montre, et en faisant une petite marque à cette position sur le cabinet. Le bouton doit être tourné ensuite entièrement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. À cette position, on fait une autre marque sur le cabinet. Le bouton indicateur est alors placé à mi-chemin entre ces deux marques. On fait une troisième marque pour indiquer la position de la moitié du volume. On fait également des marques dans les positions minimales et maximales entre la moitié du volume et le volume extrême du son le plus fort et celui du plus faible. Vous retirez ensuite le bouton et vous gravez les positions que vous avez marquées. Vous pouvez aussi peindre ces positions ou les indiquer autrement d'une manière permanente.

TABLEAU DE RÉSISTANCE

RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
interrupteur maître (borne pour écouter)	1 Ω approx.
broche 2, (R_2 entièrement contre le sens horaire)	25 Ω
broche 6, (R_2 entièrement contre le sens horaire)	700 Ω
broche 2, (R_2 entièrement contre le sens horaire)	25 Ω
broche 6, (R_2 entièrement contre le sens horaire)	98 k Ω
broche 8	infini
bout négatif de C_3	1 Ω approx.

Note Toutes les mesures de résistance faites à un lien commun à la terre.

TABLEAU DE TENSION	
TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
tension appliquée au circuit	18,0 V
broche 14, IC ₁	18,0 V
broche 2, IC ₁	0 V
broche 6	0 V
broches 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12	0 V
broche 8 (R ₂ entièrement contre le sens horaire)	8,6 V
broche 8 (R ₂ entièrement en sens horaire)	16,4 V
bout négatif de C ₃	0 V
<i>Note</i> Toutes les mesures de tension faites à un lien commun à la terre.	

PROJET 8 COMPTEUR DE NIVEAU AUDIO LED (diode électroluminescente)

Le circuit intégré LM 3915 est une des composantes les plus intéressantes et les plus utiles. Ce CI contient une série de diviseurs qui se ferment en séquence quand s'élève la tension d'entrée. Cette particularité fait du LM 3915 un dispositif idéal pour surveiller visuellement l'amplitude de signaux audio tels que les sorties de puissance d'un amplificateur audio ou les entrées de niveau d'enregistrement. En construisant deux compteurs identiques, vous pouvez surveiller les deux sorties séparées de canal d'un amplificateur stéréo.

Le signal d'entrée du CI provient directement de la source du signal et ne devrait pas affecter la charge du circuit audio. Ce signal d'entrée est appliqué à la broche 5 du CI par l'intermédiaire du C₁ et le réseau diviseur R₁ et R₂. D₁ s'allumera quand le signal audio qui y est appliqué atteindra sa valeur de seuil de -27 dB; D₂ s'allumera quand le signal audio atteindra -24 dB, tandis que D₃ s'allumera à -21 dB et ainsi de suite. À 0 dB, toutes les diodes électroluminescentes (LED) éclaireront.

Sw₂ vous permet de choisir un mode d'affichage d'un point ou d'une barre. Quoique la plupart des étudiants qui construisent ce projet préfèrent le mode par barre, celui par point ne requiert pas autant de courant. La batterie qui alimente le circuit durera alors plus longtemps. Si vous le préférez, vous pouvez employer à la place de la batterie un convertisseur de tension approuvé CSA pour convertir l'entrée C.A. de 120 V en sortie C.C. de 6-9 V. Ces convertisseurs sont généralement calibrés à 300 mA et conviennent très bien pour ce projet. On les vend un peu partout où l'on peut se procurer des calculatrices portatives et des enregistreuses. Avec un tel convertisseur alimentant votre compteur, vous n'avez plus aucune raison de vous limiter au choix d'un mode d'affichage par point.

Le diagramme schématique du compteur de niveau audio LED est illustré à la Figure 3-32. La Figure 3-33 vous donne la liste des pièces. La Figure 3-34 vous montre les tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

FIGURE 3-32 Compteur de niveau audio LED—diagramme schématique.

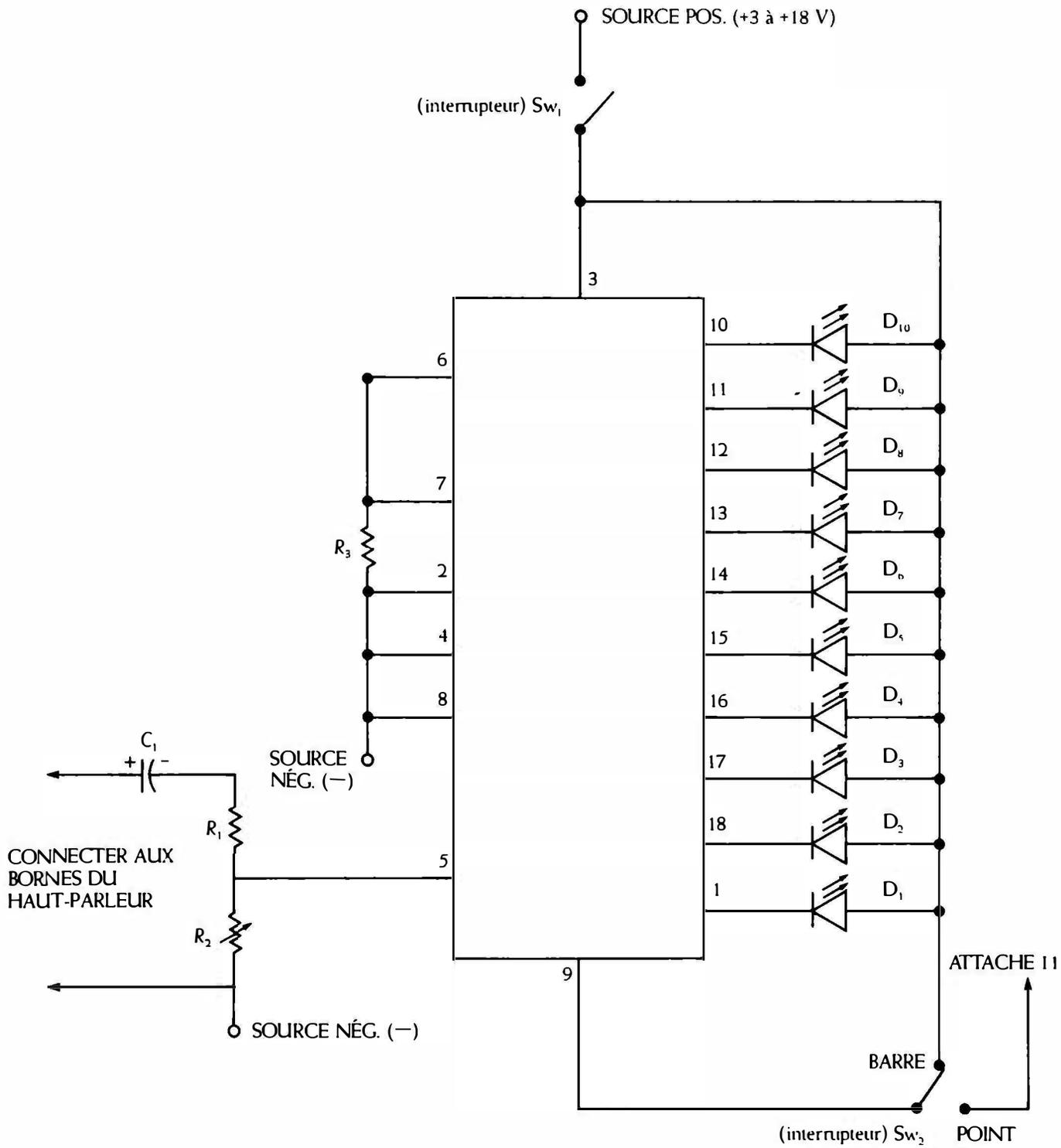


FIGURE 3-33 Compteur de niveau audio LED—liste des pièces.

C_1	condensateur, électro., 22 μ F, 25 V	Divers	<input type="checkbox"/>	plaque de circuit imprimé approximativement 40 \times 75 mm;
R_1	résistance 10 k Ω , 0,5 W, 5 %		<input type="checkbox"/>	batterie 9 V et agrafe ou convertisseur approuvé CSA, tension d'entrée C.A. 120 V/sortie 6-9 V C.C.;
R_2	10 k Ω potentiomètre linéaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	support de CI, à 18 broches;
R_3	résistance, 1 k Ω , 0,5 W, 5 %	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distanceurs de plastique 6 mm;
D_{1-10}	diode électroluminescente (LED), ronde ou rectangulaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vis et écrous mécaniques
CI_1	LM 3915 circuit intégré			
Sw_1	interrupteur (tumbler)			
Sw_2	interrupteur (tumbler)			
<i>Note</i> Ce circuit peut opérer sans C_1 , R_1 , R_2 et Sw_2 , mais de la sensibilité se perdra ainsi que la faculté de choisir soit le mode par barre ou par point.				

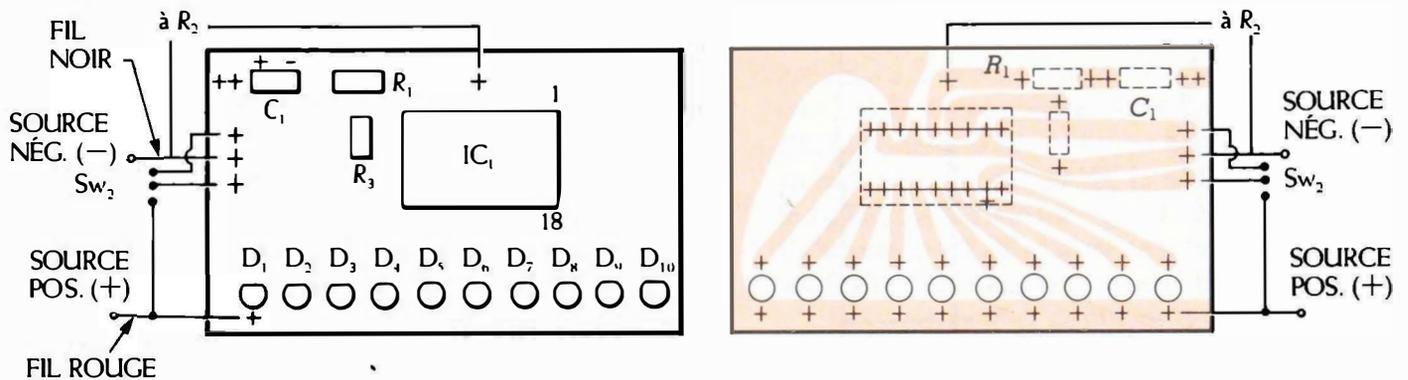


FIGURE 3-34 Compteur de niveau audio LED—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

Notes de construction

Les détails de construction du châssis sont illustrés aux Figures 3-35 et 3-36. La Figure 3-37 montre comment faire l'assemblage du châssis. L'arrière du châssis peut être en plastique ou en aluminium. Le devant du châssis est plutôt de plastique clair afin que les diodes électroluminescentes (LED) demeurent visibles. Après l'impression de la plaque de circuit, soudez en place le support de CI. Puis soudez à leur endroit les autres composants de la plaque de circuit imprimé. Prenez soin de monter toutes les diodes à la même hauteur au-dessus de la plaque en ligne parallèle avec le bord du châssis. Les diodes électroluminescentes doivent être à au moins 1 cm au-dessus de la plaque du circuit. Percez des trous sur le devant du châssis ou sur le côté, et montez R_2 et Sw_2 à leur place. Percez des trous sur un côté du châssis pour Sw_1 et les câbles de borne du haut-parleur. Ces câbles doivent être assez longs pour bien voir le compteur lorsqu'on s'en sert. Limez tous les trous, glissez un canon isolant sur les câbles et passez ceux-ci par le mur du châssis.

Nouez les câbles juste à l'intérieur du mur du châssis et fixez le canon isolant bien en place. Faites le câblage de R_2 , Sw_1 et Sw_2 sur la plaque de circuit imprimé du châssis en vous servant de distanceurs de plastique ainsi que de vis et d'écrous mécaniques. Maintenant, très délicatement, prenez par le dessus avec votre pouce et l'index le CI LM 3915. **Il ne faut pas** toucher les broches avec aucune partie de votre corps, car le LM 3915 est très sensible à l'électricité statique et vous pourriez l'endommager par votre contact. Dès qu'il est installé cependant, ce CI est sûr au toucher. En dernier lieu, faites les tests de résistance et de tension avant d'assujettir le devant du châssis. Procédez d'abord aux tests de résistance, puis aux tests de tension quand ceux de la résistance ont réussi. Alors branchez l'appareil à une source de signal pour voir s'il fonctionne convenablement. Lorsque vous êtes satisfait de la bonne opération de l'unité, vous pouvez installer le panneau de devant.

FIGURE 3-35 Compteur de niveau audio LED—patron de tracé du châssis, panneaux de dessus et de côté.

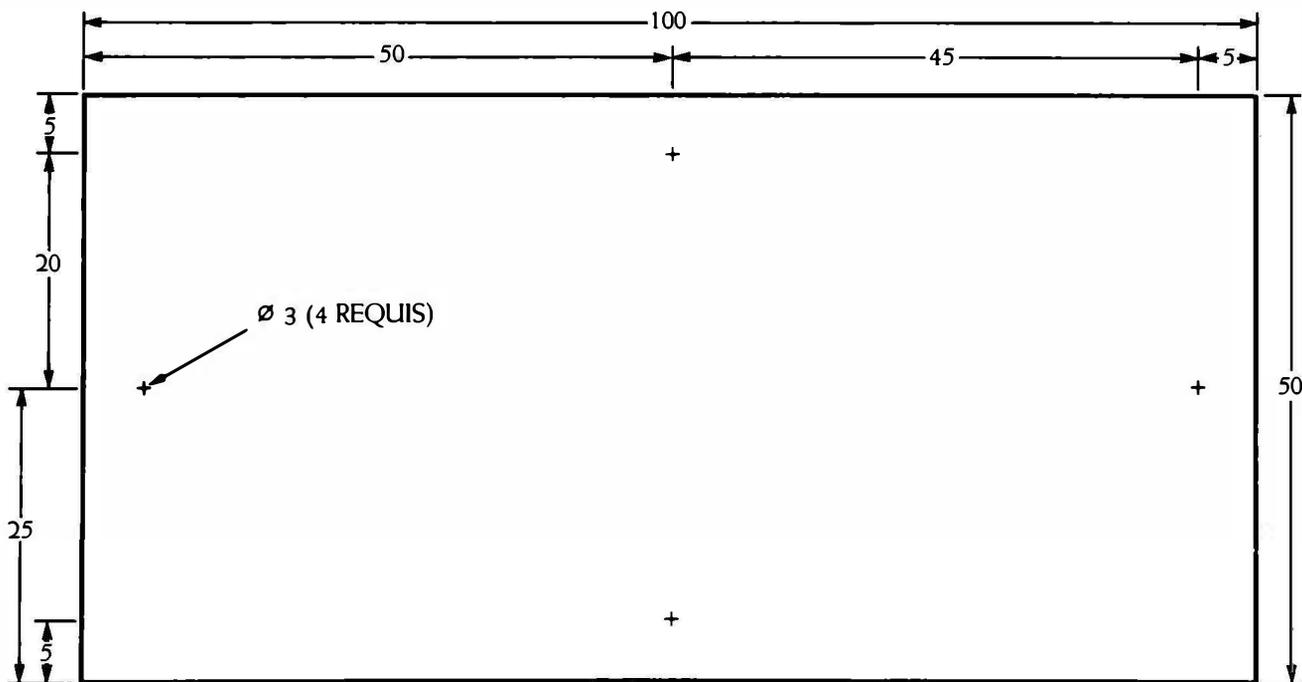
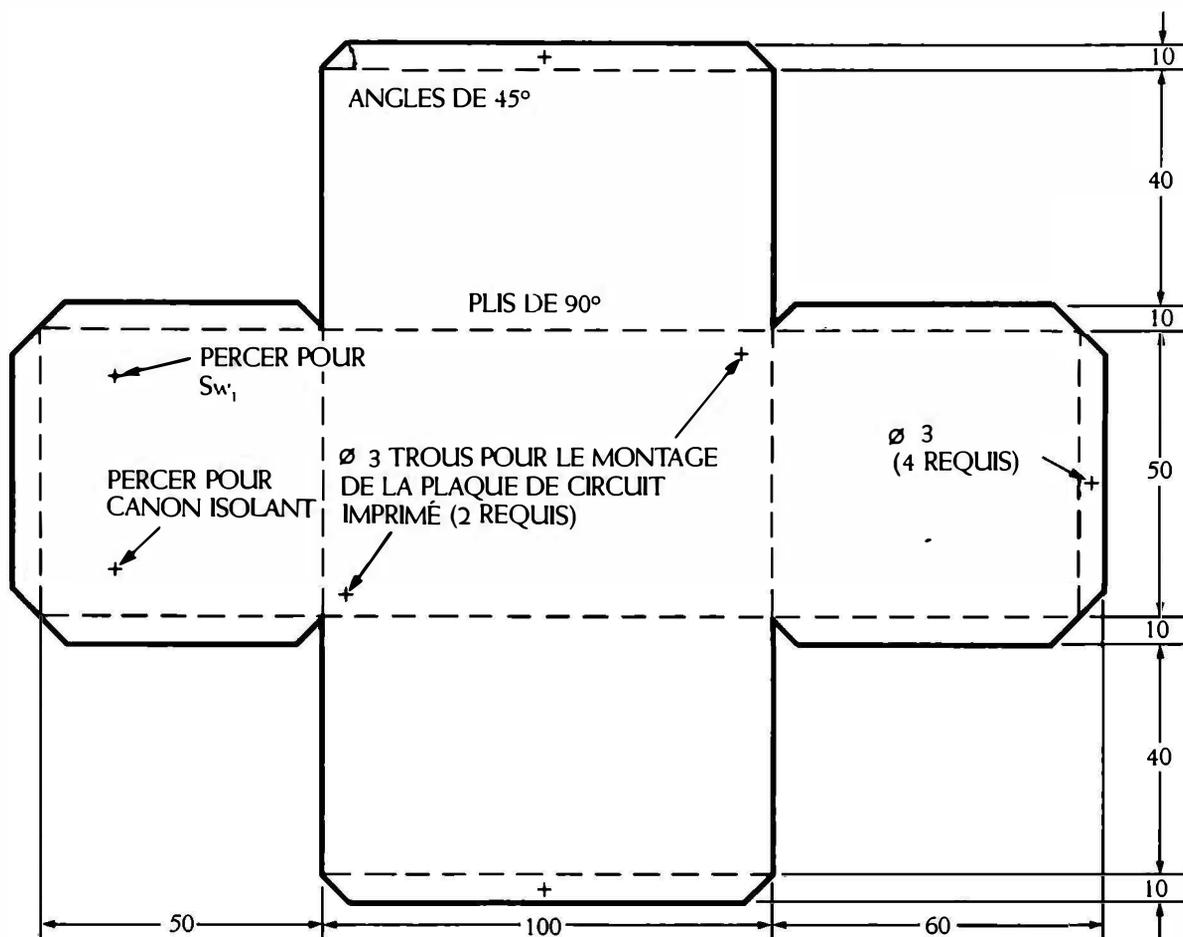


FIGURE 3-36 Compteur de niveau audio LED—patron de tracé du châssis, panneau de devant.

FIGURE 3-37 Compteur de niveau audio LED—assemblage du châssis.

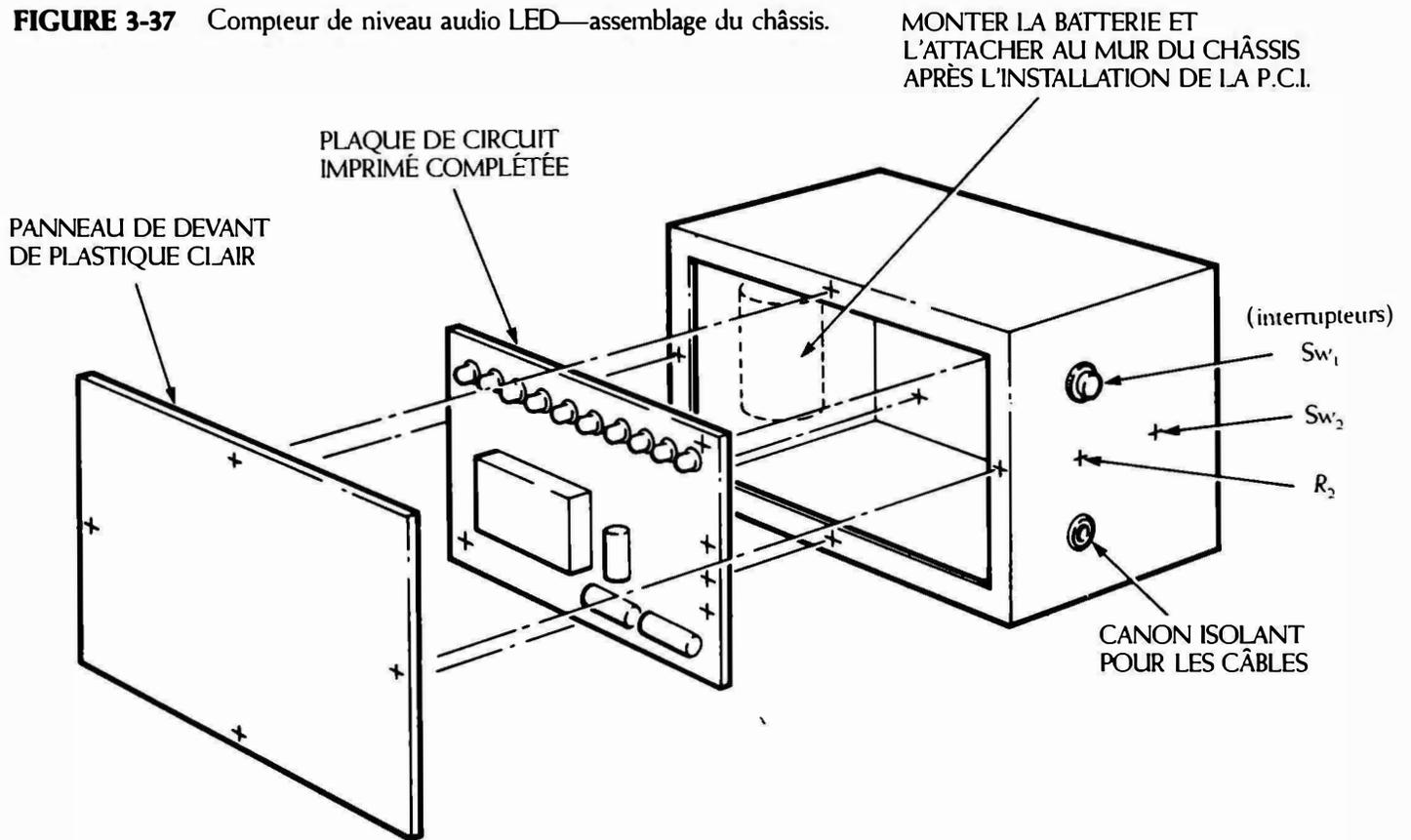


TABLEAU DE RÉSISTANCE	
RÉSISTANCE MESURÉE ENTRE	RÉSISTANCE NORMALE
positif de C_1	infini
négatif de C_1	20 k Ω
jonction de R_1 et R_2	10 k Ω
broche 5	10 k Ω
broches 2, 4, 8	0 Ω
broche 6	1 k Ω
broche 7	1 k Ω
broche 3	infini
broche 9	infini
broches 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	infini
<i>Note</i> Toutes les mesures de résistance prises avec R_2 entièrement dans le sens horaire à partir de la mise à terre.	

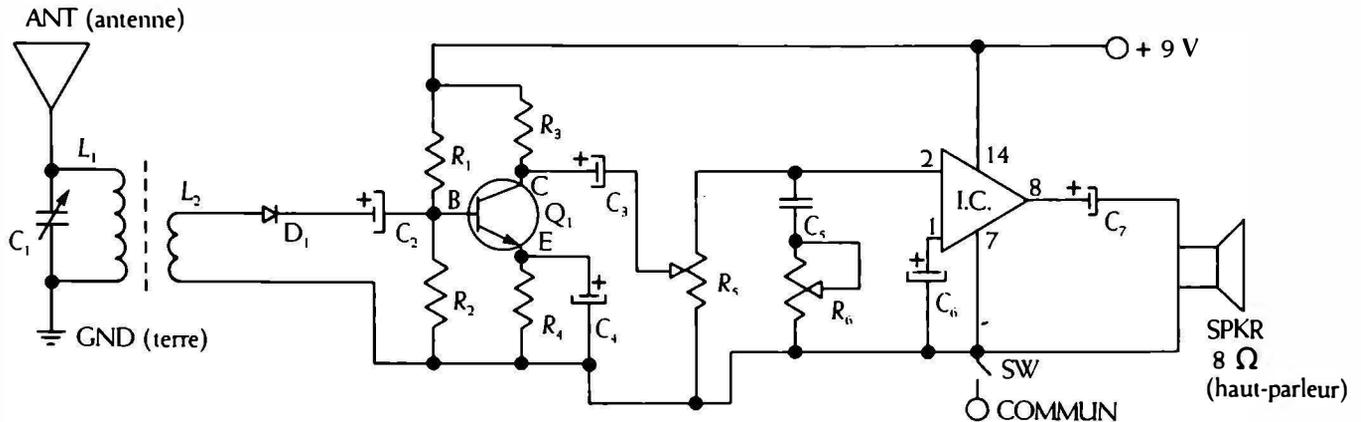
TABLEAU DE TENSION	
TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
tension appliquée	10,0 V
positif de C_1	0,5 V
négatif de C_1	0 V
broche 5	0 V
broches 2, 4, 8	0 V
broche 6	1,25 V
broche 7	1,25 V
broches 3, 9	10,0 V
broches 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	8,8 V
<i>Note</i> Toutes les mesures de tension prises avec R_2 entièrement dans le sens horaire à partir de la mise à terre.	

PROJET 9 RADIO A.M.

Ce projet emploie un circuit intégré LM 380 comme section amplificatrice de sortie audio. Le circuit intégré simplifie la conception et la construction de l'appareil de radio.

Cet appareil se règle sur la bande standard de radio A.M. (à modulation d'amplitude) de 530 kHz à 1610 kHz. Le choix des fréquences qui sont captées se fait par C_1 , L_1 et L_2 . La portion de fréquence audio du signal est captée par D_1 .

FIGURE 3-38 Radio A.M.—diagramme schématique.



C_1	5-365 pF condensateur multipolaire	SW_1	interrupteur (tumbler), (peut faire partie de R_5 ou R_6)
C_2	0,33 μ F 3 V condensateur mylar ou électrolytique	D_1	1N 914 type diode
C_3	0,47 μ F 10 V condensateur mylar ou électrolytique	Q_1	2N 5133 transistor type NPN
C_4	3,3 μ F 10 V condensateur électrolytique	CI	LM 380 circuit intégré linéaire
C_5	0,047 μ F 50 V condensateur mylar ou de céramique	SPKR	(haut-parleur) speaker, 8 Ω , 1 W, 8 cm de diamètre
C_6	10 μ F 10 V condensateur électrolytique	Divers	<input type="checkbox"/> plaque de CI;
C_7	500 μ F 10 V condensateur électrolytique		<input type="checkbox"/> batterie 9 V et attache;
R_1	470 k Ω résistance		<input type="checkbox"/> pinces à connexions pour les bornes d'antenne et de terre;
R_2	220 k Ω résistance		<input type="checkbox"/> M2,5 \times 1,5 \times 12 vis mécaniques;
R_3	47 k Ω résistance		<input type="checkbox"/> M2,5 \times 1,5 \times 6 vis et écrous mécaniques;
R_4	22 k Ω résistance		<input type="checkbox"/> distanceurs 6 mm;
R_5	25 k Ω potentiomètre linéaire		<input type="checkbox"/> boutons;
R_6	10 k Ω potentiomètre linéaire		<input type="checkbox"/> matériel de montage pour la tige d'antenne;
			<input type="checkbox"/> cabinet (optionnel)

Note Toutes les résistances 0,5 W ou 0,25 W, tolérance $\pm 5\%$.

Note R_5 et R_6 forment un circuit de contrôle du son (optionnel, peut être éliminé).

FIGURE 3-39 Radio A.M.—liste des pièces.

FIGURE 3-40 Radio A.M.—tracés des pièces suggérées et du patron de feuille métallique.

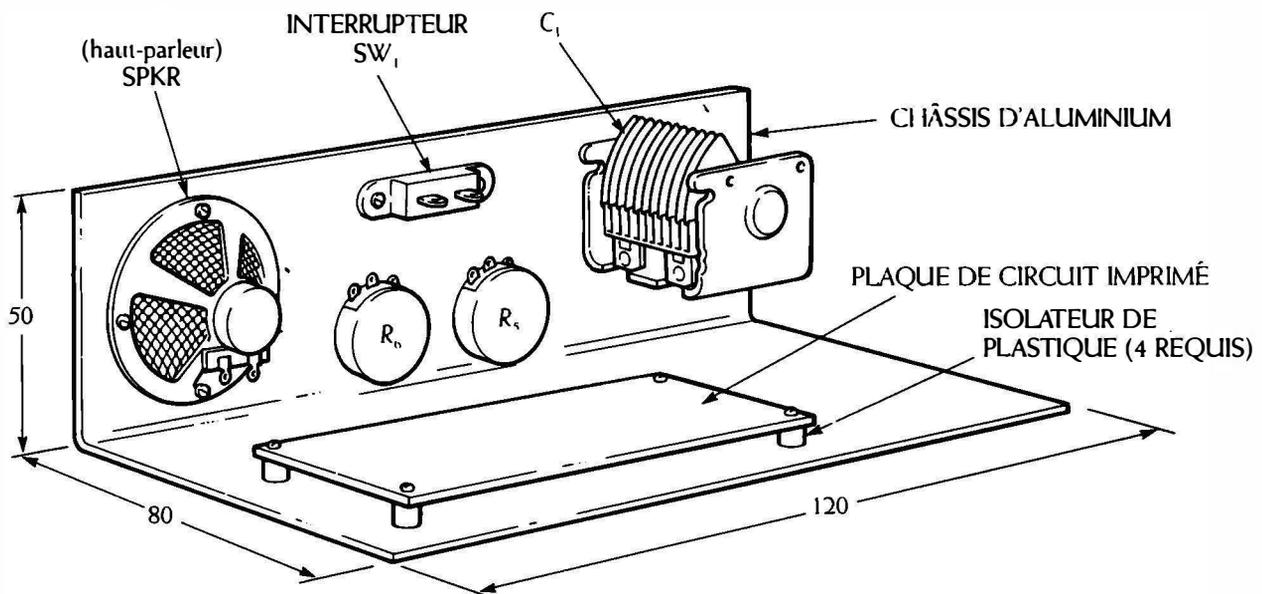
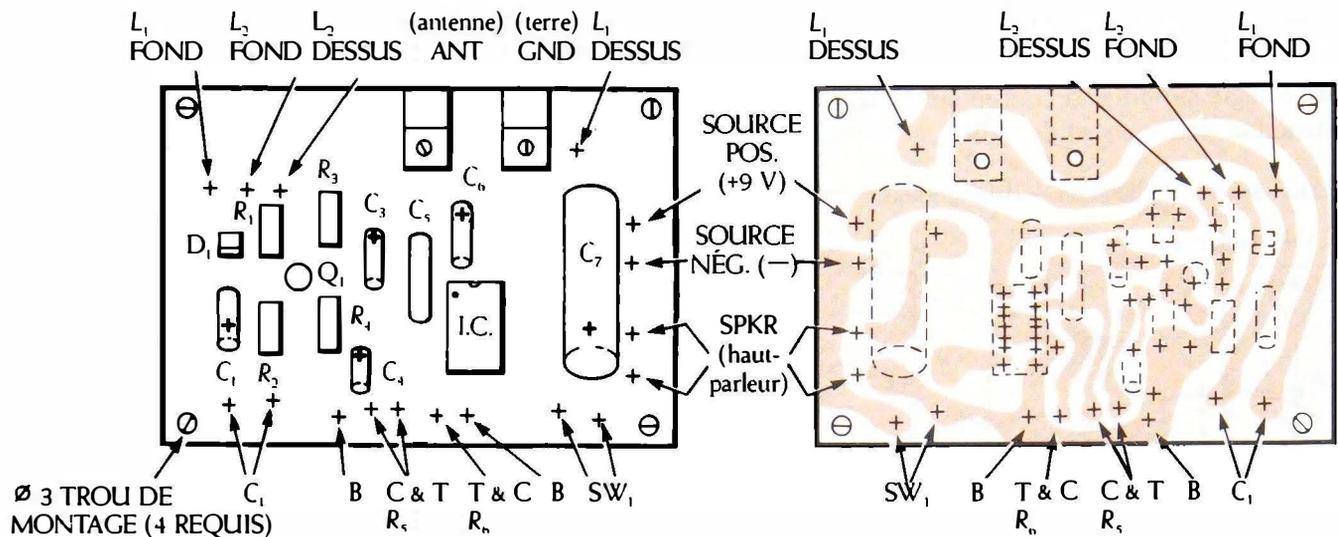


FIGURE 3-41 Radio A.M.—patron du tracé de châssis.

Q_1 et les composantes associées amplifient le très petit signal audio à un niveau que le circuit intégré peut utiliser. Le circuit intégré amplifie ensuite ce signal jusqu'au haut-parleur.

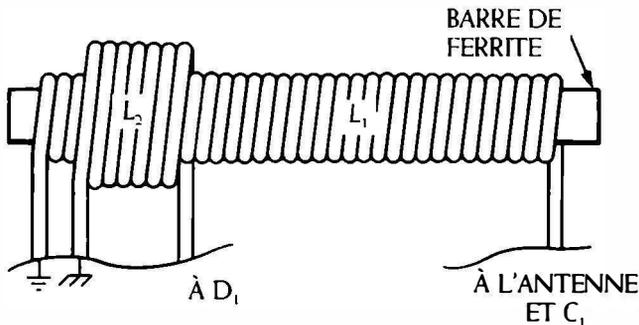
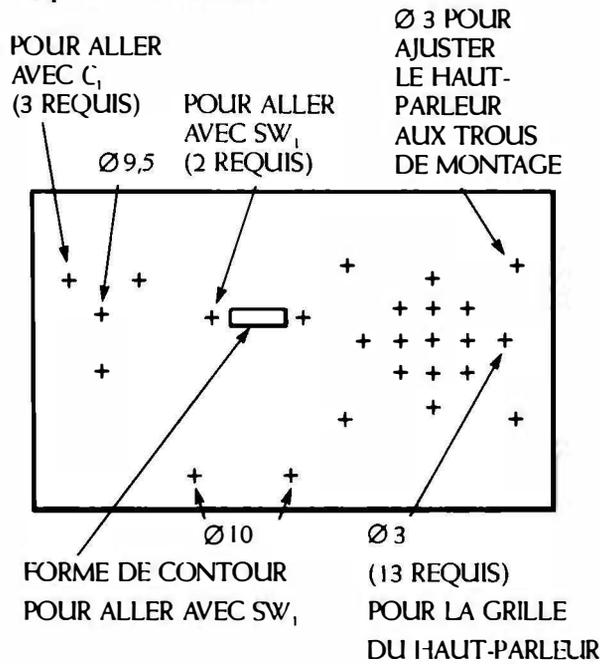
La Figure 3-38 illustre le diagramme schématique de ce projet de radio A.M. La Figure 3-39 de son côté donne la liste des pièces.

À la Figure 3-40, on vous montre les tracés du patron de feuille métallique et des pièces de la plaque du circuit imprimé pour le projet.

Notes de construction

Les Figures 3-41 et 3-42 vous donnent tous les détails de la construction du châssis. Celui-ci peut être fait en aluminium, en bois ou en plastique. Les détails pour le montage du panneau de devant se trouvent à la Figure 3-42. Si SW_1 fait partie de R_5 ou R_6 , tel qu'indiqué dans la liste des pièces, on peut éliminer une des deux ouvertures pour les interrupteurs mentionnés à la Figure 3-42.

FIGURE 3-42 Radio A.M.—patron du tracé du châssis, panneau de devant.



L_1 85 tours fil de connexion n° 26 bobiné serré sur barre de ferrite 63×100 mm ($257 \mu\text{H}$)
 L_2 6-8 tours fil de connexion n° 26 bobiné serré sur entrée de terre de L_1 .

FIGURE 3-43 Radio A.M.—détails de construction de l'antenne.

La Figure 3-43 donne les détails de la construction des bobines de l'antenne L_1 et L_2 . Si on se sert d'une bobine d'antenne déjà enroulée, elle doit avoir approximativement $255 \mu\text{H}$ d'inductance dans la bobine primaire pour capter la bande entière A.M. (de modulation d'amplitude). La Figure 3-44 fournit les détails du dissipateur thermique nécessaire pour le circuit intégré.

Mesures de résistance

Avec un ohmmètre, assurez-vous qu'il n'y a pas de courts-circuits entre la ligne de +9 V, la ligne commune et le châssis de métal. Remarquez que le bout du lien à la terre de L_1 doit être connecté au châssis. Cela se fait en montant C_1 sur le panneau de devant puisque le cadre de C_1 est connecté aux plaques de rotor du condensateur.

TABLEAU DE TENSION

TENSION MESURÉE ENTRE	TENSION NORMALE
broche 14 du CI et lien commun	9 V
broche 7 du CI et lien commun	0 V
Q_1 collecteur et lien commun	4 à 5 V
Q_1 émetteur et commun	*2 à 3 V
Q_1 base et commun	*2,6 à 3,6 V

Note La différence entre ces tensions doit être approximativement de 0,6 V.

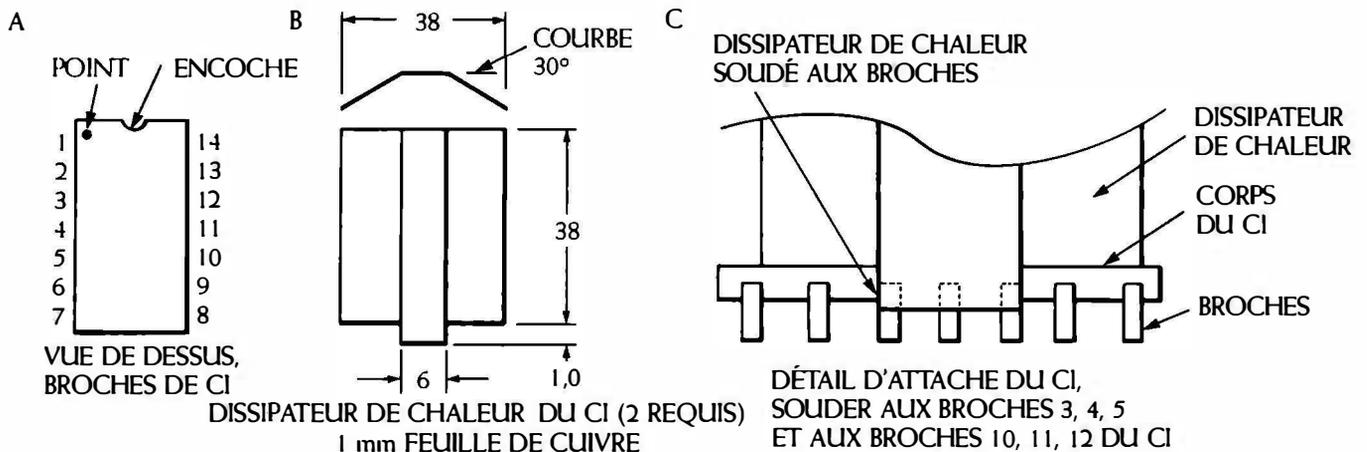


FIGURE 3-44 Radio A.M.—détails du dissipateur thermique.

DIAGRAMMES ET SYMBOLES ÉLECTRONIQUES

Avant d'entreprendre la construction d'un projet, il y a plusieurs choses qu'il faut savoir. Il faut savoir par exemple quelles pièces dont on aura besoin, où elles devront être montées et comment se feront les connexions entre elles. Plus un projet est complexe, plus on a besoin de renseignements. Le Chapitre 4 traite justement des types de diagrammes et des symboles employés en électronique pour obtenir toute l'information nécessaire. Dans les chapitres suivants, il sera question des diagrammes et des symboles particuliers pour chacune des étapes de construction d'un projet.

gramme par l'image ou illustré, et le diagramme schématique proprement dit. Il est très important que tous ces diagrammes soient bien précis.

DIAGRAMMES BLOCS

Les appareils électroniques sont des systèmes. Ils contiennent des circuits et des composantes variées qui fonctionnent ensemble et remplissent des fonctions spécifiques. Afin de comprendre les opérations d'un système, il est indispensable d'avoir un diagramme de schéma simplifié montrant l'arrangement d'ensemble des circuits. On appelle **diagramme bloc** ce genre de schéma simplifié ou synoptique. La Figure 4-1 montre un diagramme bloc d'un amplificateur de phonographe. Remarquez que ce diagramme montre seulement les principales étapes ou les principaux circuits ainsi que le chemin des signaux.

4.1 TYPES DE DIAGRAMMES

Il y a en électronique trois types de diagrammes: le diagramme bloc ou de schéma simplifié, le dia-

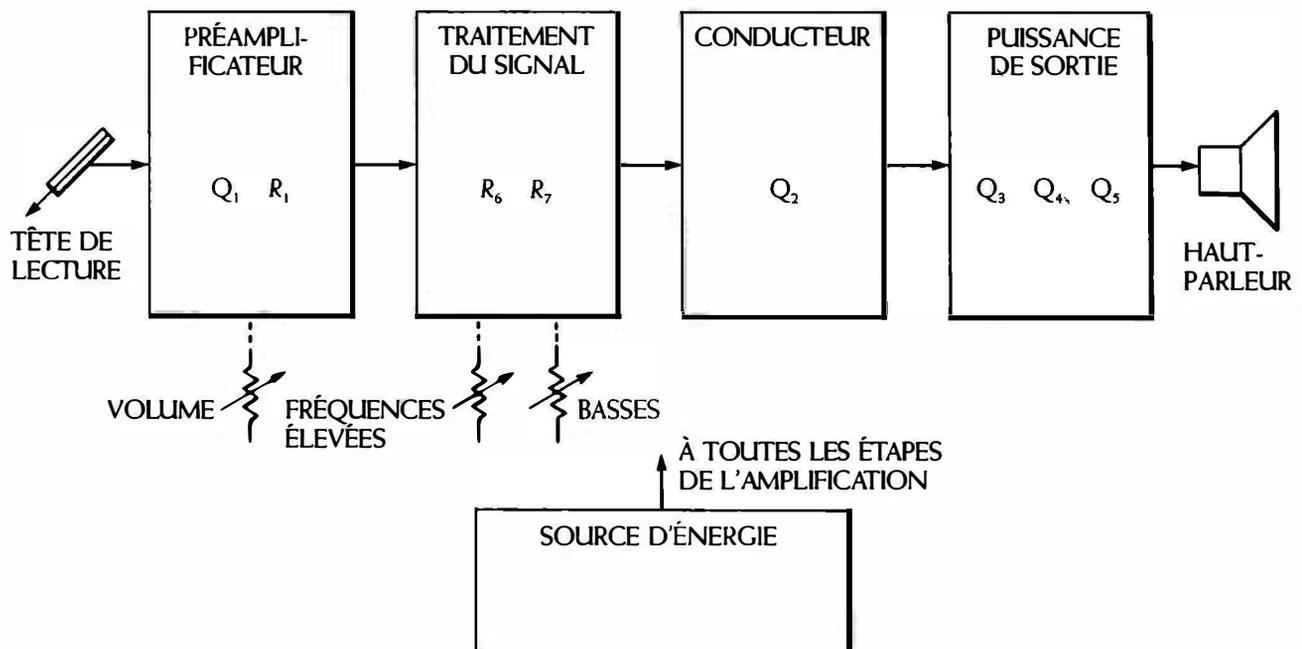


FIGURE 4-1 Diagramme bloc—amplificateur de phonographe.

DIAGRAMMES PAR L'IMAGE

On emploie différents types de **diagrammes par l'image** en électronique. Ils servent à montrer l'agencement physique des composantes, du câblage, du matériel et du châssis. Le diagramme en **vue agrandie** est une portion plus grande de n'importe quelle partie du diagramme entier. Il fait ressortir des détails difficiles à reconnaître à plus petite échelle.

DIAGRAMMES DE TRACÉ PAR L'IMAGE

La Figure 4-2 montre un diagramme de **tracé par l'image** d'une plaque de circuit imprimé d'un amplificateur de phonographe. Ce diagramme donne la forme, la dimension et la position relative des composantes sur la plaque du circuit. Il n'indique pas quelles sont les connexions des pièces ni leur valeur. Le diagramme de tracé par l'image identifie chaque composante par des désignations standards telles que C_1 ou R_1 . Ces désignations sont toujours les mêmes pour les mêmes composantes, que ce soit sur un diagramme de schéma, de câblage, de liste de pièces, ou d'autre chose.

DIAGRAMMES DE CÂBLAGE

La Figure 4-3 montre un diagramme de **câblage par l'image**. Dans ce genre de diagramme, une plaque de circuit est considérée comme sous-ensemble. Toutefois, les composants individuels ne sont pas indiqués sur le dessin. On indique plutôt leurs formes et leurs dimensions relatives sur le diagramme. Les connexions du câblage entre les principales composantes sont indiquées par des lignes solides. Les fils paraissent entrelacés, mais la couleur de chacun est bien spécifiée. Toute information additionnelle sur le câblage est fournie dans ce type de diagramme.

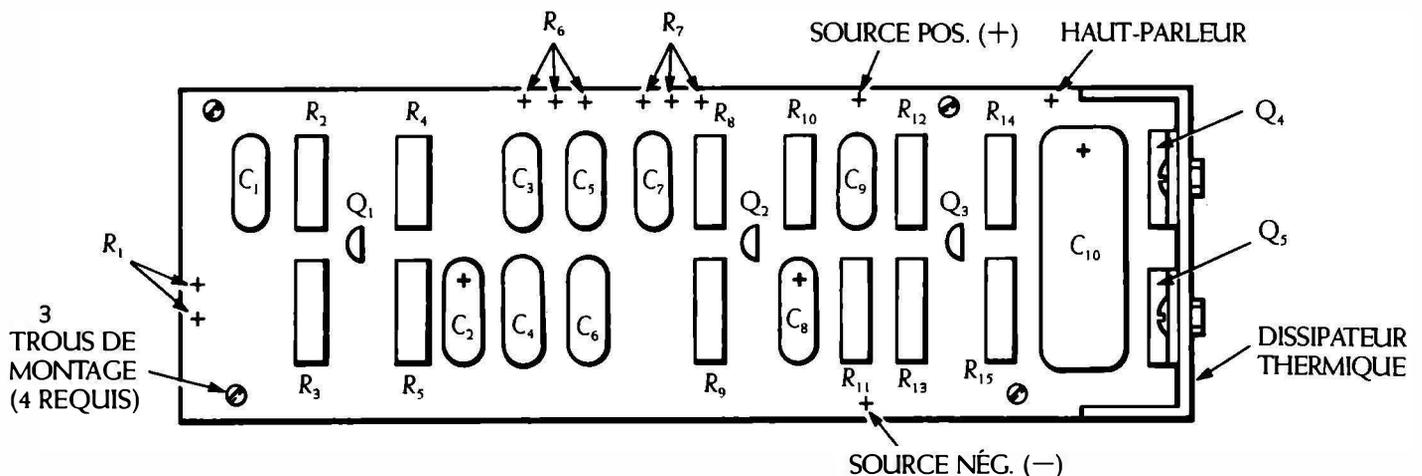


FIGURE 4-2 Diagramme de tracé par l'image—tracé d'une plaque de circuit imprimé pour un amplificateur de phonographe.

PATRONS DE FEUILLE MÉTALLIQUE DE PLAQUE DE CIRCUIT IMPRIMÉ

Les diagrammes de câblage montrent les connexions électriques des principales composantes et uniquement les sous-ensembles. Quand des plaques de circuit imprimé sont employées dans un projet, les conducteurs sont des pistes de feuille de cuivre qu'on appelle **îles**. Ces îles sont plaquées sur une plaque non conductrice. Les **patrons de feuille métallique de plaque de circuit imprimé** sont habituellement dessinés à l'échelle précise grâce à un diagramme de tracé des pièces. Le patron de feuille métallique montre les joints des conducteurs et des composants individuels. Comme les conducteurs de cuivre sont situés au fond de la plaque de circuit imprimé, le patron doit figurer par derrière. La Figure 4-4 illustre un patron typique de la feuille métallique d'une plaque de circuit imprimé. Dans un autre chapitre, plus loin, on vous montrera comment dessiner un patron de feuille métallique pour la plaque de circuit imprimé de votre projet.

Mais il est important à ce moment de se rappeler qu'un patron de feuille métallique est renversé, sinon l'assemblage des composants ne correspondra pas aux endroits spécifiés sur la plaque de circuit imprimé.

DIAGRAMMES DE MONTAGE DU MATÉRIEL

Le terme «matériel» en électronique se réfère aux composantes mécaniques et électromécaniques utilisées pour assembler un projet complet. Les vis, les supports, les bornes, les commutateurs et les

FIGURE 4-3 Diagramme par l'image d'un câblage—amplificateur de phonographe.

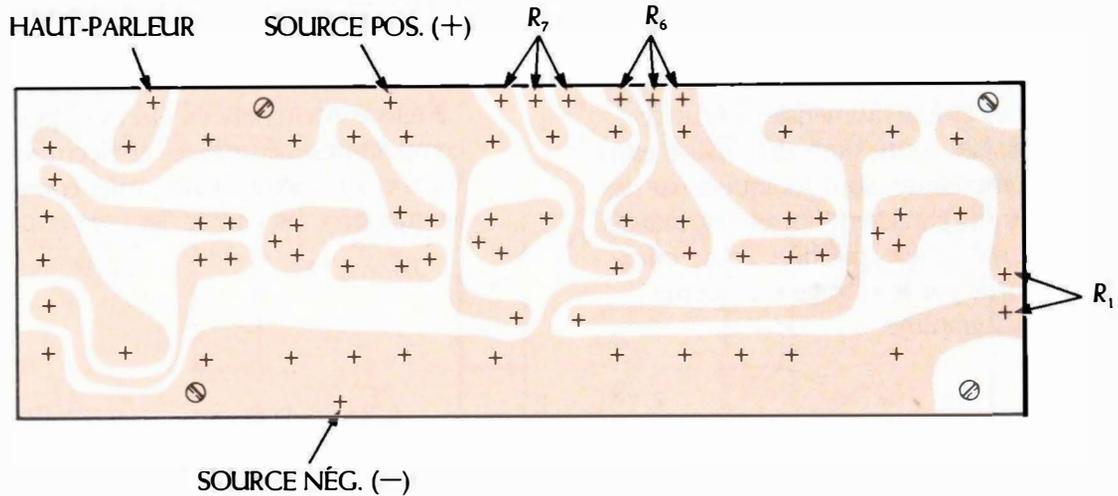
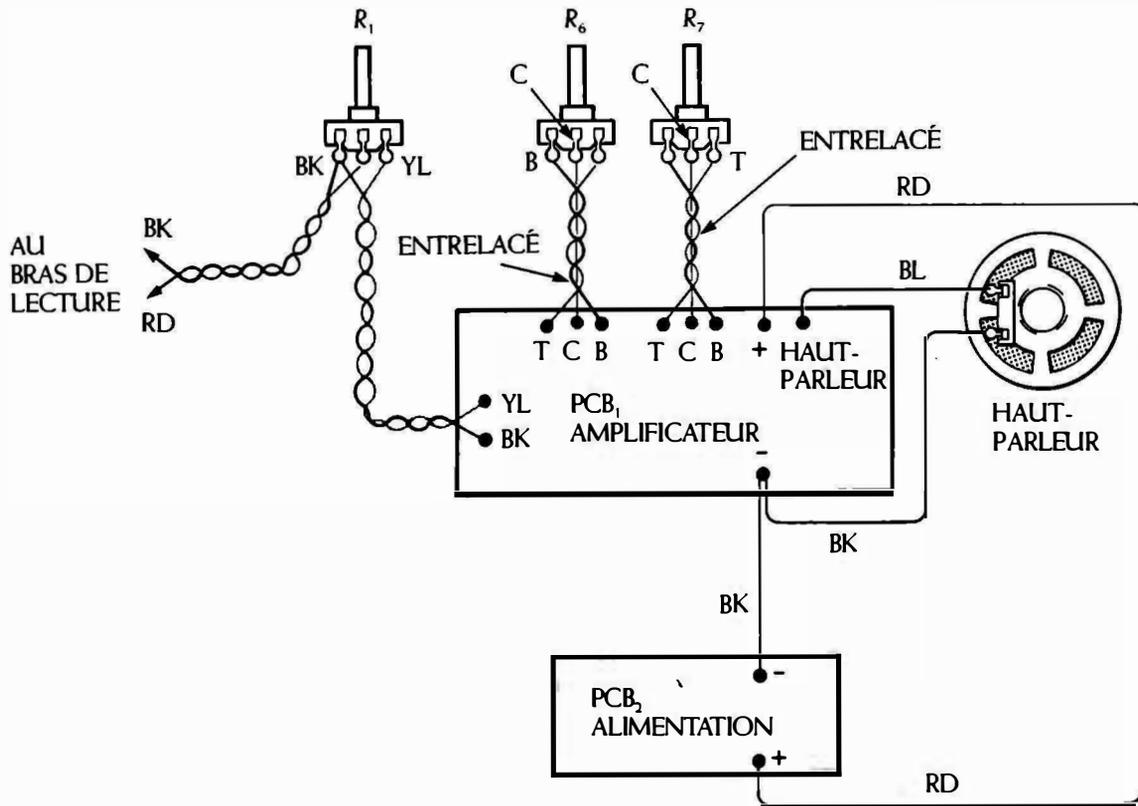


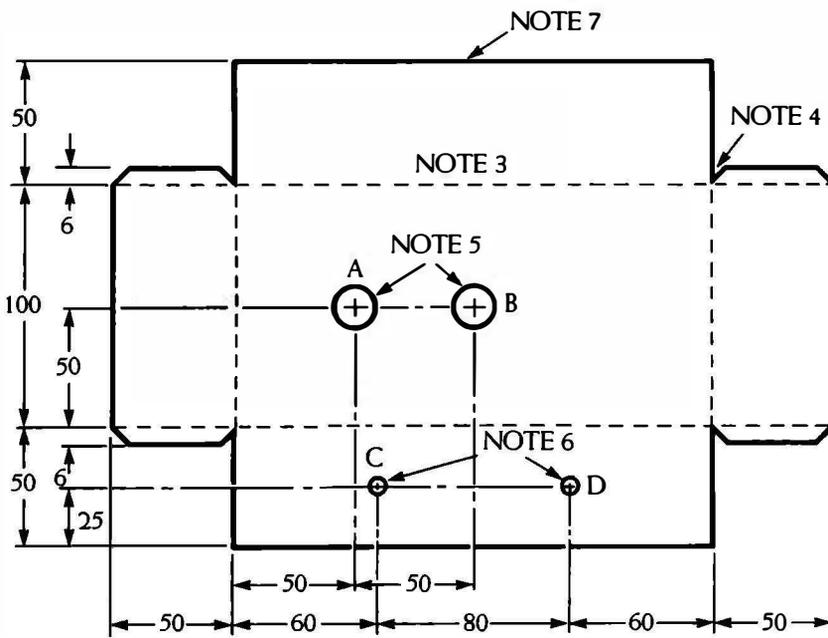
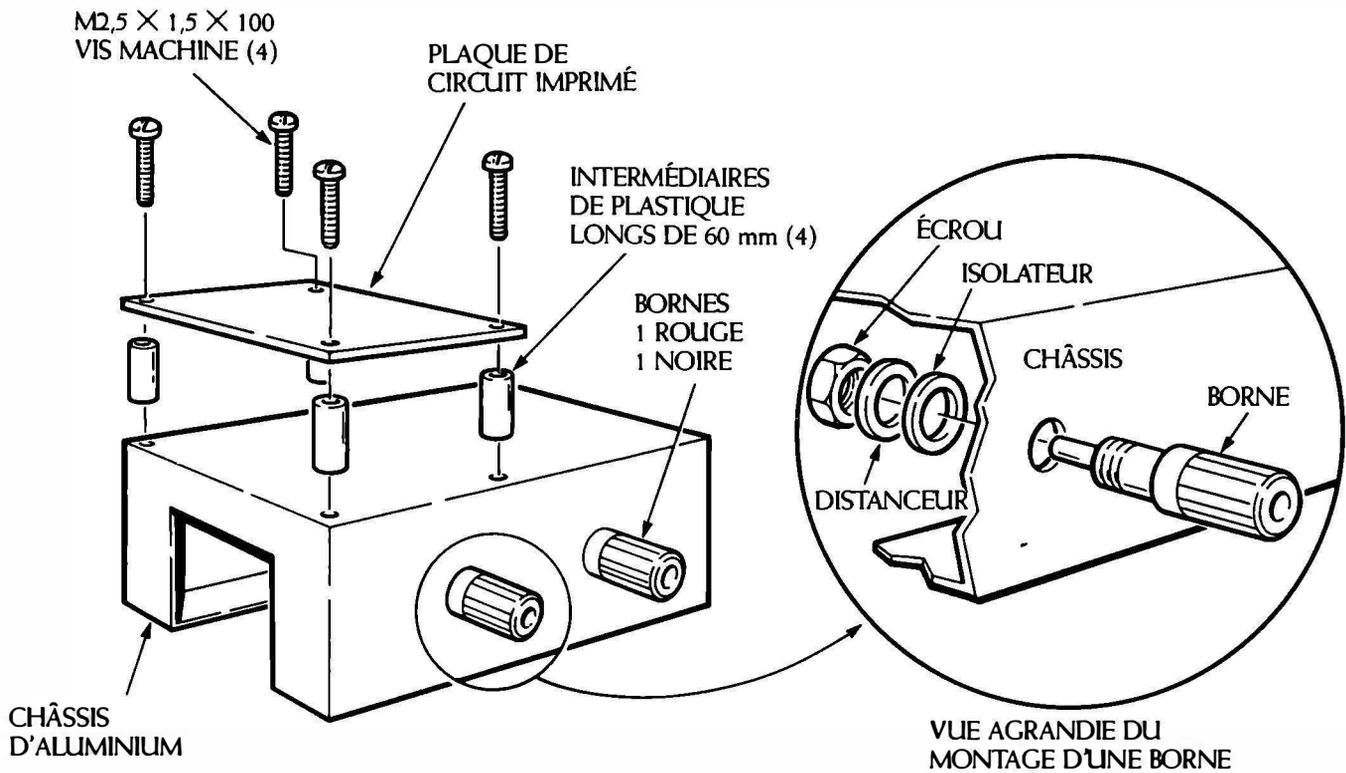
FIGURE 4-4 Diagramme par l'image—patron de feuille métallique d'une plaque de circuit imprimé pour un amplificateur de phonographe.

châssis sont du matériel électronique. La Figure 4-5 illustre un diagramme de **montage du matériel**. Ce diagramme vous montre comment les composants du matériel vont ensemble. Dans cette Figure 4-5, il y a une insertion circulaire ou médaillon. Celui-ci donne une vue agrandie du petit cercle auquel il fait référence sur le diagramme entier. Le but de l'image agrandie en

médaille est de fournir quelque détail additionnel. Le diagramme à l'intérieur du médaillon est habituellement dessiné à une échelle deux fois agrandie du diagramme original.

DIAGRAMME D'UN TRACÉ DE CHÂSSIS
Un diagramme de **tracé d'un châssis**, qu'on appelle parfois diagramme de **manufacture**,

FIGURE 4-5 Diagramme par l'image—montage du matériel pour un amplificateur de phonographe.



- NOTES**
- 1—ÉCHELLE 1:2
 - 2—TOUTES LES DIMENSIONS EN MILLIMÈTRES
 - 3—PLI DE 90° SUR LES LIGNES BRISÉES
—PLIER D'ABORD LES PLIS LES PLUS LONGS
 - 4—TOUTES LES COUPES D'ANGLE À 45°
 - 5—DIAMÈTRE DE 18 mm POUR LES TROUS A & B
 - 6—DIAMÈTRE DE 6 mm POUR LES TROUS C & D
 - 7—FEUILLE D'ALUMINIUM DE 3,2 OU DE 3,5 mm POUR LA CONSTRUCTION

FIGURE 4-6 Diagramme par l'image—tracé de châssis pour un amplificateur de phonographe.

montre comment un châssis doit être fabriqué. Ce diagramme est dessiné à la dimension exacte ou à une échelle spécifique (Figure 4-6). La position de tous les trous et des ouvertures doit être précise. Les lignes médianes et les diamètres des trous sont indiqués à l'échelle dans chaque cas puisque ce diagramme doit pouvoir être interprété fidèlement par beaucoup de gens durant le procédé de fabrication. Les dimensions, les tolérances et la

forme des coupes doivent être indiquées nettement et avec précision. Tous les angles et les plis sont également bien indiqués. Si des notes spéciales sont essentielles à la construction du châssis, on les ajoute sur le diagramme. Habituellement, ces notes de construction sont numérotées. Tous les numéros apparaissent dans leur position respective sur le diagramme.

DIAGRAMMES SCHÉMATIQUES

Ce type de diagramme se sert de symboles standard pour représenter les composantes d'un circuit électronique. Ces symboles sont reconnus universellement par tous ceux qui travaillent dans l'électronique. Un dessin schématique du Canada, par exemple, sera compris et interprété au Japon comme dans tout autre pays. Cette standardisation des symboles facilite partout la production industrielle. La Figure 4-7 illustre une liste des composantes les plus communes par leurs symboles schématiques. En Europe, toutefois, pour représenter une résistance, on emploie parfois ce symbole

 plutôt que 

Autrefois, dans un assemblage électronique, les diagrammes précisaient même la position, la dimension et la forme des composantes. Mais maintenant, un diagramme schématique indique plutôt le type et la valeur électronique des composantes ainsi que la façon dont se fait leur connexion. On recourt donc à des désignations standard sur les diagrammes schématiques. Si vous regardez bien la Figure 4-8, vous constaterez que les résistances sont identifiées par la lettre R italique et un numéro. Elles sont numérotées en séquence de gauche à droite et de haut en bas sur le diagramme. D'autres composantes sont numérotées de la même façon. On désigne les condensateurs par la lettre C italique, les transistors et autres semiconducteurs par la lettre Q puisque la lettre T est réservée pour les transformateurs. D'autres lettres de l'alphabet désignent d'autres composantes.

Le diagramme schématique de la Figure 4-8 est celui du même amplificateur de phonographe décrit sur le diagramme bloc de la Figure 4-1. Sur le présent diagramme schématique, on indique toutes les connexions. Chaque ligne forte représente un conducteur. Quelques-uns de ces conducteurs alimentent en énergie les circuits individuels, tandis que les autres sont des parcours de signaux. Sur un diagramme bloc, on ne montre que le parcours des signaux.

FIGURE 4-7 Ce sont des symboles électroniques qu'on emploie sur les diagrammes schématiques.

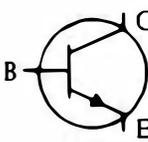
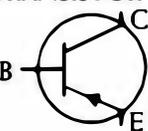
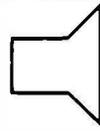
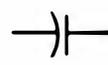
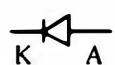
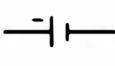
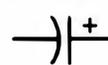
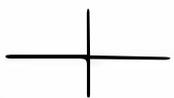
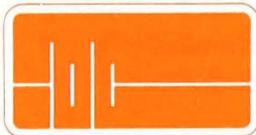
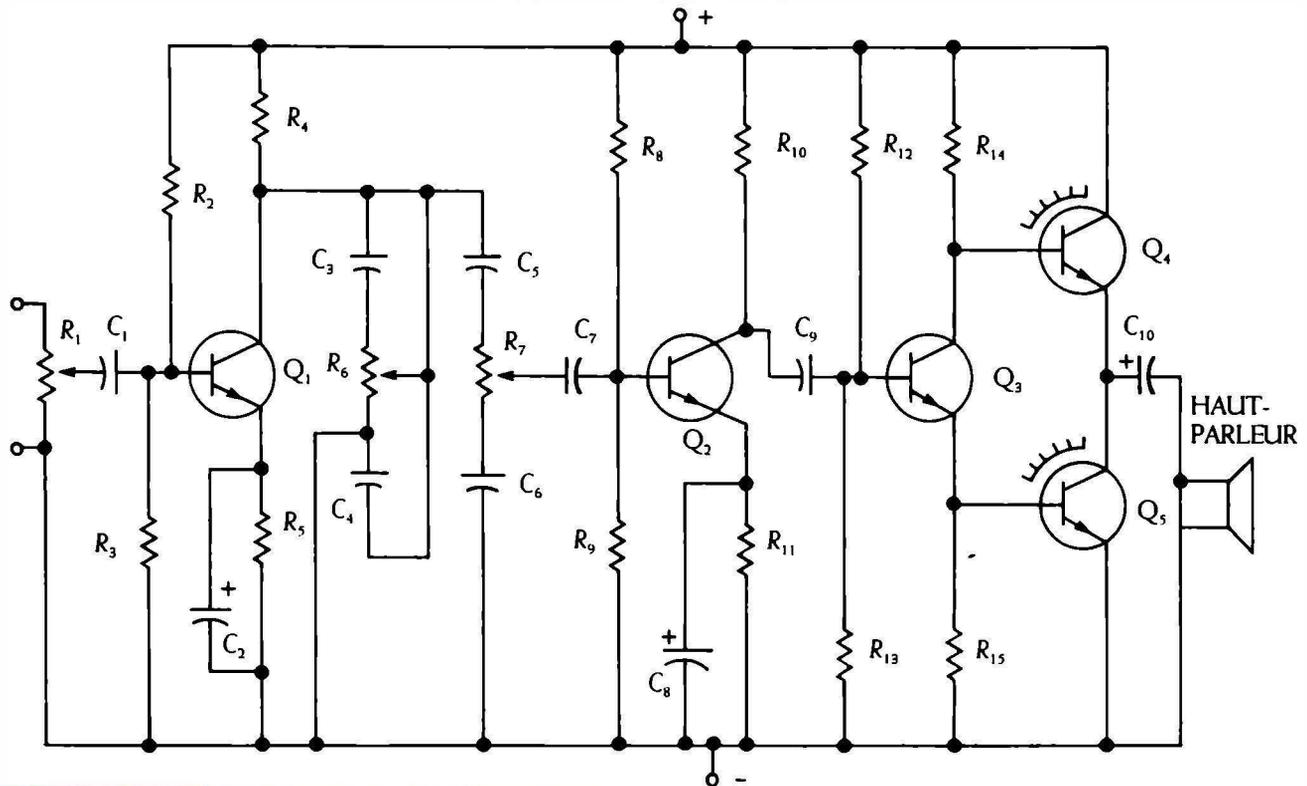
RÉSISTANCE FIXE 	TRANSISTOR NPN 
RÉSISTANCE VARIABLE 	TRANSISTOR PNP 
HAUT-PARLEUR 	REDRESSEUR COMMANDÉ AU SILICIUM 
CONDENSATEUR FIXE 	DIODE 
CONDENSATEUR VARIABLE 	PILE SIMPLE 
CONDENSATEUR ÉLECTROLYTIQUE 	BATTERIE 
INDUCTEUR FIXE 	BORNE 
INDUCTEUR VARIABLE 	CONDUCTEURS CONNECTÉS 
SOURCE C.A. 	CONDUCTEURS NON CONNECTÉS 

FIGURE 4-8 Diagramme schématique—amplificateur de phonographe.



4.2 TÂCHES À FAIRE

Relisez attentivement la description du projet que vous avez choisi. Puis faites chacune des tâches suivantes de dessin sur une feuille de papier bien propre.

1. Dessinez un diagramme bloc (schéma simplifié) de votre projet. La Figure 4-1 peut vous servir d'exemple.
2. Dessinez un diagramme de tracé par l'image à l'échelle pour votre projet de plaque de circuit imprimé. Inspirez-vous du tracé suggéré de circuit imprimé. Procurez-vous les pièces nécessaires ou la liste de leurs dimensions auprès de votre professeur. Il sera plus facile d'identifier vos pièces avec votre liste.
3. Dessinez un diagramme du câblage de votre projet. La Figure 4-3 peut vous servir de guide.
4. Dessinez un diagramme de tracé de châssis d'exacte dimension pour votre projet. Faites un travail soigneux. Si vous voulez construire un châssis de métal, vous aurez besoin de votre diagramme. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

5. Dessinez une copie fidèle d'un diagramme schématique correspondant au projet que vous avez choisi au Chapitre 3. Pourquoi votre schéma serait-il difficile à interpréter si vous ne pouviez employer des symboles électroniques? Quelles erreurs pourraient être commises au montage de vos pièces?

4.3 RÉSUMÉ

Les diagrammes et les symboles sont employés pour fournir l'information nécessaire à la compréhension et à la construction des projets d'électronique.

Il y a trois types principaux de diagrammes électroniques: le diagramme bloc ou de schéma simplifié, le diagramme par l'image ou illustré, et le diagramme schématique proprement dit.

Le diagramme bloc donne une vue d'ensemble d'un système électronique complet.

Les diagrammes par l'image fournissent les détails sur la dimension, la forme, la position, le montage et le câblage des composants. Il y a

différents genres de diagrammes pour les tracés de plaque de circuit imprimé, les connexions de câblage, les patrons de feuille métallique de circuit imprimé, les montages de matériel et les tracés de châssis. Les patrons de feuille métallique d'un circuit imprimé sont dessinés à l'inverse des diagrammes de tracé des pièces. Ces patrons sont faits généralement de dimension précise.

Une vue grossie est une portion agrandie d'un diagramme par l'image pour faire ressortir des détails difficilement reconnaissables à plus petite échelle.

Les diagrammes schématiques donnent des détails sur la valeur et l'interconnexion de chaque composante d'un circuit électronique. On recourt à des symboles standardisés pour représenter les composantes actuelles sur les diagrammes schématiques. Ils peuvent être interprétés universellement par quiconque travaille dans l'électronique.

4.4 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

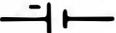
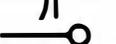
1. Pourquoi se sert-on de diagrammes en électronique?
2. Quels sont les trois principaux types de diagrammes?
3. Nommez quatre types de diagrammes par l'image.
4. Qu'est-ce qu'une vue grossie?
5. Quel est le but d'un diagramme bloc?
6. Quelle information fournissent les diagrammes par l'image?
7. Quels diagrammes sont habituellement dessinés à l'échelle exacte?
8. Quelle considération spéciale doit-on accorder au patron de feuille métallique d'un circuit imprimé?
9. Quelle information obtient-on dans un diagramme schématique?
10. Pourquoi emploie-t-on des symboles pour représenter les composantes sur un diagramme schématique?

11. Dessinez les symboles schématiques des composants suivants:
 - (a) résistance fixe,
 - (b) condensateur fixe,
 - (c) transistor (PNP ou NPN),
 - (d) borne,
 - (e) commutateur.
12. Faites un schéma
 - (a) d'une connexion de deux fils,
 - (b) de deux fils qui se croisent mais qui ne sont pas connectés.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Un diagramme bloc
 - (a) montre les détails spécifiques d'un circuit,
 - (b) illustre l'arrangement d'ensemble d'un circuit,
 - (c) emploie des symboles pour identifier les composantes,
 - (d) montre la forme, la dimension et la position relative des composantes.
2. Les diagrammes par l'image
 - (a) montrent le tracé physique des composantes, du câblage, du matériel et du châssis,
 - (b) identifient les composantes par des symboles,
 - (c) montrent l'arrangement d'ensemble d'un circuit électronique,
 - (d) ne montrent pas de composants de matériel.
3. Le terme «matériel» se réfère
 - (a) à l'équipement de tests,
 - (b) aux outils manuels;
 - (c) aux diagrammes électroniques,
 - (d) aux composantes mécaniques et électromécaniques.
4. Un autre nom pour «diagramme de tracé de châssis» est celui de
 - (a) patron de feuille métallique,
 - (b) diagramme du câblage,
 - (c) diagramme de fabrication (industrielle),
 - (d) diagramme schématique.

5. Les diagrammes schématiques
- donnent une idée d'ensemble du rendement d'un circuit,
 - représentent les composantes par des symboles électroniques,
 - montrent toutes les composantes et le matériel,
 - donnent les instructions pour les plis et les courbes.
6. Identifiez le symbole d'une résistance:
- 
 - 
 - 
 - 
7. Les diagrammes schématiques sont
- compris universellement,
 - concernés par la valeur des composantes,
 - concernés par la désignation standardisée des composantes,
 - concernés par tout ce qui est mentionné ci-dessus.
8. Parmi les diagrammes suivants, lequel n'est PAS un des trois principaux types de diagrammes électroniques?
- le diagramme schématique,
 - le diagramme du câblage,
 - le diagramme par l'image,
 - le diagramme bloc.
9. Un diagramme employé pour donner des détails qui ne sont pas facilement reconnaissables à petite échelle est connu sous le nom de
- diagramme schématique,
 - patron de tracé de feuille métallique,
 - diagramme de vue agrandie (en gros plan),
 - diagramme par l'image.
10. Un diagramme qui indique la position des conducteurs sur une plaque de circuit imprimé est:
- un diagramme schématique,
 - un patron de feuille métallique d'un circuit imprimé,
 - un diagramme du câblage,
 - un diagramme de vue agrandie (en gros plan).

TRAVAIL DU MÉTAL DU CHÂSSIS

5.1 OÙ L'APPLIQUE AU TRAVAIL DU MÉTAL EST NÉCESSAIRE

Quel est votre but en apprenant l'électronique? Voulez-vous simplement apprendre comment assembler certains des innombrables jeux électroniques sur le marché? Si c'est le cas, vous n'avez probablement pas besoin d'en apprendre bien long sur le travail du métal d'un châssis, car la plupart des jeux à monter sont vendus avec des châssis et des cabinets préfabriqués et percés d'avance. Mais si vous voulez construire et assembler vos propres projets, vous devez avoir quelques aptitudes pour le travail du métal. Vous devez avoir aussi de bonnes notions du travail du métal d'un châssis si certains emplois professionnels qu'offre l'électronique vous intéressent. Les bricoleurs avancés, les ingénieurs, les dessinateurs et beaucoup de techniciens ont besoin d'aptitudes et de connaissances sur le travail des métaux.

Au Chapitre 3, des tracés de châssis suggérés sont donnés pour plusieurs projets. Si vous le désirez, vous pouvez vous servir du tracé de votre projet pour fabriquer votre propre châssis avec une feuille d'aluminium. Vous pouvez encore demander qu'on fabrique votre châssis à l'atelier mécanique de votre école. Avec la permission de votre professeur, vous pouvez même modifier le tracé de châssis proposé et dessiner le vôtre. Si vous ne voulez pas faire un châssis de métal ou s'il n'y a pas d'atelier mécanique à votre école, il y a des cabinets et des châssis de plastique disponibles.

5.2 MÉTAUX DE CHÂSSIS

L'aluminium et l'acier sont les métaux les plus communément utilisés pour la construction d'un châssis. L'aluminium est doux et se travaille facilement à la machine. Toutefois, il est difficile à souder. Parfois il faut souder des pièces en aluminium, mais c'est une opération difficile parce que

ce métal est mou. C'est pourquoi les pièces en aluminium sont habituellement boulonnées ou rivées ensemble. L'aluminium est léger, relativement fort et également bon conducteur de chaleur et d'électricité. Il est plus dispendieux que l'acier au carbone ou l'acier inoxydable. Généralement, c'est d'un **alliage** d'aluminium dont on se sert pour fabriquer un châssis ou un cabinet plutôt que d'aluminium pur. Un alliage est un métal pur mêlé à de petites quantités d'autres matières. Les autres matières (surtout des métaux) donnent à l'alliage différentes propriétés de dureté, de force, de conductivité, de malléabilité et de résistance à la corrosion.

L'acier est plus dur que l'aluminium, ce qui le rend plus difficile à travailler à la machine. L'acier peut se souder facilement, mais s'oxyde aussi facilement. L'acier galvanisé (de l'acier plaqué de zinc) ne s'oxyde pas rapidement mais il est plus coûteux. De plus, l'acier ne conduit pas aussi bien la chaleur et l'électricité que l'aluminium.

5.3 MESURES DE SÉCURITÉ

Toutes les opérations de travail des métaux comportent des dangers. Un éclat de métal peut facilement vous rendre aveugle. Une perceuse bloquée peut tourner avec assez de force pour vous couper un doigt ou vous blesser gravement. Tailler du métal sans être protégé par une garde peut signifier aussi la perte d'un doigt. Si une garde est perdue ou endommagée, rappelez-le immédiatement à votre professeur. Ne vous servez pas alors de la machine. Voici quelques règles générales de sécurité que vous devez suivre rigoureusement si vous travaillez des métaux.

RÈGLES DE SÉCURITÉ DU TRAVAIL DES MÉTAUX

1. Portez **toujours** des verres de sécurité chaque fois que vous travaillez du métal.

2. **Sachez** bien vous servir d'une machine avant de l'utiliser.
3. Lorsque vous travaillez avec des outils rotatifs tels qu'une perceuse ou une affûteuse, ne portez **jamais** de montre, de bagues, de cravate, de foulard, de collier ou quoi que ce soit qui pourrait se prendre dans une surface rotative. Si vos cheveux sont longs, nouez-les par derrière hors de portée d'un mécanisme ou portez un bandeau ou un filet spécial pour les cheveux. Roulez vos manches de chemise jusqu'aux coudes. Éloignez-vous des pièces mobiles tant qu'elles ne sont pas à un **point mort**.
4. En vous servant d'une mèche électrique ou d'une perceuse, fixez **toujours** votre ouvrage avec soin. N'essayez pas de le tenir avec vos mains. Limez tous les bords rudes après avoir percé un métal.
5. En manipulant de grandes feuilles de métal, portez **toujours** des gants afin de protéger vos mains des bords tranchants.
6. **Assurez-vous** que toute machinerie est bien équipée de gardes et de protecteurs. Soyez sûr qu'ils sont en place avant de faire fonctionner la machine. Si vos mains glissent pendant

qu'un moteur est en marche, où iront vos doigts?

5.4 OUTILS DE TRAVAIL DES MÉTAUX

Si vous voulez construire un châssis de métal pour votre projet, vous aurez besoin d'un diagramme de tracé d'un châssis. Si vous avez déjà fait un diagramme de tracé d'un châssis d'exacte dimension comme l'une des tâches du Chapitre 4, vous pouvez procéder. Sinon, vous devrez en dessiner un maintenant. Faites vérifier et approuver le diagramme par votre professeur avant de commencer votre travail. Si vous voulez faire des changements au tracé, discutez-en d'abord avec votre professeur.

CISEAU À FEUILLE DE MÉTAL

Le **ciseau à feuille de métal** (Figure 5-1) est employé pour tailler droit dans une feuille de métal. Remarquez la garde de sécurité devant le couteau. Il y a deux types de ciseaux: manuels et hydrauliques.

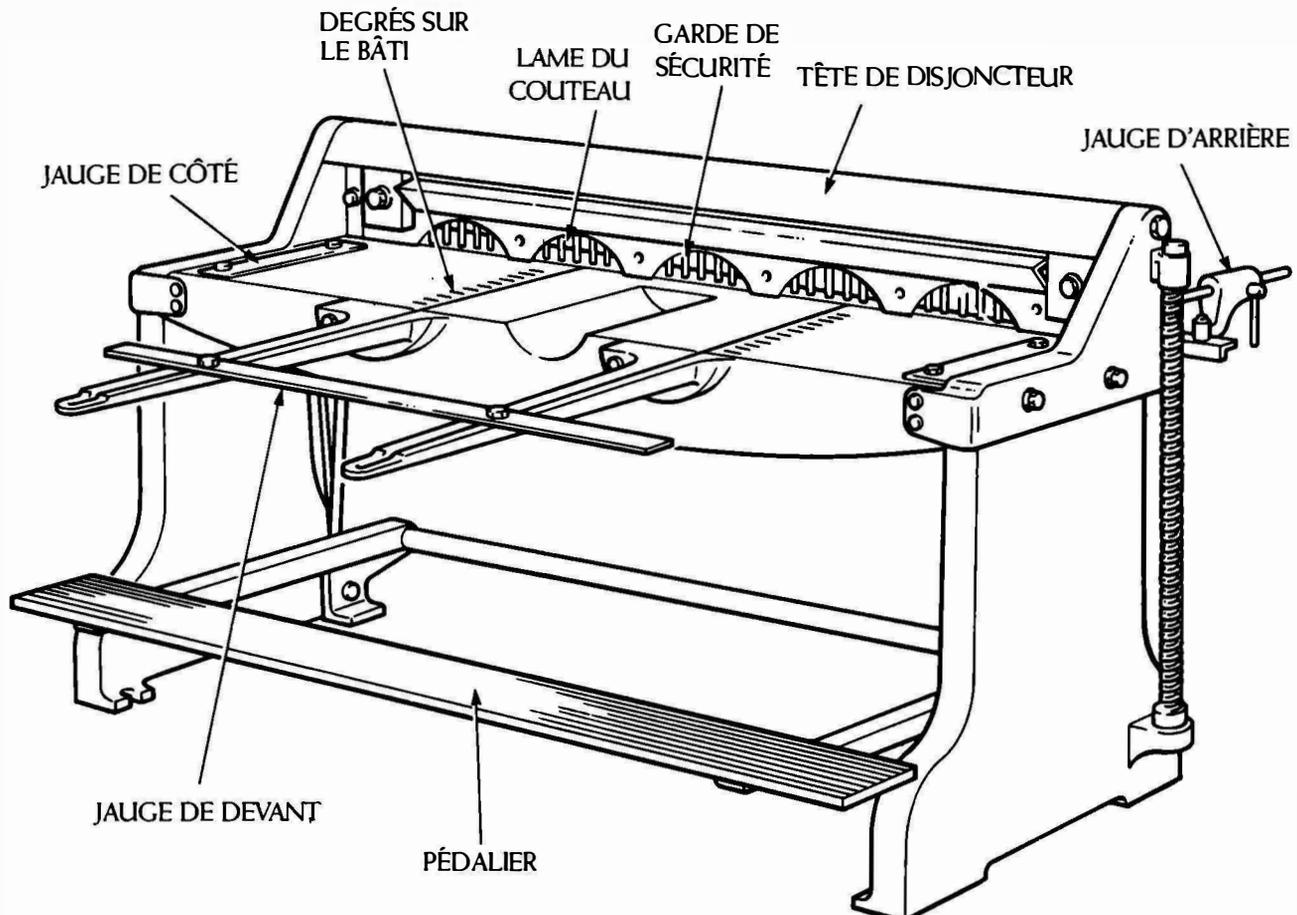


FIGURE 5-1 Ciseau manuel à feuille de métal.

Le ciseau manuel fonctionne habituellement avec un pédalier. Des degrés sur le bâti du ciseau indiquent la distance entre le bord le plus éloigné du métal et la lame du couteau. Ces degrés vous aident à aligner correctement le métal. Le long de chaque côté du ciseau il y a une jauge. Ces jauges sont ajustables exactement à l'équerre (90°) avec la lame du couteau. En tenant l'ouvrage bien serré contre une de ces jauges vous obtiendrez une coupe à l'équerre (Figure 5-2).

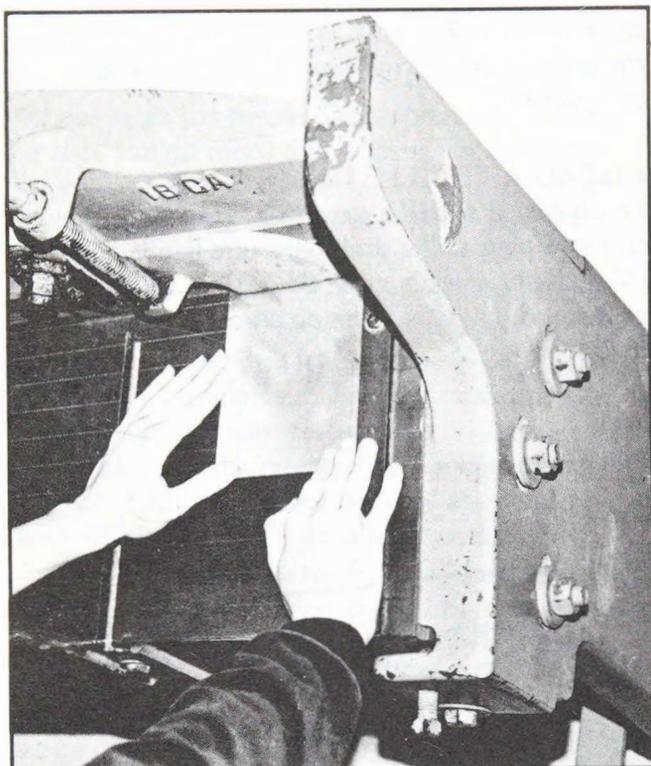


FIGURE 5-2 Emploi d'un ciseau manuel.

EMPLOI D'UN POINÇON À MÉTAL

On emploie des **poinçons à feuille de métal** pour percer des trous et des ouvertures dans le métal. Généralement, l'aluminium est poinçonné plutôt que foré, car le perçage laisse un tiers-point qu'il faut enlever en limant. Le poinçon laisse peu ou aucun tiers-point.

Il y a plusieurs types de poinçons à feuille de métal (Figures 5-3, 5-4 et 5-5). Pour employer le poinçon à châssis illustré à la Figure 5-5, vous devez percer d'abord un trou pilote. Toutefois, ce

poinçon peut être utilisé sur un châssis plat ou préfabriqué. Les autres poinçons ne servent que pour un ouvrage plat.

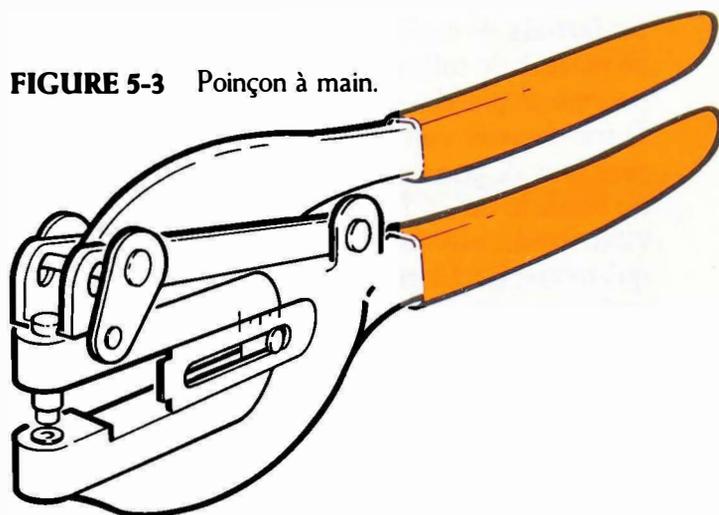


FIGURE 5-3 Poinçon à main.

FIGURE 5-4 Poinçon tourelle.

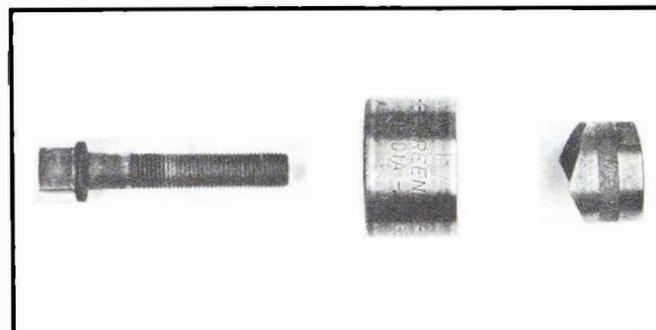
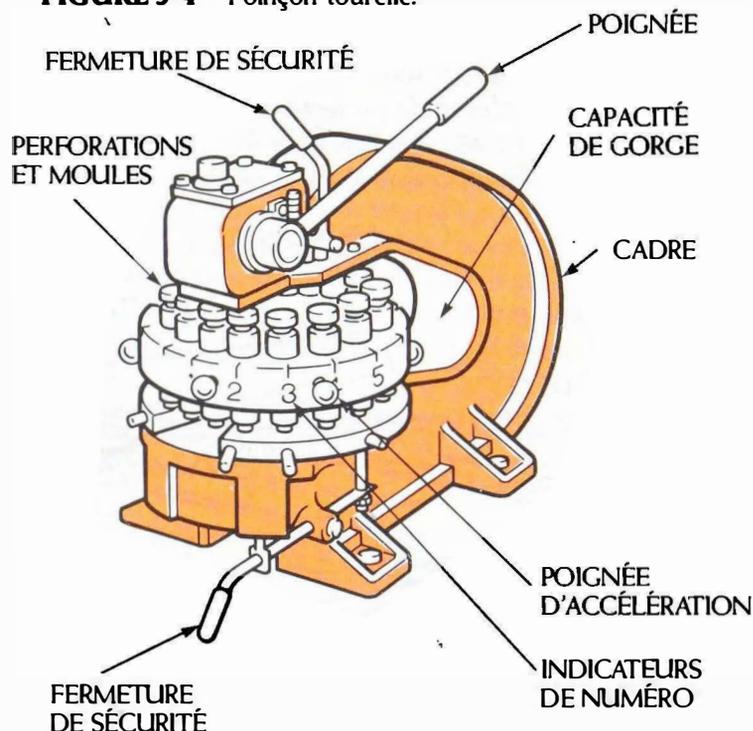
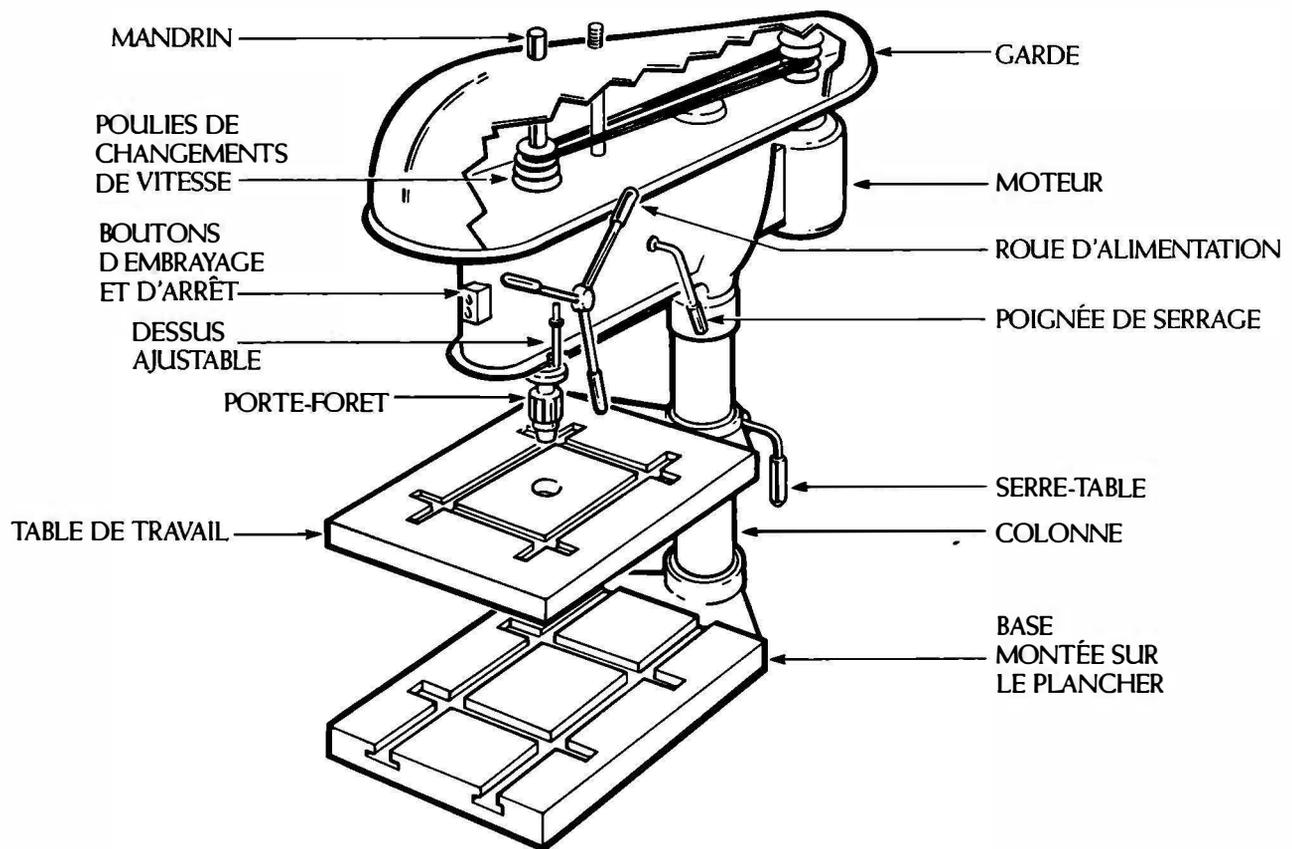


FIGURE 5-5 Poinçon à châssis.

FIGURE 5-6 Perceuse électrique.



LA PERCEUSE ÉLECTRIQUE

La Figure 5-6 illustre une **perceuse électrique**. Remarquez que la table de travail est ajustable. La roue d'alimentation au côté de la perceuse baisse le foret jusqu'au travail à faire. Quand vous vous servez de la perceuse, insérez le foret dans le mandrin. Serrez le mandrin avec la clef à mandrin. Assurez-vous que le foret est bien au centre du mandrin et bien agrippé par ses trois mors. Les centres de tous les trous à percer ont été marqués plus tôt avec un poinçon. Fixez bien l'ouvrage à la table. Ajustez la table de sorte que la pointe du foret soit de 25 à 50 mm au-dessus du travail. Avec la perceuse électrique fermée, descendez le foret jusqu'à l'ouvrage et assurez-vous qu'il est aligné exactement avec la marque de centre du poinçon. Pour l'aluminium, assurez-vous que la perceuse est réglée à sa plus petite vitesse. Vous devez porter vos verres de sécurité et n'avoir aucun objet détaché sur la table de perçage. Maintenant, faites partir la perceuse et descendez-la lentement à travers le travail. Percez tous les trous de même dimension avant de changer de foret. Réalignez-vous toujours et serrez votre ouvrage avec la perceuse électrique fermée. Lorsque vous avez fini de percer, retirez le

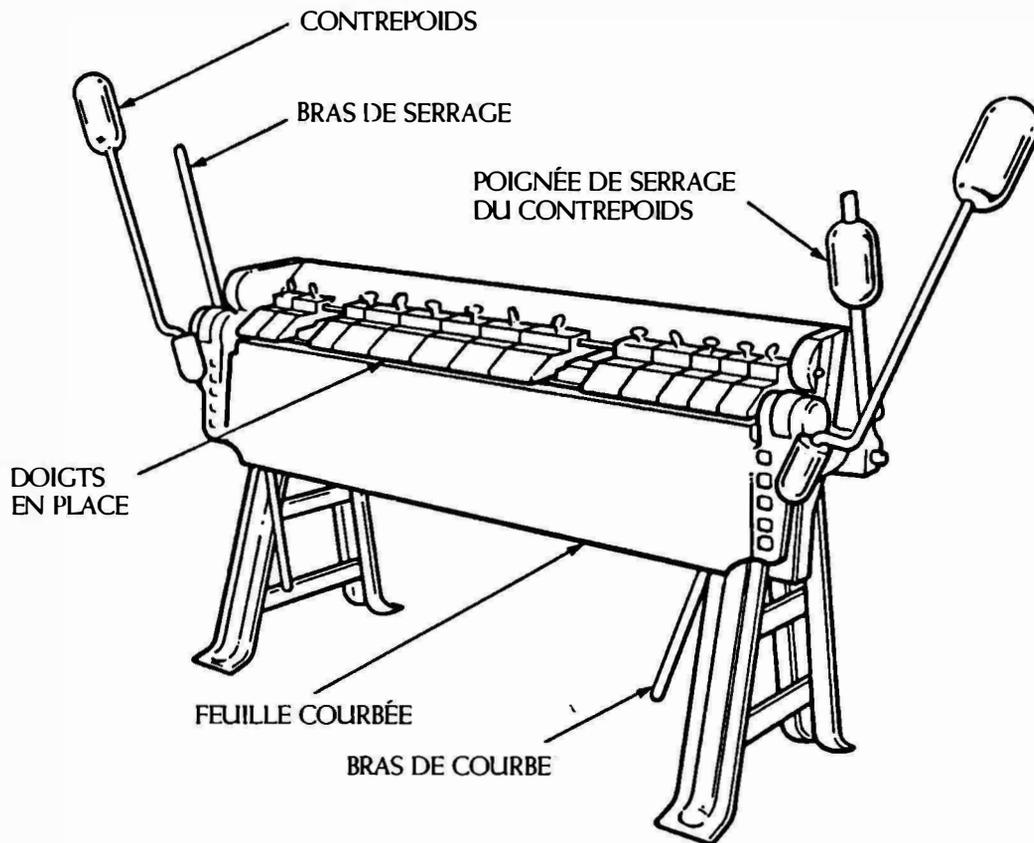
foret du mandrin et mettez-le de côté. Laissez toujours votre table bien propre.

FREIN À BOÎTE ET À BAC

Le **frein à boîte et à bac** est employé pour faire des courbes dans une feuille de métal. La Figure 5-7 montre justement un frein à boîte et à bac typique. Pendant l'opération, on insère le métal sous les doigts de forme afin que la ligne de pli gravée soit à peine visible. L'ouvrage doit être bien aligné pour que les coins finis correspondent et soient d'équerre. Les doigts sont serrés en place en descendant le bras de serrage. Le bras de courbe de la feuille de métal est alors élevé pour donner la courbe appropriée (Figure 5-8). Vous pouvez voir à la Figure 5-9 les différentes étapes de la formation d'un châssis.

Les doigts de forme sont faits de largeurs variées. Ils sont assujettis avec des vis à ailettes à la feuille de dessus du frein. En desserrant ces vis, on peut enlever ou déplacer les doigts du mécanisme. La bonne combinaison de doigts donnera la longueur exacte de la courbe à faire. De l'espace libre doit être disponible de chaque côté des doigts exté-

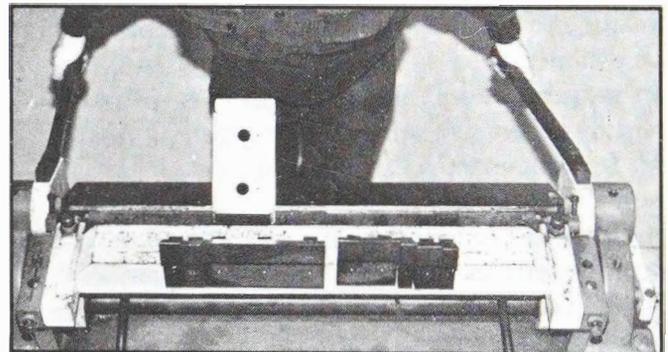
FIGURE 5-7 Frein à boîte et à bac.



rieurs afin de permettre aux côtés du châssis de passer. Autrement, les bouts du châssis ne seront pas complètement formés. En changeant de doigts, assurez-vous qu'ils sont insérés carrément, légèrement derrière la feuille courbée. À défaut de faire cela, vous endommageriez la barre de nez et ruineriez possiblement votre travail.

NOTE: Dans la formation d'une courbe, le frein étire le métal de quelque façon. Cet étirement «fatigue» le métal ou lui fait perdre de la force. En recourbant le métal à sa position originale vous pourriez le briser le long de la ligne de pli. C'est particulièrement vrai dans le cas d'une feuille d'aluminium. Si tout au moins le métal ne casse pas, il y aura un faux pli permanent le long de la ligne du pli. Assurez-vous que votre ouvrage est

FIGURE 5-8 Formation d'une courbe.



fixé correctement avant d'essayer de le courber. De plus, évitez de trop courber le métal. Vous déformerez ainsi la surface de dessus de votre châssis, et vous ne pourriez pas la corriger facilement.

FIGURE 5-9 Les bonnes étapes à suivre pour former un châssis.

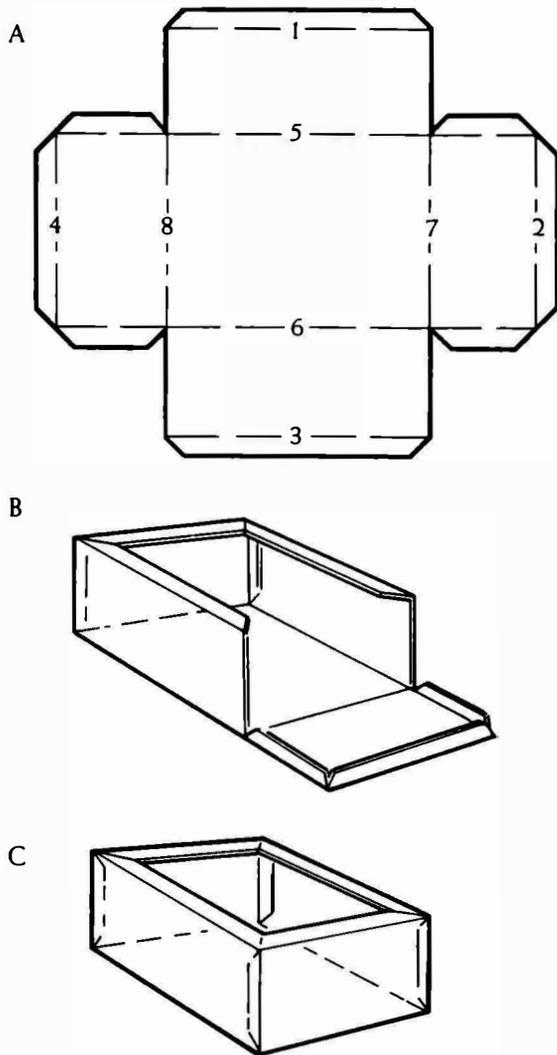
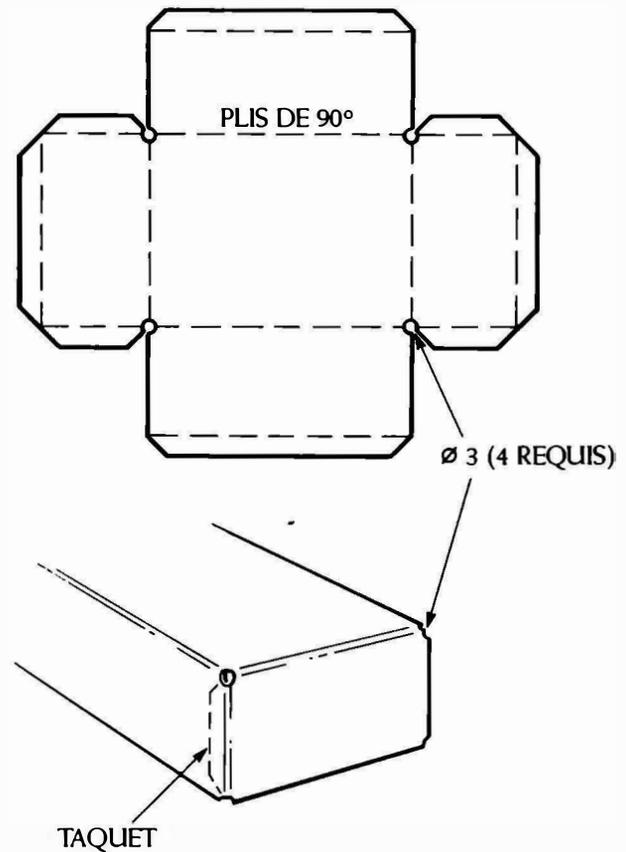


FIGURE 5-10 Poinçonnez un petit trou à chaque coin pour ne pas trop couper et gâcher.



manuels pour découper les morceaux de rebut dans les coins. Faites attention de ne pas trop couper dans les coins. Limez tous les angles et les bords coupants. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

NOTE: Afin de ne pas trop couper dans les coins, poinçonnez auparavant un petit trou (de 3 mm de diamètre) dans chaque coin avant de tailler (Figure 5-10). Cela préviendra aussi le recroquevillement quand le châssis sera formé sur le frein à boîte et à bac.

