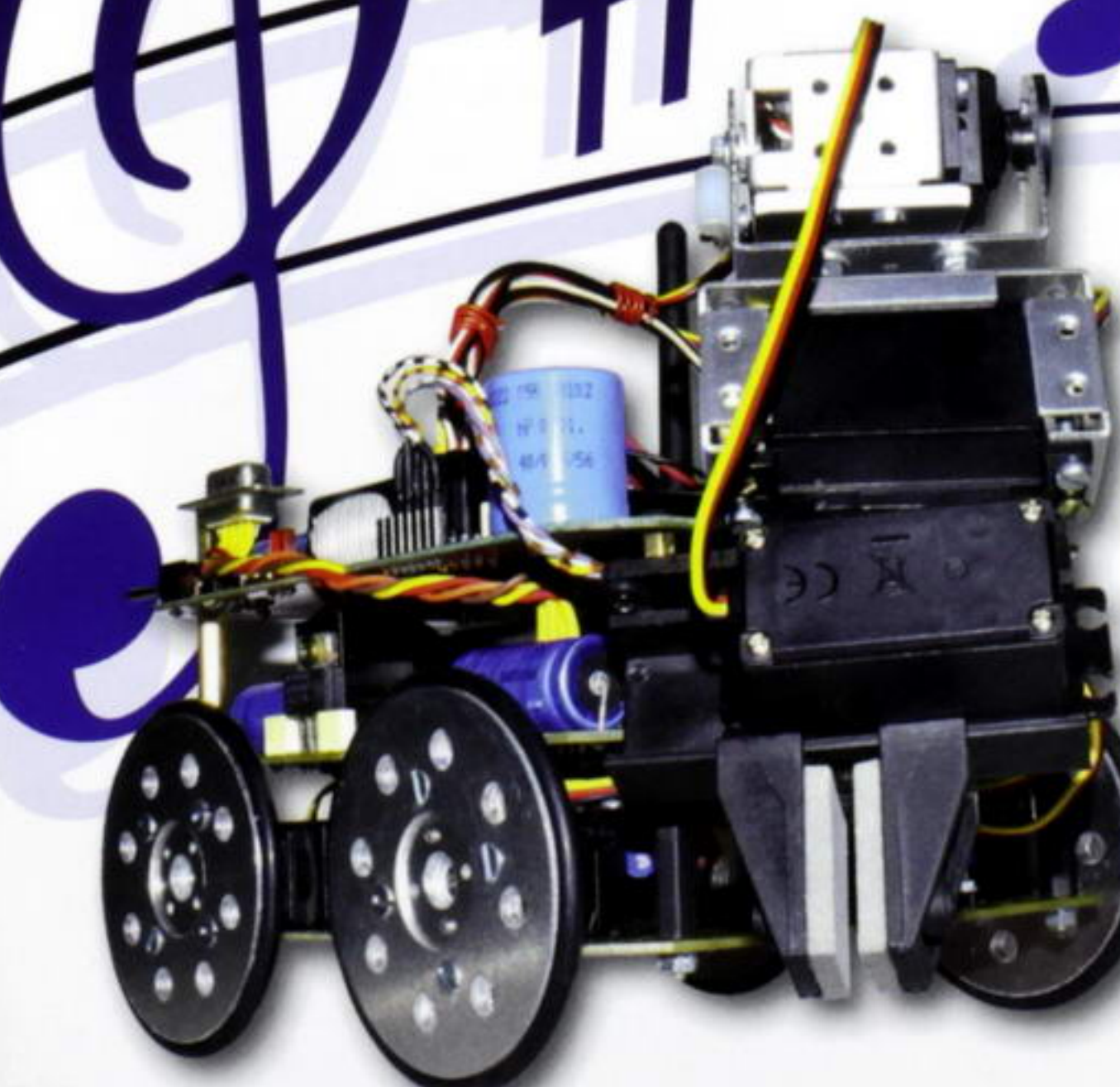
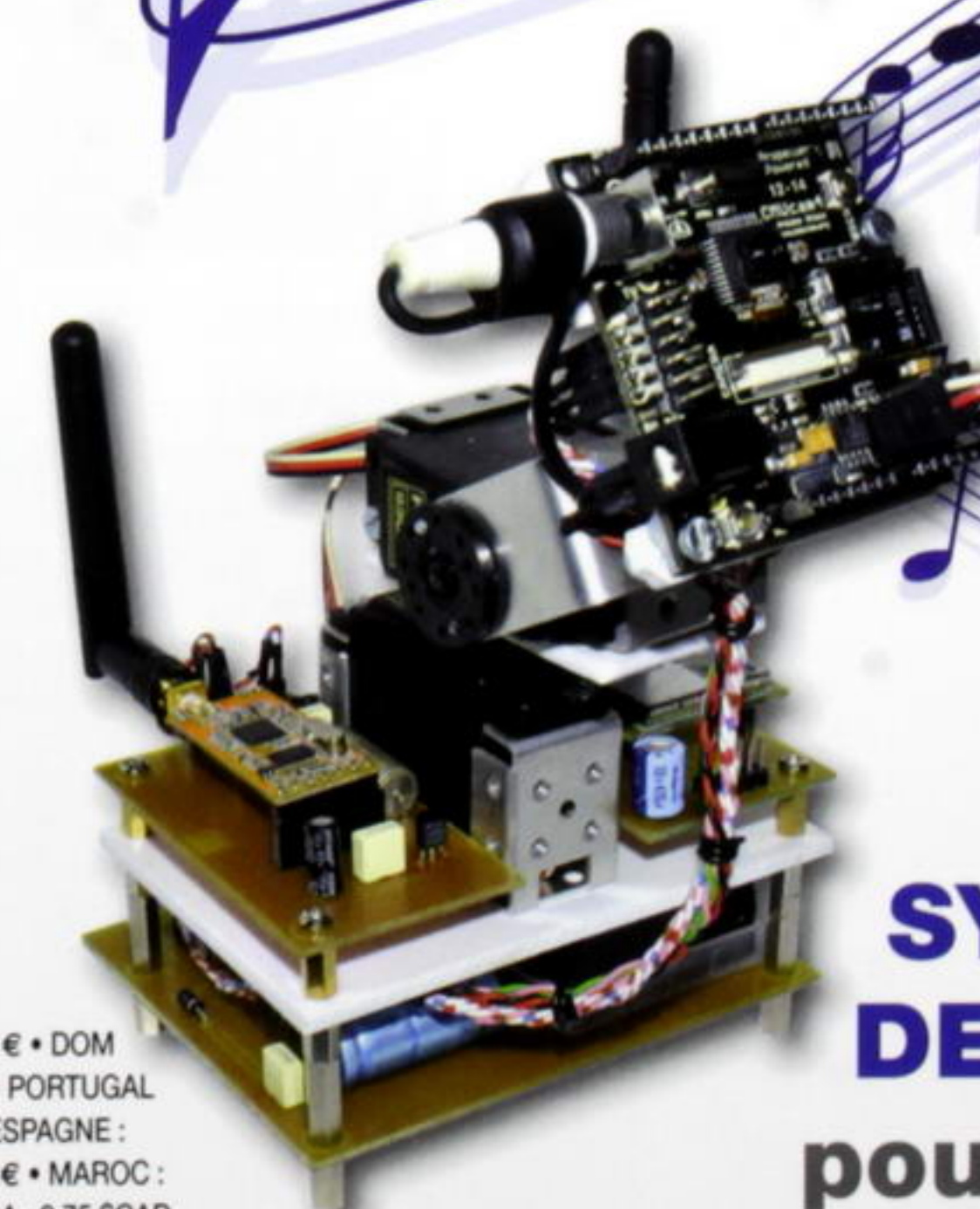


**VOTRE  
AMPLI  
TUBES OU  
TRANSISTORS ?****PUSH-PULL  
DE 6L6****INTÉGRÉ À TDA2052****BASE ROBOTIQUE  
télécommandée****SYSTÈME  
DE VISION  
pour robots**

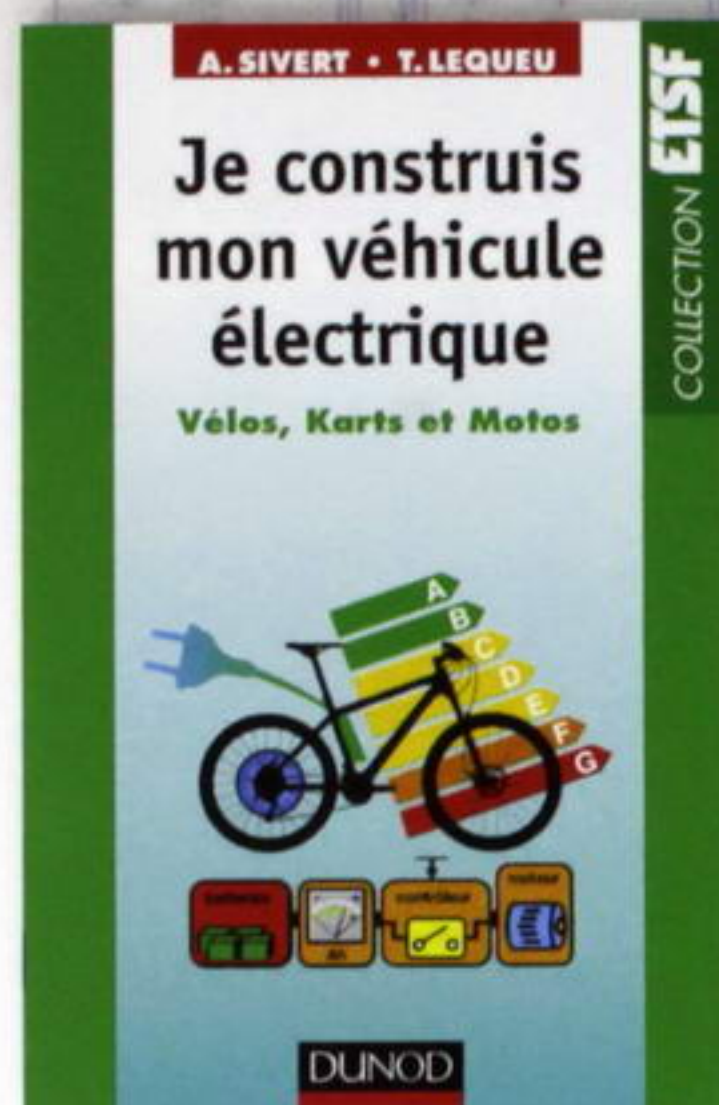
L 14377 - 386 - F: 6,00 € - RD



• FRANCE : 6,00 € • DOM AVION : 7,40 € • DOM  
SURFACE : 6,80 € • TOM/S : 900 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 SCAD



