





# Réalisez vos alimentations électroniques

**Veillez à l'alimentation de vos montages et appareils électroniques !**

Lorsqu'un appareil fonctionne mal ou pas du tout, il arrive fréquemment que l'alimentation soit en cause. Les dysfonctionnements occasionnés sont nombreux et variés : surtension, sous-tension, ronflement, parasites, manque de puissance. Ils conduisent parfois à une destruction pure et simple de ses composants ! C'est pourquoi à chaque circuit doit correspondre une source d'alimentation adaptée.

Pratique et très illustré, cet ouvrage vous permet de choisir et de réaliser, que vous soyez amateur passionné, étudiant ou électronicien confirmé, l'alimentation dont vous avez besoin. Différentes réalisations sont proposées par ordre croissant de difficulté, les tracés de leurs circuits imprimés sont fournis, ainsi que les instructions permettant d'assembler leurs composants. L'ouvrage traite des alimentations avec ou sans transformateur, à commande numérique par microcontrôleur, et à découpage pour élever ou abaisser la tension.

**YVES MERGY** travaille dans l'industrie des transports ; il est l'auteur de très nombreux articles de presse spécialisée en électronique et de deux autres ouvrages dans la collection ETSF.

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



9 782100 487301

ISBN : 2 10 048730 2



**RÉALISEZ VOS  
ALIMENTATIONS  
ÉLECTRONIQUES**



# Consultez nos catalogues sur le Web

Ediscience  
ETSF  
InterÉditions  
Microsoft Press

Recherche  --- Par Titre --- OK Collections Index thématique

Accueil Contacts Sciences et Techniques Informatique Gestion et Management Sciences Humaines Acheter Mon panier

**Interviews**

**Comme nous avons changé ! La saga inédite de 50 ans de bouleversements socioculturels**  
Alain de Vulpien

**Mars, planète de mythes, planète d'espoirs**  
Francis Rocard

toutes les interviews

**Evénements**

**Saint-Valentin : j'aime mon couple... et je le soigne !** Interview exclusive de H. Jaoui

**En librairie ce mois-ci**

**Spécial Révisions scientifiques** Pour réussir vos examens. Faites avec DUNOD et EDISCIENCE et gagnez des chèques-lire de 15€ !

les libraires

**- Nouveautés - Nouveautés - Nouveautés -**

**Image numérique couleur**  
De l'acquisition au traitement  
Alain Trémeau, Christine Fernandez-Maloigne, Pierre Bonton

**Risque Pays 2004**  
Coface, Le Moci

**Détection et prévention des intrusions IDS**  
Thierry Evangelista

**De quelle vie voulez-vous être le héros ?**  
Tirer profit du passé pour réorganiser sa vie  
Pierre-Jean De Jonghe

**LES BIBLIOTHÈQUES DES MÉTIERS**

- Gestion industrielle
- Métiers du vin
- Directeur d'établissement social et médico-social
- Toutes les bibliothèques

**LES NEWSLETTERS**

- Action sociale
- Entreprise
- Informatique et NTIC
- Documentation pour l'industrie
- Toutes les newsletters

bibliothèques des métiers newsletters ediscience.net expert-sup.com

Notice légale

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



YVES MERGY

---

# RÉALISEZ VOS ALIMENTATIONS ÉLECTRONIQUES

**ETSF**

**EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES**



Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autori-

sation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2006

ISBN 2 10 048730 2

Couverture : Rachid MARAÏ

Illustrations : Alain et Ursula BOUTEVEILLE

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# TABLE DES MATIÈRES

*La Terre nous offre des énergies  
plus précieuses que les diamants.  
Utilisons-les proprement  
pour le respect de nos enfants et de notre planète.*

Yves MERGY



# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE		PAGE
	<b>Téléchargez tous les fichiers du livre !</b>	<b>1</b>
	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
	But et nécessité de l'ouvrage	3
	Présentation du livre	3
	Avertissement à propos des dangers du courant	4
<b>1</b>	<b>Alimentations sans transformateur</b>	<b>7</b>
	1.1 Présentation	8
	1.2 Dangers de ce type d'alimentation	9
	1.3 Théorie	9
	1.4 Alimentation directe d'une DEL ou d'un optocoupleur à partir du secteur	12
	1.5 Alimentation à tension fixe de faible puissance	15
	1.6 Alimentation à tension variable de faible puissance	21
<b>2</b>	<b>Alimentations avec transformateur</b>	<b>27</b>
	2.1 Présentation	29
	2.2 Rappels théoriques	29
	2.3 Alimentation simple universelle	35
	2.4 Alimentation d'équipement protégée, ajustable : de 10,5 à 16,5 V, sous 0,7 A max.	39
	2.5 Alimentation universelle à régulateur positif fixe	44
	2.6 Alimentation variable à régulateur positif : 1,2 à 12 V, 1 A	49
	2.7 Alimentation symétrique variable à régulateur positif : $2 \times 0$ à 15 V, 1 A	52
	2.8 Alimentation de laboratoire à amplificateur opérationnel : 0 à 24 V, 2 A	58
	2.9 Alimentation de laboratoire à LM723 : 0 à 24 V, 1 A	65
	2.10 Puissante alimentation de laboratoire à LM723 : 0 à 18 V, 8 A	72

<b>3</b>	<b>Alimentations à commande numérique</b>	<b>83</b>
3.1	Présentation	84
3.2	Rappels théoriques	85
3.3	Circuit de puissance	88
3.4	Platine de commande à base du $\mu\text{C}$ PicBasic-3B®	95
3.5	Platine de commande à base de $\mu\text{C}$ : PIC16F877 ou PIC18F452	103
<b>4</b>	<b>Alimentations à découpage</b>	<b>113</b>
4.1	Présentation	114
4.2	Rappels théoriques	114
4.3	Alimentation <i>step-down</i> de faible puissance : 1,2 à 10 V, sous 230 mA	117
4.4	Alimentation <i>step-up</i> de faible puissance : 11 à 30 V, à partir de 5 V	121
4.5	Alimentation <i>step-down</i> de forte puissance : de 0 à 25 V sous 6 à 8 A	126
	<b>Conclusion</b>	<b>135</b>
	<b>Annexes</b>	<b>137</b>
A.1	Fixation des composants sur les dissipateurs thermiques	137
A.2	Brochage des composants	141
	<b>Références utiles</b>	<b>143</b>
	Bibliographie	143
	Revendeurs de composants	144

# TÉLÉCHARGEZ TOUS LES FICHIERS DU LIVRE !

Tous les circuits imprimés et programmes décrits dans cet ouvrage sont téléchargeables à partir du site :

**<http://www.dunod.com>**

Il faut tout d'abord rechercher l'ouvrage (par titre ou par auteur) puis, une fois sur la page dédiée à l'ouvrage, cliquer sur *documents téléchargeables* dans la rubrique *Compléments en ligne*. Un mot de passe, issu de l'ouvrage, vous sera alors demandé.

L'impression directe sur transparent des circuits imprimés pourra ainsi être réalisée facilement. La meilleure qualité sera obtenue en utilisant une imprimante laser qui permet, par sa précision, un rendu du tracé exceptionnel. Si l'on utilise une imprimante à jet d'encre, il conviendra de vérifier minutieusement le résultat car des micro-coupures apparaissent fréquemment sur les pistes.

La dernière solution est de sortir une impression sur papier et d'effectuer une photocopie de ce dessin sur transparent. Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser deux transparents et de les superposer, le tracé n'étant pas assez opaque pour l'insolation aux ultraviolets.



# INTRODUCTION

## BUT ET NÉCESSITÉ DE L'OUVRAGE

L'appareil électronique dépend de son alimentation continue au même titre que l'être humain doit se nourrir pour vivre. Si l'homme saute des repas, s'ils sont trop riches ou, au contraire, trop peu énergétiques, il s'expose à des problèmes de santé susceptibles d'entraîner sa mort dans les cas extrêmes.

Voyez comme les risques liés à l'alimentation chez l'être humain se retrouvent en électronique ! Une surtension électrique provoque généralement un échauffement, voire une destruction de l'appareil (nourriture trop riche). Une sous-tension peut générer des fonctionnements aléatoires ou une interruption pure et simple (nourriture peu énergétique). Les parasites électroniques sont souvent le siège de dysfonctionnements difficiles à déceler, au même titre que les bactéries et microbes dans la nourriture.

Mangez sainement pour bien vivre ! Le présent ouvrage vous expliquera comment alimenter vos montages et appareils en leur fournissant l'énergie nécessaire pour fonctionner convenablement en tenant compte des inévitables pertes. Vous y trouverez assurément, le schéma et les instructions pour fabriquer l'alimentation électronique dont vous avez besoin.

## PRÉSENTATION DU LIVRE

La collection ETSF des éditions Dunod propose des ouvrages très pratiques. Ce livre ne déroge pas à cette règle. Nous n'allons pas pénétrer les profondes théories des alimentations électroniques car nous nous retrouverions face à des séries de calculs extrêmement complexes. Nous étudierons plutôt, par la pratique, un grand nombre de réalisations regroupant la plupart des principes. Vous trouverez certainement ainsi la solution recherchée.

Les réalisations seront traitées selon une difficulté croissante, les premières ne comportant que peu de composants sur des platines

simples, contrairement aux suivantes. Nous avons développé un circuit imprimé pour chaque montage présenté, celui-ci est toujours câblé en simple face afin que chacun puisse le réaliser sans difficulté.

Nous aborderons en premier lieu les alimentations sans transformateur, malgré les risques qu'elles présentent, puis celles avec transformateur, nous nous intéresserons également à la commande numérique appliquée à ces appareils, puis nous nous tournerons vers les alimentations à découpage. Nous compléterons cet ouvrage en abordant les batteries et leurs chargeurs et enfin, nous terminerons avec les convertisseurs et éleveurs de tension.

Afin de ne pas surcharger ce livre, nous considérons acquises les notions de base de l'électronique (résistances et code des couleurs, condensateurs, loi d'Ohm, gravure des circuits imprimés, etc.). Les lecteurs ne maîtrisant pas ces techniques peuvent se référer à l'ouvrage du même auteur intitulé *Pour s'initier à l'électronique logique et numérique*, ou à un des nombreux autres livres de la collection ETSF de Dunod.

Nous avons jugé préférable de bien décrire les réalisations pratiques et leurs particularités.

Nous espérons que cet ouvrage fera partie de votre laboratoire et qu'il vous sera d'une aide précieuse, que vous soyez amateur passionné, enseignant, ou électronicien confirmé.

### AVERTISSEMENT À PROPOS DES DANGERS DU COURANT

Nous supposons qu'aucun de nos lecteurs n'ignore les dangers du courant électrique, pourtant, lequel d'entre vous n'a jamais touché un conducteur sous tension au cours de ses expérimentations ?

Cet ouvrage traite d'un sujet dangereux, car la grande majorité des réalisations proposées sont reliées au potentiel du secteur. Les risques sont bien plus grands dans ce cas de figure et **aucune maladresse ou étourderie n'est permise !**

Le corps humain se comporte face au courant électrique selon la résistance de sa protection naturelle : la peau. La valeur de celle-ci dépend de nombreux paramètres :

- la nature du contact (direct ou indirect) ;
- la durée de maintien du contact ;
- la surface et la pression du contact ;

- la condition physique ;
- la nature du sol, des vêtements, des chaussures, etc.

Rappelons également qu'à partir d'une tension supérieure à 1 500 volts, la peau se perce et n'offre plus aucune résistance. Voici quelques ordres de grandeur à titre d'exemples :

- Pour 25 V → résistance peau sèche : 5 000  $\Omega$  ; peau humide : 2 500  $\Omega$ .
- Pour 50 V → résistance peau sèche : 4 000  $\Omega$  ; peau humide : 2 000  $\Omega$ .
- Pour 250 V → résistance peau sèche : 1 500  $\Omega$  ; peau humide : 1 000  $\Omega$ .

L'intensité du courant ne présente pas beaucoup de mystères pour un électronicien, pourtant, nombreuses sont les personnes qui ne connaissent pas précisément les dangers liés au courant susceptible de traverser notre corps. Voici une brève énumération afin de concrétiser ces données :

- Seuil de perception : 0,5 mA en alternatif ; 2 mA en continu.
- Non lâcher : 10 mA en alternatif ; non défini en continu.
- Fibrillation cardiaque irréversible : 50 mA en alternatif ; 130 mA en continu.
- Arrêt cardiaque : 1 A en alternatif.

**Soyez conscients des DANGERS, les accidents n'arrivent pas qu'aux autres**, et prenez certaines précautions élémentaires :

- protégez les faces cuivrées des circuits imprimés à l'aide de matériaux isolants ;
- lors des essais, prenez garde de poser les platines sur une table isolante ;
- enfermez vos réalisations terminées dans des boîtiers isolants ;
- dans la mesure du possible, ne travaillez pas sous tension ;
- ne travaillez jamais sous tension auprès des enfants, toujours curieux de nature !
- débranchez tous vos appareils en quittant votre poste de travail ;
- et toutes les précautions plus simples que nous ne pouvons énumérer ici...



**1****ALIMENTATIONS  
SANS TRANS-  
FORMATEUR**

1.1	Présentation	8
1.2	Dangers de ce type d'alimentation	9
1.3	Théorie	9
1.4	Alimentation directe d'une DEL ou d'un optocoupleur à partir du secteur	12
1.5	Alimentation à tension fixe de faible puissance	15
1.6	Alimentation à tension variable de faible puissance	21

<b>2</b>	Alimentations avec transformateur	27
<b>3</b>	Alimentations à commande numérique	83
<b>4</b>	Alimentations à découpage	113
	Conclusion	135
	Annexes	137
	Références utiles	143

## 1.1 PRÉSENTATION

Nous avons l'habitude d'employer le transformateur d'alimentation pour abaisser la tension du secteur, bien qu'il puisse remplir la fonction inverse notamment pour les montages à tubes électroniques. Cet organe, malgré ses avantages : isolation galvanique, forte puissance, etc. présente hélas des inconvénients notoires : encombrement et poids importants, coût élevé et dégagement de chaleur à long terme. Ces quelques constatations nous poussent à le supprimer. Une question se pose alors : comment, ou par quoi, le remplacer ?

La résistance vient immédiatement à l'esprit. Voyons par un simple calcul si cette solution peut convenir. Nous souhaitons par exemple alimenter, à partir du secteur (230 V) un appareil quelconque fonctionnant sous 5 V et nécessitant une intensité de 300 mA. Il nous faudrait une résistance :

$$R = \frac{230 - 5}{0,3} = 750 \Omega$$

et d'une puissance :

$$P = (230 - 5) \times 0,3 = 67,5 \text{ W}$$

Un tel composant, s'il existait, serait bien plus encombrant et plus coûteux qu'un transformateur, de plus, *via* une simple résistance, le pôle du secteur serait directement relié à la sortie !

Rassurez-vous, le composant capable de faire chuter considérablement la tension sans consommer pour autant de puissance, grâce à un déphasage de 90°, existe : c'est le condensateur ! Toute médaille a son revers, et ce type d'alimentation ne se justifie plus dès que l'intensité requise dépasse 200 mA. La capacité, donc la taille du condensateur, croît rapidement, et l'encombrement suit.

Au cours de ce chapitre, nous vous proposerons plusieurs réalisations dans divers domaines d'applications, certaines sont très simples, d'autres plus complexes, mais chacune répond à un besoin précis. Vous constaterez qu'il est également possible de faire varier la tension de sortie, comme sur les alimentations équipées d'un transformateur.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, voyons quelques rappels de prudence et un peu de théorie afin de bien comprendre les principes de base.

## 1.2 DANGERS DE CE TYPE D'ALIMENTATION

Chacun d'entre vous a maintenant pris conscience des risques liés au courant électrique et des précautions à prendre (voir paragraphe 1.3). Malgré tout, ce type d'alimentation doit retenir toute votre attention car les risques sont plus grands du fait de l'absence d'isolation galvanique. Le transformateur n'étant plus là, lors du claquage éventuel d'un condensateur, le potentiel du secteur peut accidentellement se retrouver en sortie.

Par prudence, il convient de ne jamais utiliser ce type d'alimentation dès qu'un contact humain est nécessaire, par exemple sur les appareils médicaux, les jeux de fils électriques à suivre, les interrupteurs à effleurement, etc.

## 1.3 THÉORIE

Ce court paragraphe vous expose la théorie de ce type d'alimentation. Toutes les réalisations de ce chapitre répondant aux mêmes principes, nous allons étudier une fois pour toutes la conception de base et les quelques calculs nécessaires à la bonne compréhension des schémas. De ce fait, nous limiterons, par la suite, les fastidieuses explications.

En observant le schéma de base de la **figure 1.1**, nous allons étudier le rôle de chaque composant. Ce principe sera retenu pour chaque montage de ce chapitre.

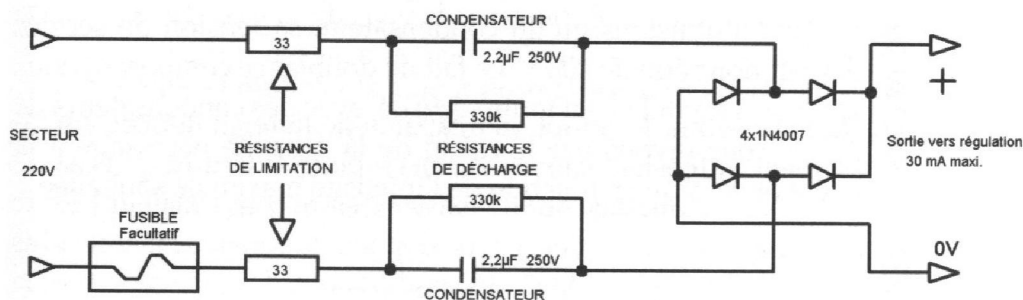


Figure 1.1.  
Schéma de base  
des alimentations  
sans transformateur.

Nous l'avons vu précédemment, le transformateur abaisseur est ici remplacé par un condensateur, composant réactif jouant le rôle d'impédance afin de faire chuter la tension. Un seul condensateur conviendrait mais la sécurité étant notre cheval de bataille, nous en câblons deux, un sur chaque fil du secteur. En effet, avec un seul condensateur, selon le sens de branchement de la fiche, la phase peut se retrouver en sortie de nos alimentations. Nous pouvons considérer que ces deux condensateurs sont raccordés en série. La valeur de chacun d'eux sera donc le double de la capacité trouvée par le calcul, mais la tension de service sera



divisée par deux. Cette caractéristique présente l'avantage de permettre l'acquisition des composants moins onéreux et d'un approvisionnement plus aisé.

La résistance en parallèle sur chaque condensateur force la décharge de ce dernier à la mise hors tension. Afin de limiter le courant de mise sous tension et en cas de claquage d'un condensateur, nous avons ajouté une résistance devant chacun d'entre eux. L'impédance d'un condensateur étant très élevée, la résistance sera de faible puissance, mais en cas de court-circuit, elle servira pratiquement de fusible lent. Cette considération ne nous dispense pas pour autant de protéger nos alimentations par un fusible correctement calibré du côté secteur. La tension ainsi obtenue derrière les deux capacités sera redressée et filtrée pour attaquer la régulation.

Plongeons-nous dans quelques calculs de base applicables aux autres schémas de ce chapitre. Prenons comme objectif la conception d'une alimentation capable de débiter une intensité moyenne de 30 mA, à partir du principe étudié ci-dessus. La tension de sortie n'a, pour l'instant, pas d'importance.

Voyons en priorité la valeur de la tension crête à crête du secteur (amplitude maximale).

$$U_{\text{crête}} = U_{\text{secteur}} \sqrt{2} \quad \text{d'où} \quad U_{\text{crête}} = 230 \sqrt{2} = 325 \text{ V}$$

## Condensateurs

Si nous n'utilisons qu'un condensateur, sa tension de service devrait donc être de 400 V. Le fait de doubler ce composant nous autorise à travailler, en toute sécurité, avec des condensateurs de 250 V. Poursuivons par le calcul de la capacité nécessaire à la chute de tension en fonction de l'intensité maximale souhaitée.

$$C = \frac{I}{2\sqrt{2} \cdot f \cdot U}$$

$$\text{d'où} \quad C = \frac{0,03}{2\sqrt{2} \times 50 \times 230} = 9,223 \times 10^{-7} \text{ F (farad)}$$

Il nous faut donc un condensateur de 1  $\mu\text{F}$ . Pour les raisons évoquées ci-dessus, nous opterons pour deux condensateurs de 2,2  $\mu\text{F}$  et de 250 V montés, chacun, sur chaque fil de secteur afin d'obtenir une capacité de 1,1  $\mu\text{F}$ . Voyons, à présent, l'impédance d'un condensateur de 1,1  $\mu\text{F}$  pour une fréquence de 50 Hz (secteur). Cette donnée va nous servir à calculer l'intensité efficace en régime permanent.

$$Z = \frac{1}{C \omega} = \frac{1}{C \cdot 2\pi \cdot f}$$

$$\text{d'où } Z = \frac{1}{1,1 \times 10^{-6} \times 2 \times 3,14 \times 50} = 2\,895 \, \Omega$$

### Résistances de décharge

Le choix de la valeur de cette résistance est soumis à une condition primordiale, elle doit offrir une résistance bien supérieure à l'impédance du condensateur pour lequel elle travaille afin de ne pas perturber son comportement (choisissons 470 k $\Omega$  par exemple). À la coupure de l'alimentation, la tension aux bornes de la capacité décroît de manière exponentielle grâce à cette résistance. Le temps de décharge se calcule ainsi.

$$t = R \cdot C \quad \text{d'où } t = 470\,000 \times 2,2 \times 10^{-6} = 1,034 \text{ s}$$

Si ce délai vous semble un peu long, vous pouvez réduire légèrement la valeur de la résistance.

### Résistances de limitation

Les résistances en série avec les condensateurs ont pour rôle de limiter la pointe de courant à la mise sous tension. Prenons une intensité largement suffisante à ne pas dépasser : 6 A.

$$R = \frac{U_{\text{crête}}}{I} \quad \text{d'où } R = \frac{325}{5} = 65 \, \Omega$$

Nous allons employer la valeur normalisée la plus proche : 33  $\Omega$  sur chaque ligne du secteur afin de former une valeur totale de 66  $\Omega$ . Calculons le courant efficace circulant en régime permanent, compte tenu de l'impédance des condensateurs.

$$I_{\text{permanent}} = \frac{U}{Z}$$

$$\text{d'où } I_{\text{permanent}} = \frac{230}{2\,895} = 0,0794 \text{ A, soit environ } 0,08 \text{ A.}$$

Calculons, maintenant, la puissance nécessaire à chacune de ces résistances.

$$P = R \cdot I_{\text{permanent}}^2 \quad \text{d'où } P = 33 \times 0,08 \times 0,08 = 0,21 \text{ W}$$

Des modèles de 0,5 watt conviennent parfaitement. Nous n'allons pas commenter les caractéristiques du pont de redressement,

il peut s'agir de quatre diodes, ou d'un pont moulé. Il doit simplement supporter la tension et le courant à fournir. Pour certaines applications rudimentaires (alimentation d'une DEL ou d'un optocoupleur par exemple), un redressement mono alternance à l'aide d'une seule diode peut suffire.

### À propos d'un condensateur de filtrage

Un condensateur de filtrage (appelé également de lissage), sert à réduire le facteur d'ondulation (appelé delta  $\Delta$ ) de la tension de sortie. Il n'est pas représenté sur le schéma de la **figure 1.1** car la tension de sortie n'est pas définie dans notre modèle type, mais son usage est indispensable pour une alimentation digne de ce nom. Plus l'intensité demandée est importante, plus ce dernier augmente et plus la valeur de la capacité de filtrage doit être élevée. Pour son calcul, il convient de prendre en compte le courant maximal et de se fixer un  $\Delta$ , par exemple 5 %. Pour information, voici la formule permettant de calculer sa valeur.

$$C_{\text{filtrage}} = \frac{I_{\text{max}}}{2f \cdot \Delta U_{\text{max}}}$$

Vous trouverez ce composant dans pratiquement toutes les réalisations de cet ouvrage. Nous en avons terminé avec ce paragraphe théorique quelque peu rébarbatif, mais indispensable à la bonne compréhension des futurs montages.

## 1.4 ALIMENTATION DIRECTE D'UNE DEL OU D'UN OPTOCOUPLEUR À PARTIR DU SECTEUR

### Présentation

Si l'alimentation d'une DEL, ou de la DEL d'un optocoupleur, ne pose pas de problème sous une basse tension continue, il n'en est pas de même à partir de la tension alternative du secteur. Utiliser un transformateur abaisseur est une solution un peu lourde pour le peu d'énergie à fournir. Le principe de l'alimentation à l'aide d'un condensateur abaisseur de tension est bien plus élégant dans ce cas. Ce type de réalisation trouve généralement sa place comme voyant secteur, ou pour télécommander une entrée d'automate en s'assurant une isolation galvanique par un optocoupleur. Dans les deux cas, la main de l'homme n'intervient plus durant le fonctionnement ; il est donc tout à fait envisageable de n'utiliser qu'un seul condensateur, et de simplifier à l'extrême le schéma.

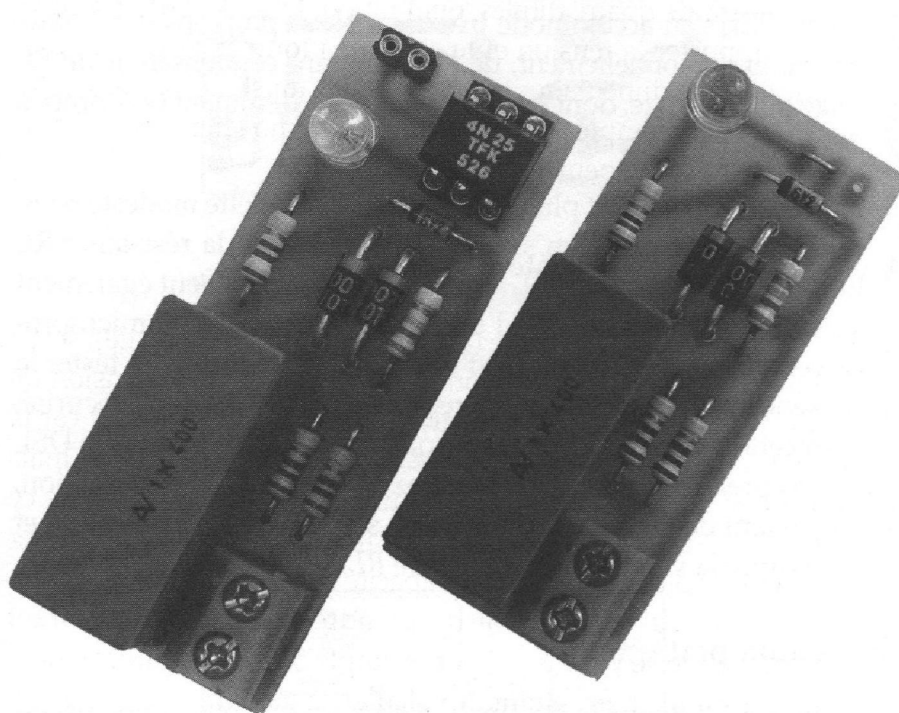


Photo 1.1.  
La DEL  
et l'optocoupler  
alimentés du secteur,  
sans transformateur.

### Schéma de principe

Le schéma de la **figure 1.2** montre une réelle simplicité. Nous ne reprendrons pas le mode de calcul des composants, étudié précédemment lors du paragraphe sur la théorie. Rappelons, néanmoins le rôle de chacun d'eux.

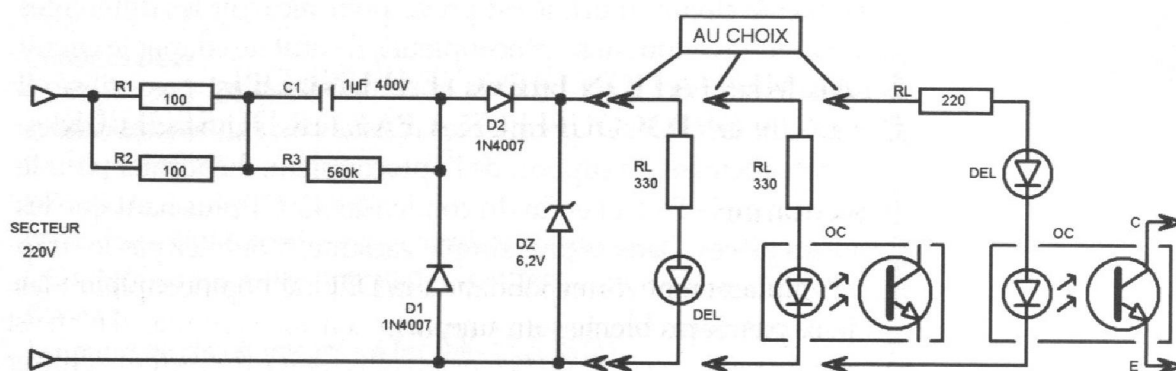


Figure 1.2.  
Schéma d'une DEL  
alimentée du secteur,  
sans transformateur.

Les résistances R1 et R2 limitent l'appel de courant lors du chargement du condensateur C1. La résistance R3 décharge C1 à la mise hors service du montage. Les diodes D1 et D2 redressent la tension ainsi obtenue. La diode Zener fixe la tension à 6,2 volts. Le courant maximal traversant cette dernière est limité par la capacité du condensateur C1. À ce point du circuit nous disposons d'un redressement « mono-alternance » ; cette forme de signal ne suffit pas pour une alimentation élaborée, mais l'illumination



d'une DEL s'en accommode très bien. Nous pouvons donc nous passer, exceptionnellement, de l'encombrant condensateur de filtrage ou de lissage, dont nous parlions précédemment (« À propos d'un condensateur de filtrage »).

Notre schéma prévoit plusieurs utilisations de cette modeste réalisation. Dans le cas d'un simple voyant secteur, la résistance  $RL$  limite le courant de la DEL à 14 mA. Ce montage peut également servir à activer une entrée d'un microcontrôleur, d'un microprocesseur, ou tout simplement d'une porte logique afin de tester la présence, ou l'absence, de la tension du secteur en toute sécurité. Pour cette tâche, la DEL de l'optocoupleur OC se substitue à la DEL du cas précédent. Si vous souhaitez conserver une visualisation, il convient de raccorder une DEL en série avec l'optocoupleur et de réduire la valeur de la résistance  $RL$ .

### Réalisation pratique

La **figure 1.3** donne le dessin du typon, vu du côté cuivré, nécessaire à la gravure du tout petit circuit imprimé.

Nous ne rappellerons pas ici le mode de confection d'un circuit imprimé. Les lecteurs désirant effectuer un montage dit « en fils volants », malgré les risques rencontrés, sont invités à observer toutes les règles de prudence.

Les **figures 1.4a** et **1.4b** montrent deux plans d'implantation des composants.

Le même circuit imprimé est prévu pour recevoir les différentes versions (avec ou sans optocoupleur), il suffit de couper le circuit sous le support à six broches si ce dernier n'est pas utilisé. Il convient de câbler en premier les résistances, suivies des diodes, éventuellement du support de l'optocoupleur, du bornier pour le secteur, de la DEL et enfin du condensateur  $C1$  plus haut que les autres pièces. Dans sa plus simple variante, n'oubliez pas le strap à l'emplacement correspondant à la DEL de l'optocoupleur : les deux premières broches du support.

Avant de mettre sous tension une réalisation juste terminée, il est primordial de se livrer à quelques vérifications, surtout lorsqu'il s'agit de la tension du secteur. Observez bien votre circuit imprimé pour traquer la goutte de soudure trop généreuse, cause de court-circuit, ou la piste coupée empêchant le montage de fonctionner convenablement. En dernier lieu, contrôlez la valeur des composants et le sens de ceux qui sont polarisés.

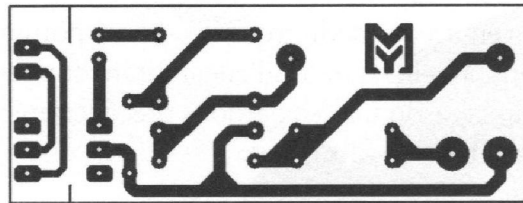


Figure 1.3.  
Dessin  
du circuit imprimé  
d'une DEL alimentée  
par le secteur  
(côté cuivre).

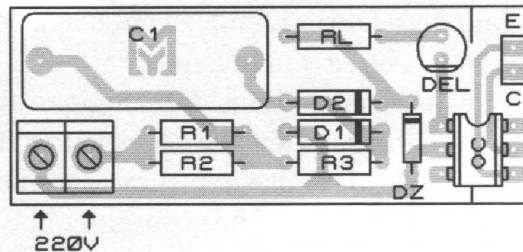


Figure 1.4a.  
Implantation  
des composants  
d'une DEL alimentée  
par le secteur  
(1<sup>re</sup> version).

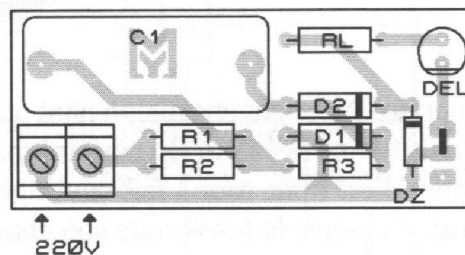


Figure 1.4b.  
Implantation  
des composants  
d'une DEL alimentée  
par le secteur  
(2<sup>e</sup> version).

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 ; R2 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)

R3 : 560 k $\Omega$  (vert, bleu, jaune)

RL : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron) ou 330  $\Omega$  (orange, orange, marron)  
(voir texte et figure 1.2)

### Condensateur :

C1 : 1  $\mu$ F 400 V (polyester)

### Composants actifs :

D1 ; D2 : 1N4007

DZ : diode Zener 6,2 V (1,3 W)

DEL : diode électroluminescente (couleur au choix)

OC : 4N25 ou équivalent (facultatif, voir texte)

### Divers :

1 support de circuit intégré à 6 broches (facultatif)

1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm

## 1.5 ALIMENTATION À TENSION FIXE DE FAIBLE PUISSANCE

### Présentation

La seconde réalisation de ce chapitre porte sur une alimentation à tension fixe, mais toujours sans transformateur. Il peut s'avérer utile de disposer d'un tel appareil pour diverses raisons évoquées

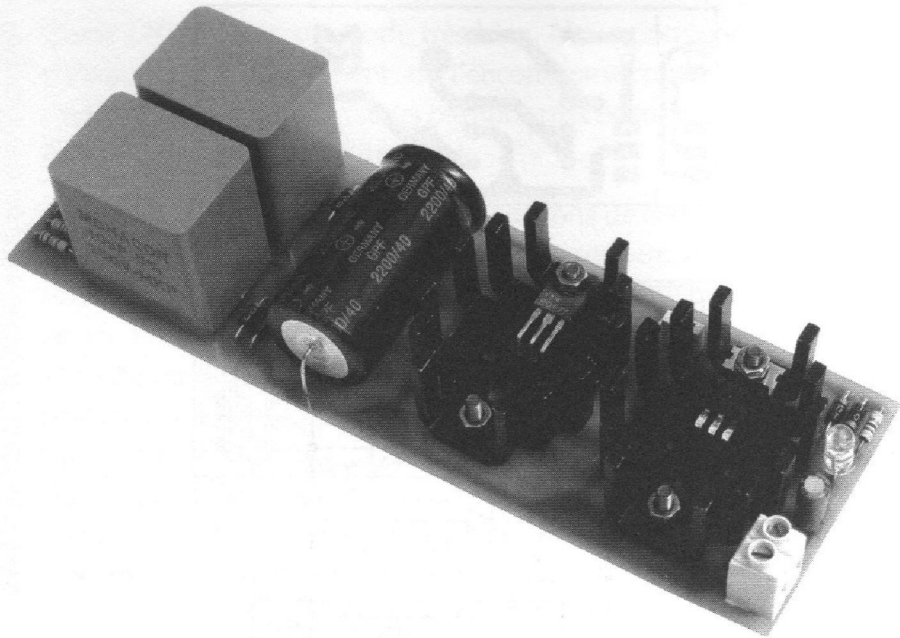


Photo 1.2.  
L'alimentation fixe  
sans transformateur.

au début de ce chapitre. Nous savons maintenant que la taille des condensateurs conditionne la valeur du courant maximal et non la tension de sortie. Il est donc tout à fait envisageable, à partir d'un même circuit, d'obtenir la tension de son choix sans modifier la taille des condensateurs abaisseurs. De l'idée à la pratique, franchissons le pas, et voyons comment obtenir 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, ou 24 V sous 300 mA avec une protection contre les courts-circuits en changeant le minimum de composants.

### Schéma de principe

Étudions le schéma de la **figure 1.5** où nous retrouvons les principes de base du début.

Les condensateurs C1 et C2 abaissent la tension secteur par déphasage. Le fait d'employer un condensateur sur chaque fil du secteur augmente la sécurité, mais oblige à utiliser des capacités doubles. Nous sommes en présence de condensateurs non polarisés de 10  $\mu\text{F}$  chacun pour une tension de service de 250 volts, plus réduite que sur le montage précédent. Les résistances R1 à R6 évitent la surintensité due à la charge brutale de C1 et C2. À la mise hors tension, les deux condensateurs sont déchargés rapidement sur les résistances R7 et R8. La tension subit ensuite un redressement efficace au moyen du pont constitué par les diodes D1 à D4. Le condensateur C3 effectue un filtrage convenable car la tension sera régulée par circuit intégré. Le condensateur C4 offre une protection contre les perturbations de fréquence plus élevée.

Nous demandons à notre alimentation de fournir un courant maximal de 300 mA. Une diode Zener simple ne peut pas stabi-

© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

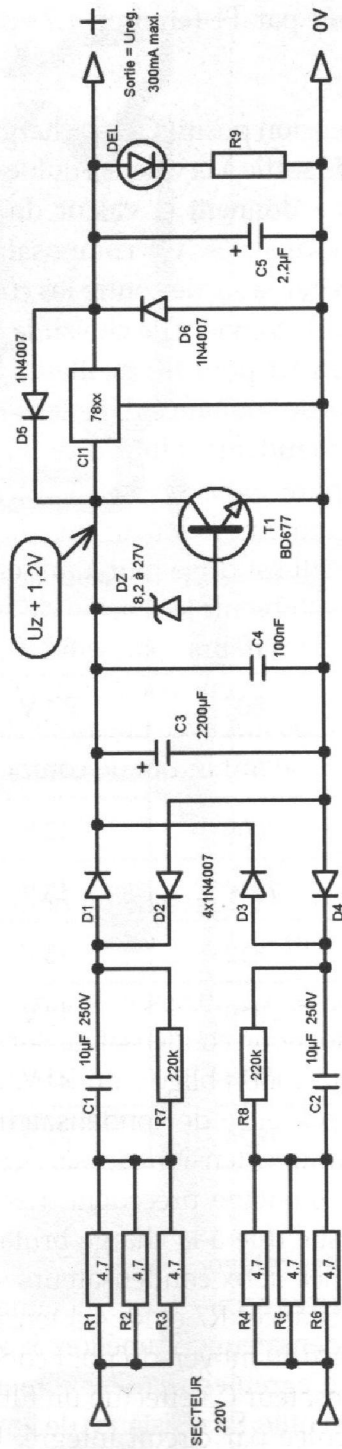


Figure 1.5.  
Schéma de principe  
de l'alimentation  
à tension fixe sans transfo.



liser une tension sous une telle intensité. Nous avons recours à une petite astuce : nous commandons la base d'un transistor de puissance (T1) par une diode Zener (DZ). Nous effectuons par ce biais une stabilisation parallèle. Sur le collecteur de T1, nous obtenons une tension égale à la tension de service de DZ additionnée de la tension chutée par T1 (environ 1,2 volt pour un transistor Darlington).

Le régulateur de tension positif CI1 se charge de stabiliser parfaitement la tension de sortie à la valeur voulue. Il s'agit d'un modèle 78xx, les deux « x » donnent la valeur de la tension, à choisir parmi les celles normalisés. Ce composant présente, de plus, l'avantage de protéger la sortie contre les courts-circuits pour un coût très abordable. Il convient de choisir la diode DZ et le circuit CI1 selon le **tableau 1.1** pour les meilleurs résultats en fonction de la tension de sortie souhaitée. Une tension Zener trop élevée provoquerait un échauffement inutile de T1.

**Tableau 1.1.**  
Valeur des composants en fonction de la tension de sortie voulue.

Tension de sortie	Valeur de CI1	Valeur de DZ	Valeur de R9
5 V	7805	8,2 V	680 $\Omega$
6 V	7806	9,1 V	910 $\Omega$
8 V	7808	11 V	1 300 $\Omega$
9 V	7809	12 V	1 500 $\Omega$
10 V	7810	13 V	1 600 $\Omega$
12 V	7812	15 V	2 000 $\Omega$
15 V	7815	18 V	2 700 $\Omega$
18 V	7818	21 V	3 300 $\Omega$
24 V	7824	27 V	4 300 $\Omega$

Les diodes D5 et D6 protègent le régulateur CI1 contre les éventuelles tensions inverses occasionnées, notamment, par des charges capacitives. Le condensateur C5 améliore la stabilité du montage. Nous avons choisi d'agrémenter notre alimentation par une DEL de visualisation bien utile. Sa résistance de limitation : R9 est calculée pour une intensité de 5 mA environ. Sa valeur est donnée sur le **tableau 2.1**, car elle est directement liée à la tension de sortie.

Réalisation pratique

Afin de graver le circuit imprimé, la **figure 1.6** vous donne le dessin du typon à l'échelle 1, vu du côté cuivré.

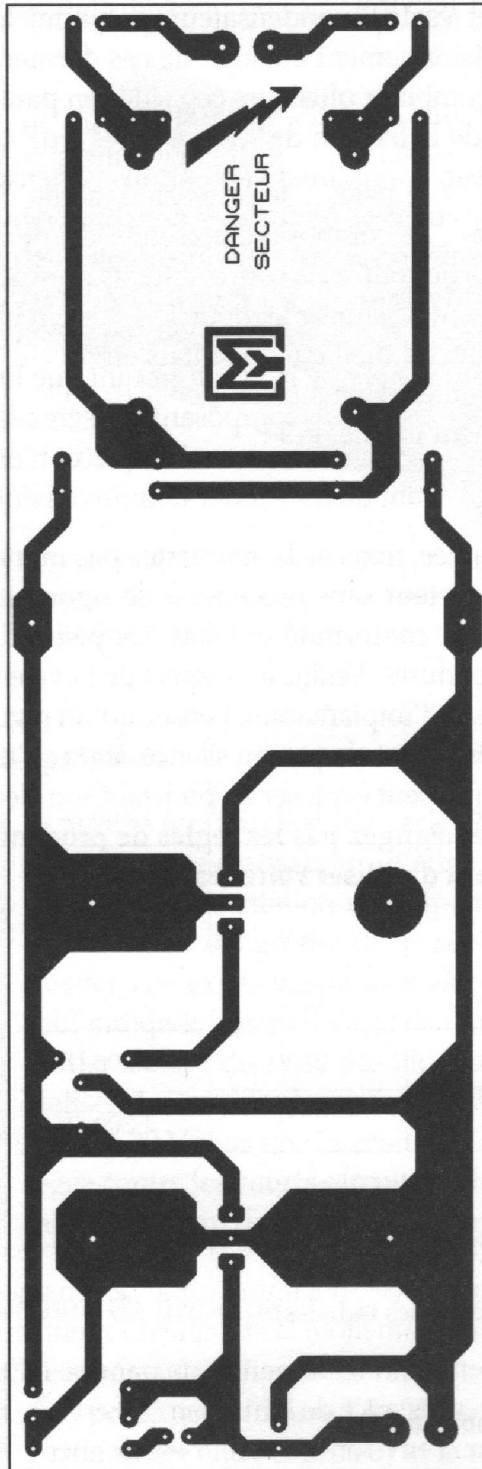


Figure 1.6. Dessin du circuit imprimé de l'alimentation à tension fixe sans transfo (côté cuivre).

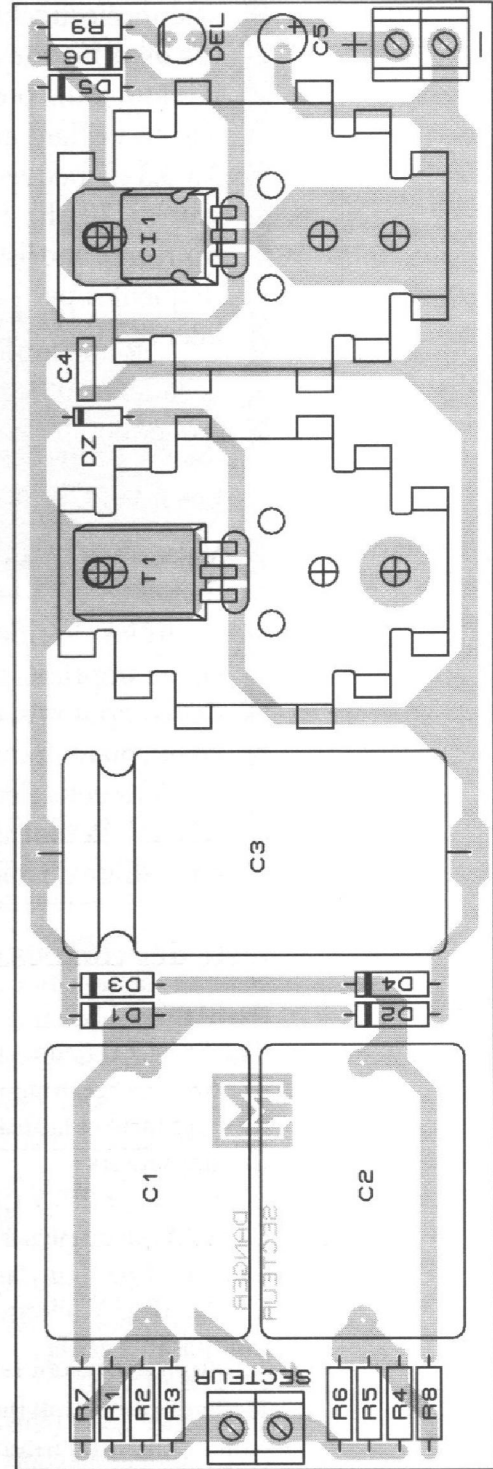


Figure 1.7. Implantation des composants de l'alimentation à tension fixe sans transfo.

Procédez maintenant au câblage des composants selon le plan d'implantation de la **figure 1.7**. Travaillez suivant un ordre précis tenant compte de la taille, mais également de la fragilité des pièces.

Commencez par souder toutes les résistances et les diodes, puis les borniers à vis, le condensateur au mylar, la DEL, les condensateurs électrochimiques, et les deux condensateurs polyester. En cas de difficulté d'approvisionnement au sujet de ces derniers, il est toujours possible de combiner plusieurs capacités en parallèle en veillant au respect de la tension de service ( $2 \times 4,7 \mu\text{F}$  ou  $3 \times 3,3 \mu\text{F}$  peuvent remplacer, approximativement un condensateur de  $10 \mu\text{F}$ ). En fin d'ouvrage et pour vous dépanner, vous trouverez une liste, non exhaustive, de revendeurs de composants fréquentés par l'auteur. Le transistor de puissance T1 et le régulateur CI1 nécessitent un dissipateur thermique. Positionnez avec précision chaque dissipateur à l'aide de la vis ne serrant que lui. Pliez ensuite à  $90^\circ$  les pattes des deux composants, insérez-les dans les trous des pastilles et vissez-les. Observez si les pièces n'ont pas pivoté durant le serrage avant de les souder définitivement.

Votre alimentation est terminée, mais ne la soumettez pas immédiatement à la tension du secteur sans procéder à de rigoureux contrôles. Vérifiez d'abord la conformité et l'état des pistes du circuit imprimé, puis des soudures. Veillez au respect de la valeur des composants, et à leur sens d'implantation. Pensez qu'un régulateur, ou un transistor inversé peut claquer en silence, alors qu'un condensateur électrochimique peut exploser en projetant son électrolyte ! **Si tout va bien, ne négligez pas les règles de prudence en matière d'isolement avant d'utiliser votre réalisation.**

### Liste des composants

#### Résistances à 5 % :

R1 à R6 :  $4,7 \Omega$  (jaune, violet, or)

R7 ; R8 :  $220 \text{ k}\Omega$  (rouge, rouge, jaune)

R9 : voir texte et **tableau 2.1**

#### Condensateurs :

C1 ; C2 :  $10 \mu\text{F}$  250 V (polyester)

C3 :  $2\ 200 \mu\text{F}$  ou plus 40 V (électrochimique à sorties axiales)

C4 :  $100 \text{ nF}$  63 V (mylar)

C5 :  $2,2 \mu\text{F}$  35 V (électrochimique à sorties radiales)

#### Composants actifs :

D1 à D6 : 1N4007

DZ : Zener 1,3 W (tension selon **tableau 2.1**)

DEL : couleur au choix

T1 : BD677 ou équivalent (attention au **brochage** !)