5.5 FABRICATION DU CHÂSSIS

NOTE: Avant d'entreprendre la fabrication d'un châssis, il est sage de pratiquer chacune des opérations ci-bas avec une pièce de métal de rebut.

1. Consultez le diagramme de tracé approuvé et prenez une pièce de feuille d'aluminium de la dimension nécessaire pour découper le châssis de votre projet. Gravez avec précision toutes les lignes de pli, les contours et les centres de trou. Servez-vous d'une équerre de menuisier ou d'une équerre à fonctions multiples ainsi que d'une pointe à tracer. Servez-vous aussi du ciseau à métal pour tailler le métal de dimension exacte. Employez enfin des ciseaux

2. Marquez tous les centres de trou qui doivent être percés avec un poinçon. Poinçonnez et/ou percez tous les trous nécessaires. Dégagez avec une lime tous les bords rugueux. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail. Si le châssis ou le cabinet de votre travail a plus d'une pièce, coupez et donnez forme aux autres pièces à ce moment. Demandez encore à votre professeur de vérifier ce que vous avez fait.
3. Décidez comment vous allez faire la finition des surfaces extérieures. Vous voudrez peut-être peindre ces surfaces au pistolet ou les couvrir de vinyle adhésif. Finissez cependant toutes ces

surfaces avant d'installer toutes vos composantes électroniques.

5.6 RÉSUMÉ

Les bricoleurs avancés, les ingénieurs, les concepteurs de plans, les dessinatrices et beaucoup de techniciens ont besoin de connaissances et d'aptitudes dans le travail des métaux pour fabriquer des cabinets et des châssis métalliques pour des appareils électroniques.

Les travaux sur métal peuvent être dangereux. Aussi, suivez toujours de bonnes méthodes sécuritaires. Portez des verres de sécurité chaque fois que vous faites un travail sur métal.

On se sert d'un ciseau à métal pour faire des coupes droites dans une feuille métallique. On emploie aussi des ciseaux manuels pour couper de petites pièces.

La perceuse électrique et des poinçons à métal sont utilisés pour faire des trous ou des découpures dans un châssis de métal.

Le frein à boîte et à bac sert à former des courbes dans une feuille métallique. Des doigts mobiles permettent de faire des angles intérieurs.

Un diagramme de tracé est nécessaire pour indiquer les lignes, les dimensions et les positions de centre qui doivent être gravées dans le métal. Les lignes sont faites avec une pointe à tracer. Les positions de centre de tous les trous sont marquées avec une pointe.

On enlève les arêtes et les déchets de coupe et des trous avec une lime ou une fraiseuse.

Il faut beaucoup de soin et de précision pour fabriquer un châssis métallique. Les erreurs se corrigent rarement. Vous perdrez beaucoup de temps si vous devez tout recommencer de nouveau.

5.7 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Pourquoi les bricoleurs avancés et les gens qui travaillent dans l'électronique ont-ils besoin de connaissances et d'aptitudes dans le travail des métaux?

2. Pourquoi un alliage d'aluminium est-il le plus communément employé pour la construction d'un châssis?
3. Nommez 6 règles de sécurité du travail des métaux.
4. Comment indique-t-on sur une feuille de métal les lignes de pli et de coupe?
5. Pourquoi fait-on des trous et des contours dans le métal avant de le courber?
6. Comment enlèveriez-vous les arêtes et les déchets d'un trou percé?
7. Quel est le but du ciseau à métal?
8. Quel est le but du frein à boîte et à bac?
9. Décrivez la manière correcte de régler le frein à boîte et à bac.
10. Décrivez la bonne manière de se servir d'une perceuse électrique.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Des aptitudes au travail des métaux sont nécessaires
 - (a) aux ingénieurs,
 - (b) aux techniciens,
 - (c) aux bricoleurs avancés,
 - (d) à toutes les personnes nommées ci-dessus.
2. L'aluminium est
 - (a) soudé,
 - (b) habituellement boulonné ou rivé,
 - (c) difficile à travailler à la machine,
 - (d) facile à souder.
3. Les autres matériaux dans un alliage d'aluminium déterminent
 - (a) sa dureté et sa force,
 - (b) sa conductivité,
 - (c) sa résistance à la corrosion,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.
4. En vous servant d'une perceuse électrique ou d'une perceuse à main, il faut
 - (a) toujours bien fixer l'ouvrage à faire,
 - (b) tenir l'ouvrage dans ses mains,
 - (c) avoir des gants pour tenir l'ouvrage,
 - (d) faire tenir l'ouvrage par un autre.
5. Pour manipuler une grande feuille de métal
 - (a) employez des attaches pour tenir le métal,
 - (b) portez des gants pour protéger vos mains contre les bouts coupants,
 - (c) demandez à beaucoup de gens de tenir le métal bien serré,

- (d) agrippez bien les bouts avec vos mains.
6. Pour marquer le centre d'un trou il faut employer
- (a) un alésoir,
 - (b) un tournevis,
 - (c) un foret,
 - (d) un pointeau (poinçon).
7. Pour fabriquer un châssis d'aluminium
- (a) les trous doivent être percés après la formation du châssis,
 - (b) les trous doivent être percés avec la perceuse électrique à sa plus petite vitesse.
 - (c) les trous ne doivent pas être percés d'avance,
 - (d) la perceuse électrique doit être réglée à sa plus grande vitesse.
8. Le frein à boîte et à bac sert à
- (a) poinçonner des trous dans du métal,
 - (b) couper des feuilles de métal,
 - (c) percer des trous dans un châssis de métal,
 - (d) former un châssis de métal.
9. Avant d'entreprendre n'importe quel travail sur métal ou la construction d'un châssis, il faut avoir
- (a) un diagramme schématique,
 - (b) un diagramme de tracé,
 - (c) un diagramme de patron de feuille,
 - (d) un diagramme par l'image.
10. Ce diagramme doit montrer
- (a) les dimensions appropriées,
 - (b) les positions de centre,
 - (c) les lignes de pli,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.

CHAPITRE 6

LE MATÉRIEL

Outre toutes les composantes électroniques et le câblage, il y a beaucoup de morceaux de quincaillerie employés pour compléter la construction d'un système électronique. On appelle «matériel» en électronique tous ces morceaux ou pièces de quincaillerie. Il y a deux catégories de base de matériel électronique: le **matériel physique** et le **matériel électromécanique**.

On se sert du matériel physique comme isolant ou support. Les écrous, les vis, les rondelles, les attaches, les isolateurs et les pièces à montage vertical sont tous des exemples de matériels physiques. Quant au matériel électromécanique, c'est celui qui nous donne accès aux circuits électroniques. Les commutateurs, les prises de courant, les bornes et les contrôles sont des exemples de matériels électromécaniques.

Ce chapitre traite surtout du matériel physique, mais il ne faut pas perdre de vue que dans bien des cas la ligne de démarcation n'est pas si tranchée entre les deux catégories de matériels.

6.1 CONNECTEURS: SANS SOUDURE ET À SOUDURE

La Figure 6-1 illustre plusieurs **connecteurs sans soudure**. Ces connecteurs appelés parfois **cosses**, servent à faire la connexion des fils aux bornes. On s'en sert donc pour les connexions mécaniques qu'on peut retirer ou changer facilement si nécessaire. Les connexions de haut-parleur

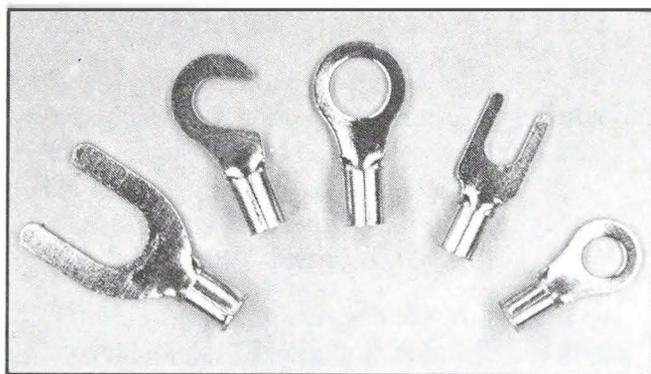


FIGURE 6-1 Connecteurs sans soudure.

en arrière d'un appareil stéréo et les bornes d'une antenne de télévision, sont deux exemples des endroits où l'on emploie des cosses. Ces conducteurs sont gaufrés sur les extrémités dénudées des fils avec un outil spécial à cette fin. Mais comme la connexion électrique sans soudure est simplement mécanique, il peut arriver qu'elle lâche à la suite de vibration ou de tension sur les fils. Les connecteurs sans soudure sont aussi sujets à la corrosion, ce qui peut empêcher la connexion électrique de se faire.

Les **connecteurs à soudure** sont semblables aux autres types sans soudure, sauf qu'ils sont soudés aux bouts dénudés des fils. On soude généralement les connecteurs à l'intérieur d'un châssis. Les connecteurs sans soudure sont plus souvent utilisés pour les connexions extérieures. On emploie les connecteurs à soudure pour les connexions électriques aux bornes de raccordement et au châssis d'aluminium. Comme on ne peut souder facilement l'aluminium, les connecteurs à soudure sont habituellement montés physiquement sur un châssis avec des vis et des écrous mécaniques. On peut alors souder facilement un fil au connecteur. La Figure 6-2 montre quelques connecteurs à soudure.

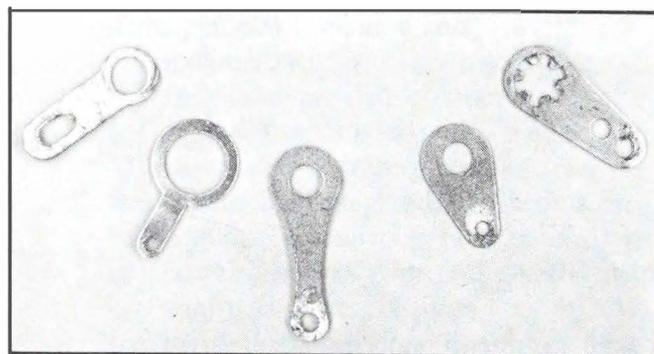


FIGURE 6-2 Connecteurs à soudure.

6.2 VIS ET ÉCROUS MÉCANIQUES

Les **vis et les écrous mécaniques** servent à réunir des pièces à un châssis et à monter de grosses composantes et des plaques de circuit à un châssis. Les vis et les écrous mécaniques, comme d'autres attaches filetées, sont fabriqués dans des mesures standards métriques ou de pouces. Dans les deux systèmes de mesure, il y a deux **séries** d'attaches: la **grosse** série et la série **fine**.

Les vis et les écrous métriques sont désignés d'après leur **plus grand diamètre** et leur **pas**, tous deux donnés en millimètres. Le plus grand diamètre est celui qui peut être mesuré à travers les filets. Pour les filets métriques, un pas est la distance entre deux points de dents adjacentes. Les filets de vis métriques de l'**O.I.N. (Organisation Internationale de Normalisation)**, sont spécifiés par «M» précédant le plus grand diamètre. Quant à la série fine de filets, un «x» sépare le plus grand diamètre du pas. Celui-ci n'est pas mentionné pour la grosse série de filets à moins que la longueur du filet soit spécifiée. Dans ce cas, on emploie aussi un «x» pour séparer le pas de la longueur. La longueur est alors indiquée en millimètres. Ainsi, par exemple, la désignation $M2 \times 1$ indique un filet de la série fine avec un grand diamètre de 2,0 mm et un pas de 1,0 mm. Un filet de la grosse série avec un grand diamètre de 8 mm et un pas de 1,0 mm serait désigné simplement par M8 à moins que la longueur du filet soit nécessaire. En supposant que la longueur serait de 10 mm, la désignation pourrait alors se lire $M8 \times 1,5 \times 10$.

Les vis et les écrous en mesure de pouces sont désignés par leur plus grand diamètre nominal et le nombre de filets au pouce, suivis par leur série de filets et leur longueur si nécessaire. Les deux séries de filets au pouce les plus communément employées sont la grosse série NC («national coarse») et la série fine NF («national fine»). En pratique, on ne s'occupe pas de la série de filets sauf sur dessin. Les grands diamètres de moins de $\frac{1}{4}$ po sont désignés par un numéro, tandis que les vis plus grosses sont désignées par leur dimension actuelle en pouces décimaux. Le grand diamètre et

le nombre de filets au pouce sont séparés par un tiret (-). Une désignation telle que 4-40 indique alors une vis numéro 4 avec 40 filets au pouce. Si la désignation se lisait $4-40 \times \frac{1}{4}$ po, cela voudrait dire que la longueur de la vis est de $\frac{1}{4}$ de pouce. Les grandeurs au pouce les plus communes de vis mécaniques en électronique sont 4-40, 6-32, 8-32 et $\frac{1}{4}$ -20. Seule la grandeur 10-32 a des filets NF.

Les vis mécaniques sont disponibles dans une variété de formes de tête (Figure 6-3). En électronique, la forme de tête n'est pas normalement essentielle. Les vis mécaniques sont aussi dispo-

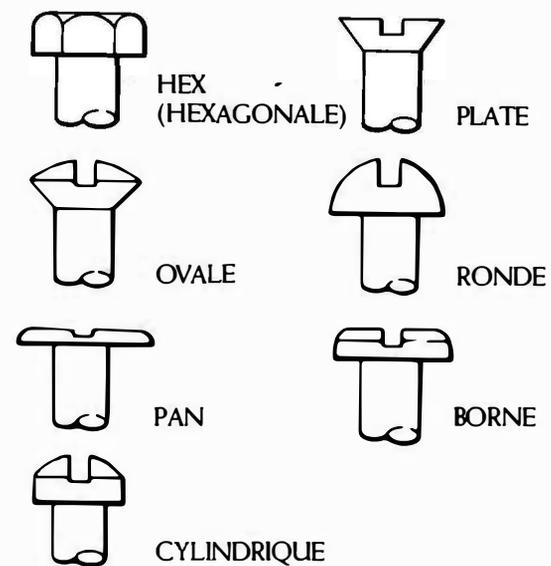


FIGURE 6-3 Formes de tête de vis mécaniques.

nibles en plusieurs sortes de métal, comme le cuivre, l'acier ou l'aluminium. Les vis en acier conviennent pour la plus grande partie d'un travail général. Dans des circonstances spéciales, d'autres métaux peuvent être requis. Certaines vis en acier et en cuivre sont plaquées de nickel ou de cadmium pour prévenir la corrosion.

Les désignations pour les écrous mécaniques sont semblables à celles employées pour les vis. Toutefois, la dernière dimension donnée est la largeur plate de l'écrou (Figure 6-4) plutôt que sa longueur. Les écrous mécaniques doivent être fabriqués du même matériel que les vis avec les-

quelles ils seront employés. Les deux sont alors d'égale longueur, et leurs filets n'auront pas tendance à se briser durant le serrage de la vis et de l'écrou ensemble.

FIGURE 6-4 Les écrous hexagonaux sont mesurés sur la largeur plate.



6.3 VIS À FEUILLE DE MÉTAL

On appelle parfois **vis guidées** les **vis à feuille de métal** (Figure 6-5). Elles taillent leurs propres filets en passant à travers les pièces de métal qu'elles unissent. Ces vis sont utiles quand il n'est pas possible d'atteindre les deux côtés d'un ouvrage. Dans ce cas il serait impossible de se servir des vis et des écrous mécaniques. Les vis à

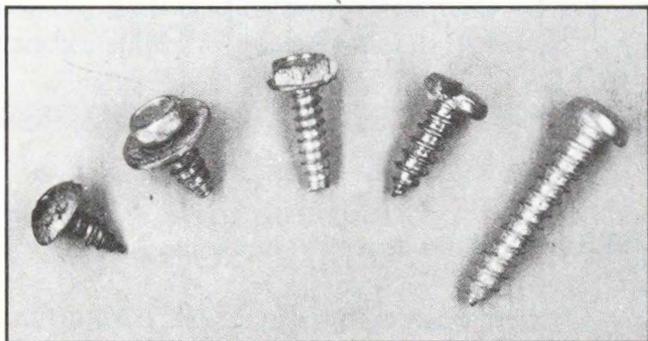


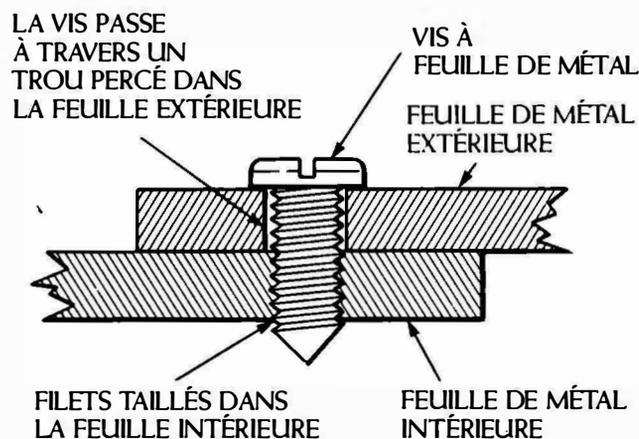
FIGURE 6-5 Vis à feuille de métal.

feuille de métal sont employées pour assujettir une plaque finie à un châssis. Cette plaque complète l'enceinte, ne laissant aucun accès pour assujettir une vis mécanique.

Les vis à feuille de métal sont fournies en plusieurs dimensions de longueur, de diamètre et de tête. Les types de tête les plus populaires sont les têtes Robertson et hexagonales. Ces deux types permettent à la tête de la vis d'être fermement tenue pendant qu'on la visse. Les vis à tête hexagonale sont vissées avec un tournevis à écrous. La tête Phillips est commune sur les petites vis à feuille de métal.

Quand on utilise des vis à feuille de métal, il faut d'abord percer deux trous à travers l'ouvrage. Le trou de la feuille extérieure de métal doit être suffisamment gros pour permettre à la vis de passer à travers. Le trou de la feuille de métal intérieure doit être plus petit afin que les filets de la vis puissent faire des filets dans l'ouvrage (Figure 6-6). Si le trou intérieur est trop petit, le métal autour du trou sera déformé et les deux feuilles de métal ne se toucheront pas.

FIGURE 6-6 Installation appropriée de vis à feuille de métal.



6.4 RONDELLES, DISTANCEURS ET ISOLATEURS

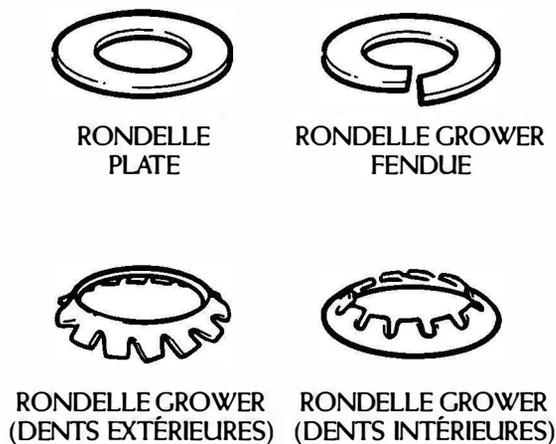
Les **rondelles**, les **distanceurs** et les **isolateurs** vont tous sur la tige des vis mécaniques. En fait une rondelle peut aussi servir d'isolateur et/ou de distanceur.

Le but principal d'une **rondelle plate** est de protéger une surface de tout dommage causé par le serrage d'une vis et d'un écrou sur elle. Le contact additionnel de la zone de surface entre la rondelle et l'ouvrage donne plus de force.

Les **rondelles Grower**, soit du type fendu ou du type «étoile», servent à «barrer» ensemble des joints mécaniques. Cela assure que les pièces retenues ensemble par la vis et l'écrou ne lâcheront pas facilement à cause de la vibration. Toutes les rondelles Grower ont des rebords aigus qui mordent dans les surfaces de métal.

Rappelez-vous qu'il ne faut pas tourner la vis ou l'écrou dans le même sens que la rondelle Grower. Si celle-ci se trouve sous la tête d'une vis, alors la vis sera bien assujettie et on pourra tourner l'écrou. Si la rondelle Grower se trouve sous l'écrou, c'est celui-ci qui sera bien assujetti et on pourra tourner la vis. En employant des rondelles de métal (Figure 6-7), assurez-vous qu'elles sont de même métal que la vis et l'écrou.

FIGURE 6-7 Rondelles de métal.



On se sert de **rondelles non métalliques** pour isoler la vis et l'écrou du châssis de métal. Normalement, ce type de rondelle a une épaulement (Figure 6-8) de la grosseur du trou de la vis et entoure la tige de la vis. Cela garde la vis bien centrée et empêche la connexion avec tout métal.

Les **distanceurs** sont tubulaires et creux (Figure 6-8). On les place sur la tige d'une vis

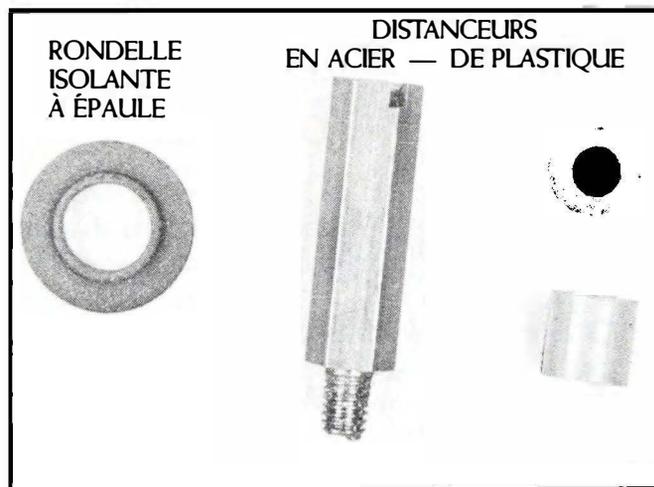


FIGURE 6-8 Distanceurs et rondelle à épaulement isolante.

pour séparer deux matériels à unir. Si les deux surfaces doivent être connectées électriquement, le distanceur sera habituellement en métal. L'acier est le métal le plus commun utilisé pour les distanceurs. On peut se procurer ces distanceurs dans différentes longueurs standards. Il est rarement nécessaire de les couper à une longueur plus courte. On peut le faire cependant si la bonne dimension n'est pas disponible dans l'immédiat. On peut ajouter aussi plus d'un distanceur à la suite d'un autre sur une même vis si on a besoin d'une plus grande séparation.

Néanmoins, quand l'isolation électrique est nécessaire, on emploie plutôt des distanceurs de plastique. Comme le plastique est un isolant, ces distanceurs empêchent la connexion électrique entre deux pièces réunies.

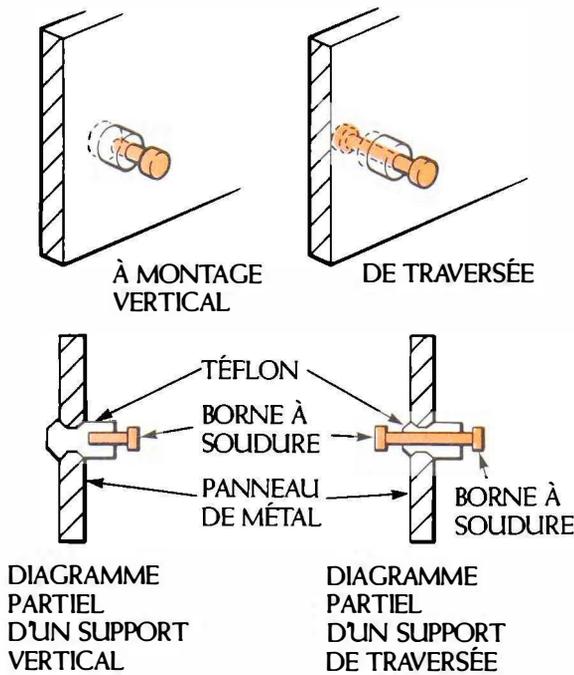
6.5 SUPPORTS VERTICAUX ET DE TRAVERSÉE

Un support à **montage vertical** est un type d'isolateur. Il diffère d'un distanceur isolant dans le fait qu'il n'est pas assujetti par une vis et un écrou. Les supports verticaux sont habituellement faits en nylon (nom déposé) ou en téflon (nom déposé). La Figure 6-9 illustre justement un support à montage vertical typique. Remarquez qu'il est employé pour soutenir une borne éloignée du châssis. Ces supports verticaux sont le plus souvent utilisés pour les circuits à haute tension ou à haute fréquence où l'énergie électrique peut créer un arc avec le châssis.

La Figure 6-9 illustre également un support **de traversée**. C'est aussi un type d'isolateur. Les supports de traversée sont fabriqués comme les supports à montage vertical. Ils maintiennent aussi une distance fixe entre les conducteurs et le châssis et préviennent la formation d'arc électrique. Mais contrairement aux supports verticaux, on les emploie pour permettre aux circuits de continuer de l'autre côté du métal qu'ils doivent franchir. Les supports de traversée sont utiles pour les dispositifs d'accord de télévision afin d'amener les connexions hors du reste des circuits.

Il faut un câblage bien rigide pour les supports à montage vertical et les supports de traversée. C'est un départ pour de bonnes techniques de filage, comme vous le constaterez d'ailleurs au Chapitre 8.

FIGURE 6-9 Un support à montage vertical et un autre de traversée.



6.6 BORNES D'ATTACHES, EMPILAGES ET BORNES

BORNES D'ATTACHES

La Figure 6-10 illustre des **bornes d'attaches** typiques. Celles-ci sont utilisées sur l'équipement de tests et des sources d'alimentation. Elles sont un moyen sûr et rapide de faire des connexions à une pièce d'équipement. La plupart des bornes d'attaches sont conçues pour accepter différents types de connexions, allant du pur câblage aux agrafes, aux bornes et aux prises de courant. Ces connexions sont susceptibles de beaucoup d'entrelacement et de serrage. Il est donc important qu'elles soient convenablement et sûrement montées au

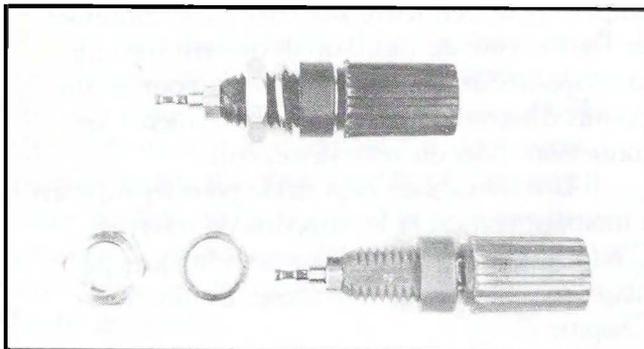


FIGURE 6-10 Bornes d'attaches.

châssis. Si une borne d'attaches devait devenir lâche, il pourrait en résulter une mauvaise connexion ou un court-circuit. Les rondelles Grower dans le montage d'une borne d'attaches préviennent justement ce genre d'incident.

EMPILAGE

Un montage sûr de toutes les pièces mécaniques est une nécessité pour de l'équipement de tout genre bien fabriqué. Un **empilage** est le terme qui convient à la méthode d'assemblage à un châssis, des vis, des écrous, des rondelles, etc. Il n'y a pas de règles strictes concernant les empilages. La Figure 6-11 en donne quelques exemples. Remarquez que dans tous les cas, la tête de la vis machine se trouve à l'extérieur du panneau. Cela donne un produit fini d'une plus belle apparence. De plus, il y a moins de risque que du matériel extérieur accroche un vêtement ou la peau. Où l'apparence est importante, une vis à tête pan sera préférable (Figure 6-3).

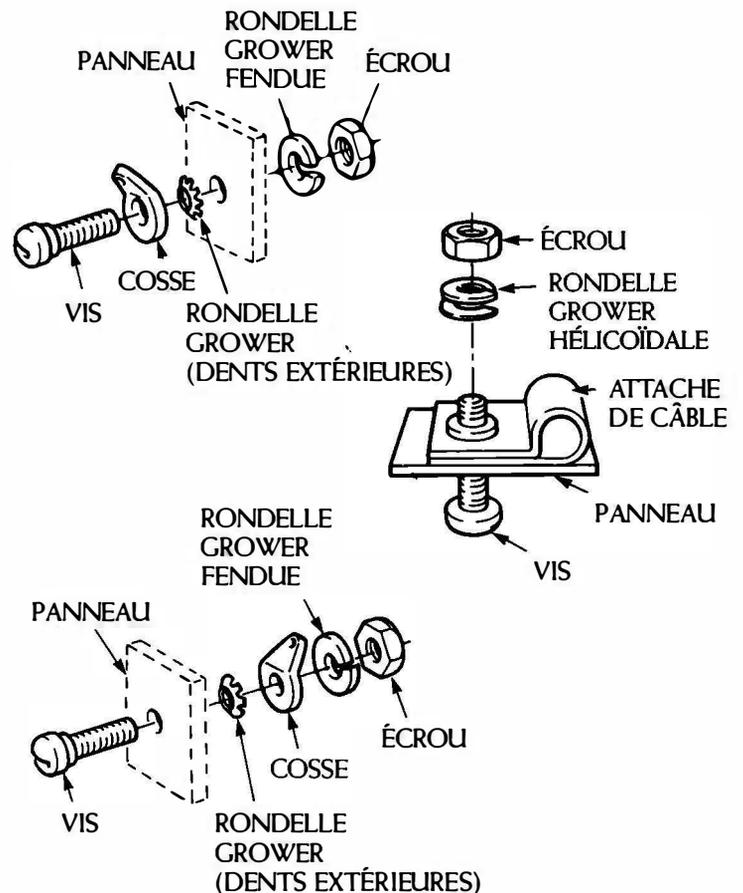


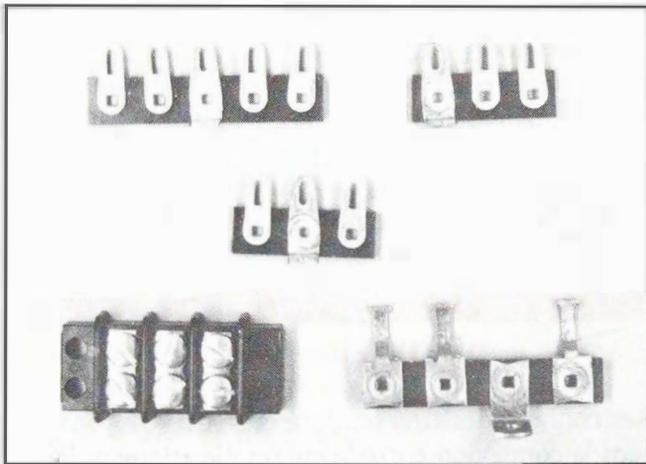
FIGURE 6-11 Empilages de matériel.

LES BORNES

Une **borne** est une pièce de matériel dont on se sert comme point de connexion de plusieurs fils ou de composantes. Habituellement, les bornes sont montées sur des plaquettes de connexions de différentes longueurs. Ces plaquettes ont des supports pour faciliter le montage à un châssis. Certains de ces supports de montage sont isolés. D'autres sont connectés à une des bornes pour faciliter les connexions au châssis.

Un type de plaquette de connexions a des bornes soudées. Un autre type a des bornes vissées. La Figure 6-12 illustre ces deux genres de bornes. On appelle **plaquette de barrage** la vis-borne parce qu'elle est munie d'une petite barrière entre les bornes afin d'empêcher les courts-circuits accidentels.

FIGURE 6-12 Plaquettes bornes.



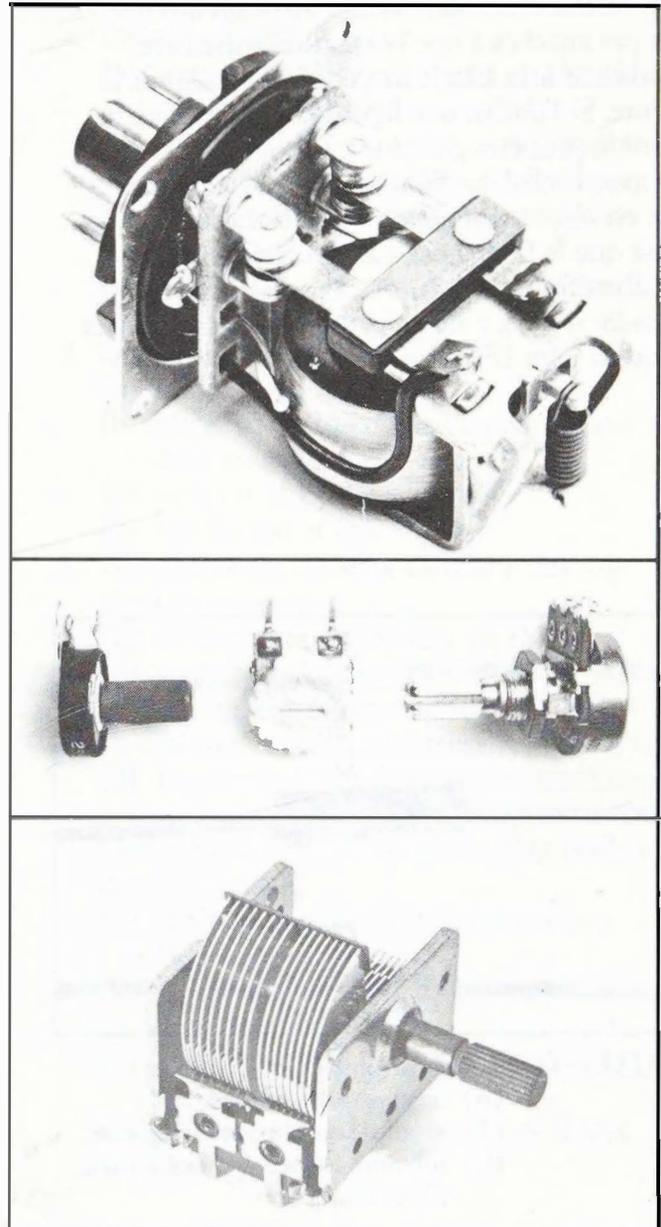
6.7 MATÉRIEL ÉLECTROMÉCANIQUE

Au début de ce chapitre, les commutateurs, les prises de courant, les bornes et les contrôles ont été donnés comme exemples de matériel électromécanique. Ces pièces sont aussi des composantes électroniques comme porte-fusibles, lampes de signalisation, compteurs, etc. Mais parce que ces objets électromécaniques sont montés normalement sur le châssis ou le panneau de devant d'un appareil, on les considère comme du matériel. Remarquez que tous ces objets électromécaniques facilitent à l'utilisateur l'accès aux circuits d'un appareil électronique. C'est là une autre distinction entre

des composantes régulières et du matériel électromécanique.

Chaque sorte de matériel électromécanique est fabriquée dans une variété de formes, de dimensions et de capacités électriques. Chaque sorte également a ses propres conditions de montage. A cause de ces exigences, c'est une bonne idée d'avoir toujours à la main du matériel disponible avant de compléter le plan d'un châssis. S'il faut remplacer des pièces, on doit pouvoir trouver du matériel semblable, sinon il faudra apporter des modifications au châssis.

FIGURE 6-13 Matériel électromécanique.



6.8 ISOLANT

L'**isolant** est nécessaire partout où des fils ou des composants peuvent éventuellement court-circuiter. Il est possible en effet que l'isolant s'use en frottant contre le bord d'un trou dans un châssis de métal. Afin de prévenir cette possibilité, on recourt à un canon isolant qu'on insère dans le trou (s'il n'y a pas de support de traversée). Comme les canons isolants sont à meilleur marché que les supports de traversée, on s'en sert régulièrement à moins que des supports de traversée soient spécifiés pour un travail quelconque.

En plus de l'isolant de plastique sur un fil de connexions, on pose sur le fil une autre couche de tubulure de plastique. On appelle «spaghetti» cette couche de tubulure de plastique.

Où il est nécessaire d'unir deux fils qui ne sont pas attachés à une borne, une **tubulure fondante à la chaleur** peut être glissée sur la ligature. Si l'on fait une ligature de technicien, la tubulure peut être glissée sur la ligature puis fondue avec la chaleur d'une allumette. La ligature finie est alors propre et n'est pas beaucoup plus grosse que le fil original. La tubulure fond dans son diamètre et non dans sa longueur. Elle doit s'étendre sur 5 à 6 mm sur l'isolant de chacun des fils qu'on joint (Figure 6-14.).

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

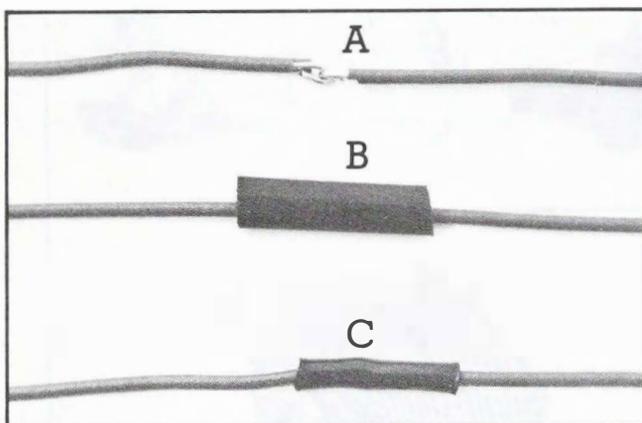
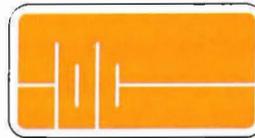


FIGURE 6-14 Tubulure fondante à la chaleur:
(A) ligature de technicien,
(B) tubulure en place sur la ligature,
(C) tubulure fondue en place à l'aide d'une allumette.



6.9 TÂCHES À FAIRE

1. Demandez à votre professeur deux morceaux de rebut de métal et quelques vis à feuille de métal. Pratiquez à percer des trous dans les morceaux de métal jusqu'à ce que vous puissiez les joindre ensemble correctement avec des vis guidées. Assurez-vous de porter vos verres de sécurité et de fixer solidement tout votre ouvrage pendant que vous percez les trous.
2. Examinez quelques matériels physiques tels que des connecteurs, des isolateurs, des supports à montage vertical, des supports de traversée, des bornes d'attaches et des bornes. Remarquez bien comment chaque matériel est fait. Essayez de vous rappeler à quoi chacun peut servir. En quoi diffèrent les supports à montage vertical et les supports de traversée entre eux?
3. Si vous avez à la maison un téléviseur, un récepteur stéréo ou un magnétophone, faites une liste de tout le matériel que chaque appareil possède selon votre idée. Montrez votre liste à votre professeur.

6.10 RÉSUMÉ

Les connecteurs sans soudure et à soudure permettent la connexion entre le circuit électrique et les différentes pièces de matériel.

Le matériel électronique se divise généralement en deux catégories: physique et électromécanique. Les écrous, les vis, les rondelles, les supports et les attaches sont considérés comme du matériel physique. Les commutateurs, les contrôles, les porte-fusibles et les bornes sont considérés comme du matériel électromécanique.

On se sert du matériel physique pour assujettir les pièces d'un châssis et de plus grosses pièces électriques. Le matériel électromécanique donne à l'utilisateur d'un appareil électronique accès à ses circuits électroniques.

Les empilages sont toujours faits avec la tête d'une vis à l'extérieur du châssis.

Les bornes permettent de joindre solidement ensemble plusieurs fils ou câbles.

On se sert des supports à montage vertical, des supports de traversée et de l'isolant pour prévenir les courts-circuits.

6.11 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Nommez trois composantes qui sont considérées comme du matériel électromécanique.
2. Nommez quatre pièces de matériel physique.
3. Quelle est la différence entre une borne sans soudure et une borne à soudure?
4. À quoi réfère le terme «spaghetti»?
5. Pourquoi emploie-t-on des canons isolants sur un châssis électrique?
6. Quelle est la différence entre des vis mécaniques et des vis à feuille de métal?
7. Que veut dire la spécification $M2 \times 1,25$ par rapport à une vis mécanique? Que veut dire $6-32 \times \frac{1}{4}$ po?
8. Quand utilise-t-on une rondelle à épaulement?
9. Définissez les termes suivants:
 - (a) support à montage vertical,
 - (b) empilage,
 - (c) borne d'attaches,
 - (d) rondelle Grower.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Le matériel physique
 - (a) est employé pour fournir un support physique,
 - (b) sert d'intermédiaire au câblage électrique,
 - (c) consiste en commutateurs, en prises de courant et en bornes,
 - (d) n'est rien de ce qui a été mentionné ci-dessus.

2. Les connecteurs sans soudure sont employés pour
 - (a) fixer des composants sur une plaque de circuit imprimé,
 - (b) faire des ligatures électriques,
 - (c) retenir au châssis des plaques de circuit imprimé,
 - (d) connecter des fils aux bornes.
3. Une désignation de vis métrique O.I.N. se lisant « $M2 \times 1,25 \times 10$ » s'applique à
 - (a) 2 vis mécaniques métriques, chacune d'un diamètre de 1,25 mm, avec des têtes hex de 10 mm dans leur largeur plate,
 - (b) un filet de grosse série avec un diamètre majeur de 2 mm, un pas de 1,25 mm et une longueur de 10 mm,
 - (c) la définition (b) ci-dessus, mais pour un filet de série fine seulement,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
4. Des vis à feuille de métal
 - (a) sont employées pour fixer à un châssis des plaques de circuit imprimé,
 - (b) sont utilisées quand il n'est pas possible d'atteindre les deux côtés d'un ouvrage,
 - (c) ont les mêmes désignations que des vis mécaniques,
 - (d) sont employées pour isoler une pièce de métal d'une autre.
5. Les distanceurs sont
 - (a) tubulaires et creux,
 - (b) placés sur la tige d'une vis pour séparer deux matériels,
 - (c) ni (a) ni (b),
 - (d) à la fois (a) et (b).
6. Des supports à montage vertical et des supports de traversée
 - (a) éloignent un conducteur du châssis,
 - (b) sont des isolateurs,
 - (c) sont employés pour un travail à haute fréquence ou à haute tension,
 - (d) ne servent à rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
7. Quand on se sert d'un écrou et d'un boulon dans le montage,
 - (a) la tête du boulon doit toujours être à l'extérieur du châssis,
 - (b) la rondelle Grower doit toujours être à l'extérieur du châssis,
 - (c) la tête du boulon doit toujours être à l'intérieur du châssis,
 - (d) les têtes de boulon doivent être limées douces.

8. Le matériel électromécanique
 - (a) donne à l'utilisateur d'un appareil électronique accès à ses circuits électroniques,
 - (b) inclut des commutateurs, les lampes et les compteurs,
 - (c) est normalement monté sur le châssis ou le panneau de devant,
 - (d) ne concerne rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
9. Pour empêcher qu'un fil passant à travers un trou dans un châssis ne frotte sur du métal nu, on doit se servir
 - (a) d'une rondelle Grower,
 - (b) d'une tubulure fondante à la chaleur,
 - (c) d'un canon isolant,
 - (d) de spaghetti.
10. Les dispositifs dont on se sert pour prévenir les courts-circuits sont
 - (a) des rondelles Grower et des vis mécaniques,
 - (b) du spaghetti et des vis à feuille de métal,
 - (c) des commutateurs et des porte-fusibles,
 - (d) des canons isolants et du spaghetti.

CHAPITRE 7

COMPOSANTES ÉLECTRONIQUES

Les composantes électroniques modernes (Figure 7-1) sont presque toutes à l'**état solide**. On les fabrique dans une grande variété de dimensions et de formes. Les petites formes plates rectangulaires et cylindriques sont les plus communes. La dimension et la forme d'une composante donnent un certain indice de ses caractéristiques électriques, mais on ne peut pas toujours identifier la composante par ces seuls facteurs. Chaque composante possède plutôt différentes marques sur son corps. Ces marques en effet identifient le type de composante et ses principales caractéristiques électriques. La sorte de matériel utilisé pour le corps de la composante peut aussi être un bon indice sur son identité.

Les types de base de composantes électroniques sont les **résistances**, les **condensateurs**, les **diodes semiconductrices**, les **transistors**, les **semiconducteurs spéciaux** et les **circuits intégrés**. Dans ce chapitre, vous apprendrez comment identifier ces composantes et comment elles fonctionnent dans un circuit électronique. On vous enseignera aussi les unités de mesure SI électriques et les quantités qu'elles représentent. Dans la Section 2 (Chapitres 12 à 20), vous aurez l'occasion d'en apprendre davantage sur les circuits et les composantes, et sur la manière dont ils fonctionnent.

7.1 COMPOSANTES ACTIVES ET PASSIVES

Les résistances, les condensateurs et les inducteurs sont des **composantes passives**. Ils ne génèrent pas eux-mêmes de signal électronique. Ils aident plutôt les **composantes actives**, telles que les transistors et autres semiconducteurs, à remplir leur rôle dans un circuit électronique. Dans de

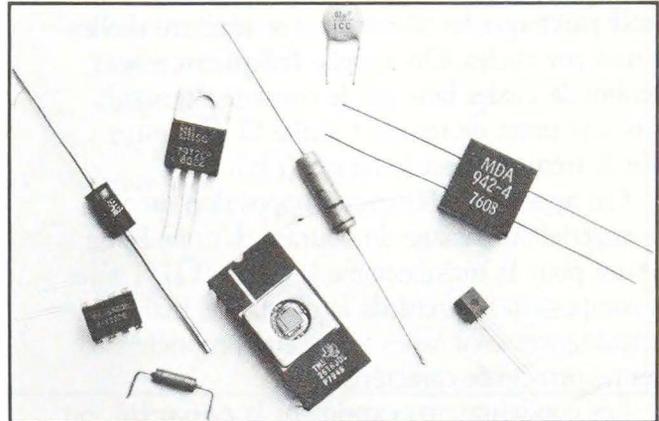


FIGURE 7-1 Composantes électroniques à l'état solide.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS, Paris Guilford, 316 College St., Toronto, Ontario.

bonnes conditions, les composantes actives génèrent un signal électronique.

7.2 PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES ET UNITÉS DE MESURE SI

Dans tout circuit électrique, des électrons sont «pompés» à travers des conducteurs un peu comme l'eau est pompée à travers des tuyaux. La force qui pousse le courant à passer dans un circuit est la **force électromotrice (F.E.M.)**, ou la **tension**. Celle-ci est aussi appelée parfois **différence de potentiel électromotrice**. L'unité SI qui sert à mesurer la tension (ou le voltage) est le **volt (V)**. On appelle **courant** le passage des électrons dans un circuit. L'unité SI de mesure du courant est l'**ampère (A)**.

Une **source** est le dispositif qui cause la force électromotrice. Cela peut être un générateur ou une batterie. Certaines sources produisent une tension constante. Le courant dans ce cas est constant en quantité et en direction pour une charge donnée. On appelle cette sorte de courant du **courant continu**. Des batteries produisent du courant continu. Des sources telles que des générateurs, d'autre part, produisent une force électromotrice qui alterne en quantité et en direction. Ce genre de courant est du **courant alternatif** parce que les alternances se répètent d'elles-mêmes par cycles. On appelle **fréquence** le nombre de cycles faits par le courant alternatif dans une unité de temps. L'unité SI de mesure pour la fréquence est le **hertz** (Hz).

On appelle **résistance** l'opposition qu'offre un matériel au passage du courant. L'unité SI de mesure pour la résistance est le **ohm** (Ω). Toutes les composantes offrent de la résistance, mais seules les résistances sont faites avec cette propriété comme principale caractéristique.

Les condensateurs expriment la **capacité**, ou la faculté d'emmagasiner temporairement une charge électrique. L'unité SI de mesure pour la capacité est le **farad** (F).

Les inducteurs expriment l'**inductance**, ou la faculté d'induire de la tension dans un conducteur quand la quantité du courant monte ou baisse. Les inducteurs remplissent un rôle à cause de l'électromagnétisme (Chapitre 15). La tension induite est toujours opposée en polarité au changement du courant qui l'a générée. Il y a deux types d'inductance; l'**auto-induction** et l'**inductance mutuelle**. L'unité SI de mesure pour l'inductance est le **henry** (H).

ABRÉVIATIONS, QUANTITÉS ET SYMBOLES DES UNITÉS SI

Les propriétés électriques telles que la tension, le courant, la résistance et la capacité sont indiquées par des abréviations afin de simplifier leur description. Ces abréviations ne sont pas employées pour les quantités. Elles sont toujours imprimées en caractères italiques. Les quantités de chaque propriété sont mesurées en unités SI. Les symboles d'unité SI ne sont employés que pour des quantités connues, et sont toujours imprimés en caractères droits.

La Figure 7-2 donne la liste des principales propriétés électriques ainsi que leurs unités SI et les symboles d'unité SI.

PROPRIÉTÉ ÉLECTRIQUE	ABRÉVIATION	UNITÉ QUANTITÉ SI	SYMBOLE UNITÉ SI
résistance	R	ohm	Ω (oméga)
tension	V, E	volt	V
courant	I	ampère	A
charge	Q	coulomb	C
capacité	C	farad	F
énergie	P	watt	W
inductance	L	henry	H
fréquence	f	Hertz	Hz

FIGURE 7-2 Propriétés électriques, abréviations, unités SI et symboles d'unité SI.

PRÉFIXES ET SYMBOLES D'UNITÉ SI

En électronique, la simple unité SI n'est pas toujours la mesure la plus convenable. Ainsi, par exemple, la résistance est habituellement mesurée en plusieurs milliers ou millions d'ohms. Quant à la capacité, elle se mesure en millionnièmes d'un farad. Heureusement, les unités SI peuvent être multipliées ou divisées en facteurs de dix pour former de nouvelles unités dont on se sert ensuite pour mesurer la même quantité.

PRÉFIXE SI	SYMBOLE PRÉFIXE SI	VALEUR NUMÉRIQUE
giga	G	un milliard (10^9)
méga	M	un million (10^6)
kilo	k	mille (10^3)
hecto	h	cent (10^2)
déca	da	dix (10^1)
déci	d	un dixième (10^{-1})
centi	c	un centième (10^{-2})
milli	m	un millième (10^{-3})
micro	μ	un millionième (10^{-6})
nano	n	un milliardième (10^{-9})
pico	p	un mille milliardième (10^{-12})

FIGURE 7-3 Préfixes, symboles et valeurs numériques standard SI.

On donne à ces facteurs des préfixes et des symboles comme noms. Les préfixes et leurs symboles sont associés aux noms et aux symboles d'unité SI respectifs pour exprimer de plus grandes ou de plus petites unités de mesure. Le préfixe pour «millionième», par exemple, est «micro». Le symbole correspondant de micro est la lettre grecque μ . Au lieu de parler de dix millionnièmes d'un farad, on peut dire simplement «dix microfarads» ou employer les symboles «10 μF ». La Figure 7-3 donne les préfixes et les symboles usuels ainsi que leurs valeurs numériques.

7.3 CODE DES COULEURS

La Figure 7-4 illustre différentes composantes. Ces composantes peuvent être identifiées par des marques de couleur sur leurs corps. Chacune des couleurs a une valeur numérique (Figure 7-5). Les

couleurs des composantes et leurs valeurs sont désignées par le **code des couleurs**.

FIGURE 7-5 Le code des couleurs. Ce code doit être mémorisé.

COULEUR	VALEUR
Noir	0
Brun	1
Rouge	2
Orange	3
Jaune	4
Vert	5
Bleu	6
Violet	7
Gris	8
Blanc	9

FIGURE 7-4 Composantes identifiées par leurs couleurs.

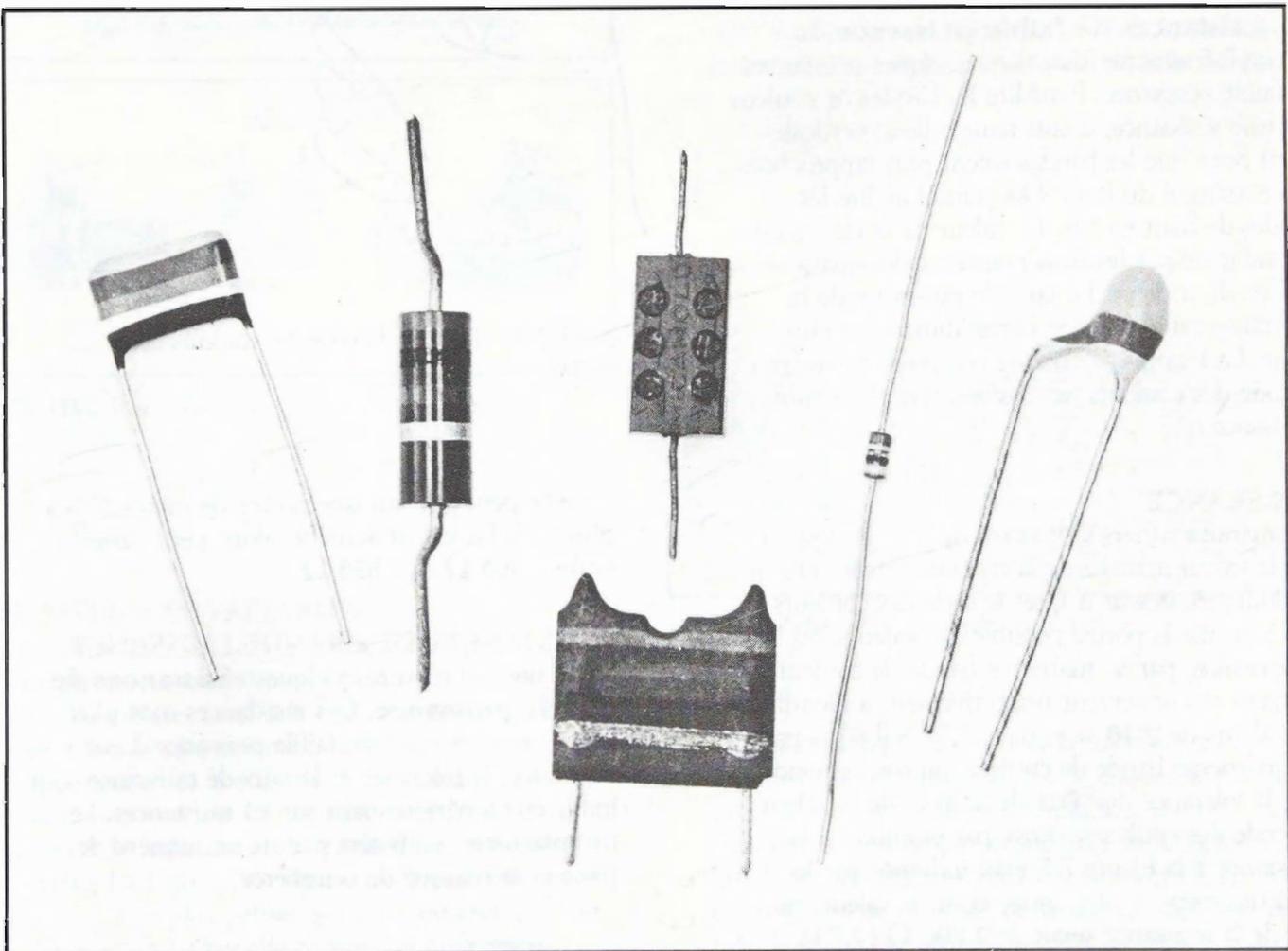


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

7.4 RÉSISTANCES

Les résistances limitent le passage des électrons dans un circuit électronique. Elles travaillent de la même manière qu'un tuyau de petit diamètre dans un système hydraulique. Un gros volume d'eau peut être disponible d'une source (pompe), mais sa circulation est restreinte par le diamètre du petit tuyau. Les résistances restreignent aussi le passage des électrons de la même façon. Les résistances ne ralentissent pas les électrons, elles ne font que diminuer le nombre (volume) des électrons qui peuvent passer à travers un circuit.

RÉSISTANCE DE FAIBLE PUISSANCE

Le courant qui passe à travers une résistance produit de la chaleur. On appelle **perte de puissance** cette conversion d'énergie électrique en une autre forme. La **puissance** est l'aptitude à faire un travail. Comme il se perd toujours un peu d'énergie dans un circuit, il y a perte aussi de puissance. L'unité SI de mesure pour la puissance est le **watt** (W). Les résistances qui causent seulement de petites pertes de puissance sont des **résistances de faible puissance**. La Figure 7-6 montre justement quelques résistances de faible puissance. Pour lire les bandes de couleur sur une résistance, il faut tenir celle-ci verticalement pour que les bandes soient plus rapprochées de l'extrémité du haut. On peut alors lire les bandes de haut en bas. La valeur de la résistance est indiquée par les trois premières des quatre bandes de couleur. Le taux de puissance de la résistance est déterminé par sa dimension physique. La Figure 7-7 montre comment interpréter le code des couleurs sur des résistances de faible puissance.

TOLÉRANCE

Les manufacturiers s'efforcent de faire correspondre la valeur actuelle de la résistance avec celle qui est indiquée dessus d'après le code des couleurs. On identifie la portée possible des valeurs, ou la **tolérance**, par la quatrième bande de couleur. L'argent et l'or servent respectivement à identifier les valeurs de $\pm 10\%$ et de $\pm 5\%$. S'il n'y a pas de quatrième bande de couleur, on sous-entend que la tolérance doit être de $\pm 20\%$ de la valeur du code des couleurs. Ainsi, par exemple, si la résistance à la Figure 7-7 était indiquée par les couleurs rouge, violet, rouge et or, la valeur spécifiée de la résistance serait de $2\,700\ \Omega$ ($2,7\ \text{k}\Omega$). La bande de tolérance vous dit que la valeur

FIGURE 7-6 Résistances de faible puissance.

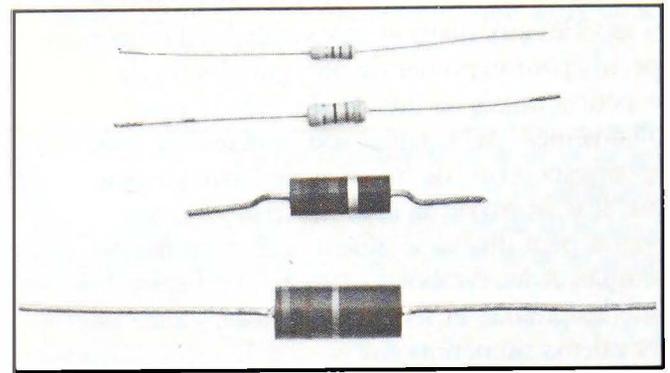


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

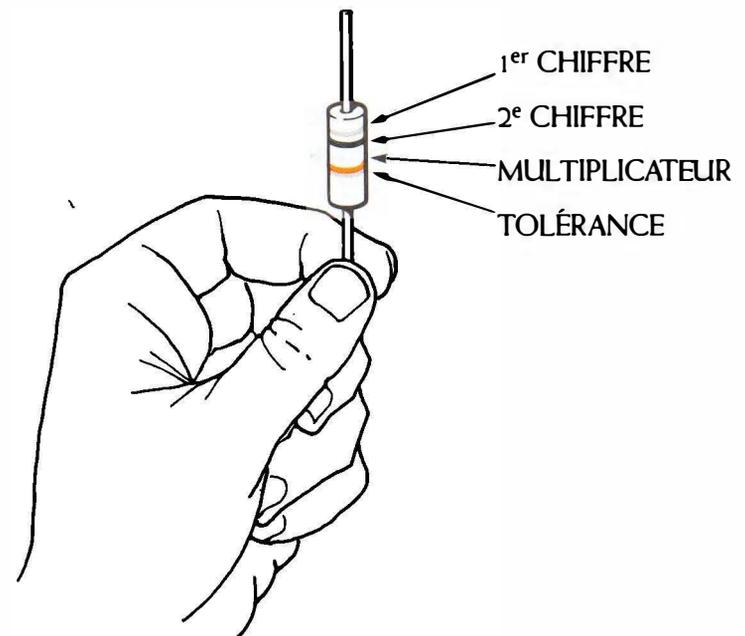


FIGURE 7-7 Lecture du code des couleurs de la résistance.

actuelle peut être sur une portée de moins 5 % à plus 5 %. La valeur actuelle, alors, peut varier entre $2\,565\ \Omega$ et $2\,835\ \Omega$.

RÉSISTANCES DE GRANDE PUISSANCE

La Figure 7-8 montre quelques **résistances de grande puissance**. Ces résistances sont plus grosses que les types de faible puissance. Leur résistance, la tolérance et le taux de puissance sont indiqués numériquement sur les résistances. Le manufacturier y inscrira parfois un numéro de pièce et sa marque de commerce.

FIGURE 7-8 Résistances de grande puissance.

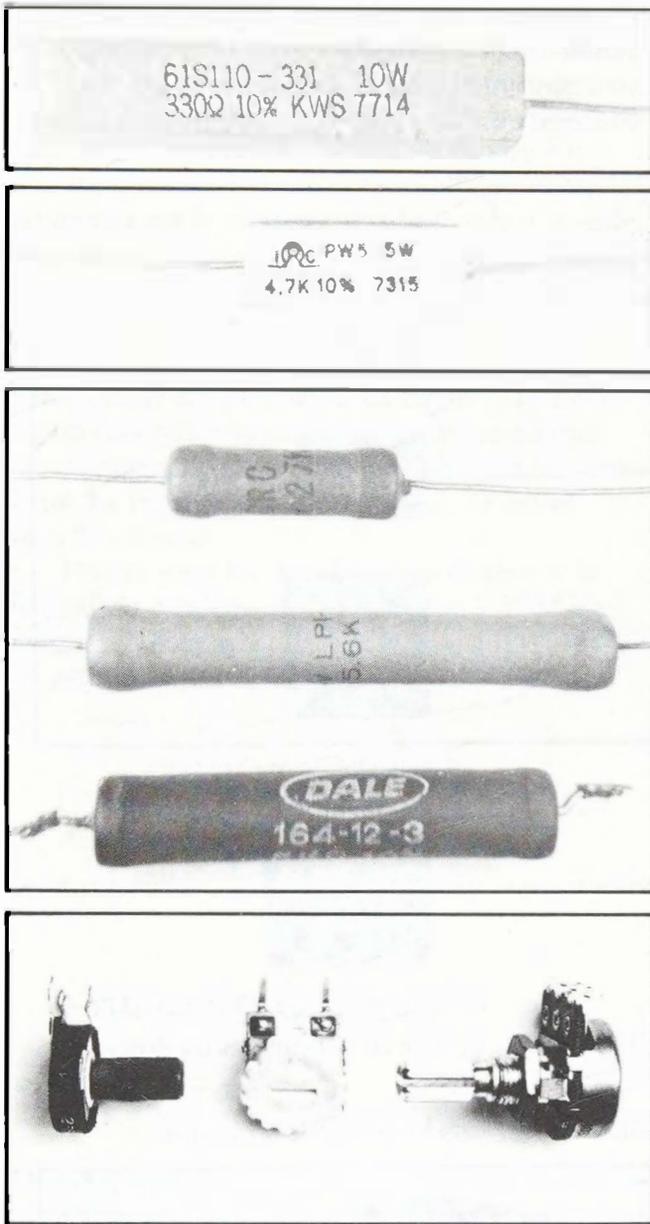


FIGURE 7-9 Résistances variables.

RÉSISTANCES VARIABLES

La valeur de la résistance des **résistances variables** (resistors) peut être ajustée par un contrôle extérieur, tel une tige, une vis ou un curseur. C'est le rôle normal des résistances variables de permettre des changements de courant dans un circuit électronique. Le contrôle du volume d'un appareil de radio est un exemple d'une résistance variable. La Figure 7-9 illustre quelques résistances variables. Les plus petites qui sont ajustées avec un tournevis, on les appelle parfois des **trimmers**.

7.5 CONDENSATEURS

Un **condensateur** est formé de deux surfaces de métal séparées par un isolant. La fonction fondamentale d'un condensateur est d'emmagasiner de l'énergie électrique en établissant une tension entre les plaques de métal. On appelle capacité cette faculté d'emmagasiner ainsi de l'énergie électrique. L'isolant qui sépare les plaques de métal est un **diélectrique**. Le genre de diélectrique employé affecte à la fois la capacité du condensateur et sa forme physique.

Les diélectriques usuels dans les condensateurs sont l'air, le mica, le plastique, la céramique et l'oxyde de métal. Du papier (huilé ou ciré) était employé primitivement, mais il a été largement remplacé de nos jours par différents plastiques. Les condensateurs de papier sont sujets à se percer dans des conditions de chaleur trop grande.

La dimension des plaques de métal et la distance entre elles affectent aussi la capacité d'un condensateur. Quand la surface des plaques est grande, celles-ci sont opposées de chaque côté du diélectrique et roulées à l'intérieur d'un cylindre pour économiser de l'espace. La Figure 7-10 montre justement un condensateur roulé ou **tubulaire**.

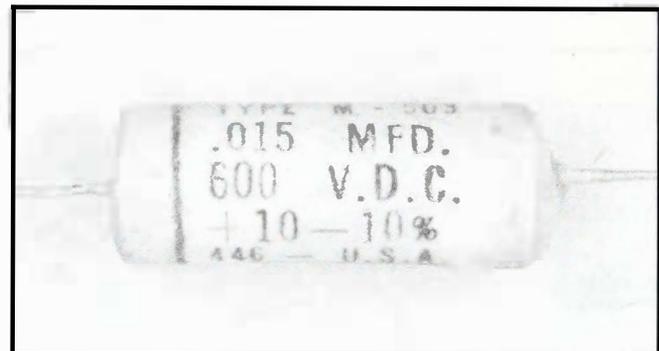


FIGURE 7-10 Un condensateur tubulaire.

La capacité, la tension et la tolérance sont indiquées numériquement sur le condensateur. La capacité est exprimée en microfarads. (NOTE Le manufacturier a employé une abréviation plutôt que le symbole SI correct.) Exercez-vous à lire les désignations de capacité, de tension et des taux de tolérance sur les condensateurs.

Les condensateurs sont des composantes très importantes en électronique. Toutefois, ils peuvent aussi porter à confusion. Parce qu'ils sont faits de plusieurs diélectriques différents, les condensateurs peuvent avoir différentes formes et dimensions. Chaque type de condensateur peut avoir aussi plusieurs sortes de marques. L'Appendice D donne la plupart des codes usuels de couleurs pour les condensateurs. Dans ce chapitre, vous apprendrez cependant à reconnaître les condensateurs les plus communs par leur forme et leurs marques. Vous apprendrez également à interpréter plusieurs de ces codes de couleurs. En travaillant sur vos projets, référez à l'Appendice D.

La **tension maximale** d'un condensateur est la plus haute tension à laquelle il est sûr de soumettre les plaques d'un condensateur. En pratique, la **tension de service** d'un condensateur est la moitié de sa tension maximale. La tension maximale est parfois indiquée sur certains condensateurs. Mais on indique habituellement la tension de service.

CONDENSATEURS DE MICA

Les **condensateurs de mica** ont de très hautes tensions de service. On les scelle hermétiquement afin que l'humidité et la vibration ne les endommagent pas. On les fabrique aussi très résistants. À la Figure 7-11, on peut voir quelques condensateurs de mica typiques. Leurs tensions de service

sont déterminées par leur dimension. Leur capacité et les taux de tolérance sont indiqués par des points de couleur. La Figure 7-12 vous montre comment interpréter le code des couleurs des condensateurs de mica.

FIGURE 7-11 Condensateurs de mica.

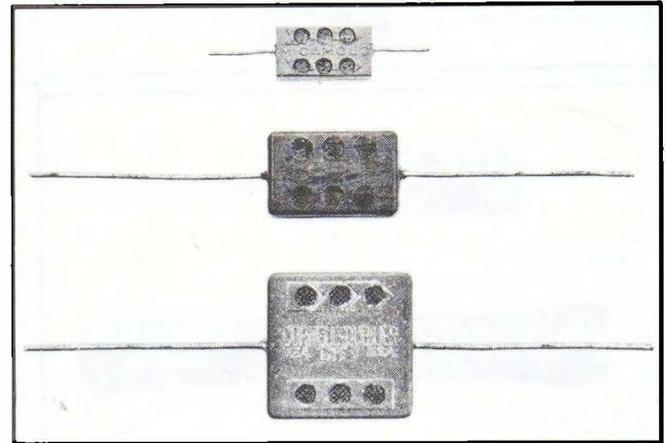
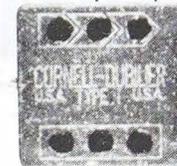


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

1^{er} CHIFFRE 2^e CHIFFRE



TOLÉRANCE MULTIPLICATEUR

FIGURE 7-12 Le code de couleurs des condensateurs de mica.

FIGURE 7-13 Condensateurs de céramique.

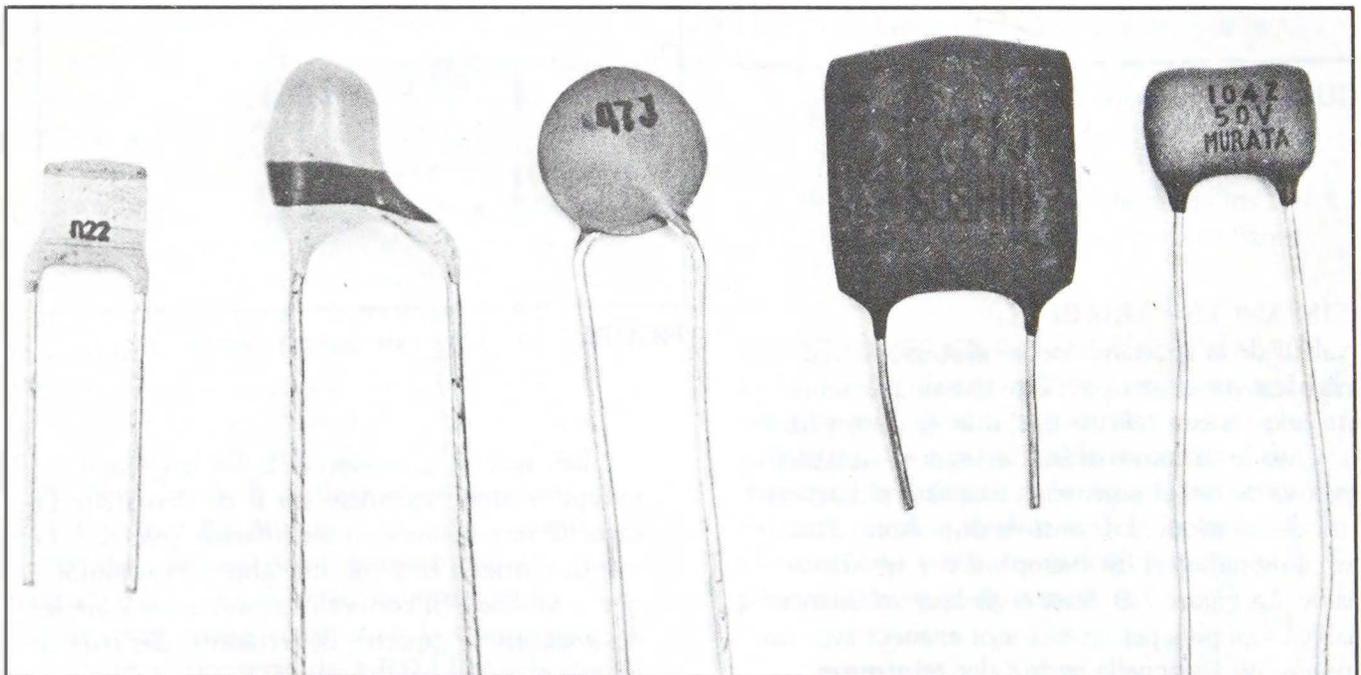


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

CONDENSATEURS DE CÉRAMIQUE

La Figure 7-13 montre quelques **condensateurs de céramique**. Ces condensateurs ont typiquement des formes tubulaires ou de disques. La capacité, la tension et la tolérance ont parfois un code de couleurs de cinq points ou bandes. En d'autres occasions, les valeurs sont désignées numériquement sur le condensateur. Si la valeur numérique est un nombre entier, elle est mentionnée en picofarads. La Figure 7-14 montre comment lire le code des couleurs sur des condensateurs de céramique. La couleur du code pour la capacité indique toujours des picofarads. La Figure 7-15 montre un condensateur en forme de disque marqué numériquement. La tolérance est désignée par une lettre. La Figure 7-16 donne le code de lettres pour la tolérance.

Pouvez-vous lire la valeur, la tolérance et la tension du condensateur de la Figure 7-15? Si la tolérance n'est pas indiquée sur un condensateur, on peut présumer qu'elle est de $\pm 20\%$.

FIGURE 7-15 Marques numériques sur un disque de condensateur de céramique.

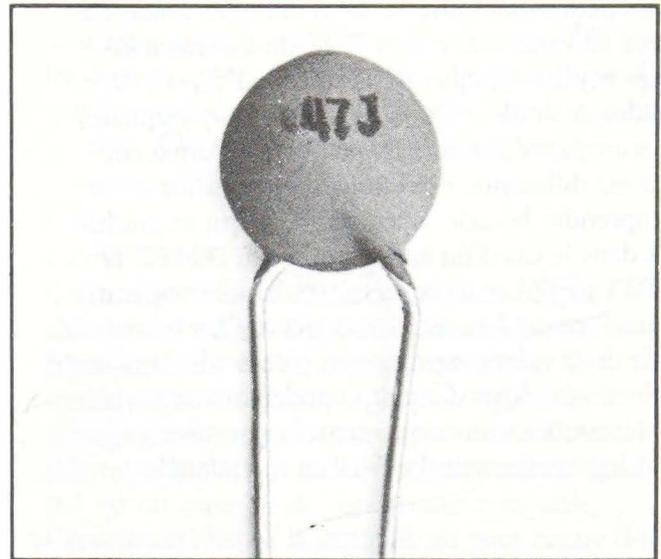


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

LETTRE	TOLÉRANCE	
	10 pF EN MOINS	AU-DESSUS 10 pF
JAN ¹		
C	$\pm 0,2$ pF	
D	$\pm 0,5$ pF	
F	$\pm 1,0$ pF	$\pm 1\%$
G	$\pm 2,0$ pF	$\pm 2\%$
J		$\pm 5\%$
K		$\pm 10\%$
M		$\pm 20\%$

FIGURE 7-16 Code de lettres pour la tolérance d'un condensateur.

¹ Joint-Army-Navy: normes armée-marine des États-Unis.

FIGURE 7-14 Le code de couleurs pour les condensateurs de céramique.

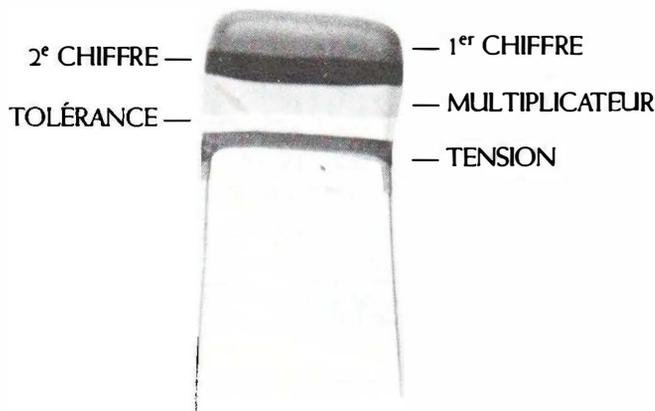
COULEUR	NOMBRE SIGNIFICATIF	MULTIPLICATEUR DÉCIMAL	TOLÉRANCE DE CONDENSATEUR		
			PLUS QUE 10 pF (en %)	MOINS QUE 10 pF (en pF)	FACTEUR DE TEMPÉRATURE EN MILLIONIÈMES /DEGRÉS C.
noir	0	1	± 20	2,0	0
brun	1	10	± 1		- 30
rouge	2	100	± 2		- 80
orange	3	1000			-150
jaune	4				-220
vert	5				-330
bleu	6		± 5	0,5	-470
violet	7				-750
gris	8	0,01		0,25	30
blanc	9	0,1	± 10	1,0	500

American Radio Relay League

CONDENSATEURS MYLARS

Le mylar est un type de plastique utilisé de nos jours pour le diélectrique de nombreux condensateurs. On voit à la Figure 7-17 un **condensateur mylar** typique. Remarquez qu'il y a cinq bandes de couleur sur ce condensateur, lesquelles ne sont pas séparées. En autant que chaque couleur est différente, il n'y a pas de problème pour comprendre le code. Mais qu'est-ce qui se produirait dans le cas d'un condensateur de 33 000 pF (0,033 μF)? Les trois premières bandes seraient toutes orange! Les condensateurs mylars suivent la règle de la valeur exprimée en picofarads dans le code des couleurs. Certains condensateurs mylars sont marqués numériquement. Leurs valeurs alors sont habituellement données en microfarads.

FIGURE 7-17 Un condensateur mylar.



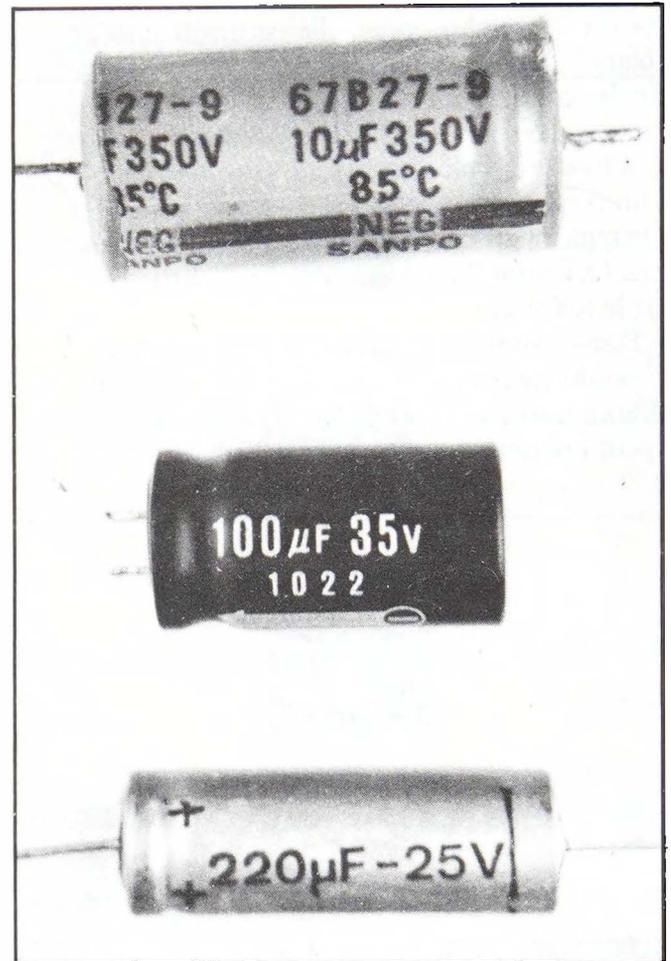
CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES

Les **condensateurs électrolytiques** ont comme diélectrique une mince couche d'oxyde de métal sur une des plaques métalliques. Cette couche en effet est très mince et permet à de très grandes capacités de se produire dans de très petits condensateurs. Les condensateurs électrolytiques sont généralement fabriqués avec des valeurs plus grandes que 1,0 μF . Ces valeurs sont indiquées en microfarads.

Les condensateurs électrolytiques sont uniques en ce sens qu'ils sont **polarisés**. Cela signifie qu'ils ont un câble positif et un câble négatif. La plupart des autres condensateurs ne sont pas polarisés. Il faut prendre beaucoup de soin en installant

des condensateurs électrolytiques. Assurez-vous qu'ils sont montés avec la bonne polarité. Connectés inversement, les électrolytes vont chauffer. Ils pourraient même exploser! À la Figure 7-18, on peut voir quelques condensateurs électrolytiques.

FIGURE 7-18 Condensateurs électrolytiques.



Ces condensateurs particuliers doivent avoir leur polarité, leur tension et leur capacité bien indiquées. La tolérance de quelques électrolytiques est aussi marquée. Mais la tolérance varie habituellement entre -10 % et +50 %. Cela signifie qu'un tel condensateur peut avoir une plus petite capacité de 10 % ou une de 50 % plus grande que sa valeur exprimée. Si la tolérance est essentielle, vérifiez alors le catalogue de spécifications du manufacturier.

AU ES CODES D'IDENTIFICATION

Vous avez déjà appris quelque chose sur les méthodes les plus communes pour identifier les condensateurs. Toutefois, il y a au moins 18 codes différents de condensateurs en usage de nos jours.

Chaque fabricant semble avoir adopté un code différent pour chaque nouvelle forme ou dimension de condensateur qu'il produit. À prime abord, cela peut porter sensiblement à confusion. Néanmoins, dès qu'on connaît les caractéristiques des condensateurs, un peu de pratique seulement suffira à apprendre de nouveaux codes.

Certains condensateurs miniatures sont identifiés par leur valeur seulement en nanofarads. Une lamelle de couleur sur ces condensateurs les identifie par un numéro de «famille». Toute autre information sur le condensateur est fournie par le numéro de famille qui figure au catalogue des spécifications du fabricant. On peut voir ce type de condensateur à la Figure 7-19.

FIGURE 7-19 Un condensateur de céramique miniature.

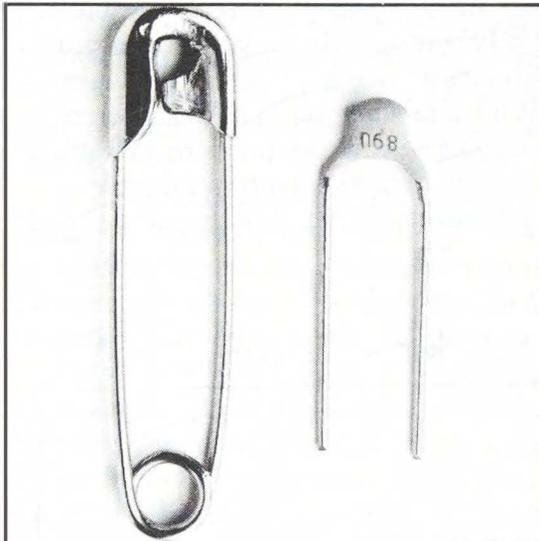


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

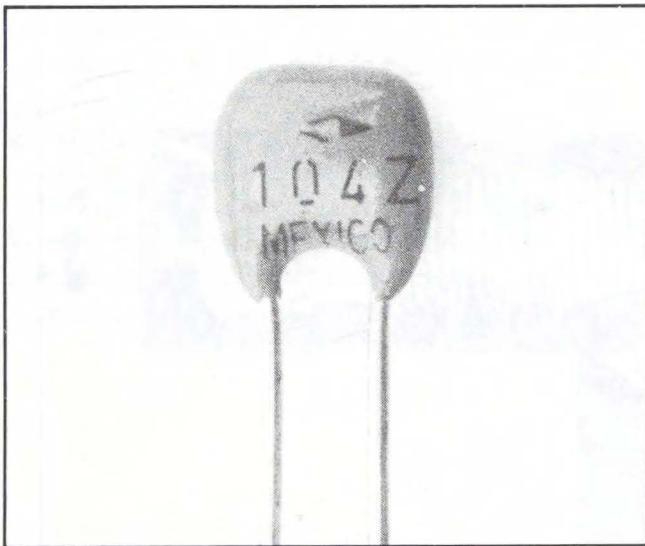


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

FIGURE 7-20 Un condensateur identifié par un numéro de code.

Une autre façon d'identifier les condensateurs miniatures consiste à indiquer leur valeur avec un code à trois numéros. Ce code se lit comme le code des couleurs d'une résistance, c'est-à-dire que les deux premiers numéros sont des chiffres tandis que le troisième est le multiplicateur ou le nombre de zéros. On voit à la Figure 7-20 ce type de condensateur.

CONDENSATEURS VARIABLES

Comme pour les résistances variables, on peut changer les valeurs des **condensateurs variables** avec une vis ou une tige extérieure. Ces condensateurs sont employés pour opérer les changements nécessaires dans un circuit C.A. Le sélecteur de stations radiophoniques sur un appareil est un exemple de condensateur variable. Comme on change la capacité, on peut capter différentes stations de radio. La Figure 7-21 illustre quelques types de condensateurs variables. On appelle **trimmers** les condensateurs qu'on ajuste avec un tournevis.

FIGURE 7-21 Condensateurs variables.

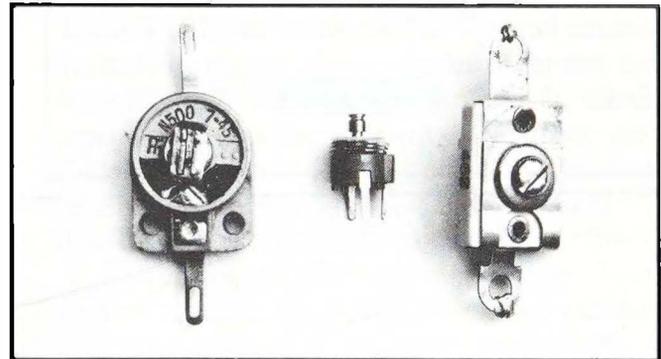


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

7.6 INDUCTEURS

Quand un courant passe à travers un conducteur, il se crée un champ magnétique autour du conducteur. De l'énergie est emmagasinée dans ce champ. Si le courant qui produit le champ magnétique se met à diminuer ou à augmenter, le champ magnétique lui-même diminuera ou augmentera. Il relâchera alors une partie de son énergie de nouveau dans le conducteur. Cette énergie tend à maintenir le courant à un niveau constant.

On appelle cette propriété **inductance**. L'unité SI de mesure pour l'inductance est le **henry** (H).

L'abréviation pour l'autoinductance est L italique. L'abréviation de l'inductance mutuelle est M italique.

Un **inducteur** est simplement une bobine de fil. Plus il y a de tours ou de boucles de fil dans la bobine, plus le champ magnétique créé est grand. Plus le champ magnétique est grand, plus l'inductance est grande. La Figure 7-22 montre un inducteur d'une simple couche et une **bobine d'arrêt** à plusieurs couches. La Figure 7-23 illustre un type de bobine employé comme antenne de radio transistor. Cet inducteur fonctionne avec un condensateur variable pour sélectionner différentes stations de radio.

FIGURE 7-22 Inducteurs (bobines d'arrêt).

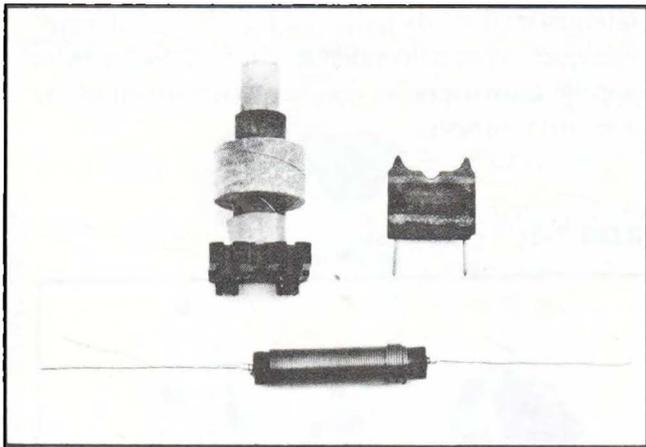


Photo Tom Shields. NORTH STAR PHOTOWORKS.

TRANSFORMATEURS

Quand deux inducteurs sont enroulés sur la même forme ou placés de manière que leurs champs magnétiques chevauchent, ils agissent comme un **transformateur**. Les inducteurs et les transformateurs fonctionnent seulement sur du courant alternatif C.A. Quand le courant change de direction dans la première bobine inductrice, qu'on appelle **bobine primaire**, cela entraîne le champ magnétique autour de la bobine à s'étendre et à s'effondrer. Cette expansion et cet effondrement du champ magnétique induisent un autre courant alternatif à passer dans la deuxième bobine, ou bobine **secondaire** du transformateur. Le courant de la bobine secondaire est du courant induit parce qu'il est causé par l'inductance. La quantité de courant induit dans la bobine secondaire est reliée au rapport de transformation des deux bobines inductrices. Le **rapport de transformation** d'un transformateur est le rapport du nombre de tours sur la bobine primaire au nombre de tours sur la bobine secondaire. Avec du courant, cette relation en est une inversée. Tout cela signifie que moins il y a de tours sur le bobinage secondaire par rapport au bobinage primaire, plus grand est le courant qui sera induit à passer dans le bobinage secondaire. Toutefois, le rapport de trans-

FIGURE 7-23 Bobine d'antenne.

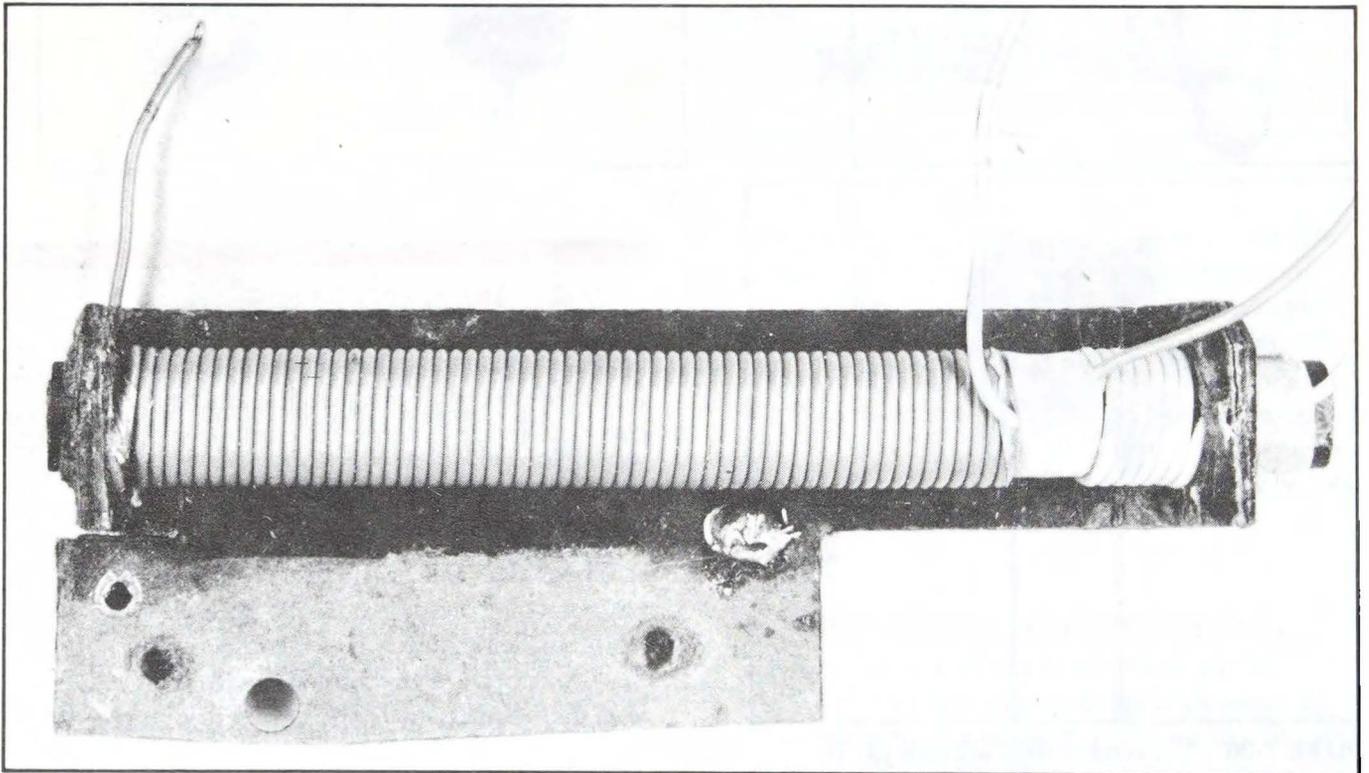
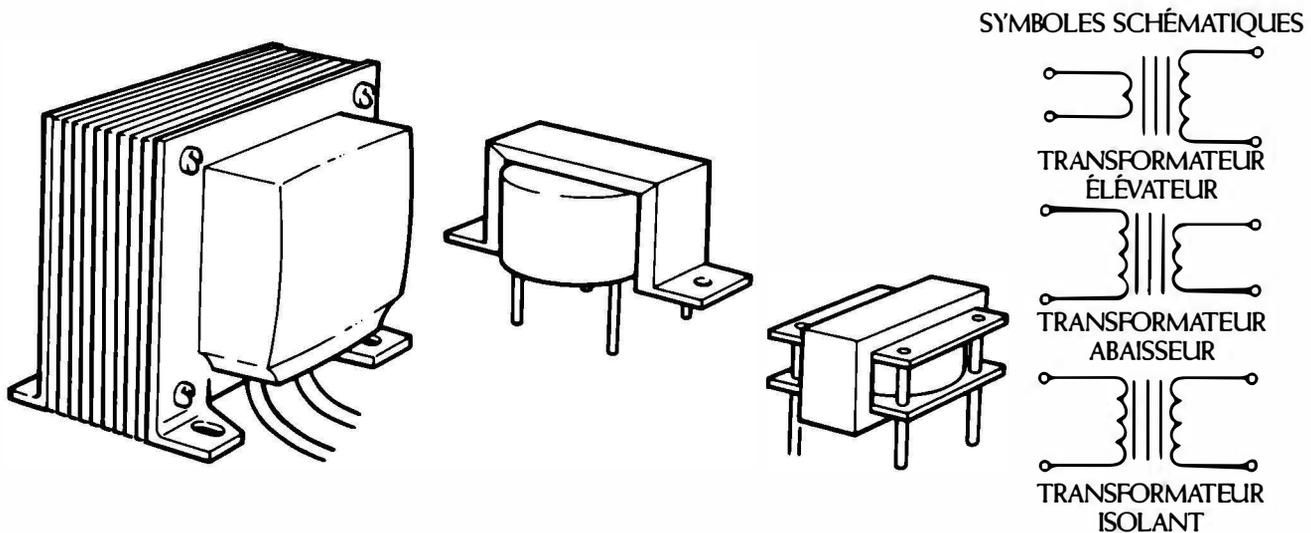


FIGURE 7-24 Quelques transformateurs typiques.



formation pour la tension est en rapport direct avec le tour de fil. Cela signifie qu'un bobinage secondaire avec moins de tours que le bobinage primaire aura une plus faible tension induite. Au Chapitre 18, nous aborderons ce concept avec plus de détails.

Il y a beaucoup d'applications pour les transformateurs en électronique. La Figure 7-24 montre un transformateur audio miniature et un transformateur de puissance. Les deux servent à l'alimentation pour l'équipement électronique.

À cause de leur dimension, de leur poids et du coût de fabrication, les inducteurs et les transformateurs ne sont employés que s'il n'y a pas d'autre façon de concevoir un circuit. Les circuits modernes à l'état solide ont pratiquement éliminé la nécessité des inducteurs. Aujourd'hui, les inducteurs ne sont même plus nécessaires normalement pour accorder les appareils de radio ou de télévision. Au lieu de cela, un circuit qu'on appelle un **gyrateur** crée électriquement le même effet qu'un inducteur. Ces circuits compacts sont préfabriqués et connus sous le nom de **circuits intégrés**. Vous aurez l'occasion d'en apprendre davantage au sujet des circuits intégrés plus loin dans ce chapitre ainsi que dans le Chapitre 20.

7.7 DIODES SEMICONDUCTRICES

Les premières diodes étaient faites comme des tubes à vide. Quoiqu'il y ait encore certains usages de tubes à vide comme diodes, la plupart des diodes sont faites maintenant de matériel semiconducteur. La plupart des **semiconducteurs** sont considérés comme des dispositifs actifs. La **diode** cependant est un dispositif qui est vraiment une composante passive. Comme les diodes sont faites de semiconducteurs, les manufacturiers considèrent la diode comme une composante active.

Les diodes ont seulement deux bornes. Tous les autres dispositifs ont trois ou plusieurs câbles ou bornes. Mais, comme d'autres composantes actives, les diodes sont identifiées par un **numéro de type** plutôt que par des valeurs spécifiques comme celles indiquées sur des résistances ou des condensateurs. On trouve les portées électriques pour la composante en se référant au numéro de type fourni au catalogue de spécifications du manufacturier.

Fondamentalement, une diode est une composante qui permettra au courant de passer seulement dans une direction. Des diodes sont employées dans le redressement. Le **redressement** est la conversion d'un courant alternatif en courant continu. Les diodes peuvent servir aussi à «orienter» une composante active afin qu'elle ne réponde qu'à une seule polarité de signal.

DIODES À FAIBLE SIGNAL

Un **signal** est un petit courant alternatif ou une tension qu'on peut transformer en une autre forme d'énergie. Une station de radio envoie par exemple un signal électromagnétique dans l'air. Une faible partie de ce signal est captée par l'antenne d'un récepteur et convertie en signal électrique. Après que le faible signal a été envoyé puis grandement amplifié, on peut l'entendre grâce à un haut-parleur qui a converti le signal électrique en son.

Les diodes à faible signal servent dans des circuits où le signal est très faible. Elles diffèrent des diodes redresseuses par la quantité de courant ou la tension qu'elles peuvent supporter. La Figure 7-25 montre quelques-unes de ces diodes à faible signal. Une tête d'allumette à côté de ces diodes donne une idée de leur dimension relative.

FIGURE 7-25 Quelques diodes à faible signal.

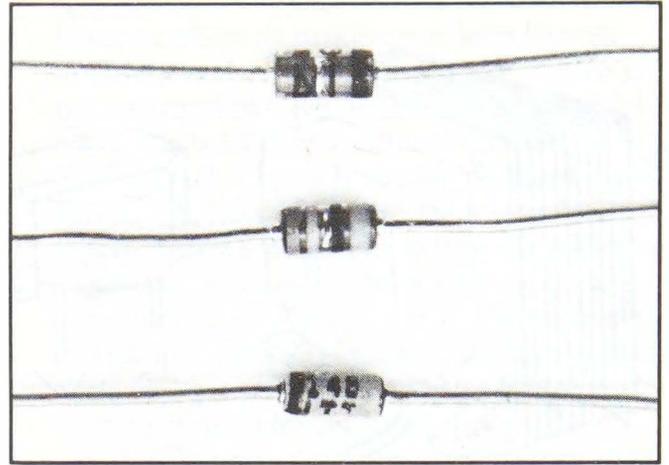


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

FIGURE 7-26 Page extraite d'un catalogue de spécifications d'un fabricant de pièces électroniques.



MOTOROLA

**1N4001
jusqu'à
1N4007**

REDRESSEUSES TOUT-USAGE

Formations-miniaturisées de redresseuse montée sur fil axial de plomb pour usage général et les applications à faible tension.

**REDRESSEUSES EN SILICIUM
MONTÉES SUR FIL DE PLOMB**

**50-1000 VOLTS
JONCTION DIFFUSÉE**

***CAPACITÉS MAXIMUM**

Capacité	Symbole	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unité
Crête répétitive en courant alternatif Crête et les en courant alternatif Courant continu, limité en volts	V_{RRM} V_{RRM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Crête non répétitive en courant alternatif (tension d'une phase de 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
Moyenne quadratique de courant alternatif (RMS)	$V_{R(A)MS}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Courant moyen redressé (limité lorsque avec résistance de plomb) 60 Hz, voir Figure 8 (1)	I_O	1.0							Amp
Tension de crête non répétitive (courant continu, limité par la capacité des propriétés du plomb, voir Figure 2)	I_{FSM}	30 (voir 1, circuit)							Amp
Intervalle de température d'opération et de stockage en pression	T_J à T_{stg}	65 to -175							$^{\circ}C$

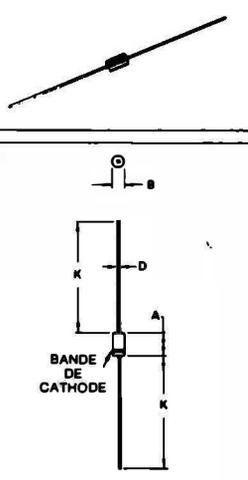
***SPÉCIFICATIONS ÉLECTRIQUES**

Caractéristique et symbole	Symbole	Type	Min.	Max.	Unité
Temps de retardement maximal pour chute de courant $I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^{\circ}C$ (Figure 1)	t_r	0.93	1.1		Volts
Capacité moyenne de cycle complet pour chute de courant $I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 75^{\circ}C$ par phase/plomb	$V_{F(AV)}$			0.8	Volts
Courant alternatif maximum en continu ou voltage pour courant continu $T_J = 25^{\circ}C$ $T_J = 100^{\circ}C$	I_R	0.05	1.0	10	μA
Courant maximum de cycle complet en courant alternatif $I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 75^{\circ}C$ par phase/plomb	$I_{R(AV)}$			30	μA

* Données JEDEC enregistrées.

SPÉCIFICATIONS MÉCANIQUES

CAS: Pleine et tranfert moulé.
TEMPÉRATURE MAXIMUM DU PLOMB POUR LA SOUDURE: 350 $^{\circ}C$ à $\frac{3}{16}$ " de la composante durant 10 secondes à 5 livres de pression.
FINITION: Surface externe anti-corrosive et plomb prêt à souder.
POLARITÉ: Cathode indiquée par code de couleur.
POIDS: 0,40 grammes (approximatif)



**CASE 88-01
1N4001-1N4004
DD-41**

DIM	MILLIMETRES		POUNCES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.70	5.20	0.185	0.205
B	2.54	2.71	0.100	0.107
D	0.76	0.86	0.030	0.034
K	27.34	-	1.100	-

**CASE 88-04
1N4005-1N4007**

Motorola Semiconductor Products Inc.

Les diodes à faible signal sont habituellement incluses dans une enveloppe de verre. Elles sont parfois peintes. D'autres fois on les laisse claires. Il y a trois bandes de couleur autour du corps de la diode, près d'une extrémité. Ces bandes de couleur identifient le bout positif de la diode. Elles donnent aussi le numéro de type de la diode. On interprète les couleurs d'après le code standard des couleurs. Comme la plupart des numéros de diode commencent avec le préfixe 1N, les numéros indiqués par le code signifient qu'ils suivent le préfixe 1N. Par exemple, si une diode est marquée en blanc, en brun et en jaune, il faudra comprendre que c'est une diode 1N914. On trouve les portées électriques d'une diode 1N914 en consultant un catalogue de spécifications du manufacturier. La Figure 7-26 illustre un extrait d'un de ces catalogues ou livres de données.

DIODES DE PUISSANCE

Les **diodes de puissance** sont parfois appelées **redresseuses** parce qu'on les emploie d'abord pour changer du courant alternatif en courant continu. Elles sont généralement plus grosses que les diodes à signal. D'habitude on marque sur elles leur numéro de type en chiffres. Certaines diodes de puissance ont une simple bande à un bout de leur corps, laquelle identifie leur cathode. D'autres sont emballées dans des formes spéciales comme le «chapeau haut-de-forme» ou la «balle de fusil». La forme de la boîte indique le bout de la cathode. La Figure 7-27 montre plusieurs formes différentes de boîtes. Certains manufacturiers indiquent la polarité sur leurs diodes avec le symbole schématique de la diode. La Figure 7-28 montre justement ce type de symbole. Certaines diodes à haute puissance sont emballées avec un goujon fileté qui leur permet d'être montées directement à une plaque de refroidissement.

7.8 TRANSISTORS

Les **transistors** sont vraiment des composantes actives. Ils ont trois câbles ou connexions. Les transistors servent à **amplifier** ou à **générer** un signal. En électronique, le terme amplifier signifie qu'on accroît ou qu'on agrandit la dimension (amplitude) d'un signal. Les premiers amplificateurs étaient fabriqués comme des tubes à vide. Dans certaines applications industrielles, dans le cas des tubes à image TV ainsi que pour les écrans d'oscilloscope, les tubes à vide sont encore utilisés.

FIGURE 7-27 Diodes redresseuses—formes typiques.

