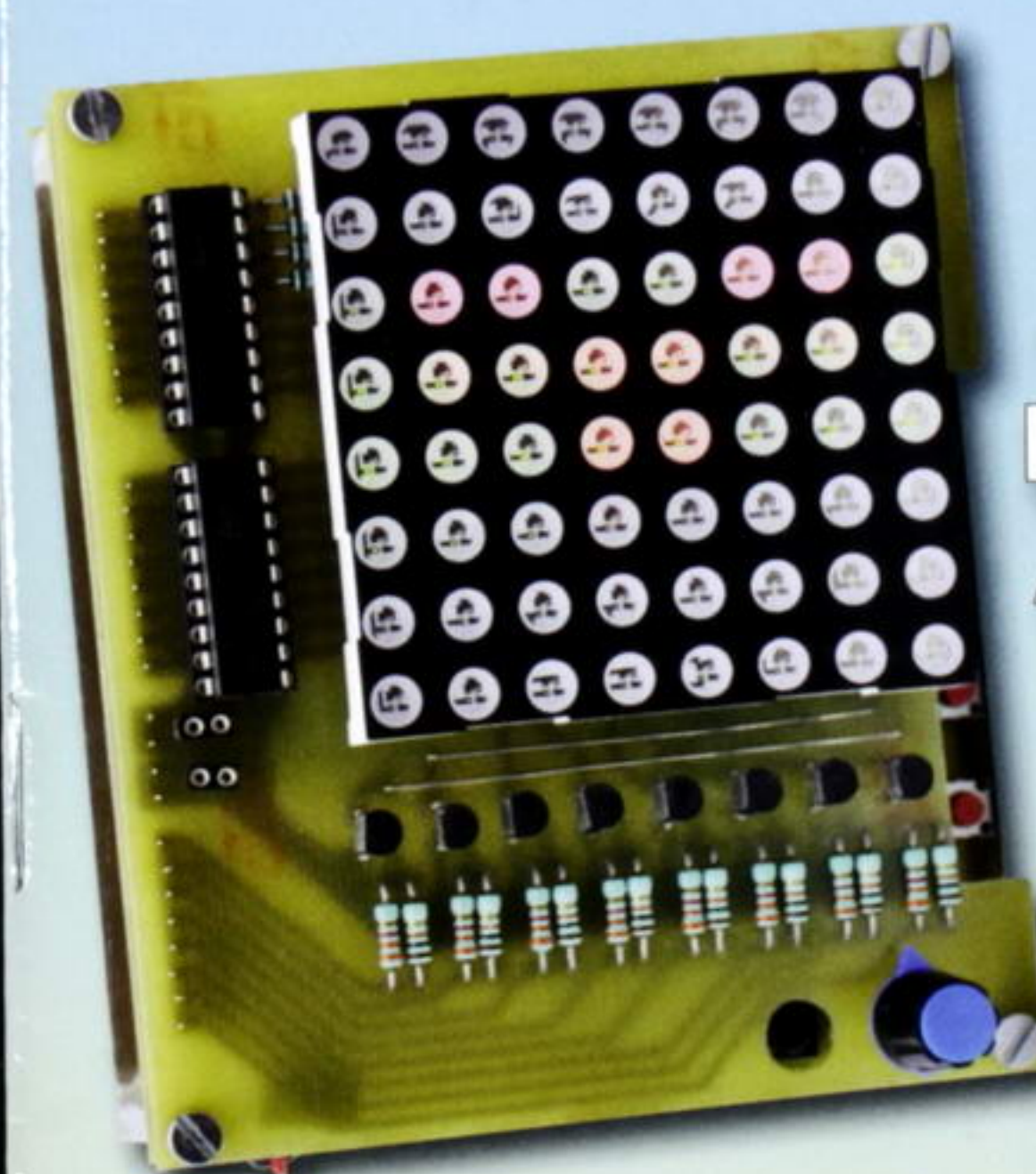


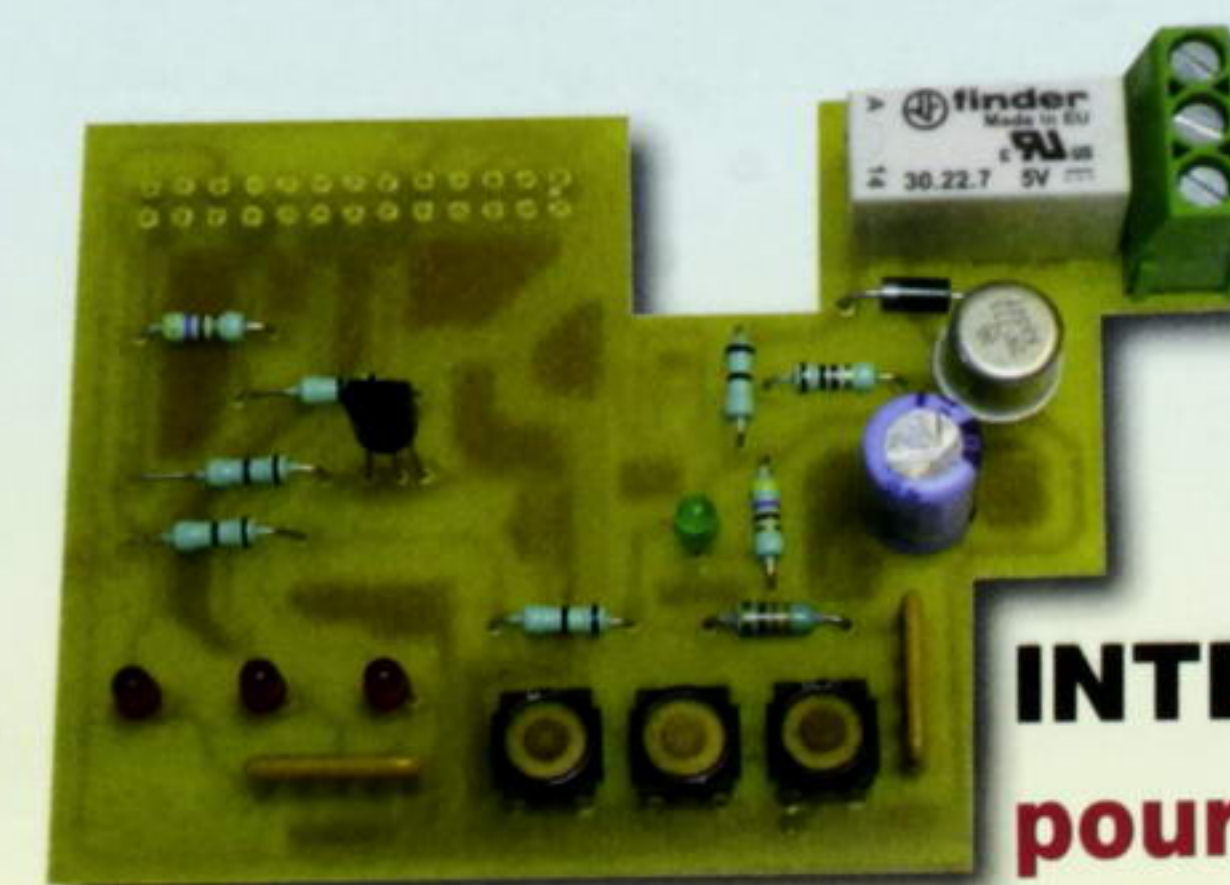
## LES AOP DE PUISSANCE OPA541 et OPA549



## MATRICE À 64 LEDS BICOLORES avec PICAXE-40X2



## CARILLON pour clocheton



## INTERFACE pour Raspberry Pi

• FRANCE : 6,00 € • DOM AVION : 7,40 € • DOM  
SURFACE : 6,80 € • TOM/S : 9,00 CFP • PORTUGAL  
CONT. : 6,90 € • BELGIQUE : 6,50 € • ESPAGNE :  
6,90 € • GRÈCE : 6,90 € • ITALIE : 6,80 € • MAROC :  
66 MAD • TUNISIE : 9,90 TND • CANADA : 9,75 \$CAD

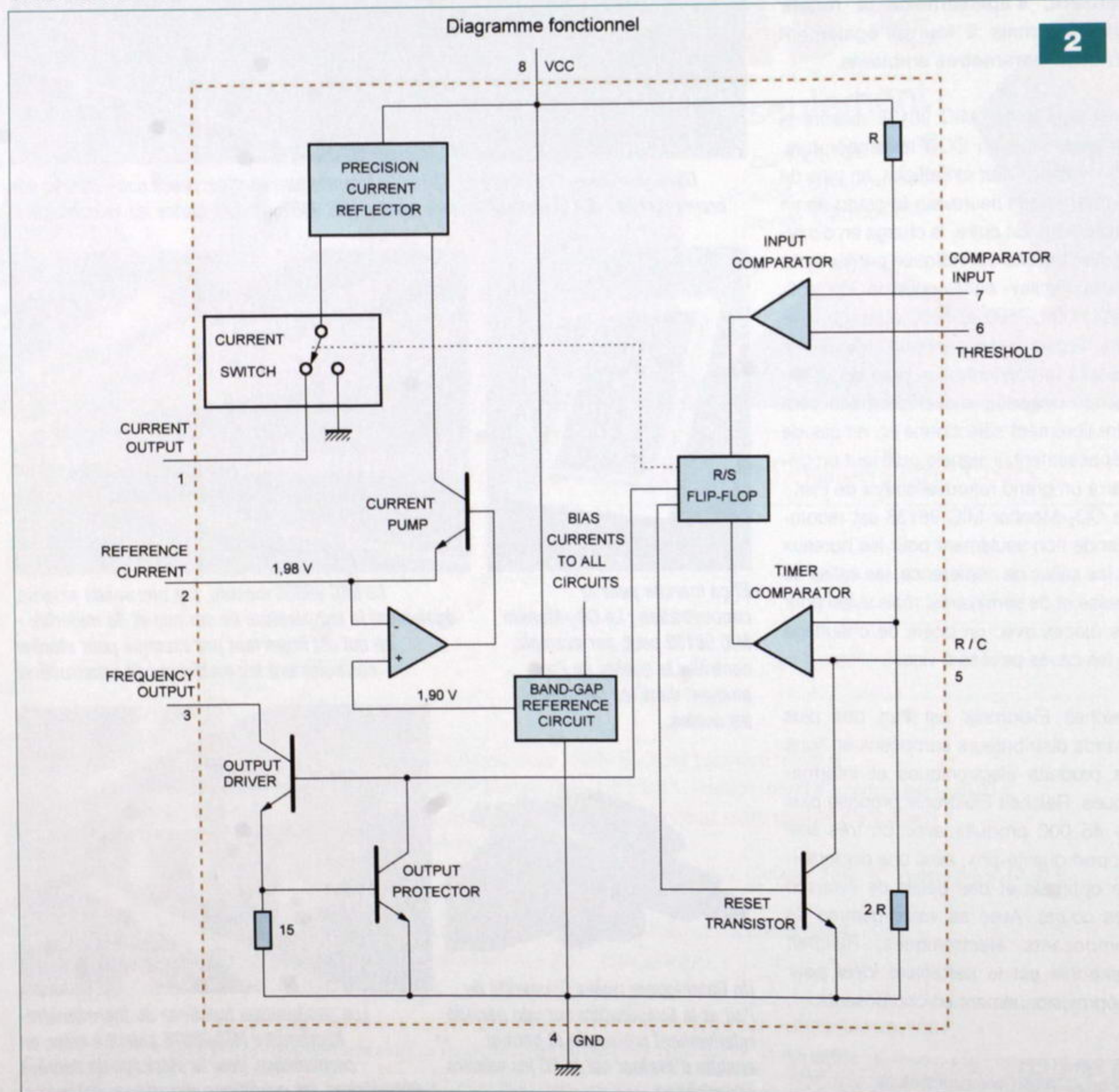
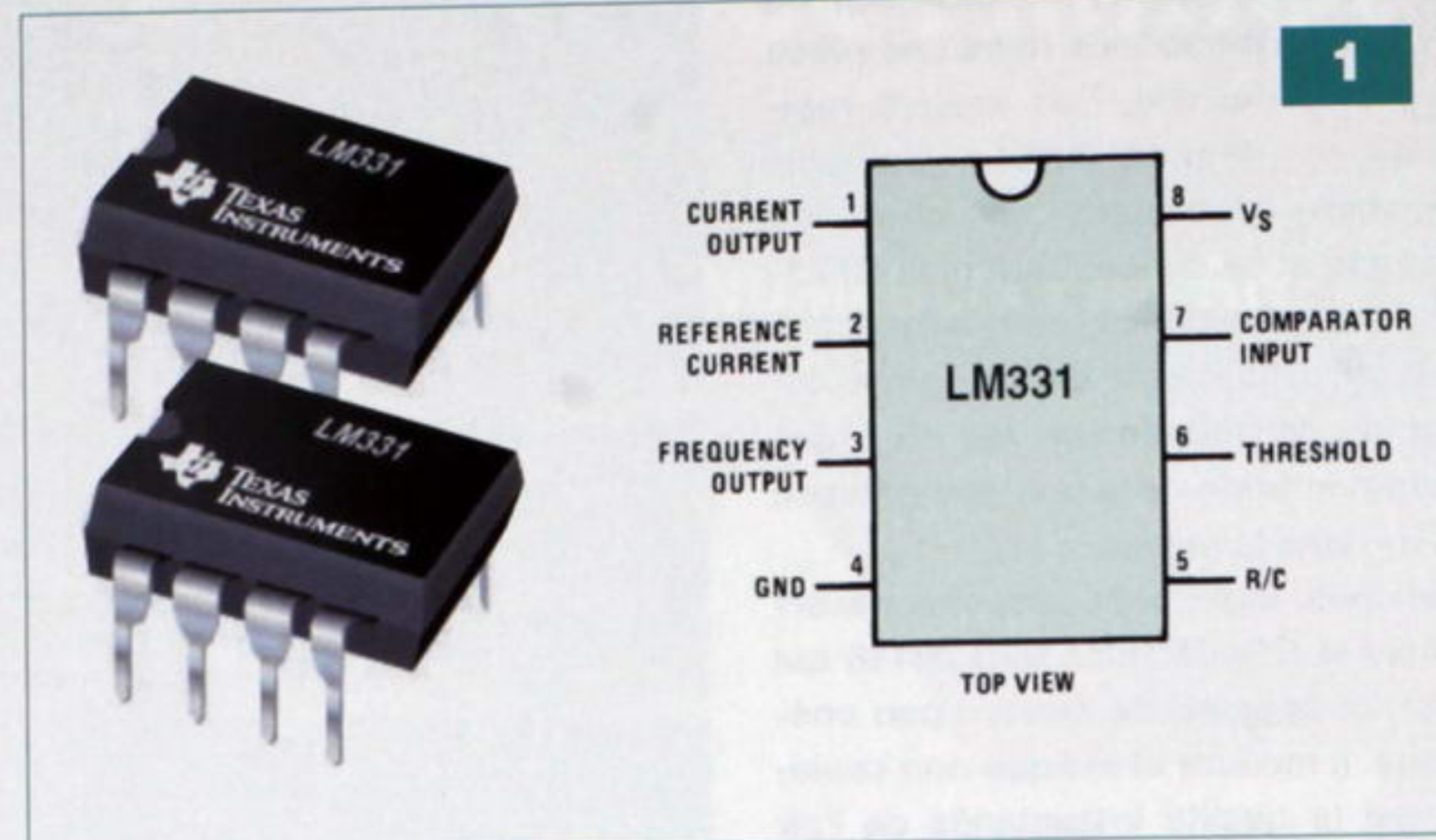
L 14377 - 387 - F: 6,00 € - RD





# Le convertisseur LM 331

Certaines fonctions électroniques sont grandement facilitées en recourant à des circuits intégrés spécialisés. La transformation d'une tension continue en une fréquence en est une application. Le LM 331 s'occupe de tout, avec très peu de composants environnants.



De plus, il réalise la même opération, en sens inverse, à savoir, la conversion d'une fréquence en une tension continue. Le tout en appliquant rigoureusement une relation linéaire entre tension et fréquence.

## Principales caractéristiques

Le LM 331 n'est pas très regardant quant à sa tension d'alimentation. Il accepte, en effet, sans problème, toute tension comprise entre 4,5 V et 20 V. Quant à la proportionnalité entre tension et fréquence, le défaut de linéarité est véritablement minime : 0,01 % au maximum. Sa stabilité, vis-à-vis des variations de la température, reste inférieure à ± 50 ppm /°C.

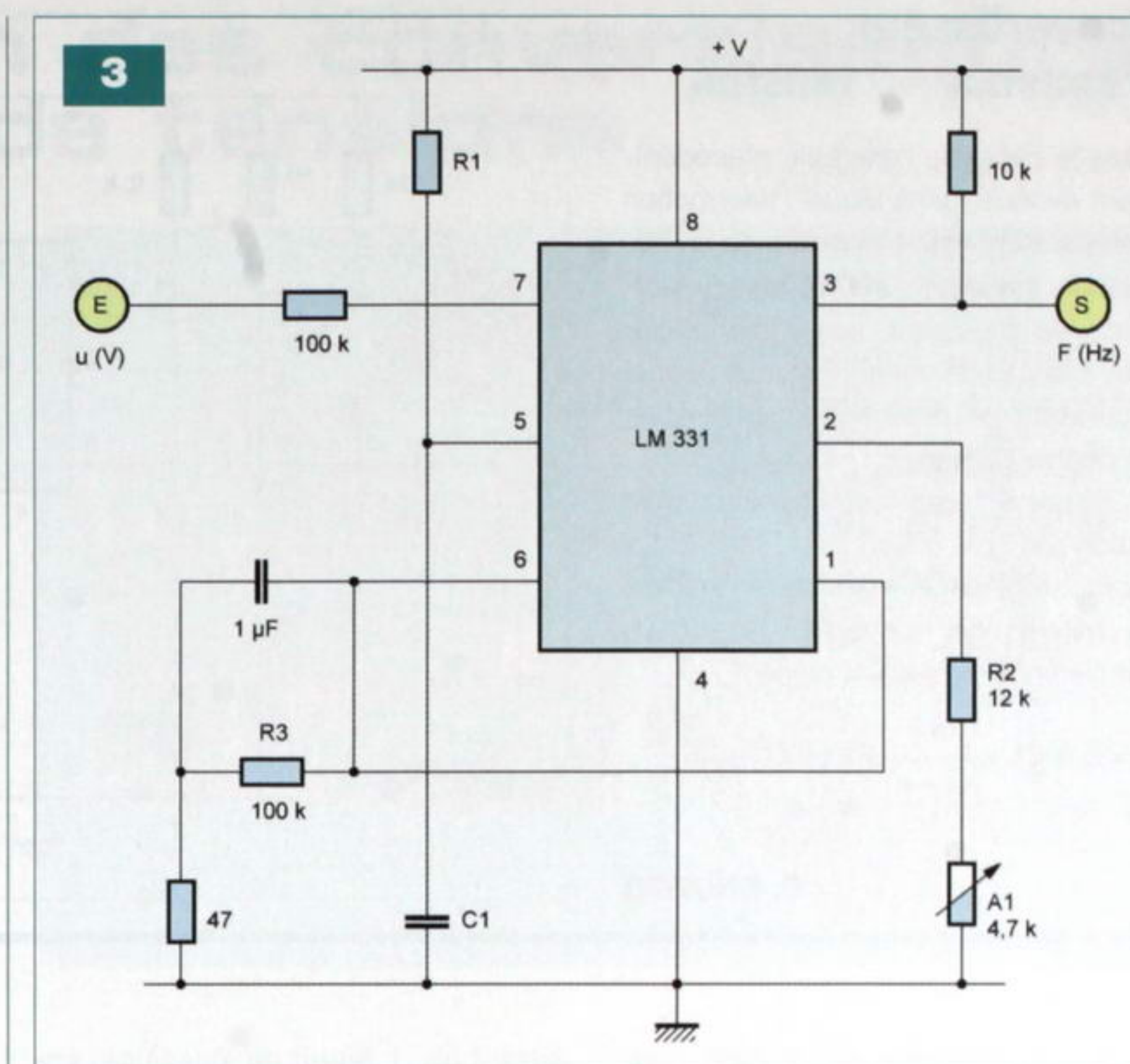
La puissance dissipée est tout à fait négligeable. Sous une alimentation de 5 V, celle-ci ne dépasse pas 15 mW. Ce circuit intégré couvre une plage de fréquences relativement importante, puisqu'elle s'étend de 0 à 100 kHz. Pour être complet, ajoutons à ces considérations que son prix de revient est très faible.

Le LM 331 comporte 8 broches. Son brochage fait l'objet de la figure 1. La figure 2 fait état de son diagramme de fonctionnement. Les broches 4 et 8 correspondent, respectivement, au (+) et au (-) de l'alimentation.

La constante de temps R/C est gérée par la broche 5. La broche 7 est en relation avec le potentiel qui sera transformé en une fréquence disponible sur la broche 3. Nous verrons que, dans le cas d'une transformation fréquence → tension, la fréquence est prise en compte par la broche 6, tandis que la sortie du potentiel est récupérable sur la broche 1. Enfin, la broche 2 est affectée à la détermination du facteur de proportionnalité entre la tension et la fréquence.

## Convertisseur tension → fréquence

Cette application permet, par exemple, de mesurer une température transformée en potentiel, puis à transformer ce dernier en fréquence, pour acheminer l'information par voie hertzienne.



La figure 3 représente une utilisation tout à fait caractéristique du LM 331, à savoir, la transformation d'un potentiel continu appliqué sur l'entrée 7, par l'intermédiaire d'une résistance de 100 kΩ, en une fréquence se présentant sous la forme de créneaux disponibles sur la sortie 3. A noter que, cette dernière doit être reliée à la borne d'alimentation positive, par une résistance de 10 kΩ. Si (u) exprimée en volt (V) est le potentiel à convertir et (F) en hertz (Hz) la fréquence délivrée par la sortie, la relation liant ces deux grandeurs est la suivante :

$$F = \frac{u}{2,09} \times \frac{R2 + A1}{R3} \times \frac{1}{R1 \times C1}$$

Avec :

- R en ohms (Ω)
- C en Farad (F)

A titre d'exemple, traitons le cas où la tension d'entrée (u) varie de 0 V à 10 V pour une variation de fréquence correspondante de 0 à 100 Hz. La tension d'alimentation retenue (obligatoirement supérieure à 10 V) est de 15 V.

En adoptant R1 = 68 kΩ et C1 = 1 µF, avec le curseur de l'ajustable A1 placé

en position médiane, la relation ci-dessus devient :

$$F = \frac{u}{2,09} \times 0,1435 \times \frac{1000}{68} = \frac{143,50}{142,12} u$$

$$F = u$$

Dans ce cas, le taux de conversion est de 1 Hz / V.

Ainsi, pour une tension à convertir de 7 V, la fréquence délivrée sera égale à 7 Hz.

Grâce à l'ajustable A1, il est possible de corriger l'erreur inévitablement introduite par la tolérance de C1. Il suffit, pour cela, de vérifier la fréquence à l'aide d'un fréquencemètre et d'agir sur le curseur de l'ajustable A1 pour obtenir la valeur de la fréquence requise pour un potentiel d'entrée connu.

Il est, bien entendu, possible d'obtenir une extension des taux de conversion en adoptant des valeurs de R1 et C1 différentes, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

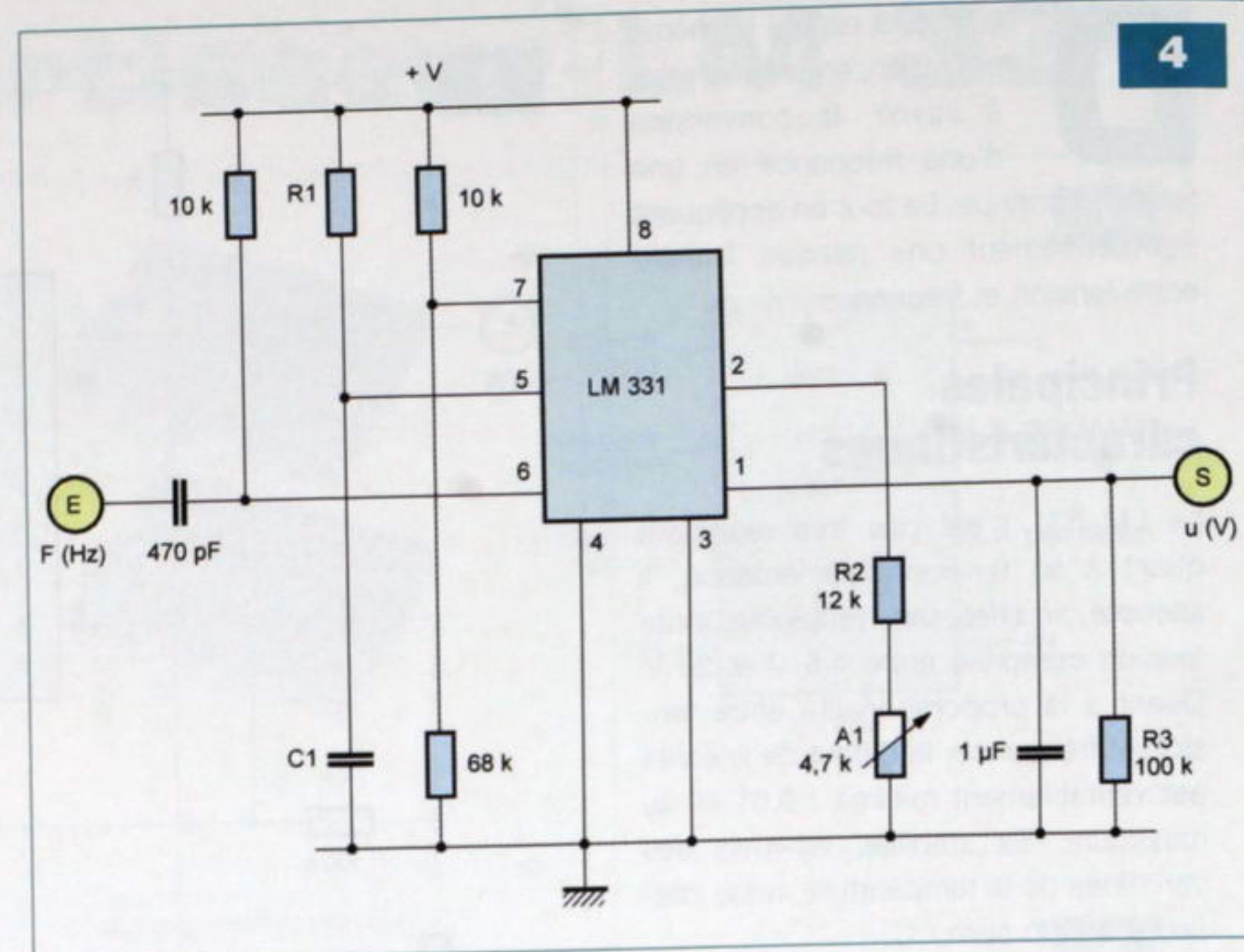
R1	C1	Taux de conversion
6,8 kΩ	1 µF	10
6,8 kΩ	0,1 µF	100
6,8 kΩ	10 nF	1 000
6,8 kΩ	1 nF	10 000

**Convertisseur fréquence → tension**

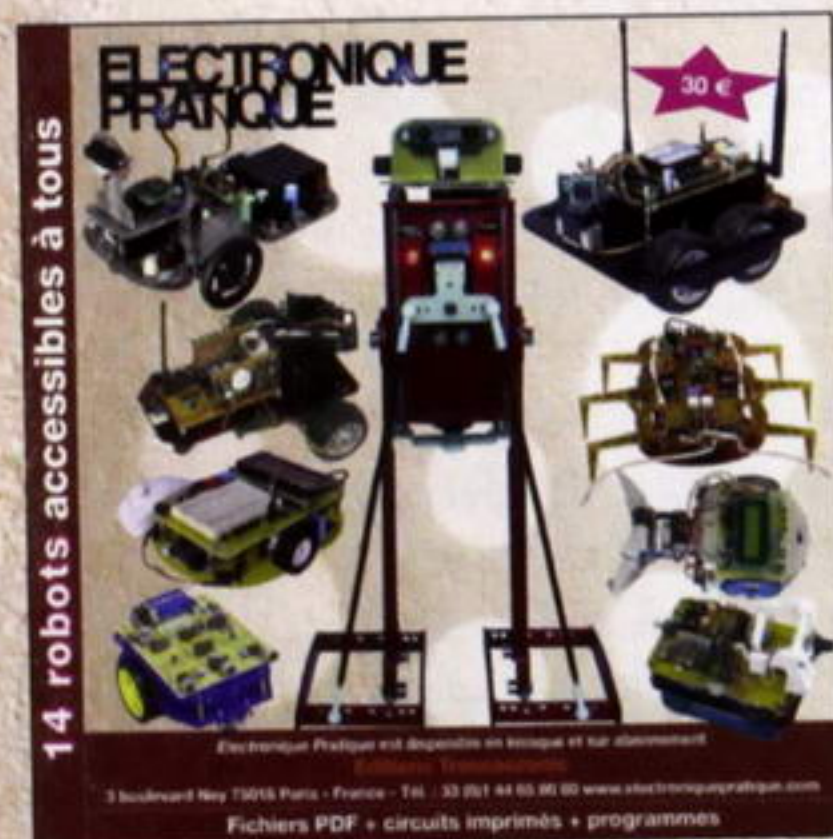
Dans le cadre de l'exemple précédemment évoqué, dans lequel l'information «température» était transformée en fréquence modulant une fréquence porteuse, le récepteur, après démodulation, dispose de cette fréquence pour la reconvertir en potentiel et, en finalité, en degrés Celsius. La figure 4 illustre cet exemple d'utilisation d'un LM 331. Ce montage appelle peu de remarques. La relation de conversion se trouve simplement inversée et devient :

$$u = 2,09 \times F \times \frac{R3}{R2 + A1} \times R1 \times C1$$

R. KNOERR



# 14 robots accessibles à tous



- Robot piloté par radar
- Robot autoguidé
- Robot pédagogique
- Robot explorateur
- Robot araignée intelligent & expérimental. À base du Cubloc CB220
- Robot polyvalent et évolutif. FINALROBOT
- Bras robotisé six axes à servomoteurs
- CYBER-TROLL. Le robot marcheur expérimental
- Un robot filoguidé
- Robot Arduino commandé par la manette « Nunchuck » de la « Wii »
- Robot autonome qui sait se repérer !
- Robot mobile évolutif (1<sup>ère</sup> partie)
- Robot mobile évolutif (2<sup>ème</sup> partie)
- Robot guidé par radar
- Robot radioguidé

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « 14 robots accessibles à tous »  
 France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_  
 Tél. ou e-mail : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  chèque  virement bancaire (IBAN : •FR76 3006 6109 1100 0200 9580 176/BIC : CMCIFRPP)  
 A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

## Utilisation des convertisseurs de tensions

L'utilisation des convertisseurs de tensions permet, entre autres, l'alimentation de montages électroniques portables, au moyen de tensions de valeurs très basses comme, par exemple, un élément de pile de 1,5 V. Nous imaginons, aisément, les gains de place et de poids apportés par cette solution. C'est la présentation et la mise en œuvre de quelques convertisseurs de tensions que nous proposons dans le présent article.

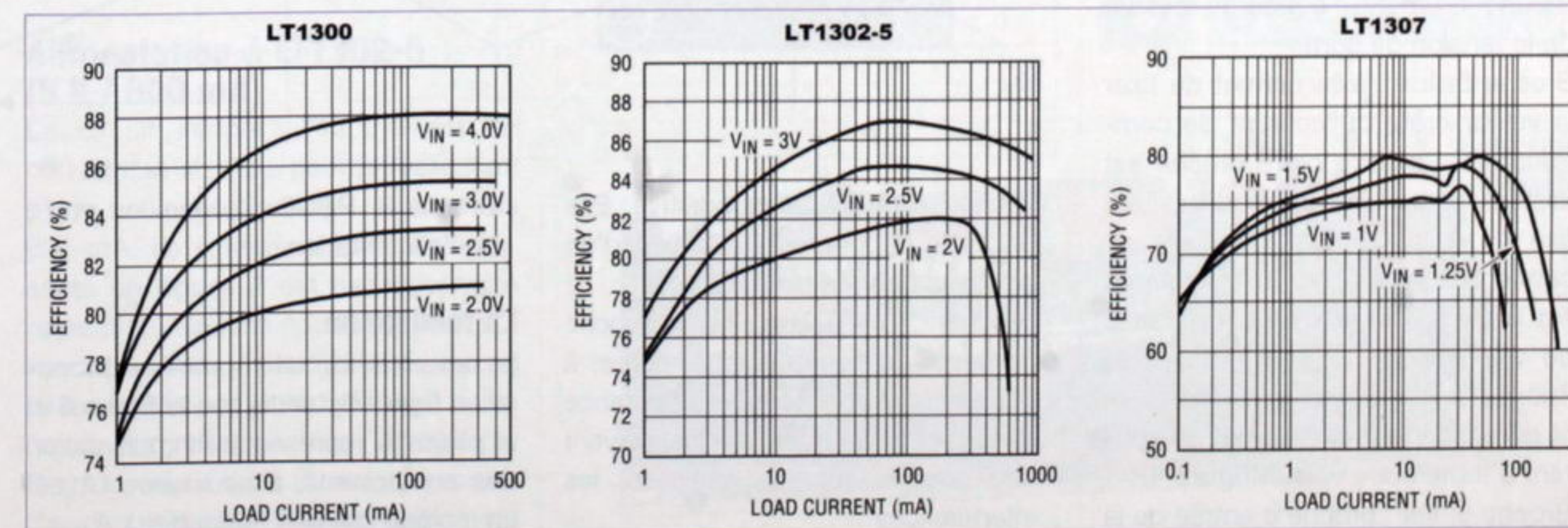


est représenté en figure 1. Un transistor MOSFET de puissance, utilisé comme interrupteur, est «ouvert» puis «fermé» à une fréquence de plusieurs dizaines ou centaines de kilohertz. Durant la fermeture de l'interrupteur (transistor «passant»), le courant traversant l'inductance L augmente et cette dernière stocke de l'énergie, sous forme d'énergie magnétique. Durant l'ouverture de l'interrupteur (transistor «bloqué»), l'inductance, le générateur et la diode sont connectés en série. L'inductance L peut restituer l'énergie emmagasinée, qui s'ajoute à celle du générateur et qui charge le condensateur au travers de la diode D. Un phénomène de «survoltage» est

ainsi obtenu, qui augmente la tension d'entrée.

### Convertisseurs pour tensions et courants faibles à moyens

Dans ce paragraphe, nous présentons trois circuits convertisseurs. Ils permettent d'obtenir des tensions de 3,3 V et 5 V, au moyen d'un ou de deux éléments de piles 1,5 V ou d'accumulateur Ni/MH. Ces circuits permettent d'alimenter des systèmes portables, à microcontrôleurs, consommant un courant faible ou moyen. Le rendement minimum de ces circuits atteint 80 % (LT1307 avec  $V_{IN} = 1,5 V$ ), comme représenté par les graphiques de la figure 2.



**Alimentation à LT1300 (3,3 V ou 5 V / 220 mA)**

Le circuit intégré LT1300 permet la réalisation d'une alimentation simple pouvant générer, selon la position d'un commutateur, une tension de 3,3 V ou de 5 V et débiter un courant maximum de 220 mA.

Le schéma théorique est proposé en figure 3.

Très simple, cette alimentation ne nécessite que quatre composants externes.

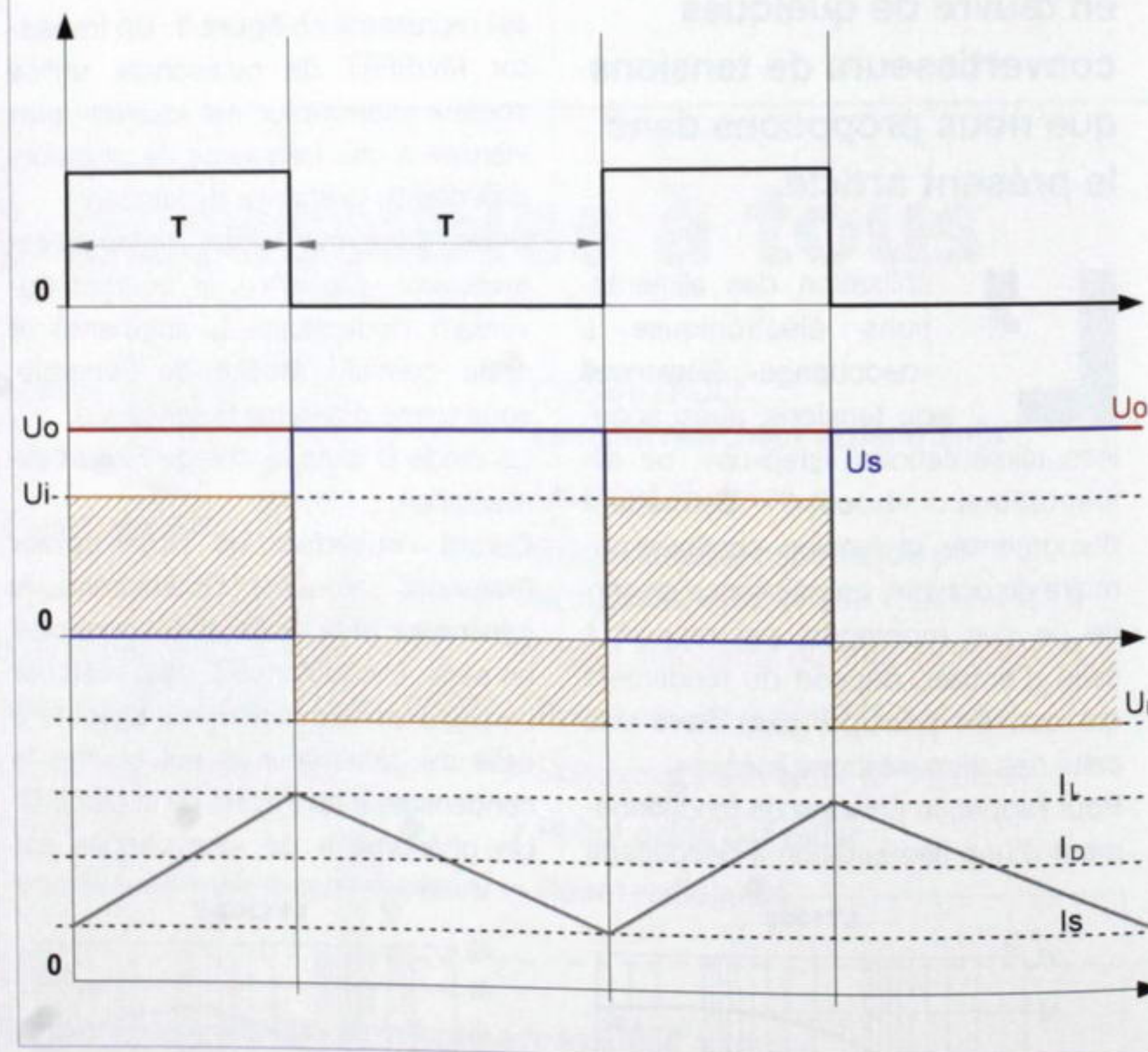
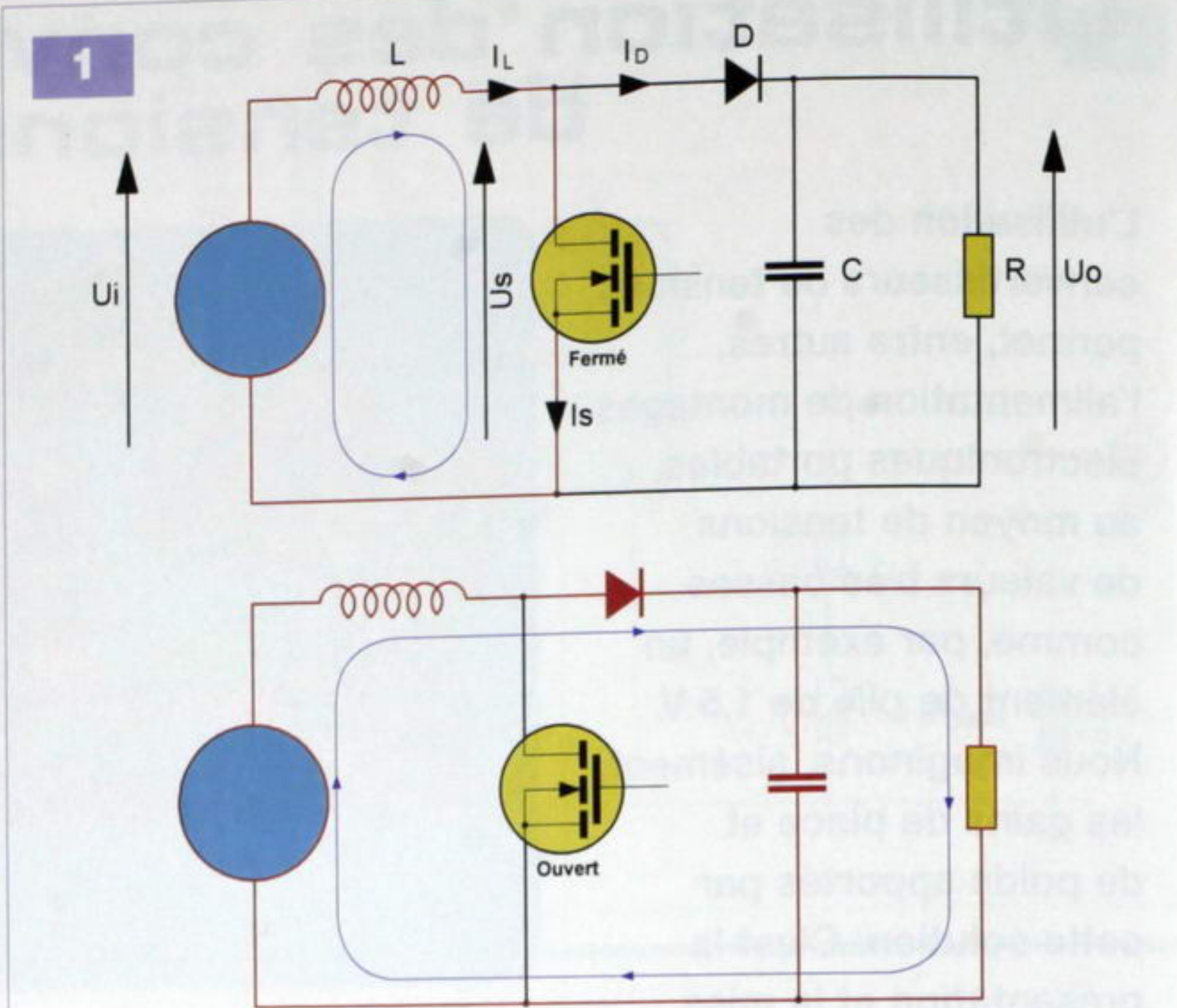
Sur ce schéma, nous distinguons également la structure interne du LT1300.

**Caractéristiques électriques du LT1300 :**

- Courant de sortie de 220 mA sous 5 V, à partir d'une tension de 2 V
- Tension d'alimentation minimale de 1,8 V
- Rendement maximum de 88 %
- Inductance faible de 10 µH
- Courant de repos de 120 µA
- Courant de «Shutdown» de 10 µA
- Sortie programmable à 3,3 V ou à 5 V

La fonction de chacune des broches du circuit intégré est décrite ci-dessous :

- Broche 1, GND : connexion au (-) de l'alimentation
- Broche 2, SEL : sélection de la tension de sortie. Lorsque cette broche est connectée au VIN ou VOUT, le convertisseur régule la tension à 5 V. Lorsque cette broche est connectée à la masse, la tension de sortie est réglée à 3,3V
- Broche 3, SHDN : mise au niveau «haut» (VIN ou VOUT), cette broche permet la mise au repos du circuit (hors service) avec une consommation de 10 µA
- Broche 4, SENSE : entrée de mesure de la tension de sortie
- Broche 5, LIM : elle permet de fixer la valeur crête du courant de commutation. Lorsque cette broche est laissée «en l'air», le courant est fixé à 1 A, tandis que lorsqu'elle est connectée à la masse, le courant est limité à 400 mA. Une résistance de valeur comprise entre 100 Ω et 300 kΩ, connectée entre l'entrée LIM et la masse, permet de fixer le courant à toute autre valeur (figure 4)
- Broche 6, VIN : broche d'entrée de la



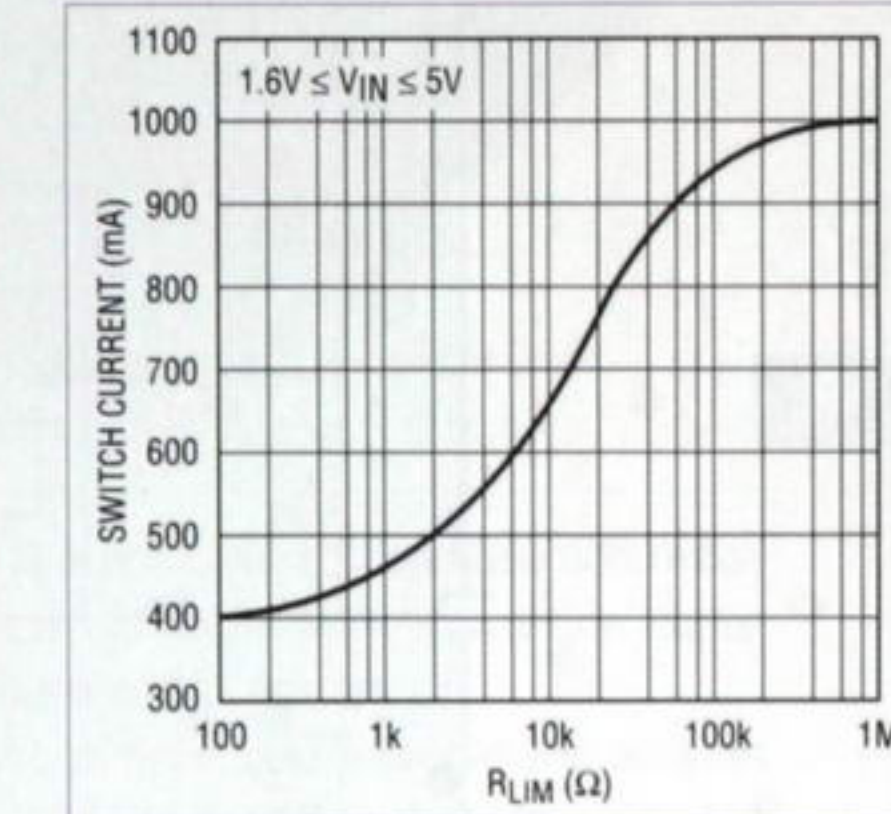
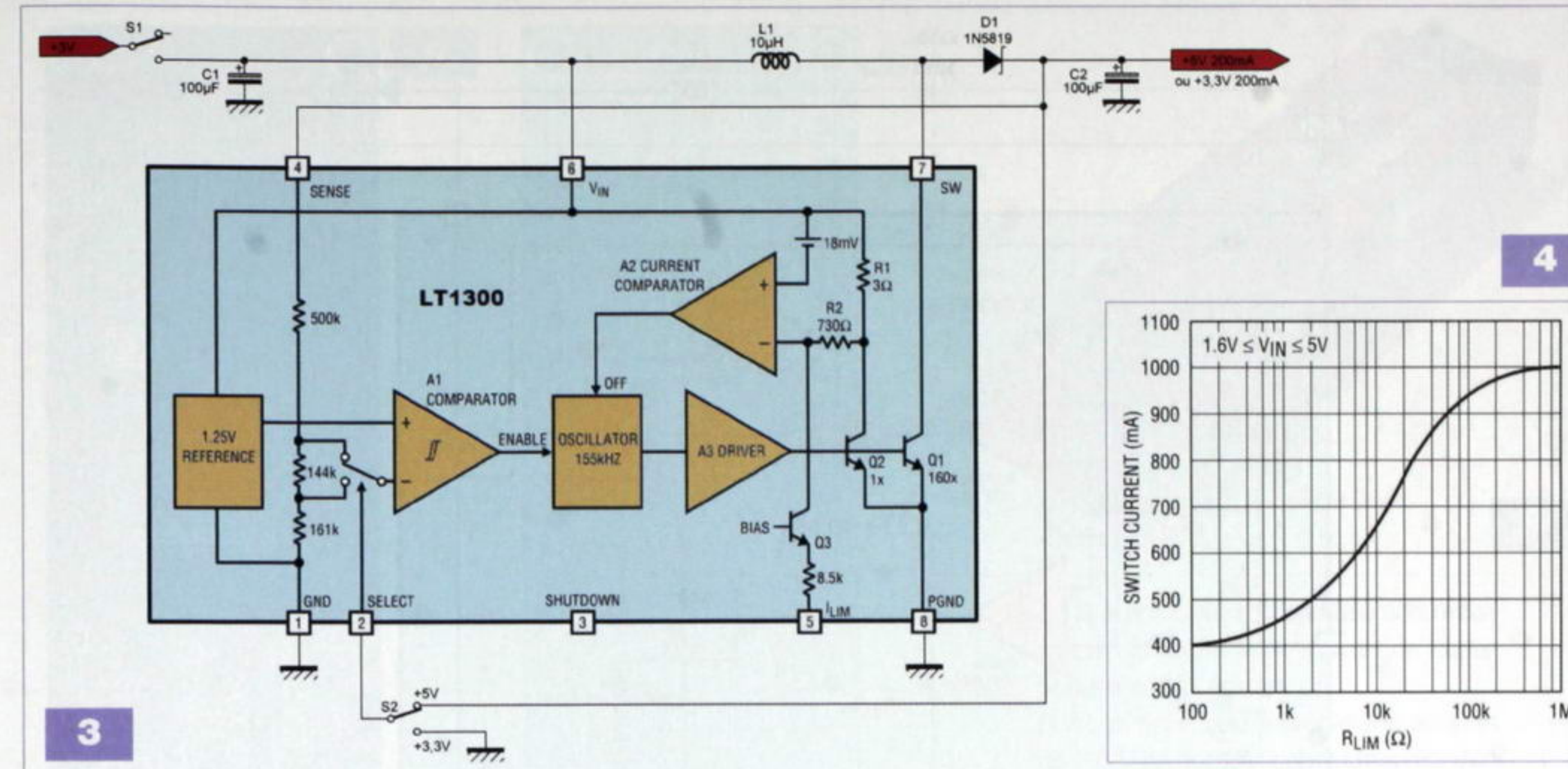
tension d'alimentation positive. Elle doit être découplée au moyen d'un condensateur de forte valeur

- Broche 7, SWITCH : c'est la broche de sortie du commutateur interne, à laquelle sont connectées l'inductance et la diode. Les connexions doivent être courtes, afin de minimiser les interférences

- Broche 8, PGND : connexion au (-) de l'alimentation

**La réalisation**

Le dessin du circuit imprimé est proposé en figure 5, tandis que la figure 6 et la photo A représentent l'implantation des composants. L'inductance L1 est un modèle pouvant supporter 1 A.



**Nomenclature**

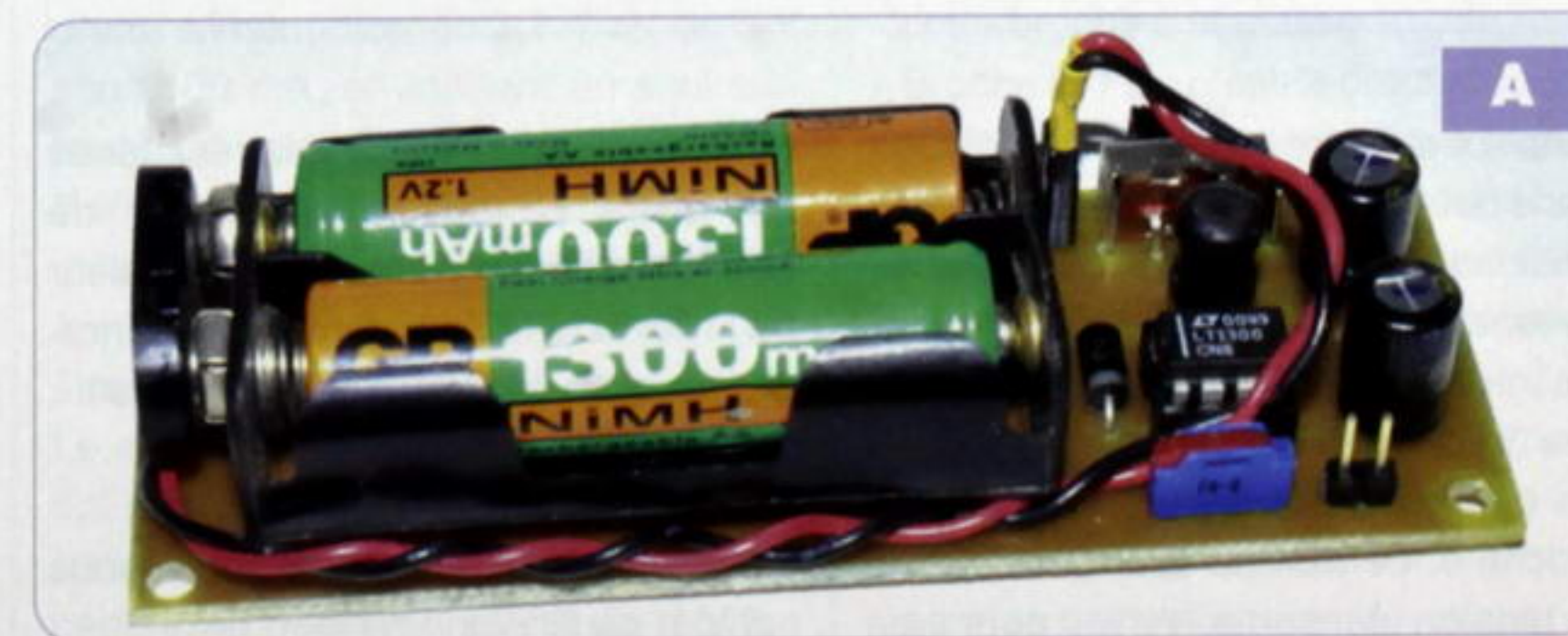
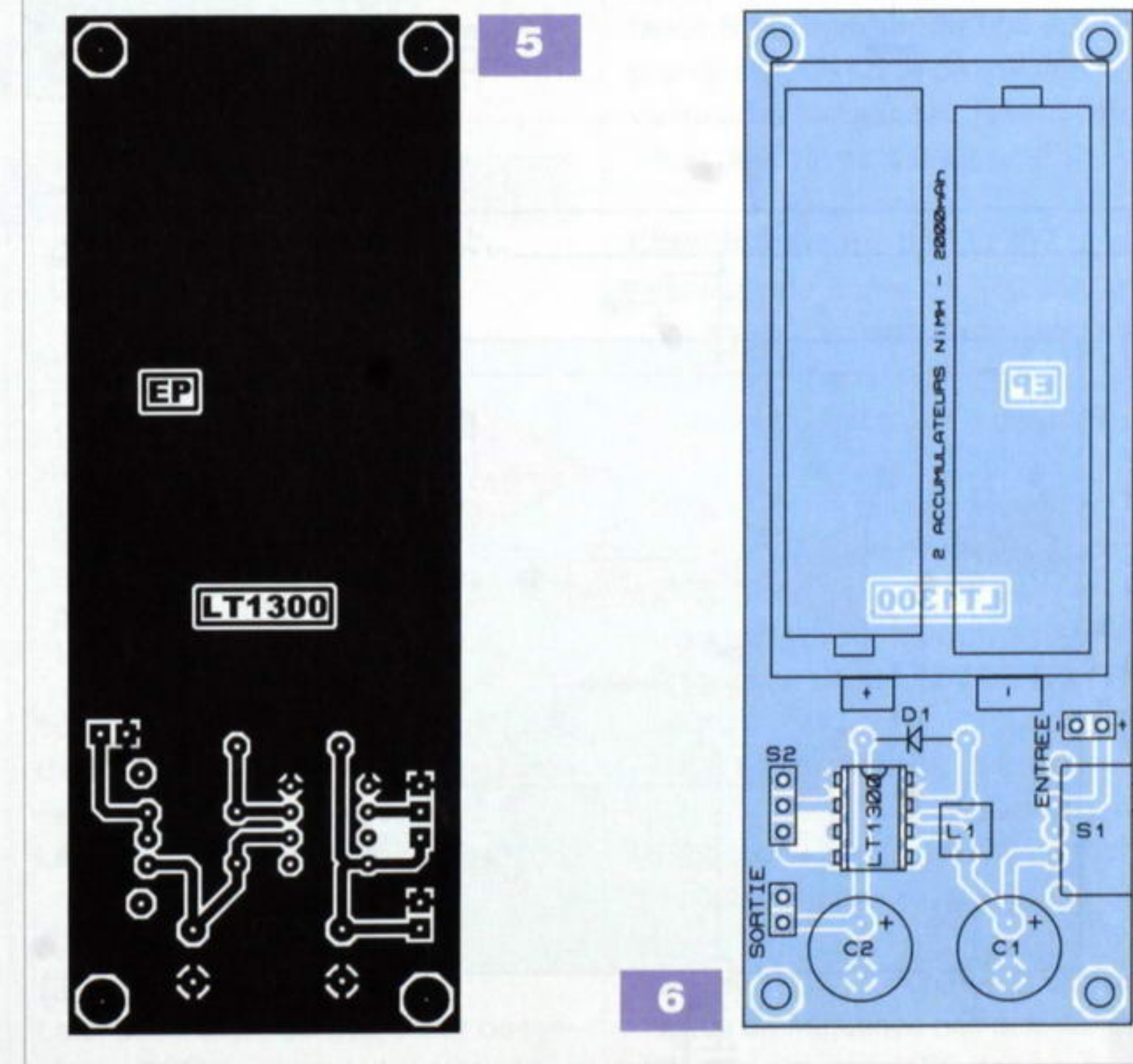
**ALIMENTATION À LT1300 (3,3 V OU 5 V / 220 MA)**

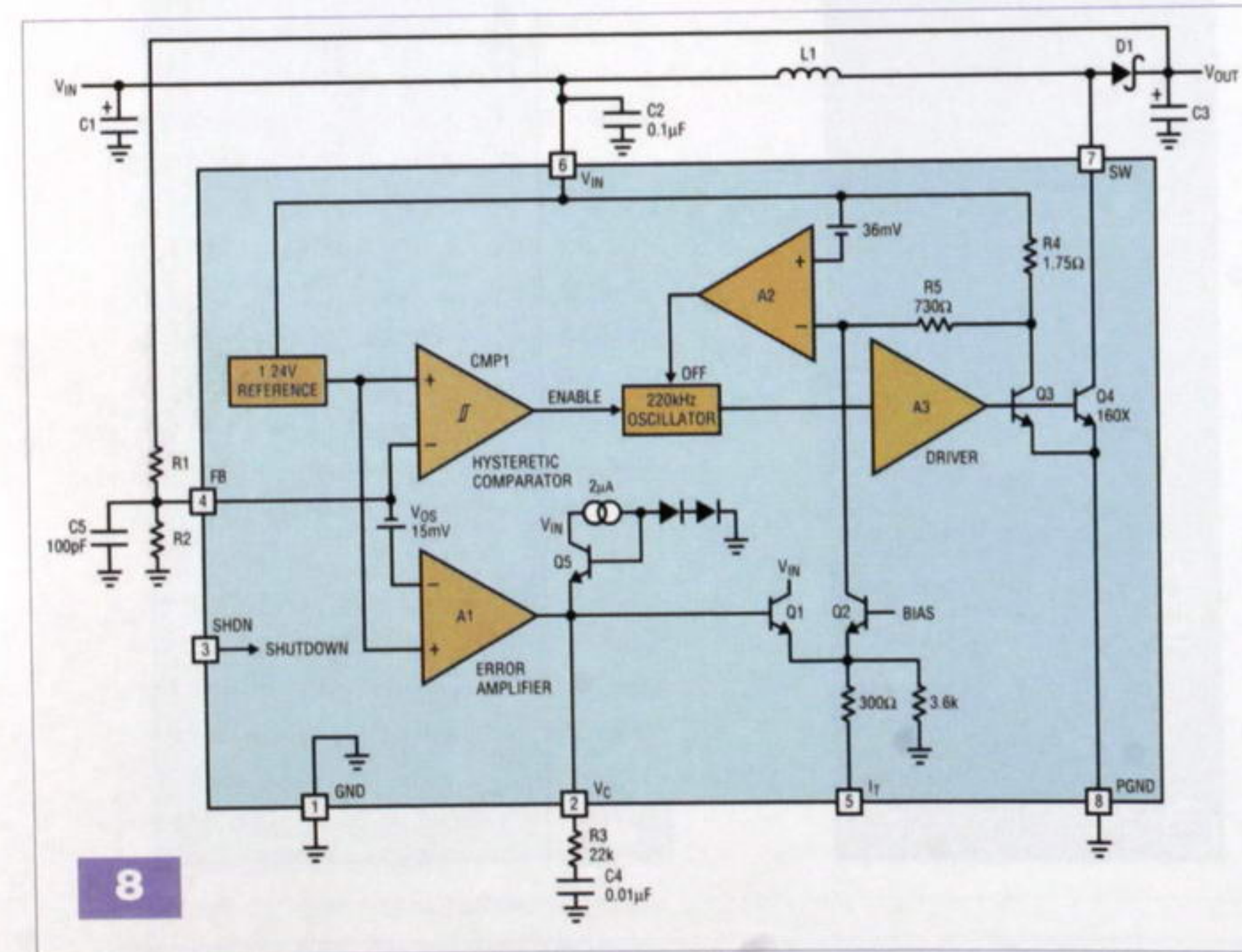
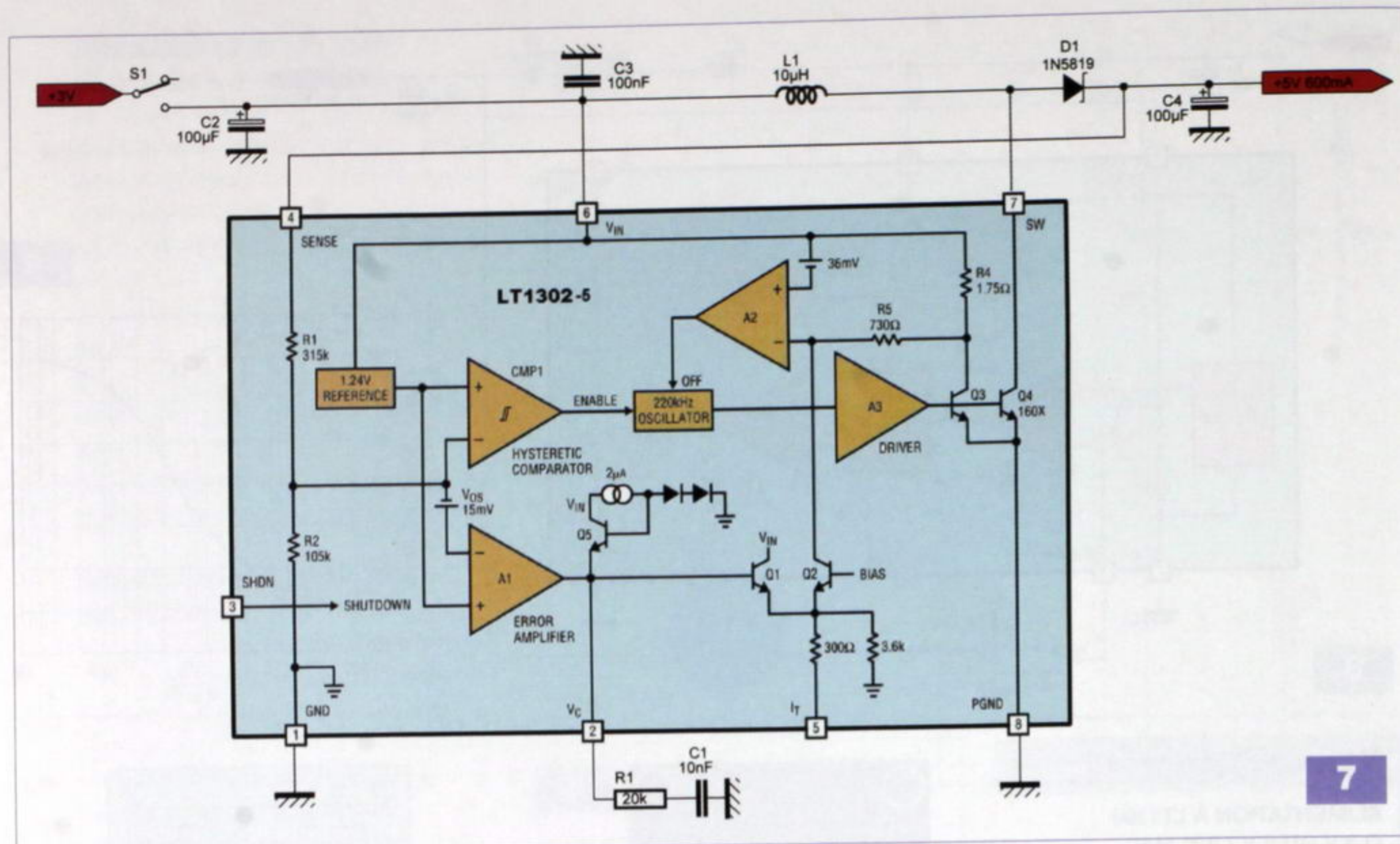
- Condensateurs  
C1, C2 : 100 µF (tantale)
- Semiconducteurs  
D1 : 1N5819  
IC : LT1300
- Divers  
L1 : inductance 10 µH  
1 support pour circuit intégré à 8 broches  
1 commutateur coudé pour circuit imprimé  
Barrette sécable de broches carrées  
Barrette sécable de supports femelles, pour broches carrées  
1 cavalier  
1 support pour deux piles AA

Le support des deux batteries est fixé sur le circuit imprimé.

