

Rémy Mallard présente

kits d'initiation  
disponibles séparément

0,01

0,1

0

1

2

3

4

5

6

7

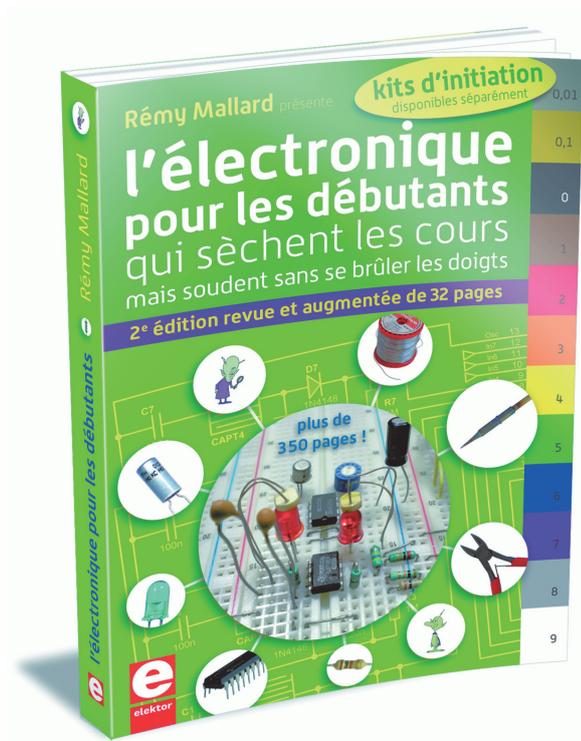
8

9

# l'électronique pour les débutants qui sèchent les cours mais soudent sans se brûler les doigts

2e édition revue et augmentée de 32 pages





## L'électronique pour les débutants

*qui sèchent les cours  
mais soudent sans se brûler les doigts*

**2<sup>e</sup> édition augmentée**

**Auteur : Rémy MALLARD**

**Éditeur : Elektor**  
**ISBN : 978-2-86661-186-6**  
**Format : 17 × 23,5 cm**  
**Nbre de pages : 352**  
**Prix : 42,00 €**

**Ce fichier contient le sommaire suivi de six pages  
extraites de l'ensemble du livre qui en compte 352.**

## Sommaire

### Préambule

Débuter en électronique : rêve ou réalité ? .....	1
Remerciements .....	2
Théorie .....	3
Avertissements	
Cas des condensateurs .....	4
Cas des résistances .....	4

## 1. Apprendre à identifier les composants électroniques

1.1 Identification grâce à la forme physique	
1.1.1 Composants traversants .....	5
1.1.2 Composants non traversants (CMS) .....	6

1.2	Identification grâce à la référence	7
1.3	Identification grâce au marquage de couleur	9
1.4	Identification grâce au symbole sur le schéma	9
1.4.1	Symboles des transistors	10
1.4.2	Symboles des diodes	11
1.4.3	Symboles des condensateurs	12
1.4.4	Symboles des résistances	13
1.4.5	Symboles des potentiomètres	13
1.4.6	Symboles des relais	14
1.4.7	Symboles des composants logiques	15
1.4.8	Symboles divers	16

## 2. Rôle principal des composants électroniques

2.1	Résistances	
2.1.1	Vue générale	19
	Valeur de la résistance	20
	Tolérance	20
	Code de couleur	20
2.1.2	Code de couleur	21
	Comment localiser l'anneau de tolérance ?	23
2.1.3	Matériaux	24
2.1.4	Différents types de résistances	24
	Résistances standard	24
	Résistances de puissance	24
	Résistances de précision	26
	Résistances haute tension	27
	Résistances sensibles aux conditions ambiantes (lumière, température, humidité)	28
2.1.5	Associations de résistances	29
2.1.6	Comment choisir une résistance ?	30
	Traitement de signaux de faible amplitude	30
	Quand ça chauffe...	31
	En haute fréquence	31
	En haute tension	31
	Grande précision requise	32
	Place limitée	32
2.2	Condensateurs	
2.2.1	Vue générale	33
2.2.2	Capacité et codes de marquage	33
	Marquage en clair - Unité de base et sous-multiples	34
	Marquage par code de couleur	35
	Marquage par code chiffré	36
	Séries normalisées	37
2.2.3	Taille du condensateur	37
2.2.4	Polarité des condensateurs	39
2.2.5	Tension de service	41
2.2.6	Différents types et « qualités » de condensateur	45
	Condensateurs chimiques standard	45
	Condensateurs au tantale	45