CI1 : 7805 à 7824 (tension selon **tableau 2.1**)

#### Divers :

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm (facultatifs)

2 dissipateurs thermiques (ML16-ph9/2) (St-Quentin Radio : réf. U300)  
Visserie Ø 3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 1.6 ALIMENTATION À TENSION VARIABLE DE FAIBLE PUISSANCE

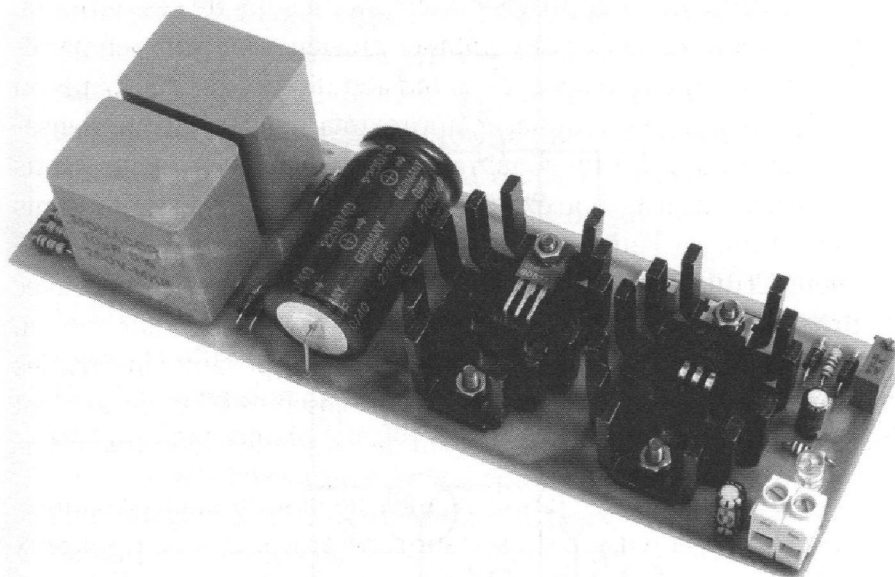


Photo 1.3.  
L'alimentation  
variable  
sans transformateur.

### Présentation

Malgré sa tension de sortie variable, nous ne pouvons pas encore qualifier cette réalisation « d'alimentation de laboratoire », mais plutôt « d'alimentation d'équipement universelle ». En effet, il pourrait être dangereux de se servir d'un tel montage pour alimenter vos expérimentations électroniques. Par contre, elle est tout indiquée lorsqu'il s'agit de l'intégrer dans un appareil ou un boîtier isolant du style des blocs secteur, couramment commercialisés. La tension de sortie s'ajuste de manière linéaire de 1,2 à plus de 20 V sous une intensité maximale de 300 mA. Elle est protégée contre les courts-circuits et donne une indication rudimentaire du niveau de sortie au moyen d'une DEL.

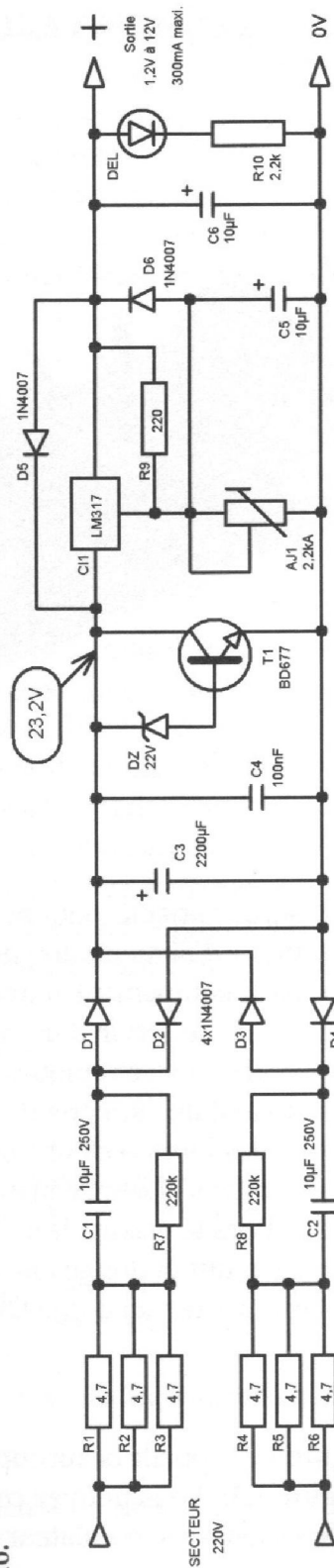
### Schéma de principe

Le schéma de la **figure 1.8** rappelle beaucoup celui de l'alimentation précédente (**figure 1.5**). Vous pouvez constater que toute la partie située entre le secteur et le régulateur est identique.

Il s'agit de la section destinée à remplacer le transformateur d'alimentation et comme nous voulons obtenir la même intensité que précédemment, nous utilisons les mêmes composants ! Pour cette



Figure 1.8.  
Schéma de principe  
de l'alimentation à tension variable  
sans transfo.



raison, nous n'allons pas décrire, à nouveau en détail, cette partie du schéma. Rappelons, malgré tout, le rôle de chaque pièce, nous expliquerons plus précisément la seconde section.

Les condensateurs C1 et C2 abaissent la tension secteur par déphasage. Les résistances R1 à R6 évitent la surintensité due à la charge brutale de C1 et C2. À la mise hors tension, les deux condensateurs sont déchargés rapidement sur les résistances R7 et R8. Les diodes D1 à D4 assurent le redressement de la tension. Le condensateur C3 filtre cette dernière. Le condensateur C4 évite les nuisances dues aux perturbations de fréquence plus élevée. Le couple formé du transistor T1 et de la diode DZ constitue une diode Zener de puissance largement capable de supporter les 300 mA.

Nous faisons ensuite appel à un régulateur positif variable : le LM317. Celui-ci ne requiert que très peu de composants périphériques et offre une protection contre les courts-circuits en sortie. De plus sa tension de référence est relativement basse (1,25 volt) comparée à celle de certains de ses concurrents. La résistance R9 fixe le courant de sortie minimal pour la tension de référence. Par comparaison à cette dernière, la résistance ajustable AJ1 permet de régler la tension de sortie. Le condensateur C5, placé au plus près de CI1, améliore le facteur d'ondulation mais nécessite l'usage de la diode D6 pour assurer sa décharge et protéger le LM317. La diode D5 joue le même rôle pour d'éventuelles charges capacitives en sortie. Le condensateur C6 offre un dernier filtrage. La DEL, limitée en courant par la résistance de limitation R10, donne une indication visuelle rudimentaire de la tension de sortie.

## Réalisation pratique

Reportez-vous à la **figure 1.9** pour le dessin du typon à l'échelle 1, vu du côté cuivré.

Après gravure et perçage du circuit imprimé, passez à l'opération de câblage. Suivez le plan d'implantation des composants de la **figure 1.10**, et travaillez suivant un ordre précis tenant compte de la taille, mais également de la fragilité des pièces.

Comme pour la réalisation précédente, débutez par la mise en place des résistances et des diodes. Poursuivez par les borniers à vis, le condensateur au mylar, la DEL, les condensateurs électrochimiques, et les deux condensateurs polyester. Il est toujours possible de combiner plusieurs capacités en parallèle, en veillant au respect de la tension, afin de remplacer un condensateur de 10  $\mu$ F. Fixez les deux dissipateurs thermiques sur le circuit imprimé à l'aide de visserie de 3 mm de diamètre sur les trous ne recevant pas de composants. Veillez à la concordance des perçages du circuit

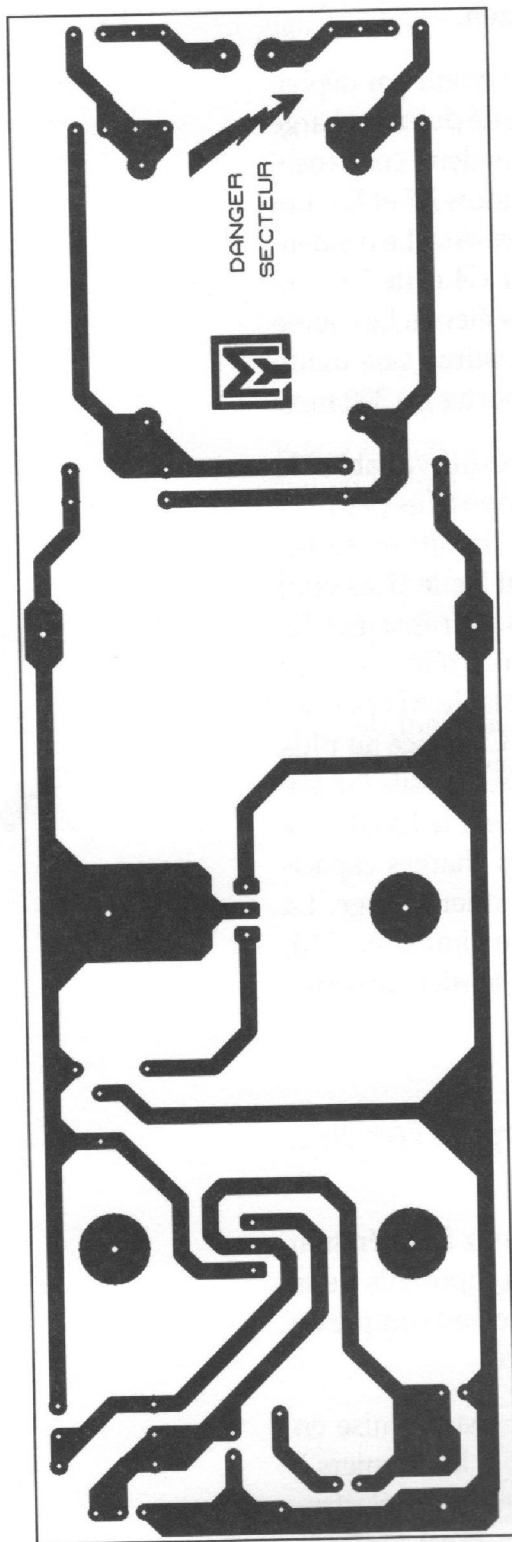


Figure 1.9.  
Dessin du circuit imprimé de l'alimentation à tension variable sans transfo (côté cuivre).

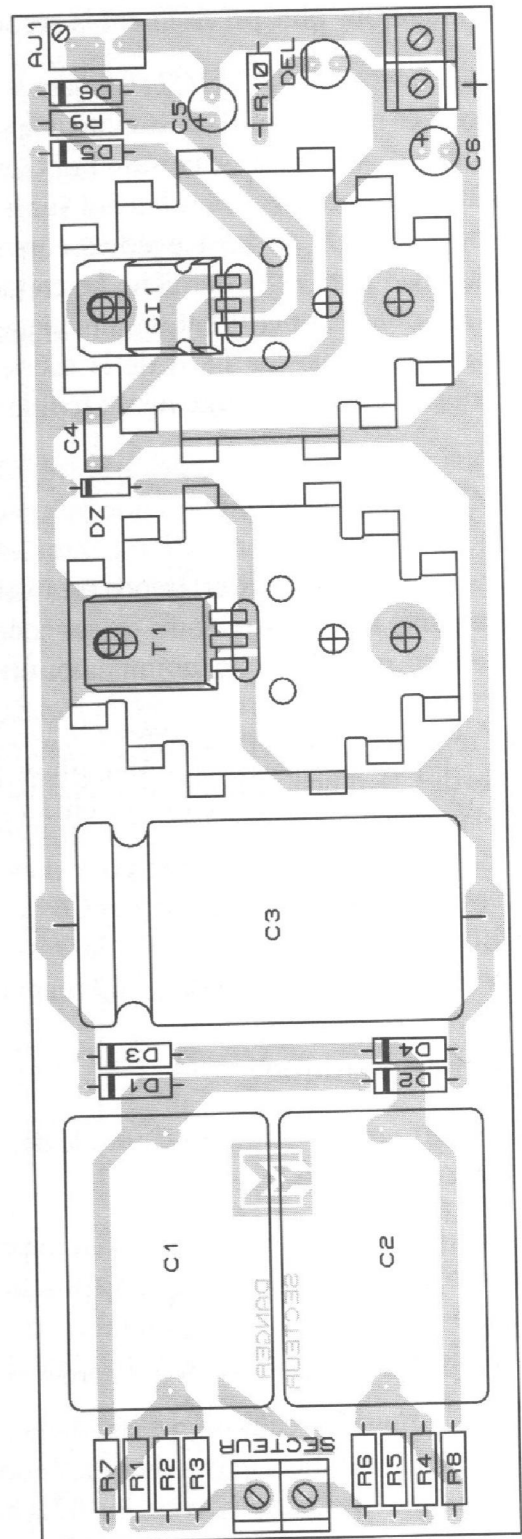


Figure 1.10.  
Implantation des composants de l'alimentation à tension variable sans transfo.

imprimé avec les trous des dissipateurs. Pliez ensuite à 90° les pattes de C11 et de T1, insérez-les dans les trous des pastilles et vissez-les. Observez si les pièces n'ont pas pivoté durant le serrage avant de les souder définitivement.

Comme toujours en électronique, lorsque vous venez de terminer une réalisation, évitez de la mettre sous tension immédiatement, surtout quand il s'agit du secteur ! Effectuez les indispensables contrôles. Examinez les pistes du circuit imprimé pour traquer une fine coupure, une soudure « sèche », ou un court-circuit de câblage. Vérifiez enfin la valeur et le sens d'implantation des composants. Attention à l'inversion des condensateurs, des diodes, ou au brochage d'un transistor équivalent à celui préconisé par nos soins. Votre alimentation est terminée, soyez vigilant quant aux règles de prudence et pensez à vous protéger par un boîtier isolant.

À la mise sous tension, la position du curseur de la résistance ajustable étant aléatoire, la tension de sortie peut être élevée. Pensez à la régler avant d'alimenter un appareil.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

### Liste des composants

#### Résistances à 5 % :

R1 à R6 : 4,7  $\Omega$  (jaune, violet, or)  
 R7 ; R8 : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)  
 R9 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 R10 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)

#### Résistance ajustable :

AJ1 : 2,2 k $\Omega$  verticale 25 tours

#### Condensateurs :

C1 ; C2 : 10  $\mu$ F 250 V (polyester)  
 C3 : 2 200  $\mu$ F ou plus 40 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C4 : 100 nF 63 V (mylar)  
 C5 ; C6 : 10  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties radiales)

#### Composants actifs :

D1 à D6 : 1N4007  
 DZ : Zener 22 V 1,3 W  
 DEL : couleur au choix  
 T1 : BD677 ou équivalent (attention au brochage !)  
 C11 : LM317

#### Divers :

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm (facultatifs)  
 2 dissipateurs thermiques (ML16-ph9/2) (St-Quentin Radio : réf. U300)  
 Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)



# 2 ALIMENTATIONS AVEC TRANS- FORMATEUR

2.1	Présentation	29
2.2	Rappels théoriques	29
2.3	Alimentation simple universelle	35
2.4	Alimentation d'équipement protégée, ajustable : de 10,5 à 16,5 V, sous 0,7 A max.	39
2.5	Alimentation universelle à régulateur positif fixe	44
2.6	Alimentation variable à régulateur positif : 1,2 à 12 V, 1 A	49
2.7	Alimentation symétrique variable à régulateur positif : $2 \times 0$ à 15 V, 1 A	52
2.8	Alimentation de laboratoire à amplificateur opérationnel : 0 à 24 V, 2 A	58
2.9	Alimentation de laboratoire à LM723 : 0 à 24 V, 1 A	65
2.10	Puissante alimentation de laboratoire à LM723 : 0 à 18 V, 8 A	72

<b>3</b>	Alimentations à commande numérique	83
<b>4</b>	Alimentations à découpage	113
	Conclusion	135
	Annexes	137
	Références utiles	143

## 2.1 PRÉSENTATION

Le transformateur présente bien des avantages. Il va nous permettre de réaliser des alimentations de faible, moyenne et forte puissance pour les équipements et le laboratoire. Le plus grand intérêt du transformateur, est son isolation galvanique. S'il en existe de nombreux types, nous n'utiliserons dans notre ouvrage que des modèles à enroulements primaires et secondaires séparés. L'absence de liaison électrique entre le secteur et les bobinages secondaires offre une protection indispensable à l'être humain. Pour les réalisations de modeste puissance, les transformateurs moulés offrent l'attrait de se souder à même le circuit imprimé, comme tout autre composant. Les alimentations fournissant un courant plus élevé nécessiteront un modèle à étrier, ou mieux encore, un transformateur torique présentant un meilleur rendement.

Après de précieux rappels théoriques sur les transformateurs, le redressement et le filtrage, nous aborderons les alimentations à composants discrets, puis à amplificateur opérationnel (AOP). La compréhension du principe de ces alimentations permet de mieux appréhender le fonctionnement des composants très utilisés que sont les régulateurs à trois broches. Nous verrons bien sûr, plusieurs réalisations utilisant cette technique. Pour clore ce volumineux chapitre, nous étudierons des alimentations basées sur un circuit intégré « indémodable » : le 723. Bien qu'ancien, ce composant gère toutes les fonctions d'une alimentation sophistiquée sous toutes les configurations : protections, tension et intensité fixes ou variables.

## 2.2 RAPPELS THÉORIQUES

Au cours de ce paragraphe, nous n'allons pas reprendre les fastidieux calculs et traiter tous les principes mis en œuvre sur les alimentations, mais simplement parler des transformateurs, des différents modes de redressement de la tension alternative et du filtrage appelé également lissage de la tension. En effet, il s'agit là des points communs à toutes nos réalisations et à toutes les alimentations à transformateur en général.

### Transformateurs

La pièce maîtresse du transformateur, est son noyau fermé constitué d'un matériau à forte perméabilité magnétique. Il peut prendre la forme d'un tore, ou d'un assemblage de tôles en forme de « E » et de « I ». Ce circuit ferromagnétique reçoit au moins deux enroulements. Le primaire relié au secteur comporte un grand nombre

de spires de fil de cuivre émaillé fin. Le secondaire bobiné en fil d'un diamètre supérieur comporte bien moins de spires ; un même transformateur possède souvent plusieurs secondaires. La figure 2.1 montre les symboles employés dans notre ouvrage pour dessiner un transformateur.

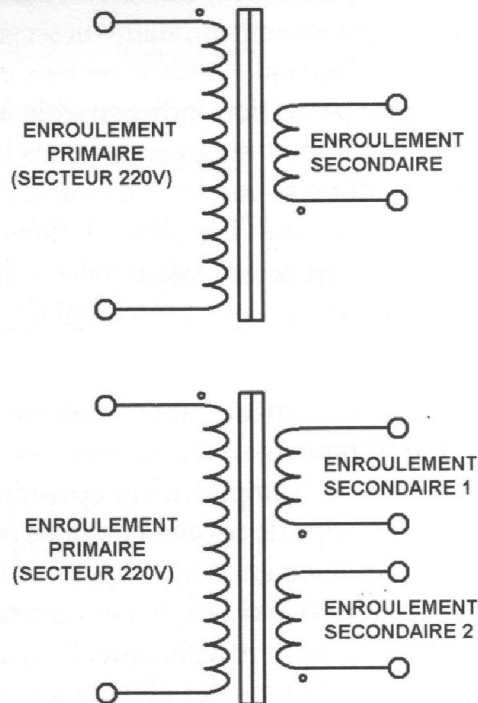


Figure 2.1.  
Symbolisation  
d'un transformateur.

Nous voyons clairement l'isolation galvanique entre les enroulements primaires et secondaires, ainsi que le noyau ferromagnétique représenté par des lignes verticales. Le petit point placé à l'extrémité des bobines donne le sens de bobinage.

Le principe de fonctionnement du transformateur peut être énoncé de manière simplifiée. L'enroulement primaire, alimenté sous la tension alternative du secteur, crée un flux magnétique dans le noyau, induisant de ce fait une force électromotrice dans chaque enroulement secondaire. Il est malgré tout possible d'inverser le sens de fonctionnement du transformateur : une faible tension alternative appliquée au secondaire induit une forte tension au primaire. Le rapport de transformation  $k$  est évident à calculer : c'est le rapport du nombre de spires au secondaire  $n_2$  sur celui au primaire  $n_1$ . C'est aussi celui de la tension au secondaire  $U_2$  sur celle au primaire  $U_1$ .

$$k = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1}$$



Prenons un exemple concret. Nous possédons un transformateur admettant 230 volts au primaire et fournissant 12 volts au secondaire. Nous en déduisons son rapport de transformation :

$$k = \frac{U_2}{U_1} = \frac{12}{230} = 0,0521$$

Certains préfèrent utiliser le rapport 1 sur  $k$ . Ce qui aboutit pour notre exemple à :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,0521} = 19,1938$$

Si l'enroulement secondaire est constitué de 84 spires, vous pouvez en déduire que le primaire totalise 19,1938 fois plus de spires, à savoir : 1 612 spires.

### Redressement de la tension

Nous avons besoin de redresser la tension alternative issue du transformateur afin de pouvoir la réguler, la stabiliser, la protéger, etc. Il existe plusieurs modes de redressement en fonction des nécessités. Une alimentation destinée à l'illumination de quelques diodes électroluminescentes peut se satisfaire d'un redressement sommaire. À l'encontre, si vous la destinez par exemple, à l'alimentation d'un préamplificateur hi-fi, elle devra présenter une tension parfaitement continue. Voyons les quatre styles de redresseurs retenus.

La **figure 2.2** donne le schéma de principe et les oscillogrammes d'un redresseur mono-alternance.

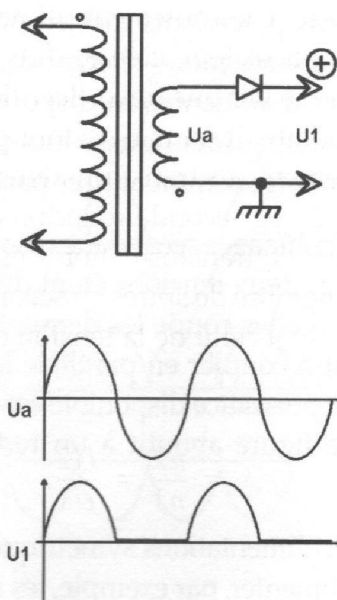


Figure 2.2.  
Le redressement  
mono-alternance.

Une simple diode suffit pour couper toutes les demi-alternances négatives. La tension est nulle durant chaque demi-période positive. Ce creux difficile à combler présentera des imperfections sur la future tension continue.

Une des solutions pour obtenir un redressement à double alternance est présentée sur la **figure 2.3**.

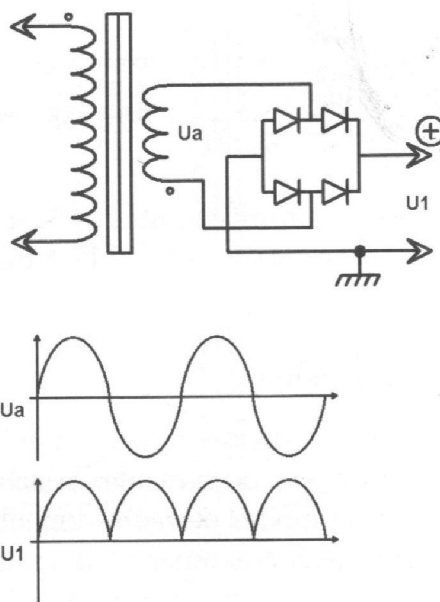


Figure 2.3.  
Le redressement à double alternance à quatre diodes.

L'emploi d'un pont de Graëtz à quatre diodes et d'un transformateur à secondaire unique donne en sortie une tension redressée de bonne qualité. En observant les oscillogrammes vous pouvez constater que les demi-alternances négatives deviennent positives. Les vides sont moins longs entre les crêtes. Le filtrage, pour obtenir une tension continue se révélera bien plus efficace.

L'étude des deux cas précédents met en évidence la différence entre une tension redressée mono-alternance, et double alternance. Les transformateurs d'alimentation disposent souvent de deux enroulements secondaires identiques alors qu'un seul nous suffirait. La **figure 2.4** montre comment tirer parti de cette situation.

En reliant les deux bobinages secondaires, nous obtenons la masse au point central. Les deux tensions étant déphasées, une simple diode sur chacune d'elles coupe les demi-alternances négatives. Ce principe revient à coupler en parallèle les deux secondaires, après les diodes. La puissance disponible est celle des deux secondaires et ce cas de figure aboutit à un redressement à double alternance.

En électronique, les alimentations symétriques sont fréquemment nécessaires, pour alimenter, par exemple, les amplificateurs opéra-

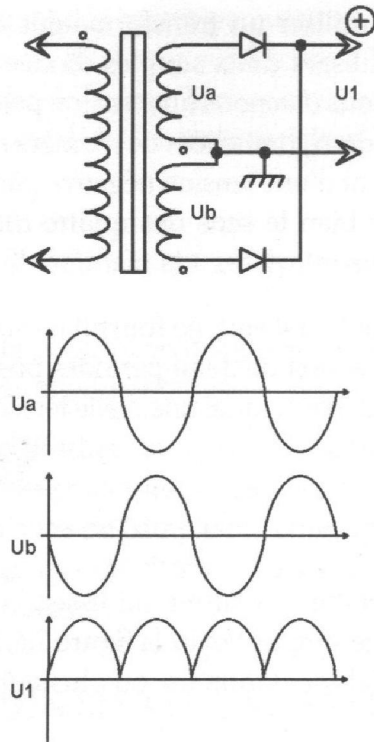


Figure 2.4.  
Redressement à double alternance avec un transformateur à point milieu.

tionnels, ou en forte puissance, les amplificateurs haute fidélité. La **figure 2.5** donne le schéma et les oscillogrammes du mode de redressement à double alternance.

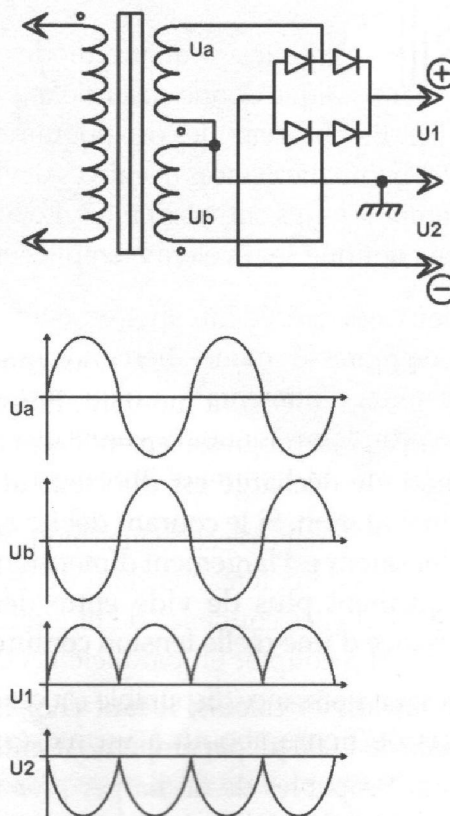


Figure 2.5.  
Redressement à double alternance pour alimentation symétrique.

Il faut, bien sûr, utiliser un transformateur à deux secondaires identiques. En utilisant deux simples diodes raccordées comme précédemment, nous obtenons une tension positive. Si maintenant nous en ajoutons deux, branchées de manière inverse, nous disposons simultanément d'une tension négative par rapport à la masse. Si vous observez bien le sens des quatre diodes, vous pouvez constater qu'elles sont reliées à la manière d'un pont de Graëtz.

Un redresseur, quel qu'il soit, ne fournit en sortie qu'une tension redressée. La succession de demi-périodes positives, ou négatives ne peut être considérée comme une réelle tension continue. Voyons comment y remédier.

## Filtrage de la tension

La solution permettant de filtrer, ou lisser, la tension issue d'un redresseur est toute simple. Voyez la **figure 2.6**, il suffit de raccorder en parallèle sur l'alimentation un, ou plusieurs condensateurs de forte capacité.

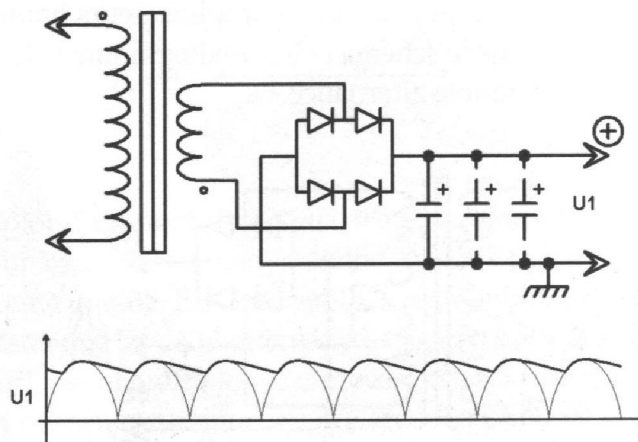


Figure 2.6.  
Filtrage d'une  
tension redressée.

D'après l'oscillogramme sous le schéma, nous constatons la charge du condensateur durant le front montant. Entre deux crêtes, le condensateur se décharge progressivement jusqu'au front montant suivant. Le temps de décharge est directement lié à l'intensité fournie par l'alimentation. Si le courant débité est faible, ou si la valeur du condensateur est largement dimensionnée, le signal ne présente pratiquement plus de vide entre deux crêtes, nous sommes en présence d'une réelle tension continue.

Pour éviter de fastidieux calculs, il faut choisir une valeur de capacité minimale de 1 000  $\mu\text{F}$  par ampère. Attention toutefois aux pointes de courant capables de décharger plus rapidement que prévu le condensateur. Le meilleur exemple reste l'étage de puissance d'un amplificateur audio de bonne qualité capable de resti-



tuer instantanément des basses percutantes ! Sachez enfin que la valeur de la tension filtrée est supérieure à la tension redressée. Par cette opération de lissage, le condensateur de filtrage élève la tension de  $\sqrt{2}$ , soit 1,414. Une tension redressée de 12 volts s'élève, après filtrage à :

$$U = 12\sqrt{2} = 12 \times 1,414 = 19,96 \text{ V}$$

N'omettez pas de prendre en compte cette donnée lors du choix du transformateur d'alimentation.

Nous venons d'étudier la base de toute alimentation. En s'appuyant sur ces principes, nous allons désormais vous proposer des réalisations de complexité croissante afin de couvrir la plupart des nécessités de chacun d'entre vous en matière d'alimentation électronique.

### 2.3 ALIMENTATION SIMPLE UNIVERSELLE

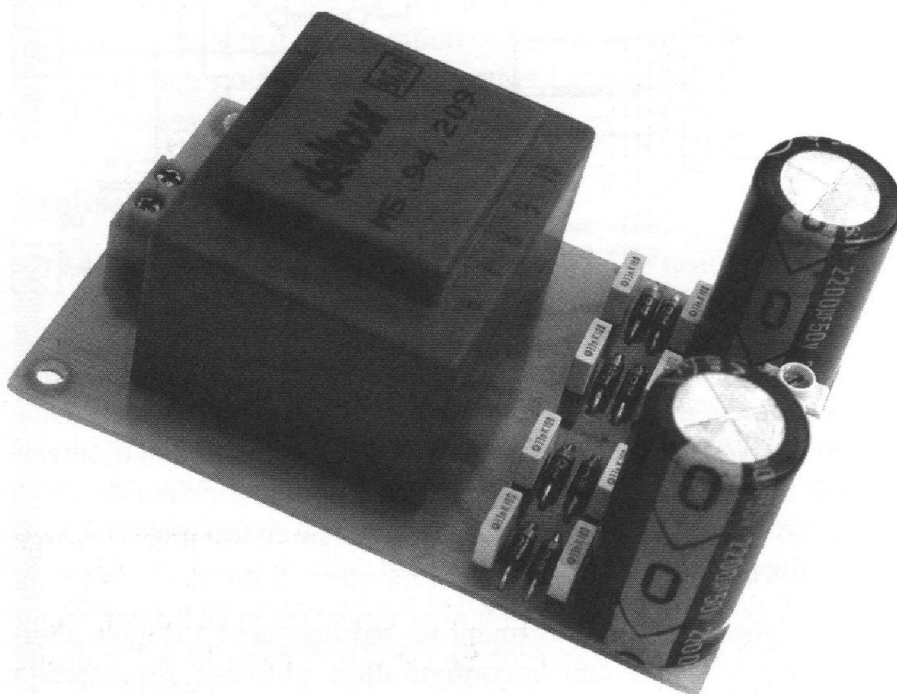


Photo 2.1.  
L'alimentation universelle multi-transformateurs.

© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

#### Présentation

Qui parmi vous n'a jamais utilisé un bloc secteur du commerce ? La qualité de la majorité de ces appareils est loin d'égaliser celle que vous obtiendriez en le confectionnant vous-même. Nous vous proposons justement de réaliser un tel montage capable de s'adapter à vos besoins en ne changeant que le transformateur d'alimen-

tation et trois straps. En effet, le même circuit imprimé est conçu pour s'adapter au format de divers transformateurs moulés. Sans dépasser une intensité maximale de 1 A, courant suffisant dans bien des cas, vous pourrez obtenir la tension de votre choix. La configuration de trois straps permet de travailler en alimentation symétrique, à deux tensions séparées, ou tout simplement à une tension simple équivalente à la somme des deux tensions.

## Analyse du schéma de principe

Le schéma de la **figure 2.7** reprend tous les principes de base étudiés précédemment.

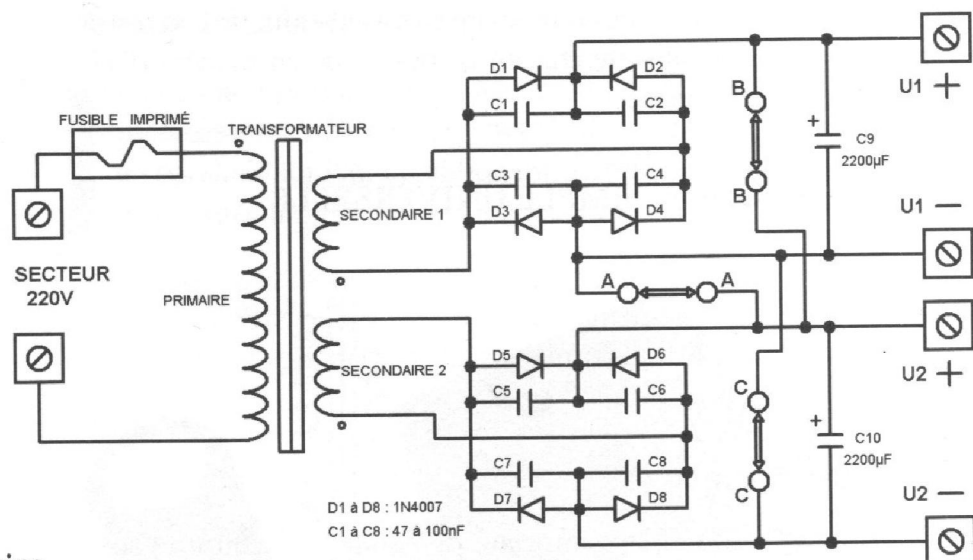


Figure 2.7.  
Schéma de principe  
de l'alimentation  
universelle.

Le transformateur d'alimentation comporte deux enroulements secondaires individuels, mais identiques ; il s'agit d'un modèle moulé. Nous qualifions, à juste titre, cette alimentation d'universelle car elle est prévue pour recevoir un transformateur de 2 VA ; 3,2 VA ; 5 VA ; 10 VA ou 16 VA sur le même circuit imprimé, sans modifications.

Nous voulons impérativement un redressement à double alternance quelle que soit la configuration adoptée : alimentation simple, double séparée, ou symétrique. La seule solution pour arriver à nos fins consiste à utiliser un pont de Graëtz pour redresser chaque tension secondaire. Au lieu d'utiliser un modèle moulé, nous avons préféré le câbler à l'aide de quatre diodes très connues : les 1N4007. Ces composants acceptent un courant de 1 ampère sous 1 000 volts pour un coût dérisoire. Nous n'avons pas besoin d'une telle tension, mais qui peut le plus, peut le moins ! Les condensateurs C1 à C8, en parallèle sur chaque diode, offrent une protection supplémentaire contre certains parasites de fréquence

plus élevée que celle du secteur. Ces derniers sont pratiquement indispensables pour les applications audio. En parallèle sur chaque tension redressée, nous retrouvons les condensateurs de filtrage C9 et C10, de capacité assez élevée compte tenu du courant maximal en sortie.

Vous avez certainement remarqué la présence particulière de trois ponts de câblage respectivement nommés : AA, BB et CC. Ces derniers ont pour mission de configurer le mode de l'alimentation. Voici la manière de les disposer :

- Aucun strap : deux tensions de sortie identiques, mais sans point commun.
- Strap AA : alimentation symétrique ( $U1+$  positif ;  $U2-$  négatif ;  $U1-$  et  $U2+$  masse)
- Straps BB et CC : Une seule tension de puissance double.

Les straps AA, BB et CC ne doivent en aucun cas être soudés tous les trois simultanément sous peine de court-circuit franc !

Les tensions et l'intensité maximales dépendent uniquement du transformateur d'alimentation utilisé (sans dépasser la limite de  $2 \times 24$  volts pour le transformateur et 1 ampère à cause des diodes de redressement).

### Réalisation pratique

La réalisation du circuit imprimé demande beaucoup de soin, voyez le dessin du typon sur la **figure 2.8**.

La platine comporte toutes les pastilles prévues pour insérer les différentes tailles de transformateurs, mais également, le fusible du primaire sous forme de piste de cuivre. Pour cette réalisation, optez pour la gravure des circuits imprimés par la méthode photographique. Elle ne présente pas plus de difficultés qu'une autre, et donne de bien meilleurs résultats. Une bonne habitude consiste à se procurer tout le matériel avant de confectionner le circuit, vous connaîtrez ainsi la taille des pièces et leur diamètre de perçage.

Passez maintenant au travail de câblage en suivant le plan d'implantation des composants de la **figure 2.9**.

Déterminez en premier lieu le mode d'alimentation que vous souhaitez. De ce choix, dépend le placement, ou non, des straps AA, BB et CC ; reportez-vous à l'analyse du schéma de principe pour ne pas faire d'erreur. Ne soudez jamais les trois ! Continuez cette opération en câblant les diodes, puis les condensateurs au mylar, les borniers à vis, les deux condensateurs électrochimiques

Figure 2.8.  
Dessin  
du circuit imprimé  
de l'alimentation  
universelle  
(côté cuivre).

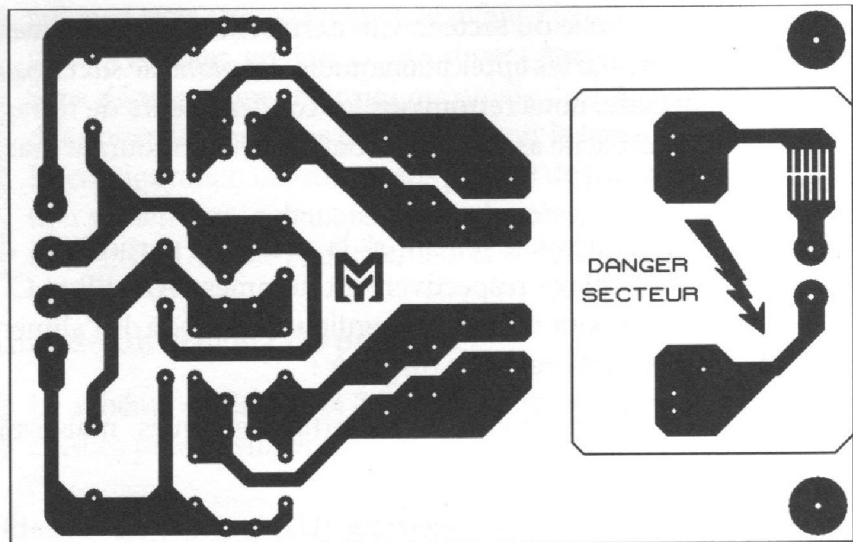
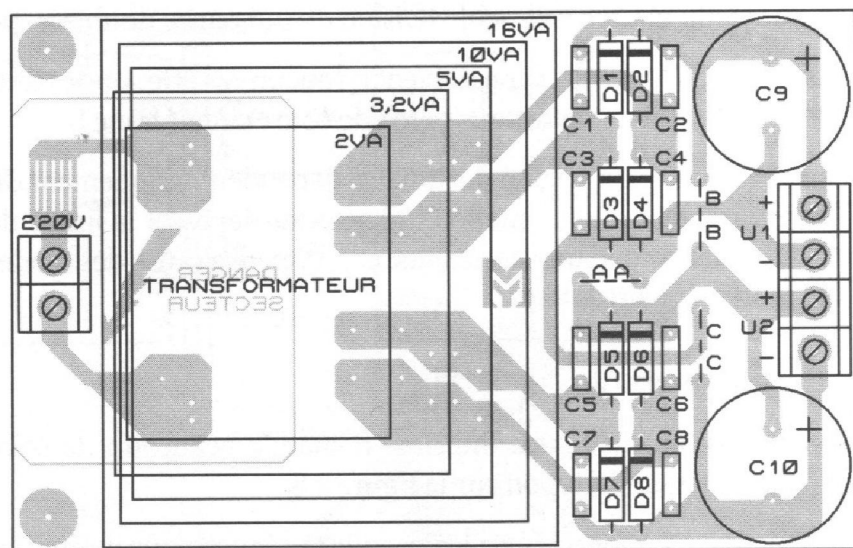


Figure 2.9.  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
universelle.



et enfin, le transformateur de votre choix. Vous pouvez souder un modèle moulé de 2 VA, 3,2 VA, 5 VA, 10 VA ou 16 VA sur le même circuit imprimé. Les tensions s'échelonnent de  $2 \times 3$  V à  $2 \times 24$  V, ce qui offre un large choix de réalisations. Par sécurité, le fusible est directement gravé sur le circuit imprimé sous forme de cinq fines pistes cuivrées. L'une d'entre elles n'est pas rompue, les quatre autres servent de remplacement. En cas de besoin, il suffit de déposer une petite goutte de soudure sur une interruption de piste. Ne jamais les étamer, le fusible ne remplirait plus son office (piste trop épaisse) !

Avant de mettre sous tension votre « bloc-secteur », contrôlez minutieusement le circuit imprimé, le sens et la valeur des composants. Une inversion est vite faite et peut causer de gros dégâts.



Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).

### Liste des composants

#### Condensateurs :

C1 à C8 : 47 nF 63 V (mylar)

C9 ; C10 : 2 200  $\mu$ F 40 V (électrochimique à sorties axiales)

#### Composants actifs :

D1 à D8 : 1N4007

#### Divers :

1 transformateur moulé à 2 secondaires identiques (voir texte)

1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm

Boîtier isolant (plastique)

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

### 2.4 ALIMENTATION D'ÉQUIPEMENT PROTÉGÉE, AJUSTABLE : DE 10,5 À 16,5 V, SOUS 0,7 A MAX.

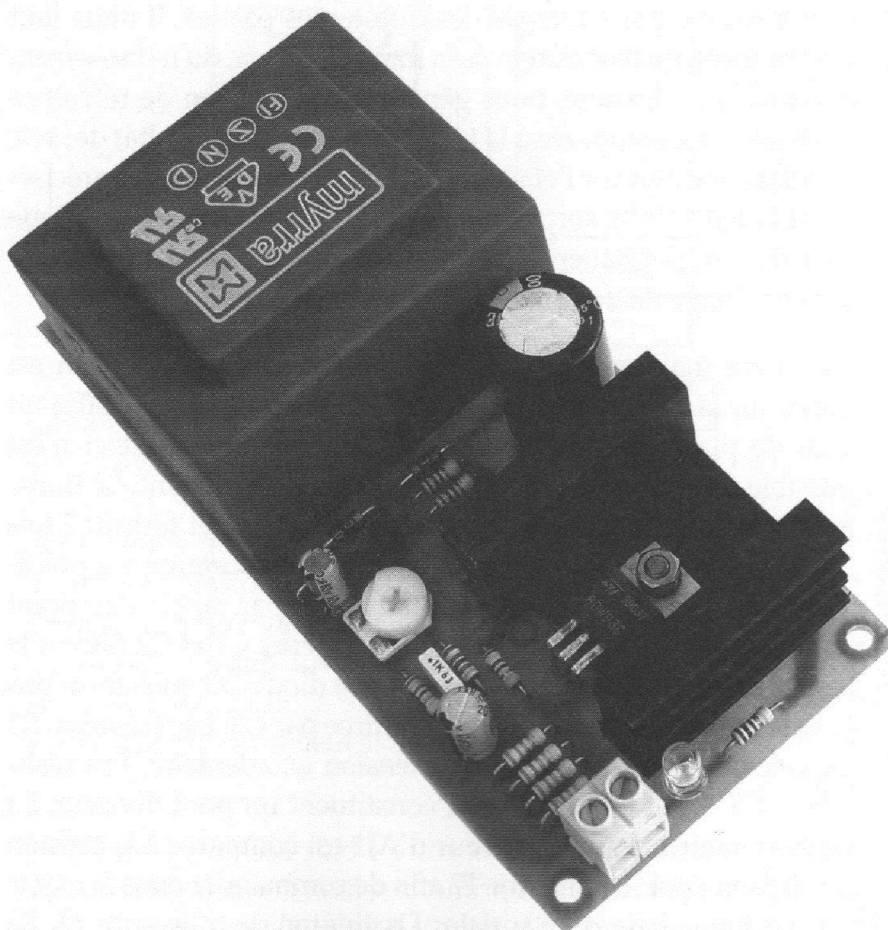


Photo 2.2.  
L'alimentation  
ajustable  
à composants discrets.

## Présentation

Sans offrir de grandes performances, cette alimentation d'équipement va nous servir de réalisation didactique. Sa tension ne descend pas sous le seuil des 10,5 volts et son courant maximal n'atteint pas un ampère, mais sa technologie n'employant que des composants discrets (pas de circuits intégrés) présente l'avantage de bien dévoiler le fonctionnement de chacune de ses parties. Elle est même pourvue d'une protection électronique contre les surcharges et courts-circuits. Une telle alimentation s'emploie pour équiper un appareil nécessitant une tension fixe, réglée une fois pour toutes, bien stable et protégée. Au prix de moindres modifications du schéma, ou plutôt de la valeur de certains composants, nous verrons à la fin de sa réalisation, comment il est possible d'augmenter son courant de sortie à plus d'un ampère.

## Analyse du schéma de principe

La **figure 2.10** donne le schéma retenu. Son principe très classique offre un fonctionnement sans faille.

Commençons par l'analyse des différentes parties. Il nous faut évidemment, un bloc chargé de la transformation, du redressement et du filtrage. Ensuite, nous générons une tension de référence destinée à être comparée à la tension de sortie. Le résultat de cette comparaison agit sur l'étage de puissance afin de fournir précisément la tension de sortie souhaitée. Le disjoncteur électronique surveille en permanence le courant débité et bloque éventuellement l'étage de puissance.