**Alimentation à LT1302-5 (5 V / 600 mA)**

Le circuit intégré LT1302-5 est un convertisseur utilisé pour la réalisation d'une alimentation de 5 V sous 600 mA. Le schéma théorique représenté en figure 7 est celui de notre réalisation. Comme nous le voyons sur le schéma interne du LT1302-5, le pont diviseur interne, composé des résistances de valeurs 315 kΩ et 105 kΩ, fixent la valeur de la tension de sortie. Ce circuit intégré existe également





dans une autre version, le LT1302 (sans le -5). Il permet d'obtenir des tensions plus élevées. Pour cela et, comme on le distingue sur son schéma interne de la **figure 8**, il ne contient pas de diviseur résistif interne.

Ce dernier, connecté en externe à la broche 4, permet de fixer la valeur de la tension de sortie. Ainsi, pour une

tension de sortie de 12 V, la résistance R1 devra posséder une valeur de 866 k $\Omega$  et la résistance R2 une valeur de 100 k $\Omega$ . Un courant de 120 mA sera alors être débité par le circuit.

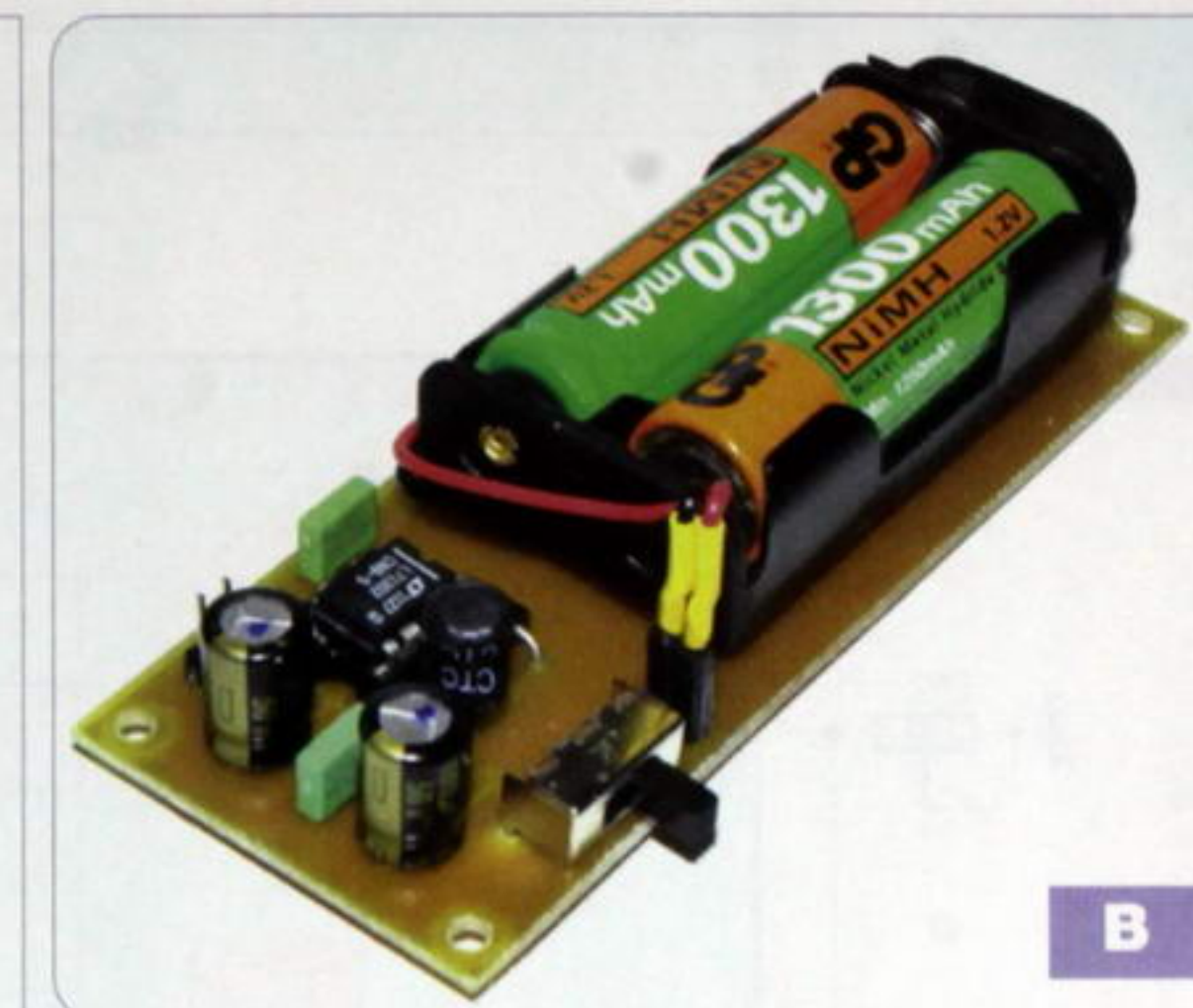
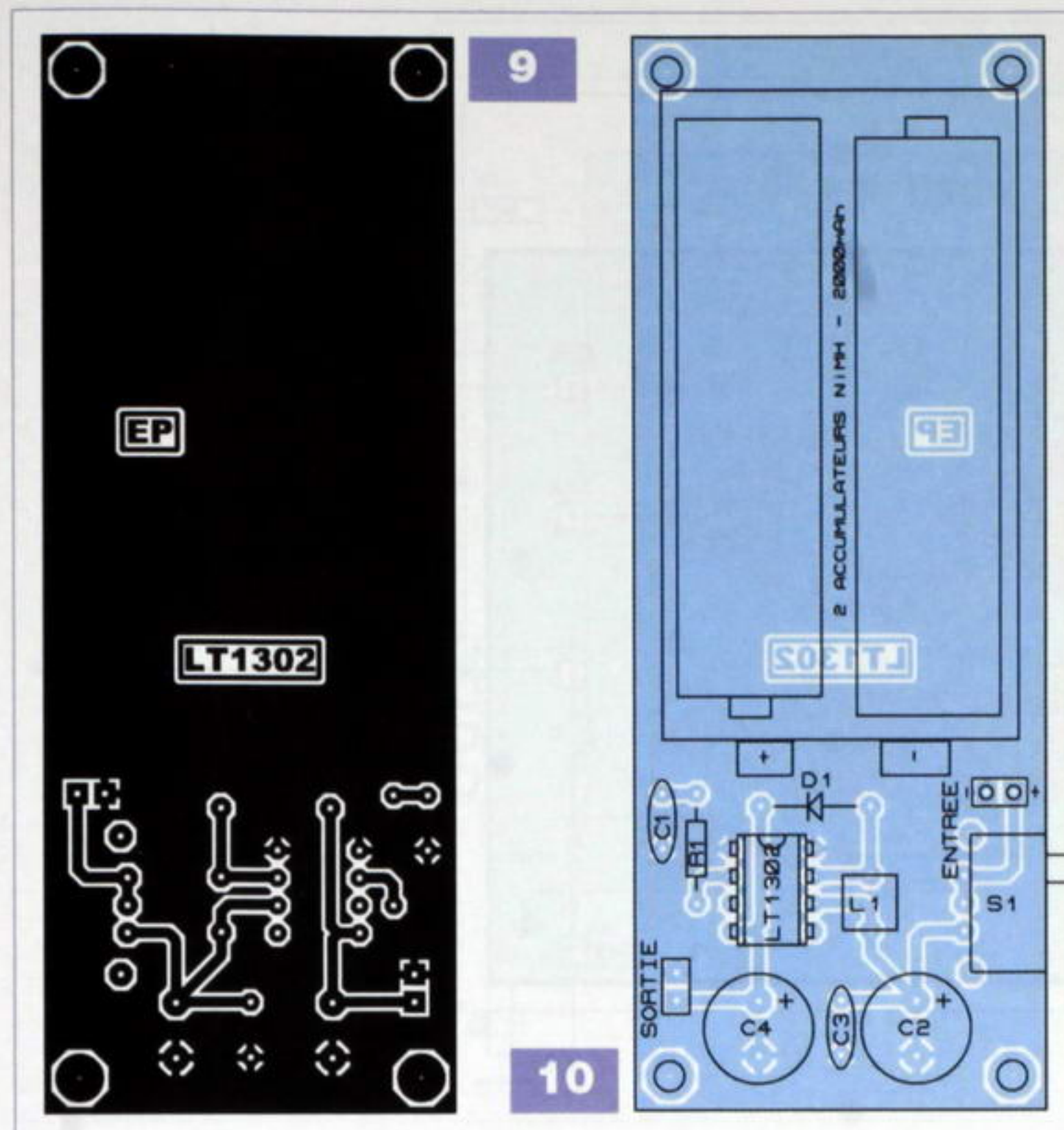
**Caractéristiques du LT1302-5 :**

- Courant de sortie de 600 mA sous 5 V, à partir d'une tension de 3 V

- Tension d'alimentation minimale de 2 V
- Rendement maximum de 87 %
- Inductance faible de 10  $\mu$ H
- Courant de repos de 200  $\mu$ A
- Courant de «Shutdown» de 15  $\mu$ A

La fonction de chacune des broches du circuit intégré est indiquée ci-dessous :

- Broche 1, GND : c'est la broche de connexion à la masse (circuit interne)
- Broche 2, Vc : broche de la compensation de fréquence. Un réseau RC doit connecter cette broche à la masse
- Broche 3, SHDN : c'est la broche de «Shutdown» (mise au repos). Connectée au (+) alimentation, cette broche permet de positionner le circuit au repos
- Broche 4, FB/SENSE : c'est la broche de mesure de la tension de sortie
- Broche 5, I<sub>r</sub> : cette broche est normalement laissée «flottante». En y connectant une résistance d'une valeur de 3,3 k $\Omega$  reliée à la masse, le LT1302 est configuré en mode «courant» pour les faibles charges
- Broche 6, VIN : c'est la broche d'alimentation positive du circuit intégré. Elle doit être découplée par une



de la tension de sortie utilise une résistance ajustable permettant une variation de cette tension. Si vous souhaitez obtenir une tension de 3,3 V en sortie, la résistance R3 doit avoir une valeur de 1,02 M $\Omega$  et la résistance R2 une valeur de 604 k $\Omega$ . Pour une tension de sortie de valeur 5 V, les valeurs des résistances doivent être de 1 M $\Omega$  pour R3 et 329 k $\Omega$  pour R2.

**Caractéristiques du LT1307 :**

- Courant de sortie de 100 mA sous 3,3 V à 5 V, à partir d'une tension de 1 V
- Tension d'alimentation minimale de 1 V
- Rendement maximum de 80 %
- Inductance faible de 10  $\mu$ H
- Courant de repos de 50  $\mu$ A
- Courant de «Shutdown» de 3  $\mu$ A
- Fréquence de fonctionnement fixe, à 600 kHz
- Détection de batterie «faible»

La fonction de chacune des broches du circuit intégré est décrite ci-dessous :

- Broche 1, Vc : broche de la compensation de fréquence de l'amplificateur d'erreur. Un réseau RC doit connecter cette broche à la masse
- Broche 2, FB : c'est la broche de lecture de la tension de sortie, à laquelle est connecté le réseau résistif. La tension de référence étant de 1,22 V, la tension de sortie V<sub>out</sub> est égale à 1,22 (1 + R3/R2)
- Broche 3, SHDN : c'est la broche de «Shutdown» (mise au repos). Connectée à la masse, cette broche permet de positionner le circuit au

**Nomenclature**

**ALIMENTATION À LT1302-5 (5 V / 600 MA)**

- **Résistance**  
R1 : 20 k $\Omega$  (rouge, noir, orange)
- **Semiconducteurs**  
D1 : 1N5819  
IC : LT1302-5
- **Condensateurs**  
C1 : 10 nF

- C2, C4 : 100  $\mu$ F / 25 V
- C3 : 100 nF

- **Divers**  
L1 : inductance 10  $\mu$ H  
1 support pour circuit intégré à 8 broches  
1 commutateur coudé pour CI  
Barrette sécable de broches carrées  
Barrette sécable de supports femelles, pour broches carrées  
1 support pour deux piles AA

capacité de 100 nF et une capacité chimique de forte valeur. Si la tension d'entrée est supérieure à 5 V, une résistance de valeur comprise entre 2  $\Omega$  et 10  $\Omega$  doit être connectée en série

- Broche 7, SW : c'est la broche de connexion de l'inductance et de la diode, au commutateur interne
- Broche 8, PGND : c'est la broche de connexion à la masse (puissance)

**La réalisation**

Le dessin du circuit imprimé est visible en **figure 9**, tandis que la **figure 10** et la **photo B** représentent l'implantation des composants.

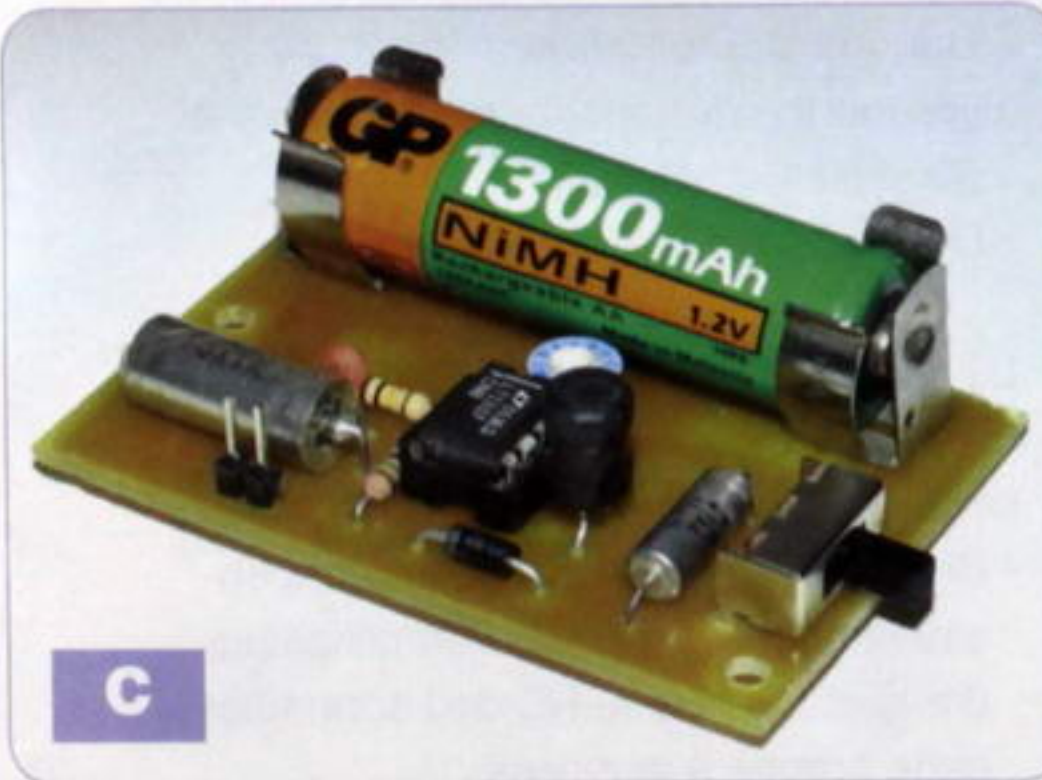
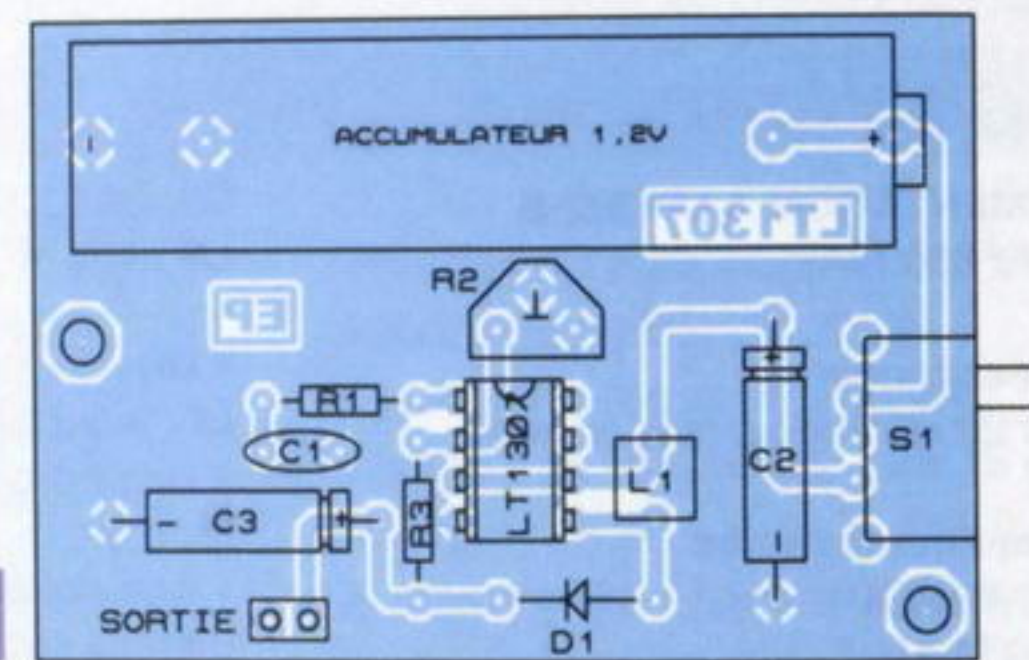
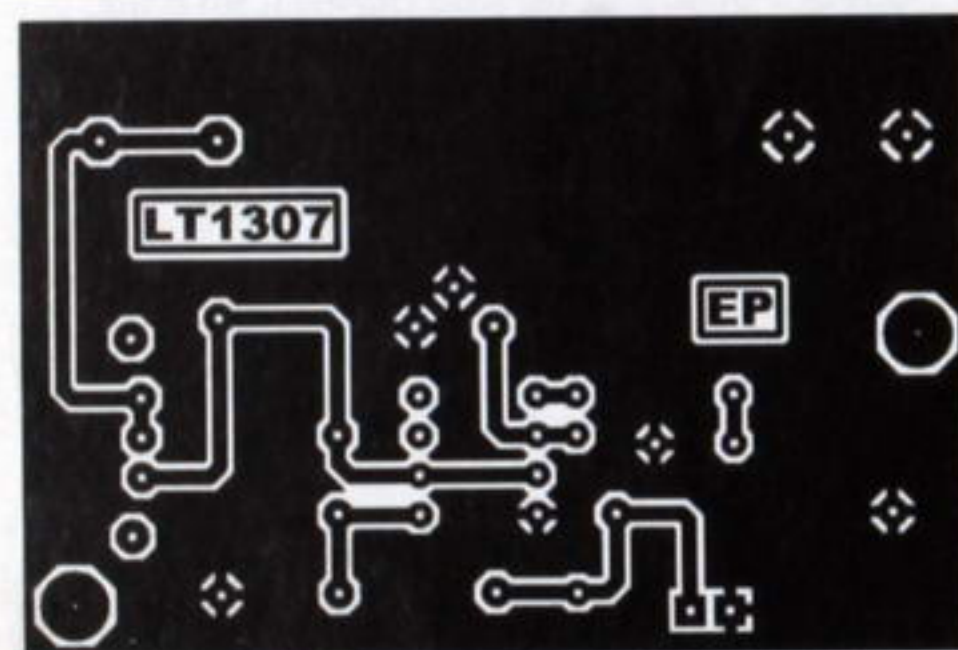
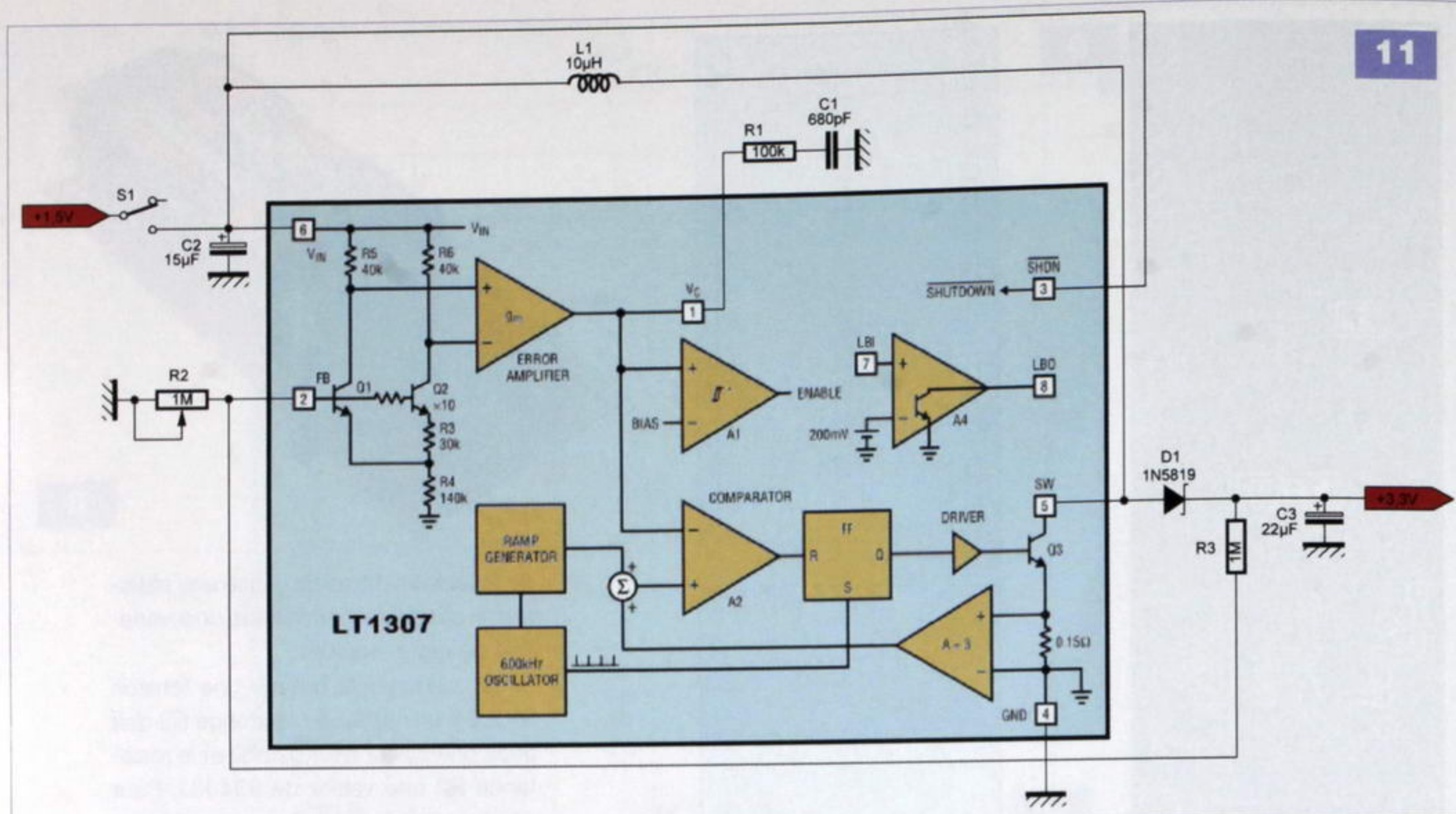
Même remarque que pour la réalisation précédente en ce qui concerne l'inductance et le support des piles. Le

commutateur S2 peut être un morceau de barrette sécable, de broches carrées, qui supportera un cavalier. Le LT1302 est inséré dans un support.

**Alimentation à LT1307 (3,3 V ou 5 V / 100 mA)**

Le circuit intégré convertisseur de tension LT1307 permet la réalisation d'une alimentation de 3,3 V ou de 5 V sous 100 mA, en utilisant un seul élément de pile ou de batterie Ni/MH. Cette alimentation peut s'avérer fort utile, lorsqu'un montage électronique consommant un faible courant doit être miniaturisé.

Le schéma théorique de l'alimentation est représenté en **figure 11**. Il est sensiblement identique aux schémas précédents. Le réseau résistif de réglage



12

13

Nomenclature

ALIMENTATION À LT1307 (3,3 V OU 5 V / 100 mA)

• Résistances

- R1 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R2 : ajustable 1 MΩ
- R3 : 1 MΩ (marron, noir, vert)

• Condensateurs

- C1 : 680 pF
- C2 : 15 µF / 25 V (tantale)
- C3 : 22 µF / 25 V (tantale)

• Semiconducteurs

- D1 : 1N5819
- IC : LT1307

• Divers

- L1 : inductance 10 µH
- 1 support pour circuit intégré à 8 broches
- 1 commutateur coudé pour CI
- Barrette sécable de broches carrées
- Barrette sécable de supports femelles, pour broches carrées
- 1 support pour une pile AA

détecteur de batterie «faible». Une résistance de valeur de 1 MΩ doit connecter cette broche à VOUT

La réalisation

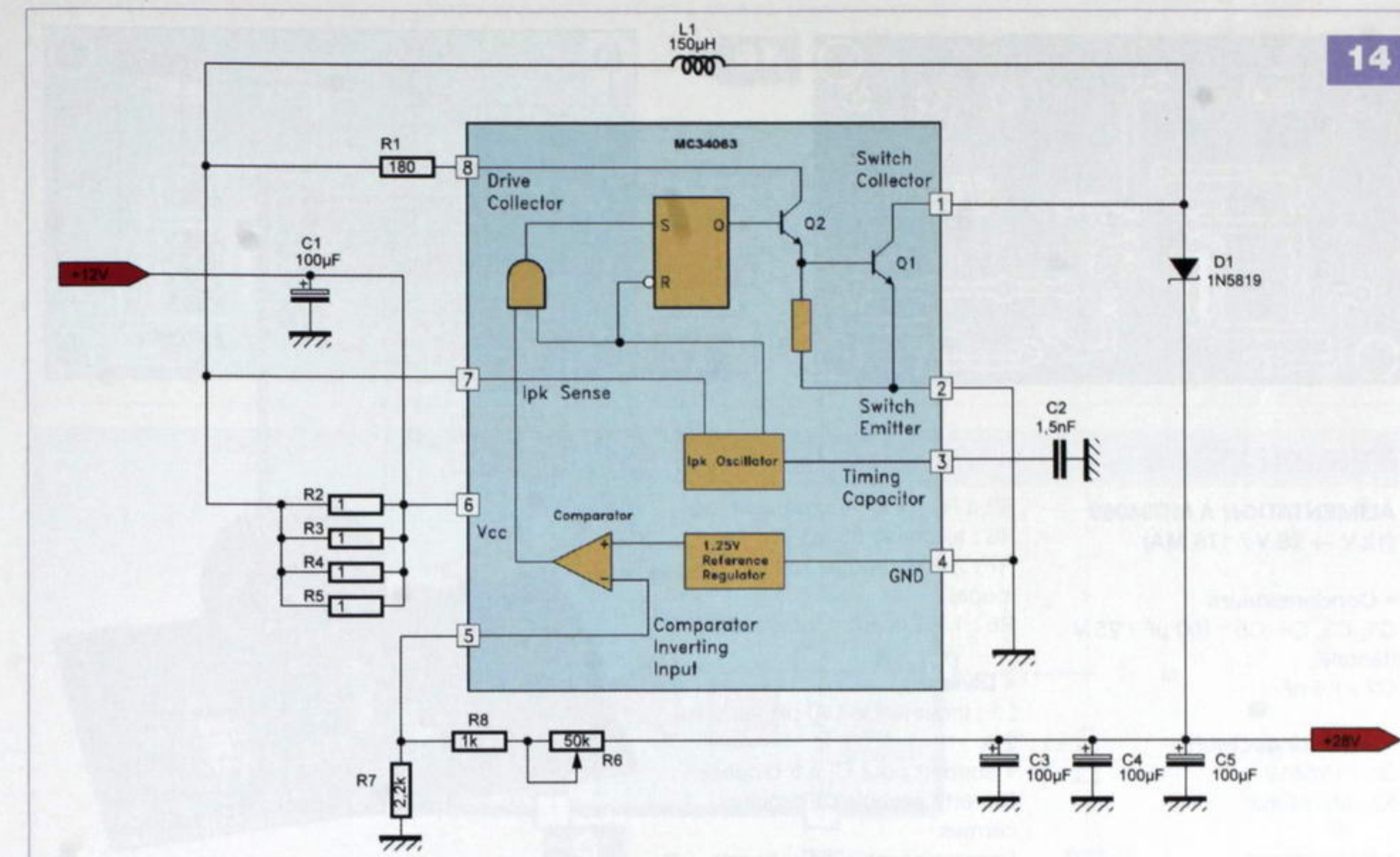
Le dessin du circuit imprimé est proposé en figure 12. Celui de la figure 13 et la photo C représentent l'implantation des composants.

repos. Elle doit être connectée à VIN en fonctionnement normal

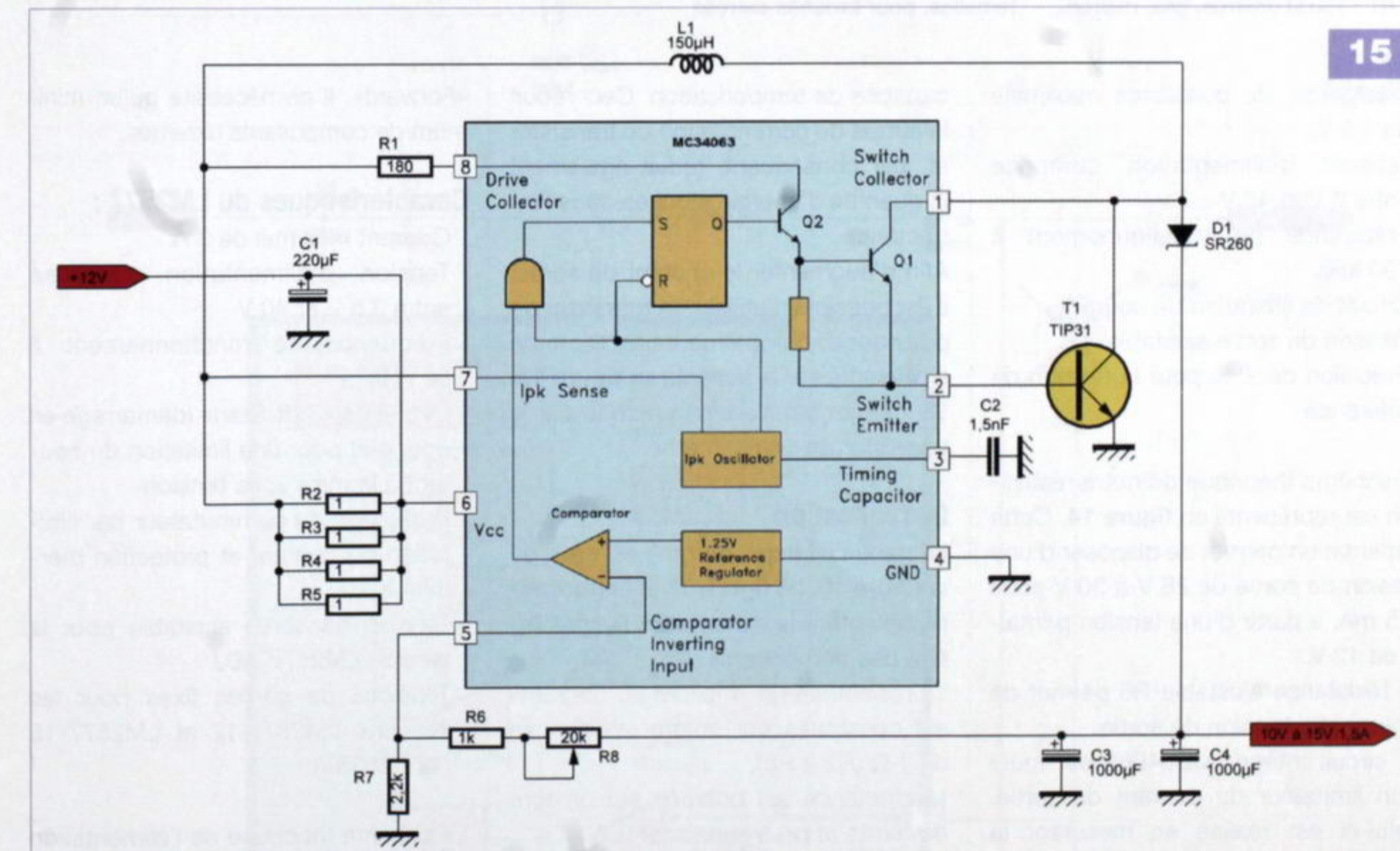
- Broche 4, GND : c'est la broche de connexion à la masse
- Broche 5, SW : c'est la broche de connexion de l'inductance et de la diode, au commutateur interne
- Broche 6, VIN : c'est la broche d'alimentation positive du circuit intégré.

Elle doit être découplée par une capacité chimique de forte valeur

- Broche 7, LBI : c'est la broche d'entrée du détecteur de batterie «faible». La tension de référence (comparaison) est de 200 mV. La tension appliquée à cette broche doit être comprise entre 0 et 700 mV
- Broche 8, LBO : broche de sortie du



14



15

L'élément de pile ou d'accu Ni/MH est maintenu sur le circuit à l'aide de supports métalliques assurant également les connexions électriques.

L'inductance L1 est un modèle pouvant supporter 1 A. Les capacités chimiques sont des modèles au tantale.

Convertisseurs pour tensions et courants moyens à élevés

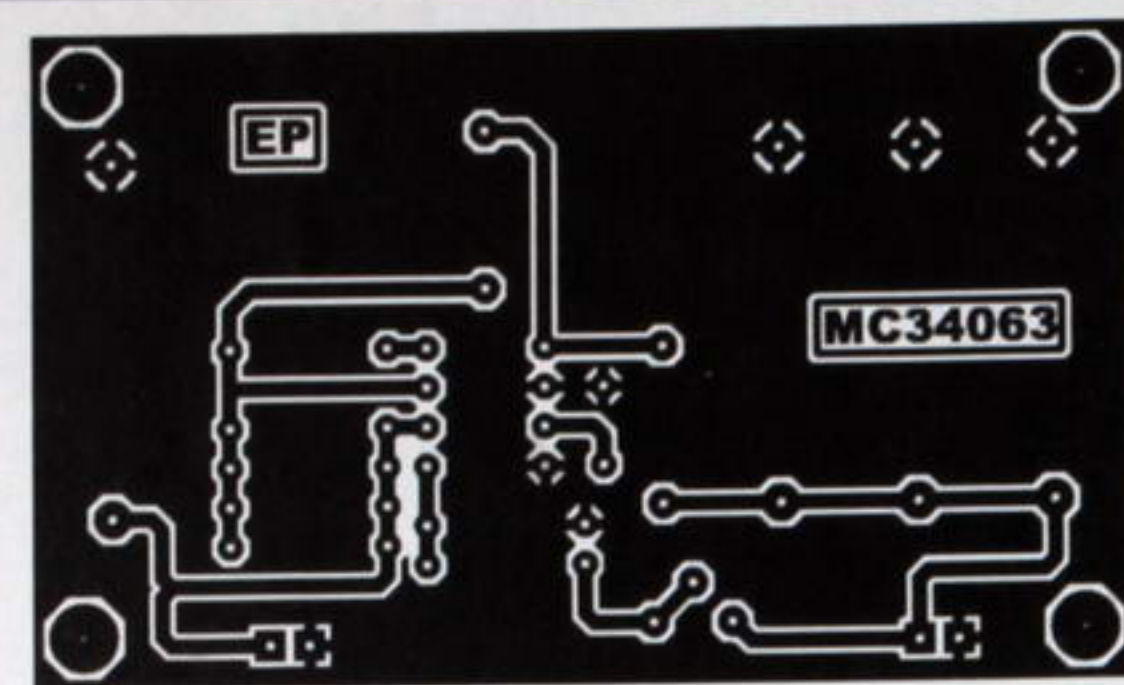
Alimentation à MC34063 (12 V → 28 V / 175 mA)

Le convertisseur de tension MC34063 permet la réalisation d'alimentations

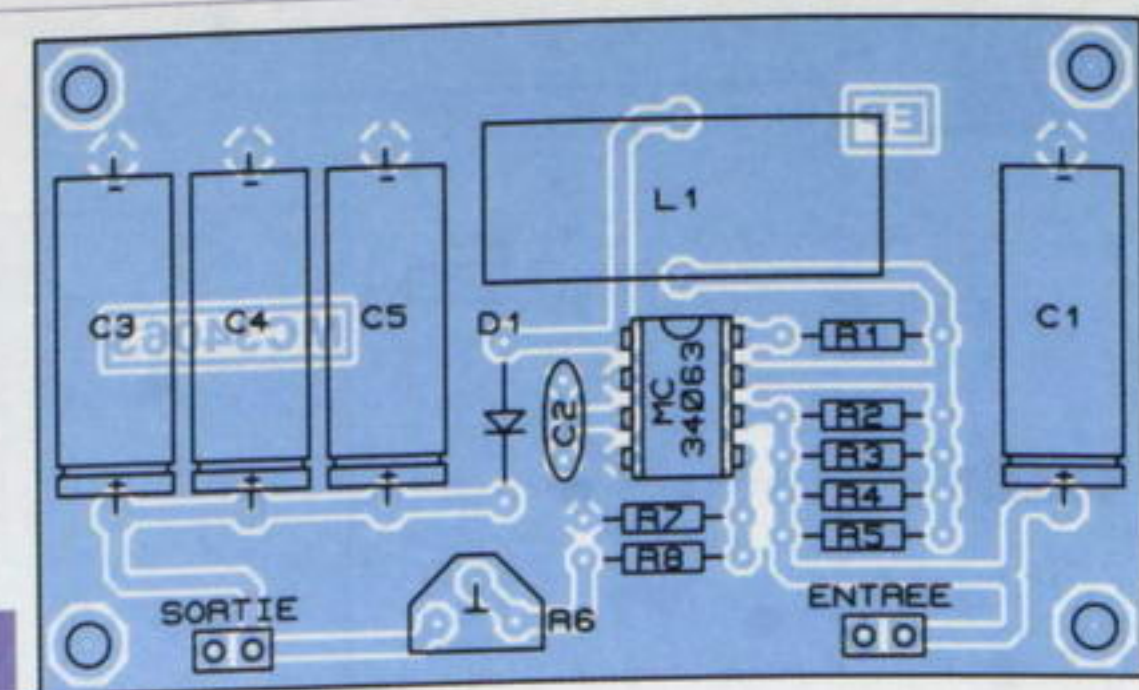
de types «Step-Up» (montage élévateur), «Step-Down» (montage abaisseur) et «Voltage-Inverting» (inversion de la polarité de la tension de sortie).

Caractéristiques du MC34063 :

- Courant maximal de 1,5 A
- Courant de repos de 2,5 mA



16



17

Nomenclature

ALIMENTATION À MC34063  
(12 V → 28 V / 175 mA)

• Condensateurs

C1, C3, C4, C5 : 100 µF / 25 V (tantale)  
C2 : 1,5 nF

• Semiconducteurs

D1 : 1N5819  
IC : MC34063

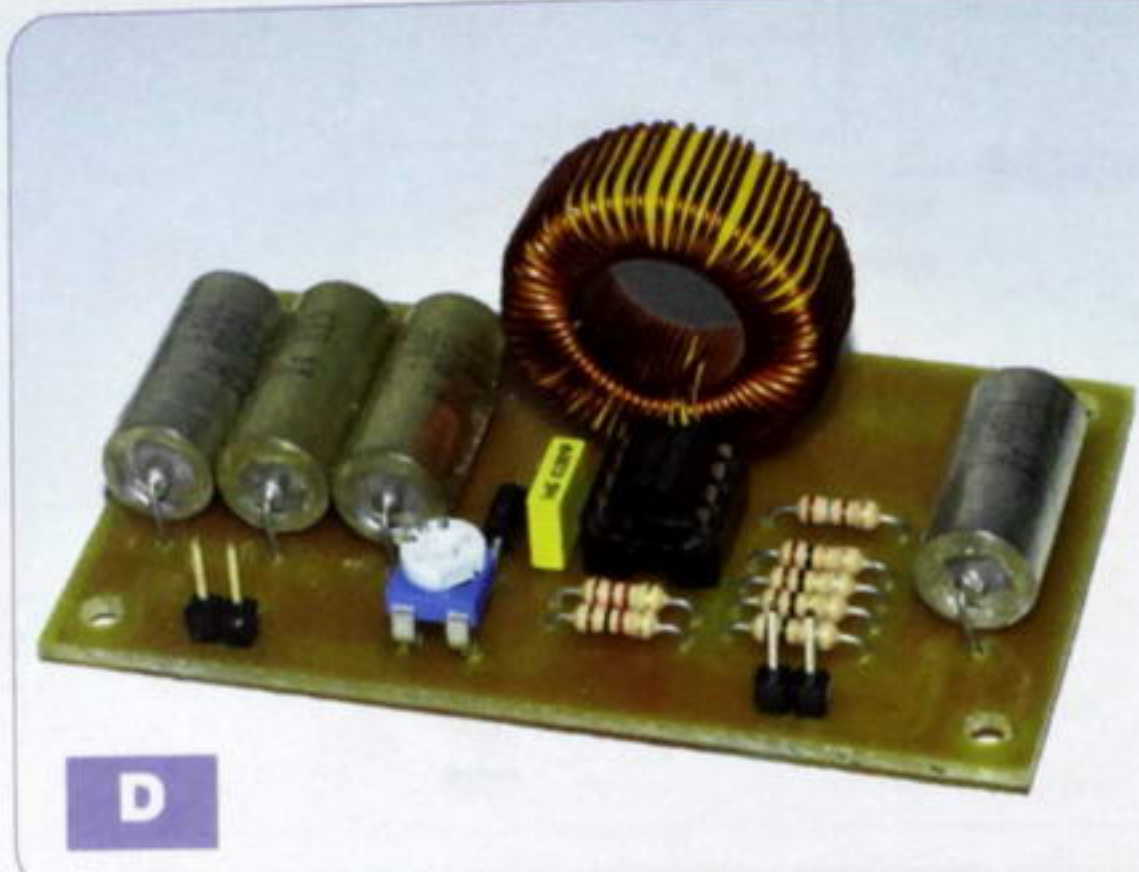
• Résistances

R1 : 180 Ω (marron, gris, marron)

R2 à R5 : 1 Ω (marron, noir, or)  
R6 : ajustable 50 kΩ  
R7 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)  
R8 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

• Divers

L1 : inductance 150 µH sur tore 2 A  
1 support pour CI à 8 broches  
Barrette sécable de broches carrées  
Barrette sécable de supports femelles, pour broches carrées



D

- Dissipation de puissance maximale de 1,5 W
- Tension d'alimentation comprise entre 3 V et 40 V
- Fréquence de fonctionnement à 100 kHz
- Circuit de limitation de courant
- Tension de sortie ajustable
- Précision de 2 % pour la tension de référence

Le schéma théorique de notre réalisation est représenté en figure 14. Cette alimentation permet de disposer d'une tension de sortie de 28 V à 30 V sous 175 mA, à partir d'une tension primaire de 12 V.

La résistance ajustable R6 permet de régler cette tension de sortie.

Le circuit intégré MC34063 est muni d'un limiteur du courant de sortie. Celui-ci est réalisé en mesurant la chute de tension occasionnée par une résistance externe, insérée en série dans la ligne V<sub>IN</sub> (résistances R2 à R5 sur notre schéma). La chute de tension, provoquée par la résistance, est mesurée par la broche 7, (I<sub>pk</sub> Sense). Lorsque cette tension dépasse le seuil de 330 mV, la circuiterie de limitation augmente le courant de charge de la

capacité de temporisation. Ceci réduit le temps de commutation du transistor et, par conséquent, réduit également la quantité d'énergie stockée dans l'inductance.

Afin d'augmenter le courant de sortie, il est possible d'utiliser un transistor de puissance complémentaire, comme représenté sur le schéma en figure 15. Ce dernier est alors commandé par le transistor de sortie interne.

La réalisation

Le tracé du circuit imprimé est celui de la figure 16. La figure 17 et la photo D représentent le schéma de l'implantation des composants.

La résistance de « mesure du courant » est constituée par quatre résistances de 1 Ω (R2 à R5).

L'inductance est bobinée sur un tore de ferrite et peut supporter 2 A.

Les capacités chimiques sont des modèles au tantale.

Alimentation à LM2577 (5 V → 12 V / 800 mA)

Le circuit intégré convertisseur LM2577 intègre toutes les fonctions permettant la réalisation d'alimentations à découpage de types « Step-Up », « Flyback » et

« Forward ». Il ne nécessite qu'un minimum de composants externes.

Caractéristiques du LM2577 :

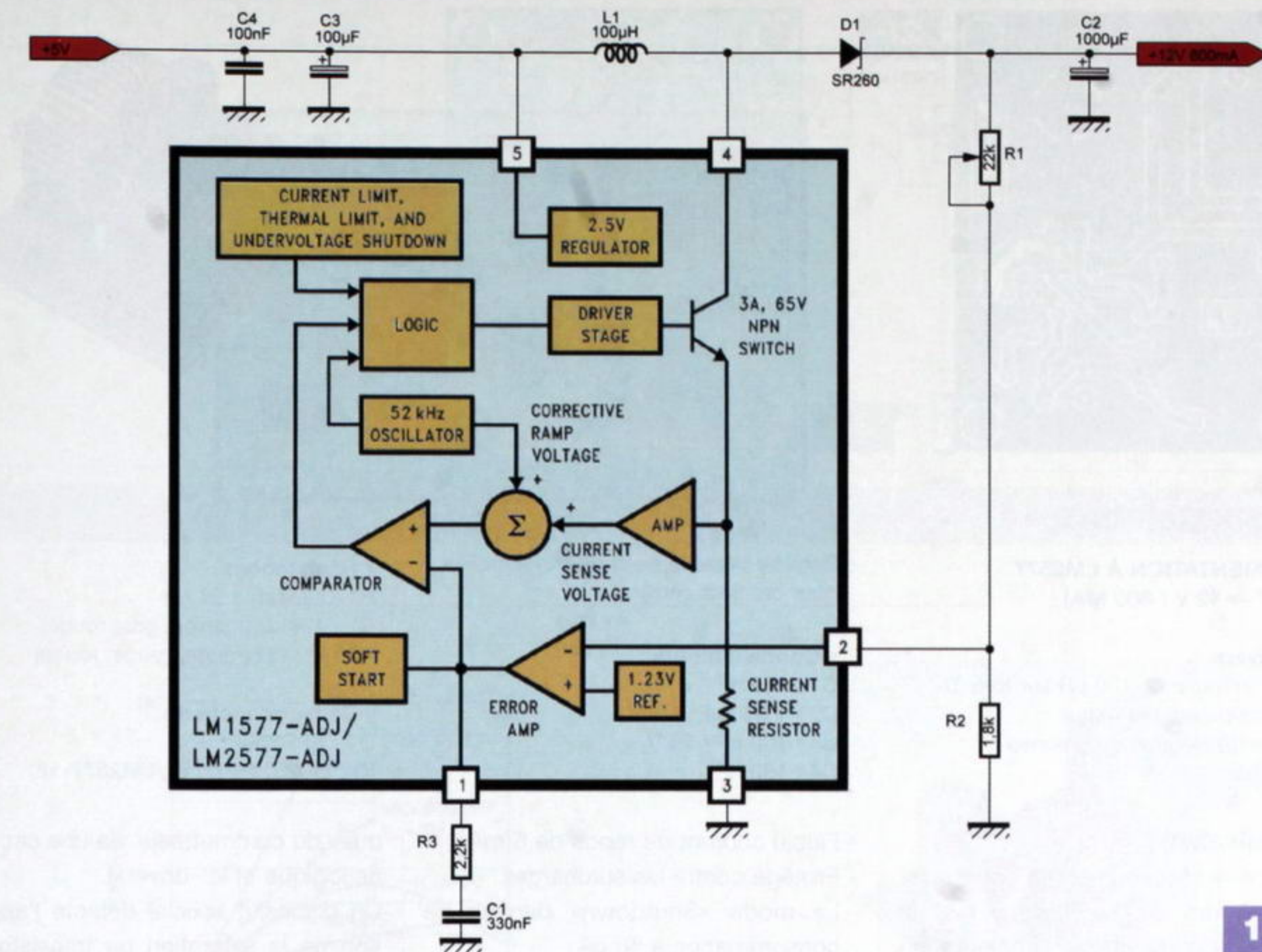
- Courant maximal de 3 A
- Tension d'alimentation comprise entre 3,5 V et 40 V
- Fréquence de fonctionnement à 52 kHz
- Circuit de « Soft-Start » (démarrage en douceur) pour une limitation du courant à la mise sous tension
- Protection du commutateur par limitation du courant et protection thermique
- Tension de sortie ajustable pour la version LM2577 ADJ
- Tensions de sorties fixes pour les versions LM2577-12 et LM2577-15 (12V et 15V)

Le schéma théorique de l'alimentation utilisant le LM2577 ADJ est représenté en figure 18.

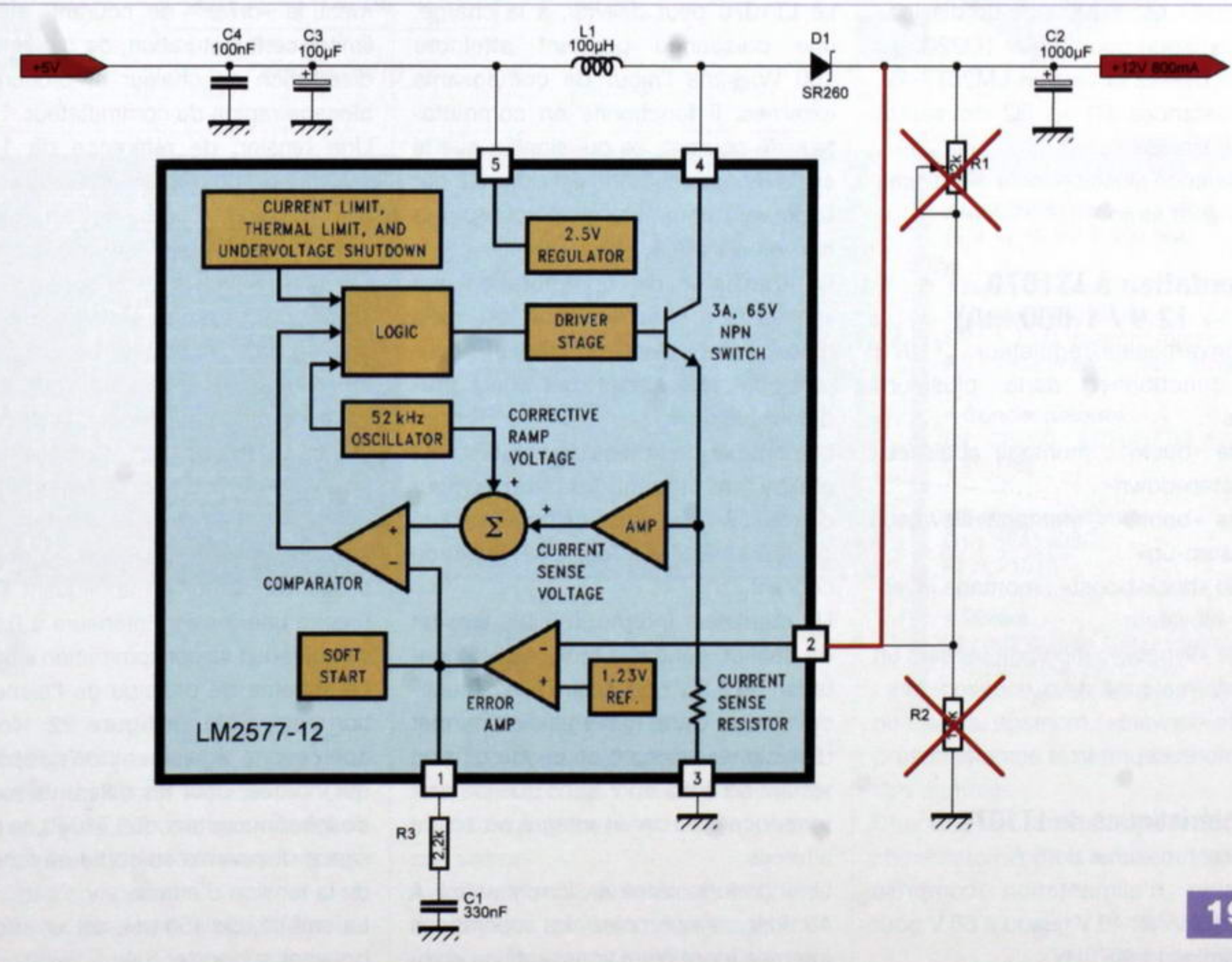
L'inductance L1 est un modèle bobinée sur tore qui peut supporter 3 A.

La résistance ajustable R1 permet de régler la tension de sortie.

Le schéma, en figure 19, indique les modifications à effectuer si vous souhaitez utiliser le LM2577-12.

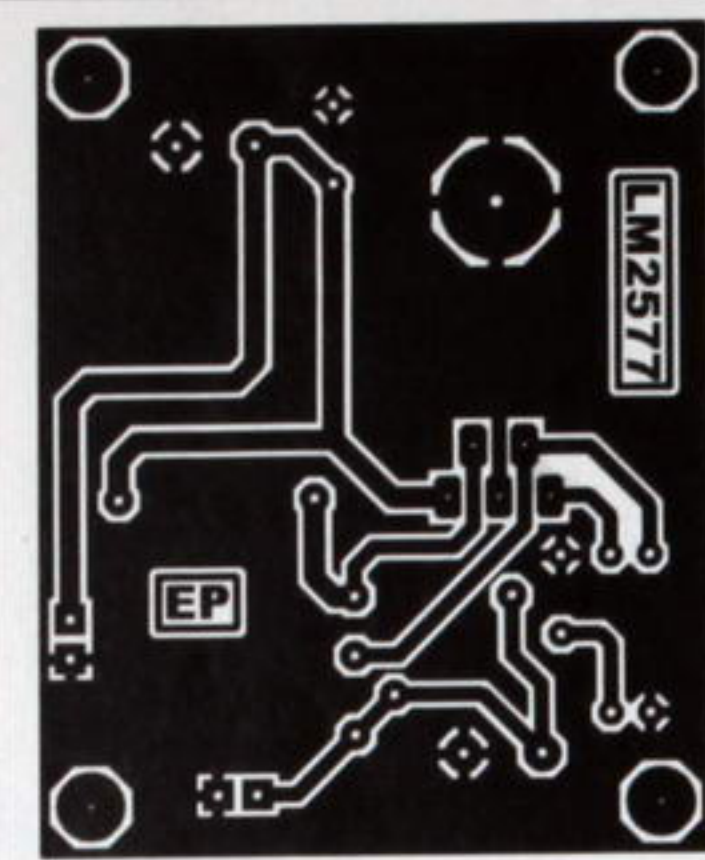


18

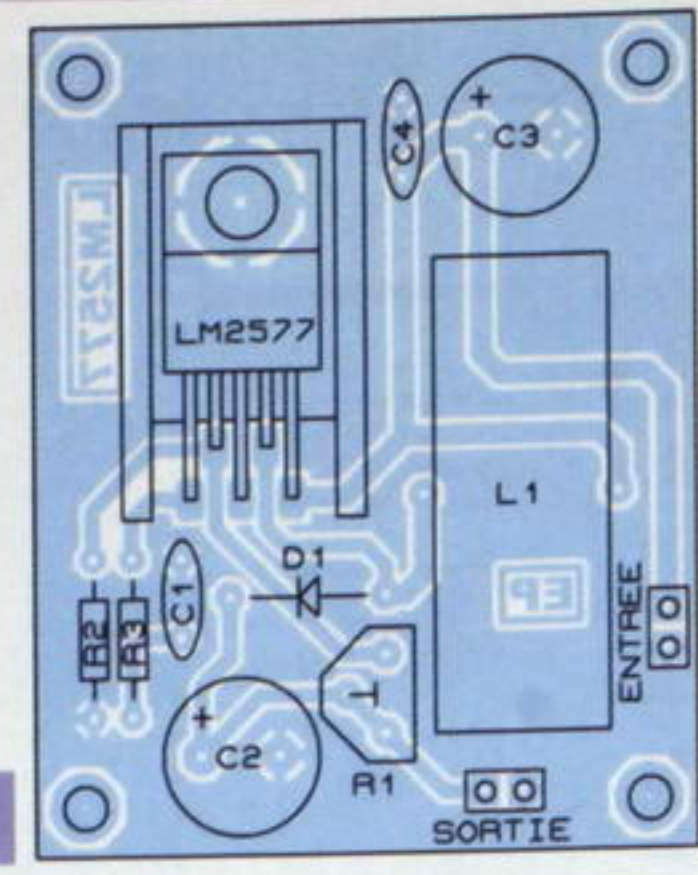


19

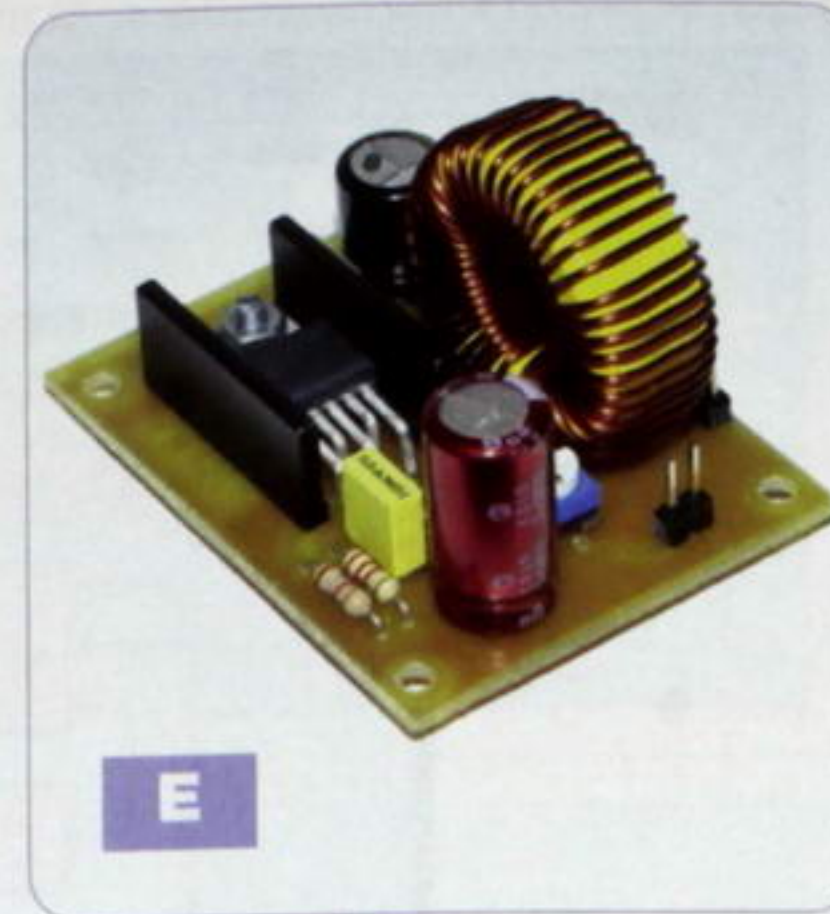




20



21



E

**Nomenclature**

**ALIMENTATION À LM2577**  
(5 V → 12 V / 800 MA)

**• Divers**

- L1 : inductance 100 µH sur tore 3A
- 1 dissipateur thermique
- Barrette sécable de broches carrées

Barrette sécable de supports femelles, pour broches carrées

**• Condensateurs**

- C1 : 330 nF
- C2 : 1 000 µF / 35 V
- C3 : 100 µF / 25 V
- C4 : 100 nF

**• Résistances**

- R1 : ajustable 22 kΩ
- R2 : 1,8 kΩ (marron, gris, rouge)
- R3 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)

**• Semiconducteurs**

- D1 : SFR260
- IC : LM2577-ADJ ou LM2577-12

**La réalisation**

Le tracé du circuit imprimé est proposé en **figure 20**. La **figure 21** et la **photo E** représentent l'implantation des composants.