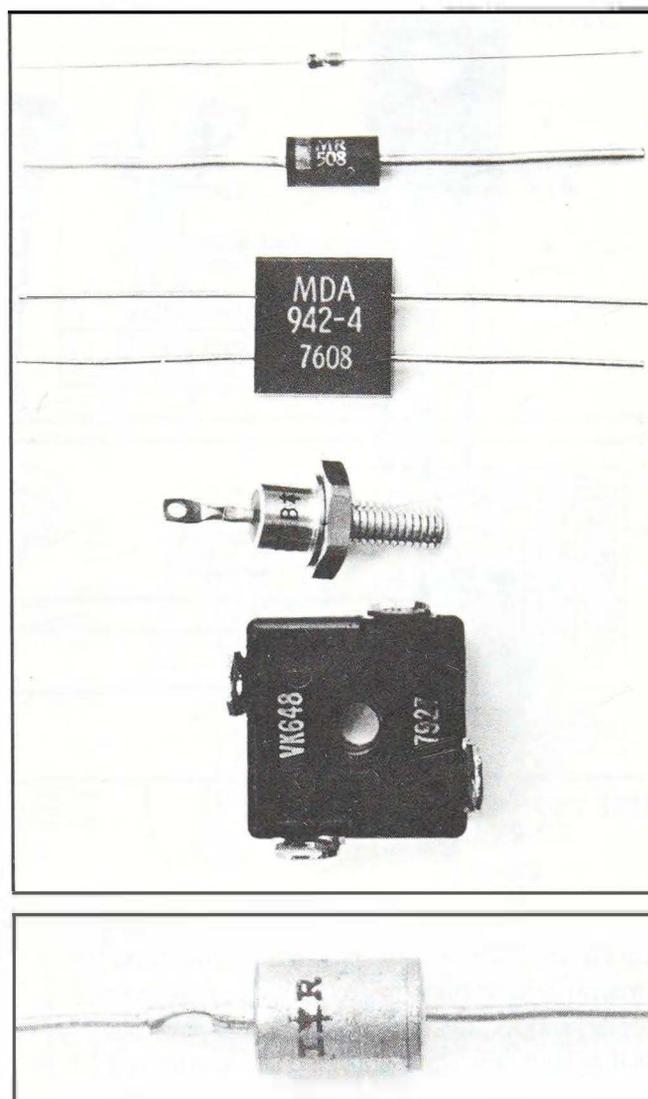


FIGURE 7-28 Diode redresseuse avec symbole schématique.

Cependant, pratiquement tous les produits au consommateur sont faits avec des semiconducteurs plutôt qu'avec des tubes à vide. On ne parlera pas ici des tubes à vide puisque cela dépasse le cadre de ce livre.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.
Parts Galore, 316, rue College, Toronto, Ontario.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.

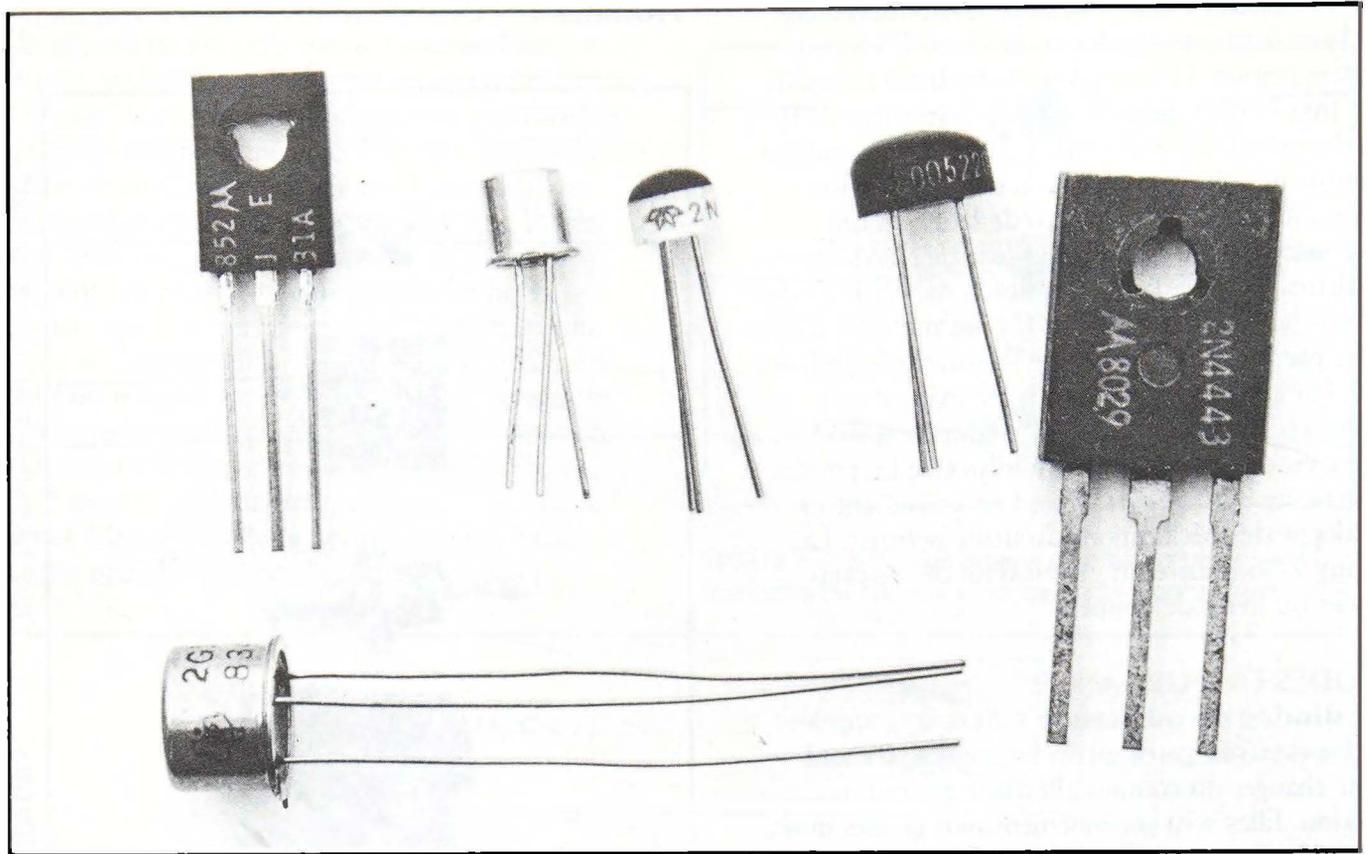


FIGURE 7-29 Transistors.

La Figure 7-29 montre plusieurs transistors. Ils sont marqués avec un numéro de type, exactement comme les diodes. Les préfixes typiques pour les transistors sont 2N, 2SA, 2SB et 2SC. Certains fabricants impriment le numéro au complet sur leurs transistors. D'autres omettent le préfixe et impriment seulement les derniers numéros sur leurs transistors. Pour être sûrs du bon préfixe, certains fabricants impriment la dernière lettre du préfixe aussi bien que les numéros. Par exemple, un transistor marqué «C238» serait un transistor 2SC238. De même, le numéro «4401» identifierait un transistor 2N4401.

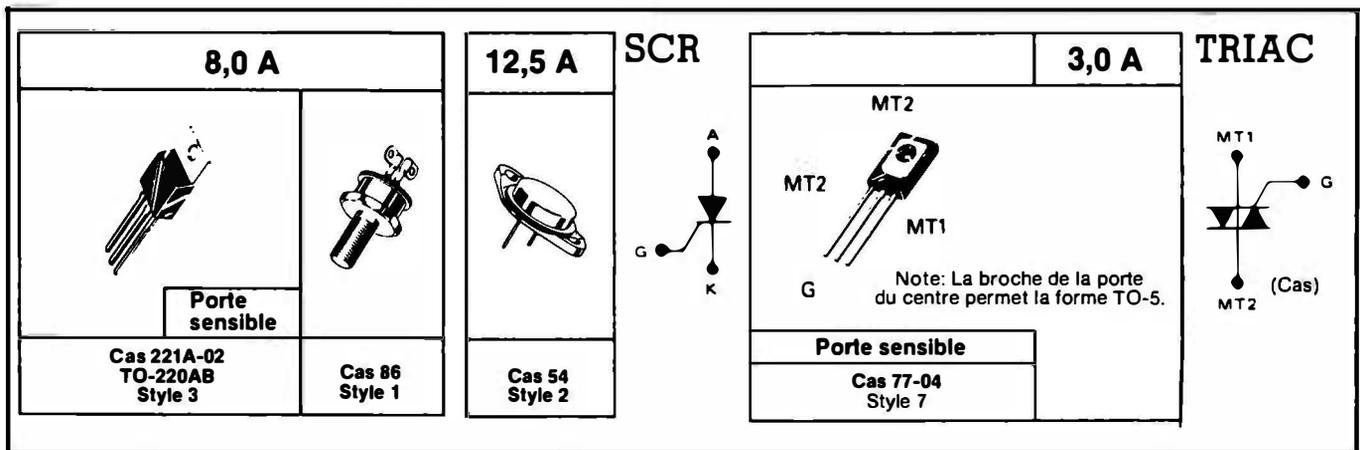
7.9 SEMICONDUCTEURS SPÉCIAUX

D'autres semiconducteurs ont été développés à des fins spécifiques. Comme certains appareils électromécaniques sont sujets à faire défaut, leur remplacement par des composants électroniques peut augmenter la fiabilité et l'espérance de vie d'un système électronique.

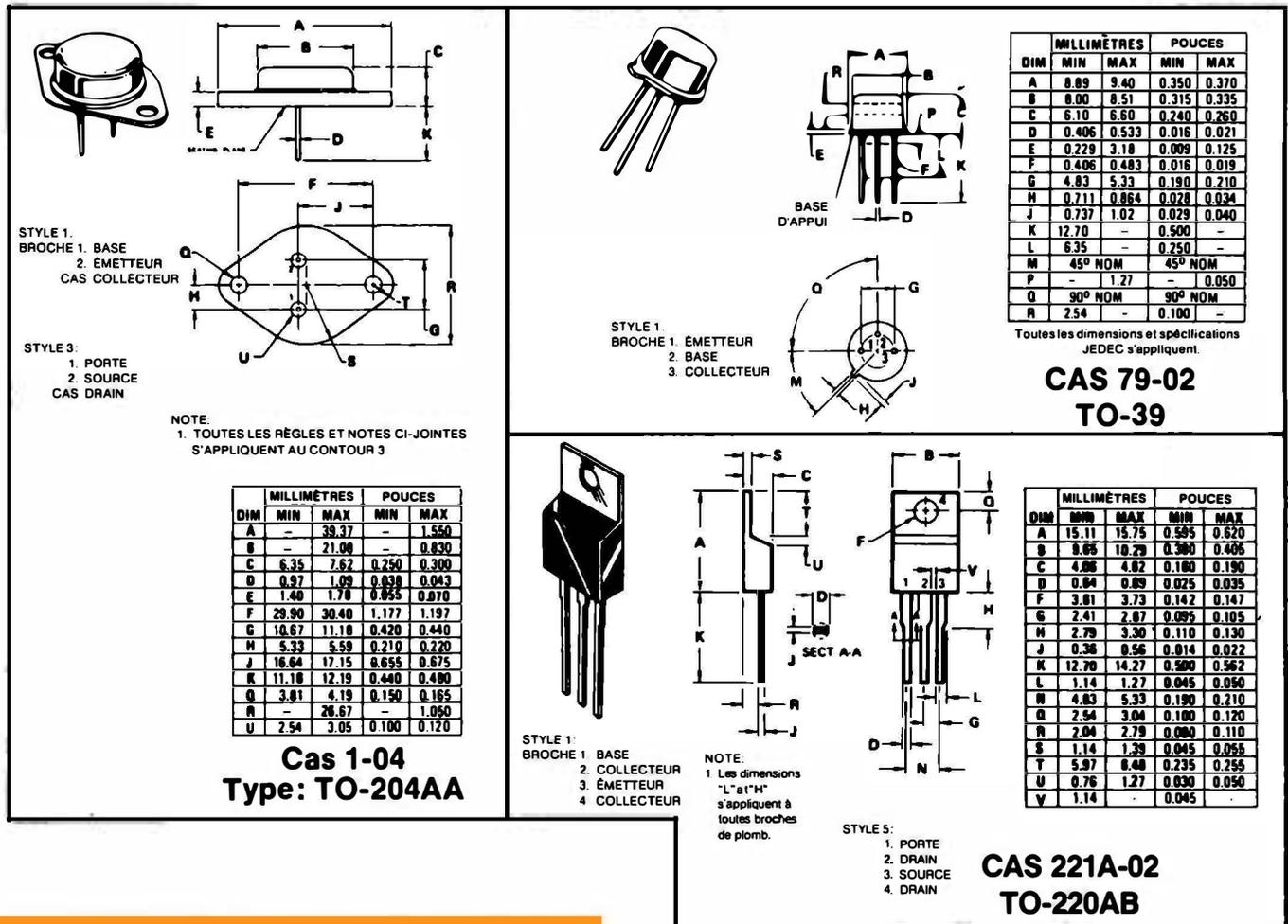
Une famille très importante de semiconducteurs sert à remplacer les **relais** mécaniques dans les circuits de contrôle de puissance. Dans cette famille, il y a le **redresseur commandé au silicium** (qu'on abrège par **R.C.S.**), le **TRIAC** et le **QUADRAC**. Tous les trois ont des propriétés électriques similaires à celles du relais. On traite du R.C.S. avec plus de détails au Chapitre 19. On traite également des relais avec plus de détails au Chapitre 18.

La composante la plus commune de cette famille de semiconducteurs spéciaux est le R.C.S. On s'en sert dans plusieurs projets de ce livre. L'employez-vous dans le projet que vous avez choisi? La Figure 7-30 donne la forme descriptive et les détails de plusieurs R.C.S. et de TRIAC.

FIGURE 7-30 Formes et détails explicatifs de R.C.S. et de TRIAC.



Motorola Semiconductor Products Inc.



Motorola Semiconductor Products Inc.

7.10 FORMES ET FABRICATION DE SEMICONDUCTEURS

L'Appendice F contient une liste détaillée des caractéristiques de semiconducteurs. La boîte dans laquelle sont inclus des semiconducteurs est désignée comme un emballage. Il y a beaucoup de formes différentes d'emballage, mais quelques-unes seulement sont utilisées. La Figure 7-31 montre

FIGURE 7-31 Formes communes et emballages pour les semiconducteurs.

quelques-unes des formes caractéristiques et des emballages usuels pour les semiconducteurs. Certains de ces emballages servent à plus d'un type de semiconducteurs. Le numéro de type sur l'emballage identifie un semiconducteur spécifique.

7.11 SUBSTITUTION DE SEMICONDUCTEURS

Il y a en électronique six catégories générales d'opération de transistor: l'**amplification de faible signal**, l'**amplification de gros signal**, l'**amplification de haute fréquence**, la **commutation à grande vitesse**, l'**oscillation** et l'**amplification de puissance**. Beaucoup de compagnies différentes fabriquent des milliers de types de transistors. Il n'est pas toujours possible d'obtenir le numéro exact d'un transistor tel que spécifié sur une liste de pièces. Toutefois, un autre numéro peut être substitué, pourvu que

7.12 CIRCUITS INTÉGRÉS

Le circuit intégré (CI) est un dispositif remarquable. À l'intérieur de son petit emballage (approximativement de 20 mm × 35 mm), il y a des douzaines de pièces semiconductrices. Le circuit intégré est un système électronique complet dans un seul paquet! La Figure 7-33 illustre quelques-uns de ces circuits intégrés.

De différentes façons, le circuit intégré simplifie la construction d'un équipement électronique complexe. Il réduit le nombre de composantes nécessaires dans le circuit. Cela est dû en partie à

FIGURE 7-32 Guide de substitution de transistor.

PIÈCE N°	SUBSTITUT MOTOROLA	SUBSTITUT SIMILAIRE MOTOROLA	PIÈCE N°	SUBSTITUT MOTOROLA	SUBSTITUT SIMILAIRE MOTOROLA	PIÈCE N°	SUBSTITUT MOTOROLA	SUBSTITUT SIMILAIRE MOTOROLA
2N736	2N736		2N929		2N930	2N1253		2N2845
2N739			2N930	2N930		2N1254		2N869A
2N740	2N740	2N740	2N935		2N2907A	2N1255		2N869A
2N743		2N2368	2N936		2N2907A	2N1256		2N869A
2N744		2N2369	2N937		2N2907A	2N1257		2N869A
2N753		2N2369A	2N938		2N2907A	2N1258		2N869A
2N760		2N3700	2N939		2N2907A	2N1259		2N869A
2N760A		2N3700	2N940		2N2907A	2N1267		2N2481
2N770		2N3014	2N941		2N2907A	2N1268		2N2481
2N771		2N3014	2N946		2N2907A	2N1269		2N2481
2N772		2N3014	2N947		2N2907A	2N1270		2N2481
2N773		2N3014	2N948		MCR102	2N1271		2N2481
2N774		2N3014	2N949		MCR103	2N1272		2N2481
2N775		2N3014	2N950		MCR104	2N1276		2N2501
2N776		2N3014	2N951		MCR120	2N1277		2N2501
2N777		2N3014	2N956	2N956		2N1278		2N2501
2N778		2N3014	2N957		2N2501	2N1279		2N2501
2N783		2N834	2N958		2N3303	2N1335		2N3019
2N789		2N3946	2N959		2N3303	2N1336		2N3019
2N790		2N3946	2N978		2N2906	2N1337		2N3019
2N791		2N3946	2N981		2N720A	2N1338		2N2219
2N792		2N3946	2N986		2N2895	2N1339		2N3019
2N793		2N3946	2N988		2N2221	2N1340		2N3019
2N834	2N834		2N989		2N2221	2N1341		2N3019
2N835		2N706A	2N995		2N3251	2N1342		2N3019
2N840		2N720A	2N996		2N869A	2N1386		2N2222
2N841		2N720A	2N997		2N720A	2N1387		2N2222
2N842		2N2221	2N998	2N998		2N1388		2N2222
2N843		2N2222	2N999		2N998	2N1389		2N2222
2N844		2N2221	2N1005		2N2242			
2N845		2N2222	2N1006		2N2242			

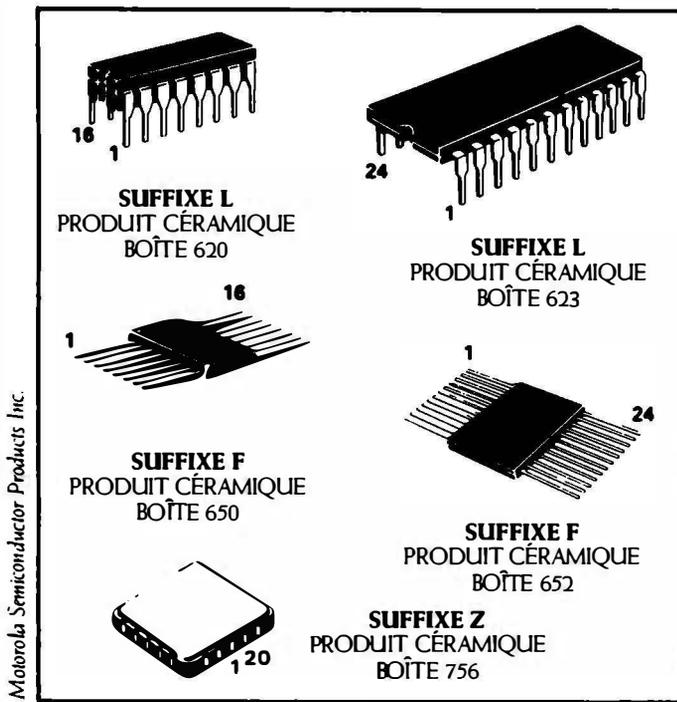
Motorola Semiconductor Products Inc.

la pièce de substitution ait la même portée et les mêmes propriétés électriques. Les manufacturiers fournissent des guides de substitution qui donnent leurs numéros de types et d'autres numéros de types de transistors qui ont des propriétés électriques similaires. À la Figure 7-32 vous avez un exemple de page extraite de ces guides de substitution de pièces électroniques. En choisissant une composante substitut, rappelez-vous que les emballages et les détails de fabrication peuvent être différents de la pièce originale. Assurez-vous que le substitut conviendra bien à votre projet avant de l'utiliser.

sa petite dimension et à son espacement d'attache très étroit. Normalement, les broches sont espacées d'à peine 2,5 mm! Les circuits intégrés sont identifiés aussi par un numéro de type, comme les autres semiconducteurs. Les caractéristiques électriques, le diagramme des broches et la forme d'emballage sont fournis par les catalogues et les livres de spécifications des manufacturiers.

Les circuits intégrés requièrent une très faible puissance pour opérer, et ils sont très sensibles à la chaleur. Si vous fabriquez un projet requérant des CI, il est recommandé d'utiliser des supports

FIGURE 7-33 Circuits intégrés typiques.



pour CI. Le CI peut être inséré dans le support, éliminant ainsi la nécessité de souder directement ses broches. Il faut toujours manipuler prudemment les circuits intégrés. Ne touchez pas les broches. Elles peuvent se courber ou se briser très facilement. Vous aurez plus d'information sur les CI au Chapitre 20. La technologie du circuit intégré cependant est parvenue à un stade hautement sophistiqué de l'électronique. Cette technologie dépasse l'objectif de ce livre. Si vous voulez en apprendre davantage sur ce point, il y a de très bons ouvrages disponibles en librairie, à la bibliothèque ou au centre de ressources scolaires de votre institution.



7.13 TÂCHES À FAIRE

1. Procurez-vous chez votre professeur une sélection de dix résistances à faible puissance. Déposez-les sur une feuille propre de papier, de votre côté gauche en bas de la page. Assurez-vous que le bout de la résistance qui a les bandes de couleur pointe vers le haut de la page. À la droite de chaque résistance,

notez la couleur de chacune des quatre bandes de couleur. Référez au tableau du code des couleurs et à l'exemple de la Figure 7-7 pour déterminer la valeur de chaque résistance. Écrivez cette valeur à côté des couleurs de chaque résistance. Recourez à la bande de tolérance pour déterminer la portée des valeurs actuelles pour chaque résistance. Notez également la portée des valeurs actuelles à côté de la valeur indiquée sur chaque résistance. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

2. Procurez-vous les résistances nécessaires pour votre projet. Séparez ces résistances selon leurs taux de puissance et selon qu'elles sont fixes ou variables. Servez-vous des marques de chaque résistance pour identifier sa valeur.

Consultez ensuite le diagramme schématique de votre projet et identifiez chaque résistance par sa désignation standard (R_1 , R_2 , etc.). Maintenant, déposez les composants sur une feuille propre de papier et écrivez leurs valeurs et leurs désignations standard à côté de chacune. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

3. Procurez-vous auprès de votre professeur une sélection de condensateurs de mica et de céramique. Identifiez chaque condensateur selon son type de diélectrique, sa valeur, sa tolérance et sa tension de service. Déposez aussi ces condensateurs sur une feuille propre de papier et écrivez cette information à côté de chaque condensateur. Demandez encore à votre professeur de vérifier votre travail.
4. Choisissez un projet qui a des condensateurs comme composants. Procurez-vous tous les condensateurs pour ce projet et déposez-les sur une feuille propre de papier. Identifiez chaque condensateur d'après son type de diélectrique, sa capacité, sa tension et sa tolérance. Voyez ensuite le diagramme schématique de votre projet et identifiez chaque condensateur par sa désignation standard (C_1 , C_2 , etc.). Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.
5. Choisissez un projet qui a des semiconducteurs comme composants. Procurez-vous tous les semiconducteurs nécessaires à votre projet et déposez-les sur une feuille propre de papier. D'après leurs marques, déterminez le numéro de type de chaque composante. En vous référant toujours au catalogue de spécifications du fabricant, déterminez aussi le genre de chacun des semiconducteurs. Puis, analysez le

câblage en consultant les spécifications ou l'Appendice F. En dernier lieu, déterminez le courant et la tension nominale pour chacun des semiconducteurs selon leurs spécifications manufacturières. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

7.14 RÉSUMÉ

Les composantes électriques qui ne génèrent pas de signal électronique sont considérées comme des composantes passives. Les résistances, par exemple, ainsi que les condensateurs et les inducteurs sont des composantes passives.

Les transistors et autres semiconducteurs sont des composantes actives. Ces composantes peuvent générer un signal électronique.

On appelle force électromotrice la force électrique. Son unité de mesure est le volt.

Le courant est le passage de l'électricité dans un circuit. Son unité de mesure est l'ampère.

Une source est tout dispositif qui produit du courant électrique ou de la tension.

Un courant continu est constant en dimension et en direction. Le courant alternatif change continuellement de dimension et de direction.

On appelle fréquence le taux de changement d'un courant alternatif. Le hertz est l'unité de mesure pour la fréquence.

Une résistance est l'opposition qu'un matériel présente au passage du courant. Son unité de mesure est l'ohm.

Une capacité est la faculté de pouvoir emmagasiner de l'énergie électrique. Son unité de mesure est le farad.

L'inductance est la faculté d'induire du courant dans un conducteur par l'expansion ou l'affaïssement d'un champ magnétique. Le henry est l'unité de mesure d'une capacité.

Chaque propriété électrique est identifiée par une abréviation, une unité de quantité SI et un symbole SI. Chaque unité de quantité SI peut être associée à un préfixe SI pour former des unités de mesure plus grandes ou plus petites. Ces préfixes ont aussi leurs symboles, lesquels peuvent être combinés à des symboles d'unité SI.

Un code de couleurs standard est utilisé pour indiquer la valeur de certaines composantes.

Les résistances sont des composantes qui limitent le passage du courant dans un circuit. Elles sont identifiées selon un code de couleurs à quatre bandes. Les trois premières bandes expriment la

valeur de la résistance. La quatrième bande indique la tolérance spécifiée par un manufacturier. La dimension de la résistance détermine son taux de puissance. L'unité de mesure pour la puissance est le watt.

Des résistances variables sont employées pour permettre des changements dans le courant d'un circuit.

Des condensateurs peuvent emmagasiner de l'énergie électrique. Trois considérations peuvent affecter la capacité d'un condensateur, soit le diélectrique employé, la dimension des plaques de métal et la distance entre ces plaques. Outre le taux de la capacité et le diélectrique employé, il est nécessaire de connaître la tolérance d'un condensateur et sa tension de service. Il y a beaucoup de façons différentes d'indiquer les valeurs d'un condensateur.

Les condensateurs électrolytiques sont polarisés. La polarité est bien marquée sur le condensateur. Dans un circuit, les condensateurs doivent être connectés dans la direction de la bonne polarité.

Des condensateurs variables servent à provoquer les changements dans l'opération des circuits C.A.

Les inducteurs sont des composantes qui créent l'inductance. Ils se comportent ainsi quand les champs magnétiques créés autour d'eux s'accroissent ou s'affaïssent.

Les transformateurs sont faits par le bobinage de deux inducteurs sur la même forme afin que leurs champs magnétiques se chevauchent.

Les diodes semiconductrices sont traitées comme des dispositifs actifs. Elles ont deux bornes. Les diodes permettent au courant de passer dans une direction seulement. Elles sont identifiées par un numéro de type du manufacturier. Le numéro de type de la plupart des diodes commence avec le préfixe 1N.

Les diodes à faible signal sont marquées avec trois bandes de couleur qui donnent leur numéro de type. Ces bandes indiquent aussi la cathode de la diode. Les diodes à faible signal sont utilisées pour des opérations à faible courant et à basse tension.

Les diodes à puissance ou redresseuses sont employées pour des besoins de gros courant ou de haute tension tels que les sources d'énergie pour changer du C.A. en C.C.

Les diodes à puissance ont normalement un numéro de type inscrit sur leurs boîtiers. La cathode d'une diode à puissance est identifiée par

une simple bande à moins que son symbole ne soit marqué sur le boîtier pointant vers la cathode.

Les transistors sont des dispositifs semiconducteurs qui servent à amplifier ou à générer des signaux. Ils ont trois bornes. Ils remplacent les tubes à vide dans la plupart des circuits électroniques.

Les transistors sont identifiés par un numéro de type du manufacturier. Les préfixes de numéro de type standard pour les transistors sont 2N, 2SA, 2SB et 2SC. Ces préfixes cependant ne sont pas toujours mentionnés sur le transistor. Les câbles des transistors sont indiqués pour leur part par un diagramme des broches dans les catalogues de spécifications des manufacturiers. Il y a plusieurs sortes de broches standard employées plus souvent que d'autres.

Les semiconducteurs spéciaux sont marqués et identifiés d'une manière semblable à la méthode utilisée pour les transistors. Leurs câbles également sont identifiés de la même façon.

Les circuits intégrés sont de petites composantes semiconductrices qui contiennent un grand nombre de transistors et de diodes. Ils peuvent remplacer beaucoup de composantes discrètes qui permettent de miniaturiser les appareils électroniques.

7.15 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Que signifie le terme «composante passive»?
2. Donnez trois exemples de composantes passives.
3. Définissez le terme «composante active».
4. Quelles sont les trois propriétés électriques qu'il faut connaître au sujet d'une résistance?
5. Comment pouvez-vous reconnaître ces propriétés en regardant une résistance?
6. Définissez les termes suivants:
 - (a) la force électromotrice,
 - (b) le courant électrique,
 - (c) la résistance,
 - (d) le courant alternatif,
 - (e) le courant continu,
 - (f) la fréquence.
7. Supposons qu'une résistance est marquée avec les bandes de couleur suivantes: jaune, violet, rouge et argent. Quelle est sa valeur indiquée et sa tolérance?
8. Quelle est la portée de la valeur actuelle de la résistance mentionnée à la question 7?
9. Quel rôle jouent les résistances dans les circuits électroniques?
10. Que signifie le terme «perte de puissance»?
11. Définissez les termes suivants:
 - (a) la capacité,
 - (b) un diélectrique,
 - (c) la tension de service.
12. Quelles sont les quatre choses qu'il faut savoir au sujet des condensateurs?
13. Expliquez comment vous pourriez déterminer ces quatre propriétés en regardant un condensateur.
14. Les six points de couleur sur un condensateur de mica sont les suivants: noir, brun, noir, brun, argent et rouge. Quelle est la valeur et la tolérance du condensateur?
15. Les cinq bandes de couleur d'un condensateur mylar sont: orange, orange, rouge, noir et jaune. Quelle est la tension, la capacité et la tolérance de ce condensateur?
16. Expliquez comment vous identifieriez un condensateur électrolytique.
17. Quel est le but des composantes variables telles qu'un condensateur variable ou une résistance variable?
18. Qu'est-ce qu'un transformateur?
19. Que signifie le terme «rapport de transformation»?
20. Quel est le but d'un inducteur dans un circuit électronique?
21. Quel est le but d'une diode semiconductrice?
22. Comment pouvez-vous faire la différence entre une diode à faible signal et une petite résistance?
23. Comment pouvez-vous faire la différence entre une diode à faible signal et une diode à puissance?
24. Quelles fonctions remplissent des transistors dans un circuit électronique?
25. Comment pourriez-vous déterminer les portées électriques et identifier les câbles d'un transistor?
26. Nommez deux autres dispositifs semiconducteurs identifiés de la même manière que les transistors.
27. Qu'est-ce qu'un «circuit intégré»?
28. Quels avantages possèdent des circuits intégrés sur des semiconducteurs ordinaires?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Certaines composantes passives sont
 - (a) des commutateurs, des fusibles et des transistors,
 - (b) des intermédiaires, des plaques de circuit imprimé et du fil,
 - (c) des condensateurs, des résistances et des inducteurs,
 - (d) des prises de courant, des leviers et des antennes.
2. Certaines composantes actives sont
 - (a) des diodes, des transistors et des R.C.S.,
 - (b) des condensateurs, des résistances et des inducteurs,
 - (c) des fusibles, des commutateurs et des distanceurs,
 - (d) des prises de courant, des leviers et des fils.
3. La force qui permet à un courant de passer dans un circuit est
 - (a) la force électromotrice,
 - (b) la résistance,
 - (c) la capacité,
 - (d) le courant lui-même.
4. L'unité de mesure de la force électromotrice est
 - (a) l'ohm,
 - (b) le farad,
 - (c) l'ampère,
 - (d) le volt.
5. Le courant continu
 - (a) change continuellement de direction,
 - (b) a la propriété de limiter le passage du courant,
 - (c) est constant en amplitude et en direction,
 - (d) est la mesure de la fréquence en hertz.
6. La capacité
 - (a) est l'unité de mesure de l'inductance,
 - (b) est la faculté d'emmagasiner de l'énergie électrique,
 - (c) est le passage d'un courant électrique,
 - (d) est la faculté d'emmagasiner de l'énergie magnétique.
7. Une résistance qui a les bandes de couleur suivantes: rouge, vert, orange et or, a la valeur de
 - (a) $1\ 500\ \Omega \pm 5\ \%$,
 - (b) $2\ 500\ \Omega \pm 5\ \%$,
 - (c) $25\ 000\ \Omega \pm 5\ \%$,
 - (d) $25\ 000\ \Omega \pm 10\ \%$.
8. Une résistance qui a les bandes de couleur suivantes: gris, rouge, rouge et argent, a une valeur de
 - (a) $8\ 200\ \Omega \pm 10\ \%$,
 - (b) $7\ 100\ \Omega \pm 10\ \%$,
 - (c) $82\ 000\ \Omega \pm 10\ \%$,
 - (d) $8\ 200\ \Omega \pm 5\ \%$.
9. La dimension physique d'une résistance détermine
 - (a) sa valeur en ohms,
 - (b) sa portée de puissance,
 - (c) son habileté à emmagasiner de l'énergie électrique,
 - (d) sa tolérance.
10. En achetant un condensateur, il est nécessaire de connaître
 - (a) sa tolérance,
 - (b) sa tension de service,
 - (c) sa capacité en farads,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.

TECHNIQUES DE CÂBLAGE MANUEL

8.1 QUAND FAIRE DU CÂBLAGE MANUEL ?

De nos jours, la plupart des appareils électroniques sont construits avec leurs principaux circuits montés sur une plaque de circuit imprimé. La production de masse des circuits imprimés s'avère moins coûteuse et plus précise, et facilite des assemblages plus compacts de petites composantes. Toutefois, ce ne sont pas toutes les composantes qui peuvent être montées ainsi. De grosses composantes doivent être montées habituellement en dehors du circuit imprimé à cause de leur poids lourd. C'est le cas par exemple des transformateurs. D'autres composantes comme les interrupteurs et les contrôles doivent être montées sur le devant ou à l'arrière des panneaux d'un châssis. Il faut alors recourir au câblage à la main pour interconnecter ces composantes montées au châssis avec des plaques de circuit pour compléter un système complet. On doit aussi procéder à du câblage manuel dans des appareils complexes où il faut connecter ensemble plusieurs plaques différentes de circuit imprimé. Il faut encore faire du câblage à la main pour assembler ensemble plusieurs appareils électroniques dans un ensemble beaucoup plus grand.

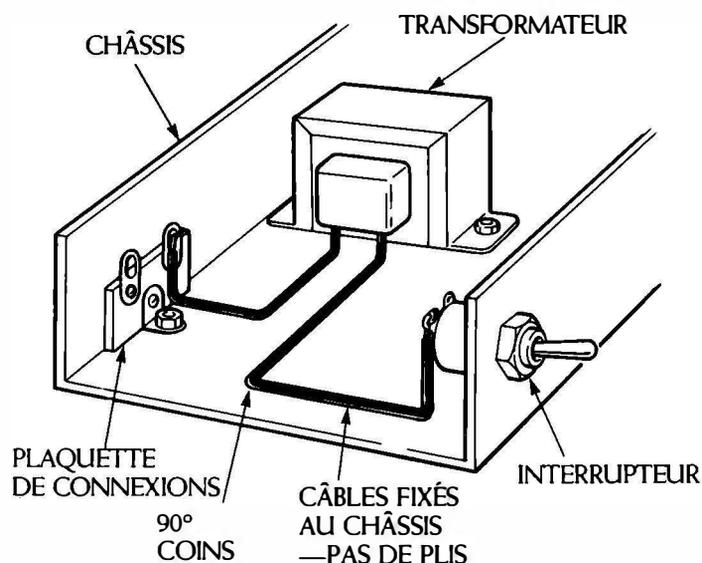
TECHNIQUES DE CÂBLAGE MANUEL

Lorsque vous faites du câblage à la main, vous devez suivre ces techniques:

1. Faites courir les fils au fond du châssis.
2. Chaque fil doit être suffisamment long pour rejoindre la borne à laquelle il est connecté.
3. Les fils doivent être droits, sans noeuds ni faux plis.
4. Tous les coins sont courbés à 90° avec les pinces appropriées.
5. Le câblage doit toujours passer sous les composantes, jamais au-dessus d'elles.
6. On emploie du fil de couleur selon le code reconnu.

Le câblage selon ces règles élémentaires est net et précis. On appelle cela le **dressage** des fils. Cette technique de câblage permet de suivre un circuit plus facilement si un problème se produit. La Figure 8-1 illustre justement la manière correcte d'installer des fils.

FIGURE 8-1 Un bon dressage de fils.



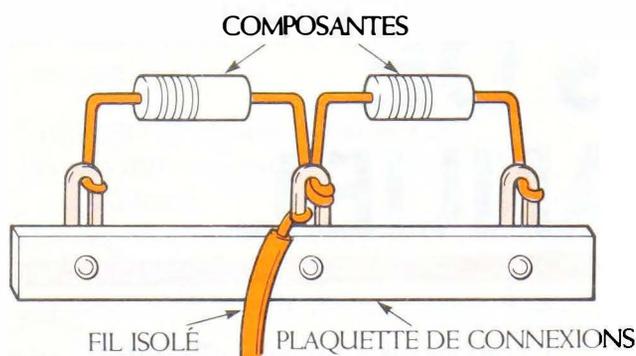
INSTALLATION D'UNE COMPOSANTE À CÂBLAGE

Il y a aussi quelques techniques à suivre quand des composantes sont reliées manuellement entre des bornes de soudure.

1. Les câbles doivent être aussi courts que possible.
2. Les câbles doivent être droits et non tortillés.
3. Courbez les câbles à un angle de 90°.
4. Les composantes sont normalement éloignées du châssis.

On fait exception à cette dernière règle dans le cas des gros condensateurs et des transformateurs. La Figure 8-2 montre quelques composantes qui ont été bien montées.

FIGURE 8-2 Composantes correctement montées.



CODE DES COULEURS DE FIL

On se sert de fil de connexion isolé pour le câblage manuel des circuits. L'isolant est coloré afin d'identifier la fonction du circuit. Le code des couleurs normalement employées est le suivant:

Noir	tous les liens à la terre et communs, ou les lignes C.C. négatives.
Brun	commun si le noir est employé pour une ligne C.C. négative; le brun est aussi employé pour une deuxième ligne C.A. à faible tension.
Rouge	de la haute tension C.C. positive.
Orange	deuxième plus haute tension C.C. positive.
Jaune	troisième plus haute tension positive (ou ligne de signal).
Vert	faible tension C.A. (moins de 50 V).
Bleu	très haute tension C.C. (au-dessus de 1 000 V); dans de l'équipement à faible tension, parcours à faible signal
Violet	non spécifié.
Gris	très faible C.A. ou signal C.C. ou contrôle de tension.
Blanc	tension de contrôle C.C. (impulsions de contrôle dans les circuits numériques).

Les manufacturiers n'emploient pas tous un même code de couleurs pour les fils. Chacun cependant utilise un code standard commun pour tout équipement qu'il produit. Dans des situations de câblage complexe comme celui d'un système téléphonique, il faut plus que neuf couleurs différentes.

8.2 HARNAIS DE FILS

Quand plusieurs fils doivent courir dans la même direction à l'intérieur d'un châssis ou entre des sous-châssis séparés, on les relie habituellement ensemble par un **harnais**. Vous pouvez voir ainsi un harnais sous le tableau de bord d'une automobile. Ici, plusieurs fils courent pour faire la connexion des différents accessoires de l'auto avec les interrupteurs sur le tableau de bord. Tous ces fils entrent dans le harnais à un endroit commode et le laissent au point le plus rapproché de la borne appropriée. La Figure 8-3 montre un harnais typique de fils.

FIGURE 8-3 Harnais typique de fils.

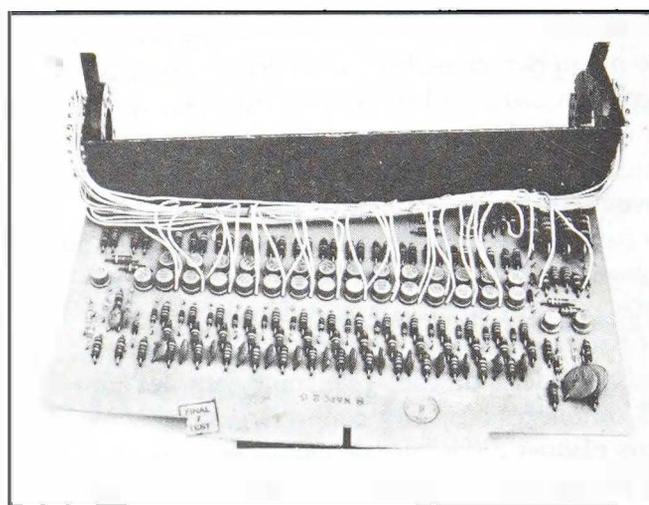


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

Les harnais de fils sont lacés ensemble avec de la forte corde de nylon. On les réunit au commencement du harnais et on les serre par un noeud carré. On assujettit aussi des points de blocage à différents intervalles le long du harnais. On appelle une **rupture** le point d'entrée ou de sortie d'un fil dans un harnais. Un point de blocage est noué de chaque côté d'une rupture. La Figure 8-4 illustre une rupture.

Quand plusieurs fils laissent un harnais au même point, on appelle ça une **branche** ou un embranchement (Figure 8-5). L'attache du harnais s'arrête juste avant l'embranchement, comme on le voit à la Figure 8-5. L'entrelacement continue à l'autre bout d'une des branches. Il est alors bloqué

FIGURE 8-4 Ruptures de hamais de câblage.

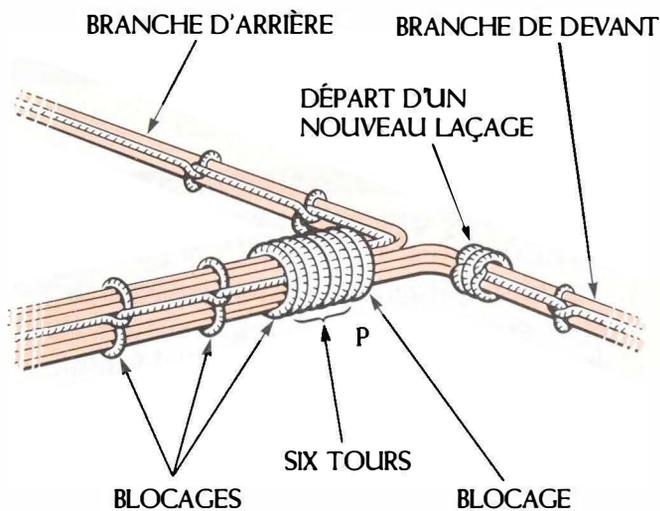
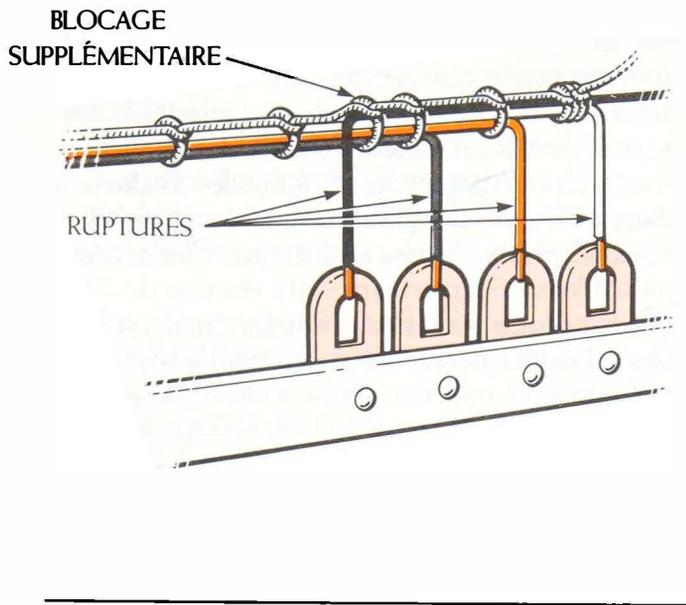
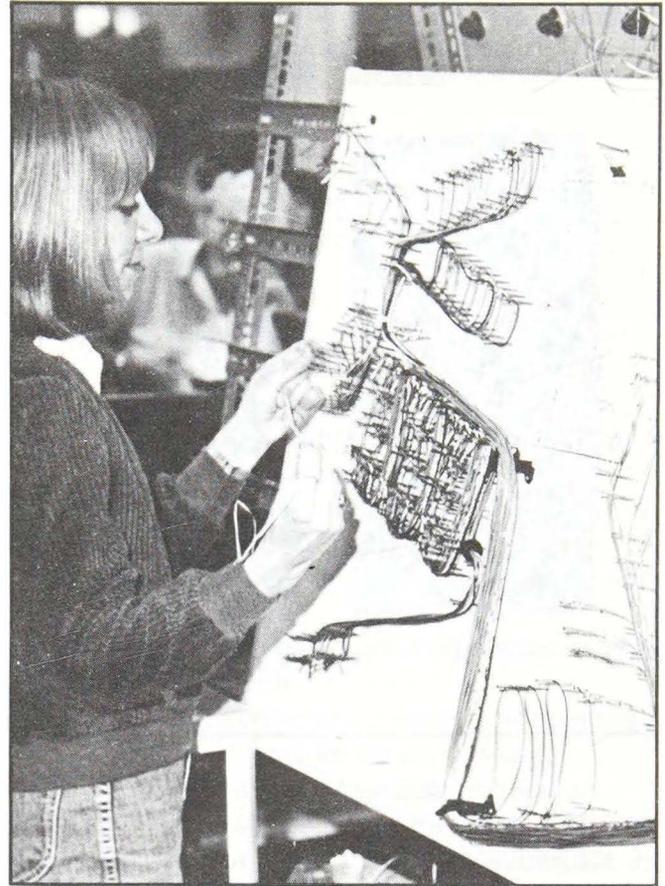


FIGURE 8-5 Embranchement d'un hamais de câblage.

par un noeud carré, tout comme au commencement. La seconde branche est liée avec une nouvelle corde. Cette corde est aussi employée au bout de l'embranchement.

Les hamais de câblage font du beau travail. Dans un équipement complexe, ils s'avèrent essentiels pour garder séparées les lignes de haute et de faible tension. Dans l'industrie, les hamais de câblage sont assemblés d'après un diagramme spécial par l'image qu'on appelle **diagramme de hamais**. On recourt à ces diagrammes pour construire des hamais complexes. On prépare un

FIGURE 8-6 Fabrication d'un hamais de câblage.



Communications ITT

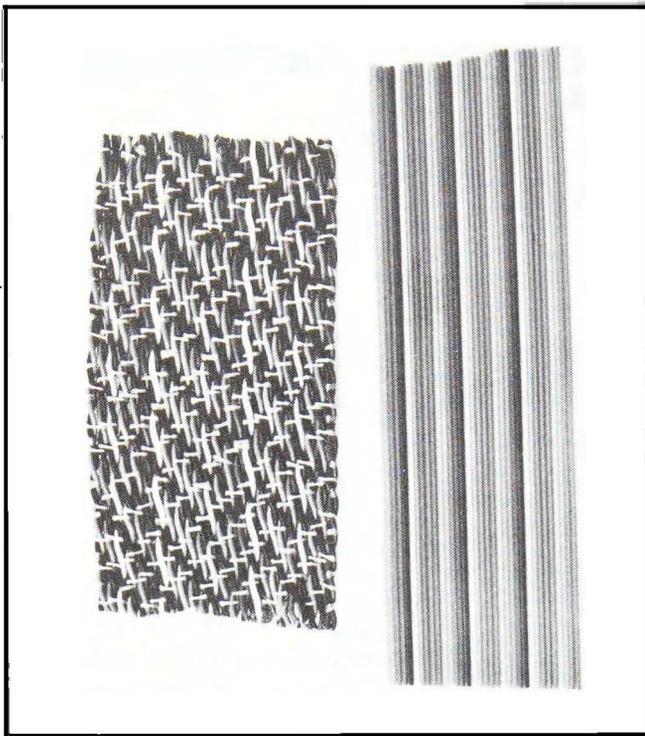
tableau avec des fiches de court-circuit à chacune des ruptures et des courbes (Figure 8-6). Une monteuse attache les fils aux fiches appropriées, puis lace le hamais ensemble.

CÂBLES DE RUBAN

Un nouveau venu relatif en électronique, le **câble de ruban**, a été développé dans l'industrie des ordinateurs. Ici, il faut interconnecter un grand nombre de conducteurs à plusieurs bornes et sous-châssis. On peut voir à la Figure 8-7 deux câbles de ruban typiques. L'un a sa couleur de code, tandis que l'autre a des connecteurs préassemblés. Ces câbles sont manufacturés avec leurs conducteurs couchés les uns les autres en parallèle. L'isolant de plastique sur les fils est moulé d'une seule pièce. Cela élimine la nécessité de lacer les fils.

FIGURE 8-7 Câbles de ruban.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.



CONSIDÉRATIONS SPÉCIALES AU SUJET DES HARNAIS

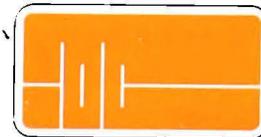
Les harnais gardent les fils proprement montés. Mais pour entrer ou laisser un harnais, certains fils doivent être un peu plus longs qu'il est nécessaire pour faire seulement une connexion. Tout conducteur offre une certaine résistance. Aussi, plus le fil est long, plus on ajoute de la résistance dans le circuit. On appelle cette résistance de la **résistance de ligne**. La plupart des circuits ne sont pas affectés par la résistance de ligne, mais d'autres le sont. Si un circuit est sensible à la résistance de ligne, le câblage «point par point» est préférable au harnais de câblage.

CAPACITÉ PARASITE

Plus tôt, vous avez appris qu'un condensateur est fait de conducteurs séparés par un isolant (diélectrique). Quand on fait un harnais, les conducteurs dans ce harnais sont très rapprochés, séparés uniquement par leur isolant. Un harnais de câblage alors ajoute de la capacité indésirée à un circuit. On appelle cela de la **capacité parasite** ou répartie. Dans les circuits de radio, la capacité parasite peut faire fonctionner incorrectement un circuit normal. On ne peut pas se servir de harnais de câblage là où de la capacité parasite peut affecter l'opération d'un circuit.

INDUCTANCE PARASITE

Un champ magnétique entoure tout conducteur qui transporte du courant. Comme pour un transformateur, tout changement dans le champ magnétique autour d'un conducteur peut affecter le passage du courant d'un autre conducteur dans le même champ magnétique. Comme les conducteurs dans un harnais de câblage sont très rapprochés ensemble, leurs champs magnétiques s'influencent mutuellement. On nomme cette réaction de l'**inductance parasite**. Dans les circuits sensibles à l'inductance, on ne se sert pas de harnais de câblage.



8.3 TÂCHES À FAIRE

1. Regardez les diagrammes de construction de votre projet. Décidez comment vous allez faire le câblage du matériel électrique. S'il faut un harnais de câblage, dessinez un diagramme de harnais de câblage, puis faites le harnais.
2. Une partie du câblage de votre projet doit être faite à la main. En vous servant des diagrammes de votre projet, dessinez un diagramme du câblage pour cette partie du circuit à faire manuellement. Assurez-vous d'indiquer la couleur de chaque fil que vous devez utiliser. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.
3. Procurez-vous les composantes qui doivent être montées de fils à la main. Vous vous êtes probablement bâti ou procuré auparavant un châssis, et vous avez monté toutes les composantes de matériel. Maintenant, construisez la portion de câblage manuel de votre projet. Assurez-vous de suivre le diagramme du câblage et le bon code des couleurs de fil. Assemblez correctement les fils et les câbles de composante. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

8.4 RÉSUMÉ

On recourt au câblage manuel pour de grosses composantes et pour des composantes montées sur les panneaux de devant et d'arrière d'un châssis. On fait aussi du câblage à la main pour interconnecter différentes plaques de circuit ou différents appareils à l'intérieur d'un même système électronique.

Les fils sont toujours assemblés au châssis. Les courbes sont faites à des angles de 90°.

Les câbles des composantes sont aussi rapprochés que possible des bornes auxquelles ils sont connectés. Les câbles doivent être très droits ou rigides, et leurs courbes à des angles de 90°.

Le câblage est de couleur selon son code conformément aux fonctions du circuit ou au niveau de tension.

Les harnais de câblage sont employés dans les projets complexes pour garder les fils propres et justes.

8.5 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Quand le câblage manuel est-il requis?
2. Nommez quatre composantes qui sont normalement reliées de fils à la main.
3. Que signifie le terme «dressage»?
4. Quelles sont les six techniques de câblage manuel?
5. Pourquoi pensez-vous qu'il est important de suivre un code de couleurs pour les fils?
6. Quelle couleur de fil emploie-t-on normalement pour (a) les lignes de plus haute tension positive C.C., (b) les lignes communes?
7. Quand peut-on faire un harnais de câblage?
8. Quand ne doit-on pas faire de harnais de câblage?
9. Définissez les termes suivants:
 - (a) capacité parasite,
 - (b) inductance parasite,
 - (c) résistance de ligne.

10. Dans un harnais de câblage, quelle est la différence entre une «rupture» et une «branche»?
11. Qu'est-ce qu'un «câble de ruban»?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. La plupart des appareils électroniques sont construits aujourd'hui
 - (a) sur du veroboard,
 - (b) avec des composantes de câblage manuel,
 - (c) sur des plaquettes de connexions,
 - (d) sur des plaques de circuit imprimé.
2. On se sert de câblage manuel pour
 - (a) interconnecter plusieurs plaques de circuit imprimé,
 - (b) interconnecter des composantes montées au châssis,
 - (c) interconnecter de grosses composantes à des plaques de circuit imprimé,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
3. Quand on fait du câblage manuel
 - (a) on fait courir tous les fils le long du châssis,
 - (b) on garde les fils rigides, avec des courbes de 90°,
 - (c) on se sert du bon code des couleurs de fil,
 - (d) on fait tout ce qui est mentionné ci-dessus.
4. Quand on fait du câblage manuel de composantes entre des bornes de soudure,
 - (a) tous les câbles doivent être aussi courts que possible,
 - (b) tous les câbles doivent être aussi longs que possible,
 - (c) on place les composantes au fond du châssis,
 - (d) on ne fait rien de ce qui est mentionné ici.
5. Le fil rouge est utilisé pour
 - (a) les liens communs et de terre,
 - (b) la faible tension C.A.,
 - (c) les très hautes tensions C.C. (au-dessus de 1 kV),
 - (d) la haute tension positive C.C.

6. Les harnais de câblage
 - (a) sont lacés avec de la forte corde de nylon,
 - (b) sont attachés au départ avec un noeud carré,
 - (c) font ressortir la netteté d'ensemble d'un appareil électronique complexe,
 - (d) contribuent à tout ce qui est dit ici.
7. Un câble de ruban
 - (a) est un type spécial de harnais de câblage,
 - (b) a été développé pour l'industrie des ordinateurs,
 - (c) est construit avec des conducteurs parallèles entre eux,
 - (d) est tout ce qui est mentionné ci-dessus.
8. Des conducteurs séparés seulement par de l'isolant agissent comme
 - (a) un condensateur,
 - (b) un inducteur,
 - (c) une résistance,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
9. Dans l'industrie, des harnais de câblage sont assemblés séparément grâce à un diagramme spécial qu'on appelle
 - (a) une monture de harnais,
 - (b) un tableau de court-circuit de harnais,
 - (c) un diagramme de harnais,
 - (d) un tableau d'embranchement.
10. Le procédé pour garder des fils proprement arrangés s'appelle
 - (a) le dressage des fils,
 - (b) mettre les fils en paquet,
 - (c) démêler les fils,
 - (d) l'emballage des fils.

LE SOUDAGE

9.1 POURQUOI SOUDER LES CONNEXIONS ÉLECTRONIQUES ?

On se sert presque exclusivement de câble de cuivre dans les circuits électroniques. Quoique le cuivre soit très conducteur, il réagit avec les produits chimiques dans l'air. Ces réactions corrodent le fil de cuivre, affaiblissant les connexions et diminuant la conductivité. C'est une raison pour laquelle les connexions sont soudées puisqu'une soudure ne se corrode pas facilement. Une autre raison est que les connexions soudées offrent moins de résistance au passage du courant. La soudure ajoute également une force additionnelle aux connexions.

9.2 SOUDURES ET PÂTES À SOUDER

La **soudure** est un alliage d'étain et de plomb. La proportion d'étain et de plomb dans une soudure peut varier. La **proportion** est le pourcentage d'un ingrédient dans une substance par rapport au pourcentage de l'autre. La proportion d'étain et de plomb dans une soudure détermine sa force et son point de fusion. Les proportions de soudure sont établies par deux nombres séparés par un trait. Le mélange normalement employé pour le soudage en électronique est de 60-40. Le premier nombre indique le pourcentage d'étain dans la soudure, tandis que le second indique le pourcentage de plomb.

Quand une soudure refroidit, elle passe par un état intermédiaire qu'on appelle l'état «plastique»

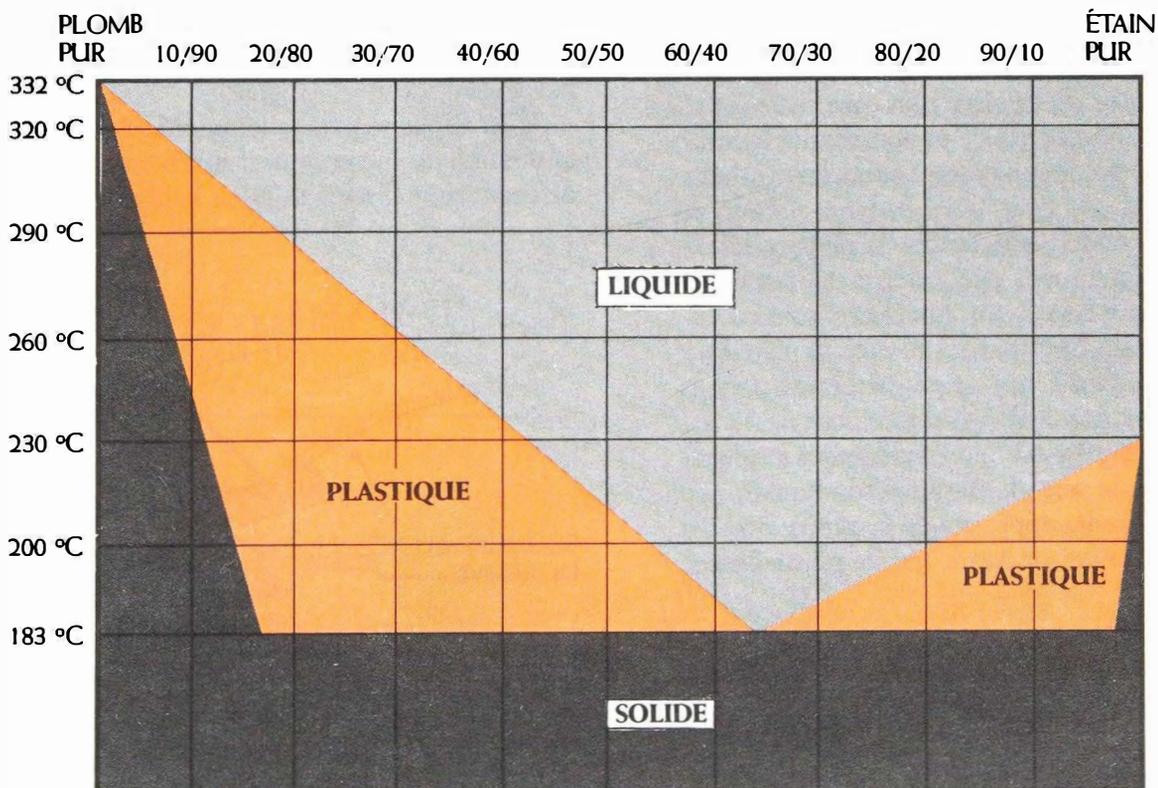


FIGURE 9-1 Les mélanges standard pour le soudage passent par un état plastique avant de devenir solides ou liquides.

(Figure 9-1). Pendant ce temps, si une connexion soudée se déplace même très peu, la soudure se cristallisera. Cela fera perdre alors à la connexion électrique les propriétés que vous essayez d'obtenir en soudant. Même si elle est douce, une soudure à 60-40 possède le point de fusion le plus bas et l'état plastique le plus court de tout mélange standard à souder. C'est la raison principale pour laquelle elle est utilisée dans la construction électronique. Des soldes à 70-30 et à 50-50 sont faites aussi quand il faut plus de force et que les parties à souder peuvent supporter la chaleur supplémentaire requise pour faire fondre les mélanges pour le soudage. La soudure est vendue sous forme de fil pour son usage dans le travail électronique.

PÂTES À SOUDER

Comme vous le savez déjà, le cuivre se corrode à l'air. L'application de chaleur pendant le procédé de soudage fait corroder le cuivre plus vite. Afin de prévenir cette corrosion, on emploie de la **pâte à souder** pour couvrir les connexions de fil pendant qu'on les chauffe. La pâte fond à une très basse température et s'étend rapidement autour des connexions pour chasser l'air. Cela aide aussi la soudure fondue à couvrir les connexions et à s'y fixer convenablement.

Il y a deux types disponibles de pâte à souder, mais une seule est employée en électronique. Il s'agit d'une **pâte de résine** non corrosive. Parce qu'elle est non corrosive et non conductrice, les résidus n'ont pas à être enlevés après le soudage.

Pour accommoder leurs clients, la plupart des manufacturiers fabriquent une soudure de fil spécialement conçue pour les travaux électroniques. Cette soudure a un noyau creux rempli de pâte de résine. Avec ce produit, il n'est pas nécessaire d'employer de la pâte de résine séparément de sorte que le soudage se fait plus rapidement et plus facilement. Si on se sert plutôt d'une soudure à noyau solide, il faudra appliquer de la pâte à souder sur chaque connexion avant qu'elle puisse être soudée.

9.3 L'ÉTAMAGE

L'**étamage** consiste à appliquer une mince couche de soudure sur une autre surface de métal.

L'étamage des pointes de soudure empêche la corrosion de se former sur elles. Comme la corrosion n'est pas un bon conducteur de chaleur, l'étamage assure aussi le transfert d'un maximum de chaleur dans le plus court temps possible. Avant de souder, assurez-vous que la pointe de soudure est douce, brillante et couleur d'argent. Si ce n'est pas le cas, vous devrez l'étamer. À cette fin, servez-vous d'une fine lime de métal pour enlever toute corrosion. Quand la pointe est douce, brillante et couleur de cuivre, recouvrez-la de pâte à souder. Puis réchauffez-la à la température nécessaire pour le soudage, pendant que vous y appliquez un peu de soudure. À mesure que la pointe se réchauffe, la pâte couvre la pointe et la soudure suit. Avec un linge humide ou une éponge, enlevez tout excès de soudure sur la pointe à souder. Agissez avec prudence, n'allez pas vous brûler. Dès que la pointe est refroidie, elle est bien étamée et prête à servir. On répète l'étamage aussi souvent que nécessaire.

Un type de pointe à souder est plaqué de fer. Ces pointes ne doivent pas être limées. Pour les étamer, il suffit de les essuyer avec une éponge humide pendant qu'elles sont chaudes et d'appliquer immédiatement une petite quantité de soudure. Enlevez tout excès de soudure comme auparavant. Assurez-vous d'avoir une pointe à souder plaquée; informez-vous auprès de votre professeur avant d'essayer de l'étamer. Si le revêtement de fer a été limé, la pointe à souder sera endommagée et s'érodera rapidement.

On applique parfois le procédé de l'étamage aux câbles de composantes, aux bornes et aux fils de connexion (Figure 9-2). Si le fil que vous utili-

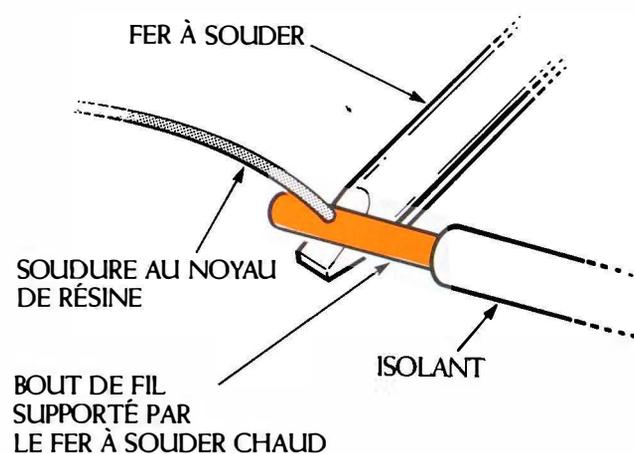


FIGURE 9-2 L'étamage d'un fil avant de le souder.

sez semble d'argent lorsque vous enlevez de l'isolant, c'est qu'il a été préétamé. Les bornes et les câbles déjà étamés sont plus faciles à souder.

Quelques composantes de matériel ont été placés d'autres métaux pour protéger leur surface de la corrosion. Si le placage est de béryllium, de nickel, d'or et d'argent, le soudage sera facile. Néanmoins, avec un placage de cadmium ce sera difficile. Heureusement, le cadmium n'est pas beaucoup employé. Si le soudage se fait difficilement, après avoir essayé de souder d'abord, grattez un peu de placage. Il faudra peut-être gratter le placage de zinc, quoique un peu plus de chaleur seulement suffira pour réussir le travail.

Les placages de béryllium, d'or et d'argent sont habituellement employés pour diminuer la résistance de quelque autre métal sous-jacent. Ne chauffez pas trop ces placages cependant, sinon vous les feriez disparaître.

FIGURE 9-3 Enroulements de fil.

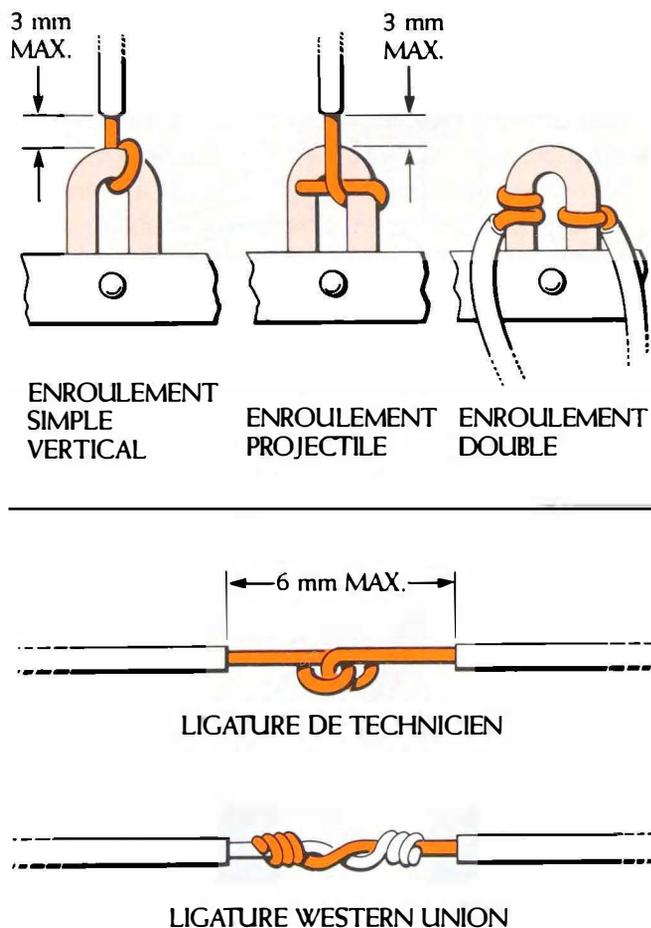


FIGURE 9-4 Ligatures de fil.

ENROULEMENTS ET LIGATURES DE FIL

La Figure 9-3 montre quelques façons d'enrouler le fil pour une soudure. L'enroulement simple est le plus commun, quoique l'enroulement projectile ajoute plus de force. La Figure 9-4 montre par ailleurs deux types de ligatures de fil. Même si ce n'est pas normal de ligaturer des fils en électronique, cela est parfois nécessaire quand on fait des réparations ou des changements de circuit.

9.4 PROCÉDÉ DE SOUDAGE

Le soudage est un procédé bien simple. Néanmoins vous avez besoin d'une certaine pratique pour «sentir» la soudure et réaliser quand vous avez bien réussi la soudure d'une connexion.

Avant de souder, il faut que toutes les surfaces soient bien nettoyées. Toute matière étrangère empêchera la pâte à souder et la soudure de couvrir la connexion. Après le nettoyage, la connexion (ou le joint) se fait mécaniquement. Il sera alors chauffé à une température qui fera fondre la soudure. Il est important que toutes les surfaces soient chauffées en même temps. La soudure doit couler d'une façon égale et rapide autour de toute la connexion. Pour réussir cela, la pointe chaude de la soudure est appliquée d'un côté du joint. La soudure au coeur de résine est appliquée sur le côté opposé. Comme les matériels se réchauffent, la pâte à souder fond d'abord et couvre le joint. Quand la température appropriée a été atteinte, la soudure coule alors autour du métal chaud. Cela se produit rapidement. Il ne faudra pas plus que 10 secondes pour compléter un joint de soudure. On retire le fil de soudure dès qu'une quantité suffisante a couvert la connexion. Puis on retire la pointe de soudure. La connexion soudée cependant ne doit pas être déplacée tant que la soudure n'est pas vraiment à l'état solide (Figure 9-5). Elle doit être douce et brillante, et couvrir les câbles. À la Figure 9-6, on peut voir une seule connexion qui a été faite convenablement. Pouvez-vous la reconnaître?

FIGURE 9-5 Le procédé de soudage.

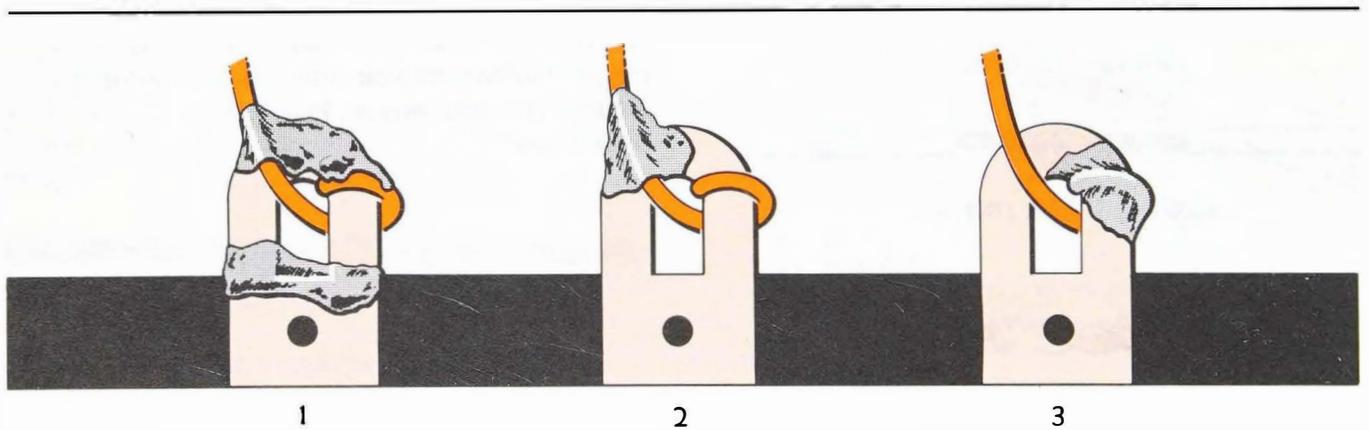
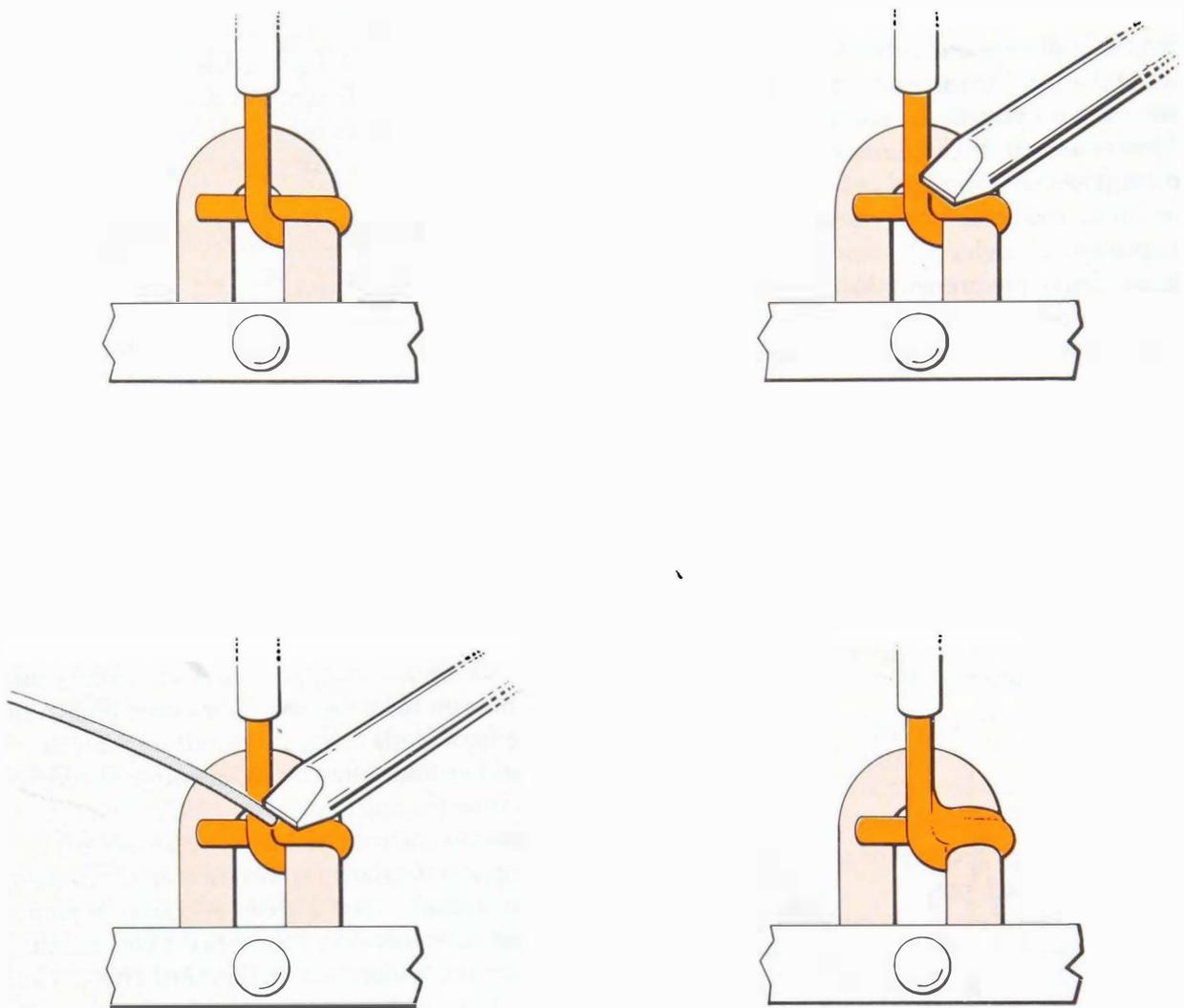


FIGURE 9-6 Laquelle de ces connexions a été la mieux réussie?

JOINTS FROIDS DE SOUDURE

Le plus grand problème du soudage est d'enlever la chaleur trop tôt. Cela empêche la soudure de se faire convenablement. Il en résulte ce qu'on appelle un **joint froid**. Une autre manière de produire un joint froid est d'appliquer la soudure directement sur la pointe de soudure plutôt que sur ce qui doit être soudé. On brûle alors le flux de soudure. Sans flux, la soudure ne peut couler et la connexion va se corroder. Lequel des exemples de la Figure 9-6 ressemble à un joint froid?

La première image de la Figure 9-6 montre ce qui se produit quand une connexion soudée a été déplacée avant que la soudure ait durci. La soudure est rude et cristalline. Cette troisième façon de créer un joint froid peut cependant se corriger en réchauffant momentanément le joint et en le laissant se refroidir comme il convient.

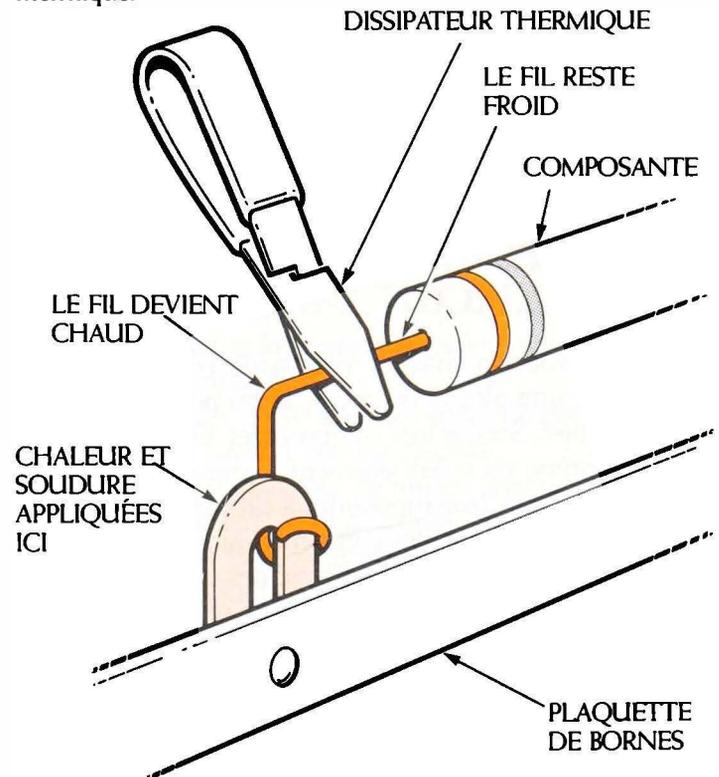
DISSIPATEURS THERMIQUES

Pendant le procédé de soudage, la chaleur de la pointe de soudure se propage rapidement le long de tous les conducteurs de métal. Certaines composantes électroniques, spécialement des semiconducteurs, peuvent facilement s'endommager si elles absorbent trop de chaleur. Afin de prévenir cela, on attache un **dissipateur thermique** entre le joint de soudure et la composante. N'importe quel dispositif métallique, comme une pince crocodile ou des pinces à long bec, peut servir de dissipateur thermique. Si ce dissipateur thermique est à ressort, les deux mains sont libres de procéder au soudage. S'il est attaché à un câble, le dissipateur thermique absorbera un peu de la chaleur qui se propage au câble. Cette chaleur absorbée sera habituellement suffisante pour prévenir tout dommage à la composante. La Figure 9-7 illustre justement le bon emplacement d'un dissipateur thermique pendant le soudage.

9.5 LE PROCÉDÉ DE DESSOUDURE

Dessouder est aussi important que souder. Supposons par exemple que vous faites une erreur dans le câblage de votre projet. Vous devez être capable de corriger votre erreur sans endommager les composantes. À l'usage, certaines composantes feront éventuellement défaut et il faudra alors les rempla-

FIGURE 9-7 Bon emplacement d'un dissipateur thermique.



cer. Des composantes en mauvais état doivent être dessoudées délicatement afin que d'autres composantes ne soient pas endommagées à leur tour. On doit faire une bonne dessoudure s'il faut installer de nouvelles composantes.

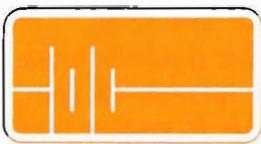
Une dessoudure est le procédé inverse du soudage. Toutefois, il est impossible d'enlever toute la soudure originale. Malgré tout, un nouveau joint pourra être fait si on enlève le plus de soudure que possible. Pour dessouder, suivez ces étapes:

1. Chauffez le joint jusqu'à ce que la soudure fonde.
2. Enlevez autant de soudure que possible. Cela peut être fait en employant un «aspirateur de soudure» ou tout autre outil approprié. Parfois, il est plus facile de faire tomber la soudure pendant qu'elle est chaude. À cette fin, essayez de frapper délicatement l'ouvrage sur le dessus de l'établi. Assurez-vous d'enlever la vieille soudure de l'intérieur du châssis.

3. En vous servant de pinces à long bec, dégagez le ou les câbles qui doivent être enlevés et déconnectez-les du joint.
4. Tout excès de soudure sur l'extrémité des câbles doit être enlevé aussi en répétant la procédure de la deuxième étape.

9.6 PLAQUES DE CIRCUIT IMPRIMÉ

Dans le prochain chapitre vous aurez l'occasion de fabriquer une plaque de circuit imprimé pour votre projet. Souder des composantes sur un circuit imprimé est essentiellement le même procédé que le soudage de composantes à câblage montées à la main. Toutefois, les joints mécaniques ne sont pas habituellement possibles avec des circuits imprimés. La force de votre soudure seulement devra tenir les circuits ensemble. Cela veut dire que votre soudure devra être particulièrement bonne. De plus, les conducteurs sur les plaques de circuit imprimé sont beaucoup plus délicats ou minces que les bornes et les fils de connexion d'un câblage fait à la main. Il faut prendre soin alors de ne surchauffer aucune des connexions. Les composantes électroniques qui ont des câbles très courts devront être protégées par un dissipateur thermique.



9.7 TÂCHES À FAIRE

1. Demandez à votre professeur plusieurs longueurs de fil de connexion. Faites trois ligatures de technicien. En suivant les bonnes techniques de soudage, soudez la première ligature. Puis soudez la deuxième ligature mais retirez un des fils avant que la soudure n'ait durci. Comparez cette ligature avec la première. Notez vos observations. Quant à la troisième ligature, appliquez la soudure sur la

pointe du pistolet à souder. Maintenant, essayez de faire prendre cette soudure à la ligature. Qu'est-ce qui se produit? Expliquez pourquoi. Comparez cette troisième ligature avec la première. Notez encore vos observations.

2. Demandez à votre professeur plusieurs composantes et une plaquette à quatre bornes. Assujettissez la plaquette de bornes à un rebut d'aluminium afin de faciliter votre travail. Montez les composantes sur la plaquette de bornes. Il doit y avoir au moins deux câbles connectés à chaque borne. Connectez un morceau de fil de connexion entre les deux bornes extérieures. Faites le dressage approprié des câbles et des fils. Faites aussi un enroulement projectile à au moins une des bornes. À présent, soudez toutes les connexions comme il faut. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail. Vous devrez peut-être reprendre le soudage de ces connexions avant que les joints de soudure soient acceptables. Conservez ce morceau de pratique fini. Vous vous en servirez encore pour la Tâche 4.
3. Vous avez déjà fabriqué la portion de câblage manuel de votre projet. Revérifiez votre propre câblage et assurez-vous qu'il est correct. Soudez alors toutes les connexions. Demandez à votre professeur de vérifier et de noter votre travail.
4. Prenez le morceau de pratique de la Tâche 2. Dessoudez avec soin toutes les composantes et nettoyez les bornes de tout excès de soudure. Quel type d'enroulement est le plus facile à dessouder? Écrivez une brève note en faisant la liste des opérations que vous avez accomplies, de toutes les difficultés rencontrées et de vos dernières observations. Avez-vous endommagé quelque composante? Avez-vous fait fondre l'isolant d'un fil de connexion? Demandez à votre professeur d'examiner tout votre travail.

9.8 RÉSUMÉ

Le soudage empêche l'oxydation des joints de soudure. Il facilite également la conductivité électrique de la connexion.

Une soudure est un alliage d'étain et de plomb. Une soudure à 60-40 est composée de 60 % d'étain et de 40 % de plomb. On fait habituellement de la soudure à 60-40 en électronique parce qu'elle possède le point de fusion le plus bas et l'état plastique le plus bref de toutes les soudures standard. Elle a aussi le moins de force.

On emploie de la pâte à souder afin de prévenir l'oxydation des surfaces de métal pendant qu'on les chauffe à la température requise de la soudure. C'est d'une pâte non corrosive qu'on appelle pâte de résine qu'on se sert en électronique. La meilleure forme de fil de soudure a un noyau creux rempli de résine.

Les techniques de soudage et de dessoudure doivent être suivies avec soin.

On doit prendre plus de soin lorsqu'on soude sur des plaques de circuit imprimé.

9.9 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Nommez trois raisons pour lesquelles on soude des connexions électriques.
2. Que signifie le terme «alliage»?
3. Quelle est la proportion d'alliage la plus fréquemment employée pour une soudure électronique? Pourquoi?
4. Quels sont les deux effets que vous obtiendriez sur une soudure en changeant la proportion d'étain et de plomb?
5. Soulignez les étapes à suivre pour une bonne soudure de connexion.
6. À quoi ressemble une bonne soudure de connexion?
7. Quelles sont les trois causes communes de mauvaises connexions?
8. Dans les conditions normales, quel est le temps maximum nécessaire pour chauffer une connexion?
9. Soulignez les étapes à suivre pour dessouder des connexions de câbles.
10. Pourquoi faut-il parfois dessouder?

11. Quelle attention particulière doit-on apporter au soudage sur une plaque de circuit imprimé?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Le fil de cuivre
 - (a) est employé presque exclusivement en électronique,
 - (b) réagit à l'air avec des produits chimiques,
 - (c) est un très bon conducteur,
 - (d) est ou fait tout ce qui est mentionné.
2. La corrosion du fil de cuivre peut
 - (a) faire lâcher des connexions,
 - (b) réduire la conductivité,
 - (c) causer (a) et (b) ci-dessus,
 - (d) ne causer ni (a) ni (b).
3. L'alliage normal employé en électronique est
 - (a) à 40-60,
 - (b) à 60-40,
 - (c) à 50-50,
 - (d) à 70-30.
4. La pâte à souder est employée pour
 - (a) empêcher le cuivre de se corroder,
 - (b) renforcer les connexions,
 - (c) permettre au courant de passer plus facilement,
 - (d) ne rien faire de ce qui est mentionné ici.
5. La chose la plus importante à faire avant de faire une soudure
 - (a) est de procéder à une connexion mécanique,
 - (b) est de mettre la pâte corrosive sur la connexion,
 - (c) est de nettoyer toutes les surfaces à souder,
 - (d) est d'étamer les zones avec de la soudure.
6. L'étamage de la pointe de soudure
 - (a) prévient la corrosion de la connexion,
 - (b) assure un transfert maximum de chaleur,
 - (c) vous permet de souder plus vite,
 - (d) permet tout ce qui est mentionné ici.
7. Si du soudage est difficile sur une surface, vous pouvez parfois améliorer vos résultats en
 - (a) frappant la surface,
 - (b) grattant la surface,
 - (c) couvrant la surface,
 - (d) peignant la surface à souder.

8. En soudant, la pointe de l'outil de soudage est appliquée d'un côté de la connexion et la soudure
- (a) est appliquée du même côté,
 - (b) n'est pas appliquée tant que le joint n'a pas refroidi,
 - (c) est appliquée avant la pâte,
 - (d) est appliquée du côté opposé.
9. Les joints froids de soudure sont causés
- (a) en retirant la chaleur trop tôt,
 - (b) en déplaçant le joint avant que la soudure refroidisse,
 - (c) en appliquant de la soudure sur la pointe à souder,
 - (d) en ne faisant rien de ce qui est dit ici.
10. Pour empêcher la chaleur d'endommager des composants électroniques lorsque vous soudez, vous devez vous servir
- (a) d'un bassin,
 - (b) d'un refroidisseur d'eau,
 - (c) d'un dissipateur thermique,
 - (d) d'un chargeur de batterie.

CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

Une **plaque de circuit imprimé** permet de monter des composants beaucoup plus rapprochés l'une de l'autre que le câblage à la main conventionnel. Dans l'industrie, on n'emploie presque exclusivement que des plaques de circuit imprimé. Beaucoup de plaques identiques en effet peuvent être imprimées à partir d'un seul ensemble de diagrammes. Cela permet une production de masse beaucoup moins coûteuse que si toutes les plaques étaient assemblées entièrement à la main.

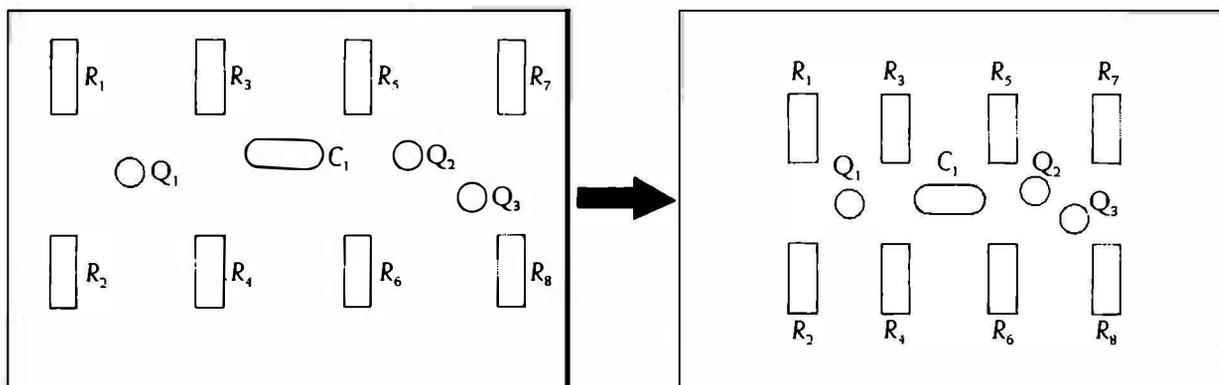
Les plaques de circuit imprimé sont faites d'une épaisse couche de matériel isolant, habituellement de fibre de verre ou de phénol. Ce matériel a une très mince couche de cuivre plaqué d'un côté et parfois des deux côtés dans certaines circonstances. On utilise davantage la plaque plus résistante de fibre de verre. La plaque de phénol est moins coûteuse, mais tend à gondoler facilement.

La conception d'un tracé de circuit imprimé exige beaucoup d'attention dans les détails. Il faut dessiner d'abord des diagrammes de tracé de patron de feuille métallique et des pièces précises. La plaque terminée doit être exacte afin que toutes les composantes puissent y être fixées.

10.1 DESSIN D'UN DIAGRAMME DE TRACÉ DES PIÈCES AVEC UN SCHÉMA

Deux diagrammes de tracé par l'image sont d'abord nécessaires avant de pouvoir imprimer une plaque de circuit. Il faut un diagramme de tracé des pièces ainsi qu'un diagramme de tracé d'un patron de feuille métallique. Ces deux diagrammes sont normalement dessinés de dimension précise.

Pour entreprendre un diagramme de tracé des pièces avec un schéma, vous avez besoin des composantes qui doivent servir à votre projet, ou tout au moins une liste de leurs dimensions extérieures. Placez un morceau de papier à calquer sur le diagramme schématique. Sur ce papier, dessinez le contour de chaque composante au-dessus de son symbole schématique. Votre nouveau dessin maintenant donne la forme exacte, la dimension et la position des composantes sur la plaque de circuit. Toutefois, les configurations de composante sont probablement trop espacées pour un tracé de patron de feuille métallique. D'habitude on fait de gros schémas pour les lire facilement.



CONTOURS DES COMPOSANTES DESSINÉES SUR DU PAPIER À CALQUER PLACÉ SUR UN SCHÉMA.

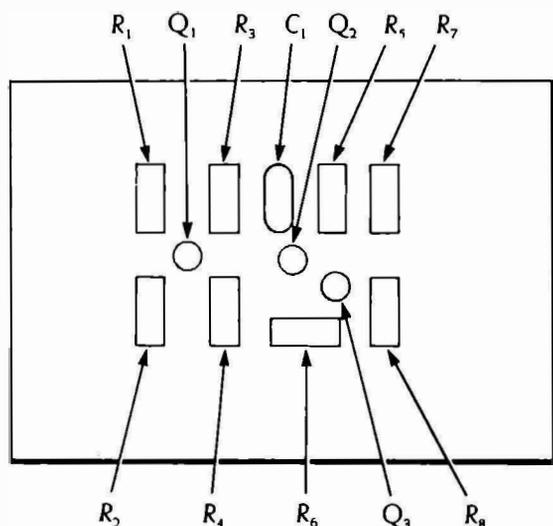
DIAGRAMME DE TRACÉ DES PIÈCES FAIT EN DESSINANT LES CONTOURS DES COMPOSANTES PLUS RAPPROCHÉES L'UNE DE L'AUTRE.

FIGURE 10-1 Réalisation d'un diagramme de tracé des parties ou des pièces.

Sur un deuxième morceau de papier, redessinez légèrement les contours des composantes, mais cette fois cependant rapprochez-les autant que possible les uns les autres. Assurez-vous de les laisser dans leur même position relative (Figure 10-1). Cela peut vous sembler confus d'abord, mais à l'essai vous trouverez tout cela une simple procédure. Dès que vous avez fini examinez attentivement votre diagramme. Pouvez-vous sauver encore plus d'espace en déplaçant juste un peu vos composantes, ou en les tournant à 90°? Comparez la Figure 10-2 avec la Figure 10-1. Remarquez qu'en déplaçant quelques pièces, la zone occupée par les composantes peut être réduite. Faites autant de changements que possible pour économiser de l'espace pourvu qu'il vous en reste assez pour travailler.

Avez-vous une idée maintenant de la dimension de votre plaque de circuit? Aussi dessinez un contour rectangulaire autour du tracé des pièces. Laissez une marge de 5 à 10 mm autour des

FIGURE 10-2 Comparez ce diagramme de tracé des pièces avec la Figure 10-1. Remarquez que C_1 et R_6 ont été retournés pour éliminer de l'espace inutilisé.



pièces. Cette marge vous donnera l'espace nécessaire plus tard pour percer les trous de montage ou de fixation. Elle vous permettra également de tasser encore les composantes s'il vous faut plus d'espace pour les chemins conducteurs sur le patron de feuille métallique.

Ce diagramme de tracé des pièces illustre l'exacte dimension et le tracé de votre plaque de circuit fini.

10.2 DESSIN D'UN DIAGRAMME DE TRACÉ DES PIÈCES SELON LES BESOINS PHYSIQUES

Il y a parfois très peu d'espace disponible à l'intérieur d'un châssis. C'est souvent le cas si un dispositif électronique doit aller à l'intérieur d'une machine quelconque. Comme l'espace est limité, les composantes devront être placées sur la plaque de circuit à n'importe quel endroit où cela conviendra.

Pour dessiner un diagramme de tracé des pièces quand l'espace est limité, tracez sur un morceau de papier un contour de la dimension exacte de la plaque de circuit. Déposez à l'intérieur du contour les composantes qui serviront à votre circuit. Essayez de les placer pour qu'elles fassent votre affaire. Laissez toutefois assez d'espace pour les trous de montage. Essayez aussi de laisser une marge de 5 mm autour du périmètre si possible.

Quand vous avez réussi à placer toutes les composantes là où elles conviennent le mieux, dessinez un contour exact de chaque pièce dans sa position précise. Vous obtiendrez ainsi un diagramme du tracé des pièces.

RESTRICTIONS SPÉCIALES

En dessinant n'importe quel diagramme de tracé des pièces, il y a certaines restrictions quant à la position de quelques composantes. On montera les plus grosses composantes en dehors de la plaque de circuit. On pourra faire le câblage à la main plus tard. La chaleur peut être aussi une cause d'embêtement. Certaines composantes génèrent beaucoup de chaleur, surtout lorsqu'elles sont enfermées. Les résistances de puissance en sont un bon exemple. Ces composantes productrices de chaleur ne doivent pas être près d'autres composantes sensibles à la chaleur comme les semiconducteurs. Elles pourront être montées parfois un peu au-dessus de la plaque de circuit afin de permettre à l'air de circuler librement autour d'elles. Si cela

n'est pas possible, il sera peut-être nécessaire d'attacher un dissipateur thermique permanent, mais il faudra prévoir de l'espace additionnel à cet effet.

Une troisième restriction s'impose en ce qui concerne les composantes qui peuvent être sensibles aux champs magnétiques. Supposons par exemple qu'une résistance ou toute autre composante émettrice de faible signal soit placée près d'une composante à gros courant C.A. Le champ magnétique créé par le courant C.A. peut induire des parasites ou quelque bourdonnement dans le signal. S'il n'est pas possible de séparer adéquatement ces composantes, celles à faible signal devront être protégées du champ magnétique. Cela peut être fait en enfermant une partie du circuit dans une enceinte d'acier ou de fer-blanc connectée au câble de mise à la terre commun. Ce type de bouclier électronique est utilisé pour la plupart des appareils de télévision, les récepteurs de communication et les transmetteurs. Mais vous ne devriez pas avoir ce problème avec votre projet.

10.3 PATRON DE FEUILLE DE MÉTAL

Le **patron de feuille métallique** est dessiné en plaçant un morceau de papier à calquer sur le diagramme de tracé des pièces. On peut voir alors le contour des pièces à travers le papier. En sui-

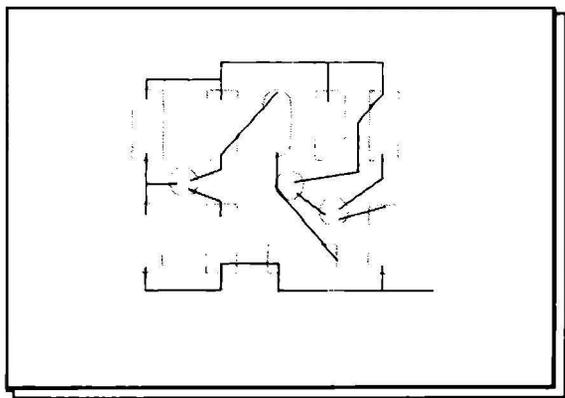


FIGURE 10-3 Dessin de chemins conducteurs pour le patron de feuille métallique.

vant le diagramme schématique, tracez une ligne au crayon entre chacune des composantes à connecter. Ces lignes indiquent les chemins de parcours du circuit imprimé. Si vous n'avez pas modifié la position de plusieurs pièces, vos lignes ressembleront sensiblement à celles du schéma. Le point important est que toutes les composantes soient connectées exactement comme elles le sont sur le schéma lui-même. Des lignes qui se croisent sur le schéma ne peuvent pas se croiser sur le patron de feuille métallique. Les lignes de connexion sur le patron de feuille peuvent être tracées à travers le contour des pièces puisque les pièces seront sur le dessus de la plaque de circuit tandis que les conducteurs seront situés au fond. Les Figures 10-3 et 10-4 illustrent cette technique.

Dans certaines circonstances, il ne sera probablement pas possible de faire courir des conducteurs sous des pièces ou d'empêcher des lignes de se croiser. Dans ce cas, on devra installer un fil volant sur le dessus de la plaque. Cette technique exige cependant de la soudure supplémentaire, ce qui ne doit être fait qu'en dernier ressort. On

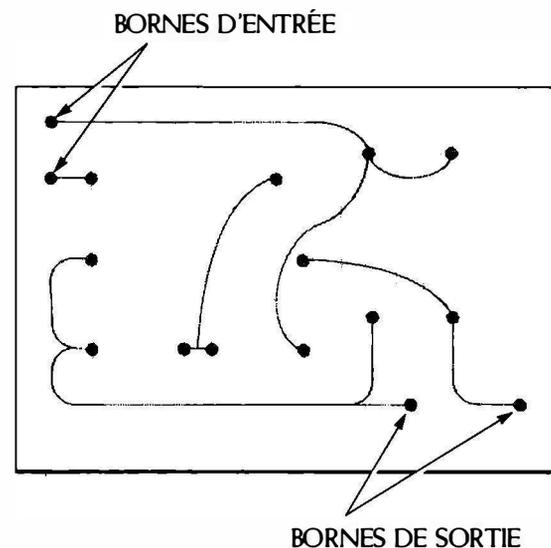
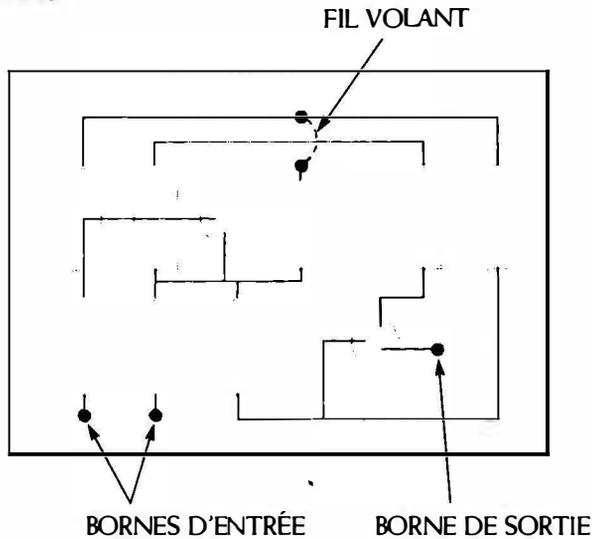


FIGURE 10-4 Des conducteurs peuvent être installés sous des pièces afin d'éliminer la nécessité de fils volants.

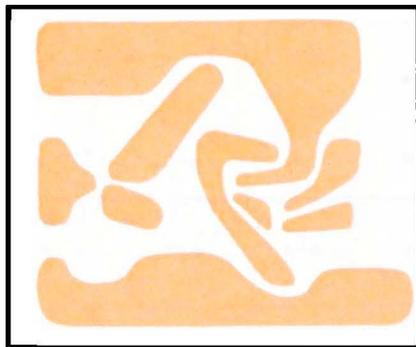
arrête la ligne de patron de feuille avant qu'elle ne touche une autre ligne, puis on la continue de l'autre côté de la ligne qui est sur son chemin. On fait une ligne pointillée pour joindre les deux parties de la même ligne qui marque l'emplacement du fil volant. Celui-ci doit être dessiné comme une ligne forte sur le diagramme de tracé des pièces. Vous pouvez voir ce genre de connexion volante à la Figure 10-5.

FIGURE 10-5 Pointillé indiquant une connexion volante.



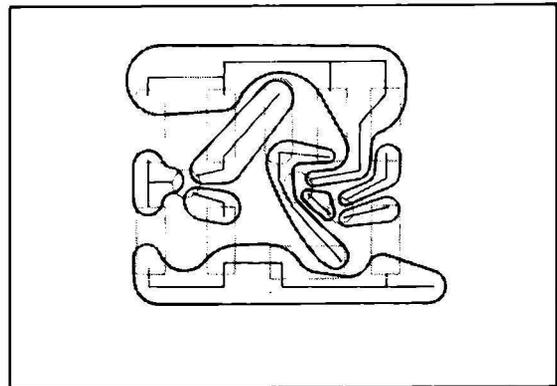
DÉCOUPAGE DU PATRON DE FEUILLE

Dès que les lignes conductrices ou les chemins de parcours ont été dessinés sur le patron de feuille métallique, on dessine la dimension actuelle et la forme des conducteurs de cuivre, qu'on appelle parfois des îles. Les périmètres des conducteurs



PATRON DE FEUILLE FINI—
CÔTÉ DES COMPOSANTES

FIGURE 10-6 Quand les lignes des chemins conducteurs sont dessinées, les périmètres des conducteurs se distinguent bien.



sont bien indiqués afin de couvrir autant d'espace que possible. Ils ne doivent pas cependant se toucher (Figure 10-6). Quand les contours ont été bien indiqués, cela peut aider d'ombrager leurs zones. Il est plus facile ainsi de reconnaître ces zones lorsqu'on renverse le patron de feuille métallique. Rappelez-vous en effet que le patron de feuille doit être renversé afin de montrer le patron du côté conducteur (Figure 10-7).

FIGURE 10-7 Le patron de feuille métallique doit être renversé pour montrer le patron du côté conducteur de la plaque de métal.



PATRON DE FEUILLE RENVERSÉ
POUR MONTRER LE CÔTÉ CONDUCTEUR.

10.4 IMPRESSION DE LA PLAQUE DE CIRCUIT

Le procédé d'«impression» d'une plaque de circuit implique le transfert du patron de feuille sur la feuille plaquée de cuivre d'une plaque non imprimée. On transfère le patron sur la feuille de cuivre avec un produit qu'on appelle **revêtement isolant**. Ce revêtement isolant est tout matériel qui peut résister à la réaction chimique employée pour enlever le cuivre indésiré.