Détaillons maintenant le schéma complet. Le fusible secteur est gravé sur le circuit imprimé, cette manière de procéder offre un gain de place, une meilleure sécurité car aucun contact n'est possible du côté des composants, et un coût inexistant. Le transformateur moulé garantit également la sécurité et fournit 2 fois 15 volts au secondaire. Les diodes D1 et D2, comme vu précédemment, redressent les deux alternances par rapport au point milieu du transformateur. Les condensateurs C1 et C2 filtrent la tension ainsi obtenue. Aux bornes de la diode D3 nous trouvons la tension de référence de 3,9 volts filtrée par C3. La résistance R1 est calculée pour faire chuter la tension excédentaire. Les résistances R8, R9 et l'ajustable AJ1 constituent un pont diviseur. La tension recueillie sur le curseur d'AJ1 est comparée à la tension de référence par le transistor T2 afin de commander dans la même proportion la base du transistor Darlington de puissance T1. La résistance R2 polarise la base de T1 et le collecteur de T2. Les condensateurs C4 et C5 filtrent la tension de sortie. La diode élec-

© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

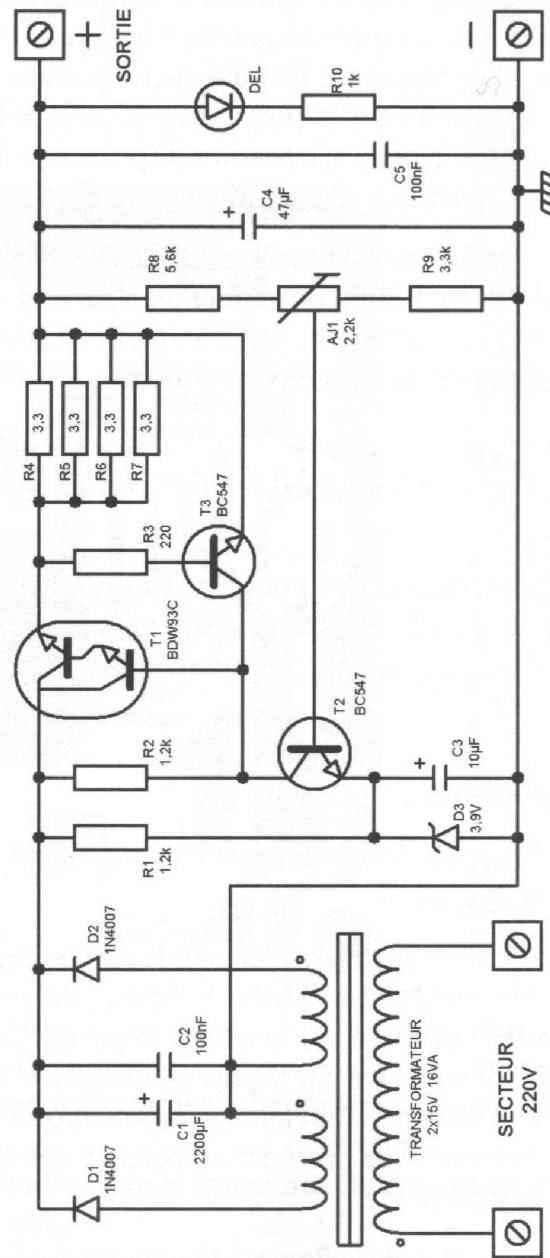


Figure 2.10.  
Schéma de principe  
de l'alimentation d'équipement.

troluminescente (DEL), limitée en courant par R10, donne une indication visuelle de la sortie.

L'alimentation fonctionne très bien ainsi et AJ1 permet de choisir la tension de sortie ; mais au premier court-circuit, le transistor T1 servirait de fusible. Cette solution est un peu trop onéreuse, d'où l'utilité du disjoncteur électronique construit autour de T3. Voici son fonctionnement. Le courant de sortie traverse les quatre résistances R4 à R7 montées en parallèle (il aurait été possible de monter une seule résistance de puissance équivalente). Lorsque la chute de tension à leurs bornes atteint 0,7 volt, le transistor T3 devient passant et bloque le transistor de puissance T1 au niveau de sa base. La résistance de base R3 protège T3.

Nous avons parlé d'une éventuelle modification consistant à élever le courant de sortie. Il suffit de monter un transistor de puissance plus « costaud » (un BDW83C par exemple), et d'adapter la résistance de mesure du courant en conséquence.

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{soit pour } 1,5 \text{ A : } R = \frac{0,7}{1,5} = 0,46 \Omega$$

Nous opterions, dans ce cas, pour la valeur normalisée de 0,47  $\Omega$  et de 3 W par sécurité. N'oubliez pas, toujours dans le cadre de cette modification, d'adapter la puissance du transformateur et des diodes, etc.

### Réalisation pratique

Le dessin du typon destiné à la gravure du circuit imprimé est donné sur la **figure 2.11**.

Tous les composants prennent place sur la platine, rendant inexistants les câblages externes. Même le fusible du primaire, sous forme de piste, est gravé sur le circuit imprimé. Ce dernier est prévu pour être remplacé par la pose d'une goutte de soudure à l'emplacement suivant, sans étamage. Après approvisionnement des pièces, vous pouvez procéder au perçage des trous selon le diamètre des pattes.

Référez-vous au plan de la **figure 2.12** pour implanter les composants selon un ordre dicté essentiellement par la taille de ceux-ci. Commencez par placer les résistances, les diodes et poursuivez par la résistance ajustable, les condensateurs au mylar, les borniers à vis, les deux transistors basse puissance, la DEL et les condensateurs chimiques. Positionnez et vissez le transistor de puissance et son dissipateur thermique sur le circuit imprimé à l'aide de visserie de 3 mm de diamètre. Soudez ensuite ses trois pattes.



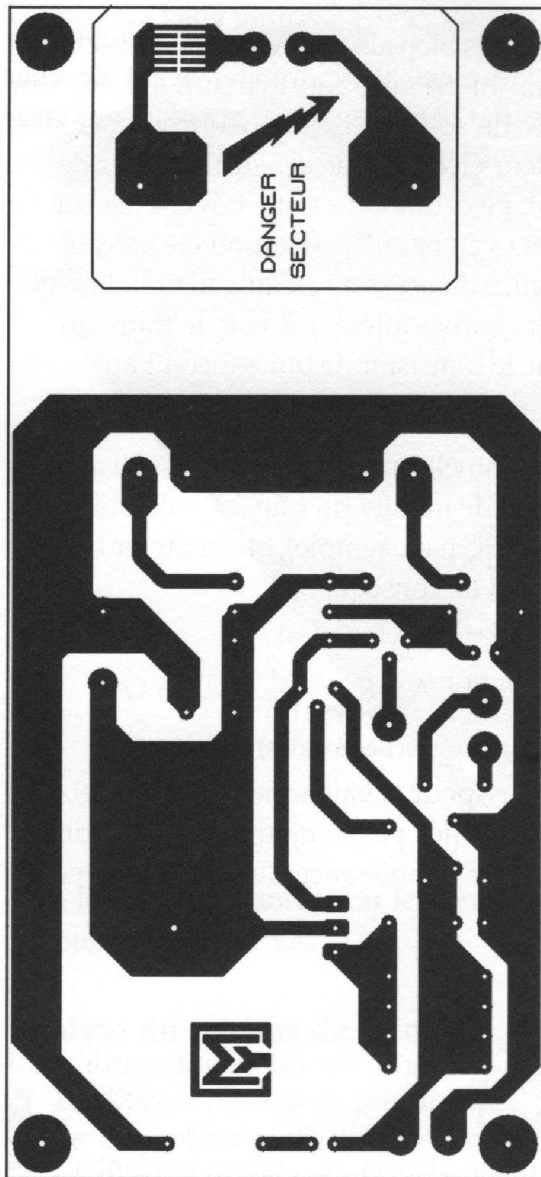


Figure 2.11.  
Dessin du circuit imprimé  
de l'alimentation d'équipement (côté cuivre).

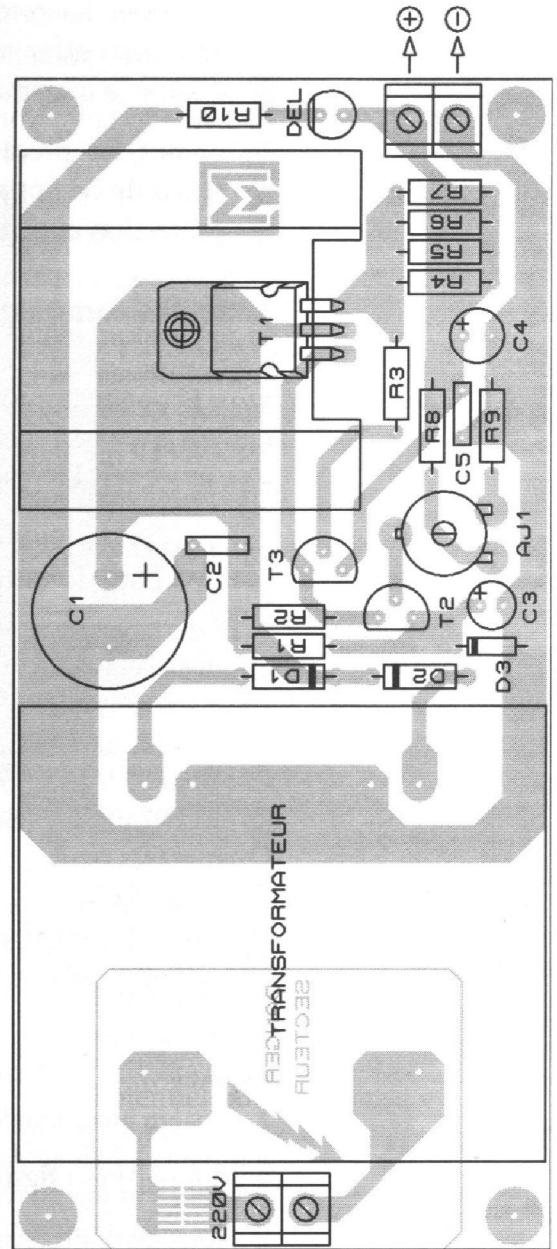


Figure 2.12.  
Implantation des composants  
de l'alimentation d'équipement.

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

Il ne vous reste que le transformateur d'alimentation moulé à mettre en place.

Avant la première mise sous tension de votre alimentation, contrôlez minutieusement le circuit imprimé, le sens et la valeur des composants. Une simple inversion peut, instantanément en détruire certains.

Le seul réglage concerne AJ1. Alimentez votre montage, **sur une table isolante**, ajustez AJ1 et mesurez la tension de sortie. Chargez l'alimentation avec une ampoule d'automobile de 5 watts, elle doit

s'allumer. Raccordez en parallèle une autre de 21 watts, le disjoncteur doit entrer en action. Attention, dans ce cas le transistor T1 dissipe le maximum de puissance et s'échauffe vite !

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 ; R2 : 1,2 k $\Omega$  (marron, rouge, rouge)

R3 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)

R4 à R7 : 3,3  $\Omega$  (orange, orange, or)

R8 : 5,6 k $\Omega$  (vert, bleu, rouge)

R9 : 3,3 k $\Omega$  (orange, orange, rouge)

R10 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

AJ1 : ajustable 2,2 k $\Omega$  horizontale 1 tour

### Condensateurs :

C1 : 2 200  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

C2 ; C5 : 100 nF 63 V (mylar)

C3 : 10  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

C4 : 22 à 47  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

### Composants actifs :

D1 ; D2 : 1N4007

D3 : Zener 3,9 V (1/4 ou 1/2 W)

DEL : verte 5 mm

T1 : BDW93C

T2 ; T3 : BC547

### Divers :

1 transformateur moulé 16 VA 2  $\times$  15 V

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type ML33

Boîtier isolant (plastique)

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 2.5 ALIMENTATION UNIVERSELLE À RÉGULATEUR POSITIF FIXE

### Présentation

Notre première alimentation basée sur ce type de composant, malgré sa taille réduite et sa grande simplicité, offre de belles performances et reste néanmoins universelle. Elle comporte une protection contre les surintensités et les courts-circuits francs. La tension de sortie peut s'adapter à vos besoins très simplement par le remplacement d'une diode et, éventuellement, du transformateur d'alimentation. Le courant maximal peut atteindre 1 A, mais diminue de manière inversement proportionnelle par rapport

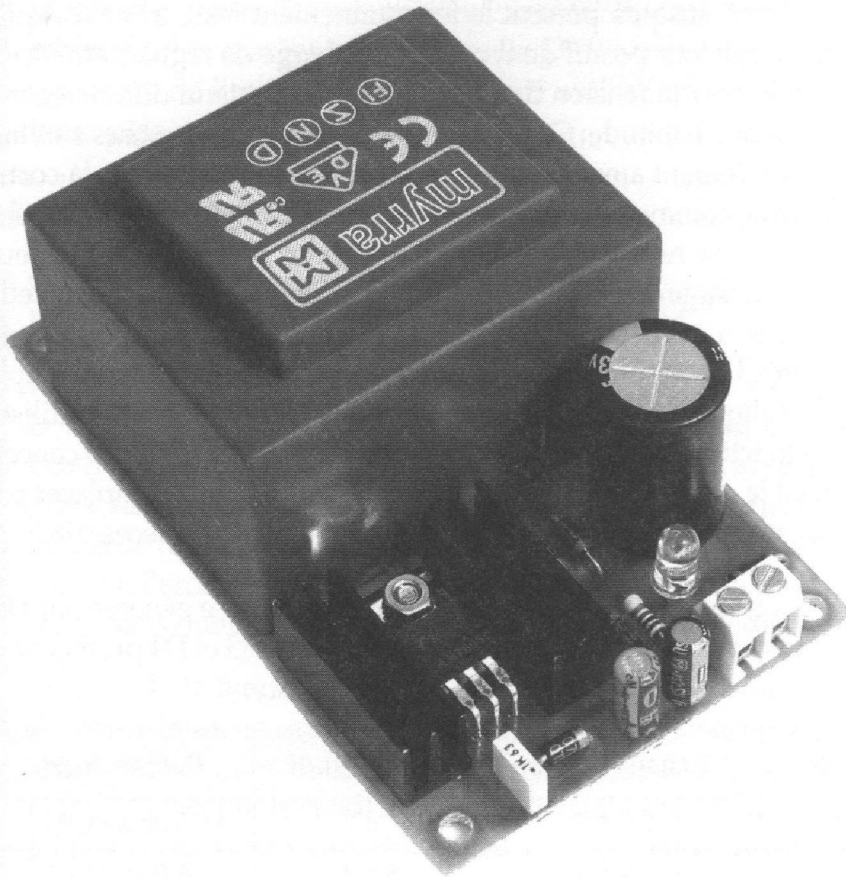


Photo 2.3.  
L'alimentation fixe à régulateur 3 pattes.

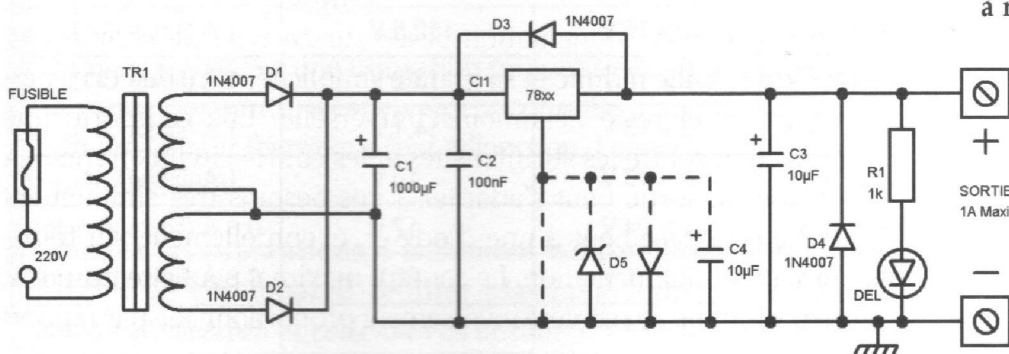
à la tension de sortie, car le transformateur fournit toujours une puissance de 16 VA.

### Analyse du schéma de principe

Étudions le schéma de principe dessiné à la **figure 2.13**. Le fusible de ces petites réalisations est directement gravé sur le circuit imprimé, comme pour les précédents montages. Le transformateur d'alimentation de 16 VA comporte deux enroulements identiques reliés en leur point milieu.

Le redressement de type double alternance s'effectue par les diodes D1 et D2. Les condensateurs C1 et C2 filtrent la tension ainsi

Figure 2.13.  
Schéma de principe de l'alimentation à régulateur fixe.



abaissée. Jusqu'à présent le fonctionnement reste très classique. Le régulateur positif de type 7805 se charge de réguler, stabiliser et protéger la tension de sortie. Le schéma retenu diffère légèrement de l'habitude. Ce type de composant à trois broches s'utilise généralement ainsi : l'entrée reçoit la tension redressée, la sortie fournit, comme son nom l'indique, la tension de sortie, et la broche centrale se relie à la masse. Ici nous allons tromper le régulateur CI1 en augmentant le potentiel de la masse, nous relions cette broche à la masse à travers une diode D5 ordinaire ou Zener. Notez l'inversion de sens entre la diode de redressement simple et la diode Zener. Le **tableau 2.1** donne les composants à utiliser en fonction de la tension de sortie envisagée. Ces solutions concernent le régulateur 7805, il est bien sûr possible de le remplacer par un autre (7808, 7812, etc.) en effectuant les calculs nécessaires.

Le condensateur C4 filtre la tension de référence générée par D5, et C3 filtre la tension de sortie. Les diodes D3 et D4 protègent le

**Tableau 2.1.**  
Choix des  
composants  
en fonction de la  
tension de sortie.

Diode	Transformateur	Tension de sortie	Courant maxi.
Shunt	2 × 6 V	5 V	1 A (limite CI1)
1N4148	2 × 6 V	5,6 V	1 A (limite CI1)
Zener 2,4 V	2 × 9 V	7,4 V	1 A (limite CI1)
Zener 2,7 V	2 × 9 V	7,7 V	1 A (limite CI1)
Zener 3,0 V	2 × 9 V	8,0 V	1 A (limite CI1)
Zener 3,3 V	2 × 9 V	8,3 V	1 A (limite CI1)
Zener 3,6 V	2 × 9 V	8,6 V	1 A (limite CI1)
Zener 3,9 V	2 × 9 V	8,9 V	1 A (limite CI1)
Zener 4,3 V	2 × 12 V	9,3 V	1 A (limite CI1)
Zener 4,7 V	2 × 12 V	9,7 V	1 A (limite CI1)
Zener 5,1 V	2 × 12 V	10,1 V	1 A (limite CI1)
Zener 5,6 V	2 × 12 V	10,6 V	1 A (limite CI1)
Zener 6,2 V	2 × 12 V	11,2 V	1 A (limite CI1)
Zener 6,8 V	2 × 12 V	11,8 V	1 A (limite CI1)
Zener 7,5 V	2 × 15 V	12,5 V	1 A (limite CI1)
Zener 8,2 V	2 × 15 V	13,2 V	1 A (limite CI1)
Zener 9,1 V	2 × 15 V	14,1 V	1 A (limite CI1)
Zener 10 V	2 × 15 V	15 V	1 A (limite CI1)
Zener 12 V	2 × 24 V	17 V	0,6 A (limite transfo)
Zener 15 V	2 × 24 V	20 V	0,6 A (limite transfo)
Zener 18 V	2 × 24 V	23 V	0,6 A (limite transfo)



régulateur contre les retours occasionnés, essentiellement par d'éventuelles charges capacitives. La DEL accompagnée de sa résistance de limitation R1, donne une indication visuelle de la tension de sortie.

### Réalisation pratique

Gravez le circuit imprimé selon la méthode photographique à l'aide du dessin du typon donné sur la **figure 2.14**.

La toute petite platine supporte tous les composants, y compris le transformateur d'alimentation. La suppression des câblages externes est un gage de sécurité. Même le fusible du secteur est gravé sur le circuit imprimé. N'étamez jamais les pistes du fusible. En cas de fusion, déposez une goutte de soudure à l'emplacement suivant. Percez les trous selon le diamètre des pattes des composants, sans oublier celui servant à fixer CI1 à 3 mm de diamètre.

Le plan de la **figure 2.15** donne l'implantation des composants. Procédez selon un ordre précis tenant compte de leur taille et de leur fragilité. Commencez par souder les résistances, les diodes et poursuivez par le condensateur au mylar, les borniers à vis, la DEL et les condensateurs chimiques. Le régulateur CI1 doit être vissé sur son dissipateur thermique et sur le circuit imprimé à l'aide de visserie de 3 mm de diamètre avant de souder ses trois broches. En dernier lieu, implantez le transformateur d'alimentation moulé. Le nombre de ses pattes empêche l'inversion entre le primaire et le secondaire.

Procédez à une minutieuse vérification des pistes et des composants avant la première mise sous tension. Contrôlez la valeur, mais également le sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL).

Alimentez votre montage **sur une table isolante** et mesurez la tension de sortie. Chargez l'alimentation avec une ampoule d'automobile de la puissance adéquate, elle doit s'allumer. En cas de court-circuit franc, ou de surcharge, la protection entre en action : la tension de sortie tombe à 0 volt, mais CI1 et son dissipateur montent en température.

Si vous envisagez une utilisation prolongée de cette alimentation à pleine puissance, il est vivement conseillé d'augmenter la taille du dissipateur thermique (par adjonction d'équerre en aluminium, par exemple).

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

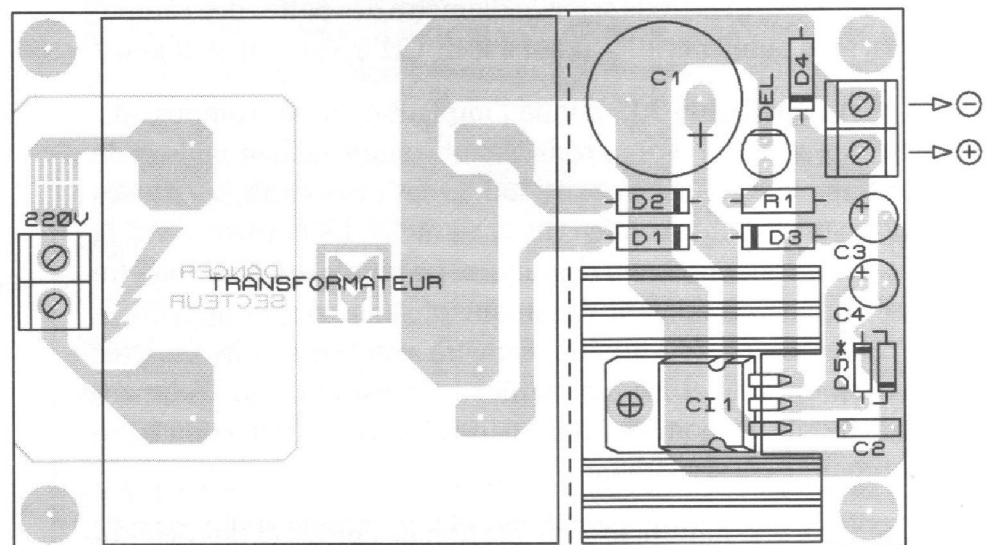
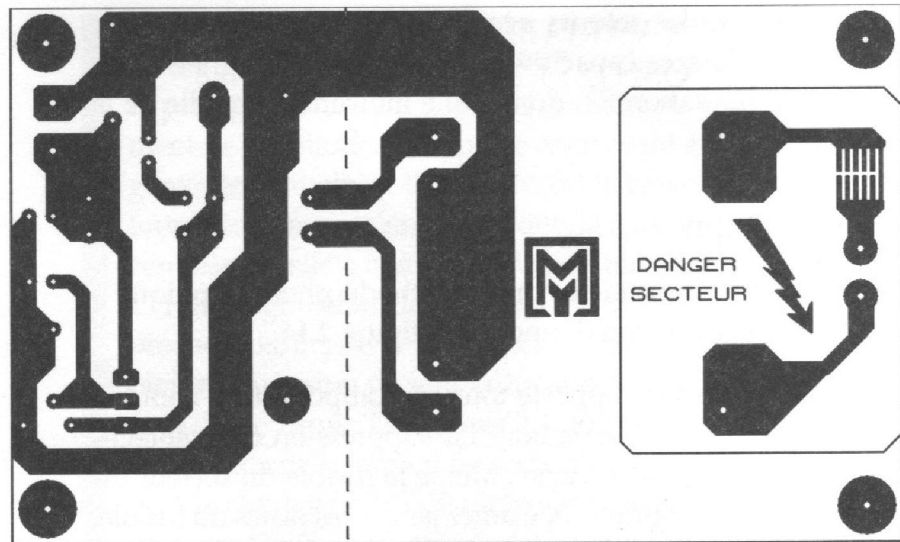


Figure 2.14. (en haut)

Dessin du circuit imprimé de l'alimentation à régulateur fixe (côté cuivre).

Figure 2.15. (en bas)

Implantation des composants de l'alimentation à régulateur fixe.

## Liste des composants

### Résistance à 5 % :

R1 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

### Condensateurs :

C1 : 1 000  $\mu$ F 50 V

(électrochimique à sorties axiales)

C2 : 100 nF 63 V (mylar)

C3 ; C4 : 10  $\mu$ F 35 V

(électrochimique à sorties axiales)

### Composants actifs :

D1 à D4 : 1N4007

D5 : Zener 1/4 de watt ou 1N4148

(voir tableau 3.1)

DEL : verte 5 mm

CI1 : 7805 (ou voir texte)

### Divers :

1 transformateur moulé 16 VA

(tension : voir tableau 2.1)

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type ML24

(voir texte)

Boîtier isolant (plastique)

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 2.6 ALIMENTATION VARIABLE À RÉGULATEUR POSITIF : 1,2 À 12 V, 1 A

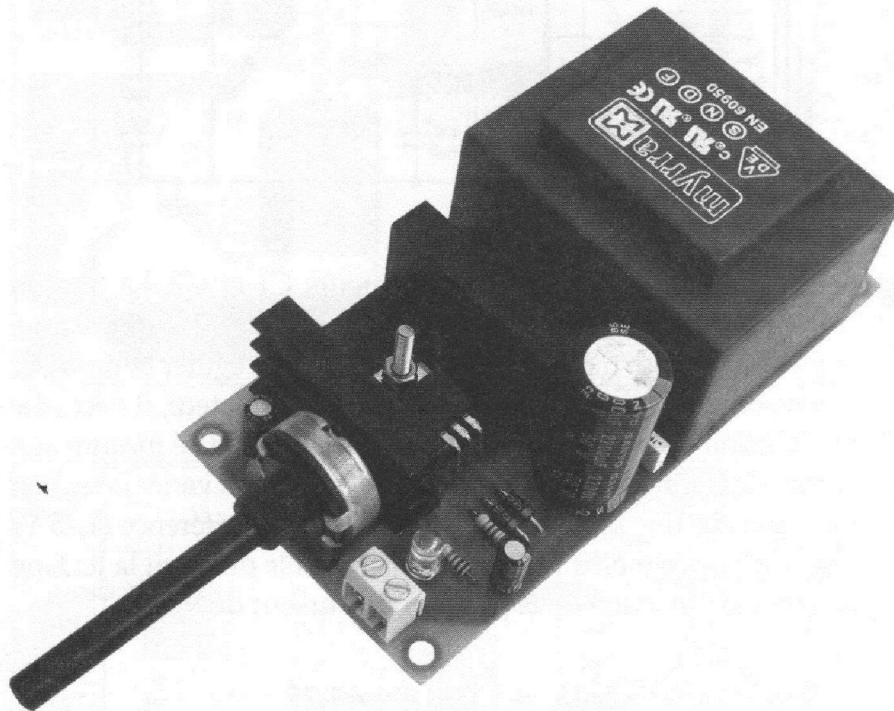


Photo 2.4.  
L'alimentation  
variable  
à régulateur 3 pattes.

### Présentation

Nous vous proposons une alimentation de laboratoire parmi les plus simples. Elle offre malgré tout une protection contre les surcharges et courts-circuits francs grâce à un régulateur positif variable très connu : le LM317. La tension de sortie ne descend pas encore à 0 volt et ne peut excéder les 12 à 13 volts, mais cette alimentation offre déjà de bons services à moindres frais. Elle se présente sous forme d'une unique petite platine dépourvue de tout câblage externe, du transformateur d'alimentation au potentiomètre de réglage.

### Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe vous est proposé à la **figure 2.16**. Ne cherchez pas le fusible parmi les composants, il se trouve directement gravé sur le circuit imprimé, comme pour les précédents montages. Le transformateur d'alimentation TR1 délivre une puissance de 16 VA sur deux enroulements identiques de 12 V et 8 VA reliés en leur point milieu.

Les deux diodes D1 et D2 se chargent du redressement de type double alternance en opposition de phase. La basse tension ainsi



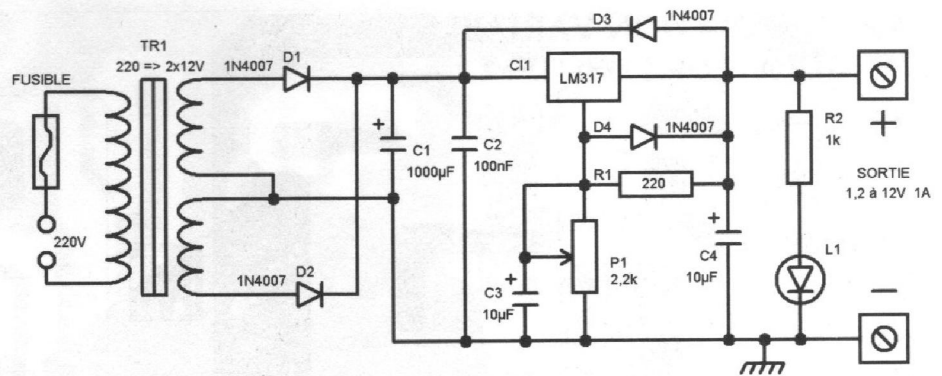


Figure 2.16.  
Schéma de principe  
de l'alimentation  
à régulateur variable.

obtenue est filtrée par les condensateurs C1 et C2. La tension continue attaque le régulateur positif ajustable CI1 qui constitue la pièce maîtresse de cette alimentation ; il va réguler et protéger la tension de sortie variable. Comme tout régulateur, il nécessite une tension de référence ; celle-ci est de 1,25 V et se mesure aux bornes de la résistance R1. Le potentiomètre P1 fait varier la tension de sortie sur une plage allant de la tension de référence (1,25 V) à celle d'entrée moins 1,25 V. Voici la formule donnant la tension de sortie en fonction de la position du curseur de P1.

$$U_s = \left(1 + \frac{P1}{R1}\right) \times 1,25$$

$$\text{d'où, un exemple concret, } \left(1 + \frac{680}{220}\right) \times 1,25 = 5,11 \text{ V}$$

L'intensité débitée dans la résistance R1 et dans le potentiomètre P1 est négligeable.

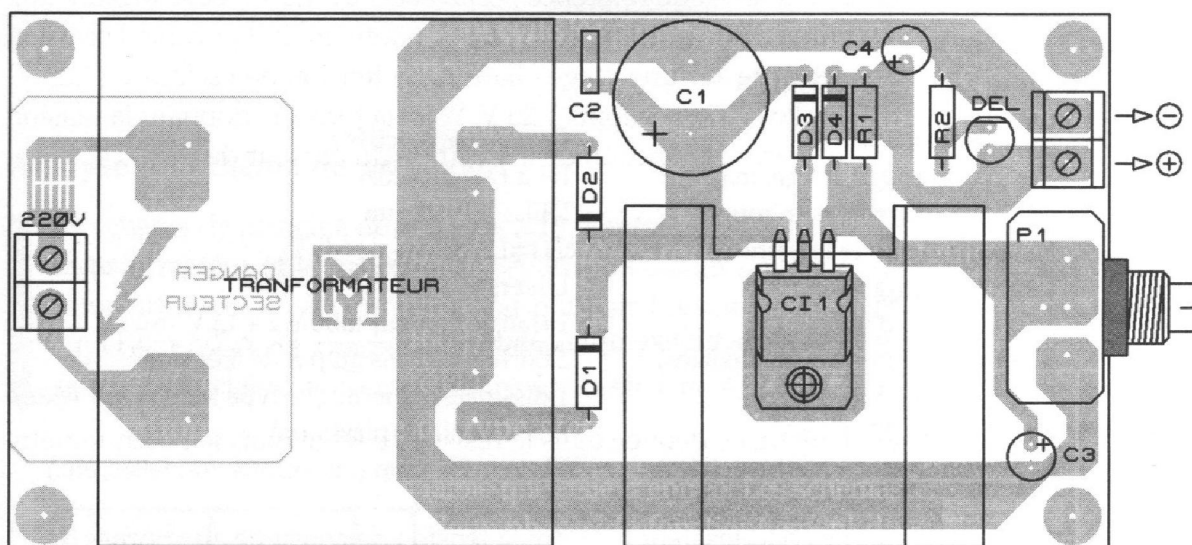
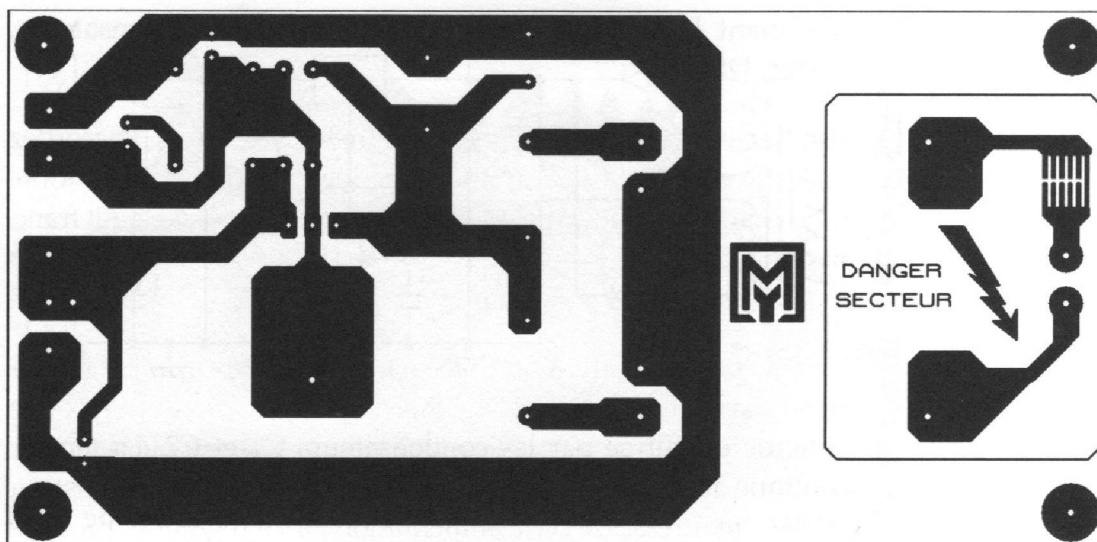
Le condensateur C3 filtre la tension de consigne aux bornes de P1 et C4 filtre celle de sortie. Les diodes D3 et D4 protègent le régulateur CI1, essentiellement lors de charges capacitives. La DEL L1, limitée en courant par la résistance R2, visualise l'état de la sortie.

## Réalisation pratique

Voyez le dessin du typon donné sur la **figure 2.17** afin de graver le circuit imprimé selon la méthode photographique.

Le circuit, de petite taille, supporte tous les composants, du transformateur d'alimentation au potentiomètre de réglage de la tension de sortie. Le fusible du secteur est gravé sur le circuit imprimé. N'étamez jamais les pistes de cuivre du fusible, car vous augmenteriez sa section, et de ce fait son calibre. En cas de fusion, déposez une goutte de soudure sur un des quatre emplacements de remplacement. Procurez-vous les composants avant de percer les trous selon le diamètre de leurs pattes. Pensez à celui servant à la fixation de CI1, il convient d'employer un foret de 3 mm de diamètre.





© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

Les composants sont implantés selon le plan de la **figure 2.18**. Travaillez selon la taille et la fragilité des pièces. Soudez en priorité les résistances, les diodes et continuez par le condensateur au mylar, les borniers à vis, la DEL et les condensateurs chimiques. Le régulateur CI1 doit dissiper une puissance non négligeable sous forme de chaleur, surtout lorsque la tension de sortie est faible. Munissez-le de son dissipateur thermique maintenu sur le circuit imprimé à l'aide de visserie de 3 mm de diamètre. Soudez ensuite ses trois broches. Implantez maintenant le potentiomètre, ou une résistance ajustable de précision. L'encombrant transformateur d'alimentation moulé se soude en dernier, la position de ses pattes sert de détrompeur.

Une minutieuse vérification des pistes et des composants s'impose avant la première mise sous tension. Contrôlez la valeur, mais

Figure 2.17. (en haut)  
Dessin  
du circuit imprimé  
de l'alimentation  
à régulateur variable  
(côté cuivre).

Figure 2.18. (en bas)  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
à régulateur variable.

également le sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL).

Installez-vous sur **une surface isolante** pour les essais. Raccordez en sortie de l'alimentation une ampoule d'automobile, ou toute autre charge de la puissance adéquate. En cas de court-circuit franc, ou de surcharge, le disjoncteur électronique interne agit, la tension de sortie tombe à 0 volt, mais la température de C11 s'élève.

Comme pour la réalisation précédente, il est plus prudent d'augmenter la taille du dissipateur thermique si vous envisagez une utilisation prolongée de cette alimentation à pleine puissance.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Liste des composants

### Résistance à 5 % :

R1 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 R2 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 P1 : potentiomètre linéaire de 2,2 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 : 1 000 à 2 200  $\mu$ F 35 V  
 (électrochimique à sorties axiales)  
 C2 : 100 nF 63 V (mylar)  
 C3 ; C4 : 10 à 22  $\mu$ F 35 V  
 (électrochimique à sorties axiales)

### Composants actifs :

D1 à D4 : 1N4007  
 DEL : verte 5 mm  
 C11 : LM317

### Divers :

1 transformateur moulé 2  $\times$  12 V 16 VA  
 2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm  
 1 dissipateur thermique type ML33 (voir texte)  
 Boîtier isolant (plastique)  
 Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 2.7 ALIMENTATION SYMÉTRIQUE VARIABLE À RÉGULATEUR POSITIF : 2 $\times$ 0 À 15 V, 1 A

### Présentation

Nous allons clore cette partie de l'ouvrage, consacrée aux régulateurs intégrés à trois broches, par la réalisation d'une alimentation symétrique. Ce type d'alimentation s'avère très utile dans bien des cas et notamment pour travailler avec les amplificateurs opérationnels. Nous obtenons, en sortie, non pas une, mais deux tensions symétriques par rapport à la masse : l'une positive et l'autre négative. Nous retrouvons la même technologie que pour l'alimentation précédente à base du LM317, mais conçue à partir de son composant complémentaire négatif : le LM337. Comme l'impose une alimentation de laboratoire, même simple, les tensions de sortie peuvent descendre à 0 volt, les deux tensions symétriques se réglant de manière indépendante.

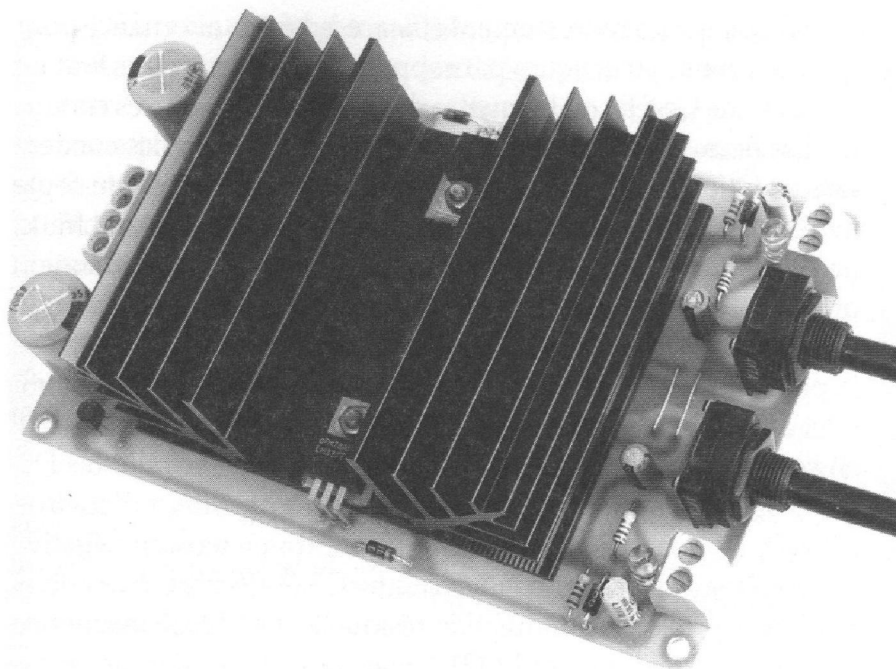


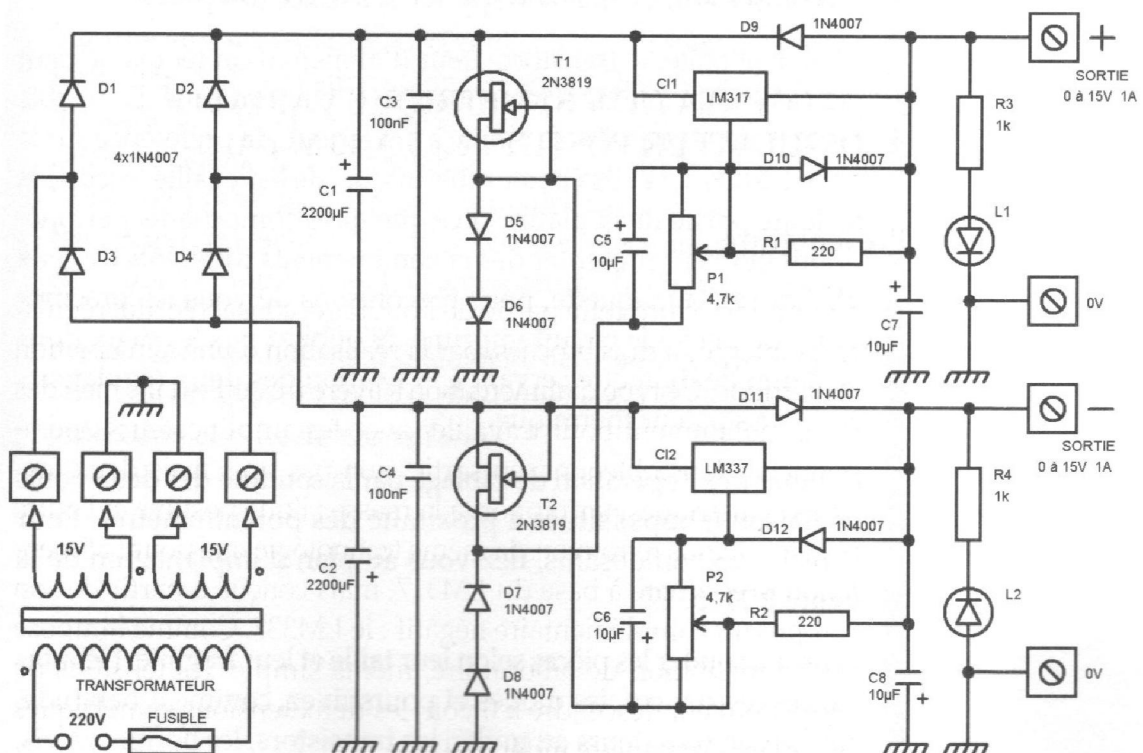
Photo 2.5.  
L'alimentation  
symétrique variable.

### Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe de la **figure 2.19** montre clairement que le transformateur et le fusible sont séparés du circuit imprimé. Le transformateur d'alimentation doit pouvoir fournir un courant supérieur à 1 A sur chaque enroulement de 15 V. Pour une utilisation confortable, nous conseillons un modèle de 45 à 50 VA.

Figure 2.19.  
Schéma de principe  
de l'alimentation  
symétrique.

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.





Afin d'obtenir un redressement efficace à double alternance pour deux tensions symétriques par rapport à la masse, il nous faut un vrai pont de Graëtz, ou les quatre diodes D1 à D4 montées comme tel. Les deux tensions sont respectivement filtrées par les condensateurs C1 et C3 du côté positif et C2 et C4 pour la polarité négative. Nous avons vu lors de la réalisation précédente qu'un LM317 nécessite une tension de référence de 1,25 volt pour fonctionner ; or il faut que les deux tensions de sortie puissent descendre à 0 volt ! L'astuce consiste à créer la tension de référence à partir de la polarité inverse au moyen de deux diodes et d'un transistor à effet de champ à la place de la résistance. Ce dernier se comporte en source de courant constant unidirectionnelle. Les diodes D5, D6 et le transistor T1 génèrent une tension positive d'environ 1,2 volt, alors que D7, D8 et T2 produisent une tension négative de la même valeur. Les condensateurs C5 et C6 filtrent ces deux tensions par rejet de l'ondulation résiduelle. Le LM337 fonctionne de manière identique au LM317, mais pour la tension négative. Les potentiomètres P1 et P2 ne se trouvent plus reliés à la masse, mais aux tensions de référence respectives citées ci-dessus. Les condensateurs C7 et C8 filtrent les deux tensions de sortie. Ces dernières sont visualisées par les DEL L1 et L2 limitées en intensité par les résistances R3 et R4.

### Réalisation pratique

La **figure 2.20**, p. 56, donne le dessin du typon nécessaire à la gravure du circuit imprimé, la méthode photographique reste préconisée afin de mieux respecter la surface des pistes.

De par sa taille, le transformateur d'alimentation requis ne peut plus être implanté directement sur le circuit imprimé. Le fusible protégeant le primaire se monte à l'extérieur, de préférence sur le boîtier isolant. Le dissipateur thermique, de belle taille, occupe la majeure partie de la platine. Les quelques composants périphériques peuvent présenter des encombrements différents de ceux utilisés sur la maquette, nous préconisons de vous les procurer avant de percer le circuit imprimé. N'oubliez pas les deux trous de 3 mm de diamètre servant à la fixation des deux régulateurs et du dissipateur thermique.

Commencez l'opération de câblage par la soudure des deux ponts de liaison (straps) situés à proximité des potentiomètres. Pour le reste des composants, fiez-vous au plan d'implantation de la **figure 2.21**, p. 57.

Pensez à souder les pièces selon leur taille et leur fragilité. Débutez par les résistances, les diodes et poursuivez, comme d'habitude, par les condensateurs au mylar, les transistors, les borniers à vis,



la DEL et les condensateurs chimiques. Ne câblez pas les potentiomètres pour l'instant. Les deux régulateurs CI1 et CI2 prennent place sur le même dissipateur thermique, or leur semelle ne présente pas un potentiel identique (tension de sortie pour CI1 et d'entrée sur CI2). Afin de ne pas créer de court-circuit, ils doivent être montés au moyen de kits d'isolation pour TO220. Ces derniers comportent des rondelles épaulées en matière plastique, une pâte thermoconductrice à base de silicone et des plaques de mica, ou tout autre matériau plus actuel, offrant une bonne conduction thermique, mais une isolation électrique totale. La procédure de montage étant commune à plusieurs réalisations de cet ouvrage, nous l'avons décrite en annexe, où nous vous invitons à vous reporter pour plus de détails, à la fin du livre. Une fois les régulateurs et leur équipement en place, soudez sur le circuit imprimé les trois broches de chacun des régulateurs. Attention ! Ne les inversez pas.

Il est maintenant temps de s'occuper des potentiomètres. Nous en avons prévu deux identiques afin de régler individuellement la tension positive et négative. Si vous le souhaitez, il est tout à fait possible aussi, d'en monter un unique, double ; celui-ci ne prenant pas place sur la platine.

Livrez-vous à un minutieux contrôle des pistes et des composants avant la première mise sous tension. Assurez-vous de la juste valeur des pièces, mais également du sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL).

Sur **une surface isolante** raccordez, au circuit imprimé, le transformateur d'alimentation équipé de son fusible. Testez les tensions de sortie à vide, et sous une charge de puissance conforme aux caractéristiques de l'alimentation (ampoule de voiture, ou résistances de puissance). Un court-circuit franc, ou une surcharge, fait entrer en action les disjoncteurs électroniques internes. Attention ! Durant cet état, la température du dissipateur s'élève.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

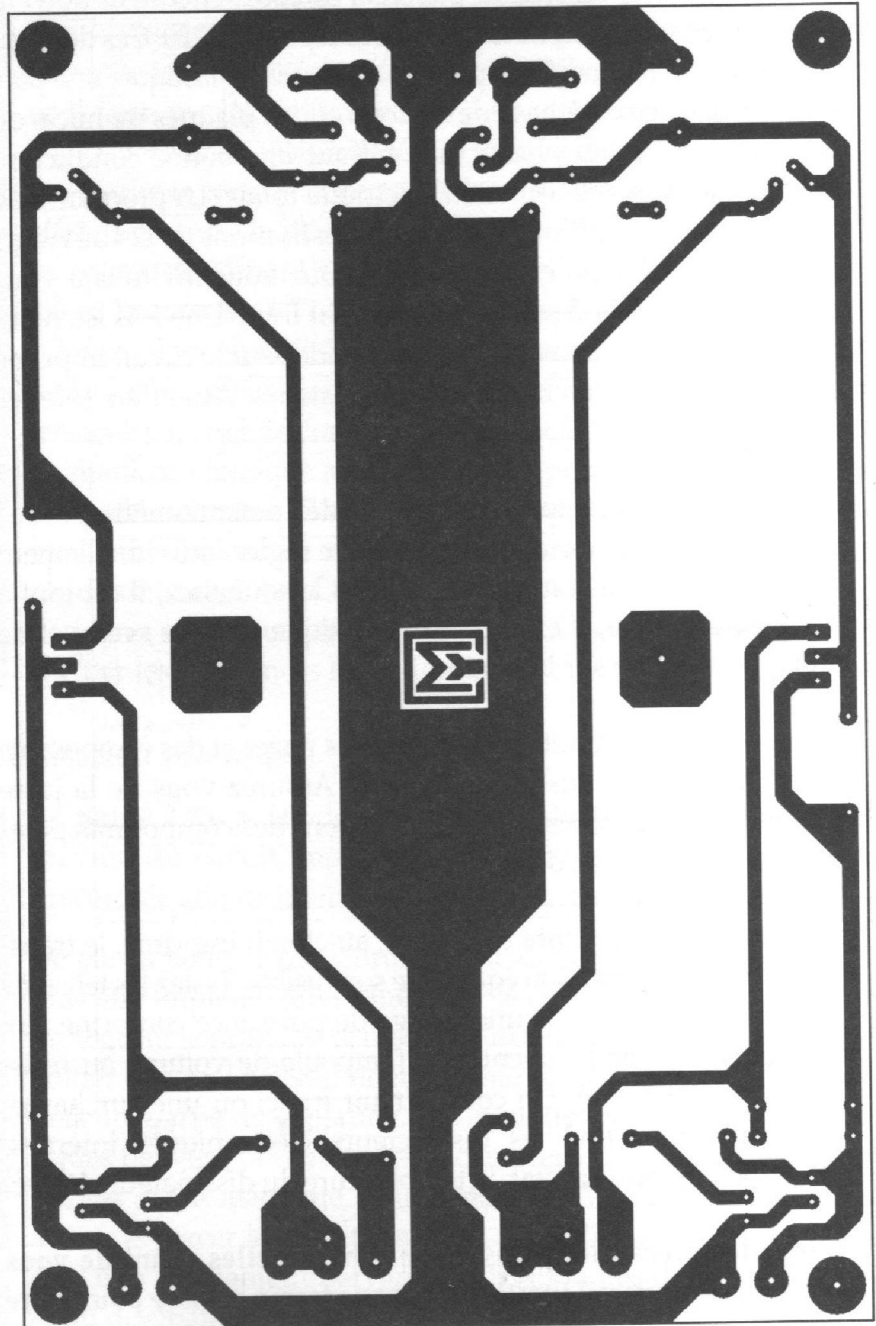


Figure 2.20.  
Dessin du  
circuit imprimé  
de l'alimentation  
symétrique  
(côté cuivre).