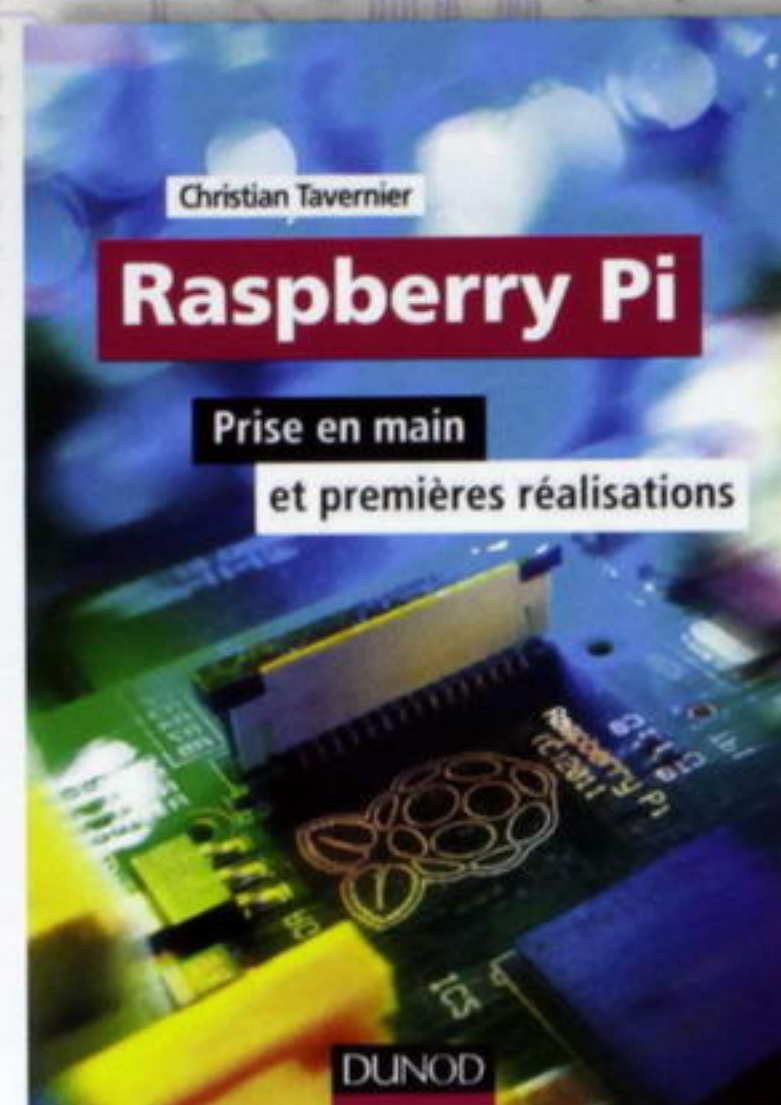
# LES OUVRAGES INDISPENSABLES POUR LES PASSIONNÉS D'ÉLECTRONIQUE



9782100589449, 144 p., 18,50 €

**A. SIVERT, T. LEQUEU**

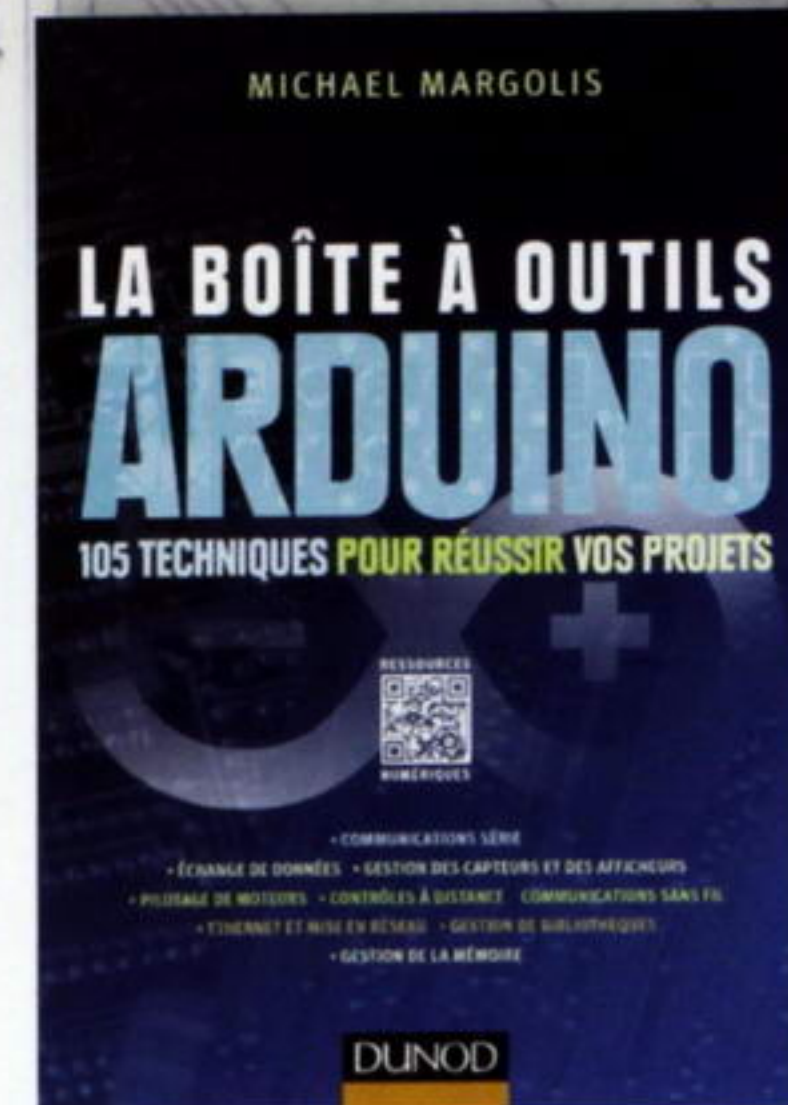
Technique et pratique, grâce à cet ouvrage construisez votre propre véhicule électrique : vélo, kart ou moto.



9782100598915, 224 p., 19,90 €

**C. TAVERNIER**

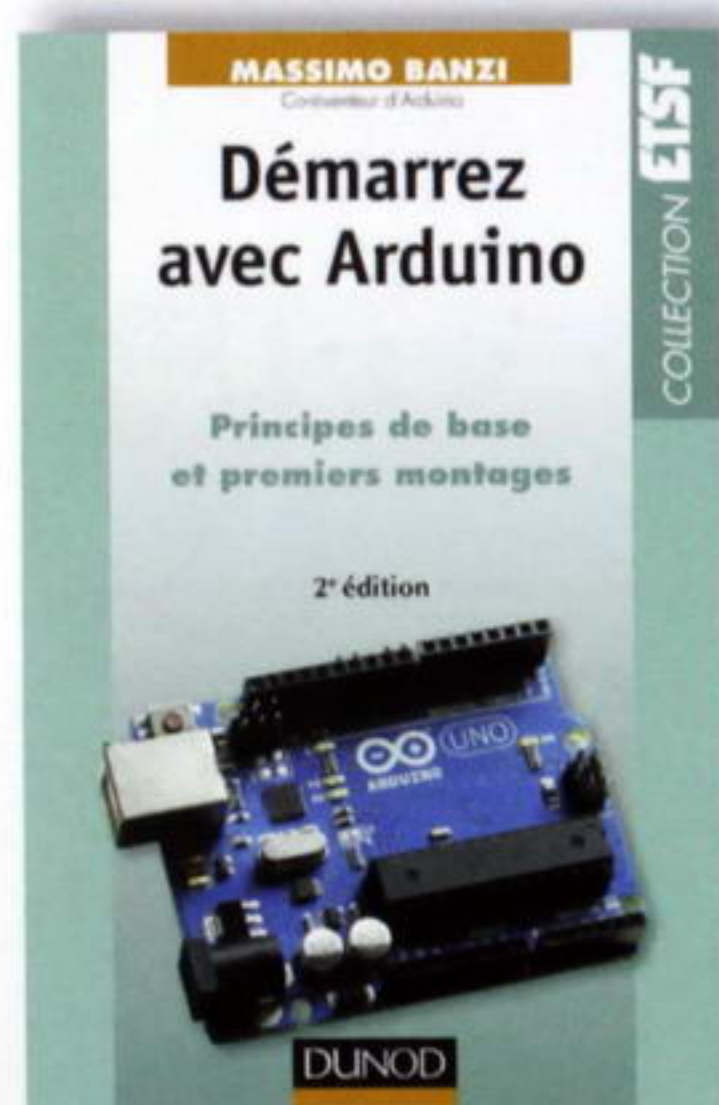
Configurez, paramétrez et découvrez les nombreuses possibilités du « micro-ordinateur » Raspberry Pi.



9782100701537, 416 p., 35 €

**M. MARGOLIS**

105 solutions pour réaliser des applications concrètes avec une carte programmable Arduino et résoudre des problèmes logiciels ou matériels.



9782100701520, 112 p., 15,90 €

**M. BANZI**

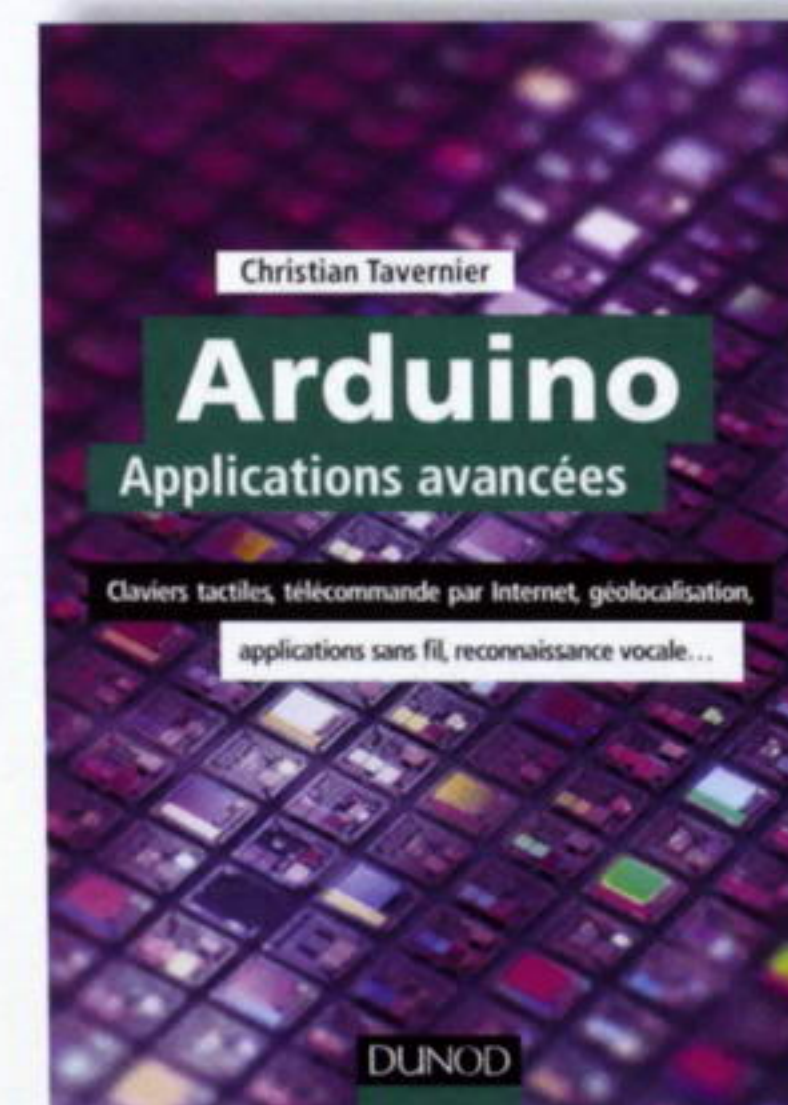
Une présentation accessible d'Arduino et les bases en électronique et programmation pour sa mise en œuvre immédiate.



9782100559275, 232 p., 24,90 €

**C. TAVERNIER**

Tous les éléments nécessaires à la conception et à la mise en œuvre de nombreuses applications performantes avec Arduino.



9782100582051, 224 p., 27 €

**C. TAVERNIER**

Pour ceux qui souhaitent développer des applications évoluées à base d'Arduino.

TOUS NOS LIVRES SONT DISPONIBLES EN LIBRAIRIE

# ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 386 - OCTOBRE 2013

## Micro/Robot

- 8 Système de vision pour robots
- 22 Base robotique télécommandée

## Loisirs

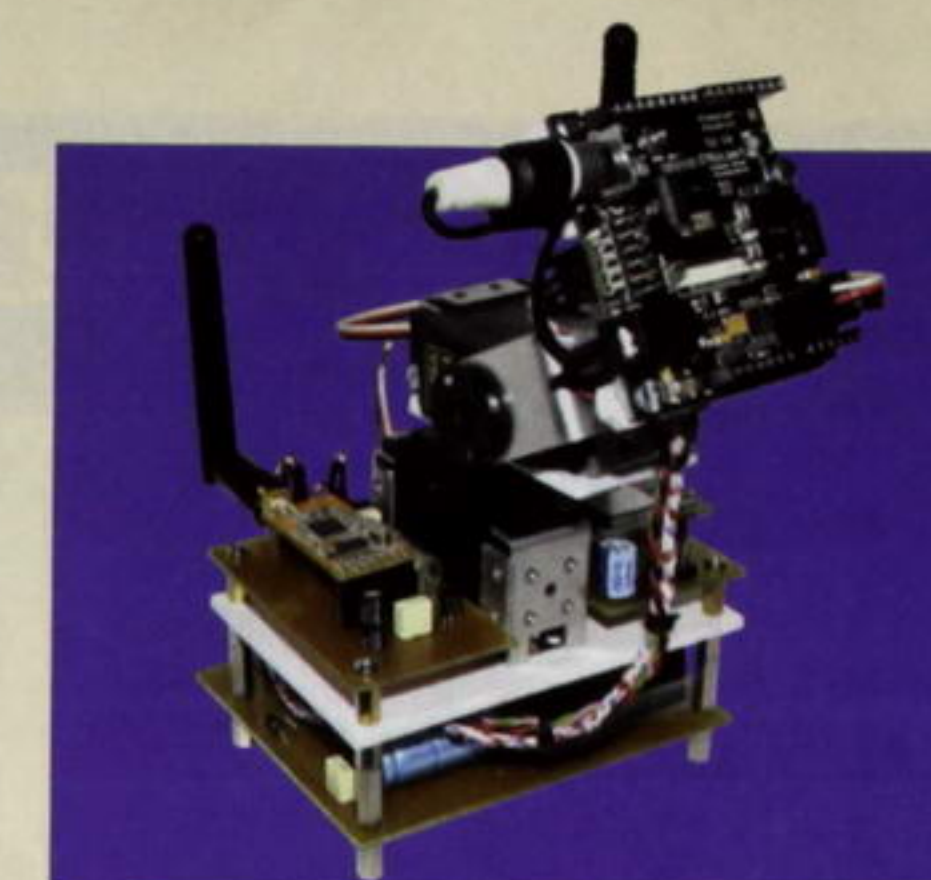
- 38 Détecteur graduel de chocs

## Audio

- 44 Orchestral 260.
- Amplificateur - Préamplificateur -
- Correcteur Haute Fidélité de 2 x 35 W RMS
- 56 Push Pull de TETRODES 6L6.
- Amplificateur monobloc de 34 W RMS

## Divers

- 6 Bulletin d'abonnement
- 37 CD «14 robots accessibles à tous»
- 42 CD «Picaxe à tout faire»
- 43 CD «Année 2011»
- 54 Vente du CD «Et si on parlait tubes...»
- 55 Vente des anciens numéros
- 65 CD «Et si vous réalisiez votre ampli à tubes»
- 66 Petites annonces



Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC SAS** au capital de 170 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90 - redacep@fr.oleane.com

Internet : <http://www.electroniquepratique.com> - Président et Directeur de la publication : Eric Le Minor - Directeur de la rédaction : Patrick Vercher

Secrétaire de rédaction : Fernanda Martins - Couverture : Fernanda Martins - Photo de couverture : © lakalla - Fotolia.com - Photographe : Antonio Delfim

Avec la participation de : R. Knoerr, G. Lehuédé, Y. Mergy, P. Oguic, J.L. Vandersleyen

La Rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs.

DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - COMPTABILITÉ : Véronique Laprie-Bérout - PUBLICITÉ : À la revue, e-mail : pubep@fr.oleane.com

I.S.S.N. 0243 4911 - N° Commission paritaire : 0914 T 85322 - Distribution : MLP - Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : Imprimerie de Compiègne, ZAC de Mercières, BP 60524, 60205 Compiègne Cedex - DEPOT LEGAL : à parution - Copyright © 2013 - **TRANSOCEANIC**

ABONNEMENTS : EVERIAL CRM, 123 Rue Jules Guesde, CS 70029, 92309 Levallois Perret Cedex - Tél. : 01 44 84 80 26 - Fax : 01 42 00 56 92 - Préciser sur l'enveloppe «Service Abonnements»

ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent.

Abonnements USA - Canada : Contacter Express Mag - [www.expressmag.com](http://www.expressmag.com) - [expressmag@expressmag.com](mailto:expressmag@expressmag.com) - Tarif abonnement USA-Canada : 60 €

TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 6,00 € • DOM Avion : 7,40 € • DOM Surface : 6,80 € • TOM/S : 900 CFP • Portugal continental : 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

© La reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue Electronique Pratique sont rigoureusement interdites, ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photostat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande d'autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSOCEANIC.

TOUT LE CATALOGUE SUR **DUNOD.COM**

**DUNOD**  
ÉDITEUR DE SAVOIRS



# Système de vision pour robots

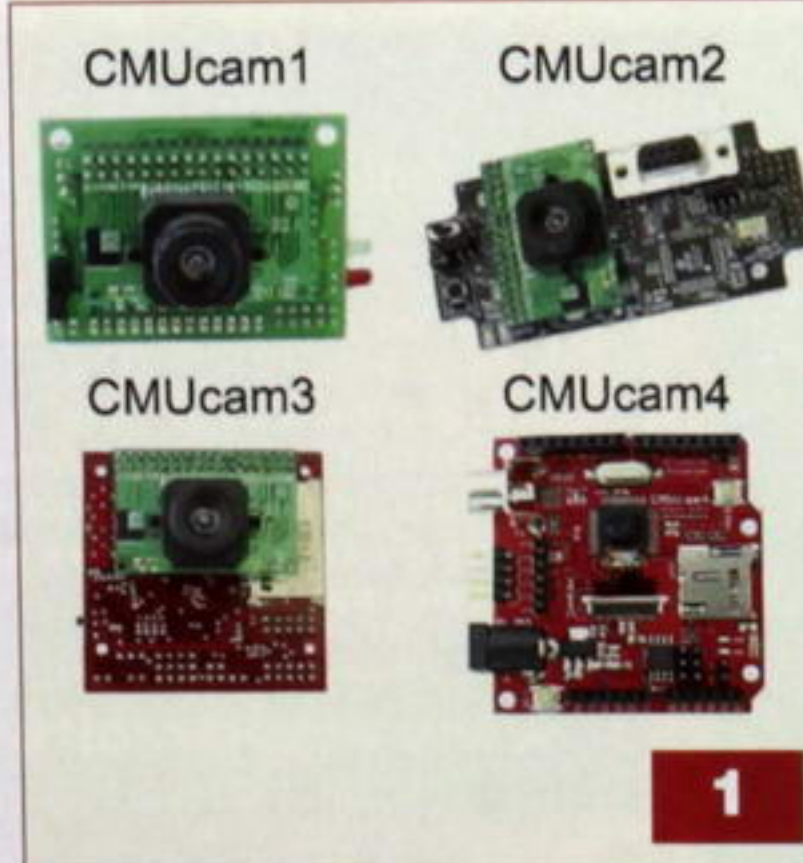
Quel passionné de robotique n'a pas imaginé une machine qui serait dotée de la vision et posséderait ainsi la faculté d'appréhender le monde qui l'entoure ? Chez les professionnels, c'est chose faite, ou presque...

**P**our les amateurs, ces dispositifs demeurent inabordable de par leur coût. Il existe cependant des systèmes, d'un prix raisonnable et aux possibilités étonnantes, tel celui que nous vous présentons.

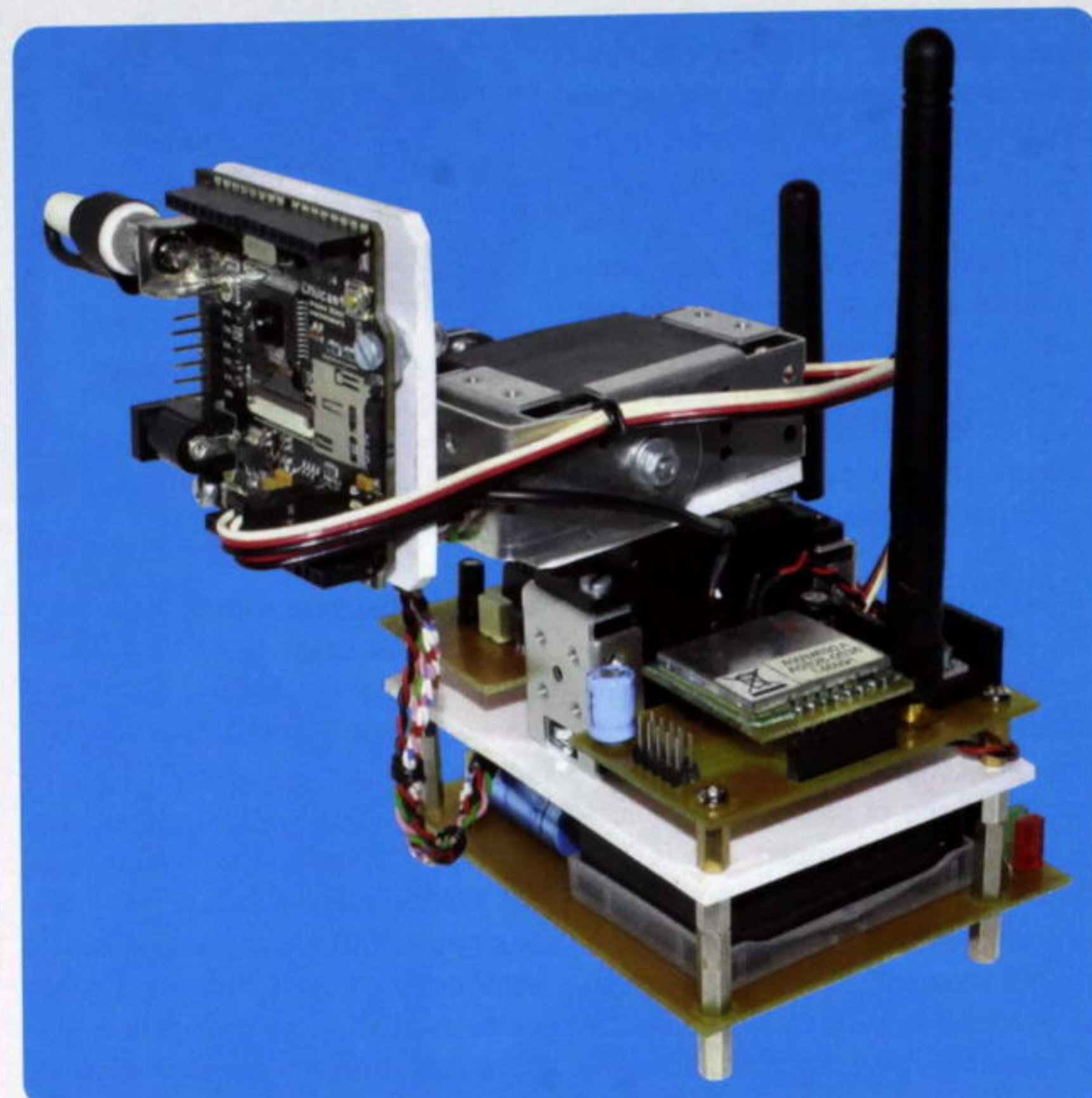
## Le module CMUCAM4

### Généralités

Le module de reconnaissance «vidéo» CMUcam est développé par l'Université de Carnegie Mellon depuis l'année 2000 et en est actuellement à la quatrième génération (figure 1). La CMUcam4 est un système de traitement «vidéo», assez simple à utiliser, pouvant très facilement être intégré dans des bases robotiques. Elle se présente sous la forme d'une platine électronique, microcontrôlée, associée à un