PHOTOGRAVURE INDUSTRIELLE

On utilise différentes méthodes pour l'impression du revêtement isolant sur la feuille de cuivre. Dans l'industrie, on recourt à un procédé photographique (Figure 10-8). Le cuivre est sensibilisé avec une mince couche de revêtement isolant de plastique photosensible. Il faut laisser sécher la couche de revêtement isolant. Pendant ce temps a lieu le développement d'un négatif noir et blanc pleine grandeur du patron de la feuille de métal. On place alors le négatif sur le revêtement sec d'isolant. Ce «sandwich» est maintenant exposé à la lumière ultraviolette. Le négatif est opaque sauf pour le patron de feuille. La lumière passe à travers le patron et expose le revêtement photosensible d'isolant en dessous. Où la photo-résine est exposée à la lumière, elle devient insoluble. Le

revêtement isolant protégé par les parties noires du négatif n'a pas changé. On développe alors la plaque de circuit avec le négatif, puis on la lave et on la fait sécher, exactement comme une photographie. Par la suite, la plaque de circuit est décappée. Le **décapage** est le procédé qui consiste à enlever tout le cuivre inutile par une action chimique. La méthode de photogravure industrielle coûte cher et prend du temps pour une plaque de circuit seulement. Pour la production de masse au contraire, cette méthode est rapide, précise et plus économique que toute autre méthode parce que le négatif peut servir indéfiniment.

IMPRESSION DIRECTE

Pour l'amateur, l'étudiante ou le technicien en dessin industriel qui veut produire une seule plaque de circuit, il y a des méthodes directes plus faciles et plus économiques que la photogravure. On peut se procurer des matériels de revêtement isolant dans des formes préfabriquées, d'épaisseurs variées de ruban à l'épreuve des produits chimiques, et en liquide. Vous pouvez aussi utiliser du poli pour les ongles si vous êtes habile et si vous avez un pinceau fin. Ces matériels de revêtement isolant sont mis directement sur le cuivre après que celui-ci a été nettoyé. Si on emploie du revêtement isolant liquide, il doit être égal et épais partout. Il doit être aussi bien sec avant que la plaque ne soit déposée dans une solution de décapage.

Un des revêtements isolants les plus simples et les plus faciles à utiliser est le ruban à masquer. Si le ruban est large, il y a un peu plus de joints et moins de chance que la solution de décapage «attaque par en dessous». On place alors le patron de feuille au-dessus du ruban à masquer avec un morceau de papier carbone en dessous. En contournant les conducteurs avec soin, on copie un patron exact sur le ruban à masquer. Ce patron peut être alors découpé avec un couteau de métier. On enlève ensuite le ruban à masquer au-dessus du cuivre dont on n'a pas besoin. On laisse couvertes les îles de cuivre. On presse fermement le ruban à masquer afin de s'assurer que l'air ne pénètre pas en dessous. La plaque de circuit est maintenant prête pour le décapage.

PRÉPARATION DE LA PLAQUE DE CIRCUIT

Le placage de cuivre sur la plaque de circuit est généralement recouvert d'une mince couche de laque pour empêcher la corrosion. Cette couche de

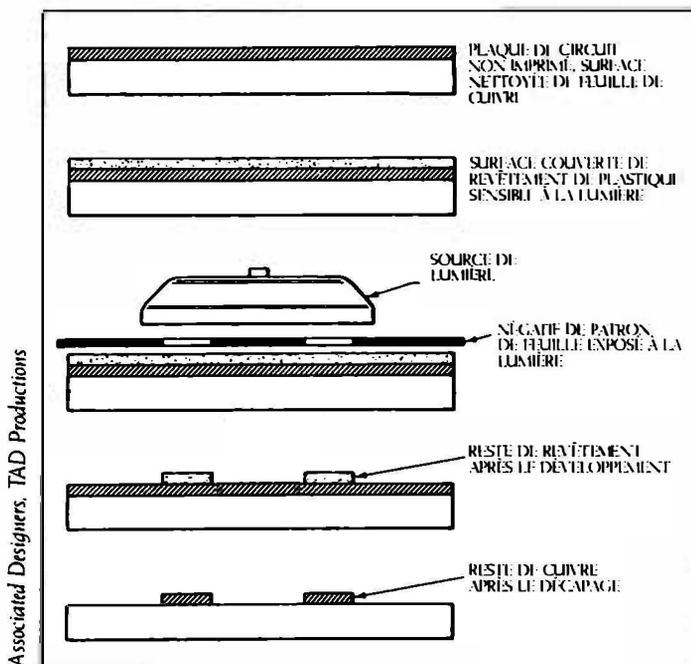


FIGURE 10-8 Photogravure industrielle.

vernis doit être ensuite enlevée avec une fine laine d'acier ou du nettoyeur. Dès que cette couche a été enlevée, le cuivre se corrodéra très rapidement. Assurez-vous de ne pas toucher le cuivre avec vos doigts, sinon les produits chimiques sur votre peau pourraient laisser vos empreintes de doigts dans le cuivre. De plus, le revêtement isolant ne se fixera pas bien. Dès que la feuille de cuivre a été nettoyée, il faut appliquer le revêtement isolant aussitôt que possible.

LE DÉCAPAGE

On décape le cuivre dont on n'a pas besoin en plaçant la plaque de circuit dans une solution de chlorure ferrique ou de persulfate d'ammoniac. La Figure 10-9 montre le procédé de base du décapage. Il faut agir avec prudence quand on travaille avec ces produits chimiques. Portez un masque protecteur pour vos yeux ainsi que des gants et un costume protecteur. Faites attention de ne pas

LA FINITION D'UNE PLAQUE DE CIRCUIT

Dès que la plaque de circuit a été décapée, il faut la retirer avec soin de la solution de décapage puis la laver immédiatement à l'eau claire. Quand toute la solution a été enlevée, vous faites sécher la plaque.

En recourant au diagramme de tracé des pièces, marquez tous les trous qui doivent être percés sur le revêtement isolant. Percez tous les trous pour les câbles des composantes et les trous de fixation. Enlevez le revêtement isolant avec la solution que votre professeur vous fournira. Prenez garde de ne pas toucher aux îles de cuivre. Si elles se corrodent, vous ne serez plus capable de faire du soudage sur elles. Employez de la fine laine d'acier pour polir le cuivre s'il reste des marques dessus.

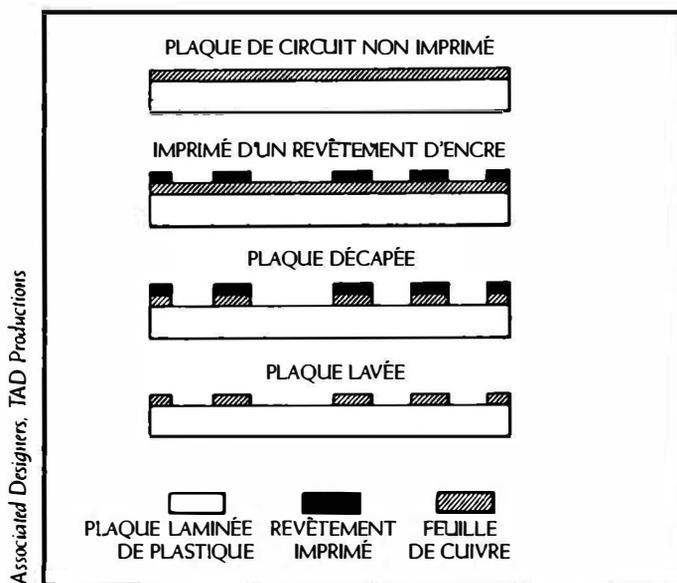


FIGURE 10-9 Procédé de base du décapage.

éclabousser ni de renverser la solution de décapage. Si cela vous arrive, nettoyez-la immédiatement. Personne ne doit être autour d'un réservoir de solution de décapage, sauf celui ou celle qui y plonge ou en retire les plaques. C'est un endroit dangereux pour flâner ou jouer aux mains!

Les plaques devraient être prêtes entre 5 à 20 minutes, selon les produits chimiques employés et la température de la solution de décapage. Votre professeur vous donnera des instructions spécifiques concernant le procédé de décapage à votre atelier.

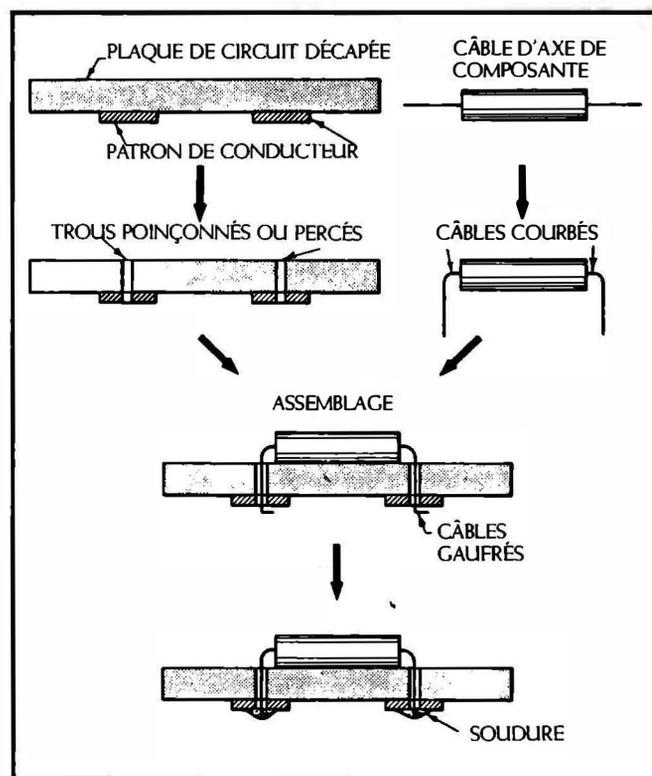


FIGURE 10-10 Perçage de la plaque de circuit et montage des composantes.

Montez toutes les composantes selon votre diagramme de tracé des pièces. Vérifiez comme il faut afin que toutes les composantes soient bien à leur place. Des composantes polarisées doivent être orientées dans la bonne direction. La plaque de circuit est maintenant prête pour le soudage.

10.5 SOUDURE D'UNE PLAQUE DE CIRCUIT

Avant de souder des composants à une plaque de circuit, faites une connexion mécanique et dégarnez l'excès de longueur de câble.

FIGURE 10-11 Deux méthodes pour assujettir des composants avant de les souder.

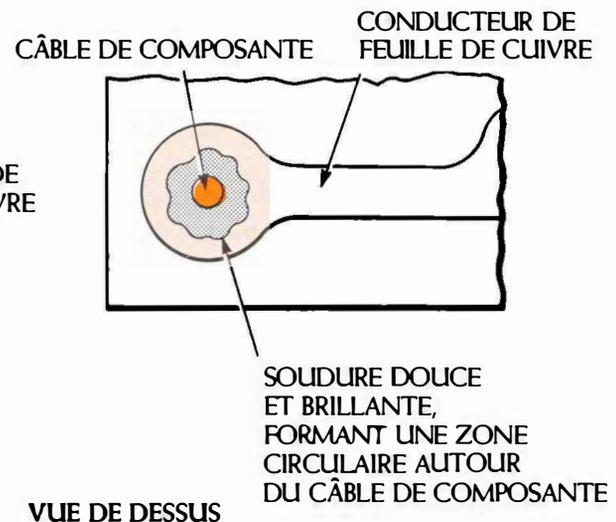
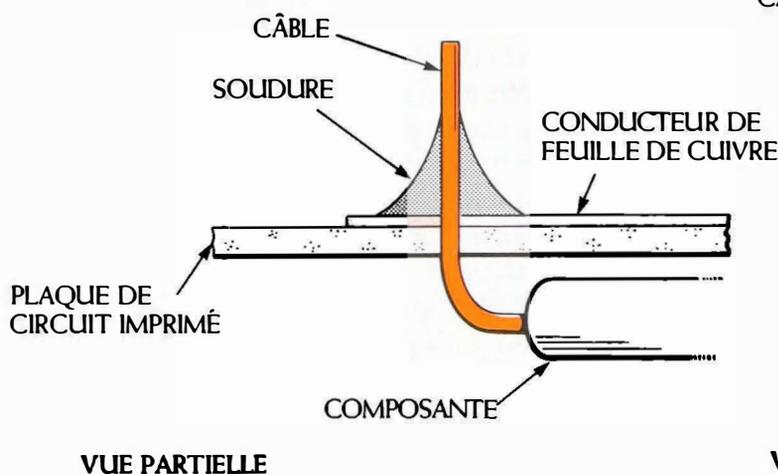
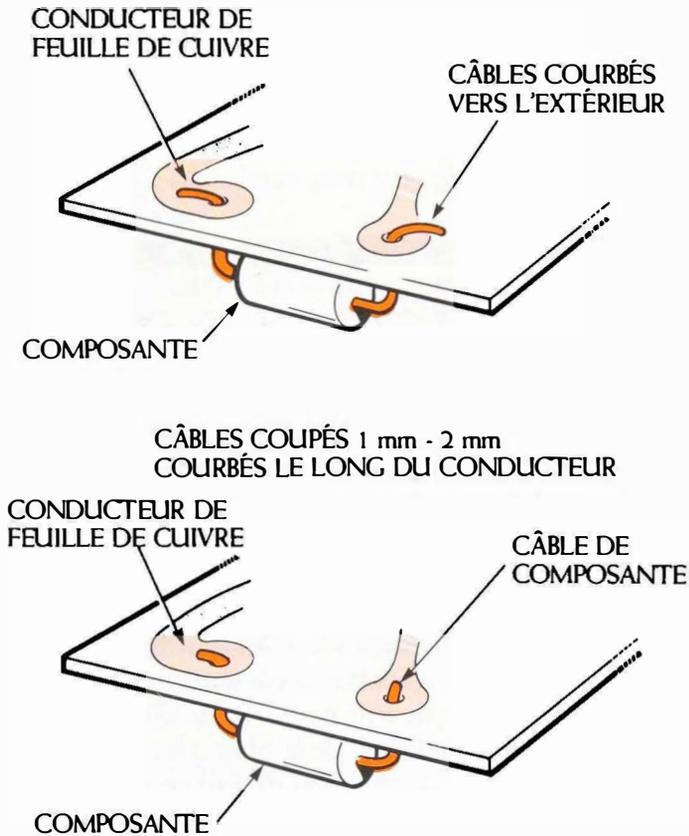
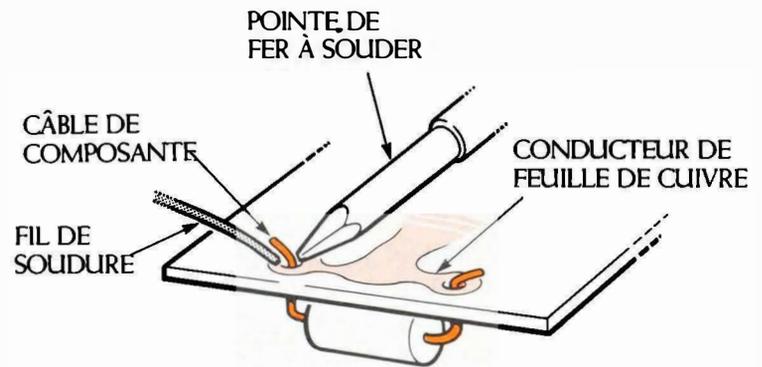


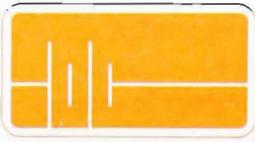
FIGURE 10-13 Une connexion dont la soudure a été bien faite.

La Figure 10-11 montre deux méthodes pour assujettir des composants avant de les souder. Laquelle vous paraît la meilleure?

On se sert d'un fer à souder pour le soudage sur une plaque de circuit. Il faut moins de chaleur que pour le câblage à la main. Mais les techniques sont les mêmes. La pointe de soudure doit être placée pour chauffer en même temps le cuivre et le câble (Figure 10-12). La Figure 10-13 illustre une connexion correctement soudée à une plaque de circuit imprimé.

FIGURE 10-12 Technique de soudage d'une plaque de circuit imprimé.





10.6 TÂCHES À FAIRE

1. En vous servant du diagramme schématique de votre projet et des pièces pour la plaque de circuit imprimé, faites un diagramme de tracé des pièces. Suivez la procédure déjà indiquée. Comme les diagrammes des pièces spécimens et du patron de feuille métallique du Chapitre 3 sont précis, votre propre tracé sera encore meilleur. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.
2. Dessinez un autre diagramme de tracé des pièces. Supposez que l'espace du châssis est limité et que vous ne pouvez vous servir du schéma. À la place, servez-vous des composantes de votre projet et des dimensions de la plaque de circuit fournies par votre professeur. Demandez-lui de vérifier votre travail. Comparez maintenant ce diagramme de tracé des pièces avec celui que vous avez pu faire avec le diagramme schématique. Lequel est le meilleur? Quel tracé conviendra mieux au châssis de votre projet?
3. En utilisant le diagramme de tracé des pièces que vous avez dessiné plus tôt, faites un patron de feuille métallique pour votre projet. Référez si nécessaire aux Figures 10-3 à 10-9. Demandez encore à votre professeur de vérifier votre travail. Assurez-vous de renverser le patron pour dessiner le diagramme final.
4. Avec votre patron de feuille métallique, préparez votre plaque de circuit pour l'impression. Employez n'importe quelle méthode que votre professeur vous suggérera. Mais demandez-lui de vérifier votre travail avant d'imprimer votre plaque.

Maintenant, prenez toutes vos précautions de sécurité, décapez la plaque de circuit de votre projet. Marquez et percez tous les trous dans la plaque. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

En suivant le diagramme de tracé des pièces, montez toutes les composantes de votre projet sur la plaque de circuit. Ne soudez aucune des composantes. Courbez les câbles légèrement afin que les pièces s'ajustent bien

sur la plaque de circuit. Demandez encore une fois à votre professeur de constater tout ce que vous avez fait.

5. Soudez une des composantes sur votre plaque de circuit. Demandez au professeur d'inspecter votre travail. Si votre technique est jugée satisfaisante, continuez à souder vos autres composantes en place. Servez-vous maintenant du bon matériel pour monter la plaque de circuit imprimé dans le châssis de votre projet. Connectez les fils de la plaque de circuit au reste du circuit. Assurez-vous de faire le bon dressage de fils. Soudez les connexions et demandez au professeur de vérifier votre ouvrage. **Ne branchez pas** ou n'alimentez pas votre circuit tant qu'il n'aura pas été bien vérifié en cas d'erreurs ou de courts-circuits possibles.

10.7 RÉSUMÉ

Les diagrammes de tracé des pièces peuvent être réalisés d'après un diagramme schématique ou selon les exigences physiques d'un châssis. Les plaques de circuit imprimé permettent de monter des composantes aussi rapprochées l'une de l'autre qu'avec les méthodes de câblage manuel.

Des restrictions spéciales s'appliquent quant à l'emplacement de certaines composantes. Les grosses composantes ou les lourdes sont habituellement montées en dehors de la plaque à cause de leur dimension ou de leur masse. D'autres sont mieux montées en dehors de la plaque à cause de la chaleur qu'elles dégagent ou de leur sensibilité aux champs magnétiques.

Le patron de feuille métallique montre le revers du contour des conducteurs de cuivre sur une plaque de circuit imprimé. Il est dessiné à la véritable échelle selon le diagramme de tracé des pièces. Il faut renverser le patron avant de le transférer sur la plaque du circuit.

Un revêtement isolant est tout le matériel qui empêche la solution de décapage d'atteindre la feuille de cuivre sur la plaque du circuit. On se sert de produits chimiques de décapage pour «imprimer» la plaque du circuit en enlevant le cuivre dont on n'a pas besoin.

Le décapage doit être fait avec soin car les produits chimiques peuvent être dangereux. Portez l'équipement de sécurité approprié.

Les composantes sont connectées mécaniquement à la plaque de circuit imprimé avant d'être soudées.

10.8 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

1. Nommez les étapes de préparation d'un diagramme de tracé des pièces d'après un diagramme schématique.
2. Décrivez comment vous dessineriez un diagramme de tracé des pièces quand l'espace est limité.
3. Nommez les étapes d'un dessin de patron de feuille métallique pour une plaque de circuit imprimé.
4. Nommez les étapes de production d'une plaque de circuit imprimé quand vous avez fini les diagrammes de tracé des pièces et du patron de feuille métallique.
5. Quelles précautions spéciales faut-il prendre pendant le procédé de décapage?
6. Quel outil de l'équipement de soudage vous faut-il pour souder sur un circuit imprimé?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Avant d'imprimer un circuit imprimé, vous avez besoin
 - (a) d'un tracé des pièces et d'un patron de feuille métallique,
 - (b) d'un diagramme schématique et d'un diagramme par l'image,
 - (c) d'un diagramme bloc et d'un patron de feuille métallique,
 - (d) d'un diagramme schématique et d'un diagramme bloc.
2. Avant de dessiner une plaque de circuit imprimé, vous avez besoin
 - (a) d'une liste des composantes utilisées pour votre projet,
 - (b) des contours de toutes les composantes,
 - (c) d'un diagramme schématique,
 - (d) de tout ce qui est nommé ci-dessus.
3. Toutes les composantes placées sur la plaque de circuit imprimé doivent être
 - (a) très peu espacées,

- (b) à un angle de 45° entre elles,
 - (c) à un angle de 90° entre elles,
 - (d) espacées également où elles conviennent le mieux avec le moins possible d'espace perdu.
4. Certaines restrictions spéciales pour le dessin de plaque de circuit sont
 - (a) de laisser les grosses composantes en dehors de la plaque,
 - (b) de laisser en dehors les composantes chaudes,
 - (c) d'élever quelques composantes,
 - (d) de faire tout ce qui est indiqué ici.
 5. Les composantes sensibles à l'interférence magnétique doivent être
 - (a) protégées par un «bouclier» de métal,
 - (b) montées pour que leurs champs soient déphasés de 90° ,
 - (c) retirées de la plaque,
 - (d) exclues de ce qui est dit ci-dessus.
 6. Le «revêtement isolant» est tout matériel qui
 - (a) ajoutera de la résistance au circuit,
 - (b) couvrira le cuivre,
 - (c) servira à la réaction chimique nécessaire au décapage du cuivre,
 - (d) ne fera rien de ce qui est dit ci-dessus.
 7. Pour la production de masse des plaques de circuit imprimé, la meilleure méthode est de
 - (a) procéder à l'impression directe,
 - (b) recourir à la photogravure industrielle,
 - (c) faire du décapage à la main,
 - (d) ne rien faire de ce qui est mentionné ici.
 8. Un matériel commun employé comme «revêtement isolant» est
 - (a) du ruban à masquer,
 - (b) du poli d'auto,
 - (c) du cirage à chaussure,
 - (d) de la peinture.
 9. Avant d'appliquer un revêtement isolant, une plaque de circuit imprimé doit être nettoyée avec
 - (a) de la laine d'acier rude,
 - (b) de l'acide muriatique,
 - (c) de l'eau,
 - (d) une fine laine d'acier.
 10. En soudant sur une plaque de circuit imprimé, la pointe du fer à souder doit
 - (a) chauffer l'île de cuivre et le câble de la composante en même temps,
 - (b) chauffer seulement l'île de cuivre,
 - (c) chauffer seulement le câble de la composante,
 - (d) brûler la plaque de circuit imprimé pour que la soudure prenne bien.

MESURES ET TESTS ÉLECTRONIQUES

11.1 POURQUOI IL Y A DES MESURES

On prend des mesures afin de constater comment fonctionne un circuit électronique. Cette activité s'appelle un **test**. Les tests peuvent être nécessaires pour découvrir où un circuit ou un système fait défaut, ou encore pour identifier des composantes spécifiques défectueuses. On fait aussi des tests après des réparations à un appareil électronique avant de le remettre en service. On a l'habitude également de faire des tests pour savoir si de nouveaux appareils fonctionnent en toute sécurité. Les premiers tests (les mesures) généralement déterminent seulement la présence ou l'absence de tension, de courant ou de résistance. Ce sont des **tests qualitatifs**. Les tests que l'on fait pour connaître des valeurs spécifiques sont des **tests quantitatifs**.

SAVOIR QUELS TESTS FAIRE

On recourt à différents tests pour mesurer la résistance, la force électromotrice et le courant. Avant de faire un test, il faut savoir lequel choisir et quels résultats en attendre. Par exemple, si vous voulez savoir si un interrupteur est ouvert ou fermé, vous mesurerez sa résistance avec un ohmmètre après avoir déconnecté la source d'énergie. Si l'interrupteur est fermé, il faudra vous attendre à ce que l'ohmmètre indique une résistance de zéro. S'il est ouvert, vous vous attendrez de lire une résistance infinie. Comme vous ne cherchez pas une valeur spécifique de résistance, vous prenez une mesure qualitative.

On procède normalement à un test qualitatif de résistance avant tout autre type de test puisque le circuit ne requiert pas d'énergie. On appelle

parfois ce genre de test un test de **circuit froid**. Les tests de **circuit chaud** sont faits seulement après que les tests de circuit froid vous ont assuré qu'il est sécuritaire de faire fonctionner un appareil.

Dans des conditions normales d'opération, toute composante électronique est susceptible de **vieillessement**. Le vieillissement est causé par la pression du chauffage, du refroidissement, des vibrations et de la force électromotrice. À cause du vieillissement, les résistances changent, les condensateurs changent leur capacité et les semiconducteurs deviennent «non étanches»¹. L'effet combiné de tous ces changements fait qu'un circuit opère mal. Un vieillissement extrême amène un circuit ou un système à faire complètement défaut. Pour identifier ce genre de défaut on procède alors à des tests quantitatifs. On prend des mesures de résistance, de courant et de tension. On les compare ensuite avec les valeurs spécifiques du circuit. Toute mesure «hors de tolérance» indique qu'une composante est trop vieille et qu'elle doit être remplacée.

11.2 LECTURE DES COMPTEURS

On peut voir à la Figure 11-1 l'échelle d'un **ohmmètre**. L'ohmmètre sert à mesurer la résistance. Le zéro sur la face de l'échelle est du côté de la main droite. L'aiguille demeure normalement du côté de l'infini. Remarquez que l'échelle du

¹ Un semiconducteur «non étanche» perd du courant d'une façon incontrôlable. Normalement, la résistance augmente et la capacité décroît avec l'âge d'une composante ou d'un appareil.

compteur n'est pas linéaire. C'est que l'espace entre les degrés décroît à mesure que l'échelle croît. Pour cette raison, la moitié la plus basse de l'échelle est généralement plus précise.

La Figure 11-2 illustre un **voltmètre**. Ce compteur mesure la force électromotrice. On peut lire une échelle différente selon la portée de tension choisie sur le devant de l'appareil à mesurer. Le zéro sur la face de l'échelle est situé du côté de la main gauche. L'aiguille reste normalement à zéro. Les échelles de voltmètre sont linéaires. Les degrés sont espacés également sur toute l'échelle.

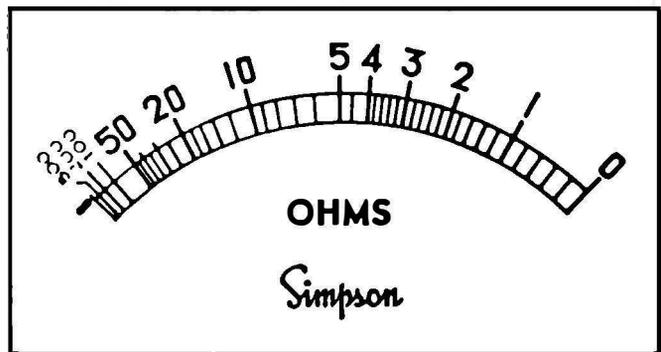
Les échelles de voltmètre et de **milliampèremètre** se ressemblent passablement. On se sert du milliampèremètre pour mesurer du courant. La Figure 11-3 montre un **multimètre (V.O.M., pour volt-ohm-milliampèremètre)**, et ses échelles de mesure. Ce genre de compteur peut mesurer au choix la force électromotrice, la résistance ou le courant dans un circuit.

Quand on lit des compteurs, les valeurs sont données en nombres entiers ou décimaux. Sur le milliampèremètre de la Figure 11-4, on peut lire à la fois 115 mA, 46 mA et 23 mA selon la portée d'ampérage sur le devant du compteur. Les lectures d'échelle possibles pour le voltmètre de la Figure 11-4 seraient respectivement de 6,75 V, 13,5 V et 27 V. Quand une aiguille n'est pas exactement sur une marque, il faut considérer la valeur décimale. Certains compteurs nouveaux donnent des lectures numériques. Des valves sont indiquées en nombres avec des marques décimales dans la bonne position.

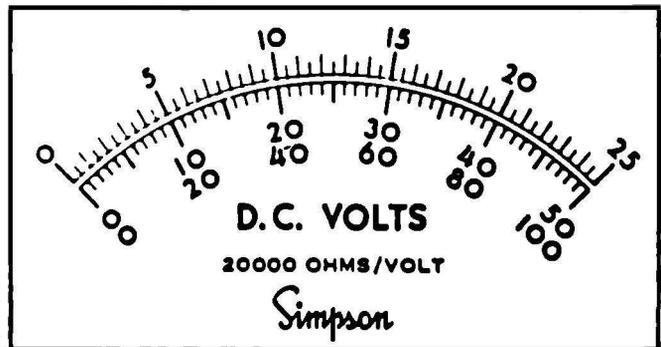
11.3 L'OHMMÈTRE

L'ohmmètre fonctionne avec sa propre batterie interne. Il est toujours utilisé sur un circuit froid. Sur un circuit chaud, il pourrait être endommagé. La Figure 11-5 montre un ohmmètre typique. À côté des deux bornes pour les câbles de test, il y a deux contrôles sur la face du compteur. Le premier est le contrôle de «zéro ohms». Quand la batterie interne se décharge, sa tension change. Le

FIGURE 11-1 L'échelle d'un ohmmètre.



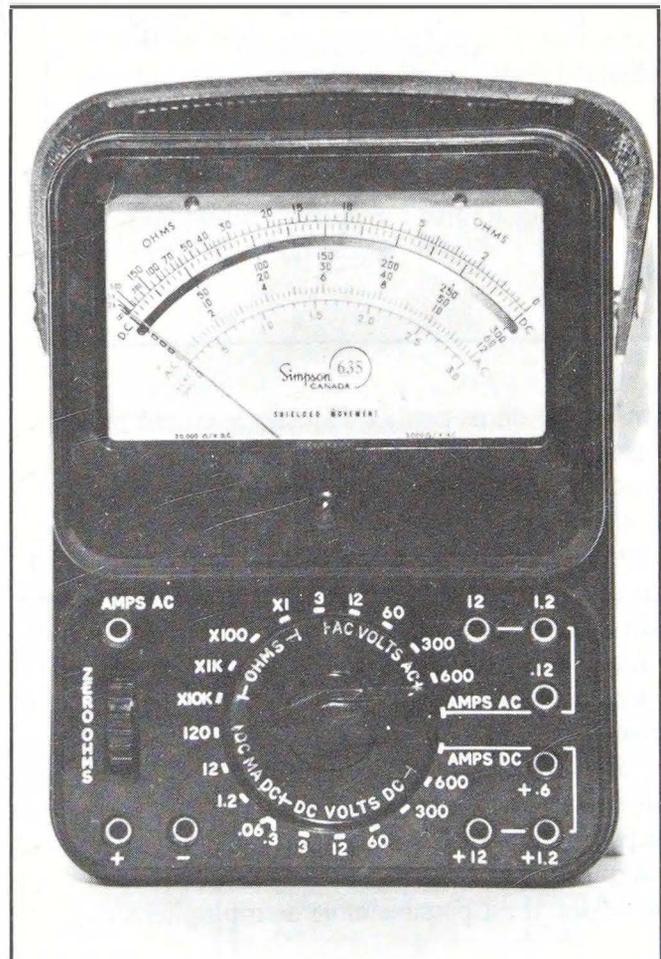
Bach Simpson Ltd



Bach Simpson Ltd

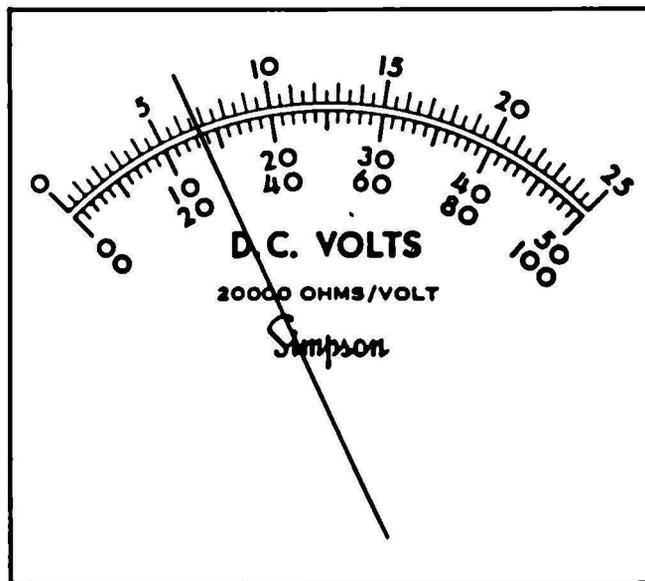
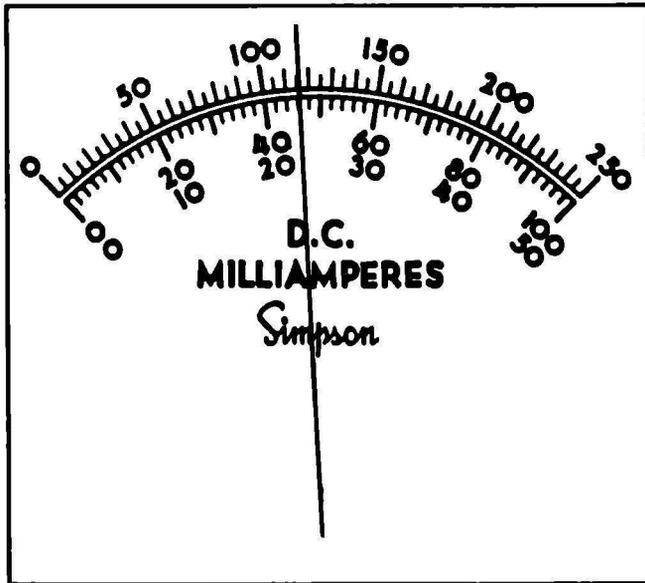
FIGURE 11-2 Un voltmètre à plusieurs échelles.

FIGURE 11-3 Un multimètre V.O.M.



Bach Simpson Ltd

FIGURE 11-4 Lecture d'échelles de compteur.



Bach Simpson Lite

contrôle zéro ohms permet d'ajuster le circuit pour compenser ce changement. On y parvient en connectant ensemble les câbles de test et en regardant la lecture du compteur. Le compteur devrait indiquer zéro. Si ce n'est pas le cas, il faudra se servir du contrôle zéro ohms pour réajuster le circuit à zéro.

L'autre contrôle est un interrupteur à multiples positions. Chaque position de l'interrupteur est marquée d'un nombre précédé par «R X».

Le «R X» indique «fois de résistance». Quand on lit l'ohmmètre, la lecture de l'échelle est multipliée par le nombre auquel l'interrupteur est réglé. Remarquez que ces nombres augmentent par facteurs de dix. Il est possible alors de multiplier sim-

FIGURE 11-5 Un ohmmètre.



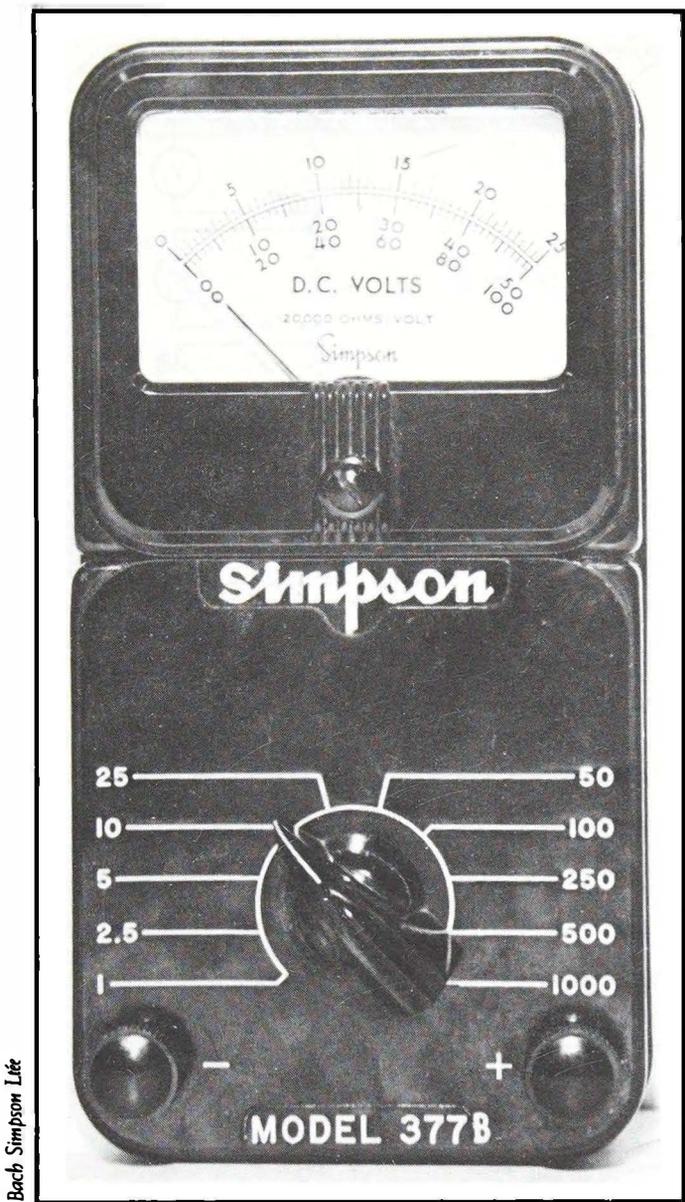
Bach Simpson Lite

plement en déplaçant le point décimal. La précision de l'ohmmètre n'est pas importante quand il est employé pour des tests qualitatifs, mais il doit être vérifié chaque fois qu'on prend une mesure quantitative.

11.4 LE VOLTMÈTRE

Pour mesurer la tension dans un circuit, celui-ci doit être alimenté. Les tests de tension, alors, sont des tests de circuit chaud. En prenant des mesures de tension, il faut faire attention de ne pas toucher des surfaces de métal. Il faut agir avec prudence

FIGURE 11-6 Un voltmètre.



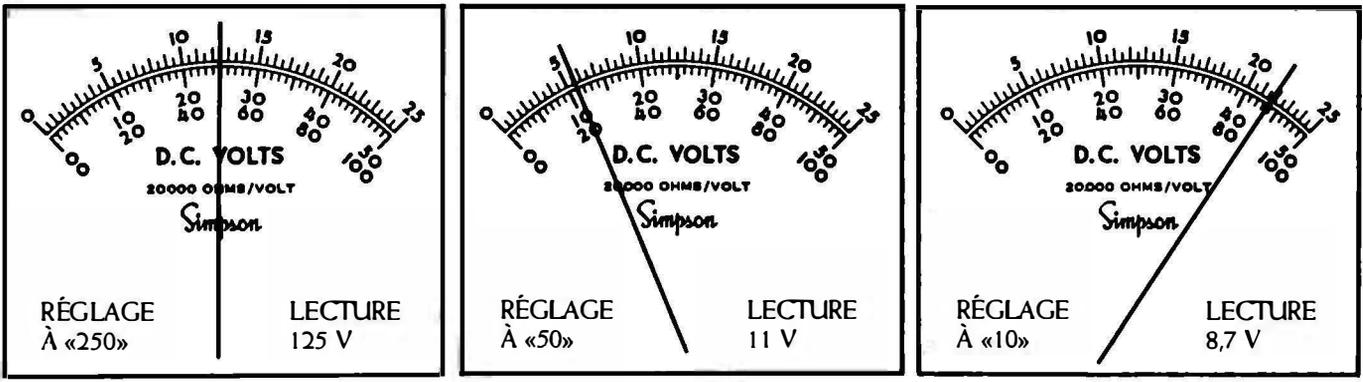
Bach Simpson Lite

La Figure 11-6 montre un voltmètre typique. Sur le devant du voltmètre, il y a un contrôle qu'on appelle **commutateur de gammes**. Ce commutateur peut être réglé à plusieurs positions. Les nombres de chaque position indiquent la tension maximale qui peut être mesurée à cette position particulière. Avant d'employer le voltmètre, le commutateur de gammes doit toujours être tourné à la plus haute portée possible (position de droite la plus éloignée).

Avec le voltmètre en fonction, on baisse le commutateur position par position jusqu'à ce que l'aiguille bouge à peu près à mi-chemin entre les côtés gauche et droit des échelles. On note la portée à cette position. On peut lire alors le compteur en choisissant une échelle qui finit (du côté de la main droite) par le même nombre ou une échelle qui est 10 fois plus ou moins (ou 100 fois moins) que la portée réglée. Si l'échelle indique 10 fois plus que la portée réglée, on divise la lecture de l'échelle par 10 pour obtenir la valeur correcte. Si elle indique 10 fois moins, on multiplie la lecture par 10 pour obtenir la valeur correcte, et ainsi de suite. Par exemple, à la Figure 11-6, le commutateur de gammes est réglé à «10». La bonne échelle à lire serait celle du bas. Si le commutateur de gammes est réglé à «250», la bonne lecture serait celle du haut. Dans ce cas, la lecture de l'échelle serait multipliée par 10 pour obtenir la bonne valeur. La Figure 11-7 montre trois lectures d'échelle de voltmètre basées sur trois arrangements de portée différente. Dans chaque cas, quelle échelle a-t-on employée?

et ne pas toucher le bout des câbles de test ou les surfaces de châssis métallique. Assurez-vous que vos mains, vos pieds et le plancher sont bien secs.

FIGURE 11-7 Lecture du voltmètre.



Bach Simpson Lite

LE VOLTMÈTRE DANS UN CIRCUIT

Les voltmètres servent à mesurer la force électromotrice dans un circuit et/ou le potentiel du courant à passer. Si vous mesurez la tension dans un circuit C.A., il faut employer un voltmètre C.A. De même, si vous mesurez la tension dans un circuit C.C., vous avez besoin d'un voltmètre C.C. Les multimètres sont munis habituellement d'un commutateur qui peut être réglé pour mesurer la tension des circuits C.A. ou C.C. Quel que soit le type de voltmètre employé, assurez-vous de régler le commutateur de gammes sur une portée qui est plus haute que la tension à mesurer. Vous ne pouvez en effet mesurer 25 V sur une portée qui finit à 10 V, et si vous essayez de le faire, vous endommagerez le voltmètre. Réglez toujours le commutateur de gammes à la portée la plus élevée et mesurez en baissant de là.

Dès qu'on a choisi le bon compteur et que le commutateur de gammes a été réglé à la plus haute portée, on peut connecter le compteur au circuit. Le voltmètre est toujours connecté à travers le circuit à mesurer. On appelle cela une connexion de **circuit en parallèle**².

On mesure parfois des tensions spécifiques à travers des composantes individuelles. Quand on fait cela, la polarité des câbles de test du compteur doit concorder avec celle du circuit. En d'autres mots, le câble positif du voltmètre doit être connecté à la borne positive de la composante, et le câble négatif du voltmètre doit être connecté à la borne négative de la composante (Figure 11-8).

Le plus souvent, les mesures de tension sont faites par rapport à un point commun. Comme le point commun est habituellement la ligne négative, le câble de test négatif est connecté à cette ligne. Les mesures de tension sont faites en connectant le câble positif à un endroit approprié du circuit, comme vous pouvez le constater à la Figure 11-9. En vérifiant les tensions d'après un tableau de tension, il est important de savoir de quelle façon la tension doit être mesurée. D'habitude on fournit cette information sur le tableau de tension.

FIGURE 11-8 Les câbles positifs sont connectés aux bornes positives, et les câbles négatifs aux bornes négatives.

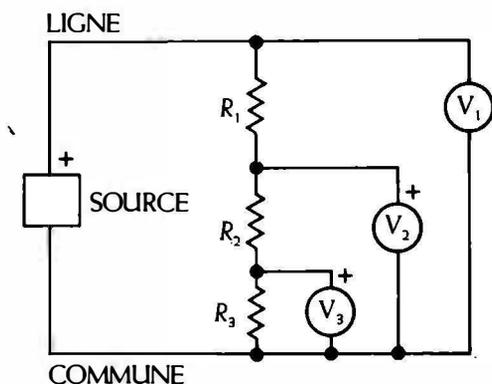
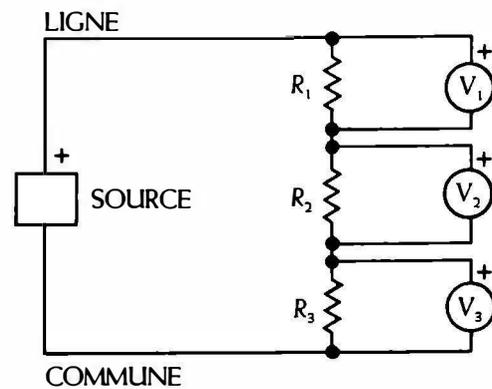


FIGURE 11-9 Mesure de la tension par rapport à un point commun.

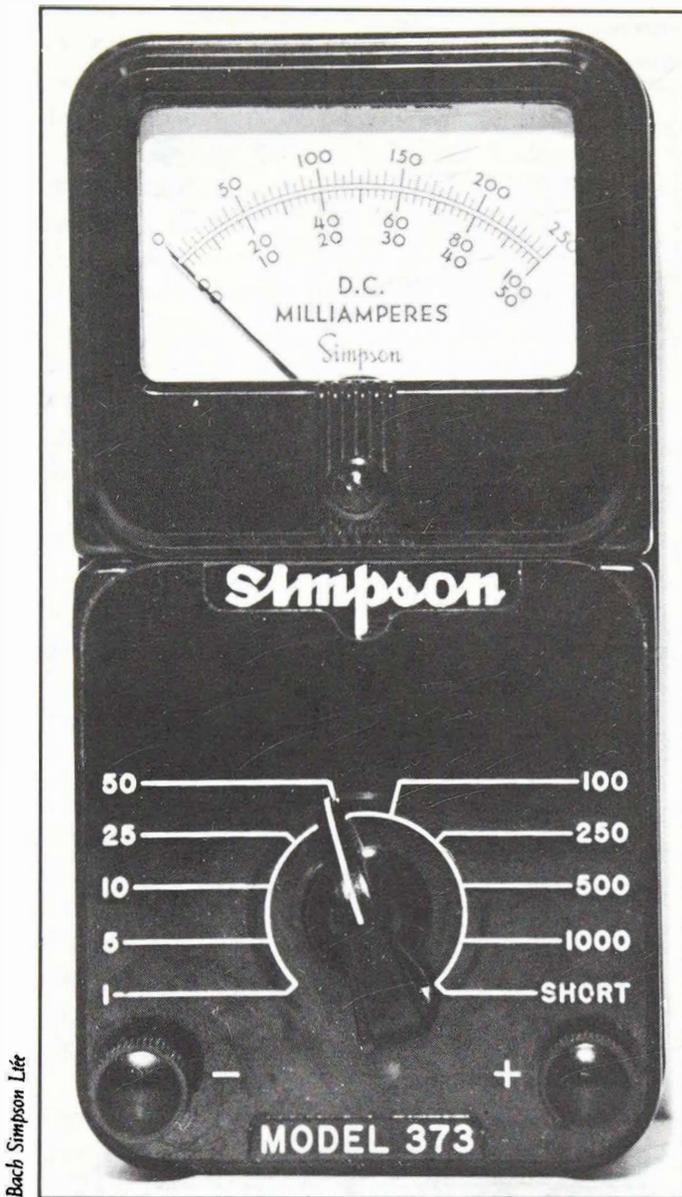
11.5 LE MILLIAMPÈREMÈTRE

La Figure 11-10 illustre un milliampèremètre typique. Vous pouvez voir que les échelles sur le milliampèremètre sont similaires à celles du voltmètre. Le contrôle sur le milliampèremètre est aussi un commutateur de gammes. En usage, le milliampèremètre se lit de la même manière que le voltmètre.

Le milliampèremètre sert à mesurer du courant. Comme un compteur d'eau, il est connecté de sorte que le courant puisse passer à travers. Pour procéder à ce genre de mesure, le circuit à tester doit être ouvert où la mesure est prise. Un câble de composante doit être dessoudé. Les câbles

² Les circuits en parallèle et en série sont expliqués au Chapitre 14.

FIGURE 11-10 Un milliampèremètre.



du compteur sont connectés **en série**³ avec la composante et le circuit. C'est ce qu'on montre à la Figure 11-11. On peut mesurer alors le courant sur la bonne échelle. La Figure 11-12 montre trois lectures d'échelle de milliampèremètre fondées sur différents réglages de portée.

MILLIAMPÈREMÈTRE DANS UN CIRCUIT

En pratique, on se sert rarement du milliampèremètre sauf s'il faut faire une analyse détaillée d'un circuit. Cela est dû en grande part au travail addi-

3 Terme de jargon technique pour «en ligne avec le seul chemin de courant possible». Voir le Chapitre 14 pour plus d'information.

FIGURE 11-11 Un milliampèremètre connecté en série.

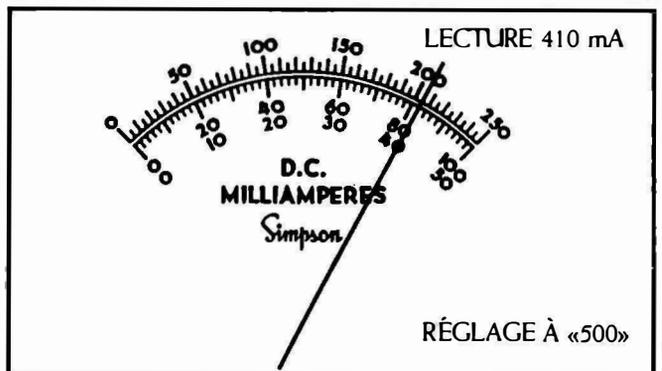
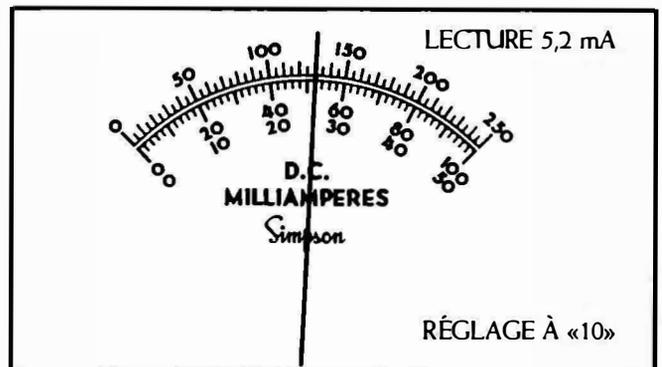
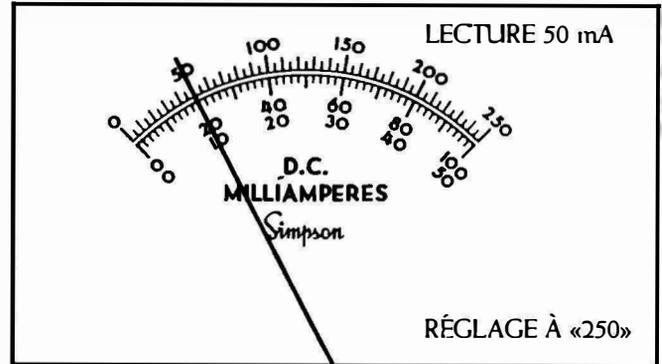
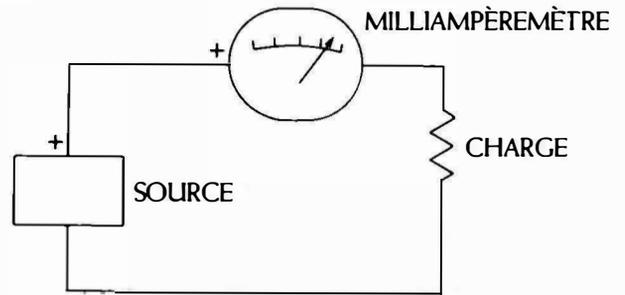


FIGURE 11-12 Lecture du milliampèremètre.

tionnel qu'on doit faire pour dessouder et souder de nouveau certaines composantes. Il est possible d'endommager un circuit en faisant cette opération. En fait, si les valeurs de tension et de

résistance sont justes, vous pouvez présumer que le courant aussi est correct. Ce fait s'explique par la loi d'Ohm (Chapitre 16).

11.6 L'OSCILLOSCOPE

L'**oscilloscope** est une pièce fort utile de l'équipement de test. Il peut mesurer la tension comme un voltmètre. Il peut aussi fournir de l'information additionnelle sur la forme de l'ondulation, la fréquence et la polarité d'un signal qu'on mesure. La Figure 11-13 illustre justement un oscilloscope. La disposition des contrôles sur le panneau de devant peut donner à l'oscilloscope l'allure d'un appareil d'équipement difficile à opérer. De fait, la plupart de ces contrôles sont réglés une fois pour toutes puis laissés à eux-mêmes.

INTERPRÉTATION D'UN TABLEAU D'OSCILLOSCOPE

L'information présentée par un oscilloscope est affichée comme un graphique sur l'écran. Le graphique a deux lignes avec des degrés, l'une est verticale et l'autre est horizontale. On appelle l'**axe Y** la ligne verticale, tandis que la ligne horizontale est l'**axe X**. Chaque carré de grille sur le graphique représente un centimètre, et les degrés sont des divisions d'un centimètre.

La Figure 11-14 montre une ondulation telle qu'on peut la voir sur un oscilloscope. La hauteur et la profondeur de l'ondulation sont mesurées sur l'axe Y, d'après la grille de centimètre et ses plus petites divisions. Chaque centimètre représente une certaine valeur de tension. On peut changer cette valeur avec un commutateur de gammes de l'axe Y sur le devant de l'oscilloscope. À la Figure 11-14, supposons que le commutateur de gammes de l'axe Y a été réglé à 5 V/cm. Cela signifie que chaque centimètre de hauteur ou de profondeur de l'ondulation représente 5 V. L'ondulation affichée est alors de 15 V depuis l'axe X jusqu'à sa crête. On appelle cela une **tension de crête**. L'ondulation est aussi de 15 V depuis l'axe X jusqu'à sa crête négative. La **tension**

FIGURE 11-13 Un oscilloscope.

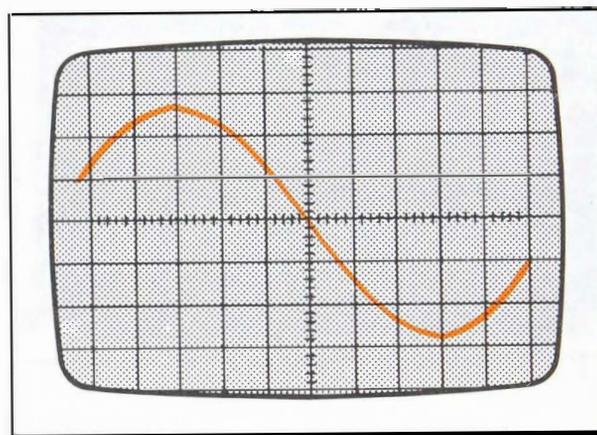
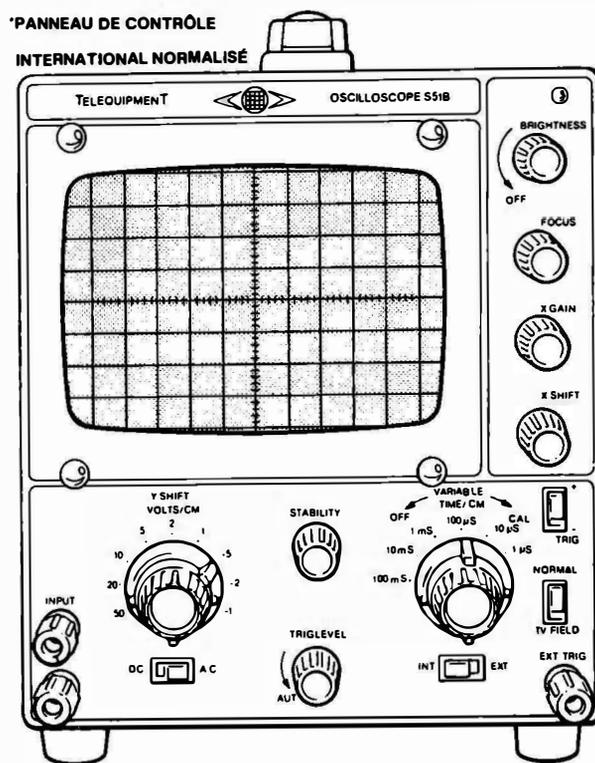


FIGURE 11-14 Une ondulation C.A.

crête-à-crête de cette ondulation, telle qu'on le voit, est alors de 30 V. L'oscilloscope donne toujours des mesures de tension crête-à-crête d'un circuit C.A. On obtient la valeur efficace d'une tension de crête C.A. en multipliant la valeur de crête par 0,707. En d'autres mots, lorsqu'on compare des tensions mesurées par un oscilloscope avec les tensions mesurées par un voltmètre, la tension de crête indiquée sur le tableau de l'oscilloscope est d'abord convertie en valeur efficace. Par exemple,

la tension de crête à la Figure 11-14 est de 15 V. La valeur efficace de cette mesure est de $15 \times 0,707 = 10,6 \text{ V eff.}$ Un voltmètre C.A. mesurant sur le même circuit comme l'oscilloscope donnerait une mesure de 10,6 V.

À l'affichage de l'axe X de l'oscilloscope, chaque centimètre horizontal représente une unité de temps. Le commutateur de gammes de l'axe X choisit la quantité de temps par centimètre. À la Figure 11-14, supposons que le commutateur de gammes de l'axe X a été réglé à 0,001 s/cm (1 ms/cm). Le tableau montre un cycle complet, d'une longueur de 10 cm. Le temps pour compléter un cycle est alors de 10 ms. La fréquence est l'inverse du temps et elle est mesurée en hertz. 1 Hz est égal à un cycle complet par seconde, mais notre ondulation complète un cycle en 10 ms (0,01 s) seulement. Pour trouver le nombre de hertz qu'il faut pour établir cette fréquence, on divise 1 s par le temps du cycle, 0,01 s. C'est-à-

dire, une fréquence (en hertz) $= \frac{1 \text{ s}}{0,01 \text{ s}} = 100 \text{ Hz.}$

Selon vous, quelle serait la fréquence de l'ondulation si le tableau pouvait indiquer un cycle complet de 5 cm seulement? Comme la fréquence augmente, le temps par cycle décroît. Si le réglage du commutateur de gammes demeurerait le même, combien de cycles du signal de 500 Hz seraient indiqués? Combien de centimètres mesurerait chaque cycle sur l'axe X?

On appelle **onde sinusoïdale** la forme de l'ondulation de la Figure 11-15. C'est la forme d'un courant alternatif produit par un générateur. À la Figure 11-16, on voit d'autres formes de courant alternatif.

MESURES DE C.A. ET DE C.C.

Les ondulations illustrées dans les Figures 11-15 et 11-16 sont de véritables ondulations C.A., car elles ont la même amplitude (dimension) de chaque côté de l'axe X. La déflexion vers le haut de l'axe X est normalement causée par une tension positive. La déflexion vers le bas est plutôt causée par une tension négative. Le tableau de la Figure 11-15

FIGURE 11-15 Une onde sinusoïdale.

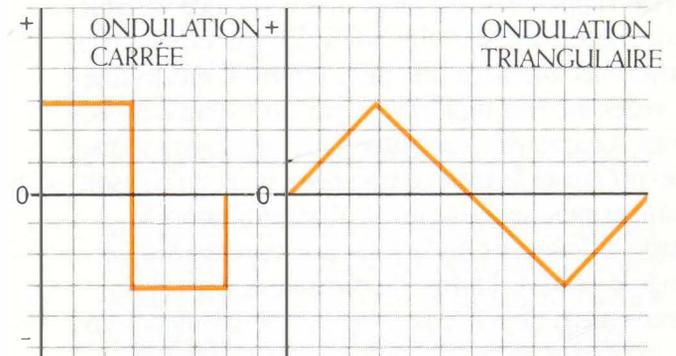
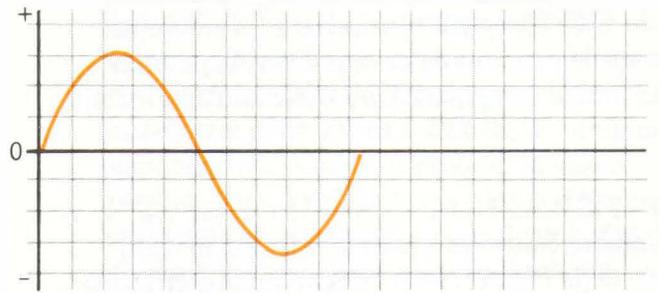
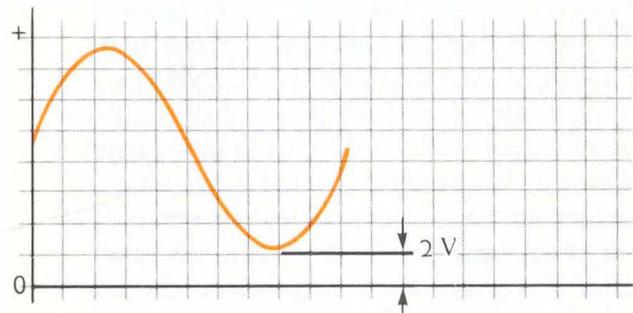


FIGURE 11-16 Autres ondulations C.A.

FIGURE 11-17 Variation d'ondulation C.C.



montre que chaque moitié de l'ondulation C.A. a la même amplitude, mais opposée à l'autre en polarité. À la Figure 11-17, on voit une ondulation qui n'est pas celle d'un vrai C.A. Même si elle varie, elle est toujours positive. Il s'agit d'un signal C.C. changeant. À sa valeur minimale, c'est encore du 2 V positif. Si ce signal était appliqué à un condensateur, celui-ci permettrait à la variation dans la tension de passer dans le reste du circuit, mais le C.C. de 2 volts ne passerait pas. (La raison pour laquelle un condensateur agit ainsi est expliquée au Chapitre 17.) Cela signifie que l'ondulation de la Figure 11-17 a ce qui est connu à la fois comme un «composant C.A.» et un «composant

C.C.». Pour voir l'affichage illustré à la Figure 11-17, un oscilloscope peut être réglé pour accepter du C.C. On y parvient grâce à un commutateur sur le panneau de devant. Dans la position C.A., seul le composant C.A. de l'ondulation serait indiqué.

CONTRÔLES DU PANNEAU DE DEVANT

Les quatre contrôles à la droite de l'écran d'affichage de la Figure 11-13 servent à préparer l'oscilloscope à accepter un signal. Le contrôle du haut ouvre l'appareil. C'est aussi une résistance variable qui contrôlera l'intensité de l'affichage. On appelle parfois cet affichage une piste puisqu'il est dessiné et redessiné très rapidement par un faisceau d'électrons. Le contrôle suivant est une résistance variable qui ajuste le focus d'une piste pour qu'elle soit claire et précise. Le contrôle d'amplification X ajuste la longueur de la piste horizontalement, le long de l'axe X. La tige de contrôle X permet le mouvement de toute la piste horizontalement afin de la centrer entre les bords gauche et droit du graphique.

On applique la tension à mesurer entre les bornes d'entrée et commune au fond du côté gauche de la face de l'oscilloscope. Sur cet oscilloscope, les bornes sont marquées INPUT (entrée). Sur d'autres oscilloscopes elles peuvent être marquées «VERTICAL» ou «VERTICAL INPUT» (entrée verticale). À côté des bornes d'entrée, il y a un commutateur VOLTS/CM. Ce commutateur fonctionne de la même façon que le commutateur de gammes sur un voltmètre. Il règle le nombre de volts représenté par chaque centimètre sur l'axe vertical Y. Au centre de ce commutateur il y a le contrôle de déviation indiqué Y SHIFT (déviation Y). Le contrôle de déviation Y déplace la piste entière verticalement, pour la centrer entre les bords du haut et du bas du graphique. En bas de ces contrôles se trouve le commutateur DC-AC (C.C.-C.A.). La position de ce commutateur détermine si le composant C.A. seulement, ou les deux composants C.A. et C.C. du signal seront affichés.

Plus loin à la droite se trouve le commutateur TIME/CM (temps/cm). Ce commutateur choisit la vitesse de la piste horizontale. Il règle la quantité

de temps représentée par chaque centimètre sur l'axe horizontal X. Au centre de ce commutateur il y a un contrôle qui permet de varier légèrement le temps par centimètre. Quand on le tourne complètement dans le sens des aiguilles d'une montre, l'oscilloscope est calibré. Cela signifie que le temps choisi sur le commutateur TIME/CM est exactement le temps par centimètre affiché sur le tableau.

Quand un signal est appliqué aux bornes d'entrée, on ajuste avec soin le contrôle STABILITY (de stabilité) pour obtenir une ondulation stationnaire. Le contrôle TRIG LEVEL (de niveau déclencheur) demeure habituellement en position automatique (entièrement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre). Ce contrôle ajuste le niveau du signal d'entrée qui doit être présent avant qu'une piste paraisse sur l'écran. On s'en sert seulement dans des applications spéciales où des ondulations très complexes doivent être mesurées. Du côté de la main gauche de l'oscilloscope, le commutateur TRIG (déclencheur) règle la polarité de la piste. Normalement, ce commutateur est placé dans la position «+». En bas il y a un autre commutateur qui est laissé en position NORMAL (normale), sauf lorsqu'il faut observer les ondulations d'un récepteur de télévision. La borne d'entrée EXT TRIG (déclencheur extérieur) est utilisée seulement quand l'affichage doit être déclenché, ou contrôlé par un signal extérieur. Le commutateur à sa gauche est normalement réglé à INT (interne) de sorte que la déflexion horizontale de l'affichage est contrôlée intérieurement par les circuits de l'oscilloscope.

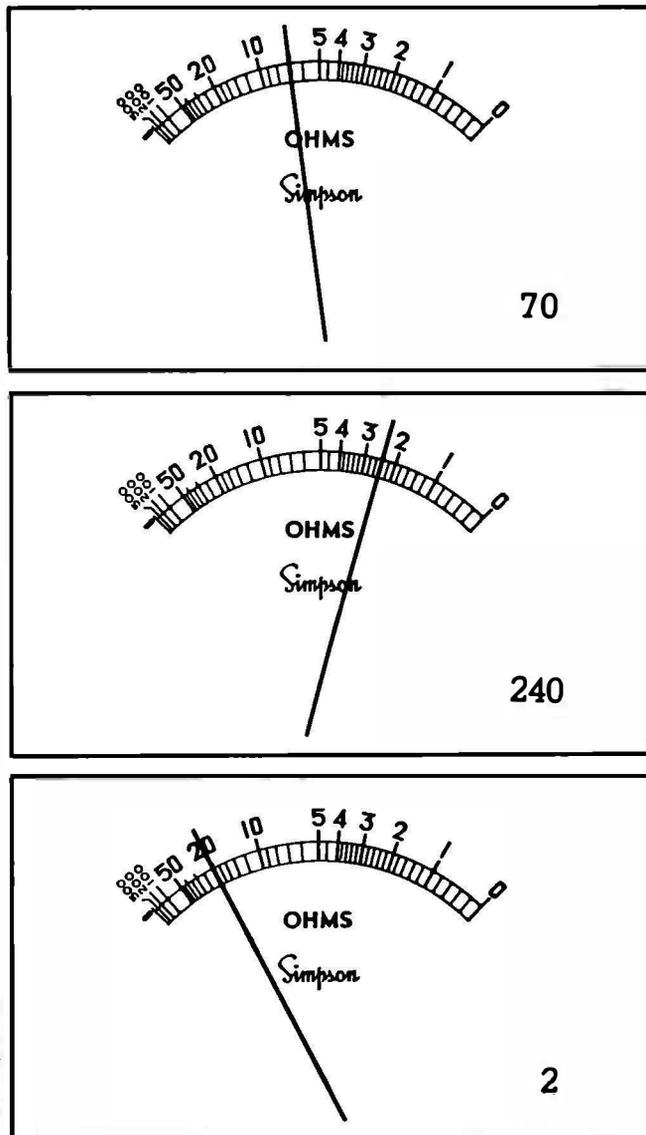
Les noms des commutateurs et des contrôles peuvent être différents sur d'autres modèles d'oscilloscopes. Certains oscilloscopes ont des contrôles supplémentaires pour les rendre plus flexibles dans leurs applications. Un oscilloscope à double piste peut afficher deux pistes différentes en même temps. Ce type d'appareil a deux jeux de contrôles, un pour chaque piste.



11.7 TÂCHES À FAIRE

1. Regardez les échelles de l'ohmmètre à la Figure 11-18. Dans quelle position doit être le multiplicateur si on doit lire la valeur indiquée en bas de l'échelle?

FIGURE 11-18 Lecture de l'ohmmètre.



Bach Simpson Lét

2. Demandez à votre professeur un ohmmètre et dix résistances différentes. Assurez-vous que ces résistances sont déposées du côté de la main gauche sur un morceau de papier propre.

D'après les bandes de couleur, déterminez la valeur marquée de chaque résistance puis écrivez-la le long de la résistance qu'elle concerne. Maintenant employez un ohmmètre pour mesurer la valeur de chaque résistance. Enregistrez cette valeur à côté de la valeur marquée. Si la valeur marquée et la valeur mesurée sont différentes, calculez la tolérance de la résistance. Faites un petit signe à côté de chacune des résistances dans les limites de la tolérance nécessaire. Mesurez de nouveau les résistances qui n'ont pas la tolérance voulue afin de vous assurer que vos mesures sont précises. Faites vérifier votre travail par votre professeur.

3. Servez-vous d'un ohmmètre et du tableau de résistance pour votre projet. Vérifiez les valeurs de résistance indiquées sur le tableau avec celles de votre projet pour savoir s'il n'y a pas de circuits ouverts ou de courts-circuits. Rappelez-vous de laisser une marge de tolérance de $\pm 10\%$ dans toutes vos mesures. Si des mesures sont différentes de celles du tableau de résistance, vérifiez le câblage pour cette partie du circuit. Assurez-vous que toutes les composantes sont installées correctement. Si nécessaire, demandez de l'aide à votre professeur. Corrigez vos erreurs et vérifiez de nouveau. Quand toutes les mesures sont acceptables, vous pouvez brancher votre projet pour voir s'il fonctionne bien.
4. Recourant au tableau de tension pour votre projet ainsi qu'à un voltmètre, mesurez les tensions actuelles dans votre projet à chacun des points spécifiés. Vos mesures doivent être en dedans d'une tolérance de $\pm 10\%$ des tensions requises. Si toute tension est hors de tolérance, vérifiez ce circuit pour des erreurs possibles. Demandez encore l'assistance de votre professeur pour résoudre n'importe quel problème. Réparez les erreurs dans le circuit et revérifiez les tensions. Quand toutes les mesures de tension sont acceptables, votre projet devrait fonctionner convenablement. Vous pouvez maintenant compléter l'assemblage final de votre projet.

5. Placez un oscilloscope en face de vous. Sur une feuille blanche de papier, faites une liste de tous les commutateurs, des contrôles et des bornes sur le panneau de devant d'un oscilloscope. Branchez l'oscilloscope et faites-le fonctionner. Il faudra quelques minutes pour le réchauffer. Ajustez chacun des contrôles et des commutateurs de votre liste, un à la fois, et décrivez l'effet de chacun sur le tableau de l'oscilloscope. Essayez d'avoir une ligne mince et droite sur l'axe X. Certains contrôles sembleront n'avoir aucun effet. Chaque modèle d'oscilloscope est différent; quant à celui qui est illustré dans ce chapitre, il ne peut servir que de guide. Si vous avez quelque problème, demandez de l'aide à votre professeur.

Employez un transformateur de 6 V comme source de signal. Connectez-le aux bornes d'entrée verticale de l'oscilloscope. Ajustez maintenant les contrôles pour afficher un cycle d'une onde sinusoïdale. Réajustez chacun des contrôles à la fois, afin de constater l'effet que chacun a sur la piste au tableau. Décrivez cet effet à côté du nom de chaque contrôle mentionné sur votre liste.

Ajustez encore les contrôles pour afficher un cycle d'une onde sinusoïdale. Dessinez un croquis net de l'affichage. Sur le dessin, indiquez la tension de crête, la tension crête-à-crête et le temps par centimètre. Calculez la valeur efficace de cette ondulation. Est-ce 6 V? En vous servant d'un voltmètre C.A., mesurez la sortie du transformateur. Cette mesure concorde-t-elle avec la valeur efficace de l'ondulation? Décrivez les raisons possibles de toute différence entre les deux lectures. Fermez l'oscilloscope. Maintenant recommencez. Pratiquez à régler les contrôles pour qu'ils vous donnent un modèle stationnaire. Répétez cette opération plusieurs fois, jusqu'à ce que votre oscilloscope vous soit familier.

11.8 RÉSUMÉ

On se sert des compteurs pour mesurer des valeurs spécifiques de résistance, de tension ou de courant dans un circuit, ou encore pour déterminer la présence ou l'absence de ces propriétés dans un circuit.

Les mesures prises pour des valeurs spécifiques sont des mesures quantitatives. Elles doivent être aussi précises que possible. Quand aux mesures qualitatives, elles déterminent la présence ou l'absence d'une propriété spécifique. Ces mesures servent à savoir s'il y a quelque défaut dans un circuit général.

On fait usage d'un ohmmètre pour mesurer la résistance. L'ohmmètre possède sa propre source interne d'énergie. Le circuit lui-même n'est pas alimenté pendant qu'on procède à des tests avec l'ohmmètre.

C'est un voltmètre qu'on emploie pour mesurer les tensions dans des circuits chauds ou actifs. Il faut agir avec prudence afin d'éviter les chocs. Le commutateur de gammes du voltmètre doit être réglé correctement avant de connecter le voltmètre à un circuit. Autrement vous pouvez l'endommager. Un voltmètre est toujours connecté en parallèle avec le circuit que vous testez. La bonne polarité est également importante. Le câble positif du voltmètre est connecté au côté positif de la composante. Si les mesures sont faites à partir de la mise à terre, le câble négatif est normalement connecté au lien commun et on prend toutes les mesures avec le câble positif.

Le milliampèremètre sert à mesurer le courant électrique. Son emploi est similaire à celui du voltmètre, sauf qu'il doit toujours être connecté en série avec le circuit. Cela signifie qu'il faut dessouder quelque fil ou composante avant de prendre une mesure.

Un oscilloscope affiche de l'information par des graphiques sur un écran. Il peut fournir de l'information au sujet de la tension (amplitude), de la fréquence, de la polarité et sur la forme d'ondulation d'un signal mesuré.

La déflexion de l'ondulation sur l'axe X est normalement causée par une tension positive. Une déflexion en bas de l'axe X est normalement causée par une tension négative.

La valeur donnée à chaque centimètre sur le graphique est déterminée par les réglages de commutateurs sélecteurs sur le panneau de devant de l'oscilloscope.

La déflexion le long de l'axe X est déterminée par la fréquence de l'ondulation. Chaque centimètre de déflexion horizontale représente une unité de temps.

Un oscilloscope mesurera seulement du C.A., ou des composants combinés C.A. et C.C. Un commutateur sur le panneau de devant fait la sélection nécessaire.

La tension mesurée par un oscilloscope est affichée comme de la tension crête-à-crête. La tension de crête est la moitié de la tension crête-à-crête. Pour comparer les mesures prises par un oscilloscope et un voltmètre C.A., il faut d'abord calculer la valeur efficace de l'oscilloscope. La tension efficace est 0,707 de la valeur de crête.

11.9 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Quelle est la différence entre des mesures qualitatives et quantitatives?
2. De quel type de compteur se sert-on pour mesurer la résistance?
3. De quel type de compteur se sert-on pour mesurer la tension?
4. De quel type de compteur se sert-on pour mesurer le courant?
5. Décrivez comment lire une résistance sur une échelle d'ohmmètre.
6. Quel est le but du contrôle «zéro ohms»?
7. Quelle précaution doit-on prendre quand on mesure une résistance dans un circuit?

8. Quel est le but du «commutateur de gammes» sur un voltmètre?
9. Comment un voltmètre est-il connecté dans un circuit?
10. Quelles précautions faut-il prendre en se servant du voltmètre?
11. Comment choisissez-vous la bonne échelle de lecture sur un voltmètre?
12. Décrivez comment connecter un milliampèremètre dans un circuit.
13. Quelles difficultés peut-on rencontrer en employant le milliampèremètre?
14. Pourquoi ne mesure-t-on pas souvent le courant dans les tests de diagnostic?
15. Quels sont les quatre types d'information que fournit l'oscilloscope?
16. Est-ce qu'un oscilloscope affiche l'ondulation d'un courant ou d'une tension?
17. Sur quel axe est mesurée une tension?
18. Sur quel axe est mesurée une fréquence?
19. Comment calcule-t-on la fréquence?
20. Quelle est la différence entre une tension de crête et une tension crête-à-crête?
21. Quelle est la relation entre une tension efficace et une tension de crête?
22. Que signifie-t-on par volts efficaces?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les mesures de valeurs spécifiques sont
 - (a) des mesures qualitatives,
 - (b) des mesures conditionnelles,
 - (c) des mesures quantitatives,
 - (d) aucune des mesures mentionnées ci-dessus.
2. Quand un circuit n'est pas alimenté, le test est
 - (a) un test de circuit froid,
 - (b) un test invalide,
 - (c) un test mal fait,
 - (d) un test de circuit chaud.
3. Le vieillissement des composants est causé par
 - (a) la pression du chauffage et du refroidissement,
 - (b) la vibration,
 - (c) la force électromotrice,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.

4. Le compteur qui a une échelle non linéaire est un
 - (a) oscilloscope,
 - (b) voltmètre,
 - (c) milliampèremètre,
 - (d) ohmmètre.
5. Le contrôle zéro ohms de l'ohmmètre compense pour
 - (a) les changements dans la batterie interne,
 - (b) les erreurs de compteur,
 - (c) les mesures de faible tension,
 - (d) une mauvaise lecture de l'échelle.
6. Un ohmmètre dont le multiplicateur est réglé à $\times 100$ lit _____ ohms, si l'aiguille indique 5
 - (a) 500Ω
 - (b) 5000Ω
 - (c) 50Ω
 - (d) 5Ω
7. Le voltmètre mesure
 - (a) le passage des électrons,
 - (b) la capacité du circuit,
 - (c) la résistance du circuit,
 - (d) la force électromotrice.
8. Il faut toujours régler le commutateur de gammes du voltmètre à la portée
 - (a) la plus haute,
 - (b) la plus basse,
 - (c) du milieu,
 - (d) non mentionnée ci-haut.
9. Un milliampèremètre est connecté _____ la charge à mesurer.
 - (a) à travers,
 - (b) en parallèle avec
 - (c) en série avec
 - (d) avec rien de ce qui est mentionné ici.
10. Un oscilloscope mesure toujours dans un C.A. une tension
 - (a) crête-à-point,
 - (b) efficace,
 - (c) crête-à-crête,
 - (d) non mentionnée ci-haut.

CIRCUITS ET COMPOSANTES



CHAPITRE 12

LA NATURE DE L'ÉLECTRICITÉ

12.1 L'ÉNERGIE QUE NOUS AVONS HARNACHÉE

Arrêtez-vous un instant à y penser. Nous vivons aujourd'hui dans un monde rempli d'appareils électriques et électroniques. Tous ces appareils servent à piloter nos avions, à faire marcher nos ordinateurs, à faire jouer beaucoup d'instruments; ils nous apportent plaisir et confort en plus de se rendre aussi utiles et agréables de mille et une façons. Mais pourquoi tous ces appareils travaillent-ils? D'où vient l'énergie qui les fait fonctionner? Et au sujet du projet que vous avez choisi? Pourquoi fonctionne-t-il? Ce chapitre va vous aider à comprendre d'où vient l'énergie et comment elle a été harnachée pour alimenter tant d'appareils et de dispositifs merveilleux. Les autres chapitres de la Section 2 vont vous aider à comprendre justement comment opèrent les circuits électroniques et leurs composantes. Bref, tout cela est une fascinante histoire.

12.2 NATURE DE LA MATIÈRE

Pour commencer, nous devons aller au fond de la nature de la matière elle-même. La **matière** est tout ce qui a une masse et occupe de l'espace. Les composantes électroniques de votre projet, ce livre et même votre corps sont faits de matière. La seule chose qui n'est pas de la matière dans tout l'univers, c'est le vide absolu, un peu comme l'espace extérieur infini.

La matière est composée de plusieurs **éléments**. Il y en a un peu plus de 100 en tout. Chacun possède des propriétés physiques, chimiques et électriques uniques. Un élément ne peut pas se briser en composants plus simples sans perdre ses propriétés. L'aluminium, le carbone, le cuivre, le germanium, le néon, le silicium, l'oxygène et l'argent sont tous des exemples des éléments importants dans certaines applications électriques et électroniques.

La plus petite portion d'un élément qui conserve encore les propriétés de cet élément est un **atome**. Les atomes sont extrêmement petits. Ils sont si infimes que seuls les plus gros d'entre eux peuvent être observés avec nos plus puissants microscopes électroniques. Chaque atome est composé de particules qu'on nomme **particules subatomiques**. Chacune de ces particules possède ses propriétés électriques et physiques individuelles. C'est une de ces particules qui fournit l'énergie qui fait fonctionner les appareils électriques et électroniques.

12.3 L'ATOME

Très tôt au début de ce siècle, un savant brillant nommé Niels Bohr a présenté un modèle de structure de l'atome. Quoique d'autres modèles ont été présentés depuis lors, le modèle de Bohr est facile à comprendre et peut servir à expliquer la source de l'énergie électrique. La Figure 12-1 montre un modèle de Bohr d'un atome d'hydrogène. L'hydrogène est l'élément le plus simple.

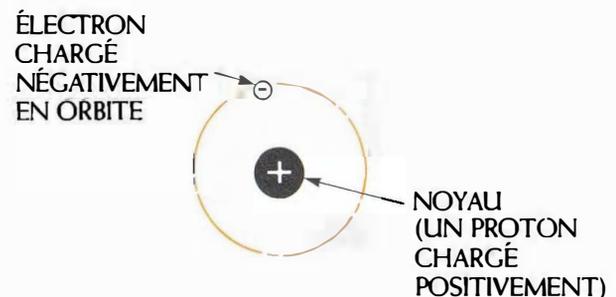


FIGURE 12-1 Un modèle Bohr d'un atome d'hydrogène.

On appelle le centre de n'importe quel atome son **noyau**. Dans le noyau de l'atome d'hydrogène, il n'y a qu'une particule qu'on appelle un **proton**. Le proton porte une **charge électrique positive (+)**. En termes subatomiques, le proton est relativement gros. Presque toute la masse de l'atome d'hydrogène est contenue dans le proton.

Une très petite particule vibre ou orbite autour du noyau de l'atome d'hydrogène. Elle a cependant une très grande énergie et se déplace à la vitesse incroyable de 112 000 km/s. On appelle cette particule un **électron**. L'électron de son côté porte une **charge électrique négative (-)**. L'électron est si minime qu'il a une très petite masse. Néanmoins, c'est la particule qui nous fournit l'énergie électrique dont nous parlons.

Comme l'atome d'hydrogène a une particule avec une charge positive et une autre avec une charge négative, on dit qu'il est électriquement neutre. Des atomes plus lourds que l'hydrogène contiennent plus de protons et d'autres particules qu'on appelle neutrons dans leur noyau. Le **neutron** est presque égal en masse au proton et n'a pas de charge électrique. Des atomes plus lourds également possèdent plus d'électrons en orbite autour de leur noyau. Normalement, le nombre d'électrons en orbite égale le nombre de protons dans le noyau, rendant ainsi l'atome électriquement neutre.

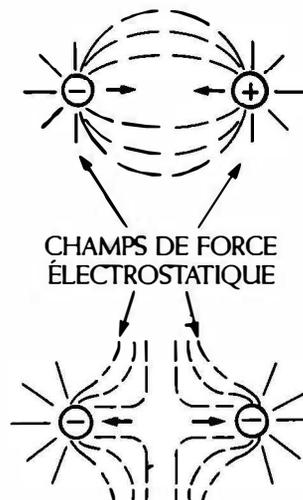
12.4 LOI DES CHARGES ÉLECTRIQUES

Longtemps avant que quelqu'un sache quelque chose au sujet des électrons ou des protons, un chimiste français nommé Charles Dufoycy avait découvert qu'il y avait deux types de charges électriques. Il constata que des **charges contraires s'attirent** entre elles, tandis que des **charges semblables se repoussent** entre elles.

Aujourd'hui, ce phénomène est connu sous le nom de la **Loi des Charges électriques** (Figure 12-2). Benjamin Franklin a nommé ces deux types de charges: charge positive et charge négative. Depuis l'époque de Dufoycy et de Franklin, nous avons découvert que les deux types de charges sont entourés par un **champ de force électrostatique**. Ces champs de force sont égaux en force, même si leurs charges peuvent être opposées en polarité. C'est quand ces champs de force viennent en contact entre eux que leurs charges s'attirent ou se repoussent. Des électrons sont attirés

FIGURE 12-2 La Loi des Charges électriques.

DES CHARGES CONTRAIRES S'ATTIRENT



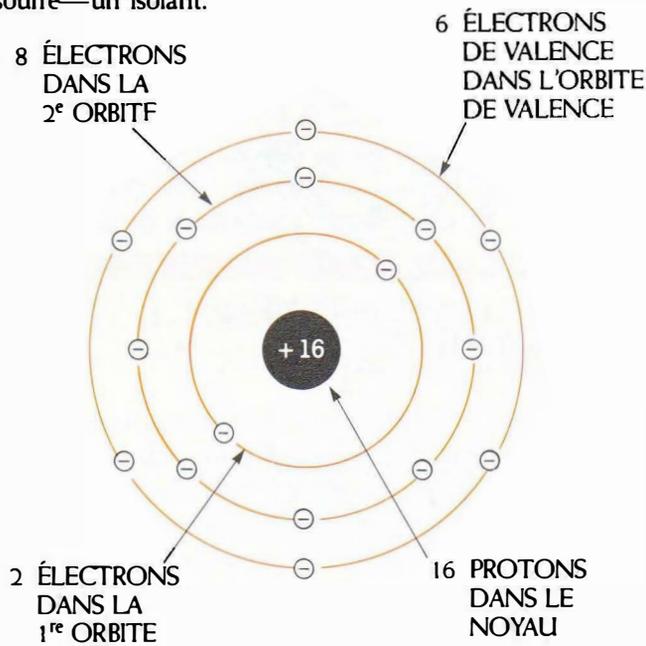
DES CHARGES SEMBLABLES SE REPOUSSENT

vers les protons, et vice versa. Cette attraction tient les atomes ensemble. Si ce n'était de la grande vitesse d'orbite des électrons, ceux-ci s'écraseraient sur les protons avec une force foudroyante.

12.5 ISOLANTS, CONDUCTEURS ET SEMICONDUCTEURS

Dans des atomes plus lourds que l'hydrogène, les électrons semblent voyager dans des orbites spécifiques autour du noyau. Chaque orbite peut tenir seulement un certain nombre d'électrons. La première orbite ne peut contenir plus de 2 électrons tandis que la deuxième peut en contenir jusqu'à 8, la troisième jusqu'à 18, la quatrième jusqu'à 32, et la cinquième jusqu'à 50. Certains atomes n'ont qu'une ou deux orbites, tandis que d'autres en ont 3 ou davantage. Indépendamment du nombre des orbites, la plus éloignée du noyau est connue comme l'**orbite de valence**. Elle n'est pas toujours remplie d'ailleurs.

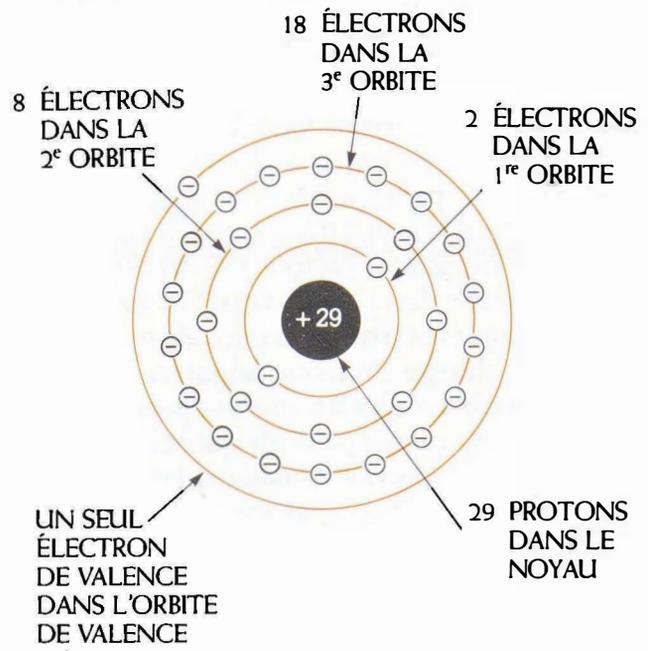
FIGURE 12-3 Un modèle Bohr d'un atome de soufre—un isolant.



Dans le modèle Bohr d'un atome de soufre illustré à la Figure 12-3, il y a 2 électrons dans la première orbite, 8 électrons dans la deuxième et 6 dans la troisième. On appelle les électrons dans l'orbite de valence des **électrons de valence**. Parce qu'ils sont les plus éloignés du noyau, ils possèdent le plus d'énergie et sont moins resserrés que les autres électrons. Lorsqu'il n'y a que quelques électrons dans l'orbite de valence, il est possible de les rapprocher d'un atome semblable avec la force électromotrice. On appelle ce mouvement d'électrons un courant électrique. Quand l'orbite de valence est pleine, la force électromotrice ne peut déplacer ces électrons et il n'y a pas de courant électrique. Les éléments dont les électrons de valence ne peuvent être facilement déplacés par la force électromotrice sont des **isolants**. Le soufre par exemple est un isolant. Le nylon ou la couche de néoprène sur le fil de connexion de votre projet est aussi un isolant. Le mica et la céramique sont deux isolants employés pour les condensateurs.

Le modèle Bohr d'un atome de cuivre, illustré à la Figure 12-4, montre que le cuivre n'a qu'un électron de valence. Cet électron peut être facilement déplacé par la force électromotrice. Le courant électrique passe facilement à travers le cuivre. Le cuivre alors est un **conducteur**. C'est le conducteur utilisé pour le fil de connexion. Le

FIGURE 12-4 Un modèle Bohr d'un atome de cuivre—un conducteur.



cuivre, l'aluminium, l'or et l'argent sont tous d'importants conducteurs.

Certains éléments ont tout juste assez d'électrons dans leurs orbites de valence pour en faire ni de bons conducteurs ni de bons isolants. Ces éléments n'ont généralement que quatre électrons de valence. On appelle ces éléments des **semiconducteurs**. Le carbone est un élément semiconducteur commun. On peut voir son modèle Bohr à la Figure 12-5. Le germanium et le silicium sont des semiconducteurs importants. On les emploie dans la fabrication de composantes électroniques telles que les résistances, les transistors et les diodes.

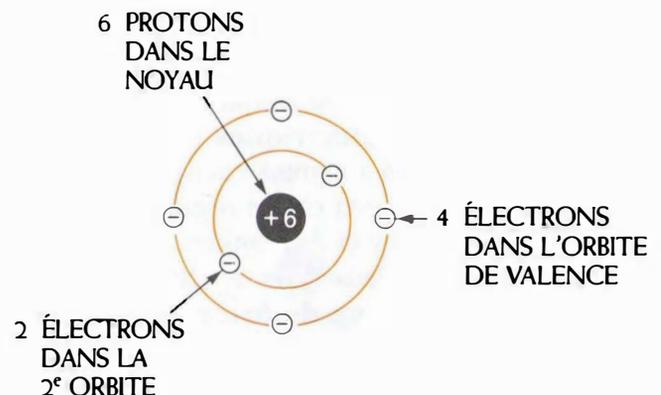


FIGURE 12-5 Un modèle Bohr d'un atome de carbone—un semiconducteur.

12.6 ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Vous avez déjà eu beaucoup d'expériences avec l'électricité statique. Avez-vous déjà enlevé du linge d'une sècheuse pour le voir se coller à d'autres vêtements? En les séparant, vous les avez entendus faire des bruits de craquement. Peut-être avez-vous entendu le même genre de craquement en flattant un chat au poil long? Vous avez sûrement marché déjà sur un plancher de tapis en hiver et ressenti un choc en touchant un objet de métal. Ce sont tous des exemples de décharge d'électricité statique. Une **décharge** est un rapide transfert de charge électrique d'un endroit à un autre (Figure 12-6)¹. L'exemple peut-être le plus frappant de décharge d'électricité statique est sans doute un éclair qui sillonne le ciel dans les nuages au-dessus de notre tête jusqu'au sol, suivi d'un bruit foudroyant de coup de tonnerre!

Le mot **statique** signifie «au repos». De l'**électricité statique** est une charge électrique qui s'accumule sur la surface d'un objet. Elle est

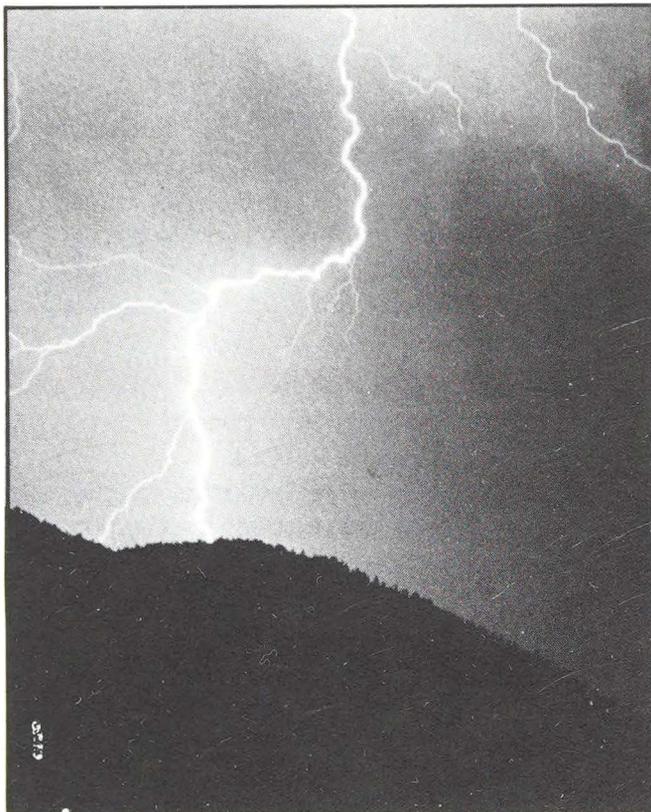


FIGURE 12-6 L'éclair est une décharge d'électricité statique.

¹ *Note* Quand l'électricité statique est déchargée, elle n'est plus statique, mais devenue du courant électrique. Voir la Section 12.7.

toujours causée par la friction d'objets entre eux. Cette friction résulte d'une accumulation d'ions négatifs et positifs. Dans le cas de l'électricité statique qui cause l'éclair dans un orage, la friction provient du vent qui se «frotte» contre les nuages.

Un **ion** est simplement un atome qui n'est pas électriquement neutre. Un ion positif a un excès de charge positive, et un ion négatif un excès de charge négative.

Si un électron de valence est enlevé d'un atome de cuivre, par exemple, l'atome aura un excès de charge positive (29 protons contre 28 électrons). La force électrostatique des protons débalancés dépassera les électrons en orbite autour d'elle pour attirer un autre électron là où elle pourra en attraper un. Si un électron de valence est ajouté à un atome de cuivre, l'atome aura une charge négative (29 protons contre 30 électrons). La force électrostatique des protons débalancés ne pourra pas retenir fermement autant d'électrons. L'électron de trop sera rapidement attiré par l'atome le plus rapproché ou un ion positif.

Quand des ions négatifs s'accumulent sur un corps, cela signifie qu'il y a de plus en plus d'électrons de trop. Plus il y a d'électrons de trop, plus la charge négative est grande. De même, quand des ions positifs s'accumulent sur un corps, cela signifie qu'il y a de moins en moins d'électrons. Aussi, moins il y a d'électrons, plus la charge positive est grande. Quand le vent pousse les nuages à travers le ciel, la friction crée de grandes quantités d'ions négatifs dans les nuages. Ces ions créent une charge négative sur le corps du nuage. Comme ces nuages chargés passent au-dessus de la terre, ils créent la formation d'ions positifs à la surface du sol. La terre est alors chargée positivement. Quand les deux charges deviennent assez grosses et que la distance entre les nuages et la terre n'est pas très grande, les électrons de trop bondissent sur la terre

FIGURE 12-7 Voici des types de charges d'électricité statique qui existent avant qu'un éclair frappe la terre au cours d'un orage. D'après l'illustration, où croyez-vous que l'éclair va d'abord frapper?



avec une puissance destructive incroyable (Figure 12-7). Benjamin Franklin, l'inventeur américain qui a fait voler un cerf-volant pendant un orage électrique pour prouver qu'un éclair était de l'électricité, n'a pas retenu son cerf-volant directement par son fil. S'il l'avait fait, la décharge de l'éclair aurait prouvé sa théorie et il aurait probablement été tué sur le coup!

12.7 COURANT ÉLECTRIQUE

Du courant électrique qui passe à travers n'importe quelle matière est réellement le passage d'électrons d'un atome à un autre. On appelle cela du **courant d'électricité**. La force qui cause le passage d'un électron est la force électromotrice ou la tension, et provient d'une source extérieure. La **source** extérieure doit produire des électrons libres qui sont poussés dans le matériel. De l'autre côté de la source, il doit y avoir une déficience d'électrons pour que les électrons se déplaçant à travers le matériel puissent trouver un endroit où aller. Une source alors doit avoir un **pôle négatif** (excès d'électrons libres), et un **pôle positif** (déficience d'électrons). Pour fournir un courant continu, il faut un **chemin** pour les électrons jusqu'au matériel ainsi qu'un chemin de retour à la source. Nous avons là un **circuit complet**. Aucun courant ne passera à moins que le circuit ne soit complet. La Figure 12-8 montre justement

un circuit complet. On appelle une **charge** le matériel à travers lequel le courant est forcé de passer. Au Chapitre 14, vous aurez l'occasion d'en savoir davantage sur différents types de circuits.

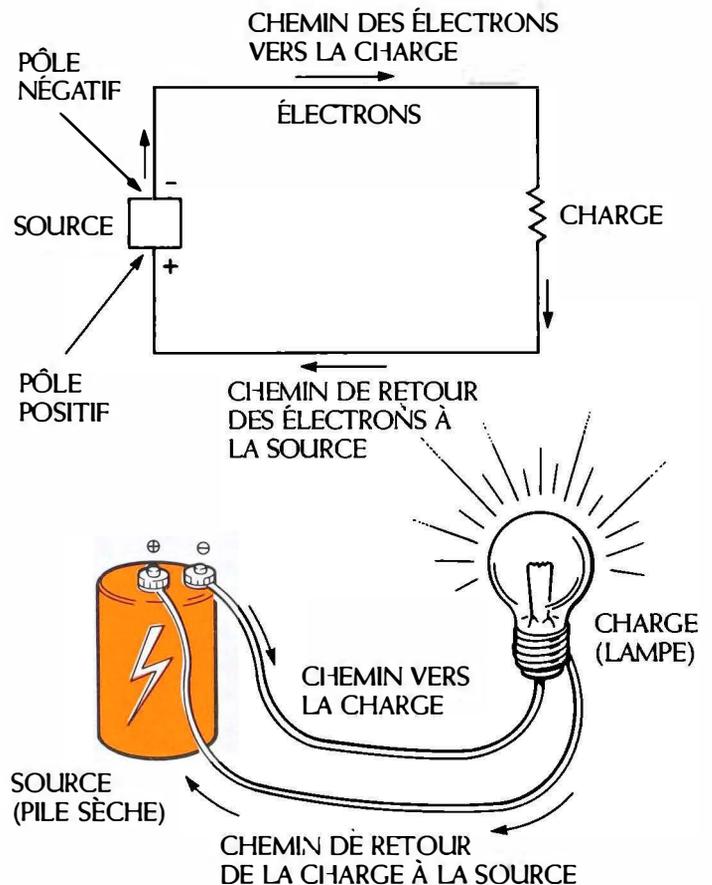


FIGURE 12-8 Un circuit complet.



12.8 TÂCHES À FAIRE

1. Dessinez vos propres modèles Bohr pour les éléments suivants. Le nombre de protons et d'électrons de chaque élément est indiqué entre parenthèses. Quels éléments pensez-vous sont des conducteurs? Quels sont les isolants? Est-ce qu'il y en a qui peuvent être des semiconducteurs?
 - (a) l'aluminium (13)
 - (b) le silicium (14)
 - (c) l'argent (47)
 - (d) le sélénium (34)
 - (e) le platine (78)
 - (f) le germanium (32)
2. Gonflez un ballon. Nouez l'extrémité et frottez le ballon sur un morceau de fourrure ou de laine plusieurs fois. Prenez le ballon et placez-le sur la surface d'un mur. Expliquez ce qui arrive.
3. Regardez le diagramme schématique de votre projet. Essayez d'identifier la source de la force électromotrice qui l'alimente. Maintenant essayez d'identifier le chemin de la source à la charge. Dès que vous avez trouvé la charge, tracez le chemin de retour de la charge jusqu'à la source. Demandez de l'aide si nécessaire.

12.9 RÉSUMÉ

Les éléments sont composés d'atomes. Ceux-ci sont composés d'électrons, de protons et de neutrons.

Les protons et les neutrons sont situés dans le noyau d'un atome. Les électrons sont dans des orbites autour du noyau. Le proton a une unité de charge positive. Les atomes normalement ont le même nombre d'électrons que de protons.

La Loi des Charges électriques établit que des charges semblables se repoussent et que des charges différentes s'attirent. Les deux types de charges sont égales en force.

On appelle orbite de valence celle qui est la plus éloignée d'un atome. Les électrons de cette orbite plus éloignée que les autres sont des élec-

trons de valence.

Les éléments dont les électrons de valence ne peuvent pas être déplacés avec la force électromotrice sont considérés comme des isolants. Ils ne conduisent pas de courant électrique.

Les conducteurs sont des éléments qui conduisent facilement du courant électrique. Ils n'ont que quelques électrons dans leur orbite de valence.

Les semiconducteurs ont juste assez d'électrons dans leurs orbites de valence qui en font ni de bons conducteurs ni de bons isolants. Les éléments avec quatre électrons de valence font habituellement de bons semiconducteurs.

L'électricité statique est une charge électrique qui s'accumule à la surface d'un objet. Elle est presque toujours causée par de la friction.

Les ions sont des atomes qui ne sont pas électriquement neutres. Un ion positif a un excès de charge positive, causé par une déficience d'électrons. Un ion négatif a un excès de charge négative, causé par un excès d'électrons.

Le courant électrique est le passage des électrons à travers une matière. Un circuit doit être complet avant que du courant électrique puisse passer.

12.10 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Définissez les termes suivants:
 - (a) élément,
 - (b) atome,
 - (c) noyau,
 - (d) orbite de valence.
2. Établissez quel type de charge électrique on rencontre sur les particules suivantes:
 - (a) un proton,
 - (b) un neutron,
 - (c) un électron.
3. Quelles sont les différences entre un isolant et un conducteur?
4. Qu'est-ce qu'un semiconducteur?
5. Quelle sorte de charge y a-t-il dans un électron?