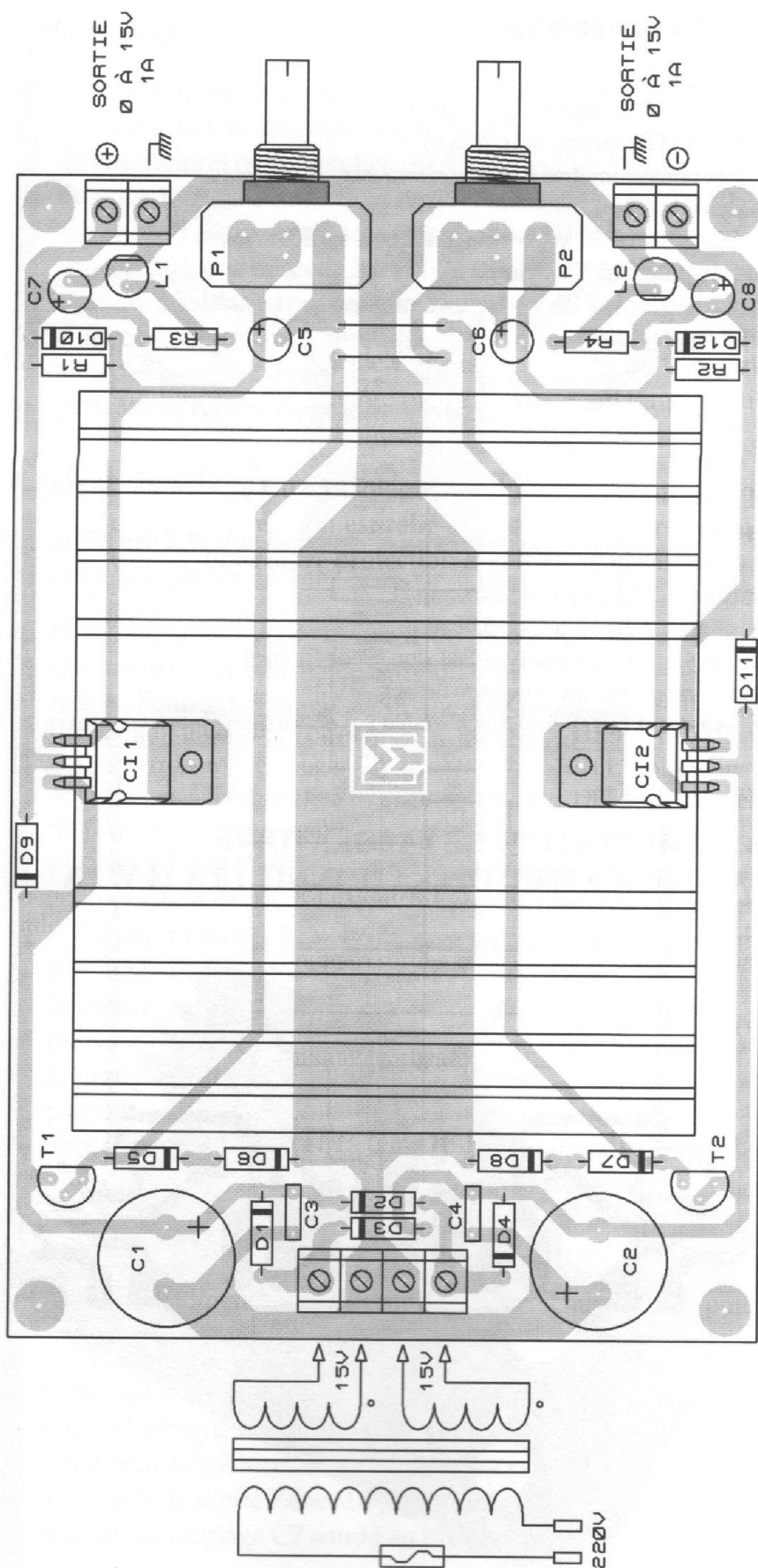


Figure 2.21. Implantation des composants de l'alimentation symétrique.

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 ; R2 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)

R3 ; R4 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

P1 ; P2 : potentiomètres linéaires de 4,7 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 ; C2 : 2 200  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

C3 ; C4 : 100 nF 63 V (mylar)

C5 à C8 : 10 à 22  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

### Composants actifs :

D1 à D12 : 1N4007

L1 ; L2 : DEL vertes 5 mm

T1 ; T2 : 2N3819

CI1 : LM317

CI2 : LM337

### Divers :

1 transformateur 2  $\times$  15 V 45 VA (torique de préférence)

1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type S41 (longueur 75 mm)

2 kits d'isolation pour montage de TO220

Boîtier isolant (plastique), fusible 0,5 à 1 A et porte-fusible

## 2.8 ALIMENTATION DE LABORATOIRE À AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL : 0 À 24 V, 2 A

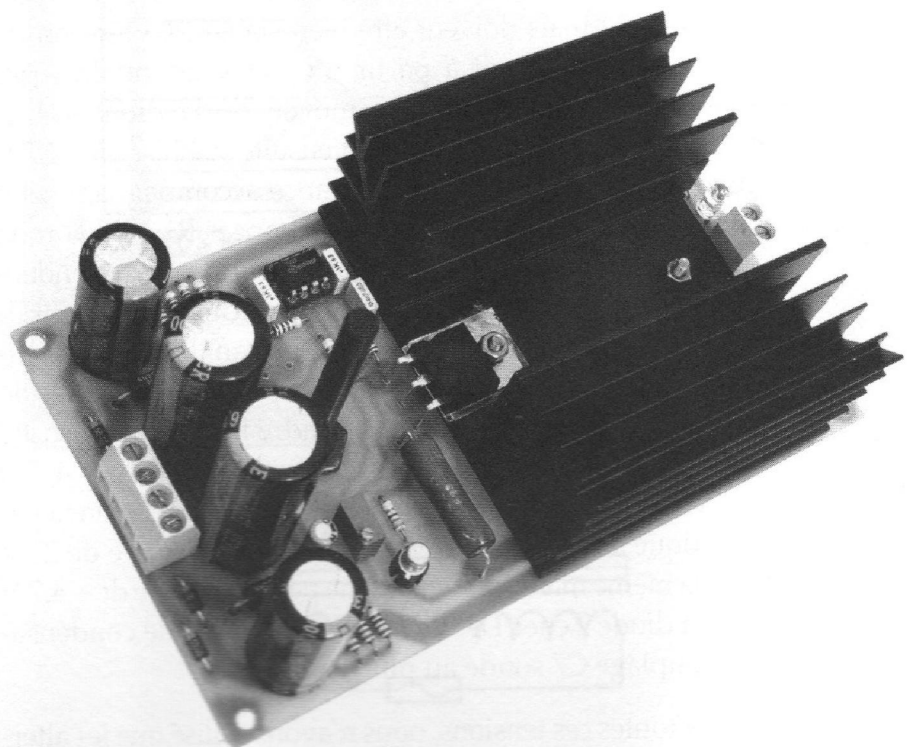


Photo 2.6.  
L'alimentation  
de laboratoire  
à amplificateur  
opérationnel.



## Présentation

Nous abordons cette partie par une alimentation aux composants passe-partout, indémodables qui dorment tranquillement au fond de vos tiroirs et ne demandent qu'à être réveillés ! Seul le transistor de puissance de l'étage final requiert un soin particulier lors de son choix. Les performances obtenues sont très honorables car la tension de sortie descend à 0 volt et atteint 24 volts sans faillir. Le courant maximal de sortie de 2 ampères est accompagné d'un efficace disjoncteur électronique. Pour un coût très bas, compte tenu des caractéristiques, vous obtenez un appareil de laboratoire prêt à vous rendre de grands services.

## Analyse du schéma de principe

La **figure 2.22** donne le schéma de principe très classique malgré quelques astuces notamment pour obtenir les tensions auxiliaires.

Notre alimentation ne comporte qu'un transformateur d'alimentation à deux enroulements identiques de 22 V reliés en leur point milieu. Pourtant, il nous faut quatre tensions distinctes. Voici leur utilité, leur valeur et la manière de les obtenir.

Tout d'abord, nous avons besoin de la tension principale capable de fournir un fort courant en sortie. Elle est issue des diodes de puissance D1 et D2 travaillant en redresseur à double alternance, en opposition de phases. Après filtrage par les condensateurs C1 et C2 elle s'élève à 30 V. Les autres tensions ne délivrent qu'un très faible courant mais doivent être bien stables. La tension de référence positive s'obtient à partir d'un des secondaires par redressement mono alternance au moyen de la diode D4 et filtrage par le condensateur C3. Elle est ensuite stabilisée à + 4,7 V par la diode Zener D7. L'unique résistance accompagnant cette dernière a été remplacée par les trois résistances R1 à R3 afin de se dispenser d'un encombrant composant de puissance. Le condensateur C5 élimine l'éventuelle ondulation résiduelle. Nous utilisons un amplificateur opérationnel (AOP) jouant le rôle d'amplificateur d'erreur. Habituellement, ce composant s'alimente de manière symétrique. Afin de faire descendre la tension de sortie à 0 V, le potentiel positif s'élève à + 27 V et le négatif à - 4,7 V. Cette manière de procéder utilise, constatez-le, une tension négative, symétrique à celle de référence. La tension positive de 27 V s'extrait de la même manière et du même point que celle de + 4,7 V à l'aide de la diode Zener D9, de la résistance R7 et le condensateur de découplage C7 soudé au plus près de CII.

Pour générer toutes ces tensions, nous n'avons utilisé que les alternances positives produites par les secondaires. Les diodes D5 et



D6 redressent les alternances négatives. Après filtrage par le condensateur C4 nous produisons la tension négative de  $-4,7\text{ V}$  sur le même principe que pour celle de référence symétrique avec les résistances R4 à R6, la diode Zener D8 et le condensateur C6. Cette tension destinée à alimenter CI1 est découplée par C8 au plus près de l'AOP.

CI1 compare la fraction de la tension de référence lui parvenant sur l'entrée non inverseuse, prélevée sur le curseur du potentiomètre P1, à la partie de la tension de sortie présente sur l'entrée inverseuse et issue de R10 et de la résistance ajustable AJ1. Cette dernière détermine le gain de l'AOP avec R9, donc la tension maximale de sortie. En fonction du résultat, il commande proportionnellement le transistor de puissance T1 *via* sa résistance de base R8. Les condensateurs C9 et C10 filtrent la tension de sortie. La diode D3, dite « roue libre », protège l'étage final. Comme toujours, la DEL limitée en courant par R11 permet de se rendre compte, sommairement, de l'état de la sortie.

Afin de protéger efficacement notre alimentation contre les courts-circuits, nous l'avons dotée d'un disjoncteur électronique constitué de la résistance de puissance R13, du transistor NPN T2 et de sa résistance de base R12. Rappelons son principe de fonctionnement : lorsque le courant débité dépasse  $2\text{ A}$ , il se crée aux bornes de R13 une différence de potentiel de  $0,7\text{ V}$  suffisante pour que T2 entre en conduction et bloque l'étage final constitué par T1.

Il convient d'apporter une petite précision à propos du transistor de puissance NPN Darlington T1. Dans le cas le plus défavorable (tension de sortie proche de  $0\text{ V}$  et intensité maximale de  $2\text{ A}$ ), T1 doit dissiper une puissance égale à :

$$(U_{\text{entrée}} - U_{\text{sortie}}) \cdot I_{\text{sortie}} \quad \text{d'où} \quad (30 - 0,5) \times 2 = 59\text{ W}$$

Un tel calcul montre la nécessité d'un dissipateur thermique efficace, mais également d'un transistor de puissance bien choisi.

### Réalisation pratique

Afin de graver le circuit imprimé, nous vous donnons, à la **figure 2.23**, le dessin du typon. Certaines pistes cuivrées véhiculent un courant de  $2\text{ ampères}$ , pour cette raison, leur taille doit être respectée et nous vous conseillons la méthode photographique.

Le transformateur d'alimentation de  $68\text{ VA}$  et le fusible sont montés à l'extérieur de la platine. Procurez-vous les composants d'après la liste ci-dessous avant d'effectuer les perçages du circuit. Pensez aux deux trous de  $3\text{ mm}$  de diamètre sous le dissipateur

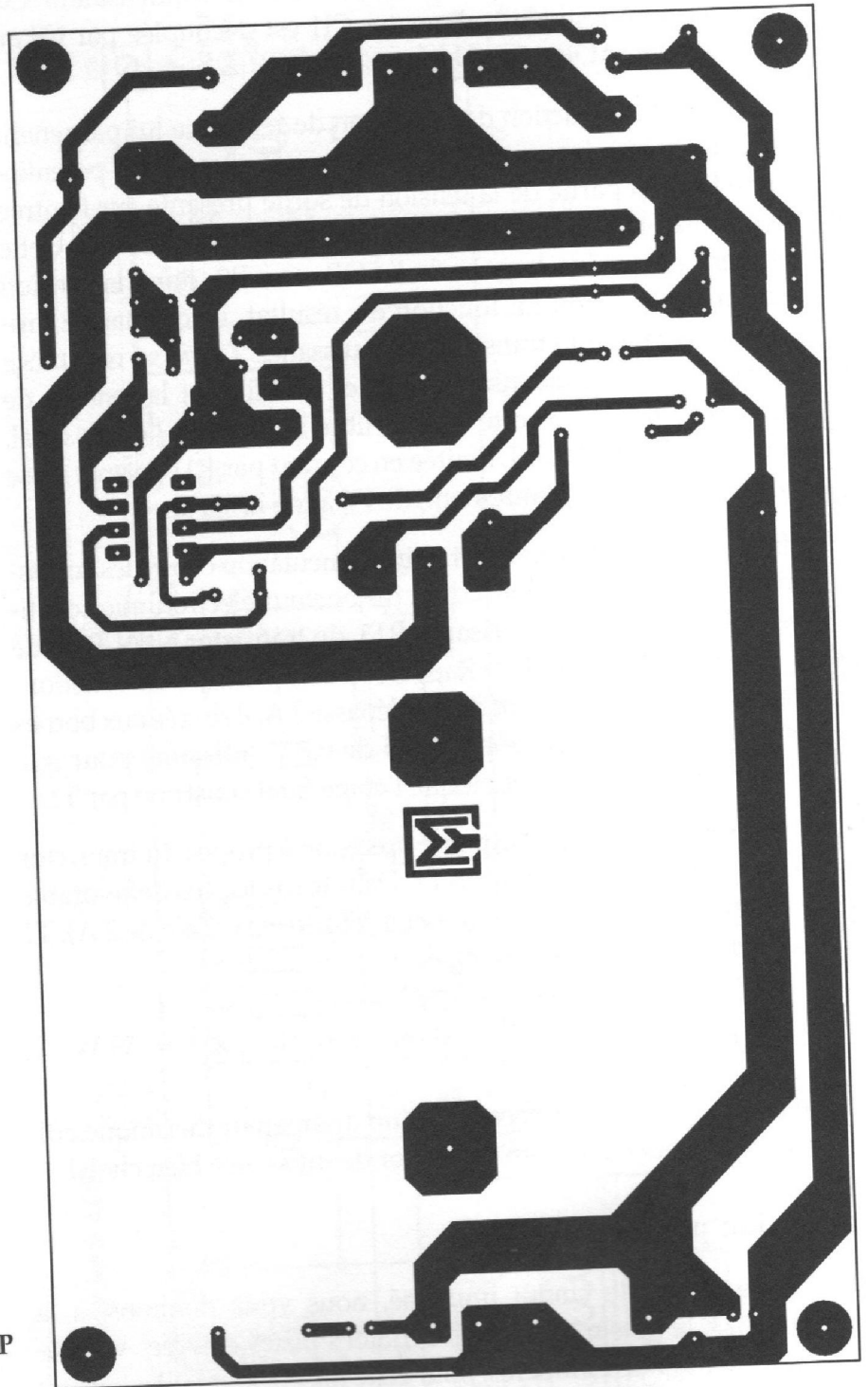


Figure 2.23.  
Dessin du  
circuit imprimé  
de l'alimentation  
de laboratoire à AOP  
(côté cuivre).



© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

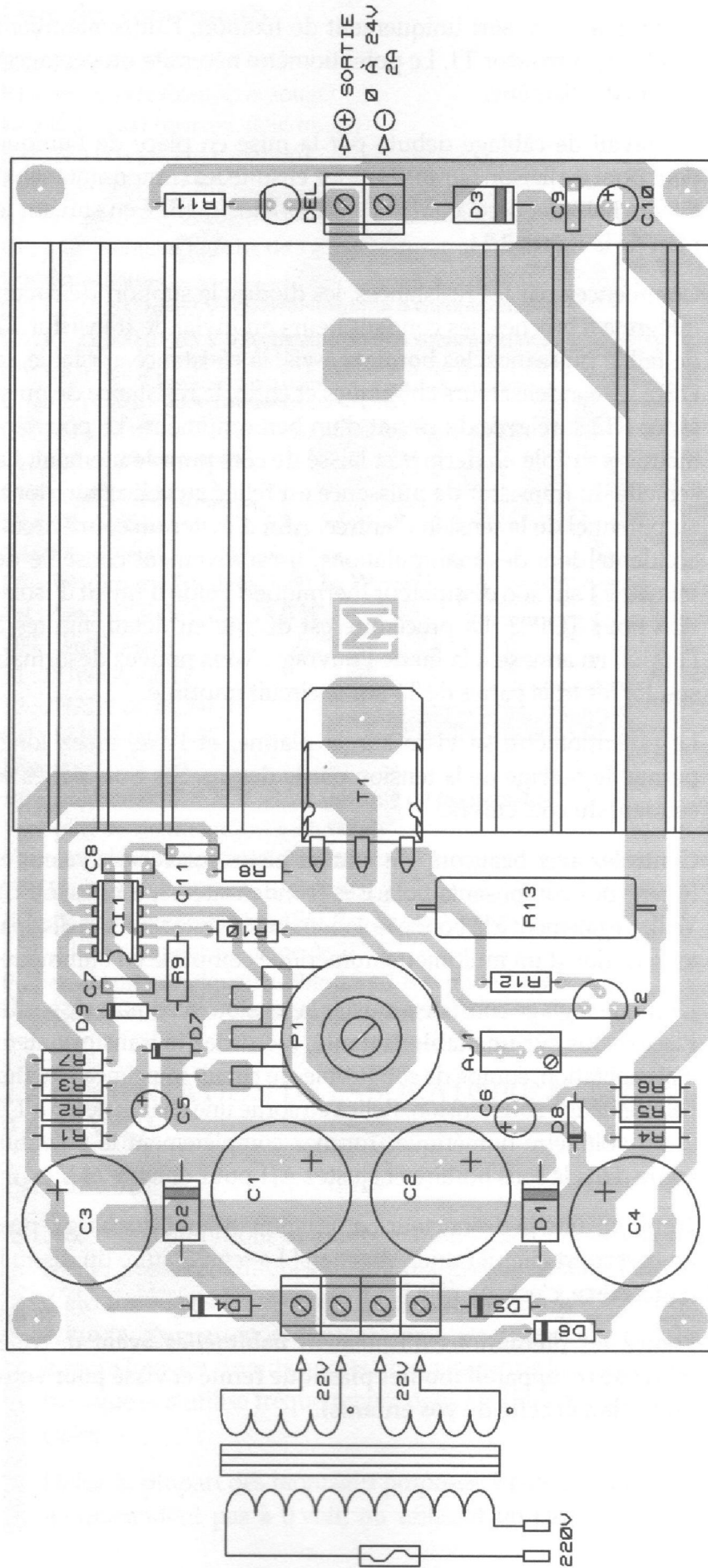


Figure 2.24.  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
de laboratoire à AOP.

thermique. L'un sert uniquement de fixation, l'autre maintient en plus le transistor T1. Le potentiomètre nécessite un perçage à 10 mm de diamètre.

Le travail de câblage débute par la mise en place de l'unique petit pont de liaison (strap). Soudez ensuite les composants selon l'ordre habituel dicté par leur taille et leur fragilité en suivant le plan de la **figure 2.24**.

Commencez par les résistances, les diodes, le support de circuit intégré à 8 broches, les condensateurs au mylar, le transistor T2 de faible puissance, les borniers à vis, la résistance ajustable, la DEL, les condensateurs chimiques et enfin, la résistance de puissance R13 surélevée du circuit d'un bon centimètre. Le potentiomètre sera câblé en dernier et laissé de côté pour le moment. La semelle du transistor de puissance est reliée au collecteur, donc, au potentiel de la tension d'entrée. Afin d'éviter un court-circuit accidentel lors des manipulations, il est vivement conseillé de monter T1 sur son dissipateur thermique à l'aide d'un kit d'isolation pour TOP03. La procédure est décrite en détail, figures à l'appui, en annexe à la fin de l'ouvrage. Vous pouvez désormais souder les trois pattes de T1 sur le circuit imprimé.

Le potentiomètre se visse sur la platine, et l'axe, assez long, permet le réglage de la tension par le dessus. Ses trois pattes se soudent du côté cuivré.

Contrôlez avec beaucoup de soin les pistes cuivrées, la valeur et le sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL). Veillez également à la bonne isolation du transistor sur son dissipateur à l'aide d'un multimètre numérique commuté en ohmmètre.

L'unique réglage consiste à ajuster la tension maximale de sortie. Placez-vous sur **une table isolante**, raccordez le transformateur d'alimentation, équipé de son fusible, au circuit imprimé et mettez l'alimentation sous tension. Reliez en sortie une charge de 0,5 à 1 A et un voltmètre numérique. Tournez complètement le potentiomètre dans le sens horaire et ajustez AJ1 pour obtenir 24 V.

Testez ensuite le disjoncteur en provoquant une surcharge, puis un bref court-circuit franc. Attention ! La température du dissipateur s'élève, c'est son rôle !

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 à R6 : 6,8 k $\Omega$  (bleu, gris, rouge)

R7 à R11 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

R12 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)

R13 : 0,33  $\Omega$  7 W vitrifiée

AJ1 : résistance ajustable verticale de 10 k $\Omega$  25 tours

P1 : potentiomètre linéaire de 4,7 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 ; C2 : 2 200  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)

C3 ; C4 : 1 000  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)

C5 ; C6 : 1 à 2,2  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

C7 à C9 : 100 nF 63 V (mylar)

C10 : 10 à 22  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)

C11 : 4,7 nF 63 V (mylar)

### Composants actifs :

D1 à D3 : 1N5408

D4 à D6 : 1N4007

D7 ; D8 : Zener 4,7 V de 0,25 ou 1,3 W

D9 : Zener 27 V de 0,25 ou 1,3 W

DEL : verte 5 mm

T1 : BDW83C ou D

T2 : 2N2222 ou BC547, etc.

CI1 : LM741 ou TL081

### Divers :

1 transformateur 2  $\times$  22 V 68 VA (torique de préférence)

1 support de circuit intégré à 8 broches

1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm

1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type S41 (longueur 75 mm)

1 kit d'isolation pour montage de TOP03

Boîtier isolant (plastique), fusible 0,5 à 1 A et porte-fusible

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 2.9 ALIMENTATION DE LABORATOIRE À LM723 : 0 À 24 V, 1 A

### Présentation

Nous vous proposons une alimentation de laboratoire aux caractéristiques assez communes, mais d'une grande fiabilité. Bon nombre d'électroniciens connaissent le circuit intégré LM723 spécialisé pour la réalisation d'alimentations électroniques. Ce dernier intègre tous les circuits nécessaires, y compris le disjoncteur électronique et s'utilise fréquemment dans les alimentations commerciales.

Hélas, la plupart des montages proposés, à base de ce composant, ne descendent pas à 0 volt, ou utilisent un circuit doubleur de

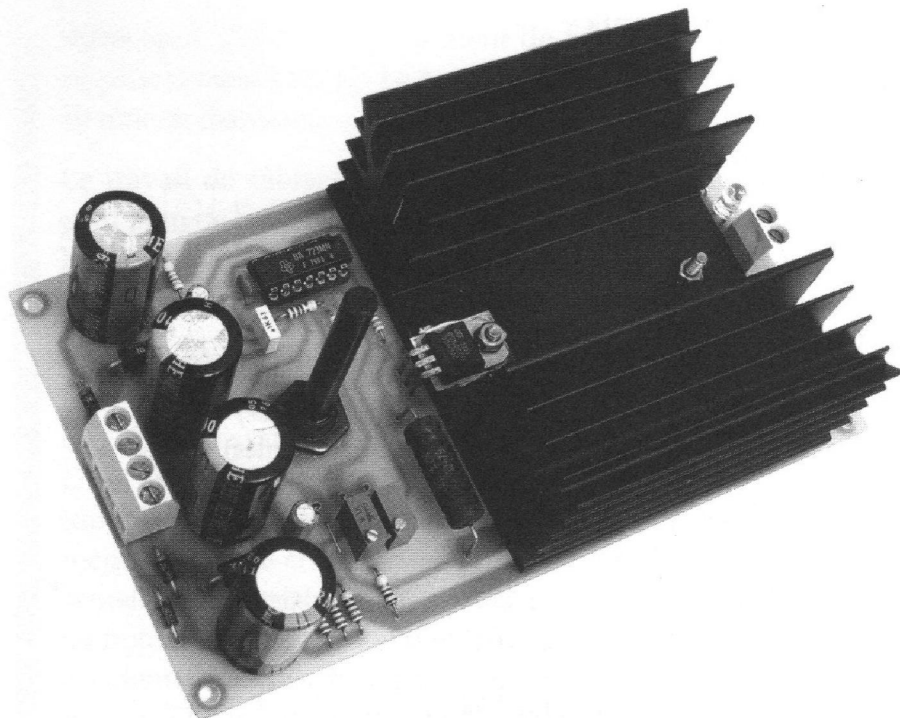


Photo 2.7.  
L'alimentation  
de laboratoire  
à LM723.

tension quand ce n'est pas un second transformateur. Nous allons vous montrer comment obtenir les performances d'une alimentation de laboratoire sans utiliser les principes cités ci-dessus. La simplicité est souvent un gage de fiabilité ! L'intensité maximale de sortie, volontairement limitée à 1 ampère, s'avère suffisante dans bien des cas. Le but de cette réalisation est également de faire connaissance avec ce composant courant et si économique. Vous verrez lors de notre prochain montage comment obtenir une très forte puissance, en partant toujours du LM723.

### Analyse du schéma de principe

Le schéma de la **figure 2.25** montre des similitudes avec celui de la réalisation précédente sur la manière d'obtenir les différentes tensions auxiliaires.

Un seul transformateur d'alimentation de 30 VA à deux enroulements identiques de 22 V, reliés en leur point milieu, fournit les trois tensions nécessaires. La première s'élève à + 30 V sous plus d'un ampère et s'obtient en effectuant un redressement à double alternance par les diodes D1 et D2 puis un filtrage par les condensateurs C1 et C2. La seconde, de même polarité, de même valeur mais de faible puissance (quelques mA), alimente C11, le fameux LM723. La diode D4 redresse une alternance positive, le condensateur C3 filtre cette tension et le circuit constitué de R1, C5 et C7 la découple au plus près du circuit intégré. Afin d'obtenir une tension de sortie capable de descendre à 0 V, il convient de





fausser la tension de référence interne de C11 en reliant cette dernière non pas à la masse, mais à une tension auxiliaire négative stabilisée. Nous produisons celle-ci par redressement à double alternance négative au moyen des diodes D5 et D6 et filtrage par C4. La diode Zener D7 la stabilise à 4,7 V. Les résistances R2 à R4 remplacent l'habituelle résistance accompagnant une diode Zener. Le condensateur C6 filtre cette tension.

Le circuit LM723 génère une tension de référence de + 7,15 V. Le pont diviseur constitué par R5 et R6 la divise par deux pour une future comparaison au moyen de l'amplificateur d'erreur interne. Nous alimentons les circuits internes du LM723 avec une partie de la tension négative de 4,7 V produite ci-dessus et prélevée par l'ajustable AJ1 et la résistance R7. Le circuit voit alors sur son entrée non inverseuse la tension de référence de 0 V. Le condensateur C8 découple cette tension le plus près possible de la broche 7 de C11.

Le potentiomètre P1 extrait une partie de la tension de sortie vers l'entrée inverseuse du LM723. Le résultat de la comparaison entre ces deux entrées commande de manière proportionnelle le transistor de puissance Darlington T1. La résistance ajustable AJ2 sert de butée pour la tension maximale en sortie.

Lorsque le courant dépasse 1,2 ampère, la différence de potentiel aux bornes de la résistance R10 atteint le seuil de conduction du limiteur interne chargé de bloquer l'étage de puissance. R8 est la résistance de base du transistor de limitation intégré.

Les condensateurs C9 et C11 filtrent la tension de sortie visualisée par la DEL accompagnée de sa résistance R9. D3, dite diode de « roue libre » se charge de la protection en sortie.

### Réalisation pratique

Le typon nécessaire à la gravure du circuit imprimé est donné à la **figure 2.26**, p. 70. Afin de respecter la largeur des pistes, nous vous recommandons la méthode de réalisation par photographie.

La platine supporte tous les composants à l'exception du transformateur d'alimentation de 45 VA et de son fusible. Avant de percer les trous du circuit imprimé à 0,8 mm, nous vous conseillons de rassembler toutes les pièces car certaines d'entre elles ont des pattes d'un diamètre plus important (1,2 à 1,5 mm). N'oubliez pas les fixations du dissipateur thermique et de T1 à 3 mm. Le potentiomètre est monté verticalement et vissé sur la platine, il lui faut un perçage à l'aide d'un foret de 10 mm.

Commencez le câblage en soudant l'unique petit pont de liaison (strap) près des deux ajustables. Les composants s'implantent

ensuite selon l'ordre habituel ci-dessous en suivant le plan de la **figure 2.27**, p. 71.

Débutez par les résistances, les diodes, le support de circuit intégré à 14 broches, les condensateurs au mylar et céramique, les borniers à vis, les deux résistances ajustables, la DEL, les condensateurs chimiques et enfin, la résistance de puissance R10 surélevée du circuit d'un bon centimètre.

Fixez le dissipateur thermique et le transistor de puissance T1 à l'aide d'un kit d'isolation pour TO220. Cette précaution, bien que facultative, est fortement recommandée afin d'éviter un court-circuit accidentel durant le fonctionnement. La procédure est décrite en détail en annexe, à la fin du livre. N'omettez pas de souder ensuite les trois broches de T1 sur le circuit imprimé.

Le potentiomètre se visse sur la platine, ses trois pattes soudées du côté des pistes cuivrées. L'axe permet le réglage de la tension de service et dépasse des autres composants.

Avant la première mise sous tension, livrez-vous aux vérifications d'usage afin de traquer la petite maladresse. Contrôlez la valeur des composants mais également le sens de ceux qui sont polarisés (condensateurs, diodes, DEL), l'isolation du transistor T1 sur son dissipateur et enfin, le bon état des pistes du circuit imprimé (coupures miniatures ou courts-circuits).

Pour effectuer les deux réglages, munissez-vous d'un voltmètre, numérique de préférence. Installez votre réalisation **sur une surface de travail isolante**, raccordez au circuit imprimé le transformateur d'alimentation, équipé de son fusible, et mettez l'alimentation sous tension. Tournez le potentiomètre P1 en butée dans le sens horaire et ajustez AJ1 pour lire 0 volt en sortie. Raccordez ensuite, en parallèle avec le multimètre, une charge supportant 24 volts sous 0,5 à 0,8 ampère en sortie. Tournez P1 en butée dans le sens anti-horaire, et ajustez AJ2 pour lire 24 volts sur le voltmètre.

En cas de court-circuit franc ou de surcharge supérieure à 1,2 ampère, le limiteur interne fera son office. Ne maintenez pas inutilement cet état car un échauffement exagéré du dissipateur thermique peut nuire aux composants.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

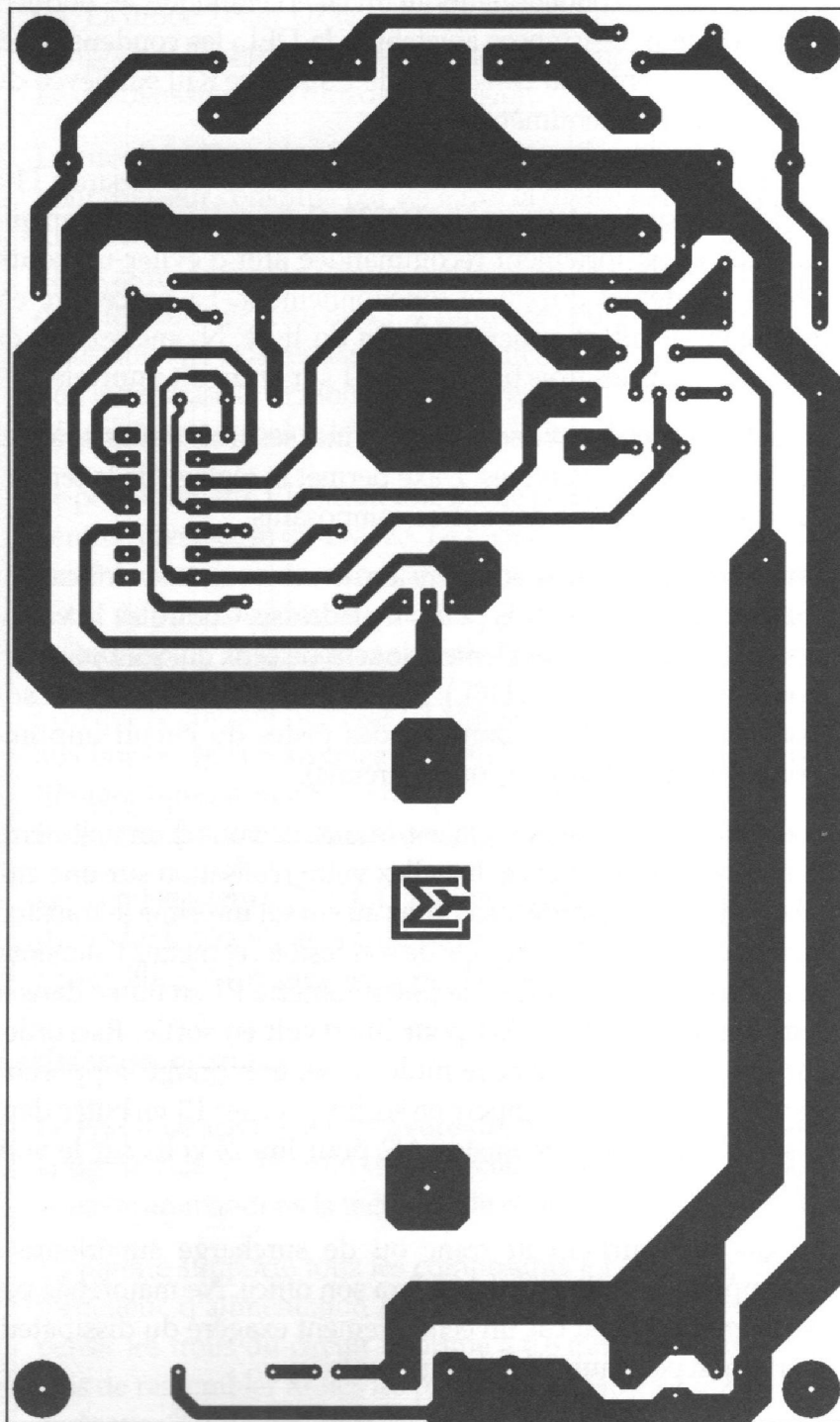


Figure 2.26.  
Dessin du  
circuit imprimé  
de l'alimentation  
de laboratoire  
à LM723 (côté cuivre).



© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

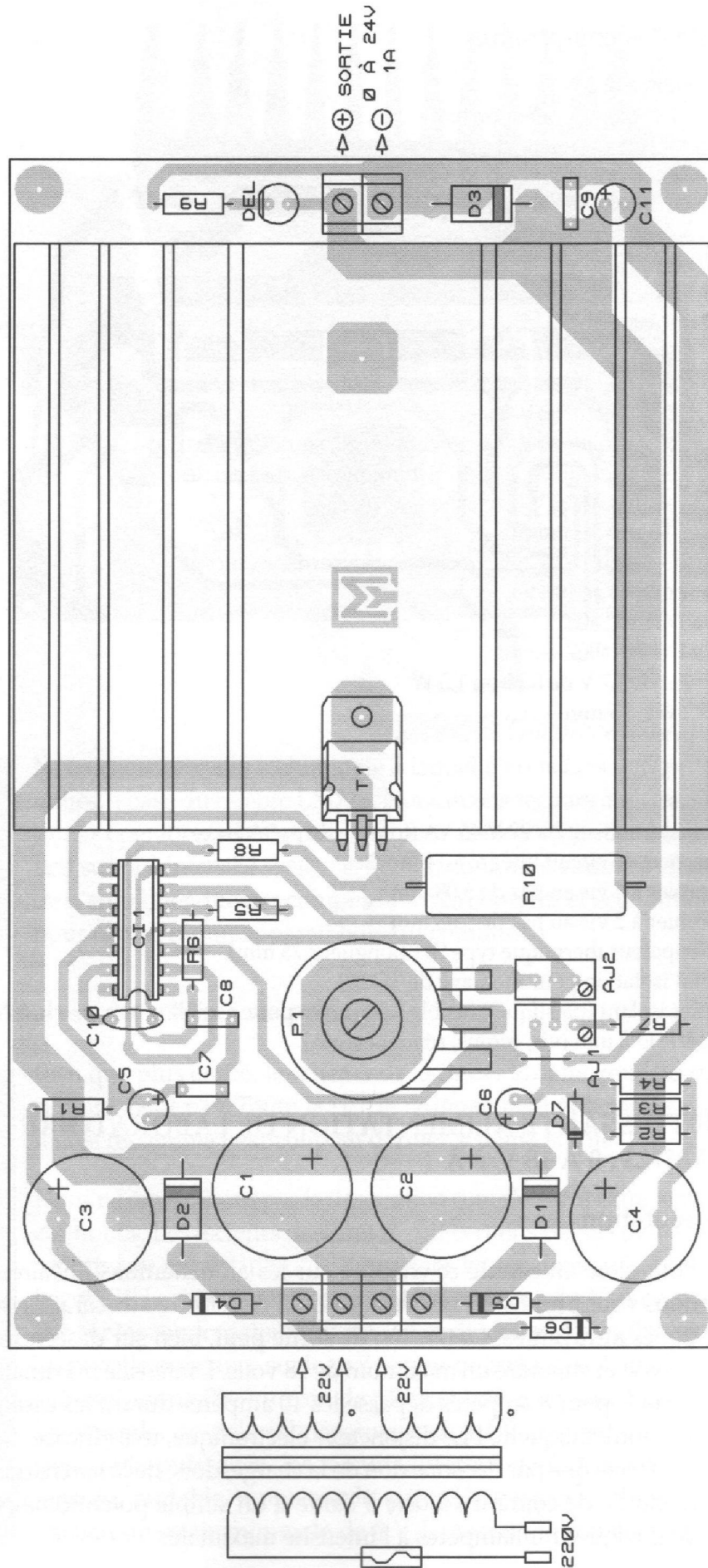


Figure 2.27.  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
de laboratoire  
à LM723.

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 : 4,7  $\Omega$  (jaune, violet, or, or)  
R2 à R4 : 6,8 k $\Omega$  (bleu, gris, rouge)  
R5 ; R6 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)  
R7 ; R9 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
R8 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)  
R10 : 0,5  $\Omega$  5 W vitrifiée  
AJ1 : résistance ajustable verticale de 1 k $\Omega$  25 tours  
AJ2 : résistance ajustable verticale de 2,2 k $\Omega$  25 tours  
P1 : potentiomètre linéaire de 4,7 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 ; C2 : 2 200  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
C3 ; C4 : 1 000  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
C5 ; C6 : 1 à 2,2  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)  
C7 à C9 : 100 nF 63 V (mylar)  
C10 : 150 pF (céramique)  
C11 : 10 à 22  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)

### Composants actifs :

D1 à D3 : 1N5408  
D4 à D6 : 1N4007  
D7 : Zener 4,7 V de 0,25 ou 1,3 W  
DEL : verte 5 mm  
T1 : BDW93C  
CI1 : LM723

### Divers :

1 transformateur 2  $\times$  22 V 45 VA (torique de préférence)  
1 support de circuit intégré à 14 broches  
1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm  
1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm  
1 dissipateur thermique type S41 (longueur 75 mm)  
1 kit d'isolation pour montage de TO220  
Boîtier isolant (plastique), fusible 0,5 à 1 A et porte-fusible  
Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 2.10 PUISSANTE ALIMENTATION DE LABORATOIRE À LM723 : 0 À 18 V, 8 A

### Présentation

Pour clore en beauté ce chapitre sur les alimentations linéaires, nous vous proposons une réalisation d'envergure aux caractéristiques attrayantes. La tension de sortie peut, bien sûr descendre à 0 volt et atteindre un maximum de 18 volts. L'intensité maximale donnée pour 8 ampères dépasse les 10 ampères durant les essais sur notre maquette ! Le disjoncteur électronique, très efficace, ne se réarme que par déconnexion de la charge, donc de la surcharge. La limite de courant s'ajuste à l'aide d'un simple potentiomètre de quelques milliampères à l'intensité maximale.

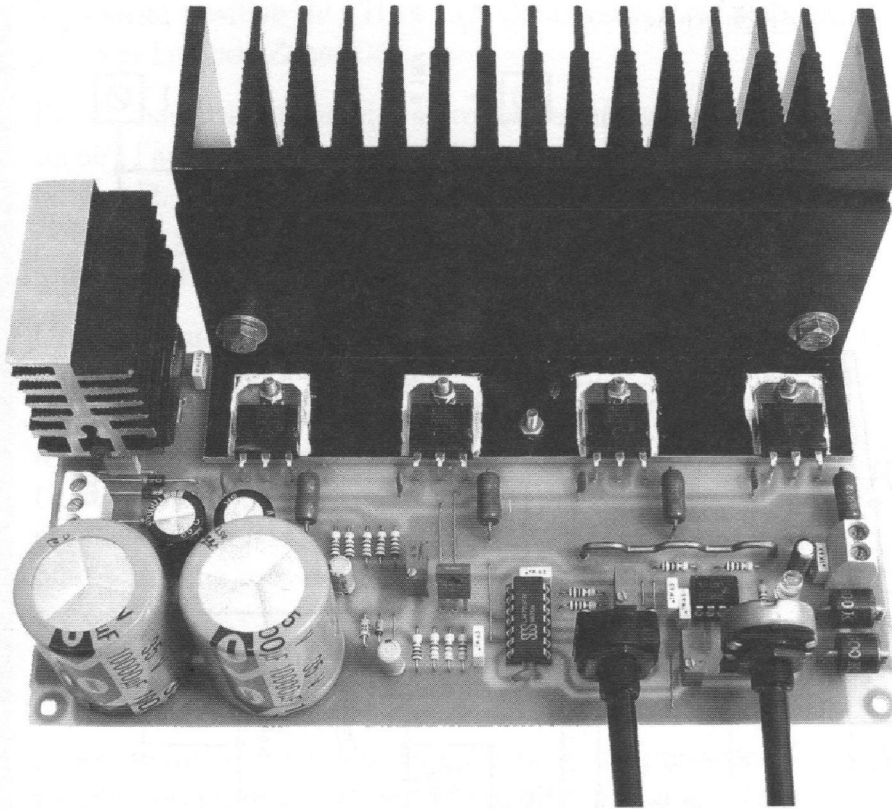


Photo 2.8.  
L'alimentation  
de laboratoire  
de forte puissance  
à LM723.

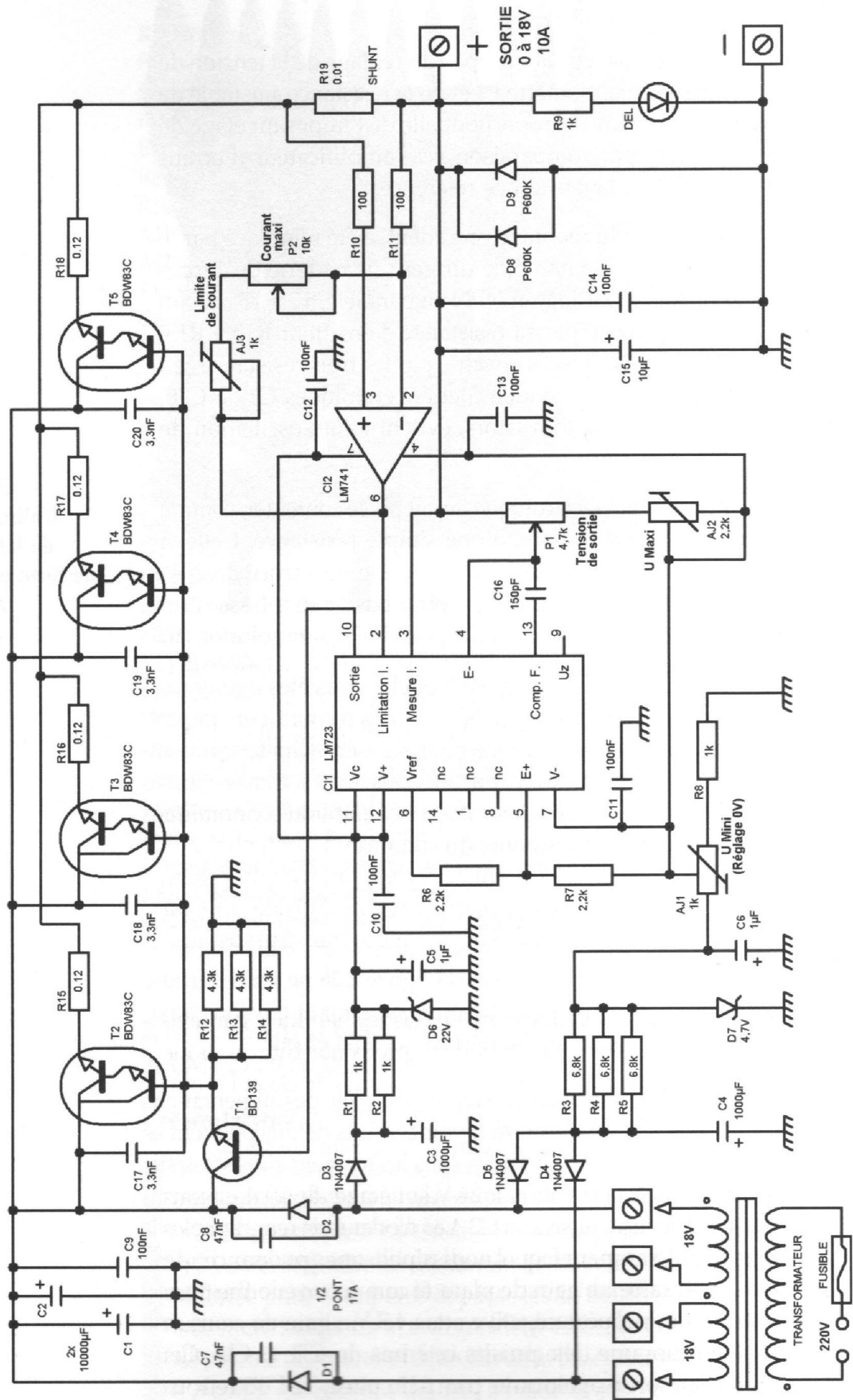
Nous conservons la technologie à laquelle vous êtes maintenant initiés, à base du célèbre LM723. Nous avons recours à un amplificateur opérationnel très classique pour réaliser le limiteur travaillant sur une intensité si élevée. En fait, nous nous sommes efforcés de n'employer que des composants très courants et économiques pour concevoir un appareil hors du commun.