2.2.7	Précision (tolérance) d'un condensateur	47
2.2.8	Comment choisir un condensateur ?	48
	Petit guide	49
2.2.9	Condensateurs ajustables	50
2.2.10	Usage des condensateurs	52
	Réservoir d'énergie	52
	Déphasage	57
	Filtrage (mise en jeu des rapports d'impédance)	59
2.3	Diodes	
2.3.1	Vue générale	59
	Seuil de conduction	62
	Tension directe	63
	Courant maximal	63
	Tension inverse maximale	63
2.3.2	Diode « classique » (diode de commutation ou diode de signal)	64
	Utilisation en logique	64
	Utilisation en analogique	65
2.3.3	Diodes de redressement	68
	Remarques	68
2.3.4	Diode zener	72
2.3.5	Diode à capacité variable (Varicap)	74
2.4	Selfs (bobines)	
2.4.1	Vue générale	77
2.4.2	Selfs fixes	80
2.5	Transistors	
2.5.1	Vue générale	81
2.5.2	Différents types de transistors	81
	Transistors BF	82
	Transistors HF	82
	Transistors de faible puissance / Transistors de forte puissance	83
	Transistors bipolaires	84
	Transistors FET et MOSFET	84
	Transistors UJT	84
2.5.3	Comment brancher un transistor ?	85
2.6	Circuits intégrés	
2.6.1	Vue générale	86
2.6.2	Amplificateurs opérationnels (AOP ou ALI)	86
2.6.3	Circuits logiques CMOS et TTL	87
	CMOS ou TTL ?	87
2.6.4	Circuits logiques programmables (PROM, PAL, GAL, PIC)	87
2.6.5	Régulateurs de tension	88
	Régulateurs à tension de sortie fixe, positive ou négative	90
	Brochage des régulateurs à tension de sortie fixe LM78xx et LM79xx	90
	Régulateurs à tension de sortie ajustable (programmable), positive ou négative	91
	Brochage des régulateurs à tension ajustable LM317 et LM337	93
	Tension d'entrée minimale	94
	Tension trop élevée à l'entrée du régulateur	94
	Régulateurs à courant de sortie programmable	95
	Régulateurs à entrée directe sur secteur	96

2.6.6	Circuit intégré amplificateur de puissance .....	96
2.7	Triacs et thyristors	
2.7.1	Vue générale .....	96
2.8	Potentiomètres	
2.8.1	Potentiomètres de tableau .....	97
	Que cache le potentiomètre de tableau ? .....	98
2.8.2	Potentiomètres ajustables .....	101
2.8.3	Potentiomètres multi-tours .....	101
2.8.4	Courbes de variation .....	103
2.9	LED	
2.9.1	Minimum à savoir .....	104
	Une LED est polarisée .....	105
	Une LED est un composant fragile .....	105
	Une LED fonctionne avec une tension de faible valeur .....	105
2.9.2	Formes et couleurs des LED .....	106
2.9.3	Variation de luminosité d'une LED .....	107
2.10	Afficheurs à LED et LCD (afficheurs à cristaux liquides)	
2.10.1	Afficheurs à segments (sept ou plus) .....	109
	Normalement une LED possède deux broches ! .....	109
	Autres afficheurs à segments .....	110
2.10.2	Afficheurs à matrice(s) de LED .....	111
2.10.3	Afficheurs à cristaux liquides (LCD) .....	112
2.10.4	Multiplexage des afficheurs .....	113
2.10.5	Afficheurs à logique intégrée .....	113
2.11	Optocoupleurs	
2.11.1	Boîtiers d'optocoupleurs .....	115
2.11.2	Optocoupleurs logiques .....	116
2.11.3	Optocoupleurs linéaires (analogiques) .....	116
2.11.4	Optocoupleurs à fenêtre (à fourche) ou réfléchitifs .....	116
2.11.5	Taux de transfert de courant .....	117
2.12	Relais	
2.12.1	Relais électromécaniques .....	118
	Relais avec diode de protection intégrée .....	119
	Relais bistable .....	120
	Relais HF .....	120
2.12.2	Relais statiques .....	120
2.12.3	Comparaison entre relais électromécaniques et statiques .....	121
2.13	Transformateurs	
2.13.1	Transformateurs d'alimentation .....	123
2.13.2	Transformateurs BF (audio) .....	125
2.14	Capteurs	
2.14.1	Comment trouver le capteur adapté à son application ? .....	126
2.14.2	Capteurs de lumière visible et capteurs infrarouge .....	126
2.14.3	Capteurs de température .....	128
2.14.4	Capteurs de champ magnétique .....	129

2.14.5	Capteurs de pression	129
2.14.6	Capteurs de choc	130
2.14.7	Capteurs d'ultrasons	130
2.15	Supports des composants	
2.15.1	Supports de circuit intégré à usage général	132
2.15.2	Supports de circuit intégré à force d'insertion nulle	132
2.16	Commutateurs et interrupteurs mécaniques	
2.16.1	Interrupteur	132
	Interrupteurs avec verrouillage	135
2.16.2	Inverseur	135
2.16.3	Mini-interrupteur ( <i>microswitch</i> )	135
2.16.4	Commutateur rotatif ou rectiligne	137
2.16.5	Bouton-poussoir	138
2.16.6	Comment reconnaître les broches d'un interrupteur ou d'un inverseur ?	139
2.17	Dissipateurs thermiques	
2.17.1	Dissipateurs pré-percés et prêts à l'emploi	140
2.17.2	Profilés à découper et/ou à percer	141
2.17.3	Du bon usage des dissipateurs thermiques	141

### **3. Composants actifs « universels »**

3.1	Transistors	143
3.2	Oscillateurs et temporisateurs	145
3.3	Amplificateurs opérationnels (AOP)	147
3.4	Régulateurs de tension	148