1



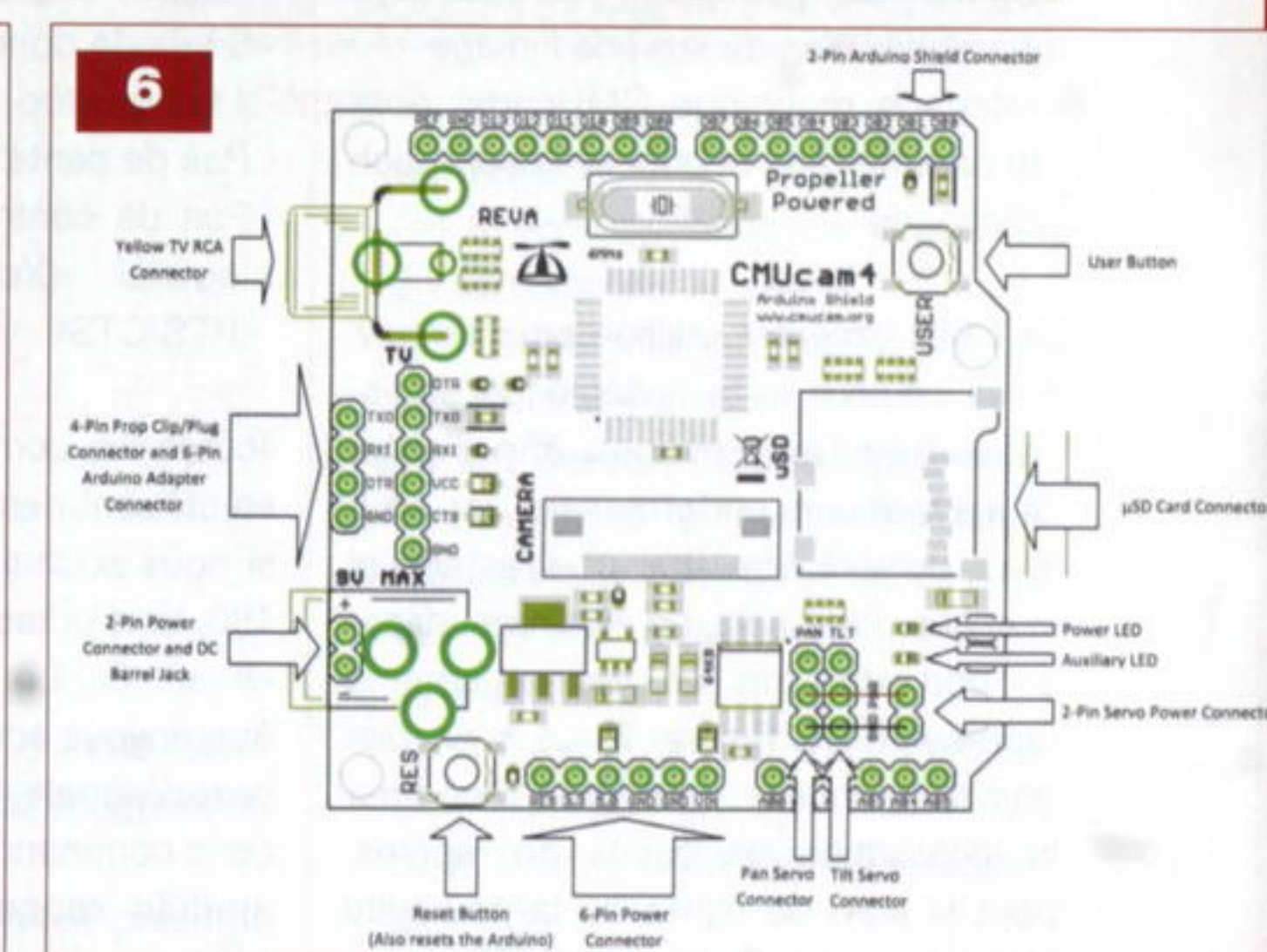
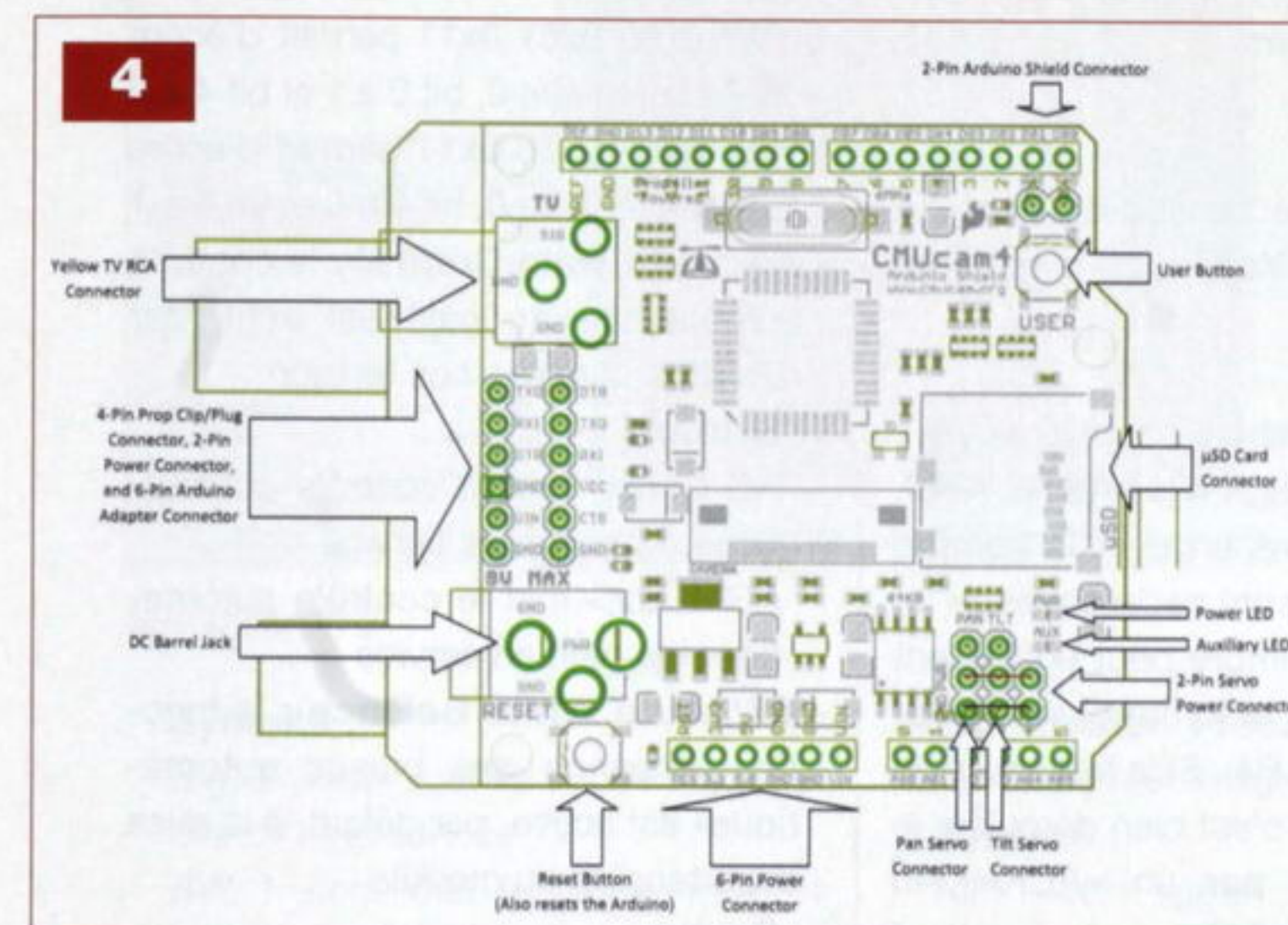
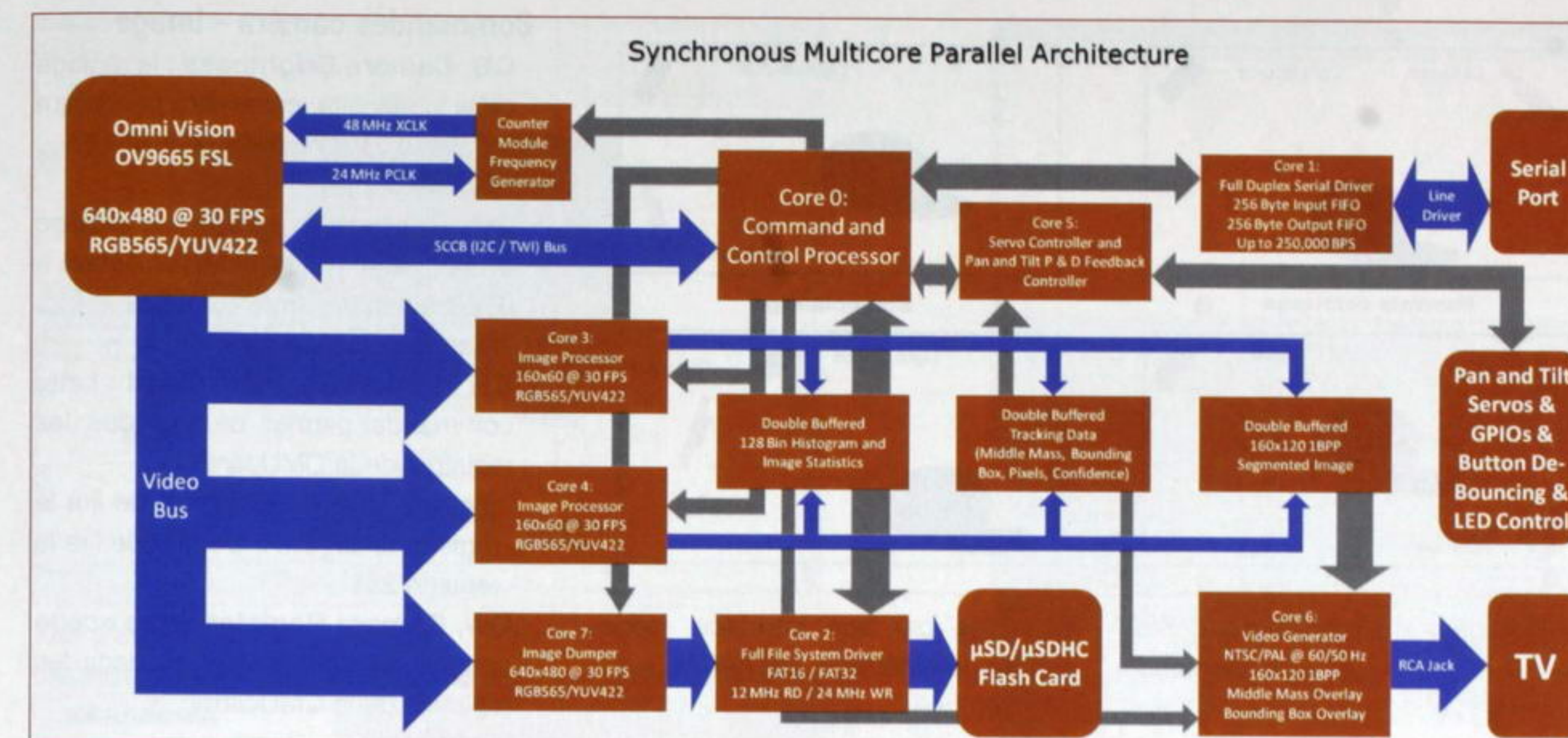
capteur «vidéo» couleur CMOS. Le dessin de la figure 2 représente l'organisation interne. Deux modèles sont disponibles : les figures 3 et 4 présentent le modèle 1 commercialisé par Sparkfun Electronics. Le modèle 2, commercialisé par Lextronic, est présenté aux figures 5 et 6. Les deux modèles fonctionnent de manière identique, seul diffère l'emplacement de certains connecteurs.

### Caractéristiques de la CMUcam4 :

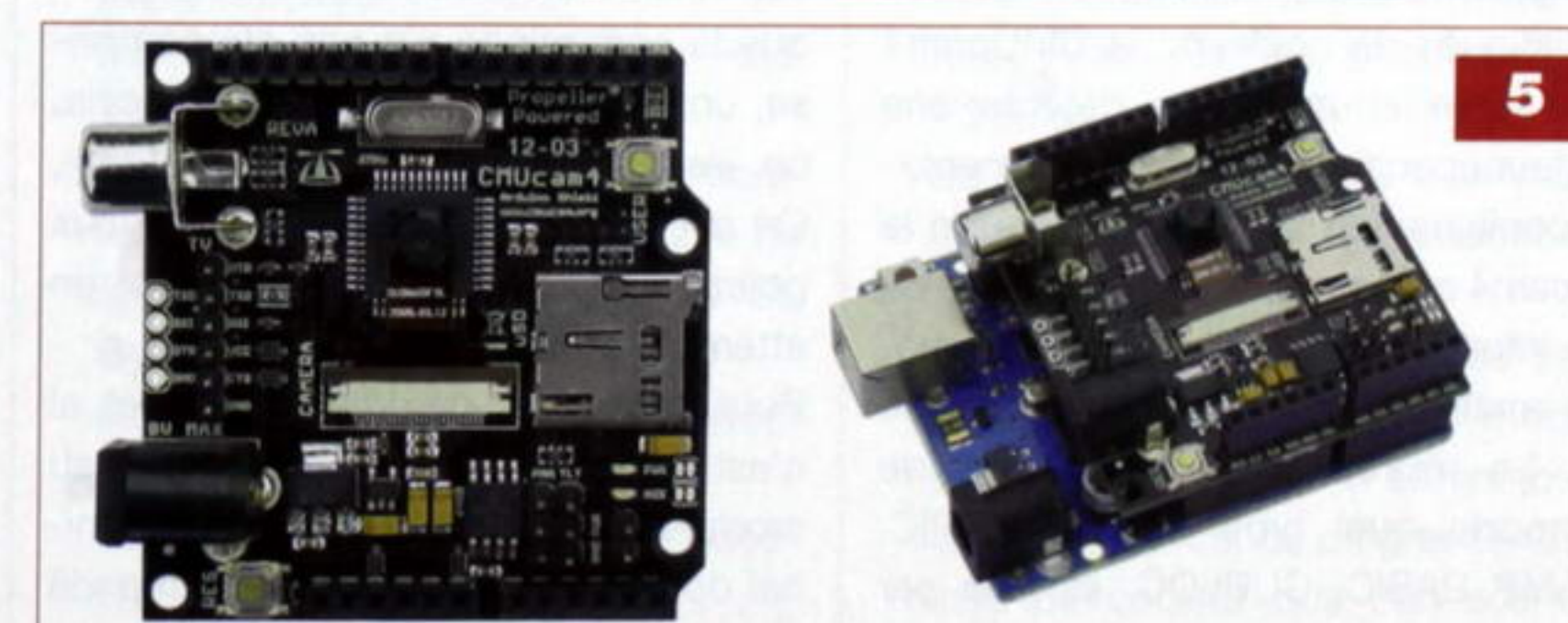
- La CMUcam4 est entièrement «open source» et reprogrammable au moyen de l'outil Propeller de Parallax. Ce logiciel est téléchargeable sur le site Parallax et permet la mise à jour du firmware du microcontrôleur (vues d'écrans 1 et 2)
- Compatible avec le «shield» Arduino : il existe des bibliothèques d'interfaces et des applications de démonstrations

- Capteur couleur RGB565/YUV655, d'une résolution VGA de 640 x 480 :
  - Vitesse de traitement de l'image de 30 fps («Frames Per Second»)
  - Sortie de l'image vers l'interface «série» ou vers la carte «mémoire»
  - Résolution de l'image de 640 x 480, 320 x 240, 160 x 120 et 80 x 60
  - Espace de couleur RGB565 et YUV655
- Traitement de l'image intégré (QQVGA 160x120) :
  - Utilisation pour le suivi («tracking») des couleurs (espaces RGB et YUV)
  - Utilisation pour la collecte des statistiques basiques d'images. Cette collecte est réalisée à une résolution de 40 x 120
- Capture d'images segmentées pour la visualisation du suivi (par liaison «série» ou carte «mémoire») :
  - Résolution de l'image de 80 x 60
  - Espace de couleur monochrome
- La création de l'histogramme est