### Analyse du schéma de principe

Bien que plus étoffé, le schéma de la **figure 2.28** ne vous déroute certainement pas. Toute la partie redressement et tensions auxiliaires ressemble beaucoup au dernier schéma étudié.

Nous ne reprendrons pas la description complète des alimentations continues. Les lecteurs désirant revoir certains détails peuvent se reporter au paragraphe 2.9. Rappelons les tensions présentes sur le circuit. La première s'élève à 24 V sous plus de 10 A en parallèle sur les condensateurs C1 et C2. Les diodes sont remplacées par un pont de puissance sur lequel nous n'utilisons que deux diodes ; cette solution offre un gain de place et une économie financière. La seconde, de polarité négative sous 4,7 V, alimente, sous une très faible puissance, les circuits internes de CI1 et CI2. Cette tension, réglable rappelons-le par AJ1, permet d'obtenir une tension de sortie minimale de 0 V. La troisième source alimente

Figure 2.28.  
Schéma de principe de l'alimentation de puissance à LM723.





la polarité positive de CI1 et CI2. Cette tension est stabilisée à 22 V par la diode Zener D6.

Pas de changement non plus à propos du réglage de la tension de sortie à l'aide du potentiomètre P1 et de la résistance ajustable de butée AJ2. La commande proportionnelle de l'imposant étage de puissance se gère par comparaison *via* l'amplificateur d'erreur interne du LM723, à la tension de référence.

L'unique transistor, du montage précédent, a été remplacé par le transistor « driver » T1 chargé de diriger une batterie de 4 transistors de puissance Darlington NPN en parallèle, T2 à T5 chacun respectivement protégé par sa résistance d'émetteur R15 à R18. La polarisation de leur base s'effectue par les trois résistances en parallèle R12 à R14. Les condensateurs céramiques C17 à C20, placés au plus près des transistors, évitent l'auto-oscillation de ceux-ci.

Le limiteur de courant électronique aurait pu se contenter, comme sur l'alimentation précédente, d'une simple résistance. Celle-ci aurait dû avoir une valeur de  $0,075 \Omega$  et une puissance de 7 W. Ce composant, quasi introuvable, n'offre pas la souplesse d'un réglage de courant. Nous avons opté pour l'élégante solution du « shunt » de puissance R19 de  $0,01 \Omega$  et d'un approvisionnement courant auprès de la société Conrad par exemple. À défaut, il peut se confectionner très simplement à l'aide de fil résistant de 1 mm de diamètre ( $0,63 \Omega/m$ ) acheté, notamment, chez Sélectronic.

Le fonctionnement du disjoncteur reste très classique. L'amplificateur opérationnel CI2 amplifie la différence de potentiel aux bornes de R19. Le gain en courant se règle au moyen du potentiomètre P2 et de la résistance ajustable de butée AJ3 déterminant le courant maximal. La sortie de CI2 attaque le transistor de limitation interne au LM723.

En parallèle sur la sortie, nous retrouvons les habituels condensateurs de filtrage C14 et C15. La diode de protection dite de « roue libre » a été remplacée par deux diodes en parallèle D8 et D9 afin de supporter l'intensité élevée. La DEL, accompagnée de sa résistance de limitation R9 visualise l'état de la tension de sortie.

Approfondissons les caractéristiques de l'étage de sortie. Nous avons sélectionné des transistors BDW83 très musclés car capables de supporter 15 ampères et de dissiper une puissance de 150 watts ! Notre assemblage se comporte comme un énorme transistor Darlington supportant 600 watts avec un gain en courant énorme. Pourquoi une telle puissance ? Imaginez le cas le plus défavorable. La sortie se retrouve court-circuitée, T2 à T5 retrouvent entre le collecteur et l'émetteur l'intégralité de la tension, soit

environ 24 volts. Le limiteur réglé sur un courant de 8 ampères, oblige les transistors à dissiper toute cette puissance en effet Joule, soit :  $24 \times 8 = 192$  watts. Ce qui correspond à :  $192/4 = 48$  watts par transistor. En prenant en compte le temps du transfert thermique et une marge de sécurité permettant, par exemple de monter à 10 ou 11 ampères, notre choix s'avère judicieux.

### Réalisation pratique

La taille de la platine est à l'image de l'importance de l'alimentation, le nombre de composants et la largeur des pistes nécessitent un imposant circuit imprimé. Nous vous livrons le dessin du typon sur la **figure 2.29**, p. 78.

Certaines pistes cuivrées véhiculent un courant de 8 à 10 ampères, leur largeur ne doit en aucun cas être réduite, pour cette raison, la méthode de gravure photographique est vivement conseillée.

Le gros transformateur d'alimentation :  $2 \times 18$  V pour une puissance de 225 VA et le fusible se montent à l'extérieur de la platine. Tous les autres composants prennent place sur le circuit imprimé. Certains d'entre eux peuvent comporter des pattes d'un diamètre inhabituel (1 à 2 mm) comme les condensateurs C1 et C2 par exemple. Il est donc recommandé de se procurer la totalité des composants avant de percer le circuit. Les perfectionnistes étameront le circuit, à la vague par exemple, afin d'augmenter l'épaisseur des pistes et les protéger de la corrosion.

N'oubliez pas les trous sous l'équerre dissipatrice et en règle générale les fixations prévues pour un perçage à 3 mm. Sous le pont de redressement, alésez le trou à 6 mm afin d'accéder à la vis de maintien de son propre dissipateur thermique. Attention aux pistes cuivrées en périphérie.

Le câblage débute en soudant les sept ponts de liaison (straps) afin de ne pas les oublier. Suivez le plan d'implantation donné à la **figure 2.30**, p. 79.

Respectez l'ordre habituel pour souder les composants. Commencez par les résistances, les diodes, les supports de circuit intégré, les condensateurs au mylar et céramiques, les borniers à vis, les résistances ajustables, la résistance « shunt » R19, la DEL, les petits condensateurs chimiques, le transistor T1, les résistances de puissance surélevées du circuit d'un bon centimètre, le pont de redressement de puissance soudé par ses quatre larges broches et enfin, les potentiomètres et enfin les deux gros condensateurs C1 et C2.

Assurez-vous que les trous de fixation des transistors de puissance correspondent à ceux de l'équerre. Vissez celle-ci après l'avoir

équipée d'une rondelle épaulée isolante par transistor située entre elle et le circuit imprimé. Si vous n'êtes pas équipé pour effectuer des perçages à épaulement, alésez les trous de fixation des transistors à 6 mm. Montez T2 à T4 sur l'équerre à l'aide de kits d'isolation pour TOP03, après avoir coudé leurs pattes à 90°. Reportez-vous en annexe, à la fin de l'ouvrage, pour les conseils de montage. Soudez leurs pattes sur le circuit imprimé, et contrôlez leur isolation par rapport à l'équerre à l'aide d'un multimètre numérique commuté en ohmmètre.

L'équerre de 35 × 60 mm, d'une longueur de 150 mm et de 3 mm d'épaisseur ne suffit pas à éliminer la chaleur qu'elle accumule. Il faut lui adjoindre un dissipateur de type « peigne » de 150 × 46 mm et de 70 mm de longueur. Ce dernier se visse verticalement sur le plus grand côté de l'équerre à l'aide de deux vis de 6 mm, en prenant soin d'enduire les faces de contact d'une fine couche de graisse de silicone thermoconductrice. Dans le commerce, il est plus aisé de trouver des équerres de 40 × 60 ou de 60 × 60. Il suffit de les couper, comme nous l'avons fait sur la maquette, au moyen d'une scie à métaux.

Le pont de redressement est surmonté d'une partie d'un dissipateur thermique de type « S53 » découpé lui aussi, à la scie à métaux.

Après les habituelles vérifications : bon état des pistes, valeur et sens des composants, vous pouvez raccorder le transformateur d'alimentation, muni de son fusible au primaire.

## Réglages

Afin d'effectuer les trois réglages dans de bonnes conditions de sécurité, installez-vous **sur une surface isolante**.

1. Tournez P2 en butée dans le sens horaire et AJ3 au maximum dans le sens anti-horaire.
2. **Ne faites surtout pas de court-circuit en sortie pour l'instant !**
3. Raccordez, en sortie, un multimètre numérique commuté en voltmètre.
4. Tournez P1 en butée dans le sens anti-horaire.
5. Ajustez AJ1 pour lire 0 volt.
6. Reliez, en sortie, en parallèle sur le multimètre, une charge d'environ 1 à 2 ampères sous 24 volts (ampoules de voiture en série, par exemple).
7. Tournez P1 en butée dans le sens horaire. Si le limiteur entre en action (aucune tension en sortie), déconnectez momentanément.



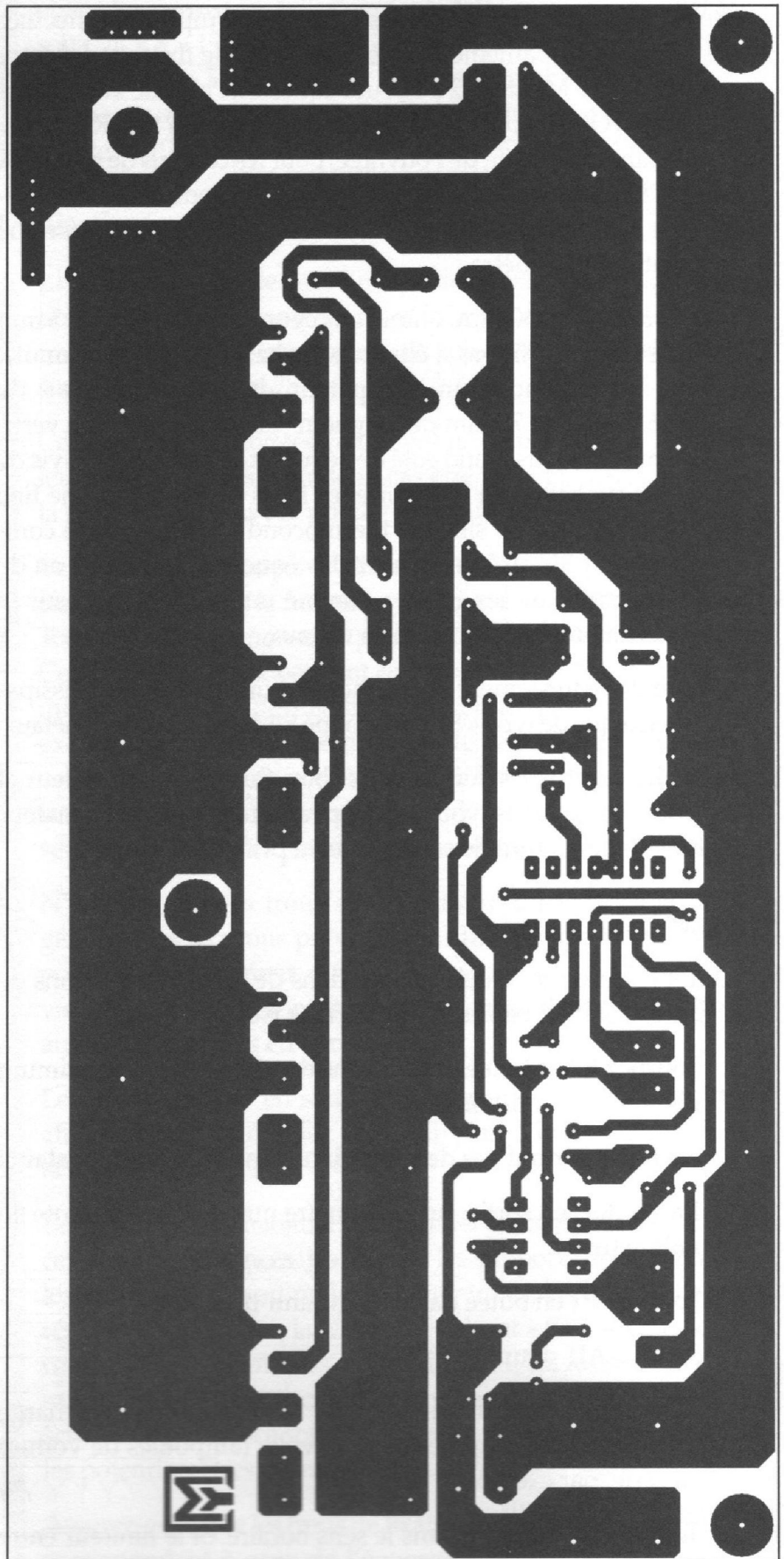


Figure 2.29.  
Dessin du  
circuit imprimé  
de l'alimentation  
de puissance  
à LM723  
(côté cuivre).





ment la charge et tournez AJ3 de plusieurs tours dans le sens anti-horaire.

8. Reconnectez la charge et ajustez AJ2 pour lire 16 à 18 volts, selon votre convenance.
9. Réglez maintenant la butée de courant maximal.
10. Vous n'avez pas modifié la position de P2 et de AJ3.
11. Raccordez en sortie une charge de 8 à 10 ampères maximum sous 24 volts (séries-parallèles d'ampoules par exemple).
12. Tournez AJ3 délicatement dans le sens horaire jusqu'à l'entrée en action totale du limiteur.

N'oubliez pas que la seule solution pour réarmer le disjoncteur, consiste à déconnecter la charge et ne maintenez pas inutilement cet état car un échauffement exagéré ne présente aucun intérêt ! Le potentiomètre P2 vous permet de choisir le courant de limitation depuis de faibles intensités.

Votre alimentation est réglée et prête à vous rendre de bons et loyaux services.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

### Modifications et conclusion

Certains d'entre vous se demandent peut-être s'il est possible d'élever la tension de sortie jusqu'à 22 ou 24 V. Pour effectuer cette modification, il convient de choisir un transformateur d'alimentation de  $2 \times 22$  V maximum, délivrant une puissance minimale de 250 à 300 VA. Il faut également remplacer la diode Zener de 22 V par un modèle 27 V. Enfin, n'omettez pas de choisir, pour C1 à C4 des condensateurs supportant une tension de service de 50 à 63 V, en veillant à l'encombrement sur le circuit imprimé.

Pensez, dans le cadre de cette modification, à la forte puissance dissipée et par sécurité, ne dépassez pas une intensité maximale de 8 A, déjà conséquente.

À ce stade de l'ouvrage, vous devez avoir acquis de bonnes connaissances sur les alimentations de type linéaires. Vous pouvez certainement vous livrer à de petites modifications, ou perfectionnements, sur les réalisations décrites. Mais PRUDENCE !

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

R1 ; R2 ; R8 ; R9 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
R3 à R5 : 6,8 k $\Omega$  (bleu, gris, rouge)  
R6 ; R7 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)  
R10 ; R11 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)  
R12 à R14 : 4,3 k $\Omega$  (jaune, orange, rouge)  
R15 à R18 : 0,12  $\Omega$  3 W vitrifiées  
R19 : shunt 0,01  $\Omega$  et 20 A (catalogue Conrad code : 12 68 10-22) (ou voir texte)  
AJ1 ; AJ3 : résistances ajustables verticales de 1 k $\Omega$  25 tours  
AJ2 : résistance ajustable verticale de 2,2 k $\Omega$  25 tours  
P1 : potentiomètre linéaire de 4,7 k $\Omega$   
P2 : potentiomètre linéaire de 10 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 ; C2 : 10 000  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales) (voir texte)  
C3 ; C4 : 1 000  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales) (voir texte)  
C5 ; C6 : 1 à 2,2  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)  
C7 ; C8 : 47 nF 63 V (mylar)  
C9 à C14 : 100 nF 63 V (mylar)  
C15 : 10 à 22  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
C16 : 150 pF (céramique)  
C17 à C20 : 3,3 nF (céramique)

### Composants actifs :

D1 ; D2 : pont 17 A (SKB 25/01 à 16 par exemple)  
D3 à D5 : 1N4007  
D6 : Zener 22 V de 0,25 ou 1,3 W (voir texte)  
D7 : Zener 4,7 V de 0,25 ou 1,3 W  
D8 ; D9 : P600K (diodes 6 A)  
DEL : verte 5 mm  
T1 : BD139  
T2 à T5 : BDW83C ou D  
CI1 : LM723  
CI2 : LM741

### Divers :

1 transformateur 2  $\times$  18 V 225 VA (torique de préférence) (voir texte)  
1 support de circuit intégré à 14 broches  
1 support de circuit intégré à 8 broches  
1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm  
1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm  
1 dissipateur thermique type peigne (longueur 70 mm) (voir texte)  
1 dissipateur thermique type S53 à découper (voir texte)  
1 équerre dissipatrice en aluminium 35  $\times$  60 longueur 150 mm (voir texte)  
4 kits d'isolation pour montage de TOP03  
Boîtier isolant (plastique), fusible 2 à 3 A et porte-fusible  
Visserie  $\varnothing$  3 ; 4 et 6 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

# 3

## ALIMENTATIONS À COMMANDE NUMÉRIQUE

3.1	Présentation	84
3.2	Rappels théoriques	85
3.3	Circuit de puissance	88
3.4	Platine de commande à base du $\mu\text{C}$ PicBasic-3B®	95
3.5	Platine de commande à base de $\mu\text{C}$ : PIC16F877 ou PIC18F452	103

<b>4</b>	Alimentations à découpage	113
	Conclusion	135
	Annexes	137
	Références utiles	143



### 3.1 PRÉSENTATION

Jusqu'à présent, nous n'avons étudié que des alimentations à commande analogique. Les organes permettant d'agir sur la tension et le courant sont généralement des potentiomètres à action manuelle qui font directement varier une tension. Ce principe manque plus ou moins de précision, ou nécessite une mécanique délicate associée aux potentiomètres. De plus, il ne peut pas y avoir de modification de la tension exécutée dans un laps de temps précis, ou séquentiellement.

La commande numérique utilise une interface logique pouvant faire appel à de simples circuits intégrés traditionnels (compteurs et fonctions logiques), mais plus fréquemment, comme dans cet ouvrage, à des microcontrôleurs ( $\mu\text{C}$ ). Ces composants sont capables d'effectuer des tâches diverses et complexes comme la commande, le contrôle, l'analyse et la mesure des tensions durant des temps précis. Un convertisseur digital vers analogique se charge ensuite de transformer les données numériques en tension, similaire à celle gérée par un simple potentiomètre, et évoquée ci-dessus.

Bon nombre d'entre vous, rebutés à tort par la programmation, hésitent encore à franchir le pas. Vous allez vous en rendre compte par vous-même, il existe à l'heure actuelle des microcontrôleurs se laissant programmer par un langage à la portée de tous, comme le Basic. Ils ne nécessitent pas d'autre accessoire qu'un simple câble sophistiqué, commercialisé par le revendeur du  $\mu\text{C}$ , pour transférer le programme du PC par la prise USB, Centronic (parallèle), ou sériele.

Au cours de ce chapitre, nous vous proposons de réaliser un montage supportant le circuit de puissance commun à deux platines de commandes, utilisant des microcontrôleurs de technologie similaire, mais à la programmation très différente.

La première, à la portée de chacun d'entre vous, utilise le PicBasic-3B de chez Comfile® et travaille en Basic à la manière très simple évoquée ci-dessus.

La seconde emploie indifféremment un PIC16F877, ou mieux encore, un PIC18F452. Nous disposons alors d'un espace mémoire bien plus important, mais vous devez posséder un programmeur dédié à ces composants. Si vous souhaitez modifier les programmes proposés, il vous faudra également un compilateur ou une certaine maîtrise du langage assembleur.

Il est maintenant temps de vous laisser tenter et de découvrir les innombrables possibilités et la précision qu'offrent les alimentations à commande numérique.

### 3.2 RAPPELS THÉORIQUES

Afin d'aborder dans les meilleures conditions possibles l'étude des réalisations qui vont suivre, nous allons voir la manière dont le microcontrôleur travaille au sein d'une alimentation. Nous allons également analyser, sommairement, le fonctionnement de l'indispensable convertisseur numérique vers analogique.

#### Place du microcontrôleur

Nos alimentations à commande numérique, telles que nous les avons conçues, comportent d'abord un transformateur d'alimentation, suivi du circuit de puissance et d'une platine de commande. La **figure 3.1** donne un synoptique général sur lequel il est aisé de localiser ces trois ensembles.

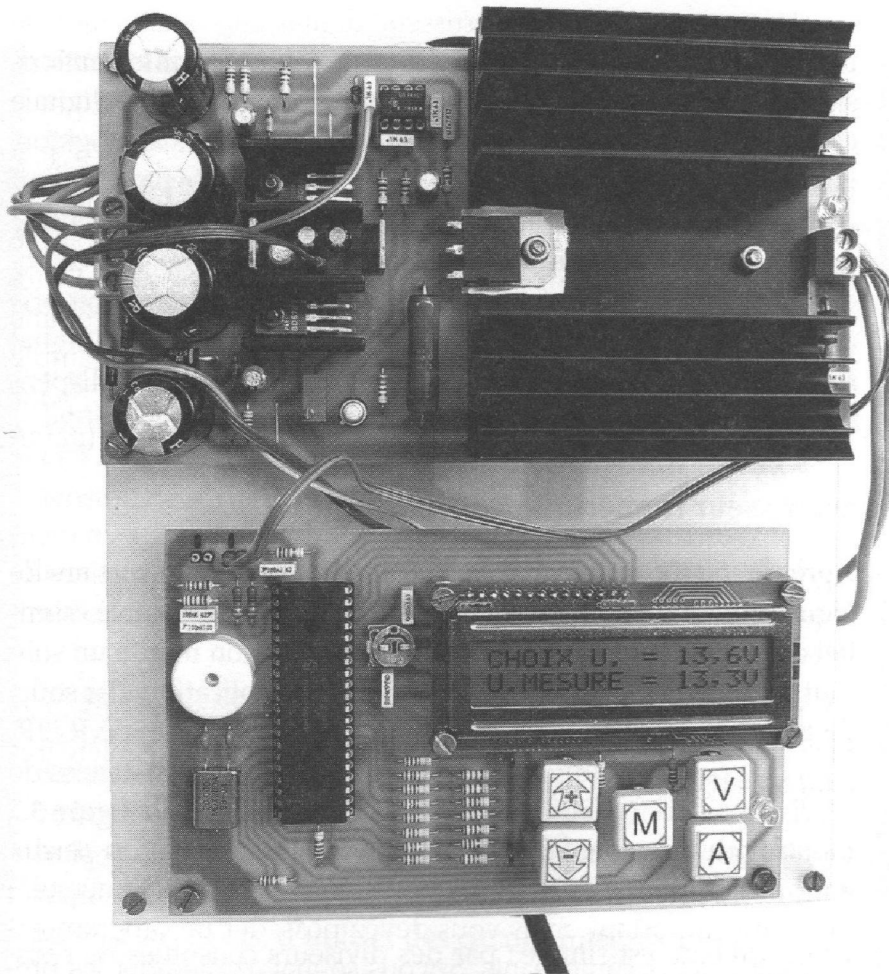


Photo 3.1.  
Nous voyons  
les raccordements  
entre les deux platines.

© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

Le microcontrôleur règne en maître au cœur de la platine de commande. Il prélève la tension de + 5 V, nécessaire au fonctionnement de cet ensemble sur le circuit de puissance. Notez les éléments qui s'y raccordent. Le clavier à cinq touches est scruté

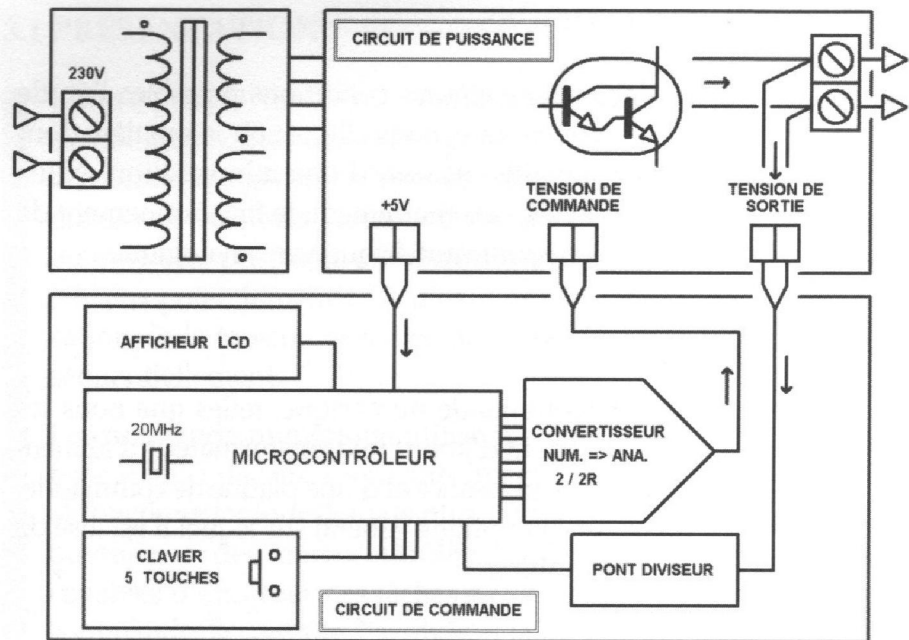


Figure 3.1.  
Synoptique  
d'une alimentation  
à commande  
numérique.

régulièrement et sert à modifier les paramètres. Les informations à propos de la tension voulue sont envoyées, sous forme digitale (1 ou 0), sur 8 bits au convertisseur numérique vers analogique. La tension analogique variant de 0 à + 5 V est traitée par le circuit de puissance et la tension de sortie définitive retourne à l'entrée analogique du microcontrôleur pour analyse et mesure. Il va de soi que ce dernier ne pouvant travailler que sur des niveaux compris entre 0 et + 5 V, un pont diviseur se charge d'abaisser le signal reçu. Enfin, l'afficheur LCD visualise les informations indispensables à l'utilisateur électronique.

## Convertisseur numérique vers analogique

Après le microcontrôleur, le convertisseur numérique vers analogique (nous l'appellerons « CNA »), constitue un ensemble essentiel de nos alimentations. À ce titre, sa confection mérite un soin tout particulier et requiert quelques mots d'explication. Par souci de simplicité, nous avons opté pour un modèle de type R/2R. Bien que rudimentaire, il est constitué à partir de résistances de précision ; il donne entière satisfaction. Le schéma de la **figure 3.2** montre son principe. Étudions sommairement, sans nous perdre dans de complexes calculs, son fonctionnement.

L'idée de base est simple : par des diviseurs constitués de résistances de précision, fournir une tension pouvant varier entre 0 et + 5 V avec le maximum de pas (crans) possibles. Pour cela, nous employons des valeurs  $R$  de 1 000  $\Omega$  et  $2R$  de 2 000  $\Omega$ .

Nous utilisons le port à 8 bits, configuré en sortie, d'un microcontrôleur pour commander nos diviseurs. Pour bien comprendre,



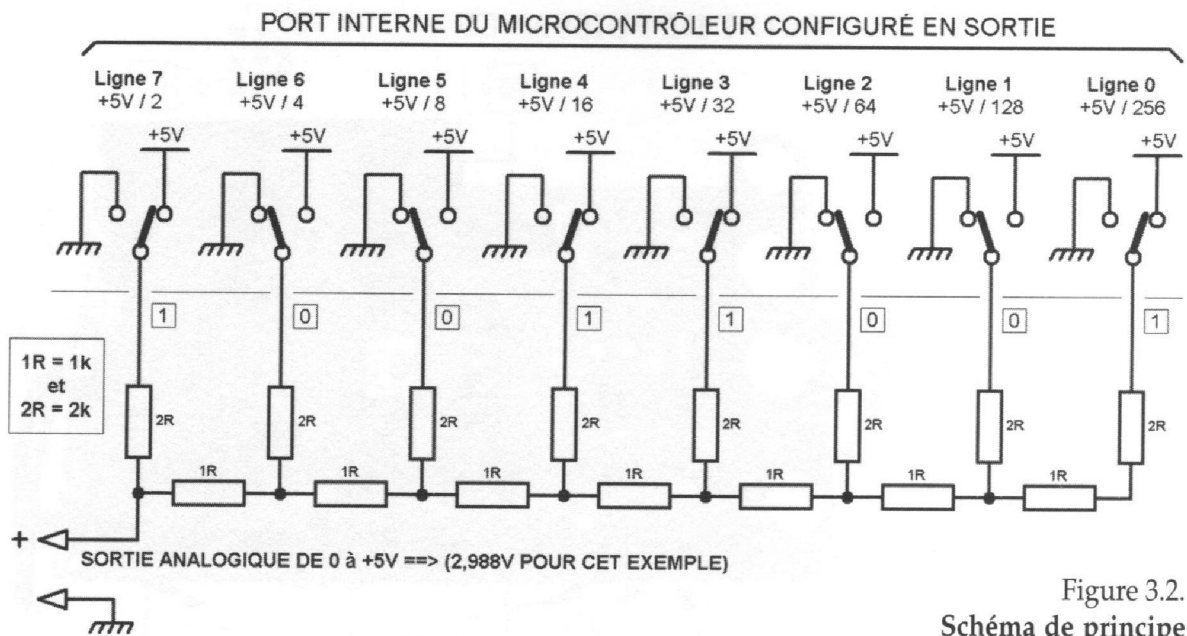


Figure 3.2.  
Schéma de principe  
d'un CNA  
de type R/2R.

imaginez, comme c'est le cas, que les lignes du port du  $\mu C$  se comportent comme des commutateurs à deux positions. Chaque broche de sortie peut donc se trouver au potentiel de la masse (0 logique), ou au + 5 V (1 logique). Observez, à titre d'exemple, la manière arbitraire suivant laquelle nous avons disposé les commutateurs sur le schéma. Dispensons-nous des calculs, et considérons les facteurs de division de la tension, par les résistances, pour chaque broche. Un niveau 1 sur la ligne 7 divise 5 V par 2, sur la ligne 6 par 4, sur la 5 par 8 et ainsi de suite jusqu'à la ligne 0 qui divise 5 V par 256. Sur notre exemple, les lignes 0, 3, 4 et 7 présentent un niveau logique 1 ; les autres restent à 0. La tension de sortie du CNA se calcule ainsi.

$$\frac{5}{256} + \frac{5}{32} + \frac{5}{16} + \frac{5}{2} = 2,98828 \text{ V}$$

La précision de cette valeur est fonction de la qualité des résistances employées, mais également du nombre de lignes de sortie : 8 bits nous donnent 256 pas de 0 à 5 volts. Nous aurions pu choisir 10 bits pour 1 024 pas, ou 12 bits pour 4 096 pas. Au-delà de 8 bits, le facteur de division devient trop important pour la précision requise en fonction de la qualité des composants et il est préférable, dans ce cas, d'utiliser des circuits intégrés spécialisés dans lesquels les résistances sont taillées au laser. Mais nous dépassons le cadre de cet ouvrage !



## 3.3 CIRCUIT DE PUISSANCE

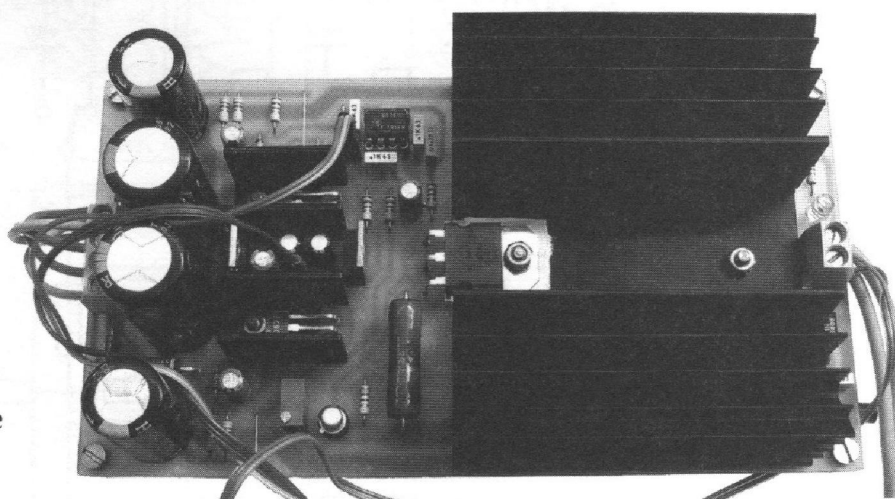


Photo 3.2.  
Le circuit de puissance  
des alimentations  
numériques.

## Présentation

Commençons, logiquement, par étudier et réaliser le circuit de puissance commun à nos deux types de commande numérique. Cette alimentation est en mesure de fournir une tension précise de 0 à + 24 V pour un courant de 2 A. Il va de soi qu'une augmentation de l'intensité maximale au-delà de 2 A ne poserait pas de gros problèmes techniques, compte tenu de vos connaissances acquises à ce stade du livre, mais l'intérêt de cette réalisation est plutôt centré sur le mode de commande numérique.

Contrairement aux montages précédents, celui-ci nécessite un peu de câblage externe : tout d'abord, le transformateur d'alimentation, mais également les trois liaisons bifilaires entre ce circuit et la platine de commande. Cette manière de procéder a été volontairement choisie pour permettre une grande souplesse de gestion de la tension de sortie. Nous vous proposerons plus loin, deux modèles de commandes à microcontrôleur, mais libre à vous d'en choisir un autre, voire même un rudimentaire potentiomètre !

Sachez enfin que ce montage a été étudié à partir de composants usuels, très courants et économiques, peut-être même oubliés dans vos fonds de tiroirs. Ne craignez pas pour autant que les performances s'en ressentent !

## Analyse du schéma de principe

Entrons dans le vif du sujet, et voyons le schéma de principe de la **figure 3.3**. Si vous vous reportez au chapitre 2, au niveau de l'alimentation de laboratoire à amplificateur opérationnel, vous constaterez de grandes similitudes entre les deux schémas.

© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

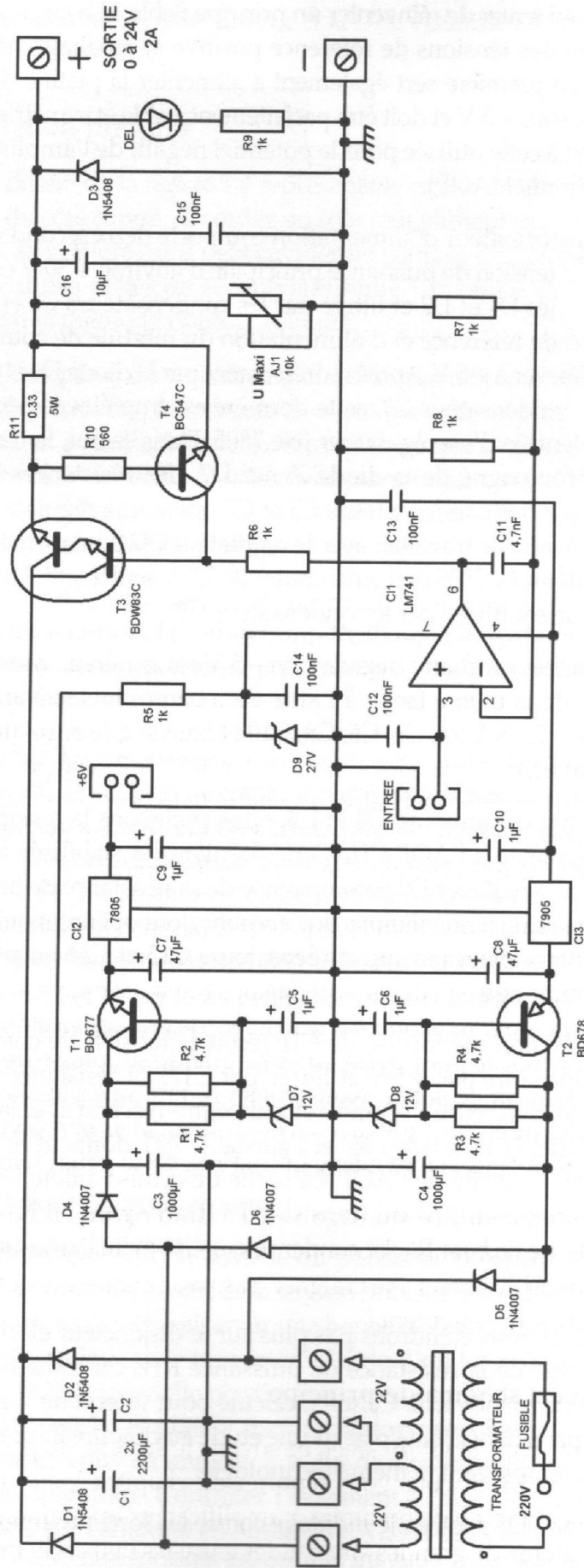


Figure 3.3.  
Schéma de principe  
du circuit de puissance.

Pourquoi tenter de réinventer un principe fiable ? Le mode de production des tensions de référence positive et auxiliaire négative varie. La première sert également à alimenter la platine de commande sous + 5 V et doit être parfaitement stable et symétrique par rapport à celle utilisée pour le potentiel négatif de l'amplificateur opérationnel (AOP).

Le transformateur d'alimentation comporte deux secondaires de 22 V. La tension de puissance principale d'environ + 30 V est issue des diodes D1 et D2 et filtrée par les condensateurs C1 et C2. La tension de référence et d'alimentation du module de commande doit s'élever à + 5 V. Après redressement par la diode D4 et filtrage par le condensateur C3, cette dernière est trop élevée pour attaquer l'entrée d'un régulateur fixe 7805. Dans ce but, le transistor T1, accompagné de la diode Zener D7, des résistances R1, R2, ainsi que des condensateurs C5 et C7 opère une régulation série à + 12 V afin de travailler avec le régulateur CI2 dans de meilleures conditions. Le 7805 doit ainsi chuter de 7,5 V seulement. La tension obtenue est filtrée par le condensateur C9.

La tension auxiliaire négative de - 5 V est générée, symétriquement, de la même façon à l'aide des composants suivants : D5, D6, D8, T2, R3, R4, C4, C6, C8, C10 et bien sûr, le régulateur fixe négatif CI3.

Au point commun de D4 et C3, nous prélevons la tension positive destinée à l'AOP CI1. Cette dernière est stabilisée à + 27 V par la diode Zener D9 accompagnée de sa résistance de limitation R5. Les deux alimentations de l'amplificateur opérationnel LM741 sont découplées par les condensateurs C13 et C14 au plus près du composant.

L'entrée non inverseuse de CI1 reçoit la tension de commande variable entre 0 et + 5 V et filtrée par C12. La résistance R8 relie l'entrée inverseuse à la masse et, par contre-réaction avec la tension de sortie, la résistance R7 et l'ajustable AJ1 donnent le gain en tension souhaité de l'AOP. La sortie de celui-ci pilote l'étage de puissance constitué du transistor T3 (Darlington NPN) et de sa résistance de base R6. Le condensateur C11 évite l'auto-oscillation du LM741.

Nous ne nous étendrons pas plus sur le disjoncteur électronique constitué de la résistance de puissance R11, du transistor T4 et de la résistance R10. Celui-ci, calculé pour intervenir à partir de 2 ampères, a déjà fait l'objet d'une étude au chapitre 2 sur l'alimentation employant la même technologie.

La diode D3 protège le montage contre les fortes charges capacitatives éventuelles, pouvant induire des tensions inverses. C15 et C16

effectuent un dernier filtrage et la DEL visualise l'état de la sortie de l'alimentation.

### Réalisation pratique

Le dessin de la **figure 3.4** représente le typon du circuit imprimé vu du côté cuivré. Accordez un soin tout particulier à son transfert et à sa gravure car il peut circuler un courant de 2 ampères nécessitant des pistes de section suffisante. Travaillez de préférence selon la méthode photographique.

À l'exception du transformateur d'alimentation de 68 VA et du fusible, tous les composants trouvent place sur la platine. Comme vous en avez l'habitude maintenant, procurez-vous, d'abord les composants. Percez tous les trous, sans oublier ceux de 3 mm de diamètre destinés aux fixations des dissipateurs thermiques et de la platine dans un boîtier.

Le plan d'implantation des composants est donné à la **figure 3.5**. Câblez en priorité les trois ponts de liaison (straps) et poursuivez le travail en respectant un ordre logique tenant compte de la taille des pièces.

Soudez les résistances, les diodes (des plus petites aux plus grosses), le support de circuit intégré à 8 broches, les connecteurs à 2 broches constitués de barrette sécable femelle type tulipe ou HE-14, les condensateurs au mylar, le transistor de faible puissance T4, les borniers à vis, la résistance ajustable, la DEL, les condensateurs chimiques et enfin, la résistance de puissance R11 surélevée du circuit d'un bon centimètre. Vissez ensuite les transistors T1 et T2 sur leurs petits dissipateurs thermiques, en maintenant leur alignement et soudez leurs trois broches. Méfiez-vous du brochage si vous décidez de les remplacer par des équivalents ! Les régulateurs CI2 et CI3 peuvent maintenant être câblés en veillant à leur espacement par rapport aux dissipateurs thermiques de T1 et T2 et à leur hauteur. Le circuit conservera ainsi son bel aspect professionnel.

Le collecteur, soit, la semelle du transistor de puissance T3, est relié au potentiel positif de la tension principale d'entrée. De ce fait, il est impératif de conserver une bonne isolation entre le dissipateur thermique et le transistor à l'aide d'un kit prévu à cet effet pour TOP03 (rondelle plastique épaulée, feuille de mica ou autre isolant spécial et graisse thermoconductrice à base de silicone). Reportez-vous en annexe, à la fin de l'ouvrage, pour suivre le mode opératoire. Contrôlez l'isolement à l'aide d'un multimètre numérique commuté en ohmmètre. Vissez également la seconde vis de maintien du dissipateur, puis soudez les trois broches de T3.



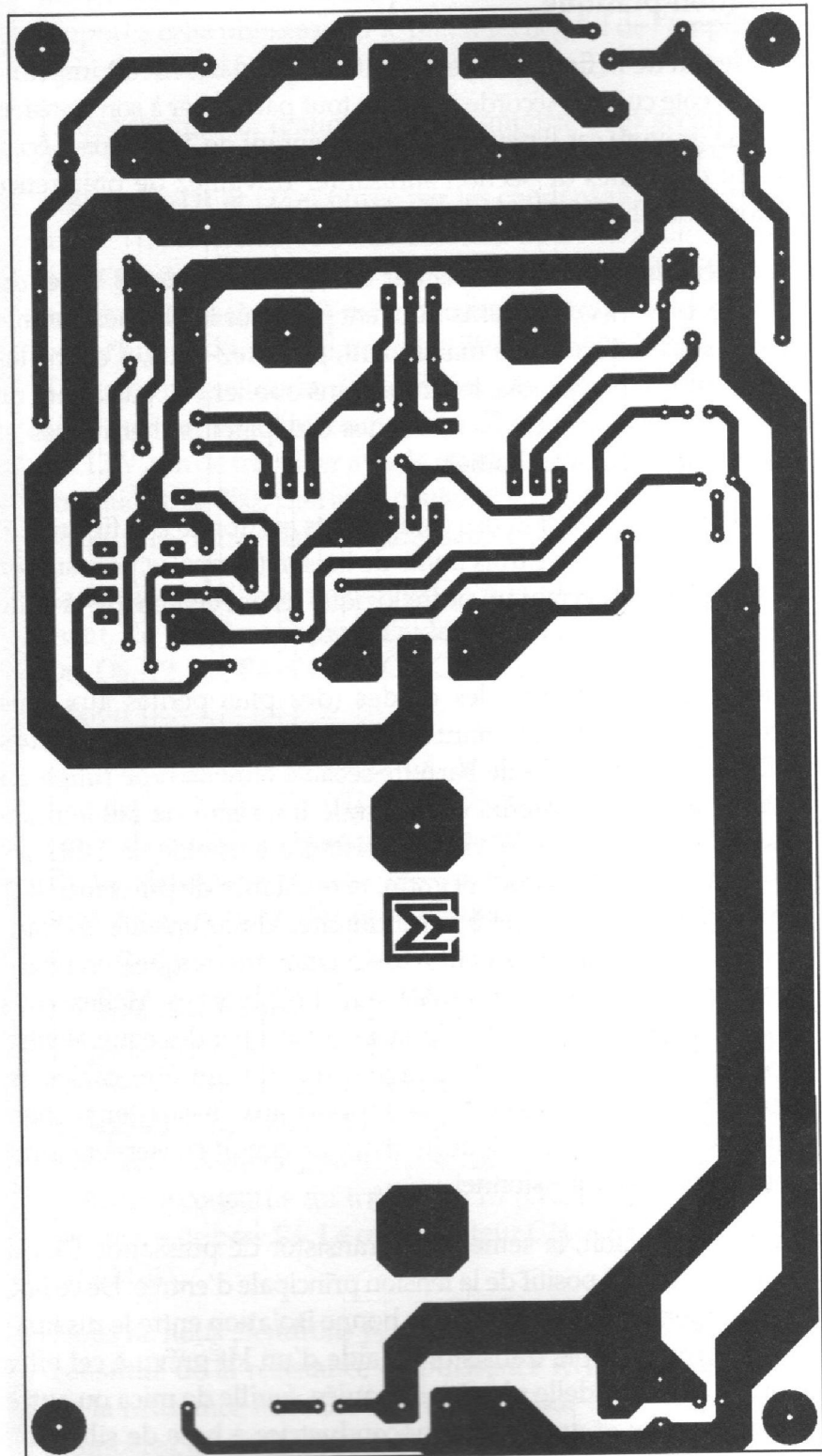


Figure 3.4.  
Dessin du circuit  
imprimé du circuit  
de puissance.

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

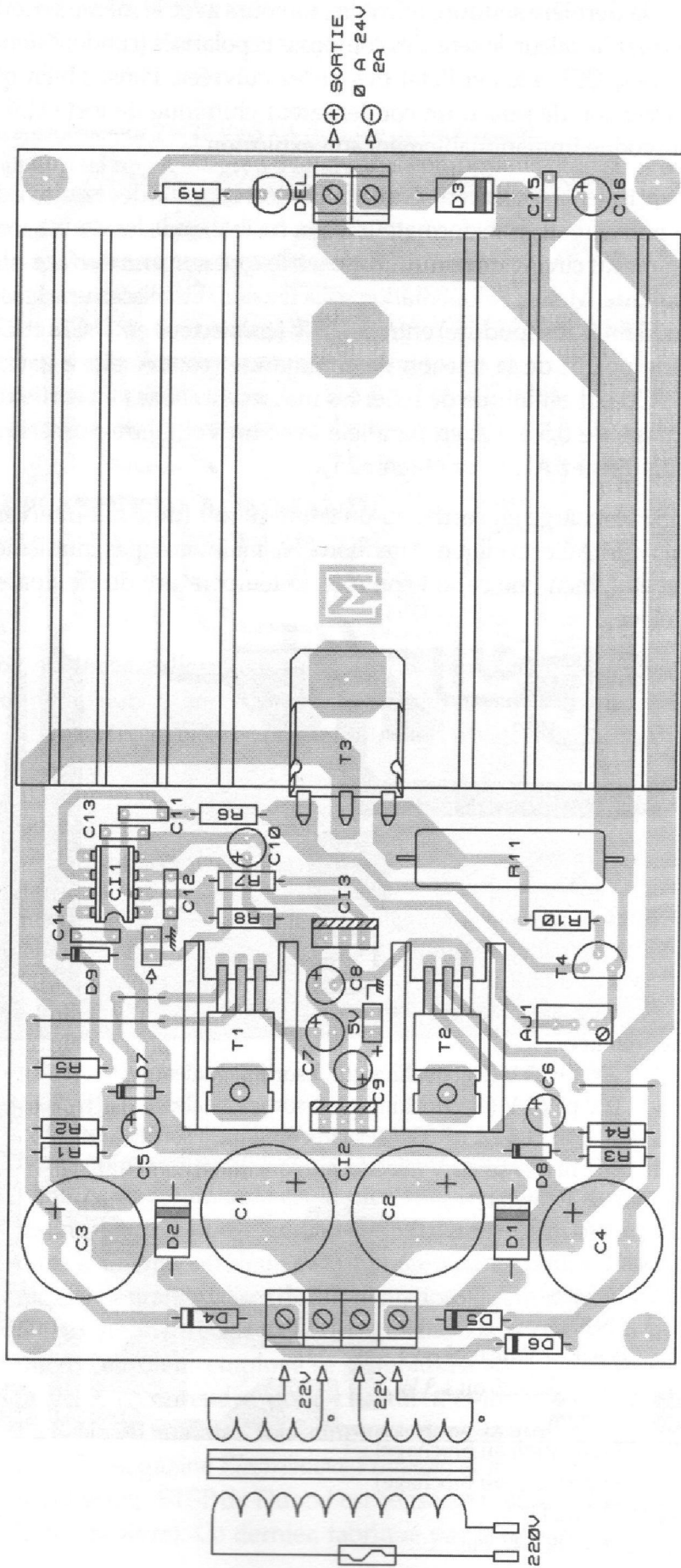


Figure 3.5.  
Implantation  
des composants  
du circuit de puissance.