### **4. Apprendre à lire un montage électronique**

4.1	Conventions respectées pour dessiner les schémas	
4.1.1	Points de connexion sur lignes de liaison	149
4.1.2	Report de connexion	149
4.1.3	Connexions en l'air	150
4.2	Décomposition en blocs fonctionnels	152
4.3	Décomposition composant par composant	
4.3.1	Reconnaître une diode de protection	153
4.3.2	Reconnaître un pont diviseur résistif	153
4.3.3	Reconnaître un circuit numérique d'un circuit analogique	154
4.3.4	Reconnaître un condensateur de découplage d'alimentation	154
4.3.5	Reconnaître un condensateur de liaison	154
4.3.6	Analyse minutieuse d'un schéma	156
4.4	Différentes façons de dessiner la même chose	156
4.5	Connexions manquantes	161
4.6	Des erreurs dans les schémas ?	164

## 5. Où faire ses courses ?

- 5.1 Où acheter son outillage ? ..... 167
- 5.2 Où acheter les composants électroniques ? ..... 167

## 6. Unités

- 6.1 Volt ..... 169
- 6.2 Ampère ..... 169
- 6.3 Décibel ..... 170
  - 6.3.1 Décibels : rapport ..... 172
  - 6.3.2 Décibels : valeur absolue ..... 174
  - 6.3.3 Conversion des volts en dBu ..... 175

## 7. Impédance ..... 177

## 8. Bibliothèque technique

- 8.1 Revues d'électronique ..... 180
- 8.2 Livres spécialisés ..... 180
- 8.3 Feuilles de caractéristiques (*datasheets*)
  - Quand consulter une feuille de caractéristiques ? ..... 181
  - Quelques adresses internet de fabricants connus ..... 181

## 9. Dangers en électronique – Avertissements

- 9.1 Danger lié aux tensions élevées ..... 183
- 9.2 Composants qui explosent ..... 184
- 9.3 Les outils ne sont pas tous inoffensifs ..... 184
- 9.4 Hygiène minimale ..... 184

### Pratique

## 10. Espace de travail ..... 187

## 11. Outillage minimum

- 11.1 Quel multimètre choisir ? ..... 189
- 11.2 Choix du fer à souder et de la soudure ..... 189
  - 11.2.1 Soudure avec plomb et soudure sans plomb ..... 190
  - 11.2.2 Fer à souder ..... 190
  - 11.2.3 Comment faire une bonne soudure ? ..... 191
    - Impératifs ou conseils pour réaliser de bonnes soudures ..... 191

Ordre de soudage des composants .....	192
Courbure des broches de composants.....	192
Maintien des composants pendant le soudage .....	193
Cas des circuits double face .....	193
Fils souples multibrins .....	193
La troisième main .....	193
11.3 Petit outillage .....	194
11.3.1 Tournevis et pinces .....	194
11.3.2 Petite perceuse .....	195
11.3.3 Foret à étages .....	196
11.3.4 Ebavureuse (ou alésoir) .....	196
11.4 Qualité des fils électriques .....	197

## **12. Circuits imprimés**

12.1 Faire soi-même ou faire faire ? .....	199
12.2 Circuits à l'anglaise .....	199
12.3 Plaques à bandes ou pastilles .....	200
Souder les composants côté pastilles ou bandes ? .....	201
Prix des plaques pré-percées.....	201
12.4 Plaques d'expérimentation sans soudure .....	201
12.5 Circuits traditionnels .....	204
Simple ou double face ? .....	205
12.6 Protection des circuits imprimés .....	205

## **13. Récupération de composants**

13.1 Récupération des composants traversants .....	207
13.2 Récupération des composants non traversants (CMS) .....	207

## **14. Rangement des composants**

14.1 Rangement avec un compartiment par valeur .....	210
14.2 Rangement avec un compartiment par plage de valeur .....	210
14.3 Rangement avec un compartiment par valeur principale .....	212

## **15. Liens entre schéma et réalisation pratique**

15.1 Minimum requis .....	213
15.2 Schéma et circuit imprimé .....	213

## **16. Commencer avec des montages simples**

16.1 Kits .....	217
16.2 Expériences de base .....	218

16.2.1	LED qui s'allume	218
16.2.2	LED qui reste allumée quand on enlève la pile	219
16.2.3	LED qui s'allume en présence d'électricité statique	220
16.2.4	LED qui s'allume en présence de son	221
16.2.5	Altération du son d'un élément d'une chaîne Hi-Fi	222
16.2.6	Seuil de basculement des entrées de portes logiques	225
16.3	Montages un peu plus évolués	227
16.3.1	Sirène	227
16.3.2	Orgue musical	228
16.3.3	Clignotant	231
16.3.4	Chenillard lumineux	231
16.3.5	Interrupteur photosensible	232
16.3.6	Thermomètre	234
16.3.7	Alarme	235
16.3.8	Générateur de picotements	235

## 17. Assemblage de bouts de circuit

17.1	Idée générale	239
17.2	Quelques exemples pratiques	239
17.2.1	Petit mélangeur audio pour musicien	239
17.2.2	Interrupteur crépusculaire temporisé	243
17.2.3	Indicateur lumineux de réglage de volume	244