6. Qu'est-ce que dit la Loi des Charges électriques?
7. Définissez l'électricité statique.
8. Donnez la différence entre un ion positif et un ion négatif.
9. Quelles particules se déplacent pour causer un courant électrique?
10. Quelles sont les deux choses que doit avoir une source?
11. Définissez un circuit complet.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. La matière est
 - (a) cette page,
 - (b) votre crayon,
 - (c) les étoiles,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
2. Les substances qui ne peuvent se briser sans perdre leurs propriétés physiques, chimiques et électriques sont
 - (a) des atomes,
 - (b) des particules,
 - (c) des éléments,
 - (d) des électrons.
3. La plus petite portion d'un élément qui conserve encore des propriétés de l'élément est
 - (a) un électron,
 - (b) un noyau,
 - (c) une molécule,
 - (d) un atome.
4. Un électron
 - (a) se déplace approximativement à 112 000 km/s,
 - (b) a une charge négative,
 - (c) a une très petite masse,
 - (d) a ou fait tout ce qui est mentionné ici.
5. La Loi des Charges électriques établit que
 - (a) des charges semblables se repoussent,
 - (b) des charges semblables s'attirent,
 - (c) des charges différentes se repoussent,
 - (d) qu'elles ne sont pas concernées par ce qui est mentionné ci-dessus.
6. L'orbite la plus éloignée d'un atome
 - (a) ne peut avoir que quelques électrons,
 - (b) s'appelle l'orbite de valence,
 - (c) s'appelle un neutron,
 - (d) est tout ce qui est mentionné ci-dessus.
7. Les atomes qui ont quatre électrons de valence font habituellement
 - (a) de bons conducteurs,
 - (b) de bonnes résistances,
 - (c) de bons semiconducteurs,
 - (d) de bons isolants.
8. Les atomes qui ne lâchent pas facilement des électrons de valence sont
 - (a) les néoprènes,
 - (b) les isolants,
 - (c) les semiconducteurs,
 - (d) les composés de soufre.
9. Un ion est
 - (a) un atome dérangé,
 - (b) un électron de l'espace extérieur,
 - (c) la même chose que de l'électricité statique,
 - (d) un atome qui n'est pas électriquement neutre.
10. Un pôle négatif est une place où il y a
 - (a) des électrons libres,
 - (b) des chemins de passage pour les électrons,
 - (c) une déficience d'électrons,
 - (d) deux chemins.

LES SOURCES DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

13.1 SOURCES DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'énergie électrique est l'énergie relâchée par un passage d'électrons libres. Afin de permettre à des électrons libres de passer, il faut une source de force électromotrice ou de la tension. Cette tension peut provenir d'une variété de sources. Ces sources fournissent de l'énergie sous une forme, laquelle est ensuite convertie en énergie électrique. Ce chapitre couvre quelques-unes des plus importantes sources d'énergie.

13.2 CONVERSION DE L'ÉNERGIE CHIMIQUE

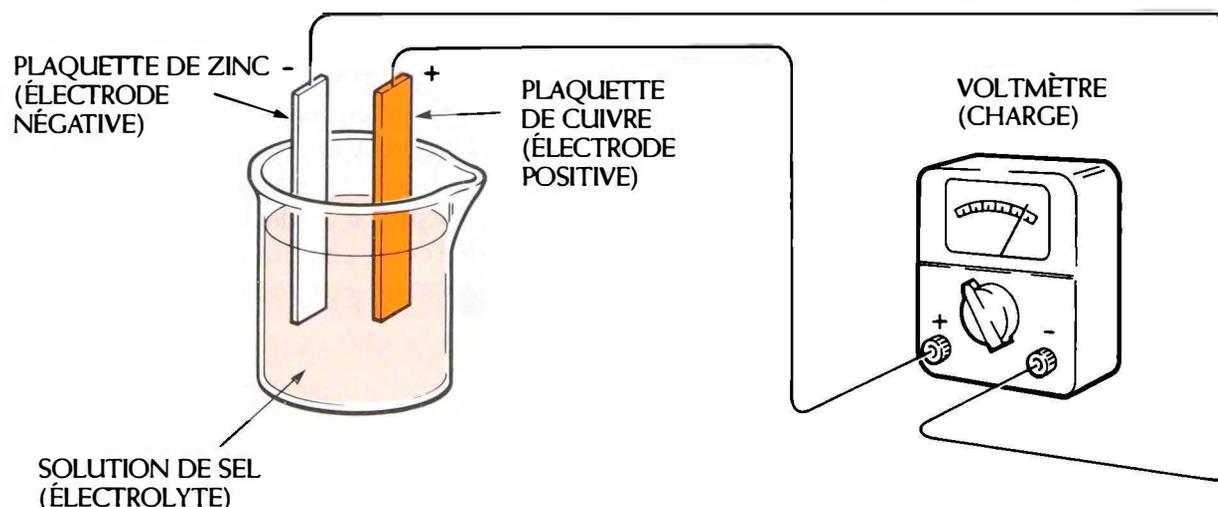
L'énergie de réactions chimiques peut être utilisée pour libérer de leurs atomes des électrons de valence. Si on fournit un conducteur (chemin) de la source à la charge ainsi qu'un chemin de retour à la source, les électrons parcourront ce chemin. Il

y a trois types principaux de cellules ou de contenants de réaction qui peuvent changer l'énergie chimique en énergie électrique. Ce sont la pile voltaïque, la pile sèche et l'accumulateur.

LA PILE VOLTAÏQUE

La **pile voltaïque** (Figure 13-1) consiste en deux plaquettes de métal différentes que l'on met dans une solution chimique nommée un **électrolyte**. On appelle des **électrodes** les plaquettes de métal. L'électrolyte réagit chimiquement avec les électrodes. Une plaquette se charge négativement et l'autre positivement. Quand les deux électrodes sont connectées à une charge par des fils, les électrons voyagent de l'électrode négative à l'électrode positive. Au cours de ce procédé, ils lâchent de l'énergie qui fait agir la charge. Quand cela se produit, l'électrolyte et les électrodes se consomment. Éventuellement, la pile voltaïque vient à faire défaut. Comme ce n'est plus une source efficace d'énergie électrique, on ne s'en sert plus à des fins commerciales.

FIGURE 13-1 Une pile voltaïque.



LA PILE SÈCHE

Les électrolytes des **piles sèches**, ou **piles primaires**, sont faits d'une pâte épaisse et consistante. Différents types de piles sèches peuvent employer différents matériels pour leurs électrodes et leur électrolyte. Néanmoins, leur fabrication est fondamentalement similaire.

La Figure 13-2 illustre comment est construite une pile sèche de zinc et de carbone. Le contenant de zinc est l'électrode négative tandis que la tige de carbone est l'électrode positive. L'électrolyte est un mélange de produits chimiques dont certains réagissent avec le zinc pour libérer des électrons. Ces électrons s'accumulent dans le contenant de zinc. Les ions positifs de l'électrolyte attirent alors les électrons de la tige de carbone. Cette tige, en retour, se charge positivement et attirera par la suite des électrons d'une source extérieure. Lorsqu'un circuit est connecté entre le contenant de zinc et la tige de carbone, il se charge à son tour positivement et attire des électrons d'une source extérieure. Quand un circuit en effet est connecté entre le contenant de zinc et la tige de carbone, les électrons passent du contenant par le circuit vers la tige de carbone. Aussi longtemps que l'électro-

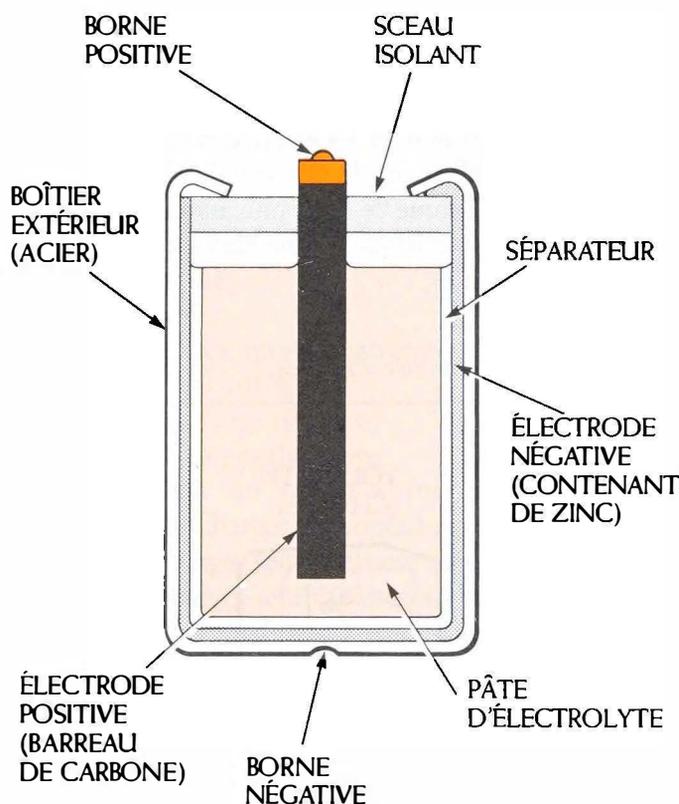


FIGURE 13-2 Dessin simplifié d'une pile sèche de zinc et de carbone.

lyte continuera de réagir avec le zinc, la pile produira de l'énergie électrique. Quand tout l'électrolyte a réagi, la pile est déchargée et doit être remplacée. Toutefois, contrairement à la pile voltaïque, la pile sèche est conçue pour durer plus longtemps et fournir une tension plus constante.

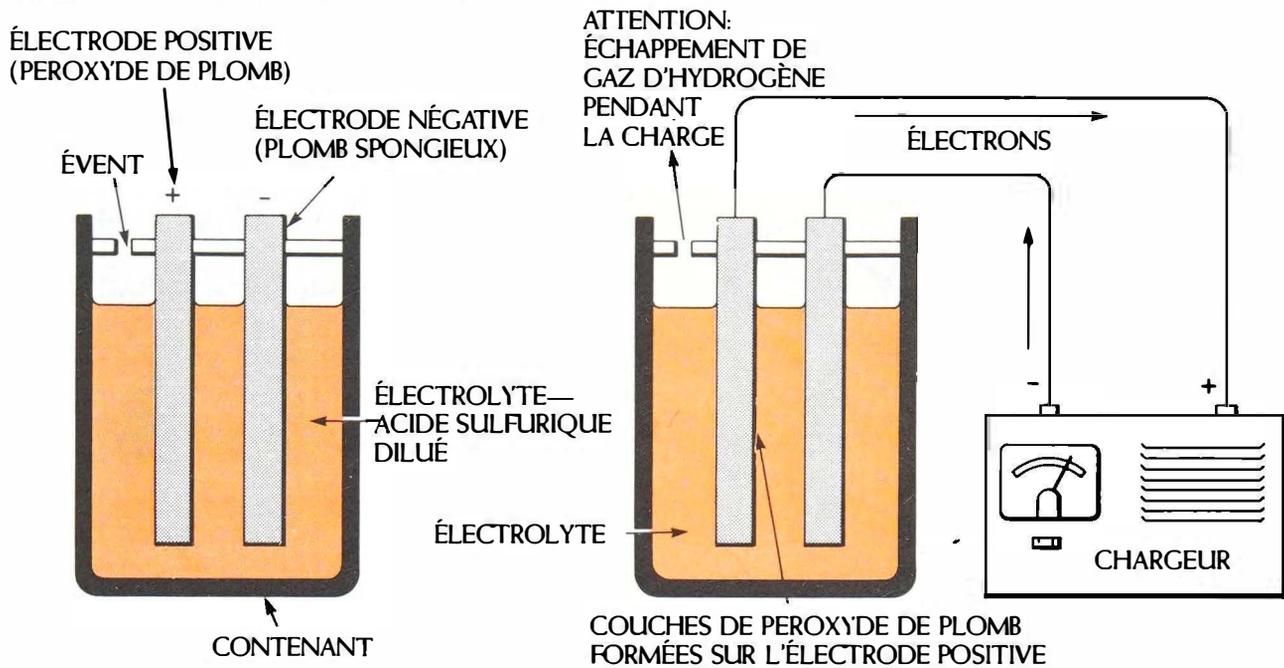
L'oscillateur de code Morse, le métronome électronique, la sirène électronique, l'indicateur d'état de batterie à pile sèche, le système intercom, le compteur de niveau audio de la diode électroluminescente (LED) et les projets de radio à modulation d'amplitude (radio A.M.), sont tous alimentés en énergie par des piles sèches régulières de zinc et de carbone. On se sert également des piles sèches pour alimenter les appareils auditifs, les compteurs d'intensité lumineuse des caméras, les régulateurs d'impulsions, les montres électroniques et beaucoup d'autres appareils.

LES ACCUMULATEURS

Les **accumulateurs**, ou **piles secondaires**, doivent être d'abord chargés avant de pouvoir servir. Contrairement aux piles sèches, les accumulateurs peuvent être rechargés plusieurs fois avant de faire complètement défaut. On les appelle accumulateurs à cause de la faculté qu'ont ces piles d'accumuler de grandes quantités d'énergie.

On peut voir à la Figure 13-3 un accumulateur d'acide et plomb. Les électrodes négatives sont faites de plomb spongieux. Quant aux électrodes positives, elles sont faites de peroxyde de plomb. Quand la pile se décharge, l'électrolyte réagit avec le peroxyde de plomb pour produire des électrons libres. Ces électrodes remontent l'électrode négative en passant par le chemin et la charge. Les deux électrodes se couvrent de sulfate de plomb à mesure que la pile se décharge. Lorsque les deux électrodes sont complètement couvertes, la réaction chimique cesse et la pile doit être rechargée. Pour recharger l'accumulateur, on force du courant à passer dans la batterie en direction inverse. Cette procédure renverse la réaction chimique. La couche de sulfate de plomb sur les électrodes se dissout et se brise, et les électrodes retournent à leur état original. Du gaz d'hydrogène s'échappe de l'évent pendant que l'accumulateur recharge. Ce gaz est extrêmement explosif, de sorte

FIGURE 13-3 Un accumulateur simple à l'acide de plomb.



que les piles à l'acide de plomb doivent être chargées seulement dans des endroits très loin de la chaleur, des étincelles ou de la fumée.

La plupart des batteries automotrices consistent en plusieurs accumulateurs d'acide de plomb connectés en série. Le dispositif d'urgence à éclats lumineux sur la route (Projet 2) et l'indicateur d'état de batterie d'auto de 12 V (Projet 6), sont tous deux alimentés en énergie par des batteries automotrices. En plus d'une batterie, une automobile a un alternateur qui sert à recharger la batterie quand le moteur tourne. Quand la batterie est trop faible pour faire partir l'auto, il faut recourir à un chargeur de batterie automotrice pour recharger la batterie.

D'autres produits chimiques peuvent être employés pour la fabrication d'accumulateurs. Le plus important parmi ces derniers est la pile de nickel-cadmium (ni-cad). Aujourd'hui, cet accumulateur est scellé dans un boîtier avec une pâte électrolytique. Ces piles sont très durables et on peut les recharger des centaines de fois. Ces accumulateurs cependant sont très dispendieux. On s'en sert surtout pour des appareils sans fil comme les calculatrices de poche rechargeables.

13.3 CONVERSION DE L'ÉNERGIE MAGNÉTIQUE

L'énergie magnétique ne peut pas être convertie

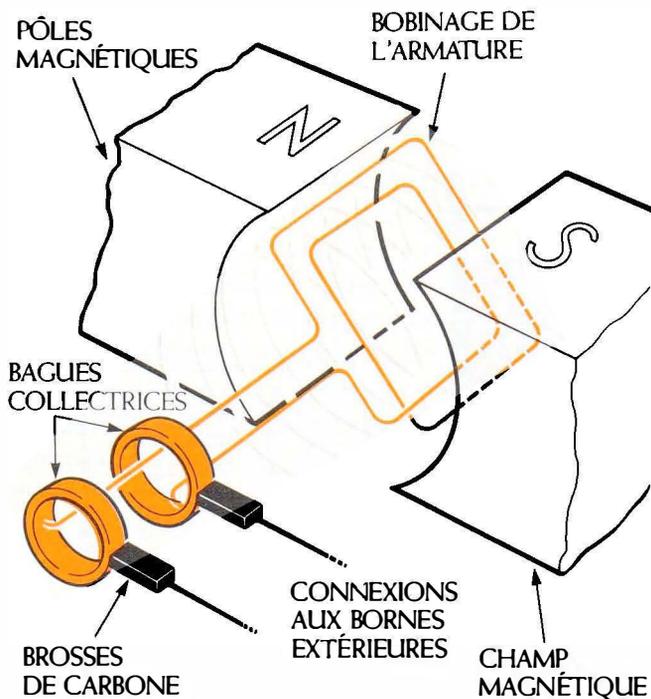
directement en électricité. Au Chapitre 7, vous avez appris que du courant peut être induit dans un conducteur par un champ magnétique qui s'agrandit ou rapetisse. Du courant peut être aussi induit en faisant tourner un conducteur dans un champ magnétique stationnaire. La plus grande partie de l'électricité que nous consommons provient de cette source.

On emploie de gros **générateurs** pour produire de l'électricité à partir d'un champ magnétique. C'est l'eau ou la vapeur qui les fait tourner. L'eau vient des sites de barrages hydroélectriques. Quant à la vapeur, elle provient des combustibles de fossiles brûlés ou d'un réacteur nucléaire qui crée de la chaleur.

On appelle la partie rotative d'un générateur une **armature**. Il y a sur elle plusieurs tours de fil qu'on appelle des **bobinages** ou enroulements. Comme l'armature tourne dans un champ magnétique, un courant électrique passe dans les bobinages. Les extrémités des enroulements sont connectées à des **bagues collectrices**. Des **brosses** faites d'un composé de cuivre et de carbone frottent contre les bagues collectrices lorsqu'elles tournent. Les brosses sont connectées à des bornes extérieures. La Figure 13-4 montre un dessin simplifié d'un générateur.

Lorsque les bobinages de l'armature se déplacent à travers le champ magnétique, ils coupent d'abord à travers dans une direction, puis dans l'autre. Cela amène la polarité du courant induit à changer de direction.

FIGURE 13-4 Dessin simplifié d'un générateur.



C'est pourquoi la sortie d'un générateur est du courant alternatif. Pour cette raison, ce type de générateur est plus correctement appelé un **alternateur**. L'alternateur d'une automobile opère de la même façon. C'est le moteur du véhicule qui le fait tourner. Toutefois, pour charger la batterie d'une voiture, il faut du courant continu. À l'intérieur d'un alternateur d'auto il y a plusieurs diodes qui rectifient le courant alternatif en courant pulsé continu. Vous apprendrez au Chapitre 19 comment cela fonctionne.

Toute l'énergie électrique qui nous est fournie par les compagnies hydroélectriques est générée par des alternateurs. Quand vous branchez un appareil dans un réceptacle mural, vous le connectez à un gigantesque système de conducteurs qu'on appelle **grille d'accumulateur**. Ces conducteurs sont connectés à plusieurs alternateurs à différents endroits. Cela assure la disponibilité d'une source constante de courant alternatif. Comme option, le compteur de niveau audio de la diode électroluminescente (LED) peut être alimenté en énergie par un adaptateur approuvé de tension de sortie. L'énergie nécessaire au fonctionnement de cet adaptateur provient d'un courant alternatif de 120 V qui nous est fourni à travers des grilles d'accumulateur.

13.4 CONVERSION DE L'ÉNERGIE LUMINEUSE

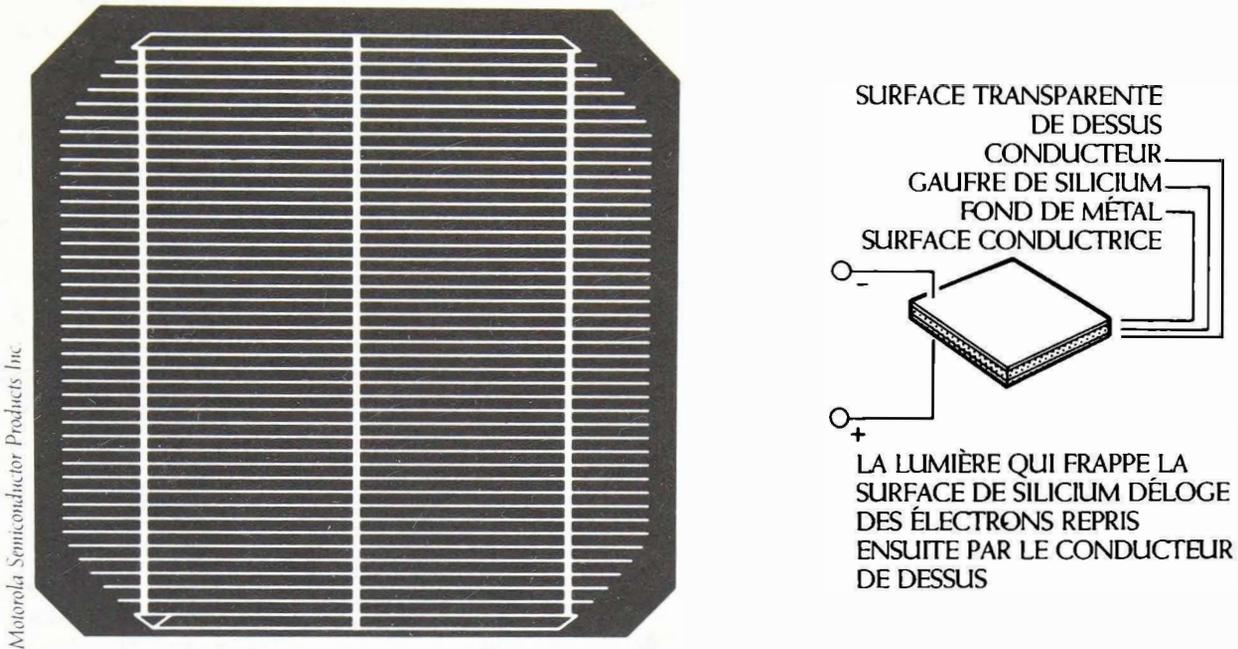
L'énergie de la lumière peut être convertie directement en énergie électrique grâce à un semiconducteur qu'on appelle une **cellule photoélectrique**. La cellule photoélectrique qu'on appelle aussi une **cellule photovoltaïque**, est faite d'une couche de silicium en sandwich entre deux conducteurs. Le fond du conducteur est passablement épais afin d'ajouter de la force au dispositif. Le dessus du conducteur est généralement d'or ou d'argent qu'on a déposé à vide sur du silicium. Ce conducteur supérieur n'a que quelques atomes d'épaisseur de sorte qu'il est transparent. La Figure 13-5 illustre la construction d'une cellule photoélectrique typique. À côté du dessin on voit une illustration d'une cellule photoélectrique finie.

Quand la lumière passe à travers la couche conductrice du dessus et qu'elle frappe le silicium, certains électrons sont chassés de leurs orbites. Ces électrons s'accumulent sur le conducteur supérieur, lui donnant ainsi une charge négative. Les orbites libres ou «trous» laissés dans le cristal de silicium sont alors remplis par des électrons du conducteur plus bas. Comme ce conducteur est un métal, il partagera rapidement ses électrons de valence avec d'autres atomes. Lorsqu'ils sont connectés à un circuit, les électrons du conducteur supérieur passent à travers le circuit et retournent vers le conducteur plus bas. Les électrons des atomes de ce conducteur se croisent alors dans le silicium. Aussi longtemps qu'il y a une source lumineuse qui frappe la cellule photoélectrique, cette action se continue.

Le courant de sortie d'une cellule photoélectrique est proportionnel à l'énergie de la lumière qui frappe la surface de la cellule. Si la source lumineuse est constante, elle produira du courant continu constant. Mais si la source lumineuse varie, on obtiendra du courant continu variable. Sous la lumière artificielle, agissant sur du C.A., le courant de sortie d'une cellule photoélectrique ressemblera et agira comme du C.A.

Il y a de nombreuses applications de cellules photoélectriques dans l'électronique. Dans l'espace par exemple, on s'en sert pour recharger les batteries de satellite. Certaines montres numériques recourent aussi aux cellules photoélectriques pour recharger leurs piles. Dans les caméras électroniques, elles contrôlent automatiquement l'exposition d'un film. Dans les systèmes de sécurité, on

FIGURE 13-5 Construction d'une cellule photoélectrique typique.



emploie les cellules photoélectriques pour détecter les ombres d'un intrus et déclencher les alarmes. Toutes ces applications recourent à la faculté des cellules photoélectriques de convertir directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Cette faculté de convertir directement une forme d'énergie en une autre forme fait de la cellule photoélectrique un **transmetteur**. Comme vous l'apprendrez bientôt, il y a d'autres transmetteurs à côté des cellules photoélectriques.

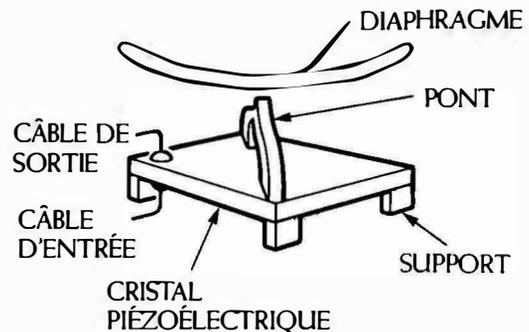
L'**effet piézoélectrique** est la faculté de changer la pression mécanique en électricité. Quand on courbe ou qu'on fléchit un de ces cristaux, des électrons du cristal immigrent sur une de ses surfaces. Si le cristal est fléchi dans la direction opposée, les électrons migreront sur la surface opposée. Si des conducteurs sont attachés à chaque surface, une tension de sortie se produit quand le cristal fléchit.

13.5 CONVERSION DE L'ÉNERGIE SONORE

Deux dispositifs électroniques convertiront l'énergie du son en énergie électrique. Ce sont des dispositifs qu'on appelle statiques et dynamiques. Le dispositif statique, un transmetteur, produira une tension électrique proportionnelle à la pression du son qui le frappera. Un dispositif dynamique requiert habituellement une forme intermédiaire d'énergie comme le magnétisme. Il produit un courant électrique de sortie.

CONVERSION STATIQUE DU SON

La Figure 13-6 montre un transmetteur de cristal. Le cristal dans cette unité est fait de quartz ou de sel de Rochelle. Ces deux composés possèdent une propriété spéciale appelée effet piézoélectrique.



LE SON QUI FRAPPE LE DIAPHRAGME FORCE LE PONT À FLÉCHIR LE CRISTAL. CELA PRODUIT UNE TENSION DE SORTIE AUX CÂBLES.

FIGURE 13-6 Un transmetteur de cristal.

À la Figure 13-6, le cristal se trouve supporté à deux coins. Les deux autres coins sont connectés à un diaphragme. Quand une pression sonore frappe le diaphragme, sa force voyage en descendant un pont jusqu'au cristal. La pression du son change constamment. Cela cause une tension de sortie alternative ou une tension de signal. Cette tension de signal est faible. Habituellement, elle doit être amplifiée électroniquement avant d'être utile.

L'effet piézoélectrique est réversible. Une faible tension alternative appliquée à travers le même cristal le fera vibrer au même rythme que le signal. Cela signifie qu'un transmetteur à cristal peut être utilisé pour reconvertir les signaux électriques en son.

Autres applications de transmetteurs statiques

Des transmetteurs à cristal sont employés pour les bras de pick-up des tourne-disques. Au lieu d'être connecté à un diaphragme, le pont est connecté à une pointe de lecture (aiguille). La pointe voyage dans les sillons du disque. Des variations dans les murs du sillon font vibrer l'aiguille à mesure que le disque se déroule. Le cristal convertit cette vibration en signal électrique.

Les transmetteurs à cristal sont aussi employés dans les microphones. Ils servent également dans des applications industrielles de sécurité. Suppo-

sons qu'un cristal est attaché à un joint métallique dans le cadre d'un avion ou à un gros pont. La quantité de flexion ou de pression que le joint endure peut alors être contrôlée électroniquement. Cela permet aux ingénieurs de prévoir la faiblesse de ces joints avant que tout dommage en résulte. Personne ne souhaite voir céder un joint au milieu d'un pont ou quand un avion vole à plusieurs milliers de mètres dans les airs!

CONVERSION DYNAMIQUE DU SON

Un champ magnétique mouvant peut induire du courant dans un conducteur. Cet effet peut être appliqué pour convertir le son en énergie électrique. La Figure 13-7 montre comment est construit un microphone dynamique. Dans cet appareil, le son frappe un diaphragme et fait vibrer une petite bobine dans un champ magnétique. Cette vibration induit un faible courant alternatif à passer dans la bobine. Le courant alternatif peut être alors utilisé comme signal électronique. La tension à la sortie est très faible, de quelques millivolts seulement, mais le courant peut être beaucoup plus gros selon la conception de l'appareil.

Tout comme un cristal piézoélectrique peut servir à convertir un signal électrique en son, ainsi peut être employée cette source dynamique. Si un courant alternatif passe à travers la bobine, celle-ci vibrera, portant le diaphragme aussi à vibrer. Si les fréquences du courant alternatif sont dans la portée de fréquence audio (20 à 20 000 Hz), le son produit par le diaphragme sera audible à nos oreilles. Cela explique comment opère un haut-

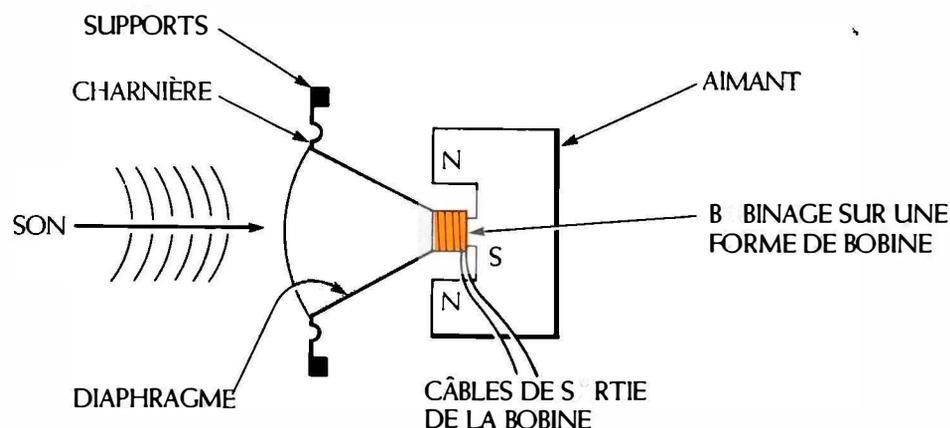


FIGURE 13-7 Construction d'un microphone dynamique—un haut-parleur dynamique est construit de la même façon.

parleur dynamique. Le système intercom (Projet 7) emploie des haut-parleurs à la fois comme microphones et comme porte-voix.

La conversion dynamique du son ou de toute autre pression mécanique peut être utilisée dans les mêmes applications que la conversion statique. Comme la conversion statique produit une sortie de tension et que la conversion dynamique produit une sortie de courant, le choix entre un dispositif statique ou dynamique déterminera le type de circuit électronique requis.

13.6 CONVERSION DE L'ÉNERGIE CALORIQUE

La conversion de l'énergie calorique ou de la chaleur a été rendue possible grâce à un dispositif nommé **thermocouple** (Figure 13-8). On fait un thermocouple en joignant ensemble les extrémités de types différents de métaux ou d'alliages de métal. Les métaux choisis doivent avoir un nombre différent d'électrons de valence. Lorsqu'on chauffe les bouts unis des métaux, on libère un certain nombre d'électrons. Ces électrons s'éloignent de la zone chauffée et se dirigent vers les bouts plus froids du thermocouple. Un câble du thermocouple devient alors une source d'électrons et possède une charge négative. Si un circuit extérieur est connecté au thermocouple, les électrons passeront par ce câble jusqu'à l'autre câble du thermocouple.

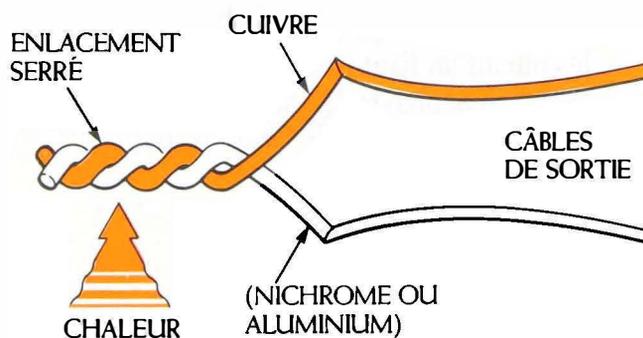
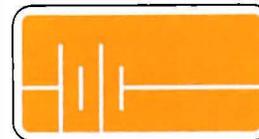


FIGURE 13-8 Un thermocouple.

Le thermocouple est employé pour mesurer les températures dans les fournaies industrielles. On détruirait rapidement les thermomètres conventionnels avec la chaleur élevée à laquelle on recourt pour le raffinage des métaux ou pour chauffer des céramiques. Les thermocouples cependant supporteront cette chaleur. Leur courant de sortie peut être mesuré par un compteur appelé **pyromètre**, lequel a une échelle marquée en degrés.

Les thermocouples sont aussi employés comme dispositifs de sécurité dans l'équipement moderne mis à feu par le gaz. Le thermocouple est placé de façon qu'il soit chauffé par la lampe-pilote de l'appareil. Il contrôle une valve de fermeture dans le conduit d'approvisionnement de gaz. Si la lampe-pilote s'éteint, l'approvisionnement en gaz cesse, prévenant ainsi une accumulation de gaz et une explosion possible.



13.7 TÂCHES À FAIRE

1. Apportez en classe un citron, une lime ou un pamplemousse. Faites deux petites coupures sur un côté du fruit, chacune près de chaque bout. Insérez un cent dans une coupure et un nickel dans l'autre. Prenez la mesure entre les deux coupures avec un voltmètre. Pouvez-vous lire quelque chose? Pourquoi? Quelle sorte de pile pensez-vous avoir?
2. Ouvrez avec une scie à métaux une vieille pile sèche au zinc et au carbone. Assurez-vous de couvrir d'abord votre zone de travail avec du papier journal. Enlevez la tige de carbone et l'électrolyte. Quelle est la couleur de l'électrolyte? Qu'est-ce que cela sent? Retirez maintenant avec soin l'alignement intérieur du contenant s'il y en a un. Enlevez les couvertures extérieures de la pile sèche. Observez le contenant de zinc. Décrivez son apparence. Qu'est-ce qui s'est passé à l'intérieur du contenant de zinc? Comment la surface intérieure se compare-t-elle avec la surface extérieure? Est-ce qu'il y a des trous dans le contenant? Pouvez-vous expliquer d'où proviennent ces trous?

3. Procurez-vous approximativement 10 m de fil aimanté et un barreau aimanté. Enroulez lâchement une bobine autour de votre main avec votre fil. Fixez un peu de ruban gommé autour de la bobine de sorte que tout tienne bien ensemble en retirant le fil de votre main. Dénudez un petit bout de fil à chaque extrémité. Connectez la bobine à un ampèremètre particulièrement sensible comme un galvanomètre. Ce compteur a son point zéro au centre de son échelle. Une extrémité de l'échelle indique le point de crête positif, tandis que l'autre extrémité indique le point de crête négatif. Pour cette raison, le galvanomètre peut réagir aux changements de polarité du courant aussi bien que d'amplitude.

Placez le barreau aimanté délicatement à mi-chemin dans le centre de la bobine. Qu'est-ce que le compteur indique? Retirez rapidement l'aimant de la bobine. Qu'est-ce qui arrive au compteur? De quel côté passe l'aiguille du compteur? Poussez rapidement l'aimant dans la bobine. De quel côté a fléchi l'aiguille? Maintenant, déplacez lentement l'aimant. Qu'est-ce qui se produit cette fois? Répétez l'expérience en faisant faire lentement un mouvement de va-et-vient à l'aimant à travers la bobine. Quel type de courant obtenez-vous? Pourquoi?

4. Procurez-vous une cellule photoélectrique et connectez-la à un voltmètre C.A. Réglez le voltmètre à sa plus basse portée. Tenez la cellule photoélectrique afin que la lumière puisse frapper le dessus de la cellule. Qu'est-ce que le compteur affiche? Pourquoi pensez-vous qu'un voltmètre C.A. était nécessaire? Couvrez la cellule photoélectrique avec votre main. Qu'est-ce que le compteur indique? Pourquoi?

Maintenant tenez la cellule photoélectrique pour que la lumière du soleil la frappe. Si ce n'est pas possible, servez-vous d'une source de lumière connectée à du courant continu, comme une lampe de poche. Qu'est-ce que le compteur indique maintenant? Pourquoi?

Répétez l'expérience ci-dessus en vous servant d'un voltmètre C.C. Que remarquez-vous à présent? Pourquoi? Qu'est-ce que la cellule photoélectrique fait?

5. Procurez-vous un écouteur ou un microphone. Connectez-le aux bornes d'entrée verticales d'un oscilloscope. Réglez les contrôles de l'oscilloscope pour afficher une petite ondulation C.A. Parlez dans le cristal. Qu'observez-vous? Décrivez cette ondulation. Fredonnez une note constante dans le cristal. Ajustez l'oscilloscope pour qu'il vous donne une ondulation stable et stationnaire. Dessinez un croquis de cette ondulation. Demandez à un autre étudiant de fredonner la même note dans le cristal. Remarquez que l'ondulation cette fois est différente.
6. Obtenez un générateur à signal ou un transformateur de 6 V. Connectez l'écouteur de cristal à la sortie de l'une ou l'autre source. Branchez la source et écoutez le cristal. Qu'entendez-vous? Pourquoi? Si vous vous servez du générateur à signal, vous devrez ajuster le contrôle de sortie jusqu'à ce que vous puissiez entendre un son du cristal. Assurez-vous cependant que le générateur à signal est réglé à la fréquence audio.
7. Procurez-vous un petit haut-parleur de radio et un transformateur de sortie audio. Connectez le haut-parleur aux câbles de sortie (secondaires) du transformateur. Connectez les câbles primaires des bornes d'entrée verticales d'un oscilloscope. Réglez les contrôles de l'oscilloscope pour afficher une petite ondulation C.A. Répétez la Tâche 4 en employant la combinaison haut-parleur et transformateur au lieu du cristal. Le haut-parleur est un appareil dynamique et produit un courant de sortie. L'oscilloscope réagit aux changements de tension. Alors, on ajoute le transformateur pour stimuler la tension et diminuer le courant de sortie du haut-parleur. Maintenant répétez la Tâche 5. Connectez les câbles primaires du transformateur à la source de signal. Laissez les câbles du transformateur connectés au haut-parleur. Dans ce circuit, le transformateur baisse la tension du signal et stimule le courant au haut-parleur. Vous aurez l'occasion d'en apprendre davantage au sujet des transformateurs dans le Chapitre 18.

8. Faites un thermocouple avec des bouts dénudés de fils de cuivre et de fer doux. Entrelacez ensemble les extrémités de chaque fil sur approximativement 10 mm. Assurez-vous de les entrelacer bien serrés. Connectez un micro-ampèremètre ou un millivoltmètre aux extrémités libres des bouts de fil. Maintenant, avec une allumette, un briquet ou un bec Bunsen, chauffez les extrémités entrelacées des bouts de fil. Observez la sortie du compteur. Si celui-ci se lit d'arrière, renversez les câbles et répétez l'expérience. Quelle est la production de courant ou sortie de tension? Lorsque vous retirez la chaleur, qu'est-ce qui se produit à la sortie? Quel type de sortie produit le thermocouple?

13.8 RÉSUMÉ

Toutes les sources d'énergie électrique convertissent d'autres formes d'énergie en électricité.

Une pile sèche convertit de l'énergie chimique en courant continu.

Un alternateur convertit de l'énergie mécanique et magnétique en courant alternatif.

L'énergie lumineuse peut être convertie en courant continu par une cellule photoélectrique. La source qui convertit directement une forme d'énergie en électricité est un transmetteur.

Le son et d'autres formes mécaniques d'énergie peuvent être convertis en tension électrique par un cristal piézoélectrique. Le cristal produit une tension de sortie alternative. Le son ou autre énergie mécanique peut se convertir en courant avec un microphone dynamique. Les deux adaptateurs, statique et dynamique, peuvent être employés aussi pour convertir des signaux électriques en son ou autre forme d'énergie mécanique.

L'énergie de la chaleur peut être convertie en énergie électrique par un thermocouple.

13.9 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Nommez six formes d'énergie qui sont souvent converties en énergie électrique.
2. Nommez le ou les appareils qui convertissent chaque forme d'énergie.
3. Expliquez comment une pile sèche peut convertir de l'énergie chimique en électricité.
4. Quelle est la différence entre une pile sèche et un accumulateur?
5. Expliquez comment l'énergie magnétique se convertit en électricité.
6. Qu'est-ce qu'une grille de puissance?
7. Expliquez le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.
8. Que signifie-t-on par «effet piézoélectrique»?
9. Pourquoi l'effet piézoélectrique est-il important?
10. Expliquez comment le son peut se convertir en courant électrique.
11. Quel dispositif convertit l'énergie calorique en électricité?
12. Quels sont les deux usages des thermocouples?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Des sources d'énergie électrique sont
 - (a) les réactions chimiques,
 - (b) l'énergie mécanique,
 - (c) l'énergie magnétique,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
2. On appelle l'appareil qui transforme directement une forme d'énergie en une autre:
 - (a) un transmetteur,
 - (b) un transistor,
 - (c) un transformateur,
 - (d) un redresseur.

3. Dans une batterie, les plaques sont placées dans
 - (a) un électrolytique,
 - (b) un électron,
 - (c) un électrolyte,
 - (d) un diélectrique.
4. Pour produire de l'électricité avec du magnétisme, il faut
 - (a) que le champ magnétique se déplace,
 - (b) faire passer du courant continu à travers la bobine,
 - (c) avoir un champ magnétique près d'une batterie,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ici.
5. La sortie d'un alternateur est
 - (a) du courant alternatif,
 - (b) du courant continu,
 - (c) du C.C. redressé,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ici.
6. Une cellule photoélectrique convertit
 - (a) l'énergie mécanique en énergie lumineuse,
 - (b) l'énergie chimique en énergie lumineuse,
 - (c) l'énergie lumineuse en courant alternatif,
 - (d) l'énergie lumineuse en énergie électrique.
7. Des transmetteurs de cristal sont employés pour
 - (a) les microphones,
 - (b) les aiguilles de phonographe,
 - (c) les indicateurs de contrainte,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
8. Un haut-parleur fonctionne parce que
 - (a) l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique,
 - (b) l'énergie mécanique est convertie en énergie chimique,
 - (c) l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique,
 - (d) le courant continu est converti en courant alternatif.
9. Le thermocouple
 - (a) couple des thermostats ensemble,
 - (b) mesure la résistance entre deux appareils,
 - (c) mesure la puissance à l'utilisation d'une résistance,
 - (d) convertit l'énergie calorique en énergie électrique.
10. Un cristal produit
 - (a) un courant de sortie C.C.,
 - (b) un courant de sortie C.A.,
 - (c) de l'énergie chimique,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.

CHAPITRE 14

LES CIRCUITS

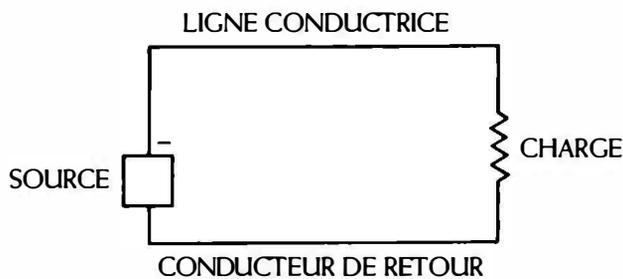
14.1 CIRCUIT SIMPLE

Un circuit doit être complet pour qu'on puisse avoir du courant continu. Pour être complet, un circuit doit avoir une source, un conducteur (chemin) négatif, un conducteur (chemin) positif et une charge.

La source doit être polarisée. C'est pourquoi il doit y avoir une borne qui a un excès d'électrons et une borne avec une déficience d'électrons. Le conducteur négatif permet aux électrons libres de la source d'atteindre la charge. Le conducteur positif permet aux électrons déplacés de la charge de retourner à la source. La charge se sert de l'énergie fournie par le mouvement des électrons pour remplir quelque fonction. Les moteurs, les lampes, les chauffettes, les appareils de radio et de télévision, sont tous des exemples de charges électriques.

Tout circuit n'a que quatre parties qui en font un **circuit simple**. Le circuit de la Figure 14-1 est un circuit simple.

FIGURE 14-1 Un circuit simple.



14.2 COURT-CIRCUIT

Dans tout circuit électrique, c'est la résistance de la charge qui contrôle la quantité de courant électrique qui passe à travers le circuit. Si un chemin de courant se crée sans avoir de charge, comme on le voit à la Figure 14-2, il n'y a plus de contrôle sur le passage du courant. Il se produit alors un **court-circuit**.

Dans un court-circuit, le passage incontrôlé d'énergie surchauffera les conducteurs. Cela peut causer un incendie. De plus, la source peut toujours être endommagée par une demande excessive de courant.

Afin de protéger les circuits de ces dangers, on recourt à des fusibles ou coupe-circuit. La Figure 14-3 illustre un fusible typique du genre dont on se sert dans les circuits électroniques. Le conducteur à l'intérieur du fusible est fait d'un alliage de métal avec un point de fusion très faible. Quand il y a trop de courant qui passe à travers le fusible, l'élément fond, ouvrant ainsi le circuit et prévenant tout dommage éventuel. Les fusibles sont calibrés en ampères.

FIGURE 14-2 Un court-circuit.

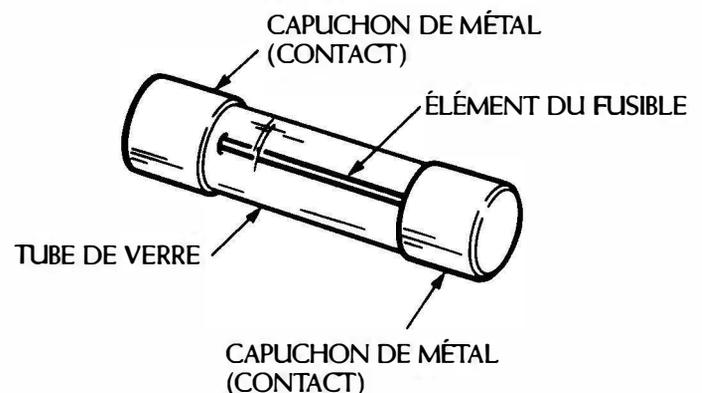
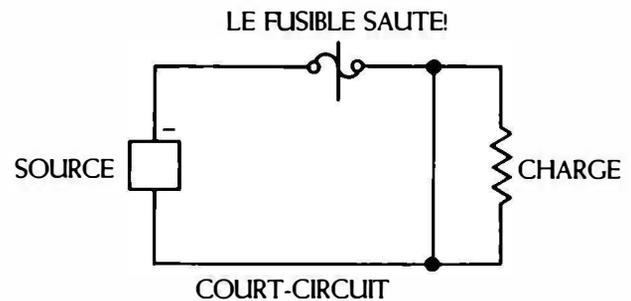
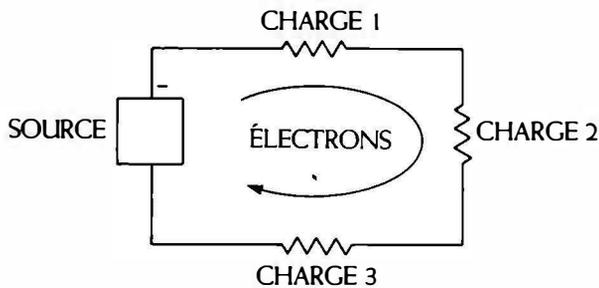


FIGURE 14-3 Un fusible typique.

14.3 CIRCUIT EN SÉRIE

Il y a parfois plus qu'une source ou plus qu'une charge dans un circuit. La Figure 14-4 montre une façon possible de connecter ces parties additionnelles. Si vous suivez le parcours des électrons de la source à travers les charges et le parcours de retour à la même source, vous constaterez que le courant n'a qu'un chemin par où passer. On appelle ce genre de circuit un **circuit en série**. Le courant électrique est constant dans toutes les parties du circuit en série. La somme des tensions à travers les charges égale la tension totale de la source.

FIGURE 14-4 Un circuit en série.



14.4 CIRCUIT EN PARALLÈLE

La Figure 14-5 illustre maintenant une autre façon de connecter plus qu'une source ou charge dans un circuit. Si vous suivez le passage des électrons dans ce circuit, vous verrez qu'il y a plus d'un seul chemin. Vous avez là un **circuit en parallèle**. Chacune des charges et/ou des sources est indépendante de l'autre. Si on déconnectait une source ou une charge, le reste du circuit serait encore complet. Pouvez-vous dire la même chose d'un circuit en série?

Dans un circuit en parallèle, la somme des courants à travers les charges égale le courant total de la source. La tension est constante à travers n'importe quelle partie d'un circuit en parallèle.

14.5 UN CIRCUIT COMPLEXE

Des **circuits complexes**, ou **en série-parallèle**, sont des circuits qui combinent des circuits en série et en parallèle. Ce sont vraiment des circuits en série avec des éléments en parallèle. À la Figure 14-6, vous pouvez voir deux circuits complexes.

FIGURE 14-5 Un circuit en parallèle.

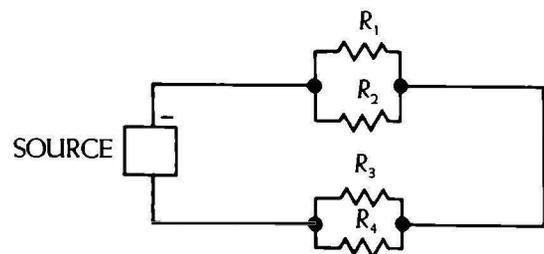
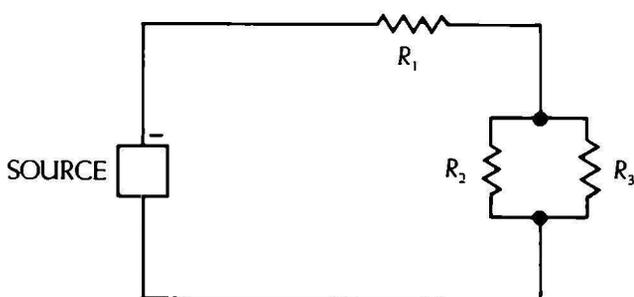
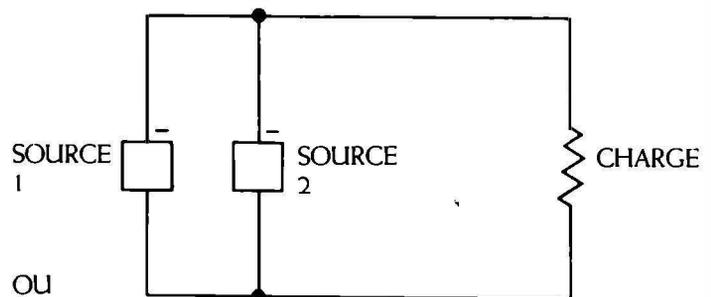
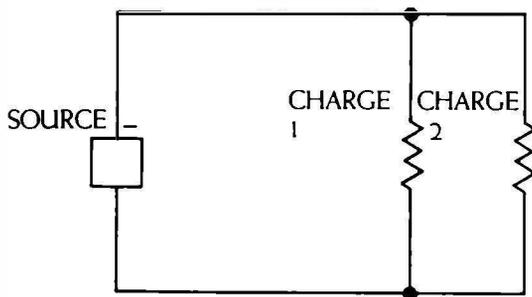


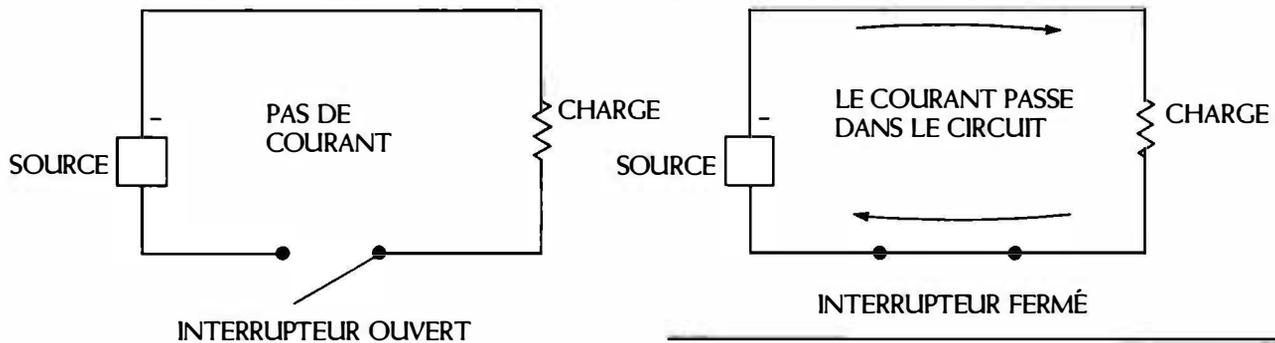
FIGURE 14-6 Deux circuits complexes.

La portion en série d'un circuit complexe se comporte comme un circuit en série. La portion en parallèle d'un circuit complexe se comporte de son côté comme un circuit en parallèle. Quand on étudie des circuits complexes, on constate qu'ils sont habituellement séparés en leurs composantes série et parallèle. On traite chaque composante selon le type de circuit dans lequel elle se trouve.

14.6 CONTRÔLES DANS LES CIRCUITS

Les circuits peuvent être contrôlés par le recours à des interrupteurs. Un **interrupteur**, qu'on appelle parfois une «porte», permet aux électrons de passer s'il est fermé. Lorsque l'interrupteur est ouvert, les électrons ne peuvent plus le franchir, et aucun courant ne passera à travers le circuit (Figure 14-7).

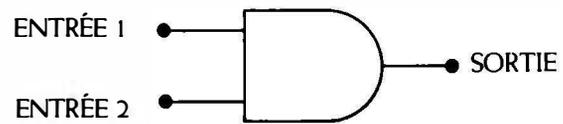
FIGURE 14-7 L'interrupteur ouvert empêche les électrons de voyager à travers la charge.



Deux ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs sont parfois employés dans des circuits en série. Le deux interrupteurs doivent être fermés pour que le circuit opère. Cette sorte d'installation est souvent employée comme dispositif de sécurité sur de la machinerie lourde. L'opératrice de machine doit pousser deux ou plusieurs boutons (qui ferment les interrupteurs) en même temps pour faire fonctionner une machine. Cela permet à l'opératrice d'avoir les mains et/ou les pieds loin des parties en mouvement d'une machine. Les industries des ordinateurs et de l'automatisation se servent d'innombrables circuits en série avec le concours de deux ou plusieurs commutateurs. On appelle communément ce genre de contrôle une porte logique AND («et») (Figure 14-8).

Des commutateurs peuvent être aussi connectés en parallèle pour contrôler une charge commune (Figure 14-9). Une lumière qui peut être

FIGURE 14-8 Symbole schématique d'une porte logique d'entrée-double AND.



allumée ou éteinte à plus d'un endroit en est un exemple. Deux ou plusieurs interrupteurs sont connectés en parallèle à différents endroits de la maison ou d'un édifice. Dans les industries des ordinateurs et de l'automatisation, on appelle ce genre d'installation de commutateurs une porte logique OR («ou») (Figure 14-10). Tout commutateur fermé permettra aux électrons de passer à travers la «porte». Les deux portes logiques AND et OR sont communes dans des circuits intégrés (voir Chapitre 20).

FIGURE 14-9 Des commutateurs connectés en parallèle contrôleront une charge commune. N'importe quel interrupteur, quand il est fermé, permettra au courant de passer à travers la lampe.

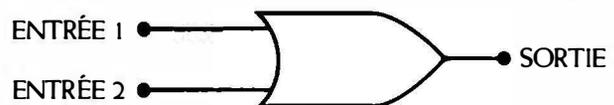
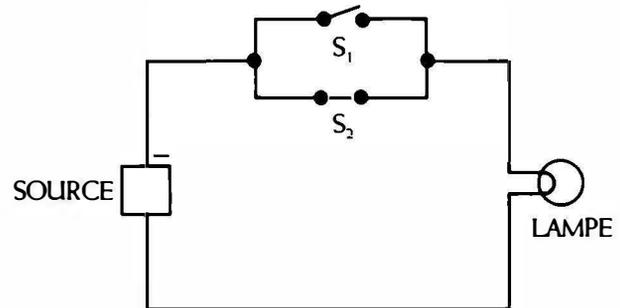


FIGURE 14-10 Symbole schématique d'une porte logique d'entrée-double OR.



14.7 TÂCHES À FAIRE

1. Construisez le circuit de test numéro 1 tel qu'illustré à la Figure 14-11. Avec un voltmètre, mesurez les tensions entre les points suivants: A-B, A-C et C-B. Que remarquez-vous au sujet de la tension de A-C et celle de C-B? Comment ces tensions se comparent-elles avec la tension à travers A-B?

Maintenant insérez un milliampèremètre au point A et mesurez le courant à travers ce point. Faites la même chose au point B et au point C. Que remarquez-vous au sujet du courant mesuré à travers chaque point?

2. Construisez le circuit de test numéro 2 comme à la Figure 14-12. Comment se comparent les tensions entre A-C et C-B? Comment ces tensions se comparent-elles avec celle de A-B?

Maintenant mesurez le courant à travers les points A, B et C. Qu'est-ce que vous observez?

3. Construisez le circuit de test numéro 3 tel qu'illustré à la Figure 14-13. Mesurez et enregistrez les tensions entre A-B, C-D et E-F.

Qu'est-ce que vous remarquez au sujet des tensions mesurées entre ces points? Maintenant mesurez et enregistrez le passage du courant à travers les points A, B, C, D, E et F. Quelles observations tirez-vous de vos résultats? Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

4. Construisez le circuit de test numéro 4 comme on le montre à la Figure 14-14. Mesurez et enregistrez les tensions à travers A-B, C-D et E-F. Que remarquez-vous au sujet des tensions mesurées?

Maintenant mesurez et enregistrez le courant qui passe aux points A, B, C, D, E et F. Quelles sont vos remarques à la suite de vos mesures? Demandez à votre professeur de vérifier encore votre travail.

FIGURE 14-11 Circuit de test numéro 1

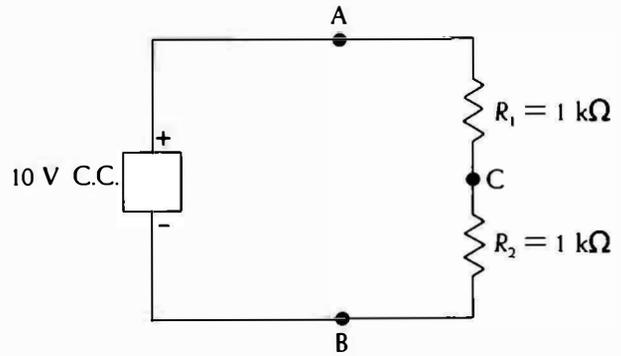


FIGURE 14-12 Circuit de test numéro 2

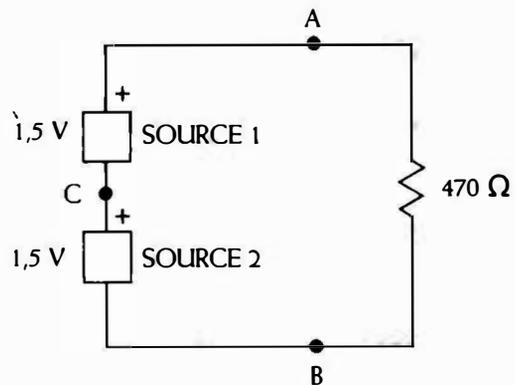


FIGURE 14-13 Circuit de test numéro 3

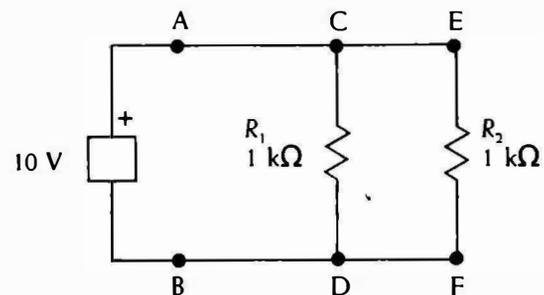
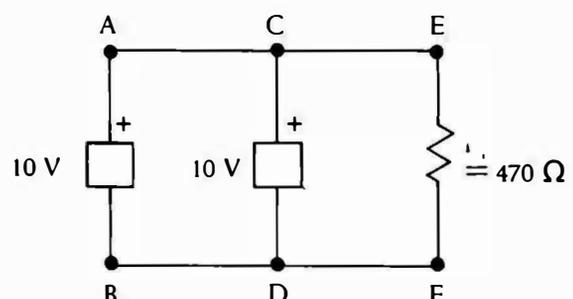


FIGURE 14-14 Circuit de test numéro 4



14.8 RÉSUMÉ

Un circuit complet qui n'a qu'une source, une charge, un conducteur positif et un conducteur négatif est un circuit simple.

Une charge électrique est tout dispositif qui recourt à l'énergie électrique pour accomplir quelque genre de travail.

Un circuit en série contient plus qu'une charge et/ou une source. C'est un circuit complet avec seulement un chemin pour le courant électrique.

Dans un circuit en série, la somme des tensions à travers les charges égale la tension totale de la source.

Un circuit en parallèle est un circuit complet qui a plus qu'une charge et/ou une source, chacune avec son propre chemin de courant.

Dans un circuit en parallèle, la somme des courants à travers les charges égale le courant total de la source. La tension est constante à travers toutes les parties d'un circuit en parallèle.

Les charges dans un circuit en parallèle sont indépendantes entre elles. Dans un circuit en série, chaque charge dépend de toutes les autres.

Un circuit complexe est un circuit complet qui a à la fois des composants en série et en parallèle. Les propriétés d'un circuit en série sont les mêmes pour des composants en série dans un circuit complexe. Les propriétés d'un circuit en parallèle sont également les mêmes pour les composants en parallèle d'un circuit complexe.

14.9 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Quelles sont les caractéristiques des circuits suivants?
 - (a) simple,
 - (b) en série,
 - (c) en parallèle,
 - (d) complexe.
2. Qu'est-ce qu'un court-circuit?
3. Quelle est la propriété constante dans un circuit en série?
4. Quelle est la propriété électrique constante dans un circuit en parallèle?
5. Comparez un circuit complexe avec un circuit en série et un circuit en parallèle.
6. Comment fonctionne un interrupteur? Qu'est-ce qu'il contrôle?
7. Dans quel type de circuit se sert-on d'une porte logique AND («et»)?
8. Dans quel type de circuit se sert-on d'une porte logique OR («ou»)?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Un circuit simple a
 - (a) une charge,
 - (b) une source,
 - (c) un câble positif et un câble négatif,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
2. Un circuit en série a
 - (a) plus qu'un chemin,
 - (b) seulement un chemin,
 - (c) plusieurs chemins de connexion,
 - (d) des chemins connectés en parallèle.
3. Dans un circuit en série, le courant est
 - (a) la somme des tensions à travers les charges,
 - (b) la somme de toutes les charges,
 - (c) constant à travers toutes les charges,
 - (d) séparé pour chaque charge.
4. Un circuit complexe a
 - (a) un seul chemin,
 - (b) des composants en série et en parallèle,
 - (c) aucune source,
 - (d) seulement une charge.
5. Un court-circuit a
 - (a) des conducteurs courts,
 - (b) des microcircuits,
 - (c) aucune charge,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.

6. Le terme «polarisé» signifie qu'une source
 - (a) doit avoir un excès de bornes,
 - (b) doit avoir une déficience d'électrons,
 - (c) doit être réfrigérée d'abord,
 - (d) doit avoir une borne avec un excès d'électrons et une borne avec une déficience d'électrons.
7. Quelques exemples de charges électriques sont
 - (a) des conducteurs lourds,
 - (b) des courants massifs,
 - (c) de grandes tensions,
 - (d) des lampes, des haut-parleurs, des appareils de radio et des moteurs.
8. Si une source ou une charge est déconnectée dans un circuit en parallèle, le reste du circuit
 - (a) va surchauffer,
 - (b) va faire sauter un fusible,
 - (c) ne fonctionnera pas,
 - (d) sera encore complet.
9. On se sert des fusibles pour protéger
 - (a) les conducteurs contre le surchauffage,
 - (b) les sources contre tout dommage,
 - (c) les appareils et conducteurs contre le feu,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
10. Dans un circuit en parallèle
 - (a) le courant est constant à travers toutes les charges,
 - (b) la tension chute à travers n'importe quelle partie du circuit,
 - (c) la tension est constante à travers n'importe quelle partie du circuit,
 - (d) il ne se produit rien de ce qui est mentionné ci-dessus.

MAGNÉTISME ET ÉLECTROMAGNÉTISME

15.1 L'ÉNERGIE DU MAGNÉTISME

Comme vous le savez, le magnétisme est une source importante d'énergie électrique. Il y aura du courant dans un conducteur qui se déplace à travers un champ magnétique. De même il y aura aussi du courant dans un conducteur exposé à un changement de champ magnétique. Avez-vous été étonné d'apprendre ces faits? Le magnétisme a aussi étonné les premiers groupes de gens à découvrir son énergie. Il y a 4 500 ans environ, des Grecs vivant près de l'ancienne cité de Magnésie ont découvert que certaines pierres noires dans leur région pouvaient attirer de petits morceaux de fer et de quelques autres métaux. Ces pierres noires furent les premiers aimants.

15.2 UN USAGE POUR DES AIMANTS

Au cours des siècles, on a trouvé des aimants dans d'autres régions du monde, mais personne ne semblait penser à en faire un usage pratique. Puis, il y a environ 950 ans, les Chinois ont découvert un fait curieux. Ils frottèrent une aiguille de fer contre une de ces pierres aimantées et la placèrent sur un morceau de bois dans un plat d'eau. Comme par magie, un bout de l'aiguille se mit à tourner jusqu'à ce qu'elle fasse face presque directement sur le pôle Nord! Les pierres elles-mêmes, suspendues à un fil, faisaient la même chose! Les nouvelles de cette boussole primitive se répandirent rapidement à travers l'Asie, l'Arabie et en Europe. Des navigateurs commencèrent à diriger leurs bateaux avec ces pierres au lieu de se guider seulement sur la position des étoiles dans le firmament. Les marins de l'Europe du Nord naviguaient en effet en se guidant sur le nord, c'est-à-dire l'étoile «Polaire» (celle qui guide). Cette étoile «se trouve» dans le ciel au-dessus du pôle Nord géographique de la terre. De jour ou lorsque le temps était nuageux,

ces marins avaient maintenant à leur disposition un nouvel instrument pour trouver la position de l'étoile Polaire. Ces mystérieuses pierres qui pointaient le nord, ils les appelèrent des **pierres polaires**.

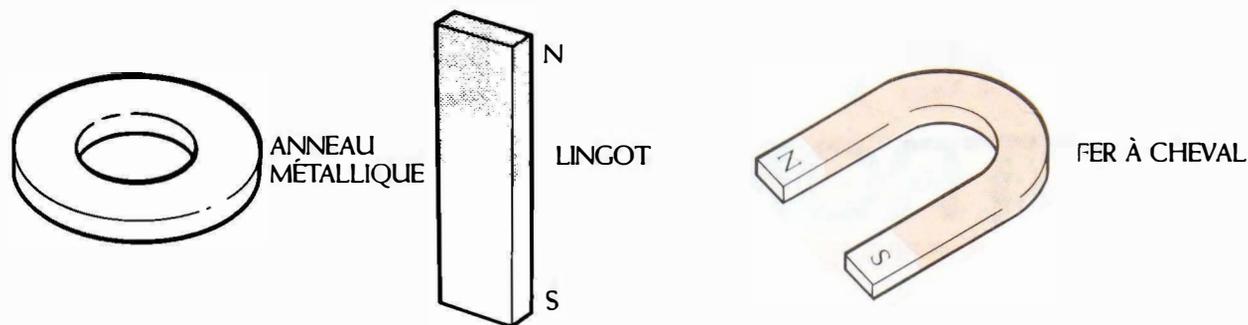
15.3 TYPES D'AIMANTS

Les pierres polaires sont des aimants naturels. Elles sont composées d'ailleurs d'un minerai de fer auquel elles doivent leur nom de magnétite. Mais aujourd'hui, nous savons que nous pouvons faire des aimants beaucoup plus puissants que les aimants naturels ou les magnétites. On appelle ces aimants fabriqués des **aimants artificiels**.

Les aimants artificiels doivent être faits d'un matériel aimanté. Un **matériel aimanté** est toute substance qui est soit attirée ou repoussée par un aimant. Le fer, l'acier, le nickel et le cobalt sont tous des matériels aimantés ou magnétiques.

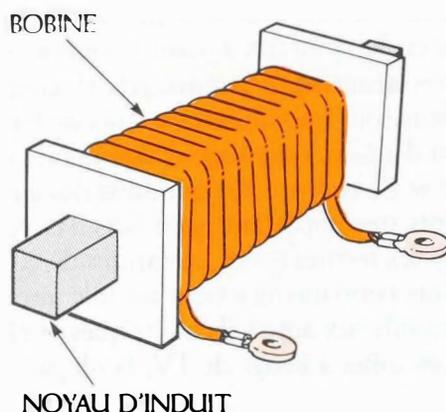
Les aimants artificiels tels qu'un fer à cheval, un lingot et des anneaux aimantés sont désignés comme des **aimants permanents** (Figure 15-1). Ces aimants sont habituellement faits de fer, d'acier ou d'alnico, un alliage d'aluminium, de fer, de nickel et de cuivre. Quelques-uns des aimants permanents très importants sont faits d'oxydes de métal appelés ferrites ou de samarium de cobalt. Les aimants permanents jouent un rôle important dans de nombreux appareils électriques et électroniques. Les tubes à image de TV, la plupart des compteurs de type à aiguille, certains transformateurs spéciaux, les mémoires d'ordinateur, les microphones, le ruban d'enregistrement, les générateurs et les moteurs électriques ne sont que quelques-uns des articles qui se servent de formes variées d'aimants permanents.

FIGURE 15-1 Quelques types d'aimants permanents.



Un autre type d'aimant artificiel est l'**électro-aimant** (Figure 15-2). Des électro-aimants peuvent être faits de plusieurs tours de fil enroulé autour d'une barre de fer. Quand on fait passer un courant électrique à travers le fil, la barre de fer devient un puissant aimant. La barre cesse d'être aimantée lorsqu'on retire le courant électrique. C'est pourquoi l'on dit alors que les électro-aimants sont des **aimants temporaires**. Quelques-uns des nombreux usages d'électro-aimants seront soulignés plus loin dans ce chapitre. D'autres emplois d'électro-aimants sont mentionnés au Chapitre 18.

FIGURE 15-2 Un électro-aimant.



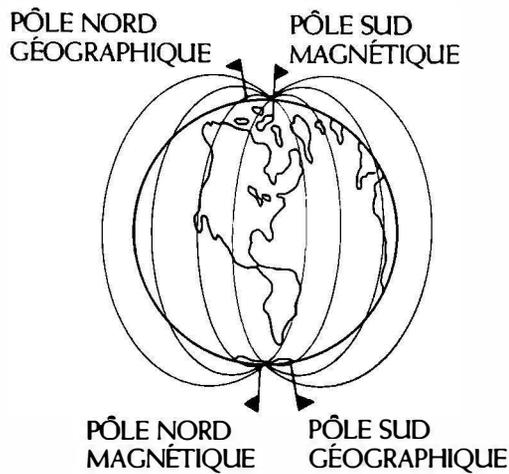
une position spécifique. Dans cette position, un bout de l'aimant pointera approximativement le nord et l'autre bout pointera presque le sud. Le bout de l'aimant qui pointe vers le nord est le **chercheur-nord** ou **pôle nord**, tandis que l'autre bout est le **chercheur-sud** ou **pôle sud**.

Le savant anglais William Gilbert a passé plusieurs années à étudier les aimants. Lorsqu'il essaya de mettre ensemble deux ou plusieurs pôles nord, il constata qu'ils se repoussaient entre eux. La même chose se produisait quand il essayait de mettre ensemble plusieurs pôles sud. Mais quand il mit un pôle nord et un pôle sud ensemble, il remarqua qu'ils s'attiraient mutuellement. Cela l'amena à découvrir ce que l'on appelle maintenant la **Première Loi du Magnétisme**. Cette loi stipule que **des pôles différents s'attirent** et que **des pôles semblables se repoussent**, exactement comme la Loi des Charges (électriques). Alors Gilbert a eu une idée. La terre elle-même doit être un immense aimant! Il doit y avoir un pôle sud magnétique près de son pôle Nord géographique et un pôle nord magnétique près de son pôle Sud géographique. Cela expliquerait pourquoi le pôle nord d'un aimant suspendu pointe toujours le nord. De nos jours, presque 400 ans plus tard, nous savons que Gilbert avait raison (Figure 15-3). Un des pôles magnétiques de la terre est situé près de l'extrémité nord de l'île d'Ellesmere dans l'Arctique canadien. L'autre pôle magnétique est presque à l'opposé sur le continent Antarctique. Pour une raison cependant que nous ne comprenons pas encore, ces pôles changent très lentement de position au cours de plusieurs siècles.

15.4 PÔLES MAGNÉTIQUES

Quand un magnétite ou une barre aimantée est suspendu par un fil, il viendra par s'arrêter dans

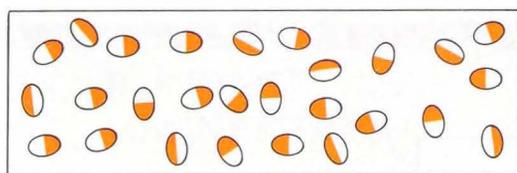
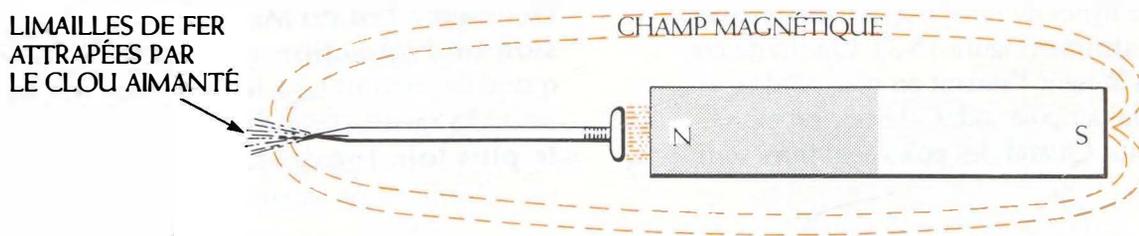
FIGURE 15-3 La terre est un immense aimant.



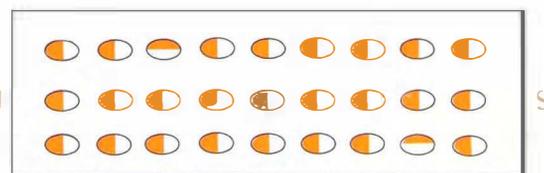
15.5 MAGNÉTISME INDUIT ET RÉMANENT

Autour de chaque aimant il y a une zone d'attraction qu'on appelle **champ magnétique**. Un morceau de fer doux placé dans un champ magnétique s'aimantera rapidement lui-même. On appelle ce phénomène du **magnétisme induit**. Un clou de fer, par exemple, se comportera comme un aimant aussi gros que lui si on le tient dans le champ magnétique d'un aimant permanent (Figure 15-4). Le clou devient alors un aimant temporaire. Lorsqu'on enlève l'aimant permanent, le clou retiendra seulement une petite quantité de son magnétisme. Ce magnétisme que le clou retient encore est connu comme du **magnétisme rémanent**.

FIGURE 15-4 Le magnétisme induit permet au clou de fer d'attirer des limailles de fer.



DIRECTION DES AIMANTS ATOMIQUES AVANT D'ÊTRE AIMANTÉS



DIRECTION DES AIMANTS ATOMIQUES APRÈS AVOIR ÉTÉ AIMANTÉS

FIGURE 15-5 Quand un matériel est aimanté, la plupart de ses aimants atomiques s'alignent en parallèle à un autre pour former des pôles sud et nord.

Qu'est-ce qui cause cela? Des savants croient que le mouvement des électrons d'un atome produit un champ magnétique minuscule. L'atome lui-même devient un aimant miniature. Normalement, ces minuscules aimants se font face dans plusieurs directions et leurs forces magnétiques s'annulent réciproquement. Quand des matériels magnétiques sont exposés à une force magnétique extérieure, toutefois, certaines de ces forces magnétiques s'alignent en parallèle à une autre. Si la force magnétique extérieure est assez forte, un grand nombre de ces aimants atomiques s'alignent de cette façon (Figure 15-5). Le matériel développe alors des pôles sud et nord. Dans des matériels magnétiques doux comme le fer, les aimants atomiques s'alignent facilement. Mais quand on retire la force magnétique extérieure, presque tous les aimants atomiques rebondissent à leurs positions originales. Quelques-uns d'entre eux seulement demeurent alignés, ou **aimantés**. Des matériels plus durs, comme l'acier et l'alnico, ont des aimants atomiques qui répugnent à s'aligner. Néanmoins, dès qu'ils s'alignent, ils ne se déplacent plus aisément. Ces matériels font alors de bons aimants permanents.

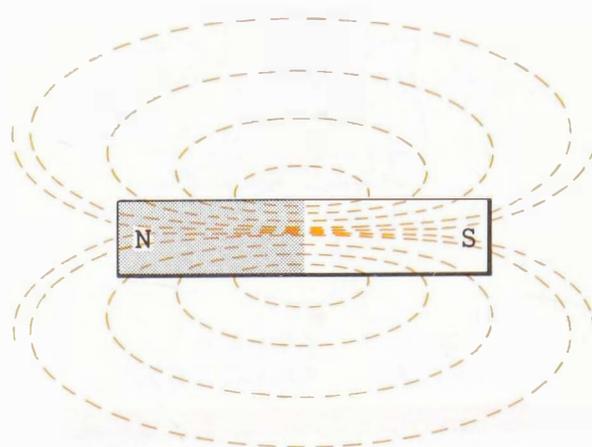
15.6 CHAMPS MAGNÉTIQUES ET LIGNES DE FORCE

Chaque aimant est entouré d'un champ magnétique de force. Ce champ magnétique est invisible, mais nous pouvons voir qu'il existe. Prenez un barreau aimanté et couvrez-le d'une feuille de papier rude. Aspergez le papier de limailles de fer également et tapez-les délicatement à quelques reprises. Les limailles se déplaceront selon l'illustration que vous voyez à la Figure 15-6. Comme vous pouvez le constater, les limailles de fer se seront concentrées aux pôles. C'est ici que la force magnétique est la plus grande. À partir des pôles, les limailles s'éparpilleront en lignes définies en forme d'arc d'un pôle à l'autre. Puis les lignes reviendront au centre de l'aimant et à leurs points de départ.

On appelle ces lignes, des **lignes de force magnétique**, ou **lignes de flux**. Ces lignes ne se touchent ni ne se croisent. En fait, elles se repoussent les unes les autres. Beaucoup plus de lignes de force existent que celles seulement qui sont visibles avec des limailles de fer. D'un simple barreau aimanté, quelques-unes de ces lignes s'étendent en arc sur une distance de plusieurs mètres! Toutefois, ces lignes de force deviennent de plus en plus faibles à mesure qu'elles s'éloignent de l'aimant. La plupart sont alors trop faibles pour aligner des limailles.

Mettez plusieurs boussoles dans le champ magnétique autour d'un barreau aimanté. Vous verrez que ces lignes de force magnétique prennent une direction définie (Figure 15-7). On dit de ces lignes qu'elles laissent l'aimant au pôle nord et retournent à lui au pôle sud. Cela est vrai pour tous les aimants. Quand des pôles contraires sont

FIGURE 15-6 Illustration d'un champ magnétique autour d'un barreau aimanté.



approchés, les lignes de force se déplacent du pôle nord d'un aimant vers le pôle sud de l'autre aimant. Puis elles rebroussement chemin vers le pôle nord du premier aimant (Figure 15-8). Quand on rapproche ensemble des pôles semblables, les lignes de force ne se déplacent pas d'un pôle à l'autre. Les lignes de chaque pôle tournent plutôt en parallèle les unes les autres et s'assemblent ensemble pour repousser les lignes de l'autre pôle (Figure 15-9).

La répulsion ou l'attraction entre deux aimants augmentera dans la mesure où les aimants seront plus rapprochés ensemble. Dans la mesure où les aimants seront séparés de plus en plus loin, la répulsion ou l'attraction entre eux diminuera. Ce phénomène est connu sous le nom de la **Deuxième Loi du Magnétisme**. **La répulsion ou l'attraction est la plus grande quand les aimants sont le plus près l'un de l'autre, et la moins grande quand les aimants sont le plus loin l'un de l'autre.**

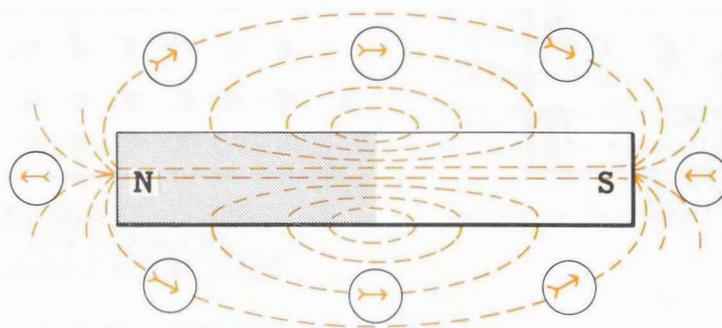


FIGURE 15-7 Les lignes de force magnétique prennent une direction définie.

FIGURE 15-8 Des pôles contraires s'attirent.

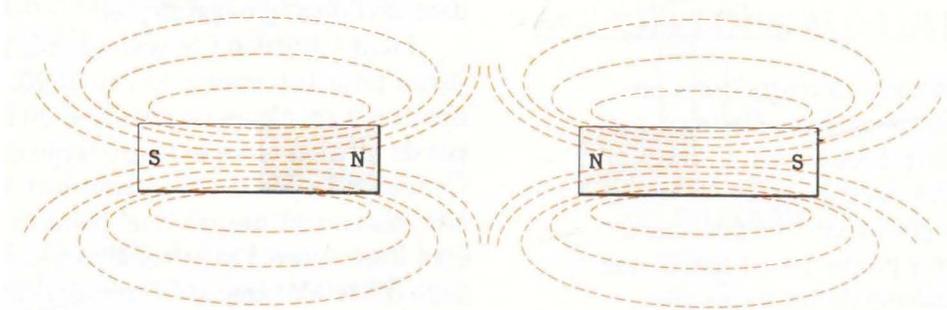
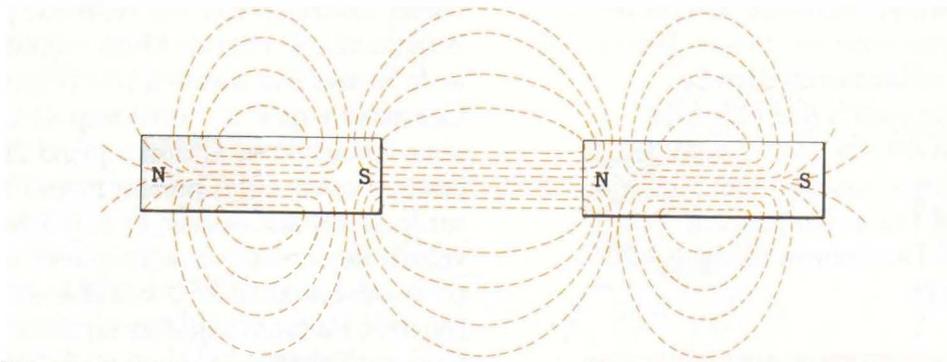


FIGURE 15-9 Des pôles semblables se repoussent.

15.7 DÉSAIMANTATION

Des aimants faits de matériels tels que le fer, l'acier et l'alnico perdront un certain magnétisme s'ils sont soumis à la chaleur ou à une vibration prolongée. La chaleur et la vibration en effet forcent certains atomes aimantés à sortir de ligne avec un autre. Quand cela se produit, on dit que le matériel est partiellement désaimanté. Des aimants modernes comme la céramique (oxyde de fer chauffé et séché au four) ainsi que les aimants de samarium de cobalt sont très résistants à la désaimantation. Ces aimants pourront alors être employés dans les environnements où d'autres aimants feraient défaut.

15.8 BLINDAGE MAGNÉTIQUE

Les lignes de force magnétique passeront à travers n'importe quelle substance connue. Certains instruments sensibles peuvent être influencés ou même endommagés par une force magnétique. Afin de les protéger, il faut les placer dans un boîtier de fer doux. Le fer doux est un excellent

conducteur de lignes de force magnétique. Si le boîtier est assez épais, les lignes de force passeront à l'intérieur de celui-ci sans pénétrer jusqu'à l'instrument (Figure 15-10).

La résistance qu'un matériel offre au passage ou à l'influence des lignes de force magnétique

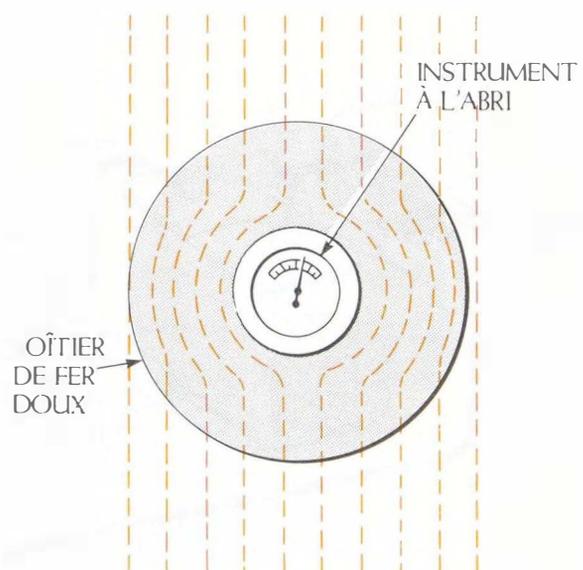


FIGURE 15-10 Les lignes de force magnétique ne pénètrent pas jusqu'à l'instrument blindé.

s'appelle sa **réductance**. Des matériels comme le fer doux ont une **faible réductance**. On dit des matériels qui ne sont pas aimantés, comme le bois et l'air, qu'ils ont une **réductance élevée**. Comme le boîtier de fer doux a une plus faible réductance que l'air qui entoure l'instrument, les lignes de force magnétique passent plutôt à travers le fer doux qu'à travers l'air et l'instrument. Pour protéger complètement l'instrument, il aurait fallu l'encastrier complètement.

15.9 ÉLECTROMAGNÉTISME

L'**électromagnétisme** est du magnétisme produit par un courant électrique. Sans électromagnétisme, des appareils tels que les moteurs électriques, les transformateurs, les solénoïdes, les relais, les haut-parleurs et les générateurs ne pourraient jamais fonctionner. Votre propre projet fonctionne parce qu'il a un ou plusieurs de ces dispositifs électromagnétiques.

Tout courant électrique qui passe à travers un conducteur produit un certain magnétisme. Vous pouvez constater cela par vous-même. Procurez-vous une boussole ordinaire, une pile sèche de 6 V et un mètre de fil de calibre #18. Enlevez 15 mm d'isolant aux deux bouts du fil. Faites une boucle ouverte à une extrémité et connectez-la à la borne négative de la batterie. Mettez la boussole sur une table en face de vous. Alignez le pôle nord de l'aiguille avec la marque «N» du boîtier de la boussole. Déposez la batterie 300 mm plus loin. Bouclez le fil de sorte qu'une partie coure juste sur le

dessus de la boussole en ligne avec l'aiguille. Maintenant touchez brièvement la borne positive de la batterie avec le bout de fil non connecté. L'aiguille de la boussole va bondir à l'est (Figure 15-11). Cela prouve qu'il y a un champ de force magnétique autour du conducteur quand du courant passe à travers lui. À présent mettez la boussole sur le dessus du conducteur et touchez de nouveau la borne positive de la batterie avec le fil non connecté. L'aiguille de la boussole va bondir à l'ouest. Cela prouve que les lignes de force magnétique se déplacent juste autour du conducteur dans une direction spécifique.

Hans Christian Oersted a fait la même expérience pour la première fois en 1820. Il essayait de montrer à ses élèves de physique qu'il n'y avait pas de relation entre le magnétisme et l'électricité. Comme il l'a découvert, il avait tort, mais il réalisa immédiatement jusqu'à quel point sa découverte était importante. Lui et ses élèves venaient tout juste d'être témoins de la première preuve de l'existence de l'électromagnétisme, en classe même!

15.10 COMPORTEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS DES CONDUCTEURS SIMPLES

Des lignes de force magnétique entourent un conducteur transportant du courant dans un modèle de cercles concentriques. On peut aperce-

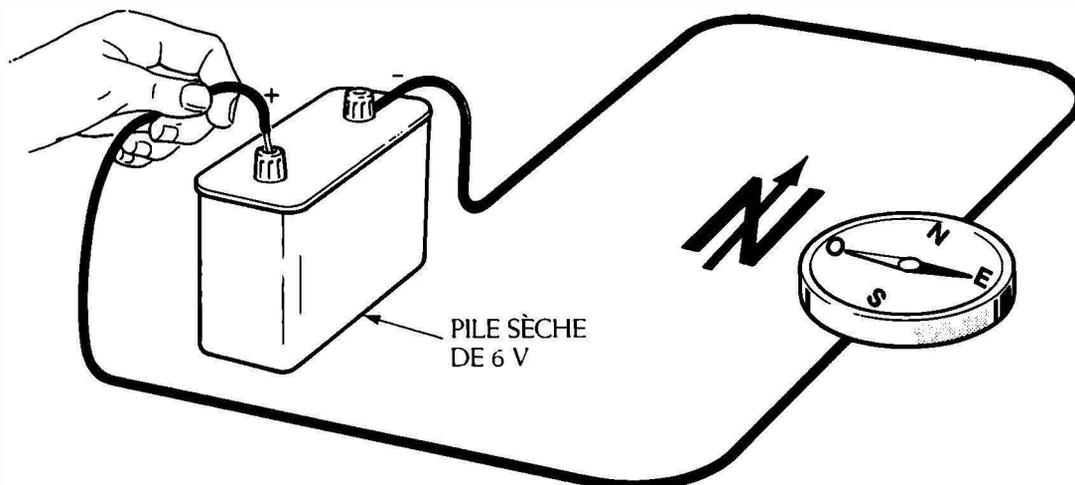
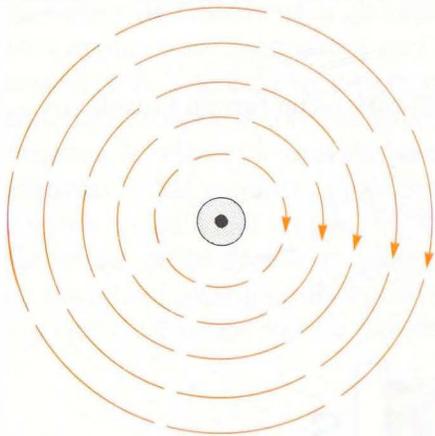


FIGURE 15-11 Quand le fil non connecté touche la borne positive, l'aiguille de la boussole bascule à l'est.

voir ces lignes de flux circulaires en poussant un morceau de carton mince sur un conducteur. Le carton est en position horizontale et des limailles de fer sont éparpillées également par-dessus. Quand on envoie du courant à travers le conducteur, les limailles s'alignent d'elles-mêmes en cercles concentriques (Figure 15-12). Peu importe si on bouge le morceau de carton, le modèle demeure le même. Cela prouve que les lignes de flux agissent tout le long du conducteur. Les limailles le plus près du conducteur seront plus fortement alignées puisque la force magnétique est plus forte à cet endroit. Plus loin, la force devient de plus en plus faible.

FIGURE 15-12 Des lignes de force magnétique entourent des conducteurs transportant du courant dans un modèle de cercles concentriques.

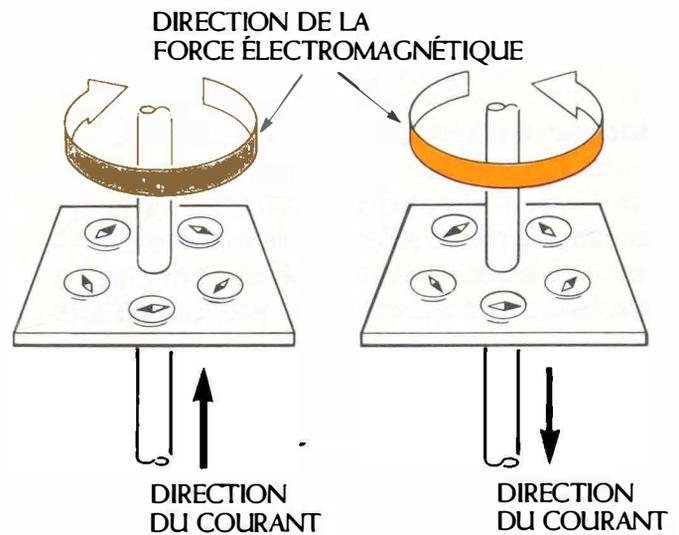


Si les limailles de fer sont remplacées avec plusieurs petites boussoles, la direction de la force magnétique peut être tracée. Lorsque du courant est envoyé à travers le conducteur, les aiguilles des boussoles pointeront toutes soit dans le sens ou contre le sens des aiguilles d'une montre. Si la direction du courant est renversée, les aiguilles pointeront alors dans la direction opposée (Figure 15-13). Il est évident que la direction de la force magnétique peut être changée en changeant la direction du courant.

RÈGLE DE LA MAIN GAUCHE POUR DES CONDUCTEURS SIMPLES

Si on connaît la direction du courant, on peut déterminer facilement celle de la force électromagnétique.

FIGURE 15-13 La direction de la force électromagnétique change avec celle du courant.



Il suffit pour cela de se servir de la **Règle de la main gauche** pour les conducteurs simples. Il faut d'abord déconnecter l'alimentation. Puis saisissez le conducteur dans votre main gauche avec votre pouce pointant dans la direction du passage du courant temporairement déconnecté. Quand vous enveloppez le conducteur avec vos doigts, ceux-ci vous indiqueront la direction de la force électromagnétique (Figure 15-14).

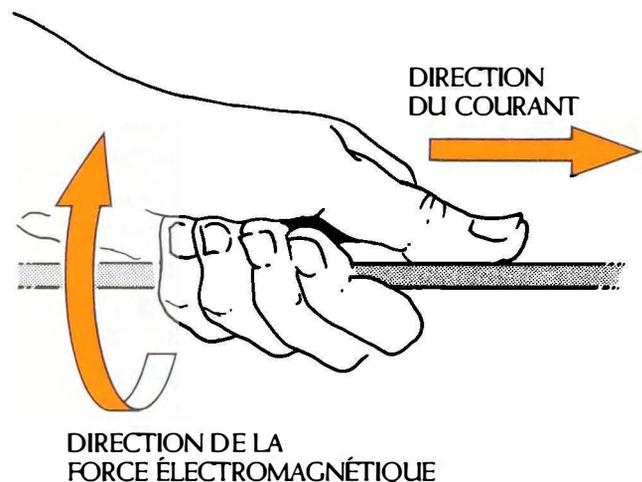
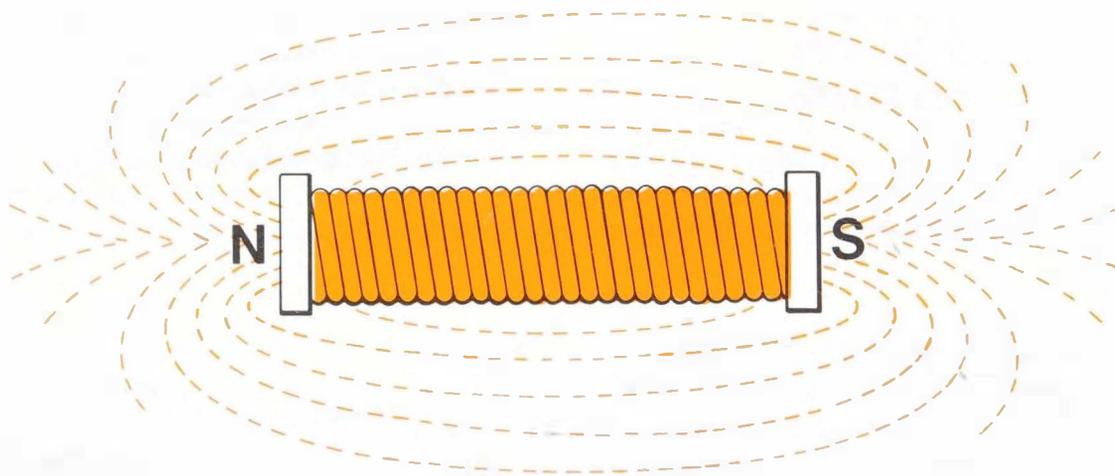


FIGURE 15-14 Règle de la main gauche pour les conducteurs simples.

15.11 COMPORTEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS LES BOBINES

Un barreau aimanté a des pôles ou des endroits par où les lignes de flux magnétique entrent et sortent de l'aimant. Un conducteur droit transportant du courant n'a pas de pôles dans le même sens. Toutefois, si le conducteur est enroulé dans une bobine, les lignes de flux électromagnétique entourant chaque tour formeront un plus grand champ magnétique. Ce modèle de champ ressemblera à celui d'un barreau aimanté (Figure 15-15). Les lignes de flux électromagnétique laisseront la bobine à une extrémité. Cette extrémité aura les propriétés d'un pôle nord. À l'autre extrémité, les lignes de flux entreront dans la bobine. Cette extrémité alors aura les propriétés d'un pôle sud. Si le courant est renversé, les pôles le seront également.

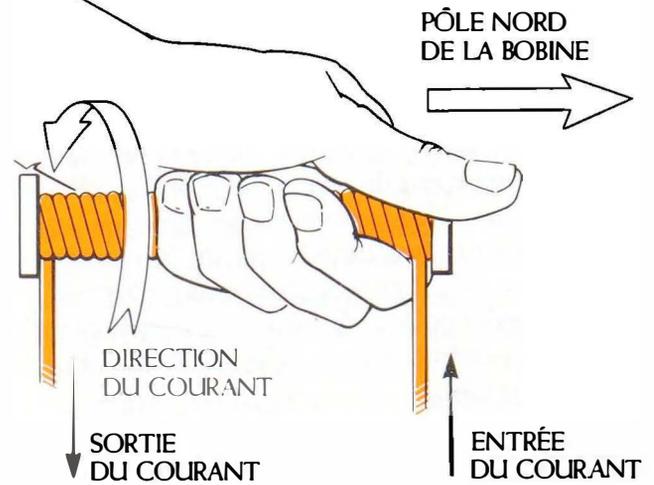
FIGURE 15-15 Le champ électromagnétique autour d'une bobine ressemble à celui d'un barreau aimanté.



RÈGLE DE LA MAIN GAUCHE POUR LES BOBINES

On peut trouver le pôle nord d'une bobine en se servant aussi de la Règle de la main gauche. Déconnectez l'alimentation, puis saisissez la bobine avec votre main gauche en entourant la bobine avec vos doigts dans la direction du passage du courant. Pointez votre pouce le long de la bobine pour trouver le pôle nord (Figure 15-16).

FIGURE 15-16 Règle de la main gauche pour les bobines.



15.12 ÉLECTRO-AIMAN S

Un conducteur bobiné, ou **solénoïde**, est un type de base fondamental d'électro-aimant. Dans la

plupart des électro-aimants cependant, le conducteur est enroulé autour d'un fer doux, d'un acier ou d'un noyau de ferrite. Quand du courant passe à travers la bobine, le champ magnétique de la bobine induit les aimants atomiques du noyau de matériel à s'aligner ou à devenir aimantés. Ils ajoutent alors leurs lignes de flux à celles de la bobine. Il en résulte une force électromagnétique grandement renforcée.

Les facteurs qui influencent la force d'un électro-aimant sont les suivants:

1. la quantité de courant qui passe à travers la bobine,
2. le nombre de tours dans la bobine,
3. le type et la zone du noyau.

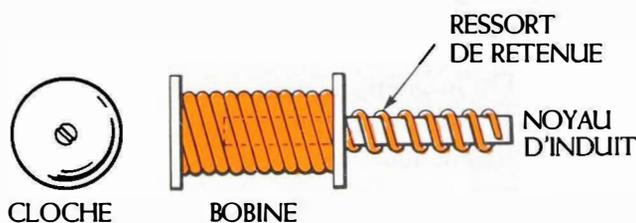
Le noyau de l'électro-aimant ne doit pas demeurer aimanté quand le courant est coupé. C'est pour cette raison que les noyaux sont faits seulement de matériels magnétiques doux. Les noyaux pour les circuits C.C. sont fabriqués de fer solide ou d'acier doux. Les noyaux des circuits C.A. sont fabriqués de minces feuilles d'acier doux laminées ensemble.

15.13 EMPLOIS DES ÉLECTRO-AIMANTS

Les électro-aimants servent à de nombreux usages dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. Deux applications importantes sont le solénoïde commercial et la tête d'enregistrement. On traitera au Chapitre 18 de deux autres applications très importantes, le relais et le transformateur.

Le solénoïde utilisé commercialement est une bobine avec un noyau de fer mobile (Figure 15-17). Ce noyau, qu'on appelle un plongeur, est retenu par un ressort juste à l'extérieur de la bobine. Lorsque du courant passe à travers la

FIGURE 15-17 Quand du courant passe à travers le solénoïde, le «plongeur» va frapper la cloche.



bobine, le champ magnétique qui entoure la bobine induit du magnétisme dans le noyau mobile. L'attraction mutuelle entre ces deux champs magnétiques tire le noyau dans la bobine. Quand le courant est coupé, le ressort ramène le noyau à l'extérieur. Les solénoïdes sont employés

pour ouvrir ou fermer des commutateurs, ouvrir des serrures et remplir d'autres fonctions mécaniques. Ils servent en effet à beaucoup d'usages électromécaniques.

La tête à enregistrer des appareils à cassettes est un électro-aimant. Les signaux sonores de différentes grandeurs et de fréquences sont captés par des microphones et transmis à la tête d'enregistrement. Ces signaux changent rapidement. Cela amène le champ magnétique autour de la tête d'enregistrement à changer de la même façon tout aussi rapidement. Pendant que ça se produit, un ruban d'enregistrement couvert de ferrites est tiré sur la tête d'enregistrement. Le changement de champ magnétique aimante d'une manière permanente de minuscules pistes à travers le revêtement de ferrite. Lorsqu'on fait rejouer le ruban, les pistes magnétiques sont reconverties en signaux électriques qui sont amplifiés et transmis à un haut-parleur.