Dès la dernière soudure refroidie, toujours avec le même sérieux, vérifiez la valeur, le sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL, etc.) et l'état des pistes cuivrées. Pensez bien que l'inversion de sens d'un condensateur chimique de forte valeur provoque inmanquablement son explosion !

Pour tester et régler cette partie de puissance, vous devez raccorder le primaire du transformateur à son fusible, puis les deux secondaires au circuit imprimé. Disposez le tout sur **une surface bien isolante**. Mettez l'alimentation sous tension. Établissez une liaison en fil fin (sans soudure) entre le + 5 V (connecteur entre CI2 et CI3) et le positif de la tension de commande (connecteur à gauche de CI1). Il est inutile de relier les masses. Branchez en sortie une charge de 0,5 à 1 A en parallèle avec un voltmètre numérique, puis ajustez AJ1 pour obtenir 25 V.

Une surcharge en sortie, ou un court-circuit franc fait intervenir la sécurité électronique. Attention ! Ne maintenez pas inutilement cet état, bien que ce soit son rôle, la température du dissipateur s'élève.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Liste des composants

### Résistances à 5 % :

- R1 à R4 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- R5 à R9 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- R10 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)
- R11 : 0,33  $\Omega$  7 W vitrifiée
- AJ1 : résistance ajustable verticale de 10 k $\Omega$  25 tours

### Condensateurs :

- C1 ; C2 : 2 200  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)
- C3 ; C4 : 1 000  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)
- C5 ; C6 ; C9 ; C10 : 1 à 2,2  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)
- C7 ; C8 ; C16 : 10 à 47  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)
- C11 : 4,7 nF 63 V (mylar)
- C12 à C15 : 100 nF 63 V (mylar)

### Composants actifs :

- D1 à D3 : 1N5408
- D4 à D6 : 1N4007
- D7 ; D8 : Zener 12 V de 0,25 ou 1,3 W
- D9 : Zener 27 V de 0,25 ou 1,3 W
- DEL : verte 5 mm
- T1 : BD677 (attention au brochage)
- T2 : BD678 (attention au brochage)
- T3 : BDW83C ou D
- T4 : 2N2222 ou BC547, etc.

CI1 : LM741 ou TL081

CI2 : 7805

CI3 : 7905

**Divers :**

1 transformateur 2 × 22 V 68 VA (torique de préférence)

1 support de circuit intégré à 8 broches

1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm

1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type S41 (longueur 75 mm)

1 dissipateur thermique pour TO220 type ML26

1 kit d'isolation pour montage de TOP03

Barrette sécable femelle type tulipe ou HE-14

Boîtier isolant (plastique), fusible 0,5 à 1 A et porte-fusible

Visserie Ø 3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

### 3.4 PLATINE DE COMMANDE À BASE DU $\mu$ C PICBASIC-3B®

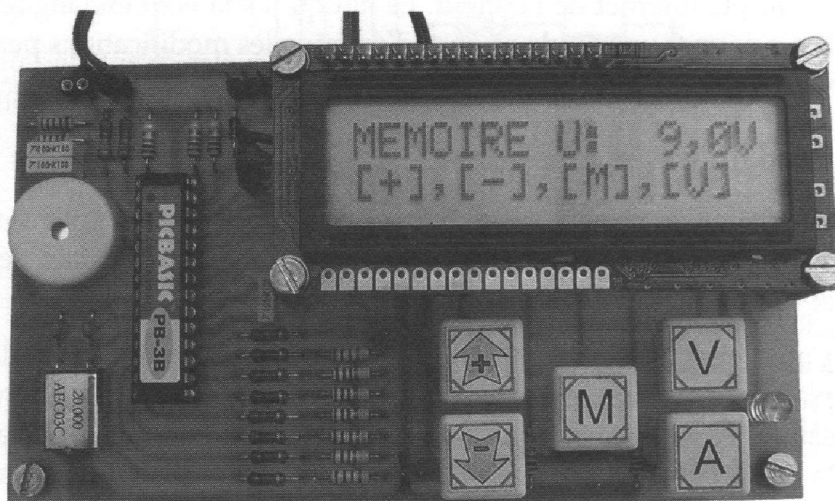


Photo 3.3.  
La platine  
de commande  
à base du PicBasic-3B.

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

#### Présentation

Nous en avons parlé lors de la présentation, la première de ces platines de commande est la plus simple à mettre en œuvre, du moins, au niveau du langage de programmation et du transfert dans le microcontrôleur. Cet ouvrage s'adresse à tous les électroniciens désirant réaliser des alimentations électroniques, y compris à ceux ne maîtrisant pas l'assembleur. Dans ce but, le premier microcontrôleur employé se programme sous un langage Basic facile à comprendre pour chacun d'entre vous. Il s'agit du PicBasic-3B maintes fois employé dans la presse électronique (voir le magazine *Électronique Pratique*) et auquel un ouvrage de la collection ETSF de Dunod est consacré (voir la bibliographie à la fin du livre). Ce dernier, fabriqué par la société Comfile®, est



commercialisé en France accompagné de sa notice en français et son câble de transfert, notamment, par la société Lextronic.

Ce composant n'est autre qu'un PIC à 28 broches intégrant son propre interpréteur Basic en mémoire non modifiable. Il comprend 4 ko de mémoire « Flash » à effacement électrique, 80 octets de mémoire vive (RAM) et 18 lignes d'entrée ou sortie dont 5 pouvant traiter des signaux analogiques sur 10 bits. Cette dernière possibilité nous intéresse au plus haut point afin de mesurer la tension avec précision.

Nous avons terminé la présentation du microcontrôleur, voyons le reste du module. Restons fidèles à notre manière de concevoir nos réalisations avec le minimum de câblage externe. Les 5 touches de commande, l'afficheur LCD, le buzzer piezo et tous les autres composants tiennent sur un circuit imprimé de taille modeste. Seules les 3 liaisons bifilaires que nous avons déjà évoquées relient le module de commande à celui de puissance.

Le « listing » destiné à gérer cette première alimentation est fourni sur le site internet de l'éditeur. Le fait qu'il soit écrit en langage Basic permet une étude aisée et d'éventuelles modifications personnelles.

### Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe de la **figure 3.6.** évoque une araignée. Au cœur, le microcontrôleur envoie et reçoit des données sur des périphériques au bout de chaque patte.

L'alimentation de tout le module, sous + 5 volts, provient de la platine de puissance par le connecteur à 2 broches J1. Le condensateur C3 la découple au plus près du microcontrôleur CI1 et la DEL, limitée en courant par la résistance R28, visualise sa présence.

Les résistances R17, R18 et la diode D1 constituent la rudimentaire interface de programmation reliée aux lignes « PCOUT » et « PCIN ». À ce titre, le connecteur J3 ne sert que lors du transfert du programme de l'ordinateur (PC) vers le PicBasic-3B.

L'afficheur LCD est, à la base, un modèle courant à commande parallèle, mais la société Comfile® lui a adjoint un minuscule circuit permettant une commande sérielle sur un seul et unique fil ! La ligne « PICBUS » se charge de cette communication. Le condensateur C6 découple l'alimentation de cet afficheur et un connecteur à 3 broches (non représenté sur ce schéma) permet son raccordement aisé.

Afin d'envoyer les ordres et de modifier les paramètres, nous avons confectionné un clavier à 5 touches fonctionnant toutes sur le

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

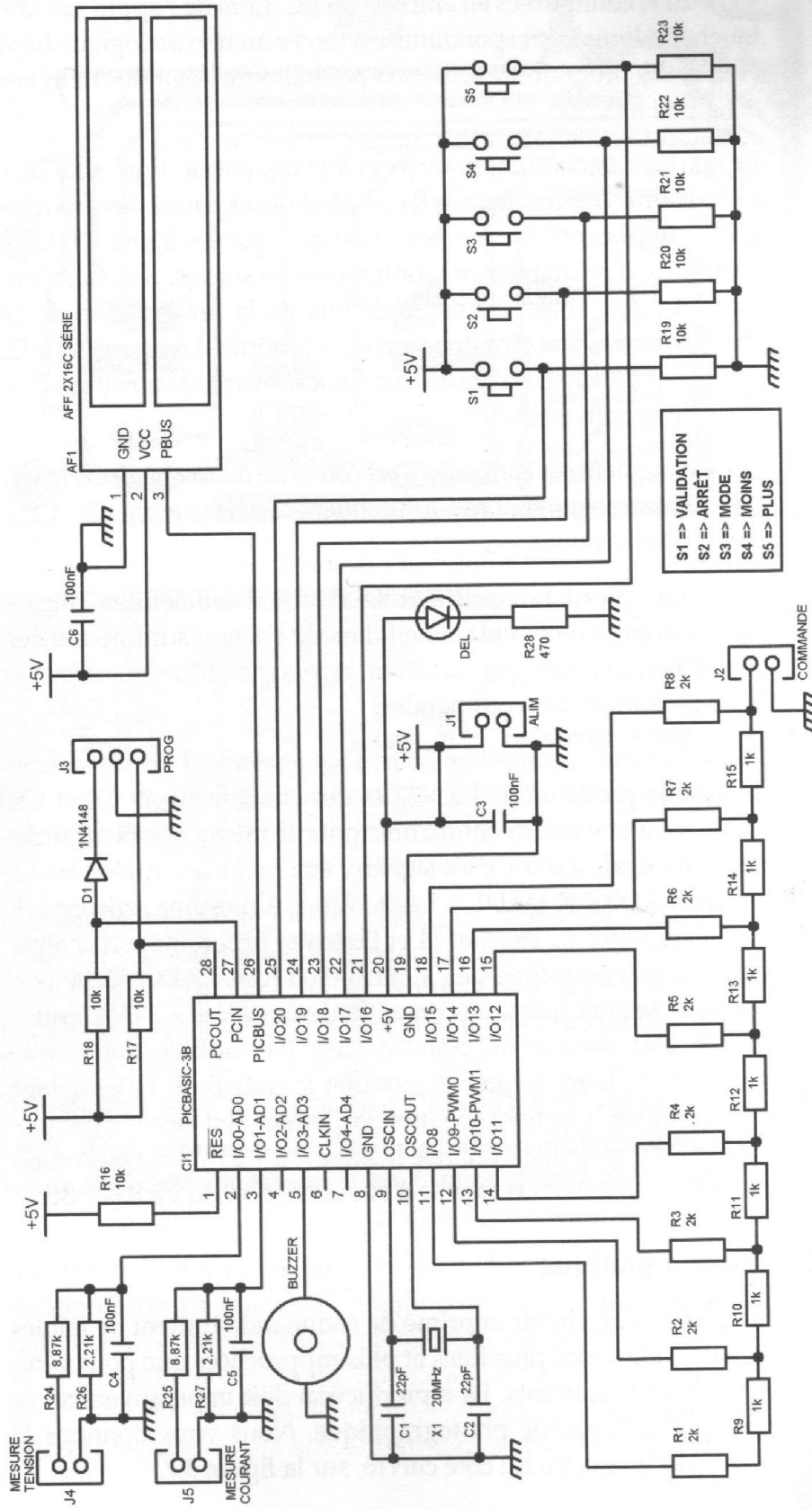


Figure 3.6. Schéma de principe du circuit de commande à base du PicBasic-3B.

même principe. Au repos, les résistances R19 à R23 positionnent au niveau logique bas (0 V ou masse) les lignes « I/O16 » à « I/O20 », configurées en entrées, du  $\mu$ C. Lors de l'appui sur une touche, la ligne correspondante est forcée au niveau logique haut (+ 5 V). Le programme scrute en permanence l'état de ces lignes et agit en fonction.

Le convertisseur numérique vers analogique de type « R/2R » est constitué des résistances R1 à R15 choisies parmi des modèles à 1 %, ou plus précises encore. Il est géré par les lignes « I/O8 » à « I/O15 », préalablement configurées en sorties. Son fonctionnement a fait l'objet d'une étude lors de la présentation de ce chapitre ; nous vous invitons à vous y reporter. Le connecteur J2, à 2 broches, recueille la tension analogique, variant entre 0 et + 5 V, issue de ce convertisseur.

Le cadencement du PicBasic-3B est confié au quartz X1 de 20 MHz. Il est accompagné de ses traditionnels condensateurs C1 et C2, de très faible valeur.

Un buzzer piezo, raccordé à la ligne « I/O3 », émet des « bips » par programmation, notamment lors de l'action sur une touche. Cet accessoire, bien que facultatif, renseigne efficacement sur la prise en compte des commandes.

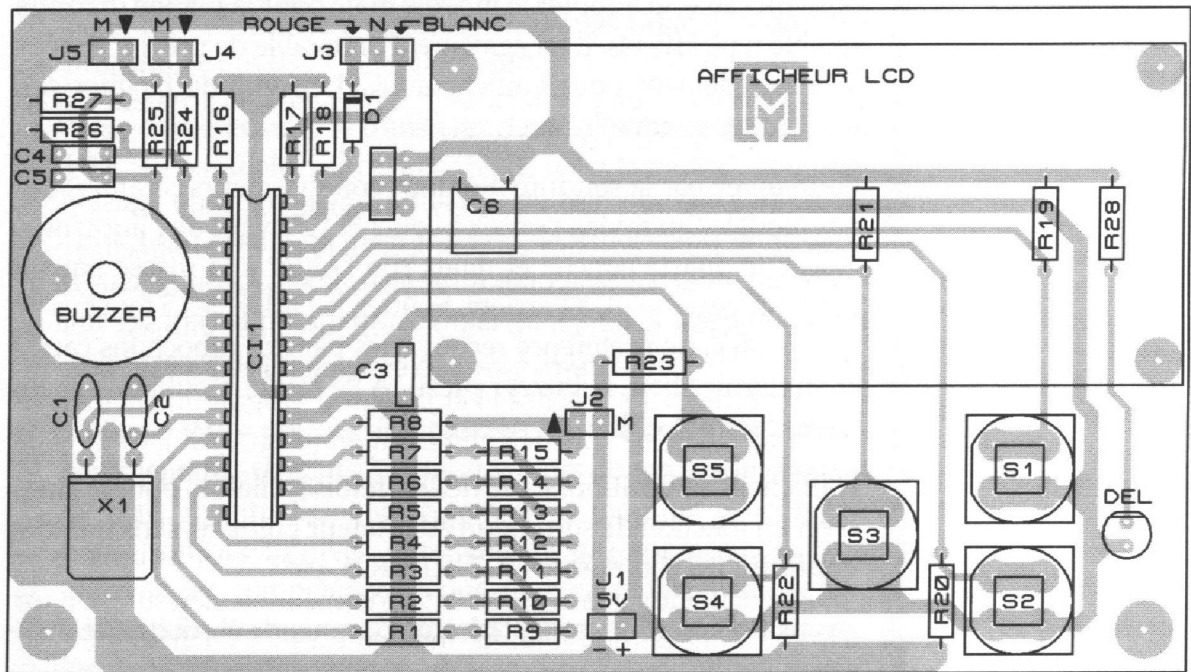
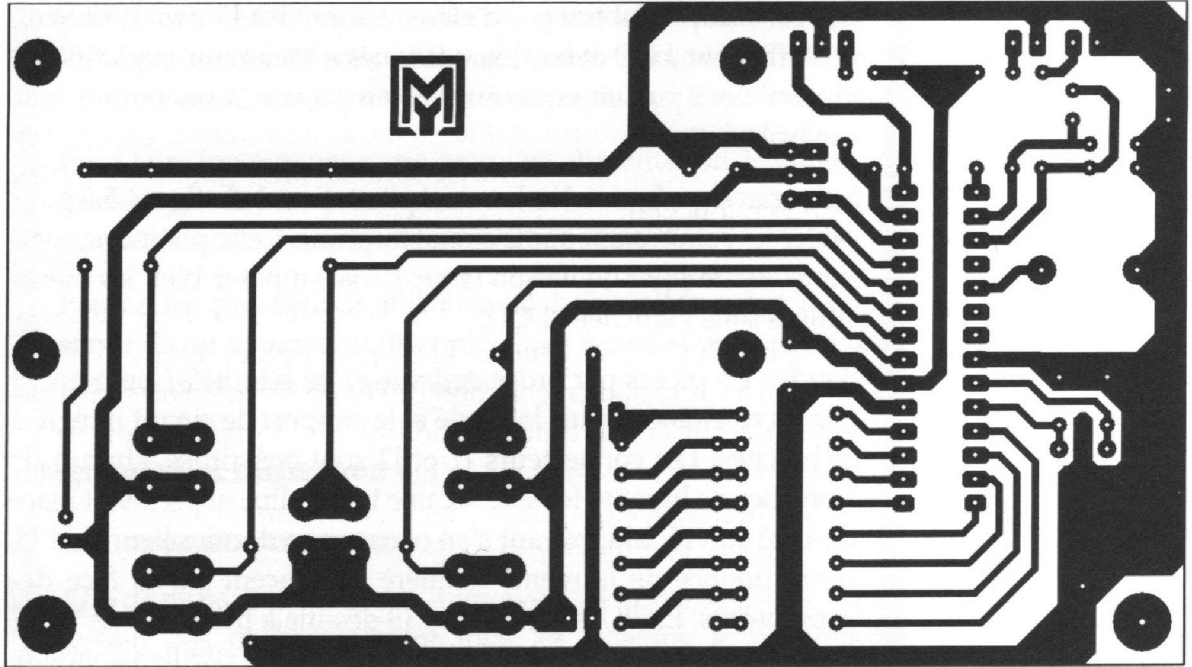
Deux diviseurs de tension, constitués également de résistances de grande précision R24 à R27 et des condensateurs C4 et C5, abaissent à une valeur compatible pour le microcontrôleur (inférieure ou égale à + 5 V), les signaux attaquant les entrées analogiques « AD0 » et « AD1 ». Les tensions à mesurer arrivent sur les connecteurs à 2 broches J4 et J5. Notre programme n'analyse que la tension de sortie de l'alimentation (canal AD0). Cette dernière s'échelonne, par programmation, entre 0 V et + 24 V. L'entrée dédiée à la mesure du courant n'est pas utilisée dans notre programme. Libre à vous de modifier le code Basic et le câblage pour recueillir le signal à mesurer ; ce dernier doit bien sûr prendre la forme d'une tension continue inférieure à + 25 V. Un non-respect de cette consigne vous expose à la destruction du PicBasic-3B.

## Réalisation pratique

Les pistes d'un circuit imprimé de commande traitent de faibles signaux ; elles sont plus fines et plus rapprochées que pour véhiculer de forts courants. La reproduction doit impérativement se faire par un procédé photographique. Nous vous donnons le dessin du typon, vu du côté cuivré, sur la **figure 3.7**.

Après gravure du circuit au perchlorure de fer et un abondant rinçage, il convient de se procurer toutes les pièces avant le perçage





© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

Figure 3.7. (en haut)  
Circuit imprimé  
de la platine de commande à PicBasic-3B.

Figure 3.8. (en bas)  
Implantation des composants  
de la platine de commande à PicBasic-3B.



des pastilles. N'oubliez pas d'aléser à 3 mm les 4 trous de fixation de l'afficheur LCD et les deux destinés à maintenir la platine au moyen de 2 petites équerres, ou en façade d'un boîtier, par exemple.

Suivez avec précision le plan d'implantation de la **figure 3.8** pour câbler les composants sur le circuit imprimé. Cette platine ne comporte aucun pont de liaison (strap), mais repérez bien les pièces situées sous l'afficheur LCD.

Soudez les pièces par ordre de taille et de fragilité. Commencez par les résistances, puis la diode et le support de circuit intégré à 28 broches. Les connecteurs J1 et J2 sont constitués, chacun de 2 broches de barrette femelle sécable type tulipe et prennent place du côté cuivré. Mieux vaut s'en occuper en dernier lieu. J4 et J5, confectionnés de la même manière, se placent sur la face des composants. Enfin, le connecteur J3 destiné à programmer le  $\mu\text{C}$  doit avoir la même technologie que celui livré par le revendeur. À défaut, comme l'auteur, vous pouvez délicatement remplacer celui du câble, et adopter le modèle mâle pour la platine (barrette sécable type HE-14). Il est également préférable de prévoir ce type de raccordement pour l'afficheur LCD en vue de faciliter son démontage éventuel.

Poursuivez par la soudure des deux condensateurs céramique et des modèles au mylar, pensez à coucher C7 avant de l'implanter. Placez le quartz couché et reliez son boîtier à la masse par un petit morceau de fil, à l'arrière. Soudez la DEL et les 5 touches de type « D6 », de préférence recouvertes par des cabochons carrés et en dernier lieu, le buzzer piezo. À ce stade, n'oubliez pas les connecteurs J1 et J2.

L'afficheur se positionne sur des entretoises filetées pour le surélever en fonction de son circuit adaptateur gigogne, sans prendre appui sur les composants (C7, R19, R21, etc.).

Avant de raccorder votre platine de commande au circuit de puissance, vérifiez la valeur, le sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL, etc.) et l'état des pistes cuivrées. Traquez la minicoupe et la soudure débordante, sources de pannes.

Passez au test. Effectuez une liaison entre J1 et l'alimentation (+ 5 V et masse) du circuit de puissance (connecteur entre les deux régulateurs CI2 et CI3). Méfiez-vous du sens du raccordement, vérifiez plusieurs fois ! Reliez également J2 au connecteur de tension de commande du circuit de puissance (à gauche du LM741). Là encore, contrôlez le sens de la liaison. Alimentez le transformateur et le circuit de puissance, **sur une surface bien isolée**. La DEL du circuit de commande doit s'illuminer et l'afficheur LCD,

présenter un petit curseur fixe au premier emplacement de la ligne supérieure. Si vous ne le voyez pas, retouchez délicatement le réglage de contraste sur le circuit adaptateur sous l'afficheur.

Pour faire fonctionner votre première alimentation à commande numérique, il faut préalablement télécharger, gratuitement, le programme Basic sur le site internet de Dunod.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Programme et utilisation

### À propos du programme

Afin de ne pas surcharger ce livre, avec des pages de listing n'intéressant pas obligatoirement tous les lecteurs, le programme « Alim\_PB3B.bas » est mis à disposition en libre téléchargement sur le site internet de l'éditeur : <http://www.dunod.com>. Reportez-vous aux premières pages de l'ouvrage pour en connaître la procédure.

Vous devez ensuite le transférer dans le PicBasic-3B par le câble USB, ou parallèle, vendu avec le  $\mu$ C (voir la notice). Bon nombre d'entre vous n'apprécient certainement pas, de terminer une réalisation sans en maîtriser tous les rouages internes. Nous vous conseillons donc d'imprimer le listing et de le « décortiquer », par ses différentes sections. C'est d'ailleurs la meilleure solution pour assimiler un langage de programmation.

Comme vous pouvez le constater, il comporte de nombreux commentaires destinés à vous aider lors de son étude. Nous vous laissons, éventuellement, le soin de le modifier à votre convenance, surtout au niveau des tensions préprogrammées. Si vous en avez les compétences, vous pouvez même l'améliorer par adjonction d'autres modes de fonctionnement. Gardez toujours l'original à portée de main ! Allez savoir pourquoi !

### Mode d'emploi

Votre alimentation à commande numérique vous propose trois modes de fonctionnement différents :

- le « mode immédiat par pas de 0,1 V » modifie, en temps réel, la tension de sortie en fonction de vos actions sur les touches ;
- le « mode indirect par pas de 0,1 V » affiche la future tension de sortie modifiable par actions sur les touches. Après validation, elle est effective en sortie ;

- le « mode indirect par pas préprogrammés » affiche la future tension de sortie modifiable par actions sur les touches selon les tensions mémorisées lors de l'écriture du programme. Après validation, elle est effective en sortie.

Cinq touches : [+], [-], [M], [V] et [A] suffisent à piloter cette alimentation. Elles obéissent respectivement à ces actions.

[+] : augmente une valeur ou un paramètre.

[-] : diminue une valeur ou un paramètre.

[M] : change de mode de fonctionnement.

[V] : valide une action. Sert, notamment, à envoyer la tension en sortie.

[A] : généralement utilisée pour mettre à 0 la tension de sortie.

Les cinq touches ne s'utilisent pas en permanence, et sont consultées par le programme selon les besoins. L'écran LCD vous informe sommairement des touches à utiliser. Lorsque la tension de sortie est activée, lors des modes différés, seule la touche d'arrêt est scrutée mais l'afficheur ne dispose pas d'assez de place pour l'indiquer.

À la mise en service, la tension de sortie est nulle et vous voyez se succéder deux écrans d'accueil. Ensuite, le mode de fonctionnement immédiat vous est proposé par défaut. Libre à vous de choisir l'un des deux autres. Vous entrez dans un mode par la touche de validation. Pour travailler plus rapidement en mode indirect, vous pouvez sélectionner une tension préprogrammée, puis changer de mode afin de l'affiner par pas de 0,1 V.

### Liste des composants

#### Résistances à 1 % ou mieux :

R1 à R8 : 2 k $\Omega$  (rouge, noir, noir, marron, marron)

R9 à R15 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, noir, marron, marron)

R24 ; R25 : 8,87 k $\Omega$  (gris, gris, violet, marron, marron)

R26 ; R27 : 2,21 k $\Omega$  (rouge, rouge, marron, marron, marron)

#### Résistances à 5 % :

R16 à R23 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange, or)

R28 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron, or)

#### Condensateurs :

C1 ; C2 : 22 pF (céramique)

C3 à C6 : 100 nF 63 V (mylar)

#### Composants actifs :

D1 : 1N4148

CI1 : microcontrôleur PicBasic-3B (chez Lextronic)

Afficheur série 2 x 16 caractères (réf. Lextronic : ELCD162)

DEL : verte 5 mm



**Divers :**

- X1 : Quartz 20 MHz
- 1 support de circuit intégré étroit à 28 broches
- S1 à S5 : touches carrées type Contact D6
- 5 cabochons (blancs) pour touches Contact D6
- 1 buzzer piezo (diamètre 17 mm)
- Barrette sécable femelle type tulipe et HE-14
- Visserie Ø 3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

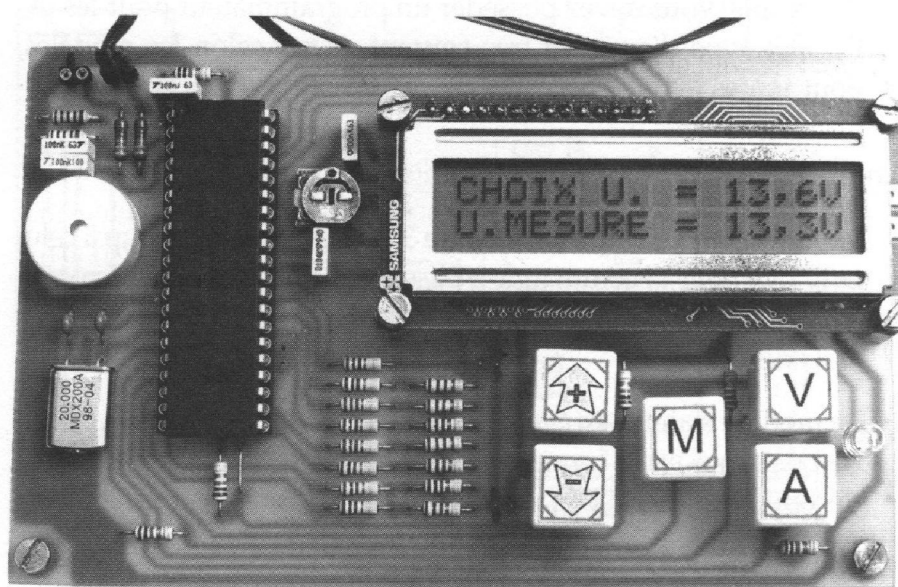
**3.5 PLATINE DE COMMANDE À BASE DE  $\mu$ C :  
 PIC16F877 OU PIC18F452**


Photo 3.4.  
 La platine  
 de commande  
 à base d'un  $\mu$ C PIC.

**Présentation**

La seconde platine de commande destinée à s'adapter au circuit de puissance en vue de former une alimentation numérique très performante, fait appel à un microcontrôleur Microchip®. Nos lecteurs, initiés à l'électronique numérique, connaissent certainement le PIC16F877 aux caractéristiques déjà très intéressantes. Notre alimentation est conçue pour ce microcontrôleur, mais peut également fonctionner avec le plus récent et plus puissant PIC18F452. Ces deux composants, bien que compatibles physiquement broche à broche, intègrent un noyau à 14 bits pour le premier et à 16 bits pour le second. Les capacités de leurs mémoires (FLASH, EEPROM, RAM) diffèrent dans de larges proportions, les rendant incompatibles à la programmation. Toutes ces considérations vous paraissent peut-être un peu ardues, mais tranquillisez-vous, nous nous sommes occupés de tout et vous proposons les programmes destinés à l'un ou l'autre PIC, sans modifier le comportement de notre alimentation.



Le fait d'utiliser ces microcontrôleurs pour la commander, nous offre une grande souplesse de programmation. En effet, les lecteurs désirant modifier le programme peuvent le réécrire en assembleur, ou à l'aide du compilateur évolué de leur choix (en Basic ou en C).

De plus, nous avons fait évoluer les performances en vous proposant non plus trois, mais cinq modes de fonctionnement. Ces deux derniers font directement intervenir le paramètre de temps. La tension de sortie n'est plus statique, mais dynamique et va varier dans la durée en fonction de vos choix.

La platine de commande ne comporte pas plus de matériel pour autant, et son prix de revient s'en trouve réduit. Toute médaille a son revers, vous devez posséder un programmeur pour les  $\mu$ C PIC. Ce type d'appareil très courant, existe selon les modèles, pour toutes les bourses.

### Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe de la **figure 3.9.** ressemble beaucoup à celui employé pour la commande à base du PicBasic-3B. Le microcontrôleur comporte plus de broches, et le raccordement de l'afficheur LCD diffère aussi.

Le module s'alimente également sous + 5 volts à partir du circuit de puissance *via* le connecteur à 2 broches J1. le condensateur de découplage C3 et la DEL de visualisation tiennent la même place.

L'afficheur LCD est un modèle parallèle de 2 lignes de 16 caractères. Il est géré en 4 bits par les lignes « RB4 à RB7 » pour les données. La validation « E » s'effectue par la ligne « RB1 », alors que « RB0 » se charge de la commutation « RS » entre les instructions et les données. L'afficheur n'étant employé qu'en lecture, sa broche « RW » se trouve directement reliée à la masse. L'ajustable AJ1 règle le contraste pour une visibilité convenable. Le condensateur C6 découple son alimentation.

Afin d'envoyer les ordres et de modifier les paramètres, nous utilisons toujours 5 touches disposées en clavier. Au repos, les résistances R18 à R22 positionnent au niveau logique bas (0 V ou masse) les lignes « RC0 » à « RC4 », configurées en entrées. L'action sur une touche force la ligne correspondante au niveau logique haut (+ 5 V). Le programme se charge d'examiner en permanence l'état de ces lignes et agit en fonction.

Rien ne change non plus, du côté du convertisseur numérique vers analogique de type « R/2R ». Il utilise les résistances R1 à R15, les plus précises possible (1 % ou mieux). Les lignes « RD0 » à « RD8 », soit l'intégralité du port « D » configuré en sortie, se

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

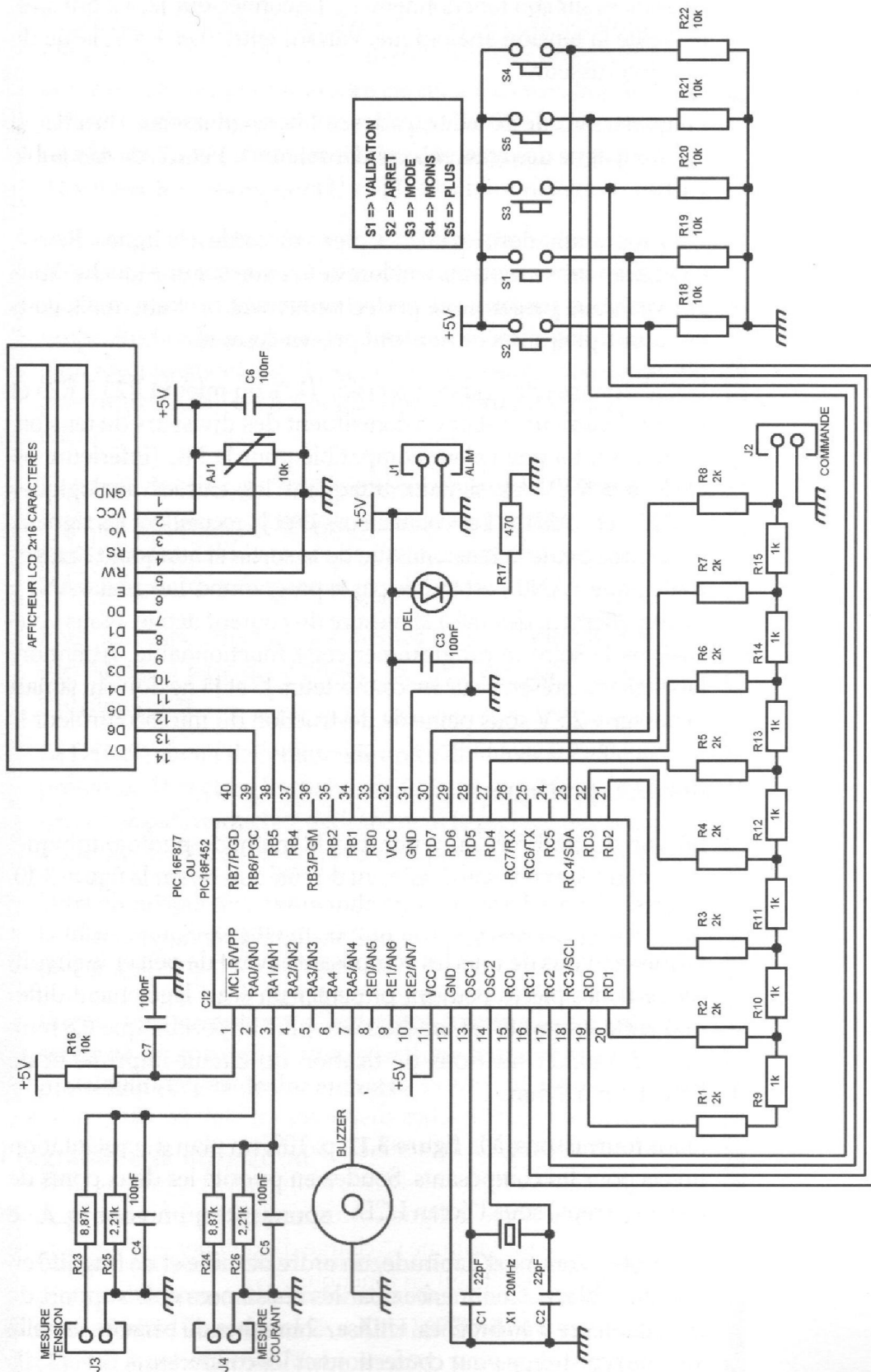


Figure 3.9. Schéma de principe du circuit de commande à base de µC PIC.

chargent de sa commande. Reportez-vous à l'étude, faite à son sujet en début de chapitre, si vous souhaitez approfondir vos connaissances sur son fonctionnement. Le connecteur J2, à 2 broches, recueille la tension analogique, variant entre 0 et + 5 V, issue de ce convertisseur.

Le quartz X1, de 20 MHz, cadence l'horloge interne du PIC ; il s'accompagne des habituels condensateurs C1 et C2, de très faible valeur.

Par programmation, un buzzer piezo raccordé à la ligne « RA5 », émet des « bips », notamment lors de l'action sur une touche. Vous pouvez vous passer de ce perfectionnement bruyant, mais vous ne saurez plus si les ordres sont pris en compte.

Les résistances de grande précision (1 % ou mieux) R23 à R26 et les condensateurs C4 et C5 constituent des diviseurs de tension. Ils abaissent à une valeur compatible pour le PIC (inférieure ou égale à + 5 V), les signaux attaquant les entrées analogiques « AN0 » et « AN1 ». Les connecteurs J3 et J4 recueillent les signaux à mesurer. Seule la tension issue de la sortie et attaquant l'entrée analogique « AN0 » est traitée par le programme. Le canal « AN1 » est logiquement destiné à la mesure du courant débité. Nous vous laissons le soin de programmer cette fonctionnalité. Attention, Les signaux présents sur les connecteurs J3 et J4 ne doivent jamais dépasser + 25 V sous peine de destruction du microcontrôleur !

### Réalisation pratique

En vue du transfert du typon par la méthode photographique, nous vous donnons son dessin, vu du côté cuivré, sur la **figure 3.10**, p. 108.

Munissez-vous de tous les composants avant de percer le circuit, car certaines pièces peuvent présenter un écart légèrement différent entre les pattes, et un diamètre plus important que 0,8 mm. Pensez à aléser les trous de fixation du circuit imprimé et de l'afficheur à 3 mm.

Nous fournissons, à la **figure 3.11**, p. 109, un plan d'implantation précis pour les composants. Soudez en priorité les deux ponts de liaison (straps) sous l'écran LCD.

Respectez, comme d'habitude, un ordre de taille et de fragilité en vue du câblage. Commencez par les résistances et le support de circuit intégré à 40 broches. Utilisez 2 broches de barrette femelle sécable type tulipe pour confectionner les connecteurs J1 et J2 ; ils prennent place du côté cuivré. Mieux vaut s'en occuper en dernier lieu. J3 et J4, constitués de la même manière, se placent sur la face

des composants. Soudez 14 broches de cette même barrette afin de raccorder aisément l'afficheur LCD.

Implantez maintenant les deux condensateurs céramique et les modèles au mylar. Placez le quartz couché et reliez son boîtier à la masse par un petit morceau de fil, à l'arrière. Soudez la DEL et les 5 touches de type « D6 », de préférence recouvertes par des cabochons carrés et en dernier lieu, le buzzer piezo. Il est temps de souder les connecteurs J1 et J2, si ce n'est déjà fait.

La fixation de l'afficheur nécessite 4 petites entretoises filetées. Préparez-le auparavant en l'équipant d'un connecteur à 14 broches sécables mâles, s'embrochant dans les modèles de type femelle tulipe. Recherchez la hauteur d'entretoise correspondant le mieux à un raccordement sûr. Il peut être nécessaire, avec de multiples précautions, d'aléser à 3 mm les quatre trous de fixation de l'afficheur.

Le travail de câblage s'achève toujours par une vérification méticuleuse de la valeur, du sens des composants polarisés (condensateurs, diodes, DEL, etc.) et de l'état des pistes cuivrées qui sont autant de sources de pannes.

Pour les tests, effectuez les mêmes liaisons que pour la platine précédente à base du PicBasic-3B, dans des conditions de sécurité identiques.

La DEL du circuit de commande doit s'illuminer et l'afficheur LCD, présenter 16 rectangles fixes sur la ligne supérieure. Si vous ne les voyez pas, retouchez délicatement le réglage de contraste AJ1 à gauche de l'écran (le curseur doit se situer près de la masse).

Votre alimentation à commande numérique nécessite, maintenant, le téléchargement gratuit de son programme sur le site internet de Dunod.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

## Programme et utilisation

### À propos du programme

Comme convenu, nous fournissons deux programmes pour cette platine de commande, en fonction du microcontrôleur que vous avez choisi. L'un nommé « Alim16F877.hex » est uniquement destiné à un PIC16F877. Le second, porte très logiquement le nom de « Alim18F452.hex » et, vous l'avez deviné, est dédié au PIC18F452.



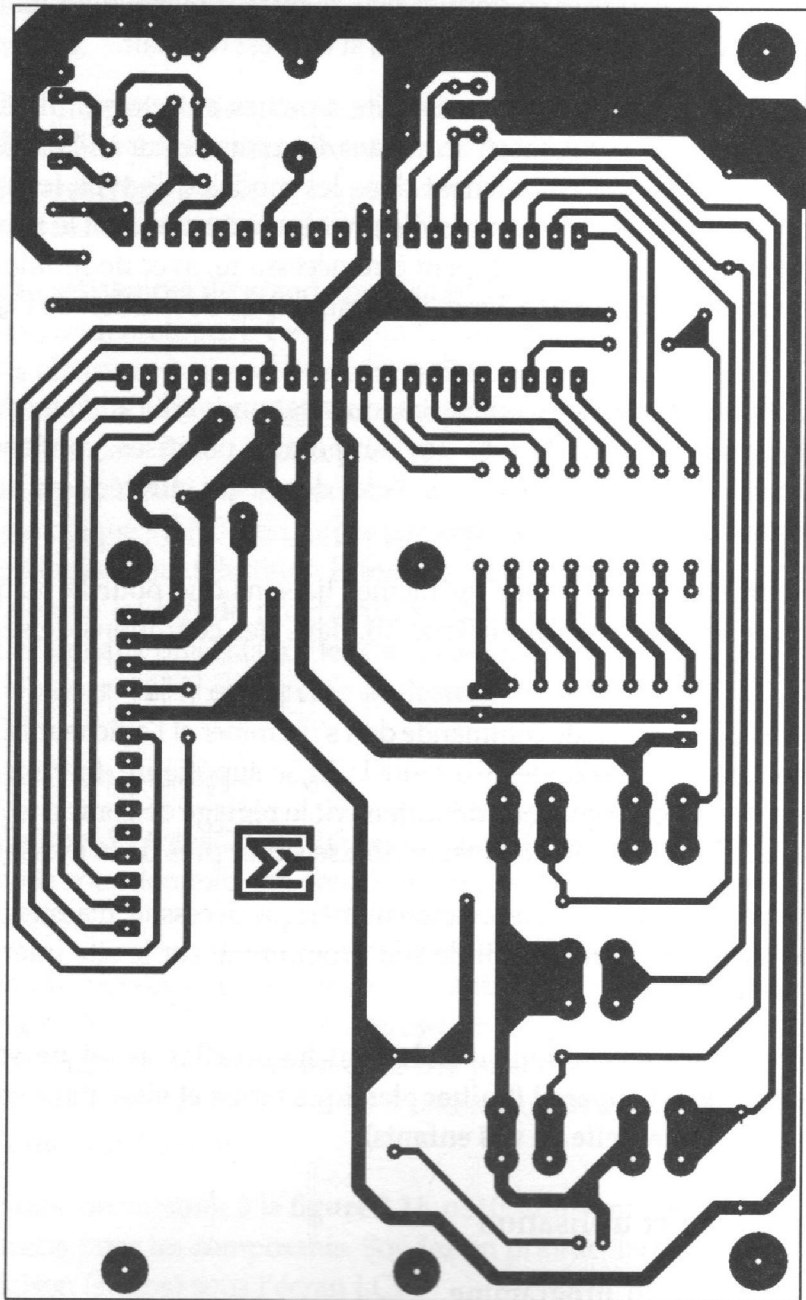
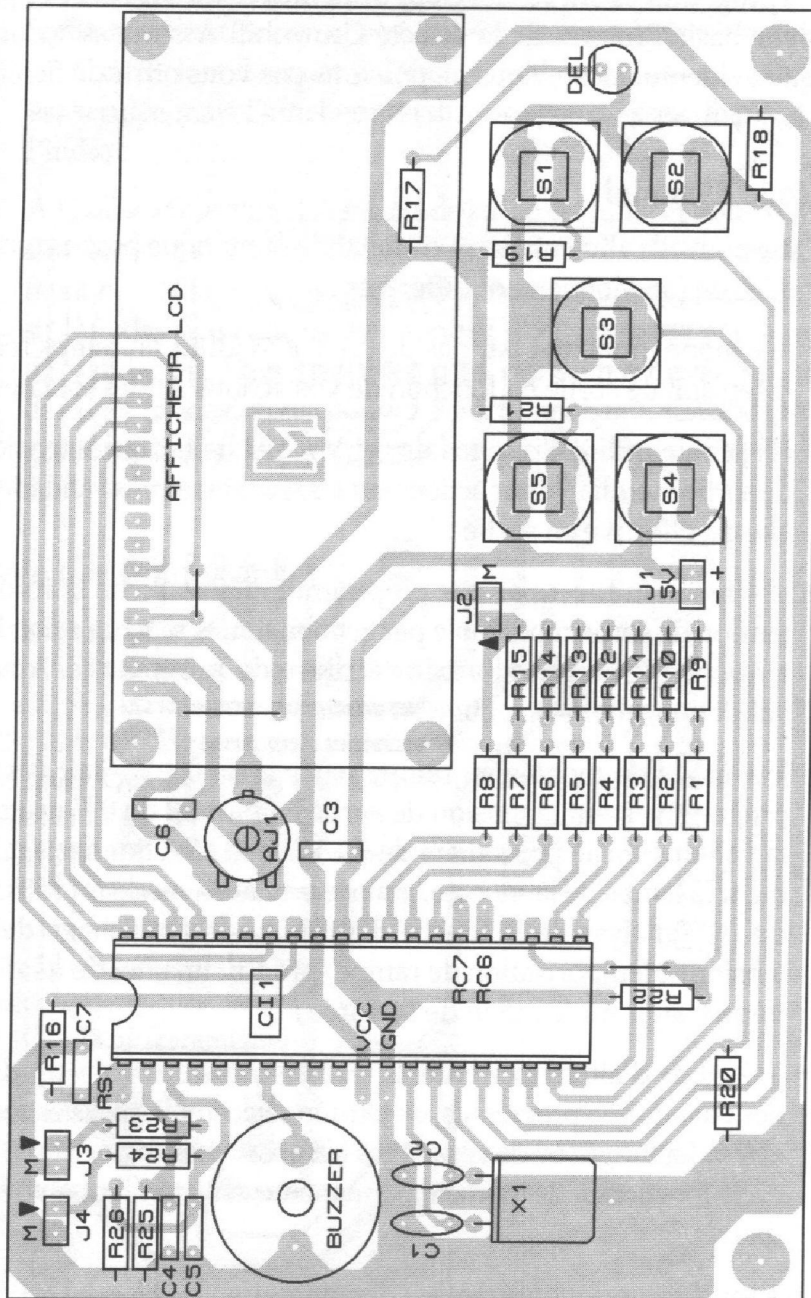


Figure 3.10.  
Circuit imprimé  
de la platine de commande  
à base de  $\mu$ C PIC.



© DUNOD – La photocopie non autorisée est un délit.

Figure 3.11.  
Implantation des composants  
de la platine de commande  
à base de  $\mu$ C PIC.

Tous deux sont disponibles, en libre téléchargement, sur le site internet de l'éditeur : <http://www.dunod.com>. Reportez-vous aux premières pages de l'ouvrage pour savoir comment procéder.

Vous devez ensuite le transférer dans le  $\mu\text{C}$  à l'aide d'un indispensable programmeur de PIC.

Ces programmes ont été développés au moyen du superbe compilateur Basic Proton+ de la société Crownhill Associates®. Pour cette évidente raison, nous ne pouvons pas vous offrir de fichier « .asm ».