## 18. PIC

18.1	Qu'est-ce qu'un PIC ?	247
18.2	Que faire avec un PIC ?	247
18.3	Difficile de programmer un PIC ?	247
18.4	Clignotement d'une LED avec un PIC	248
18.5	Pièges fréquents	248
18.5.1	Une sortie n'est pas une entrée	249
18.5.2	Choix de l'horloge de cadencement	249
18.6	Exemples simples	249
18.6.1	Indicateur de niveau de liquide à affichage numérique	249
18.6.2	Clignotant dont la vitesse dépend de la lumière ambiante	251
18.6.3	Indicateur à fenêtre programmable	251
18.6.4	Minuterie avec préavis d'extinction	252
18.6.5	Chenillard style K2000 lumineux et sonore	252
18.6.6	Gradateur de lumière piloté par télécommande infrarouge de téléviseur	253

## 19. Mise en boîte des montages

19.1	Choix du boîtier	255
19.2	Perceuse pour circuit imprimé et boîtier	256

19.3 Accessoires .....	257
Passe-fil et presse-étoupe .....	257
Visserie et entretoises .....	258
Colliers de serrage, ficelle, attaches auto-adhésives pour câbles .....	261
Gaine thermorétractable .....	261
Pistolet à colle .....	261

## **20. CMS : c'est dur ?**

20.1 Composants montés en surface .....	263
20.2 Outils pour CMS .....	263

## **21. Pratiques à éviter**

21.1 Entrées en l'air .....	265
21.2 Grandes longueurs de fil .....	265
21.3 Laisser un composant chauffer trop .....	265
21.4 Stockage sauvage de composants fragiles .....	266
21.5 Décharge forcée d'un condensateur .....	266

## **22. Astuces diverses**

22.1 Protection contre l'inversion de polarité .....	269
22.2 Contre-attaque sur tension de déchet en sortie d'AOP .....	270
22.3 Économiser l'énergie sur certains appareils portables alimentés par pile .....	272
22.4 Remplacer une LED par un relais	
22.4.1 Remplacement direct ? .....	273
22.4.2 Principe de précaution .....	273
22.4.3 Analyse du circuit de commande .....	273
22.5 Remplacer un inducteur par une résistance .....	275

## **23. Coût de revient**

23.1 Équipement .....	277
23.2 Consommable .....	277
23.3 Outre le coût de revient... ..	277

## **24. Test des composants**

24.1 Test d'une résistance .....	279
24.2 Test d'un condensateur	
24.2.1 Test de condensateur avec un ohmmètre .....	280
24.2.2 Test de condensateur avec une source externe de tension continue .....	280
24.2.3 Test de condensateur avec une source externe de tension alternative .....	281
Exemple avec un condensateur de 1 $\mu$ F .....	282

24.3	Test d'une diode (diode normale, pont de diodes, zener, diac ou LED)	
24.3.1	Test d'une diode standard ou d'un pont de diodes	283
	Test des diodes d'un pont de diodes	284
24.3.2	Test d'une diode zener	284
24.3.3	Test de LED	285
24.3.4	Test d'un diac	285
24.4	Test d'un transistor bipolaire NPN ou PNP	
24.4.1	Test de base	287
24.4.2	Test de conduction	287
24.4.3	Mesure du gain	288
24.5	Test de potentiomètre	
24.5.1	Courbe de variation du potentiomètre	289
24.5.2	Test de qualité	291
24.6	Test d'un triac	292

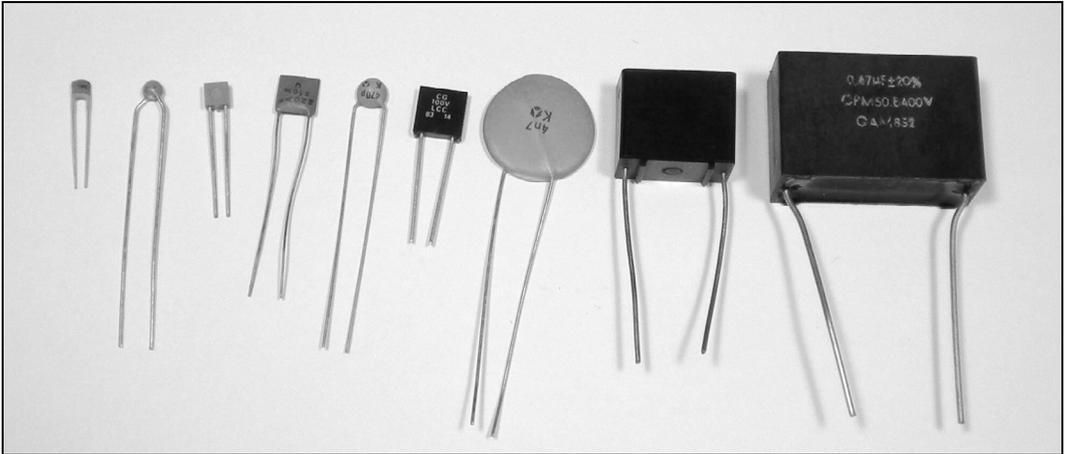
## **25. *Circuit bending* ou l'art de modifier des circuits existants**

25.1	Qu'est-ce que le <i>circuit bending</i> ?	293
25.2	Outils requis	293
25.3	Par où commencer ?	293
25.4	À faire - À ne pas faire	294