15.14 TÂCHES À FAIRE

1. Procurez-vous un barreau aimanté, quelques limailles de fer et un gros clou. Attirez la tête du clou avec le barreau aimanté. Maintenant placez la pointe du clou dans les limailles de fer. Qu'est-ce qui se produit? Pouvez-vous expliquer pourquoi? Retirez le barreau aimanté loin du clou. Combien de limailles de fer restent encore accrochées au clou? Essayez ces limailles avec vos doigts et remettez la pointe du clou dans les limailles. Qu'est-ce qui se produit maintenant? Pouvez-vous dire pourquoi?
2. Faites un modèle de limailles de fer avec deux barreaux aimantés, une feuille de papier rude et quelques limailles de fer. Arrangez les aimants pour que leurs pôles semblables se fassent face à environ 30 à 40 mm l'un de l'autre. Mettez le papier sur les aimants et laissez tomber les limailles d'une façon égale sur le papier. Qu'est-ce que vous observez? Répétez l'expérience précédente, mais cette fois avec deux

- pôles contraires qui se font face. Est-ce qu'il y a une différence? Pouvez-vous dire pourquoi?
3. Procurez-vous une pile sèche de 6 V, environ 300 à 400 mm de fil de jauge #10 ou #12, un morceau de carton mince et 4 ou 5 petits compas. Retirez 15 mm d'isolant de chaque bout du fil et faites une boucle ouverte à un bout. Connectez ce câble à la borne négative de la pile sèche. Maintenant percez le centre du morceau de carton avec votre fil et poussez le carton à mi-chemin le long du fil. Courbez le fil de façon à ce que la partie retenant le carton soit en position horizontale. Courbez l'autre partie du fil afin que son bout non connecté soit à moins de 15 mm de la borne positive. Disposez les boussoles délicatement sur le carton autour du conducteur. Maintenant touchez brièvement la borne positive avec le câble de fil non connecté. De quel côté s'orientent les aiguilles de la boussole? Recommencez l'expérience mais en renversant les bornes de la pile sèche. De quel côté maintenant pointent les aiguilles de la boussole? Pouvez-vous expliquer vos résultats?
 4. Fabriquez votre propre solénoïde. Procurez-vous un tube de carton de papier hygiénique, de l'essuie-tout de cuisine ou du papier aluminium. Coupez une longueur d'environ 100 mm du tube de carton. Puis procurez-vous plusieurs mètres de fil de jauge #20, suffisamment pour enrouler 200 tours de fil autour du tube. Enlevez de l'isolant à chaque bout du fil comme précédemment. À peu près 300 mm du fil plus bas, commencez le premier tour d'enroulement. Rapprochez les tours ensemble autant que possible. Lorsque vous êtes à moins de 10 mm de l'un ou l'autre bout de la bobine, refaites les enroulements en sens contraire. Laissez une autre longueur de 300 mm non enroulée au bout du fil. Dans le centre de la bobine, mettez un petit clou à finir. Maintenant, pour quelques secondes, touchez les bornes de la pile sèche de 6 V avec les câbles nus du solénoïde. Enlevez le clou. Regardez s'il ne cherchera pas à attraper d'autres petits clous. Qu'est-ce qui s'est passé?
 5. Mettez plusieurs petites boussoles autour du solénoïde et connectez brièvement ses câbles à la pile sèche de 6 V comme auparavant. Où pointent les aiguilles des boussoles? Comment pouvez-vous expliquer cela? Qu'est-ce qui se produirait si vous connectiez les câbles du solénoïde aux bornes opposées?
 6. Procurez-vous 2 ou 3 m de fil de jauge #20, un clou commun de 100 mm, plusieurs petits clous à finir et une pile sèche de 6 V. Vous allez fabriquer un électro-aimant! Enlevez de l'isolant aux extrémités du fil et enroulez celui-ci autour du clou de 100 mm. Suivez la même procédure que vous avez employée pour le solénoïde de la Tâche 4. Quand vous aurez fini, connectez un des câbles à la borne négative de la pile sèche. Placez les petits clous à finir à environ 20 mm d'un bout du noyau de l'électro-aimant (le clou de 100 mm). Maintenant touchez la borne positive pendant 3 à 4 secondes avec le câble non connecté. Qu'est-ce qui arrive aux clous à finir?
 Essayez la même expérience avec le solénoïde de la Tâche 4. La bobine attire-t-elle des clous? Comment expliquez-vous la différence entre l'attraction de la bobine et celle de l'électro-aimant? Que se serait-il produit si vous aviez doublé la longueur du fil dans la bobine de l'électro-aimant?

15.15 RÉSUMÉ

Les pierres aimantées sont des aimants naturels. Elles sont composées de magnétite. D'autres aimants sont manufacturés. On les appelle des aimants artificiels.

Les aimants artificiels sont de deux types: permanents et temporaires. Le barreau, l'anneau et le fer à cheval aimantés sont des exemples d'aimants permanents. L'électro-aimant est un exemple d'aimant temporaire.

La Première Loi du Magnétisme établit que des pôles contraires s'attirent et que des pôles semblables se repoussent.

Il y a un champ magnétique autour de chaque aimant. Du magnétisme peut être induit dans un matériel aimanté en le plaçant dans un tel champ. Le magnétisme rémanent est celui que le matériel retient après avoir été retiré d'un champ magnétique. Les aimants temporaires retiennent un peu de magnétisme rémanent.

Chaque atome dans un matériel aimanté fonctionne comme un aimant miniature. Lorsque le matériel est exposé à une force magnétique extérieure, ces aimants atomiques s'alignent en parallèle entre eux. C'est ce qui cause l'aimantation du matériel. Dans des matériels aimantés plus durs, les aimants atomiques répugnent à s'aligner, mais s'ils le font, il n'est plus facile de les déloger de

leur alignement. Ces matériels font alors de bons aimants permanents.

Les forces du champ magnétique autour d'un barreau aimanté sont plus fortes aux pôles. Ici, les lignes de force magnétique, appelées aussi lignes de flux, entrent et laissent l'aimant. Ces lignes se repoussent entre elles. Les lignes de force deviennent plus faibles à mesure qu'elles s'éloignent de l'aimant.

La Seconde Loi du Magnétisme établit que la répulsion ou l'attraction entre deux aimants augmente quand les aimants sont rapprochés ensemble, et diminue quand les aimants sont séparés l'un de l'autre.

Des matériels aimantés doux comme le fer, l'acier et l'alnico peuvent être désaimantés par la chaleur ou une vibration prolongée. Les aimants de céramique ou de samarium de cobalt résistent fortement à la désaimantation.

Un boîtier de fer doux protégera un instrument sensible contre les lignes de force magnétique. Les matériels aimantés comme le fer doux ont une faible réluctance. Les matériels non aimantés ont une réluctance élevée.

L'électromagnétisme est le magnétisme produit par un courant électrique. Des lignes de force magnétique entourent un conducteur porteur de courant dans un modèle de cercles concentriques. La direction de ces lignes magnétiques peut être déterminée en se servant de la Règle de la main gauche pour les conducteurs simples.

Les bobines électromagnétiques ont des pôles qui ressemblent beaucoup à ceux d'un barreau aimanté. On peut trouver le pôle nord d'une bobine en recourant à la Règle de la main gauche pour les bobines.

La plupart des électro-aimants ont un noyau fait de fer doux, d'acier ou de ferrite. Le type et la zone du noyau influencent grandement la force d'un électro-aimant. Deux autres facteurs qui influencent la force d'un électro-aimant sont le nombre de tours dans la bobine et la quantité de courant qui passe à travers.

Les électro-aimants servent à de nombreux usages importants en électricité et en électronique. Les solénoïdes, les têtes d'enregistrement, les transformateurs et les relais sont tous des électro-aimants.

15.16 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Définissez un matériel aimanté.
2. Donnez un exemple d'aimant permanent et d'un aimant temporaire.
3. Donnez la Première Loi du Magnétisme.
4. Expliquez pourquoi le pôle nord d'une boussole pointe toujours le nord.
5. Quelle sorte de magnétisme peut faire d'un clou de fer un aimant temporaire? Expliquez pourquoi cela se produit ainsi.
6. Qu'est-ce que le magnétisme rémanent?
7. Quelles sortes de matériels aimantés font de bons aimants permanents? Et ceux qui n'en sont pas?
8. Dessinez deux barreaux aimantés avec des pôles contraires qui se font face. Indiquez par des lignes pointillées les lignes de force magnétique qui entoureraient et pénétreraient ces aimants.
9. Dessinez deux autres barreaux aimantés avec des pôles semblables qui se font face. Indiquez les lignes de force magnétique qui entoureraient et pénétreraient ces aimants.
10. Où est la plus grande force magnétique dans un barreau aimanté?
11. Quelle est la Seconde Loi du Magnétisme?
12. Nommez trois matériels aimantés qui peuvent être désaimantés. Comment cela se fait-il?
13. Définissez la réluctance magnétique. Pourquoi la réluctance est-elle importante?
14. Dessinez le modèle créé par des lignes de flux autour d'un conducteur simple.
15. Où ces lignes de flux sont-elles les plus fortes?
16. Quelle est la Règle de la main gauche pour les conducteurs simples?
17. Quelle est la Règle de la main gauche pour des bobines?
18. Nommez trois facteurs qui influencent la force d'un électro-aimant.
19. Décrivez l'opération d'un solénoïde commercial.
20. Décrivez l'opération d'une tête d'enregistrement.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les marins de l'Europe du Nord appelèrent les premiers aimants qui ont servi à un usage pratique
 - (a) des étoiles polaires,
 - (b) des étoiles solitaires,
 - (c) des pierres polaires,
 - (d) rien de ce qui est nommé ci-dessus.
2. Les aimants naturels sont composés d'un minerai de fer connu comme
 - (a) de la magnésie,
 - (b) du magnétite,
 - (c) du manganèse,
 - (d) du samarium de cobalt.
3. Les aimants permanents sont employés dans
 - (a) les mémoires d'ordinateur,
 - (b) les microphones,
 - (c) le ruban d'enregistrement,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.
4. La terre a
 - (a) un pôle sud magnétique près de son pôle Sud géographique,
 - (b) un pôle magnétique nord près de son pôle Nord géographique,
 - (c) un pôle sud magnétique près de son pôle Nord géographique,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
5. La zone d'attraction autour de chaque aimant est connue comme
 - (a) un champ magnétique,
 - (b) du magnétisme induit,
 - (c) la zone de réluctance,
 - (d) tout ce qui est mentionné ci-dessus.
6. Le magnétisme est causé par
 - (a) des pôles nord et sud,
 - (b) des matériels aimantés doux placés en ligne,
 - (c) le mouvement des électrons d'un atome,
 - (d) rien de mentionné ci-dessus.
7. La répulsion ou l'attraction entre deux aimants augmentera si ceux-ci sont
 - (a) rapprochés plus près ensemble,
 - (b) tournés à 90° l'un de l'autre,
 - (c) tournés à 45° l'un de l'autre,
 - (d) séparés plus loin l'un de l'autre.
8. On appelle un conducteur bobiné
 - (a) un électro-aimant,
 - (b) un solénoïde,
 - (c) à la fois (a) et (b),
 - (d) un noyau.
9. La force d'un électro-aimant peut être augmentée
 - (a) en augmentant le mouvement du courant à travers la bobine,
 - (b) en diminuant le mouvement du courant à travers la bobine,
 - (c) en diminuant le nombre de tours dans la bobine,
 - (d) en se servant d'un noyau fait de cuivre laminé.
10. Le champ magnétique autour d'une tête d'enregistrement change à la suite
 - (a) de changements de chaleur,
 - (b) de changements de signaux sonores,
 - (c) de changements de revêtements de ferrite,
 - (d) de rien de ce qui est nommé ci-dessus.

CHAPITRE 16

RÉSISTANCES

16.1 EMPLOI DES RÉSISTANCES

On se sert des résistances ou **resistors** (mot anglais) pour limiter le passage du courant dans des circuits. Ce sont une des composantes électroniques les plus communes. Les appareils de radio, de télévision, les ordinateurs, les systèmes d'alarme contre les voleurs et les contrôles automatiques emploient tous des résistances. Les contrôles de volume et d'image de votre TV sont des exemples d'un type de résistance. Chaque projet dans ce livre recourt à l'emploi d'une ou plusieurs résistances.

16.2 CONSTRUCTION

RÉSISTANCES DE FAIBLE PUISSANCE

Les résistances de faible puissance sont construites de deux manières. La composition de carbone est une des deux manières de construction d'une résistance (Figure 16-1). Le carbone est un semiconducteur. Il y en a aussi en abondance et il est facile à raffiner. Dans une résistance de composition au carbone, une pièce cylindrique de matériel d'argile de carbone est encastrée dans un matériel isolant. Des câbles sont pressés en place au bout de l'élément d'argile de carbone. La résistance de l'élément est déterminée par son contenu de carbone et son diamètre. Plus il y a de carbone, plus la résistance est faible. Plus le diamètre est grand, plus la résistance est faible.

Les résistances de film de carbone deviennent plus communes que les résistances de composition de carbone. Elles sont plus économiques à fabriquer. La Figure 16-2 illustre la méthode de construction au film de carbone. Un tube de céramique est aspergé d'un mince film de carbone. L'épaisseur de la couche de film détermine la résistance. Plus la couche de carbone est mince, plus la résistance est élevée. Pour augmenter davantage la résistance, le film de carbone peut être disposé en forme de spirale. Cela rend le chemin du courant

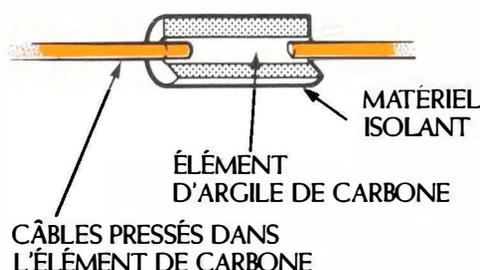
FIGURE 16-1 Construction d'une résistance de composition de carbone.

VUE EXTÉRIEURE



COUPE TRANSVERSALE

SYMBOLE SCHEMATIQUE



VUE EXTÉRIEURE



COUPE TRANSVERSALE

SYMBOLE SCHEMATIQUE

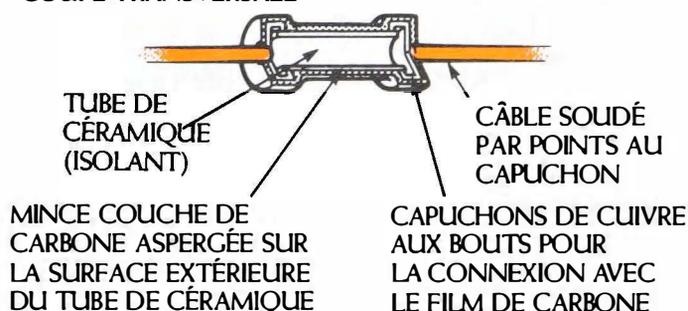


FIGURE 16-2 Construction d'une résistance au film de carbone.

plus long que la longueur du corps de la résistance. Les câbles sont attachés à des capuchons de métal à chaque bout. Ces capuchons sont pressés sur les extrémités de l'élément de la résistance. On émaille alors le corps pour isoler la résistance finie.

RÉSISTANCES DE HAUTE PUISSANCE

Les résistances de haute puissance sont construites en enroulant du fil autour d'une forme de céramique. Le fil est un alliage spécial qui lui permettra de supporter de très hautes températures sans fondre. Les câbles sont attachés mécaniquement aux extrémités du fil. On plonge ensuite la résistance dans la porcelaine. On cuit la porcelaine à très haute température pour former un isolant résistant à l'épreuve de l'humidité et de la chaleur.

Comme alternative, la résistance peut être d'abord placée dans un boîtier de céramique ou de porcelaine. On le couvre alors de céramique. La céramique est chauffée à haute température pour sceller la résistance dans un enrobage durable et non conducteur (Figure 16-3).

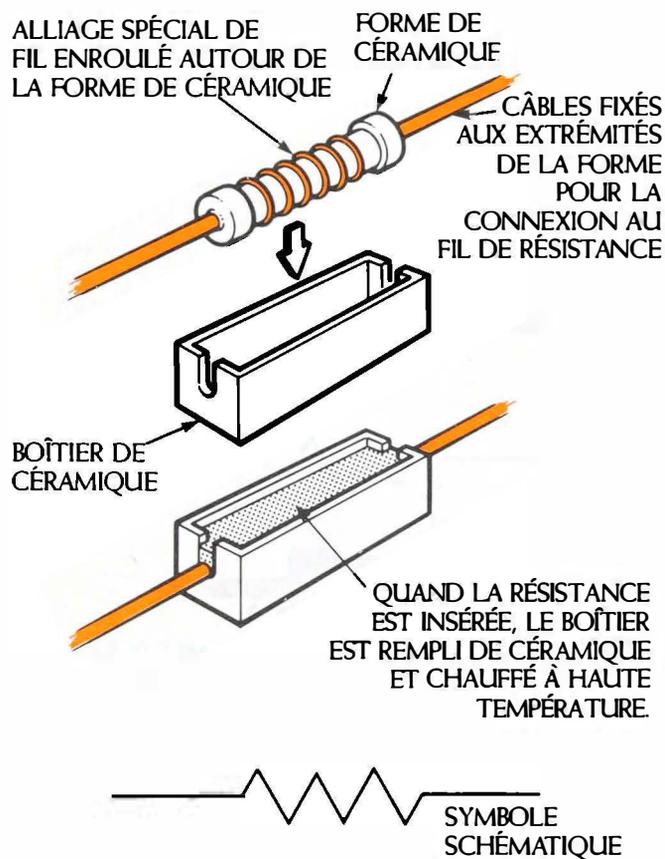


FIGURE 16-3 Construction d'une résistance à haute puissance.

Après leur construction, les résistances à faible et à haute puissance sont testées et marquées selon leur valeur standard, leur tolérance et leur puissance à l'utilisation. On se sert du code des couleurs pour identifier les résistances de petite dimension.

RÉSISTANCES VARIABLES

On peut voir à la Figure 16-4 une résistance variable et son symbole schématique. Sa construction est décrite plus bas (Figure 16-5).

FIGURE 16-4 Une résistance variable.

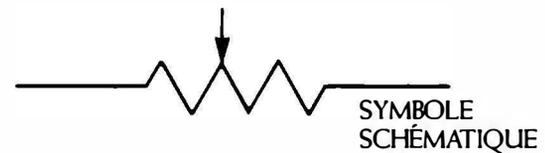


FIGURE 16-5 Construction d'une résistance variable.

On asperge une couche de carbone sur un matériel isolant circulaire. Cet élément est monté dans un boîtier. Ses bornes à chaque bout sont rivées et excèdent d'un côté du boîtier. Un contact mobile, ou **curseur**, est conçu pour glisser le long de l'élément. Il est connecté à une tige de contrôle sur le devant de la résistance variable. Le curseur assure aussi le contact avec un anneau de cuivre circulaire à l'intérieur de l'élément de la résistance. Cet anneau est connecté à la borne du milieu de l'élément. En tournant, le curseur touche différents points entre l'élément de la résistance et l'anneau. Cela permet à la résistance de changer.

Un autre type de résistance est la **photo-résistance**, ou **LDR** (light-dependent resistor). Dans une LDR, la résistance varie avec l'intensité de la lumière qui frappe sa zone photosensible.

Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

16.3 LOI D'OHM

En limitant le passage du courant, les résistances convertissent une certaine énergie électrique en chaleur. Cela cause une chute de tension (force électromotrice) à travers la résistance. Cette **chute de tension** à travers une résistance (resistor) est proportionnelle à sa résistance même. Plus la résistance est grande, en d'autres mots, plus la chute de tension est grande. Le passage du courant cependant est inversement proportionnel à la résistance. Cela signifie que le courant décroît à mesure que la résistance augmente.

Georg Simon Ohm a découvert la loi qui explique ces relations. La **Loi d'Ohm** en effet stipule que si une force de 1 V cause le passage d'un courant de 1 A, la résistance totale du circuit est de 1 Ω . On résume cette relation par la formule:

$$I = \frac{V}{R}$$

où I est le courant en ampères,
 V est la force électromotrice en volts,
et R la résistance en ohms.

On peut transposer cette formule ainsi:

$$V = I \times R \text{ ou } R = \frac{V}{I}$$

C'est pourquoi, dans un circuit simple, si deux quantités électriques sont connues, on peut calculer l'autre. Par exemple, si un courant de 2 A passe à travers une résistance de 10 Ω , la chute de tension sera calculée ainsi:

$$\begin{aligned} V &= I \times R \text{ (Loi d'Ohm)} \\ &= 2 \text{ A} \times 10 \text{ } \Omega \\ &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Il y a donc une chute de tension de 20 V à travers la résistance.

Dans les circuits en série et en parallèle, la Loi d'Ohm peut s'appliquer aux composants individuels. Par exemple, si la résistance d'une charge et le courant sont connus, on peut calculer la chute de tension à travers la charge. Si on connaît la

chute de tension et la résistance, on peut calculer le courant. Cela est souvent plus facile que de mesurer le courant, puisque des mesures de tension et de résistance peuvent être faites sans modifier le circuit.

La relation entre le flux magnétique, la réluctance et la force magnétomotrice peuvent aussi s'expliquer par la Loi d'Ohm. On trouvera une explication de cette relation dans beaucoup de textes sur l'électricité. Consultez la bibliothèque ou le centre de ressources de votre école pour de tels ouvrages.

16.4 LOI DE LA TENSION DE KIRCHHOFF POUR LES CIRCUITS EN SÉRIE

Chaque charge dans un circuit utilise une certaine force électromotrice dans ce circuit. Chaque charge alors cause une chute de tension. La tension appliquée ou de source dans un circuit en série est toujours égale à la somme de ces chutes de tension. Il s'agit ici de la **Loi de la tension de Kirchhoff** pour les circuits en série. Mathématiquement, la Loi de la tension de Kirchhoff est ainsi statuée:

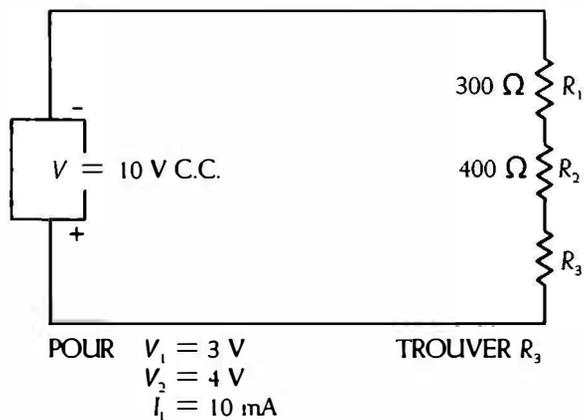
$$V_1 = V_1 + V_2 + V_3, \text{ etc.},$$

où V_1 est la tension appliquée ou de source,
 V_1 est la chute de tension à travers la première charge,
 V_2 est la chute de tension à travers la deuxième charge,
 V_3 est la chute de tension à travers la troisième charge, et ainsi de suite.

Par exemple, si la chute de tension à travers trois résistances en série est de 3 V, 6 V et 9 V respectivement, la tension de la source doit évaluer 18 V.

En recourant à la Loi de la tension de Kirchhoff ainsi qu'à la Loi d'Ohm, toute valeur inconnue dans un circuit en série peut être calculée si certaines des autres valeurs sont connues. À la Figure 16-6, par exemple, il faut trouver la valeur de la troisième charge R_3 .

FIGURE 16-6 Comment résoudre la Loi de la tension de Kirchhoff dans un circuit en série.



Solution: $V_T = V_1 + V_2 + V_3$ (Loi de la tension de Kirchhoff)
 $10\text{ V} = 3\text{ V} + 4\text{ V} + V_3$
 $V_3 = 10\text{ V} - 7\text{ V}$
 $V_3 = 3\text{ V}$

Le courant est constant dans un circuit en série. Alors

$$I_3 = I_T$$

$$I_3 = 10\text{ mA}$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} \text{ (Loi d'Ohm)}$$

$$= \frac{3\text{ V}}{0,01\text{ A}}$$

$$R_3 = 300\ \Omega$$

RÉSISTANCE DANS UN CIRCUIT EN SÉRIE

Selon la Loi de la tension de Kirchhoff, la somme des chutes de tension individuelles égale la tension de la source. Vous savez aussi que le courant est constant dans un circuit en série. À la Figure 16-6 par exemple, calculez la résistance totale en recourant à la Loi d'Ohm. Maintenant, additionnez les valeurs des trois résistances. Ces deux sommes sont les mêmes.

16.5 LOI DU COURANT DE KIRCHHOFF POUR LES CIRCUITS EN PARALLÈLE

Comme vous l'avez appris au Chapitre 14, il y a une relation définie entre le courant total dans un circuit en parallèle et le passage du courant à travers chacune de ses charges individuelles. Cette relation s'explique par la **Loi du courant de Kirchhoff** pour les circuits en parallèle. Mathématiquement, la Loi du courant de Kirchhoff s'exprime ainsi:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3, \text{ etc.},$$

où I_T est le courant total ou de la source,
 I_1 est le courant à travers la première charge,
 I_2 est le courant à travers la deuxième charge,
 I_3 est le courant à travers la troisième charge et ainsi de suite.

En d'autres mots, la somme des courants passant à travers chacune des charges est toujours égale au courant de la source. Par exemple, si le courant à travers chacune des trois charges dans un circuit en parallèle est de 2 mA, 4 mA et 6 mA, le courant de la source doit être de 12 mA.

En recourant à la Loi du courant de Kirchhoff ainsi qu'à la Loi d'Ohm, toute valeur inconnue dans un circuit en parallèle peut être calculée si certaines des autres valeurs sont connues. À la Figure 16-7, par exemple, la valeur de la résistance de la deuxième charge, R_2 , doit être trouvée.

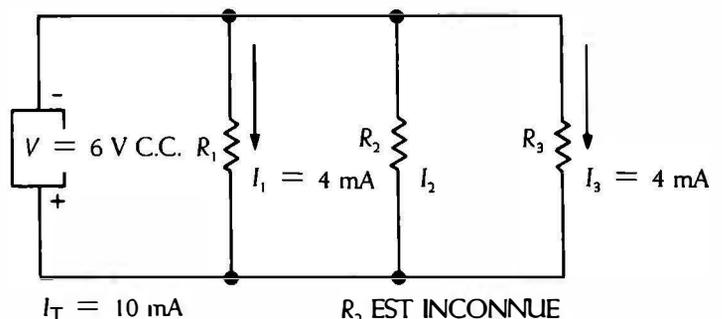


FIGURE 16-7 Comment résoudre la Loi du courant de Kirchhoff dans un circuit en parallèle.

Solution:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$10 \text{ mA} = I_2 + 4 \text{ mA} + 4 \text{ mA}$$

$$I_2 = 10 \text{ mA} - 8 \text{ mA}$$

$$I_2 = 2 \text{ mA}$$

La tension est constante dans un circuit en parallèle. Alors

$$V_2 = V_T = 6 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{V_T}{I_2}$$

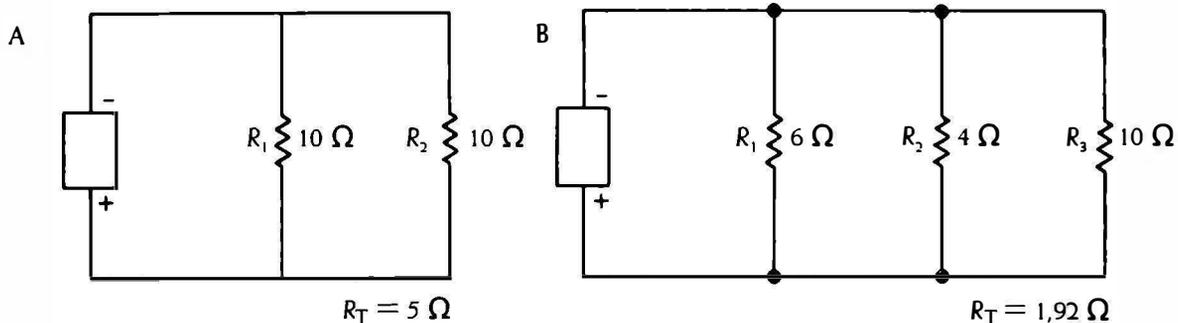
$$= \frac{6 \text{ V}}{0,002 \text{ A}}$$

$$R_2 = 3\,000 \, \Omega = 3 \text{ k}\Omega$$

RÉSISTANCE DANS UN CIRCUIT EN PARALLÈLE

Selon la Loi du courant de Kirchhoff, le courant de la source est toujours égal à la somme des courants individuels à travers chacune des charges. L'addition des charges devrait alors avoir pour effet d'augmenter le courant de la source. Vous savez aussi que la tension est constante dans un circuit en parallèle. C'est pourquoi, d'après la Loi d'Ohm, vous pouvez voir que la résistance totale dans un circuit en parallèle est toujours moindre que la résistance à travers n'importe quelle de ses charges. Les circuits de la Figure 16-8 illustrent ce point. Dans le circuit «A», la résistance totale est de 5 Ω. Chacune des résistances individuelles, toutefois, est de 10 Ω. Dans le circuit «B», la résistance totale est de 1,92 Ω. Cette fois encore, c'est moins que la plus petite résistance. Pour trouver la résistance totale dans un circuit en parallèle, employez une des formules suivantes.

FIGURE 16-8 La résistance totale d'un circuit en parallèle est toujours moindre que la résistance à travers n'importe quelle de ses charges.



1. Si toutes les résistances des charges ont la même valeur,

alors

$$R_T = \frac{R}{N}$$

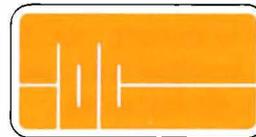
où R_T est la résistance totale du circuit, R est la valeur d'une des résistances, et N est le nombre de résistances.

2. Si la résistance des charges est différente, alors

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots, \text{ etc.}}$$

3. S'il y a seulement deux charges en parallèle, la formule ci-dessus peut être simplifiée ainsi:

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

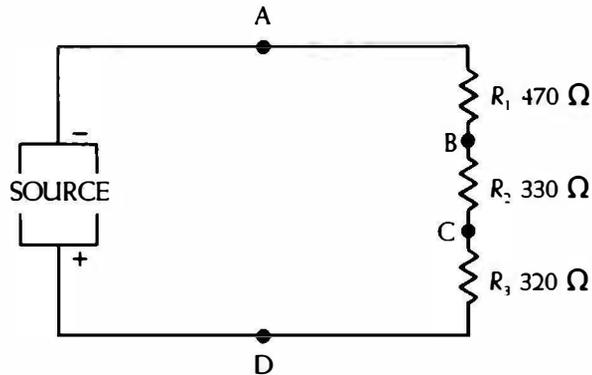


16.6 TÂCHES À FAIRE

1. Recourez à la Loi d'Ohm pour résoudre les problèmes suivants de circuit simple.
 - (a) Quelle quantité de courant passera à travers une résistance de 1 000 Ω si on lui applique une force de 1 V?
 - (b) Quelle est la résistance requise pour une chute de tension de 6 V quand le passage de courant est de 120 mA?
 - (c) Supposons que la résistance intérieure totale d'un appareil portatif de radio est de 72 Ω. S'il faut à l'appareil 125 mA de courant, quelle sera la tension que la pile sèche devra utiliser?

- Construisez le circuit illustré à la Figure 16-9. En vous servant d'un ohmmètre, mesurez la résistance entre les points indiqués. Que remarquez-vous au sujet des résistances A-B, B-C et C-D?

FIGURE 16-9 Circuit en série pour les Tâches 2 et 3.



- Appliquez une source de 10 V C.C. au circuit ci-dessus. Mesurez le courant qui passe à travers le circuit. D'après la Loi d'Ohm, calculez la résistance totale du circuit. Comment cette valeur se compare-t-elle avec la valeur A-D mesurée à la Tâche 2? Quelle est la tolérance de ces deux mesures? Quelles conclusions pouvez-vous tirer au sujet de la résistance dans un circuit en série?
- Recourez à la Loi d'Ohm et/ou la Loi de la tension de Kirchhoff pour résoudre les deux circuits de la Figure 16-10. Pour chacun des circuits, dessinez un tableau semblable à celui du bas. Complétez toute l'information donnée. Puis calculez les valeurs inconnues pour remplir complètement le tableau. Assurez-vous de montrer tout votre cheminement, incluant la formule utilisée pour chaque opération. Demandez à un autre étudiant de vérifier votre travail.

$R_1 =$	$V_1 =$	$I_1 =$
$R_2 =$	$V_2 =$	$I_2 =$
$R_3 =$	$V_3 =$	$I_3 =$
$R_T =$	$V_T =$	$I_T =$

- Construisez le circuit que vous voyez à la Figure 16-11. Assurez-vous que le commutateur est ouvert et que le circuit n'est pas branché. Avec un ohmmètre, mesurez et enregistrez les valeurs de résistance à travers R_1 , R_2 et R_3 .

Note En mesurant les valeurs des résistances individuelles, vous devez déconnecter un câble de chaque résistance du circuit. Autrement, vous liriez chaque fois la résistance totale du circuit.

FIGURE 16-10 Circuits en série pour la Tâche 4.

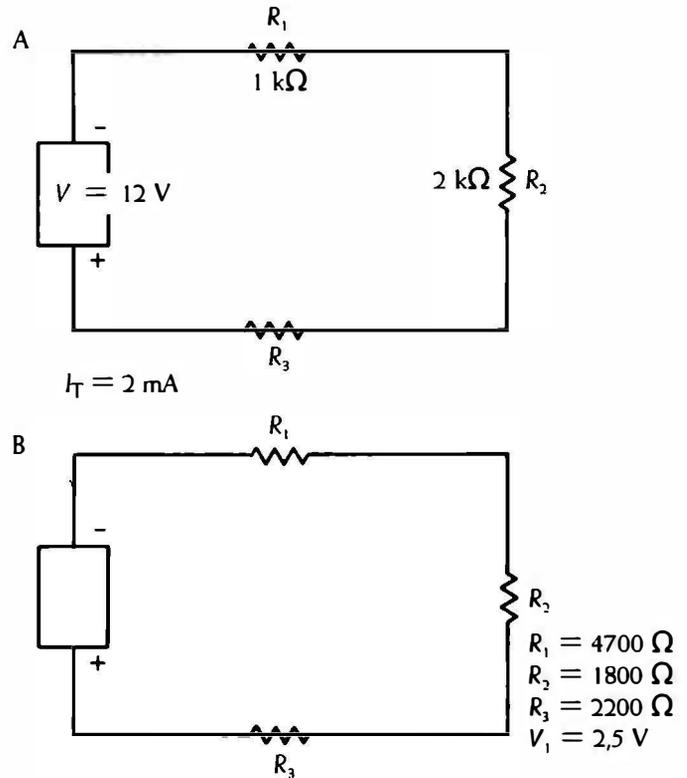
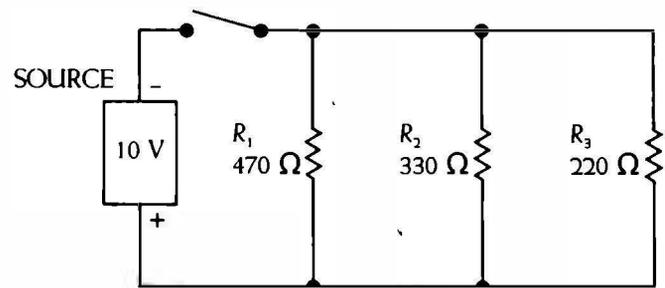
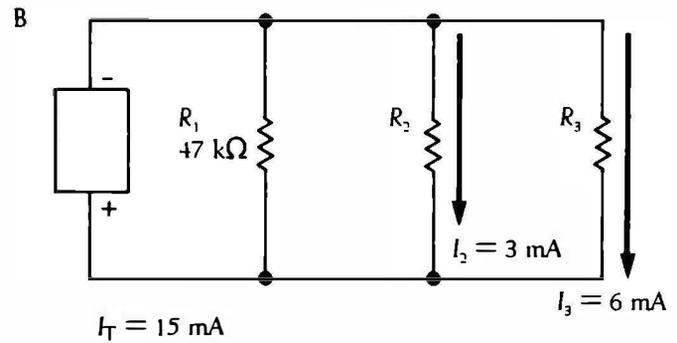
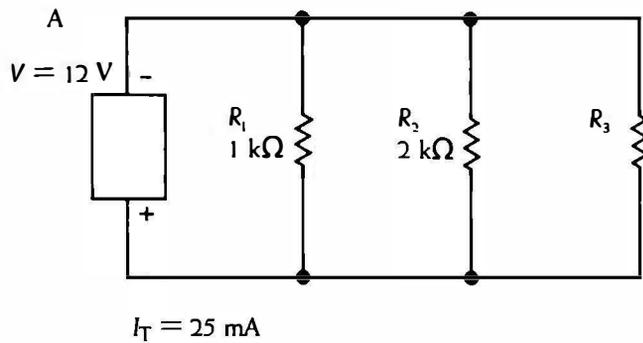


FIGURE 16-11 Circuit en parallèle pour les Tâches 5, 6 et 7.



- Calculez la résistance totale du circuit ci-dessus en vous servant des valeurs mesurées pour R_1 , R_2 , R_3 . Comparez cette valeur avec la valeur mesurée pour la résistance totale du circuit. Quelle est la tolérance de ces valeurs?
- Déconnectez l'ohmmètre et fermez le commutateur qui alimente le circuit. Mesurez le courant de la source. D'après la Loi d'Ohm, calculez la résistance totale du circuit. Comment cette valeur se compare-t-elle avec les deux valeurs antérieures de R_T ?

FIGURE 16-12 Circuits en parallèle pour la Tâche 8.



8. Solutionnez les circuits que vous voyez à la Figure 16-12. Recourez à la Loi d’Ohm et aux Lois de la tension et du courant de Kirchhoff. Pour chaque circuit, dessinez un tableau semblable à celui du bas. Complétez toute l’information donnée, puis calculez les valeurs inconnues. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.

$R_1 =$	$V_1 =$	$I_1 =$
$R_2 =$	$V_2 =$	$I_2 =$
$R_3 =$	$V_3 =$	$I_3 =$
$R_T =$	$V_T =$	$I_T =$

La Loi d’Ohm définit que la relation entre le courant (I), la tension (V), et la résistance (R) s’exprime par la formule suivante:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dans un circuit simple, on peut se servir de la Loi d’Ohm pour trouver une des valeurs inconnues si les deux autres sont connues. La Loi d’Ohm peut s’appliquer aux charges individuelles dans un circuit en série ou un circuit en parallèle.

Dans un circuit en série $V_T = V_1 + V_2 + V_3$, etc. C’est la formule de la Loi de la tension de Kirchhoff pour les circuits en série.

Dans un circuit en parallèle $I_T = I_1 + I_2 + I_3$, etc. C’est la formule de la Loi du courant de Kirchhoff pour les circuits en parallèle.

D’après la Loi d’Ohm et les Lois de la tension ou du courant de Kirchhoff, toute valeur inconnue, soit dans des circuits en série ou en parallèle, peut être calculée aussi longtemps que certaines des valeurs sont connues.

16.7 RÉSUMÉ

Les résistances (resistors) sont des composantes électroniques très communes. On s’en sert pour limiter le passage du courant dans les circuits.

Les résistances de faible puissance sont construites soit comme une composition de carbone ou comme des résistances à film de carbone. Les résistances de haute puissance sont construites en enroulant du fil autour d’une forme de céramique. Un recouvrement de porcelaine ou de céramique est cuit sur l’élément de la résistance.

Les résistances variables sont munies d’un curseur mobile connecté à une tige de contrôle. En tournant cette tige, la résistance change. Un autre type de résistance variable est la photorésistance ou LDR (light-dependent resistor). Dans cette résistance, la résistance varie selon l’intensité de la lumière qui frappe sa zone photosensible.

16.8 QU’AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu’à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Décrivez deux manières de construire des résistances de faible puissance.

2. Comment est construite une résistance de haute puissance?
3. Quels sont les deux types de résistances variables?
4. Écrivez la formule mathématique de la Loi d'Ohm.
5. Formulez en mots la Loi d'Ohm.
6. Écrivez la Loi de la tension de Kirchhoff pour les circuits en série.
7. Formulez en mots la Loi de la tension de Kirchhoff pour les circuits en série.
8. Quelle propriété électrique est constante dans un circuit en série?
9. Comment calculez-vous la résistance totale dans un circuit en série?
10. Écrivez la Loi du courant de Kirchhoff pour les circuits en parallèle.
11. Expliquez cette loi avec des mots.
12. Quelle propriété électrique est constante dans un circuit en parallèle?
13. Écrivez les trois formules pour calculer la résistance totale dans des circuits en parallèle. Expliquez quand on emploie chacune de ces formules.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les résistances
 - (a) limitent le passage du courant,
 - (b) arrêtent le passage du courant,
 - (c) rectifient le C.A.,
 - (d) ne font rien de ce qui est mentionné.
2. La chute de tension à travers une résistance est
 - (a) inversement proportionnelle à sa résistance,
 - (b) proportionnelle à sa puissance à l'utilisation,
 - (c) proportionnelle à la dimension physique de la résistance,
 - (d) proportionnelle à sa résistance.
3. Les résistances de haute puissance sont construites en
 - (a) aspergeant une couche de carbone sur une forme tubulaire,
 - (b) employant une combinaison de carbone et d'autres éléments,
 - (c) enroulant un fil autour d'une forme de céramique,
 - (d) encastrant du carbone dans une forme cylindrique.
4. Quelle valeur de courant devra passer à travers une résistance de $100\ \Omega$ pour causer une chute de tension de $100\ \text{V}$?
 - (a) $0,1\ \text{A}$
 - (b) $10\ \text{A}$
 - (c) $100\ \text{A}$
 - (d) $1\ \text{A}$
5. Combien de résistance faut-il pour causer une chute de tension de $5\ \text{V}$ avec un passage de courant de $1\ \text{A}$?
 - (a) $5\ \Omega$
 - (b) $50\ \Omega$
 - (c) $0,5\ \Omega$
 - (d) $500\ \Omega$
6. Dans un circuit en série, la somme des résistances individuelles est égale
 - (a) au nombre de fois que la tension est appliquée au courant,
 - (b) à la résistance totale du circuit,
 - (c) à la moitié de la résistance totale,
 - (d) à la tension de la source.
7. Dans un circuit en parallèle, la somme des courants dans les chemins individuels est égale
 - (a) au courant total dans le circuit,
 - (b) au nombre de fois que la tension totale est appliquée à la résistance,
 - (c) à la moitié du courant total,
 - (d) à la résistance totale du circuit.
8. La résistance totale dans un circuit est toujours moindre que
 - (a) $1\ \Omega$
 - (b) la tension de la source,
 - (c) la valeur de sa plus petite résistance,
 - (d) le passage du courant à travers le circuit.
9. La résistance totale de deux résistances de $500\ \Omega$ connectées en parallèle est de
 - (a) $1\ 000\ \Omega$
 - (b) $500\ \Omega$
 - (c) $250\ \Omega$
 - (d) $2\ 500\ \Omega$
10. La résistance totale d'une résistance de $10\ \Omega$ et d'une résistance de $50\ \Omega$ connectées en parallèle sera de
 - (a) $10\ \Omega$
 - (b) $8,3\ \Omega$
 - (c) $500\ \Omega$
 - (d) $50\ \Omega$

CHAPITRE 17

CONDENSATEURS

17.1 EMPLOI DES CONDENSATEURS

Les condensateurs en électronique servent pratiquement à d'aussi nombreux usages que les résistances. On emploie des condensateurs dans des circuits d'abord pour emmagasiner puis pour relâcher des charges électriques. Certains condensateurs sont conçus pour emmagasiner des charges pour quelques millisecondes seulement. D'autres condensateurs emmagasineront des charges pendant plusieurs heures. Les dispositifs d'accord de radio et de TV, les unités d'éclair de caméra et les repères lumineux se servent tous de condensateurs. À l'exception de l'indicateur d'état de pile sèche de batterie et de l'indicateur d'état d'une batterie d'auto de 12 V, tous les projets dans ce livre comptent sur des condensateurs pour emmagasiner et relâcher des charges électriques.

Les condensateurs ont des propriétés électriques différentes dans les circuits C.C. et les circuits C.A. On les choisit pour un usage fondé sur la fonction qu'ils rempliront et les tensions dans les circuits où ils seront utilisés. La fonction détermine habituellement la valeur du condensateur, ou sa capacité. La fonction et la tension d'un circuit déterminent le type de condensateur choisi. Le type d'un condensateur est identifié par son diélectrique. Vous avez déjà appris quelque chose sur les types de condensateur au Chapitre 7. Le diélectrique à son tour détermine la construction d'un condensateur.

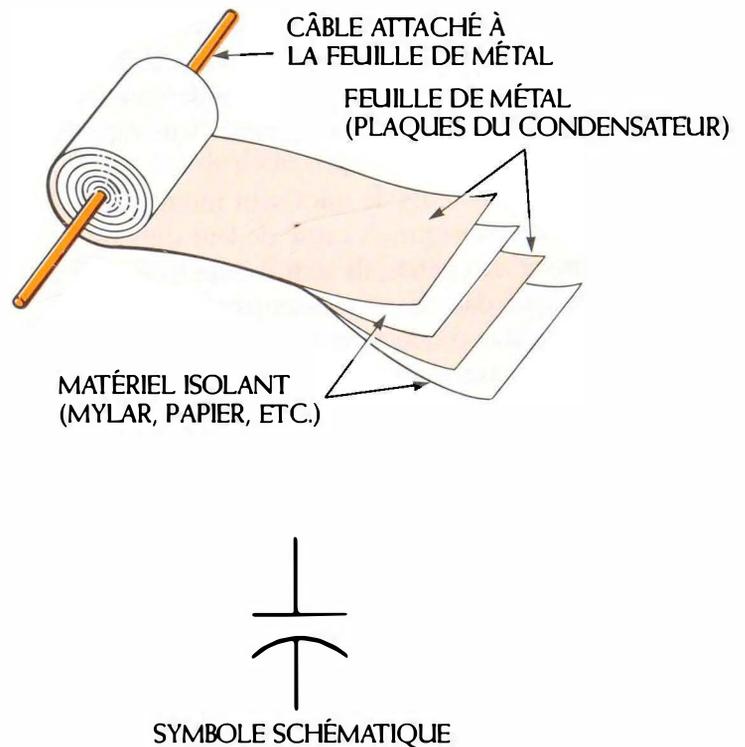
17.2 CONSTRUCTION

Tous les condensateurs sont construits de la même manière. Deux conducteurs sont séparés par un isolant diélectrique.

CONDENSATEURS ROULÉS

La Figure 17-1 montre la construction d'un condensateur roulé, ou tubulaire. Deux plaques

FIGURE 17-1 Construction d'un condensateur roulé.



minces de feuille de métal sont séparées par une mince couche de plastique ou de papier ciré. Les câbles sont reliés aux extrémités de chaque plaque. On roule alors le condensateur et on le met dans un enrobage isolant. On plonge parfois le condensateur dans une résine de fibre, de céramique ou d'émail à la place.

On peut augmenter la capacité d'un condensateur en faisant plus grandes ses plaques de la zone de surface. Sa tension de service dépend de l'épaisseur et du type de matériel employé pour son diélectrique.

Afin de garder aussi petite que possible la dimension physique des condensateurs roulés, le diélectrique est fait très mince. Plus les plaques d'un condensateur sont rapprochées ensemble, plus le condensateur aura de capacité. Un conden-

sateur de $0,01 \mu\text{F}$ conçu pour être employé avec du 10 V sera physiquement plus petit qu'un condensateur $0,01 \mu\text{F}$ conçu pour être employé sur du 100 V.

CONDENSATEURS DE MICA

Les condensateurs de mica sont construits en plaquant chaque côté d'une mince pièce de mica avec une mince couche de métal (Figure 17-2). Ces éléments de condensateur individuels sont entassés pour accroître leur capacité totale. Tous les conducteurs de la surface du dessus sont connectés à l'autre câble. En effet, il y a plusieurs condensateurs connectés en parallèle. Cela augmente leur capacité totale.

Les condensateurs de mica sont moulés dans un boîtier de plastique. À cause de leur dimension relativement petite, ils sont limités à de petites valeurs dans la portée des picofarads. Toutefois, leur diélectrique de mica donne à ces condensateurs une haute tension de service et des caractéristiques très stables. Les changements de

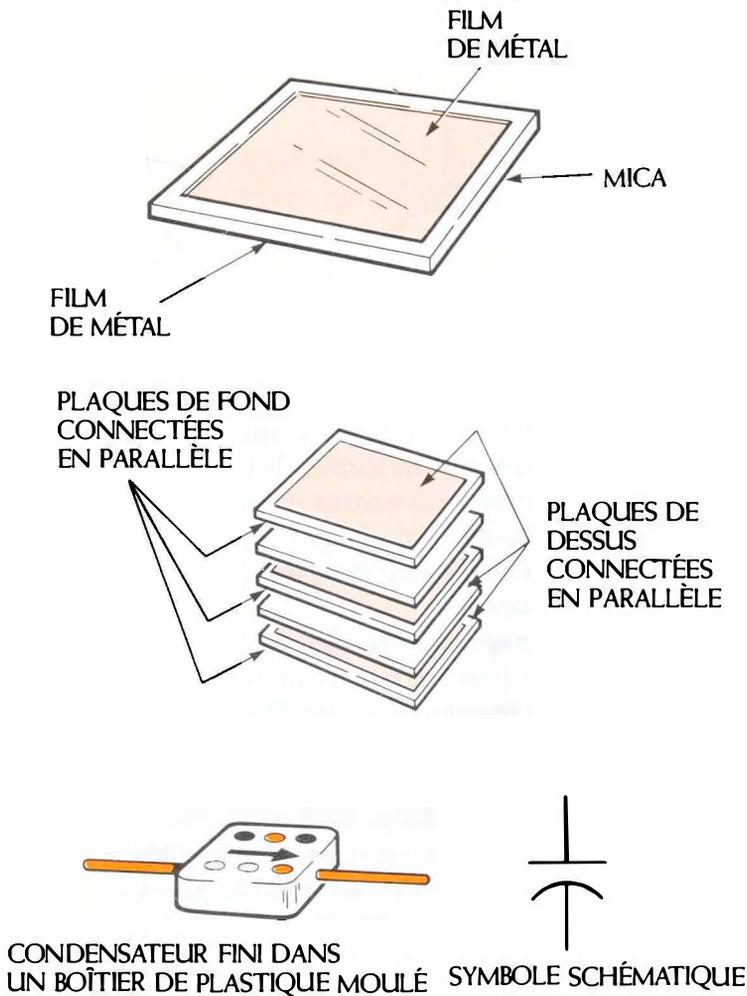


FIGURE 17-2 Construction d'un condensateur de mica.

température, l'humidité et les vibrations les influencent peu.

CONDENSATEURS DE CÉRAMIQUE

On fabrique des condensateurs de céramique en plaquant une mince couche de métal de chaque côté d'une mince gaufre de céramique ou sur un tube creux de céramique (Figure 17-3). Les câbles sont soudés de chaque côté des zones de plaque.

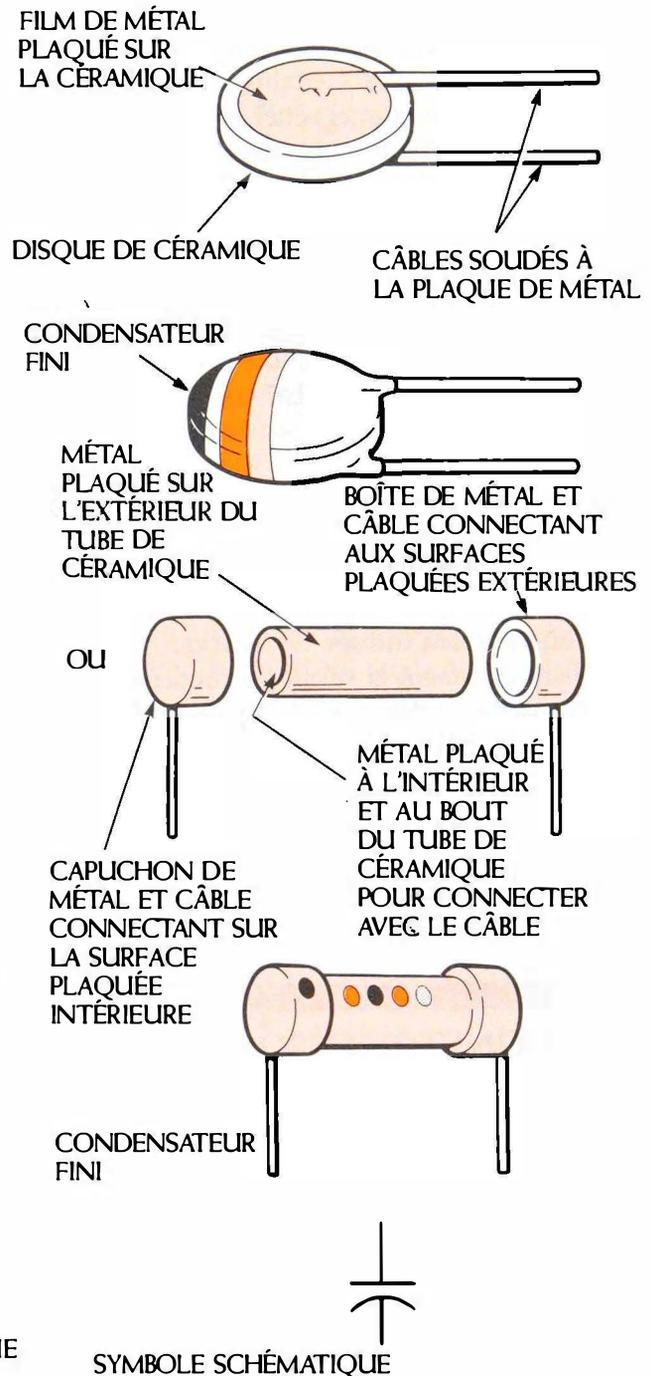


FIGURE 17-3 Construction d'un condensateur de céramique.

Le condensateur est alors plongé dans la céramique ou l'émail, puis cuit pour être scellé. Les condensateurs de céramique peuvent être faits dans une gamme étendue de capacité. La céramique peut être très mince pour les condensateurs à faible voltage, et passablement épaisse aussi pour les condensateurs à voltage élevé.

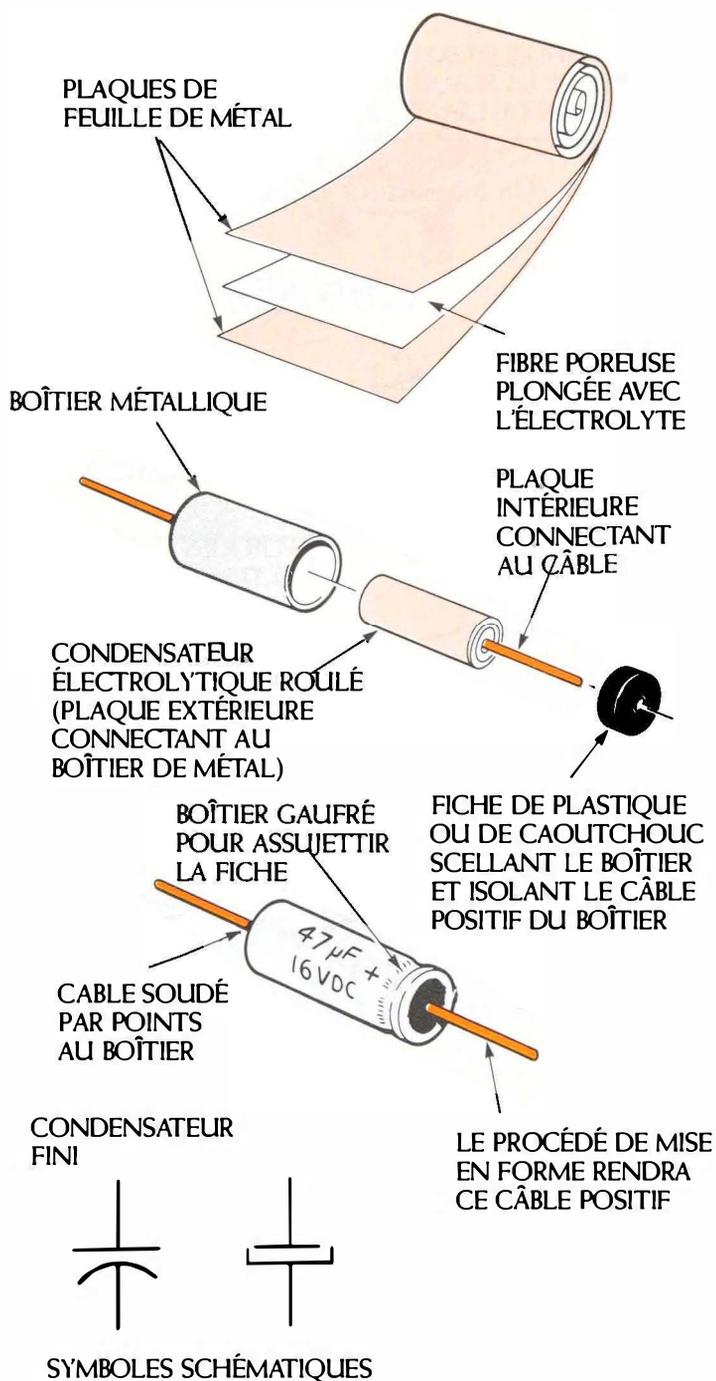


FIGURE 17-4 Construction d'un condensateur électrolytique.

CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES

On emploie des condensateurs électrolytiques (Figure 17-4) afin d'obtenir une très grande capacité dans des condensateurs relativement petits. Les électrolytes «secs» ne sont pas vraiment secs. Comme les piles sèches, ils contiennent un électrolyte humide entre leurs plaques de métal. Cet électrolyte est retenu dans une couche mince et poreuse de fibre. Les condensateurs électrolytiques sont roulés et mis dans des boîtiers métalliques. Le boîtier de métal est attaché à une des plaques. Le câble attaché à l'autre plaque est ramené à l'extérieur à travers un sceau isolant par le bout ouvert de la boîte. À ce point, le condensateur électrolytique n'a pas de diélectrique. En fait, il n'est plus un condensateur.

PROCÉDÉ DE MISE EN FORME

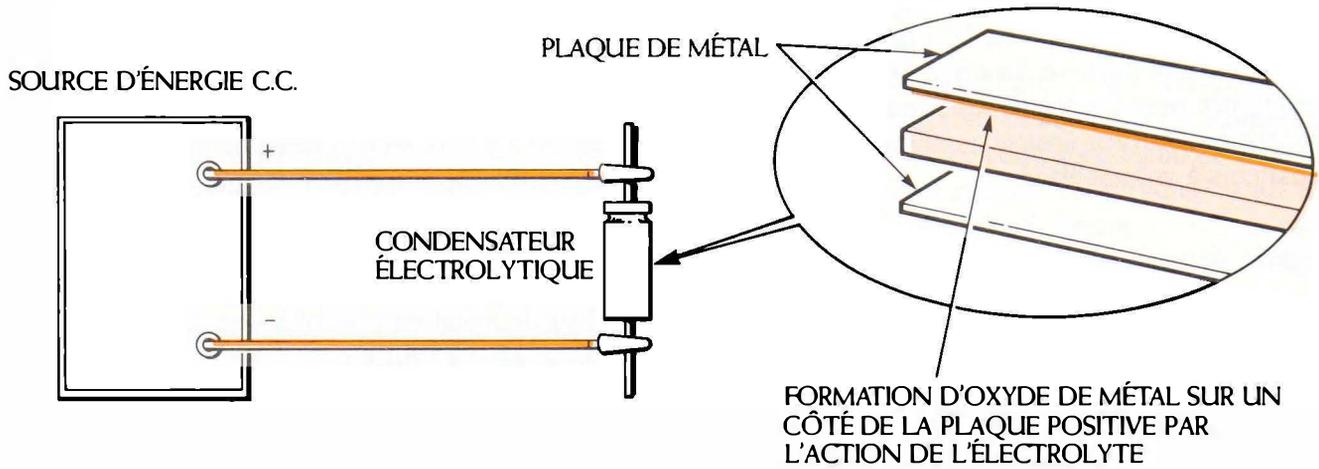
On connecte maintenant le condensateur électrolytique à un petit courant C.C. On appelle ce procédé une **mise en forme** (Figure 17-5). Le courant électrique provoque la réaction de l'électrolyte avec le métal d'une des plaques. Cette réaction forme une très mince couche d'oxyde métallique. Cet oxyde de métal est le diélectrique. En contrôlant le temps de mise en forme, on varie l'épaisseur de la couche d'oxyde. L'épaisseur de ce diélectrique détermine la capacité de l'électrolyte et la tension de service. On peut corriger parfois de la même manière les condensateurs électrolytiques «non étanches».

POLARISATION

Le procédé de mise en forme causera la formation d'oxyde sur une seule plaque. Cela signifie que le condensateur sera polarisé, ou qu'il aura des câbles positif et négatif. S'il est installé incorrectement dans un circuit, la couche d'oxyde disparaîtra et le condensateur commencera à «perdre» du courant. Il perdra également sa faculté d'emmagasiner de l'énergie électrique. Il se mettra aussi à chauffer. Si la chaleur est suffisante et que la pression augmente, il peut même exploser.

Afin de prévenir ce genre d'accident, on construit maintenant la plupart des condensateurs électrolytiques avec un évent de sécurité dans le sceau. Cet évent est conçu pour s'ouvrir et laisser sortir toute pression interne. De petits condensateurs électrolytiques sont conçus pour qu'un sceau saute à un bout avant que la pression interne devienne trop grande.

FIGURE 17-5 Procédé de mise en forme de condensateurs électrolytiques.



La polarité d'un condensateur électrolytique doit être indiquée sur son boîtier. Si ce n'est pas le cas, rappelez-vous que la boîte métallique est toujours connectée à la plaque négative. Le câble isolé est toujours la borne positive du condensateur.

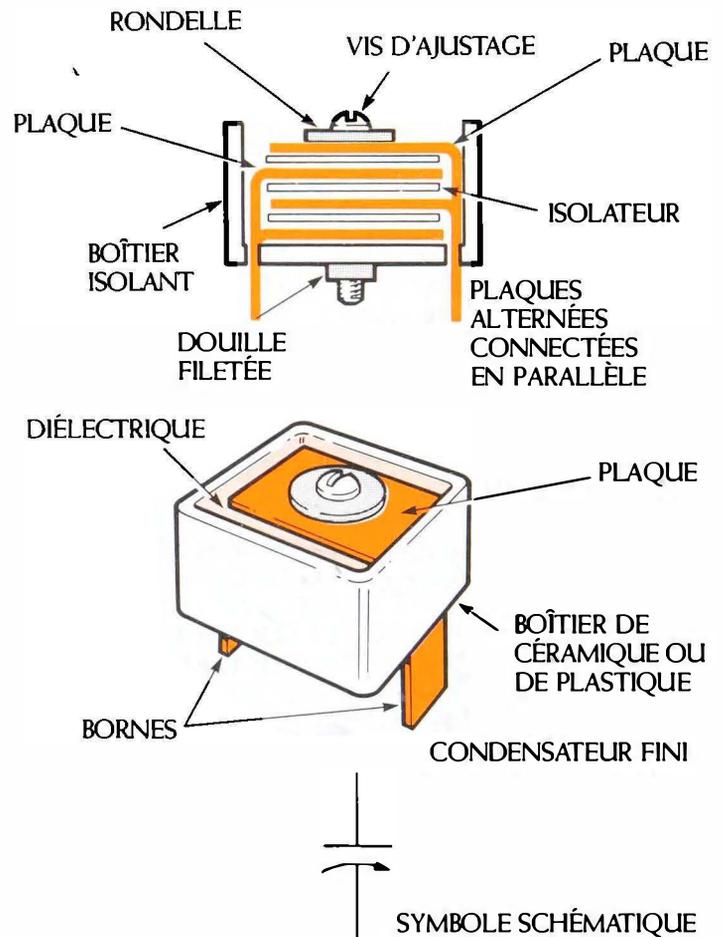
CONDENSATEURS VARIABLES

Les condensateurs variables sont fabriqués de façon à ce que soit l'ensemble de leurs plaques ou une plaque simple seulement puisse être déplacé. On voit un type de condensateur variable à la Figure 17-6. C'est un condensateur variable de type à compression. On modifie la distance entre les plaques en serrant ou en desserrant une vis. Chaque plaque est séparée de la suivante par une couche de diélectrique, habituellement du plastique ou du mica.

À la Figure 17-7, on peut voir un autre type de condensateur variable. C'est un condensateur trimmer (d'équilibrage) de céramique. On appelle la plaque du fond un **stator** (à lames fixes). Il est plaqué dans une pièce circulaire de céramique. La plaque mobile du dessus s'appelle un **rotor**. Il est plaqué dans un disque mince de céramique attaché à un support central. La céramique est le diélectrique. Quand la plaque du dessus tourne, les zones de plaque chevauchent plus ou moins, ce qui accroît ou décroît la capacité du condensateur.

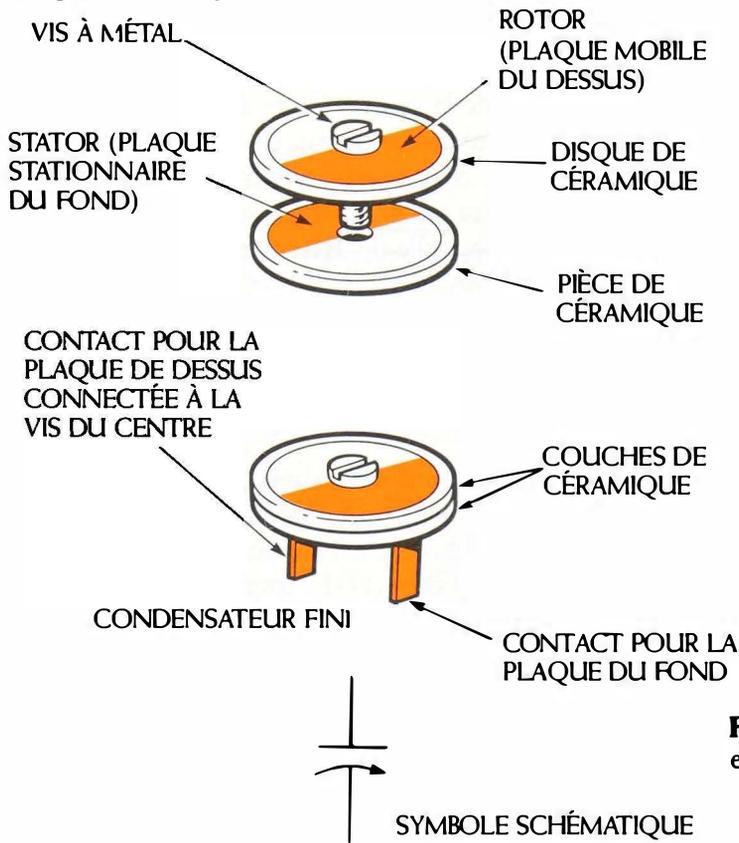
La Figure 17-8 illustre un condensateur variable dont l'air est son diélectrique. Les plaques du rotor sont connectées à une tige mobile qui dépasse à l'extérieur sur le devant du cadre du condensateur. Ces plaques s'engrènent dans celles

FIGURE 17-6 Un condensateur variable de type à compression.



du stator quand la tige tourne, mais les unes et les autres sont alignées avec soin pour ne pas se toucher. Plus la zone de chevauchement est grande entre les plaques, plus la capacité est grande. Dans

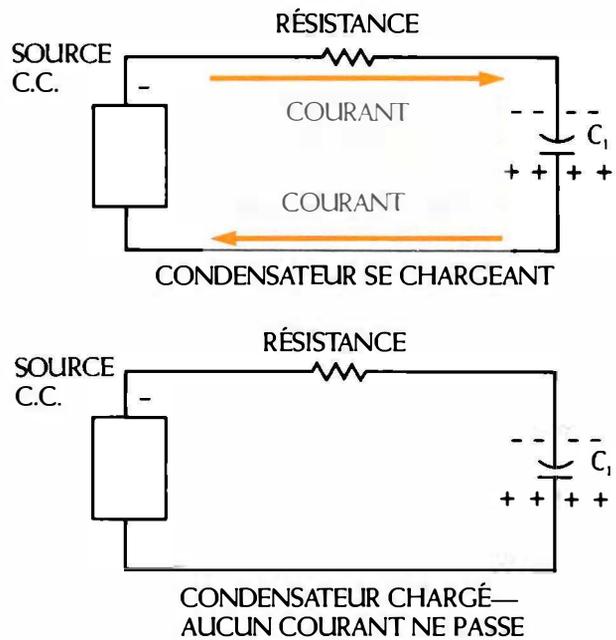
FIGURE 17-7 Un condensateur trimmer (d'équilibrage) de céramique.



17.3 CONDENSATEURS DE CIRCUITS C.C.

La Figure 17-9 montre un condensateur de circuit C.C. en série. Quand la source est connectée, le courant passera dans le condensateur jusqu'à ce qu'il ait la même tension que la source. Les électrons passant dans le condensateur «s'empilent» sur la plaque négative. Ils ne peuvent pas traverser le diélectrique. Toutefois, ils sont suffisamment rapprochés de l'autre plaque pour repousser quelques-uns de ses électrons. Ces électrons laissent le condensateur et retournent à la source, laissant une charge positive sur la seconde plaque. Aussi longtemps que le condensateur n'est pas chargé, il fonctionnera comme un court-circuit.

FIGURE 17-9 Un condensateur dans un circuit C.C. en série.



Le temps qu'il faut pour charger le condensateur dépend de la résistance du circuit et de la capacité du condensateur. Plus le condensateur est gros ou que sa résistance est grande, plus il faut de temps pour le charger.

Dès que le condensateur est complètement chargé, il n'y a plus d'électrons repoussés de la seconde plaque. Le passage du courant s'arrête.

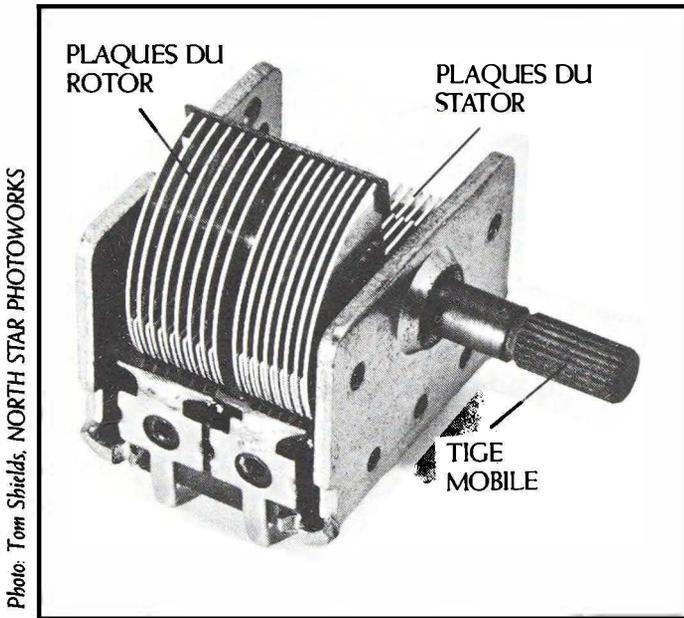
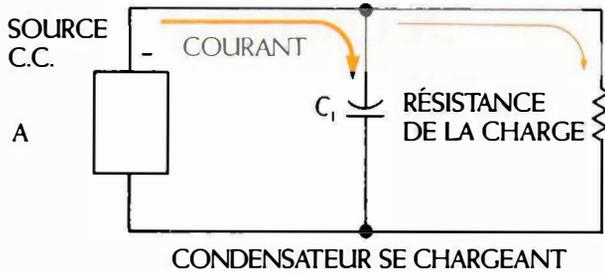


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

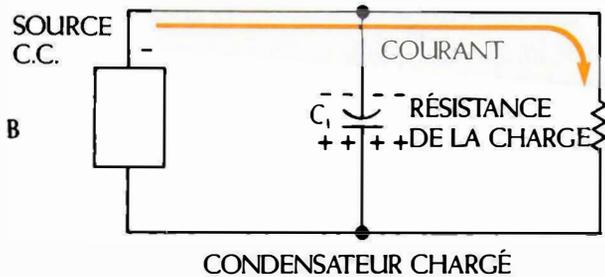
FIGURE 17-8 Un condensateur variable diélectrique à l'air.

les appareils de radio, on emploie ce type de condensateur variable pour sélectionner ou accorder des postes. Le projet de radio A.M. (à modulation d'amplitude) se sert d'un de ces condensateurs à cette fin.

FIGURE 17-10 Un condensateur dans un circuit C.C. en parallèle.



LA PLUS GRANDE PARTIE DU COURANT PASSE DANS LE CONDENSATEUR; LA RÉSISTANCE DE LA CHARGE N'A AUCUN CONTRÔLE SUR LE PASSAGE DU COURANT.



TOUT LE COURANT PASSE À TRAVERS LA RÉSISTANCE DE LA CHARGE; CELLE-CI MAINTENANT CONTRÔLE LE PASSAGE DU COURANT

Aussi longtemps que le condensateur demeure entièrement chargé, il fonctionnera alors comme un circuit ouvert.

La Figure 17-10 illustre un condensateur dans un circuit en parallèle. Quand la source C.C. est connectée, le courant passe à travers le circuit. Lorsque le condensateur n'est pas chargé, il fonctionne comme un court-circuit. Cela force d'abord le courant à passer dans le condensateur. Comme le condensateur se charge, il y a de moins en moins de courant qui passe dedans. Par contre, il y en a de plus en plus à travers la charge.

Parce que le condensateur non chargé fonctionne comme un court-circuit, il provoque un très gros courant à passer d'abord. On appelle cela un **courant de pointe** ou de choc. Les courants de pointe peuvent endommager d'autres composants et les circuits. Comme les condensateurs causent des courants de choc, les circuits sensibles doivent être protégés de quelque façon contre ces courants de choc.

Dans la Figure 17-10, la résistance de la charge contrôle le passage du courant dès que le condensateur est chargé. Les condensateurs réagissent aux changements de tension. Si la tension

devait augmenter, le condensateur se chargerait à la charge même. Si la tension de la source devait diminuer, le condensateur déchargerait dans la charge jusqu'à ce que sa tension atteigne le niveau de la tension de la source. Cette décharge se produit pour maintenir le niveau de tension originale dans le circuit. Si le condensateur est assez gros, la charge ne subira aucun changement de tension. Cette action s'appelle du **filtrage**.

17.4 CONDENSATEURS DE CIRCUITS C.A.

Un courant alternatif renverse la polarité, passant d'abord dans un sens puis dans l'autre. Comme vous le savez déjà, cela se produit plusieurs fois par seconde. La Figure 17-11 montre justement ce qui arrive quand un condensateur est connecté dans un circuit C.A. en série.

Quand la polarité de la source est telle que montrée à «A», le condensateur chargera comme s'il était dans un circuit C.C. Quand la polarité de la source commence à renverser, la tension chute. Le condensateur redéchargera alors à travers la source. La polarité et la tension s'élèveront dans la direction opposée, comme on le voit à «B». Cela rechargera le condensateur dans la direction opposée. Pendant ce temps, le courant continuera à passer à travers la charge. Si le condensateur est assez gros pour n'être jamais complètement chargé, le passage du courant ne cessera jamais à travers la charge. D'autre part, si le condensateur atteint sa pleine charge avant que la polarité de la source ne change, le passage du courant s'arrêtera à travers la charge jusqu'à ce que la polarité de la source renverse.¹ Plus la fréquence de la source est élevée, plus il faudra un plus petit condensateur pour assurer le passage de courant continu dans le reste du circuit.

À la Figure 17-12, on voit ce qui se produit quand un condensateur est connecté dans un circuit C.A. en parallèle. Quand la polarité de la

¹ Il en résulterait une ondulation carrée.

FIGURE 17-11 Un condensateur dans un circuit C.A. en série.

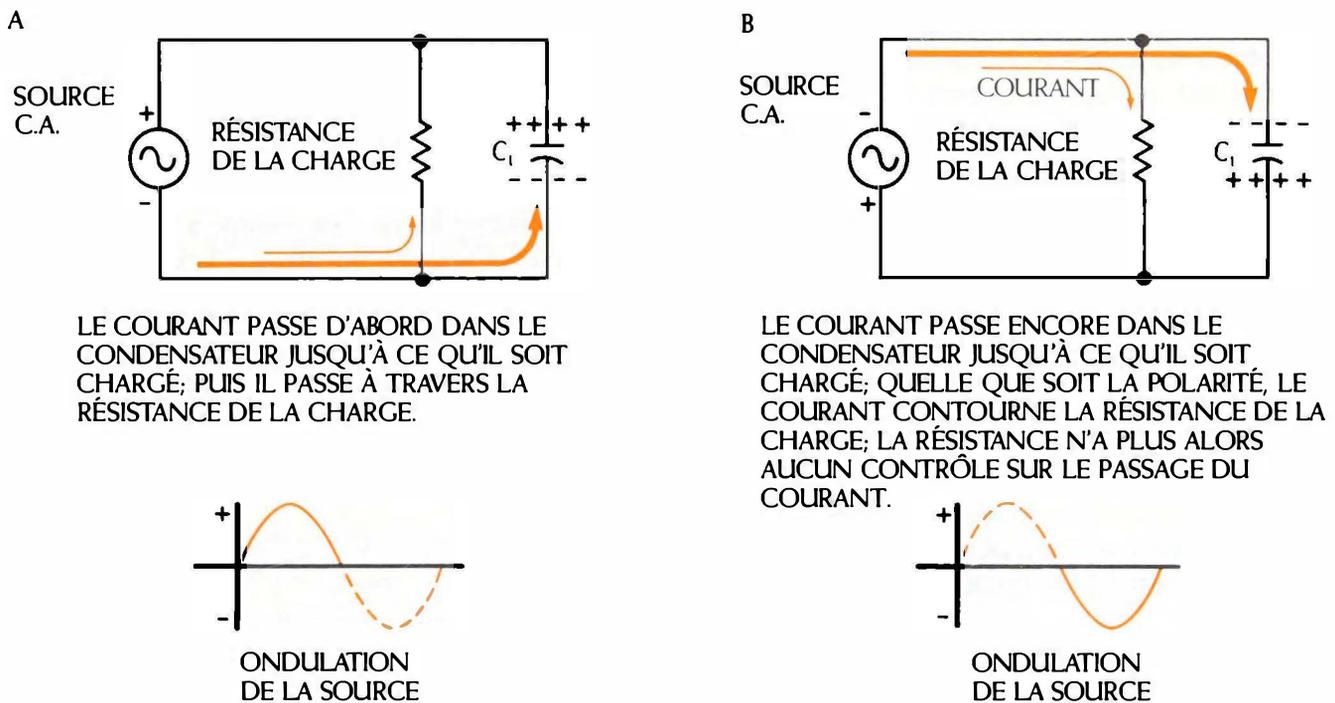
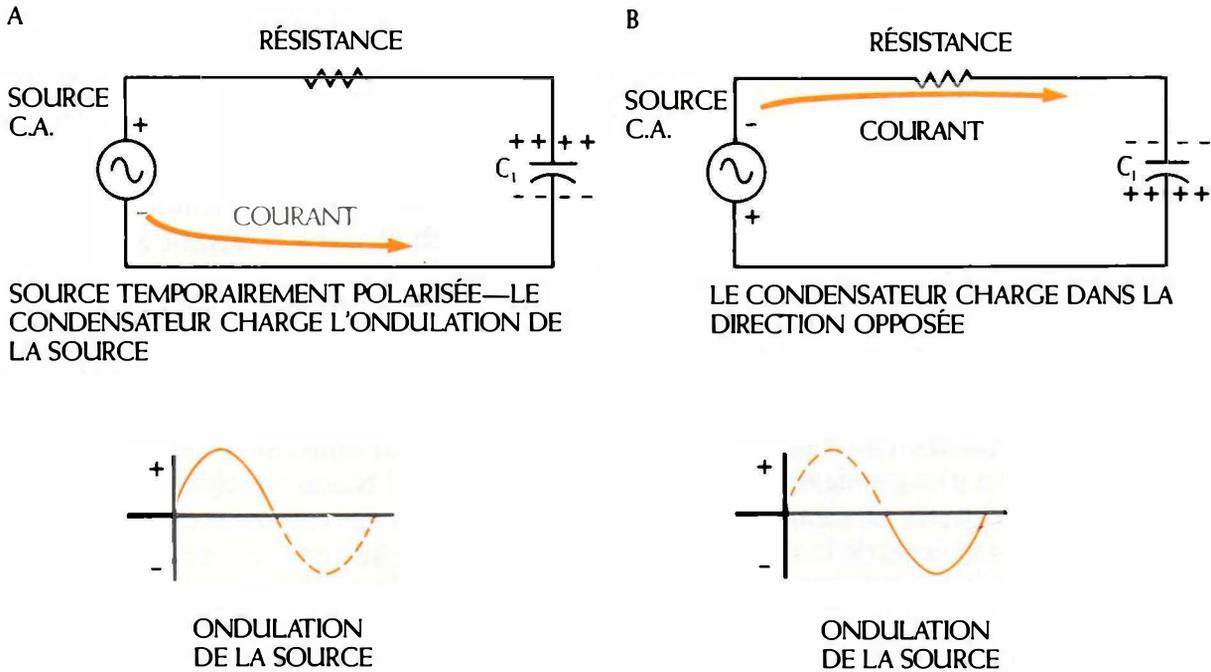


FIGURE 17-12 Un condensateur dans un circuit C.A. en parallèle.

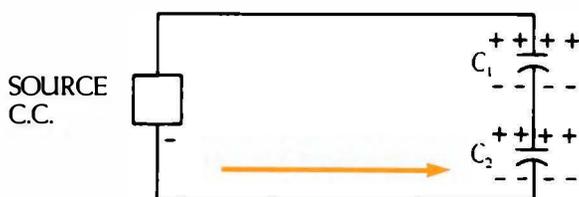
source est telle qu'on le voit à «A», le condensateur chargera comme s'il était dans un circuit C.C. Si le condensateur se charge entièrement avant que la polarité de la source renverse, le courant passera à travers la charge. Si la polarité de la source renverse avant que le condensateur soit complètement chargé, celui-ci déchargera à travers la charge et rechargera alors dans la direction inverse. En effet,

le condensateur permet alors à une certaine partie du courant de contourner la charge. La quantité de courant qui contourne la charge dépend de la dimension du condensateur et de la fréquence de la source. Plus la fréquence est élevée et/ou plus le condensateur est gros, plus il y a de courant qui contourne la charge.

17.5 CONDENSATEURS EN SÉRIE

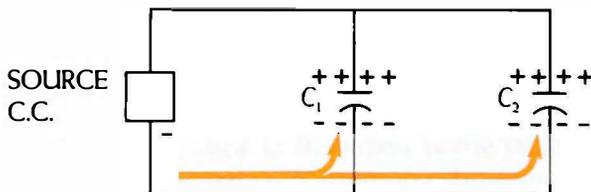
La Figure 17-13 montre deux condensateurs en série. Quand la source C.C. est connectée, les électrons passent dans C_2 . Cela provoque la répulsion des électrons de l'autre plaque vers C_1 . Ces électrons à leur tour repoussent d'autres électrons de la seconde plaque de C_1 . L'effet net de cette action est que la première plaque de C_2 fonctionne comme une plaque négative, tandis que la seconde plaque de C_1 fonctionne comme une plaque positive. Le résultat est le même que si on avait un condensateur avec une distance plus grande entre ses plaques. À cause de cette distance supplémentaire, il y a moins d'électrons repoussés de la «seconde» plaque dans le circuit. C'est pourquoi en connectant des condensateurs en série on diminue la capacité. On obtient l'effet contraire en connectant des résistances en série. La connexion de résistances en série augmente la résistance.

FIGURE 17-13 Condensateurs connectés en série.



LA DISTANCE S'EST ACCRUE ENTRE LA PLAQUE POSITIVE EFFICACE ET LA PLAQUE NÉGATIVE.

CAPACITÉ DIMINUÉE



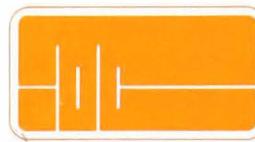
LA ZONE DE PLAQUE EFFICACE A AUGMENTÉ.

CAPACITÉ AUGMENTÉE

FIGURE 17-14 Condensateurs connectés en parallèle.

17.6 CONDENSATEURS EN PARALLÈLE

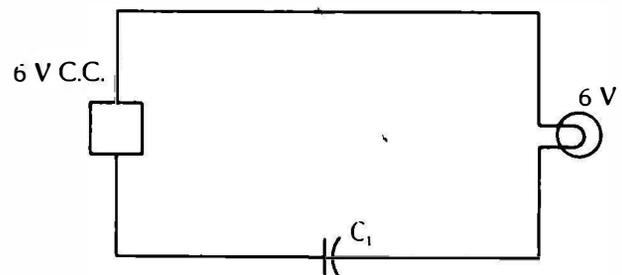
À la Figure 17-14, deux condensateurs sont connectés en parallèle. La zone de plaque du condensateur efficace dans ce circuit a alors été augmentée. Cela permet à la capacité efficace totale d'augmenter. Des condensateurs en parallèle augmentent donc la capacité s'ils sont connectés. Comment cela se compare-t-il à deux résistances connectées en parallèle?



17.7 TÂCHES À FAIRE

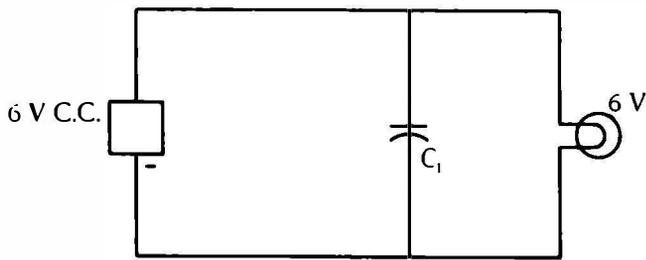
1. Procurez-vous une pile sèche de 6 V, une lampe de 6 V et un condensateur non polarisé de $47 \mu\text{F}$ 50 V (ou de même valeur). Connectez-les en série comme à la Figure 17-15. Qu'est-ce qui arrive à la lampe? Pouvez-vous expliquer pourquoi?

FIGURE 17-15 Circuit pour la Tâche 1.



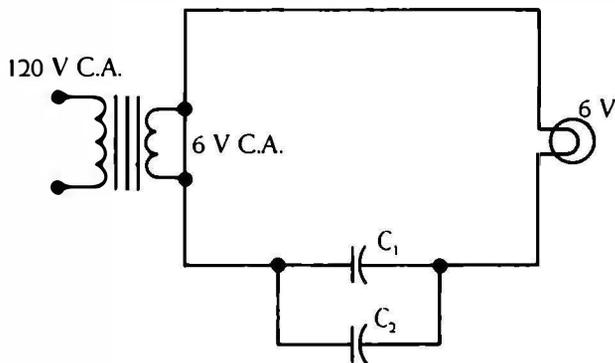
2. Demandez à votre professeur un système de transformateur abaisseur C.A. approuvé ou toute source d'énergie que vous pouvez utiliser. La sortie doit être de 6 V C.A. Employez cette source pour remplacer la pile C.C. dans le circuit ci-dessus. Qu'est-ce qui arrive maintenant à la lampe? Pouvez-vous expliquer pourquoi?

FIGURE 17-16 Circuit pour la Tâche 3.



3. Reconnectez le condensateur en parallèle avec la lampe (charge) et servez-vous d'une pile sèche de 6 V comme source. (Voyez la Figure 17-16.) Combien de temps faudra-t-il à la lampe pour s'allumer quand la source est connectée? Comment expliquez-vous cela? Reprenez votre expérience mais cette fois avec une source C.C. de 9 V ou de 12 V. Combien de temps faudra-t-il maintenant à la lampe pour s'allumer? Quelle est la raison pour cela?
4. Connectez le circuit illustré à la Figure 17-17. Employez des condensateurs non polarisés de $47 \mu\text{F}$ 50 V. Comparez l'intensité de la lampe avec les résultats de la Tâche 2. Est-ce qu'il y a une différence? Quelle est la raison pour cela?

FIGURE 17-17 Circuit pour la Tâche 4.



5. Choisissez un des projets du Chapitre 3 qui vous intéresse. Il n'est pas nécessaire que ce soit celui que vous avez déjà choisi de construire, mais il doit avoir des condensateurs comme composants. Identifiez chaque condensateur selon son type et sa fonction dans le circuit du projet. Recourez au diagramme schématique du projet et à la liste des pièces pour vous aider. Les condensateurs sont-ils connectés en série ou en parallèle? Comment cela affecte-t-il la performance de chaque condensateur?

17.8 RÉSUMÉ

Les condensateurs sont construits de deux conducteurs séparés par un diélectrique.

La capacité est affectée par la zone de surface des plaques, le rapprochement des plaques, l'épaisseur et le type du diélectrique employé.

Les condensateurs électrolytiques sont formés par le passage d'un petit courant à travers eux. Ce procédé de mise en forme cause la formation d'une couche d'oxyde sur l'une des plaques. Cette couche d'oxyde est le diélectrique.

Les condensateurs électrolytiques sont polarisés. La borne négative est connectée au boîtier métallique du condensateur.

Du courant passera dans un condensateur seulement quand celui-ci sera entièrement chargé. Les condensateurs réagissent aux changements de tension.

Dans les circuits C.C., les condensateurs se chargeront à la tension de la source.

Dans un circuit C.C. en série, un condensateur bloquera le passage du courant. Dans un circuit C.C. en parallèle, un condensateur en parallèle avec une charge «filtrera» par dehors (n'acceptera pas) les changements dans la tension de la source.

Dans un circuit C.A. en série, un condensateur peut être employé pour permettre au courant continu de passer dans le circuit. Dans un circuit C.A. en parallèle, un condensateur peut être employé pour permettre au courant de contourner la charge.

Le courant ne passe jamais à travers un condensateur. Il peut passer en dedans ou en dehors d'un condensateur, mais il ne peut traverser le diélectrique. Si le courant passe à travers le diélectrique, le condensateur est court-circuité ou «perd», et on ne peut s'attendre à ce qu'il emmagasine de l'énergie électrique.

Des condensateurs variables sont construits soit pour que l'ensemble de leurs plaques ou une seule plaque soit mobile. On appelle les plaques mobiles des rotors, et les plaques stationnaires des stators (lames fixes).

La capacité des condensateurs variables dépend de la distance entre les plaques et de la partie qui chevauche avec elles.

Le diélectrique des condensateurs variables peut être de la céramique, du mica, du plastique ou de l'air.

Quand des condensateurs sont connectés en série, la capacité diminue, tandis qu'elle augmente si les condensateurs sont connectés en parallèle.

17.9 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Nommez quatre usages des condensateurs dans des circuits électroniques.
 2. Quel effet a le diélectrique sur les propriétés électriques d'un condensateur?
 3. Quels facteurs affectent la capacité d'un condensateur?
 4. Comment sont formés les condensateurs électrolytiques?
 5. Comment pouvez-vous faire la différence entre la borne négative et la borne positive sur un condensateur électrolytique?
 6. Expliquez l'action d'un condensateur dans des circuits C.C. en série et en parallèle.
 7. Quels sont les deux facteurs qui contrôlent le temps qu'il faut pour charger un condensateur?
 8. Expliquez ce que signifie l'«action de mise en forme».
 9. Qu'est-ce qu'un courant de pointe?
 10. Dans quelle sorte de circuit un condensateur permettra-t-il au courant de contourner une charge?
 11. Qu'est-ce qui arrive à la capacité totale quand des condensateurs sont connectés en série?
 12. Qu'est-ce qui arrive à la capacité totale quand des condensateurs sont connectés en parallèle?
- (b) de deux isolateurs séparés par un conducteur,
 - (c) en aspergeant du carbone sur une forme tubulaire de céramique,
 - (d) de deux conducteurs séparés par un isolant.
2. Les types de condensateur sont identifiés par leur
 - (a) diélectrique,
 - (b) taux de tension,
 - (c) fonction dans un circuit,
 - (d) capacité.
 3. La capacité s'accroît quand
 - (a) les plaques sont rapprochées ensemble,
 - (b) les plaques sont séparées l'une de l'autre,
 - (c) la résistance augmente,
 - (d) le diélectrique est un conducteur.
 4. La capacité dans un circuit peut être augmentée en
 - (a) connectant deux condensateurs en série,
 - (b) connectant deux condensateurs en parallèle,
 - (c) connectant un condensateur en parallèle avec une résistance,
 - (d) court-circuitant le condensateur par-dehors.
 5. Un condensateur «polarisé» est
 - (a) un diélectrique,
 - (b) un isolateur,
 - (c) un électrolytique,
 - (d) un semiconducteur.
 6. Aussi longtemps qu'un condensateur dans un circuit C.C. demeure complètement chargé, il fonctionne comme
 - (a) un court-circuit,
 - (b) un filtre,
 - (c) un circuit en parallèle,
 - (d) un circuit ouvert.
 7. Dans un circuit en série, dès que le condensateur est chargé, le courant dans le circuit est contrôlé par
 - (a) la résistance de la charge,
 - (b) la valeur du condensateur,
 - (c) le temps de charge du condensateur,
 - (d) rien de ce qui est mentionné ci-dessus.
 8. Un condensateur chargera à
 - (a) la tension à travers la résistance de la charge,
 - (b) au niveau de tension de la source,
 - (c) sa plus grande valeur nominale,
 - (d) la moitié de sa valeur nominale.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les condensateurs sont construits
 - (a) de deux conducteurs séparés par une lamelle de carbone,

9. Un condensateur en parallèle avec une charge _____ tout changement dans la tension de la source subie par la charge.
- (a) bloquera,
 - (b) passera outre,
 - (c) filtrera par-dehors,
 - (d) ne fera rien de ce qui est mentionné.
10. La capacité est
- (a) la faculté d'emmagasiner de l'énergie électrique,
 - (b) la faculté d'emmagasiner de l'énergie magnétique,
 - (c) la faculté de rectifier du C.A.,
 - (d) la faculté de mesurer de la puissance utile.

INDUCTEURS, RELAIS ET TRANSFORMATEURS

Les inducteurs, les transformateurs et les relais fonctionnent tous à cause de l'électromagnétisme. Ensemble, ils forment l'un des groupes les plus utiles de composants électriques et électroniques.

18.1 EMPLOIS DES INDUCTEURS

On se sert d'un inducteur (Figure 18-1) pour repousser ou s'opposer aux fluctuations de courant. On peut s'en servir également pour augmenter le passage du courant à travers une charge. À cause des problèmes avec l'inductance parasite, la dimension, le poids et le coût, la tendance aujourd'hui est de développer des circuits qui requièrent peu d'inducteurs sinon aucun. Certains circuits toutefois requièrent des propriétés spéciales que seul un inducteur peut produire. Des inducteurs jouent donc encore un rôle, par exemple, dans des circuits d'accord de radio et de télévision. Les antennes de radio utilisent aussi des inducteurs. La

tige d'antenne de ferrite dans le projet de radio A.M. est un inducteur.

18.2 CONSTRUCTION

Les inducteurs, qu'on appelle aussi bobines et même parfois bobines d'arrêt, sont simples de construction. Ils consistent en une bobine de fil enroulé sur une certaine forme. En un sens, ils sont un genre de solénoïde.

Un champ magnétique se crée autour d'un inducteur lorsqu'il est connecté à une source de courant. La force de ce champ magnétique peut varier en changeant le nombre de tours dans la bobine, en espaçant les tours, ou selon le type de matériel utilisé pour la forme.

Si la forme de l'inducteur est un matériel non aimanté avec un centre creux, on a affaire à un inducteur à noyau d'air. Les formes faites d'autres matériels tels que le fer ou le cuivre affectent la force du champ magnétique. Quand il faut des propriétés magnétiques spécifiques pour un inducteur, ces matériels servent à former le noyau. La ferrite, un oxyde de fer finement poudré cuit dans la céramique, sert aux bobines d'antenne de radio, aux bobines d'arrêt de fréquence radio et pour d'autres dispositifs à haute fréquence. Pour un travail à basse fréquence, on se sert de noyaux de fer laminé.

INDUCTEURS VARIABLES

La manière la plus facile de varier un inducteur est d'employer un contact glissant, tel un curseur, pour faire le contact avec l'inducteur. Comme ce contact est mobile, il y a plus ou moins d'enroulements dans le circuit. Dans ce genre d'inducteur, les enroulements doivent être faits dans une simple couche. Aussi, la dimension physique de l'induc-

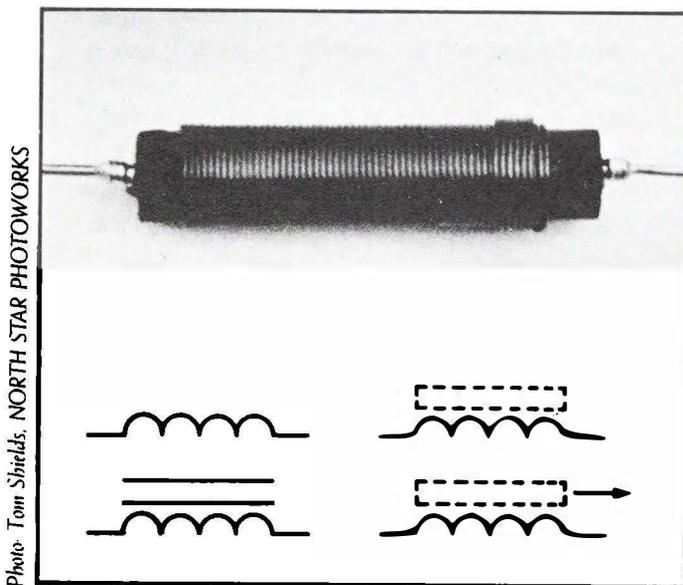


Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS

FIGURE 18-1 Un inducteur typique.

teur est-elle grande. De plus, il faut enlever de l'isolant à la bobine, ce qui la rend susceptible de corrosion et de courts-circuits.

Une meilleure façon de varier un inducteur est de rendre son noyau mobile. En déplaçant le noyau dans ou hors la forme de la bobine, il se crée plus ou moins d'inductance. On recourt à cette méthode pour la radio et autre équipement de communication. Cela permet d'enfermer complètement la bobine pour la protéger contre l'humidité et des matériaux étrangers. On peut aussi blinder la bobine, si nécessaire, contre les champs magnétiques parasites qui affecteraient l'opération du circuit. La Figure 18-2 illustre les deux types d'inducteurs variables.

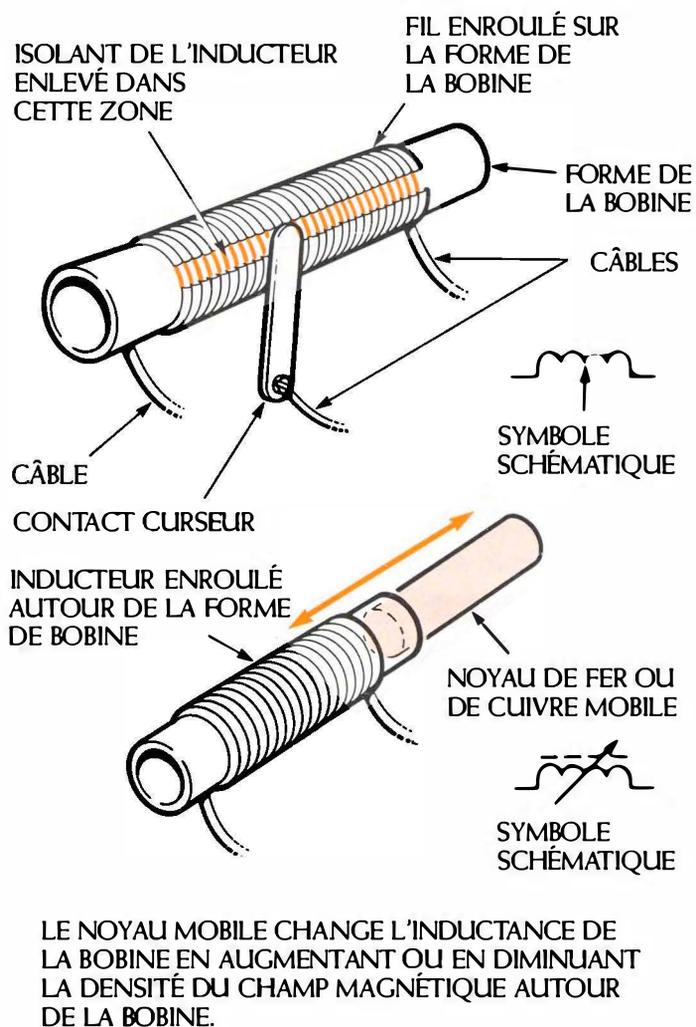


FIGURE 18-2 Construction d'un inducteur variable.

18.3 INDUCTEURS DANS DES CIRCUITS C.C.

La Figure 18-3 montre un inducteur dans un circuit C.C. en série. Lorsqu'on alimente le circuit, le courant commence à passer à travers l'inducteur. Ce courant cause la formation d'un champ magnétique autour de l'inducteur. Quand ce champ magnétique croît ou décroît, il coupe à travers les autres enroulements de la bobine, produisant ainsi un courant de retour. Ce courant de retour essaie de passer dans la direction opposée au courant original en s'y opposant. On appelle ce courant de

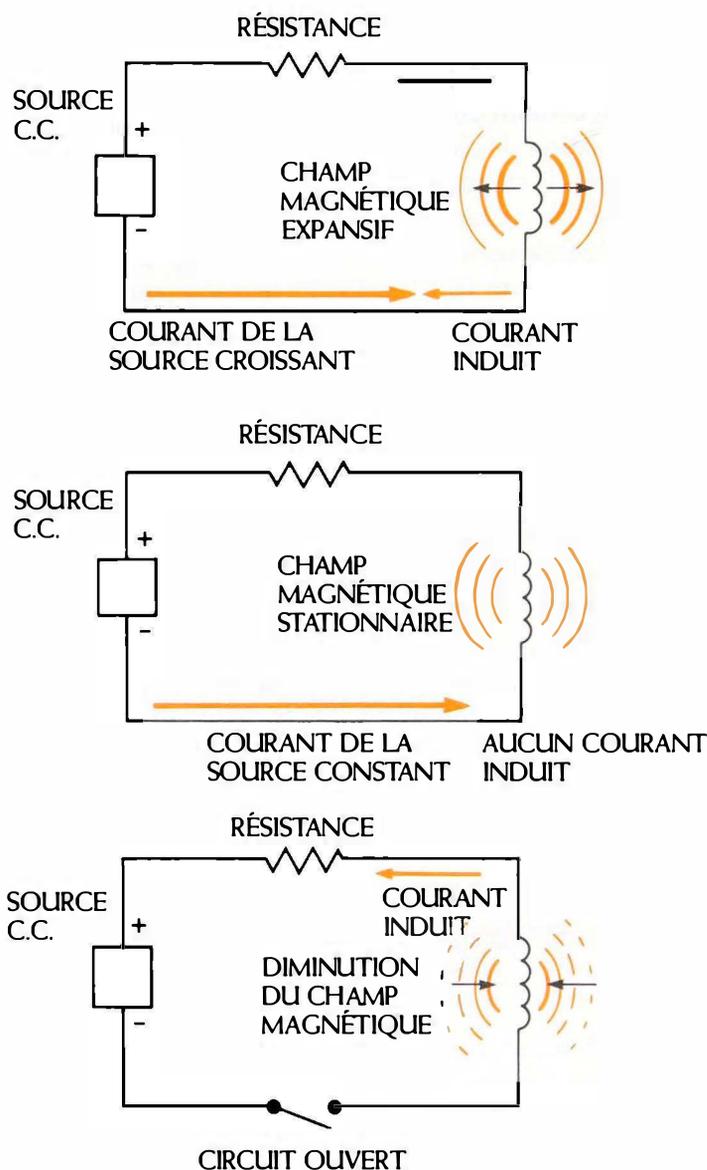


FIGURE 18-3 Un inducteur dans un circuit C.C. en série.

retour du **courant induit**. Le courant induit s'oppose toujours au courant qui l'induit.

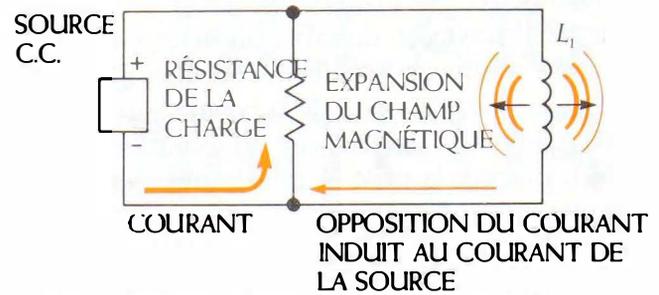
Quand du courant commence à passer dans un inducteur, le courant induit créé par l'expansion du champ magnétique s'oppose au courant original. Quand le courant qui passe à travers l'inducteur atteint un niveau régulier contrôlé par la résistance du circuit, le champ magnétique autour de l'inducteur devient stationnaire. Il ne s'étend pas ni ne diminue. Quand le champ magnétique est stationnaire, il n'y a plus de courant induit dans les tours de la bobine. Alors, il n'y a plus d'opposition au courant original. Seule la résistance du conducteur affecte maintenant le passage du courant. Comme cette résistance est habituellement faible, l'inducteur a peu ou n'a plus d'effet sur le courant C.C.