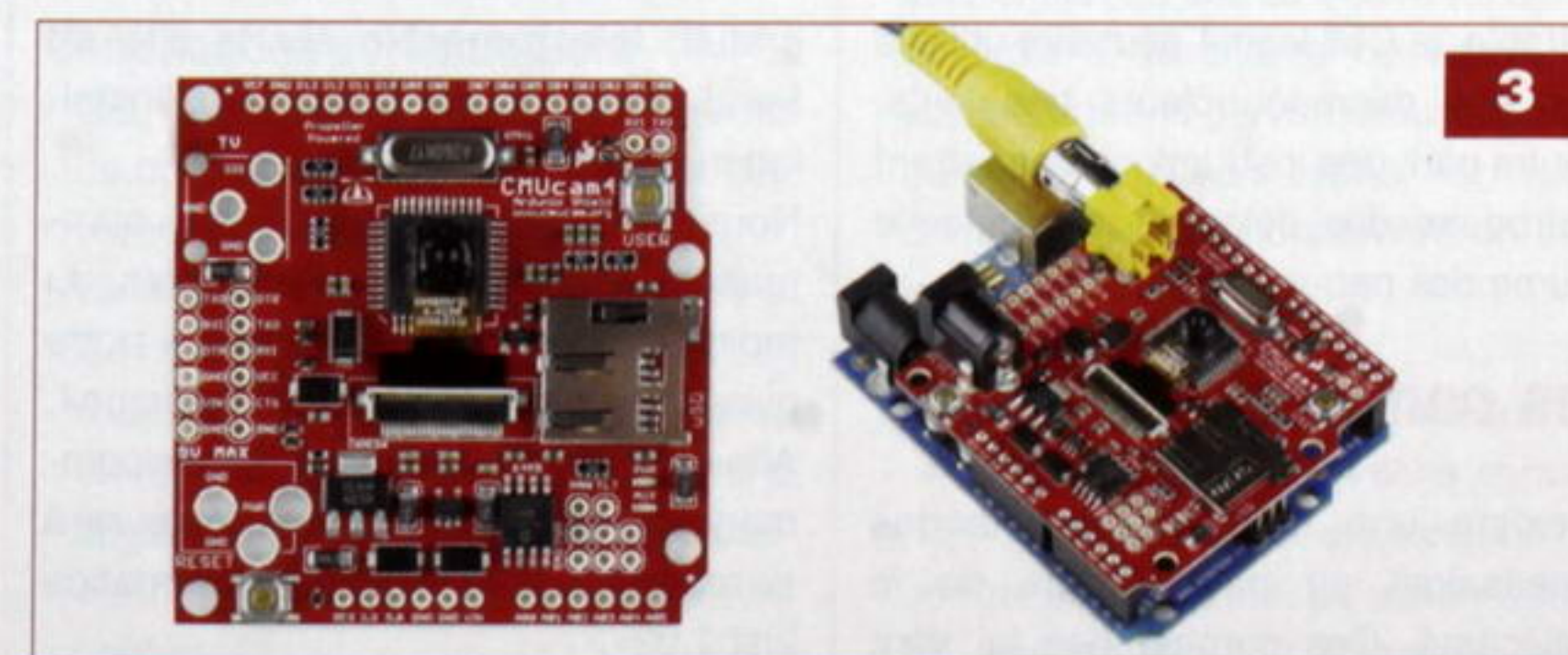
2



- échantillonnée à partir d'une résolution d'image de 40 x 120
- Fenêtrage - masque d'image arbitraire
- Gestion d'une carte mémoire μSD/μSDHC avec driver FAT16/32 :
  - Gestion de répertoires
  - Opérations sur fichiers
- Interfaces d'entrées/sorties :
  - Deux ports pour servomoteurs, «Pan» (panoramique, déplacement horizontal) et «Tilt» (déplacement vertical), avec une résolution de 1 μs à un taux de rafraîchissement de 50 Hz
  - Les ports des servomoteurs peuvent être configurés comme lignes d'entrées ou de sorties
  - Leds indicatrices pour le bouton «User» et pour la mise sous tension
  - UART au niveau TTL (5 V) configuré à 18 200 bps par défaut et configurable jusqu'à 250 000 bps

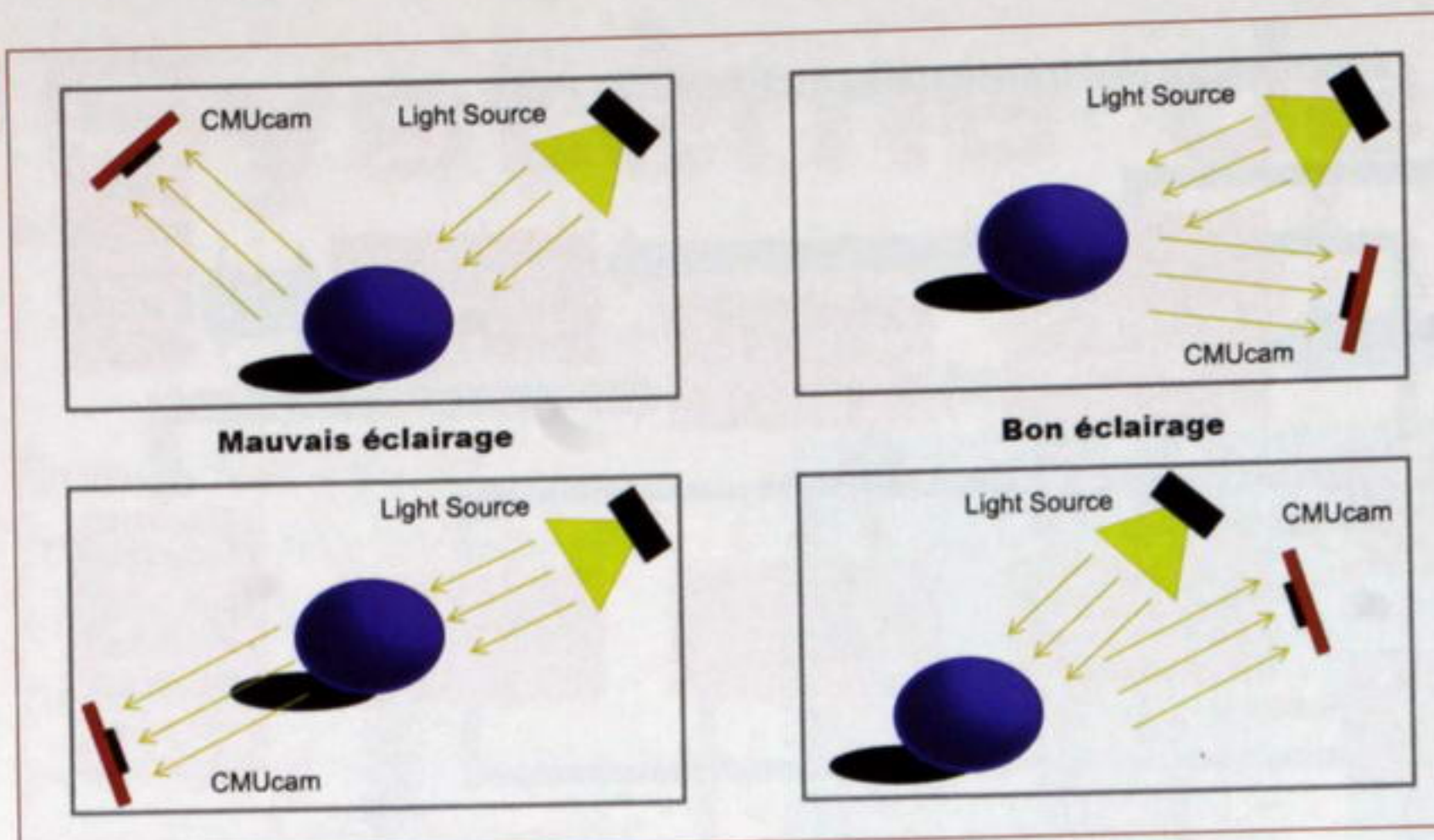


5



3





- Sortie «vidéo» analogique, monochrome PAL/NTSC, avec une résolution de 160 x 120.
- Un moniteur peut y être connecté pour la visualisation du suivi de l'image
- Interface graphique CMUcam4 pour le paramétrage et pour la visualisation d'images

La CMUcam4 est utilisée pour le suivi de la couleur et la collecte de statistiques basiques d'images. Afin d'obtenir les meilleures performances, les couleurs doivent être très contrastées et intenses. Pour cela, un éclairage efficace doit être mis en œuvre, comme représenté en **figure 7**. Le suivi des objets de couleur peut être utilisé pour la localisation de points de repères, pour le suivi de lignes ou la poursuite d'objets mobiles. Par l'utilisation des statistiques de couleurs, la CMUcam4 peut surveiller une scène, détecter une couleur spécifique ou un mouvement. La configuration la plus courante de la CUcam4 est sa connexion, au moyen de son interface «série», à un microcontrôleur «maître» ou à un ordinateur de type PC. Le microcontrôleur peut être de n'importe quel type : Arduino, PIC, STAMP BASIC, CUBLOC, etc. De par son système de communication paramétrable, la CMUcam4 peut être utilisée avec des microcontrôleurs très lents. D'autre part, des instructions permettent d'introduire des délais et de limiter le volume des paquets de données.

## Les commandes

Il existe une liste de commandes nécessaires au paramétrage de la CMUcam4. Ces commandes lui sont

envoyées par son interface «série», dont le paramétrage, par défaut, est :

- 19 200 bps
- 1 bit de départ
- 8 bits de données
- 1 bit de stop
- Pas de parité
- Pas de contrôle de flux ou contrôle logiciel (Xon/Xoff) ou matériel (RTS/CTS)

Toutes les commandes sont envoyées en utilisant des caractères ASCII. Ainsi, si nous souhaitons envoyer le nombre 180, trois octets sont nécessaires : «1», «8» et «0». Le nombre peut également être envoyé sous la forme d'une valeur hexadécimale (0xB4). Si la transmission de la commande s'est bien déroulée, le module répond par un «ACK». Au contraire, si un problème est survenu et que la commande n'a pas été comprise, un «NCK» est renvoyé. Après cela, un «retour chariot» («Carriage Return», Cr) est envoyé, suivi de «:». Ces deux points signifient que le module est en attente d'autres instructions. Pour réaliser ces communications et, si c'est un ordinateur qui est connecté au module, un logiciel émulateur de terminal doit être utilisé. Il est recommandé de choisir le «Parallax Serial Terminal», gratuit, téléchargeable sur le site de Parallax et ne nécessitant pas d'installation (**vue d'écran 3**).

Nous donnons ci-dessous les commandes, sinon les plus importantes, du moins les plus représentatives à notre avis, des possibilités de la CMUcam4. Afin de connaître la totalité de ces commandes, nous invitons nos lecteurs à se reporter à la «CMUcam4 Commands List 1.02».

## Commandes caméra - Image

- **CB, Camera Brightness** : le réglage de la luminosité, paramétré par défaut à 0, est ajustable entre -127 et 127

Syntaxe : CB -16 <cr>

- **CC, Camera Contrast** : le réglage du contraste, paramétré par défaut à 0, est ajustable entre -31 et 31

Syntaxe : CC 8 <cr>

- **CR, Camera Register Read** : cette commande permet de lire tous les registres de la CMUcam4

Syntaxe : CR 0x00 permet de lire le registre 0, CR 0xFF permet de lire le registre 255

- **CW, Camera Register Write** : cette commande permet d'écrire dans les registres de la CMUcam4

Syntaxe :  
CW 0x00 0x01 0x11 permet d'écrire dans le registre 0, bit 0 à 1 et bit 4 à 0  
CW 0xFF 0x10 0x11 permet d'écrire dans le registre 0, bit 0 à 0 et bit 4 à 1

- **AG, Auto Gain Control** : le contrôle automatique du gain est actif, par défaut, à la mise sous tension

Syntaxe :  
AG 0 <cr> met le contrôle automatique de gain hors service  
AG 1 <cr> met le contrôle automatique de gain en service

- **AW, Auto White Balance** : la fonction «balance des blancs automatique» est active, par défaut, à la mise sous tension du module

Syntaxe :  
AW 0 <cr> met le contrôle automatique hors service  
AW 1 <cr> met le contrôle automatique en service