## **26. Annexes**

26.1	Logiciels pour circuits imprimés	
	Logiciels payants	295
	Logiciels gratuits	296
	Sociétés de réalisation de circuits imprimés	296
26.2	Conseils de sécurité	
	Isolation en classes	297
	En pratique	297
	Accessoires	297
	Rude épreuve	300
26.3	Spectre électromagnétique	301
26.4	PIC : configuration des entrées/sorties	
	Des pattes à tout faire	302
	Conclusion évidente	303
	Paramètres de configuration	303
	La base de la base	303
26.5	Puissances de dix	305
26.6	Boîtiers	306
26.7	Symboles des composants	307
26.8	U = RI. Sans blague !	
26.8.1	Une formule à tout faire	308
26.8.2	Marre des formules simples !	309

26.8.3	Retournement de formule : $I = U / R$ .....	314
26.8.4	Puissance .....	316
26.9	Utilisation d'un multimètre .....	316
26.9.1	Qu'est-ce qu'un multimètre ? .....	317
26.9.2	Multimètre analogique ou multimètre numérique ? .....	318
26.9.3	Pourquoi de telles différences de prix ? .....	318
26.9.4	Gammes manuelles ou automatiques .....	320
	Gammes manuelles .....	321
	Gammes automatiques .....	321
26.9.5	Nombre de « points » de mesure, précision et résolution .....	321
	Nombre de points de mesure .....	321
	Précision .....	322
	Résolution .....	322
26.9.6	Impédance d'entrée .....	323
26.9.7	Consignes de sécurité générales .....	323
	Résumé des précautions à prendre .....	324
26.9.8	Différents types de mesures .....	324
	Mesure d'une tension continue ou alternative .....	325
	Mesure d'un courant continu ou alternatif .....	326
	Mesure d'une résistance .....	327
	Test d'une diode .....	327
	Test d'un transistor .....	327
	Testeur de continuité sonore .....	329
	Mesure d'isolement .....	329
	Mesure de fréquence .....	329
	Mesure de capacité (condensateur) .....	330
	Mesure d'inductance (bobine, self) .....	330
26.9.9	Exemples de mesures avec le multimètre Jeulin CL1 .....	330
	Mesure d'une tension continue avec le CL1 .....	330
	Mesure d'une tension alternative avec le CL1 .....	333
	Mesure d'un courant continu avec le CL1 .....	334
	Mesure d'une résistance avec le CL1 .....	335
	Test d'une diode avec le CL1 .....	336
	Test d'un transistor avec le CL1 .....	338
26.9.10	Astuces et conseils divers .....	339
26.9.11	Quelques fabricants .....	340



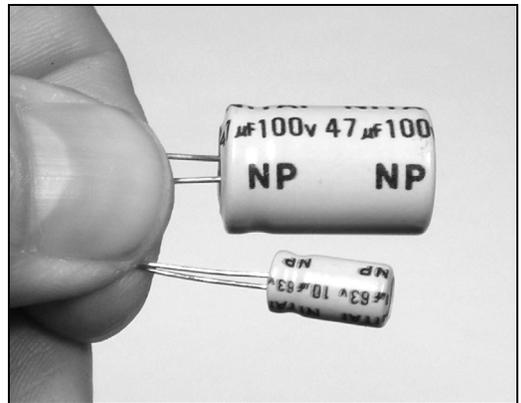
**Figure 2.2.4.d** - Pour les condensateurs non polarisés comme ceux visibles sur cette photo, le sens de branchement n'a pas d'importance.

Le condensateur non polarisé de faible valeur (céramique, plastique par exemple) peut être branché dans n'importe quel sens, comme c'est le cas pour une résistance. C'est le cas des condensateurs présentés en exemple sur la figure 2.2.4.d.

Le condensateur non polarisé est sans doute mon préféré, certainement parce qu'il me demande moins d'efforts de concentration et parce que je n'ai pas besoin de mes lunettes pour m'assurer de sa bonne implantation.

Sur la figure 2.2.4.e, on peut voir deux condensateurs chimiques non polarisés (marquage NP pour *Not Polarised*) de 47  $\mu\text{F}$  et de 10  $\mu\text{F}$ , eux aussi peuvent être branchés dans n'importe quel sens.

**Nota** : un condensateur non polarisé peut aussi exploser. On m'avait affirmé le contraire quand j'étais enfant, j'ai pourtant découvert là une nouvelle façon de faire les décorations de Noël. Vive les vieux condensateurs au papier qui restent brillants même après déflagration. Rien qu'à cause de l'odeur, mieux vaut faire les décorations dehors.