### Mode d'emploi

Cette nouvelle alimentation à commande numérique propose cinq modes de fonctionnement différents :

- le « mode immédiat par pas de 0,1 V » modifie, en temps réel, la tension de sortie en fonction de vos actions sur les touches ;
- le « mode indirect par pas de 0,1 V » affiche la future tension de sortie modifiable par actions sur les touches. Après validation, elle est effective en sortie ;
- le « mode indirect par pas préprogrammés » affiche la future tension de sortie modifiable par actions sur les touches selon les tensions mémorisées lors de l'écriture du programme. Après validation, elle est effective en sortie ;
- le « mode de montée en rampe par pas de 0,1 V » fait varier progressivement la tension de sortie en partant de 0 V jusqu'à la valeur choisie par paliers de 0,1 V. Vous sélectionnez également le temps de la montée, mais le travail en mode multitâche du  $\mu\text{C}$  (analyse de la touche d'arrêt, mesure, affichage de la tension et temporisation de rampe) produit un effet de relative imprécision sur le calcul de la durée ;
- le « mode d'alternance entre la tension choisie et 0 V » produit des paliers, non progressifs, de tension sélectionnée par vos soins et 0 V. La longueur de ces plages est aussi choisie par vous. Ce cycle fonctionne de manière permanente, en attendant un ordre d'arrêt.

Les touches portent les mêmes dénominations : [+], [-], [M], [V] et [A] que celles de la platine précédente à base du PicBasic-3B. Nous vous rappelons leurs rôles.

[+] : augmente une valeur ou un paramètre.

[-] : diminue une valeur ou un paramètre.

[M] : change de mode de fonctionnement.

[V] : valide une action. Sert, notamment, à envoyer la tension en sortie.

[A] : généralement utilisée pour mettre à 0 la tension de sortie.

Il est évident que les cinq touches sont consultées par le programme, uniquement selon les besoins. L'écran LCD vous informe sommairement des touches à utiliser. Lorsque la tension de sortie est activée, lors des quatre derniers modes, seule la touche d'arrêt est scrutée mais l'afficheur ne dispose pas d'assez de place pour l'indiquer.

À la mise en service, la tension de sortie est nulle et vous voyez se succéder deux écrans d'accueil. Ensuite, le mode de fonctionnement immédiat vous est proposé par défaut. Libre à vous de choisir l'un des deux autres. Vous entrez dans un mode par la touche de validation. Pour travailler plus rapidement avec les quatre derniers modes, vous pouvez sélectionner une tension préprogrammée, puis changer de mode afin de l'affiner par paliers de 0,1 V, votre choix est conservé.

### Liste des composants

#### Résistances à 1 % ou mieux :

R1 à R8 : 2 k $\Omega$  (rouge, noir, noir, marron, marron)

R9 à R15 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, noir, marron, marron)

R23 ; R24 : 8,87 k $\Omega$  (gris, gris, violet, marron, marron)

R25 ; R26 : 2,21 k $\Omega$  (rouge, rouge, marron, marron, marron)

#### Résistances à 5 % :

R16 ; R18 à R22 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange, or)

R17 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron, or)

#### Résistance ajustable :

AJ1 : 10 k $\Omega$  horizontale 1 tour

#### Condensateurs :

C1 ; C2 : 22 pF (céramique)

C3 à C7 : 100 nF 63 V (mylar)

#### Composants actifs :

CI1 : microcontrôleur Pic16F877-20/P ou Pic18F542-I/P (voir texte)

Afficheur LCD 2  $\times$  16 caractères (à commande parallèle)

DEL verte 5 mm

#### Divers :

X1 : Quartz 20 MHz

1 support de circuit intégré à 40 broches

S1 à S5 : Touches carrées type Contact D6

5 cabochons (blancs) pour touches Contact D6

1 buzzer piezo (diamètre 17 mm)

Barrette sécable femelle type tulipe et HE-14

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)



# 4

## ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE

4.1	Présentation	114
4.2	Rappels théoriques	114
4.3	Alimentation <i>step-down</i> de faible puissance : 1,2 à 10 V, sous 230 mA	117
4.4	Alimentation <i>step-up</i> de faible puissance : 11 à 30 V, à partir de 5 V	121
4.5	Alimentation <i>step-down</i> de forte puissance : de 0 à 25 V sous 6 à 8 A	126

	Conclusion	135
	Annexes	137
	Références utiles	143

## 4.1 PRÉSENTATION

Le dernier chapitre de cet ouvrage est consacré aux alimentations à découpage, très prisées par certains, rebutantes pour d'autres, mais assurément plus délicates à mettre en œuvre de par la confection des inductances et le choix plus pointu des composants. Dans le but de vous livrer un ouvrage complet, nous vous proposons malgré tout, trois réalisations : deux à faible courant et une de puissance. Cette technologie se caractérise par des principes totalement différents de ceux précédemment étudiés. De plus, en partant d'une tension d'entrée continue, il est possible de concevoir une alimentation à réduction, ou à élévation de tension.

En quelques mots, comparons les alimentations linéaires et à découpage. Les secondes ont un meilleur rendement, offrent un plus faible encombrement, mais la protection contre les surcharges et les courts-circuits est plus complexe à mettre en œuvre que pour les premières. Ajoutons que le fonctionnement à vide d'une alimentation à découpage n'est ni fiable, ni recommandé.

Commençons par un rappel théorique des bases essentielles.

## 4.2 RAPPELS THÉORIQUES

### Généralités

Une alimentation à découpage travaille de manière très différente. Une self alimentée en régime de commutation et travaillant à une fréquence élevée (entre 20 kHz et 300 kHz environ, selon les fabricants) conditionne tout le fonctionnement. Voici, sommairement résumé, le principe général. En présence d'une tension continue, l'intensité aux bornes de la self croît régulièrement : elle se charge en courant. À la mise hors tension, le courant ne pouvant plus circuler provoque une très forte montée en tension. C'est cette caractéristique qui est mise à profit. À partir de là, nous voyons qu'il convient d'alimenter cette inductance régulièrement, de manière permanente durant de courtes durées. Le transistor MOSFET de puissance est un composant électronique capable de remplacer un interrupteur commandé à très haute vitesse et offrant la résistance minimale (quelques  $m\Omega$ ). Cette énergie créée doit être stockée dans un ou plusieurs condensateurs faisant office de réservoirs sans retour possible. Il faut donc employer une diode supportant un fort courant et présentant un temps de commutation le plus faible possible. Les diodes Schottky conviennent le mieux à ce type d'application.

Plusieurs « modes » de fonctionnement d'alimentations à découpage existent et se définissent selon les termes anglais suivants :

- « *Step-down* » ou « *Buck* » : définit une alimentation où la tension de sortie est inférieure à celle d'entrée. L'interrupteur électronique est placé comme sur une régulation série ;
- « *Step-up* » ou « *Boost* » : la tension de sortie est supérieure à celle d'entrée. L'interrupteur électronique est positionné comme pour une régulation parallèle ;
- « *Buck-Boost* » : c'est un convertisseur qui inverse la tension. L'interrupteur est de type « série », mais la diode est inversée ;
- « *Flyback* » : la self est remplacée par un transformateur dans un montage *step-down* ;
- « *Forward* » : la self est également remplacée par un transformateur mais nécessite un enroulement supplémentaire ;
- « *À résonance* » : la commutation ne s'effectue que lorsque l'intensité est nulle dans la self, ce qui évite les parasites liés aux commutations à pleine puissance ;
- « *À pompe de charges* » : ces alimentations ne font plus appel aux inductances mais à des condensateurs. Elles ne peuvent fournir que de faibles puissances (quelques mA).

Nous ne vous proposerons que les deux premiers modèles, moins complexes à mettre en œuvre et plus répandus (*step-up* et *step-down*).

### Alimentation à découpage de type *step-down*

La tension de sortie est plus faible que celle d'entrée. Les schémas de la **figure 4.1** donnent les deux phases de fonctionnement du principe électrique de ce type d'alimentation.

Le transistor MOSFET à très faible résistance de fonctionnement ( $R_{DS\ on\ max}$ ) et capable de supporter une forte intensité ( $I_D$ ) se comporte comme un interrupteur électronique. Celui-ci est commandé en modulation de largeur d'impulsions (MLI ou PWM en anglais) par un oscillateur. Les périodes, pendant lesquelles il est passant ou bloqué, sont d'une durée variable afin de réguler la tension de sortie.

Lorsque le transistor T conduit (**figure 4.1a**), la charge est alimentée à travers l'inductance L sous une tension approximativement égale à celle d'entrée. Le courant ne traverse pas la diode D, raccordée à l'inverse. Le condensateur C se charge en même temps.

Durant la phase de blocage de T (**figure 4.1b**), la self force le point « U » (commun de la cathode de la diode et de la source du transistor) au potentiel négatif pour maintenir la fuite du courant. La diode devient conductrice et le courant s'écoule à travers D et L.

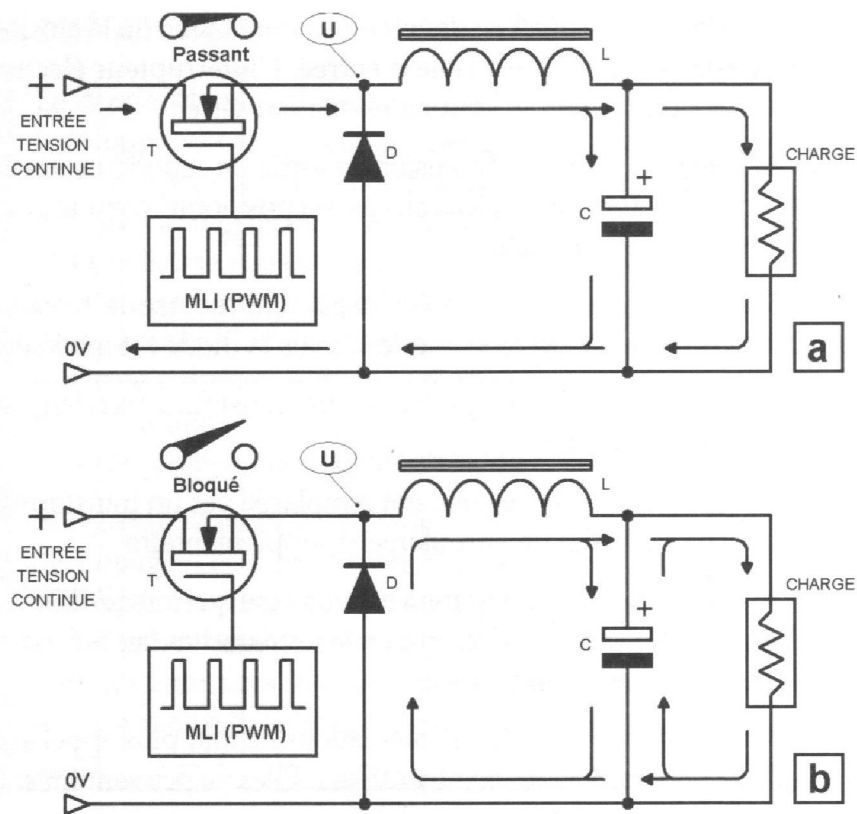


Figure 4.1.  
Principe de base  
d'une alimentation  
de type *step-down*.

La tension est filtrée par L et C afin d'obtenir un signal continu de bonne qualité en sortie. La self génère un accroissement du courant de  $\Delta I$  issu de son changement de tension (courant de rupture). La meilleure règle consiste à maintenir un  $\Delta I$  d'environ 40 % de  $I$  nominal, voyez le graphique de la figure 4.2.

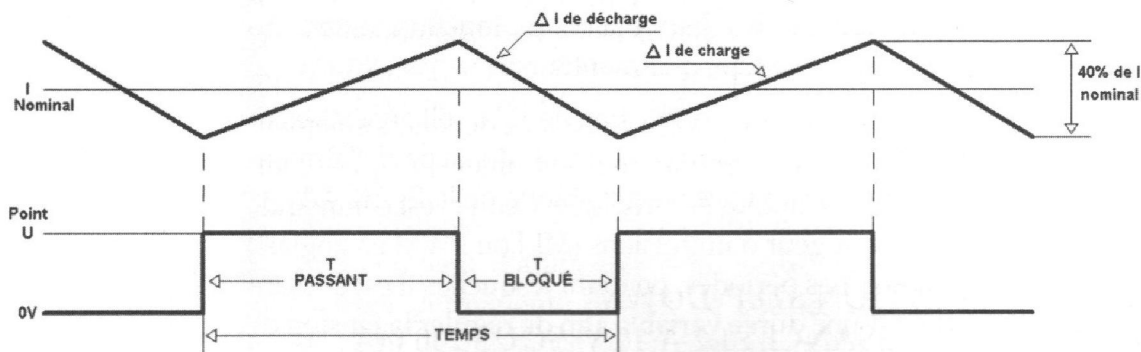


Figure 4.2.  
Diagramme  
de fonctionnement  
d'alimentation  
à découpage.

## Alimentation à découpage de type *step-up*

La tension de sortie est plus élevée que celle d'entrée. Les schémas de la figure 4.3 donnent les deux états définissant le principe électrique de ce type d'alimentation.

Là encore, un transistor MOSFET de puissance fait office d'interrupteur électronique commandé en largeur d'impulsions par un



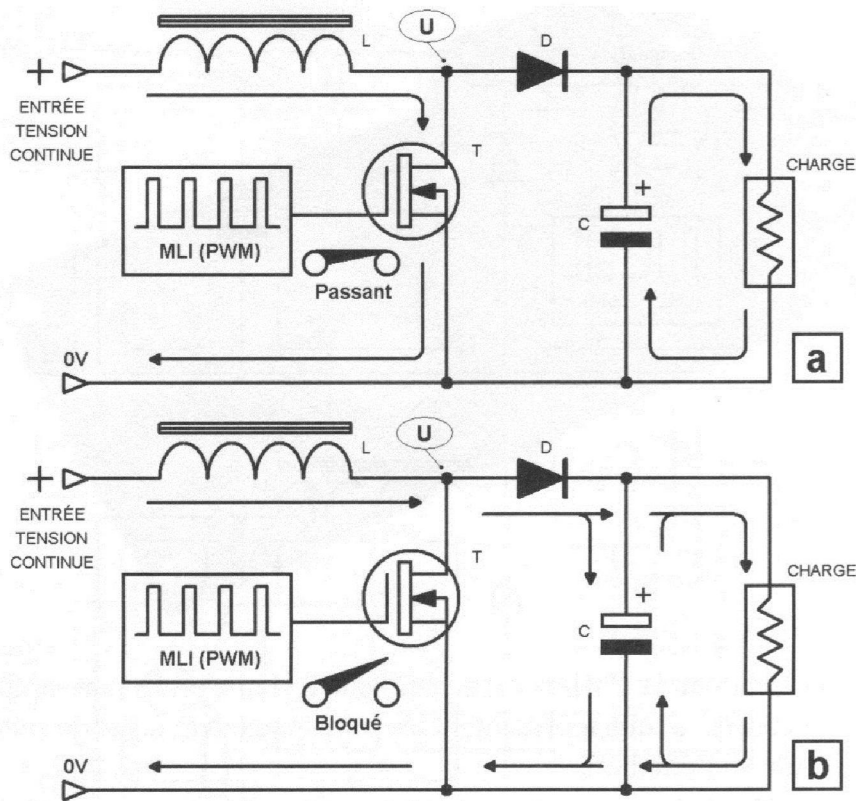


Figure 4.3.  
Principe de base  
d'une alimentation  
de type *step-up*.

oscillateur. Passant ou bloqué durant des laps de temps différents, il régule la tension de sortie.

Lorsque le transistor T conduit (**figure 4.3a**), l'énergie est stockée dans la self L ; la diode D montée à l'inverse empêche la décharge du condensateur C.

Durant la phase de blocage de T (**figure 4.3b**), l'énergie emmagasinée par l'inductance L s'écoule en chargeant le condensateur C *via* la diode D afin de compenser la décharge du condensateur, survenue durant le temps de conduction de T. La self génère sensiblement le même accroissement de courant  $\Delta I$  que pour l'alimentation de type *step-down* ; voyez le graphique de la **figure 4.2**.

### 4.3 ALIMENTATION *STEP-DOWN* DE FAIBLE PUISSANCE : 1,2 À 10 V, SOUS 230 mA

#### Présentation

Cette alimentation permet d'obtenir une tension approximativement comprise entre + 1,2 et + 10,5 V à partir de + 12 V sous un courant maximal de 230 mA. Cet appareil n'offre pas de performances hors du commun, mais présente l'avantage de bien se familiariser avec ces nouvelles techniques. L'emploi d'un circuit intégré spécifique, le TL497A, simplifie à l'extrême le schéma tout en conservant les principes de base énumérés précédemment. Le

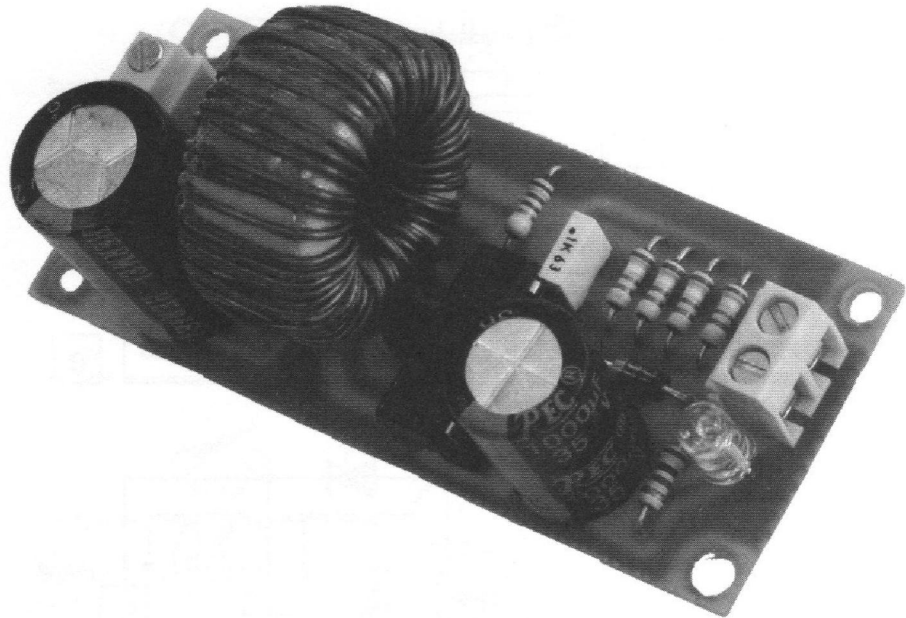


Photo 4.1.  
L'alimentation  
*step-down* à TL497A.

bon rendement, l'absence d'échauffement et une protection contre les courts-circuits représentent les principaux avantages de cette petite alimentation.

## Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe de la **figure 4.4** laisse apparaître une grande simplicité. Le cœur du circuit intégré CI1 est représenté de manière simplifiée, au sein même du plan. Cette façon de procéder permet de mieux se repérer et offre une description plus didactique.

Bien souvent, le raccordement d'un composant à telle broche d'un CI ne nous permet pas de nous imaginer ce qu'il se passe dans celui-ci. En vous référant au paragraphe relatif à la théorie, vous pourrez désormais en suivre efficacement le fonctionnement interne.

La diode D1 effectue un éventuel redressement mono-alternance et protège le montage d'une inversion accidentelle des polarités. Le condensateur C1 filtre cette tension d'alimentation et C2 la découple au plus près du circuit intégré CI1 (broche 14). La diode DEL1 accompagnée de sa résistance de limitation R6 visualise sa présence. Les résistances R1 à R4 montées en parallèle remplacent un modèle équivalent plus puissant. Raccordées en série sur la ligne d'alimentation, elles effectuent une mesure du courant absorbé. La broche 13 de CI1 mesure la différence de potentiel, lorsqu'elle atteint 0,5 V, le circuit entre en protection contre les surcharges. Comme nous sommes en configuration de type *step-down*, le transistor interne, situé entre les broches 8 et 10, travaille en commutation sérielle. La self L1 fait suite à cette régulation.

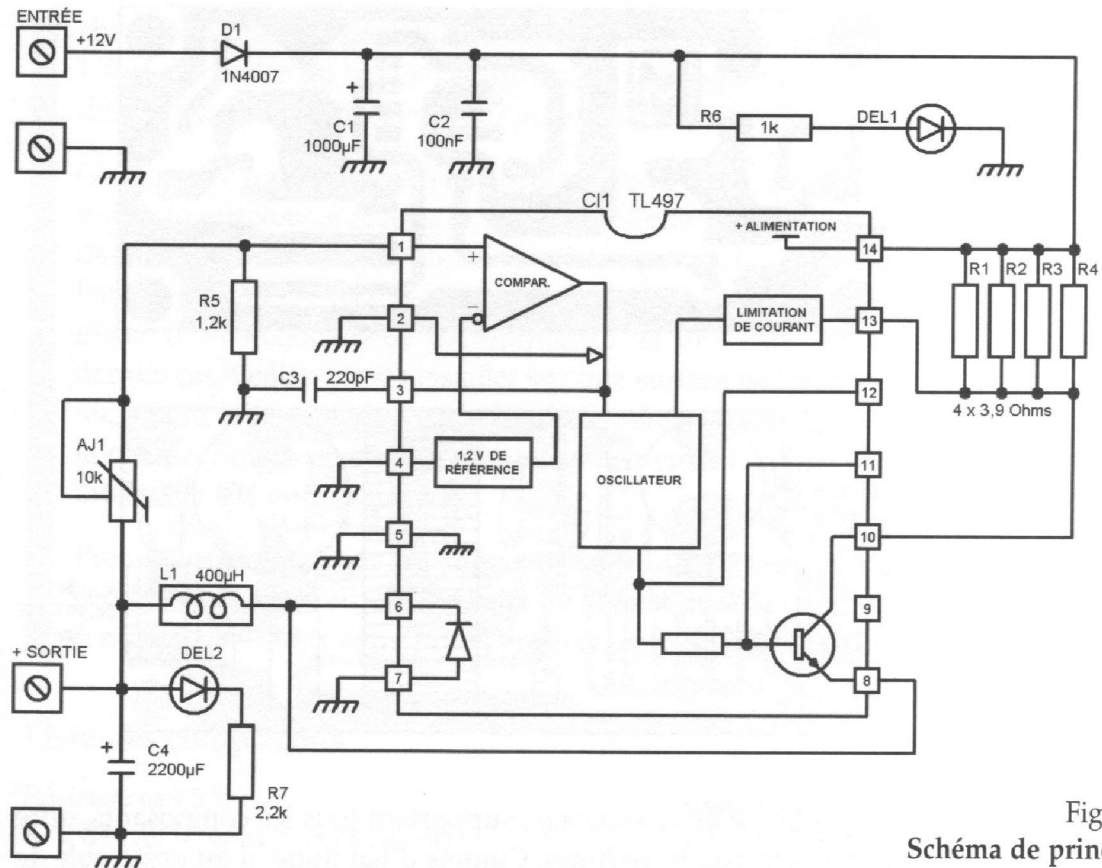


Figure 4.4.  
Schéma de principe de  
l'alimentation *step-down* à TL497A.

© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

La diode rapide intégrée entre les broches 6 et 7 se charge de l'aiguillage de la tension durant les différentes phases du transistor (passant ou bloqué). Le condensateur C4 joue le rôle de réservoir et de lissage de la tension de sortie. Cette dernière est prélevée *via* l'ajustable AJ1 pour comparaison à celle de référence aux bornes de R5. Cette correction agit sur la largeur des impulsions, au niveau de l'oscillateur interne, afin de commander le transistor. Il en résulte une contre-réaction, en temps réel, de la tension de sortie, réglable par AJ1. Le condensateur C3 fixe la fréquence de travail de l'oscillateur. La DEL2 limitée par la résistance R7 donne une représentation du niveau de la tension de sortie. Elle évite également le fonctionnement à vide de l'alimentation.

Les lecteurs désirant approfondir leurs connaissances à propos des alimentations à base du TL497A peuvent, s'ils le souhaitent, se reporter à la fiche technique (en langue anglaise) de Texas Instruments®, fabricant du composant.

### Réalisation pratique

La **figure 4.5** donne le dessin du typon destiné à la réalisation du circuit imprimé, de préférence, par le procédé photographique.



Figure 4.5.  
Circuit imprimé  
de l'alimentation  
step-down à TL497A  
(côté cuivre).

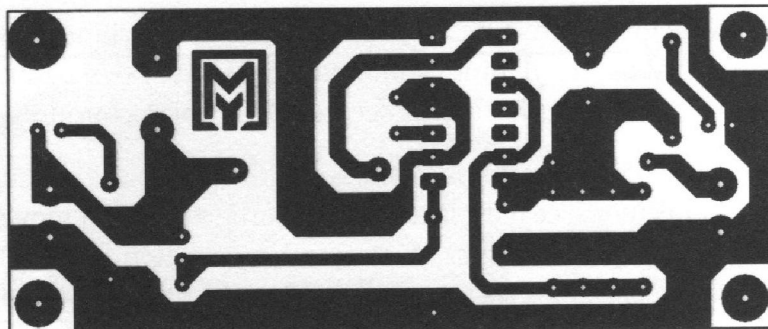
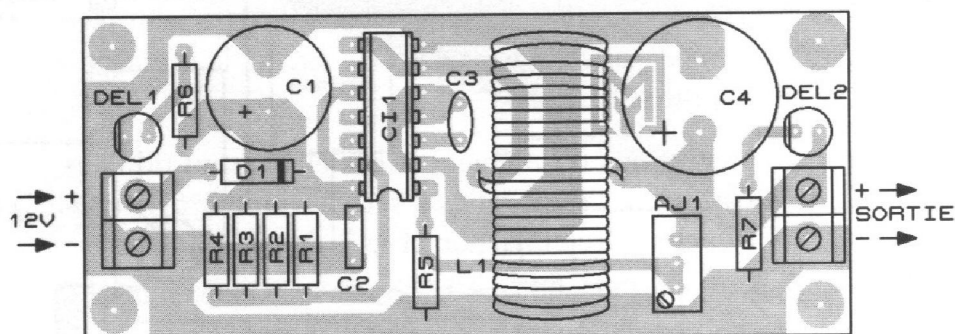


Figure 4.6.  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
step-down à TL497A.



La platine de ce montage, supportant tous les composants, offre des dimensions réduites. Comme d'habitude, il est préférable de préparer toutes les pièces avant de percer le circuit. La self L1 peut être achetée toute faite ou modifiée par vos soins. En fonction du courant nécessaire, il est tout à fait envisageable d'utiliser une inductance miniature de 470  $\mu\text{H}$ , la valeur de 400  $\mu\text{H}$  étant considérée comme un minimum correct. Dans ce cas, les lecteurs expérimentés pourront adapter le circuit imprimé afin de réduire encore ses dimensions. Sur la maquette, nous avons employé une self d'antiparasitage de 180  $\mu\text{H}$  5 A (réf. Sélectronic : 50.5628) à laquelle nous avons ajouté environ 16 spires, de même section, pour obtenir la valeur convenable.

Percez ensuite tous les trous au bon diamètre avant de passer au travail de câblage. Si vous désirez fixer cette platine au moyen de vis, pensez à aléser les quatre trous des angles à 3 mm.

La **figure 4.6**, donne un plan d'implantation précis des composants. Cette opération délicate impose de respecter un ordre dicté par la taille et la fragilité des composants.

Débutez par les résistances, la diode, le support de circuit intégré à 14 broches, le condensateur céramique C3, celui au mylar C2, l'ajustable, les DEL, les borniers à deux vis, les condensateurs chimiques pour terminer par la fameuse self L1.

Même pour une si petite réalisation, il est vivement conseillé de vérifier la valeur des composants, le sens de ceux polarisés (embro-



chage du circuit intégré, DEL, diode et condensateurs chimiques). L'état des pistes du circuit imprimé peut provoquer des pannes difficiles à cerner (courts-circuits accidentels et microcoupures).

Ce montage fonctionne dès la dernière soudure refroidie. Aucun réglage à effectuer si ce n'est la tension de sortie voulue au moyen de l'ajustable AJ1. Alimenter la platine à partir de piles, d'une batterie, d'un petit bloc secteur ne délivrant pas plus de 14 V, ou même d'un secondaire de transformateur de 10 V maxi. Dans ce dernier cas, veillez à vous installer **sur une surface isolante**. Ajustez, à vide, la tension de sortie visualisée par la DEL2. Connectez la charge. En cas de surcharge ou de court-circuit, la protection interne de CI1 entre en action.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil, s'il est relié au secteur (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

### Liste des composants

#### Résistances à 5 % :

R1 à R4 : 3,9  $\Omega$  (orange, blanc, or, or)

R5 : 1,2 k $\Omega$  (marron, rouge, rouge)

R6 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

R7 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)

#### Résistance ajustable :

AJ1 : résistance ajustable verticale de 10 k $\Omega$  25 tours

#### Condensateurs :

C1 : 1 000  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

C2 : 100 nF 63 V (mylar)

C3 : 220 pF (céramique)

C4 : 2 200  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

#### Composants actifs :

D1 : 1N4007

DEL1 rouge (au choix) 5 mm

DEL2 verte (au choix) 5 mm

CI1 : TL497A

#### Divers :

L1 : self 180  $\mu$ H à modifier pour 400  $\mu$ H (voir texte, Sélectronique réf. 50.5628)

1 support de circuit intégré à 14 broches

2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm

Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 4.4 ALIMENTATION STEP-UP DE FAIBLE PUISSANCE : 11 À 30 V, À PARTIR DE 5 V

### Présentation

La seconde alimentation à découpage de ce chapitre, ressemble beaucoup à la précédente, pourtant, elle est destinée à des applications totalement différentes. Il est même possible de dire qu'elles ont un fonctionnement inverse. La première de type *step-down* abaisse la tension de sortie par rapport à celle d'entrée ; alors que celle-ci, de type *step-up* l'élève. Sous une alimentation de + 5 V, il est possible d'espérer près de + 30 V en sortie, si les exigences en courant sont modestes. En fait, le courant maximal disponible est inversement proportionnel à la tension de sortie (environ 120 mA pour 11 V contre 25 mA pour 30 V).

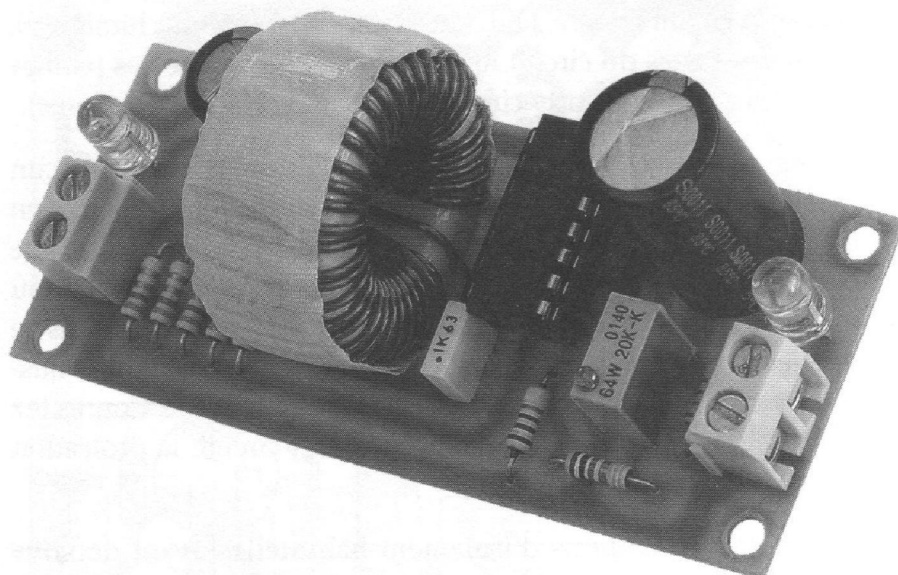


Photo 4.2.  
L'alimentation  
*step-up* à TL497A.

Cet appareil est tout indiqué au sein d'un programmeur de microcontrôleur fréquemment alimenté sous + 5 V, où les tensions de programmation doivent être bien supérieures pour de faibles intensités. Il trouve également sa place lorsqu'il s'agit de charger une batterie de 12 V par exemple sous + 5 V ! Opération difficile à envisager sans élever la tension.

Nous employons toujours le circuit intégré spécifique, TL497A, idéal lors d'une telle application. Le principe de base étudié lors du paragraphe sur la théorie est bien sûr respecté. Nous apprécions le bon rendement, l'absence d'échauffement et la protection contre les courts-circuits sur une alimentation aussi simple.

## Analyse du schéma de principe

Le schéma de principe de la **figure 4.7** laisse penser, à juste titre que seul le raccordement des différents composants et leurs valeurs changent. Comme précédemment, et toujours pour des raisons de compréhension, le schéma interne simplifié du TL497A est représenté.

La diode D1 protège le montage d'une inversion accidentelle des polarités. Le condensateur C1 filtre la tension d'alimentation ainsi obtenue et C2 la découple au plus près de la broche 14 du circuit intégré CI1. Sa présence est visualisée par la diode DEL1 accompagnée de sa résistance de limitation R8.

Les résistances R1 à R5 montées en parallèle jouent le rôle d'un capteur de courant. Une tension de 0,5 V à leurs bornes déclenche la limitation interne de CI1 par la broche 13. Nous travaillons sur une alimentation de type *step-up*, la self L1 est toujours en série,





## Réalisation pratique

Le circuit imprimé de cette alimentation est de dimensions identiques, aussi réduites, que celles du modèle *step-down* précédent. Le dessin du typon donné sur la **figure 4.8** l'atteste. Transférez-le de préférence, par la méthode photographique.

Figure 4.8.  
Circuit imprimé  
de l'alimentation  
*step-up* à TL497A  
(côté cuivre).

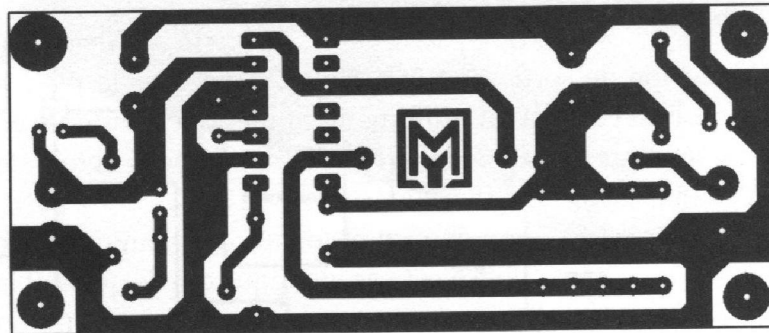
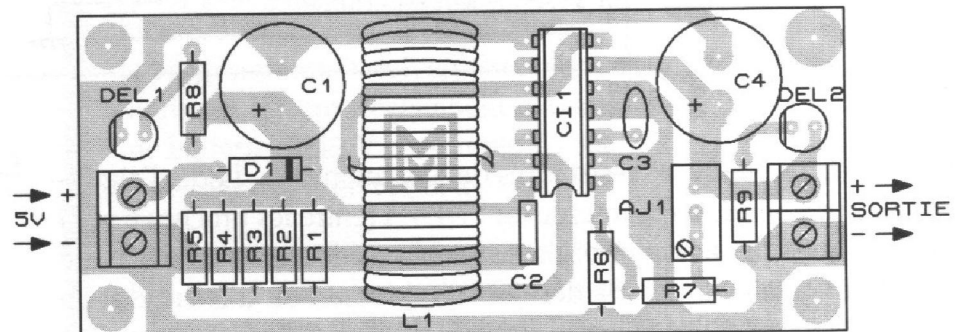


Figure 4.9.  
Implantation  
des composants  
de l'alimentation  
*step-up* à TL497A.



Après avoir rassemblé toutes les pièces, vous pouvez percer votre circuit conformément à la section des pattes des composants. Alésez les quatre trous de fixation dans les angles, à 3 mm. Par simplicité, nous avons employé un modèle existant pour l'inductance L1. Il s'agit d'une self d'antiparasitage de 180  $\mu\text{H}$  supportant bien plus que le courant maximal souhaité et commercialisée par Sélectronic (réf. 50.5628). L'achat d'un tore magnétique et de fil de cuivre ne se justifie pas, sans évoquer le travail de réalisation ! Une self au format d'une résistance d'un quart de watt doit convenir. Dans ce cas, si vous en avez les compétences, vous pouvez redessiner partiellement le circuit imprimé afin de réduire, plus encore, ses dimensions.

Le plan d'implantation des composants est donné à la **figure 4.9**. Il convient de le suivre scrupuleusement afin d'éliminer tout risque d'erreur. Respectez l'ordre de taille et de fragilité des composants que nous vous proposons.

Commencez par souder les résistances, puis la diode, le support de circuit intégré à 14 broches, le condensateur céramique, au



mylar, l'ajustable, les DEL, les borniers à deux vis, les condensateurs chimiques et enfin, terminez par la self L1. Quelques minutes suffisent pour effectuer le travail de câblage.

Avant la première mise sous tension, d'indispensables contrôles s'imposent. Observez la valeur des composants et le sens du circuit intégré, des DEL, de la diode et des condensateurs chimiques. Examinez les pistes cuivrées du circuit, à la recherche de micro-interruptions ou de gouttes de soudure trop généreuses.

Seule la tension de sortie doit être réglée. Alimenter la platine sous 5 V puis, à l'aide d'un multimètre numérique commuté en voltmètre relié sur la sortie, réglez l'ajustable AJ1 pour obtenir la tension voulue. La plage de tensions s'étend de 11 V à 30 V à partir de 5 V en entrée ! Comme énoncé en début de paragraphe, le courant maximal disponible n'est pas identique quelle que soit la tension. La DEL2 visualise sommairement la présence et le niveau de la tension de sortie. En cas de surcharge ou de court-circuit, la protection interne du TL497A fait son office.

### Liste des composants

#### Résistances à 5 % :

- R1 à R5 : 5,6  $\Omega$  (vert, bleu, or, or)
- R6 : 1,2 k $\Omega$  (marron, rouge, rouge)
- R7 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- R8 : 330  $\Omega$  (orange, orange, marron)
- R9 : 2,7 k $\Omega$  (rouge, violet, rouge)

#### Résistance ajustable :

- AJ1 : résistance ajustable verticale de 22 k $\Omega$  25 tours

#### Condensateurs :

- C1 : 470 à 1 000  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)
- C2 : 100 nF 63 V (mylar)
- C3 : 220 pF (céramique)
- C4 : 1 000  $\mu$ F 35 V (électrochimique à sorties axiales)

#### Composants actifs :

- D1 : 1N4007
- DEL1 rouge (au choix) 5 mm
- DEL2 verte (au choix) 5 mm
- CI1 : TL497A

#### Divers :

- L1 : self 180  $\mu$ H (voir texte. Sélectronic réf. 50.5628)
- 1 support de circuit intégré à 14 broches
- 2 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm
- Visserie  $\varnothing$  3 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

## 4.5 ALIMENTATION *STEP-DOWN* DE FORTE PUISSANCE : DE 0 À 25 V SOUS 6 À 8 A

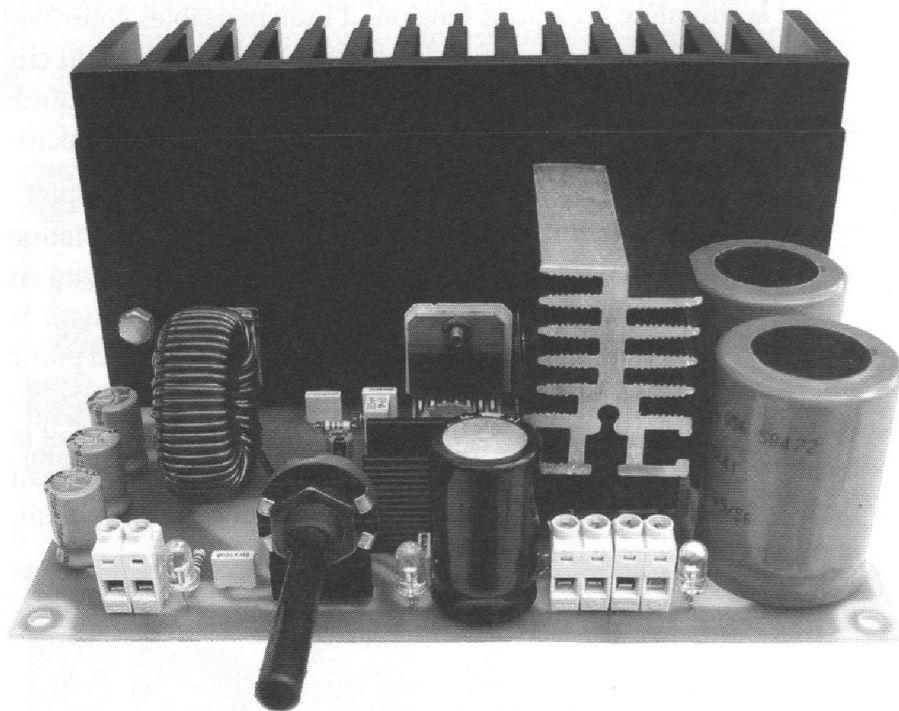


Photo 4.3.  
L'alimentation  
*step-down*  
de puissance.

### Présentation

Nous allons nous consacrer pour cette dernière réalisation, à une alimentation de forte puissance selon le principe *step-down*. La technique du découpage de la tension améliore grandement le rendement, limitant ainsi les pertes joules (échauffement). Sur les alimentations linéaires, néanmoins très fiables, pour un courant débité important, plus la tension de sortie est faible, plus l'étage de régulation doit dissiper de puissance. Cette caractéristique impose un lourd dissipateur thermique, largement sollicité. En découpage de tension, l'étage de puissance travaille en commutation. Si la tension de sortie requise est faible, les temps de conduction sont, tout simplement, plus courts. De cette manière, le rendement s'améliore et l'alimentation ne fournit, à peu de choses près, que la puissance nécessaire.

Nous aurions pu avoir recours aux composants discrets, mais leur choix est très délicat et l'étage de protection thermique et contre les surcharges, très difficile à mettre au point. Il existe, sur le marché, un composant spécifique intégrant une électronique complexe se chargeant de tout, ou presque, y compris de l'étage de commutation de forte puissance, hormis la diode Schottky. Le L4970 fonctionne uniquement sur le principe du découpage de type *step-down*. Il est donné pour un courant maximal de

10 ampères et une plage de tensions de sortie descendant à 0 volt, moyennant une petite astuce, pour un maximum de 25 volts ! Toutes les protections sont intégrées, de sorte qu'elle devient pratiquement indestructible, si elle a été construite avec soin, sa tension maximale d'entrée étant respectée.

### Analyse du schéma de principe

La **figure 4.10** donne le schéma de principe. Nous voyons la place importante qu'occupe le circuit intégré CI1. Sa complexité interne ne nous permet pas de vous montrer son schéma synoptique.

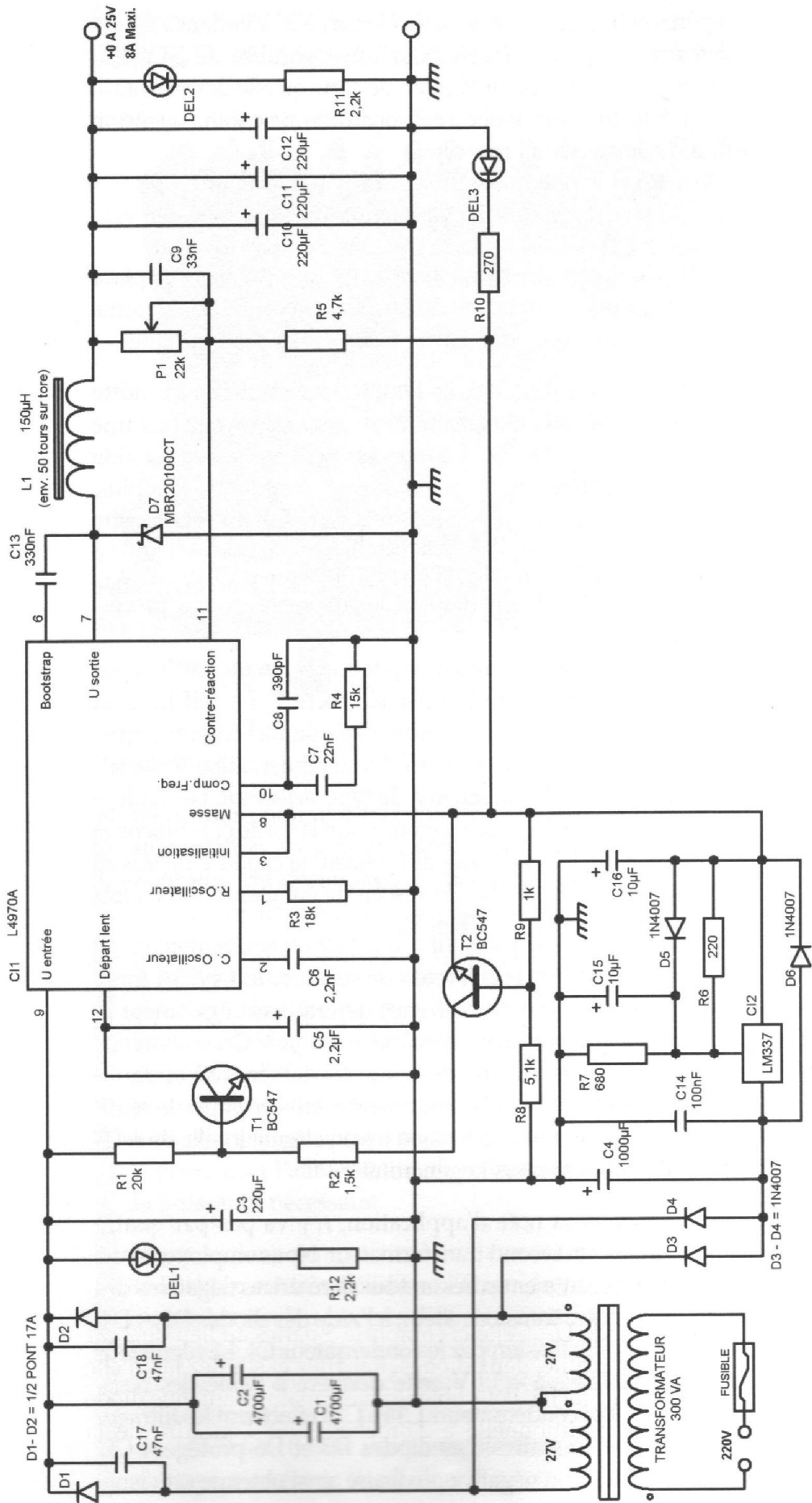
Qui dit fort courant, dit imposant transformateur. Le nôtre comporte deux secondaires de 27 V chacun et peut délivrer une puissance totale de 300 VA. Le redressement s'effectue à l'aide des deux diodes D1 et D2 intégrées dans un pont de 17 A ou plus. Chacune comporte, en parallèle, son condensateur antiparasite (C17 et C18). Le filtrage général de la tension d'entrée est confié à C1 et C2, puis C3 près du circuit intégré. La DEL1, accompagnée de sa résistance de limitation R12, atteste sa présence.

La tension principale de puissance attaque le circuit L4970A par la broche 9. La sortie s'effectue par la broche 7. La self L1 et la diode Schottky D7, supportant toutes deux un fort courant, constituent les éléments indispensables d'une alimentation à découpage et sont reliées selon le schéma de type *step-down*. Le condensateur de « bootstrap » C13 se raccorde entre la sortie et la broche 6. La résistance R3 et le condensateur C6 fixent la cadence de travail de l'oscillateur interne à CI1. Un réseau de compensation en fréquence est constitué de C7, C8 et R4.

Comme la plupart des régulateurs de tension, le L4970A fonctionne avec une tension de référence déterminant également la tension minimale de sortie. Ici, elle s'élève à + 5,1 V. Or, nous avons décidé que notre alimentation doit pouvoir descendre à un minimum de 0 V. Pour parvenir à nos fins, il a fallu tromper le régulateur en lui fournissant une tension inverse égale à celle de référence. Voici comment nous la générons.

Le fabricant, dans sa note d'application, n'y va pas par quatre chemins, il utilise un second transformateur. Nous employons une méthode plus élégante en redressant les alternances négatives des secondaires de notre transformateur, à l'aide des diodes D3 et D4, puis en filtrant cette tension par le condensateur C4. Le régulateur variable CI2 stabilise à - 5,1 V cette dernière à l'aide des résistances R6 et R7. Les condensateurs C14 à C16 effectuent les filtrages et découplages nécessaires. Les diodes D5 et D6 protègent CI2 des retours. La tension négative auxiliaire ainsi obtenue est visua-

Figure 4.10.  
Schéma de principe  
de l'alimentation *step-down* de puissance.





lisée par la DEL3 limitée par R10. Elle fournit la « fausse » masse au régulateur L4970A sur ses broches 3 et 8, mais elle est également utilisée à d'autres fins.

Elle sert à la contre-réaction, par la broche 11 de CI1, fixant la tension de sortie variable entre 0 et + 25 V, *via* la résistance de référence R5 et le potentiomètre P1. Le condensateur C9 filtre ce réglage. Cette tension de - 5,1 V est employée pour faire démarrer en douceur CI1 à l'aide du circuit composé par les transistors T1 et T2 entourés des résistances R1, R2, R8, R9 et du condensateur C5.