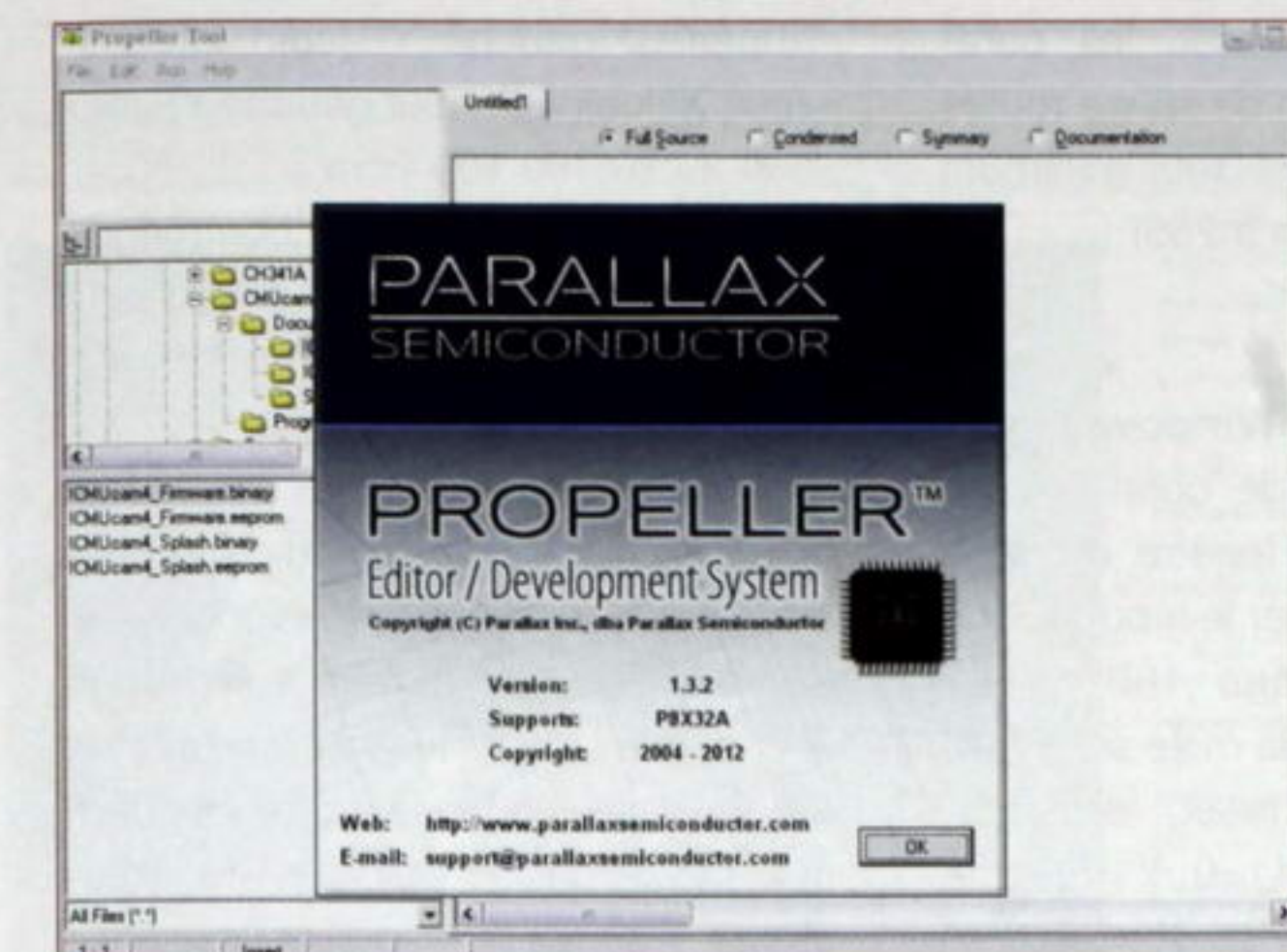
- **HM, Horizontal Mirror** : la fonction «miroir horizontal» est paramétrée, par défaut, à 0

Syntaxe :  
HM 0 <cr> met la fonction hors service  
HM 1 <cr> met la fonction en service

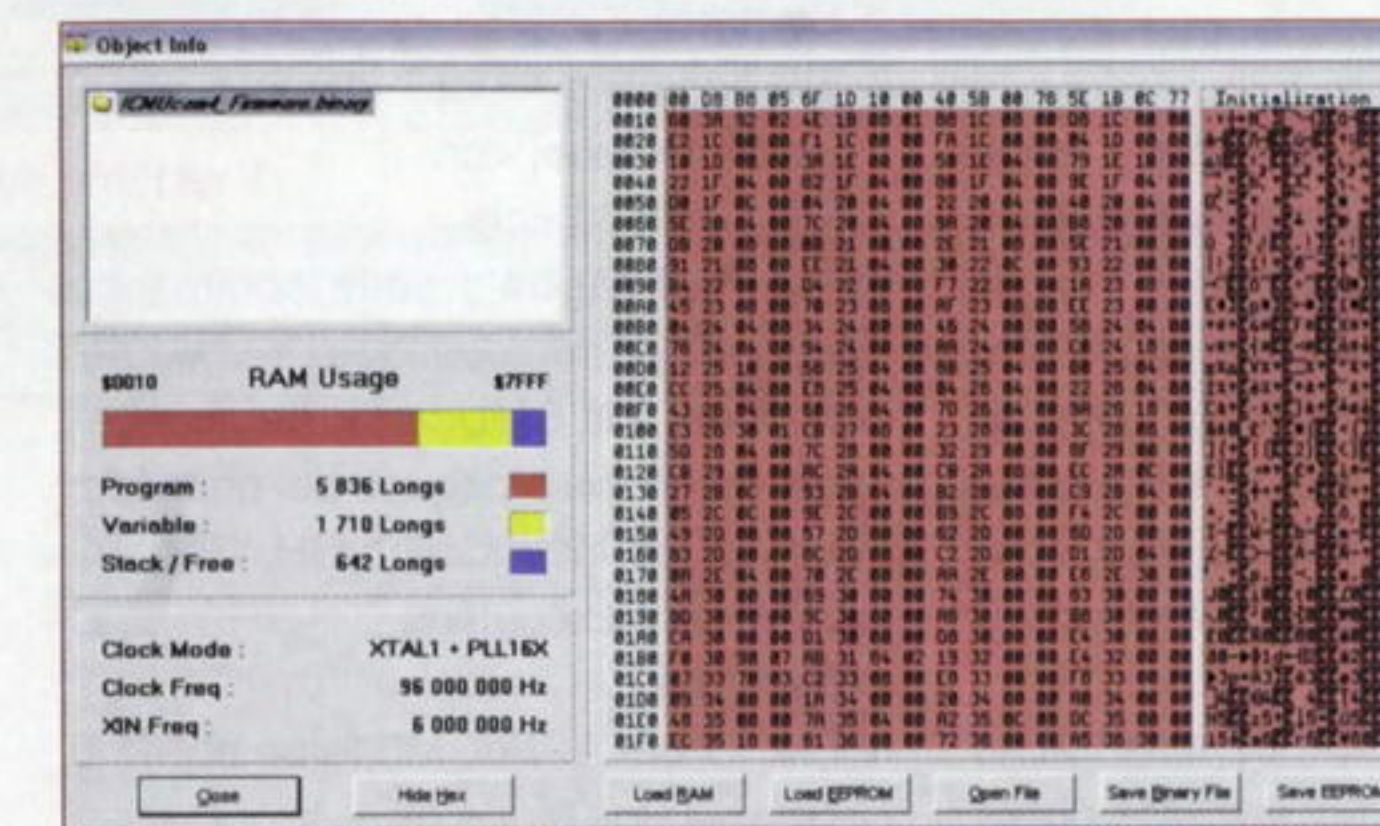
- **VF, Vertical Flip** : la fonction «retournement vertical» est paramétrée, par défaut, à 0

Syntaxe :  
VF 0 <cr> met la fonction hors service  
VF 1 <cr> met la fonction en service

- **BW, Black and White Mode** : la fonction «noir et blanc» n'est pas active, par défaut, à la mise sous tension



Vue d'écran 1



Vue d'écran 2

Syntaxe :

BW 0 <cr> met le mode «noir et blanc» hors service  
BW 1 <cr> met le mode «noir et blanc» en service

- **NG, Negative Mode** : la fonction «image négative» n'est pas active, par défaut, à la mise sous tension

Syntaxe :  
BW 0 <cr> met le mode «image négative» hors service  
BW 1 <cr> met le mode «image négative» en service

## Commandes du moniteur

- **M0, Monitor Off** : cette commande arrête la transmission du signal «vidéo» vers le moniteur

Syntaxe :  
M0 <cr> met la sortie «vidéo» hors service

- **M1, Monitor On** : cette commande permet la transmission du signal «vidéo» vers le moniteur

Syntaxe :  
M1 <cr> met la sortie «vidéo» en service

- **MF, Monitor Freeze** : cette commande permet le «gel» d'image vidéo

Syntaxe :  
MF 1 <cr> «gèle» l'image présente sur le moniteur  
MF 0 <cr> met la fonction «gel» d'image hors service

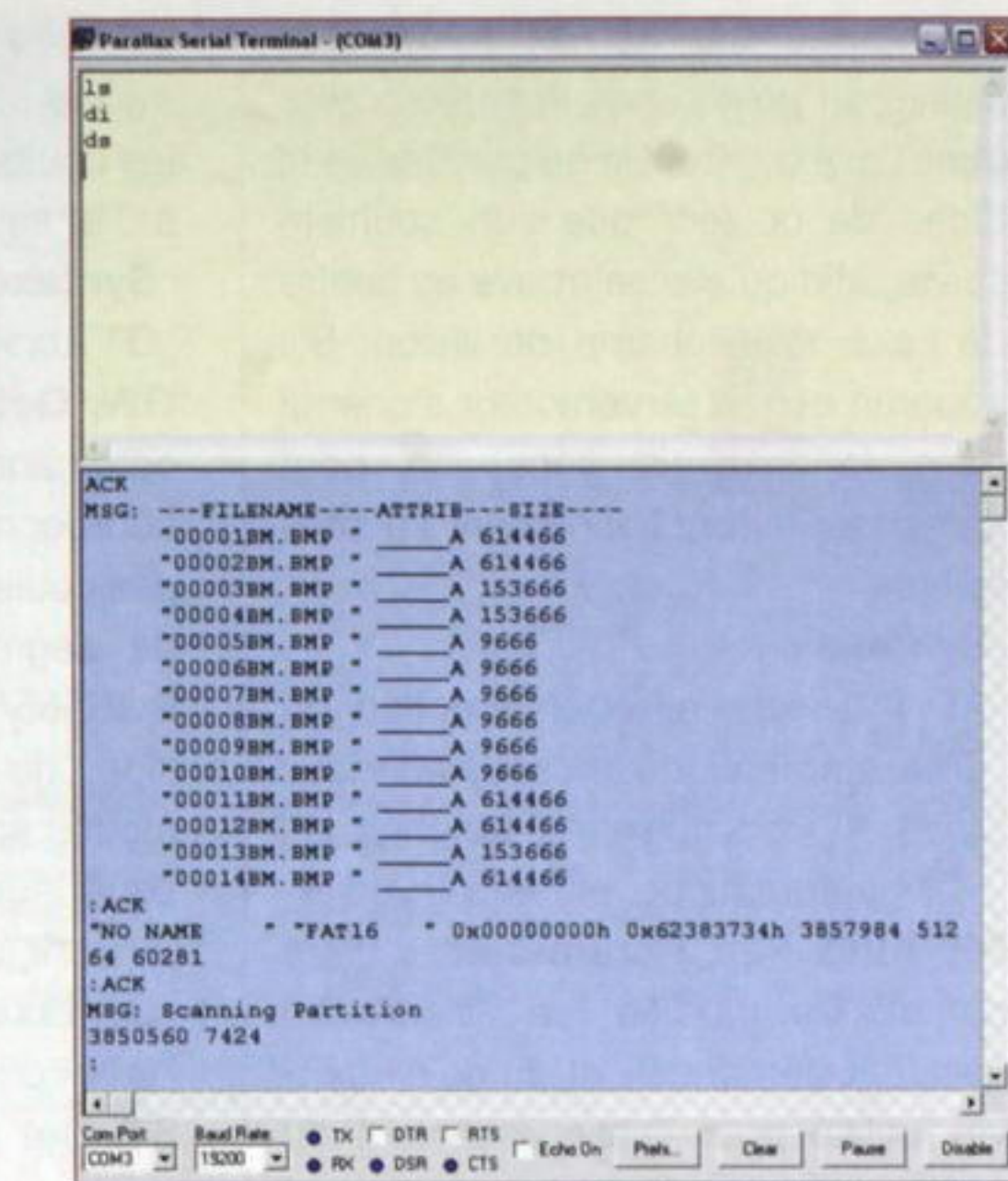
- **MS, Monitor Signal** : cette commande permet de choisir le type de signal «vidéo» en sortie, PAL ou NTSC

Syntaxe :  
MS 1 <cr> génère un signal «vidéo» PAL  
MS 0 <cr> génère un signal «vidéo» NTSC

## Commandes servomoteurs

- **GS, Get Servo Position** : permet de connaître la position des deux servomoteurs «Pan» et «Tilt».