Le LM2577 est fixé contre un dissipateur thermique pour boîtier TO220.

Si vous utilisez la version LM2577-12, les résistances R1 et R2 ne seront pas implantées.

La résistance ajustable sera remplacée par un petit strap.

**Alimentation à LT1070**  
(5 V → 12 V / 1 000 MA)

Le convertisseur/régulateur LT1070 peut fonctionner dans plusieurs modes :

- Mode «buck» : montage abaisseur ou «step-down»
- Mode «boost» : montage élévateur ou «step-up»
- Mode «buck-boost» : montage inverseur-élévateur
- Mode «flyback» : montage utilisant un transformateur à deux enroulements
- Mode «forward» : montage utilisant un transformateur à trois enroulements

**Caractéristiques du LT1070 :**

- Courant maximal de 5 A
- Tension d'alimentation comprise entre 3,5 V et 40 V (jusqu'à 60 V pour la version LT1070HV)

- Faible courant de repos de 6 mA
- Protégé contre les surcharges
- Le mode «Shutdown» diminue la consommation à 50 µA

Le LT1070 peut délivrer, à la charge, une puissance pouvant atteindre 100 W, sans l'ajout de composants externes. Il fonctionne en commutateur de courant, ce qui signifie que le cycle de commutation est contrôlé par le courant commuté plutôt que par la tension de sortie.

Le transistor de commutation est «passant» à chaque départ du cycle d'horloge et «bloqué» lorsque le courant commuté atteint une valeur prédéterminée.

Le contrôle de la tension de sortie est réalisé en utilisant un amplificateur d'erreur. Il mesure la tension issue d'un capteur résistif qui régule le niveau du courant.

Un régulateur interne, à faible tension de déchet, génère la tension d'alimentation de 2,3 V nécessaire à la circuiterie interne. Cette faible tension permet d'alimenter le circuit sous une tension variant de 3 V à 60 V, sans que les performances du circuit intégré ne soient altérées.

Une horloge interne, fonctionnant à 40 kHz, synchronise les opérations internes (dont l'état «passant» ou «blo-

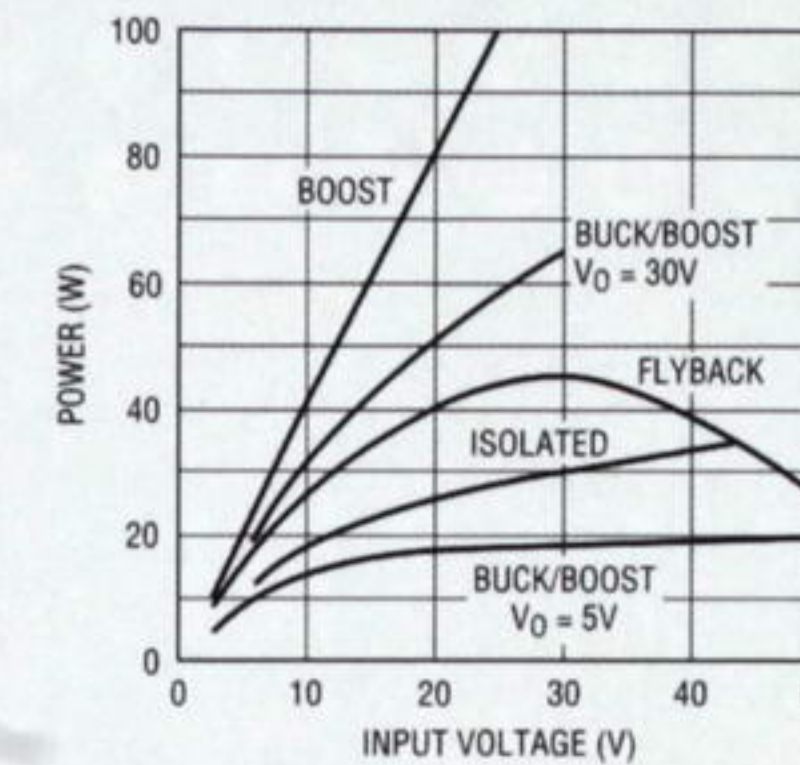
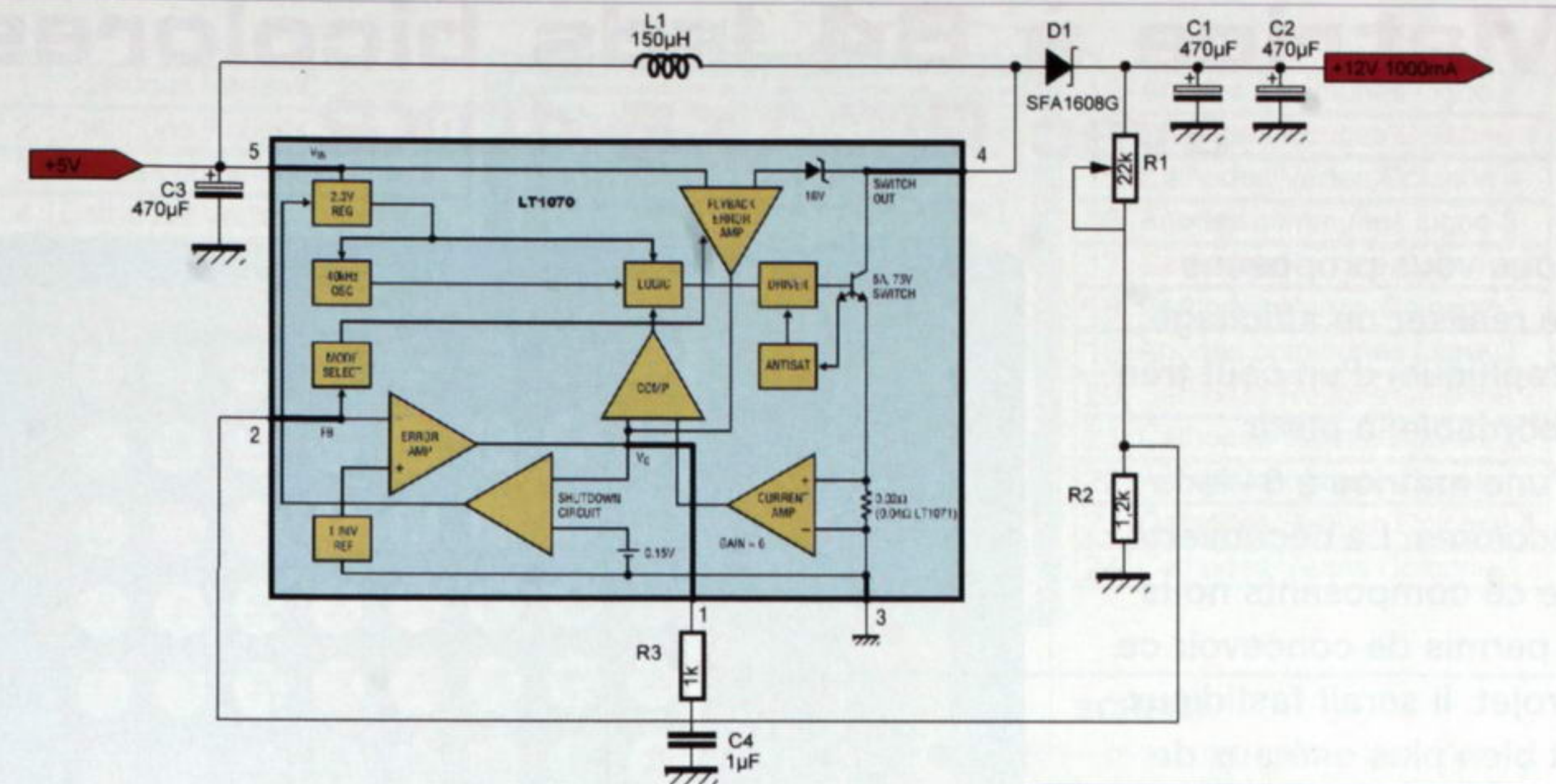
qué» du commutateur via une circuiterie logique et le «driver»).

Un dispositif spécial détecte l'apparition de la saturation du transistor de commutation. Il ajuste alors instantanément le «driver» de courant, afin de limiter cette saturation, ce qui limite la dissipation de chaleur et procure un blocage rapide du commutateur.

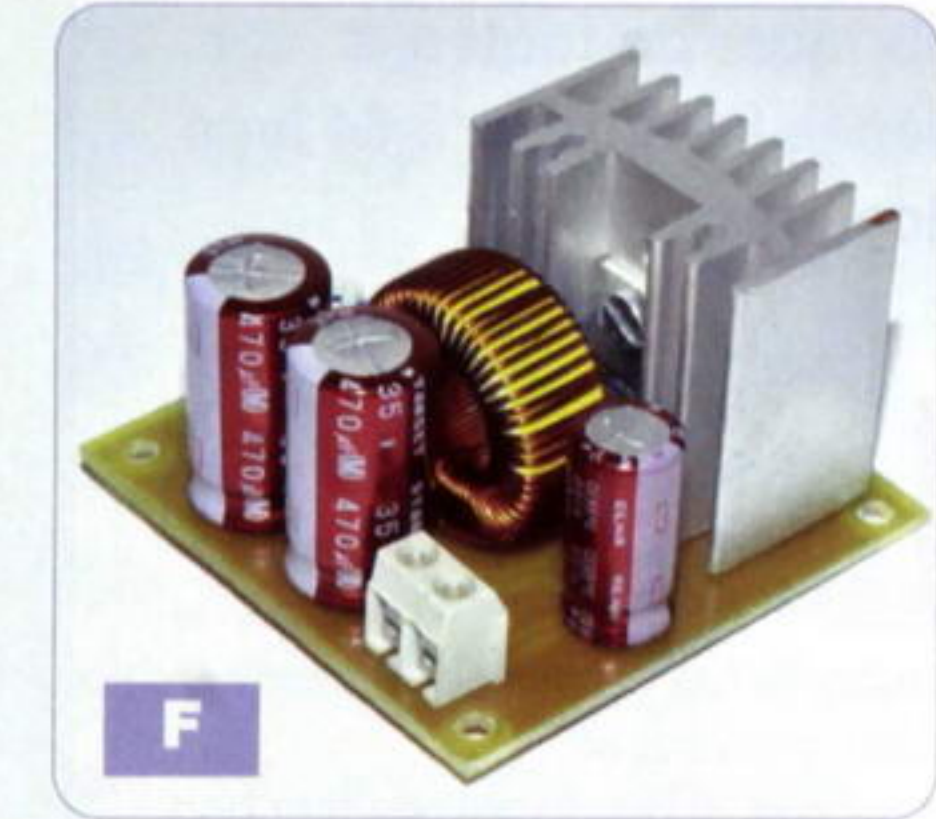
Une tension de référence de 1,2 V polarise l'entrée «non-inverseuse» de l'amplificateur d'erreur, tandis que son entrée «inverseuse» est utilisée pour la mesure de la tension de sortie.

Le signal d'erreur, développé aux entrées du comparateur, est disponible en externe sur la broche Vc. Celle-ci possède quatre fonctions : la compensation en fréquence, l'ajustage de la limitation du courant, le démarrage en douceur par la mise en service d'une capacité, la mise au repos du convertisseur/régulateur en appliquant sur la broche une tension inférieure à 0,15 V, ce qui réduit sa consommation à 50 µA. Le schéma de principe de l'alimentation est visible en **figure 22**. Nous y apercevons également un graphique qui indique, pour les différents modes de fonctionnement du LT1070, la puissance disponible en sortie en fonction de la tension d'entrée.

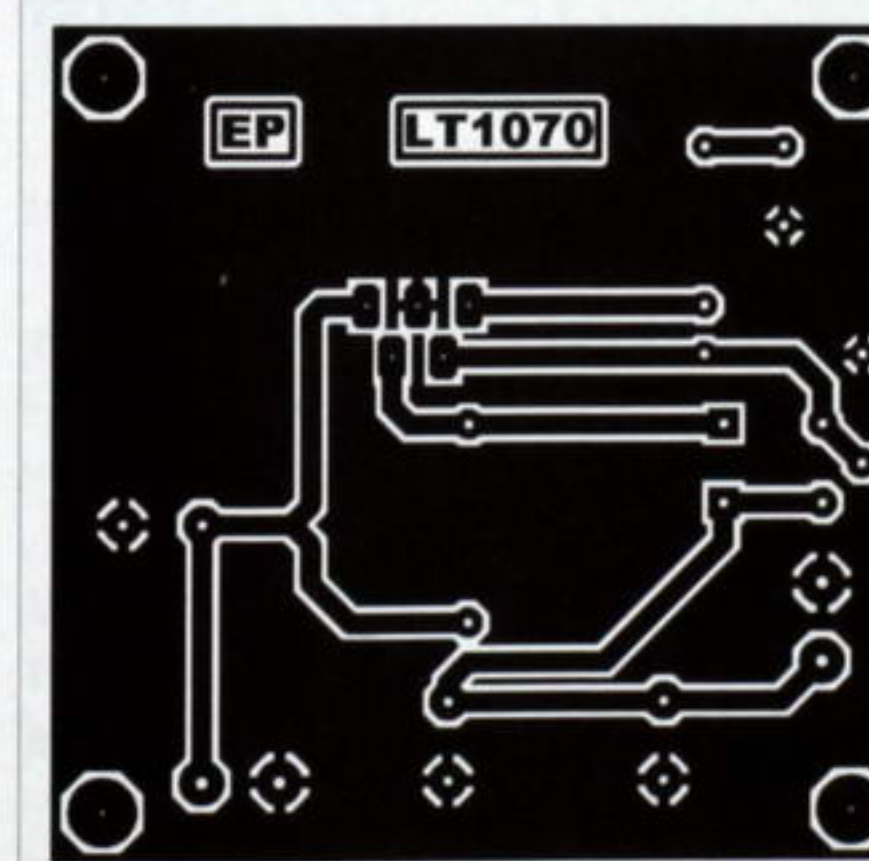
La self L1, de 150 µH, est un modèle pouvant supporter 5 A.



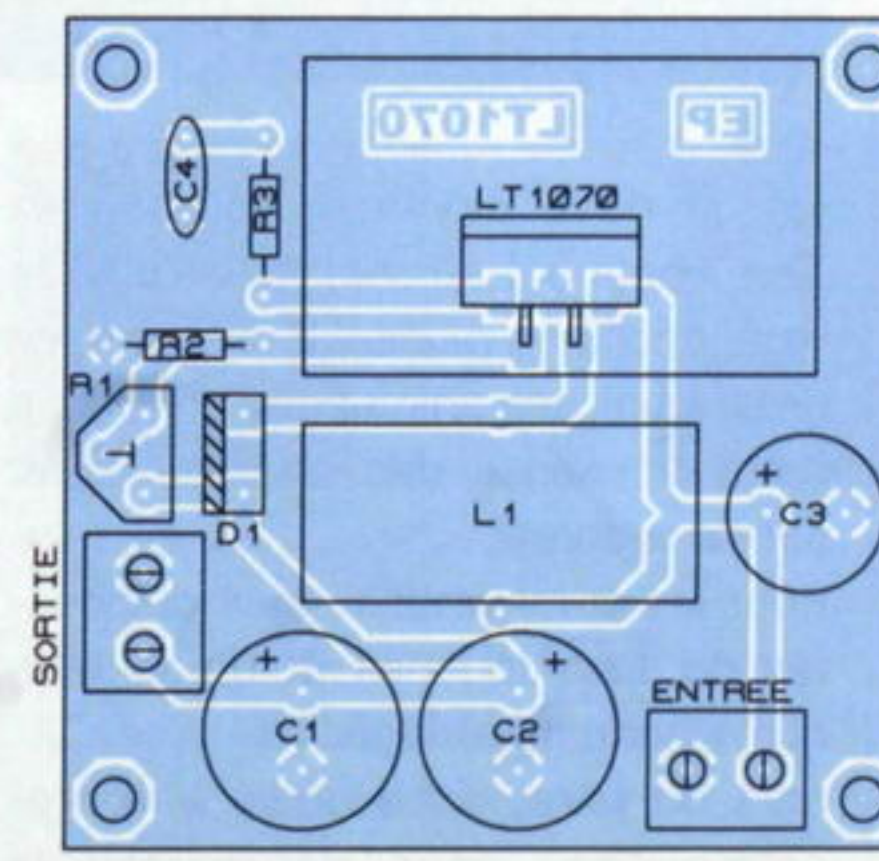
22



F



23



24

**Nomenclature**

**ALIMENTATION À LT1070**  
(5 V → 12 V / 1 000 MA)

**• Résistances**

- R1 : ajustable 22 kΩ
- R2 : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)
- R3 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

**• Condensateurs**

- C1, C2, C3 : 470 µF / 35 V
- C4 : 1 µF

**• Semiconducteurs**

- D1 : SFA1608G
- IC : LT1070

**• Divers**

- L1 : inductance 150 µH sur tore 5A
- 1 dissipateur thermique
- 2 borniers à vis de deux points

**La réalisation**

Le dessin du circuit imprimé est proposé en **figure 23**, tandis que la **figure 24** et la **photo F** représentent l'implantation des composants.

L'entrée et la sortie s'effectuent sur des borniers à vis.

Le LT1070 est fixé contre un dissipateur thermique de bonnes dimensions. Le câblage achevé et vérifié, passez aux essais.

Avant la mise sous tension de l'une ou l'autre des platines, vérifiez que la résistance ajustable (lorsqu'elle est

présente) a son curseur placé en position centrale. Chacune des platines doit fonctionner immédiatement à la mise sous tension.

G. LEHUEDE  
glehuede@sfr.fr

# Matrice à 64 leds bicolores avec PICAXE-40X2

Nous vous proposons de réaliser un affichage graphique, d'un coût très abordable, à partir d'une matrice à 64 leds bicolores. La découverte de ce composants nous a permis de concevoir ce projet. Il serait fastidieux et bien plus onéreux de fabriquer de toutes pièces la matrice à 64 leds bicolores.

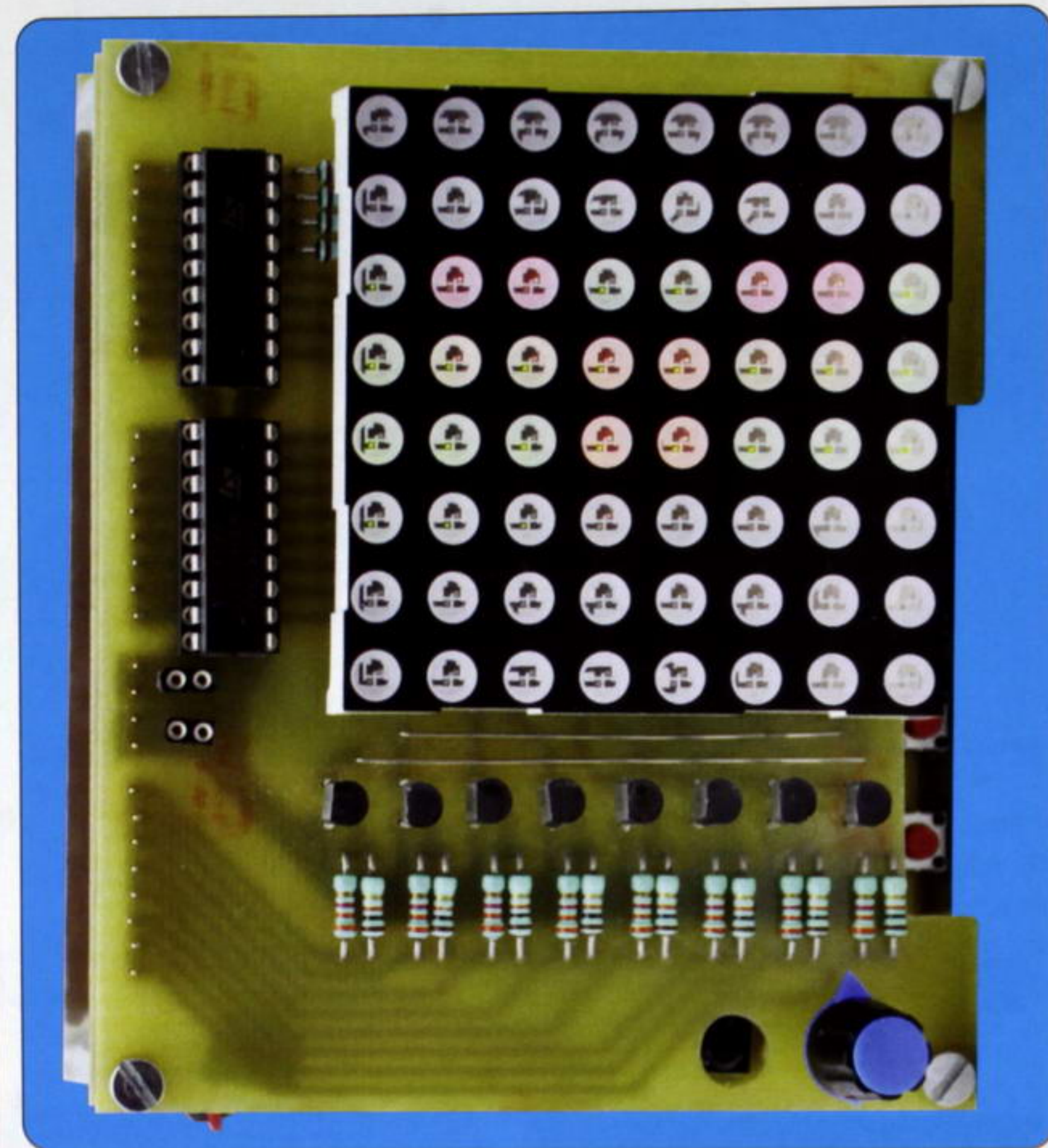
Les leds bicolores intègrent deux leds dans un même boîtier et peuvent s'illuminer en vert, en rouge, en orange, par la combinaison des deux couleurs primaires.

En théorie, si nous voulions tirer parti de toutes les capacités de notre matrice, il nous faudrait un microcontrôleur disposant de 128 sorties (64 pour les rouges et 64 pour les vertes). Bien entendu, un tel composant n'existe pas pour le grand public, de plus, le prix serait prohibitif.

Moyennant une astucieuse programmation, nous arrivons malgré tout à nos fins, en faisant appel à un PICAXE-40X2. Ce microcontrôleur a été employé à maintes reprises dans nos montages pour ses performances, sa simplicité de mise en œuvre et son faible coût.

De plus, nous n'utilisons que 24 sorties ! Comment est-ce possible ? Simplement, en mettant à profit une particularité de l'œil humain : la persistance rétinienne.

Notre œil ne réagit pas suffisamment vite pour discerner, par exemple, le clignotement très rapide d'une led. Au delà d'une certaine vitesse, la led semble illuminée en permanence. Nous étudierons toutes les possibili-



tés de notre montage. Vous verrez ainsi comment afficher les motifs de votre choix, en plusieurs couleurs, en produisant des animations comme la croix lumineuse des pharmacies et mieux encore.

Pour les commandes, vous disposez de trois touches et d'une télécommande infrarouge.

Lors du paragraphe dédié à la programmation, nous détaillerons la manière de trouver les valeurs à envoyer aux ports B, C et D du PICAXE, afin de concevoir les motifs pour vos propres animations.

## La matrice à 64 leds bicolores

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, la matrice est constituée de 64 leds bicolores (vertes et

rouges) disposées en huit lignes et huit colonnes.

Les anodes sont communes par ligne, les cathodes le sont par colonne et par couleur. La matrice comporte 24 broches (2 x 12).

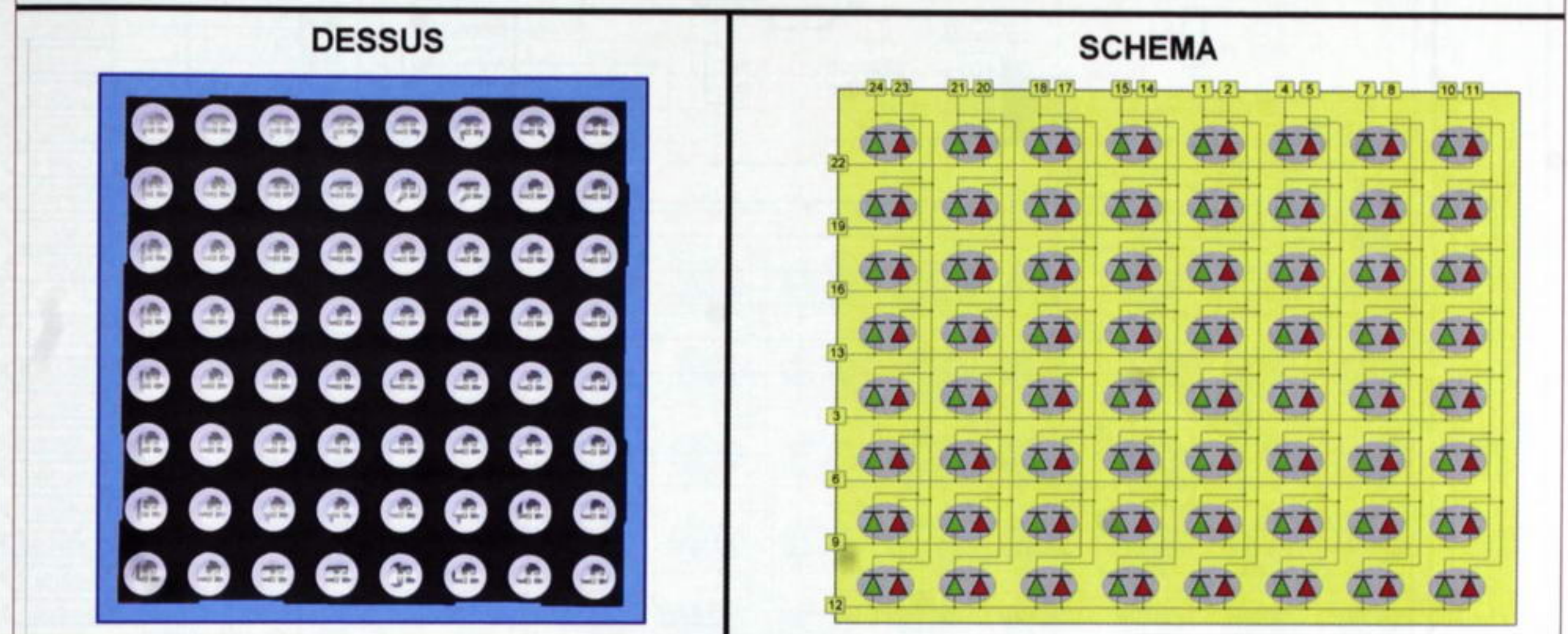
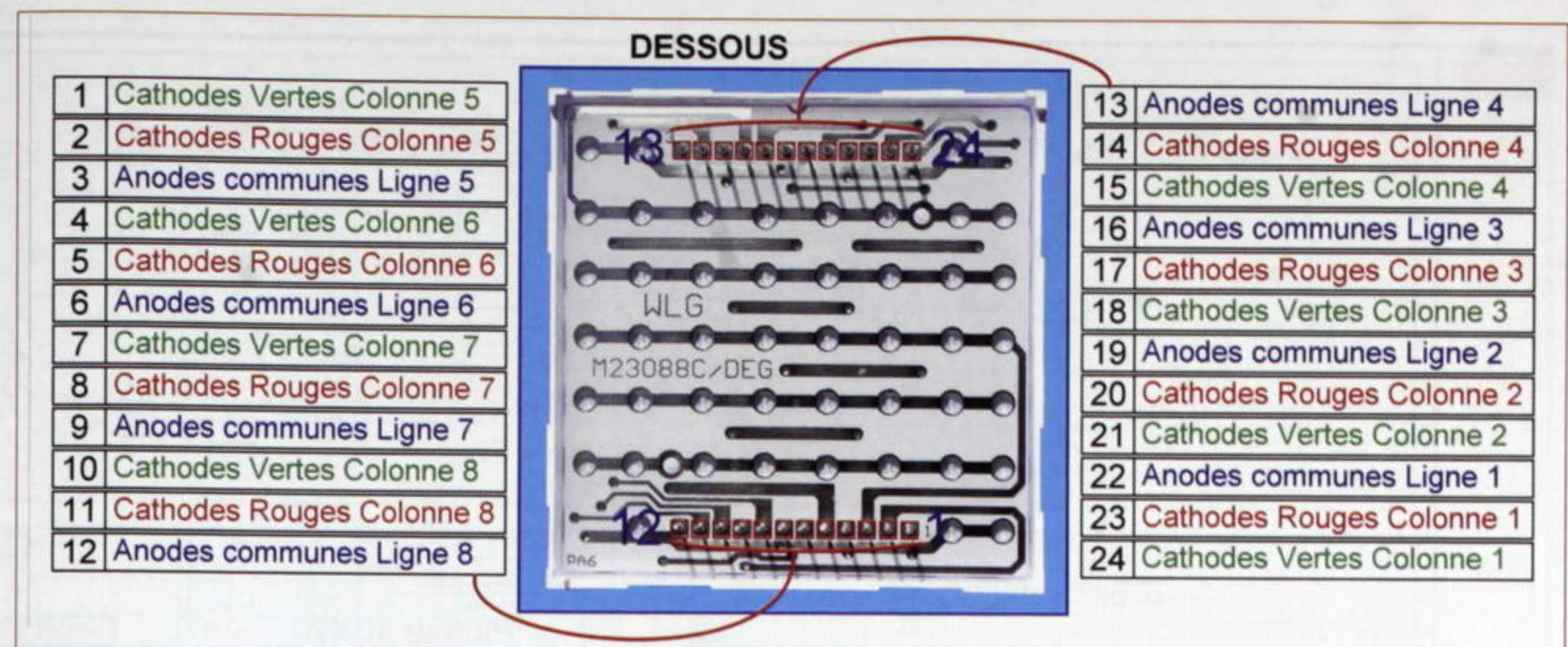
Trois groupes de huit commandent les huit lignes d'anodes, les huit colonnes de cathodes vertes et les huit colonnes de cathodes rouges.

La figure 1 montre le brochage de la matrice et son organisation.

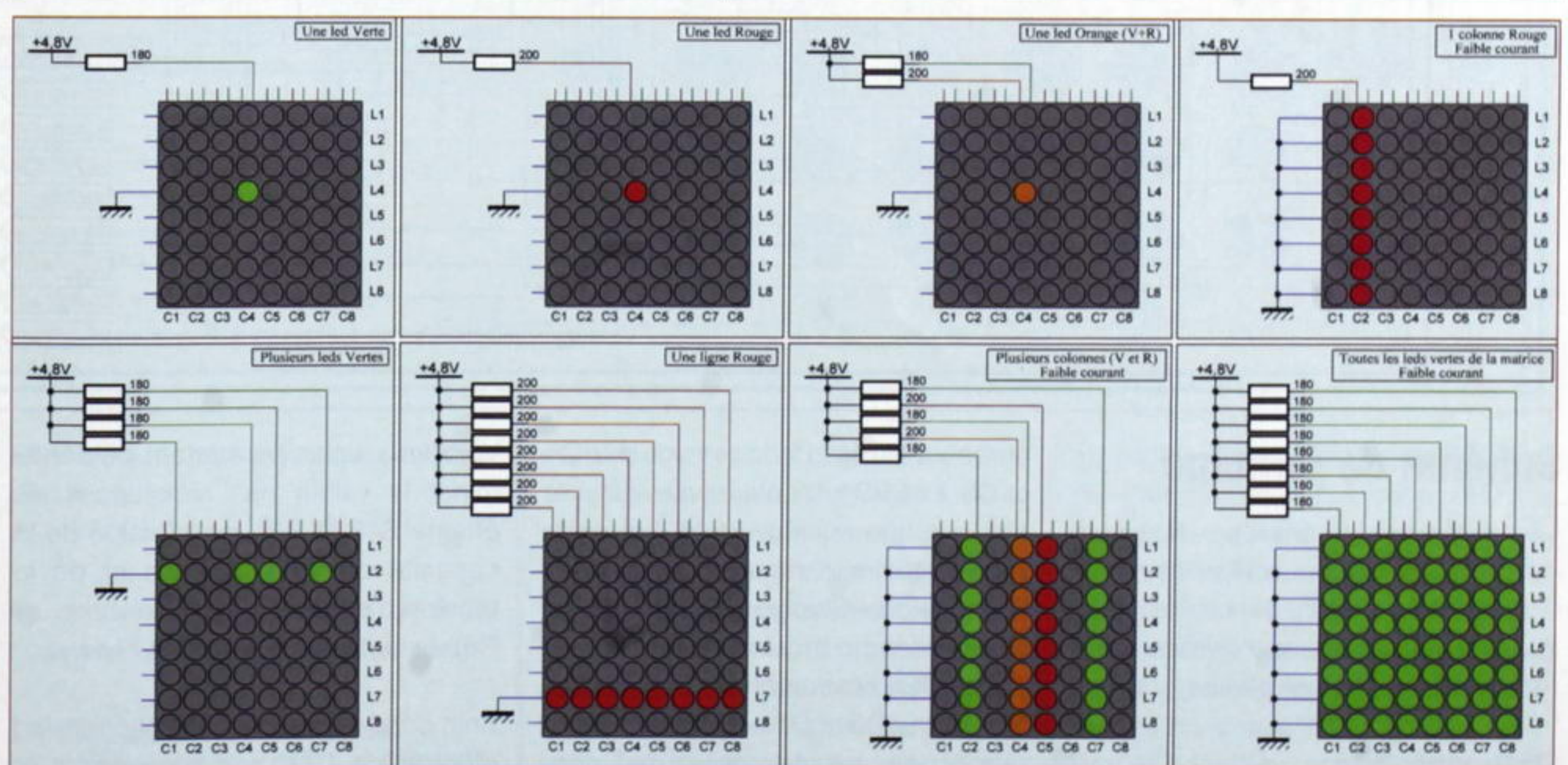
Voici les caractéristiques de chacune des 64 leds de la matrice :

- Longueur d'onde de la led rouge : 640 nm
- Longueur d'onde de la led verte : 565 nm
- Courant maximal de la led rouge ou verte : 20 mA
- Tension directe de la led rouge : 1,9 V
- Tension directe de la led verte : 2,1 V

1



2

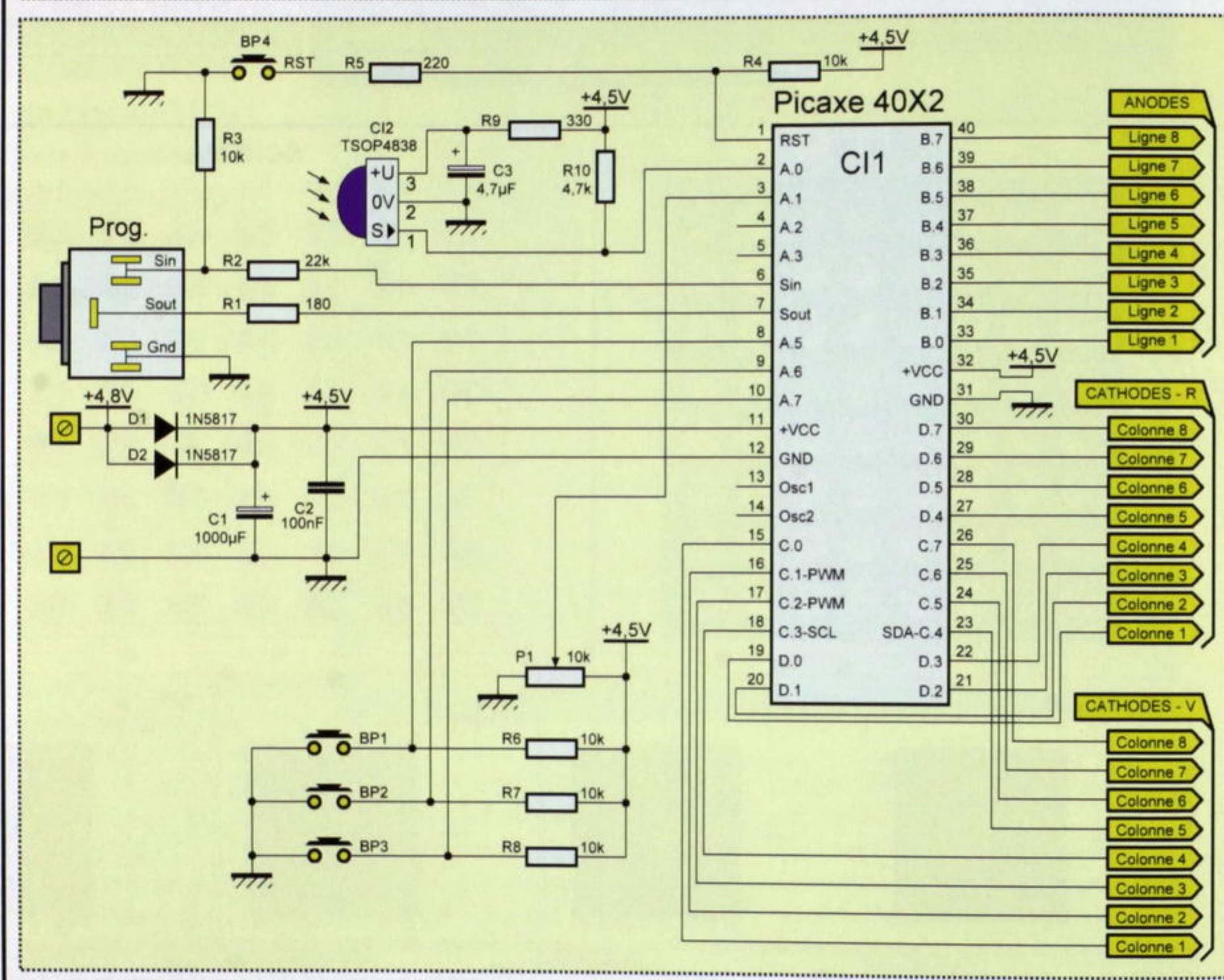
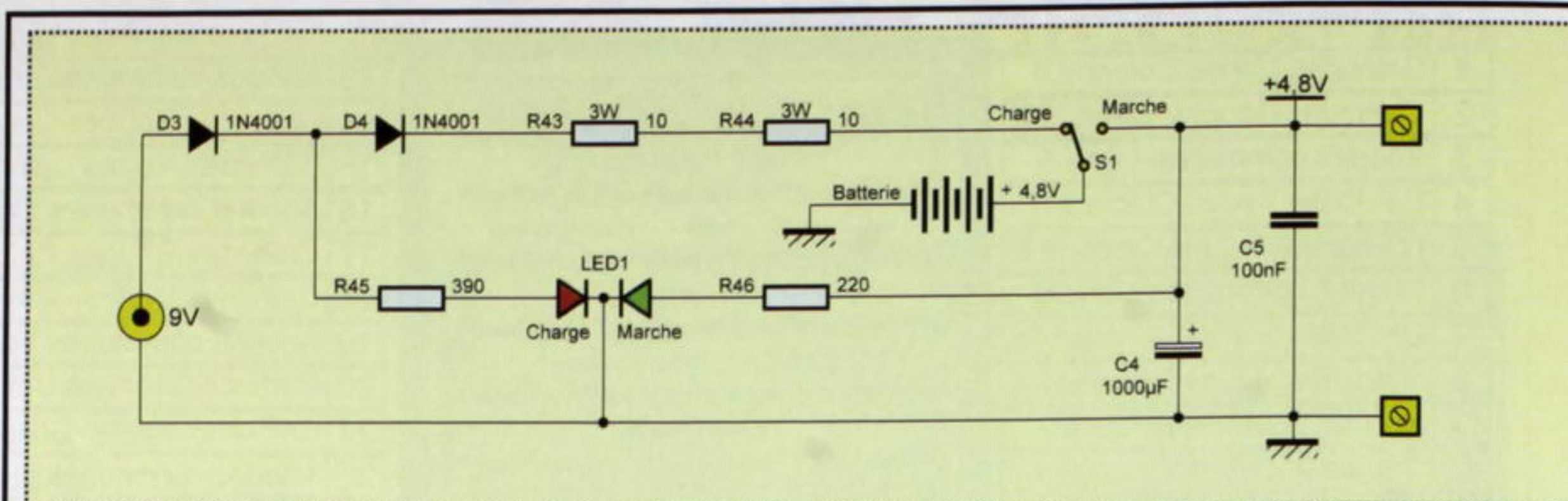


Il existe plusieurs manières d'alimenter les leds : la verte seule, la rouge seule, les deux ensemble, afin d'obtenir une teinte orangée.

Il convient de commander les leds par lignes, par colonnes ou la matrice entière (les anodes étant communes à huit leds par ligne).

Pour illustrer ce propos, la figure 2 montre différentes possibilités d'affichages, sans pour autant toutes les citer.

3



**Schéma de principe**

Le schéma de principe complet de cette réalisation est proposé en figure 3. Pour plus de clarté, nous avons encadré chaque section correspondant à chaque platine.

**L'alimentation**

La tension du montage est issue d'une batterie de 4,8 V, constituée de quatre éléments Ni-MH de 1,2 V chacun. Le commutateur S1, en position « Marche », alimente les circuits

après un filtrage de la tension par C4 et C5. La LED1, bicolore, visualise cet état par une couleur verte. La résistance R46 limite son courant.

En position « Charge », la batterie se charge via une tension de 9 V à 12 V issue d'un bloc secteur. Les diodes anti-retour D3 et D4 acheminent cette tension vers les résistances de limitation du courant de charge R43 et R44 montées en série.

La couleur rouge de la LED1 atteste de la charge. La résistance R45 limite son courant.

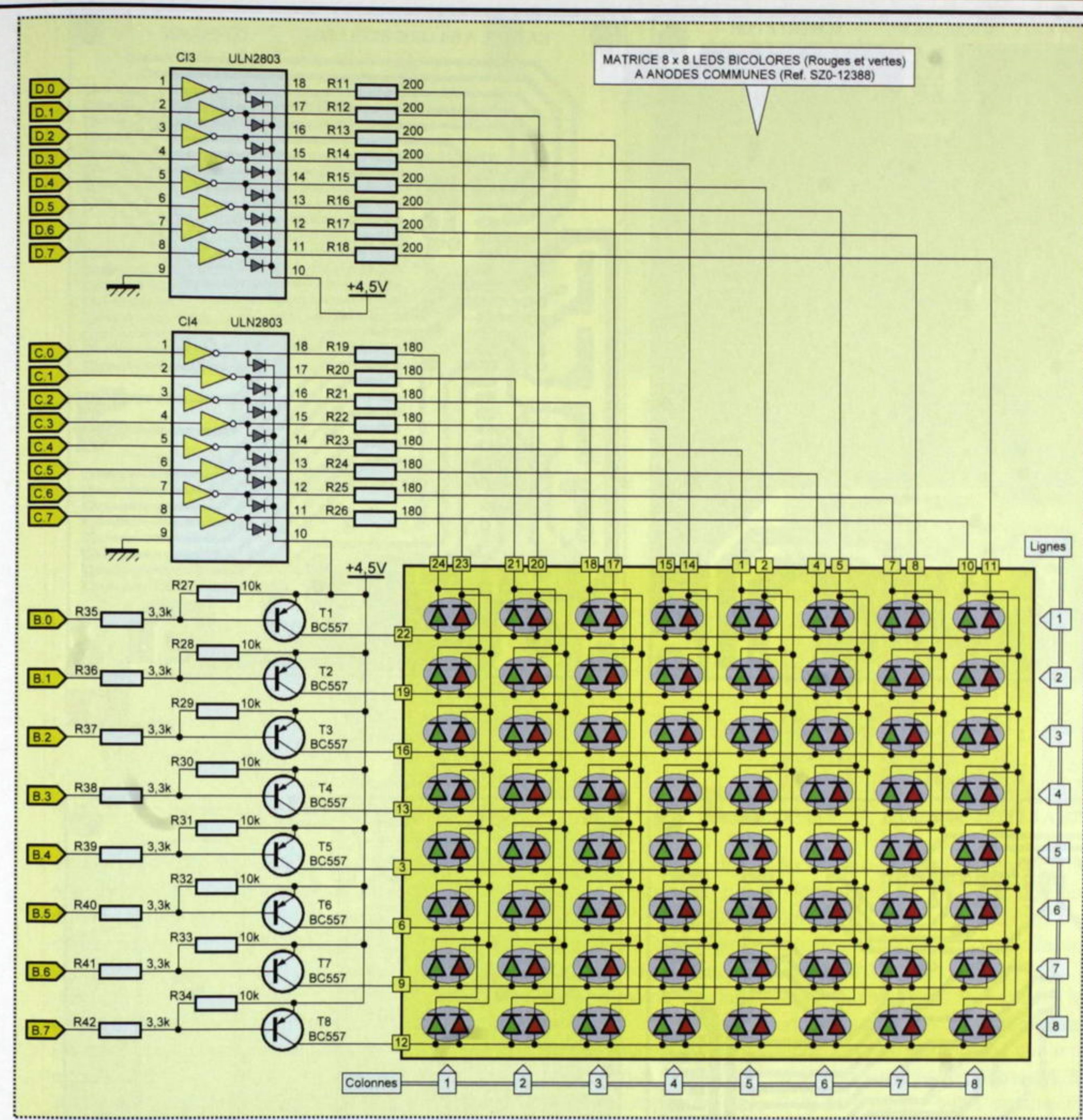
Voici les calculs permettant de déterminer la valeur des résistances de charge R43 et R44, en fonction de la capacité de votre batterie et de la tension d'entrée :

$$R_{charge} = (U_{entrée} - U_{batterie}) / I_{charge}$$

Soit, dans notre cas, avec une tension d'entrée de 10 V, après les diodes et une batterie de 4,8 V et 2 500 mA H :

$$R_{charge} = (10 - 4,8) / 0,25 = 5,2 / 0,25 = 20,8 \Omega$$

Nous optons donc pour deux résistances de 10 Ω connectées en série.



Elles doivent dissiper une puissance de :

$$P = U \times I = 5,2 \times 0,25 = 1,3 \text{ W}$$

En choisissant des modèles de 3 W, nous assurons un échauffement réduit.

**Le circuit de commande**

Le microcontrôleur C11, un PICAXE-40X2, se charge de tout le travail. Son alimentation ne doit en aucun cas dépasser 5 V. Les diodes D1 et D2, montées en parallèle, la protègent. Les condensateurs C1 et C2 la filtrent

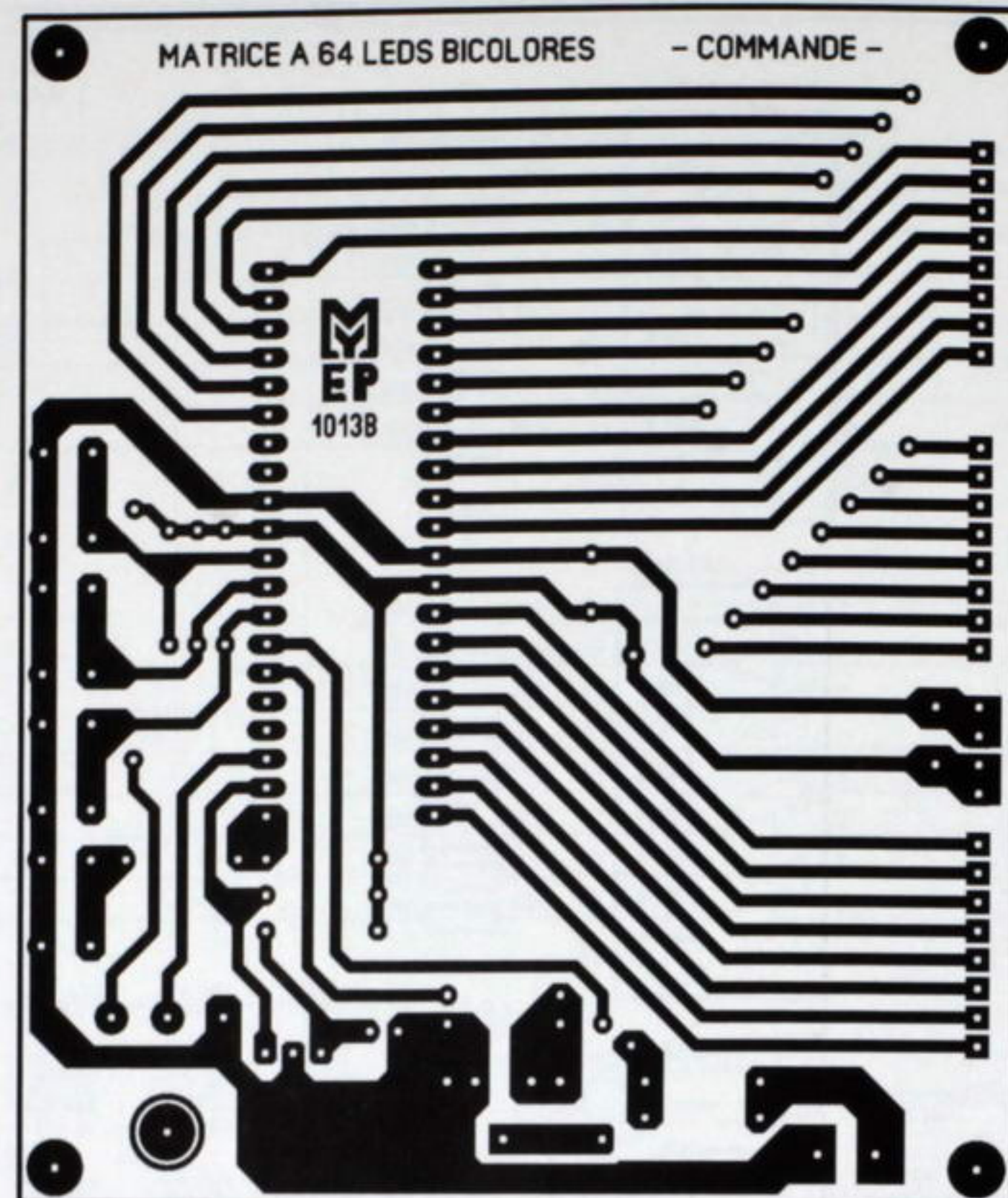
et la découplent au plus près de ses broches. La tension théorique s'élève alors à 4,5 V, mais jamais plus du maximum autorisé dans la pratique. La traditionnelle embase de programmation permet le raccordement à l'ordinateur. Les résistances R1 et R2 limitent le courant des signaux de programmation en entrée et en sortie. Au repos, la résistance R3 force la broche d'entrée « Sin » au potentiel de la masse (0 V). La broche d'initialisation RST est positionnée au niveau « haut » (+4,5 V)

et la découplent au plus près de ses broches. La tension théorique s'élève alors à 4,5 V, mais jamais plus du maximum autorisé dans la pratique. La traditionnelle embase de programmation permet le raccordement à l'ordinateur. Les résistances R1 et R2 limitent le courant des signaux de programmation en entrée et en sortie. Au repos, la résistance R3 force la broche d'entrée « Sin » au potentiel de la masse (0 V). La broche d'initialisation RST est positionnée au niveau « haut » (+4,5 V)

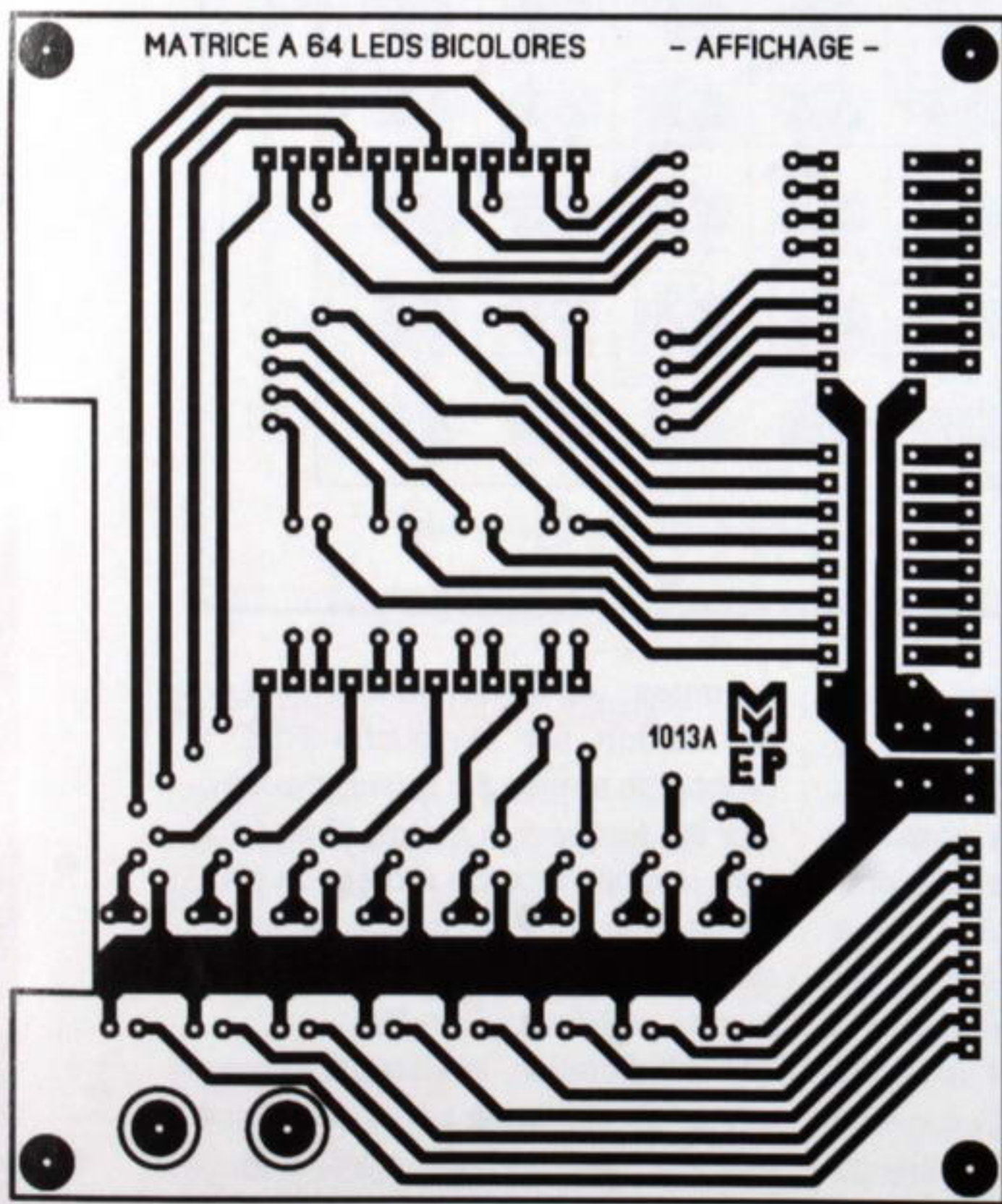
et la découplent au plus près de ses broches. La tension théorique s'élève alors à 4,5 V, mais jamais plus du maximum autorisé dans la pratique. La traditionnelle embase de programmation permet le raccordement à l'ordinateur. Les résistances R1 et R2 limitent le courant des signaux de programmation en entrée et en sortie. Au repos, la résistance R3 force la broche d'entrée « Sin » au potentiel de la masse (0 V). La broche d'initialisation RST est positionnée au niveau « haut » (+4,5 V)



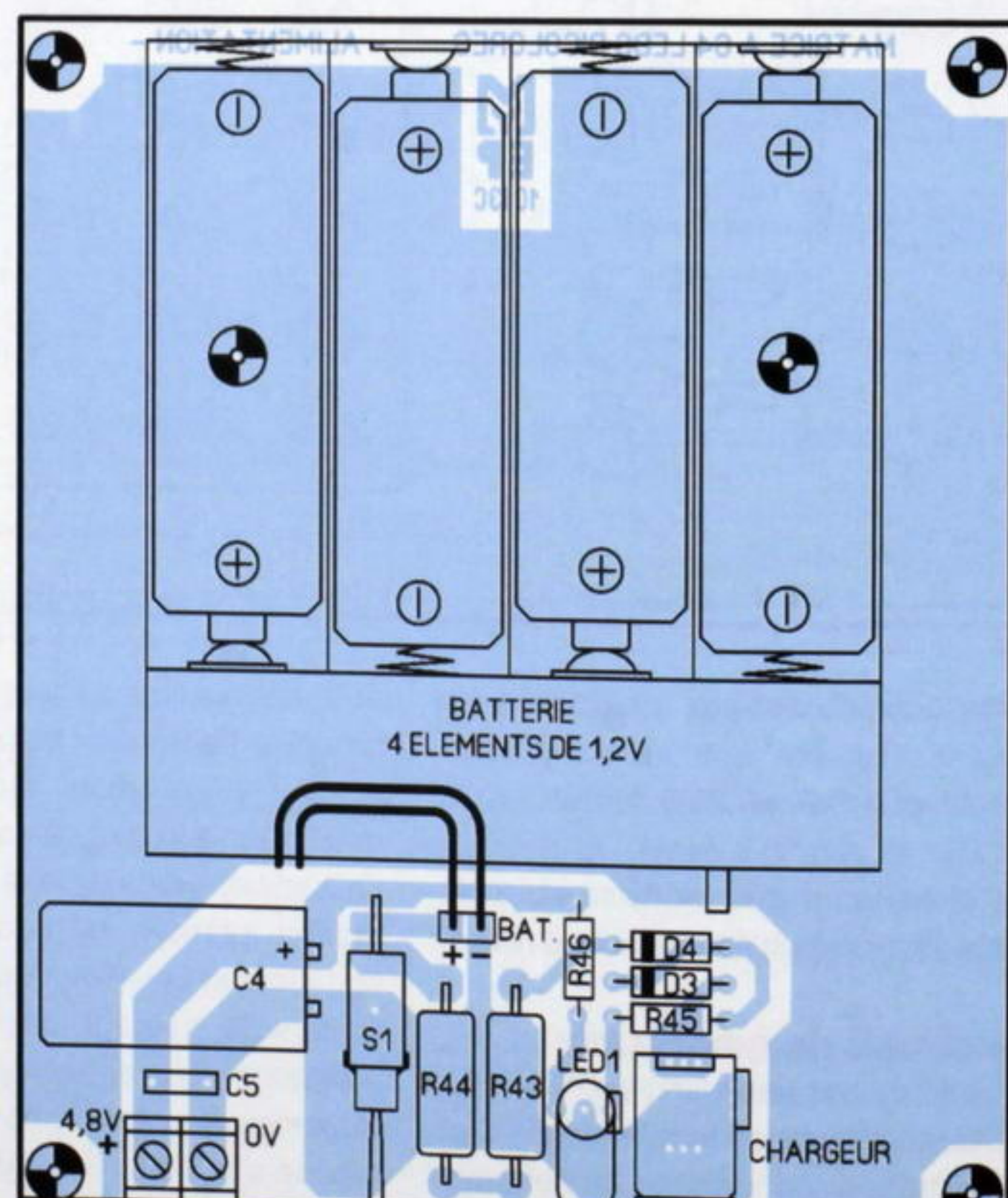
4



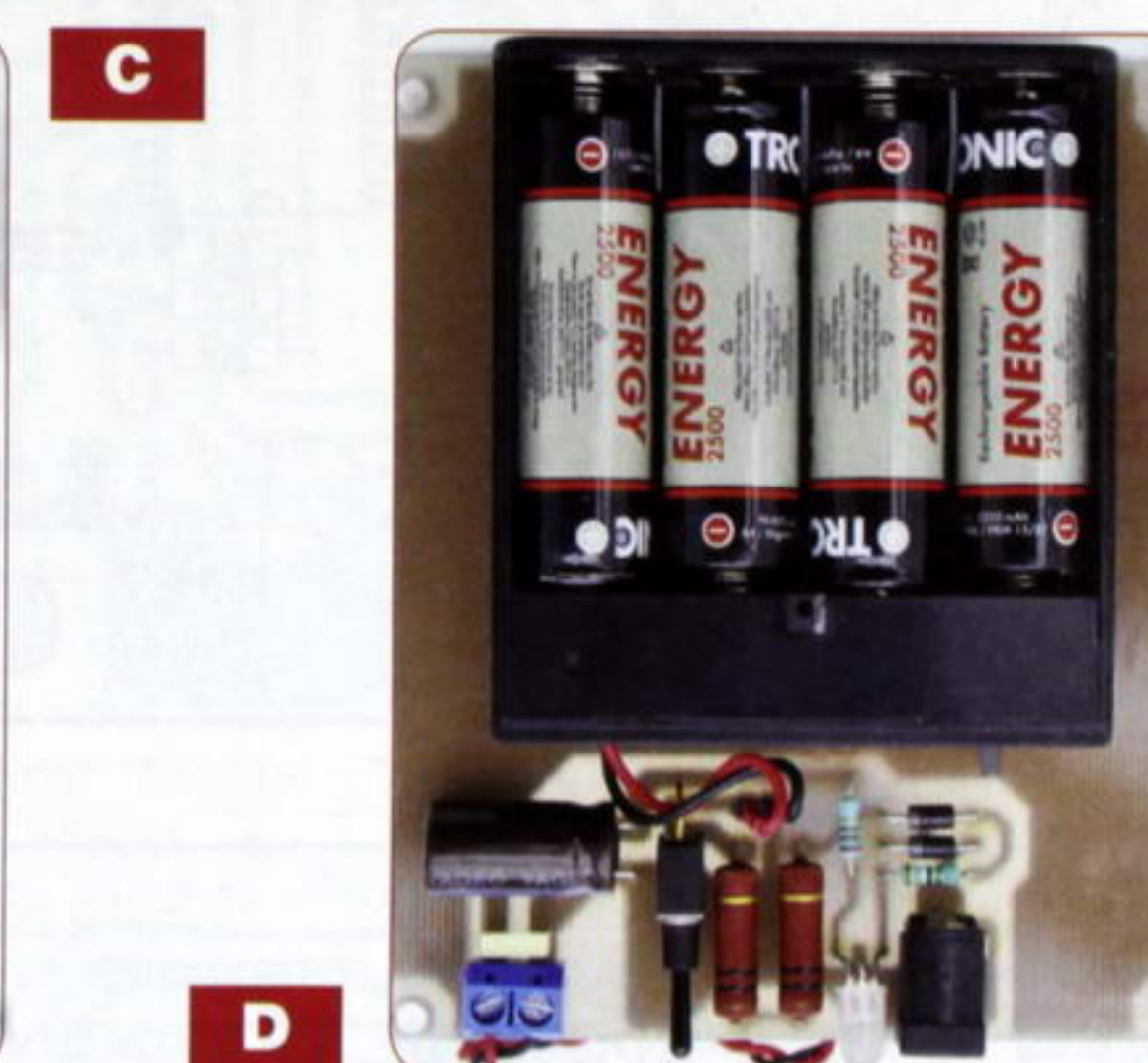
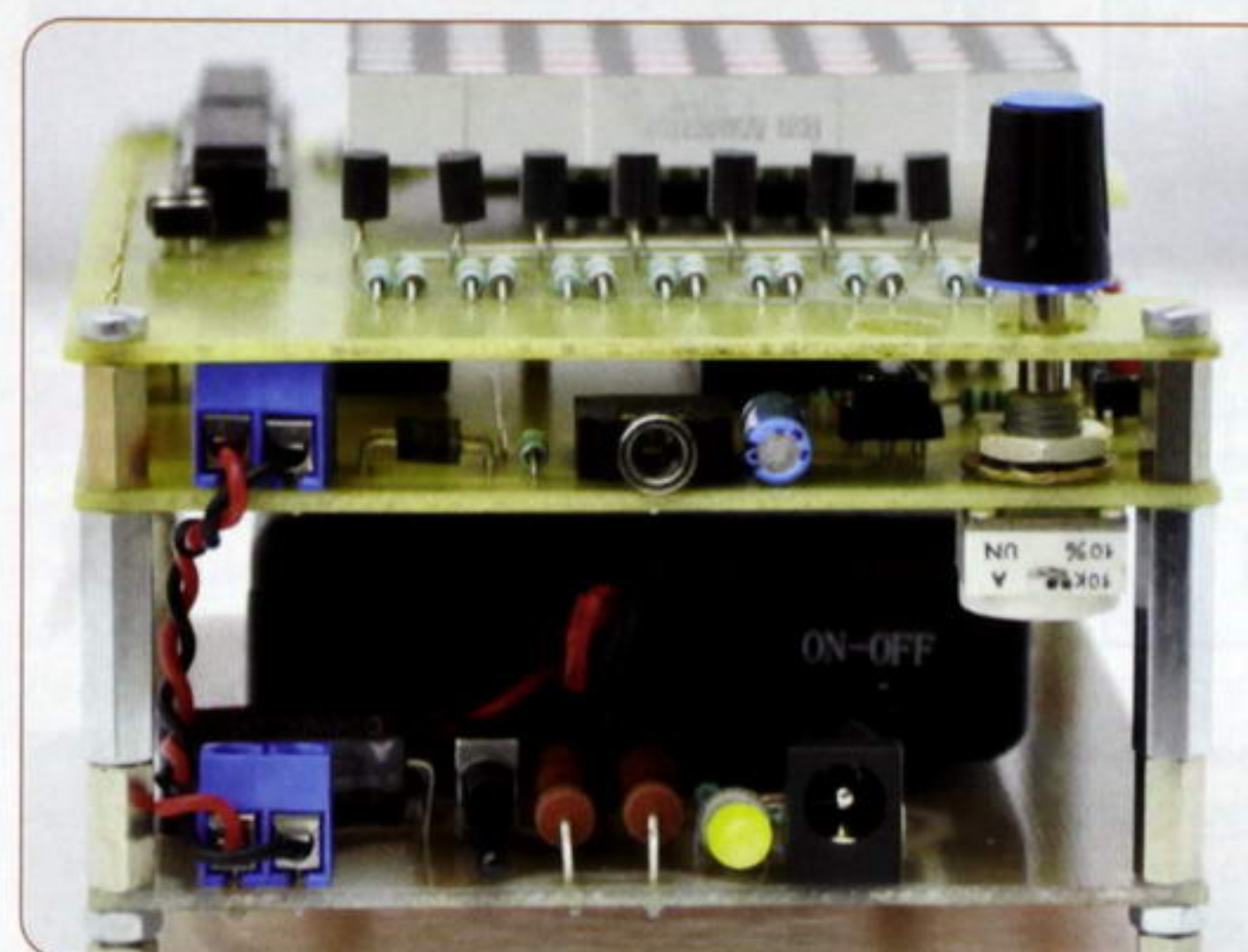
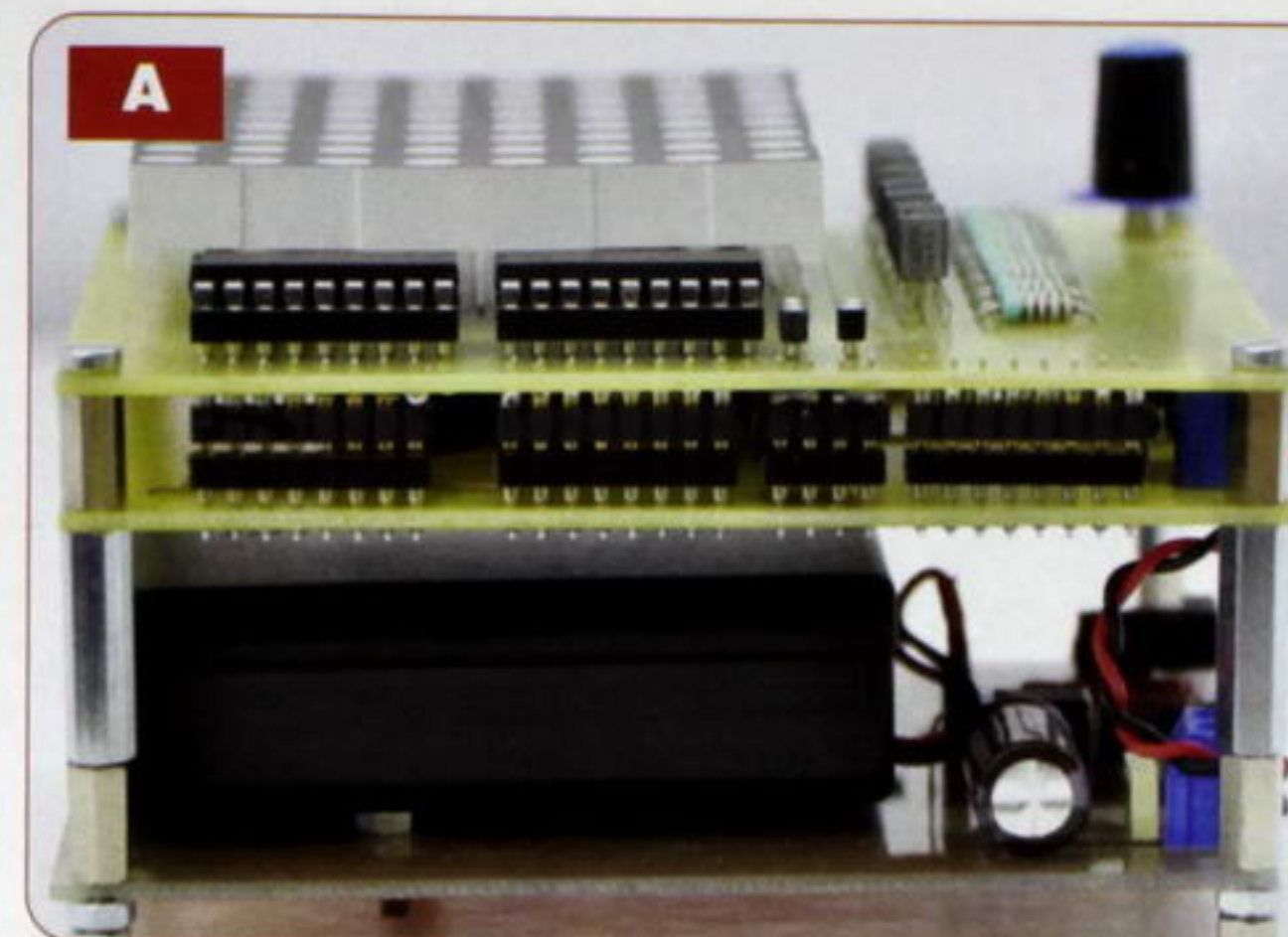
5



6



7



et un potentiomètre pour agir sur son fonctionnement. La position du curseur de ce dernier est lue par le canal «analogique / numérique» A.1. Les entrées A.5, A.6 et A.7 testent, respectivement, l'état des touches BP1 à BP3. Au repos, les résistances R6 à R8 positionnent ces entrées au niveau +4,5 V. Toutes les lignes des ports B, C et D, configurées en «sorties», commandent les leds de la matrice. Le port B gère les anodes communes (lignes 1 à 8), le port C se charge des cathodes vertes (colonnes 1 à 8) et le port D agit sur les cathodes rouges (colonnes 1 à 8). De cette manière, 24 lignes suffisent pour commander 128 leds.