Si le courant de la source augmente, le champ magnétique autour de l'inducteur va augmenter. Il créera un courant induit s'opposant à l'augmentation du courant de la source. Si le courant de la source baisse, le champ magnétique commencera à diminuer. Il créera un courant induit s'opposant à la baisse du courant de la source.

Généralement parlant, dans un circuit en parallèle (Figure 18-4), un inducteur s'opposera d'abord à tout passage des électrons à travers lui. La charge alors recevra en premier lieu le plein courant de la source et le courant induit de l'inducteur. À mesure que le champ magnétique autour de l'inducteur commence à se stabiliser, il y a moins de courant à travers la charge et davantage à travers la bobine. Tout changement dans le courant de la source sera contrebalancé par l'inducteur. Le courant à travers la charge demeurera alors constant.

Le courant induit qui passe d'abord à travers la charge est un courant de pointe, semblable au courant de pointe causé par un condensateur non chargé. Les circuits sensibles doivent être protégés contre ces courants de pointe.

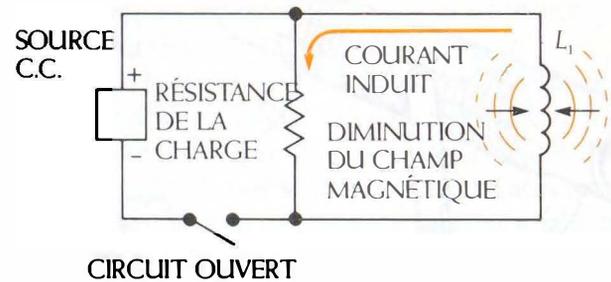
FIGURE 18-4 Un inducteur dans un circuit C.C. en parallèle.



LE COURANT DE LA SOURCE ET LE COURANT INDUIT PASSENT À TRAVERS LA CHARGE.



LE COURANT DE LA SOURCE SE DIVISE ENTRE LA RÉSISTANCE ET L'INDUCTEUR (L'INDUCTEUR A D'HABITUDE UN PLUS GROS COURANT QUE LA CHARGE).

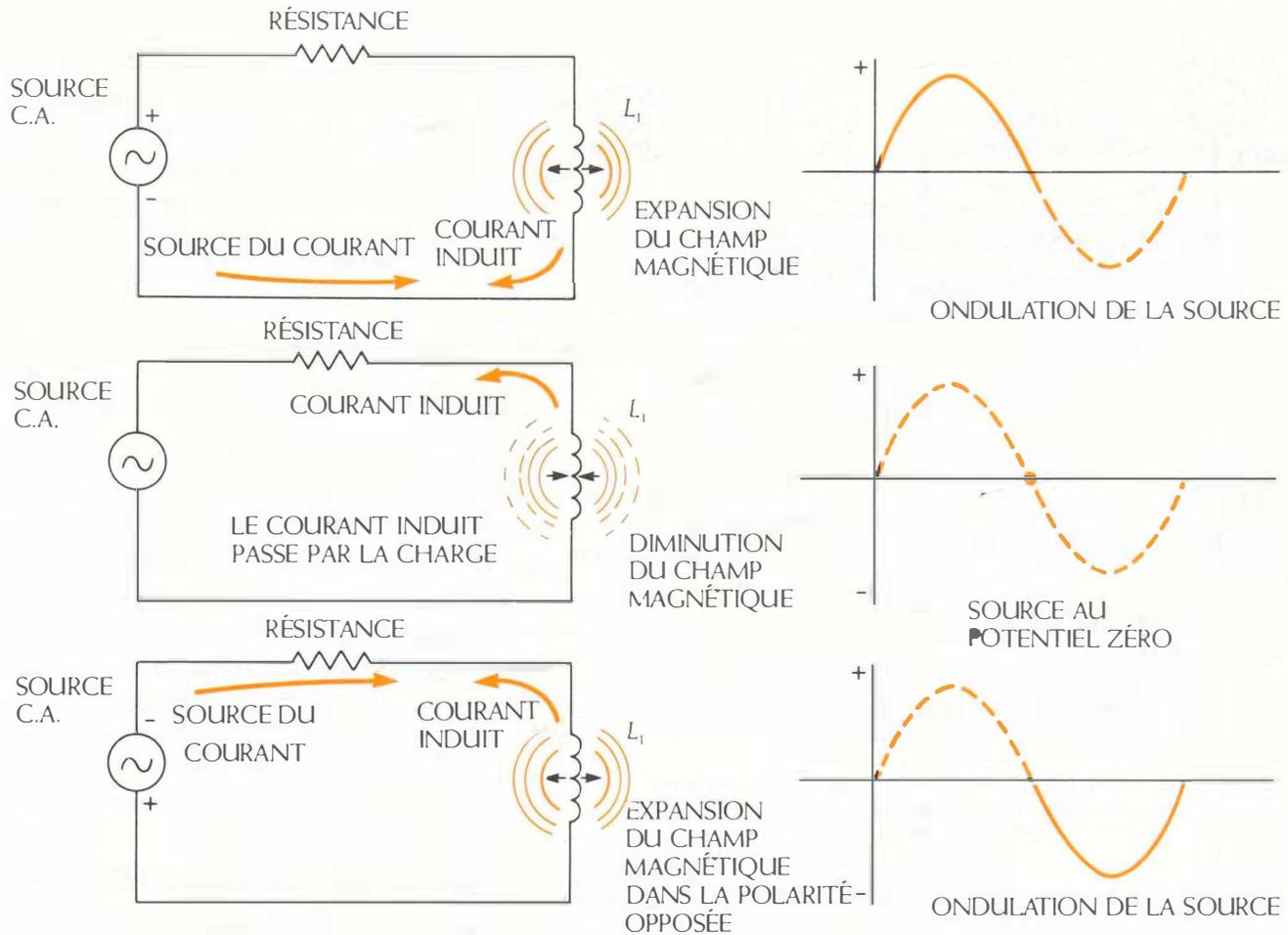


LE COURANT INDUIT PASSE À TRAVERS LA RÉSISTANCE DE LA CHARGE.

18.4 INDUCTEURS DANS DES CIRCUITS C.A.

Dans un circuit C.A. en série (Figure 18-5), un inducteur produira un courant de retour qui s'oppose au passage du courant initial exactement comme il le fait dans un circuit C.C. Comme la polarité de la source change, le champ magnétique va baisser. Le courant induit passera alors à travers la charge. Comme le champ magnétique prend de l'expansion dans la direction inverse, l'inducteur s'opposera encore au courant dans le circuit.

FIGURE 18-5 Un inducteur dans un circuit C.A. en série.



Lorsque la fréquence augmente, cette opposition qu'on appelle **réactance inductive** diminue. La somme totale de la réaction d'un circuit C.A. et la résistance du circuit est connue sous le nom d'**impédance** ou de résistance interne. L'inducteur n'a pas de réactance seulement lorsque le courant est constant. La réactance a l'effet d'un passage de courant d'«arrêt» dans un circuit C.A. en série. Pour cette raison, les inducteurs sont parfois appelés des bobines d'arrêt.

Dans un circuit C.A. en parallèle (Figure 18-6), un inducteur produira un courant de retour qui s'oppose à tout changement du courant à travers la charge, tout comme il le fait dans un circuit C.C. en parallèle. Toutefois, comme la fréquence augmente, la réactance de l'inducteur diminue. Le courant induit à chaque changement de polarité de la source augmente momentanément le passage du

courant à travers la charge. Plus il y a de courant à travers la charge moins il y en a à travers la bobine d'arrêt. On a là de l'action de **crête**. Le courant à travers la charge est maintenant plus grand que si l'inducteur n'était pas là. Vous pouvez constater ce phénomène en observant l'ondulation à travers la charge sur un oscilloscope.

18.5 INDUCTEURS EN SÉRIE

Si deux inducteurs sont connectés dans un circuit en série avec des pôles semblables qui se font face dans la même direction, l'inductance totale du circuit va s'accroître. Si des pôles magnétiques contraires font face dans la même direction, l'inductance totale du circuit va diminuer (Figure 18-7).

FIGURE 18-6 Un inducteur dans un circuit C.A. en parallèle.

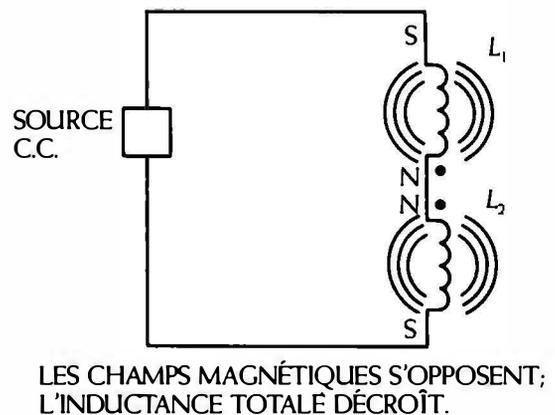
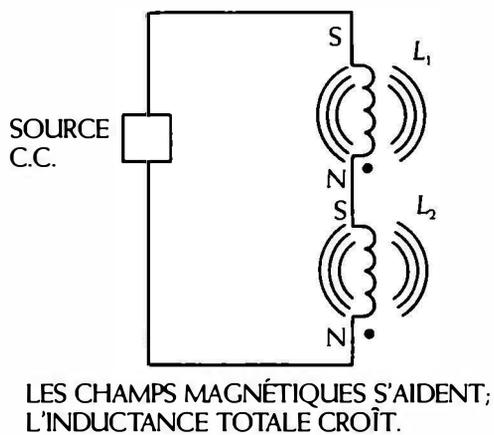
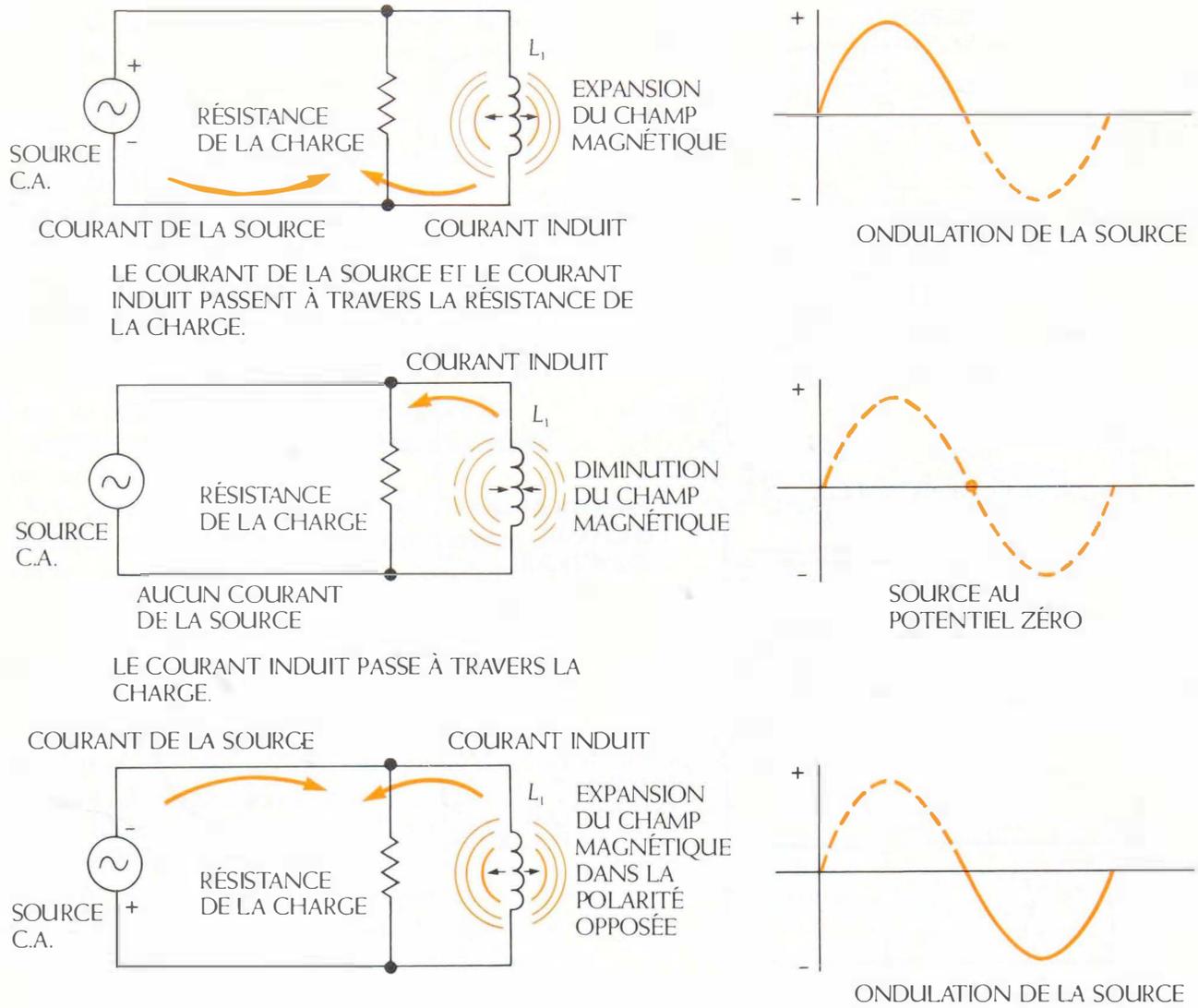


FIGURE 18-7 Inducteurs en série.

18.6 INDUCTEURS EN PARALLÈLE

Si deux inducteurs sont connectés dans un circuit en parallèle de sorte que leurs pôles magnétiques semblables font face dans la même direction, l'inductance totale du circuit va augmenter. Si des pôles magnétiques contraires font face dans la même direction, l'inductance totale va diminuer (Figure 18-8).

18.7 EMPLOIS DE RELAIS

Les relais (Figure 18-9) sont des dispositifs électromécaniques. On les construit autour d'un inducteur, lequel sert alors d'électro-aimant. On emploie des relais pour contrôler le passage du courant dans un circuit séparé. Ils isolent le circuit de contrôle du circuit contrôlé. Les relais servent de commutateurs de contrôle à distance pour ouvrir ou fermer des circuits. On les emploie dans l'équipement téléphonique, les circuits de contrôle de moteur, les mécanismes de sonnerie de porte et dans de nombreux appareils électroniques.

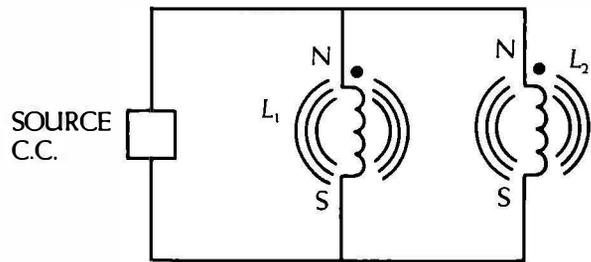
18.8 CONSTRUCTION

La Figure 18-10 illustre comment est construit un relais. Quand du courant passe à travers l'électro-aimant du relais, le contact mobile est attiré vers le noyau de fer. Cela l'amène à toucher le contact fixe. Le circuit contrôlé est alors ouvert ou fermé. Si les contacts sont fermés quand le relais n'est pas alimenté, on les appelle normalement des contacts fermés, mais s'ils sont ouverts quand le relais n'est pas alimenté, on les appelle alors des contacts ouverts. Le relais de la Figure 18-10 a à la fois des contacts normalement ouverts et fermés.

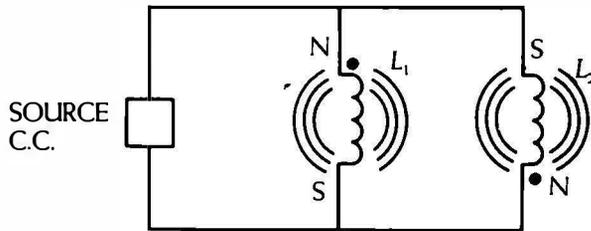
18.9 RELAIS DANS LES CIRCUITS

Quoique le relais n'est pas employé d'abord comme un inducteur, il agit comme un inducteur dans un circuit électronique. Si on se sert de semiconducteurs dans le circuit de contrôle, le

FIGURE 18-8 Inducteurs en parallèle.



DES PÔLES MAGNÉTIQUES SEMBLABLES FONT FACE DANS LA MÊME DIRECTION—L'INDUCTANCE CROÎT.



DES PÔLES MAGNÉTIQUES CONTRAIRES FONT FACE DANS LA MÊME DIRECTION—L'INDUCTANCE DÉCROÎT.

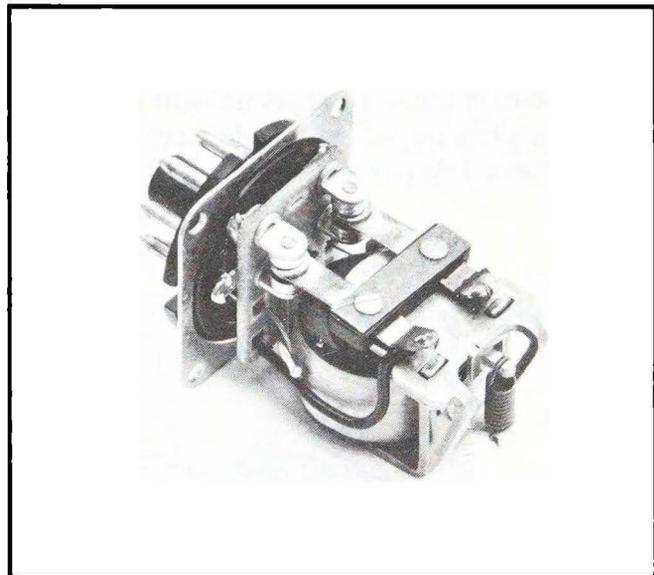
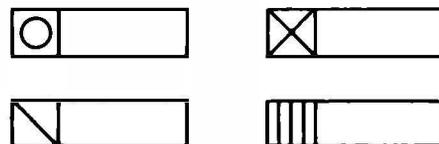


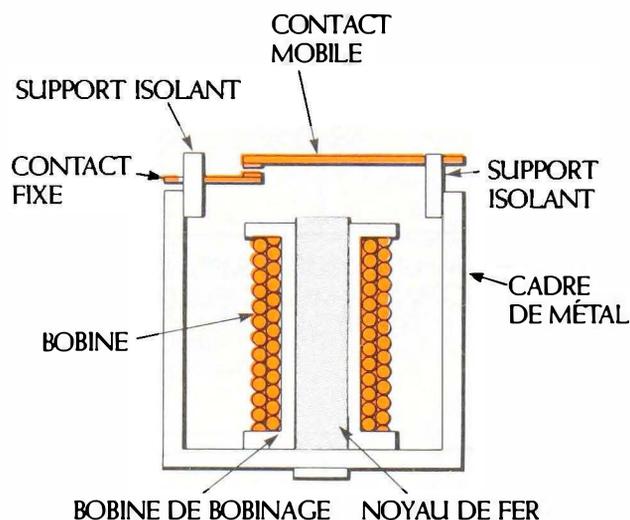
Photo: Tom Shields, NORTH STAR PHOTOWORKS.



SYMBOLES SCHÉMATIQUES TYPIQUES

FIGURE 18-9 Un relais.

FIGURE 18-10 Construction d'un relais.



courant induit et le courant de pointe produits par la bobine de relais devront être considérés dans la conception du circuit. Sans protection appropriée, les semiconducteurs seraient habituellement endommagés d'une façon permanente par les courants de pointe.

Les relais sont remplacés dans beaucoup de circuits par des semiconducteurs appelés **redresseurs commandés au silicium (R.C.S.)**. Les jeux de lumières et les stroboscopes utilisent tous deux ces dispositifs. Les R.C.S., toutefois, permettent au courant de passer seulement dans une direction.

Un autre dispositif semiconducteur appelé TRIAC est similaire au R.C.S. Un TRIAC permet au courant de passer à travers lui dans les deux directions. Considérant cependant ses caractéristiques commutatrices, il déforme l'ondulation du C.A. qui passe à travers lui. Quand la forme de l'ondulation est essentielle à l'opération du circuit contrôlé, on emploie plutôt des relais à la place des TRIAC.

18.10 EMPLOIS DES TRANSFORMATEURS

Un transformateur (Figure 18-11) sert à changer le courant alternatif ou la tension à différents niveaux. Si sa tension de sortie est plus élevée que sa tension d'entrée, on l'appelle un **transformateur élévateur** (survolteur), mais si sa tension de sortie est plus faible que sa tension d'entrée on l'appelle un **transformateur abaisseur** (dévolteur). Un troisième type, le **transformateur isolant**, est employé pour isoler un circuit d'un autre.

Les transformateurs servent à des milliers d'usages, depuis les petits transformateurs de l'équipement audiovisuel jusqu'aux immenses transformateurs des sous-stations hydro-électriques. Le métronome électronique ainsi que le système intercom dépendent tous deux des

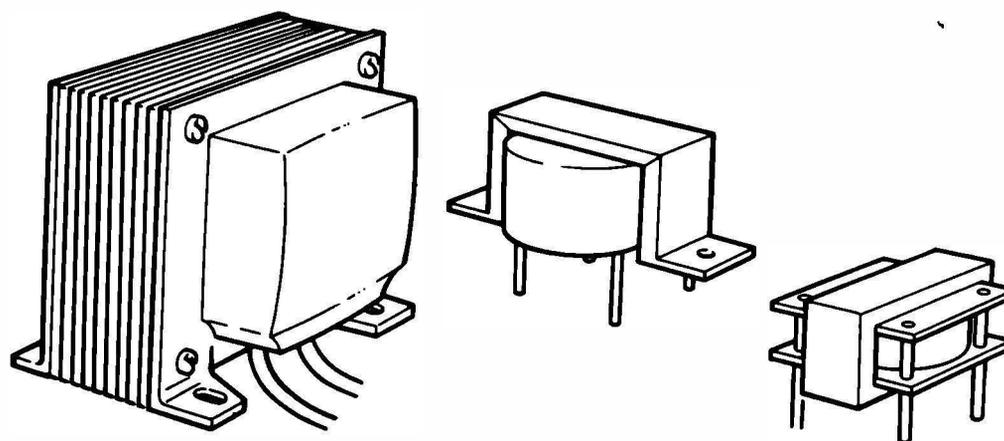


FIGURE 18-11 Transformateurs typiques.

transformateurs pour opérer. Les transformateurs toutefois ne fonctionnent pas sur du C.C.

18.11 CONSTRUCTION

Les transformateurs sont faits en enroulant deux inducteurs sur le même noyau (Figure 18-12). Parfois les enroulements sont des enroulements séparés. En d'autres circonstances on les enroule l'un par-dessus l'autre. Un transformateur spécial a ses deux enroulements bobinés côte à côte en même temps. On appelle cela un **enroulement anti-inductif**.

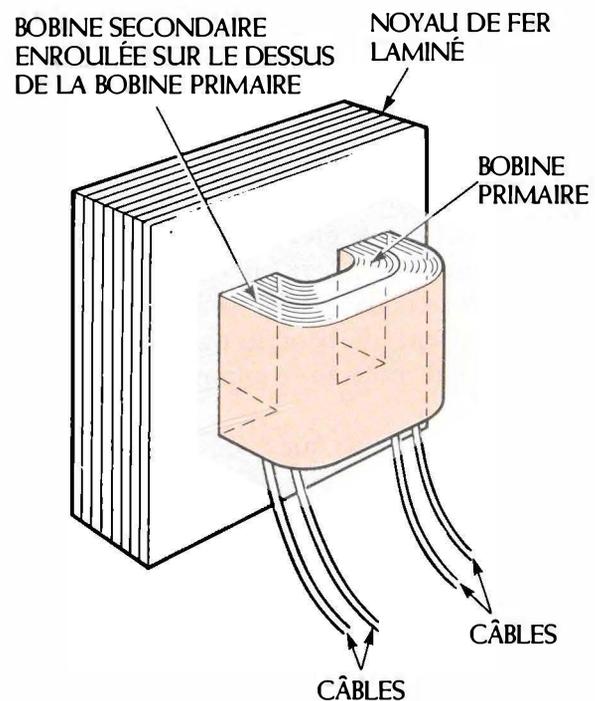
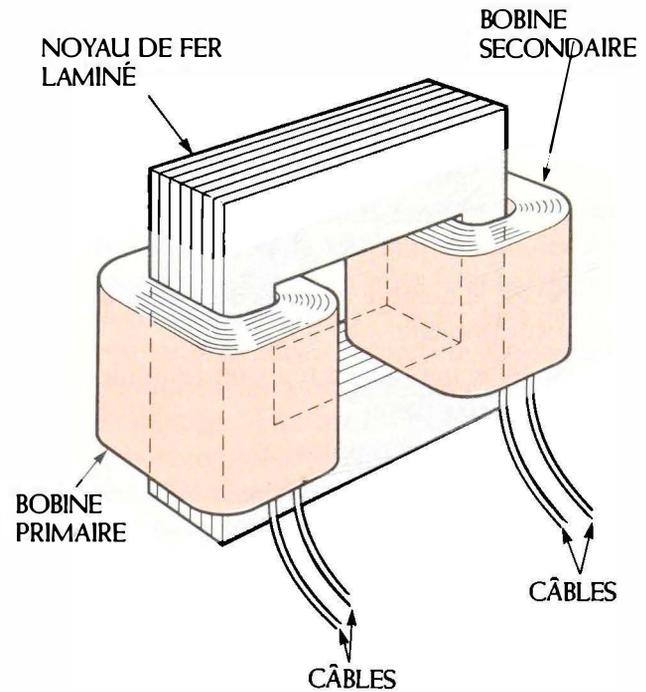
18.12 RÔLE D'UN TRANSFORMATEUR

Chaque enroulement de transformateur ajoute ses propriétés d'inductance au circuit dans lequel le transformateur est installé. Quand du courant alternatif passe à travers un des enroulements, un champ magnétique changeant continuellement se développe dans le noyau commun. Cela induit un courant alternatif à passer dans le second enroulement. On appelle cela de **l'inductance mutuelle**. L'inductance mutuelle travaille dans les deux sens. Soit que la bobine ait le courant qui induit (d'entrée ou primaire) ou le courant induit (de sortie ou secondaire).

RAPPORT DE TRANSFORMATION

S'il y a 400 tours sur la bobine primaire et 200 sur la bobine secondaire, le courant de sortie ou secondaire sera deux fois plus gros que le courant d'entrée ou primaire. La relation entre le courant primaire et le courant secondaire est toujours le rapport inverse du nombre de tours sur chaque bobine. On appelle **rapport de transformation** (du nombre de spires) le rapport du nombre de tours sur la bobine primaire au nombre de tours sur la bobine secondaire. S'il y a plus de tours sur la bobine primaire que sur la bobine secondaire, le courant secondaire sera plus gros

FIGURE 18-12 Construction d'un transformateur typique.



que le courant primaire. La tension secondaire toutefois sera plus faible à cause du plus petit nombre de tours.

La formule du rapport de transformation montre qu'il y a une relation directe entre le rapport de transformation et la tension secondaire.

Cette formule est la suivante:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

où N_p est le nombre de tours ou l'enroulement primaire,

N_s est le nombre de tours ou l'enroulement secondaire,

V_p est la tension primaire,

V_s est la tension secondaire,

I_p est le courant primaire,

I_s est le courant secondaire.

Il est important de se rappeler que si la tension s'accroît, le courant baisse, et vice versa. Cela signifie que l'énergie de sortie et l'énergie d'entrée demeurent la même, mises à part toutes les pertes dans le transformateur.

En pratique, en effet, il y a une petite perte d'énergie dans le transformateur. C'est le résultat de la résistance des enroulements et de la création du champ magnétique autour du noyau. Une certaine perte d'énergie est attribuable aux courants variables (courants circulaires) formés par l'induction dans le noyau. Ces pertes doivent être prises en considération quand on conçoit un transformateur. Les impédances dans les deux bobines primaire et secondaire doivent bien correspondre. Ces précautions permettent de prévoir la valeur du courant secondaire et de la tension. Les deux tensions, primaire et secondaire, sont habituellement indiquées sur la plaque du nom du transformateur en même temps que toute autre information importante.

Supposons par exemple que nous voulons trouver le rapport de transformation d'un transformateur quand la tension primaire est de 120 V C.A. et la tension secondaire de 12 V C.A.

Solution:

$$\begin{aligned} \frac{N_p}{N_s} &= \frac{V_p}{V_s} \\ &= \frac{120 \text{ V}}{12 \text{ V}} \\ &= \frac{10}{1} \end{aligned}$$

Le rapport de transformation est de 10:1.

Supposons que le rapport de transformation d'un transformateur est de 5:1 et le courant primaire est de 100 mA. Comment trouverons-nous le courant secondaire?

Solution:

$$\begin{aligned} \frac{N_p}{N_s} &= \frac{I_s}{I_p} \\ \frac{5}{1} &= \frac{I_s}{100 \text{ mA}} \\ I_s &= 5 \times 100 \text{ mA} \\ &= 500 \text{ mA} \end{aligned}$$

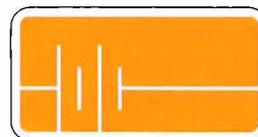
Le courant secondaire est de 500 mA.

Supposons que l'intensité nominale d'un transformateur est de 1:15. Quelle tension doit être appliquée à la bobine primaire pour obtenir une tension secondaire de 9 V?

Solution:

$$\begin{aligned} \frac{I_s}{I_p} &= \frac{V_p}{V_s} \\ \frac{1}{15} &= \frac{V_p}{9 \text{ V}} \\ V_p &= 9 \text{ V} \times 15 \\ &= 135 \text{ V} \end{aligned}$$

La tension primaire est de 135 V.



18.13 TÂCHES À FAIRE

1. Procurez-vous un petit transformateur dont la bobine secondaire produit un gros courant et une sortie de faible tension (comme 8 V, 5 A).

Bandez les câbles de la bobine primaire sur un côté du corps du transformateur, là où ils ne seront pas dans le chemin. Maintenant, procurez-vous une pile sèche de 6 V, un commutateur unipolaire et une lampe néon de type NE2 employée pour le projet de feu de repère. Connectez le circuit illustré à la Figure 18-13 en vous servant de la bobine inductrice secondaire du transformateur comme L_1 . Maintenant,

FIGURE 18-13 Circuit pour la Tâche 1.

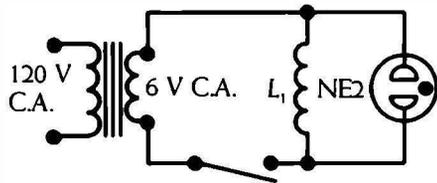
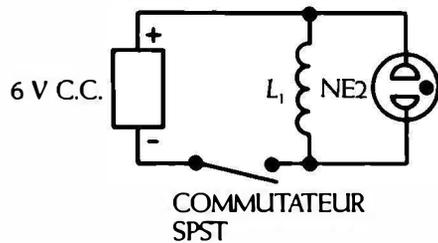


FIGURE 18-14 Circuit pour les Tâches 2 et 3.

laissez le commutateur fermé et observez la lampe. Qu'est-ce qui se produit? Ouvrez le commutateur. À présent, qu'est-ce qui arrive à la lampe? Expliquez les résultats que vous avez constatés.

Note Le commutateur doit être fermé pour de brèves périodes seulement. La lampe néon requiert plus que 68 V pour éclairer.

2. Remplacez la pile sèche par un transformateur abaisseur approuvé CSA de sortie C.A. de 6 V, et fermez brièvement le commutateur (Figure 18-14). Qu'est-ce qui se produit maintenant? Expliquez vos résultats.
3. Débranchez le second transformateur et connectez un multimètre C.A. en série avec la lampe néon. Rebranchez le transformateur, fermez le commutateur et enregistrez l'ampérage. Débranchez encore le second transformateur. Déconnectez et rebranchez le transformateur. Fermez brièvement le commutateur. Est-ce que la lampe éclaire? Mesurez l'ampérage en série avec la lampe et comparez-le avec

l'ampérage mesuré plus tôt. Lequel est le plus élevé? Expliquez vos résultats.

4. Demandez à votre professeur si vous pouvez examiner un relais. Remarquez le ou les contacts fixes ainsi que le ou les contacts mobiles. Ces contacts sont-ils normalement ouverts ou normalement fermés? Que feront-ils si l'électro-aimant est alimenté?
5. Fabriquez votre propre transformateur. Servez-vous d'un clou de 150 mm et enroulez 300 tours de fil à un bout pour faire la bobine primaire. À l'autre bout, enroulez 100 tours de fil pour faire la bobine secondaire. Connectez le transformateur à un générateur audio et à un oscilloscope. Trouvez le rapport de transformation et comparez-le avec celui des tours. Que révèle votre recherche? Quelle quantité de courant passe par la plus petite bobine secondaire? Quel est le rapport entre ce courant et celui de la plus grosse bobine primaire?

18.14 RÉSUMÉ

Des inducteurs sont employés pour refuser ou s'opposer à la fluctuation du courant. Dans les circuits C.A., ils peuvent servir aussi à augmenter le passage du courant à travers une charge.

On construit les inducteurs en enroulant un nombre de tours de fil sur une forme. Le nombre de tours, l'espace entre les tours et le type de matériel utilisé pour la forme influencent tous la force du champ magnétique de l'inducteur.

Dans les inducteurs variables, le nombre efficace d'enroulements peut être limité soit par un curseur de contrôle ou par une bobine mobile.

Les inducteurs réagissent aux changements de courant.

Lorsqu'ils sont connectés à une source d'énergie, les inducteurs créent un champ magnétique autour de leur bobine. Comme le champ magnétique s'accroît ou décroît, il coupe à travers les autres enroulements de la bobine, produisant ainsi un courant induit. Un courant induit s'oppose toujours au courant qui l'induit.

Les inducteurs ont peu ou aucun effet sur un courant continu permanent.

Dans un circuit C.C., un inducteur connecté en parallèle avec une charge s'opposera à tout changement dans le courant de la source et gardera le courant constant dans la charge. Lorsqu'un tel circuit est alimenté, la charge subira un courant de pointe (de choc).

La réactance inductive s'accroît avec la fréquence. Dans un circuit C.A. en série, la réactance inductive bloque le passage du courant. Dans un circuit C.A. en parallèle, le courant induit augmente le courant à travers la charge. On appelle cela du courant de «crête».

L'inductance totale augmente quand deux inducteurs sont connectés dans un circuit avec des pôles magnétiques semblables qui font face dans la même direction. L'inductance totale diminue quand deux inducteurs sont connectés dans un circuit avec des pôles contraires qui font face dans la même direction.

Les relais sont des électro-aimants pour contrôler le passage du courant dans un circuit séparé.

Les contacts mobiles d'un relais sont attirés vers le noyau de l'électro-aimant quand du courant passe à travers la bobine. Cela lui permet de toucher le contact fixe, complétant ainsi le circuit.

Les contacts d'un relais sont soit normalement ouverts ou normalement fermés.

La bobine d'un relais agit comme un inducteur dans un circuit électronique.

On remplace de plus en plus les relais par des TRIAC et des R.C.S.

Le rapport de transformation (du nombre de spires) d'un transformateur est le rapport du nombre de tours sur la bobine primaire au nombre de tours sur la bobine secondaire.

Le rapport de transformation peut être employé pour déterminer la tension ou le courant dans l'une ou l'autre des bobines primaire et secondaire d'un transformateur.

18.15 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Quels sont les deux usages des inducteurs dans un circuit électronique?
2. Comment sont construits les inducteurs?
3. Quelles sont les trois manières de changer la force du champ magnétique d'un inducteur?
4. Quelles sont les deux façons de varier un inducteur?
5. Quel effet un inducteur produit-il sur du courant continu?
6. Qu'est-ce qu'un courant induit?
7. Que signifie-t-on par «réactance inductive»?
8. Que signifie-t-on par «bobine d'arrêt»?
9. Que signifie-t-on par «courant de crête»?
10. Comment peut-on augmenter l'inductance totale d'un circuit?
11. Comment peut-on diminuer l'inductance totale d'un circuit?
12. Nommez deux composants électroniques qui sont construits avec des inducteurs.
13. Expliquez l'opération d'un relais.
14. Quels sont les deux dispositifs semiconducteurs employés pour remplacer les relais?
15. Quand n'emploie-t-on pas ces semiconducteurs?
16. Définissez les termes d'«enroulement primaire» et d'«enroulement secondaire».
17. Qu'est-ce qu'un «rapport de transformation»?
18. Comment ce rapport de transformation se relie-t-il à la sortie de courant et de tension d'un transformateur?
19. Quel est le rapport de transformation d'un transformateur si la tension primaire est de 120 V et la tension secondaire de 18 V?
20. Si le transformateur ci-dessus a un courant secondaire de 2 A, quel est son courant primaire?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. Les inducteurs
 - (a) emmagasinent de l'énergie dans un matériel diélectrique,
 - (b) créent un champ magnétique,
 - (c) créent de l'électricité statique,
 - (d) emmagasinent de l'énergie comme une batterie.
2. L'inductance est affectée par
 - (a) le nombre de tours dans la bobine,
 - (b) le type de matériel du noyau,
 - (c) l'espacement des tours sur la bobine,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.
3. Les inducteurs
 - (a) s'opposent à tout changement de courant dans un circuit,
 - (b) ajoutent de la résistance au circuit,
 - (c) augmentent la capacité d'un circuit,
 - (d) s'opposent à tout changement de tension dans un circuit.
4. La réactance inductive augmente si
 - (a) le courant augmente dans le circuit,
 - (b) la tension diminue dans le circuit,
 - (c) le courant baisse dans le circuit,
 - (d) la fréquence augmente.
5. Les relais sont employés pour
 - (a) permettre à un gros courant d'en contrôler un plus gros,
 - (b) laisser passer du courant,
 - (c) contrôler le passage du courant dans un circuit séparé,
 - (d) permettre à un gros circuit d'en contrôler un plus petit.
6. Les relais sont
 - (a) des semiconducteurs,
 - (b) des composantes passives,
 - (c) du matériel physique,
 - (d) des dispositifs électromécaniques.
7. On remplace les relais dans les circuits semi-conducteurs par
 - (a) des transistors,
 - (b) des R.C.S.,
 - (c) des diodes,
 - (d) rien de nommé ci-dessus.
8. Les transformateurs servent à
 - (a) rectifier du C.A.,
 - (b) amplifier du C.A.,
 - (c) changer le niveau du C.A.,
 - (d) changer le niveau du C.C.
9. Un transformateur employé pour isoler un circuit d'un autre s'appelle
 - (a) un transformateur élévateur,
 - (b) un transformateur abaisseur,
 - (c) une bobine d'arrêt,
 - (d) un transformateur isolant.
10. Si le rapport du courant d'un transformateur est de 1:2, quelle doit être la tension appliquée à l'enroulement primaire pour obtenir une sortie de 10 V?
 - (a) 2,5 V
 - (b) 5 V
 - (c) 25 V
 - (d) 20 V

CHAPITRE 19

SEMICONDUCTEURS

19.1 EMPLOIS DES SEMICONDUCTEURS

Beaucoup de travail accompli autrefois par des tubes à vide et des appareils électromécaniques est maintenant le rôle des semiconducteurs. Les composants à semiconducteurs en effet sont plus petites, plus légères et moins coûteuses que beaucoup de vieux appareils. Leur présence a permis à l'industrie électronique de miniaturiser la plupart des produits électroniques. Elles sont capables aussi de réduire énormément l'espace nécessaire pour les systèmes sophistiqués d'ordinateur et des contrôles électroniques. Les appareils portatifs de radio et de TV, les montres électroniques et les calculatrices, ainsi que les instruments et les contrôles de voyage spatial, ne sont que quelques-uns des appareils qui doivent leur existence aux semiconducteurs.

Les semiconducteurs qu'on appelle diodes permettent au courant de passer seulement dans une direction. On peut les employer pour changer du C.A. en C.C. ou pour «commander» à une autre composante de répondre à la polarité d'un seul signal. On se sert des transistors pour générer ou amplifier des signaux. Des composantes semiconductrices comme les R.C.S., les TRIAC et les QUADRAC fonctionnent comme des relais. Des circuits intégrés sont faits de matériel semiconducteur. Votre propre projet emploie une ou plusieurs de ces composantes semiconductrices. Vérifiez la liste des pièces de votre projet et son diagramme schématique. Trouvez quels sont les semiconducteurs que vous utilisez et leur position dans le montage.

19.2 CONSTRUCTION DE BASE

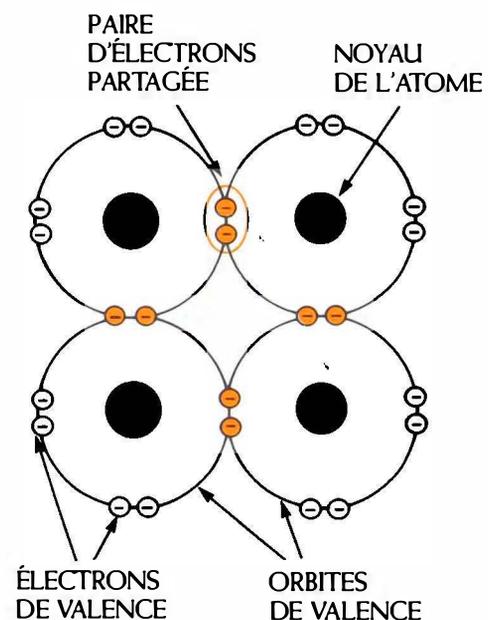
Au Chapitre 12, vous avez appris que tout matériel est composé d'éléments. Certains de ces éléments sont des conducteurs. D'autres sont des isolateurs ou des non-conducteurs. Il y a aussi

quelques éléments qui ne sont ni de bons conducteurs ni de bons isolants. On appelle ces éléments des semiconducteurs. Les éléments semiconducteurs sont le carbone, le germanium et le silicium.

ATOMES SEMICONDUCTEURS

Les atomes de carbone, de germanium et de silicium ont quatre électrons de valence. Dans leur état pur, ces atomes forment des cristaux et partagent leurs électrons de valence avec quatre autres atomes. On nomme ce partage d'électrons une liaison de covalence ou homopolaire (Figure 19-1). Il en résulte effectivement que chaque atome possède huit électrons dans son orbite de valence. La plupart des atomes qui ont huit électrons de valence

FIGURE 19-1 Liaison de covalence dans un semiconducteur.



sont de très pauvres conducteurs. Néanmoins, dans leur forme pure et cristalline, les semiconducteurs sont très stables et ne conduiront pas très bien l'électricité.

DOPAGE

Si une petite quantité de tout autre élément se mêle à un élément semiconducteur, le cristal qui se forme aura certaines liaisons imparfaites de covalence. On appelle dopage cette addition de petites quantités d'impuretés. Le dopage contrôle les caractéristiques du cristal (Figure 19-2).

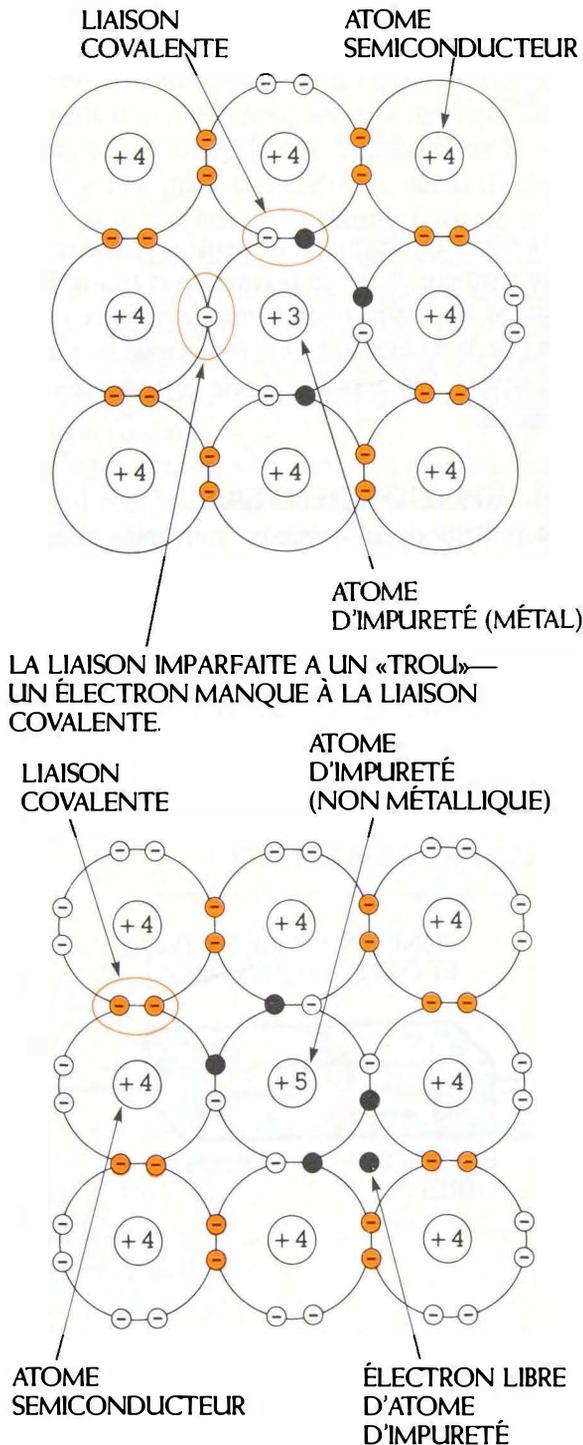


FIGURE 19-2 Dopage d'un cristal semiconducteur.

Si une impureté telle que de l'antimoine ou du phosphore est employée, chaque atome d'impureté aura plus de quatre électrons de valence. Ces électrons supplémentaires de valence ne servent pas quand le cristal forme des liaisons de covalence. Dans le cristal de dopage, il y aura alors des électrons de trop qui ne feront pas vraiment partie de la structure du cristal. On appelle ces électrons des **électrons libres**. Ils sont relativement libres en effet de se mouvoir dans le cristal un peu à l'aveuglette. Un cristal semiconducteur avec des électrons libres est un donneur, ou un cristal de **type-N** (pour «type négatif»).

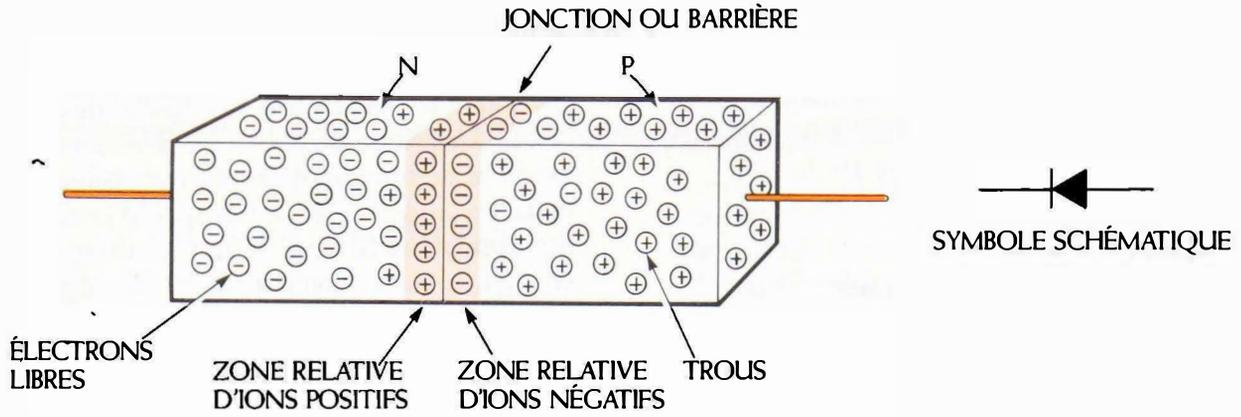
Si un élément d'impureté avec trois électrons de valence seulement est employé au dopage d'un cristal semiconducteur, quelques-unes des liaisons de covalence seront incomplètes. L'aluminium et le bore sont des exemples de tels éléments. Les liaisons incomplètes sont appelées des **trous**. Ces trous peuvent accepter des électrons. Un cristal de dopage avec une impureté de métal est un **accepteur** ou un cristal de **type-P** (pour «type positif»).

19.3 DIODE DE JONCTION

Le terme diode signifie «deux éléments». Dans la construction d'une diode de jonction, on joint un cristal de type-N à un cristal de type-P. À cette jonction, des électrons libres du cristal de type-N sont attirés dans les trous du cristal de type-P. Durant la formation de la jonction, quelques-uns des électrons libres du côté de la jonction de type-N sont attirés dans les trous du côté de la jonction de type-P. Seuls les électrons de la jonction se déplacent, et seuls les trous à la jonction sont remplis (Figure 19-3).

Passé la jonction sur le côté de type-N, les atomes d'impureté deviennent des ions positifs. Passé la jonction sur le côté de type-P, les atomes deviennent des ions négatifs. À cause de la tension créée par cette séparation de charge, les autres atomes éloignés de la jonction ne s'ionisent pas. La différence de potentiel (tension) à travers cette barrière s'appelle le **potentiel de barrière**.

FIGURE 19-3 Potentiel de jonction dans une diode de jonction.



Le potentiel de barrière pour les cristaux de silicium est d'environ 0,6 V. Pour les cristaux de germanium, le potentiel de barrière est d'environ 0,2 V.

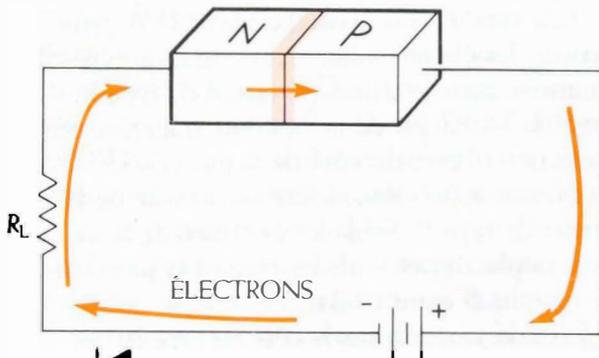
POLARISATION DIRECTE

Lorsqu'une diode est connectée dans un circuit comme on le voit à la Figure 19-4, des électrons de la source entrent dans le cristal de type-N et forcent quelques-uns des électrons libres à franchir la barrière du cristal de type-P. Le même nombre d'électrons doivent laisser alors le cristal de type-P et retourner à la source. En tout temps les cristaux

demeurent électriquement neutres. Connectée de cette manière, la diode permet au courant de passer dans le circuit, pourvu que le potentiel (tension) de la source soit plus grand que le potentiel de barrière. On appelle cela de la **polarisation directe**.

POLARISATION RENVERSÉE

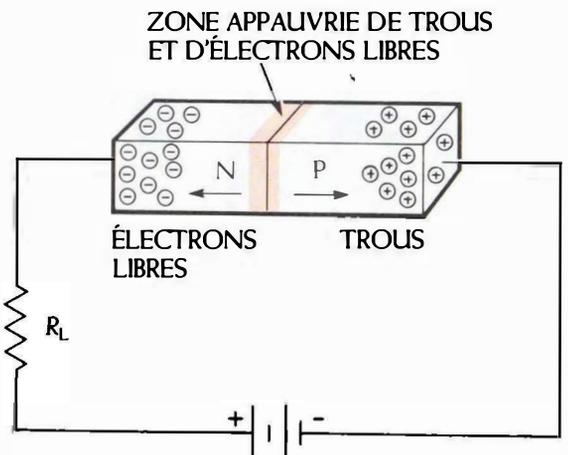
Si la polarité de la source est renversée, comme on le voit à la Figure 19-5, les électrons libres du cristal type-N sont attirés vers le pôle positif de la source. Toutefois, ils ne peuvent laisser le cristal. Les trous sont attirés à la borne négative de la source, mais ils ne peuvent pas non plus laisser le cristal. La zone près de la jonction n'a plus de trous ni d'électrons libres. Une telle zone s'appelle



LES ÉLECTRONS SE DÉPLACENT DANS LE CRISTAL DE TYPE-N. ILS REPOUSSENT LES ÉLECTRONS LIBRES À TRAVERS LA BARRIÈRE DANS LES TROUS DU CRISTAL DE TYPE-P. POUR DEMEURER ÉLECTRIQUEMENT NEUTRE, LE CRISTAL DE TYPE-P RENONCE À DES ÉLECTRONS QUI RETOURNENT À LA SOURCE D'ÉNERGIE EXTÉRIEURE.

LE SYMBOLE SCHÉMATIQUE DE LA DIODE EST DESSINÉ POUR INDICER LA DIRECTION DU PASSAGE DU COURANT QUAND LA DIODE EST POLARISÉE DIRECTE.

FIGURE 19-4 Polarisation directe d'une diode.



LES ÉLECTRONS LIBRES ET LES TROUS SONT ATTIRÉS LOIN DE LA JONCTION, MAIS NE PEUVENT LAISSER LEURS CRISTAUX RESPECTIFS.

FIGURE 19-5 Polarisation renversée d'une diode.

une **zone d'appauvrissement**. La zone d'appauvrissement se comporte comme un matériel pur semiconducteur. Elle a une très grande résistance, comme un non-conducteur. À cause de sa grande résistance, la diode bloque le passage du courant. Comme aucun courant ne passe dans le circuit, la diode est dite de **polarisation renversée**.

REDRESSEMENT

Le redressement est la conversion d'un courant alternatif en courant continu. La Figure 19-6 illustre comment une diode peut servir à redresser du C.A. Durant le demi-cycle que la polarité de la source cause une polarisation directe sur la diode, le courant passera à travers la charge. Lorsque la polarité de la source change, la diode sera polarisée renversée et le passage du courant cessera. Comme résultat, la charge reçoit des impulsions du courant qui passe toujours dans la même direction. Une diode change alors un courant alternatif en courant «pulsé» continu.

L'addition d'un condensateur en parallèle avec la charge filtrera les variations dans le courant continu d'impulsion et produira son propre courant continu. Un tel circuit s'appelle un circuit redresseur de demi-ondulation puisqu'il se sert seulement de la moitié de l'ondulation d'entrée.

TEST DE DIODES AVEC UN OHMMÈTRE

Le recours à un ohmmètre est une bonne manière de tester une diode. Une bonne diode doit afficher une résistance élevée quand elle est polarisée renversée, et une faible résistance quand elle est polarisée directe. Le rapport de la résistance renversée à la résistance directe doit être plus grand que 100:1. En employant la portée $R \times 10$ de l'ohmmètre, connectez les câbles de test aux deux câbles de la diode et enregistrez la résistance. Maintenant, renversez les câbles (Figure 19-7). La résistance devrait être différente. Si la première lecture était basse, la seconde devrait être 100 fois plus grande. Si la première lecture était élevée, la seconde devrait être 100 fois plus petite.

Si les deux lectures sur l'ohmmètre sont à peu près les mêmes, mais non à zéro, la diode n'est pas étanche et elle ne semble pas fonctionner convenablement dans un circuit. Si les deux lectures sont à zéro, la diode est court-circuitée et devrait être jetée. Seules des diodes qui ont un rapport de grande résistance renversée-à-directe doivent être considérées comme normales.

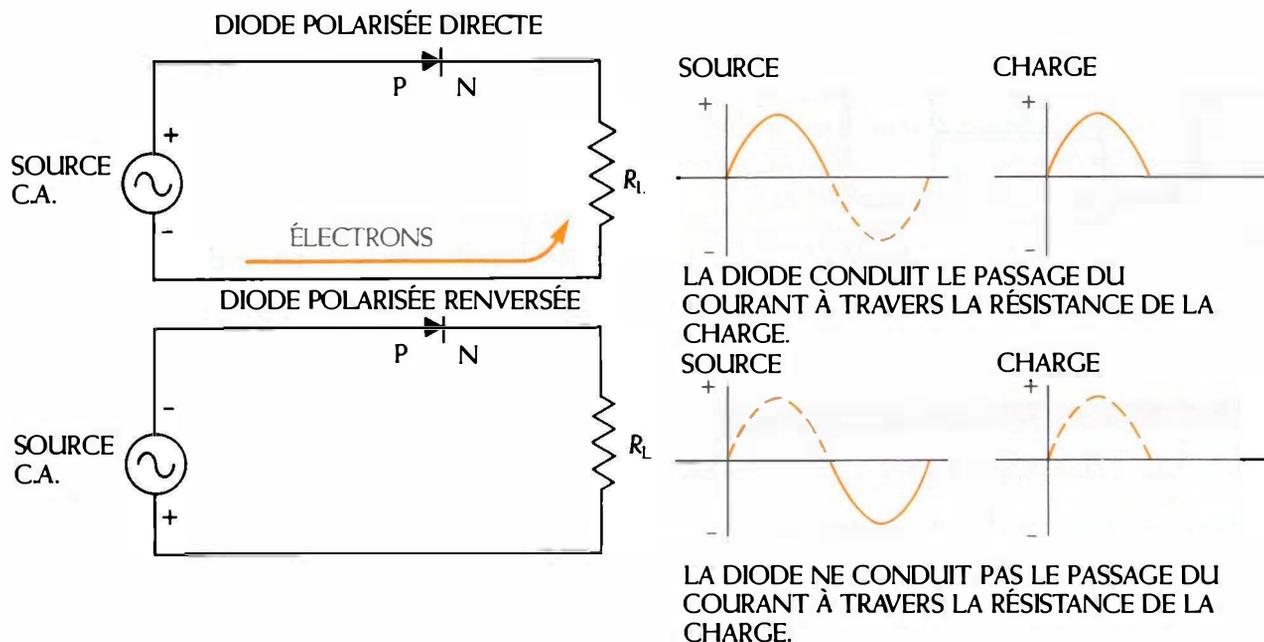
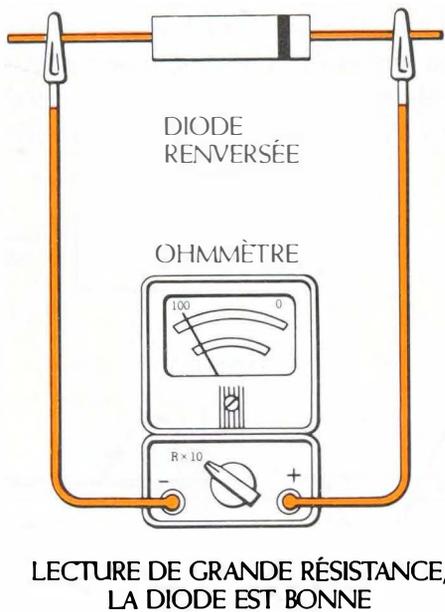
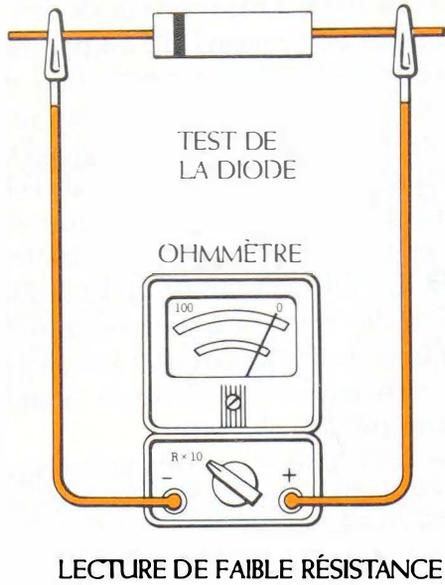


FIGURE 19-6 Redressement C.A. avec une diode semiconductrice.

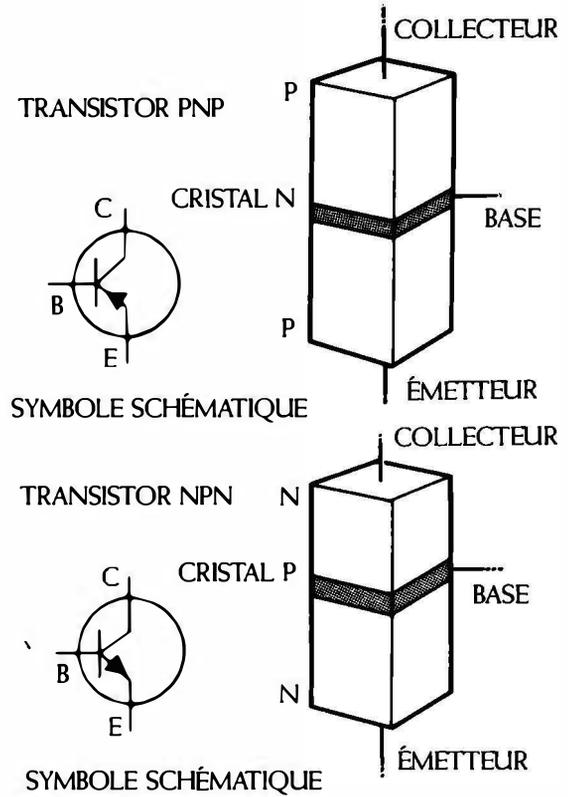
FIGURE 19-7 Test de diodes avec un ohmmètre.



19.4 LE TRANSISTOR

Les transistors ont trois couches de matériel semi-conducteur au lieu de deux (Figure 19-8). Il y a deux possibilités de faire les couches. La première produit un transistor PNP et la seconde un tran-

FIGURE 19-8 Construction d'un transistor.



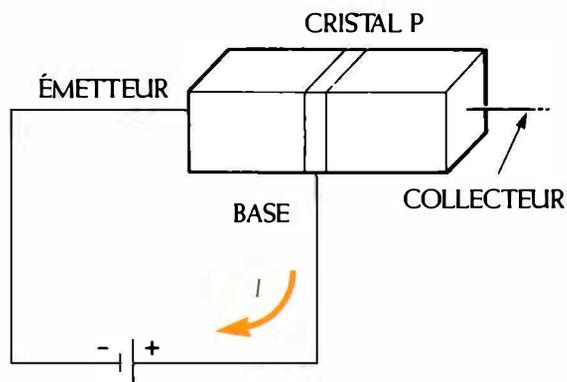
sistor NPN. Le transistor PNP a été le plus communément employé, mais aujourd'hui le type NPN est le plus commun. Les PNP sont utilisés seulement dans quelques circuits spéciaux, ou comme transistors «complémentaires». Comme les transistors PNP et NPN sont électriquement similaires sauf quant à la direction du courant qui passe à travers eux, nous ne traiterons ici que du transistor de type NPN.

RÉGION DE BASE DU TRANSISTOR

La couche du milieu d'un transistor est beaucoup plus mince que les deux autres couches. On appelle cette couche la **zone de base**. Elle sert à contrôler le passage du courant à travers le transistor. La Figure 19-9 montre un transistor NPN avec sa base seulement et l'émetteur connectés à un circuit. L'**émetteur** est le nom d'une des couches extérieures du transistor.

La jonction de la base et de l'émetteur d'un transistor est une diode. Connectée comme on le voit à la Figure 19-9, la jonction est polarisée directe. Un petit courant passera de l'émetteur à la base. Le courant qui provient de l'extérieur de la base s'appelle le **courant de base**. Ce courant

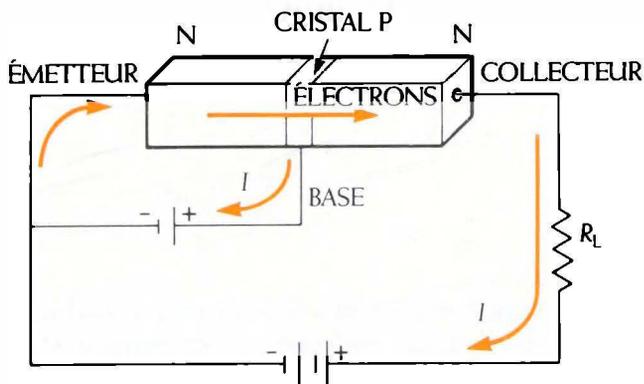
FIGURE 19-9 Jonction de la base d'un transistor NPN connectée en polarisation directe.



est produit en utilisant une source extérieure qui est polarisée afin de rendre polarisée directe la jonction de la base-émetteur. La source doit fournir une tension plus grande que la tension de barrière de la jonction de base-émetteur. Si cette jonction est polarisée renversée, aucun courant ne peut passer à travers le transistor. En contrôlant le courant de base, on peut contrôler le courant qui passe de l'émetteur au collecteur.

LE TRANSISTOR COMPLET

À la Figure 19-10, le transistor complet est connecté à un circuit. Vous pouvez voir que les deux sources sont requises. La source du



LA JONCTION BASE-ÉMETTEUR POLARISÉE RENVERSEE PERMET AU COURANT DE PASSER DANS LA ZONE DE LA BASE. LE POTENTIEL PLUS ÉLEVÉ DE LA SOURCE COLLECTRICE ATTIRE LES ÉLECTRONS DANS LE COLLECTEUR, MÊME SI LA JONCTION COLLECTRICE DE LA BASE EST POLARISÉE RENVERSEE ET A UNE GRANDE RÉSISTANCE.

FIGURE 19-10 Le transistor NPN dans un circuit complet.

collecteur-émetteur a un potentiel plus grand que celui de la base-émetteur. Le **collecteur** est l'autre couche extérieure du transistor. Il ramasse les électrons de l'émetteur qui ne peuvent sortir de la base.

Le collecteur, même si c'est un cristal de type-N, est connecté à la borne positive de la source. Cela signifie que la diode de jonction de la base-collecteur est polarisée renversée et qu'elle a une grande résistance.

Quand la base est polarisée directe, du courant peut passer de l'émetteur à la zone de la base. Toutefois, la base est très mince. L'attraction positive de la source du collecteur est beaucoup plus grande que celle de la source de la base. La plupart des électrons qui franchissent la barrière de la base-émetteur sont alors injectés dans le collecteur à cause de la plus grande attraction. Aussi, le courant du collecteur est-il plus gros que le courant de la base. On appelle «gain» du transistor cet augmentation dans le courant. Le **gain** est le rapport du courant de base (lequel contrôle le passage du courant) au courant du collecteur. C'est pour cette raison que le petit courant de base peut contrôler un plus gros courant du collecteur.

APPLICATIONS DU TRANSISTOR

Comme vous l'avez vu, le petit courant de base dans un transistor contrôle le plus gros courant du collecteur. Dans les circuits C.C., cette caractéristique permet au transistor d'être employé comme un régulateur de courant pour maintenir constant le courant de la source pour d'autres circuits. Un transistor peut servir aussi de commutateur électronique. Dans des circuits d'impulsion comme ceux des ordinateurs, le transistor s'ouvrira lorsqu'une impulsion sera appliquée au circuit de la base. Il se fermera quand l'impulsion cessera.

Les transistors sont plus communément employés pour amplifier des signaux. L'amplification est l'augmentation de la tension, du courant, de la fréquence ou de la résistance. L'amplification change la dimension (amplitude) de l'ondulation d'un signal. Si on applique un faible signal C.A. à la base d'un transistor, le courant du collecteur va changer à la même fréquence que le signal de la base. Mais le courant du collecteur est plus gros

que celui de la base. C'est pourquoi l'ondulation du signal à travers la résistance de la charge sera plus grande que l'ondulation du signal de la base. Quand un transistor est employé de cette façon, on l'appelle un amplificateur de tension. Des transistors peuvent ainsi fournir un gain de courant et un gain de résistance d'une manière semblable.

Les transistors peuvent être faits aussi pour ouvrir ou fermer automatiquement. Dans ce type de circuit, on les appelle des **oscillateurs**. Ceux-ci créent des signaux C.A. Pour qu'un transistor serve de commutateur automatique, une partie du signal de sortie est retournée à l'entrée pour changer la polarisation de la base. On appelle ça de la **rétroaction**. Un circuit d'oscillateur est un amplificateur avec de la rétroaction. Un circuit amplificateur mal conçu causera de la rétroaction, même si on ne le veut pas! Si un microphone est trop près de quelqu'un qui parle, vous entendrez le son de la rétroaction audio.

Des transistors spéciaux tels que les transistors à effet de champ (T.E.C.) et les transistors uni-jonction (T.U.J.) sont conçus pour remplir encore d'autres fonctions. Ces transistors font l'objet d'études plus avancées.

IDENTIFICATION DE CÂBLE DE TRANSISTOR

La Figure 19-11 illustre quelques-unes des configurations de câble les plus communes. Les lettres «E», «B» et «C» sont employées respectivement comme abréviations pour émetteur, base et collecteur. On trouvera à l'Appendice F une liste plus détaillée des configurations et des broches (agrafes) de transistor.

TEST DE TRANSISTORS AVEC UN OHMMÈTRE

Les transistors peuvent être testés avec un ohmmètre réglé sur une portée de Rx100 ou de Rx1K.

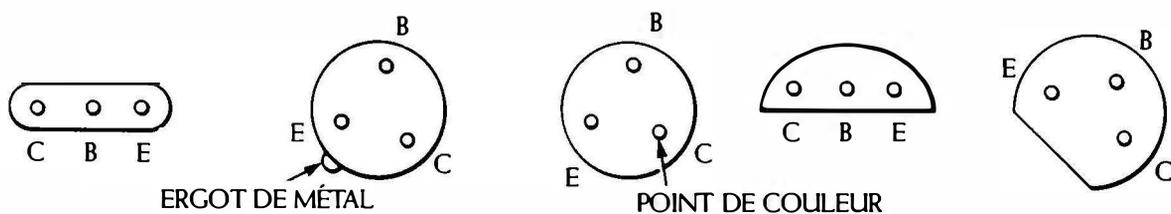


FIGURE 19-11 Quelques agencements de broches de transistor communs.

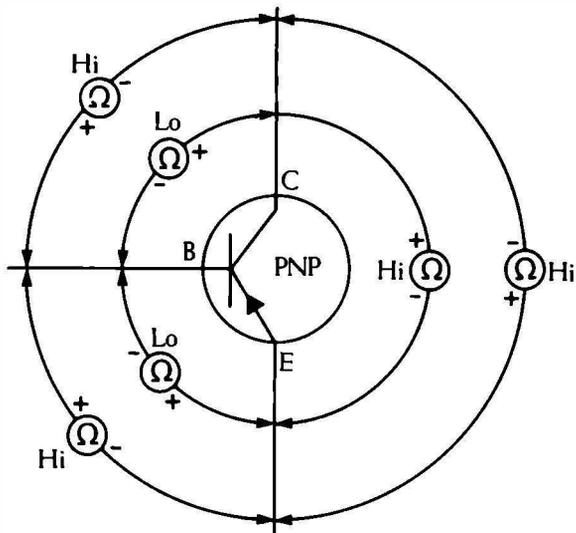
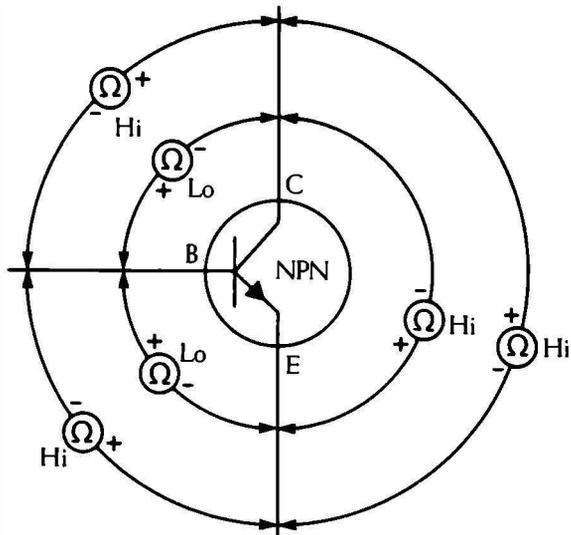
Si le câble de base du transistor est connu, un câble de l'ohmmètre est connecté à ce câble. Des mesures sont prises à chacun des autres câbles. Si le transistor est bon, les deux mesures seront soit haute ou basse (Figure 19-12). Si une mesure est haute et que l'autre est basse, une des jonctions du transistor est défectueuse. En renversant les câbles de l'ohmmètre on obtiendrait des lectures contraires. C'est pourquoi, si les deux lectures originales sont hautes, les deux lectures avec les câbles renversés devraient être basses.

Rappelez-vous que ce sont des lectures qualitatives. Les lectures de la base à l'émetteur et de la base du collecteur peuvent bien ne pas être les mêmes. Le rapport d'une grande à une faible résistance doit être d'environ 100:1, le même que pour un test de diodes. Même si ces lectures indiquent que le transistor est normal, il faut faire plus de tests «pour plus d'assurance». Pour ce test-ci, l'ohmmètre est connecté entre le collecteur et l'émetteur. Cette lecture devrait être très élevée, ou ouverte (résistance infinie). En renversant les câbles de l'ohmmètre on obtiendrait les mêmes résultats.

IDENTIFICATION DU CÂBLE DE LA BASE

Si vous n'êtes pas sûr du câble de la base, il est relativement facile de l'identifier avec l'ohmmètre (Figure 19-13). Réglez l'ohmmètre sur la portée de Rx100 ou de Rx1K. Connectez un des câbles de l'ohmmètre à un des câbles du transistor. Mesurez la résistance entre ce câble et les deux autres câbles du transistor. Si l'ohmmètre affiche une faible résistance à ces deux autres câbles, vous avez trouvé alors le câble de la base.

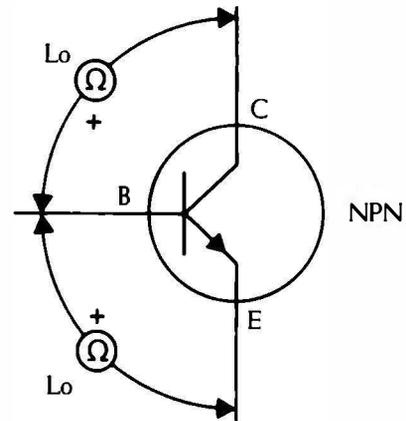
FIGURE 19-12 Test d'un transistor avec un ohmmètre.



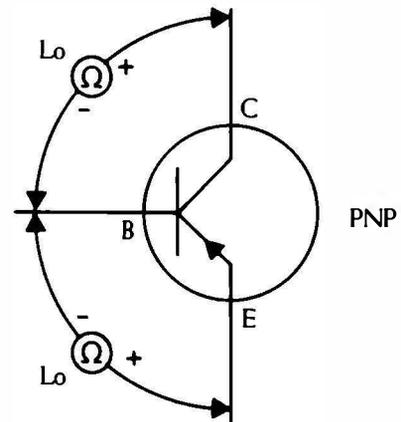
Si l'ohmmètre montre une grande résistance aux deux autres câbles, renversez les câbles de l'ohmmètre et reprenez les mesures. Si les mesures de la résistance n'indiquent pas une basse lecture aux deux autres câbles du transistor, recommencez le test avec un des autres câbles. Si le second câble de transistor n'est pas celui de la base, le troisième le sera.

Dès que la base a été identifiée, le transistor peut être vérifié par la méthode déjà décrite. En se référant aux diagrammes des broches, on peut identifier les deux autres câbles du transistor.

FIGURE 19-13 Identification du câble de la base d'un transistor.



L'OHMMÈTRE INDIQUE UNE FAIBLE RÉSISTANCE AUX DEUX AUTRES CÂBLES QUAND LA CHARGE POSITIVE DE L'OHMMÈTRE EST CONNECTÉE AU CÂBLE DE LA BASE.



L'OHMMÈTRE INDIQUE UNE FAIBLE RÉSISTANCE AUX DEUX AUTRES CÂBLES QUAND LA CHARGE NÉGATIVE DE L'OHMMÈTRE EST CONNECTÉE AU CÂBLE DE LA BASE.

19.5 REDRESSEUR COMMANDÉ AU SILICIUM

Les redresseurs commandés au silicium (R.C.S.) sont des dispositifs à quatre couches, semblables à ceux de la diode semiconductrice et du transistor. Lorsqu'il conduit du courant, le R.C.S. agit comme une diode redresseuse. Le courant peut passer à travers lui dans une seule direction. Le R.C.S. ne conduira que lorsque le circuit est mis sous tension la première fois. Une petite impulsion de

courant doit être appliquée au câble de porte du R.C.S. pour que le R.C.S. conduise du courant. En ce sens, le R.C.S. est contrôlé. Une fois ouvert, le R.C.S. continuera à conduire, même après que l'impulsion de porte a été retirée. Si la tension à travers les câbles positif et négatif du R.C.S. chute en bas d'un certain niveau, le R.C.S. redeviendra un circuit ouvert. Il demeurera ainsi jusqu'à ce que la porte subisse une autre impulsion. Le câble positif du R.C.S. est reconnu comme son **anode**. Son câble négatif est sa **cathode**. Le courant passe de la cathode à l'anode.

ZONE DE PORTE DU R.C.S.

La Figure 19-14 montre comment est construit un R.C.S. Quand la jonction de porte-cathode est polarisée directe, du courant peut passer par cette jonction. La zone de porte est très mince, comme la zone de base d'un transistor.

La quatrième couche du R.C.S., entre la porte et l'anode, est également très mince. En manufacturant cette couche, on procède à un fort dopage de la structure de cristal afin que du courant puisse y être facilement injecté. Dès que le passage du courant se fait, le gros courant de la cathode à l'anode sature cette couche d'électrons. Aussi longtemps que cette couche demeure saturée d'électrons, le courant continue à passer, même après que l'impulsion de porte a cessé. Si la tension de l'anode chute, le passage du courant à travers le R.C.S. chute également. Quand le passage du cou-

rant chute en bas du point de saturation de cette mince zone, la couche revient à son état normal. Cela amène la jonction entre elle et la porte à renverser sa polarisation. Dans cet état, le courant ne peut plus passer par l'anode, de sorte que le passage du courant cesse dans le circuit.

La quantité de courant requis pour maintenir la conduction dans un R.C.S. est nommée son **courant d'entretien**. La quantité minimale de tension nécessaire de la cathode à l'anode pour permettre à la conduction de se faire est appelée la **tension d'interruption** du R.C.S. Ces valeurs sont contrôlées par les propriétés électriques de la zone de barrière.

APPLICATIONS DU REDRESSEUR COMMANDÉ AU SILICIUM

Parce qu'ils ont des propriétés semblables à celles des diodes, les redresseurs commandés au silicium peuvent servir dans les sources d'énergie pour redresser du courant alternatif. De plus, du fait qu'ils peuvent se fermer très rapidement, les circuits bénéficient d'une mesure supplémentaire de sécurité.

Un circuit de porte de R.C.S., par exemple, peut servir à diriger le courant de sortie et/ou la tension. Si l'un ou l'autre devient trop important, le R.C.S. se fermera, prévenant ainsi tout dommage à la source d'énergie ou à d'autres circuits.

Dans les sources d'énergie industrielle, les R.C.S. peuvent être employés pour faire agir rapidement les coupe-circuits si quelque problème survient dans une machine. Ils peuvent réagir beaucoup plus vite que les coupe-circuits ordinaires. Un tel circuit de contrôle, qu'on appelle un «circuit levier», est illustré à la Figure 19-15. Son nom suggère que l'action du R.C.S. est similaire à celle d'un levier qui tomberait à travers des lignes d'énergie. Ce n'est pas un nom très scientifique, mais il fait figure.

Les R.C.S. servent encore à remplacer des relais dans beaucoup de circuits de contrôle. L'avantage du R.C.S. repose dans son temps rapide de commutation—beaucoup plus rapide que celui d'un relais mécanique—et son état solide de construction. Le terme **d'état solide** réfère à la construction des composants en une seule pièce de matériel solide. Comme le R.C.S.

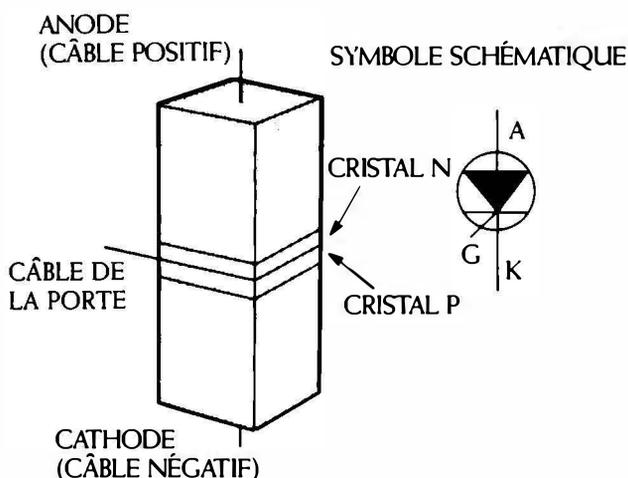
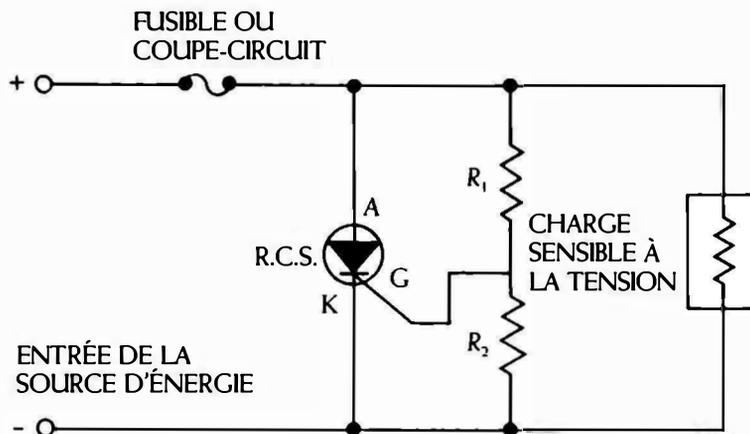


FIGURE 19-14 Construction d'un R.C.S.

FIGURE 19-15 Schéma d'un circuit «levier».



SI LA SOURCE DE TENSION AUGMENTE AU-DESSUS D'UN NIVEAU FIXE (DÉTERMINÉ PAR R_1 ET R_2), LE COURANT DE PORTE DU R.C.S. SERA SUFFISANT POUR QUE LE R.C.S. CONDUISE. IL AGIT COMME UN GROS COURANT DE COURT-CIRCUIT, FORÇANT LE FUSIBLE OU LE COUPE-CIRCUIT À OUVRIR RAPIDEMENT.

POUR RENDRE LE «LEVIER» SENSIBLE AUX CHANGEMENTS DE COURANT, UNE FAIBLE RÉSISTANCE EST PLACÉE EN SÉRIE AVEC LA CHARGE. LA CHUTE DE TENSION À TRAVERS CETTE RÉSISTANCE EST UTILISÉE POUR DÉCLENCHER LE CIRCUIT DE PORTE DU R.C.S.

n'a pas de parties mobiles, il n'y a pas de contacts qui s'usent ou se corrodent, et il n'y a rien qui puisse se bloquer ou demeurer en panne.

IDENTIFICATION DE CÂBLE DE R.C.S.

La Figure 19-16 montre les arrangements de broches les plus communs d'un R.C.S. La plupart des R.C.S. ont des configurations de câble standards. Les lettres «K», «G» et «A» sont employées respectivement comme abréviations pour la cathode, la base et l'anode. La lettre «K» est utilisée pour la cathode parce que la lettre «C» est déjà utilisée pour le collecteur. Le mot cathode aussi s'abrège avec un «K» dans beaucoup d'autres langues étrangères.

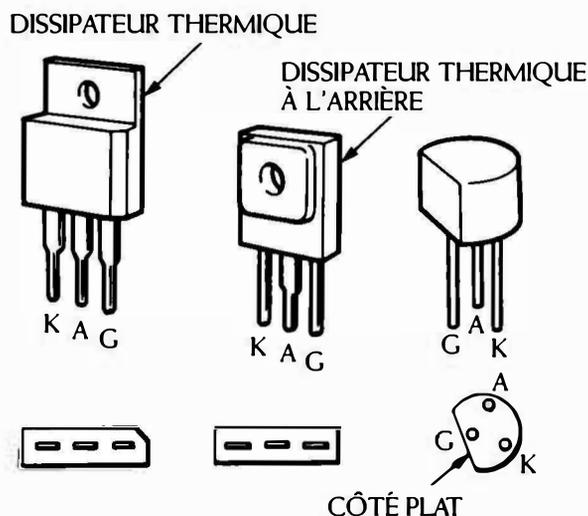


FIGURE 19-16 Quelques agencements de broches de R.C.S. communs.

TESTS DE R.C.S. AVEC UN OHMMÈTRE

La plupart des redresseurs contrôlés au silicium ont des portes très sensibles. Cela leur permet d'être testés avec la tension relativement faible d'un ohmmètre. Il faut toutefois connaître la polarité de l'ohmmètre puisque les R.C.S. conduisent le courant dans une seule direction.

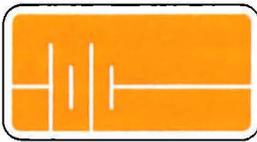
Un voltmètre C.C. peut être connecté aux câbles d'un ohmmètre pour trouver sa polarité. Si l'aiguille du voltmètre fléchit d'une manière normale, le câble de l'ohmmètre connecté au câble positif du voltmètre est aussi positif. Si l'aiguille du voltmètre par contre se déplace d'arrière, le câble de l'ohmmètre connecté au câble positif du voltmètre est négatif. La plupart des multimètres, lorsqu'ils sont réglés dans des portées d'ohms, ont des polarités de câble qui sont l'inverse de ceux d'un ohmmètre régulier.

Après avoir déterminé la polarité des câbles de l'ohmmètre, réglez celui-ci à $R \times 100$ ou $R \times 1K$ et connectez le câble positif à l'anode du R.C.S. Connectez le câble négatif à la cathode. L'ohmmètre devrait afficher une résistance élevée. Maintenez les connexions à l'anode et à la cathode, et en même temps glissez le câble de test positif pour toucher le câble de porte. Servez-vous d'une bande cavalière si nécessaire pour connecter la porte et l'anode. L'ohmmètre devrait montrer maintenant une faible résistance. En maintenant toujours les connexions de la cathode et de l'anode, retirez le câble positif loin de la porte. L'ohmmètre devrait

encore afficher une faible résistance. Celle-ci peut être un peu plus élevée qu'auparavant, mais encore faible. Cela indique que le R.C.S. est conducteur, même si le câble de porte n'est pas connecté. Cela est normal.

Retirez brièvement soit la connexion de la cathode soit celle de l'anode. Puis connectez le R.C.S. de nouveau. L'ohmmètre devrait maintenant lire encore une résistance élevée. Cela montre que le R.C.S. est retourné à son état de porte normalement ouverte. Si des lectures de quelque résistance autres que celles indiquées apparaissent dans n'importe quel de ces tests, c'est que le R.C.S. peut bien ne pas fonctionner convenablement.

Le meilleur test cependant pour un R.C.S. ou tout dispositif semiconducteur est de l'essayer dans un circuit réel. Les R.C.S. à haute tension peuvent bien ne pas se comporter comme il se doit aux faibles tensions du circuit de l'ohmmètre. Le passage du courant peut être insuffisant pour soutenir l'opération du R.C.S. Le test de l'ohmmètre fournira une vérification rapide de la plupart des R.C.S. et indiquera ceux qui sont ouverts ou court-circuités. Tout R.C.S. suspect devrait être testé plus tard avant d'être écarté.



19.6 TÂCHES À FAIRE

1. Construisez le circuit illustré à la Figure 19-17. En vous servant d'un oscilloscope, mesurez et enregistrez les ondulations aux points A-C et B-C.

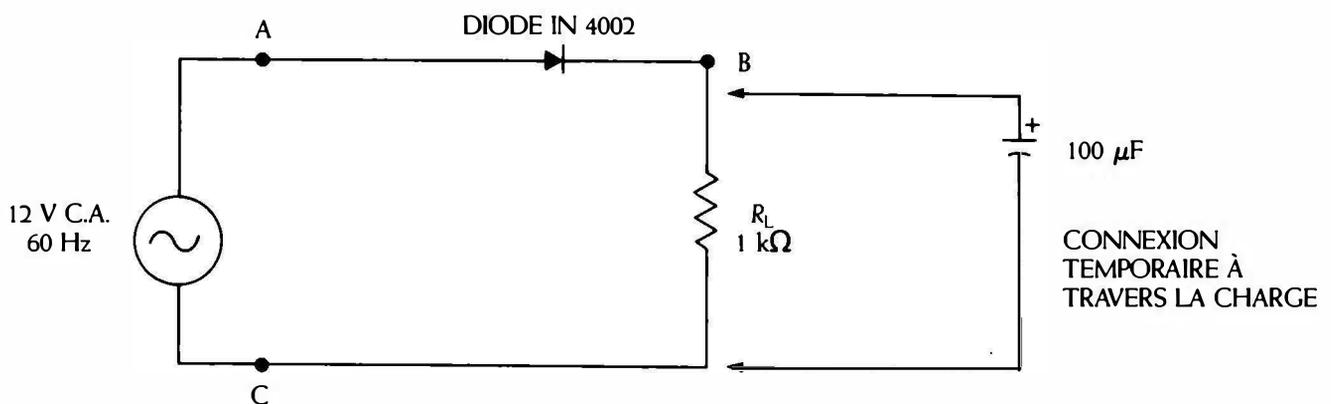
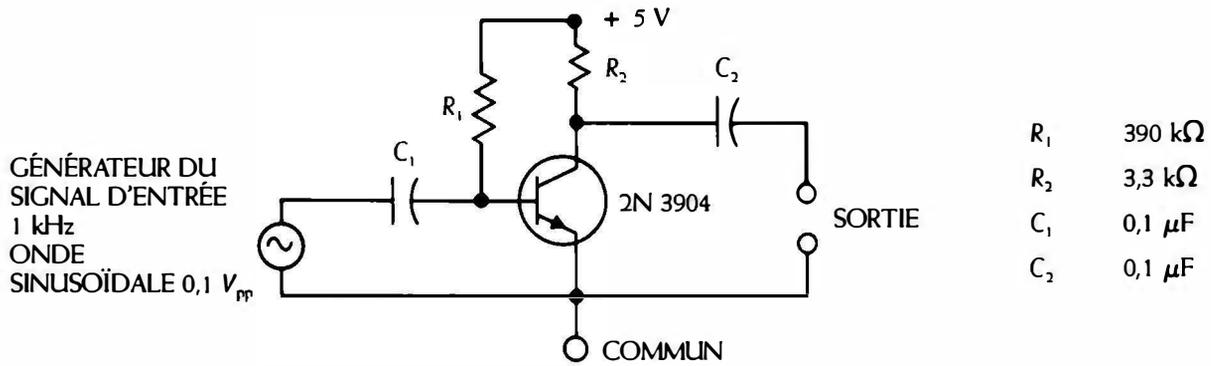


FIGURE 19-17 Circuit pour la Tâche 1.

Avec l'oscilloscope connecté à travers la charge (B-C), connectez temporairement un condensateur de $100 \mu\text{F}$ en parallèle avec la charge. Assurez-vous que le condensateur est connecté avec la bonne polarité, et que l'oscilloscope est réglé pour mesurer du C.C. Quels changements observez-vous dans l'ondulation? Quelle est la tension C.C. actuelle sentie par la charge sans le condensateur? Et quelle est-elle avec le condensateur?

2. Obtenez de votre professeur plusieurs diodes. En vous servant d'un ohmmètre, déterminez les diodes normales, celles qui ne sont pas étanches et celles qui sont ouvertes ou court-circuitées. Demandez à votre professeur de vérifier vos résultats.
3. Obtenez aussi de votre professeur plusieurs transistors. Avec un ohmmètre, identifiez le câble de la base de chacun des transistors. Référez-vous à l'Appendice F pour identifier les autres câbles de chacun des transistors. Dessinez sur une feuille propre de papier le diagramme des broches pour chacun des transistors. À côté de chaque diagramme, écrivez le numéro du transistor. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.
4. Testez chacun des transistors ci-dessus avec un ohmmètre. Trouvez ceux qui sont bons, ceux qui ne sont pas étanches et ceux qui sont ouverts ou court-circuités.
5. Construisez le circuit illustré à la Figure 19-18. Servez-vous d'un oscilloscope pour mesurer la tension du signal d'entrée et la tension du signal de sortie. Calculez le gain de ce circuit. Demandez à un autre étudiant de vérifier vos résultats.

FIGURE 19-18 Calcul d'un gain de signal dans un circuit transistor.



LE GAIN DE TENSION DE CE CIRCUIT EST LE RAPPORT DE LA TENSION DE SORTIE SUR LA TENSION D'ENTRÉE.

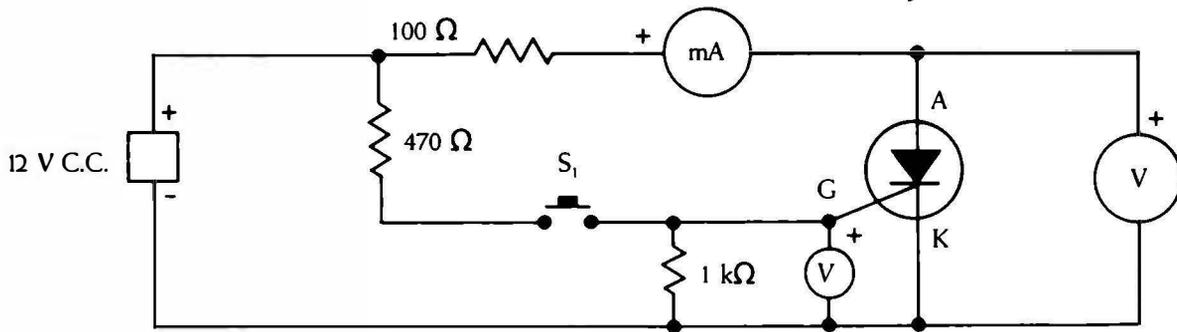


FIGURE 19-19 L'observation de l'opération d'un R.C.S. C106B ou équivalent.

6. En vous servant d'un R.C.S. fourni par votre professeur, faites les tests du R.C.S. avec un ohmmètre tels que décrits dans ce chapitre. Résumez sur une feuille propre de papier vos procédures et vos résultats. Demandez à votre professeur de vérifier votre travail.
7. En employant un bon R.C.S., construisez le circuit illustré à la Figure 19-19. Enregistrez la tension et la lecture du courant sur les compteurs. Pressez le bouton. Qu'est-ce qui se produit à la tension et aux lectures du courant? Est-ce normal? Fermez la source d'alimentation, puis rouvrez-la de nouveau. Qu'est-ce qui arrive aux lectures de la tension et du courant? Comment ces lectures se comparent-elles aux lectures originales? Est-ce normal? Répétez les procédures. Comparez vos résultats avec ceux du premier réglage. Résumez vos découvertes.
8. Remplacez la source d'énergie de la Figure 19-19 par une source C.A. de même tension. Répétez les étapes ci-dessus et enregistrez vos observations.

19.7 RÉSUMÉ

Les atomes semiconducteurs ont habituellement quatre électrons de valence. Dans leur forme pure, les semiconducteurs forment des cristaux avec des liaisons covalentes entre leurs atomes. Les cristaux semiconducteurs purs sont très stables et ne conduiront pas très bien l'électricité.

Le dopage est le procédé d'addition de petites quantités d'impuretés dans un élément semiconducteur pur. Le dopage avec un matériel non métallique permet à des électrons libres d'exister dans le cristal. Les électrons libres ne sont pas

employés dans les liaisons covalentes de la structure de cristal. Le dopage d'une impureté de métal cause des trous dans la structure de cristal. Un tel cristal est appelé un cristal de type-P.

On fait une diode semiconductrice en joignant un cristal de type-N et un cristal de type-P.

Une diode est polarisée directe quand la polarité de la source est telle que des électrons libres sont forcés de passer la barrière et de se mouvoir dans le circuit. La source de potentiel doit être plus grande que la barrière de potentiel.

Une diode a une polarisation renversée lorsque la polarité de la source attire les trous et les électrons libres loin de la barrière. Cela produit une zone de grande résistance autour de la barrière qu'on appelle zone d'appauvrissement.

Du courant peut passer à travers une diode seulement lorsque celle-ci est polarisée directe.

Une diode peut changer du courant alternatif en courant continu pulsé. On appelle cela du redressement.

Les diodes peuvent être testées avec un ohmmètre pour mesurer leur résistance directe et renversée. La résistance directe d'une diode doit être au moins 100 fois plus faible que la résistance renversée.

Les transistors ont trois couches de matériel semiconducteur.

La jonction de base-émetteur est polarisée directe afin de permettre au courant de passer à travers le transistor. La jonction de base-collecteur est polarisée renversée, fournissant une grande résistance.

La plus grande source de tension du collecteur attire plus de courant de l'émetteur dans le collecteur. Une petite quantité de courant passe à travers la base.

Le gain est le rapport du courant de la base à celui du collecteur. Le plus faible courant de la base contrôle le plus gros courant du collecteur.

Les transistors peuvent être employés comme régulateurs de courant, montres électroniques, amplificateurs ou oscillateurs.

Un oscillateur requiert de la réaction pour générer un signal de sortie.

On peut se servir d'un ohmmètre pour identifier le câble de base d'un transistor. On s'en sert également pour tester qualitativement un transistor.

Les diagrammes des broches sont employés pour identifier les autres câbles. On emploie les abréviations «E» pour émetteur, «B» pour base et «C» pour collecteur.

19.8 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Définissez les termes suivants:
 - semiconducteur
 - liaison covalente
 - dopage
 - cristal de type-N
 - cristal de type-P
 - barrière de potentiel
 - polarisation directe
 - polarisation renversée
2. Expliquez ce qui se produit lorsqu'on fait la jonction d'un cristal de type-N et d'un cristal de type-P pour former une diode.
3. Expliquez comment une diode peut redresser du C.C.
4. Définissez «redressement».
5. Expliquez le test d'une diode avec un ohmmètre.
6. Pourquoi fait-on le dopage de cristaux dans des semiconducteurs?
7. Expliquez comment est construit un transistor.
8. Quelle jonction dans un transistor est normalement polarisée directe?
9. Quelle jonction dans un transistor est normalement polarisée renversée?
10. Expliquez comment un courant collecteur peut passer à travers une jonction de base-collecteur polarisée renversée.
11. Définissez le terme «gain».
12. Définissez le terme «réaction».
13. Expliquez comment tester un transistor avec un ohmmètre.
14. Expliquez comment identifier le câble de la base d'un transistor avec un ohmmètre.

15. Décrivez la différence entre un transistor NPN et un transistor PNP.
 16. Comparez la construction d'un R.C.S. avec celle d'une diode et d'un transistor.
 17. Expliquez comment un R.C.S. opère dans un circuit C.C.
 18. Définissez les termes:
courant d'entretien
tension d'interruption
 19. Nommez quelques emplois de redresseurs commandés au silicium.
 20. Quels sont les noms des câbles d'un R.C.S.?
 21. Expliquez comment se servir d'un ohmmètre pour tester un R.C.S.
 22. Qu'est-ce que cela indiquerait si un R.C.S. refusait de rester ouvert quand le signal de porte serait retiré pendant un test avec l'ohmmètre?
 23. Quel est le meilleur test pour tout appareil semiconducteur?
5. Du courant passera à travers une diode quand elle est
 - (a) polarisée renversée,
 - (b) déconnectée du circuit,
 - (c) polarisée directe,
 - (d) ouverte.
 6. Le redressement est
 - (a) le dopage d'un matériel semiconducteur pur,
 - (b) la conversion d'un courant alternatif en courant continu,
 - (c) la conversion d'un courant continu en courant alternatif,
 - (d) l'emmagasinage d'énergie électrique.
 7. Quand elle est polarisée renversée, une bonne diode doit mesurer une résistance
 - (a) élevée,
 - (b) infinie,
 - (c) zéro,
 - (d) faible.
 8. Les noms des trois câbles de transistor sont
 - (a) base, porte et émetteur,
 - (b) collecteur, émetteur et cathode,
 - (c) émetteur, base et collecteur,
 - (d) base, collecteur et porte.
 9. L'usage le plus commun d'un transistor est
 - (a) pour redresser du courant C.A.,
 - (b) pour ouvrir et fermer le passage du courant,
 - (c) pour amplifier des signaux électroniques,
 - (d) pour amplifier la tension C.C.
 10. Un R.C.S. (redresseur commandé au silicium) est
 - (a) un dispositif à quatre couches,
 - (b) un commutateur électronique,
 - (c) contrôlé par une impulsion sur le câble de porte,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

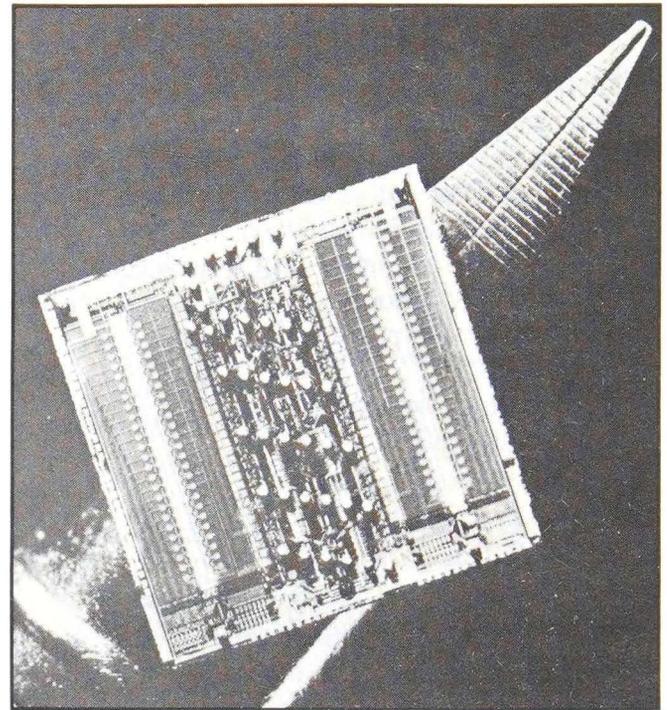
1. Les éléments qui ont quatre électrons de valence sont habituellement appelés des
 - (a) isolants,
 - (b) conducteurs,
 - (c) semiconducteurs,
 - (d) rien de ce qui est nommé ci-dessus.
2. On appelle le partage des électrons par des atomes semiconducteurs
 - (a) paire de partage,
 - (b) liaison covalente,
 - (c) partage d'électrons,
 - (d) partage de valence.
3. On appelle un cristal avec des électrons libres
 - (a) un accepteur ou un cristal de type-P,
 - (b) un donneur ou un cristal de type-P,
 - (c) un donneur ou un cristal de type-N,
 - (d) un accepteur ou un cristal de type-N.
4. Le potentiel de barrière pour des cristaux de silicium est de
 - (a) 0,6 V.
 - (b) 0,2 V.
 - (c) 0,06 V.
 - (d) 1,6 V.

CHAPITRE 20

CIRCUITS INTÉGRÉS

20.1 EMPLOIS DES CIRCUITS INTÉGRÉS

La tendance en électronique a toujours été de développer des composantes plus petites et plus légères afin de rendre les appareils électroniques plus fiables, moins massifs et moins coûteux. La dimension et la fiabilité relative de la plupart des appareils électroniques modernes sont attribuables au développement du circuit intégré (Figures 20-1 et 20-2). Un circuit intégré (CI) est une minuscule pastille semiconductrice qui contient toutes les diodes, les transistors, les résistances, les condensateurs et les conducteurs nécessaires pour faire un circuit complet. Les ingénieurs en électronique ont si bien réussi à miniaturiser ces composantes qu'une banque de mémoire entière d'ordinateur peut être renfermée maintenant sur une pastille qui n'est pas plus grosse que l'ongle de votre petit doigt! Cette nouvelle technologie a rendu possible la création des microprocesseurs, des montres électroniques complexes, des calculatrices de poche et des jeux électroniques portatifs. L'indicateur d'état d'une batterie d'auto de 12 V, le système intercom, l'indicateur de niveau audio de la diode électroluminescente (LED), ainsi que le projet de radio A.M. emploient tous des circuits intégrés.



IBM Canada Litt

FIGURE 20-1 Cette pastille de circuit intégré n'est pas plus grosse que la pointe de plume sur laquelle elle est déposée, quoiqu'elle contienne des douzaines de composantes individuelles.