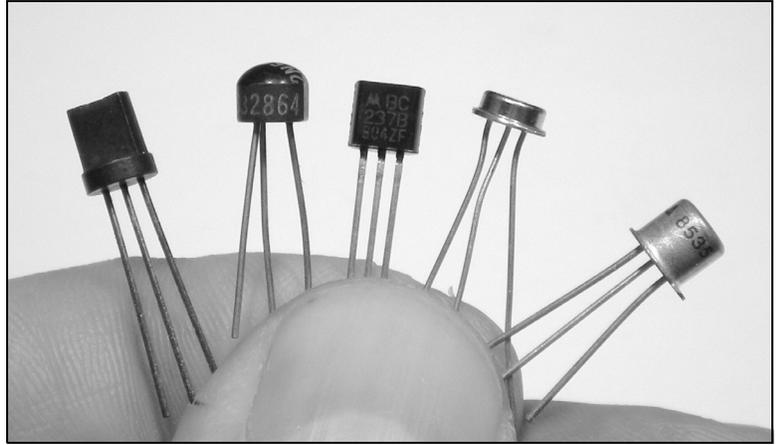


**Figure 2.2.4.e** - Exemple de condensateurs chimiques de forte valeur non polarisés (marquage NP). Leur sens de branchement n'a pas d'importance.

Un condensateur chimique de forte valeur non polarisé (NP) est plus cher que son homologue polarisé, on le remplacera parfois par deux condensateurs polarisés câblés en série et tête-bêche (les deux pôles « plus » ou « moins » connectés ensemble).



**Figure 2.5.2.b -**  
Les transistors BC237  
(transistor dans un boîtier en  
plastique au centre de la  
photo) et BC109 (transistor  
dans un boîtier en métal à  
droite de la photo) font partie  
des transistors les plus  
répandus, leur petitesse et  
leur côté un peu passe-  
partout n'y sont pas pour rien.



émetteur FM, ou encore servir de petit pré-amplificateur BF pour microphone même s'il n'est sans doute pas le composant le plus adapté pour cet usage. Il existe de nombreux cas de figure où un transistor peut être remplacé par une autre référence, sans devoir changer quoi que ce soit d'autre autour de lui. Il est aussi des cas où le remplacement d'un transistor défectueux par un remplaçant « douteux » n'est absolument pas envisageable. Vous l'avez compris, il faudra un minimum de pratique pour reconnaître le schéma ou la section de schéma où un transistor peut être remplacé sans difficulté par un « équivalent ».

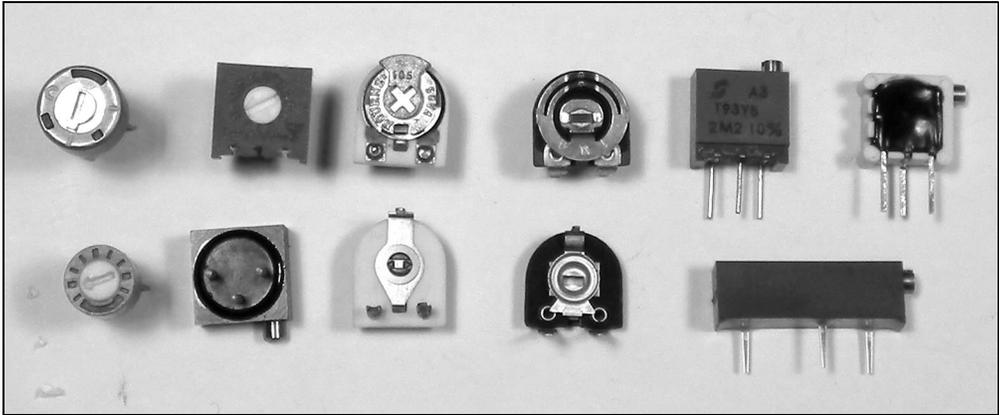
### Transistors BF

Les transistors BF (pour signaux à basse fréquence) sont conçus pour fonctionner à des vitesses modérées, comme dans le monde de l'automatisme, l'audio ou la vidéo. Ceci dit, certains transistors placés dans la catégorie BF par leur fabricant sont capables de travailler à des vitesses assez élevées, comme par exemple le transistor BC109 (figure 2.5.2.b). Ce transistor est classé dans la catégorie « BF petite puissance » mais il est capable de travailler jusqu'à plus de 150 MHz, ce qui laisse penser qu'un transistor sera parfois utilisé dans un domaine pour lequel il n'a pas été spécialement conçu.

### Transistors HF

Pour ce qui est des transistors HF (pour signaux à haute fréquence), c'est une autre histoire. Quand on commence à « monter en fréquence », c'est-à-dire quand on veut faire travailler le transistor à des vitesses vraiment élevées (par exemple dans un amplificateur pour émetteur de télévision à 700 MHz), on ne peut plus se contenter de bricoler avec un transistor « pas conçu pour mais qui pourrait peut-être... ». Un transistor utilisé en commutation (tout ou rien) ou en amplification linéaire est confronté à un moment ou à un autre à des passages (transitions) difficiles. On peut faire une analogie rapide avec des personnes qui font un *footing* et qui courent de façon régulière. Tant que tout le monde va à son rythme, tout va bien même si certaines personnes vont plus vite que d'autres. Si on demande à tout le monde d'accélérer la cadence, il vient un moment où certains s'essouffent. C'est valable aussi pour la personne dont le rythme de croisière est le plus élevé. Il en est de même pour les transistors : à partir d'un moment, ils s'essouffent et/ou chauffent exagérément. La figure 2.5.2.c montre un exemple de transistor pour signaux à haute fréquence qui travaille avec des courants de forte intensité.

Il existe aussi des transistors HF prévus pour les petites puissances, comme le montre la photo de la figure 2.5.2.d.