**La platine d'affichage**

Par sécurité, les sorties du PICAXE n'alimentent pas directement les leds de la matrice. Les signaux pour les cathodes rouges et vertes (colonnes) sont amplifiés par les circuits CI3 et CI4. Il s'agit d'octuples amplifica-

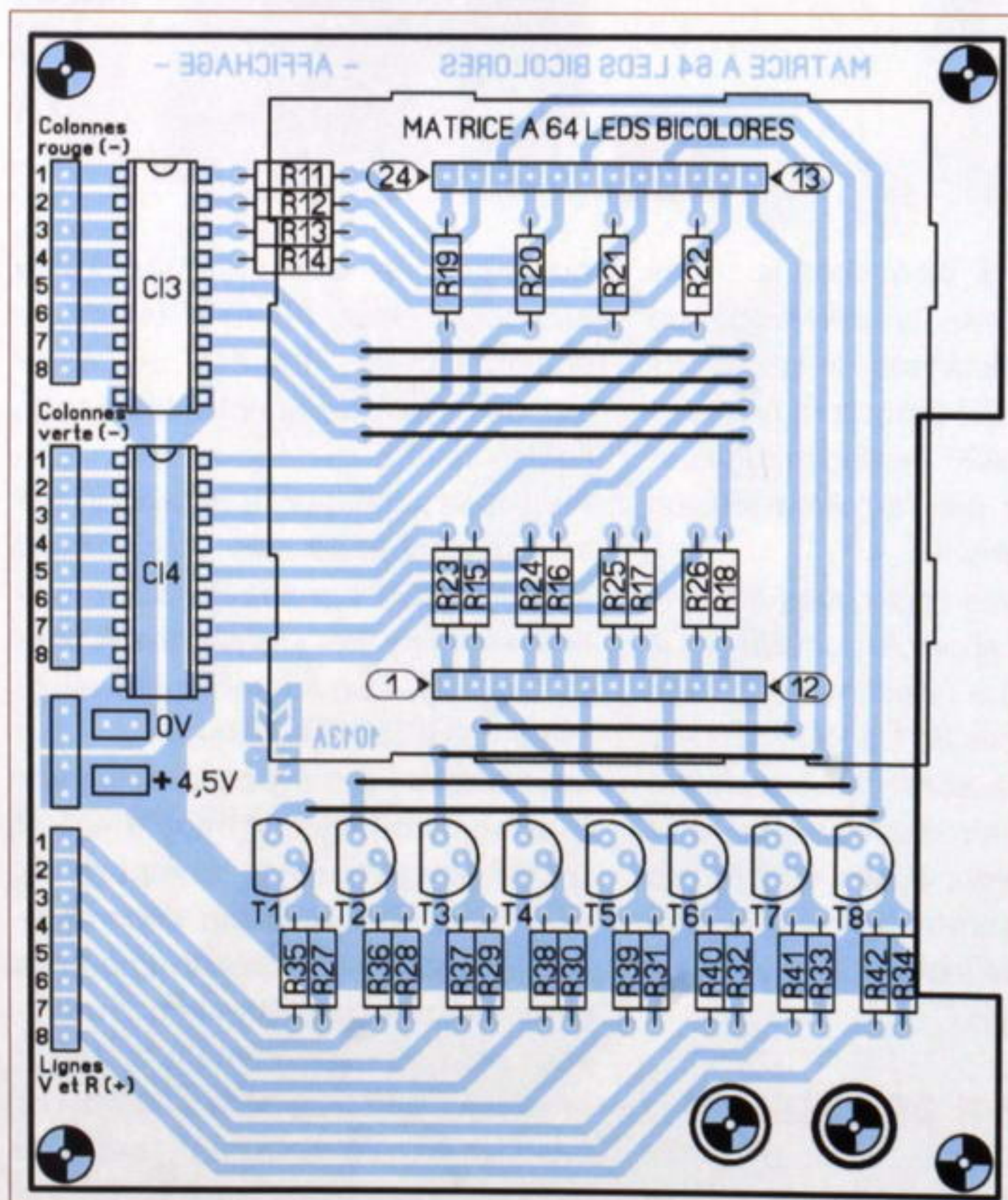
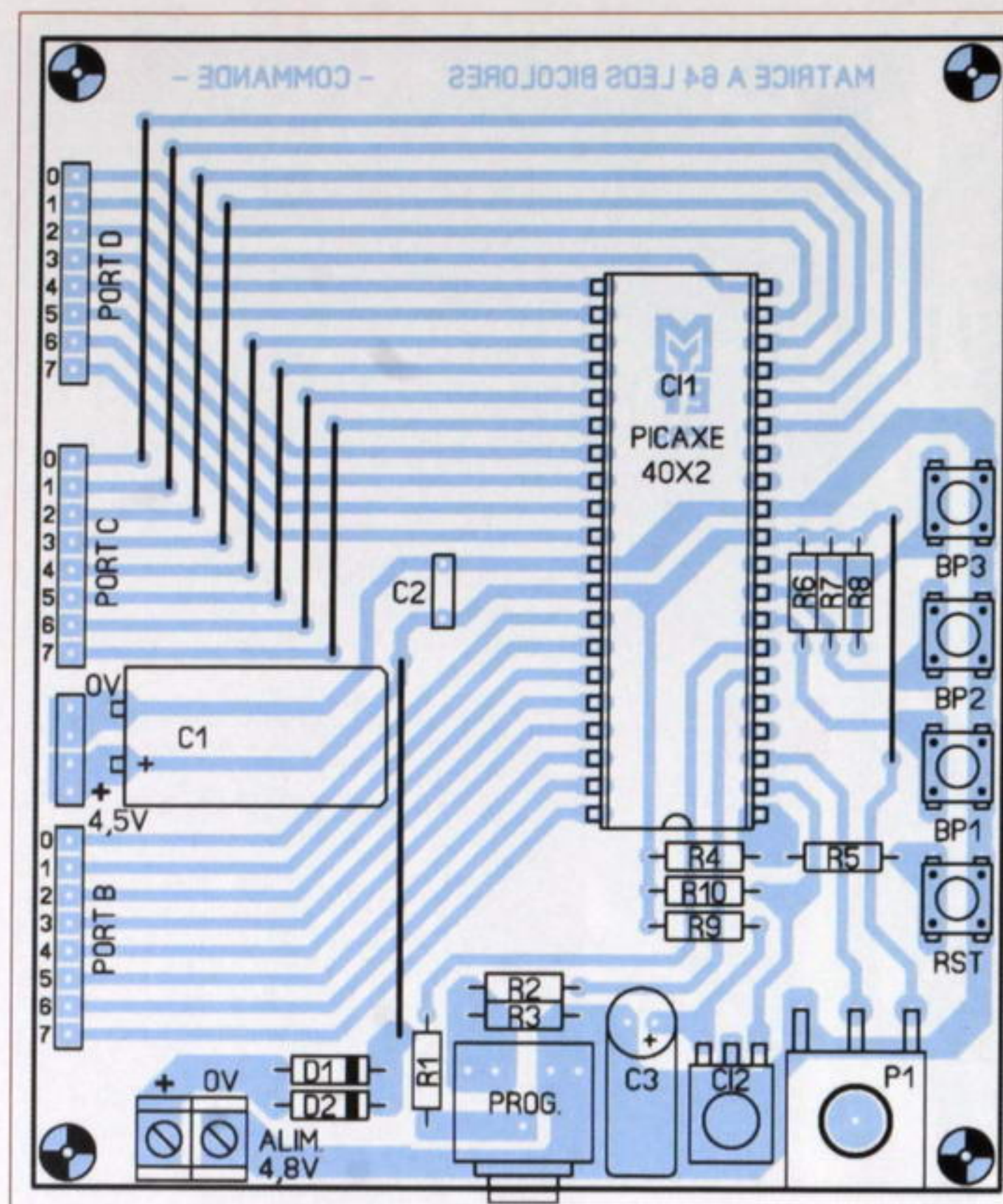
teurs/inverseurs bien connus : des ULN2803. Notez la différence de valeur des résistances de limitations R11 à R18 par rapport aux résistances R19 à R26, les leds rouges et vertes n'ayant pas la même tension de fonctionnement. Pour les anodes communes (lignes), nous faisons appel à huit étages à transistors : T1 à T8 accompagnés de leurs résistances R27 à R42. Attention ! Ce sont des transistors PNP, il convient d'envoyer un 0 V (masse) sur leurs bases afin de les rendre «passants» et obtenir un potentiel positif (environ +4 V) sur les anodes des leds.

**Réalisation pratique**

Trois platines superposées, de dimensions identiques, constituent cette réalisation. Au niveau le plus bas, nous trouvons l'alimentation intégrant les batteries et le chargeur.

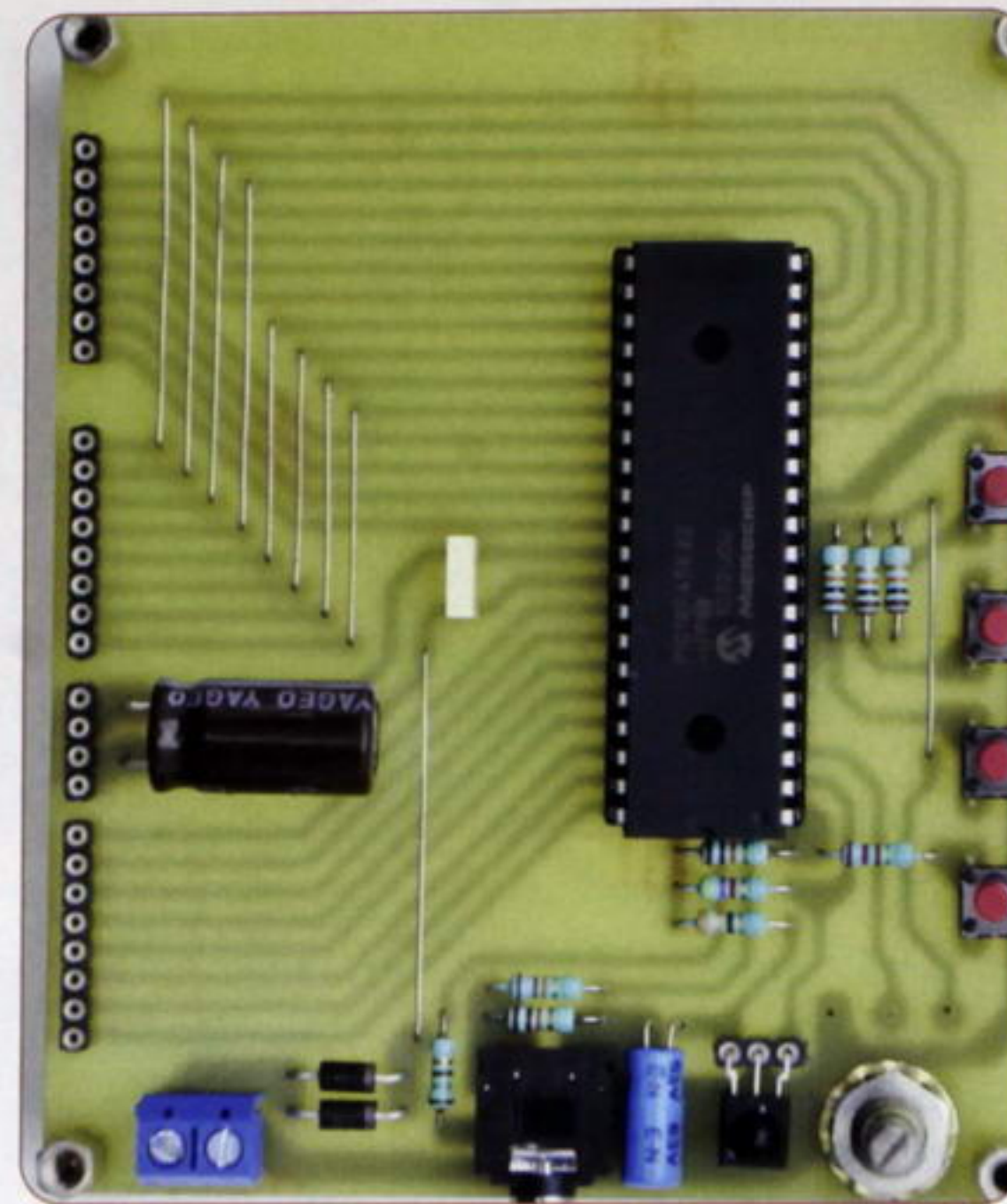
Au milieu, le circuit supportant le microcontrôleur PICAXE comporte également les organes de commandes. Deux fils souples le relient à l'alimentation.

Au niveau supérieur, la matrice à leds accompagnée de ses composants amplificateurs s'embroche sur la platine intermédiaire. Les photos A, B et C illustrent bien cette organisation, évitant tout câblage externe. Les dessins des typons, en simple face, sont visibles aux figures 4, 5 et 6. Procurez-vous les composants, afin d'être sûrs de leurs encombrements. Gravez les circuits imprimés en optant pour la méthode photographique, la seule permettant d'obtenir un travail parfait. Percez toutes les pastilles à l'aide d'un foret de 0,8 mm, puis alésez certains trous en fonction des diamètres imposés par les pièces. Le travail de câblage est dicté par les implantations des figures 7 et photo D, 8 et photo E, 9 et photo F.

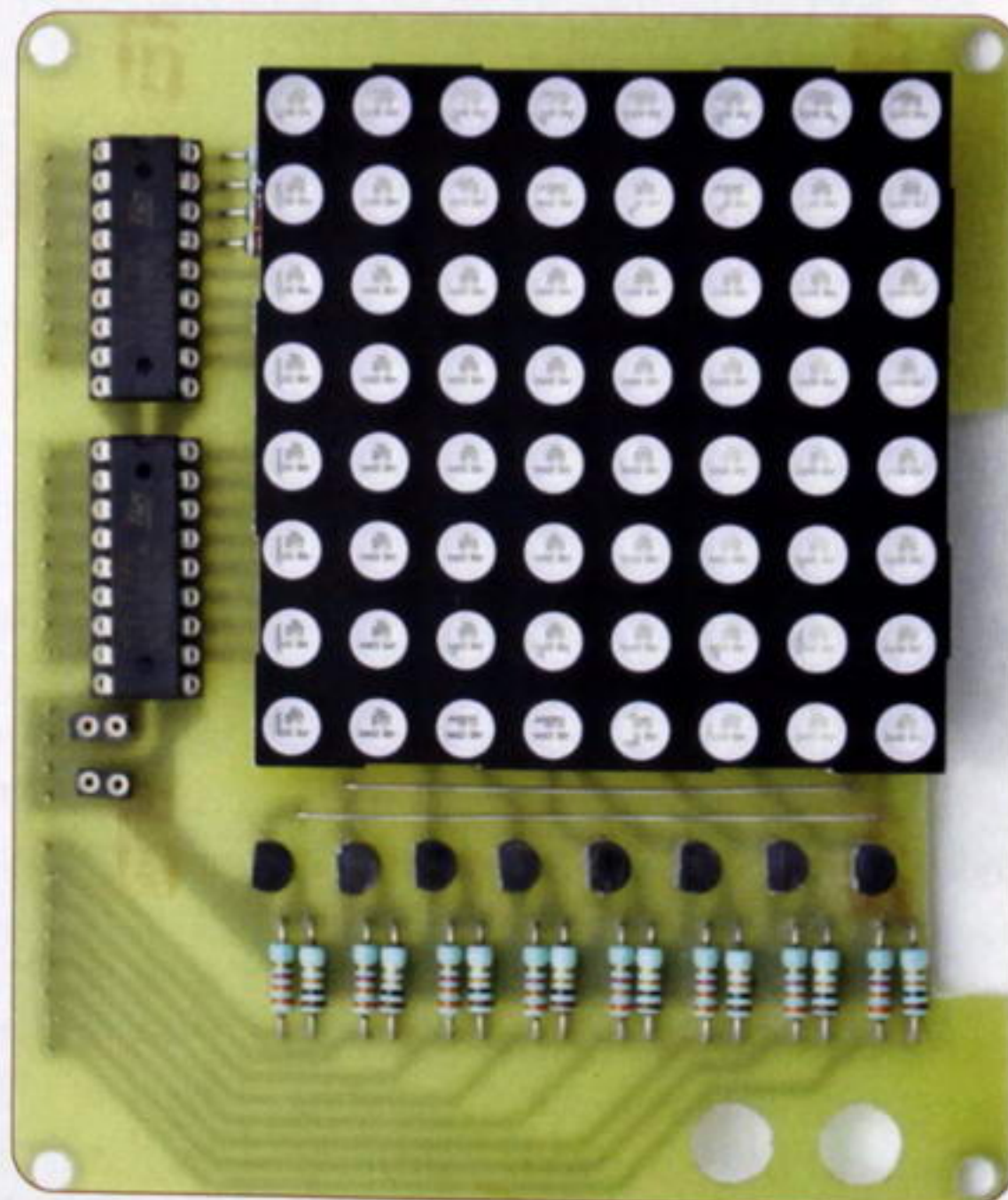


Travaillez simultanément sur les trois platines, en suivant la nomenclature des composants. Commencez par souder les huit

straps (ponts de liaisons filaires) de la platine d'affichage et les dix autres sur celle de commande. Poursuivez le câblage en fonction de



8



F

9

la taille et de la fragilité des composants. Commencez par les résistances, puis les diodes, les supports de circuits intégrés, les connecteurs constitués de broches de barrettes sécables (de type tulipe femelles sur la platine du PICAXE et mâles sous celle d'affichage), les condensateurs au mylar, les transistors, le connec-

Nomenclature

- Résistances 5% (ou mieux 1%) 1/2 W  
R1, R19 à R26 : 180 Ω (marron, gris, marron)  
R2 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)  
R3, R4, R6, R7, R8, R27 à R34 : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R5, R46 : 220 Ω (rouge, rouge, marron)  
R9 : 330 Ω (orange, orange, marron)  
R10 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
R11 à R18 : 200 Ω (rouge, noir, marron)  
R35 à R42 : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)  
R43, R44 : 10 Ω / 3 W (marron, noir, noir) (voir texte)  
R45 : 390 Ω (orange, blanc, marron)
- Condensateurs  
C1, C4 : 1 000 µF / 25 V (électrochimique à sorties radiales)  
C2, C5 : 100 nF (Mylar)

- C3 : 4,7 µF / 35 V (électrochimique à sorties radiales)
- Semi-conducteurs  
C11 : PICAXE 40X2 (Gotronic)  
C12 : TSOP4838 (Gotronic, St-Quentin Radio, Lextronic, etc.)  
C13, C14 : ULN2803 (St-Quentin Radio, Lextronic, etc.)  
D1, D2 : 1N5817  
D3, D4 : 1N4001 à 1N4007  
T1 à T8 : BC557  
Led1 : bicolore Ø 5 mm, 3 broches
- Divers  
2 supports de circuits intégrés à 18 broches

- 1 support de circuits intégrés à 40 broches
- 2 borniers à 2 vis, pour circuit imprimé
- 1 boîtier pour 4 piles LR6
- 1 inverseur miniature pour circuit imprimé
- 1 télécommande TVR010 pour microcontrôleur PICAXE (Gotronic)
- 1 embase de programmation pour PICAXE (jack stéréo 3,5 pour circuit imprimé)
- 1 embase d'alimentation 2,1 mm (pour C1)
- BP1 à BP4 : touche miniature
- Barrettes sécables type «tulipe» mâles et femelles
- T1 à T8 : BC557
- Led1 : bicolore Ø 5 mm, 3 broches
- Matrice : SZ0-12388 (8 x 8 leds bicolores anodes communes) (Gotronic)

- Potentiomètre  
P1 : 1 kΩ linéaire, Cermet P11, axe 4 mm

teur de programmation et celui du chargeur, le capteur TSOP4838 (monté horizontalement), la led, les boutons-poussoirs, les borniers à vis, les condensateurs électrochimiques horizontaux, l'inverseur S1 et, enfin, les résistances de puissance soudées en légère surélévation.

Percez les deux trous de fixation sur le boîtier des quatre éléments de la batterie et vissez-le sur la platine d'alimentation.

Les deux fils souples, rouge et noir, terminés par deux broches mâles de barrette sécable, se raccordent au circuit, sur un connecteur femelle. Avant l'assemblage définitif, à l'aide d'entretoises filetées et avant la première mise sous tension, vérifiez votre travail au niveau des circuits imprimés, la valeur et le sens des composants.

Les erreurs peuvent avoir des conséquences désastreuses.

Les circuits intégrés, les transistors et les condensateurs chimiques n'apprécient guère les inversions de polarités. Logez quatre éléments de batterie Ni-MH de 1,2 V et de 2 000 mAh à 2 500 mAh dans le boîtier et effectuez, ensuite, le raccordement entre la platine de «commande» et celle d'alimentation».

Assemblez mécaniquement les platines entre elles.

Chargez la batterie au moyen d'un bloc secteur de 9 V, si celle-ci est déchargée, avant de passer à la programmation.

Programmation

Téléchargez librement le logiciel **PICAXE Programming Editor** sur le site du fabricant (voir fin d'article). Pour le franciser, il suffit d'ouvrir le sous-menu «Options» du menu «View», de sélectionner l'onglet «Language» et de cliquer sur «French» avant de valider par «Ok».

Nous considérons qu'il est maintenant installé sur votre ordinateur.

Sur le site Internet du magazine, téléchargez les dix programmes que nous avons développés pour cette application. Les nombreux commentaires permettent de bien comprendre les subtilités du code «source» en Basic. Les lecteurs n'ayant pas l'opportunité de se connecter à Internet peuvent obtenir nos fichiers en envoyant à la rédaction un CDROM sous enveloppe auto-adressée suffisamment affranchie. La programmation s'effectue ensuite très simplement par le port USB, avec un cordon spécifique AXE027. Lancez le logiciel d'édition et de programmation **PICAXE Programming Editor**.

Dans la fenêtre d'options qui s'ouvre automatiquement, sélectionnez le microcontrôleur PICAXE-28X2 / 40X2 et sur l'onglet suivant : le port «sériel» utilisé (émulé à partir du port USB). Raccordez le cordon avec la prise «jack» entre la platine de «commande» et votre ordinateur, ouvrez le premier fichier basic «Touches.bas» et lancez la compilation suivie du char-

gement (dernière icône «Program» sous la barre des menus).

Ce premier programme sert de test, il atteste du bon état de chaque led bicolore de la matrice.

Le simple appui sur l'une des trois touches illumine la matrice en vert, en rouge ou en orange (vert + rouge). L'action sur la touche RST produit l'extinction totale.

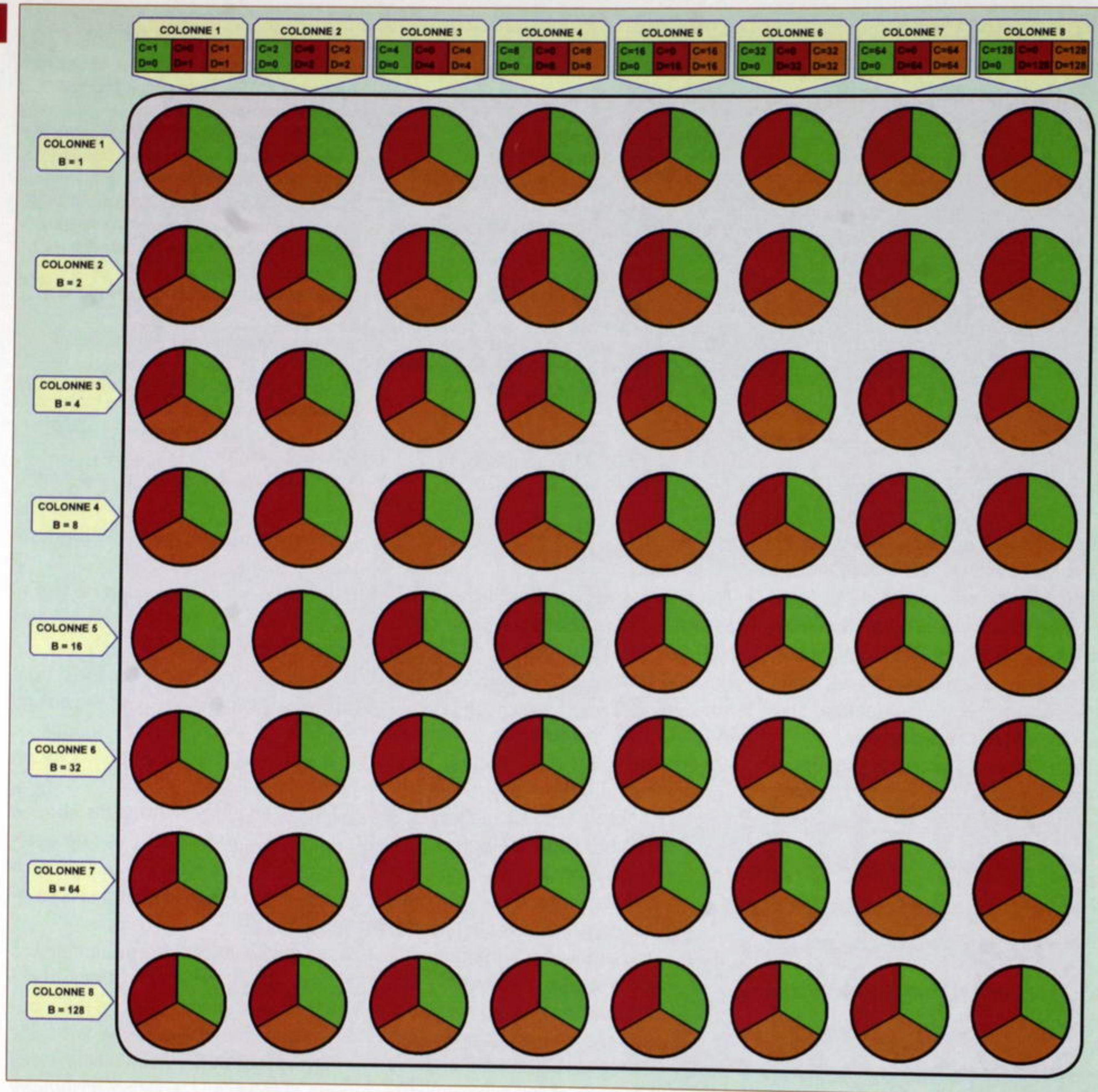
Avant de détailler l'utilité de chaque programme, nous allons voir de quelle manière concevoir le motif de votre choix et comment obtenir une animation.

Nous avons vu précédemment (figure 2) les différentes possibilités d'alimentation des leds. Chaque led bicolore étant composée d'une led verte et d'une led rouge, nous n'allons pas nous étendre sur la façon d'illuminer une simple led (verte ou rouge), ou les deux simultanément (orange) ! Pour illuminer plusieurs leds vertes (par exemple) sur une même ligne, il suffit de porter chaque cathode au pôle positif au travers des résistances de limitations. Les anodes étant communes par ligne, il n'y a qu'une seule liaison à la masse à effectuer.

Pour illuminer une ligne complète, le procédé est identique, toutes les cathodes étant alimentées.

Lorsque nous voulons illuminer une, plusieurs ou toutes les colonnes, les cathodes étant communes par colonne, une seule résistance suffit par colonne, mais le courant se trouve donc plus limité.

10



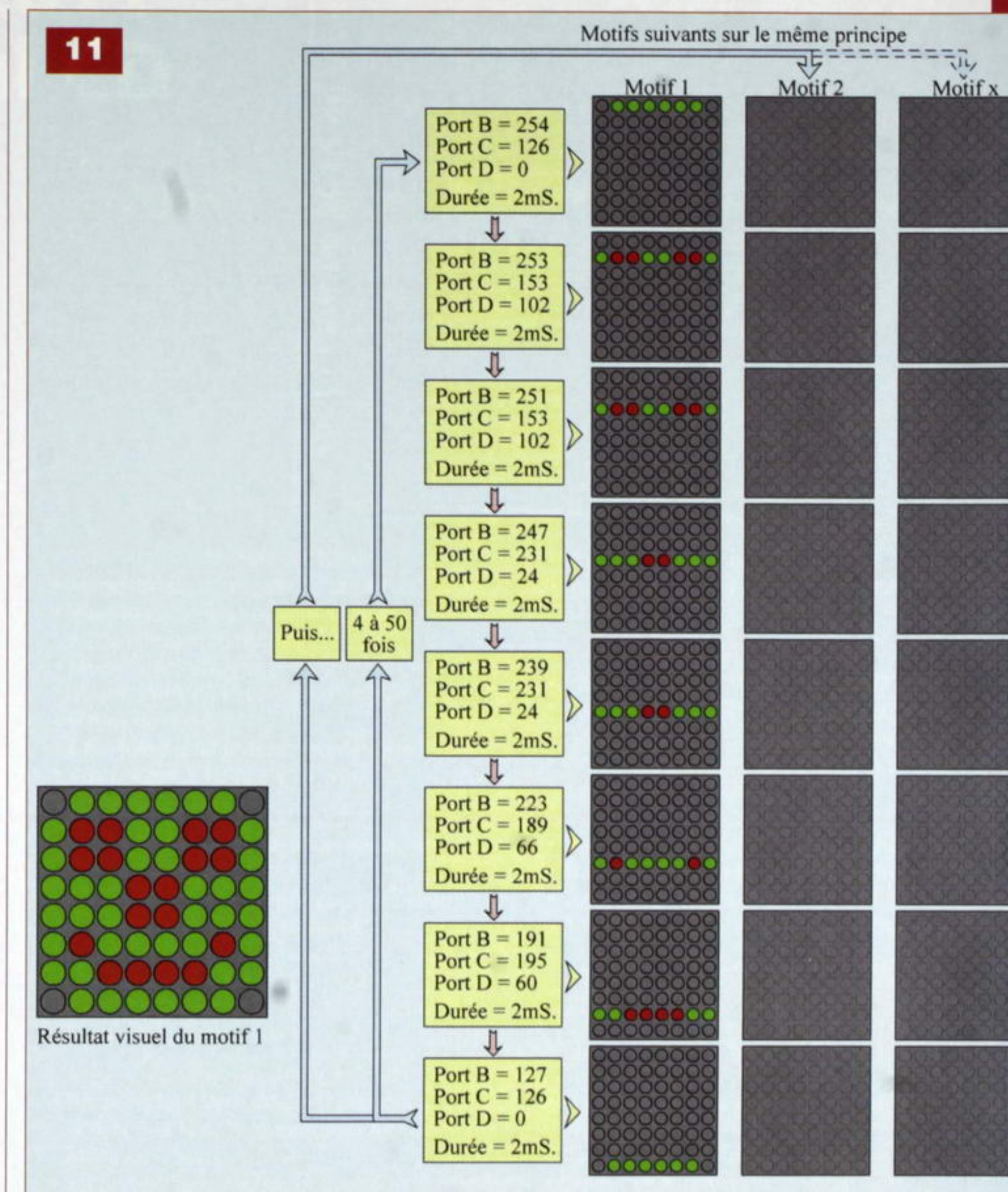
En contrepartie, il convient de raccorder les huit anodes à la masse. Il est évident que les cycles d'illuminations se déroulent par programmation, le PICAXE remplit parfaitement cette tâche. Le port B gère les anodes, le port C alimente les cathodes vertes et le port D les cathodes rouges. Entrons plus profondément dans la programmation, pour comprendre quelles données il faut envoyer sur chaque port. Le port d'un microcontrôleur travaille sur 8 bits (ou un octet). Prenons un exemple : le port B comprend 8 bits (ou lignes) nommés B.0 à B.7. Notez qu'en informatique tout commence à zéro (0) et non à un (1).

Chaque bit obéit à une puissance croissante de 2.

- Le bit 0 vaut 0 ou 1 s'il est actif (soit  $2^0 = 1$ )
- Le bit 1 vaut 0 ou 2 s'il est actif (soit  $2^1 = 2$ )
- Le bit 2 vaut 0 ou 4 s'il est actif (soit  $2^2 = 4$ )
- Le bit 3 vaut 0 ou 8 s'il est actif (soit  $2^3 = 8$ )
- Le bit 4 vaut 0 ou 16 s'il est actif (soit  $2^4 = 16$ )
- Le bit 5 vaut 0 ou 32 s'il est actif (soit  $2^5 = 32$ )
- Le bit 6 vaut 0 ou 64 s'il est actif (soit  $2^6 = 64$ )
- Le bit 7 vaut 0 ou 128 s'il est actif (soit  $2^7 = 128$ )

Pour connaître la valeur à envoyer par le port, il suffit d'additionner la valeur (poids) de chaque bit. Le port peut donc prendre une quelconque valeur comprise entre 0 et 255. Par exemple, sur notre figure 2, pour illuminer la led rouge, voici les valeurs que doivent prendre les trois ports : Port B = 8, port C = 8, port D = 0. Sur la même figure, pour illuminer plusieurs leds vertes : Port B = 89, port C = 2, port D = 0. Sur la figure 10, nous récapitulons cette notion de valeurs attribuées aux ports B, C et D de notre microcontrôleur, en fonction des couleurs à obtenir pour chaque led.

11



Nous pourrions, ainsi, définir aisément de nouveaux motifs en trois couleurs. La figure 11 illustre la méthode de programmation permettant l'affichage d'un motif complet sur la matrice, puis leur succession plus ou moins rapide produisant une animation. Pour obtenir l'effet visuel d'un motif sur la matrice, il convient d'illuminer les leds durant 2 ms, en commençant par la ligne 1 jusqu'à la ligne 8 et de reproduire ce cycle 4 à 50 fois (ou plus, ce nombre détermine le temps d'affichage d'un motif) avant de passer au motif suivant.

Ce travail, si rapide et précis, est bien sûr confié au PICAXE-40X2. La persistance rétinienne de l'œil humain ne verra pas huit lignes qui défilent, mais un ensemble d'apparence fixe, représentant un motif. Nous avons développé huit programmes, présentant chacun un attrait différent.

Les difficultés abordées ne sont pas les mêmes et leur maîtrise vous permettra un savoir-faire sur les affichages multiplexés à leds. Les nombreux commentaires insérés dans les programmes apportent un «éclaircissement» supplémentaire.

**Programme n°1 : «1\_Touches.bas»**

Il sert de test à notre matrice et à l'action sur les touches, nous l'avons décrit précédemment.

**Programme n°2 : «2\_Infrarouge.bas»**

L'action sur les touches 4, 5 et 6 de la télécommande infrarouge, au format SonyTV, illumine la matrice respectivement en vert, rouge ou orange. La touche rouge (M/A) provoque l'extinction. Reportez-vous aux précédents numéros d'Électronique Pratique pour les informations concernant la configuration de la télécommande.

**Programme n°3 : «3\_Potentiomètre.bas»**

La couleur du panneau cycle : vert, rouge ou orange. La durée de chaque couleur dépend de la position du curseur du potentiomètre. En butée minimale, le panneau reste éteint.

**Programme n°4 : «4\_Logo alterné.bas»**

Le logo «MYEP» est séparé en deux : «MY» et «EP». Les deux sections bicolores s'alternent sur la matrice et le cycle se perpétue.

**Programme n°5 : «5\_Texte alterné.bas»**

Le texte «ELECTRONIQUE PRATIQUE» s'affiche sur la matrice, en alternant lettre par lettre et le cycle se perpétue. Notez le principe retenu : un sous programme contient chaque lettre. Comme votre magazine vous en donne toujours plus, vous trouverez toutes les lettres majuscules de l'alphabet, tous les chiffres, de nombreux symboles et deux minuscules (n et m) en sous-programmes pour

vous permettre d'afficher le texte de votre choix.

**Programme n°6 : «6\_Logo défilant.bas»**

Comme ci-dessus, le logo «MYEP» est séparé en deux : «MY» et «EP». Les deux sections ne s'alternent plus sur la matrice, mais la transition de l'une à l'autre s'effectue en douceur. Nous obtenons une animation perpétuelle.

**Programme n°7 : «7\_Croix.bas»**

Nous vous montrons ici, comment afficher une animation sans fin, comme il est possible d'en voir sur la plupart des croix servant d'enseignes aux pharmacies. A vous de créer

d'autres motifs et déclinaisons sur le même thème, il en existe une infinité. La capacité de la mémoire du PICAXE et votre imagination constituent les seules limites.

**Programme n°8 : «8\_Serpent.bas»**

Pour terminer sur une note ludique, ce programme affiche un serpent en deux couleurs, défilant progressivement sur les huit lignes. L'animation se termine par un «smiley» souriant en trois couleurs et recommence au début.

**En guise de fin**

Nous espérons que cet article vous aura renseignés au mieux sur la manière de produire un affichage multiplexé à leds. La plupart des appareils à affichage sept segments ou à leds qui vous entourent fon-

ctionnent sur ce principe (horloges, thermomètres, compteurs des lieux publics, panneaux des bus et trains, etc.). Nous pensons vous avoir montré la majorité des cas de programmations, il ne tient qu'à vous d'étendre ce projet à des applications bien plus ambitieuses. Pour les lecteurs souhaitant concevoir aisément leurs motifs, nous avons dessiné un ensemble de grilles vierges à imprimer et à remplir avec des feutres vert, rouge et orange.

**Y. MERGY**

**Adresse Internet de l'auteur**

Mergy Yves - Électronique, Projets, Loisirs, Études et Développements [myepled@gmail.com](mailto:myepled@gmail.com)

**Bibliographie**

Électronique Pratique traitant des PICAXE et PICAXE A TOUT FAIRE N°340 - 342 - 357 - 358 - 360 - 361 -

362 - 363 - 364 - 370 - 371 - 372 - 373 - 376 - 377 - 378 - 382 - 384 - 385  
CD-ROM vendu par Électronique Pratique : PICAXE A TOUT FAIRE

**Les liens Internet utiles pour ce sujet**

Même si vous le connaissez, voici le site du magazine :

<http://www.electroniquepratique.com>

Site Internet de la société Saint Quentin Radio :

<http://www.stquentin-radio.com>

Site Internet de la société Gotronic, distributeur des PICAXE en France :

<http://www.gotronic.fr/>

Site Internet de la société A4 Technologie : <http://www.a4.fr/>

Site Internet de téléchargement libre du logiciel PICAXE Programming Editor :

<http://www.rev-ed.co.uk/picaxe/>

Le site du forum officiel PICAXE francophone :

<http://www.picaxeforum.co.uk/forumdisplay.php?f=44>



Les éditions Transocéanic et le magazine *Electronique Pratique* proposent la série d'articles sur les microcontrôleurs Picaxe sous forme d'un CD-ROM regroupant tous les ateliers pratiques et les fichiers sources en Basic.

Ces microcontrôleurs fiables et économiques sont reconnus pour leurs performances et leur simplicité de mise en œuvre.

Les ateliers pratiques ne nécessitent pas de soudures, le câblage des expérimentations s'effectue sur une plaque à insertion rapide de 840 contacts. Seule la préparation d'un ou deux petits adaptateurs requiert quelques soudures sur des petites sections de plaques à bandes cuivrées en vue de les utiliser aisément sur la plaque de câblage rapide. Nous avons sélectionné deux µC. Picaxe pour l'ensemble des articles. Pour débiter, nous travaillerons avec le plus petit mais très populaire « 08M », puis nous poursuivons avec le « 20X2 », un des plus récents et très performant car il se cadence de 4 à 64 MHz sans oscillateur externe !

Vous apprendrez à traiter de nombreuses techniques et périphériques : entrées numériques et analogiques, sorties faibles et fortes puissances, afficheurs LCD, encodeurs numériques, sondes de températures, interruptions, programmation par diagrammes ou en basic, etc.

Je désire recevoir le CD-Rom « PICAXE À TOUT FAIRE »

France : 18 € Autres destinations : 20 € (frais de port compris)

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_  
 Tél. ou e-mail : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  chèque  virement bancaire (IBAN : FR76 3006 6109 1100 0200 9580 176/BIC : CMCIFRPP)  
 A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

**Toute l'année 2011 en un seul CD**



- N°356 de Janvier**
- «Fritzing». Le logiciel d'électronique gratuit
  - Le LM 567, un décodeur de tonalité
  - Contrôle permanent du 50 Hz
  - Pluviomètre numérique
  - Baromètre à colonne lumineuse
  - Réveil-agenda électronique
  - Banc de tests séquentiels pour servomoteurs
  - Amplificateur 2 x 60 Weff - Technologie DMOS (1<sup>ère</sup> partie)
  - Amplificateur pour autoradio 4 x 40 W / 2 Ω ou 4 x 20 W / 4 Ω

- N°357 de Février**
- L'essentiel sur les filtres passifs
  - Générateur sinusoïdal à synthèse digitale directe
  - Temporisateur pour chauffage électrique : 1 mn à 2 h
  - Testeur de servomoteurs à microcontrôleur Picaxe
  - Le module Arduino-EP sa base expérimentale et le logiciel gratuit «Processing»
  - Testeur d'EPROM
  - Signalisation ferroviaire
  - Amplificateur 2 x 60 Weff - Technologie DMOS (2<sup>ème</sup> partie)

- N°358 de Mars**
- Les piles rechargeables
  - Le décibel une unité souvent mal connue
  - Charge électronique variable pour alimentation
  - Thermomètre à affichage géant
  - Radiocommande de gâche électrique de porte d'entrée
  - Serrure à code défilant
  - Robot autonome qui sait se repérer !
  - Télécommande infrarouge à vingt canaux. Application des microcontrôleurs Picaxe
  - Vu-mètre à affichage par bandes de fréquences

- N°359 d'Avril**
- Le LM 555. Un composant toujours d'actualité
  - Détecteur de chocs pour la voiture
  - Automate Programmable Autonome
  - Les microcontrôleurs BasicATOM
  - Signalisation pour cyclistes et joggeurs
  - Gyropode ZZAAG3 véhicule expérimental à auto-balancement
  - Préamplificateur RIAA, cellules MC & MM

- N°360 de Mai**
- Alimentation contrôlée du poste de travail
  - Pour musiciens et mélomanes, boîte stéréo multi-effets numériques
  - Modélisme ferroviaire. Indicateur permanent et rigoureux de la vitesse d'un train
  - Radar de recul
  - Crossover actif pseudo-numérique 2 voies
  - Amplificateur Hi-Fi 2 x 70 Weff/8 Ω

- N°361 de Juin**
- Picaxe à tout faire. Ateliers pratiques N°1, N°2 et N°3
  - Les modules ZigBee «TinyBee» FZ750Bx
  - Calendrier lunaire et jardinage
  - Surveillance secteur avancée
  - Indicateur de niveau pour citerne
  - Un indicateur permanent de tendance météo
  - Etude d'un wobulateur

- N°362 de Juillet-Août**
- Picaxe à tout faire. Ateliers pratiques N°4, N°5 et N°6. Température - Infrarouge - Musique - Sons
  - Base robotique mobile et évolutive (partie 1)
  - Contrôle d'accès biométrique
  - Détecteur d'incendie
  - Voltmètre haute-fréquence
  - Barrière infrarouge pour la photographie
  - Un mobile solaire

- N°363 de Septembre**
- Picaxe à tout faire. Ateliers pratiques N°7, N°8 et N°9 - Servomoteur - Moteur à courant continu - Afficheur LCD
  - Robot évolutif (partie 2)
  - Les modules Bluetooth de Firmtech
  - Un simulateur de présence
  - Arrêts et démarrages progressifs automatisés

- Un heurtor pour motrice
  - Amplificateur Hi-Fi Push-Pull classe A de triodes
- N°364 de Octobre**
- PICAXE à tout faire. Horloge LCD sur «Timer» interne Encodeur rotatif et «i Button»
  - Débitmètre à affichage numérique
  - Transvasement programmable d'un liquide : eau, essence, huile...
  - Un filtrage téléphonique
  - Un mini oscilloscope avec le XPROTOLAB
  - Traceur de courbes pour voltmètre HF
  - Testeur de diodes zénères
  - Amplificateur Hifi Push-Pull de pentodes EL95

- N°365 de Novembre**
- La DTMF. « Dual Tone Multi Frequency » TCM5089 et MT8870
  - Chargeur pour accumulateurs au lithium-polymère
  - Photographier des gouttes d'eau... et autres objets
  - Un standard téléphonique
  - Comptabilisateur d'ensoleillement. Mensuel et annuel
  - Mini laboratoire «tout en un»
  - Stroboscope de mesure
  - Amplificateur à saturation douce. Le classe AB

- N°366 de Décembre**
- Animation lumineuse en 3D
  - Contrôle d'accès horodaté à badge RFID
  - Indicateur de consommation d'énergie de chauffage
  - Pulsomètre numérique
  - Convertisseurs CC/CC de puissance
  - HARMONIC 2 100. Ampli pour audiophiles 2 x 100 Weff avec télécommande IR

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) Toute l'année 2011 en un seul CD »

France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

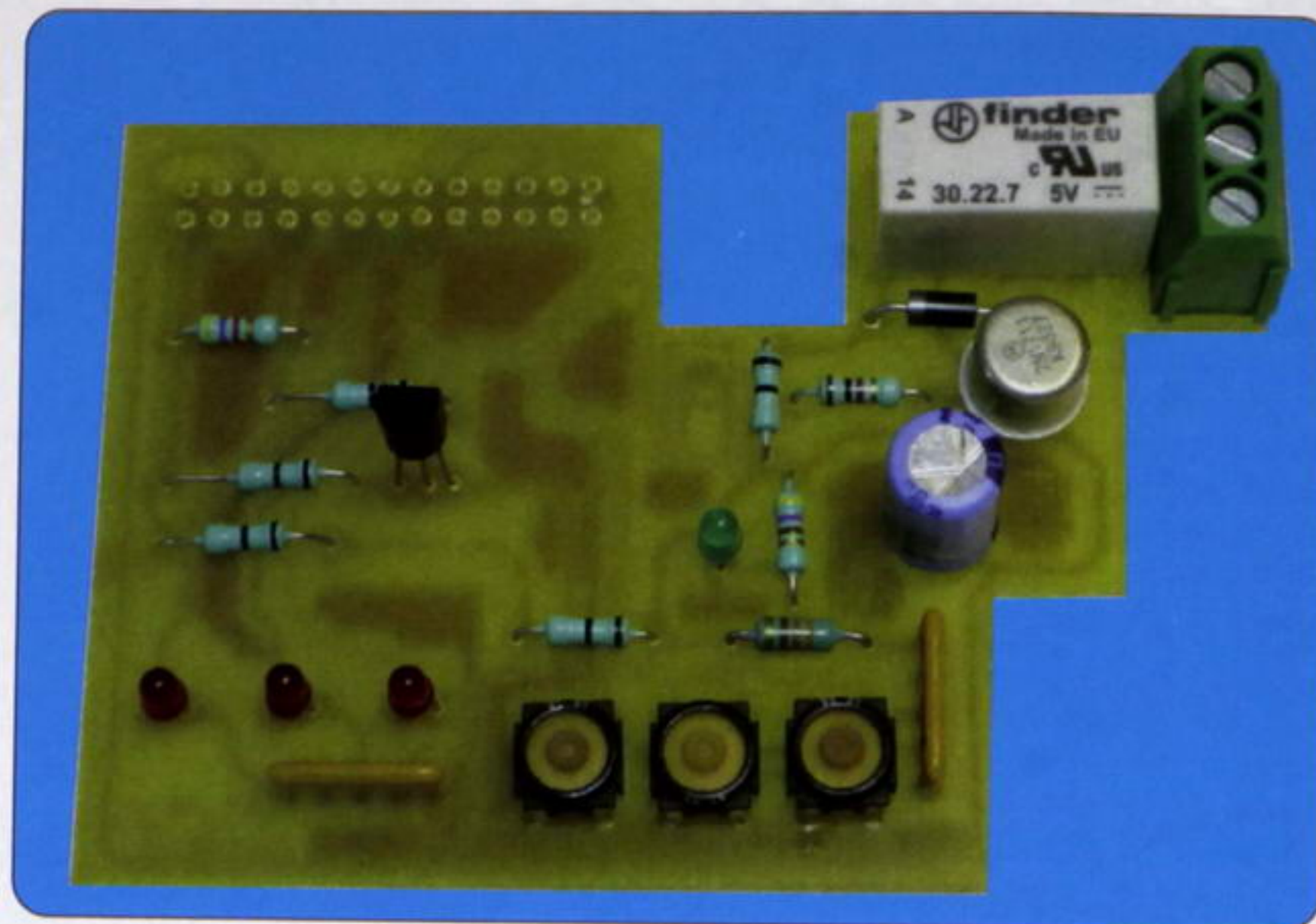
Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_  
 Tél. ou e-mail : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  chèque  virement bancaire (IBAN : FR76 3006 6109 1100 0200 9580 176/BIC : CMCIFRPP)  
 A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

# Interface pour Raspberry Pi

Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur, conçu à l'origine par un créateur de jeux «vidéo», afin de faire connaître sa passion pour l'informatique et faire découvrir, de façon pédagogique, la programmation à de jeunes étudiants. L'interface que nous proposons permet d'accéder à certaines entrées/sorties et d'approfondir davantage les possibilités offertes par ce petit bijou de technologie.

Le **Raspberry Pi**, qui signifie «framboise» en anglais, est issu d'une tradition qui consistait à nommer un ordinateur par un nom de fruit. Le «Pi», quant à lui, vient du langage «Python» supporté par ce nano-ordinateur. Il est certainement l'un des plus petits ordinateurs existant, d'où l'appellation de nano-ordinateur, celui-ci a en effet la taille d'une carte de crédit (figure 1). Ce nano-ordinateur est constitué d'une mono carte, basée sur l'exploitation d'un puissant processeur ARM tournant à 700 MHz, avec 512 Mo de mémoire vive (RAM). Le Raspberry a été conçu pour une bonne cause, par le créateur de jeux «vidéo» David BRABEN, dans le cadre de sa fondation Raspberry Pi, afin d'encourager les étudiants à l'apprentissage de la programmation informatique. Au lancement du produit, dix mille exemplaires furent fabriqués. Le succès fut tel, que les sites de commercialisation furent saturés la première journée. À l'heure actuelle, plus d'un million d'exemplaires ont été vendus. Le prix de ce nano-ordinateur (hors clavier, souris, écran, alimentation et carte SD) se situe



aux alentours de 40 € et reste donc très abordable au vu de la prouesse et du condensé de technologie réalisés. En regardant plus en détail, nous voyons que ce nano-ordinateur est relativement puissant, puisqu'il possède des ports USB, un circuit graphique BMC Videocore 4 pilotant deux sorties «vidéo» (une sortie HDMI et une sortie «vidéo» composite), une sortie «audio», un port Ethernet et un lecteur de carte SD (figure 2). Pour notre réalisation, le principal intérêt réside dans le fait qu'un port d'entrées/sorties est également disponible sur la carte. C'est autour de ce connecteur de vingt six broches programmables que nous allons définir notre interface d'entrées/sorties. Le Raspberry supporte l'installation de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux. Nous travaillerons, dans la suite de l'article, avec la version «Raspbian wheezy». Le système d'exploitation (Linux) sera installé sur une carte SD. L'interface que nous allons réaliser comporte trois boutons-poussoirs, trois sorties à leds, une sortie à relais et une entrée connectée à une sonde de température de type DS18B20, déjà bien connue de nos lecteurs (figure 3).

## Schéma de principe

Il est proposé en figure 4. Celui-ci est très simple, puisque les composants de

la platine d'interface sont tous reliés au connecteur à vingt six points du Raspberry (figure 5).