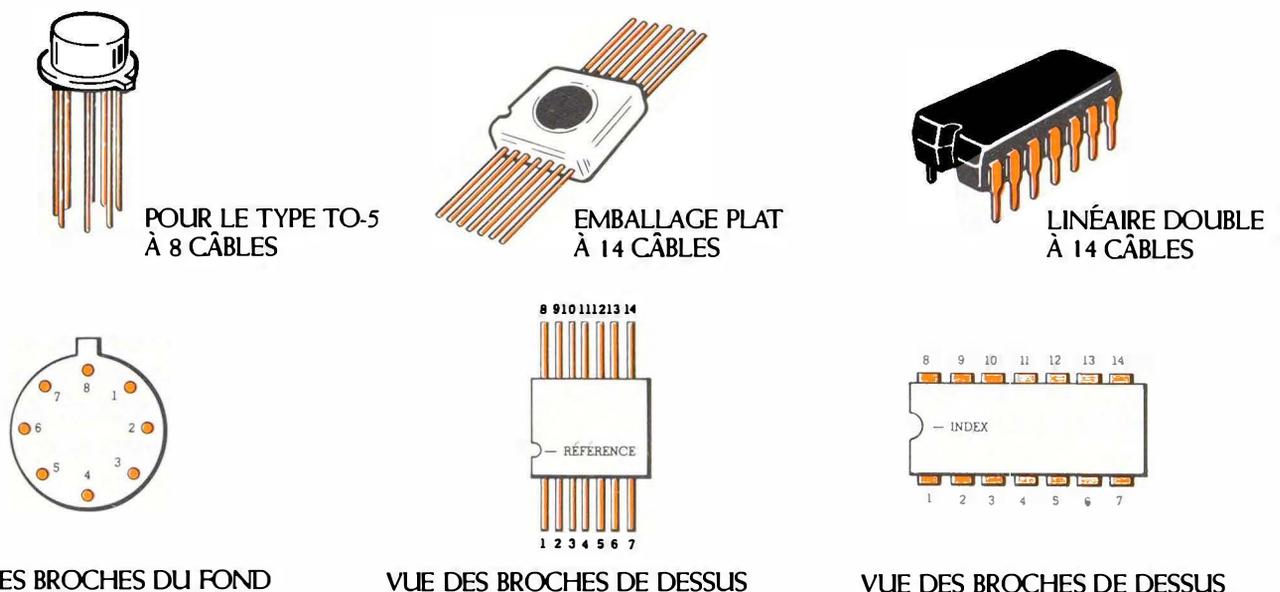


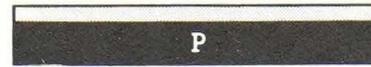
FIGURE 20-2 Emballages et agrafes (broches) de CI typiques.

20.2 CONSTRUCTION D'UN CI

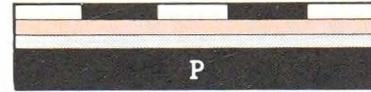
La pastille (puce) semiconductrice employée dans la construction de base d'un CI est une gaufrette de silicium dopé. Habituellement ce dopage est positif. Cette gaufrette est utilisée comme un **substrat** ou couche de base dans laquelle sont formés les conducteurs et les composantes électroniques. Les composantes sont formées par le dopage alternatif de zones spécifiques du substrat avec des impuretés de type-N et de type-P. Dans la méthode de construction la plus commune, des masques de film photographique sont fabriqués pour chaque zone qui ne doit pas subir alternativement de dopage de type-N ou de type-P. Si le substrat est un cristal de type-P, un cristal de type-N peut d'abord croître sur le dessus de l'autre pour faciliter la jonction qui sera polarisée renversée plus tard. Une telle polarisation isole le composant individuel du substrat.

La pastille est alors nettoyée et chauffée pour former une fine couche d'oxyde de silicium sur sa surface. Après que la pastille a été refroidie, elle est couverte d'une résine photosensible (Figure 20-3). On place ensuite le masque du premier film sur la pastille et le «sandwich» qui en résulte est exposé à la lumière ultraviolette. La résine photosensible qui n'a pas été exposée est alors enlevée avec un solvant. Cela permet à la couche d'oxyde de silicium d'être exposée seulement aux zones de dopage. On grave ensuite à l'eau-forte cette couche exposée et le reste de la résine photosensible est enlevé de la pastille avec du solvant. Le dopage de la pastille se fait avec un procédé qu'on appelle dopage à diffusion. Seules les aires exposées de la pastille ont subi le dopage. Si le substrat de dopage est positif, les aires exposées seront soumises à un dopage d'impuretés négatives. On répète encore le procédé avec les deuxième et troisième dopages pour former les canaux nécessaires et les îles qui complètent les composantes (Figure 20-4). On procède à un quatrième masquage pour couvrir les zones de substrat avec des conducteurs métalliques.

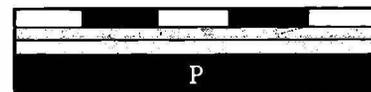
FIGURE 20-3 Procédé de base du dopage.



ÉTAPE 1 COUCHE D'OXYDE DE SILICIUM FORMÉE SUR LA PASTILLE DE DOPAGE P.



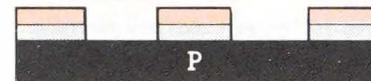
ÉTAPE 2 COUCHE D'OXYDE COUVERTE DE REVÊTEMENT PHOTOSENSIBLE ET D'UN MASQUE DE FILM SUR LE DESSUS.



ÉTAPE 3 «SANDWICH» D'UN MASQUE DE FILM, D'UN REVÊTEMENT ISOLANT ET D'UNE COUCHE D'OXYDE EXPOSÉE À LA LUMIÈRE ULTRAVIOLETTE.



ÉTAPE 4 REVÊTEMENT ISOLANT NON EXPOSÉ ENLEVÉ AVEC DU SOLVANT.



ÉTAPE 5 DÉCAPAGE DES AIRES D'OXYDE EXPOSÉES.

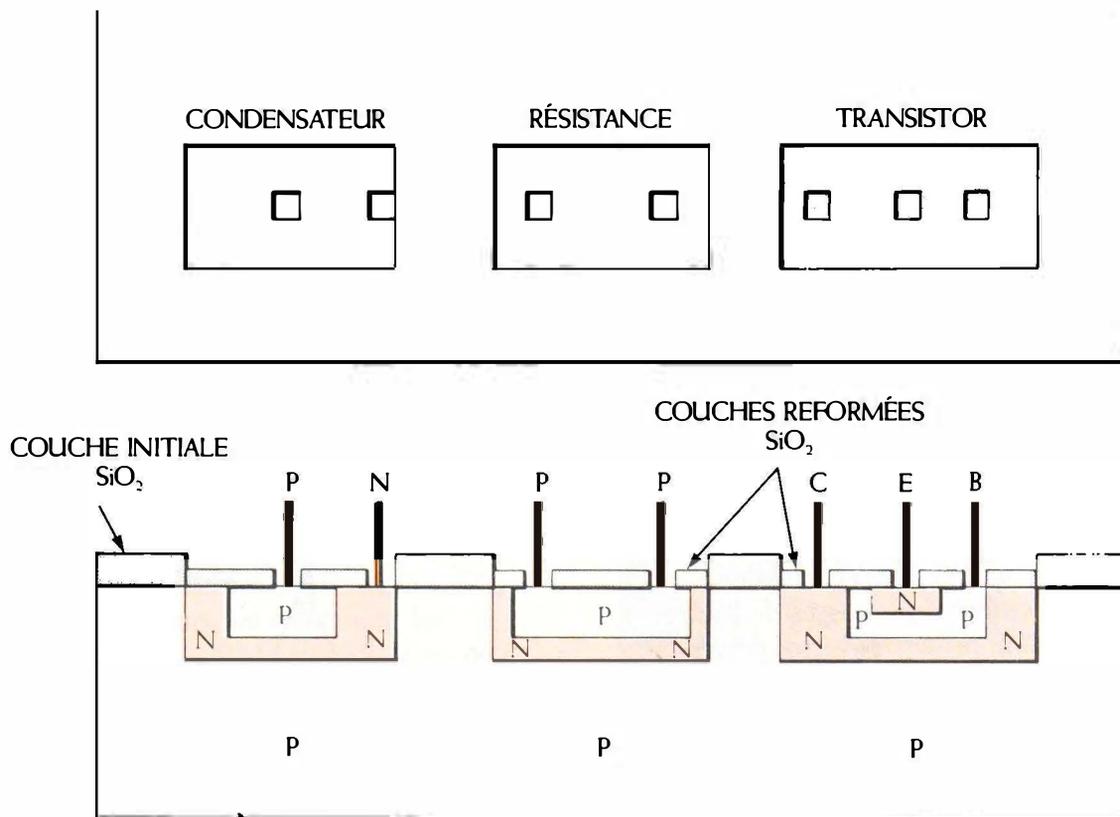


ÉTAPE 6 ENLÈVEMENT DU REVÊTEMENT ISOLANT EXPOSÉ.



ÉTAPE 7 DOPAGE DES AIRES EXPOSÉES AVEC DES IMPURETÉS N.

FIGURE 20-4 Complétées, les composantes sont le résultat de dopages successifs.



20.3 CIRCUITS INTÉGRÉS NUMÉRIQUES ET LINÉAIRES

CIRCUITS INTÉGRÉS NUMÉRIQUES

On dit des **circuits intégrés numériques** qu'ils ont une action bistable. Ils comprennent beaucoup de petits circuits connus comme des **portes logiques** et des **inverseurs** (Figure 20-5). Les portes ont une ou plusieurs entrées et une ou plusieurs sorties. Cela leur permet de fonctionner comme de minuscules commutateurs. Selon le niveau de tension appliquée, chaque entrée et sortie développe soit un état 0 ou un état 1. L'état d'entrée détermine toujours l'état de sortie. En connectant plusieurs portes et inverseurs ensemble, on obtient des combinaisons variées d'états 0 et 1. Ces combinaisons de chiffres sont variées d'après le type et la séquence des signaux reçus par les portes et les inverseurs. Chaque combinaison sert de signal aux autres circuits. Une combinaison de signal final est éventuellement produite et convertie alors en lumière, en énergie mécanique ou en toute autre forme d'énergie.

À cause de leur action commutatrice, les CI numériques peuvent être employés pour additionner, soustraire, multiplier, diviser, ainsi que pour

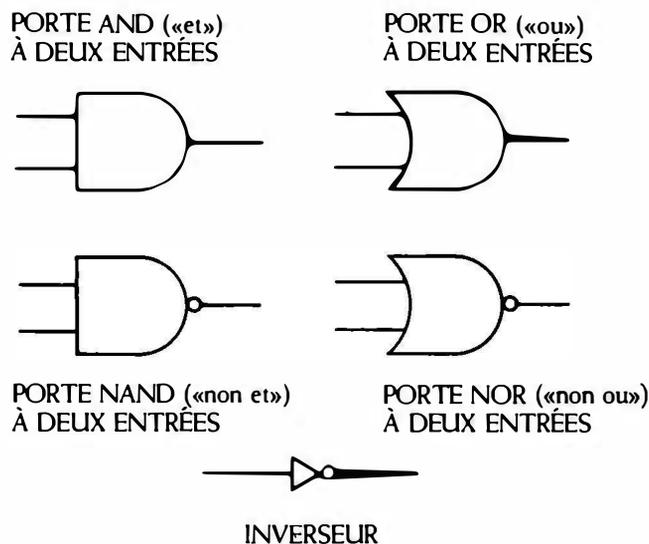


FIGURE 20-5 Symboles schématiques des portes logiques et des inverseurs de CI.

remplir d'autres fonctions logiques et mathématiques. Pour cette raison, on les emploie communément pour les ordinateurs et les machines à calculer. Certains types de CI numériques utilisés à ces fins comprennent les additionneurs, les compteurs, les distributeurs de données, les sélecteurs de données, les décodeurs, les bascules, les expandeurs, les cellules de mémoire, les registres et les circuits de soustraction et de traduction.

CIRCUITS INTÉGRÉS LINÉAIRES

Un montage de CI linéaire est plus complexe que celui d'un CI numérique, lequel ne peut sortir qu'un état 0 ou 1. La sortie d'un CI linéaire est proportionnelle au niveau de son entrée. À cause de cette caractéristique, les CI linéaires sont employés communément comme amplificateurs, régulateurs de tension, oscillateurs et filtres. Certains de ces types de CI linéaires utilisés à ces fins comprennent les amplificateurs AF (audiofréquence), les modulateurs différentiels, les amplificateurs C.C., les amplificateurs différentiels, les unités de diode, les modulateurs, les amplificateurs de puissance, les amplificateurs RF (radiofréquence), les amplificateurs vidéo, les comparateurs de tension et les régulateurs de tension.



20.4 TÂCHES À FAIRE

1. Rendez-vous à votre centre de ressources local et demandez au bibliothécaire de vous montrer quelques-uns des ouvrages les plus avancés sur l'électronique. Cherchez ce que c'est que le système de nombre binaire et comment il fonctionne. Comment ce système s'applique-t-il aux circuits intégrés numériques? Prenez des notes et préparez-vous à discuter de vos recherches en classe.
2. Allez dans un magasin de votre région qui vend des pièces ou des accessoires électroniques. Demandez au vendeur de vous montrer quelques types différents de circuits intégrés. Cherchez à quoi chacun peut servir et faites une liste des différents types ainsi que de leurs applications. Mettez un «D» à côté de ceux qui

sont des CI numériques et un «L» à côté de ceux qui sont des CI linéaires. Demandez au vendeur comment manipuler et installer ces circuits. Essayez d'obtenir le plus d'information possible. Remettez un rapport à votre classe.

20.5 RÉSUMÉ

Un circuit intégré est une minuscule pastille semi-conductrice renfermant toutes les diodes, les transistors, les résistances, les condensateurs et les conducteurs nécessaires pour compléter un circuit. Les CI sont faits de dispositifs électroniques plus fiables, moins encombrants et moins dispendieux qu'autrefois.

Le substrat d'un CI est une gaufrette de silicium dopé. Les composantes électroniques individuelles et les conducteurs sont formés dans des aires spécifiques de cette gaufrette.

La plupart des CI sont classés selon leur mode d'opération soit comme des circuits numériques ou des circuits linéaires. Les CI numériques sont composés de nombreux petits circuits qu'on appelle portes logiques ou inverseurs. À cause de leur action commutatrice, les CI numériques sont employés pour les ordinateurs et les calculatrices.

Les CI linéaires ont des sorties proportionnelles au niveau de leurs entrées. Pour cela, ils sont très utiles comme amplificateurs, oscillateurs, régulateurs de tension et filtres.

20.6 QU'AVEZ-VOUS APPRIS?

QUESTIONS DE RÉVISION

Répondez aux questions suivantes. Sur une feuille de papier séparée, faites la liste des questions auxquelles vous ne pouvez répondre. Puis revoyez votre chapitre jusqu'à ce que vous puissiez aussi répondre à toutes les questions.

1. Quel développement a rendu possible la création des microprocesseurs, des montres électroniques à multiples fonctions et autres circuits miniaturisés?
2. Décrivez comment sont formées des composantes individuelles sur des pastilles semi-conductrices.
3. Quelles sont les deux principales classes de circuits intégrés?

4. Décrivez comment fonctionnent les portes logiques et les inverseurs.
5. De quoi dépendent les états d'entrée et de sortie des portes logiques et des inverseurs?
6. Comment la sortie d'un CI linéaire est-elle reliée à son entrée?
7. Où emploie-t-on des CI numériques?
8. Où emploie-t-on des CI linéaires?

FAITES VOTRE PROPRE TEST

Choisissez la réponse qui convient à chaque énoncé. Vous trouverez toutes les réponses à l'Appendice G.

1. La tendance en électronique est de développer
 - (a) de plus grosses et de meilleures composantes,
 - (b) des composantes plus petites mais plus dispendieuses,
 - (c) des composantes plus légères et plus petites,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.
2. Une pastille semiconductrice minuscule qui contient toutes les diodes, les transistors, les résistances, les condensateurs et les conducteurs nécessaires pour faire un circuit complet se nomme
 - (a) un circuit intégré,
 - (b) un circuit numérique,
 - (c) un circuit linéaire,
 - (d) un substrat.
3. Les composantes individuelles d'une pastille semiconductrice sont formées
 - (a) d'une gaufre,
 - (b) d'un substrat,
 - (c) d'une impureté positive,
 - (d) d'une impureté négative.
4. Un cristal de type-N peut croître sur un cristal de type-P afin de rendre la jonction plus tard capable
 - (a) d'un dopage alternatif,
 - (b) d'être masquée pour le dopage,
 - (c) d'être recristallisée,
 - (d) d'être polarisée renversée.

5. Le procédé de dopage d'une pastille semiconductrice est reconnu comme
 - (a) du dopage positif,
 - (b) du dopage négatif,
 - (c) du dopage par diffusion,
 - (d) rien de nommé ci-dessus.
6. Les portes logiques et les inverseurs
 - (a) fonctionnent dans des CI linéaires,
 - (b) fonctionnent dans des CI numériques,
 - (c) fonctionnent comme des commutateurs minuscules,
 - (d) fonctionnent à la fois comme (b) et (c).
7. Des entrées et des sorties de CI numériques développent
 - (a) soit un état 0 ou 1,
 - (b) plus lentement que les CI linéaires,
 - (c) à cause des fluctuations de courant,
 - (d) comme résultat de combinaisons numériques.
8. Les CI numériques peuvent être employés pour
 - (a) additionner,
 - (b) diviser,
 - (c) multiplier,
 - (d) faire tout ce qui est nommé ci-dessus.
9. Une sortie de CI linéaire est proportionnelle à
 - (a) son état 0 ou 1,
 - (b) son entrée,
 - (c) rien de ce qui est nommé ci-dessus,
 - (d) ce qui est nommé à (a) et (b).
10. Les CI linéaires sont communément employés comme
 - (a) ordinateurs,
 - (b) calculatrices,
 - (c) amplificateurs,
 - (d) tout ce qui est nommé ci-dessus.

PREMIERS SOINS ET MÉTHODES DE RESPIRATION ARTIFICIELLE

PREMIERS SOINS

Des tensions aussi faibles que 25 V et des courants aussi petits que 0,015 A peuvent causer la mort. La victime d'un choc électrique perdra conscience et deviendra particulièrement pâle. Le corps aussi peut raidir et ses extrémités, comme les doigts et les orteils, peuvent devenir bleues. Si la victime touche un fil chargé, elle pourra avoir également des spasmes. Des brûlures électriques montrent l'endroit où la victime a reçu son choc.

Avant toute tentative de secours, vous devez vous assurer que la connexion entre la victime et la source électrique a été coupée. Si possible, coupez tout courant immédiatement. Si ce n'est pas possible, servez-vous d'un morceau de bois sec ou d'un tuyau de plastique pour éloigner la victime du conducteur chargé. **Ne touchez jamais la victime avec n'importe quelle partie de votre corps tant que la connexion électrique n'aura pas été coupée. Ne touchez le conducteur en aucun temps.** Dès que le conducteur est libre, il peut serpenter de tous côtés.

Lorsque la victime est en sécurité loin du conducteur, commencez **immédiatement** la respiration artificielle. Continuez tant que la victime ne respirera pas normalement et qu'elle ne sera pas consciente et alerte, ou jusqu'à ce que du secours médical arrive. Ne cessez pas la respiration artificielle même si la victime ne fait aucune réaction rapidement. Certaines personnes ont déjà survécu après plusieurs heures de respiration artificielle.

Une victime réanimée ne devrait pas être laissée seule tant qu'une personne médicalement qualifiée n'est pas arrivée sur la scène de l'accident et n'a pas donné son avis.

MÉTHODES DE RESPIRATION ARTIFICIELLE

On doit commencer la respiration artificielle aussi tôt que possible. La différence de quelques secondes peut signifier la vie ou la mort pour la victime. La meilleure méthode de respiration artificielle dans la majorité des cas est encore celle de bouche-à-bouche ou de bouche-à-nez. Suivez les étapes ci-bas pour la méthode de bouche-à-bouche. N'importe quelle autre personne sur la scène d'un accident doit s'occuper de faire venir une ambulance ou un médecin.

1. Placez la victime sur le dos si possible. Détachez tous les colliers, ceintures et autres obstacles à la respiration. Penchez la tête de la victime par en arrière afin que le menton soit relevé (Figure A-1).
2. Ouvrez la bouche de la victime, vérifiez si la gorge est libre et voyez à ce que la langue n'empêche pas le passage de l'air. Enlevez-lui tout ce qu'elle peut avoir dans la bouche (comme de la nourriture) et enlevez toute obstruction.
3. Pincez et fermez le nez de la victime avec le pouce et l'index d'une de vos mains. Avec la paume de la même main, pressez le front de la victime pour tenir le menton relevé (Figure A-2). Mettez votre autre main sous le cou de la victime et soulevez-la légèrement.

4. Prenez une profonde respiration, puis ouvrez votre bouche bien grande et placez-la contre la bouche partiellement ouverte de la victime, en faisant un sceau bien serré. Expirez d'un coup dans les poumons de la victime (Figure A-3). Du coin de l'oeil, vérifiez si la poitrine de la victime se soulève.
5. Retirez votre bouche et surveillez si la poitrine de la victime s'affaisse (Figure A-4).
6. Répétez les étapes 1 à 5. Pour les 4 à 5 premières respirations, il faut faire cela aussi rapi-

dement que possible. Il faut répéter ces respirations ensuite à votre rythme normal, soit 12 à 16 fois par minute.

7. La victime peut tousser ou vomir quand elle commence à revenir mieux. Si cela se produit, tournez la tête de la victime de côté et enlevez tout ce qui obstrue le passage de l'air. Continuez la respiration artificielle jusqu'à ce que la victime soit pleinement consciente et respire normalement.

FIGURE A-1 La tête tenue par en arrière empêche la langue de bloquer le passage de l'air.

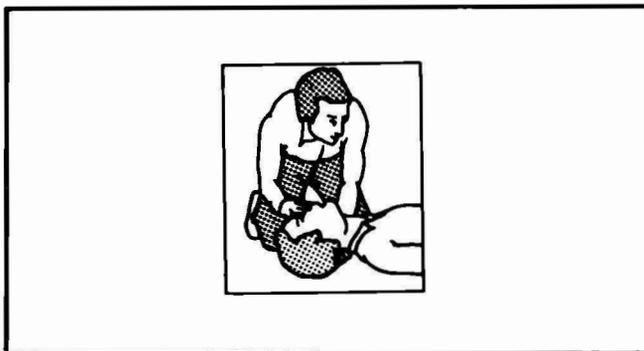
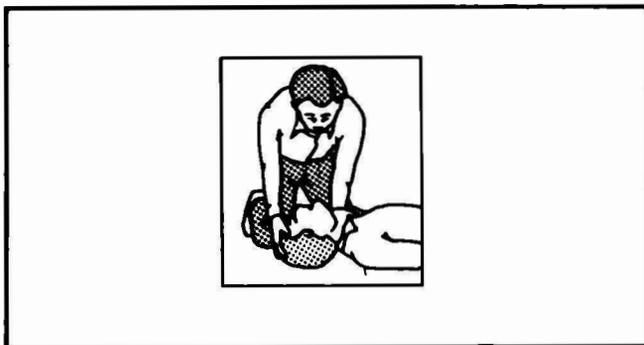


FIGURE A-2 Vous pincez le nez fermé et tenez le front descendu avant de commencer la respiration artificielle.

FIGURE A-3 Scellez bien votre bouche et expirez une bouffée d'air dans les poumons de la victime. Sa poitrine doit se soulever.

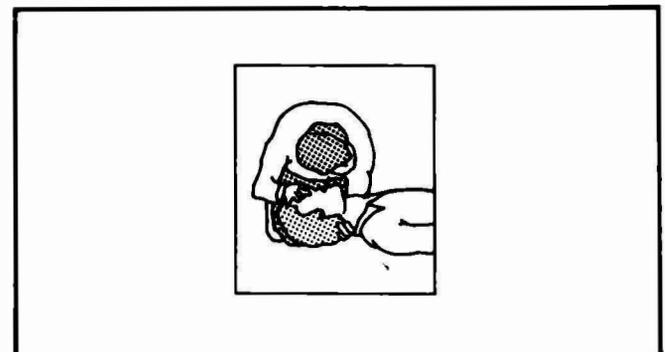
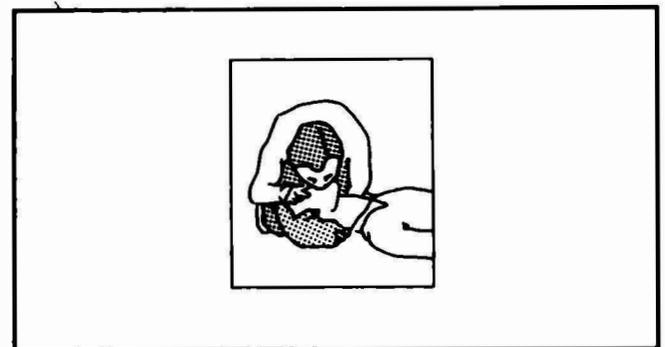


FIGURE A-4 Surveillez pour voir si la poitrine de la victime s'affaisse.

APPENDICE B

STRUCTURE ÉLECTRONIQUE DES ATOMES

FIGURE B-1 Structure électronique des atomes.

Élément	No atomique	Couches électroniques						
		K	L	M	N	O	P	Q
Hydrogène	1	1						
Hélium	2	2						
Lithium	3	2	1					
Béryllium	4	2	2					
Bore	5	2	3					
Carbone	6	2	4					
Azote	7	2	5					
Oxygène	8	2	6					
Fluor	9	2	7					
Néon	10	2	8					
Sodium	11	2	8	1				
Magnésium	12	2	8	2				
Aluminium	13	2	8	3				
Silicium	14	2	8	4				
Phosphore	15	2	8	5				
Soufre	16	2	8	6				
Chlore	17	2	8	7				
Argon	18	2	8	8				
Potassium	19	2	8	8	1			
Calcium	20	2	8	8	2			
Scandium	21	2	8	9	2			
Titane	22	2	8	10	2			
Vanadium	23	2	8	11	2			
Chrome	24	2	8	13	1			
Manganèse	25	2	8	13	2			
Fer	26	2	8	14	2			
Cobalt	27	2	8	15	2			
Nickel	28	2	8	16	2			
Cuivre	29	2	8	18	1			
Zinc	30	2	8	18	2			
Gallium	31	2	8	18	3			
Germanium	32	2	8	18	4			
Arsenic	33	2	8	18	5			
Sélénium	34	2	8	18	6			
Brome	35	2	8	18	7			
Krypton	36	2	8	18	8			
Rubidium	37	2	8	18	8	1		
Strontium	38	2	8	18	8	2		
Yttrium	39	2	8	18	9	2		
Zirconium	40	2	8	18	10	2		
Niobium	41	2	8	18	12	1		
Molybdène	42	2	8	18	13	1		
Technétium	43	2	8	18	13	2		
Ruthénium	44	2	8	18	15	1		
Rhodium	45	2	8	18	16	1		
Palladium	46	2	8	18	18			
Argent	47	2	8	18	18	1		
Cadmium	48	2	8	18	18	2		
Indium	49	2	8	18	18	3		
Étain	50	2	8	18	18	4		
Antimoine	51	2	8	18	18	5		
Tellure	52	2	8	18	18	6		
Iode	53	2	8	18	18	7		
Xénon	54	2	8	18	18	8		
Caesium	55	2	8	18	18	8	1	
Baryum	56	2	8	18	18	8	2	
Lanthane	57	2	8	18	18	9	2	
Cérium	58	2	8	18	20	8	2	
Praséodyme	59	2	8	18	21	8	2	
Néodyme	60	2	8	18	22	8	2	
Prométhéum	61	2	8	18	23	8	2	
Samarium	62	2	8	18	24	8	2	
Europium	63	2	8	18	25	8	2	
Gadolinium	64	2	8	18	26	9	1	
Terbium	65	2	8	18	26	9	2	
Dysprosium	66	2	8	18	28	8	2	
Holmium	67	2	8	18	29	8	2	
Erbium	68	2	8	18	30	8	2	
Thulium	69	2	8	18	31	8	2	
Ytterbium	70	2	8	18	32	8	2	

Élément	No atomique	Couches électroniques						
		K	L	M	N	O	P	Q
Lutécium	71	2	8	18	32	9	2	
Hafnium	72	2	8	18	32	10	2	
Tantale	73	2	8	18	32	11	2	
Tungstène	74	2	8	18	32	12	2	
Rhénium	75	2	8	18	32	13	2	
Osmium	76	2	8	18	32	14	2	
Iridium	77	2	8	18	32	15	2	
Platine	78	2	8	18	32	17	1	
Or	79	2	8	18	32	18	1	
Mercure	80	2	8	18	32	18	2	
Thallium	81	2	8	18	32	18	3	
Plomb	82	2	8	18	32	18	4	
Bismuth	83	2	8	18	32	18	5	
Polonium	84	2	8	18	32	18	6	
Astate	85	2	8	18	32	18	7	
Radon	86	2	8	18	32	18	8	
Francium	87	2	8	18	32	18	8 1	
Radium	88	2	8	18	32	18	8 2	
Actinium	89	2	8	18	32	18	9 2	
Thorium	90	2	8	18	32	18	10 2	
Protactinium	91	2	8	18	32	20	9 2	
Uranium	92	2	8	18	32	21	9 2	
Neptunium	93	2	8	18	32	23	8 2	
Plutonium	94	2	8	18	32	24	8 2	
Américium	95	2	8	18	32	25	8 2	
Curium	96	2	8	18	32	25	9 2	
Berkélium	97	2	8	18	32	25	10 2	
Californium	98	2	8	18	32	27	9 2	
Einsteinium	99	2	8	18	32	27	10 2	
Fermium	100	2	8	18	32	29	9 2	
Mendélévium	101	2	8	18	32	29	10 2	
Nobélium (?)	102	2	8	18	32	32	8 2	
Lawrencium	103	2	8	18	32	32	9 2	
(?)	104	2	8	18	32	32	10 2	

APPENDICE C

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES, ABRÉVIATIONS, UNITÉS ET SYMBOLES DE QUANTITÉ SI, ET PRÉFIXES COMMUNS SI

Propriété électrique	Abréviation	Unité SI	Symbole SI
Force électromotrice	E (EMF)	volt	V
Potentiel électromoteur	V	volt	V
Courant électrique (passage d'électrons)	I	ampère	A
Charge électrique (quantité d'électrons)	Q	coulomb	C
Capacité	C	farad	F
Autoinductance	L	henry	H
Inductance mutuelle	M	henry	H
Réductance	R_m	réci-proque henry	H^{-1}
Flux magnétique	Φ	weber	Wb
Réactance de capacité	X_C	ohm	Ω
Réactance inductive	X_L	ohm	Ω
Impédance	Z	ohm	Ω
Résistance	R	ohm	Ω
Énergie électrique	E	joule	J
Puissance électrique	P	watt	W
Fréquence	f	hertz	Hz

FIGURE C-1 Propriétés électriques, abréviations, unités et symboles SI.

Préfixe	Valeur	Symbole
téra	mille milliards (10^{12})	T
giga	un milliard (10^9)	G
méga	un million (10^6)	M
kilo	mille (10^3)	k
hecto	cent (10^2)	h
déca	dix (10^1)	da
déci	un dixième (10^{-1})	d
centi	un centième (10^{-2})	c
milli	un millième (10^{-3})	m
micro	un millionième (10^{-6})	μ
nano	un milliardième (10^{-9})	n
pico	mille milliardième (10^{-12})	p

FIGURE C-2 Préfixes communs SI, valeurs et symboles.

APPENDICE D

CODES DE COULEUR DES RÉSISTANCES ET DES CONDENSATEURS

FIGURE D-1 Code des couleurs de résistance.

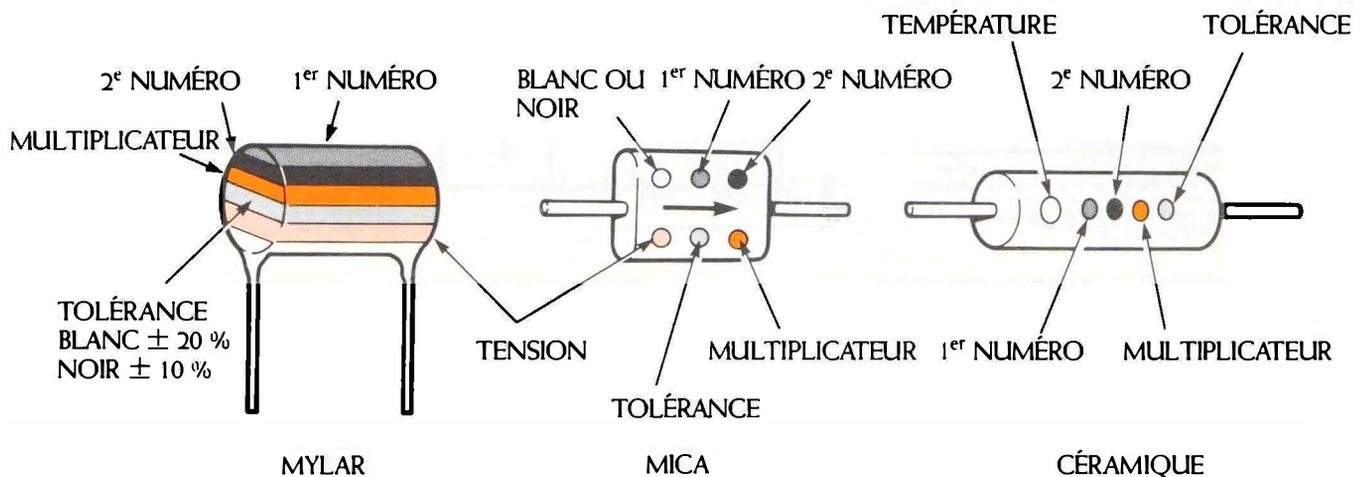
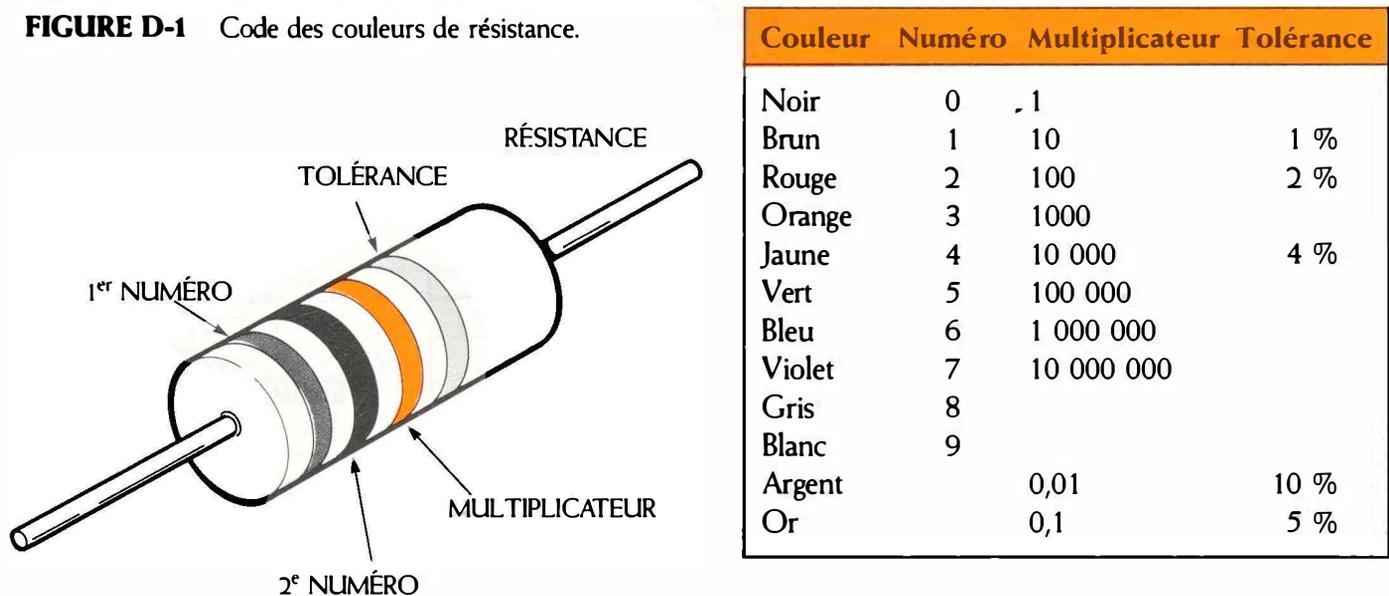
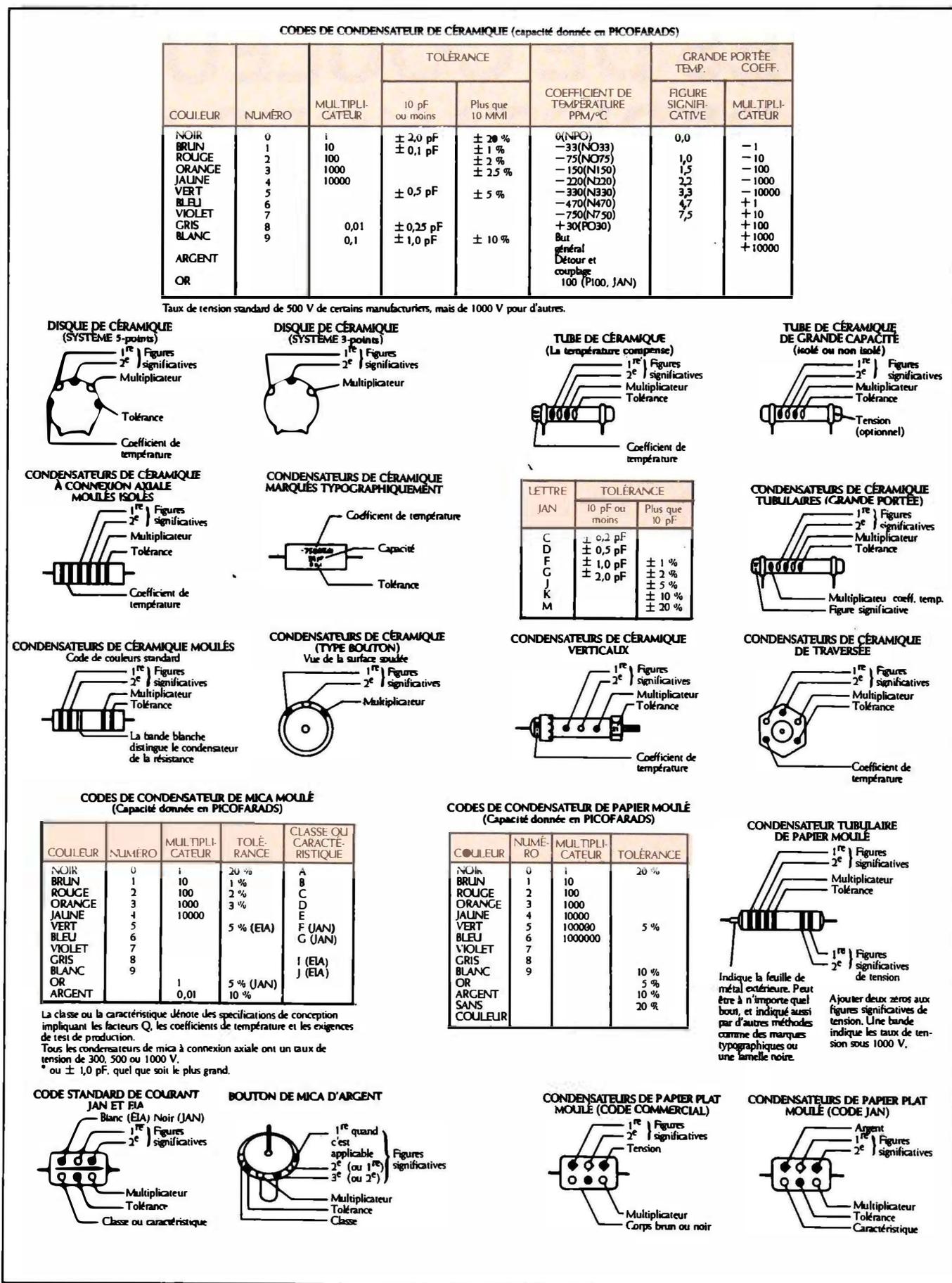


FIGURE D-2 Code des couleurs de condensateur.

FIGURE D-2 (suite) Code des couleurs de condensateur.



PROCÉDÉS DE PLACAGE ET DE DÉCAPAGE DE PLAQUES DE CIRCUIT IMPRIMÉ

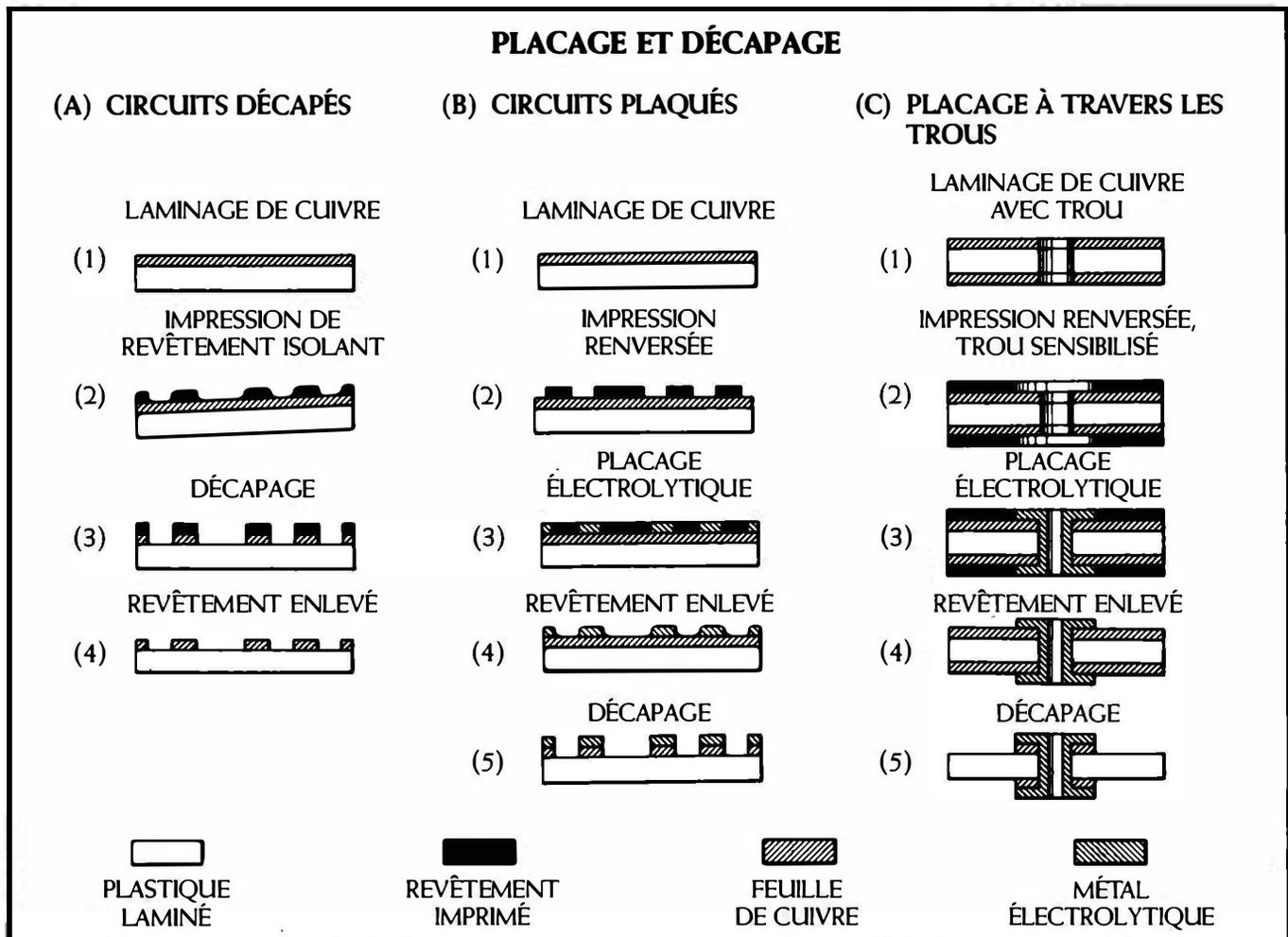


FIGURE E-1 Contours et broches d'emballages de semiconducteurs.

DESCRIPTION DES BROCHES ET DES EMBALLAGES DE SEMICONDUCTEURS

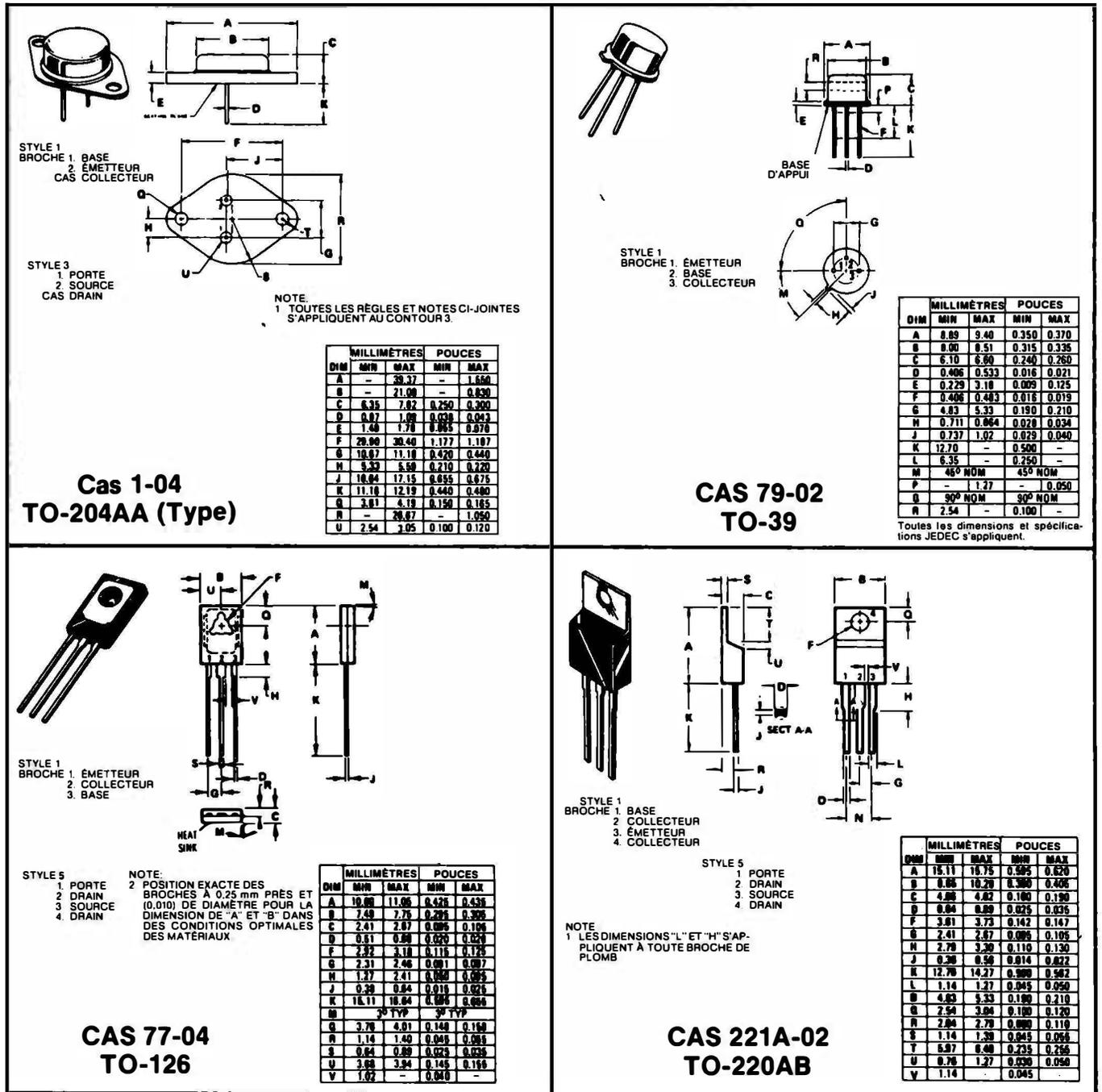


FIGURE F-1 Contours et broches d'emballages de semiconducteurs.

(données manufacturières)

APPENDICE G

Réponses aux questions de vos tests

CHAPITRE 1

1. (a)
2. (d)
3. (b)
4. (c)
5. (b)
6. (b)
7. (a)
8. (d)
9. (d)
10. (b)

CHAPITRE 2

1. (d)
2. (d)
3. (a)
4. (b)
5. (d)
6. (c)
7. (b)
8. (a)
9. (d)
10. (b)

CHAPITRE 3

aucun

CHAPITRE 4

1. (b)
2. (a)
3. (d)
4. (c)
5. (a)
6. (a)
7. (d)
8. (b)
9. (c)
10. (b)

CHAPITRE 5

1. (d)
2. (b)
3. (d)
4. (a)
5. (b)
6. (d)
7. (b)

8. (d)

9. (b)

10. (d)

CHAPITRE 6

1. (a)
2. (d)
3. (c)
4. (b)
5. (d)
6. (d)
7. (a)
8. (d)
9. (c)
10. (d)

CHAPITRE 7

1. (b)
2. (a)
3. (a)
4. (d)
5. (c)
6. (b)
7. (b)
8. (a)
9. (b)
10. (d)

CHAPITRE 8

1. (d)
2. (d)
3. (d)
4. (a)
5. (d)
6. (d)
7. (d)
8. (a)
9. (c)
10. (a)

CHAPITRE 9

1. (d)
2. (c)
3. (b)
4. (a)
5. (c)
6. (b)

7. (b)

8. (d)

9. (d)

10. (c)

CHAPITRE 10

1. (a)
2. (c)
3. (d)
4. (d)
5. (a)
6. (c)
7. (b)
8. (a)
9. (d)
10. (a)

CHAPITRE 11

1. (c)
2. (a)
3. (d)
4. (d)
5. (a)
6. (a)
7. (d)
8. (a)
9. (c)
10. (c)

CHAPITRE 12

1. (d)
2. (c)
3. (d)
4. (d)
5. (a)
6. (b)
7. (c)
8. (b)
9. (d)
10. (a)

CHAPITRE 13

1. (d)
2. (a)
3. (c)
4. (a)
5. (a)

6. (d)

7. (d)

8. (a)

9. (d)

10. (d)

CHAPITRE 14

1. (d)
2. (b)
3. (c)
4. (b)
5. (c)
6. (d)
7. (d)
8. (d)
9. (d)
10. (c)

CHAPITRE 15

1. (c)
2. (b)
3. (d)
4. (c)
5. (a)
6. (c)
7. (d)
8. (c)
9. (a)
10. (b)

CHAPITRE 16

1. (a)
2. (d)
3. (c)
4. (d)
5. (a)
6. (b)
7. (a)
8. (c)
9. (c)
10. (b)

CHAPITRE 17

1. (d)
2. (a)
3. (a)
4. (b)

5. (c)

6. (c)

7. (d)

8. (b)

9. (c)

10. (a)

CHAPITRE 18

1. (b)
2. (d)
3. (a)
4. (d)
5. (c)
6. (d)
7. (b)
8. (c)
9. (d)
10. (d)

CHAPITRE 19

1. (c)
2. (b)
3. (c)
4. (a)
5. (c)
6. (b)
7. (a)
8. (c)
9. (c)
10. (d)

CHAPITRE 20

1. (c)
2. (a)
3. (b)
4. (d)
5. (c)
6. (d)
7. (a)
8. (d)
9. (b)
10. (c)

GLOSSAIRE

A

Accepteur: v. Cristal type-P.

Action bistable: Une action qui peut se produire dans l'une ou l'autre de deux directions.

Aimant: Un matériel qui maintient un champ magnétique de force autour de lui et en lui.

aimant artificiel: aimant fabriqué avec du matériel magnétique.

aimant permanent: un aimant artificiel qui garde son magnétisme plus ou moins longtemps.

aimant temporaire: un matériel dans lequel le magnétisme est produit par un champ magnétique extérieur; le matériel retiendra seulement un peu de magnétisme rémanent à la disparition du champ extérieur.

Aimanté: Se dit d'un matériel dont les aimants atomiques sont alignés entre eux.

Aire: v. Zone.

Alésoir: Un outil pour tracer des lignes sur le métal ou du plastique; les alésoirs sont habituellement faits d'un métal de calibre plus lourd que les pointes à tracer.

Alliage: Métal pur mêlé à de petites quantités d'autres matériaux; le bronze, le cuivre, l'étain et l'acier sont des alliages communs.

Alternateur: Un générateur qui produit du courant alternatif plutôt que du courant continu.

Ampère: Unité SI-employée pour mesurer des quantités de courant électrique. Symbole: A

Amplification: Augmentation de tension, de courant, de fréquence ou de résistance.

Anode: Électrode ou câble positif.

Armature (induit): Partie rotative d'un générateur.

Atome: La plus petite portion d'un élément qui conserve encore les propriétés de l'élément.

Axe X: Ligne graduée horizontale sur un oscilloscope.

Axe Y: Ligne graduée verticale sur un oscilloscope.

B

Bagues collectrices: Conducteurs sur lesquels les brosses frottent dans un générateur lorsque l'induit tourne.

Bascule: Circuit multivibrateur qui peut être «basculé» par un signal déclencheur d'une position ou d'un état dans un autre; les bascules sont employées comme commutateurs contrôlés électroniquement dans l'électronique numérique.

Base: Mince couche du milieu d'un transistor.

Bobinage (enroulement): Tours de fil autour d'une armature, d'un électro-aimant, d'un transformateur ou d'un inducteur.

enroulement anti-inductif: bobinage de deux inducteurs séparés et roulés côte à côte pour faire un transformateur spécial.

Bobine d'arrêt (inducteur): Inducteur employé pour affaiblir (limiter) le passage du courant dans un circuit C.A.; les bobines d'arrêt servent à sélectionner les fréquences radio (des postes).

Bobine primaire: Bobine transformatrice connectée à une source d'énergie de C.A.

Bobine secondaire: Bobine transformatrice dans laquelle du courant alternatif est induit par le champ magnétique d'expansion ou de chute autour de la bobine primaire.

Borne: Matériel employé comme point de connexion d'un ou de plusieurs fils ou composantes; en électronique, les bornes sont habituellement montées sur des plaquettes que l'on soude ou que l'on munit de vis-bornes.

Borne d'attaches: Type de borne électronique souvent employé sur de l'équipement de test électrique et les sources d'énergie.

Brosses: Conducteurs faits d'un composé de cuivre, lesquels frottent sur un induit de bagues collectrices et transmettent l'énergie électrique aux bornes extérieures.

C

Câble de ruban: Groupe de conducteurs en parallèle mais séparés et dont l'isolant est moulé d'une seule pièce.

Capacité: Faculté d'un condensateur d'emmagasiner temporairement de l'énergie électrique pour créer une charge entre les plaques.

capacité parasite: résistance de capacité indésirée résultant d'un groupe de conducteurs liés ensemble.

Cathode: Électrode ou câble négatif.

Cellule photoélectrique (photovoltaïque): Pile qui peut convertir directement l'énergie de la lumière en énergie électrique. v. Pile.

Champ de force électrostatique: Zone d'attraction ou de répulsion qui entoure des électrons et des protons.

Champ de force magnétique: Zone d'attraction qui entoure un aimant.

Charge: Dispositif électrique ou électronique, ou une composante, qui utilise une partie de l'énergie

- des électrons forcés de passer à travers lui.
- Charge négative:** 1. Charge qui porte un électron. 2. Charge qui se produit quand il y a un surplus d'électrons libres.
- Charge positive:** 1. Charge portée par un proton. 2. Charge qui se produit où il y a une déficience d'électrons.
- Charges électriques, Loi des:** La Loi des Charges électriques établit que des charges contraires s'attirent et que des charges semblables se repoussent.
- Chemin:** Route par laquelle des électrons peuvent passer.
- Chute de tension:** Perte de tension due à la résistance. v. Tension.
- CI linéaire:** Circuit intégré conçu pour avoir un niveau de sortie proportionnel à son niveau d'entrée; les CI linéaires sont employés dans des amplificateurs.
- CI numérique:** Circuit intégré conçu pour remplir des fonctions logiques et mathématiques.
- Circuit:** Se dit d'une source, d'un conducteur négatif, d'une charge et d'un conducteur positif connectés pour laisser passer du courant à travers eux.
- circuit complet:** dont le chemin est complet et ininterrompu de la source à la charge et encore au retour.
- circuit complexe:** à la fois en série et en parallèle.
- circuit en parallèle:** qui a plus qu'un chemin par où les électrons peuvent passer.
- circuit en série:** qui n'a qu'un chemin par où peuvent passer des électrons.
- circuit filtre:** employé pour sélectionner des fréquences spécifiques ou des bandes de fréquences.
- circuit simple:** qui n'a qu'une simple source, un conducteur négatif, une charge et un conducteur positif.
- court-circuit:** un circuit à travers lequel un courant peut contourner la charge.
- Circuit intégré (CI):** Mince pastille (puce) semi-conductrice contenant toutes les diodes, les transistors, les condensateurs, les résistances (résistors) et les autres composantes semi-conductrices nécessaires pour former un circuit complet.
- Ciseau à feuille de métal:** Un gros couteau monté sur un bâti pour faire des coupes droites dans une feuille de métal.
- Ciseaux à main:** Outil, de la forme d'une grosse paire de ciseaux, employé pour couper du métal de jauge mince.
- Clef Allen (clef hexagonale):** Outil consistant en une barre hexagonale pliée à 90° près d'un bout et servant à visser des vis Allen (hexagonales).
- Clef à molette (clef ajustable):** Clef dotée d'un mors ajustable, conçue pour visser ou serrer des écrous mécaniques.
- Code de couleurs:** 1. Code employé pour identifier les valeurs et les tolérances d'une résistance et d'un condensateur. 2. Code employé pour identifier la fonction d'un fil de connexion dans un circuit.
- Collecteur:** Couche extérieure d'un transistor qui reçoit des électrons émis par la couche de l'émetteur mais qui ne peuvent pas passer par la base.
- Commutateur (interrupteur):** Dispositif qui contrôle le passage du courant dans un circuit lorsqu'il est ouvert ou fermé.
- Commutateur de sensibilité:** Contrôle sur un voltmètre ou un oscilloscope qui détermine la portée des valeurs que le dispositif de test mesurera.
- Composante active:** Une composante électronique capable de générer un signal électronique dans les bonnes conditions; les transistors, les R.C.S. et autres semiconducteurs sont des composantes actives.
- Composante passive:** Une composante électronique qui ne génère pas de signal électronique; les résistances, les condensateurs et les inducteurs sont des composantes passives.
- Condensateur:** Composante électronique faite de deux plaques de métal séparées par un isolant; la principale fonction d'un condensateur est d'emmagasiner de l'énergie électrique à être relâchée plus tard dans un circuit.
- condensateur de céramique:** fait avec un diélectrique de céramique.
- condensateur de mica:** fait avec un diélectrique de mica; les condensateurs de mica ont de très hautes tensions de service.
- condensateur électrolytique:** qui emploie comme diélectrique une mince couche d'oxyde de métal; les condensateurs électrolytiques sont polarisés.
- condensateur tubulaire:** enroulé comme un cylindre sur une grande aire de plaque pour sauver de l'espace.
- condensateur variable:** dont la résistance de capacité peut être augmentée ou diminuée par un contrôle.
- Conducteur:** 1. Fil ou chemin de feuille métallique employé pour conduire des électrons d'un

point à un autre. **2.** Élément qui n'a que quelques électrons de valence qui peuvent être déplacés facilement.

Connecteur à soudeur: Conçu pour être soudé à un fil conducteur; employé habituellement à l'intérieur d'un châssis.

Connecteur sans soudeur: Conçu pour être fixé comme une oreille à un fil conducteur; employé pour être connecté à une borne; on l'appelle aussi une «cosse».

Cosse: v. Connecteur sans soudeur.

Coupe-fil diagonal: Pince utilisée pour couper du fil de connexion et des câbles de composante; on s'en sert aussi pour enlever de l'isolant aux bouts des fils.

Courant: Passage d'électrons d'un point à un autre.

courant d'entretien: quantité de courant nécessaire pour maintenir la conduction dans un R.C.S.

courant de pointe (ou de choc): passage d'un gros courant dû à un condensateur non chargé, à des inducteurs dans des circuits en parallèle, etc.

Courant, Loi du: Loi de Kirchhoff sur la relation mathématique entre le courant total dans un circuit en parallèle et le passage du courant dans chaque câble du circuit; cette loi s'exprime ainsi: $I_T = I_1 + I_2 + I_3$, etc.

Courant alternatif (C.A.): Courant qui alterne en dimension et en direction.

Courant collecteur: Courant qui passe par la couche collectrice d'un transistor.

Courant continu (C.C.): Courant constant en dimension et en direction.

Courant de base: Courant qui part de la couche de base d'un transistor.

Courant induit: Courant causé dans un conducteur par l'expansion ou l'affaissement d'un champ magnétique; le courant induit s'oppose toujours à celui qui l'induit.

Crête: Se dit de l'action par laquelle un inducteur dans un circuit C.A. en parallèle augmente momentanément le passage du courant à travers une charge.

Cristal type-N (donneur): Un cristal semi-conducteur qui peut fournir des électrons libres.

Cristal type-P (accepteur): Un cristal semi-conducteur mêlé à une impureté métallique; les liens incomplets (trous) qui en résultent recevront des électrons.

Curseur: Contact mobile glissant qui change la résistance dans une résistance (resistor) variable.

D

Décapage: Gravure à l'eau-forte pour enlever du matériel indésirable par l'action chimique.

Décharge: Transfert rapide d'une charge électrique d'un lieu à un autre.

Dessinateur: v. Graphiste.

Diagramme bloc: Schéma simplifié de l'arrangement global des circuits d'un système électronique.

Diagramme par l'image: Diagramme qui montre le tracé physique des composantes d'un système électronique, du matériel, du câblage ou du châssis; les principaux types de diagramme par l'image sont:

diagramme de harnais: qui montre comment connecter des harnais de câblage.

diagramme de montage du matériel: qui montre l'assemblage et les connexions de matériel électronique.

diagramme de patron de feuille métallique de plaque de circuit imprimé: qui montre l'envers des aires occupées par les chemins de la feuille de cuivre pour connecter des composantes individuelles.

diagramme de tracé par l'image: qui indique la forme, la dimension et la position relative des composantes d'une plaque de circuit.

diagramme de vue agrandie (gros plan): portion en gros plan illustrant des détails difficiles à voir à plus petite échelle.

diagramme du câblage: qui indique le type de fil et les connexions nécessaires entre les composantes de fils et les assemblages.

diagramme du châssis (tracé de fabrication): qui montre comment monter un châssis.

Diamètre nominal: Le plus grand diamètre mesurable entre les filets d'une vis ou autre attache filetée.

Diélectrique: Isolant employé pour séparer les deux plaques d'un condensateur.

Différence de potentiel électromotrice: Puissance d'un courant à passer dans un circuit; la différence de potentiel électromotrice est mesurée aussi en volts.

Diode: Composante électronique qui permet à un courant de passer dans une direction seulement; les anciennes diodes étaient fabriquées comme des tubes à vide, mais aujourd'hui la plupart des diodes sont faites de semi-conducteurs.

diode à signal: conçue pour être employée dans des circuits avec un très faible courant alternatif ou tension qu'on appelle un signal.

diode redresseuse: dont le principal rôle est de changer du C.A. en C.C.

Dissipateur thermique: Attache-fil métallique ou tout dispositif attaché au câble d'une composante pendant une soudure afin d'absorber un surplus de chaleur.

Distanceur: Pièce de matériel tubulaire et creuse que l'on glisse sur la tige d'une vis pour séparer n'importe quel des deux matériels joints avec la vis.

Donneur: v. Cristal type-N.

Dopage: Addition de petites quantités d'impuretés à un matériel pur semiconducteur afin de contrôler ses propriétés électriques.

Dressage: Câblage fait selon un ensemble de règles pour accomplir un travail propre et précis.

E

Effet piézoélectrique: Faculté de changer de la pression mécanique en énergie électrique.

Électricité de courant: Passage des électrons d'un atome à un autre.

Électricité statique: Toute charge électrique, habituellement causée par la friction, qui se crée à la surface d'un objet.

Électro-aimant: Aimant temporaire que l'on fait en enroulant un fil autour d'un noyau de fer doux.

Électrode: Dans une pile, soit le pôle (négatif) que laissent des électrons ou le pôle (positif) vers lequel ils retournent en passant à travers l'électrolyte.

Électrolyte: Solution chimique ou pâte utilisée comme conducteur dans des piles.

Électromagnétisme: Magnétisme induit dans un matériel aimanté par un courant électrique.

Électron: Particule minuscule chargée négativement, qui vibre ou orbite rapidement autour d'un noyau.

Électron de valence: Électron d'une orbite d'un atome de valence.

Électrons libres: Électrons non retenus par un atome et libres de se mouvoir d'un atome à un autre.

Élément: Un des quelque cent types et plus de matière, dont chacun possède ses propres propriétés physiques, chimiques et électriques.

Embranchement: v. Branche.

Émetteur: Nom de la couche extérieure d'un transistor qui émet des électrons dans le transistor.

Empilage: Méthode par laquelle on assemble à

un châssis des vis, des écrous, des rondelles, etc.

Énergie (force, pouvoir, puissance): Force déployée pour faire un travail.

En parallèle: Connecté dans un circuit de telle sorte qu'il y a plus d'un chemin de passage pour le courant.

Enroulement: v. Bobinage.

En série: Connecté dans un circuit de telle sorte qu'il n'y a qu'un chemin de passage pour le courant.

Équerre combinée: Outil à fonctions multiples pour s'assurer que des coins sont à angle droit, pour vérifier des angles à 45° et tracer des angles droits ou des lignes parallèles.

Équerre de menuisier: Outil pour vérifier si des coins sont à angle droit.

Étamage: Procédé d'application d'une mince couche de soudure à une autre surface de métal.

État solide: Se dit de composantes fabriquées d'une pièce solide de matériel (c'est-à-dire des semiconducteurs).

F

Farad: Unité SI pour mesurer des quantités de résistance de capacité. Symbole: F

Fer à souder: Outil de soudage employé pour de la petite soudure de plaque de circuit imprimé; ses pointes sont plus fines que celles de pistolets à souder.

Feuille métallique, Patron de: Tracé des conducteurs de cuivre sur une plaque de circuit imprimé.

Filtrage: Procédé par lequel un condensateur maintient dans un circuit une tension continue en dépit des fluctuations de tension à la source.

Flux: v. Lignes de force magnétique.

Force: v. Énergie.

Force électromotrice (F.E.M.): Force ou pression qui permet au courant de passer dans un circuit; la F.E.M. est mesurée en volts.

Forme, Mise en: Procédé par lequel un condensateur électrolytique est polarisé.

Frein à boîte et à bac: Grosse machinerie indépendante employée pour plier ou courber des feuilles de métal.

Fréquence: Régime par lequel tout phénomène périodique, comme un courant alternatif par exemple, se répète lui-même.

G

Gain: Rapport d'un courant de base d'un transistor à son courant collecteur.

Générateur: Engin rotatif qui produit une source d'énergie C.C.; les bobinages d'un générateur tournent dans un champ magnétique pour produire de l'énergie électrique.

Générer: Créer un courant ou une tension en électricité ou en électronique.

Graphiste: Personne qui dessine des plans précis de production et de service pour les monteurs, les techniciens et les ingénieurs.

Grille d'accumulateur: Gros système de conducteurs électriques employé par les compagnies électriques pour fournir de l'électricité aux maisons, aux usines et aux institutions d'une ou plusieurs agglomérations.

Gyrateur (gyrator): Dispositif à semiconducteur spécial qui peut créer le même effet qu'un inducteur.

H

Hamais: Raccordement, habituellement de nylon, fait autour d'un ensemble de fils de connexion.

Henry: Unité SI pour mesurer des quantités d'inductance. Symbole: H

Hertz: Unité SI pour mesurer la fréquence. Symbole: Hz

I

Îles: Se dit en électronique des pistes de feuille de cuivre qui servent de conducteurs sur des plaques de circuit imprimé.

Impédance: Somme totale de la réactance d'un circuit C.A. et de la résistance du circuit.

Inductance: Faculté d'induire de la tension dans un conducteur quand le courant monte ou chute; l'inductance est le résultat d'une augmentation ou d'une diminution du champ magnétique.

autoinductance (self-induction): force électromotrice produite dans un conducteur transporteur de courant par le propre champ magnétique du conducteur en expansion ou en diminution.

inductance mutuelle: celle qui résulte lorsque deux bobines sont situées de telle sorte que des lignes de force (flux) magnétique entourant une bobine créent une force électromotrice dans l'autre bobine.

inductance parasite: inductance indésirée de champs magnétiques chevauchant un groupe de conducteurs reliés ensemble.

Inducteur: Bobine de fil qui génère un champ magnétique autour d'elle-même quand du cou-

rant passe à travers; si le passage du courant est interrompu, le champ magnétique disparaît et produit un courant opposé dans la bobine.

v. Bobine d'arrêt.

Induit: v. Armature.

Ingénieur: Personne qui conçoit les projets originaux, dessine et donne les spécifications pour la production de nouveaux produits.

Intermédiaire: Pièce de matériel tubulaire et creuse que l'on glisse sur la tige d'une vis pour séparer n'importe quel des deux matériels joints avec la vis.

Interrupteur: v. Commutateur.

Inverseur: Petit circuit logique qui fonctionne comme un petit commutateur; son état de sortie est l'inverse de son état d'entrée.

Ion: Atome qui n'est pas électriquement neutre; les ions peuvent être positifs ou négatifs.

ISO: v. O.I.N.

Isolant: 1. Matériel employé pour isoler un conducteur électrique des autres conducteurs et des surfaces conductrices. 2. Un élément dont les électrons de valence ne peuvent pas se faire déplacer facilement.

isolant de plastique: matériel employé comme isolation de fil de connexion.

isolant «spaghetti»: se dit d'une couche additionnelle de tube plastifié posé sur du fil de connexion.

tubulure fondante à la chaleur: type d'isolant fondu sur des fils de ligature par une faible chaleur.

Isolateur: Matériel employé pour fournir une barrière électrique entre le châssis et un ou plusieurs conducteurs.

isolateur à montage vertical: support employé pour tenir une borne de soudure loin d'un châssis; les montages verticaux servent généralement dans les circuits à haute tension ou de haute fréquence.

isolateur de traversée: support employé pour permettre à un circuit de continuer à travers un châssis métallique sans faire de contact électrique avec le châssis.

J

Joint froid: Connexion qui n'est pas convenablement soudée parce que la chaleur de soudure a été retirée trop tôt ou parce que la soudure a été appliquée directement à la pointe du fer à souder.

K

Kirchhoff: v. Courant (Loi du), et Tension (Loi de la).

L

Liaison covalente: Partage des électrons de valence entre deux ou plusieurs atomes.

Ligature de technicien: Une ligature de fils faite en joignant deux pièces de fil de connexion ensemble par des crochets fermés.

Lignes de force magnétique: Lignes exposées par le champ de force qui entoure un aimant; on les appelle aussi des «lignes de flux».

M

Machiniste (mécanicien): Une personne qui coupe, taille et forme le métal à l'aide d'outils mécaniques tels que des tours à fileter, des affûteuses et des fraiseuses électriques.

Magnétisme, Première Loi du: Cette loi établit que des pôles contraires s'attirent et que des pôles semblables se repoussent.

Magnétisme, Seconde Loi du: Cette loi établit que la répulsion ou l'attraction entre deux aimants est la plus grande quand les aimants sont le plus rapprochés, et la moins grande quand ils sont le plus éloignés l'un de l'autre.

Magnétisme induit: Celui qui peut être induit dans un matériel aimanté en le plaçant dans un champ magnétique.

Magnétisme rémanent: Celui qui demeure dans un aimant temporaire quand on lui retire sa force magnétique induite.

Magnétite: Noyau aimanté naturel (pierres aimantées).

Main gauche, Règle de la: Règle qui permet de trouver la direction d'une force électromagnétique autour d'un conducteur ou d'une bobine.

Matériel aimanté: Tout matériel tel que du fer, de l'acier ou du nickel, qui peut être aimanté.

Matériel électromagnétique: Se dit des matériels tels que des commutateurs, des fiches femelles, des lampes indicatrices et des compteurs qui permettent à l'utilisateur d'un appareil électronique l'accès à ses circuits électroniques.

Matériel physique: Du matériel employé pour isoler ou fournir un support.

Matière: Tout ce qui a une masse et occupe un espace.

Mécanicien: v. Machiniste.

Milliampèremètre (multimètre): Dispositif de test pour mesurer du courant.

Monteur: Personne qui assemble et ajuste les composantes et les circuits d'un produit fini.

Morse, Code: Code d'alphabet développé par Samuel Morse et employé universellement pour envoyer ou recevoir des messages;

chaque lettre du code Morse consiste dans un ou plusieurs points brefs et/ou traits allongés.

Multimètre (VOM): Dispositif de test conçu pour mesurer sélectivement la tension, la résistance ou du courant. v. Milliampèremètre.

Multivibrateur: Circuit conçu pour produire une sortie d'oscillation (changement de va-et-vient); les multivibrateurs consistent en deux amplificateurs connectés croisés.

N

Neutron: Particule relativement grosse, électriquement neutre, dans le noyau d'un atome.

Noyau: Le centre d'un atome; la plus grosse masse d'un atome est située dans le noyau.

O

Ohm: Unité SI pour mesurer des quantités de résistance. Symbole: Ω

Ohm, Loi d': Relation mathématique entre le courant, la tension et la résistance, exprimée ainsi:

$$I = \frac{V}{R} \text{ ou } V = IR \text{ ou } R = \frac{V}{I}$$

Ohmmètre: Dispositif de test conçu pour mesurer la résistance.

O.I.N.: Organisation internationale de normalisation; en anglais **ISO** (International Standards Organization): organisation internationale qui établit des pratiques standardisées, des spécifications, des directives, des désignations, etc., à l'intention des gouvernements, des institutions et des industries à travers le monde. Son quartier général est à Helsinki, en Finlande.

Onde sinusoïdale: Forme caractéristique d'une ondulation de C.A.

Orbite de valence: Orbite la plus éloignée des électrons de tout atome particulier.

Oscillateur: Circuit amplificateur C.A. dans lequel un transistor s'ouvre ou se ferme automatiquement par rétroaction.

Oscillateur de blocage: Circuit d'oscillateur dont la sortie est une impulsion de haute tension.

Oscillation: Mouvement ou changement dans un tracé (ondulation) de va-et-vient.

Oscilloscope: Dispositif de test conçu pour mesurer une tension de signal et fournir de l'information sur la forme de son ondulation, sa fréquence et sa polarité.

P

Particules subatomiques: Particules qui constituent un atome; chacune possède ses propres propriétés électriques et physiques.

Pas: Distance entre deux points de dents adjacentes dans les attaches filetéés métriques; la même distance de filets par pouce dans les attaches filetéés en pouces.

Pâte à souder: Pâte semi-liquide employée pour couvrir des connexions de fil pendant qu'on les chauffe.

Pâte de résine: Fondant non corrosif employé dans les travaux électriques et électroniques.

Perceuse électrique: Outil mécanique pour percer des trous précis dans un travail plat.

Perte de puissance: Puissance perdue à la suite de la conversion de l'énergie électrique en toute autre forme d'énergie.

Photorésistance: Se dit d'une résistance (résistor) dont la résistance varie selon l'intensité de la lumière qui frappe sa zone photosensible; on l'appelle aussi «photoresistor» ou LDR (light-dependent resistor).

Photovoltaïque: v. Cellule photoélectrique.

Pierres aimantées: v. Magnétite.

Piézoélectrique: v. Effet piézoélectrique.

Pile (cellule): Convertisseur d'énergie ou unité simple d'une batterie.

pile d'emmagasinage (secondaire): pile qui doit être chargée avant d'être utilisée; ces piles peuvent être rechargées plusieurs fois avant de faire défaut.

pile sèche (primaire): pile pourvue d'un électrolyte fait d'une pâte épaisse qui ne renverse pas; la plupart des piles sèches ne sont pas rechargeables.

pile voltaïque: originellement un convertisseur fait en plaçant deux bandes de métal différentes dans un électrolyte. v. Cellule.

Pincés à bec plat: Pincés munies d'un mors plat et d'une surface de serre fine.

Pincés à bec rond: Pincés avec un bec rond et une surface de serre fine.

Pincés à jointure (pincés universelles): Pincés spéciales avec de longues poignées et des mors parallèles ajustables.

Pincés à long bec: Pincés à long bec ou à long nez, employées pour courber des fils et des câbles de composante; elles peuvent servir aussi comme dissipateur thermique quand on soude de petites composantes.

Pincés de technicien: Pincés avec une surface coupante au bout du bec long et mince; on

les appelle également pincés universelles.

Pincés-étai: Pincés spéciales avec des mors ajustables qui peuvent être bloqués en place dans une variété de positions d'ouverture.

Pincés universelles: v. Pincés à jointure et pincés de technicien.

Pistolet à souder: Outil ressemblant à un pistolet, employé pour la soudure de câblage général à un travail de châssis.

Plaque de circuit imprimé (p.c.i.): Plaque isolante sur laquelle sont «imprimés» des conducteurs par un procédé de gravure à l'eau-forte, et sur laquelle on monte ensuite de petites composantes.

Plaquette de barrage: Bande de vis-bornes, ainsi nommée à cause de la barrière entre les bornes pour empêcher des courts-circuits accidentels.

Poinçon à feuille de métal: Outil pour percer des trous dans une feuille de métal.

Pointe à tracer: Outil pour tracer des lignes sur du métal ou du plastique.

Pointeau: Outil pour marquer le centre des trous à percer ou à poinçonner.

Polarisation: Une plus grande différence de puissance électromotrice (tension) dans une direction plutôt qu'une autre.

autopolarisation: polarisation créée par une chute de tension à travers une cathode de résistance.

polarisation directe (d'avant): source de puissance connectée à travers un joint PN afin que ce courant passe par le joint.

polarisation fixe: tension de polarisation fournie par une source fixe.

polarisation inverse (renversée): source de puissance connectée à travers un joint PN afin que peu ou pas de courant ne passe par le joint.

Polarisé: Employé pour décrire un dispositif électronique ou un aimant qui a développé un pôle positif et un pôle négatif.

Pôle: 1. Sur un aimant: zone où entrent ou sortent des lignes de force magnétique concentrées. 2. Sur une source d'un condensateur électrolytique: zone où il y a abondance concentrée ou absence de charge positive ou négative.

pôle nord: 1. zone sur un aimant où des lignes de force magnétique entrent en nombre concentré; 2. zone sur des dispositifs électroniques où des atomes manquent d'électrons de valence.

pôle sud: 1. zone sur un aimant où des

lignes de force magnétique sortent en nombre concentré; **2.** zone sur des dispositifs électroniques où il y a une concentration d'électrons libres.

Porte logique: Circuit logique qui fonctionne comme un commutateur minuscule; le niveau de tension de sortie de porte dépend des niveaux appliqués de tension d'entrée de porte.

Potentiel de barrière: Différence potentielle à travers un joint NP.

Pouvoir: v. Énergie.

Proton: Particule relativement grosse, chargée positivement, que l'on trouve dans le noyau d'un atome.

Puissance: v. Énergie.

Q

QUADRAC: Semiconducteur spécial qui fonctionne comme un relais dans un circuit C.A.

R

Rapport (taux): Quantité d'une substance comparativement à celle d'une autre substance; on exprime ce rapport en divisant la première quantité par la seconde quantité.

Rapport de transformation: Rapport du nombre de tours (enroulements) sur la bobine primaire d'un transformateur à celui de la bobine secondaire.

Réactance inductive: Opposition au passage du courant causé par l'inductance dans un circuit C.A.

Rédacteur technique: Personne qui rédige les manuels d'installation, d'opération et de service de tout équipement électronique.

Redressement: Conversion d'un courant alternatif en courant continu.

Redresseur commandé au silicium (R.C.S.): Dispositif à semiconducteur à quatre couches qui agit comme une diode redresseuse quand celle-ci conduit du courant; le R.C.S. requiert une faible impulsion de courant pour commencer à conduire du courant ainsi qu'un niveau de courant minimal pour maintenir la conduction. Les R.C.S. remplacent les relais dans de nombreux circuits de contrôle.

Région: v. Zone.

Relais: Dispositif électromécanique qui sert à contrôler le passage du courant dans un circuit séparé; on s'en sert aussi pour isoler un circuit de contrôle d'un circuit contrôlé.

Réductance: Résistance qu'offre un matériel au passage ou à la conduite de lignes de force

magnétique; les matériels avec une faible réductance offrent peu de résistance aux lignes de force magnétique tandis que ceux qui ont une grande réductance offrent une grande résistance.

Résistance: Opposition qu'offre un matériel au passage du courant.

résistance de ligne: faible résistance offerte par tout conducteur au passage du courant.

Resistor: (terme anglais pour le dispositif de résistance.) Composante électronique conçue pour limiter le passage du courant dans un circuit électronique.

résistance de faible puissance: dispositif qui produit seulement une faible chute de puissance dans un circuit.

résistance de grande puissance: gros dispositif qui produit une quantité considérable de chute de puissance dans un circuit électronique.

résistance variable: dispositif dont la résistance peut être augmentée ou abaissée par un contrôle; de petites résistances variables peuvent être ajustées avec un tournevis et sont parfois appelées détourees.

Rétroaction: Retour d'une portion d'un signal de sortie au signal d'entrée qui l'a créé.

Revêtement isolant: Pâte grasseuse qui résiste au procédé chimique de gravure à l'eau-forte; on s'en sert pour enlever le cuivre indésirable d'une plaque de circuit vierge.

Rondelle: Disque mince avec un trou au centre, conçu pour couvrir la tige d'une vis.

rondelle de blocage: sert à bloquer des pièces jointes ensemble afin que celles-ci ne lâchent pas à la suite de vibrations, de coups, etc.

rondelle non métallique: sert à isoler des vis et des écrous d'un châssis de métal.

rondelle plate: sert à protéger des surfaces du dommage causé par le serrage des vis et des écrous.

Rotor: Plaque de dessus sur un condensateur de céramique appelé détoureuse.

Rupture: Point d'entrée ou de sortie d'un fil dans un hamais.

S

Semiconducteur: **1.** Élément, tel que du germanium ou du silicium, qui n'est ni un bon conducteur ni un bon isolant; habituellement des éléments semiconducteurs n'ont que quatre électrons de valence. **2.** Composante électronique créée par le dopage d'un matériel semiconducteur

avec de petites quantités d'impuretés conductrices afin de le faire agir dans des circonstances spécifiques.

Semiconducteurs spéciaux: Des semiconducteurs tels que des TRIAC, des QUADRAC, des transistors à effet de champ (T.E.C.) et des redresseurs commande au silicium (R.C.S.), conçus pour remplir des fonctions spécifiques.

Série fine: Se dit de la série (groupe) de filets d'une vis dont les pas sont plus petits que ceux de la grosse série correspondante.

SI: Abréviation standard pour Système International d'Unités, système métrique universel auquel le Canada adhère.

Signal: Tension ou faible courant alternatif qui peut être changé en toute autre forme d'énergie.

Solénoïde: 1. Conducteur enroulé sur une bobine. 2. Dispositif électromécanique consistant en une bobine avec un noyau de fer mobile, ou bouton interrupteur.

Soudure: Alliage d'étain et de plomb.

Source: Dispositif qui produit la force électromotrice et devient alors une source d'électrons libres.

Stator: Plaque du fond d'un condensateur d'équilibre fait de céramique.

Substrat: Dans un circuit intégré, la couche de base d'une pastille en silicium où on forme des composantes électroniques individuelles.

T

Taux: v. Rapport.

Technicien de l'environnement: Personne qui fait les tests des composantes dans l'environnement auquel elles seront soumises, afin de s'assurer qu'elles fonctionnent convenablement et en toute sécurité.

Technicien en dessin industriel: Personne qui conçoit un plan mécanique exact d'un nouveau projet basé sur son environnement projeté, son usage et son installation.

Technicien en montage: Personne qui construit le prototype d'un nouvel appareil et fait les suggestions pour que son montage soit efficace et peu coûteux.

Technicien en réparations: Personne qui assure le service ou répare les appareils électroniques.

Tension, Loi de la: Loi de Kirchhoff sur la relation mathématique entre la tension totale de source dans un circuit en série et la chute de tension à travers chaque charge dans le circuit; cette loi s'exprime ainsi:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3, \text{ etc.}$$

Tension (voltage): Force ou différence de puissance électromotrice entre deux points dans un conducteur qui transporte du courant.

tension de crête: distance de toute ondulation sur un oscilloscope, de l'axe X à la crête de l'axe Y.

tension de crête-à-crête: distance sur un oscilloscope de la crête de l'axe Y positif à la crête de l'axe X négatif.

tension de rupture: quantité minimale de tension nécessaire à travers une cathode et une anode d'un R.C.S. pour que la conduction se fasse.

Tension de service: Tension à laquelle un dispositif électronique ou électrique est normalement soumise; la tension de service d'un condensateur est normalement la moitié de son taux de tension.

Tension nominale: Tension maximale à laquelle il est sûr d'opérer un dispositif électronique ou électrique. v. Chute de tension.

Test: Mesure prise en électronique pour déterminer l'opération d'un circuit.

test de circuit chaud (vivant): test fait dans un circuit alimenté (chaud).

test de circuit froid (mort): test qualitatif fait dans un circuit non alimenté (froid).

test qualitatif: test qui détermine seulement la présence ou l'absence de tension, de courant ou de résistance.

test quantitatif: test qui détermine la valeur spécifique de la tension, du courant ou de la résistance dans un circuit.

Thermocouple: Dispositif qui peut convertir de l'énergie calorique en énergie électrique.

Transformateur: Dispositif électrique/électronique employé pour changer un niveau de courant alternatif ou de tension en un autre.

transformateur dévolteur (abaisseur): dont le niveau de sortie est moindre que son niveau d'entrée.

transformateur isolant: sert à isoler électriquement un circuit d'un autre; son niveau de sortie est le même que son niveau d'entrée.

transformateur survolteur (élévateur): dont le niveau de sortie est plus grand que son niveau d'entrée.

Transistor: Composante semiconductrice employée pour amplifier ou générer des signaux.

Transmetteur: Dispositif qui peut convertir une forme d'énergie directement en une autre forme d'énergie.

Travailleur des métaux: Spécialiste dans le

travail des métaux; les travailleurs de feuille de métal, les machinistes, les mécaniciens et les soudeurs sont quelques-uns des spécialistes du travail des métaux.

TRIAC: Semiconducteur spécial qui fonctionne comme un relais dans un circuit C.A.

Tolérance: Se dit des valeurs de limite dans lesquelles on doit s'attendre à voir fonctionner des appareils ou des dispositifs tels qu'une résistance.

Tournevis: Outil qui sert à visser (tourner) des vis; les types de tournevis les plus souvent employés dans les travaux électroniques sont du genre à fente (standard), Phillips et Robertson.

Tournevis à écrous: Outil qui visse des écrous à la machine avec une fiche femelle hexagonale.

V

Valeur efficace: Valeur d'un C.A. qui produit la même quantité de travail que la même valeur d'un C.C.

Vieillessement: Changement des caractéristiques d'une composante électronique causé par une chaleur prolongée, le refroidissement, la vibration et la force électromotrice.

Vis à feuille de métal: Vis guidée pour tenir ensemble des pièces de feuille de métal.

Vis-borne: Borne à laquelle des conducteurs sont assujettis par une vis.

Vis et écrous mécaniques: Vis et écrous employés pour serrer ensemble les parties d'un châssis ou de grosses composantes à un châssis.

Vis guidée: v. Vis à feuille de métal.

Volt: Unité SI pour mesurer des quantités de tension. Symbole: V

Voltage: v. Tension.

Voltmètre: Dispositif de test pour mesurer la tension.

VOM: v. Multimètre.

W

Watt: Unité SI pour mesurer des quantités de puissance. Symbole: W

Z

Zone d'appauvrissement (aire, région):

Petite zone à un joint NP qui n'a pas de trous ni d'électrons libres.

INDEX

- A**
 - Abréviations, 82, 227
 - Accepteur (cristal type-P), 205
 - Accumulateur, Grille d', 148
 - Aimants, 161-162, 163
 - électro-aimants, 162, 166-169
 - Alésoir, 17-18
 - Allen, Clef, 15, 16
 - Alliage, 64
 - Alternateur, 148
 - Ampère (A), 81
 - Amplification, 93, 209-210
 - Anode, 212
 - Antenne, 54, 55, 90
 - Aptitudes manuelles, 7
 - Armature, 147
 - Atomes, 138-139
 - aimants atomiques, 163
 - structure électronique des, 225-226
 - Axe X, 130
 - Axe Y, 130
- B**
 - Bagues collectrices, 147
 - Bascule, 28, 34
 - Base, Courant de, 208-209
 - Batterie, v. Piles
 - Blindage magnétique, 165-166
 - Bobinage, 147
 - Bobine primaire, 90
 - Bobines, 90, 168-169
 - Bobines d'arrêt, 90, 195
 - v. Inducteurs
 - Bobine secondaire, 90
 - Bohr, Niels, 138
 - Borne d'attaches, 76
 - Bornes, 77
 - Boussole, 161
 - Branche, 102-103
 - (dérivation, embranchement)
 - Broches (emballages), 95, 213, 232
 - Brosses de générateur, 147
- C**
 - Câblage, 101-104
 - câbles de ruban, 103-104
 - harnais, 102-103, 104
 - Câblage, Diagramme de, 57, 58
 - Câblage manuel, Techniques de, 101
 - Câbles, Courbe des, 18-19, 101
 - Câbles de ruban, 103-104
 - Capacité, 82, 85
 - parasite, 104
 - Carrières en électronique, 5-7
 - Cathode, 212
 - Cellule photoélectrique (voltaïque), 148-149
 - Champ de force électrostatique, 139
 - Champ magnétique, 163, 164, 168
 - Charge, 142, 155
 - Charge négative, 139
 - Charge positive, 139
 - Charges électriques, Loi des, 139
 - Châssis, Diagramme de tracé de, 58-59, 64-65
 - Châssis, Fabrication, 69-70
 - Chemin, 142
 - Chute de tension, 175, 176
 - Circuits, 155-157
 - circuit complet, 142
 - circuit complexe (en série et en parallèle), 156-157
 - circuit simple, 155
 - contrôles dans les, 157
 - court-circuit, 155
 - en parallèle, 128, 156, 176-177
 - en série, 129, 156, 175-176
 - «levien», 212-213
 - Circuits intégrés (CI), 42, 48, 53, 91, 96-97, 218-221
 - construction des, 219-220
 - emplois des, 218
 - linéaire, 221
 - numérique, 220-221
 - Ciseau à feuille de métal, 65-66
 - Ciseaux à main, 18
 - Clef à molette, 15-16
 - Codes de couleur, v. Couleurs
 - Collecteur, 209
 - Commutateur (interrupteur), 16, 157
 - Commutateur de gammes, 127, 128
 - Composantes actives, 81
 - Composantes passives, 81
 - Compteur de niveau audio LED, 48-52
 - Condensateurs, 82, 85-89, 181-188
 - code de couleurs pour les, 86, 87, 88-89, 229-230
 - construction des, 181-185
 - dans les circuits C.A., 186-187
 - dans les circuits C.C., 185-186
 - emplois des, 181
 - en parallèle, 188
 - en série, 188
 - fonction des, 85
 - tension maximale, 86
 - types, 85-89
 - variables, 89, 184-185
 - Conducteurs, 140
 - Connecteurs à soudure, 72
 - Connecteurs sans soudure (cosses), 72
 - Conversion dynamique du son, 150-151
 - Cosses (connecteurs sans soudure), 72
 - Couleurs, Codes des, 83
 - pour les condensateurs, 86, 87, 88-89, 230
 - pour les fils (le câblage), 102
 - pour les résistances, 84, 229
 - Coupe-fils diagonal, 13
 - Courant, 81, 140
 - alternatif (C.A.), 82
 - calcul du, 175

- continu (C.C.), 82
- d'entretien, 212
- de pointe (de choc), 186, 194
- Loi (du Courant) de Kirchhoff, 176-177
- primaire, 199, 200
- secondaire, 199, 200
- Courant induit, 89, 147, 194
- Court-circuit, 155
- Crête, 195
- Crête, Tension de, 130
- Crête-à-crête, Tension, 130
- Cristal type-N (donneur), 205
- Cristal type-P (accepteur), 205
- Curseur, 174
- D** Décapage, 119, 120, 231
- Décharge, 141
- Dérivation (branche), 102, 103
- Désaimantation, 165
- Dessinateurs (graphistes), 6, 7
- Dessoudure, 111-112
- Diagramme bloc, 56
- Diagramme de vue agrandie (gros plan), 57, 59
- Diamètre nominal, Plus grand, 73
- Diélectrique, 85
- Différence de potentiel électromotrice, 81
- Diodes, 91-93, 204
 - à faible signal, 92-93
 - de jonction, 205-208
 - redresseuses (de puissance), 93
- Diodes électroluminescentes (LED), 39-42
- Dissipateur thermique, 13, 16, 55, 111
- Distanceurs, 75
- Donneur (cristal type-N), 205
- Dopage, 205, 219
- Dressage, 101
- Dufoy, Charles, 139
- E** Éclair, 141
- Éclairage de secours routier, 28-31
- Écrous et vis mécaniques, 73-74
- Électricité de courant, 142
- Électricité statique, 141-142
- Électro-aimants, 162, 166-169
- Électrodes, 145
- Électrolyte, 145
- Électrons, 139, 140, 141, 142
 - libres, 205
- Électrons de valence, 140, 141, 204
- Éléments, 138, 204
 - structure électronique des atomes, 225-226
- Emballages (broches), 95, 214, 232
- Embranchement (branche), 102, 103
- Empilages, 76
- Énergie (puissance), 84
- Énergie électrique, Sources de l', 82, 142, 145-151, 153
- Énergie magnétique, Source d'électricité de l', 147-148, 161
- Énergie thermique, Électricité de l', 151
- Enroulement anti-inductif, 199
- Enroulements, 109, 147
- En série, 129
- Environnement, Techniciens de l', 7
- Équerre combinée (à fonctions multiples), 17
- Équerre de menuisier, 17
- Équipement, Maniement de l', 10-11
- Étamage, 108-109
- F** Farad (F), 82
- Fer à souder, 16-17, 121
- Filtrage, 186
- Flux, v. Lignes de force magnétiques
- Force électromotrice (F.E.M.), 81, 140, 142
- Forme, Mise en, 183
- Franklin, Benjamin, 139, 142
- Frein à boîte et à bac, 67-68
- Fréquence, 82, 131
- Fusibles, 155
- G** Gain, 209
- Générateurs, 147, 148
- Gilbert, William, 162
- Graphistes (dessinateurs), 6, 7
- Grille d'accumulateur, 148
- Gros plan (diagramme de vue agrandie), 57, 59
- Grower, Rondelles, 74-75
- Gyrateur, 91
- H** Harnais, 102-103, 104
- Harnais, Diagramme de, 103
- Henry (H), 82, 89
- Hertz (Hz), 82, 131
- I** Îles, 57, 118
- Image, Diagramme par l', 57-60
- Impédance, 195
- Impression directe, 119
- Indicateurs d'état de batterie, 39-41, 42-44
- Inductance, 82, 89-90
 - mutuelle, 199
 - parasite, 104
- Inducteurs, 82, 89-90, 192-197
 - construction des, 192-193
 - dans les circuits C.A., 194-195, 196
 - dans les circuits C.C., 193-194
 - emplois des, 192
 - en parallèle, 197
 - en série, 195, 196
 - variables, 192-193
- Induit, 147
- Intercom, Système, 44-48
- Interrupteur (commutateur), 16, 157
- Inverseurs, 220
- Ion, 141
- Isolant (isolation), 78, 140
- Isolateurs, 74-75
- J** Joint froid, 111
- K** Kirchhoff, Loi de la tension de, 175-176
- Kirchhoff, Loi du courant de, 176-177
- L** LDR (light-dependent resistor) (Photorésistance), 174
- LED (light-emitting diode) (Diodes électroluminescentes), 39-42
- LED, Compteur de niveau audio, 48-52

- Liaison de covalence, 204-205
- Ligatures, 109
- Lignes de force magnétique, 164, 166-167, 168
- Lumière, Électricité de l'énergie de la, 148-149
- M**
 - Machinistes (mécaniciens), 7
 - Magnétisme, Première Loi du, 162
 - Magnétisme, Seconde Loi du, 164
 - Magnétisme induit, 163
 - Magnétisme rémanent, 163
 - Magnétite (pierres aimantées), 161-162
 - Main gauche, Règle de la, 167, 168
 - Manufacture, Diagrammes de, 58-59
 - Matériel, Diagrammes de montage du, 57-58, 59
 - Matériel électromécanique, 72, 77
 - Matériel physique, 72-76
 - Matière, 138
 - Mécaniciens (machinistes), 7
 - Métaux, 64
 - Métronome électronique, 31-34
 - Microphone, 150-151
 - Milliampèremètre (multimètre), 125, 128-130
 - Monteurs, 5
 - Morse, Code, 23, 27
 - Multivibrateur, 28
- N**
 - Neutron, 139
 - Noyau, 139
 - Numéro de type, 91, 94
- O**
 - Oersted, Hans Christian, 166
 - Ohm, 82
 - Ohm, Georg Simon, 175
 - Ohm, Loi d', 175, 176, 177
 - Onde sinusoïdale, 131
 - Orbite de valence, 139, 140
 - Oscillateur de blocage, 31
 - Oscillateur de pratique du code Morse, 23-27
 - Oscillateurs, 210
 - Oscillation, 28, 34
 - Oscilloscope, 130-132
 - Outils, Maniement des, 10-11
 - Outils de travail des métaux, 17-18, 65-68
- P**
 - Particules subatomiques, 138, 139
 - Pas, 73
 - Pâte à souder, 108
 - Pâte de résine, 108
 - Perceuse électrique, 67
 - Perte de puissance, 84
 - Photogravure industrielle, 119
 - Photorésistance (LDR), 174
 - Pierres aimantées (magnétite), 161-162
 - Piézoélectrique, Effet, 149-150
 - Piles, 145-147
 - accumulateur (pile secondaire, d'emmagasinage), 146-147
 - piles sèche (primaire), 146
 - pile voltaïque, 145
 - Pincés à bec rond, 14
 - Pincés à bec plat, 14
 - Pincés à jointure (pincés universelles), 14
 - Pincés à long bec, 13
- Pincés de technicien, 14
- Pincés-étai, 13-14
- Pistolet à souder, 16-17, 121
- Plaque de circuit imprimé, 112, 115
 - conception, 115-118
 - décapage et placage (procédés), 231
 - impression, 119-120
 - patrons de feuille métallique, 57, 58, 117-118
 - soudure, 121
 - tracés des parties (pièces), 115-117
- Plaquette de barrage, 77
- Poinçons à feuille de métal, 66
- Pointe à tracer, 17-18
- Pointeau, 18
- Polarisation, 206-207
- Pôle négatif, 142
- Pôle positif, 142
- Pôles magnétiques, 162-163
- Portes logiques, 157, 220
- Potentiel de barrière, 205-206
- Premiers soins (urgence), 8, 223-224
- Proportion de soudure, 107
- Propreté, 8
- Propriétés électriques, Abréviations des, 82, 227
- Proton, 139
- Puissance (énergie), 84
- Pyromètre, 151
- Q**
 - QUADRAC, 94
- R**
 - Radio A.M. (à modulation d'amplitude), 53-55
 - radio amateur, 23
 - Rapport de transformation, 90-91, 199-200
 - R.C.S., v. Redresseur commandé au silicium
 - Réactance inductive, 194-195
 - Rédacteurs techniques, 6
 - Redressement, 91, 207
 - Redresseur commandé au silicium (R.C.S.), 94, 95, 198, 211-214
 - applications du, 212-213
 - construction du, 212-213
 - identification de câble, 213
 - test avec l'ohmmètre, 213-214
 - zone de porte, 212
 - Redresseuses, 93
 - Relais, 94, 197-198
 - Réductance, 165-166
 - Résistance, 82
 - dans un circuit en parallèle, 177
 - dans un circuit en série, 176
 - Loi d'Ohm, 175
 - Resistors (résistances), 82, 84-85, 173-174
 - code de couleurs pour les, 84, 229
 - de grande puissance, 84-85, 174
 - emplois des, 173
 - variables, 31, 32, 34, 85, 174
 - Respiration artificielle, 223-224
 - Rétroaction, 210
 - Revêtement isolant, 119
 - Rondelles, 74-75
 - Rondelles Grower, 74-75

- Rondelles non métalliques, 75
- Rondelles plates, 74-75
- Rotor, 184
- Ruban, Câbles de, 103, 104
- Rupture, 102, 103
- S** Schématique, Diagramme, 60, 61
 - conception de diagramme de tracé de pièces, 115-116
- Secours routier, Éclairage de, 28-31
- Sécurité, 8-9, 10, 11, 22, 64-65
- Semiconducteurs, 91, 140, 204-214
 - construction des, 204-205
 - diodes, 91-93, 204, 205-208
 - emplois des, 204
 - spéciaux, 94
 - substitution de, 96
 - transistors, 93-94, 208-211
- SI, Unités de mesure, 81-83, 227
 - préfixes et symboles, 82-83, 228
 - symboles des unités, 82, 227
- Signal, 92
- Solénoïdes, 168-169
- Son, Conversion dynamique du, 150-151
- Sonore, Électricité de l'énergie, 149-151
- Soudage, Procédé de, 109-111
 - de plaque de circuit imprimé, 121
- Soudure, 107-108
- Sources d'énergie électrique, 82, 142, 145-151, 153
 - «Spaghetti», 78
- Statique, Électricité, 141-142
- Statique du son, Conversion, 149-150
- Stator, 184
- Substrat, 219
- Support à montage vertical, 75, 76
- Support de traversée, 75, 76
- Symboles, 60
 - symboles de préfixes SI, 82-83, 228
 - symboles d'unités SI, 82, 227
- T** Techniciens de l'environnement, 7
- Techniciens en dessin industriel, 6
- Techniciens en montage, 6
- Techniciens en réparations, 5
- Tension (voltage), 81, 140, 142
 - calcul de la, 175
 - d'interruption, 212
- Tension de service d'un condensateur, 86
- Tension d'interruption, 212
- Tension polarisée, 34
- Tests, 124
- Tête d'enregistrement, 169
- Thermocouple, 151
- Tolérance, 84
- Tournevis, 14-15
- Tournevis à écrous, 15
- Tracé des parties (pièces), Diagramme de, 115-117
- Tracés de patron de feuille métallique, 57, 58, 117-118
- Transformateurs, 90-91, 198-200
 - action des, 199-200
 - construction des, 199
 - emplois des, 198-199
 - rapport de transformation, 90-91, 199-200
- Transistors, 93-94, 208-211
 - applications des, 209-210
 - identification du câble de la base, 210-211
 - région de base, 208-209
 - substitution des, 96
 - test avec un ohmmètre, 210, 211
- Transmetteurs, 149-150
- Travailleurs des métaux, 7
- TRIAC, 94, 95, 198
- Trimmers, 85, 89
- Trous, 205
- Tubes à vide, 3, 93
- Tubulure fondante à la chaleur, 78
- Type, Numéro de, 91, 94
- U** Urgence (premiers soins), 8, 223-224
- V** Valence, Électrons de, 140, 141, 204
- Valence, Orbite de, 139, 140
- Vertical, Support à montage, 75, 76
- «Vice grip pliers» (pinces-étau), 13-14
- Vieillessement, 124
- Vis à feuille de métal, 74
- Vis et écrous mécaniques, 73-74
- Vis guidées, 74
- Volt (V), 81
- Volt-Ohm-milliampèremètre (V.O.M.) (multimètre), 125, 128
- V.O.M. (multimètre), 125, 128
- W** Watt (W), 84
- Z** Zone d'appauvrissement, 206-207



R1 M84B
CAPCHIP