La valeur retournée peut être 0, si les servomoteurs ne sont pas en fonction, ou une valeur comprise entre 750 et 2 250 qui représente la largeur des impulsions en microsecondes lorsque les servomoteurs sont actifs



Vue d'écran 3

Syntaxe :

GS 0 <cr> s'informe de la position du servomoteur «Pan»

GS 1 <cr> s'informe de la position du servomoteur «Tilt»

- **SS, Set Servo Position** : cette commande permet de mettre les servomoteurs en fonction et/ou de les positionner à une valeur spécifique

Syntaxe :  
SS 0 0 <cr> désactive le servomoteur «Pan»  
SS 1 0 <cr> désactive le servomoteur «Tilt»  
SS 0 1 1200 <cr> active le servomoteur «Pan» et le «positionne» à 1 200 µs  
SS 1 1 1800 <cr> active le servomoteur «Tilt » et le «positionne» à 1 800 µs

- **AP, Automatic Pan** : lorsque cette commande est active, le module essaie de positionner le servomoteur dans l'axe du «centre de gravité» de la tâche de couleur que l'on souhaite suivre, afin qu'elle se trouve au centre de l'axe X du champ de vision. S'il apparaît que le servomoteur s'oriente dans le mauvais sens, on peut demander le fonctionnement en sens inversé

Syntaxe :  
AP 1 0 <cr> mise en fonction du «Pan» automatique, en sens normal  
AP 1 1 <cr> mise en fonction du «Pan» automatique, en sens inversé  
- **AT, Automatic Tilt** : lorsque cette



commande est active, le module essaie de positionner le servomoteur dans l'axe du «centre de gravité» de la tâche de couleur que l'on souhaite suivre, afin qu'elle se trouve au centre de l'axe Y du champ de vision. S'il apparaît que le servomoteur s'oriente dans le mauvais sens, on peut demander le fonctionnement en sens inversé

#### Syntaxe :

AT 1 0 <cr> mise en fonction du «Tilt» automatique, en sens normal  
AT 1 1 <cr> mise en fonction du «Tilt» automatique, en sens inversé

- **PP, Auto Pan Parameters** : cette commande modifie les valeurs du gain «proportionnel» et du gain «dérivé» utilisé pour l'asservissement du servomoteur de «Pan». Les gains sont fixés, par défaut, respectivement à 325 et 175. La valeur des gains peut être comprise entre 0 et 1 000. Un nombre plus élevé se traduit par une meilleure réponse, tandis qu'un nombre moins élevé a pour conséquence une moindre réponse

#### Syntaxe :

PP 500 100 <cr> fixe P(roportionnel) à 500 et D(érivé) à 100  
PP 0 1000 <cr> fixe P(roportionnel) à 0 et D(érivé) à 1 000

- **TP, Auto Tilt Parameters** : cette commande modifie les valeurs du gain «proportionnel» et du gain «dérivé» utilisé pour l'asservissement du servomoteur de «Tilt». Les gains sont fixés, par défaut, respectivement à 325 et 175. La valeur des gains peut être comprise entre 0 et 1 000. Un nombre plus élevé se traduit par une meilleure réponse, tandis qu'un nombre moins élevé a pour conséquence une moindre réponse

#### Syntaxe :

TP 500 100 <cr> fixe P(roportionnel) à 500 et D(érivé) à 100  
TP 0 1000 <cr> fixe P(roportionnel) à 0 et D(érivé) à 1 000

### Commandes du suivi des couleurs

- **GT, Get Tracking Params.** : cette commande permet de connaître les seuils des couleurs du «Tracking» (suivi) utilisé par le module, afin de segmenter l'image 160 x 120 RGB565/YUV655. A la mise sous ten-

sion, ou après un reset, les paramètres sont fixés afin de suivre toutes les couleurs possibles (seuil minimum à 0 et seuil maximum à 255)

#### Syntaxe :

GT <cr>

- **GW, Get Tracking Window** : cette commande permet de connaître les coordonnées de la fenêtre du suivi des couleurs utilisé par le module, afin de segmenter l'image 160 x 120 RGB565/YUV655. A la mise sous tension, ou après un reset, les paramètres sont fixés à X1=0, Y1=0 (coin supérieur gauche) et X2=159 et Y2=119 (coin inférieur droit)

#### Syntaxe :

GW <cr>

- **ST, Set Tracking Params.** : cette commande permet de fixer les seuils des couleurs du «Tracking» (suivi) utilisé par le module, afin de segmenter l'image 160 x 120 RGB565/YUV655. Exécutée sans arguments, cette commande fixe les seuils des trois couleurs au minimum et au maximum (0 et 255).

Après l'envoi de cette commande, la caméra effectuera un suivi des pixels contenant :

- Une composante rouge entrant dans la fourchette «rouge minimum» et «rouge maximum»
- Une composante bleue entrant dans la fourchette «bleu minimum» et «bleu maximum»
- Une composante verte entrant dans la fourchette «vert minimum» et «vert maximum»

#### Syntaxe :

ST [rouge mini - rouge maxi] [vert mini - vert maxi] [bleu mini - bleu maxi] <cr>

ST 50 150 50 200 50 150 <cr>

- **SW, Set Tracking Window** : cette commande permet de fixer les coordonnées de la fenêtre du suivi des couleurs utilisé par le module, afin de segmenter l'image 160 x 120 RGB565/YUV655. Exécutée sans arguments, cette commande permet un suivi de tous les pixels de l'image. Après l'exécution de cette commande, la caméra effectue un suivi de tous les pixels contenus dans la fenêtre délimitée par les arguments

#### Syntaxe :

ST [coin supérieur gauche X] [coin

supérieur gauche Y] [coin inférieur droit X] [coin inférieur gauche Y] <cr>  
SW 20 20 100 100 <cr>

- **TC, Track Color** : cette commande retourne les données du suivi d'une image

#### Syntaxe :

TC <cr>

- **TW, Track Window** : cette commande retourne les données du suivi d'une image. La caméra suivra tous les pixels dont les composantes rouge, verte et bleue correspondent aux moyennes fixées par les arguments. Ces moyennes sont calculées en interne

#### Syntaxe :

TW [gamme rouge] [gamme verte] [gamme bleue] <cr>  
TW 60 60 60 <cr>

- **PM, Poll Mode** : cette commande permet au microcontrôleur externe, connecté à la CMUcam4, de ne recevoir qu'un seul paquet de données, lorsque les instructions GH, GM, TC et TW sont exécutées

#### Syntaxe :

PM 1 <cr> → Poll Mode on et PM 0 <cr> → Poll Mode off

### Commandes de capture d'images sur la «carte mémoire»

- **DB, Dump Bitmap** : cette commande permet d'enregistrer une image «bitmap» en noir et blanc sur la carte «mémoire». Un nom est automatiquement donné à cette image, qui est de la forme xxxxxBM.BMP, où xxxxx est un nombre. Ainsi, la première prise de vue sera nommée 00001BM.BMP, la seconde 00002BM.BMP, etc.

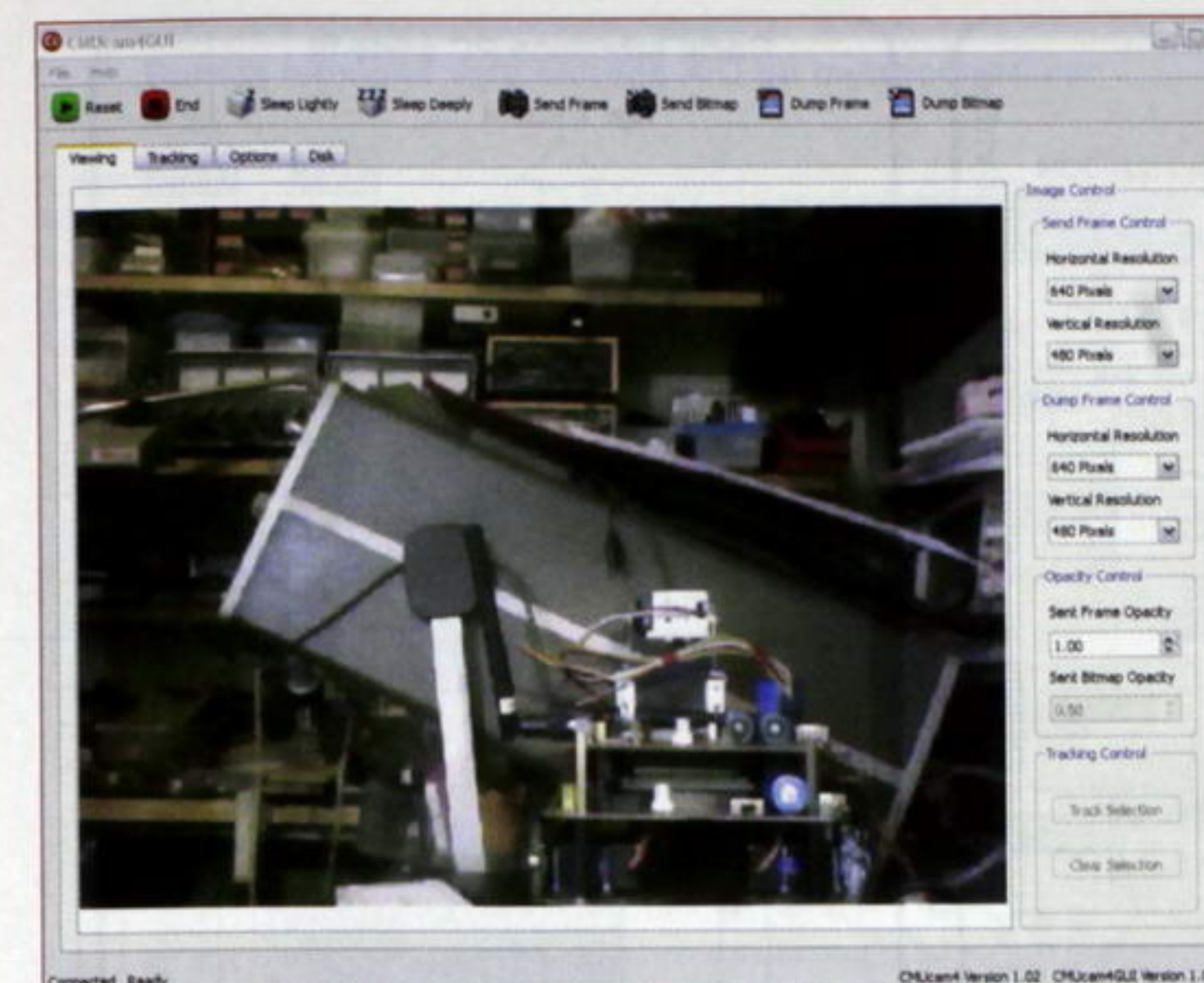
#### Syntaxe :

DB <cr>

- **DF, Dump Frame** : cette commande a pour conséquence l'enregistrement d'une image en couleur RGB565 sur la carte «mémoire». Sa résolution peut être 640 x 480 (arguments : 0 0), 320 x 240 (arguments : 1 1), 160 x 120 (arguments : 2 2) ou 80 x 60 (arguments : 3 3). Les fichiers sont nommés de la même manière que pour l'instruction précédente

#### Syntaxe :

DF [argument 1] [argument 2] <cr>  
DF 0 0 <cr> → enregistrement d'une image «bitmap» couleur de 640x480 sur la carte «mémoire»



Vue d'écran 4



Vue d'écran 6

### Commandes système

- **GV, Get Version** : cette commande permet de connaître le numéro de la version du firmware de la CMUcam4

#### Syntaxe :

GV <cr>

- **RS, Reset System** : un reset du système est effectué lorsque cette commande est exécutée

#### Syntaxe :

RS <cr>

- **SD, Sleep Deeply** : cette commande positionne le module en état de basse consommation de courant. Les servomoteurs ne sont plus actifs et une réinitialisation du module est effectuée

#### Syntaxe :

SD <cr>

- **SL, Sleep Lightly** : commande identique à la précédente, mais le courant consommé est plus élevé

#### Syntaxe :

SL <cr>

- **BM, Baud Mode** : cette commande permet de paramétrer le débit de l'interface «série», fixé par défaut à 19 200 bps. N'importe quelle valeur comprise entre 1 bps et 250 000 bps peut être choisie. A la mise hors tension ou après un reset, le débit par défaut (19 200 bps) est de nouveau instauré.

Le paramétrage du nouveau débit, par exemple 38 400 bps, doit être effectué de la façon suivante :

- Terminal : BM 38 400 <cr>

- Réponse du module à 19 200 bps → ACK

- Terminal : <cr> envoi du Carriage Return à 38 400 bps

- Réponse du module à 38 400 bps → ACK

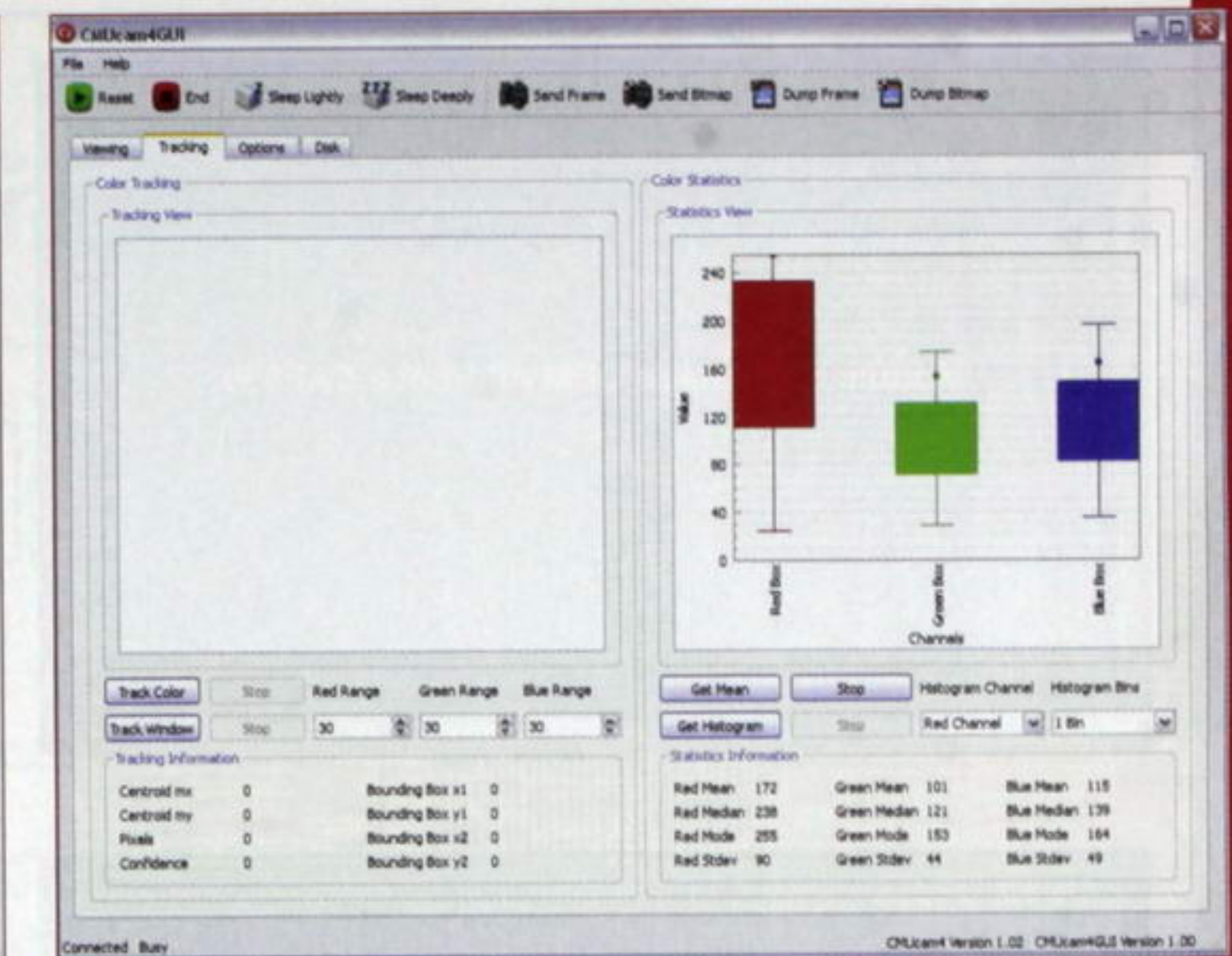
- **DM, Delay Mode** : cette commande permet d'introduire des délais dans les communications «série» pour les microcontrôleurs lents