**Figure 2.8.2.a** - Différents types de potentiomètres ajustables pour usage grand public et professionnel. Les trois potentiomètres de droite sont de type multi-tours (10, 15 et 25 tours).

### 2.8.2 Potentiomètres ajustables

Les potentiomètres de tableau sont prévus pour être manipulés facilement et souvent, comme c'est le cas par exemple d'un bouton de volume ou de tonalité. Dans certains cas, on effectue un réglage qui normalement ne devrait plus être modifié par la suite, comme le réglage du courant de repos d'un amplificateur par exemple. Dans ce cas, il vaut mieux utiliser un potentiomètre ajustable qui prend bien moins de place et qui, fixé directement sur le circuit imprimé, ne sera pas accessible à l'utilisateur final. La figure 2.8.2.a montre quelques exemples de potentiomètres ajustables, il en existe bien d'autres.

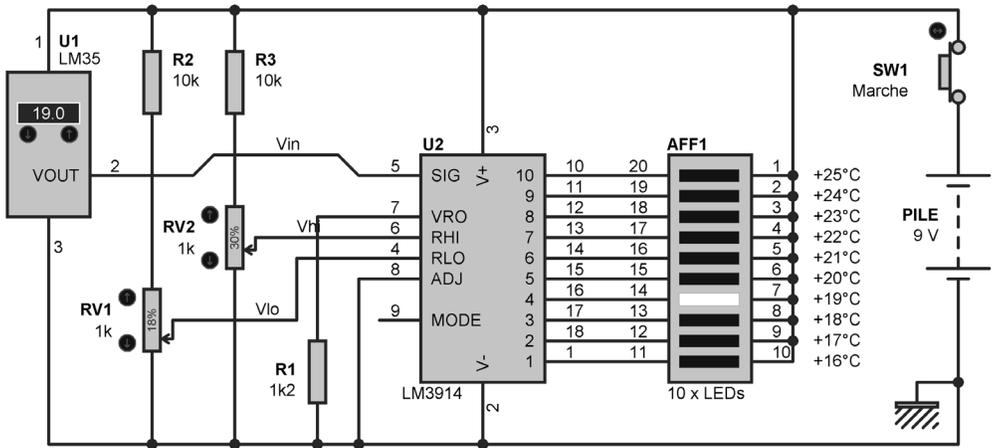
Un potentiomètre ajustable fonctionne exactement selon le même principe qu'un potentiomètre de tableau : il est composé d'une piste plus ou moins résistive et d'un curseur qui se déplace dessus, d'une extrémité à l'autre. Les principales différences sont avant tout la taille et le fait que le tout n'est pas toujours enfermé sous un capot de protection, enfin la façon de manœuvrer l'axe du composant est différente. Dans la version miniature, il n'est pas facile d'utiliser directement ses doigts, un petit tournevis est nécessaire. Dans cette catégorie de composants, on trouve là encore des qualités et des précisions différentes

selon le modèle employé, bien sûr ces différences se ressentent sur le prix d'achat. Il n'y a pas de mystère, la qualité se paye.

Si le choix est vaste, l'amateur peut toutefois concentrer son attention sur quelques modèles seulement. Vous vous contenterez le plus souvent d'un modèle classique à piste en carbone (économique) et choisirez un modèle en cermet (plus robuste mais bien plus cher) pour des applications aux caractéristiques techniques sévères (fiabilité à long terme). Les photos de la figure 2.8.2.b présentent deux potentiomètres usuels : celui de gauche est un modèle bon marché à piste en carbone, celui de droite un modèle de qualité à piste en cermet.

### 2.8.3 Potentiomètres multi-tours

Les potentiomètres de tableau et les potentiomètres ajustables vus auparavant possèdent une piste résistive qui court sur un arc de cercle dont l'angle n'atteint pas  $360^\circ$  mais plutôt  $270^\circ$  ( $\frac{3}{4}$  de tour). Cela suffit pour une grande majorité d'applications, c'est pourquoi cette valeur d'angle est largement répandue. Si l'on souhaite une grande précision de réglage et que cet angle de manœuvre n'est plus suffisant, on a recours à un potentiomètre dit multi-tours, tout simplement



**Figure 16.3.6.a** - Ce schéma est un thermomètre à part entière, une LED seulement parmi dix s'allume en fonction de la température ambiante. Les seuils bas et haut sont respectivement fixés à +16 °C et +25 °C, mais il est possible de choisir une autre plage de valeur simplement en modifiant la position du curseur des potentiomètres ajustables RV1 (seuil bas) et RV2 (seuil haut).