## Sorties à leds

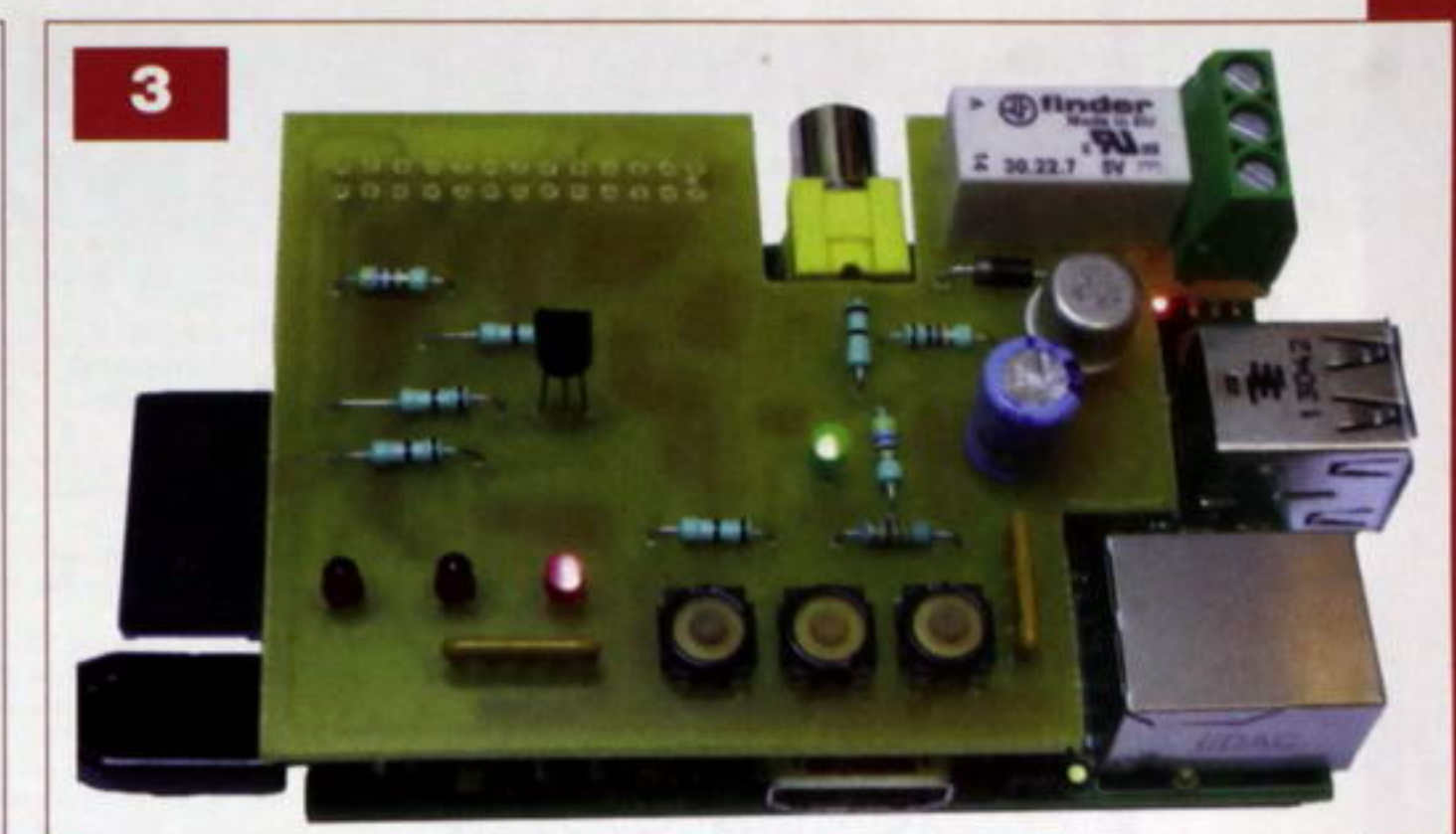
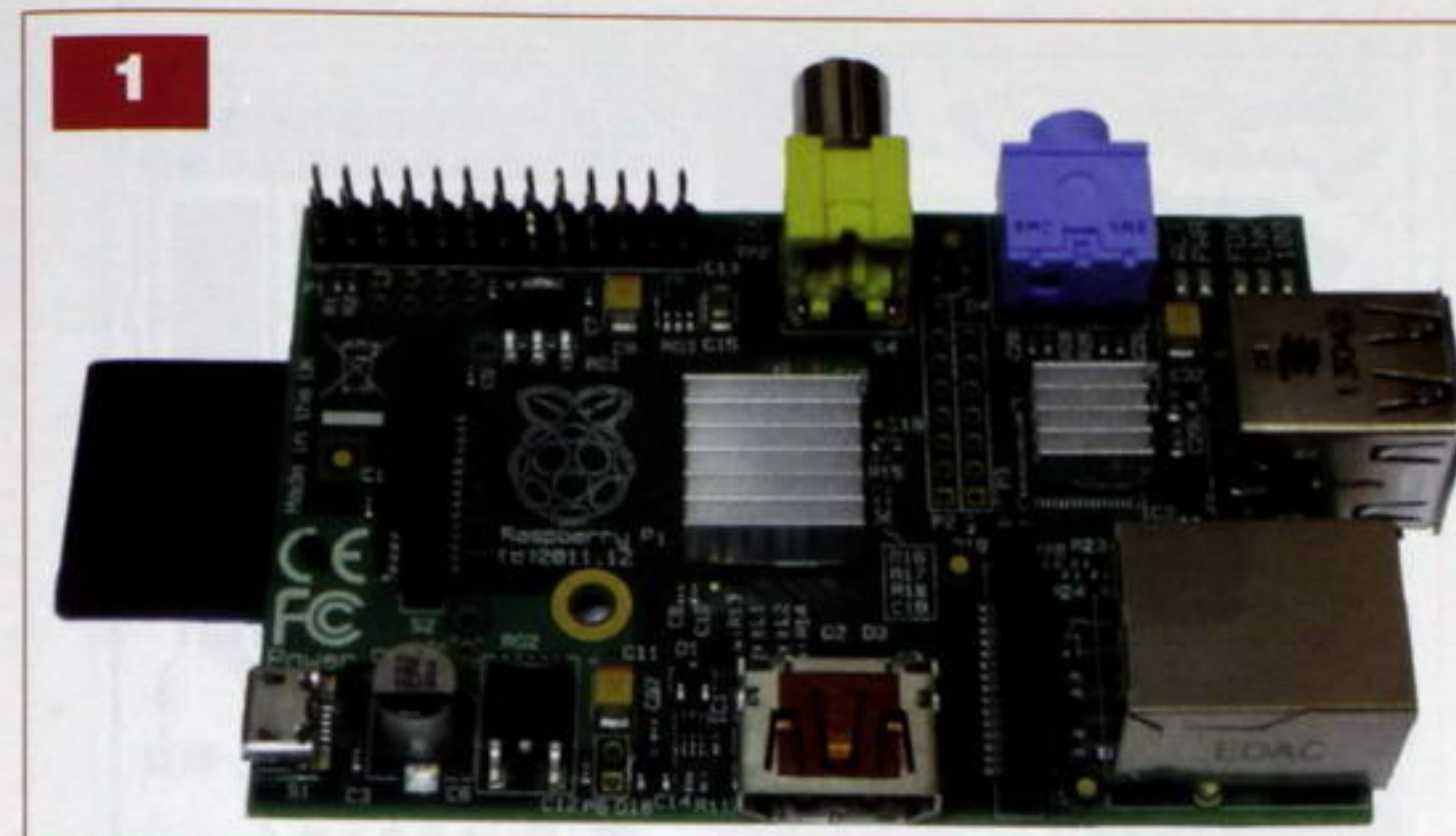
La diode électroluminescente LED2 est câblée sur la sortie GPIO 17, la LED3 sur GPIO 22 et la LED4 sur GPIO 7. Ces broches seront donc configurées en «sorties» dans le programme qui permettra de commander l'illumination de ces trois leds. Un réseau de résistances de 470 Ω permet de limiter le courant circulant dans chaque led.

## Sortie à relais

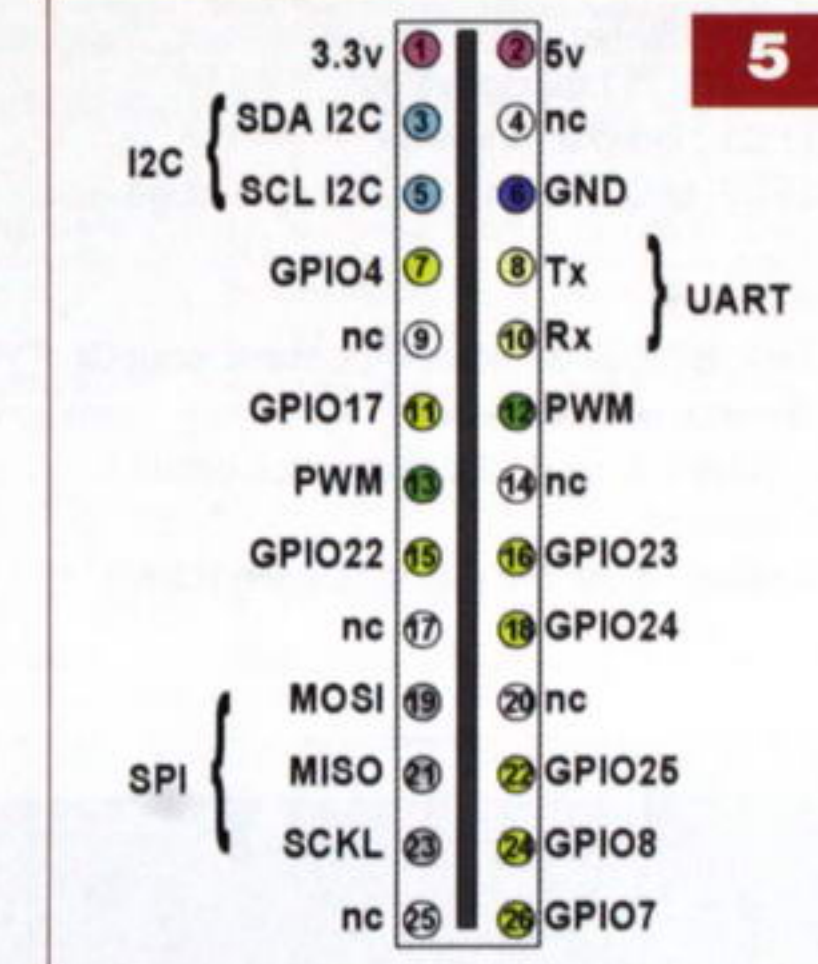
Un relais 5 V, connecté sur la sortie GPIO 23, via un transistor T1 de type 2N1711, permet la commande en puissance. La diode D1 permet d'inhiber les éventuels et fâcheux effets de self provoqués lors de l'ouverture des contacts du relais. Ils pourraient endommager notre Raspberry.

## Entrées boutons-poussoirs

Le bouton-poussoir BP1 est connecté sur la broche GPIO 8 du connecteur, le BP2 sur GPIO 25. Quant à BP3, celui-ci est câblé sur GPIO 24. Ces trois broches seront configurées en «entrées» dans le programme de test que nous détaillerons plus loin. Un réseau de résistances de 470 Ω, connecté en «pull-up», permet d'imposer un + 5 V lorsque le BP concerné n'est pas appuyé.



2	CPU	ARM 1176JZF-S à 700 Mhz (upgradable)
	Mémoire	SDRAM 512 Mo intégrée au GPU
	GPU	Broadcom VideoCore IV10, OpenGL ES 2.0, MPEG-2 and VC-1 (avec licence), 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decodeur et encodeur
	Ports USB	2 ports USB 2.0
	Sorties vidéo	1 HDMI 1080p et une composite (640x480)
	Sortie audio	1 sortie stéréo sur jack 3.5 (incluse si sortie hdmi)
	Ethernet	1 connecteur RJ45 10/100 Ethernet
	Entrées sorties	1 connecteur 26 points (8 E/S GPIO,UART,I2C, bus SPI)
	Alimentation	Sur connecteur micro USB 5V - 700 mA
	Dimensions	85.6 mm x 53.98 mm x 17 mm
	Systèmes exploitation	Debian GNU/Linux, Raspbian OS, Fedora, Arch Linux ARM1, RISC OS, FreeBSD, Plan 9, Kali Linux



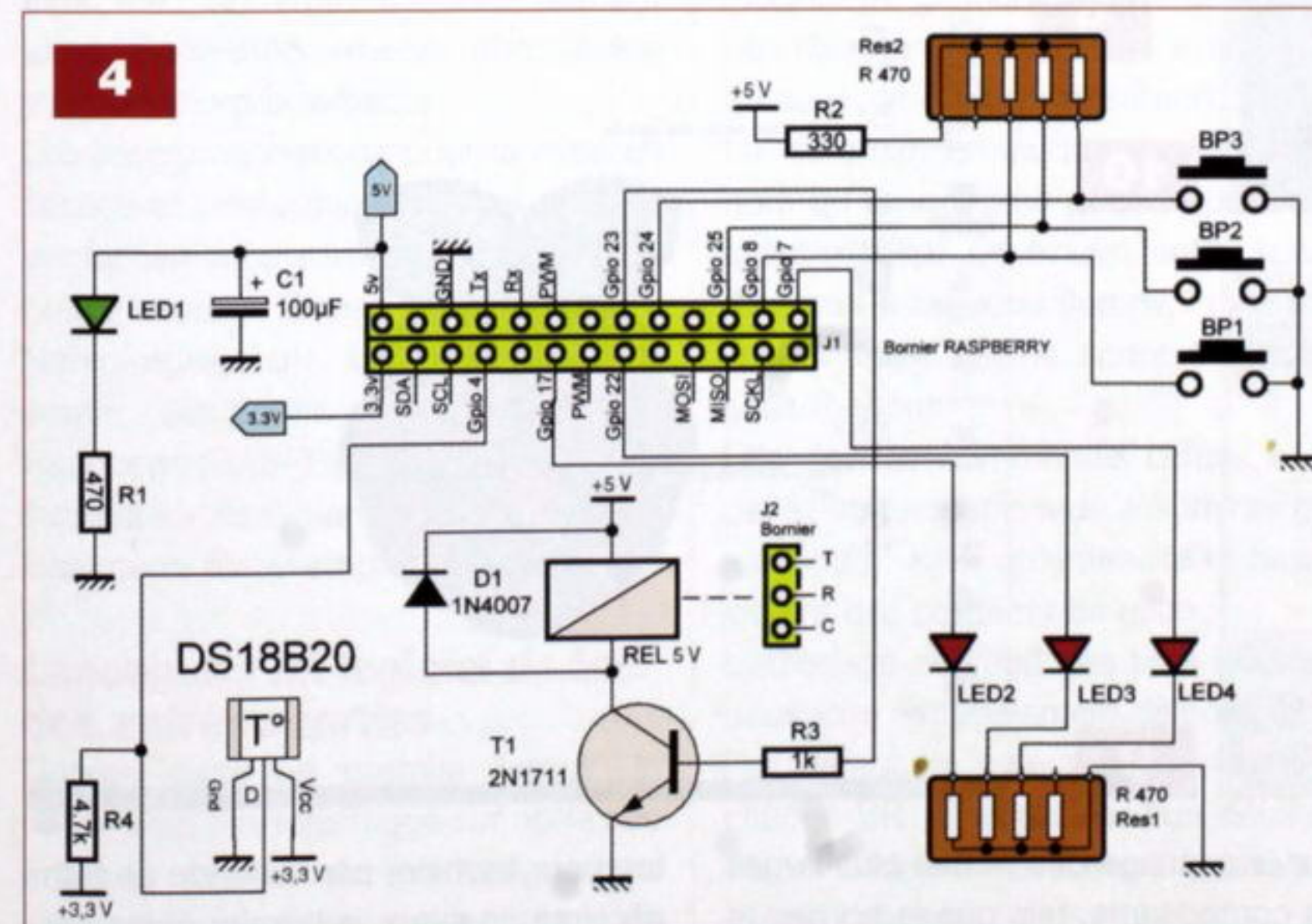
«pull-up» permettant de fixer le niveau de la ligne «data» (dq).

## Présence de l'alimentation

La LED1, connectée sur la sortie 5 V du connecteur, affiche la présence de la tension d'alimentation. La résistance R1, de 470 Ω, permet de limiter le courant dans celle-ci.

## Principe de fonctionnement

Un script, réalisé sous l'environnement de programmation Python (qui fait partie de la distribution Linux RASPBIAN), permet de piloter les trois leds et le relais. Le script comprend également l'affichage de l'état des trois boutons-poussoirs. Un appui sur l'un deux sera affiché sur l'écran de visualisation. En ce qui concerne la demande de la température, un ensemble de commandes sera à exécuter. Il sera également possible de réaliser un script permettant d'exécuter ces différentes commandes.



## Entrée pour la mesure de la température

Un circuit Dallas, de type DS18B20, permet la mesure de la température ambiante. Les caractéristiques de ce circuit sont données pour une plage

d'utilisation située entre -55°C et +125°C, avec une résolution programmable de 9 ou 12 bits, le tout sur un seul fil via le protocole 1-Wire (broche GPIO 4). La résistance R4, de 4,7 kΩ, est un



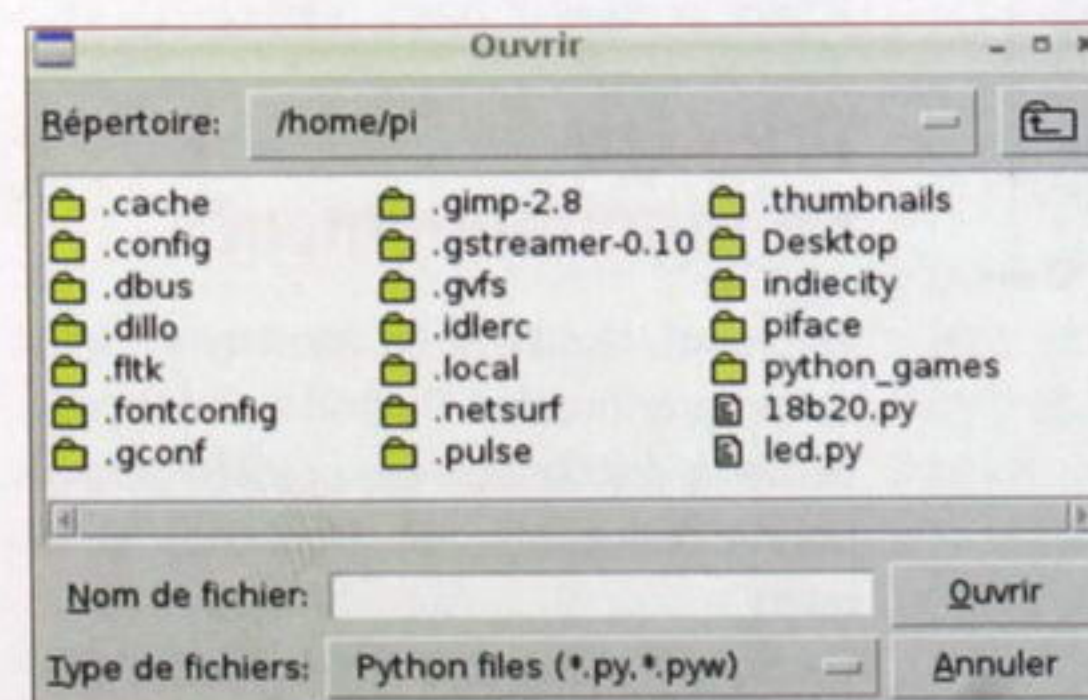
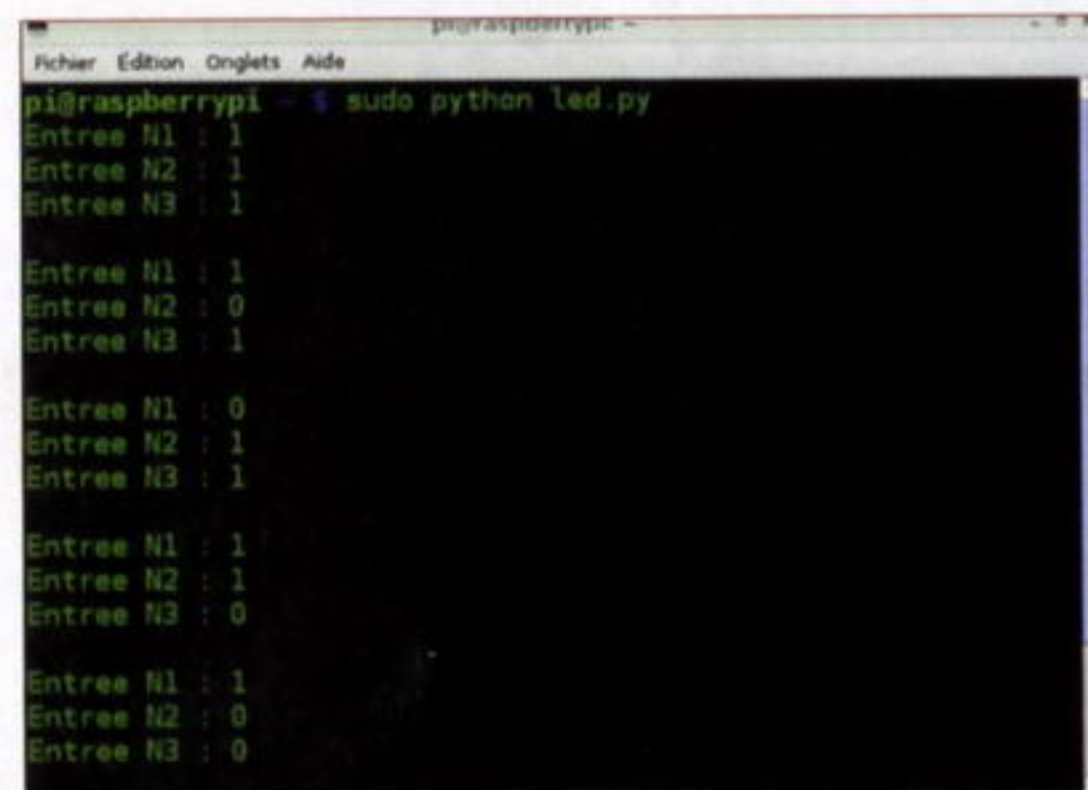
Nomenclature

• Résistances 5%  
 R1 : 470 Ω (jaune, violet, marron)  
 R2 : 330 Ω (orange, orange, marron)  
 R3 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
 R4 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
 Rés1, Rés2 : réseau 4 x 470 Ω  
 (4 + 1 commun)

• Condensateur  
 C1 : 100 µF / 10 V (radial)

• Semiconducteurs  
 IC1 : sonde DS18B20 (Saint-Quentin Radio)  
 D1 : 1N4007  
 T1 : 2N1711 ou équivalent  
 LED1 : led Ø 3 mm verte  
 LED2, LED3, LED4 : led Ø 3 mm rouge

• Divers  
 BP1, BP2, BP3 : bouton-poussoir pour CI  
 Barrette sécable femelle  
 1 bornier à vis de 3 points, pour circuit imprimé  
 1 relais Finder 5 V (Saint-Quentin Radio)

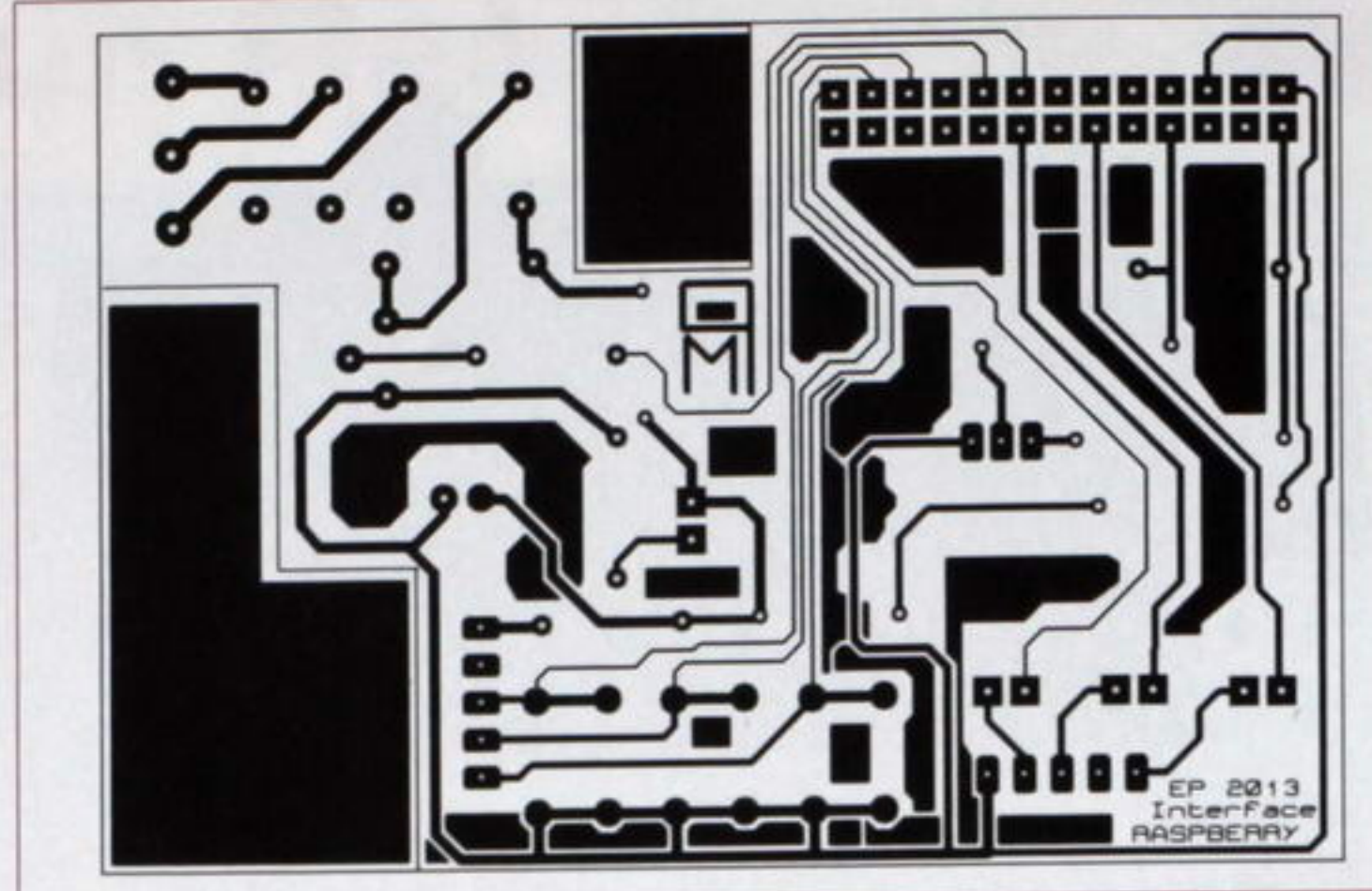


La réalisation

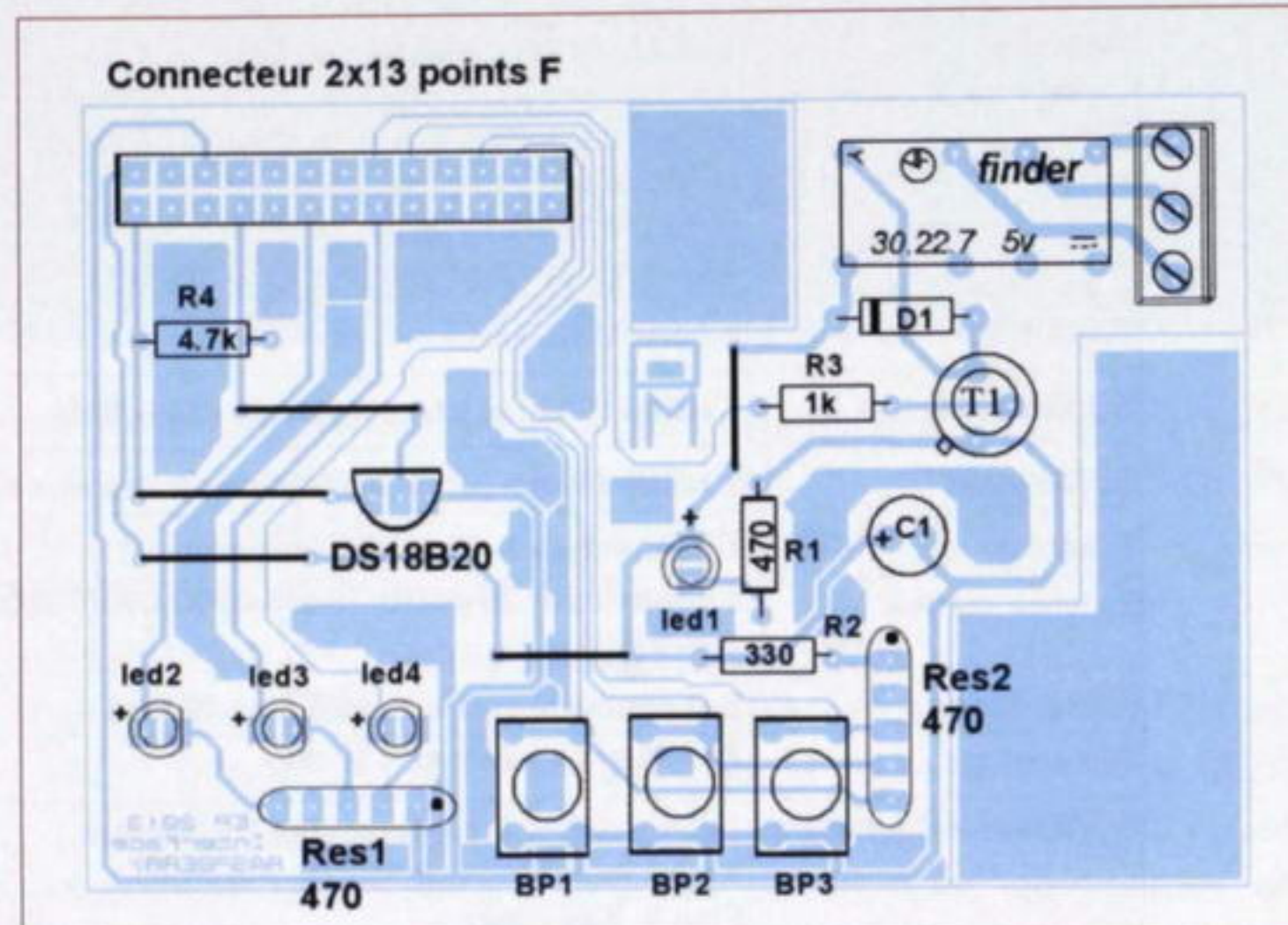
La figure 6 montre le dessin du circuit imprimé. Celui-ci devra être réalisé avec un soin particulier, la platine étant raccordée au Raspberry et certaines pistes étant assez fines. Le perçage des trous se fera avec des forets de Ø 0,8 mm, 1 mm ou 1,5 mm

pour le passage des pattes plus larges des composants, tels que le bornier et le relais. La figure 7 sert à l'implantation des composants. Souder, dans un premier temps et, par ordre de taille : les résistances, les straps, la diode, les leds, les réseaux de résistances, les boutons-poussoirs, le condensateur, le transis-

6



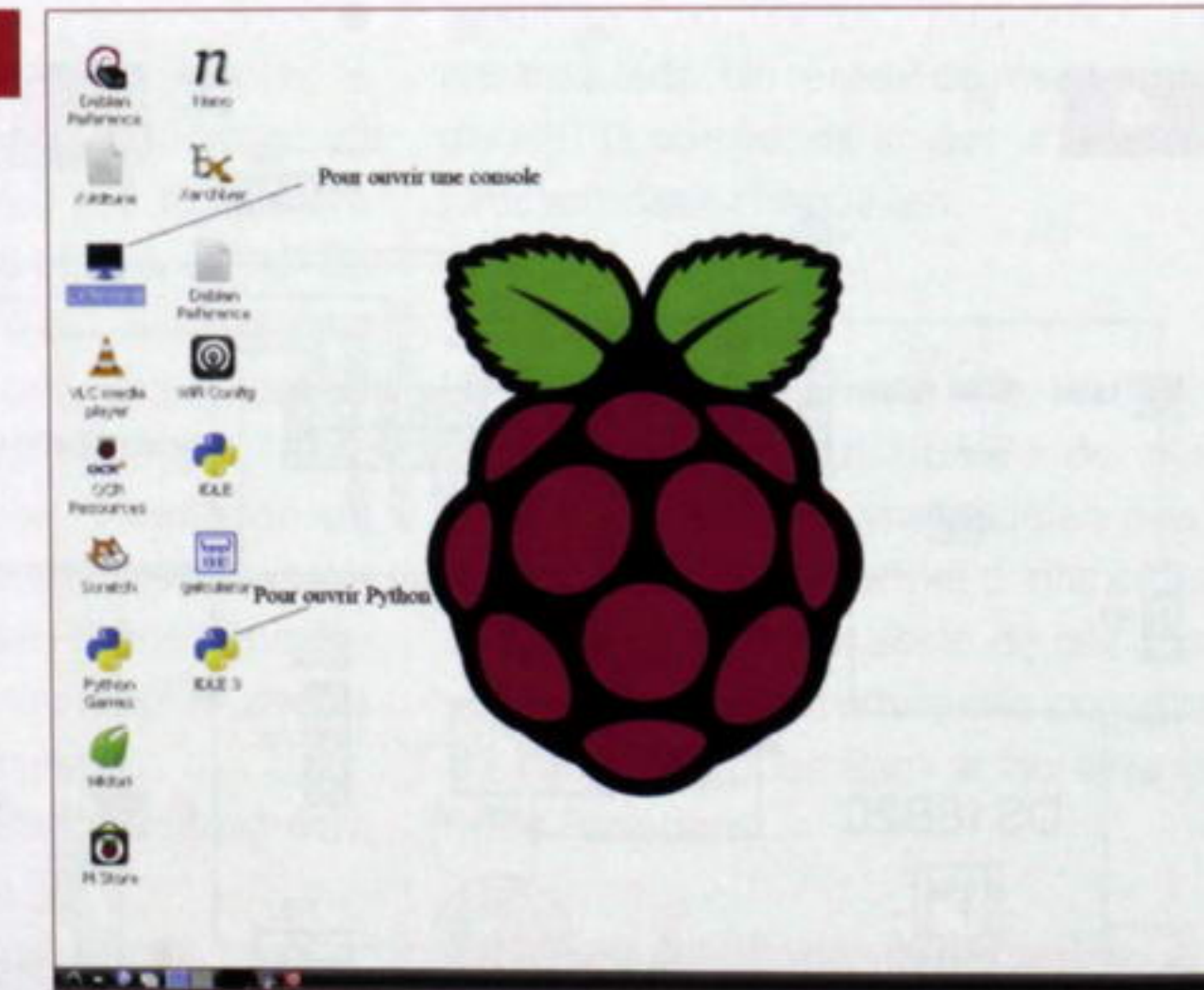
7



9

10

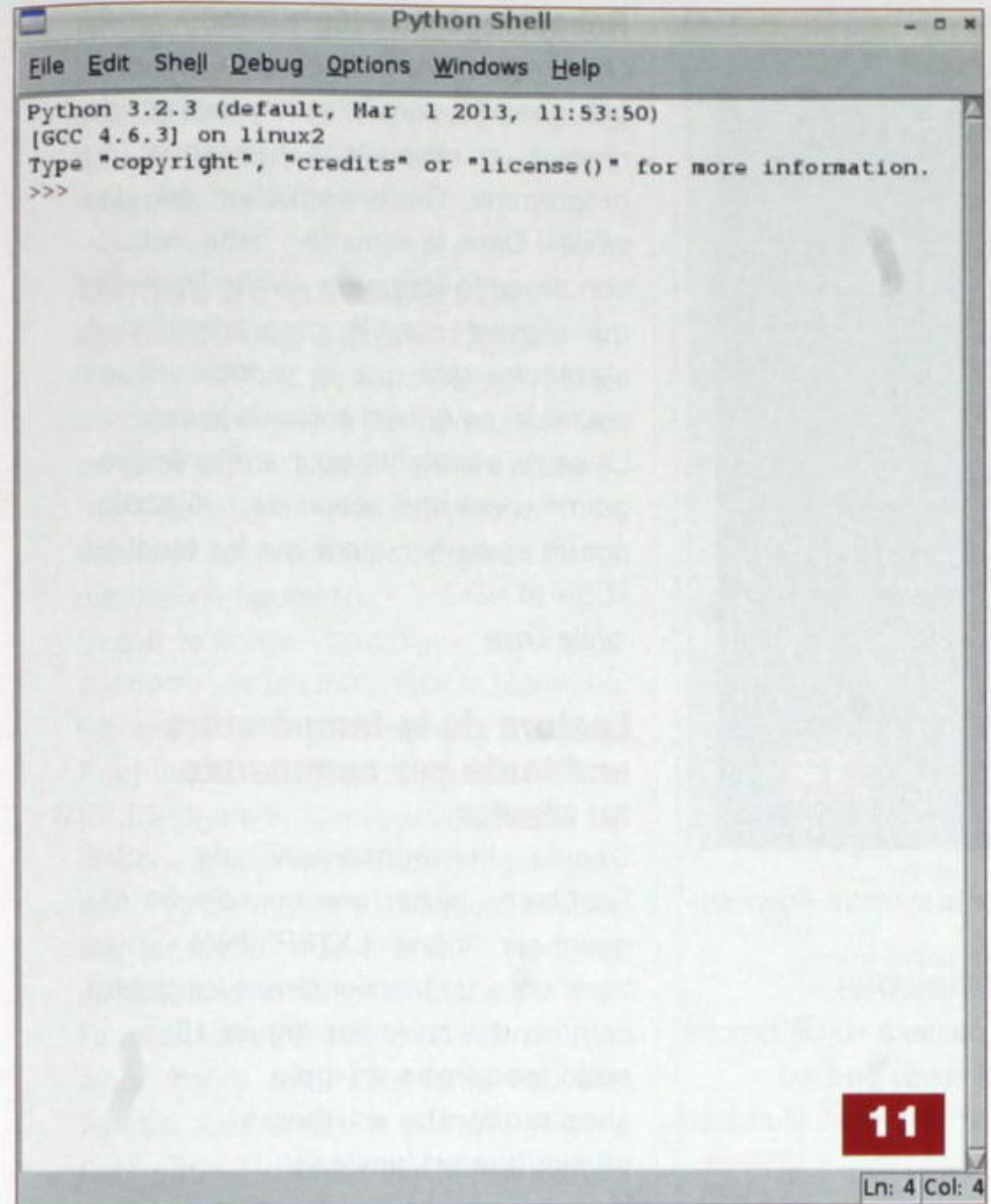
8



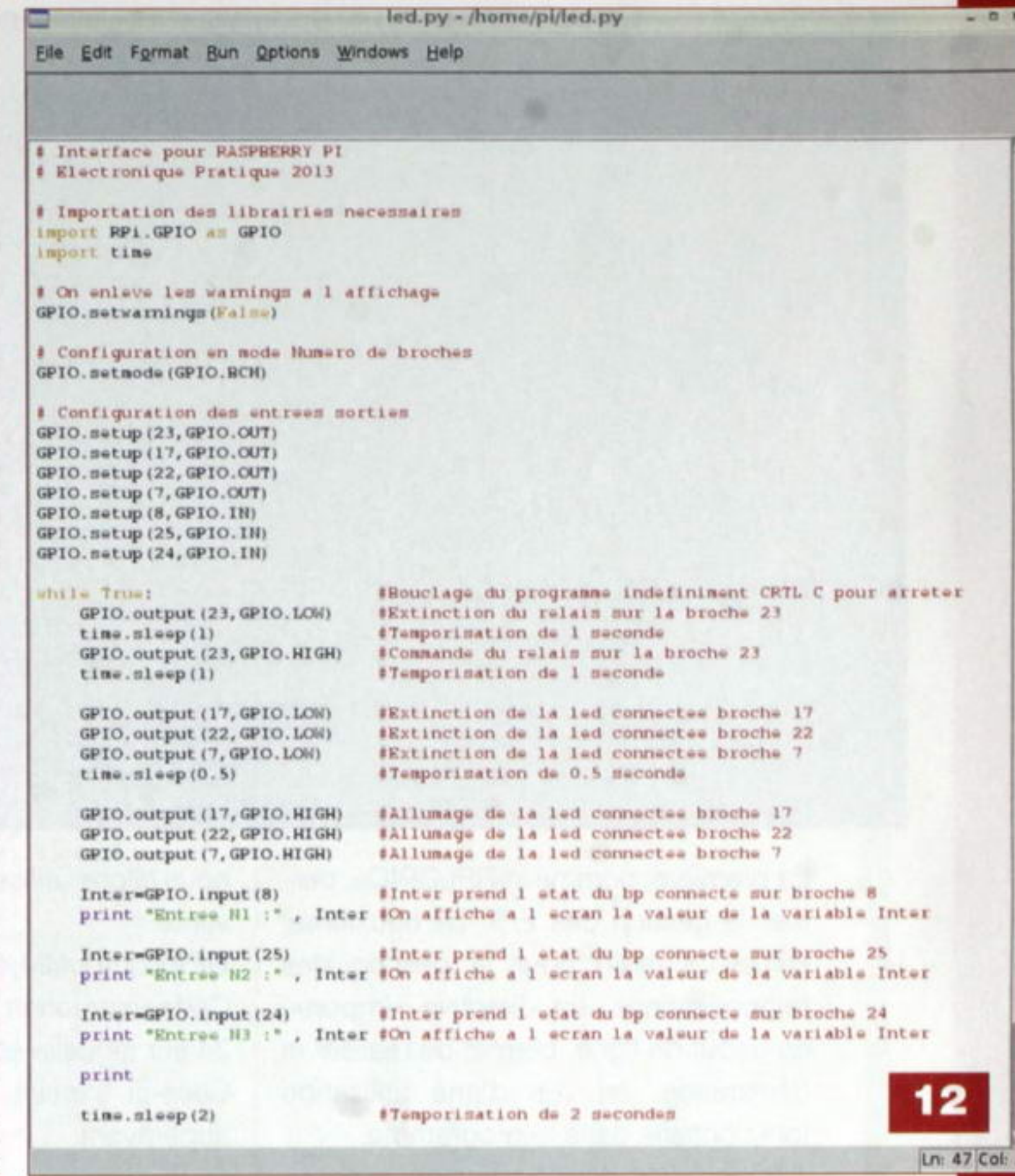
tor, pour terminer par la sonde de température, le relais, le bornier et les barrettes sécables femelles 13 points qui seront soudées côté cuivré.

Mise en service

Vérifier, avant toute mise en service, que le circuit imprimé est correctement



11



12

gravé, qu'il n'y a pas de court-circuit, ni de piste coupée.

Votre Raspberry doit, dans un premier temps, être configuré et opérationnel avec le système d'environnement Linux RASPBIAN wheezy (<http://www.raspberrypi.org/downloads>).

Les recommandations pour la mise en service et l'installation peuvent se trouver facilement sur Internet, via de nombreux tutoriaux et pas à pas existants. Noter, également, que des ouvrages sont désormais consacrés au Raspberry (RASPBerry Pi, le guide de l'utilisateur écrit par le co-créateur du Raspberry par exemple).

Lancement du logiciel de test des entrées/sorties

Copier, dans un premier temps, le fichier «led.py» téléchargé sur notre site internet ([www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)) dans le répertoire «/home/pi» de votre Raspberry (figure 8). Depuis l'environnement du Raspberry (figure 9), lancer ensuite une console en cliquant sur l'icône «LXTERMINAL», puis taper la commande suivante qui va permettre de lancer le test (figure 10).  
**sudo python led.py**

Détail de la commande

La commande «sudo» (Substitute User DO) permet de lancer le script en mode «administrateur», car les droits du module de gestion des entrées/sorties du Raspberry ne sont accessibles qu'au «root» (super utilisateur). La commande «sudo» est suivie du nom du programme permettant d'exécuter le script. On trouve, enfin, le nom du script à exécuter (led.py, l'extension «py» indique que le script est réalisé sous Python).

Une fois la commande lancée, vous devez voir les trois leds s'allumer puis s'éteindre, ainsi qu'entendre le basculement des contacts du relais. L'affichage de l'état des trois boutons-poussoirs est également disponible. Par défaut, la valeur est à «1» pour chaque BP, un appui sur l'un d'eux est alors visible sur l'affichage (passage à «0» de l'entrée).

Edition - Modification du script

Le script «led.py» a été réalisé sous l'environnement de programmation Python. Ce script est facilement modifiable. Pour cela, cliquer sur l'icône

IDLE3 (figure 9). Cela aura pour effet de lancer l'environnement de programmation Python (figure 11).

Cliquer, ensuite, sur le menu «File», puis «Open» et sélectionner le fichier «led.py», une nouvelle fenêtre d'édition s'ouvre alors (figure 12). Une fois le script modifié, il suffit ensuite de l'enregistrer depuis le menu «File», puis «Save» et de relancer une commande depuis une console (sudo python led.py) comme vu précédemment.

Quelques lignes pour expliquer le source

Nous allons détailler, ici, seulement quelques notions de bases utilisées dans notre programme. Un cours sur la programmation Python ferait l'objet d'un article à part entière. Nous engageons nos lecteurs intéressés à s'orienter vers les ouvrages de référence et d'initiation, ainsi que les nombreux sites Internet qui détaillent fort bien la programmation en langage Python. Les deux premières lignes du programme «led.py» permettent la déclaration de deux bibliothèques, dont les fonctions seront utilisées dans le programme.

```

pi@raspberrypi: /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd
Echier Edition Onglets Aide
pi@raspberrypi ~$ sudo modprobe w1-gpio
pi@raspberrypi ~$ sudo modprobe w1-therm
pi@raspberrypi ~$ cd /sys/bus/w1/devices/
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices $ ls
28-0000045886cd w1_bus_master1
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices $ cd 28-0000045886cd
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $ cat w1_slave
ef 01 4b 46 7f ff 01 10 f5 : crc=f5 YES
ef 01 4b 46 7f ff 01 10 f5 t=30937
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $ cat w1_slave
ef 01 4b 46 7f ff 01 10 f5 : crc=f5 YES
ef 01 4b 46 7f ff 01 10 f5 t=30937
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $ cat w1_slave
05 02 4b 46 7f ff 0b 10 8a : crc=8a YES
05 02 4b 46 7f ff 0b 10 8a t=32312
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $ cat w1_slave
0e 02 4b 46 7f ff 02 10 d7 : crc=d7 YES
0e 02 4b 46 7f ff 02 10 d7 t=32875
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $ cat w1_slave
15 02 4b 46 7f ff 0b 10 de : crc=de YES
15 02 4b 46 7f ff 0b 10 de t=33312
pi@raspberrypi /sys/bus/w1/devices/28-0000045886cd $
    
```

13

La première, nommée «RPI.GPIO», permet la gestion des E/S. La deuxième, «time», s'utilise pour la gestion des temporisations. La directive «import», en début de ligne, permet de réaliser la déclaration, en vue d'une utilisation fonctionnelle dans le programme.

*# Importation des bibliothèques nécessaires*  
**import RPi.GPIO as GPIO**  
**import time**

Avant d'utiliser une entrée/sortie du port GPIO du Raspberry, il va falloir en déterminer la fonction (soit en «entrée», soit en «sortie»), puisque chacune d'elle est, par définition, programmable. Ce sont les instructions suivantes qui vont réaliser ce travail. On voit, dans le code «source», que les broches 23, 17, 22 et 7 sont configurées en «sorties» (out), ce qui correspond aux trois leds et à la sortie par relais. Les trois autres broches 8, 25 et 24 sont, quant à elles, configurées en «entrées» (in).

Ces broches sont connectées aux trois boutons-poussoirs.

```

# Configuration des sorties
GPIO.setup(23,GPIO.OUT)
GPIO.setup(17,GPIO.OUT)
GPIO.setup(22,GPIO.OUT)
GPIO.setup(7,GPIO.OUT)
    
```

```

# Configuration des entrées
GPIO.setup(8,GPIO.IN)
GPIO.setup(25,GPIO.IN)
GPIO.setup(24,GPIO.IN)
    
```

Pour forcer une sortie à l'état «bas»,

nous allons utiliser la syntaxe «low» suivante :

**GPIO.output(24,GPIO.LOW)**

Cette instruction passe à «0» la broche 24 sur laquelle est reliée une led. Celle-ci s'éteint si elle était illuminée auparavant.

Pour forcer une sortie à l'état «haut», nous allons utiliser la syntaxe «high» suivante :

**GPIO.output(24,GPIO.HIGH)**

Cette instruction passe à «1» la broche 24 sur laquelle est reliée une led, celle-ci s'allume.

**Fonction de temporisation**

Pour réaliser une temporisation, nous utilisons une fonction de la bibliothèque, «time», déclarée en début de programme. Cette fonction prend, en paramètre, la valeur de la temporisation en seconde :

**time.sleep(0.5)**

**Lecture et affichage de la valeur d'une entrée logique**

Avant d'afficher l'état d'un bouton-poussoir, par exemple, nous allons attribuer sa valeur à une variable. Celle-ci sera ensuite affichée à l'aide de l'instruction «print».

Dans l'exemple, nous attribuons à la variable «Inter» la valeur logique de l'entrée 8 correspondant à l'état d'un bouton-poussoir.

**Inter=GPIO.input(8)**  
**print «Entree N1 :», Inter**

**Rebouclage du programme**

Une instruction, bien connue des programmeurs, permet entre autres de réaliser un rebouclage permanent du programme. Cette instruction est «Do while». Dans le «source», cette instruction prend la forme de «While True», ce qui signifie que le programme doit s'exécuter tant que la variable «True» est vraie, ce qui est toujours le cas. La seule possibilité pour arrêter le programme est une action de l'utilisateur par un appui simultané sur les touches «Ctrl» et «C».

**while True**

**Lecture de la température ambiante par commande au clavier**

Depuis l'environnement de votre Raspberry, lancer une console en cliquant sur l'icône «LXTERMINAL», puis taper dans un premier temps les quatre commandes suivantes (figure 13) :

**sudo modprobe w1-gpio**  
**sudo modprobe w1-therm**  
**cd /sys/bus/w1/devices/**  
**ls**

La commande «cd» (change directory) permet de se positionner dans un répertoire. La commande «ls» (list) permet de lister l'ensemble des fichiers présents sous un répertoire. Une fois la commande «ls» effectuée, observer la liste des fichiers et répertoires présents, puis repérer le numéro commençant par 28 (28-0000045886cd) dans l'exemple de la figure 13. Cette valeur «numéro» correspond, en fait, au numéro de série de la sonde de température et, également, à un répertoire associé portant le même indice.

Vous pouvez, maintenant, continuer en tapant les deux commandes suivantes, afin d'afficher la température :

**cd 28-xxxxxxxxxxx** (les xxx doivent être remplacés par le numéro de votre répertoire, indiqué par la commande «ls» précédente)

**cat w1\_slave**

La commande «cat w1\_slave» permet d'afficher le contenu du fichier «w1\_slave». C'est en fait la température qui est enregistrée dans ce fichier. Répéter la commande «cat w1\_slave» chaque fois que vous souhaitez avoir la

température. La valeur de celle-ci est donnée en dernières lignes du fichier sous la forme «t=33312», ce qui signifie que la température est, dans cet exemple, de 33,312°C

**Lecture de la température ambiante en automatique**

Il existe, en fait, un autre moyen de lire automatiquement la température à l'aide d'un script réalisé sous l'environnement de programmation Python. Le script est présenté en figure 14 et le résultat en figure 15.

Copier le fichier «18b20.py», téléchargé sur notre site Internet, dans le répertoire «/home/pi» de votre Raspberry (figure 8). Pour lancer le script, cliquer sur l'icône IDLE3 (figure 9). Ceci aura pour effet de lancer l'environnement de programmation Python (figure 11). Cliquer ensuite sur le menu «File», puis «Open» et sélectionner le fichier «18b20.py». Une nouvelle fenêtre d'édition s'ouvre alors (figure 14). Dans cette nouvelle fenêtre, cliquer dans le menu «Run», puis «Run Module», ce qui aura pour effet d'exécuter le script.

La température s'affichera à intervalle régulier, dans la première fenêtre de debug (figure 15). L'affichage donne le résultat en degrés Celsius et degrés Fahrenheit. Il est également possible de modifier ce script, en enregistrant les modifications avant le lancement du «run». Pour arrêter le script, il faudra, comme pour notre premier test, appuyer simultanément sur les touches «Ctrl» et «C».

**Conclusion**

Voici une première interface, très simple, qui vous permettra, soit de découvrir le Raspberry avec ses différentes possibilités, soit de vous familiariser avec les entrées/sorties de ce condensé de technologie. D'autres interfaces sont en cours d'études et vous seront proposées pour le plus grand bonheur des adeptes de ce merveilleux nano-ordinateur qu'est le Raspberry Pi.

**P. MAYEUX**  
<http://p.may.chez-alice.fr>

Site Raspberry :  
<http://www.raspberrypi.org>

```

18b20.py - /home/pi/18b20.py
File Edit Format Run Options Windows Help
import os
import glob
import time

os.system('modprobe w1-gpio')
os.system('modprobe w1-therm')

base_dir = '/sys/bus/w1/devices/'
device_folder = glob.glob(base_dir + '28*')[0]
device_file = device_folder + '/w1_slave'

def read_temp_raw():
    f = open(device_file, 'r')
    lines = f.readlines()
    f.close()
    return lines

def read_temp():
    lines = read_temp_raw()
    while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_temp_raw()
    equals_pos = lines[1].find('=')
    if equals_pos != -1:
        temp_string = lines[1][equals_pos+2:]
        temp_c = float(temp_string) / 1000.0
        temp_f = temp_c * 9.0 / 5.0 + 32.0
        return temp_c, temp_f

while True:
    print(read_temp())
    time.sleep(1)
    
```

14

```

Python Shell
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 3.2.3 (default, Mar 1 2013, 11:53:50)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ----- RESTART -----
>>>
(28.312, 82.9616)
(28.312, 82.9616)
(28.312, 82.9616)
(28.25, 82.85)
(28.0, 82.4)
(27.937, 82.2866)
(27.812, 82.0616)
(27.812, 82.0616)
Traceback (most recent call last):
  File "/home/pi/18b20.py", line 32, in <module>
    time.sleep(1)
KeyboardInterrupt
>>>
    
```

15

# Hygrostat comparatif

Suivant les conditions atmosphériques, l'hygrométrie naturelle d'un endroit peut varier considérablement dans le temps. Il devient alors très difficile de fixer un degré hygrométrique provoquant l'enclenchement d'un aérateur destiné à faire baisser l'humidité du local à contrôler.

Un hygrostat peut s'avérer utile pour gérer le degré hygrométrique de certains locaux tels les salles d'eau, dont les peintures et les revêtements muraux se dégradent rapidement avec l'humidité.

Si un hygrostat destiné à surveiller le degré hygrométrique d'un local est réglé sur une valeur donnée, cette dernière ne sera uniquement pertinente que pour un certain niveau environnemental extérieur d'humidité.

En particulier, si cette valeur de réglage est faible, l'hygrostat enclenchera l'aérateur dès que l'hygrométrie ambiante extérieure au local contrôlé deviendra supérieure à cette valeur.

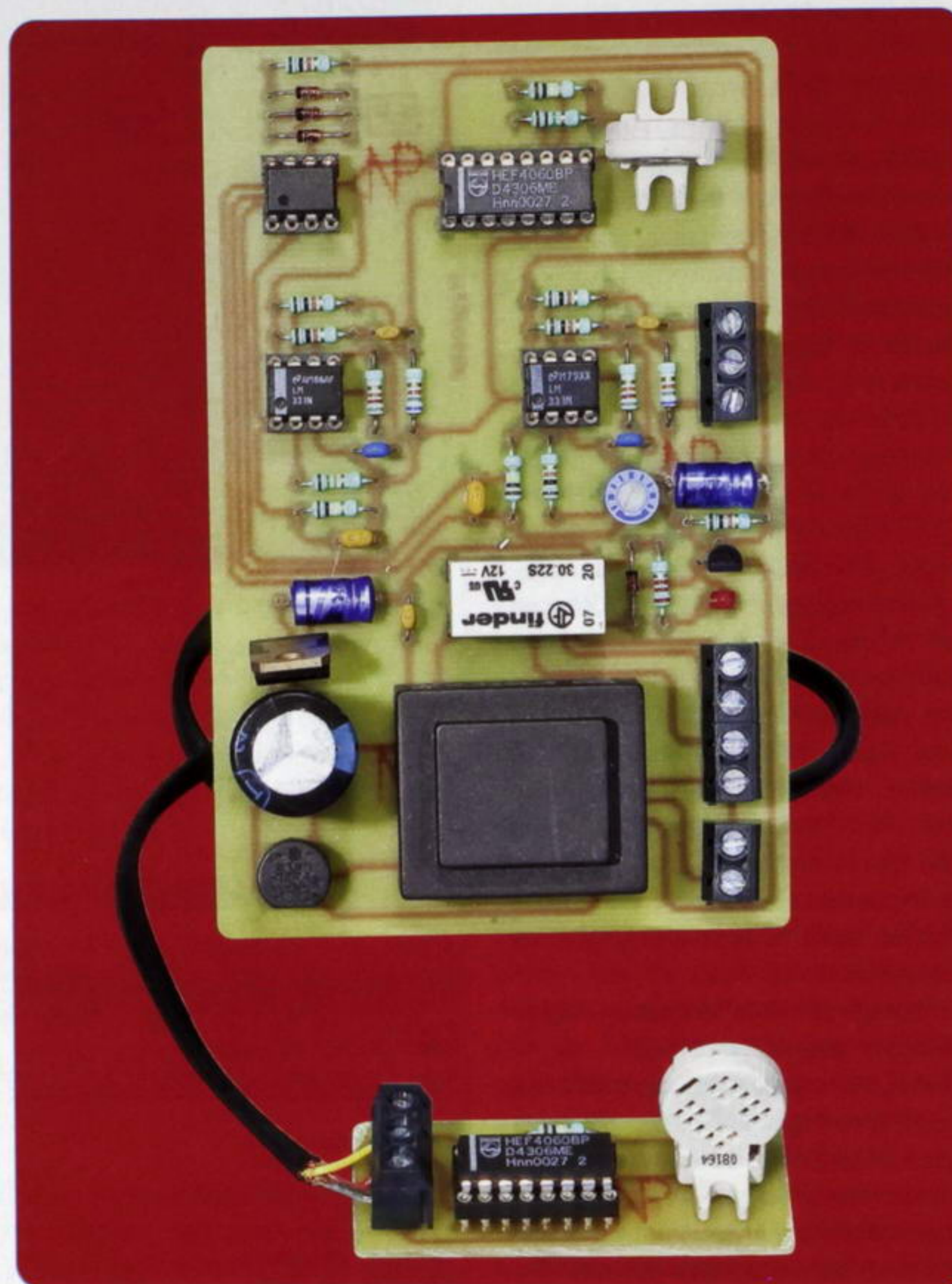
L'aérateur «commandé» sera alors incapable de faire descendre le degré hygrométrique et fonctionnera aussi longtemps que perdurera cette situation.

Nous serions alors tentés de remédier à ce problème en fixant une valeur de réglage plus élevée.

Mais, dans ce cas, l'aérateur risquerait fort de ne pas réagir dans le cas d'une faible augmentation du degré hygrométrique du local sous surveillance.

La solution réside dans la comparaison, permanente, des deux degrés hygrométriques :

- le degré «naturel» extérieur au local contrôlé
- le degré «propre» au local contrôlé



d'où cette appellation d'hygrostat «comparatif».

Le principe de fonctionnement consiste à mettre en œuvre deux capteurs hygrométriques. Le premier, installé à l'extérieur du local, mesure l'hygrométrie de référence.

Le second, disposé à l'intérieur du local à contrôler commande l'aérateur si le degré hygrométrique dépasse cette valeur de référence.

## Rappels de physique

L'hygrométrie est un pourcentage. Plus exactement, il s'agit du pourcentage de la tension de vapeur d'eau dans

l'air par rapport à la pression maximale de saturation, pour une température donnée.

Le **tableau 1** précise ces valeurs de pression de saturation, en fonction de la température ambiante.

Nous remarquons qu'à 100°C, cette pression de vapeur saturante est tout simplement égale à la pression atmosphérique, ce qui est normal. En effet, il s'agit de la vapeur d'eau émanant de l'eau bouillante qui occupe, à elle seule, tout le volume offert.

Par exemple, à la température de 20°C, si cette tension de vapeur d'eau est de 10 mm de mercure, le degré hygrométrique correspondant sera de :

Temp. (°C)	Pression (mm Hg)
-10	2,1
-5	3,1
0	4,6
2	5,3
4	6,1
6	7
8	8
10	9,2
12	10,5
14	11,9
16	13,6
18	15,4
20	17,4
24	23,2
8	28,1
35	41,6
40	54,9
60	148,8
80	354,6
100	760
150	3 561

Tableau 1

$$H \% = \frac{10}{17,4} \times 100, \text{ soit } 57 \%$$

C'est cette valeur, encore appelée humidité relative, qui est indiquée par un hygromètre. Il est généralement considéré qu'un degré hygrométrique compris entre 45 % et 60 % définit une atmosphère dans laquelle nous nous sentons bien à l'aise.

## Fonctionnement

### Le capteur VISHAY

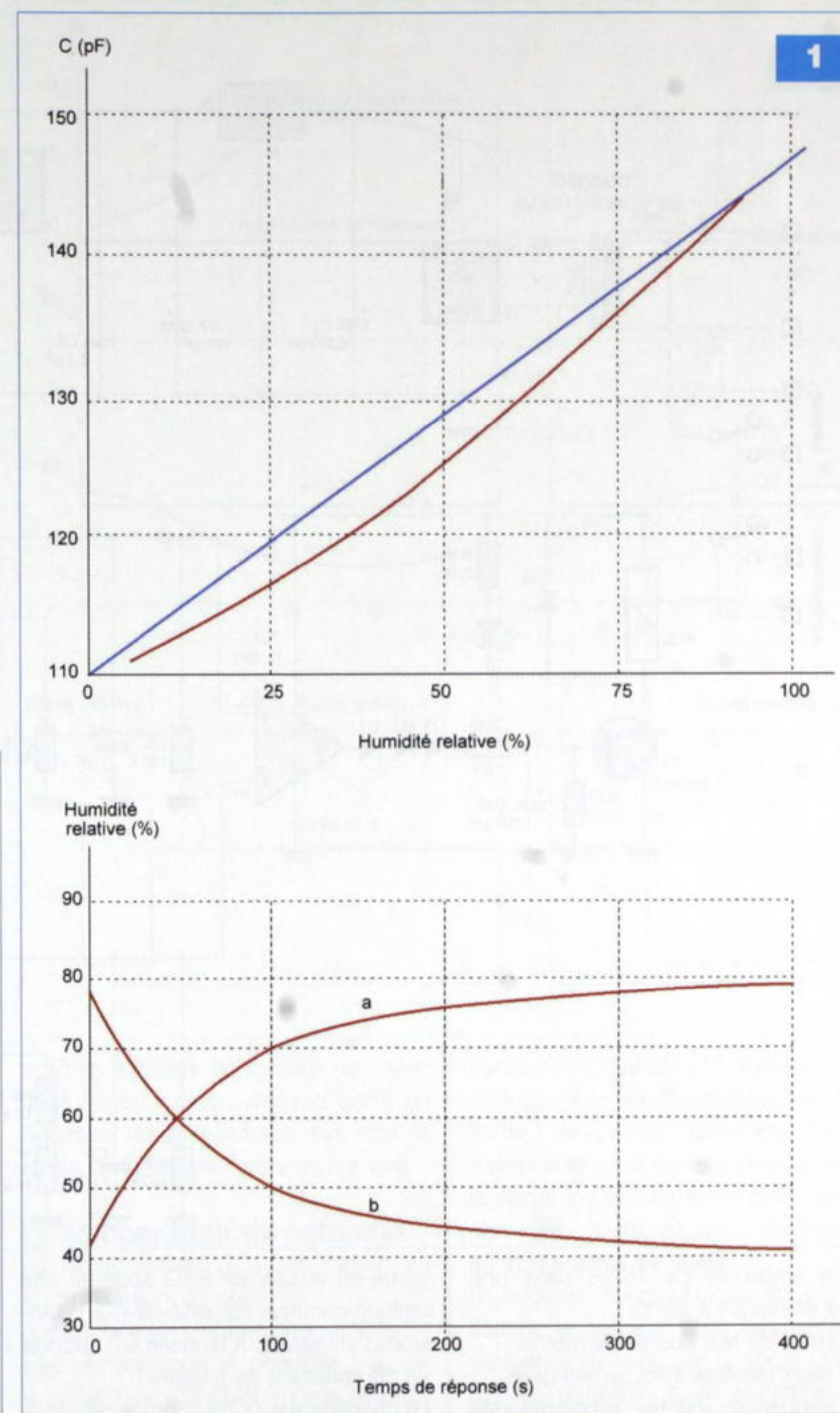
La Société VISHAY a élaboré un composant spécifique pour la mesure du degré hygrométrique de l'air ambiant. Il s'agit d'une humidistance portant la référence 2381 691 90001.