Les condensateurs C10 à C12 filtrent la tension de sortie en éliminant l'ondulation résiduelle. La DEL2 accompagnée de sa résistance de limitation R11, donne une évaluation du niveau de sortie.

### Réalisation pratique

Reportez-vous à la **figure 4.11** pour le dessin du typon de ce circuit imprimé de taille relativement importante. De par la large section des pistes il convient d'opter, de préférence, pour le procédé photographique.

Hormis le transformateur d'alimentation, la platine supporte tous les composants et limite, de ce fait, les câblages externes. Accordez un soin tout particulier à vous procurer toutes les pièces nécessaires. Sur une alimentation à découpage de cette puissance, la self et la diode de puissance Schottky ont une importance capitale. Si vous choisissez une équivalence, veillez à ce qu'elle soit encore meilleure, surtout pour la rapidité et la capacité interne de la diode !

Passez ensuite au travail de perçage de tous les trous à 0,8 mm de diamètre, puis alésez tous ceux qui devront laisser passer des pattes de composant d'une section plus importante. N'oubliez pas les trous de fixation à 3 mm.

Réalisez ensuite l'inductance L1 en bobinant environ 52 spires sur un tore magnétique à haut flux. Pour la maquette du livre, nous avons utilisé un modèle de dimensions :

( $\varnothing$  ext.) 33,8 mm  $\times$  ( $\varnothing$  int.) 19,3 mm  $\times$  (épaisseur) 11,61 mm,

disponible chez St-Quentin Radio sous la référence : N402-58071.

Préparez la diode D7. Celle-ci comporte 3 pattes au lieu de 2 car elle intègre, en réalité, deux diodes. Rabattez et soudez la broche centrale vers la gauche. Vous obtenez bien, maintenant, une diode de puissance traditionnelle à 2 broches (voir l'encadré de la **figure 4.12**).

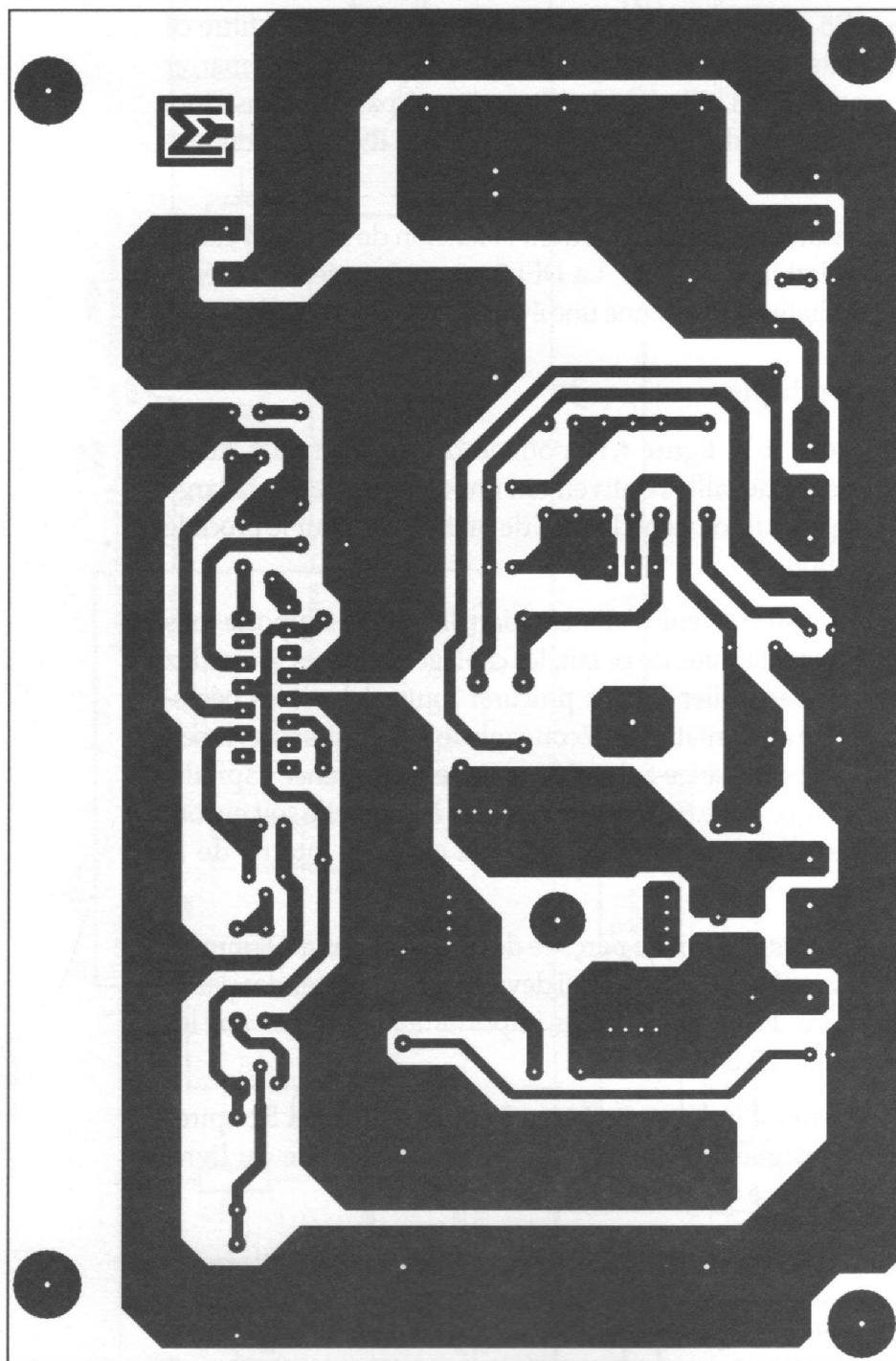
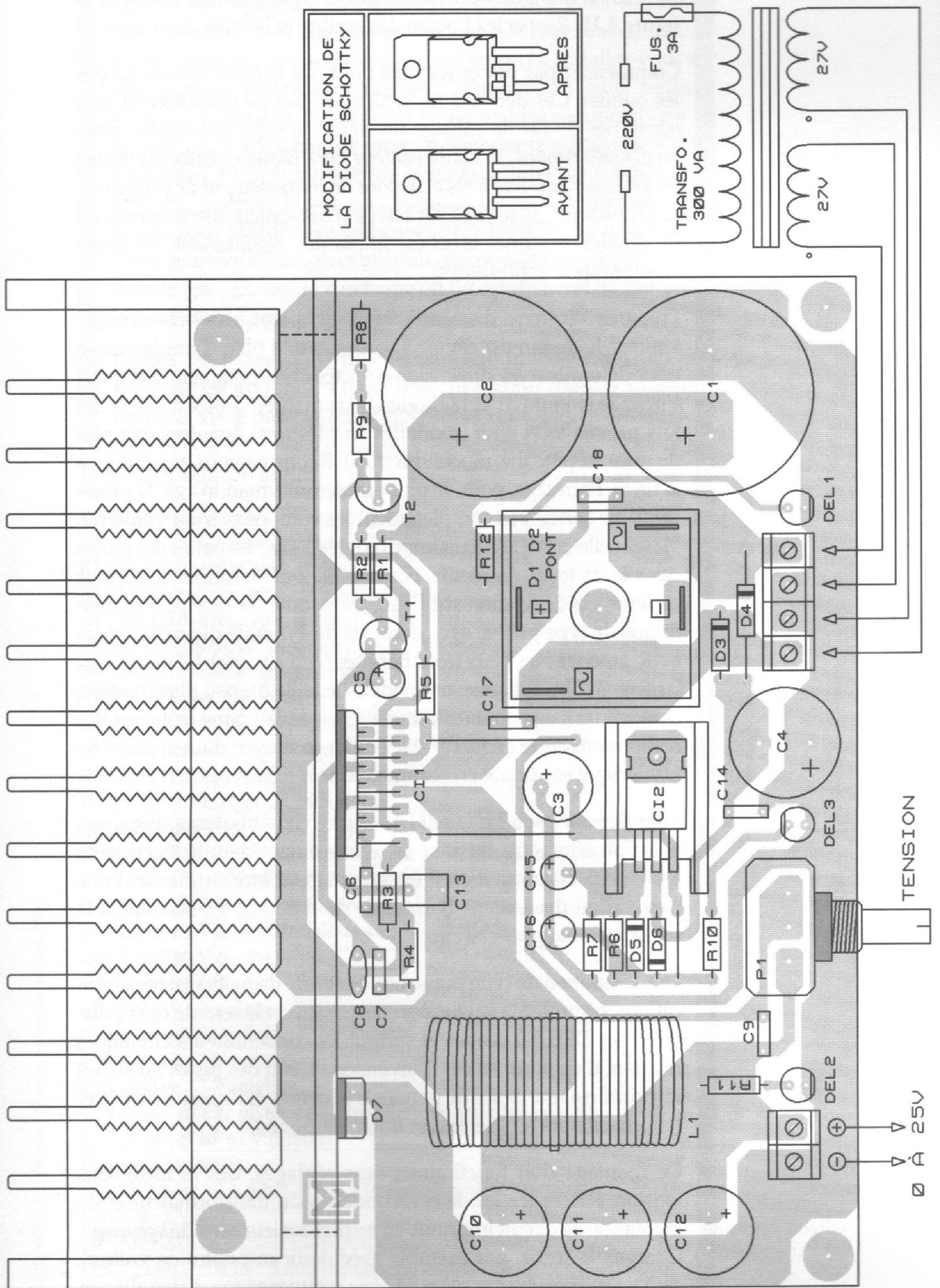


Figure 4.11.  
Circuit imprimé  
de l'alimentation *step-down*  
de puissance (côté cuivre).

Figure 4.12. (ci-contre)  
Implantation des composants  
de l'alimentation *step-down*  
de puissance.





Le plan d'implantation précis des composants est donné à la **figure 4.12**. Respectez l'ordre de fragilité et la taille de ceux-ci.

Commencez par placer les trois ponts de liaisons afin de ne pas les oublier. Ces derniers ne véhiculent pas de puissance et sont constitués de fils de câblage fin rigide. Soudez ensuite les résistances, les diodes, le condensateur céramique et ceux au mylar, les DEL, les borniers à vis et le pont de redressement de puissance. Le régulateur CI2 se visse sur son petit dissipateur thermique avant de souder ses trois broches. Implantez maintenant les petits condensateurs chimiques.

Préparez l'équerre dissipatrice (sciage, perçages et ébavurage). Utilisez le dessin du circuit imprimé, ou le plan d'implantation pour déterminer les dimensions exactes et les pointages des trous. Vissez le circuit CI1 et la diode D7 de manière isolée à l'aide des kits prévus à cet effet (rondelles en plastique épaulées, plaques de mica, et pâte thermoconductrice). Reportez-vous en annexe, à la fin de l'ouvrage, pour de plus amples informations sur la procédure. Ne serrez pas complètement les composants sur l'équerre. Vissez celle-ci sur le circuit imprimé en passant les pattes des pièces dans leurs trous respectifs. Soudez-les, puis terminez le serrage de leurs vis de fixation sur l'équerre. Montez le dissipateur thermique de type peigne avec deux vis de 4 mm de diamètre, après avoir aménagé les deux trous borgnes (voir annexe). Ce dernier est largement dimensionné, un modèle de taille un peu plus modeste conviendrait également. Assurez-vous de la bonne isolation des composants entre l'équerre et le boîtier au moyen d'un multimètre numérique commuté en ohmmètre.

Pour terminer, soudez la self L1, les gros condensateurs chimiques et le potentiomètre. Le pont de redressement chauffe légèrement à pleine puissance ; il peut éventuellement être surmonté d'une partie d'un dissipateur thermique de type « S53 » découpé à la scie à métaux, puis ébavuré.

Une réalisation de cette puissance, nécessite de méticuleuses vérifications. contrôlez la valeur des composants et le sens de ceux polarisés : les DEL, les diodes et surtout les condensateurs chimiques risquant d'exploser en cas d'inversion ! L'état des pistes du circuit imprimé est une cause de pannes fréquentes et difficiles à déceler (courts-circuits accidentels et microcoupures).

Ce montage doit fonctionner, sans réglages, dès la mise sous tension. Raccordez les deux secondaires du transformateur d'alimentation au circuit imprimé, en respectant leur sens de bobinage. Chargez la sortie, par exemple avec deux ampoules de voiture, de 5 watts chacune, montées en série ; souvenez-vous, une alimen-



tation à découpage ne fonctionne pas, ou mal à vide. Tournez le potentiomètre P1 en butée dans le sens anti-horaire (0 volt). Munissez le primaire d'un fusible d'environ 3 ampères. Installez-vous **sur une surface isolante** et mettez l'alimentation sous tension. Mesurez la tension de sortie en l'augmentant régulièrement en manœuvrant P1. Chargez progressivement la sortie jusqu'à 6 à 8 ampères. Si la limitation de surcharge intervient avant cette intensité, revoyez la self, ou choisissez un modèle de diode plus rapide pour D7 (donnée fabricant : STPS1545CT). La maquette de l'auteur arrive à 7 ampères avec les composants du schéma et cités dans la liste. En cas de surcharge ou de court-circuit, la protection interne de CI1 entre en action.

**Prenez les précautions d'isolement habituelles avant de vous servir de cet appareil, s'il est relié au secteur (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).**

### Liste des composants

#### Résistances à 5 % :

R1 : 20 k $\Omega$  (rouge, noir, orange)  
 R2 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)  
 R3 : 18 k $\Omega$  (marron, gris, orange)  
 R4 : 15 k $\Omega$  (marron, vert, orange)  
 R5 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 R6 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 R7 : 680  $\Omega$  (bleu, gris, marron)  
 R8 : 5,1 k $\Omega$  (vert, marron, rouge)  
 R9 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R10 : 270  $\Omega$  (rouge, violet, marron)  
 R11 ; R12 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)

#### Condensateurs :

C1 ; C2 : 4 700  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C3 ; C10 à C12 : 220  $\mu$ F 50 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C4 : 1 000  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C5 : 2,2  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C6 : 2,2 nF 63 V (mylar)  
 C7 : 22 nF 63 V (mylar)  
 C8 : 390 pF (céramique)  
 C9 : 33 nF 63 V (mylar)  
 C13 : 330 nF 63 V (mylar)  
 C14 : 100 nF 63 V (mylar)  
 C15 ; C16 : 10 à 22  $\mu$ F 63 V (électrochimique à sorties axiales)  
 C17 ; C18 : 47 nF 63 V (mylar)

#### Composants actifs :

D1 ; D2 : pont 17 A (SKB 25/01 à 16 par exemple)  
 D3 à D6 : 1N4007  
 D7 : MBR20100CT (Sélectronic) ou mieux (voir texte)  
 DEL1 ; DEL2 ; DEL3 : 5 mm (couleur au choix)  
 T1 ; T2 : BC547

CI1 : L4970A

CI2 : LM337

**Divers :**

1 transformateur 2 × 27 V 300 VA (torique de préférence)

Tore magnétique haut flux (St-Quentin Radio réf. N402-58071) (voir texte)

Fil de cuivre émaillé Ø 1,3 à 1,5 mm (environ 3 m)

1 bornier à 2 vis au pas de 5,08 mm

1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm

1 dissipateur thermique type peigne (longueur 70 mm) (voir texte)

1 dissipateur thermique type S53 à découper (voir texte)

1 dissipateur thermique pour TO220 type ML26

1 équerre dissipatrice en aluminium 40 × 60 longueur 150 mm (voir texte)

1 kit d'isolation pour montage de TO220

1 kit d'isolation pour montage de boîtier multiwatt 15

Boîtier isolant (plastique), fusible 2 à 3 A et porte-fusible

Visserie Ø 3 et 4 mm (vis, écrous, rondelles, etc.)

# CONCLUSION

Nous voici arrivés au terme de cet ouvrage. Un auteur technique, pris dans le sujet de son livre, aimerait l'étoffer encore et encore afin de ne laisser aucune lacune en la matière. Malheureusement, les impératifs de l'édition définissent des limites. Nous espérons avoir, malgré tout, répondu à vos attentes.

Nous vous avons proposé un recueil de réalisations complètes et fiables, plutôt qu'un cours théorique ; c'est un peu la raison pour laquelle nous n'avons pas traité des multiplicateurs de tension à diodes. Ces types d'appareils, très dangereux, supportent mal les expérimentations et offrent peu d'intérêt pour les applications courantes.

Les lecteurs souhaitant réaliser des chargeurs de batteries se tourneront vers les nombreux ouvrages de la collection ETSF chez Dunod qui, sans être totalement consacrés à ce sujet, proposent des montages aboutis.

# ANNEXES

## A.1 FIXATION DES COMPOSANTS SUR LES DISSIPATEURS THERMIQUES

Bon nombre d'entre vous savent pertinemment comment procéder pour fixer un composant de puissance sur un dissipateur thermique en maintenant l'isolation électrique entre les deux. Cette annexe s'adresse tout particulièrement aux électroniciens ne maîtrisant pas toutes les techniques. Pour les premiers, nous n'avons pas voulu encombrer les descriptions de nos réalisations par des propos inutiles. Pour les seconds nous allons étudier, en aparté, ces manipulations un peu délicates.

### Fixation directe du dissipateur sur la platine

Voici le cas le plus courant au fil de ce livre. Le dissipateur thermique est vissé sur la platine, et les composants de puissance (régulateurs ou transistors) doivent prendre place sur ce dernier sans pour autant établir une liaison électrique. Tout d'abord, voyons la liste du matériel nécessaire dans ce que nous avons appelé : un kit d'isolation pour transistor de puissance. Pour chaque composant, il faut :

- une vis de 3 mm de diamètre (longueur selon épaisseur du dissipateur) ;
- un écrou pour vis de 3 ;
- une rondelle plate de 3 mm de diamètre ;
- une rondelle éventail de 3 mm de diamètre ;
- une rondelle entretoise épaulée appelée aussi canon isolant, en plastique ;
- une plaque de mica, ou autre matériau spécifique (taille selon le composant) ;
- et enfin, de la pâte thermoconductrice à base de silicone.



Nous allons décrire le montage dessiné à la **figure A1.1** pour la fixation d'un composant. S'il y en a plusieurs, il suffit de répéter l'opération. Commencez par situer les différentes pièces, notamment le circuit imprimé et le dissipateur thermique.

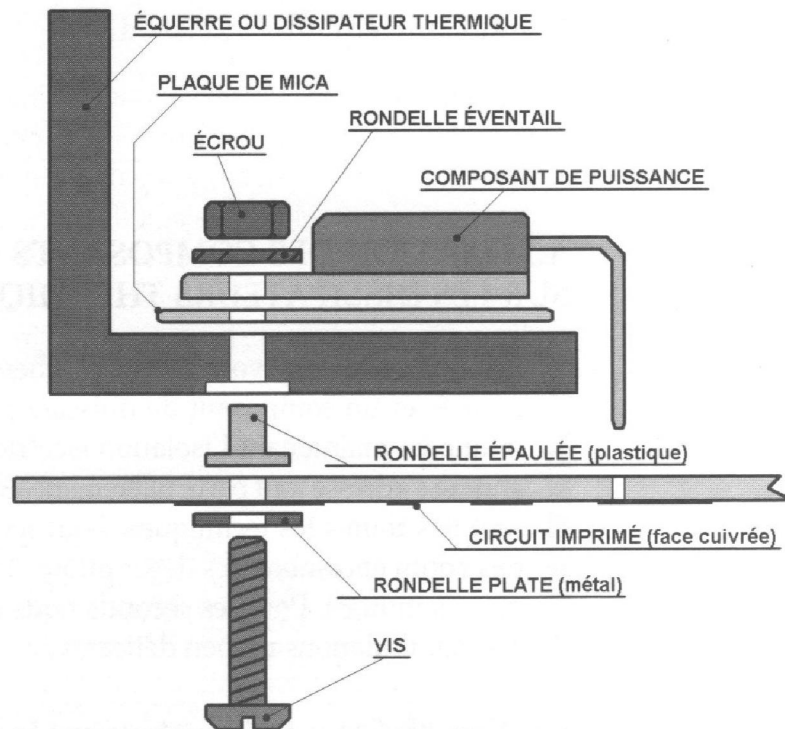


Figure A1.1.  
Montage du  
dissipateur thermique  
sur la platine

Il existe différentes manières de procéder, la nôtre a fait preuve de fiabilité.

Préparez le perçage du dissipateur. Ce travail demande de la délicatesse, surtout pas d'efforts trop importants ! En regard du trou du circuit imprimé, aidez-vous des typons et plans d'implantation des composants, percez-le à 4 mm de diamètre sur toute son épaisseur. Sur le dos, effectuez un contre-perçage de 6,5 mm de diamètre sur 1 mm d'épaisseur seulement.

Insérez la rondelle épaulée en plastique. Elle ne doit pas dépasser de la surface du dissipateur. Dans le cas contraire, en dessous, percez un peu plus profond l'alésage de 6,5 mm et au dessus, il suffit d'araser le plastique qui déborde à l'aide d'un cutter. Posez le dissipateur ainsi équipé, sur la face composants du circuit imprimé. Enfilez la vis munie de sa rondelle plate à travers le tout. Garnissez d'une fine couche de pâte thermoconductrice les deux faces de la plaque de mica, et positionnez-la, traversée par la vis, à l'emplacement du composant. Placez le composant, bien aligné, mettez la rondelle éventail et serrez moyennement l'écrou. Corrigez éventuellement l'alignement et vérifiez l'isolation élec-

trique entre le composant et le dissipateur au moyen d'un multimètre numérique commuté en ohmmètre.

Soudez les pattes du transistor ou du régulateur sur le circuit imprimé et terminez le serrage de l'écrou.

### Fixation du dissipateur sur une équerre intermédiaire

Dans notre ouvrage, cette situation ne se retrouve que sur l'alimentation à découpage de forte puissance au chapitre 5. Le principe reste identique, maintenir une isolation électrique parfaite entre le composant et le dissipateur. Sur notre livre, il s'agit d'un régulateur et d'une diode de puissance. La liste du matériel est la même que précédemment. Commencez, là aussi, par situer les différentes pièces, notamment le dissipateur thermique, l'équerre et le circuit imprimé sur la **figure A1.2**.

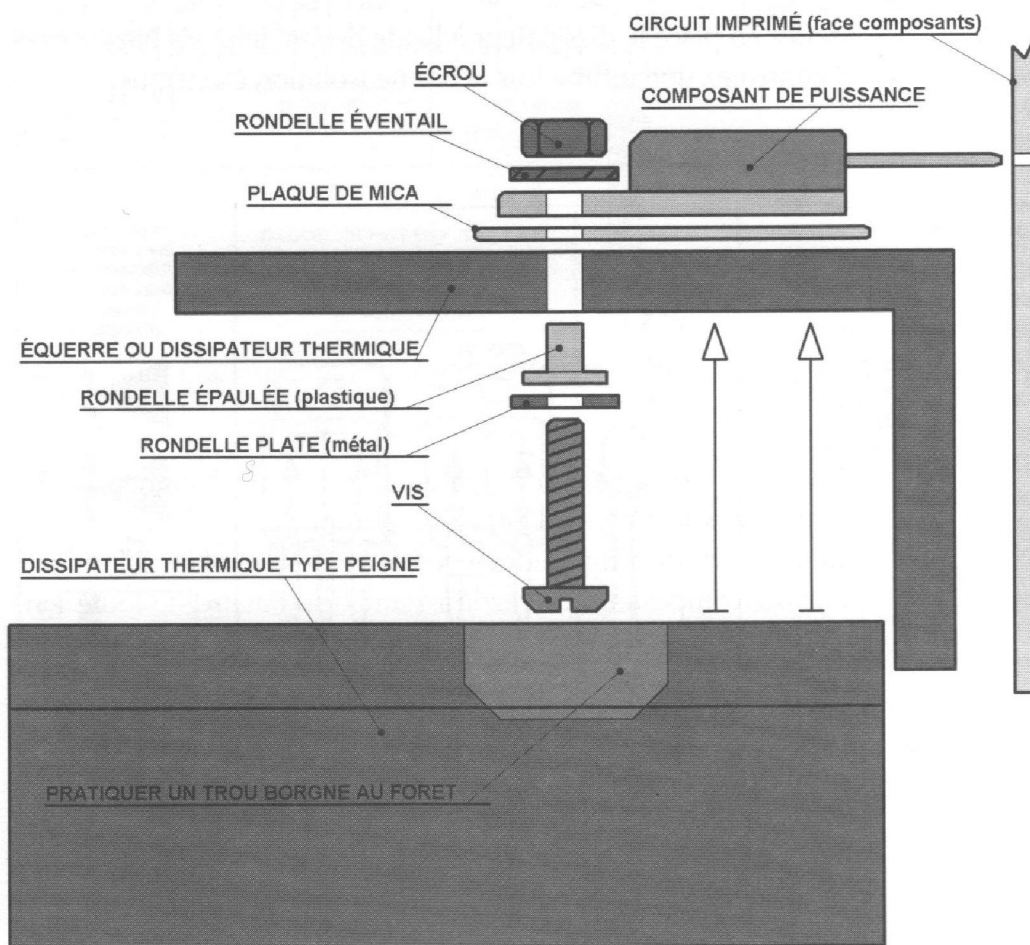


Figure A1.2.  
Montage du  
dissipateur thermique  
sur une équerre

Tracez les perçages de l'équerre en regard de l'emplacement des composants et pour la fixation du dissipateur. Percez-la à 4 mm de diamètre. D'autre part, repérez l'emplacement des futures fixations des composants sur le dissipateur thermique, l'opération est

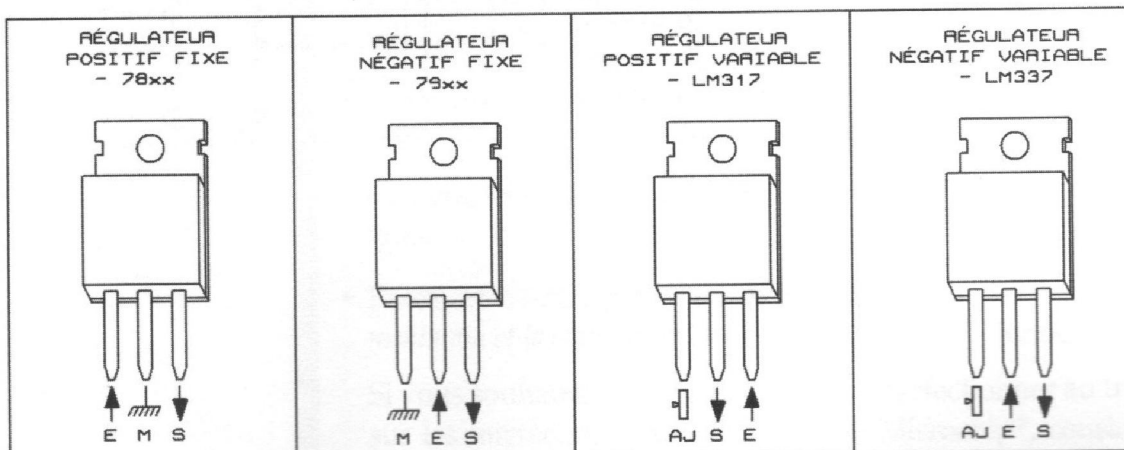
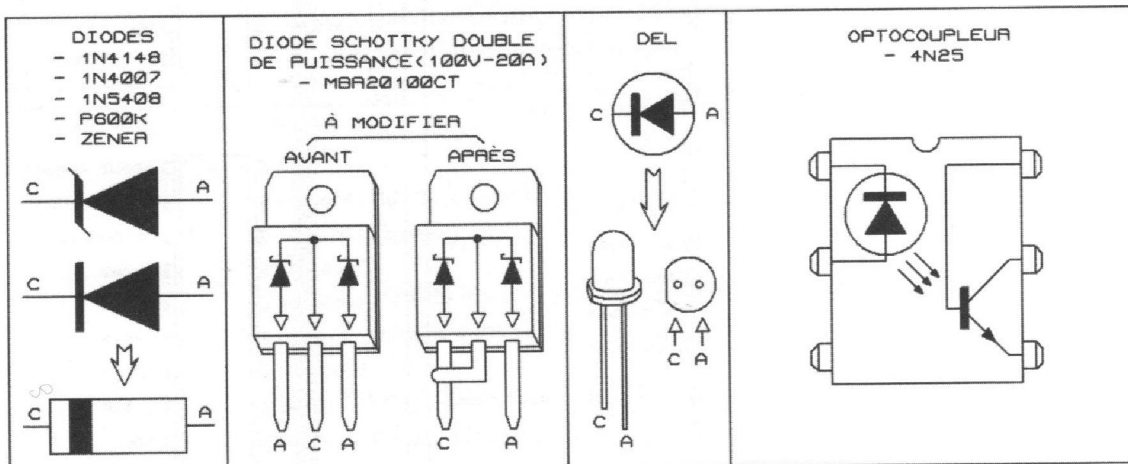
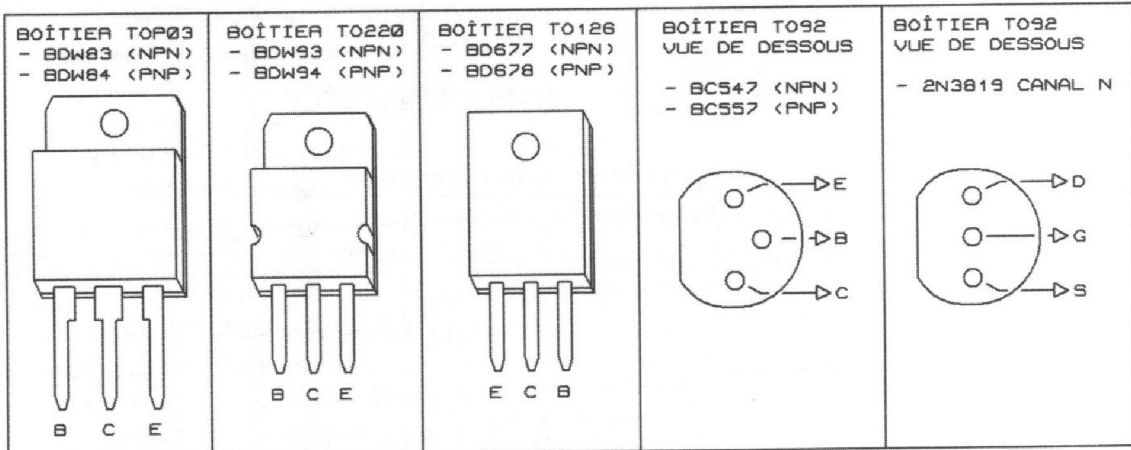
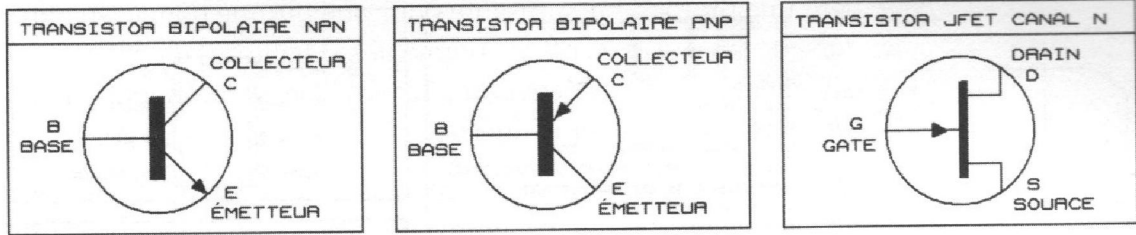
simple, car les trous sont déjà prêts sur l'équerre. Nous voici arrivés au point délicat. Effectuez un trou borgne sur chacun de ces repères au dos du dissipateur. Commencez par un faible diamètre en calculant une profondeur suffisante pour obtenir une bonne isolation lorsque la vis sera en place. Augmentez la taille des forets progressivement pour arriver environ à 12 mm. Percez également à 4 mm ses deux fixations sur l'équerre.

Insérez la rondelle épaulée en plastique à partir du dos de l'équerre, logez-y une vis munie de sa rondelle plate, sur l'autre face, placez la plaque de mica garnie de pâte, le composant, la rondelle éventail, puis serrez légèrement l'écrou. Vérifiez une première fois l'isolation électrique.

Fixez l'équerre sur la platine, en passant les pattes des composants dans leurs trous respectifs. Soudez-les, serrez définitivement les écrous du régulateur et de la diode, puis vérifiez à nouveau l'isolation.

Mettez en place le dissipateur à l'aide de ses deux vis bien serrées et contrôlez une ultime fois la bonne isolation électrique.

## A.2 BROCHAGE DES COMPOSANTS

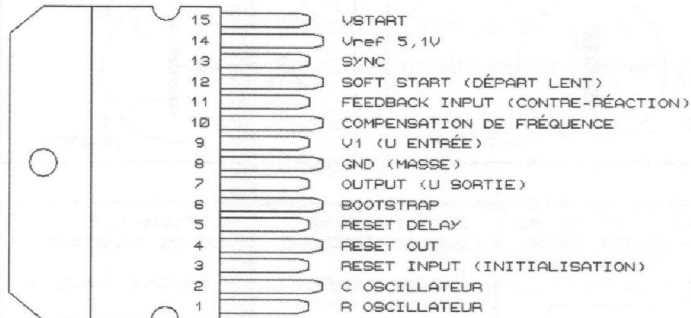


© DUNOD - La photocopie non autorisée est un délit.

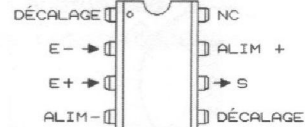


# RÉALISER VOS ALIMENTATIONS ÉLECTRONIQUES

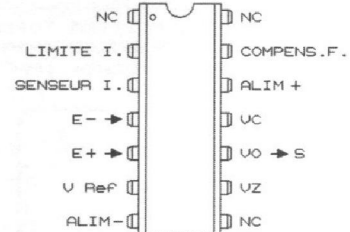
## RÉGULATEUR À DÉCOUPAGE L4970A



## LM741

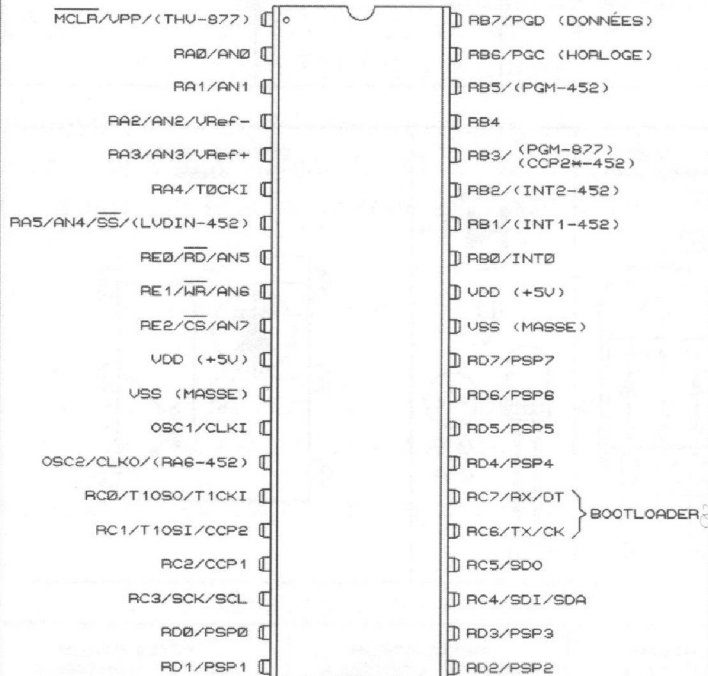


## LM723

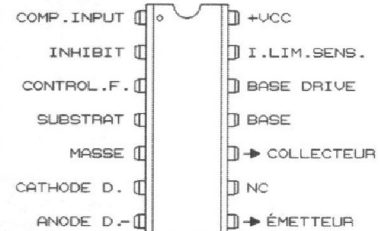


## -PIC18F877- & -PIC18F452-

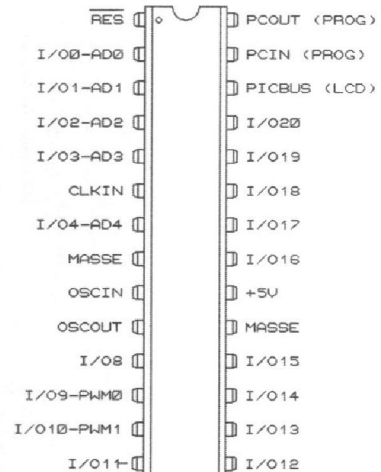
/(xxx-452) ==> OPTION POUR 18F452 UNIQUEMENT  
/(xxx-877) ==> OPTION POUR 18F452 UNIQUEMENT



## TL497A



## PICBASIC-3B (ComFile)



# RÉFÉRENCES UTILES

## BIBLIOGRAPHIE

Nous vous recommandons quelques livres ayant un lien étroit avec cet ouvrage. Ils offrent un approfondissement des connaissances et pour la plupart, un choix de réalisations. Il va de soi qu'il existe bien d'autres ouvrages de qualité, mais nous ne pouvons, hélas, tous les citer !

- Philippe BAJCIK et Patrice OGUIC, *Électronique pour modélisme radiocommandé*, 2<sup>e</sup> édition, coll. ETSF, Dunod, 2004

Patrice OGUIC est un auteur parmi les plus compétents et les plus connus du monde de l'électronique. Vous trouverez, entre autres, dans ce livre, des alimentations et des chargeurs de batteries.

- Patrick GUEULLE, *Circuits imprimés et PC*, 3<sup>e</sup> édition, coll. ETSF, Dunod, 2004

Toutes les techniques de fabrication des circuits imprimés y sont passées en revue, et l'auteur vous livre ses précieux conseils.

- Guy ISABEL, *S'initier à la programmation des PICBASIC*, coll. ETSF, Dunod, 2005

Ce livre constitue un très bon apprentissage de ce type de microcontrôleur.

- Pierre MAYÉ, *Les Alimentations électroniques*, coll. EEA, Dunod, 2001

Ce livre, très complet, aurait pu s'intituler « Bible des alimentations » !

- Pascal MAYEUX, *Apprendre la programmation des PIC par l'expérimentation et la simulation*, 3<sup>e</sup> édition, coll. ETSF, Dunod, 2005

Si vous souhaitez vous initier, ou vous perfectionner au travail sur les microcontrôleurs PIC de chez Microchip®, considérez que cet ouvrage est le meilleur ! La prise en main et les

réalisations proposées sont parfaites. De plus, le coffret comporte plusieurs CD-ROM.

- Yves MERGY, *Pour s'initier à l'électronique logique et numérique*, coll. ETSF, Dunod, 2002

Ce précédent ouvrage de l'auteur traite du « Basic-Stamp II » ; ce microcontrôleur à la programmation aisée aurait bien pu servir ici, à une alimentation à commande numérique. Il propose aussi la réalisation d'une alimentation « à tout faire ».

- *Électronique Pratique* : l'auteur participe à la rédaction de ce magazine mensuel qui a toujours su vous proposer des réalisations complètes originales sur tous les sujets.

### REVENDEURS DE COMPOSANTS

La liste des revendeurs que voici n'est absolument pas limitative. Chacun d'entre-vous connaît sûrement un commerçant auprès duquel il a l'habitude de se fournir. Bien que cet ouvrage ne fasse référence qu'à des composants très courants, il se peut que certains revendeurs soient en rupture de stock, ou ne distribuent pas un article précis. Ces raisons nous ont poussés à vous proposer certaines adresses où l'auteur s'approvisionne.

SAINT-QUENTIN RADIO

<http://www.stquentin.net>

6 rue de Saint-Quentin

75010 Paris

Tél. : 01 40 37 70 74

SELECTRONIC

<http://www.selectronic.fr>

11 place de la Nation

75011 Paris

Tél. : 01 55 25 88 00

ou

86 rue de Cambrai

BP 513

59022 Lille

Tél. : 03 28 55 03 28

LEXTRONIC (distributeur du PicBasic-3B en France)

<http://www.lextronic.fr>

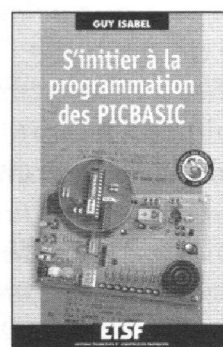
36/40 rue du Général De Gaulle

94510 La-Queue-en-Brie

Tél. : 01 45 76 83 88

## Dans la même collection

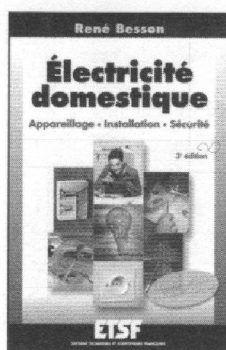
### Composants programmables et informatique



- Initiation au microcontrôleur 68HC11 (+ Disquette), Bairanzadé, 224 p., 31,50 €.*
- Basic pour microcontrôleurs et PC (+ CD-Rom), Gueulle, 152 p., 32 €.*
- Logiciels PC pour l'électronique (+ CD-Rom), Gueulle, 208 p., 36,50 €.*
- Cartes magnétiques et PC (+ Disquette), Gueulle, 136 p., 32 €.*
- PC et cartes à puces (+ Disquette + CD-Rom), Gueulle, 152 p., 37 €.*
- Cartes à puces (+ CD-Rom). 2<sup>e</sup> éd., Gueulle, 176 p., 37 €.*
- Montages à composants programmables sur PC (+ web). 2<sup>e</sup> éd., Gueulle, 160 p., 26 €.*
- Plus loin avec les cartes à puce (+ CD-Rom), Gueulle, 176 p., 38 €.*
- Circuits imprimés et PC (+ CD-Rom). 3<sup>e</sup> éd., Gueulle, 184 p., 35 €.*
- Composants électroniques programmables sur PC (+ CD-Rom) 3<sup>e</sup> éd., Gueulle, 176 p., 33 €.*
- Détecteurs et autres montages pour la pêche, Isabel, 128 p., 23,50 €.*
- S'initier à la programmation des PIC BASIC (+web), Isabel, 176 p., 26 €.*
- L'USB pour tous (+ CD-Rom), Le Mieux, 240 p., 35 €.*
- Apprendre la programmation des PIC par l'expérimentation et la simulation (Coffret livre + 3 CD-Rom). 3<sup>e</sup> éd., Mayeux, 368 p., 56 €.*
- Programmateurs pour microcontrôleurs et mémoires (+ web), Morin, 224 p., 26,50 €.*
- PC et télémesures (+ Disquette), Oguic, 256 p., 36 €.*
- Mesures et PC (+ web), Oguic, 264 p., 32 €.*
- L'interface parallèle du PC (+ web), Oguic, 144 p., 23 €.*
- Électronique et programmation (+ web), Reboux, 192 p., 26 €.*
- S'initier à la programmation des PIC (+ CD-Rom). 2<sup>e</sup> éd., Reboux, 224 p., 38 €.*
- Progresser avec les Microcontrôleurs PIC (+ CD-Rom), Samblancat, 240 p., 35 €.*
- Montages autour des Basic Stamp (+ CD-Rom), Tavernier, 224 p., 33,50 €.*

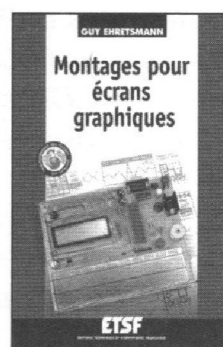
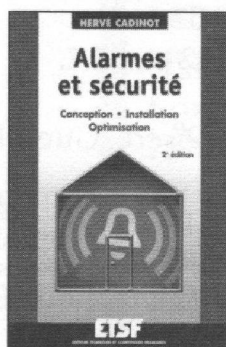


## Initiation



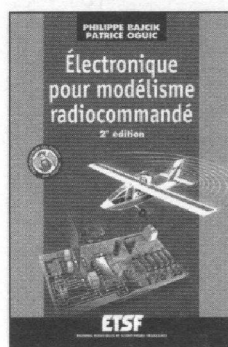
- Formation pratique à l'électronique moderne. 2<sup>e</sup> éd., Archambault, 200 p., 22 €.*  
*Électricité domestique. 3<sup>e</sup> éd., Besson, 192 p., 15 €.*  
*Pour s'initier à l'électronique. 2<sup>e</sup> éd., Fighiera, 216 p., 24,50 €.*  
*L'électronique à la portée de tous. 2<sup>e</sup> éd., Isabel, 216 p., 26 €.*  
*Pour s'initier à l'électronique logique et numérique (+ web), Mergy, 212 p., 24 €.*  
*Apprendre l'électronique fer à souder en main, Oehmichen, 224 p., 25 €.*  
*L'électronique ? Rien de plus simple ! 5<sup>e</sup> éd., Oehmichen, 256 p., 25 €.*  
*Progressez en électronique, Oehmichen, 304 p., 25 €.*  
*Oscilloscopes, Rateau, 256 p., 29,50 €.*  
*Mes premiers pas en électronique, Rateau, 192 p., 19,90 €.*  
*Le dépannage TV ? Rien de plus simple !, Six, 192 p., 21 €.*

## Montages



- Réalizations pratiques à affichages Led, Alary, 160 p., 22,50 €.*  
*Circuits imprimés en pratique, Alary, 136 p., 22,50 €.*  
*La liaison série RS232 (+ CD-Rom), André, 248 p., 42 €.*  
*Radiocommandes à modules HF (+ web), Cadinot, 208 p., 24 €.*  
*Émetteurs et récepteurs HF (+ web), Cadinot, 208 p., 24 €.*  
*Alarmes et sécurité. 2<sup>e</sup> éd., Cadinot, 224 p., 27 €.*  
*Montages pour écrans graphiques (+ web), Ehretsmann, 168 p., 24 €.*  
*Télécommandes. 3<sup>e</sup> éd., Gueulle, 144 p., 24 €.*  
*Téléphones portables et PC (+ CD-Rom). 2<sup>e</sup> éd., Gueulle, 184 p., 35 €.*  
*Construire ses capteurs météo, Isabel, 112 p., 20 €.*  
*Réalisez vos alimentations électroniques (+ web), Mergy, 176 p., 24 €.*  
*Montages domotiques, Tavernier, 224 p., 23,50 €.*  
*Surveillance et contre-surveillance électronique (+ web), Tavernier, 152 p., 23 €.*

## Robotique et modélisme



*Électronique pour modélisme radiocommandé (+ web)*, 2<sup>e</sup> éd., Bajcik, Oguic, 216 p., 28 €.

*Robotique mobile, 68HC11 et OS dédié (+ web)*, Duval, 224 p., 29 €.

*Petits robots mobiles*, Giamarchi, 144 p., 23 €.

*Construisons nos robots mobiles (+ web)*, Giamarchi, 176 p., 24 €.

*Robots mobiles programmables (+ CD-Rom)*, Giamarchi, 240 p., 33 €.

*Piloter deux trains miniatures en voie unique (+ web)*, Montfort, 144 p., 29 €.

*Montages pour la gestion d'un réseau de trains miniatures (+ web)*, Montfort, 184 p., 23 €.

*Radiocommande et électronique des modèles réduits (+web)*, Oguic, 160 p., 25 €.

*Modélisme ferroviaire*, Tissot, 160 p., 24 €.

*Électronique et modélisme ferroviaire*, Tissot, 176 p., 22,50 €.

## Composants

*Les Antennes*, 13<sup>e</sup> éd., Brault, 448 p., 42 €.

*Alimentations à piles et accus*, Gueulle, 152 p., 22 €.

*Cellules solaires*, 4<sup>e</sup> éd., Labouret, 128 p., 23 €.

*Guide de choix des composants*, Machut, 208 p., 26,50 €.

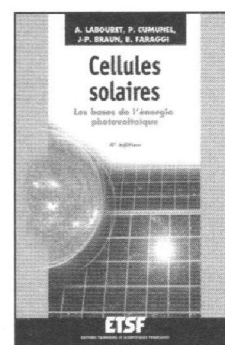
*Les infrarouges en électronique (+ web)*, Mayé, 216 p., 29 €.

*Antennes pour satellites*, Nueffer, 168 p., 25 €.

*Moteurs pas-à-pas et PC (+ web)*, 2<sup>e</sup> éd., Oguic, 184 p., 25 €.

*Les CMS*, Péto, 128 p., 22 €.

*Interfaces GSM (+ web)*, Rey, 272 p., 30 €.



## Nostalgie

*Restauration des récepteurs à lampes*, Cayrol, 160 p., 25 €.

*Les appareils BF à lampes*, Cayrol, 200 p., 27 €.

*Schémathèque Radio des Années 30*, Sorokine, 192 p., 35 €.

*Schémathèque Radio des Années 40*, Sorokine, 176 p., 35 €.

*Schémathèque Radio des Années 50*, Sorokine, 176 p., 35 €.