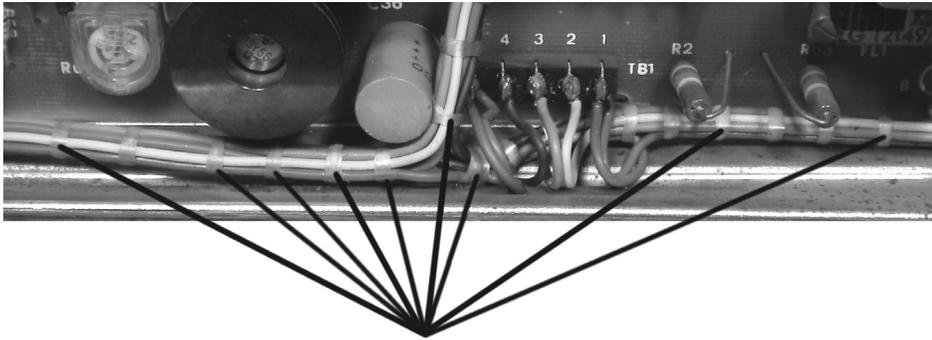
### 16.3.6 Thermomètre

La conception d'un thermomètre demande un poil de pratique mais reste abordable pour le débutant. La partie affichage peut prendre plusieurs formes : à aiguille (galvanomètre), numérique (afficheurs à sept segments) ou à LED (ruban). Dans tous les cas, la mesure fait appel à un capteur sensible à la température de type analogique ou numérique (un capteur numérique possède obligatoirement un élément analogique mais celui-ci n'est pas forcément accessible de l'extérieur). Si le capteur est de type analogique, nous pouvons disposer d'une tension continue proportionnelle à la température, il suffit pour cela d'inclure le capteur dans un pont diviseur résistif (cas de la sonde KTY10 par exemple) ou d'exploiter directement sa tension de sortie (cas du LM35 par exemple). La tension ainsi obtenue servira ensuite à piloter un barreau à LED, un galvanomètre ou un voltmètre numérique. Si le capteur est de type numérique, il faut mettre en œuvre un circuit capable de l'interroger et de comprendre son langage (une suite plus ou moins longue de 0 et de 1). La plupart du temps on emploie un microcontrôleur pour réaliser cette

tâche car en logique câblée (composants non programmables) il faudrait trop de composants. Le circuit présenté en figure 16.3.6.a fait usage d'un LM35 pour capter la valeur de la température et d'un circuit intégré d'affichage de type LM3914 qui permet d'allumer une LED parmi plusieurs dans une plage de température donnée.

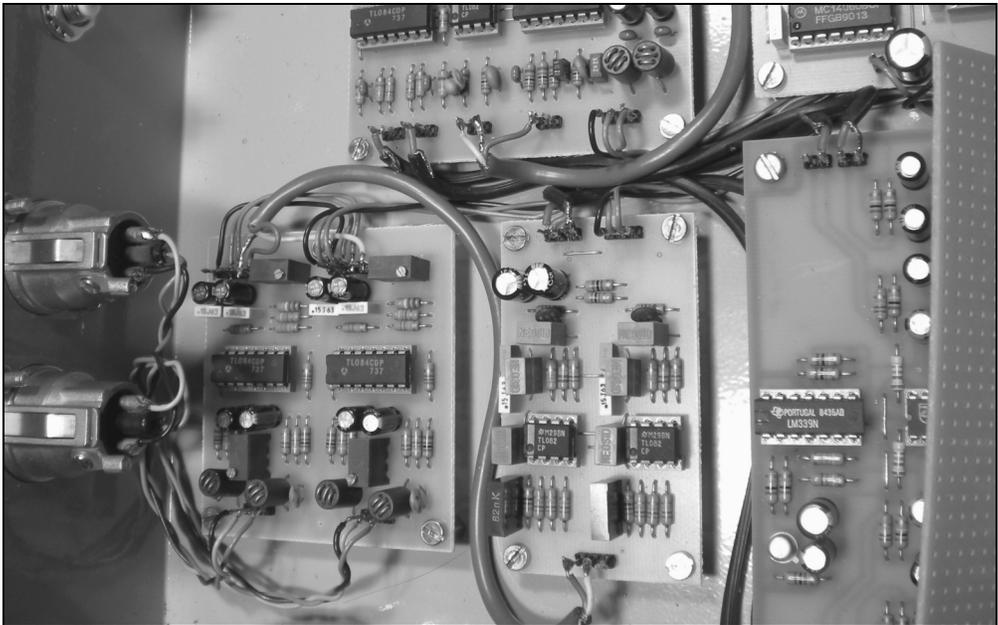
Le potentiomètre RV1 permet de définir la tension du seuil bas qui correspond à la température la plus basse que l'on veut pouvoir afficher (LED inférieure), son curseur aboutit à la broche 4 du LM3914 (RLO, référence basse). Le potentiomètre ajustable RV2 permet de définir la tension du seuil haut qui correspond à la température la plus haute que l'on veut pouvoir afficher (LED supérieure), son curseur aboutit à la broche 6 du LM3914 (RHI, référence haute). Pour modifier la plage de température, procédez comme suit :

- ◆ *Réglage du seuil haut* : ajuster RV2 de telle sorte que la tension (en volts) présente sur la broche 6 du LM3914 soit égale à la température désirée divisée par cent. Par exemple si vous voulez que la température maximale affichée soit de 15 °C, vous divisez 15 (degrés) par cent, vous



« ficelles »

**Figure 19.3.d** - Attacher les câbles entre eux confère au montage final un aspect professionnel et plus agréable à retravailler le cas échéant. On peut utiliser du « plastique élastique », de la ficelle de cuisine ou des serre-câbles en plastique.



**Figure 19.3.e** - Ici, point de serre-câbles ni de ficelle, les câbles restent libres mais suivent des passages maîtrisés. L'ensemble reste présentable et assez aéré.