Elle se présente sous la forme d'une pastille perforée, en matière plastique. A l'intérieur, se trouve une membrane tendue, composée d'une lame non conductrice, enduite d'or des deux côtés. Cet ensemble constitue en fait un condensateur, dont les armatures sont les couches recouvertes d'or et le diélectrique la lame elle-même.

Ce condensateur est connecté, en parallèle, avec un autre condensateur de valeur fixe  $C_0$ .

L'ensemble forme alors une capacité qui s'exprime par la relation :

$C = C_0 + \Delta C$ .  
La valeur  $\Delta C$  est une variable propre au condensateur constitué d'une lame



recouverte d'or sur ses deux faces. Elle varie en fonction du degré d'humidité auquel le capteur est soumis.

La partie supérieure de la **figure 1** fait état de la loi de variation de la capacité présentée par l'humidistance en fonction du degré hygrométrique ambiant. Nous constatons que la capacité augmente en même temps que le degré hygrométrique.

La variation n'est cependant pas parfaitement linéaire.

Mais, la courbe représentative peut être assimilée à une droite.

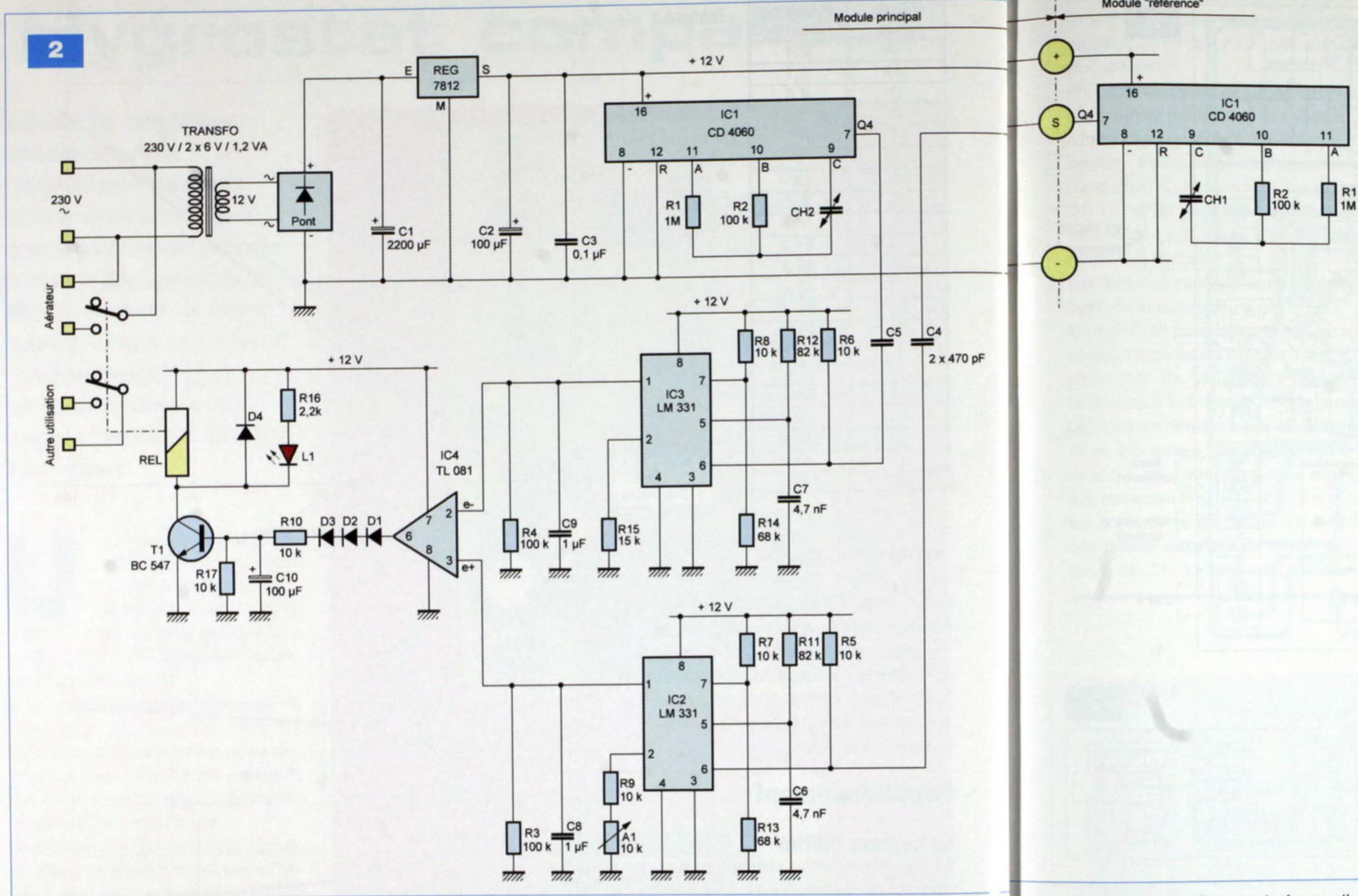
Une autre caractéristique de l'humidistance est son temps de réponse.

La seconde courbe de la **figure 1** illustre le temps de réaction à une variation du degré hygrométrique.

Dans le cas de la courbe (a), l'humidistance a été déplacée rapidement d'une ambiance à 43 % de degré hygrométrique, dans une autre ambiance à 75 %.

Remarquez que le temps de réponse est de 6 à 7 mn.

La courbe (b) montre la réaction d'une humidistance qui a été déplacée



d'une ambiance de 75 % dans une autre ambiance à 43 %. Le temps de réaction est le même. Les deux courbes sont symétriques. La fréquence «pilote» recommandée n'est pas très critique. Elle s'étend en effet de 1 kHz à 1 MHz. La température normale de fonctionnement prévue par le constructeur va de -25°C à 80°C. La tension maximale à laquelle l'humidité peut être soumise est de 15 V.

**Alimentation**  
L'alimentation est classique. Les alternances de la tension secondaire de 12 V du transformateur sont redressées par le pont de diodes. Le condensateur C1 effectue un premier lissage de la tension positive de 17 V obtenue. Sur la

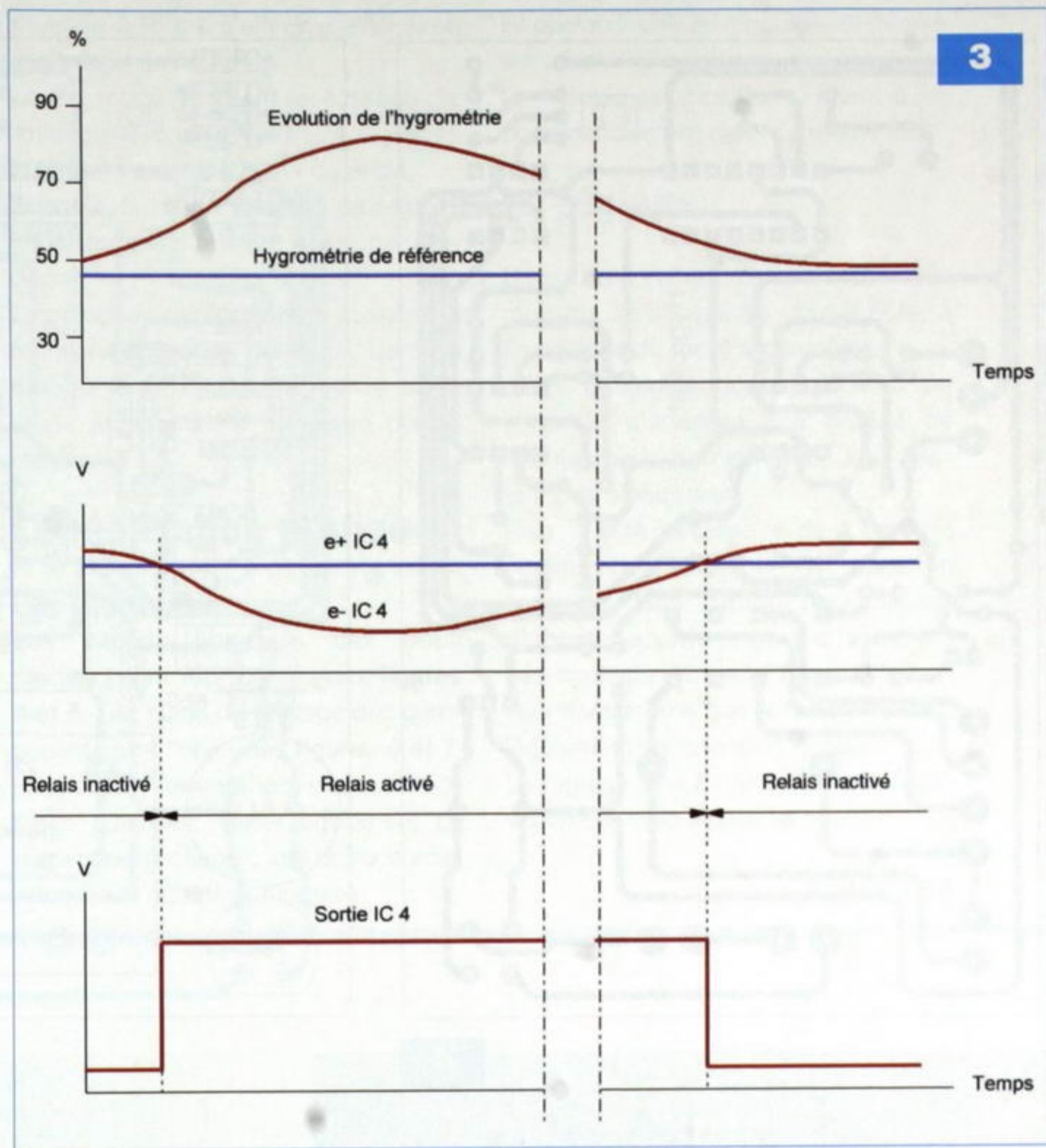
sortie du régulateur REG apparaît une tension continue stabilisée à +12 V, tension d'utilisation, à laquelle C2 apporte un complément de filtrage. Le condensateur C3 fait office de capacité de découplage (figure 2).

**Base de temps du capteur de référence**  
Le capteur de référence CH1 est inséré dans la chaîne des composants nécessaires à l'oscillateur interne du circuit intégré IC1. Rappelons que l'oscillateur de ce dernier est suivi de quatorze étages binaires montés en cascade. Sur la broche 9, un créneau de forme carrée est disponible. Il se caractérise par une période (t), dont la valeur varie dans le même sens que le degré hygrométrique

du milieu dans lequel est placé le capteur CH1. Pour une hygrométrie de 75 %, la valeur relevée de (t) est de 55 µs. Sur la sortie Q4 de IC1, un créneau carré se caractérise par une période (T) telle que :  $T = t \times 2^4$

Toujours dans le cadre de l'exemple évoqué ci-dessus, la période (T) est donc égale à 880 µs, ce qui correspond à une fréquence (F) de 1 135 Hz.

**Base de temps du capteur installé dans le local à contrôler**  
Elle est la conséquence de la mesure effectuée par le capteur CH2, dans les mêmes conditions que ci-dessus.



position médiane du curseur de l'ajustable A1 et, toujours dans le cadre de l'exemple numérique traité plus haut, la valeur de (u) est de l'ordre de 5,8 V.

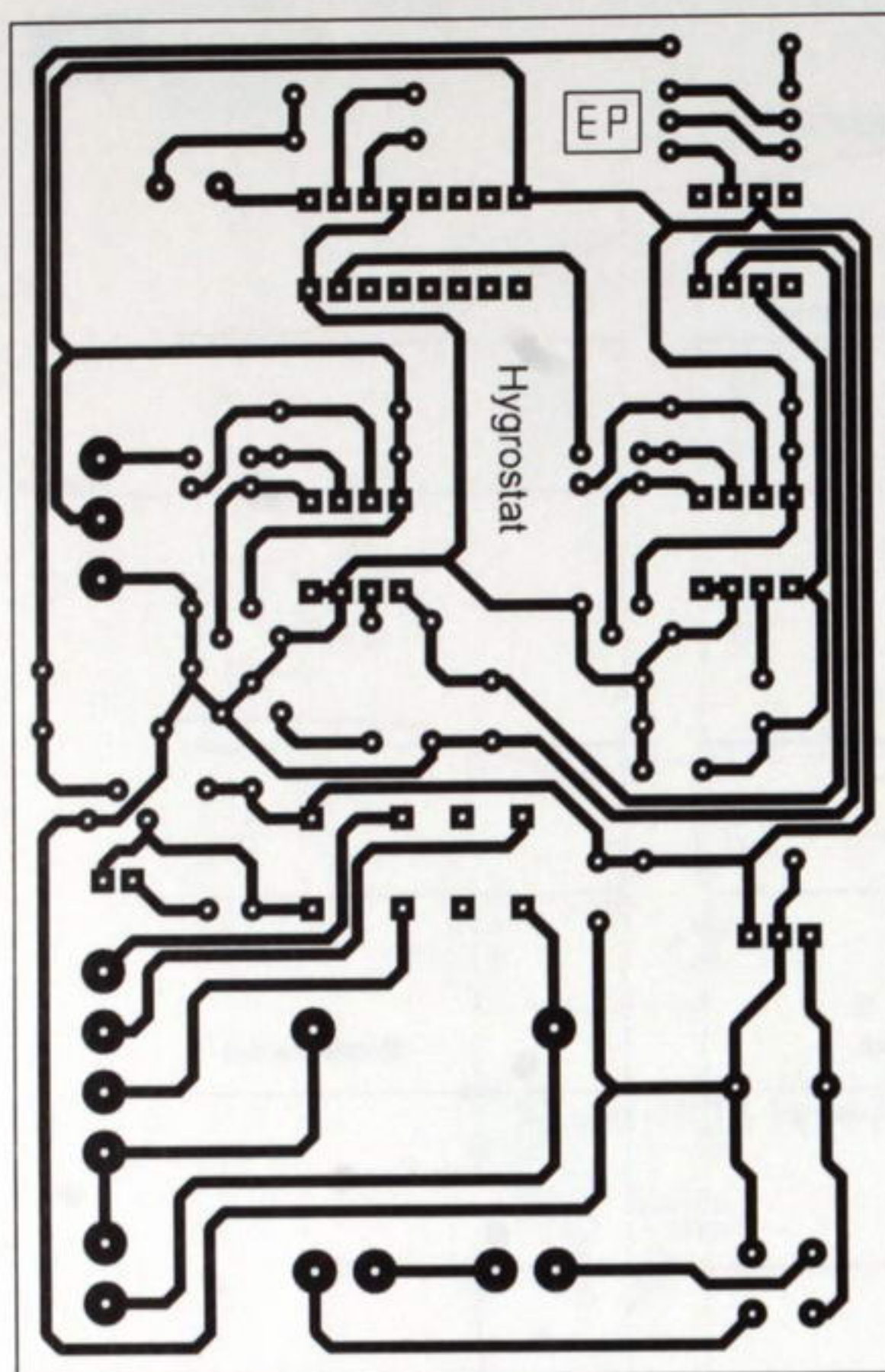
**Le comparateur de potentiel**  
Le circuit intégré IC4 est monté en «comparateur» de potentiel. Sur l'entrée (e+), entrée «non-inverseuse», est appliqué le potentiel issu de la sortie 1 de IC2 (hygrométrie de référence). Le potentiel en provenance de la sortie 1 de IC3 (hygrométrie propre au local contrôlé) est appliqué sur l'entrée «inverseuse» (e-). Deux cas peuvent alors se présenter :  
- le potentiel (e+) est supérieur au potentiel (e-). La sortie 6 de IC4 présente un état «haut»  
- le potentiel (e+) est inférieur au potentiel (e-). La sortie 6 de IC4 présente un état «bas», au potentiel de déchet près, qui est de l'ordre de 1 V

Lorsque les deux capteurs sont placés dans le même milieu hygrométrique, le

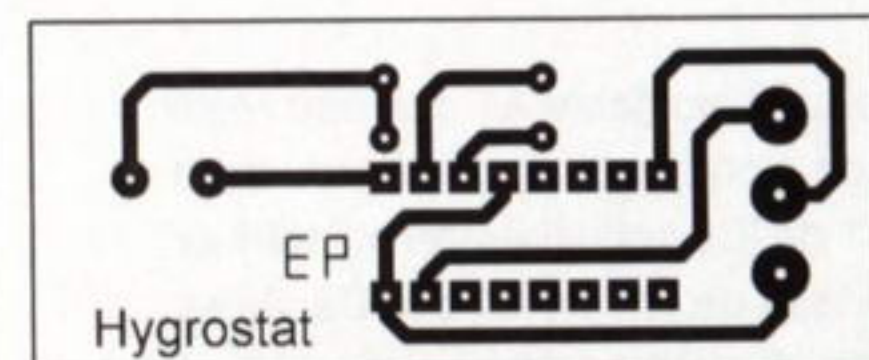
curseur de l'ajustable A1 doit être réglé de façon à ce que le potentiel issu de la sortie 1 de IC2 soit légèrement inférieur à celui issu de la sortie 1 de IC3. Ainsi, la sortie du comparateur présente un état «bas». Cette situation correspond à l'état normal de veille.

Si le degré hygrométrique auquel est soumis le capteur CH2 augmente, la fréquence délivrée par la sortie Q4 de IC1 va diminuer. Il en résultera une diminution de la tension présente sur la sortie 1 de IC3, jusqu'à faire basculer le comparateur dont la sortie passera à l'état «haut».

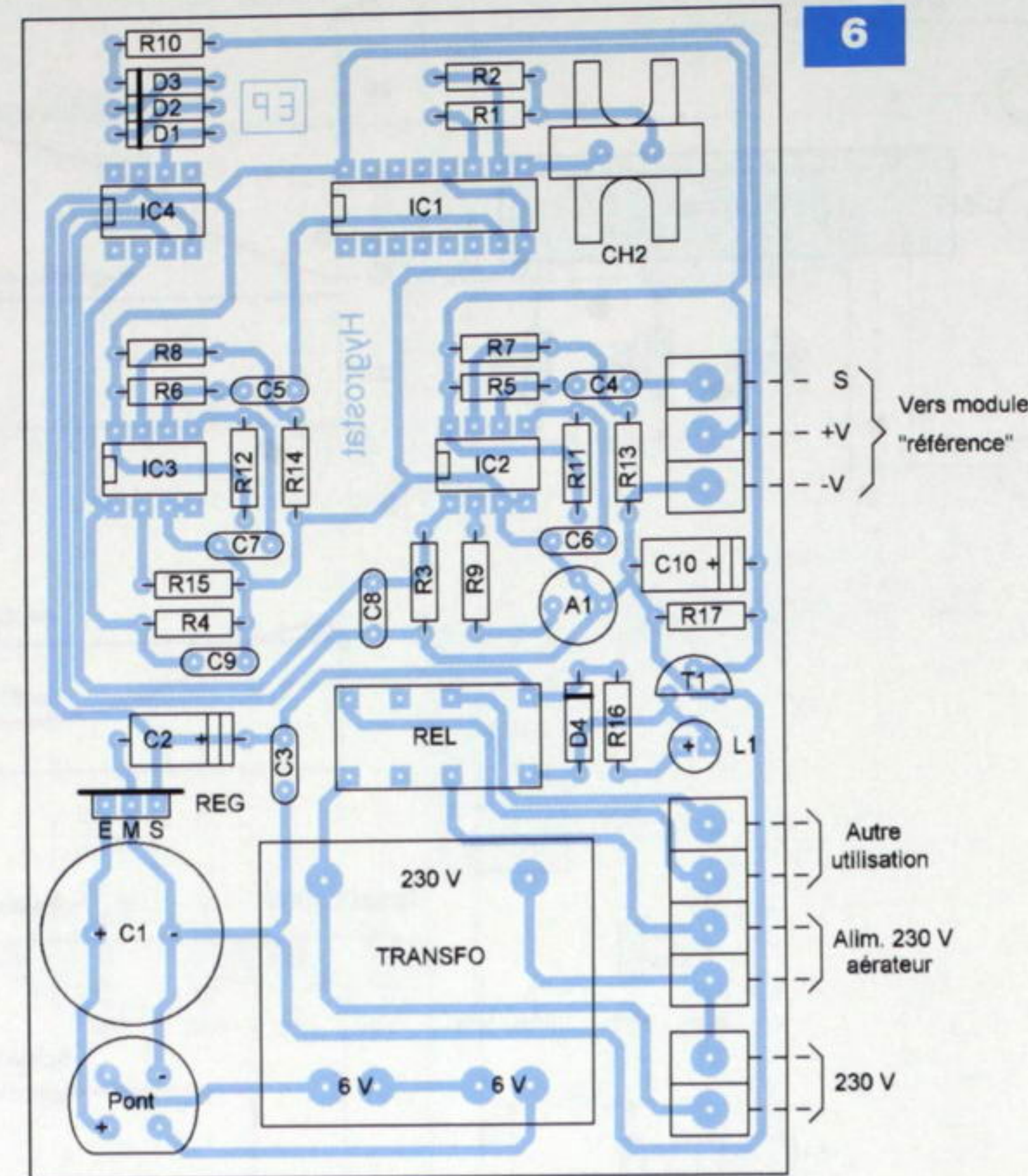
**Commande du relais d'utilisation**  
Lorsque la sortie 6 du comparateur IC4 présente un état «haut», le transistor T1 se sature. Il insère, dans son circuit collecteur, la bobine du relais d'utilisation REL dont les contacts se ferment. Les contacts C/T alimentent, directement, l'aérateur du local sous la tension secteur de 230 V.



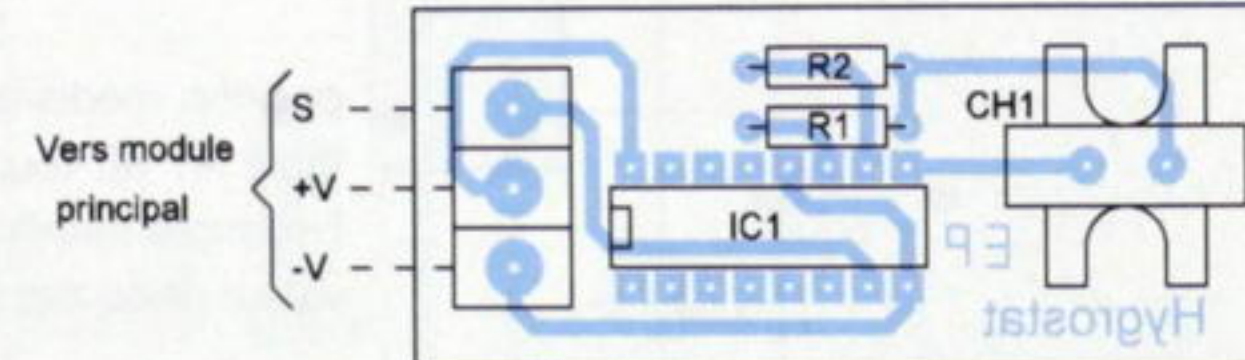
4



5



6



7

Nomenclature

MODULE PRINCIPAL

• Résistances

- R1 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
- R2, R3, R4 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R5 à R10 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R11, R12 : 82 kΩ (gris, rouge, orange)
- R13, R14 : 68 kΩ (bleu, gris, orange)
- R15 : 15 kΩ (marron, vert, orange)
- R16 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R17 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- A1 : ajustable 10 kΩ

• Condensateurs

- C1 : 2 200 μF / 25 V (sorties radiales)
- C2 : 100 μF / 25 V
- C3 : 0,1 μF
- C4, C5 : 470 pF
- C6, C7 : 4,7 nF

- C8, C9 : 1 μF
- C10 : 100 μF / 25 V

• Semiconducteurs

- D1 à D4 : 1N 4148
- L1 : led rouge Ø 3 mm
- Pont de diodes
- REG : 7812
- T1 : BC 547
- IC1 : CD 4060
- IC2, IC3 : LM 331
- IC4 : TL 081

• Divers

- 3 supports à 8 broches
- 2 supports à 16 broches
- 3 borniers soudables de 2 plots
- 1 bornier soudable de 3 plots
- CH2 : capteur hygrométrique 2381 691 90001 VISHAY (Saint-Quentin Radio)

- REL : relais 12 V / 2 RT FINDER (série 3022)
- Transformateur 230 V / 2 x 6 V / 1,2 VA
- Câble 2 conducteurs + blindage

MODULE «RÉFÉRENCE»

• Résistances

- R1 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
- R2 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)

• Semiconducteur

- IC1 : CD 4060

• Divers

- 1 support à 16 broches
- 1 bornier soudable de 3 plots
- CH1 : capteur hygrométrique 2381 691 90001 VISHAY (Saint-Quentin Radio)

L'autre jeu de contacts peut, éventuellement, être utilisé dans le cas d'une alimentation de l'aérateur sous une tension différente.

En situation de repos, la sortie 6 du comparateur présente un état «bas» qui correspond, en fait, à sa tension de déchet. Pour éviter une éventuelle conduction du transistor T1, les diodes D1, D2 et D3 imposent une chute de tension de 1,8 V, valeur supérieure à la tension de déchet.

Les lames de contacts du relais restent bien «ouvertes» dans ce cas.

En réalité, les potentiels délivrés par les sorties 1 des circuits intégrés IC2 et IC3 présentent de très faibles variations (d'amplitude inférieure à 1 % du potentiel). Ces dernières ont, par ailleurs, une allure triangulaire, de période égale à celle qui est appliquée sur les entrées 6. L'ensemble R10, R17 et C10 constitue un système de filtrage qui élimine ces faibles variations au niveau de la base de T1. Le basculement d'une

situation à l'autre s'effectue ainsi avec davantage de netteté.

La led rouge L1, dont le courant est limité par R16, en s'illuminant, signale la fermeture des contacts du relais.

Quant à la diode D4, elle protège le transistor des effets liés à la surtension de self.

Les graphes de la figure 3 illustrent le fonctionnement du montage, dans le cas où le local contrôlé est le siège d'une augmentation du degré hygrométrique.

La réalisation pratique

Les modules

Les circuits imprimés des deux modules sont représentés aux figures 4 et 5. Les plans du câblage des composants font l'objet des figures 6 et 7. Respecter l'orientation des composants polarisés. Veiller également au respect des polarités, lors du raccordement filaire des deux modules.

Rappelons que le module «référence» est à installer à l'extérieur du local.

Le module principal sera, quant à lui, posé directement dans ce même local.

Le réglage

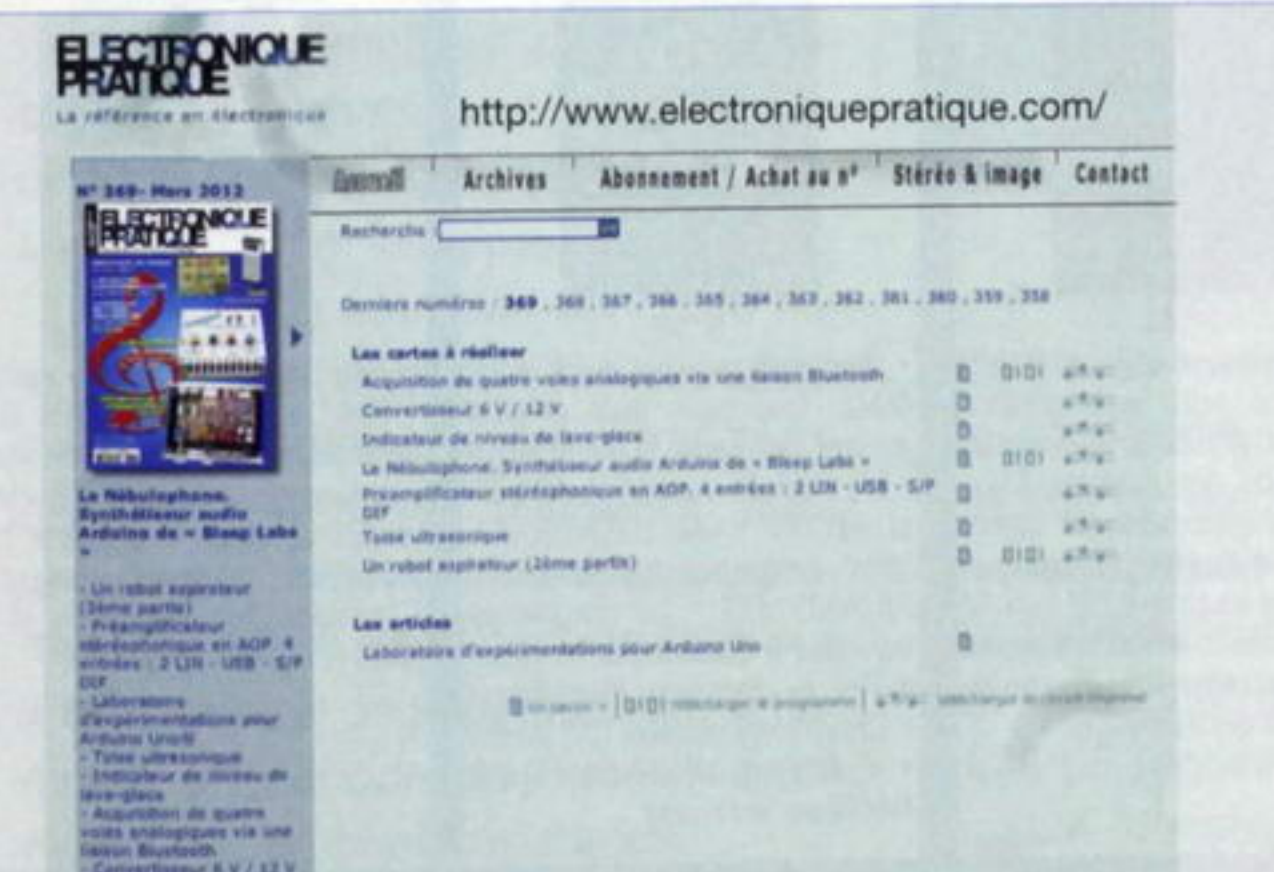
Dans un premier temps, les deux modules seront placés côte à côte, à l'extérieur du local à contrôler.

Avant d'effectuer tout réglage, il est conseillé d'attendre une dizaine de minutes pour permettre aux deux capteurs de s'équilibrer.

Puis, il sera nécessaire de tourner le curseur de l'ajustable A1, dans un sens ou dans l'autre, pour obtenir d'abord l'ouverture, puis la fermeture des contacts du relais. Ensuite, le curseur sera tourné très lentement et très légèrement dans le sens horaire.

Le réglage sera correct dès la désactivation du relais (contacts ouverts).

R. KNOERR



En savoir plus...

Programmes et circuits imprimés relatifs à nos articles à télécharger gratuitement sur notre site web

www.electroniquepratique.com

L'ORIGINAL DEPUIS 1988

**PCB-POOL**  
Beta LAYOUT

**Pochoir gratuit**  
avec chaque commande  
"Prototype"

**Embedded RFID**  
authentifiez, suivez et  
protégez votre produit

www.magic-pcb.com

Appel Gratuit : FR 0800 90 33 30  
sales@pcb-pool.com

www.pcb-pool.com

PCB-POOL® est la marque déposée de  
**Beta**  
LAYOUT  
create:electronics

<p><b>N°365</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La DTMF « Dual Tone Multi Frequency » TCMS089 et MT8870</li> <li>Chargeur pour accumulateurs au lithium-polymère</li> <li>Stroboscope de mesure</li> <li>Photographe des gouttes d'eau... et autres objets</li> <li>Mini laboratoire « tout en un »</li> <li>Amplificateur à saturation douce</li> <li>Le classe AB</li> <li>Un standard téléphonique</li> <li>Comptabilisateur d'ensoleillement</li> <li>Mensuel et annuel</li> </ul>	<p><b>N°366</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Animation lumineuse en 3D</li> <li>Indicateur de consommation d'énergie de chauffage</li> <li>Pulsomètre numérique</li> <li>Convertisseurs CCCC de puissance</li> <li>HARMONIC 2 100</li> <li>Amplificateur pour audiophiles 2 x 100 W avec télécommande IR</li> <li>Contrôle d'accès horodaté à badge RFID</li> </ul>	<p><b>N°367</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le module chipKIT Max32</li> <li>Minuteur retardateur sur PC</li> <li>Signalisation complémentaire pour véhicule en panne</li> <li>Récepteur FM-VHF-UHF 48 MHz à 863 MHz</li> <li>Détecteur de monoxyde de carbone</li> <li>Alarme à détection de mouvements</li> <li>Testeur de tubes lampemètre moderne</li> </ul>	<p><b>N°369</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laboratoire d'expérimentations pour Arduino Uno</li> <li>Toise ultrasonique</li> <li>Convertisseur 6 V / 12 V</li> <li>Acquisition de quatre voies analogiques via une liaison Bluetooth</li> <li>Un robot aspirateur (2<sup>ème</sup> partie)</li> <li>Le Nébulophone. Synthétiseur audio Arduino de « Bleep Labs »</li> <li>Indicateur de niveau de lave-glace</li> <li>Préampli stéréophonique en AOP 4 entrées: 2 LIN - USB - S/P DIF</li> </ul>	<p><b>N°371</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moulin solaire</li> <li>Composants pour la robotique</li> <li>Globe d'ambiance à leds avec variateur et télécommande IR</li> <li>Fréquence-mètre logarithmique</li> <li>Comptabilisateur des journées de pluie</li> <li>Téléalarme pour résidence secondaire</li> <li>Amplificateur monobloc, la KT66 en Single End</li> </ul>	<p><b>N°373</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Applaudimètre à affichage géant</li> <li>Télécommande 3 canaux par les fils du secteur</li> <li>Mini-table croisée à 3 axes</li> <li>Centrale de mesures pour thermocouples</li> <li>Sirènes prioritaires pour modélisme</li> <li>Alimentation pour PICAXE à partir du port USB</li> <li>Lecteur/programmateur de mémoire FC</li> </ul>
<p><b>N°374</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hygromètre - Hygrostat avec capteur HIH 4030/31</li> <li>Commande par détection de courant</li> <li>Barrière ultrasonique</li> <li>Télémesures avec modules HM-TRP</li> <li>Applications de l'effet Hall</li> <li>Amplificateur et Préamplificateur Hi-fi à tubes ECC81/EL95</li> <li>Amplificateur - Préamplificateur - Correcteur pour utilisation nomade</li> </ul>	<p><b>N°375</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les DuinoMite. De véritables petits ordinateurs</li> <li>Un éclairage redondant</li> <li>Centrale solaire secours par le secteur</li> <li>Un stroboscope</li> <li>Télécommande originale d'une porte de garage</li> <li>Analyseur de trafic USB</li> <li>La compression dynamique en audio</li> </ul>	<p><b>N°376</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Indicateur expérimental de fuites micro-ondes</li> <li>Un VENTURI expérimental</li> <li>Contrôle téléphonique du niveau d'une citerne</li> <li>APAXE 402. Automate Programmable PICAXE</li> <li>Platine multifonctions à microcontrôleur CB280CS</li> <li>Amplificateur monobloc. La triode 6EM7 en Single End</li> </ul>	<p><b>N°377</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Platine BasicATOM Pro 64</li> <li>Suivi des consommations d'énergie de chauffage</li> <li>Goniomètre à rayon laser</li> <li>Animation lumineuse pour Noël</li> <li>APAXE 402. Automate Programmable PICAXE</li> <li>La programmation par diagrammes (3<sup>ème</sup> partie)</li> <li>Clavier de commande pour télécommande Bluetooth sécurisée</li> <li>Préamplificateur stéréophonique</li> <li>Entrées USB - S/P DIF - linéaires et sortie casque</li> </ul>	<p><b>N°378</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bras robotisé à six axes</li> <li>Scanner Wifi</li> <li>APAXE 402. Automate Programmable PICAXE</li> <li>La programmation Basic (3<sup>ème</sup> partie)</li> <li>Étude d'une alimentation haute tension</li> <li>AUDIOMEDIA 200</li> <li>Amplificateur de 2 x 100 W eff / 8 Ω</li> <li>Girouette statique</li> </ul>	<p><b>N°380</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thermomètre intérieur/extérieur</li> <li>Générateur de séquences numériques</li> <li>Calculatrice numérologique</li> <li>Pythagore disait : « tout est arrangé par le nombre »</li> <li>Enceinte pour ordinateur</li> <li>Affichage dynamique à leds</li> <li>Un afficheur intelligent</li> </ul>
<p><b>N°381</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thermomètre enregistreur</li> <li>Arrêt automatique d'un fer à repasser</li> <li>Robot à chemises</li> <li>Orchestral 2200</li> <li>Amplificateur / préamplificateur / correcteur très haute fidélité 2 x 175 W RMS</li> <li>Simulateur de présence</li> </ul>	<p><b>N°382</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réalisation d'antennes</li> <li>Platine FI - AM et FM large bande-stéréo</li> <li>Barrière lumineuse à 384 leds</li> <li>Système de surveillance RF longue portée</li> <li>MEMSOCO. Jeu de MEMOIRE de SONS et COULEURS</li> <li>Accéléromètre / inclinomètre</li> </ul>	<p><b>N°383</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Microcontrôleurs PICAXE et communications RF</li> <li>Émetteur/récepteur en 5,8 GHz vidéo et audio</li> <li>Liaison «série» sans fil</li> <li>Compteur d'énergie</li> <li>Une «vraie» sirène</li> <li>Centrale d'alarme universelle à haute sécurité avec antivol</li> <li>Étude comparative de quelques étages de sortie pour préamplificateurs</li> <li>Amplificateur avec pentodes EL86 sans transformateur de sortie</li> </ul>	<p><b>N°384</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Applications avec le PICAXE 08M2. Tout petit, mais puissant comme les grands !.. (1<sup>ère</sup> partie)</li> <li>Utilisation des modules XBee</li> <li>Orgue programmable (1<sup>ère</sup> partie)</li> <li>Répétiteur d'appels téléphoniques</li> <li>Wattmètre audio de 0,2 W à 100 W</li> <li>Interrupteur à détection d'approche</li> <li>Impédancemètre</li> <li>Mesure de l'impédance des haut-parleurs</li> </ul>	<p><b>N°385</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Applications avec le PICAXE 08M2. Tout petit, mais puissant comme les grands !.. (2<sup>ème</sup> partie)</li> <li>Les modules transceivers APC220 et APC802</li> <li>«Mr. GENERAL». Votre compagnon cybernétique à PICAXE-28X2</li> <li>La température transmise à distance par les ondes</li> <li>Feu de cheminée électronique</li> <li>Orgue programmable (2<sup>ème</sup> partie)</li> <li>Compteur kilométrique pour modélisme ferroviaire</li> </ul>	<p><b>N°386</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Base robotique télécommandée</li> <li>Push Pull de TETRODES 6L6</li> <li>Amplificateur monobloc</li> <li>Système de vision pour robots</li> <li>Détecteur graduel de chocs</li> <li>Orchestral 260</li> <li>Amplificateur - Préamplificateur - Correcteur Haute fidélité 2 x 35 W RMS</li> </ul>

Sommaires détaillés et autres numéros disponibles  
Consulter notre site web <http://www.electroniquepratique.com>

**1 - J'ENTOURE CI-CONTRE LE(S) NUMÉRO(S) QUE JE DÉSIRE RECEVOIR**

TARIFS PAR NUMÉRO - Frais de port compris • France Métropolitaine : 6,00 € - DOM par avion : 8,00 €

U.E. + Suisse : 8,00 € - TOM, Europe (hors U.E.), USA, Canada : 9,00 € - Autres pays : 10,00 €

FORFAIT 5 NUMÉROS - Frais de port compris • France Métropolitaine : 24,00 € - DOM par avion : 32,00 €

U.E. + Suisse : 32,00 € - TOM, Europe (hors U.E.), USA, Canada : 36,00 € - Autres pays : 40,00 €

**2 - J'INDIQUE MES COORDONNÉES ET L'ENVOI MON RÈGLEMENT**

par chèque joint à l'ordre de Électronique Pratique - Le paiement par chèque est réservé à la France et aux DOM-TOM

par virement bancaire (IBAN : FR76 3006 6109 1100 0200 9580 176 - BIC : CMCIFRPP)

M.  M<sup>me</sup>  M<sup>lle</sup>

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville/Pays

Tél. ou e-mail :

Bon à retourner à Transocéanik - Electronique Pratique - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

EP 387

321	322	327	328	330
332	333	335	336	337
338	339	340	342	344
365	366	367	369	371
373	374	375	376	377
378	380	381	382	383
384	385	386		

# Carillon pour clocheton

Depuis très longtemps, le carillon a assuré fidèlement la ponctuation sonore des heures, en rappelant ainsi à l'homme, la fuite inexorable du temps, avec une touche poétique très appréciée.

Le montage «pilote» le tintement d'une cloche, qui pourra être installée dans un clocheton, surtout si vous habitez en zone rurale. Dans le cas contraire, il pourra également commander toute autre source sonore plus discrète, tel le carillon d'une porte d'entrée disponible dans le commerce.

## Principe de fonctionnement

La base de temps est pilotée par un quartz, composant qui permet d'obtenir toute la précision requise. Les heures sont «comptées» de 1 à 12. Chaque heure est donc ponctuée par le nombre de tintements qui lui correspond. Un électroaimant, à noyau plongeur, de puissance suffisante, avec une masselotte montée sur son extrémité, fait office de battant de cloche. Il est possible de supprimer ces tintements en période de nuit en ayant recours à une photorésistance. Le réglage, très simple, consiste à appuyer sur un bouton-poussoir à une heure donnée, après avoir positionné la base de temps sur l'heure en question. Un système simple d'affichage, par quatre leds, permet la visualisation permanente de l'heure. En cas de coupure du secteur EDF, la base de temps est sauvegardée par une batterie.

## Le fonctionnement

### Alimentation

L'énergie provient du secteur 230 V, par l'intermédiaire d'un transformateur



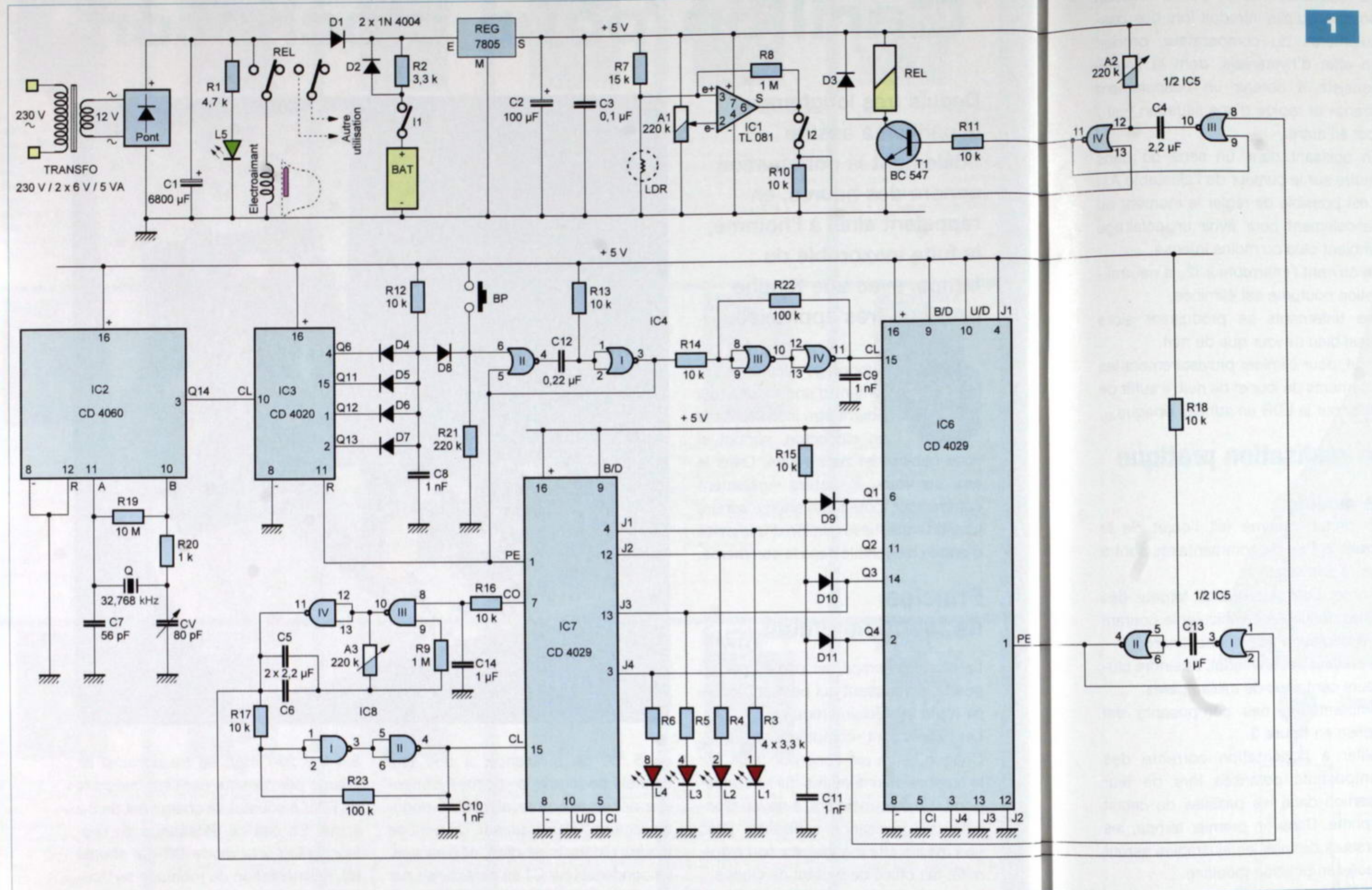
de 5 VA de puissance. Il doit être capable de fournir la «pointe» d'intensité nécessaire pour alimenter, ponctuellement, l'électroaimant. Un pont de diodes redresse les deux alternances. Le condensateur C1 se caractérise par une capacité de valeur élevée de 6 800 µF (figure 1). De ce fait, il sera capable d'emmagasiner, entre deux battements, une partie non négligeable de l'énergie mise en œuvre pour actionner le noyau plongeur de l'électroaimant. Par l'intermédiaire de la diode de «blocage» D1, l'armature positive de C1 est en liaison avec l'entrée du régulateur REG. Il délivre sur sa sortie une tension stabilisée à 5 V. Le condensateur C2 apporte un complément de filtrage, tandis que C3 remplit la fonction de découplage. La led verte L5, dont le courant est limité par R1, signale la présence du secteur. L'interrupteur I1 étant «fermé» en situation normale, une batterie de

8,4 V / 200 mAh se trouve ainsi en charge permanente par l'intermédiaire de R2. Le courant de charge est de 3 à 4 mA. En cas de défaillance du secteur, grâce à la diode D2 qui shunte R2, l'alimentation du montage se trouve sauvegardée. La consommation de ce dernier est cependant réduite à la fonction principale, à savoir, le maintien du fonctionnement de la base de temps. Le courant nécessaire à cette fonction étant d'environ 7 mA, l'autonomie de cette alimentation de sauvegarde dépasse donc les 24 h.

### Base de temps

Le circuit intégré IC2 est un compteur CD 4060. Il regroupe quatorze étages binaires, montés en cascade, qui sont précédés par un oscillateur interne. Il est piloté par un quartz, caractérisé par une fréquence de 32,768 kHz. Cette fréquence est «lisible» avec un oscilloscope, sur la broche 9.

Sur la sortie Q14, un créneau de forme



1

Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14
2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>12</sup>	2 <sup>13</sup>
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1 024	2 048	4 096	8 192

Tableau 1

carée est disponible. Sa fréquence est égale à  $32\,768\text{ Hz} / 2^{14}$ , soit :  $32\,768 / 16\,384 = 2\text{ Hz}$

Cela correspond à une période de 0,5 s. Il est possible de modifier très légèrement cette valeur en agissant sur le CV ajustable. Ainsi que nous le verrons ultérieurement, cet ajustable permettra de corriger les faibles écarts induits par les tolérances de fabrication du quartz, afin d'obtenir une très grande précision de la base de temps.

**Détermination des heures**  
Le circuit intégré IC3 est également un compteur. Comme IC2, il est composé

de quatorze étages binaires, mais ne dispose pas d'oscillateur intégré. L'entrée CL reçoit les crêteaux issus de la sortie Q14 de IC2. Les niveaux logiques de ses sorties évoluent suivant les principes du comptage binaire. Le « poids » binaire de chaque sortie est repris dans le **tableau 1**. En prenant comme point de départ le moment où, toutes les sorties Q présentent un état « bas », il est possible de déterminer le nombre d'impulsions nécessaires pour aboutir à la position particulière pour laquelle les sorties Q6, Q11, Q12 et Q13 présentent simultanément et, pour la première fois, un état « haut ». Ce nombre est le résultat de l'addition

de  $32 + 1\,024 + 2\,048 + 4\,096$ , soit  $7\,200$  d'impulsions. Étant donné que la période élémentaire de comptage est de 0,5 s, cette position particulière se produit au bout de  $0,5\text{ s} \times 7\,200 = 3\,600\text{ s}$ , soit précisément 1 h. A cet instant, le point commun des anodes des diodes D4, D5, D6 et D7, présente un état « haut ». Ce même point commun présentait un état « bas » pour les positions antérieures, étant donné que l'une au moins des cathodes des diodes était soumise à un état « bas » sur les sorties contrôlées. Par l'intermédiaire de D8, cet état « haut » commande le déclenchement

de la bascule monostable formée par les portes NOR (I) et (II) de IC4. Celle-ci présente alors, sur sa sortie, un bref état « haut » d'une durée déterminée par le produit  $0,7 \times R13 \times C12$ , soit environ 1,5 ms. Cet état « haut » assure la remise à zéro du compteur IC3, qui redémarre ainsi un nouveau cycle de comptage.

**Comptage des heures**  
L'impulsion positive, issue de la bascule monostable précédemment évoquée, est également prise en compte par le trigger de Schmitt, formé par les portes NOR (III) et (IV) de IC4 et les résistances R14 / R22. Ce dernier délivre, sur sa sortie, un

état « haut », dont les fronts ascendants et descendants se caractérisent par une allure davantage verticale. C'est le front ascendant, appliqué sur l'entrée CL de IC6, qui fait avancer d'un pas le compteur CD 4029. Étant donné que l'entrée B/D est reliée à un état « haut », ce compteur fonctionne suivant le mode « binaire » non décimal, c'est-à-dire de 0 à 15 (0000 à 1111 pour ce qui est des sorties Q1 à Q4). De plus, l'entrée U/D étant également soumise à un état « haut », cela a pour conséquence d'avoir un comptage en « avant », c'est-à-dire par valeurs binaires croissantes. Ce compteur dispose d'un perfectionnement complémentaire, il permet un « pré-positionnement » sur une valeur binaire imposée. Cette valeur est déterminée par les niveaux logiques soumis à l'entrée B/D est reliée à un état « haut », ce compteur fonctionne suivant le mode « binaire » non décimal, c'est-à-dire de 0 à 15 (0000 à 1111 pour ce qui est des sorties Q1 à Q4). De plus, l'entrée U/D étant également soumise à un état « haut », cela a pour conséquence d'avoir un comptage en « avant », c'est-à-dire par valeurs binaires croissantes. Ce compteur dispose d'un perfectionnement complémentaire, il permet un « pré-positionnement » sur une valeur binaire imposée. Cette valeur est déterminée par les niveaux logiques

impulsions horaires issues du trigger NOR (III) et (IV) de IC4. Les quatre sorties Q1 à Q4 alimentent quatre leds rouges de signalisation, dont le courant est limité par les résistances R3 à R6. Ces leds sont repérées sur le module par leur poids binaire :  
- 1 pour L1  
- 2 pour L2  
- 4 pour L3  
- 8 pour L4  
Il est alors très simple, pour un observateur, de connaître la position du compteur IC6, par une simple addition des valeurs correspondant aux leds illuminées. A noter, également, que le compteur IC6 peut avancer d'un pas par un simple appui sur le bouton-poussoir BP. Cette disposition est notamment mise à contribution lors de la mise à l'heure du carillon.

**Commande des battements horaires**  
Les quatre sorties Q du compteur horaire IC6 sont reliées aux entrées JAM correspondantes de IC7, qui est également un CD 4029. Contrairement à IC6, son entrée U/D est reliée en permanence à l'état « bas ». En conséquence, il est programmé pour « décompter », c'est-à-dire progresser par valeurs décroissantes. L'impulsion de comptage horaire issue du monostable NOR (I) et (II) de IC4 est également appliquée à l'entrée de pré-positionnement PE de IC7. Il en résulte le positionnement immédiat de IC7 sur celui de IC6. Par exemple, si IC6 vient de se placer sur la position 7, IC7 « épouse » aussitôt cette même position. La sortie CO de IC7 est une sortie de « report ». En mode comptage « binaire », elle présente un état « haut » pour toute position autre que 0. En revanche, dès que le compteur IC7 atteint la position

0, par «décomptage» rappelons-le, cette sortie passe à l'état «bas». La sortie CO est en liaison avec l'entrée de commande de l'oscillateur formé par les portes NAND (III) et (IV) de IC8. Dès que cette entrée est soumise à un état «haut», l'oscillateur devient actif. Il délivre sur sa sortie des créneaux de forme carrée, dont la période est déterminée par le produit  $2,2 \times A3 \times (C5 + C6)$ .

Pour une position médiane du curseur de l'ajustable A3, la période du signal carré généré est d'environ 1 s. Ces créneaux sont aussitôt pris en compte par le trigger de Schmitt formé par les portes NAND (I) et (II) de IC8 avant d'être appliqués à l'entrée CL de IC7. Ce dernier régresse d'un pas au rythme des fronts ascendants délivrés par le trigger.

Cette régression des positions se poursuit jusqu'au moment où IC7 atteint la position 0, position pour laquelle, rappelons-le, la sortie CO repasse à l'état «bas».

L'oscillateur est à nouveau neutralisé et le décomptage cesse.

Ainsi, en reprenant l'exemple ci-dessus, dans lequel le compteur horaire IC6 occupait la position 7, le compteur IC7 reçoit donc sept impulsions de comptage.

L'ensemble R16 / C14 constitue un élément retardateur (environ 7 ms) de l'opération «pré-positionnement» de IC7. Cette précaution évite la simultanéité des opérations «comptage» de IC6 et «pré-positionnement» de IC7, simultanéité qui pourrait, éventuellement, poser des problèmes de synchronisation.

### Commande de l'électroaimant

Chaque front montant des créneaux, générés par l'oscillateur NAND (III) et (IV) de IC8, commande le déclenchement de la bascule monostable constituée des portes NOR (III) et (IV) de IC5. Cette dernière délivre, sur sa sortie, un état «haut» d'une durée d'environ 150 ms, pour une position médiane du curseur de l'ajustable A2.

Nous verrons, ultérieurement, comment cette valeur devra être affinée pour aboutir à un tintement clair et bref de la cloche.

Pendant la durée de l'état «haut» issu

de la bascule, le transistor T1 se sature. Il insère, dans son circuit collecteur, la bobine du relais REL.

La diode D3 protège le transistor des éventuelles surtensions liées aux effets de self de la bobine du relais.

La brève fermeture des contacts C/T de ce dernier provoque l'alimentation de l'électroaimant, dont le noyau plongeur est assez violemment chassé vers le haut, pour retomber aussitôt sur sa position de repos.

A noter que la bobine de l'électroaimant est directement alimentée par le potentiel positif disponible sur l'armature du condensateur C1 de grande capacité. Suivant la puissance de l'électroaimant que vous aurez pu vous procurer, une réduction de la tension d'alimentation de la bobine pourra éventuellement être nécessaire. Nous en reparlerons.

A noter la possibilité de se servir du jeu des deux autres contacts C/T du relais pour actionner un dispositif sonore alimenté par une source extérieure.

### Neutralisation nocturne du tintement

L'entrée (e+) du comparateur IC1 est soumise au potentiel disponible au point commun de R7 et de la photorésistance LDR. Quant à l'entrée (e-), le potentiel auquel elle est soumise dépend de la position du curseur de l'ajustable A1. Ce dernier est généralement placé en position médiane, si bien que le potentiel de sortie est d'environ 2,5 V.

En période diurne, la LDR présente un potentiel très faible. L'entrée (e+) est alors soumise à un potentiel inférieur à celui qui est présent sur l'entrée (e-). La sortie du comparateur présente un état «bas», à la tension de déchet près. L'interrupteur I2 étant fermé, l'entrée 13 de la bascule monostable NOR (III) et (IV) de IC5 est également soumise à un état «bas».

La bascule fonctionne normalement et les tintements horaires se produisent. En revanche, en période nocturne, la LDR présente un potentiel proche de 5 V sur l'entrée (e+).

La situation s'inverse.

La sortie passe à l'état «haut» et la bascule monostable est neutralisée.

Les tintements ne se produisent plus.

La résistance R8, de par la réaction positive qu'elle introduit lors des basculements du comparateur, produit un effet d'hystérésis, dont la finalité consiste à obtenir un basculement «franc» et rapide d'une situation nuit / jour à l'autre.

En agissant dans un sens ou dans l'autre sur le curseur de l'ajustable A1, il est possible de régler le moment du basculement pour avoir un éclairage ambiant plus ou moins intense.

En ouvrant l'interrupteur I2, la neutralisation nocturne est éliminée.

Les tintements se produisent alors aussi bien de jour que de nuit.

Enfin, pour éliminer provisoirement les tintements de jour et de nuit, il suffit de coller sur la LDR un adhésif opaque.

### La réalisation pratique

#### Le module

Le circuit imprimé fait l'objet de la figure 2. Peu de commentaires sont à faire à son sujet.

A noter une plus grande largeur des pistes destinées à véhiculer le courant d'alimentation de l'électroaimant.

Ce dernier peut, en effet, atteindre plusieurs centaines de milliampères. L'implantation des composants est reprise en figure 3.

Veiller à l'orientation correcte des composants polarisés lors de leur insertion dans les pastilles du circuit imprimé. Dans un premier temps, les curseurs de tous les ajustables seront placés en position médiane.

#### La partie mécanique

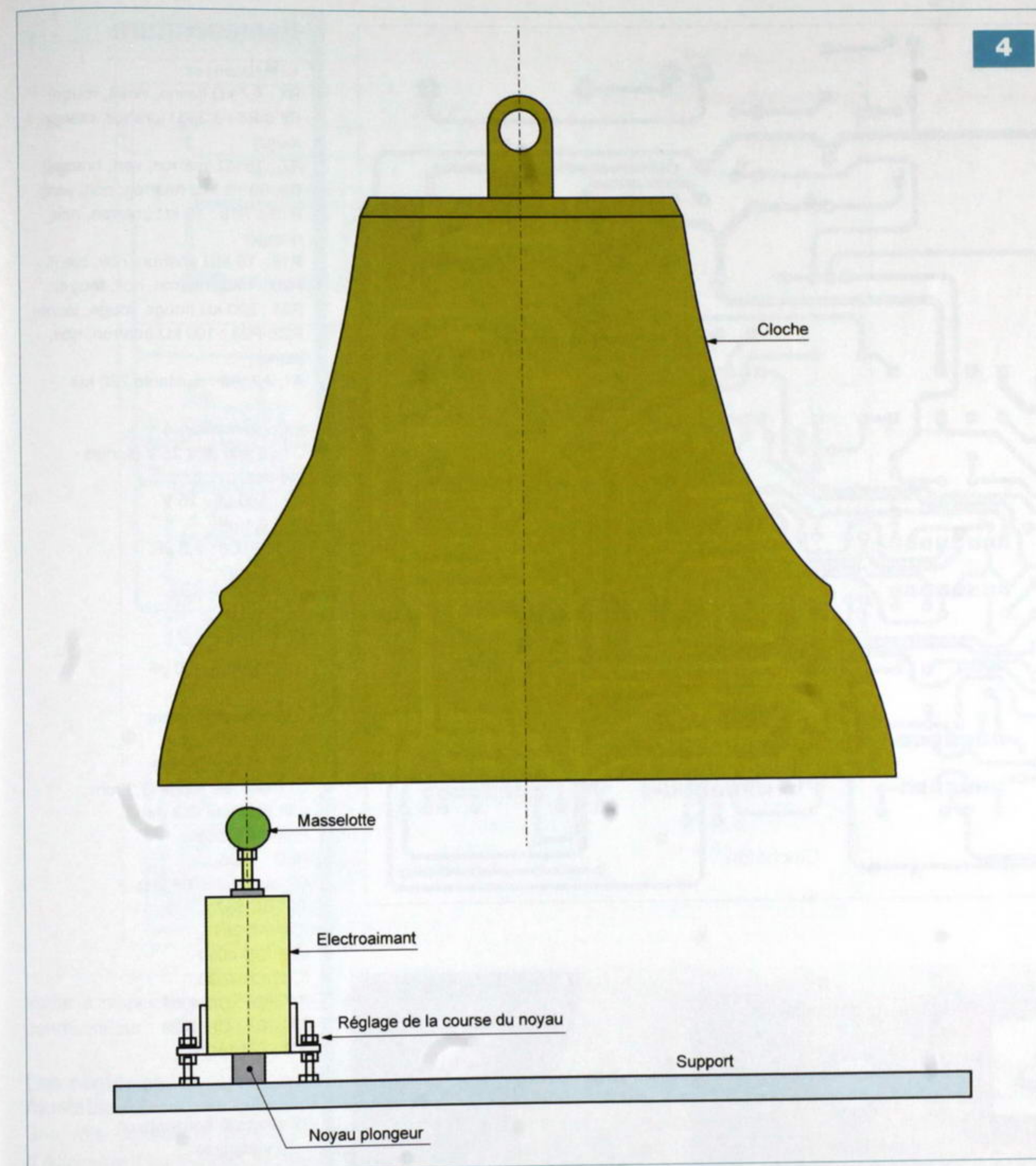
La figure 4 illustre un montage de principe dans lequel la cloche est suspendue par un support suffisamment solide, dans sa position normale. Le battant d'origine a été démonté. Mais cela n'est pas vraiment nécessaire. Il ne gêne pas dans la présente application.

Le modèle de cloche utilisé est du type mural, c'est-à-dire qu'il comporte un bras de fixation horizontal.

Il est fixé, d'une part sur une surface verticale et articulé, d'autre part, sur la partie supérieure de la cloche. Cette articulation est normalement libre.

L'auteur conseille de la rendre fixe, par blocage, en intercalant des ron-

4



nelles d'épaisseur supprimant le jeu d'origine et en serrant fortement le boulon de maintien.

Cette disposition présente l'avantage de donner à la cloche une certaine immobilité lors des tintements.

L'extrémité supérieure du noyau plongeur de l'électroaimant a été munie d'une masselotte arrondie. C'est elle qui «cognera», par un déplacement vertical, dans la partie inférieure du pourtour de la cloche.

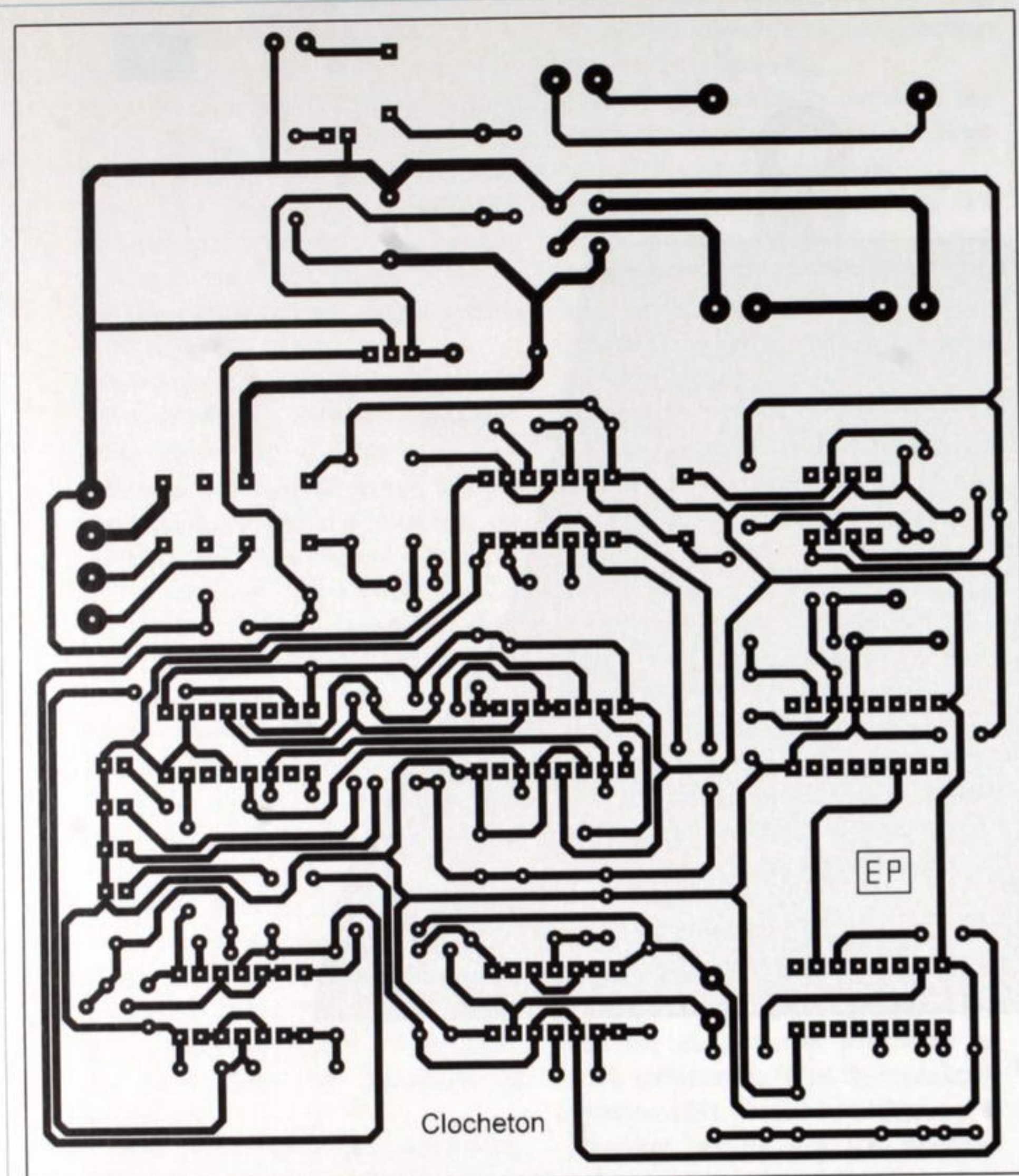
L'électroaimant a été fixé avec une possibilité de réglage de sa hauteur relative par rapport à la cloche.

#### Éventuelle adaptation de l'alimentation de l'électroaimant

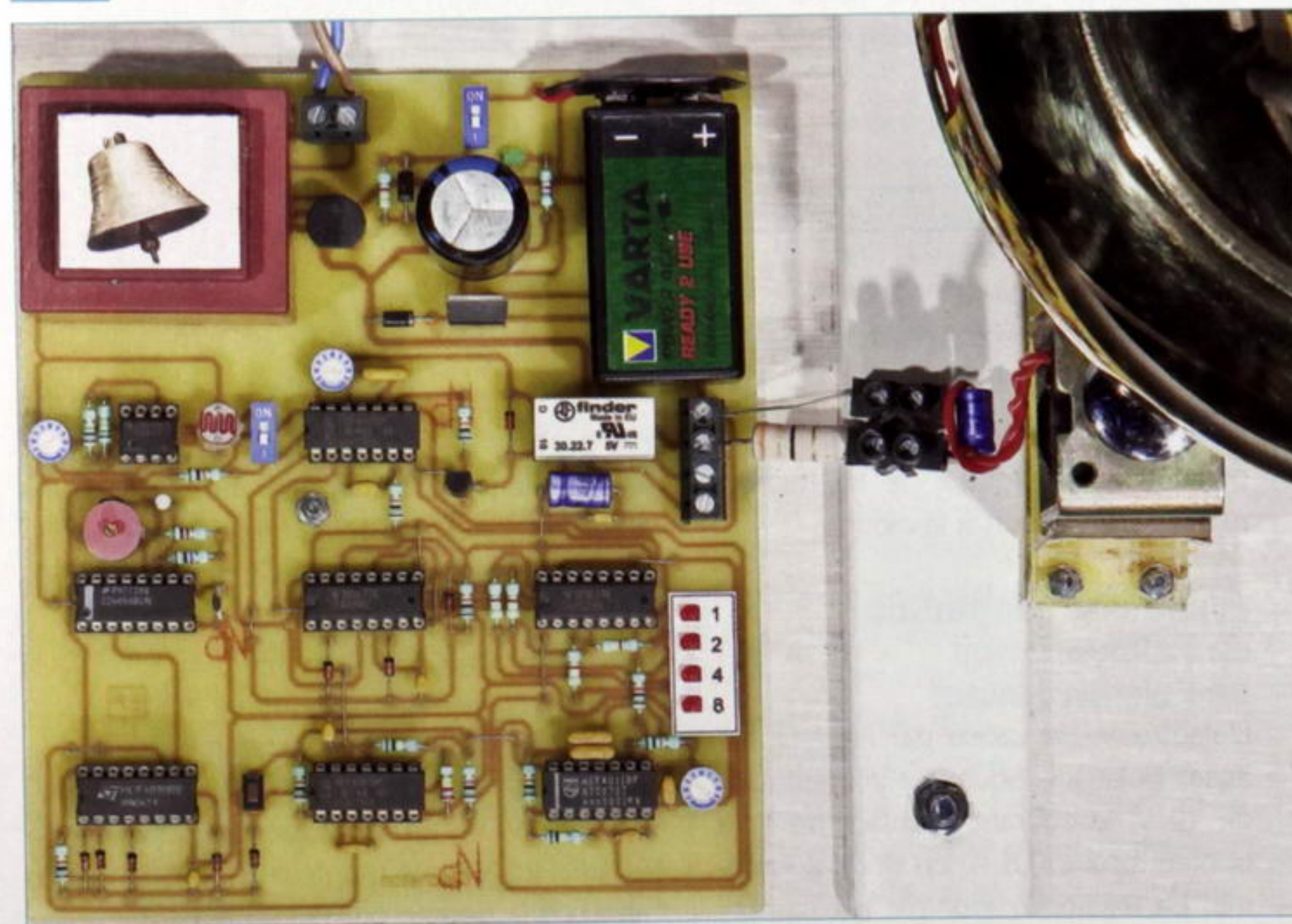
L'électroaimant utilisé par l'auteur est assez puissant. Sous une alimentation de 12 V, le courant circulant dans la bobine atteint 0,8 A, ce qui est énorme. La tension disponible sur l'arma-

ture positive de C1 étant de l'ordre de 20 V, l'intensité en serait encore plus importante. Aussi, a-t-il été nécessaire de réduire ce courant, en insérant en «extérieur» une résistance de  $33 \Omega$  / 3 W. Cette valeur a été retenue après quelques essais avec différentes résistances. De même, afin de réduire les parasites générés lors des ouvertures des contacts, un condensateur de  $100 \mu F$  / 25 V a été monté aux bornes même de la bobine de l'électroaimant.





2



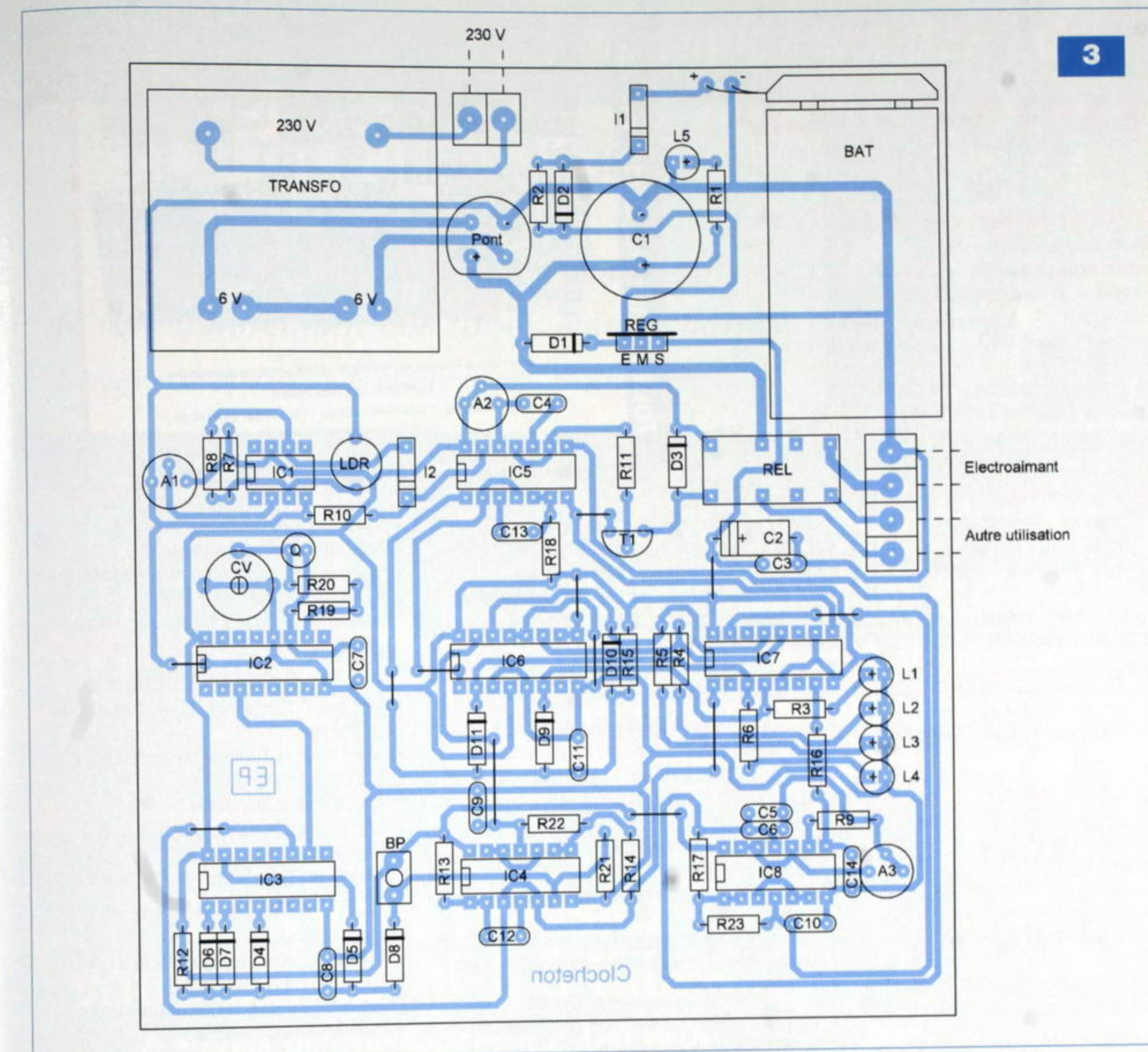
**Nomenclature**

- Résistances  
 R1 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
 R2 à R6 : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)  
 R7 : 15 kΩ (marron, vert, orange)  
 R8, R9 : 1 MΩ (marron, noir, vert)  
 R10 à R18 : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R19 : 10 MΩ (marron, noir, bleu)  
 R20 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
 R21 : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)  
 R22, R23 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
 A1, A2, A3 : ajustable 220 kΩ

- Condensateurs  
 C1 : 6 800 µF / 25 V (sorties radiales)  
 C2 : 100 µF / 25 V  
 C3 : 0,1 µF  
 C4, C5, C6 : 2,2 µF  
 C7 : 56 pF  
 C8 à C11 : 1 nF  
 C12 : 0,22 µF  
 C13, C14 : 1 µF  
 CV : ajustable 80 pF

- Semiconducteurs  
 D1, D2 : 1N 4004  
 D3 à D11 : 1N 4148  
 L1 à L4 : led rouge Ø 3 mm  
 L5 : led verte Ø 3 mm  
 Pont de diodes  
 REG : 7805  
 Q : quartz 32,768 kHz  
 T1 : BC 547  
 IC1 : TL 081  
 IC2 : CD 4060  
 IC3 : CD 4020  
 IC4, IC5 : CD 4001  
 IC6, IC7 : CD 4029  
 IC8 : CD 4011

- Divers  
 12 straps (6 horizontaux, 6 verticaux)  
 1 support à 8 broches  
 3 supports à 14 broches  
 5 supports à 16 broches  
 3 borniers soudables de 2 plots  
 Transformateur 230 V / 2 x 6 V / 5 VA  
 I1, I2 : interrupteur unipolaire (dual in line)  
 BP : bouton-poussoir miniature  
 REL : relais FINDER 5 V / 2 RT (série 3022)  
 Electroaimant (hors module - voir texte)  
 LDR : photorésistance  
 BAT : batterie 8,4 V / 200 mAh  
 Coupleur pression



3

Veiller à respecter les polarités de ce condensateur.

**Les réglages**  
**Ajustable A1**

Son rôle consiste à fixer le niveau d'éclairage au moment du basculement jour/nuit. Généralement la position médiane du curseur convient.

**Ajustable A2**

La position du curseur de cet ajustable détermine la durée «active» de l'électroaimant. Ce réglage doit se réaliser expérimentalement. Si la durée est trop importante, le tintement de la cloche sera trop «sourd», étant donné que la masselotte empêchera la résonance de la jupe de la cloche. Si, au contraire, la durée est trop courte, ce sera au détriment de

l'intensité sonore du tintement. Un juste milieu est donc à trouver.

**Ajustable A3**

Cet ajustable permet de définir la période des tintements. En position médiane, cette dernière est de l'ordre de la seconde. Cependant, le résultat semble plus «sympathique» avec une période plus longue.

**Mise à l'heure**

Il s'agit d'une opération relativement simple. Il suffit, par des appuis successifs sur le bouton-poussoir BP, de positionner le compteur IC6 sur l'heure présente, en observant l'illumination des leds L1 à L4. Par exemple, s'il est 8 h 32, l'heure à afficher sera 8 h. Ensuite, il conviendra d'attendre patiemment 9 h.

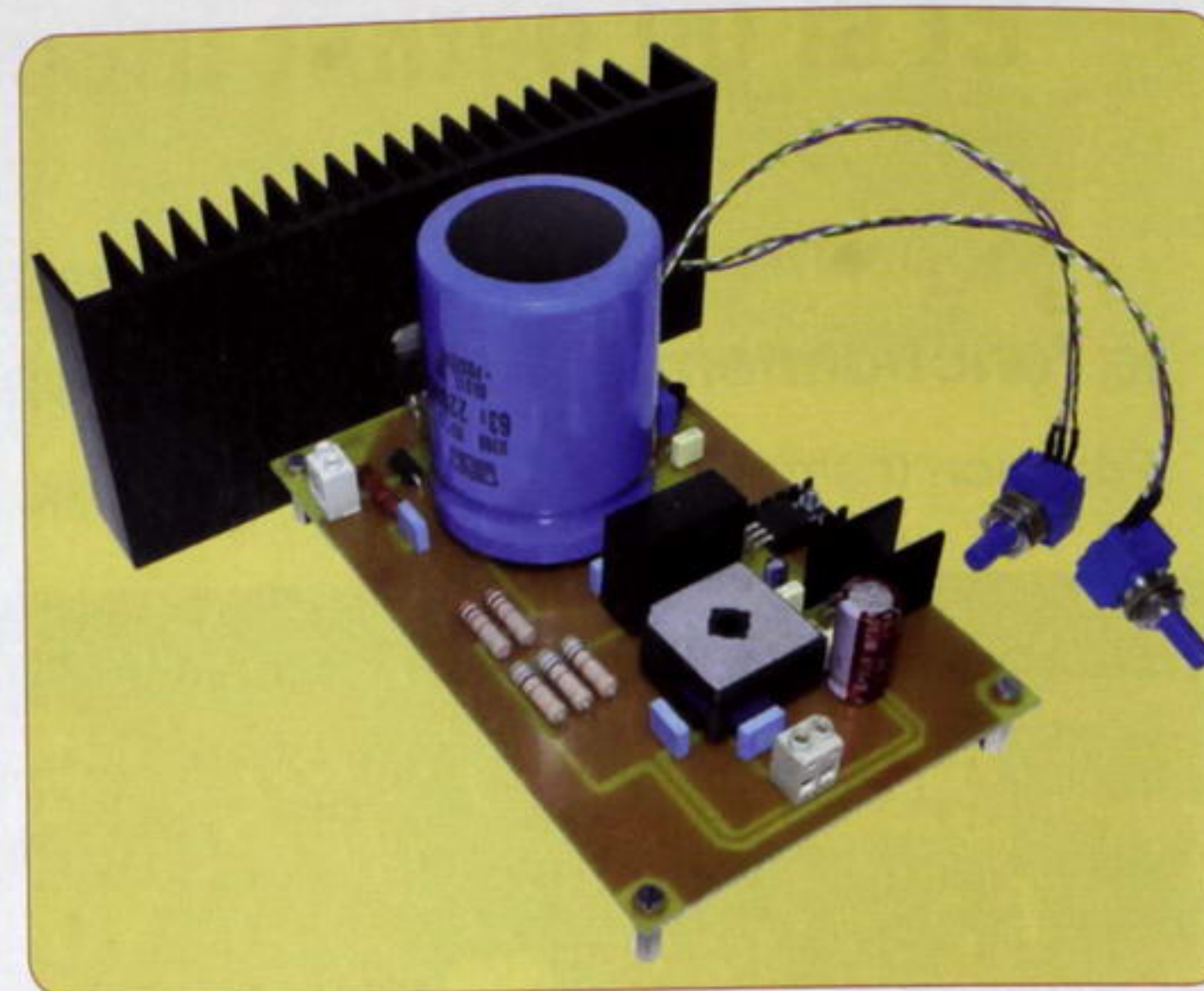
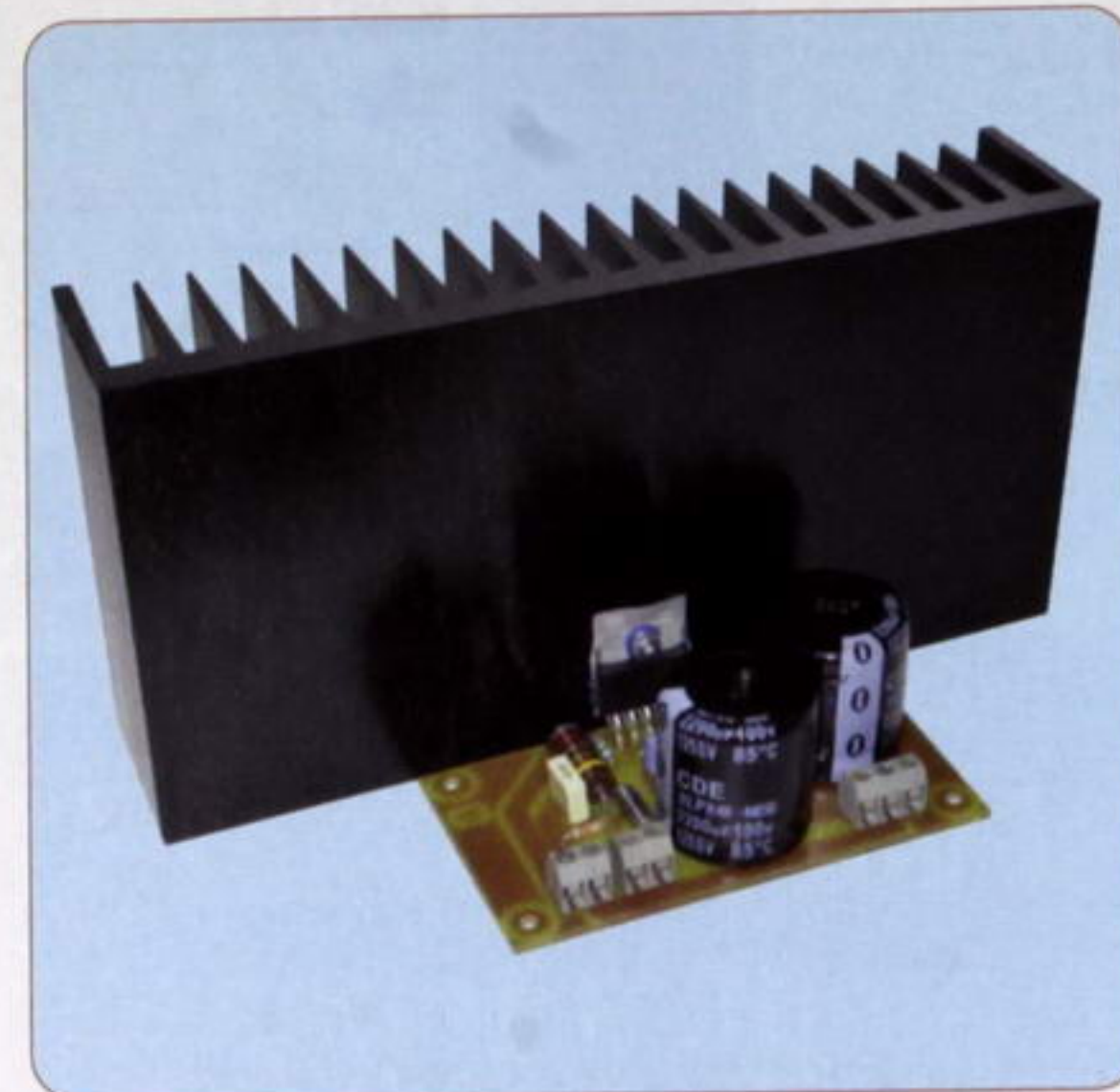
A cet instant précis, il suffira d'appuyer sur le bouton-poussoir.

**Précision de la base de temps**

Ce paramètre, évidemment très important, est à ajuster sur une période suffisamment longue. Par exemple 24 h dans un premier temps. Il est conseillé de se servir d'une montre ou d'une horloge de précision suffisante. Si la base de temps a tendance à «avancer», il sera nécessaire de tourner légèrement les lames mobiles du condensateur variable CV dans un sens tel que la surface de recouvrement des armatures augmente. Dans le cas d'une base de temps qui «retarde», ce sera le réglage inverse, à savoir une diminution de la surface de recouvrement des armatures.

**R. KNOERR**

# Les amplificateurs opérationnels de puissance



Depuis le premier amplificateur opérationnel  $\mu A$  709 commercialisé par Fairchild en 1965, ces circuits ont beaucoup évolué. Ils sont désormais utilisés dans tous les secteurs de l'électronique. Certains peuvent fonctionner à des fréquences de plusieurs centaines de mégahertz, d'autres supportent des tensions de près de 100 V, d'autres encore peuvent débiter des courants élevés. Ainsi, lorsque des amplificateurs opérationnels, alimentés par des tensions de 60 V et plus, peuvent débiter des courants de 10 A, nous ne pouvons que nous y intéresser.

Deux amplificateurs opérationnels de puissance ont retenu notre attention, de par leurs caractéristiques, mais également pour leur facilité d'approvisionnement : il s'agit des OPA541 et OPA549 de Burr Brown. Nous vous présentons les deux AOP, mais c'est l'OPA549 que nous avons mis en œuvre dans les deux applications proposées dans les lignes qui suivent. Pour l'OPA541, des schémas d'applications (notes constructeur) sont cependant fournis.

## L'amplificateur opérationnel OPA541

L'OPA541 est un amplificateur de puissance, pouvant être utilisé en «Driver» de moteur CC, en amplificateur de servomoteur, comme amplificateur «audio» basse fréquence, ou comme alimentation de puissance programmable.

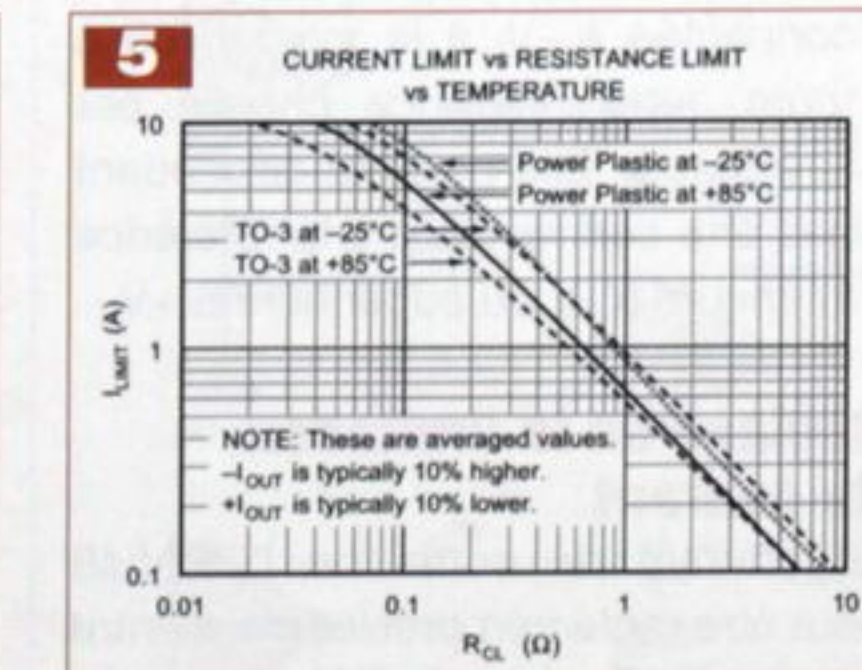
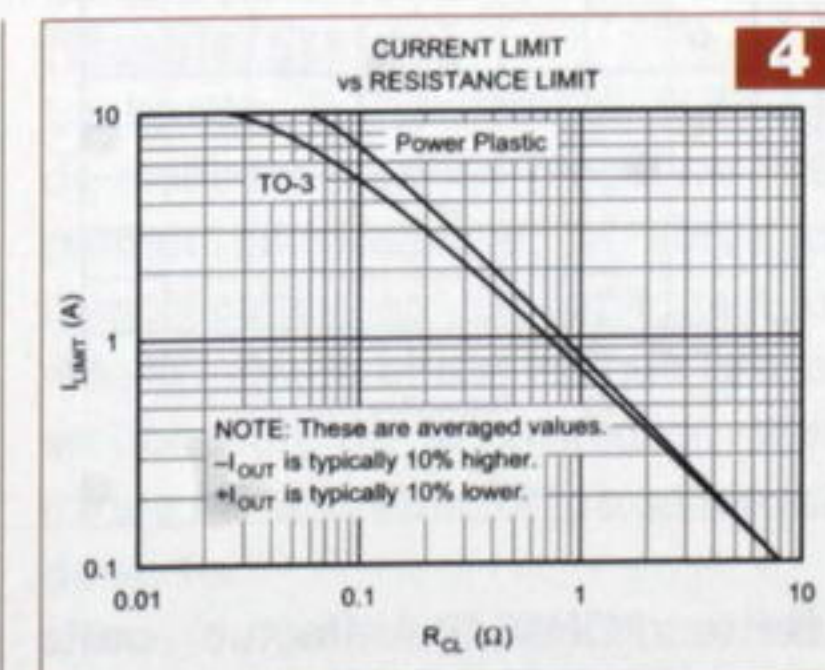
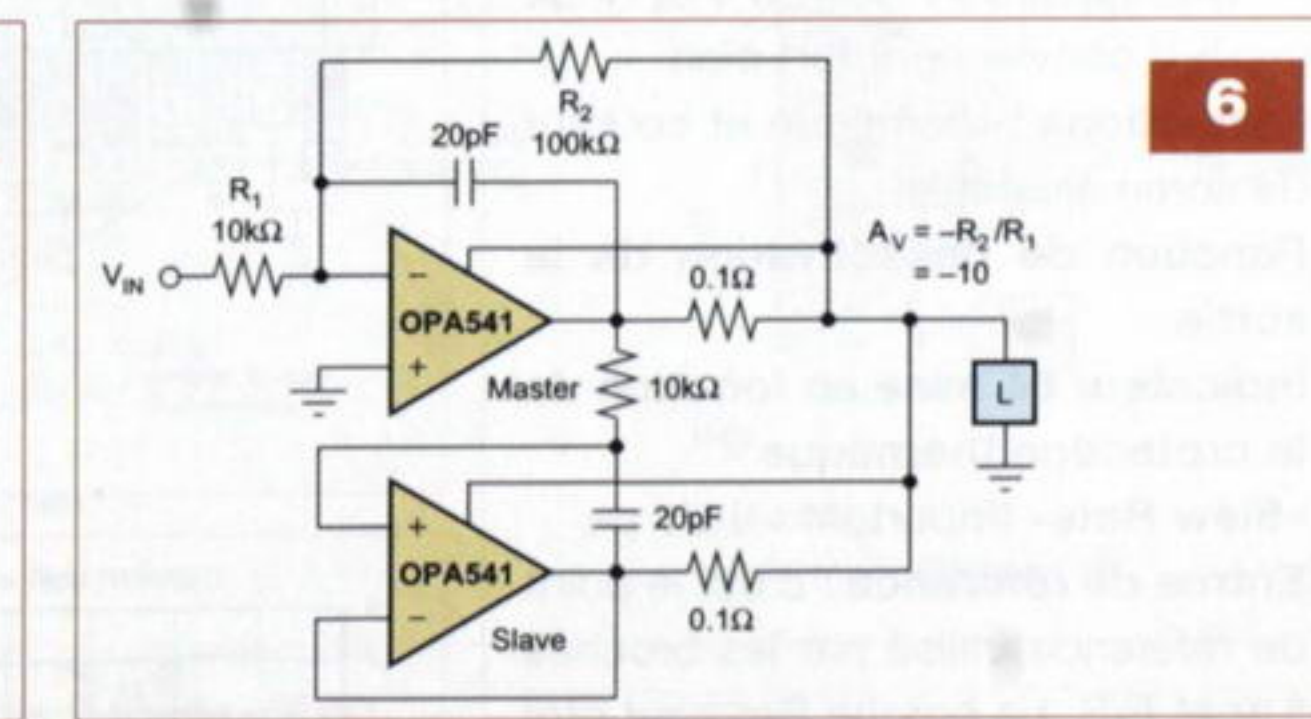
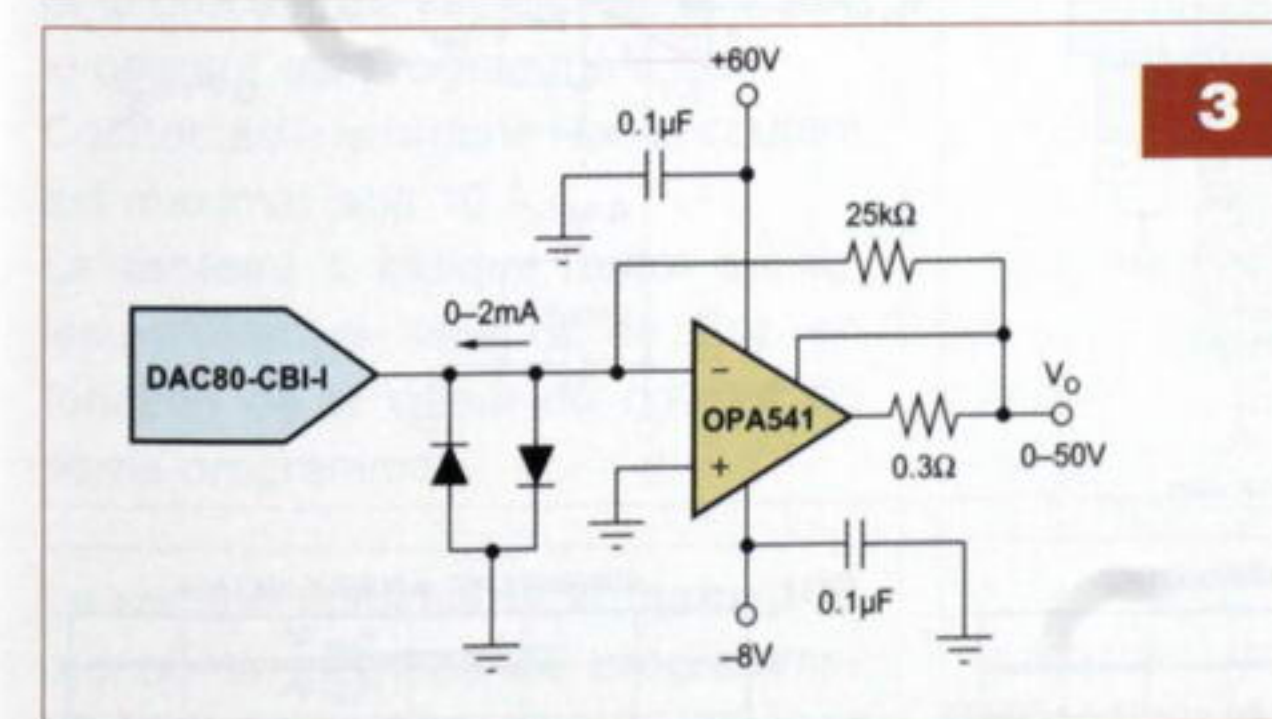
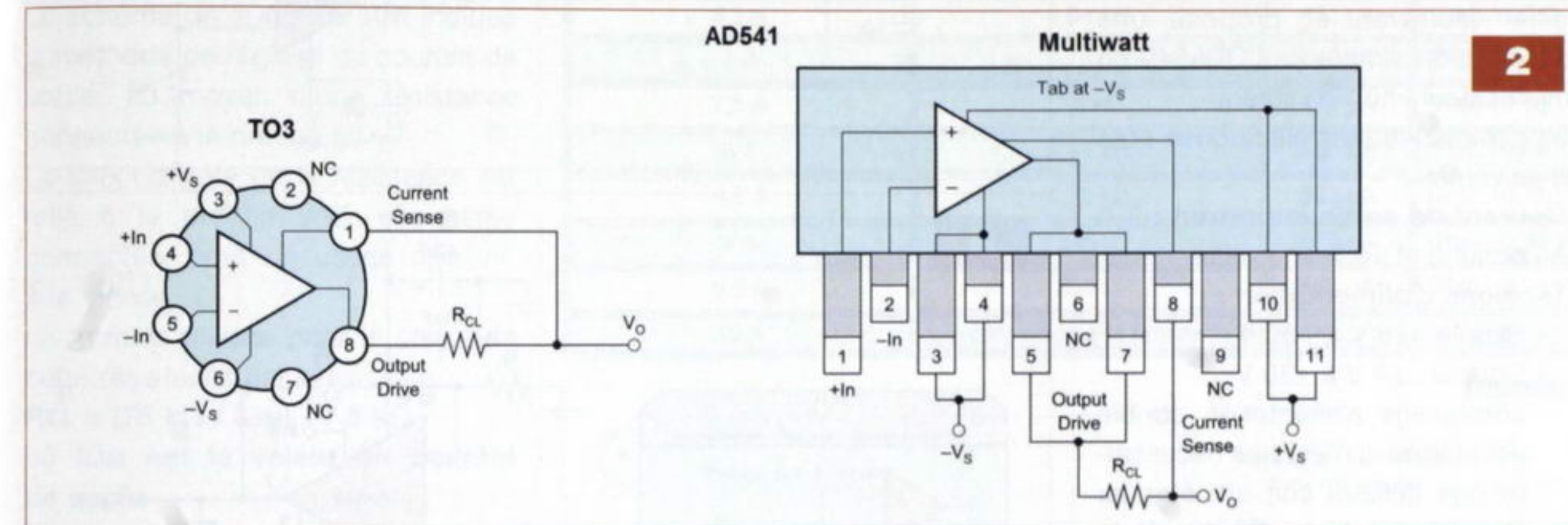
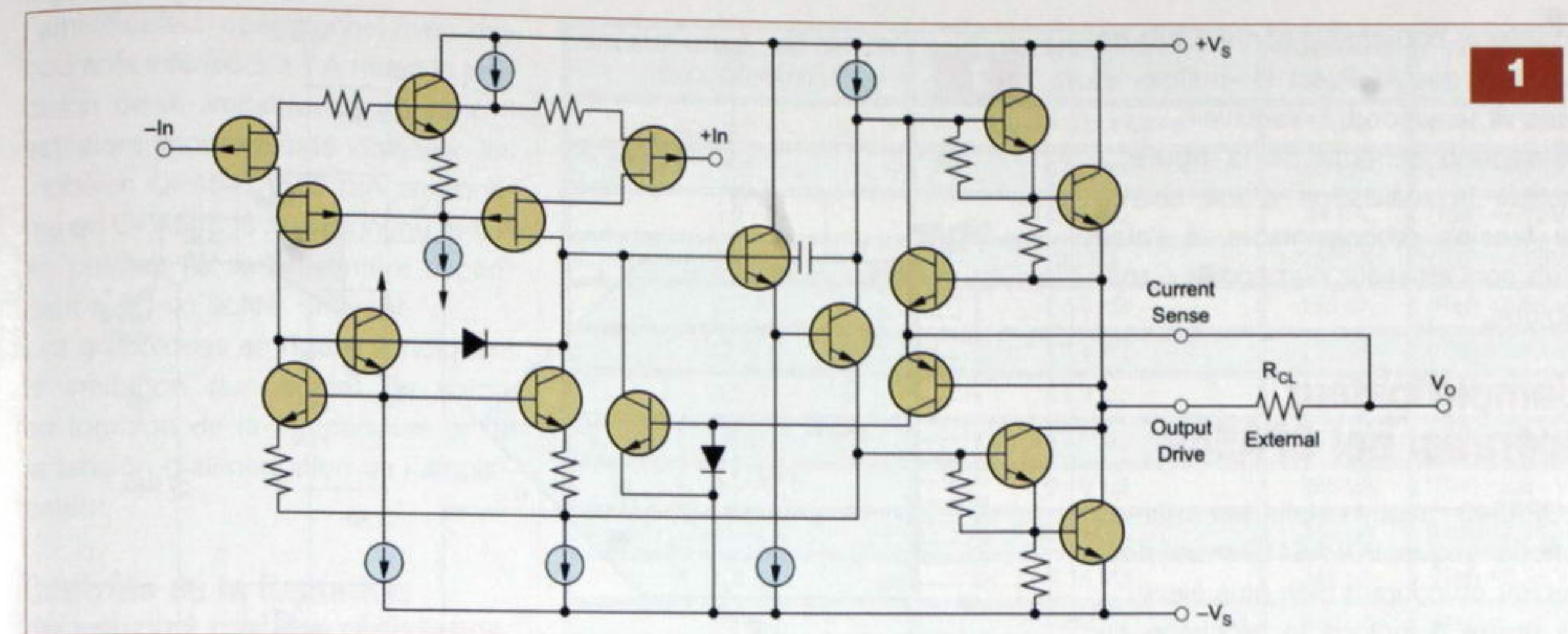
Sa structure interne est représentée en figure 1. Le figure 2 montre le brochage de ses deux boîtiers : Multiwatt ou TO3.

### Caractéristiques électriques

- **Alimentation maximale** de  $\pm 40$  V. Conçu afin de fonctionner avec une alimentation symétrique de  $\pm 40$  V, l'OPA541 accepte également une alimentation asymétrique, comme le montre le schéma de l'alimentation programmable de la figure 3. La valeur totale de cette alimentation ne doit pas excéder 80 V. Des capacités à basse impédance «série» (céramiques et tantales) doivent être utilisées pour le découplage des alimentations, au plus près du boîtier
- **Courant de sortie** en continu de 5 A, 10 A en pointe
- **Courant de sortie programmable** : la circuiterie interne de la limitation du courant de sortie utilise une

simple résistance externe. La totalité du courant débité par l'AOP transite par cette résistance. La limitation intervient lorsqu'une tension d'environ 0,6 V est présente à ses bornes. La valeur de cette résistance se calcule de la manière suivante :

- Pour la version (Multiwatt) :  $R_{CL} = (0,813 / I_{OUT}) - 0,02$  (résistance d'environ 0,15  $\Omega$  pour un courant de 5 A, d'une puissance de 3 W)
- Pour la version métal (TO3) :  $R_{CL} = (0,813 / I_{OUT}) - 0,02$  (résistance d'environ 0,143  $\Omega$  pour un courant de 5 A, d'une puissance de 3 W)
- Le graphique de la figure 4 indique la valeur du courant de sortie, en fonction de la résistance de limitation.
- Les courbes de la figure 5 indiquent les mêmes données, mais en fonction de la température.
- Étant donnée la structure interne



de l'OPA541, la limitation du courant dépend de sa polarité. Les formules données ci-dessus donnent des valeurs moyennes de la résistance  $R_{CL}$ . Pour une valeur donnée de  $R_{CL}$  et un courant  $I_{OUT}$  positif, la limitation du courant interviendra lorsque sa valeur atteindra 90% de la valeur souhaitée. Pour un courant  $I_{OUT}$  négatif, la limitation du courant interviendra à 110% de la valeur prévue.

- Entrées sur transistors FET
- Existe en boîtier plastique Multiwatt et en boîtier métallique TO3. Dans le boîtier plastique, la ligne

d'alimentation négative du circuit est connectée à la semelle métallique. Le boîtier TO3, quant à lui, est complètement isolé et peut être fixé sans semelle isolante contre le dissipateur thermique

Afin de conclure cette présentation de l'OPA541, nous vous proposons deux schémas d'applications. Le premier, en figure 6, indique les connexions à réaliser entre deux amplificateurs opérationnels, afin de

doubler le courant de sortie. Dans ce cas, l'un des AOP est le «maître» et asservit le second, l'«esclave». Le second schéma de la figure 7 montre la réalisation d'une source de tension programmable, à l'aide d'un convertisseur numérique / analogique.

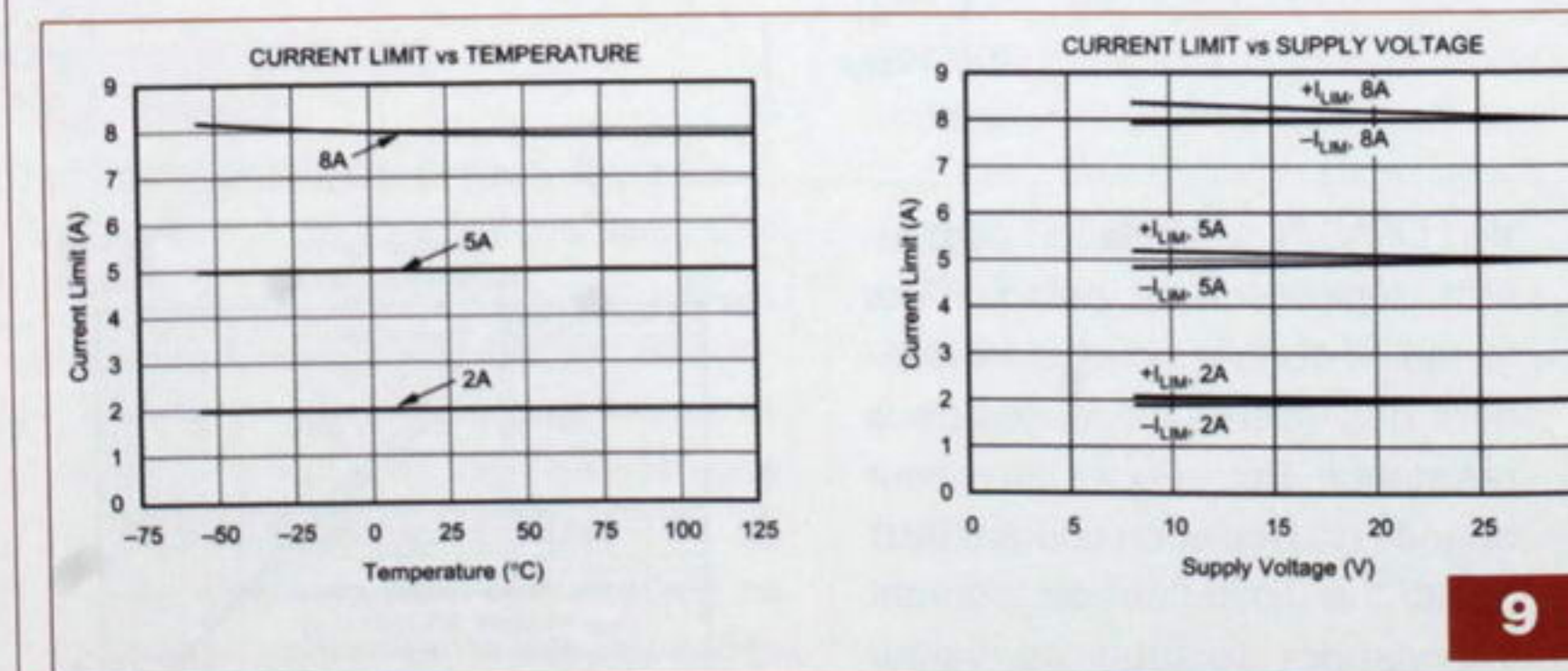
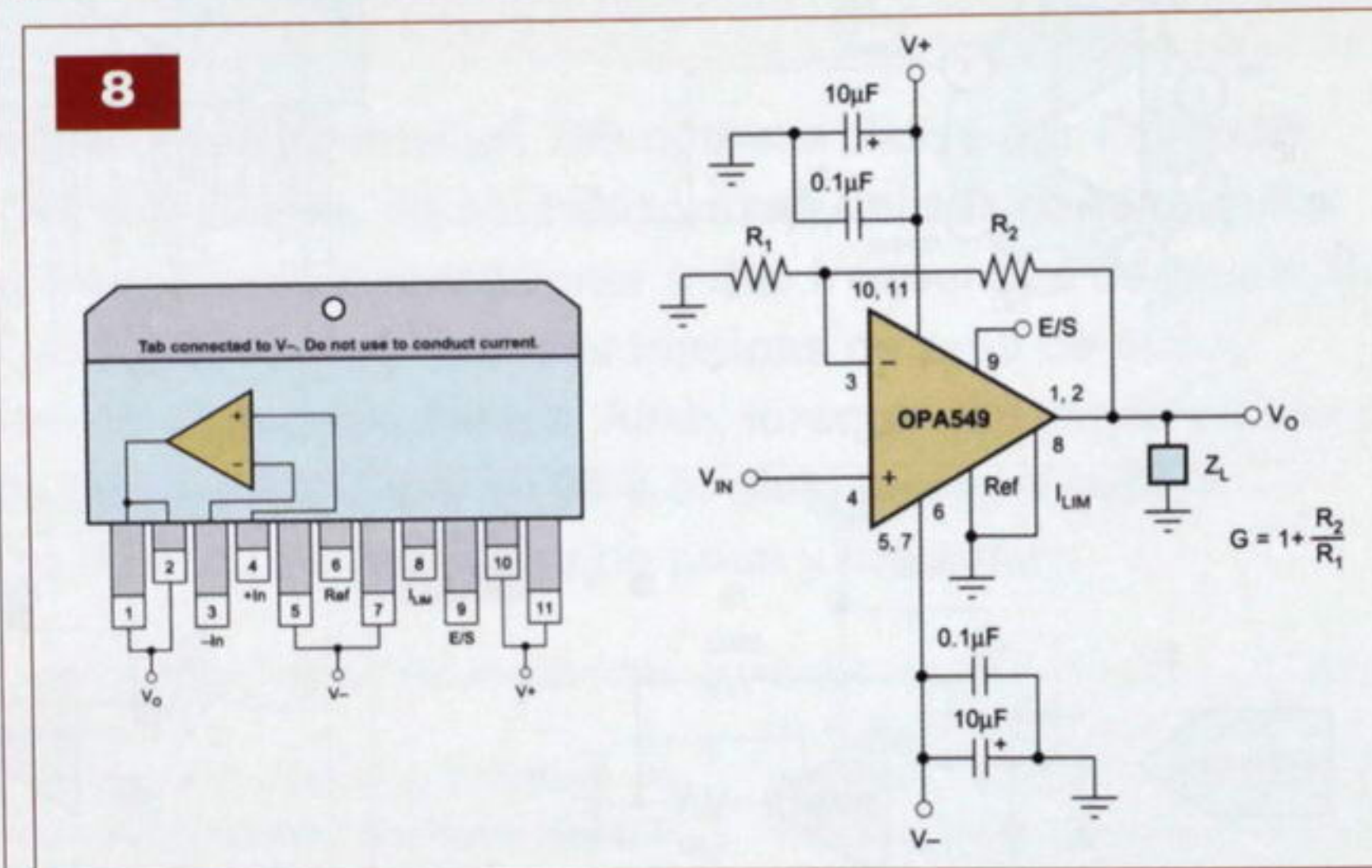
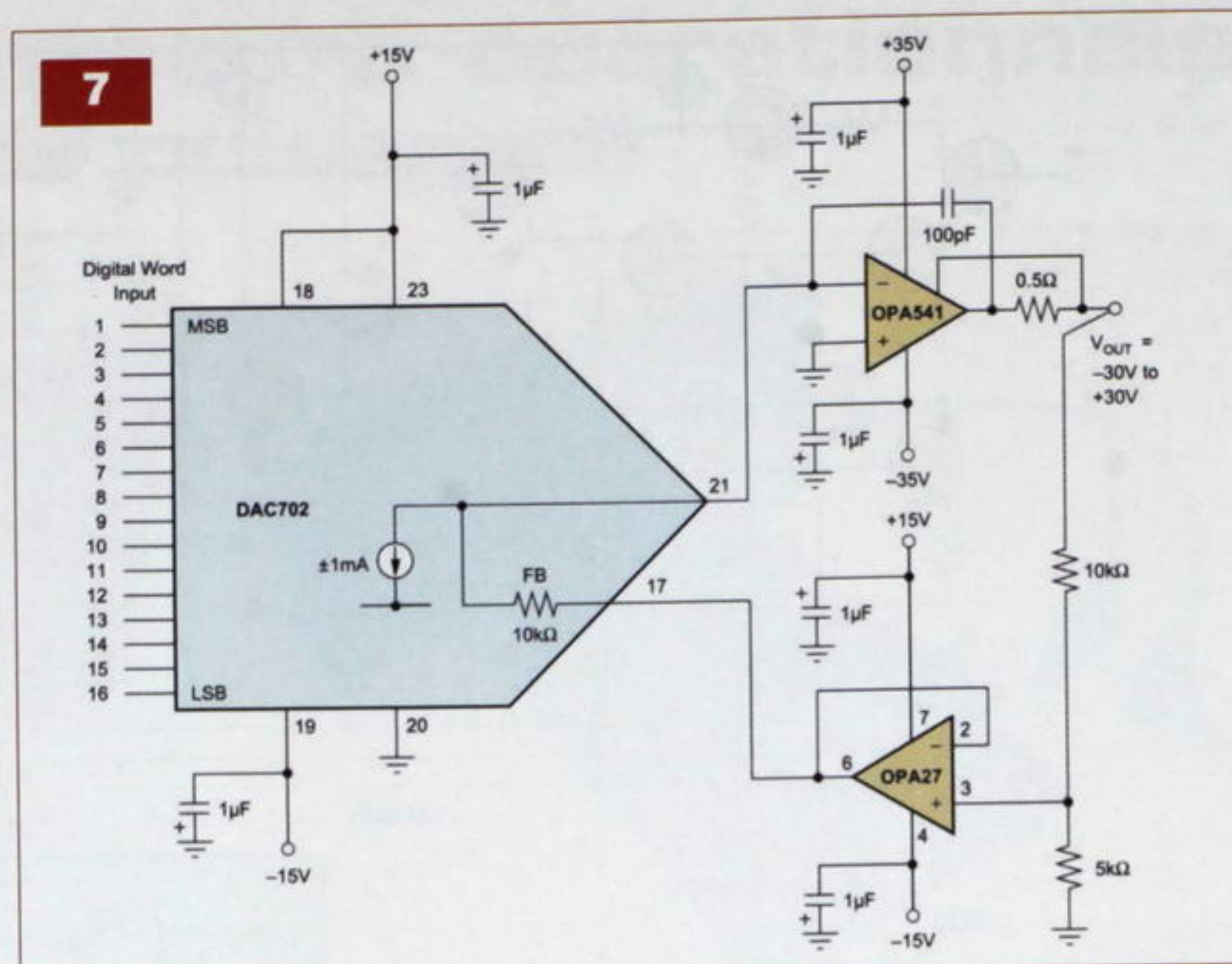
### L'amplificateur opérationnel OPA549

L'OPA549 peut remplir les mêmes fonctions que l'OPA541, mais peut débiter un courant bien plus élevé. La figure 8 indique le brochage du boîtier Multiwatt et propose une configuration simple de l'OPA549 en amplificateur «non-inverseur». Ses caractéristiques électriques sont les suivantes :

- **Courant de sortie important** : 8 A en continu et 10 A en pointe
- **Tensions d'alimentation** :
  - Simple : +8 V à +60 V
  - Double : ±4 V à ±30 V
  - Lorsqu'une alimentation double est utilisée, il n'est pas nécessaire que celle-ci soit symétrique. Des valeurs +V de +55 V et -V de -5 V conviennent fort bien
- **Protections** : thermique et courant de sortie ajustable
- **Fonction de désactivation de la sortie**
- **Indicateur de mise en fonction de la protection thermique**
- **«Slew Rate»** important : 9 V / μs
- **Entrée de référence** : c'est le point de référence utilisé par les broches ILIM et E/S. La broche Ref peut être connectée à -V, à la masse, ou à toute autre référence choisie par l'utilisateur. Elle ne peut cependant pas être connectée à une référence inférieure à -V ou supérieure à +V

### Réglage de la limitation du courant

Le courant de sortie de l'OPA549 peut être réglé très précisément entre 0 A et 10 A, en contrôlant la valeur de la tension ou du courant appliqué sur la broche ILIM. Contrairement à d'autres amplificateurs, comme l'OPA541, qui utilisent une résistance de puissance en «série» dans leur sortie afin de mesurer le courant



débité, l'OPA549 effectue cette mesure indirectement. Cela lui permet de contrôler le courant de sortie au moyen d'un courant très faible, compris entre 0 μA et 633 μA. De par sa conception, l'OPA549 est capable de débiter un courant de

10 A. Il n'est cependant pas recommandé que l'amplificateur fonctionne en permanence à de tels niveaux de puissance, sa durée de vie pourrait alors être fortement réduite. Il est conseillé de limiter à 8 A le courant maximal pour un débit continu. D'autre part, le fonctionnement de

l'amplificateur opérationnel avec des courants inférieurs à 1 A réduit la précision de la limitation de courant. Il est alors recommandé d'utiliser les modèles OPA547 (500 mA en continu) ou OPA548 (3 A en continu et 5 A en pointe). Ils se présentent cependant avec un boîtier différent.

Les graphiques en figure 9 indiquent la limitation du courant de sortie, en fonction de la température et de la tension d'alimentation de l'amplificateur.

### Contrôle de la limitation du courant par une résistance

Le schéma de la figure 10A indique la méthode de réglage du courant de sortie, au moyen d'une résistance connectée à la broche ILIM. Le second pôle de la résistance est relié à la broche Vref, elle-même connectée, pour un usage courant, à la masse.

La formule utilisée pour le calcul de cette résistance est la suivante :

$$R_{CL} = (75 \text{ k}\Omega / I_{LIM}) - 7,5 \text{ k}\Omega$$

où  $I_{LIM}$  est la valeur du courant de sortie

Si la broche ILIM est laissée «en l'air», le courant est programmé à 0 A. Connectée à la broche Ref, le courant est maximal, soit 10 A.

Le tableau 1 indique, entre autres, les différentes valeurs de RCL en fonction de la valeur du courant de sortie programmé.

Le second schéma de la figure 10B montre la méthode de programmation de la limitation du courant de sortie de l'OPA549 par une tension (ou courant) appliquée sur l'entrée ILIM.

Cette propriété permet une programmation numérique de l'amplificateur opérationnel, à l'aide d'un convertisseur numérique/analogique.

Les différentes formules pour le calcul de ISET et de VSET sont les suivantes :

$$I_{SET} = I_{LIM} / 15\ 800$$

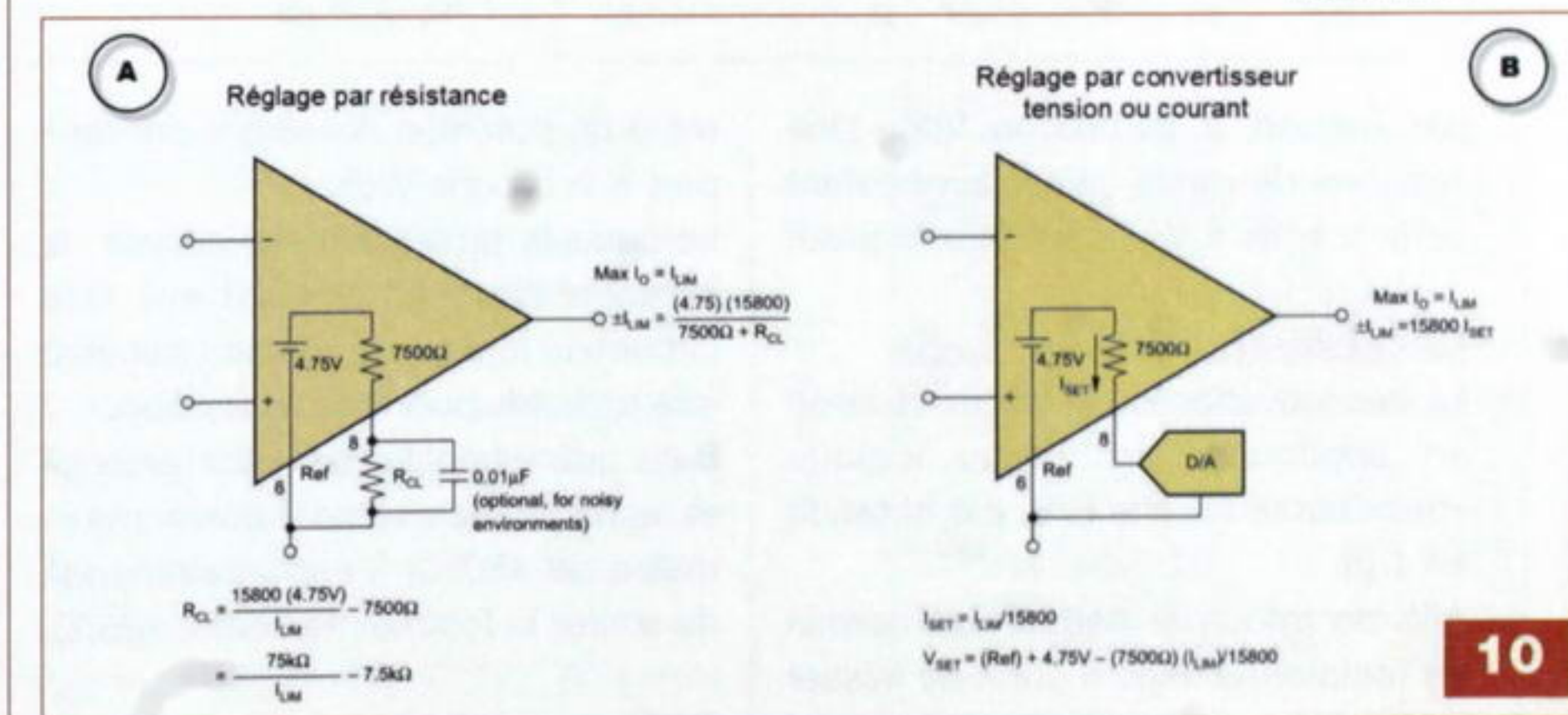
$$V_{SET} = \text{Ref} + 4,75 - (7\ 500 \times I_{LIM} / 15\ 800)$$

où  $I_{LIM}$  est la valeur du courant de sortie

Plusieurs valeurs de ISET et de VSET sont indiquées dans le tableau 1.

VALEUR DE LA LIMITATION DU COURANT	RESISTANCE (RCL)	COURANT (ISET)	VOLTAGE (VSET)
0 A	ILIM non connectée	0 μA	(Ref) +4,75V
1 A	67,5 kΩ	63 μA	(Ref) +4,75V
1,5 A	42,5 kΩ	94 μA	(Ref) +4,75V
2 A	30 kΩ	126 μA	(Ref) +4,75V
2,5 A	22,6 kΩ	158 μA	(Ref) +3,56 V
3 A	17,4 kΩ	190 μA	(Ref) +3,33 V
3,5 A	13,9 kΩ	221 μA	(Ref) +3,09 V
4 A	11,3 kΩ	253 μA	(Ref) +2,85 V
4,5 A	9,16 kΩ	285 μA	(Ref) +2,61 V
5 A	7,5 kΩ	316 μA	(Ref) +2,38 V
5,5 A	6,14 kΩ	348 μA	(Ref) +2,14 V
6 A	4,99 kΩ	380 μA	(Ref) +1,90 V
6,5 A	4,04 kΩ	411 μA	(Ref) +1,66V
7 A	3,24 kΩ	443 μA	(Ref) +1,43 V
7,5 A	2,5 kΩ	474 μA	(Ref) +1,19 V
8 A	1,87 kΩ	506 μA	(Ref) +0,95 V
8,5 A	1,32 kΩ	538 μA	(Ref) +0,71 V
9 A	845 Ω	570 μA	(Ref) +0,48 V
9,5 A	394 Ω	601 μA	(Ref) +0,24 V
10 A	ILIM connectée à la broche Ref	633 μA	(Ref)

Tableau 1

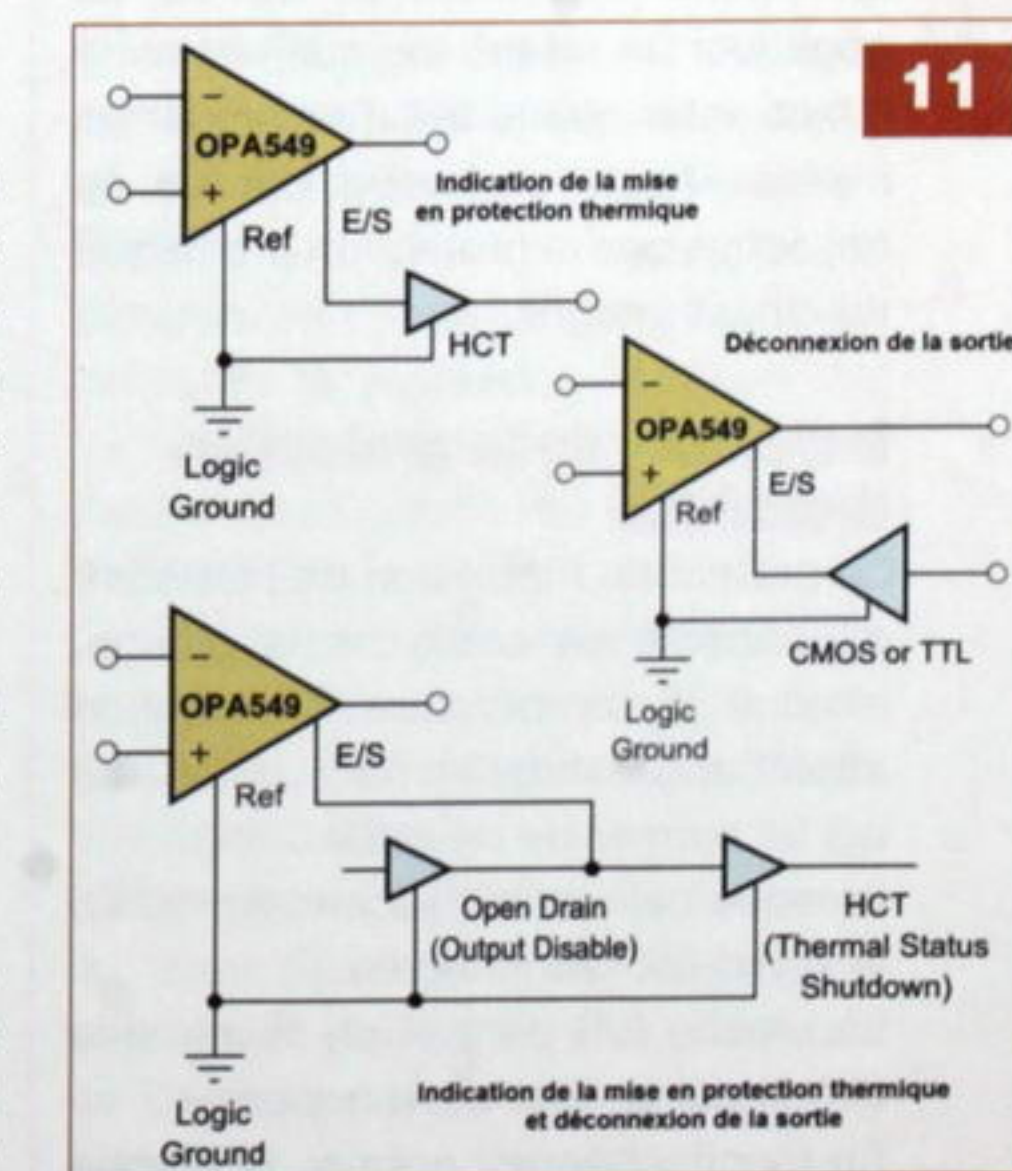


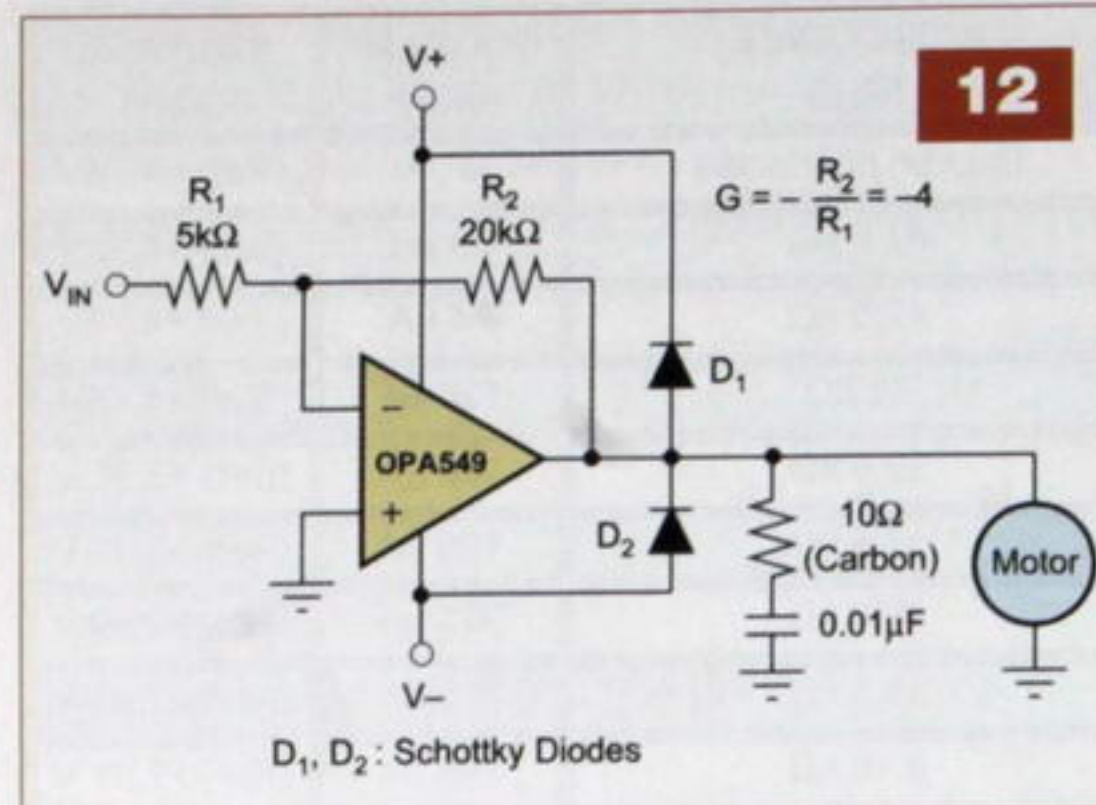
### Utilisation de la broche E/S (Enable/Status)

La broche E/S permet à l'OPA549 de disposer de deux fonctions : elle permet de désactiver la sortie de l'amplificateur en lui appliquant un niveau logique et elle indique la mise en fonction de la protection thermique par une variation de sa tension de sortie.

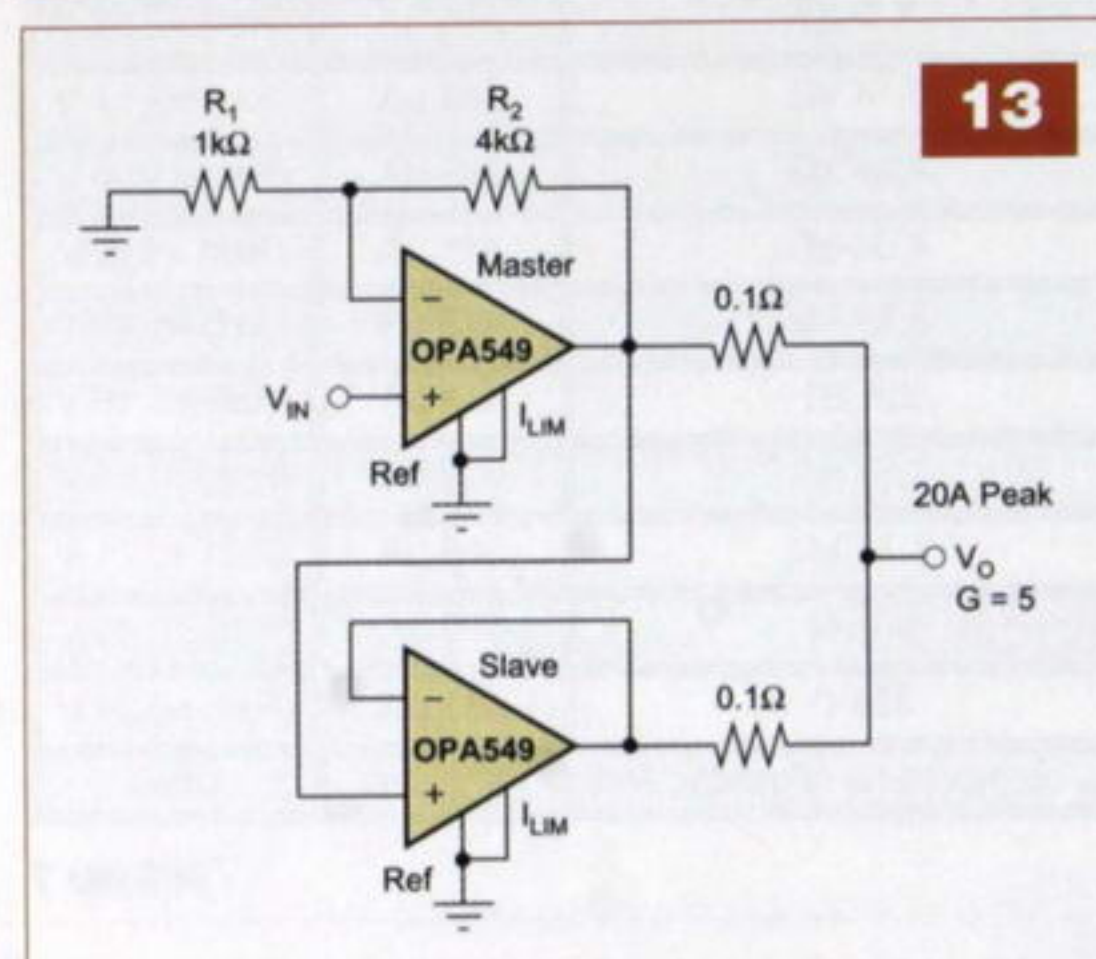
L'une, ou les deux fonctions, peut être utilisée dans le même circuit. Les schémas représentés en figure 11 montrent les connexions à réaliser.

Si ces fonctions ne sont pas utilisées, la broche E/S peut être laissée déconnectée ou connectée à un niveau de tension supérieur de +2,4 V



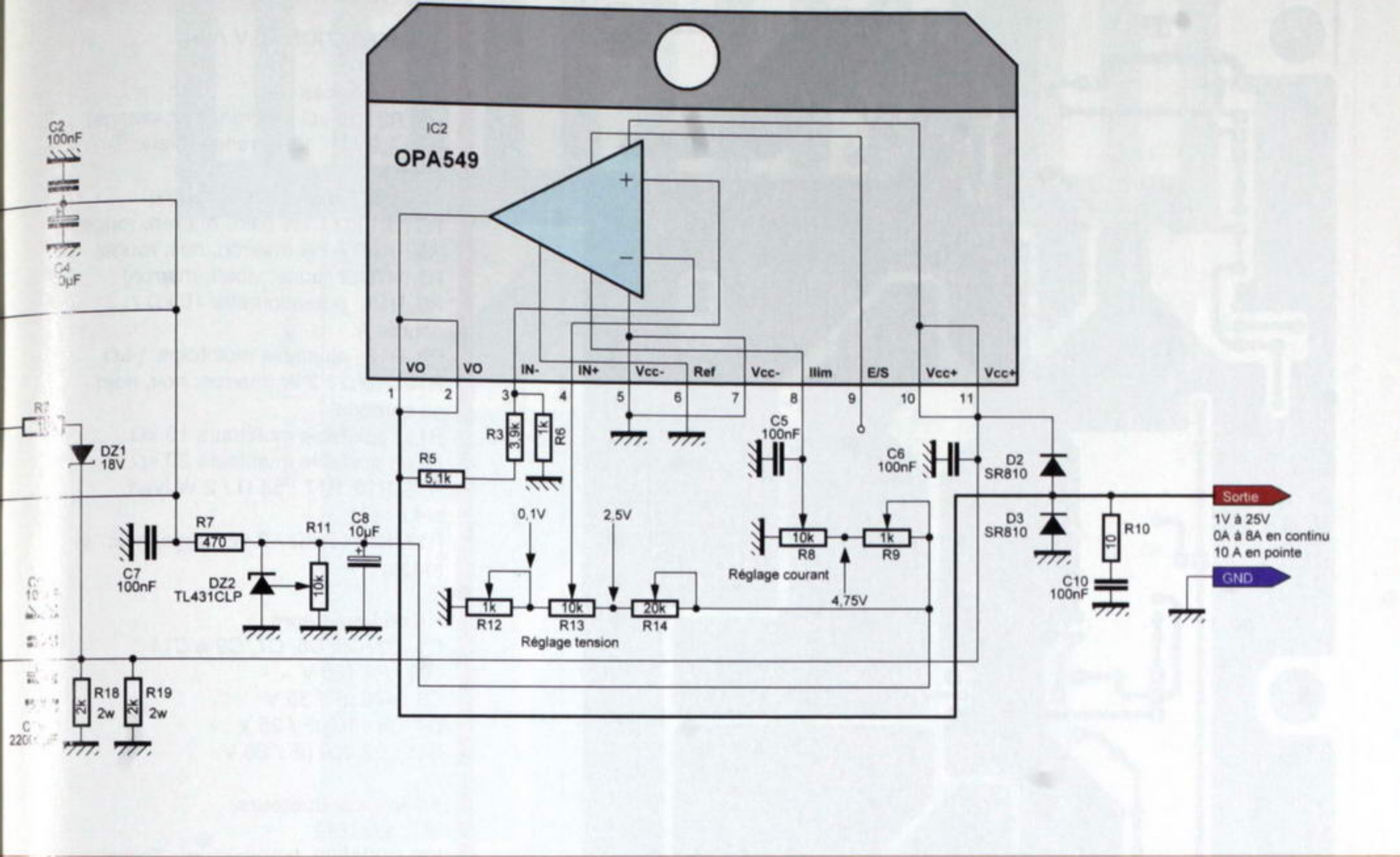
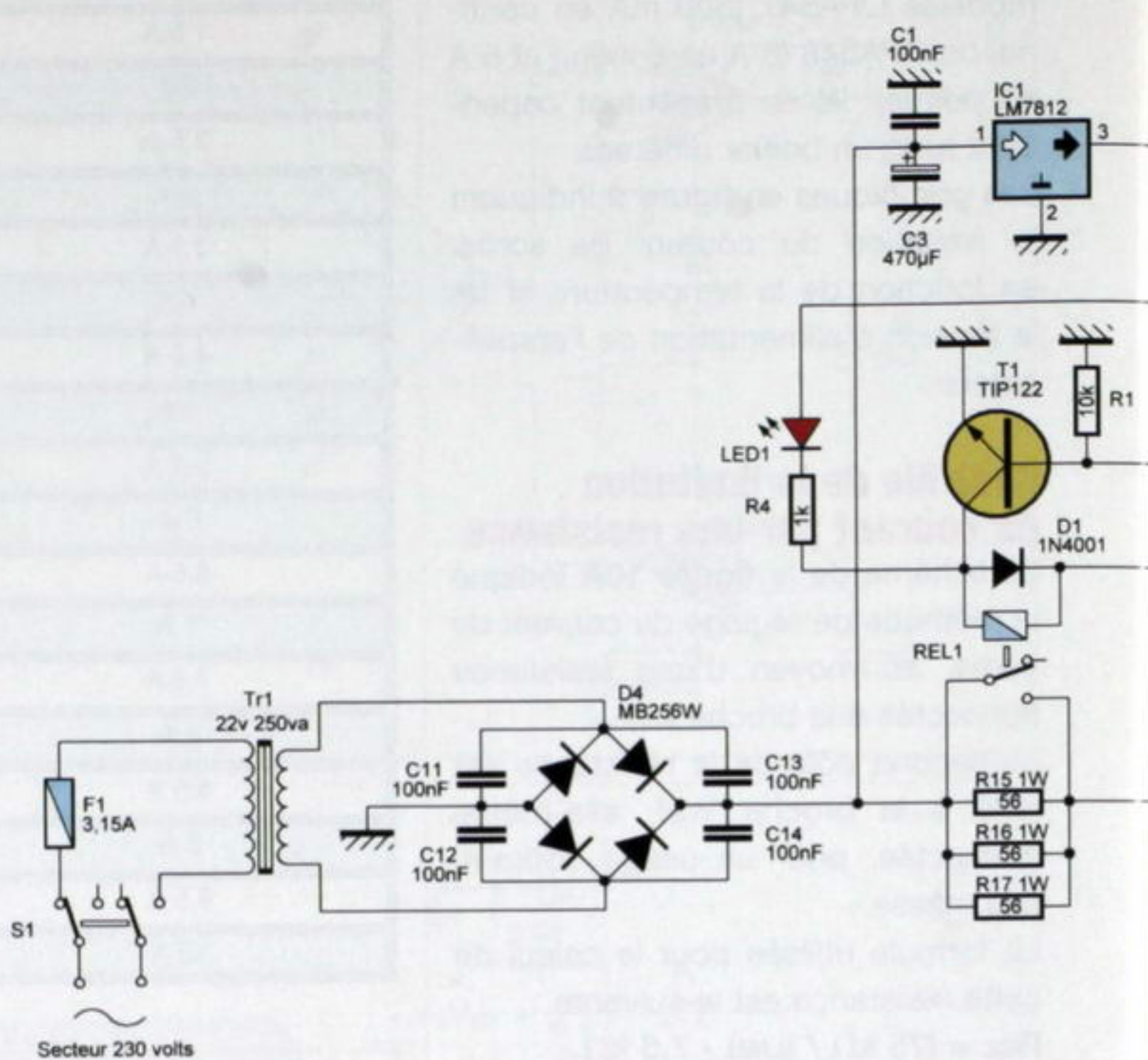


12



13

14



par rapport à la broche Vref. Une capacité de petite valeur connectant cette broche à Vref peut être requise.

**Désactivation de la sortie**

La désactivation de la sortie, réalisée en appliquant un niveau logique «bas» sur la broche E/S, est obtenue en 1 μs.

Afin de retourner dans l'état normal de fonctionnement, il suffit de laisser la broche déconnectée ou de lui appliquer un niveau logique «haut». Il faut noter que le fait d'appliquer un niveau «haut» sur cette broche ne désactive pas la protection thermique du circuit intégré.

**Indication de la protection thermique**

La protection thermique de l'OPA549 déconnecte sa sortie de la charge, lorsque la température de jonction atteint approximativement 160°C, ce qui lui permet de refroidir. Lorsque celle-ci redescend à 140°C, la sortie est reconnectée. La broche E/S permet de savoir si le circuit est en état de «coupure». En fonctionnement normal, la broche

est à un potentiel de +3,5 V par rapport à la broche Vref. Lorsque la protection est activée, le potentiel descend à +200 mV. Une circuiterie logique et une led peuvent être utilisées pour la visualisation. Bien que l'amplificateur soit protégé et accepte des températures maximales de 160°C, il est recommandé de limiter le fonctionnement à 125°C.

**Compensation et protection de l'étage de sortie**

En fonctionnement normal, un circuit de compensation de l'étage de sortie n'est pas nécessaire. Cependant, si le composant doit fonctionner avec de forts courants, proches de ses limites, ou s'il est chargé par de fortes charges capacitives (> 1 nF) ou inductives (moteur, longs câbles, etc.), un circuit amortisseur est nécessaire.

Celui-ci est constitué par une résistance dont la valeur est comprise entre 3 Ω et 10 Ω, reliée en «série» avec une capacité (valeur comprise entre 10 nF et 100 nF). Il est fortement recommandé de choisir

une résistance non inductive au carbone.

Lorsque certaines charges sont connectées à la sortie de l'amplificateur (moteur, par exemple), il est nécessaire de prévoir une protection supplémentaire.

La présence de diodes de «clamp» entre la sortie et les lignes d'alimentation positive et négative écarte tous les risques contre les surtensions induites par ces charges. Ces diodes doivent être de type Schottky (rapides), pouvant supporter un courant continu de 8 A au minimum (figure 12).

Avant de se consacrer aux réalisations pratiques que nous vous proposons, nous publions un autre schéma, en figure 13, montrant la façon de procéder lorsque l'on désire obtenir un courant de sortie très élevé (16 A en continu, 20 A en pointe). Deux OPA549 sont utilisés en «parallèle».

La sortie du premier AOP (Master), configuré en amplificateur «non-inverseur», dont le gain est fixé par les résistances R1 et R2, commande l'entrée «non-inverseuse» du second AOP (Slave) configuré en amplificateur «suiveur» de gain 1.

Les résistances placées dans les sorties égalisent les courants.

**Alimentation 25 V / 8 A**

Le schéma de principe de l'alimentation est représenté en figure 14. Un transformateur largement dimensionné, de 250 VA, fournit les 22 V nécessaires à l'alimentation. Après redressement et filtrage, la tension disponible est voisine de 30 V. La capacité C15, de forte valeur (22 000 μF), produit un important appel de courant lors de la mise «sous» tension de l'alimentation.

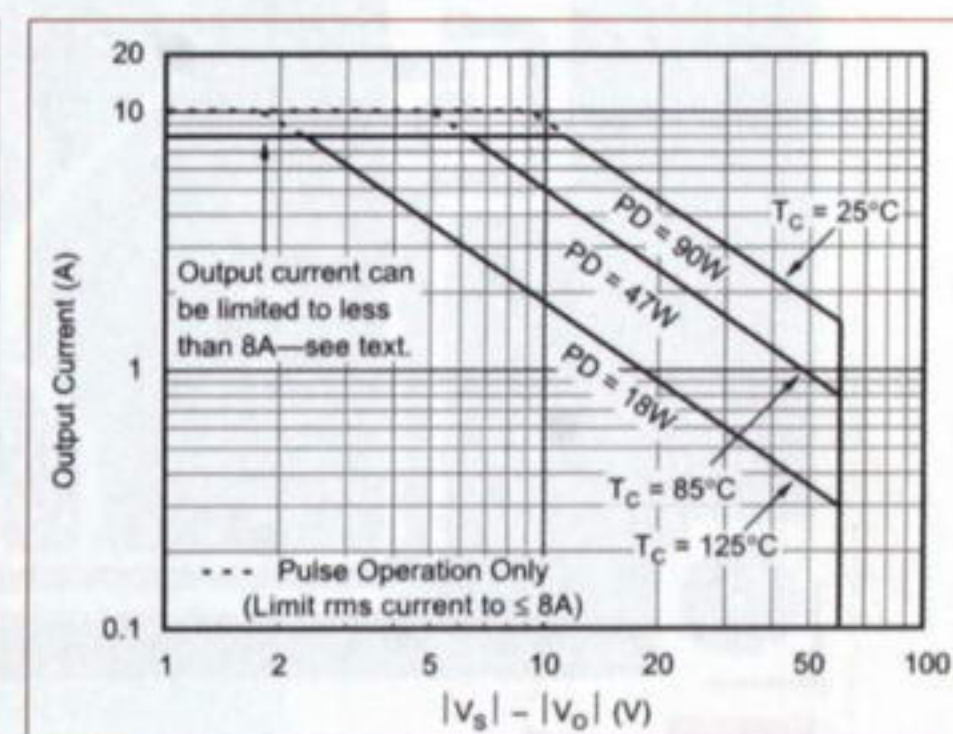
Afin d'obtenir un démarrage en douceur, un circuit de temporisation a été ajouté. A la mise «sous» tension, une résistance (R15, R16 et R17 en parallèle) limite le passage du courant et retarde la charge du condensateur C15. Lorsque la tension à ses bornes atteint approximativement 18 V, tension fixée par la diode zéner DZ1, le transistor T1 est rendu «passant». Il alimente le relais qui shunte la résistance. Le condensateur C15 termine alors sa charge. Les résistances R18 et R19 permettent

sa décharge lors de la mise «hors» service de l'alimentation.

Un régulateur LM7812 génère la tension d'alimentation du relais et de la diode zéner DZ2. Cette diode, dont la tension de sortie est ajustée par la résistance R11, fournit la tension de référence utilisée pour l'ajustage du courant et de la tension de sortie de l'OPA549.

Les résistances R12, R13 et R14 sont utilisées pour le réglage de la tension de sortie. Les résistances R8 et R9 règlent le courant. Les résistances R3, R5 et R6 fixent le gain de l'amplificateur opérationnel à 10 (G = 1 + (R3 + R5) / R6). Donc, si on souhaite disposer en sortie de l'alimentation d'une tension variable comprise entre 1 V et 25 V, la tension appliquée sur l'entrée «non-inverseuse» de l'AOP doit pouvoir varier entre 0,1 V et 2,5 V.

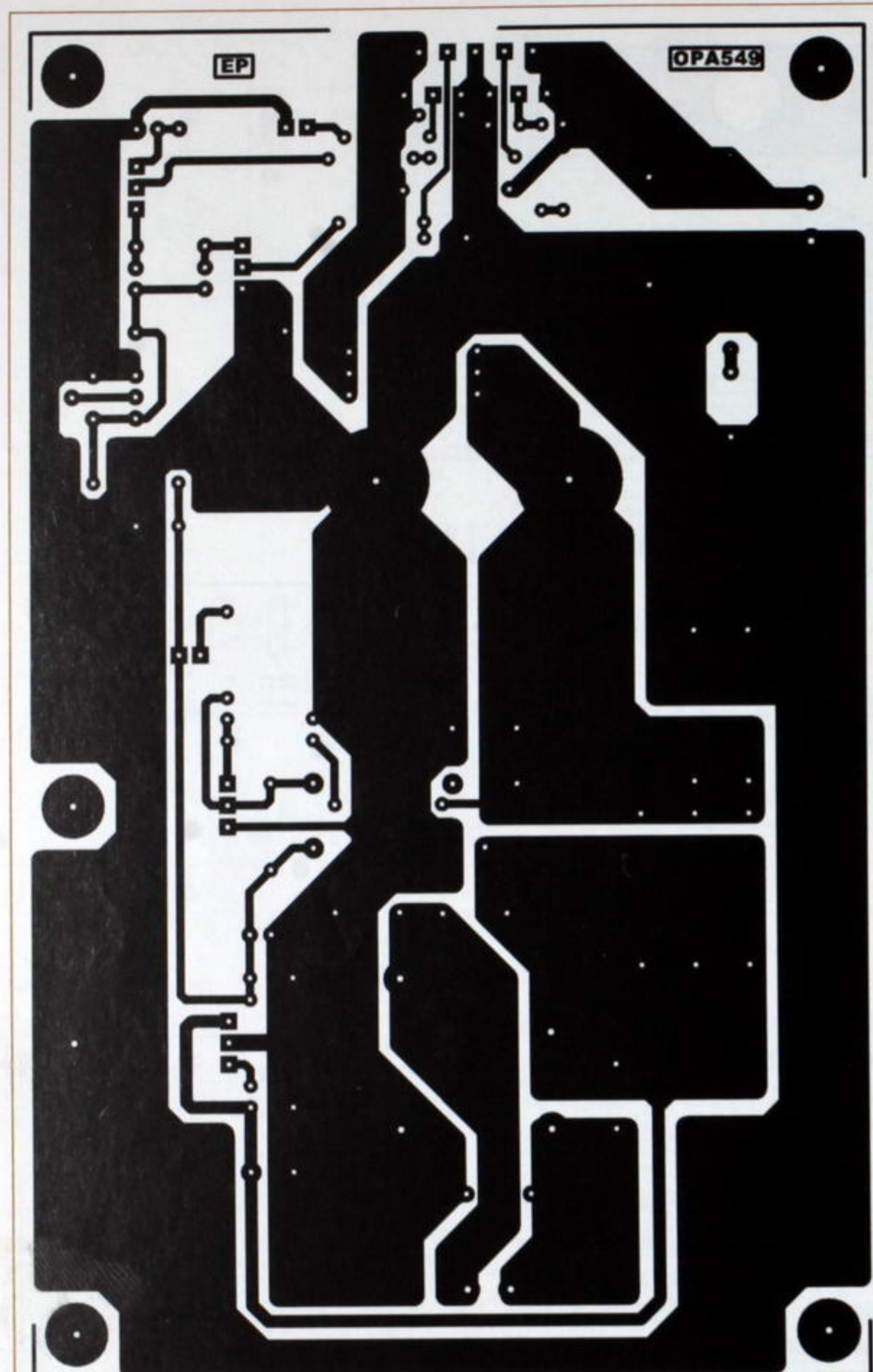
En ce qui concerne le courant, la tension appliquée sur la broche ILM et qui détermine sa valeur doit varier entre 0 V (pour un courant de 10 A) et 4,75 V (pour un courant nul, soit 0 A). Cette alimentation étant susceptible d'alimenter divers types de circuits



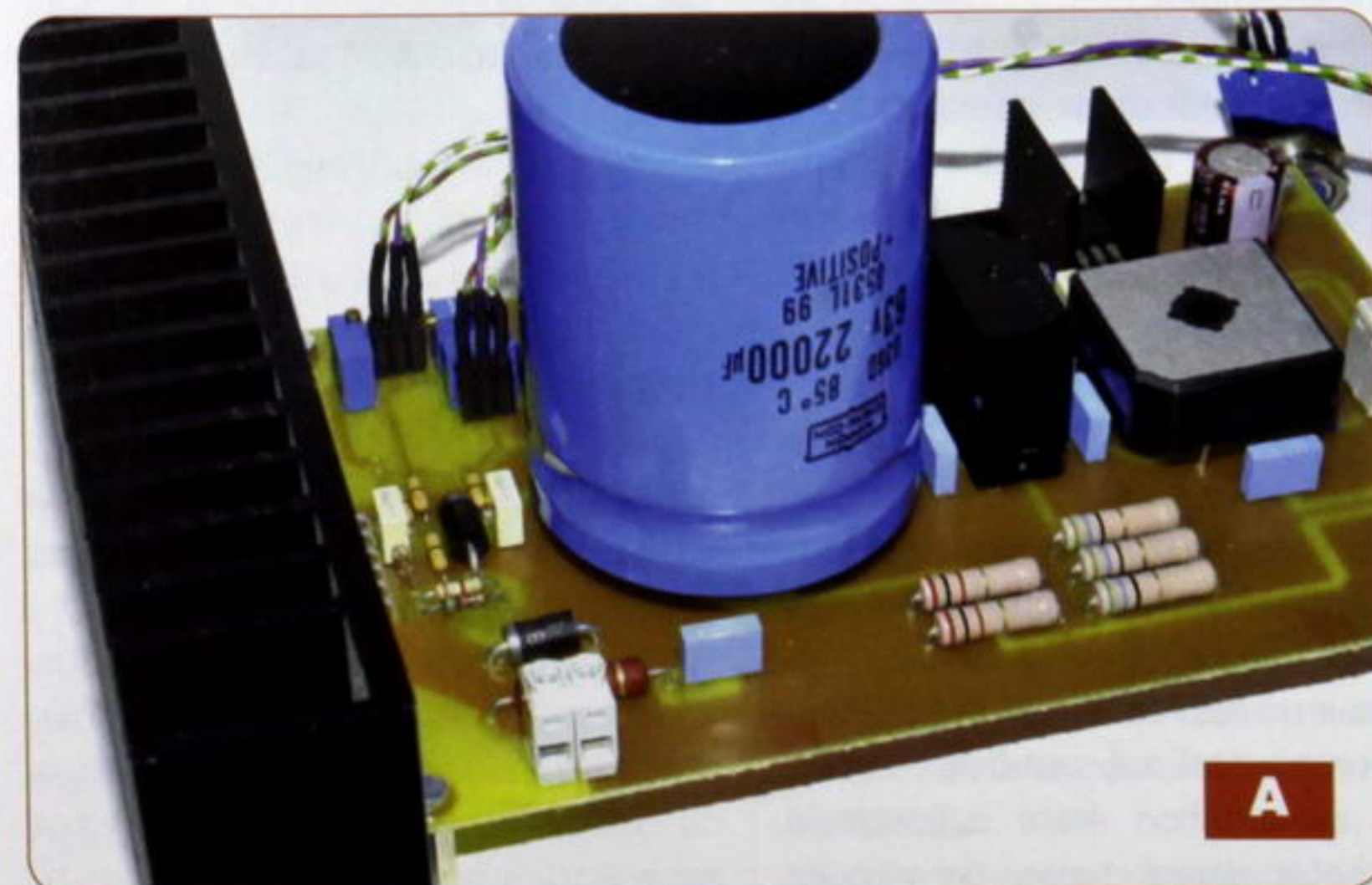
15

électroniques, sa sortie est protégée par deux diodes Schottky de puissance et par la cellule d'amortissement R10/C10.

Comme dans toute alimentation électronique, la puissance dissipée par les transistors de sortie est égale au produit du courant les traversant et de la tension Vs - Vo. Les courbes représentées ci-dessus en figure 15 donnent le SOA (Safe Operating Area, aire de sécurité du fonctionnement). Nous voyons que l'alimentation pourra, sous 20 V de tension de sortie, débiter un courant de 8 A, mais que ce dernier ne sera plus que de 3 A sous 5 V.



16



A

**Nomenclature**

**ALIMENTATION 25 V / 8 A**

• Résistances

- R1, R2 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R3 : 3,9 kΩ / 1% (orange, blanc, rouge)
- R4 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- R5 : 5,1 kΩ / 1% (vert, marron, rouge)
- R6 : 1 kΩ / 1% (marron, noir, rouge)
- R7 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R8, R13 : potentiomètre 10 kΩ / courbe A
- R9, R12 : ajustable multitours 1 kΩ
- R10 : 10 Ω / 3 W (marron, noir, noir) au carbone
- R11 : ajustable multitours 10 kΩ
- R14 : ajustable multitours 20 kΩ
- R15, R16, R17 : 56 Ω / 2 W (vert, bleu, noir)
- R18, R19 : 2 kΩ / 2 W (rouge, noir, rouge)

• Condensateurs

- C1, C2, C5, C6, C7, C9 à C14 : 100 nF / 100 V
- C3 : 470 μF / 35 V
- C4, C8 : 10 μF / 25 V
- C15 : 22 000 μF / 63 V

• Semi-conducteurs

- IC1 : LM7812
- IC2 : OPA549, fournisseurs : Farnell <http://fr.farnell.com/>, Radiospares <http://www.rs-particuliers.com/> et Mouser <http://fr.mouser.com/>

- T1 : TIP122
- D1 : 1N4001
- D2, D3 : SR810
- D4 : pont MB256W
- DZ1 : zéner 18 V
- DZ2 : TL431CLP
- LED1 : diode électroluminescente Ø 5 mm

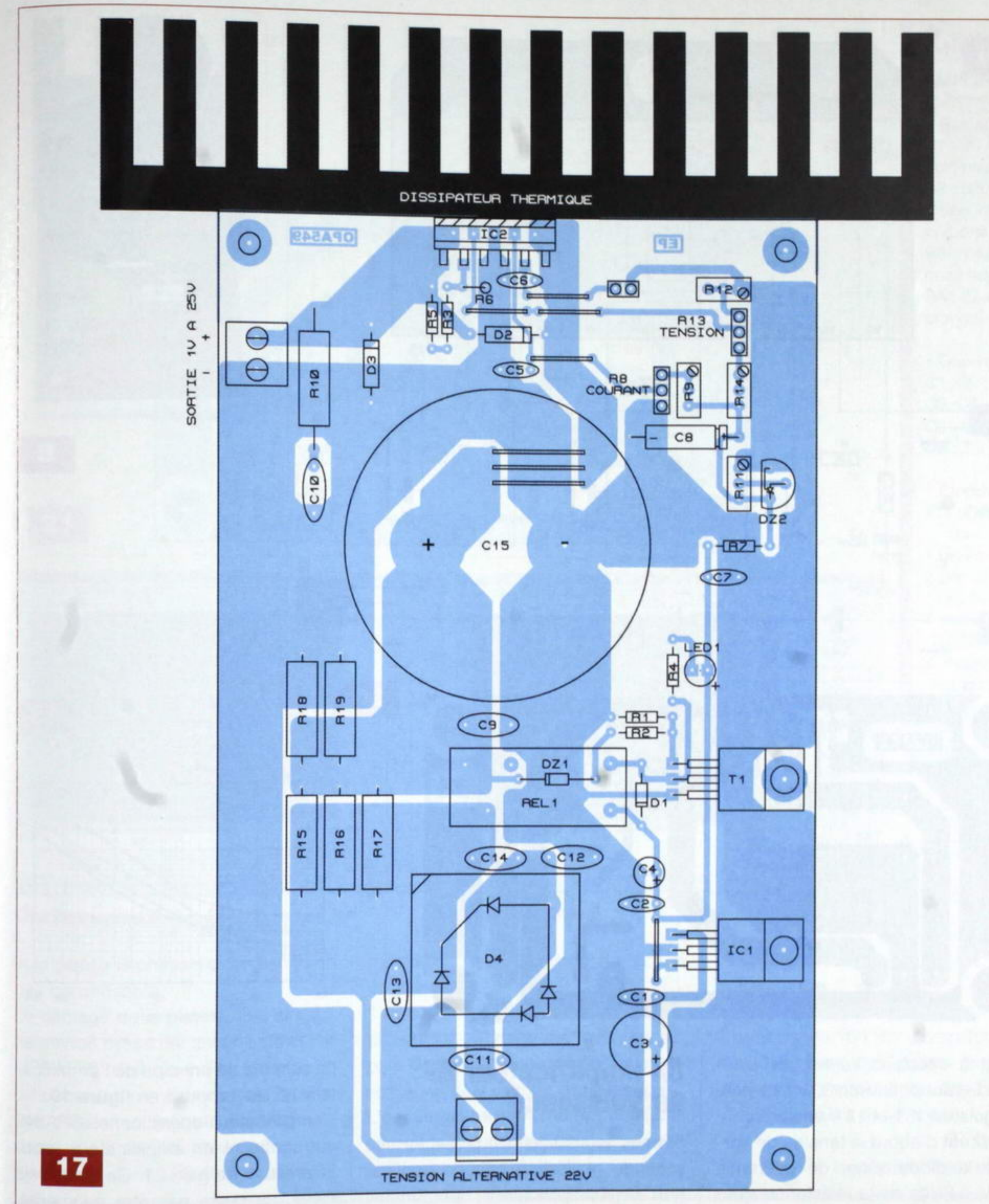
• Divers

- 1 transformateur 22 V / 250 VA, de préférence de type torique
- 1 relais HR - CR311DC012, bobine 12 V
- 1 dissipateur thermique, grande taille (voir texte)
- 2 dissipateurs thermiques pour boîtiers TO220
- 2 borniers à vis à deux points

**La réalisation**

Le dessin du circuit imprimé est représenté en **figure 16**. L'implantation des composants, en **figure 17** et **photo A**, est à utiliser lors du câblage. Celui-ci ne présente pas de difficultés, mais il convient de respecter quelques points :

- Le régulateur de tension IC1 et le transistor T1 doivent être fixés contre des dissipateurs thermiques



17

- Les résistances R3, R5 et R6 ont une tolérance de 1%
- La résistance R10 est un modèle de préférence au carbone
- La diode DZ1 est soudée côté pistes cuivrées sous le relais REL1

Le pont redresseur D4 est un modèle pouvant supporter 25 A. On pourra y fixer un petit dissipateur thermique. L'entrée de la tension alternative et la

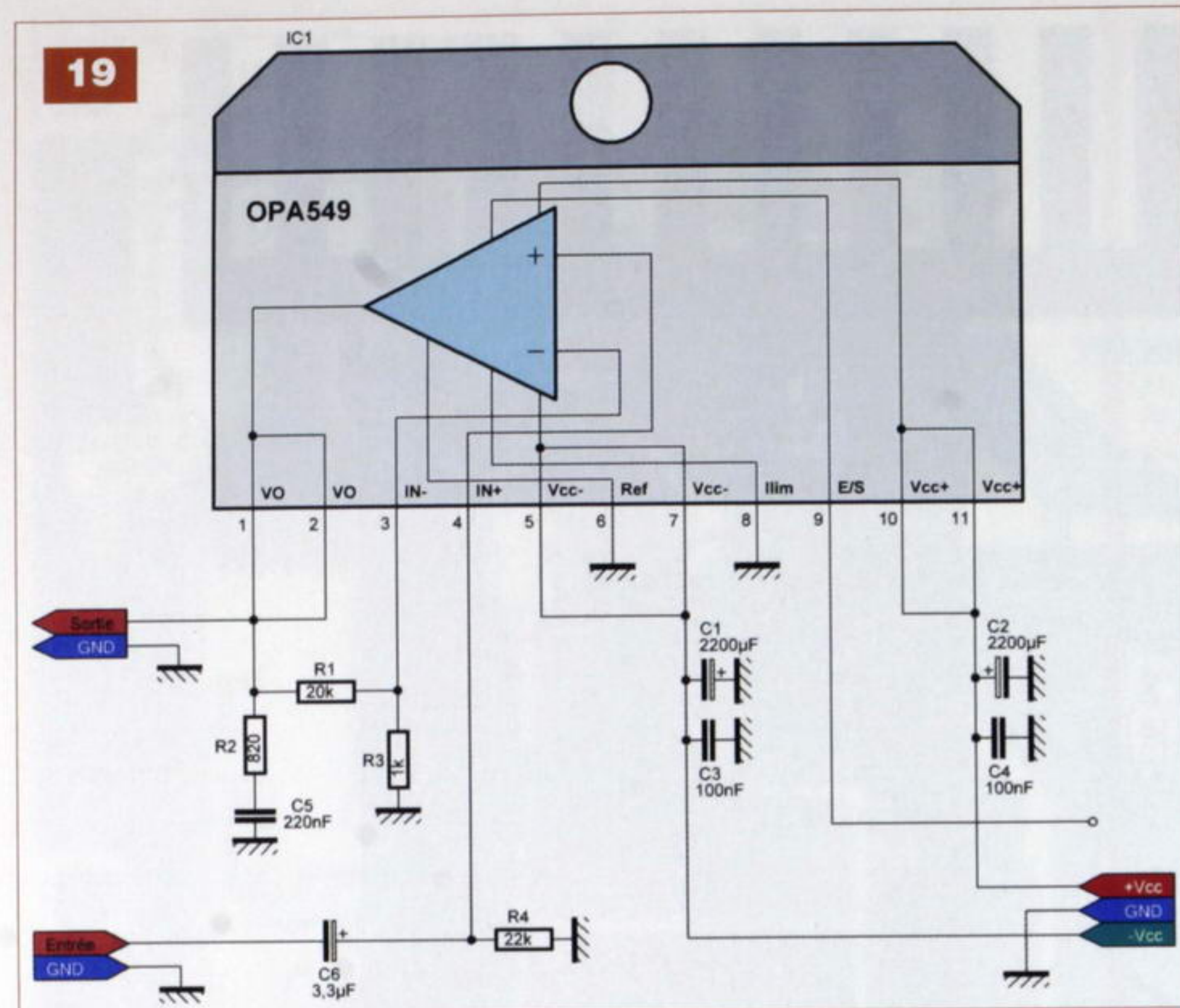
sortie de l'alimentation sont réalisées sur des borniers à vis à deux points. L'amplificateur opérationnel OPA549 est fixé contre un dissipateur thermique de bonne taille (au minimum 170 mm x 75 mm x 25 mm). Une ventilation électrique pourra améliorer le refroidissement du composant. Celui-ci ne sera soudé que lorsque les premiers essais auront été effectués. La partie métallique du boîtier étant

connectée au -V, il est obligatoire d'utiliser une semelle isolante.

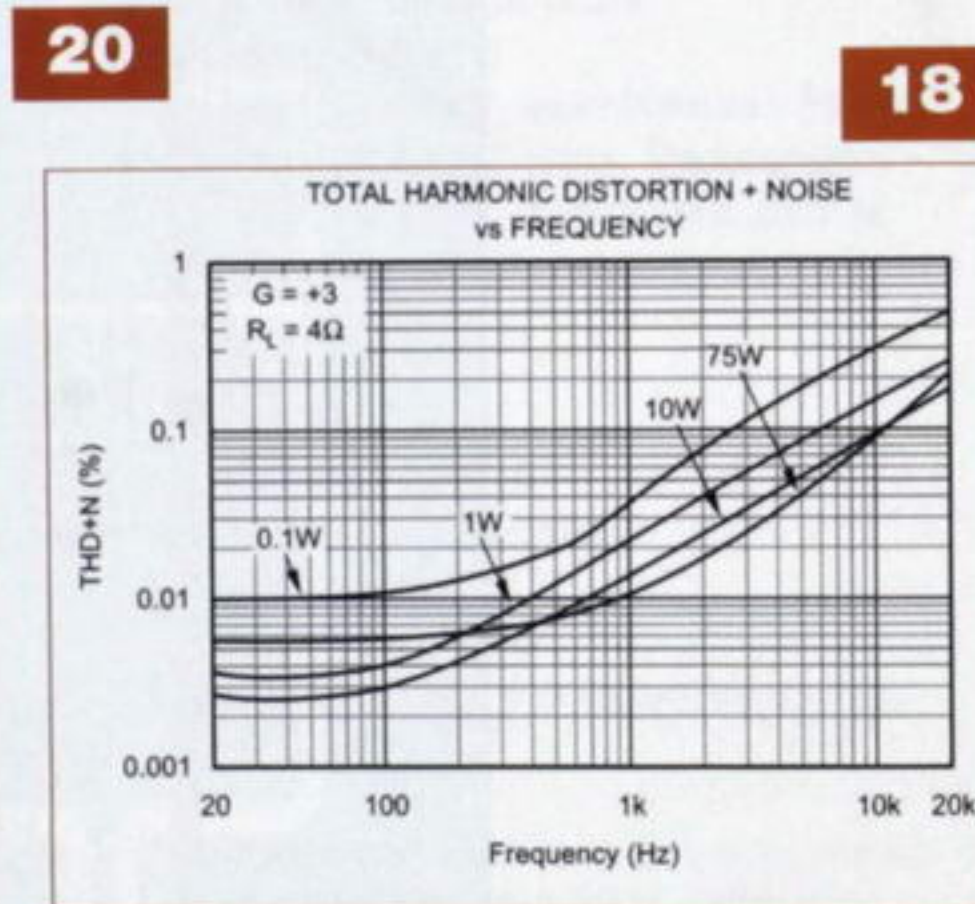
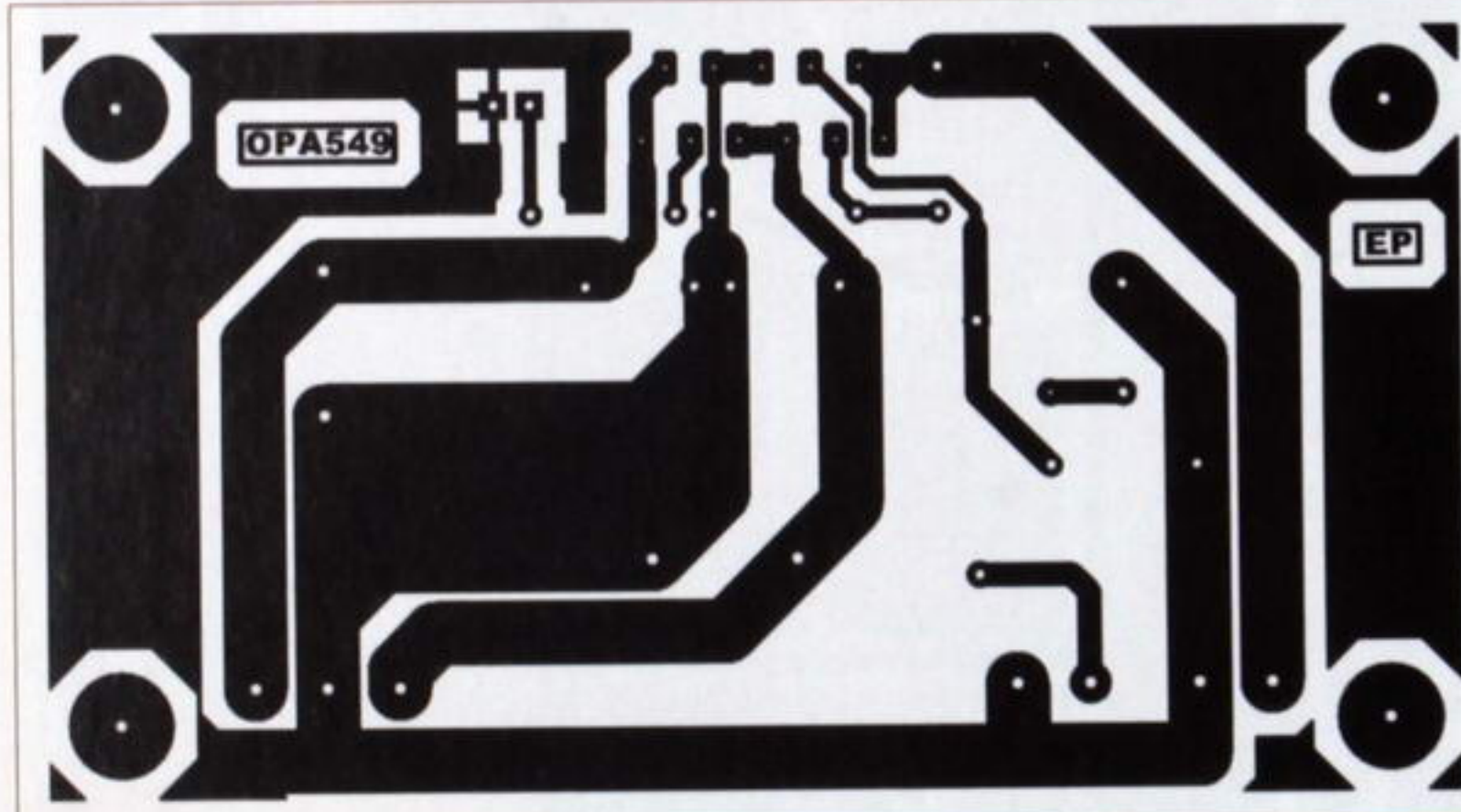
**Les essais**

Après avoir vérifié le câblage (orientation des composants polarisés) et veillé à l'absence de tout court-circuit entre pistes cuivrées, la platine pourra être mise sous tension.

Le circuit de temporisation doit fonctionner immédiatement, aucun réglage



B



n'étant à effectuer. Vérifier les différentes tensions : environ 30 V à l'entrée du régulateur IC1 et 12 V en sortie. Régler tout d'abord la tension de sortie de la diode zéner de référence à +5 V, à l'aide de la résistance ajustable R11. Régler ensuite la résistance R9, de manière à obtenir une tension de +4,75 V sur le point «chaud» du potentiomètre R8 (réglage du courant). Régler enfin les résistances R12 et R14 pour obtenir, respectivement, des tensions de +0,1 V et +2,5 V. Vous pouvez alors souder l'OPA549 et constater le bon fonctionnement de l'alimentation.

**Un amplificateur BF de puissance**

Si nous avons souhaité présenter une seconde réalisation comme application de l'amplificateur opérationnel OPA549, c'est que celle-ci brille par sa simplicité. Dix composants périphériques suffisent à réaliser un amplificateur basse fréquence de bonne qualité. Sa puissance n'est pas surdimensionnée, car elle permet de disposer au grand maximum de 45 W RMS sur 8 Ω et 80 W RMS sur 4 Ω. Mieux vaut, cependant, rester en dessous de ces puissances limites. Quant à la distortion du signal de sortie, il suffit de se reporter au graphique en figure 18.

Le schéma de principe de l'amplificateur BF est proposé en figure 19. L'amplificateur opérationnel OPA549 est configuré en amplificateur «non-inverseur», de gain 21. Ce gain, déjà élevé, ne devra pas être augmenté. Des capacités «chimiques» et «plastiques» sont câblées au plus près des broches d'alimentation du circuit intégré. La cellule d'amortissement est formée par la résistance R2 et le condensateur C5. La résistance est un modèle au carbone (non inductive).

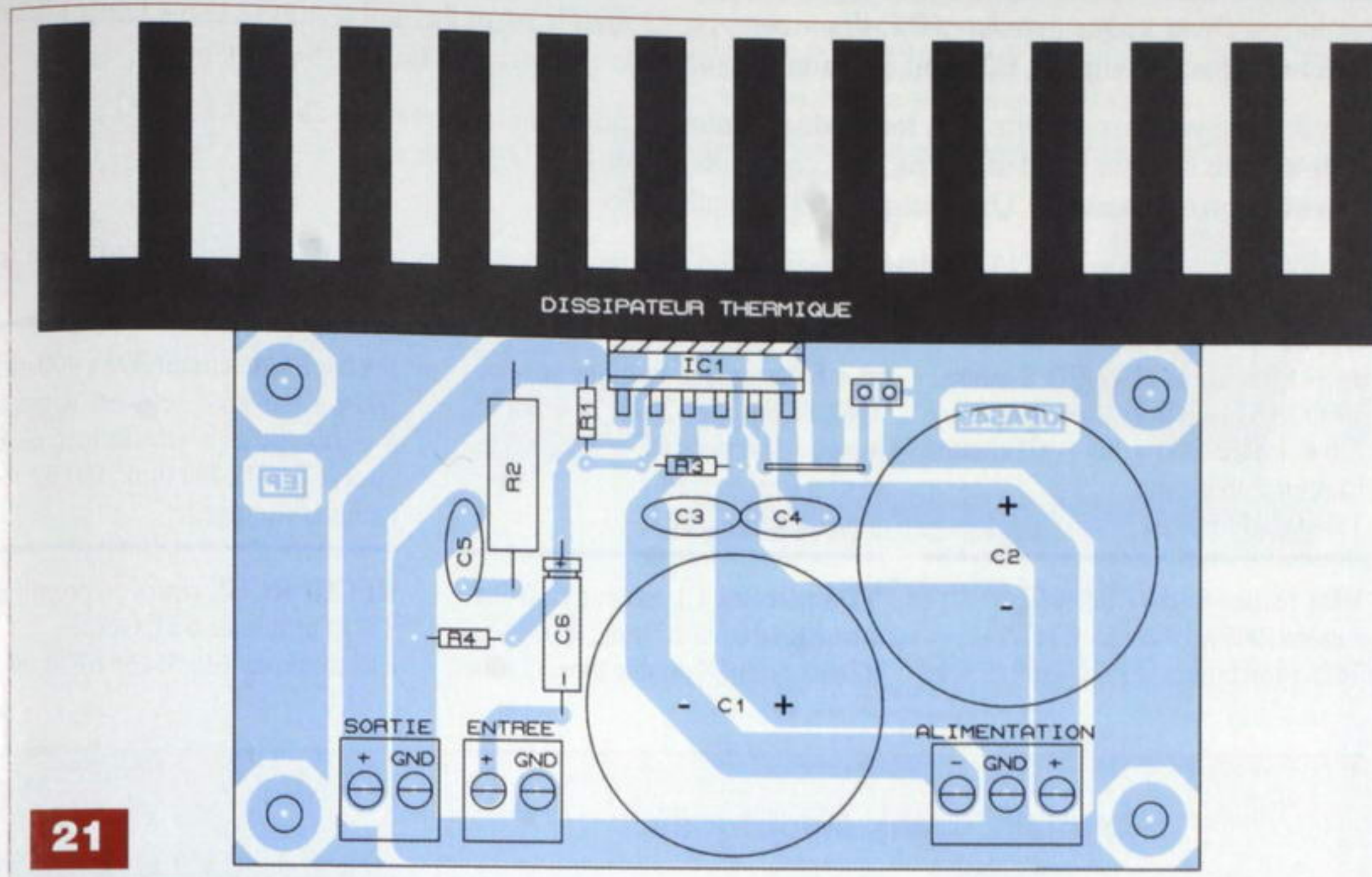
**La réalisation**

Le dessin du circuit imprimé est représenté en figure 20. La figure 21

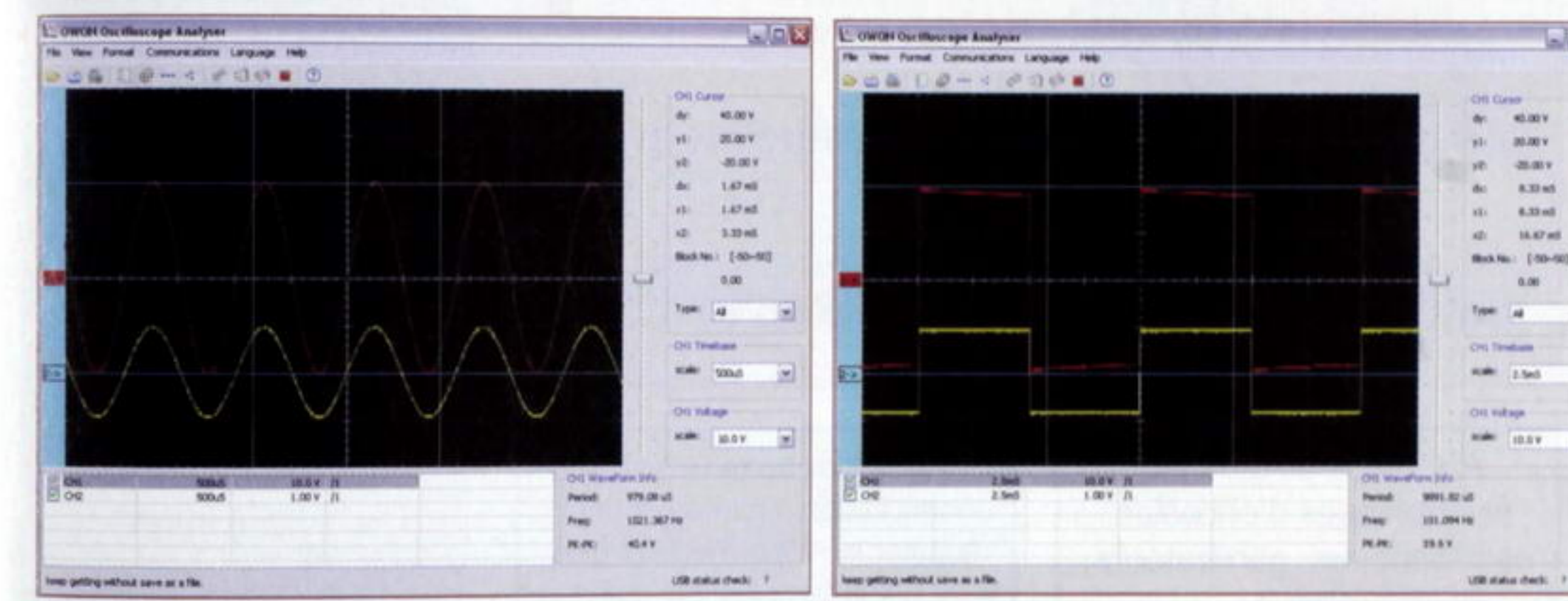
**Nomenclature**

**AMPLIFICATEUR BF**

- Résistances  
R1 : 20 kΩ / 1% (rouge, noir, orange)  
R2 : 820 Ω / 3 W (gris, rouge, marron) au carbone  
R3 : 1 kΩ / 1% (marron, noir, rouge)  
R4 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
- Condensateurs  
C1, C2 : 2 200 μF / 63 V  
C3, C4 : 100 nF / 100 V  
C5 : 220 nF / 100 V  
C6 : 3,3 μF / 63 V
- Circuit intégré  
IC1 : OPA549
- Divers  
2 borniers à vis à deux points  
1 bornier à vis à trois points  
1 dissipateur thermique de grande taille



21



Oscillogramme A

Oscillogramme B

et la photo B précisent l'implantation des composants. Le câblage de la platine, très simple, ne devrait présenter aucune difficulté. L'OPA549 doit être fixé contre un dissipateur thermique de bonne taille. Les essais se limitent à charger la sortie de l'amplificateur avec une résistance de 4 Ω à 8 Ω et de l'al-

imenter sous une tension de ±28 V, au maximum. Il suffit, ensuite, d'injecter un signal sinusoïdal, à diverses fréquences, pour vérifier les courbes obtenues en sortie sur l'écran d'un oscilloscope. L'oscillogramme A montre un signal sinusoïdal, d'une fréquence de 1 kHz, à la limite de l'écrêtage.

L'amplitude maximale est de 40 V crête à crête. L'oscillogramme B est un carré à la fréquence de 100 Hz. L'amplitude est de 40 V, avec des paliers très peu inclinés. La reproduction des basses fréquences sera excellente.

P. OGUIC  
p.oguic@gmail.com

**Spécialiste prototypes & petites séries**



PCB proto	prototypes Double Face & 4 couches
STANDARD pool	jusqu'à 8 couches avec nombreuses options
TECH pool	tracés cuivre jusqu'à 100μm en pooling
IMS pool	circuits semelle aluminium en pooling
On demand	toutes options jusqu'à 16 couches

**Tous services**

- Calcul de prix et commandes instantanés
- Pas de frais d'outillages
- Pas de minimum de commande
- Pas de paiement en ligne
- Délais à partir de 2 jours ouvrés
- Pochoirs pâte à braser

[www.eurocircuits.fr](http://www.eurocircuits.fr)

Renseignements au +33 (0)3 86 87 07 85 - Courriel [euro@eurocircuits.com](mailto:euro@eurocircuits.com)  
Fabricant Européen de circuits imprimés professionnels