#### Syntaxe :

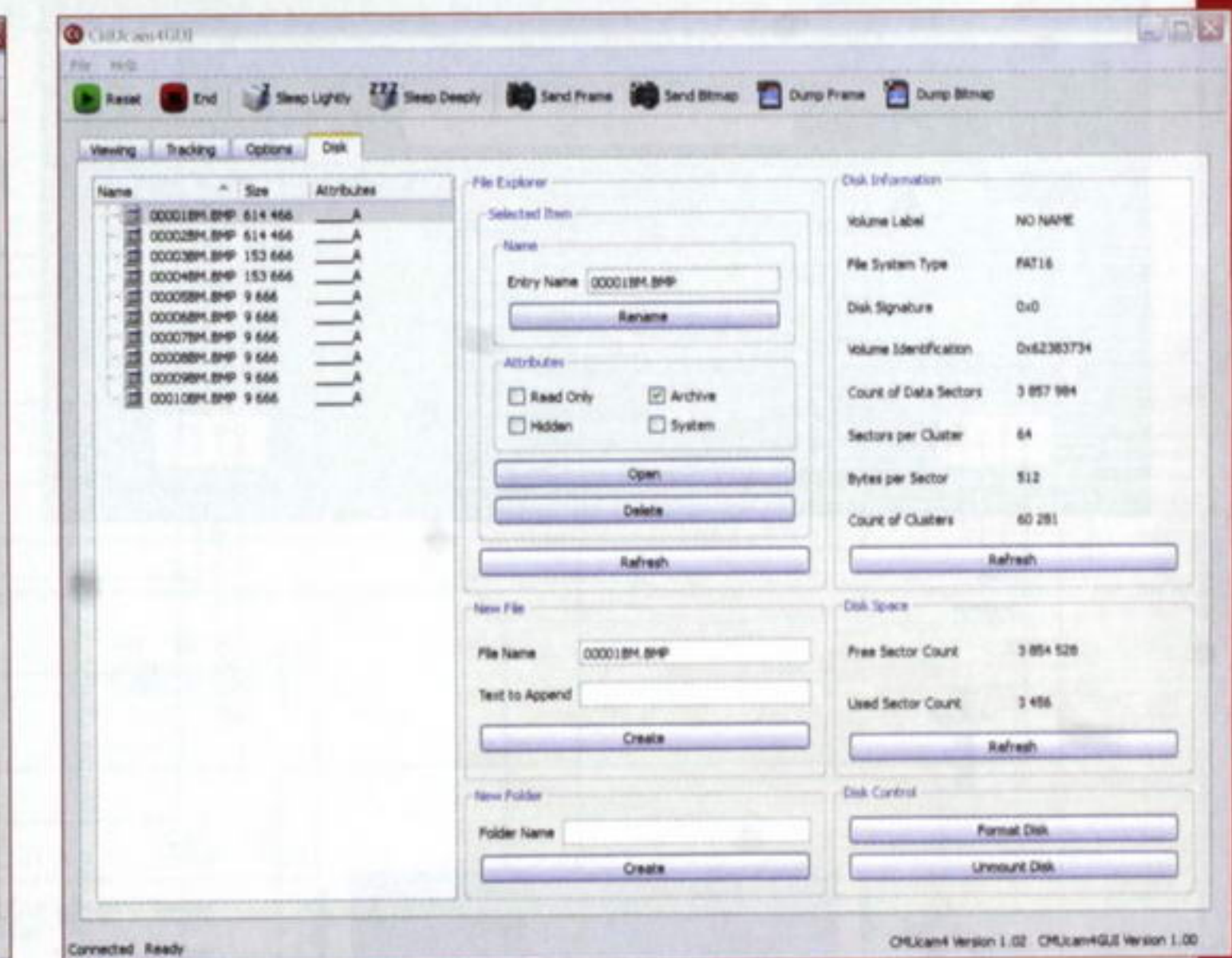
DM [délais] <cr>

Où «délais» peut être compris entre 0 et 2.147.483.647

Ainsi, à la commande DM 19 190 <cr>, le module répond par un ACK à la vitesse d'un caractère par seconde.

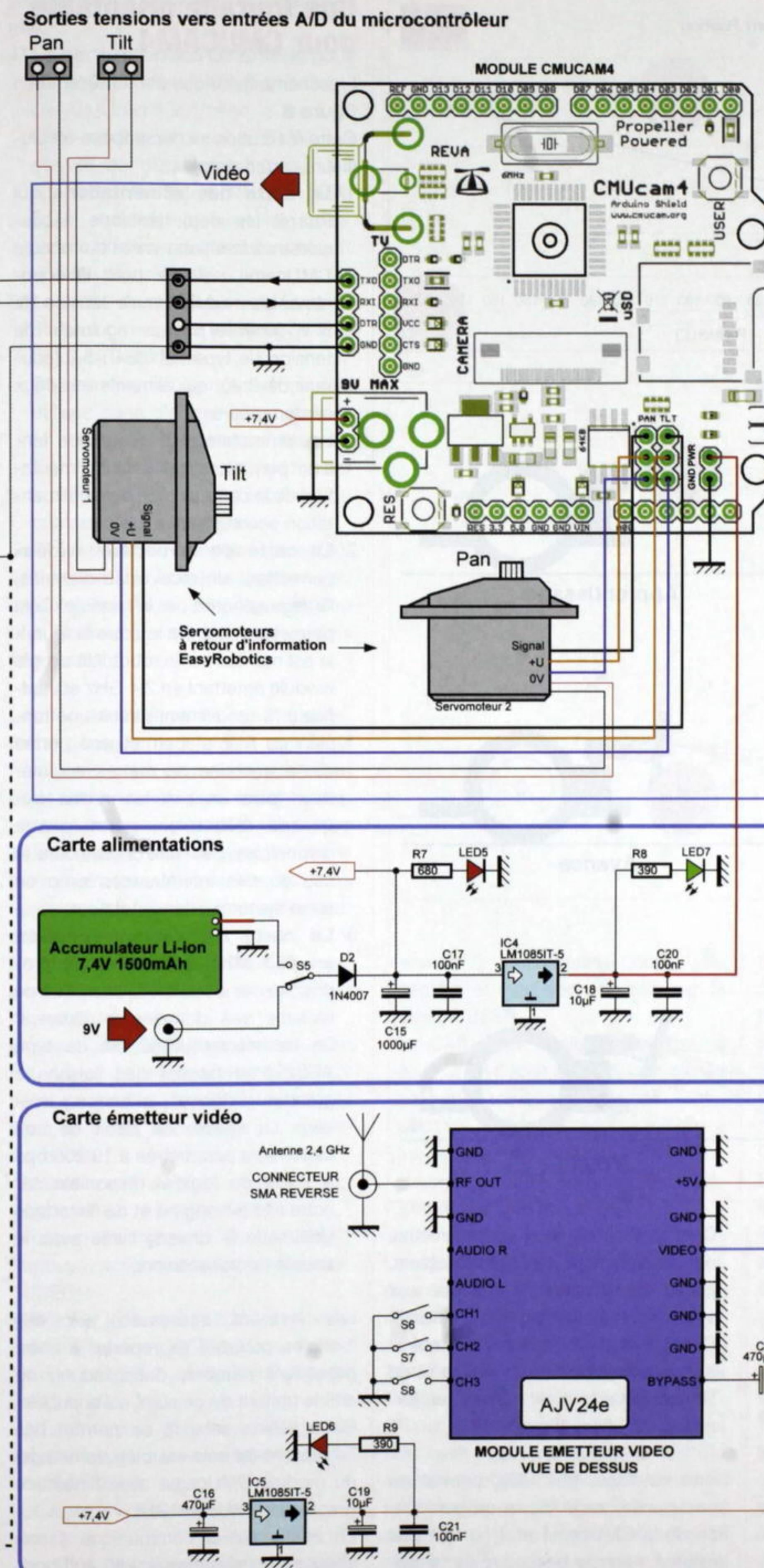
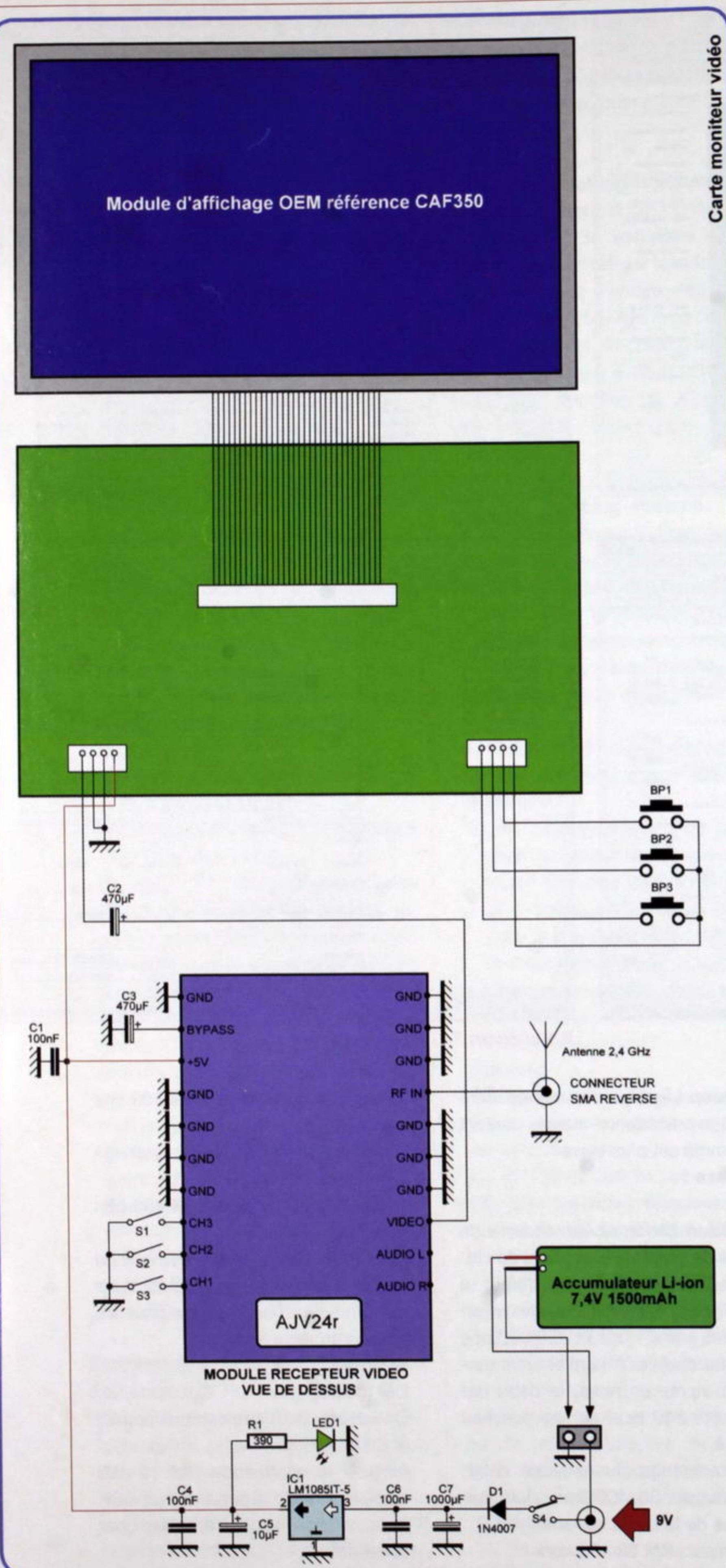


Vue d'écran 5

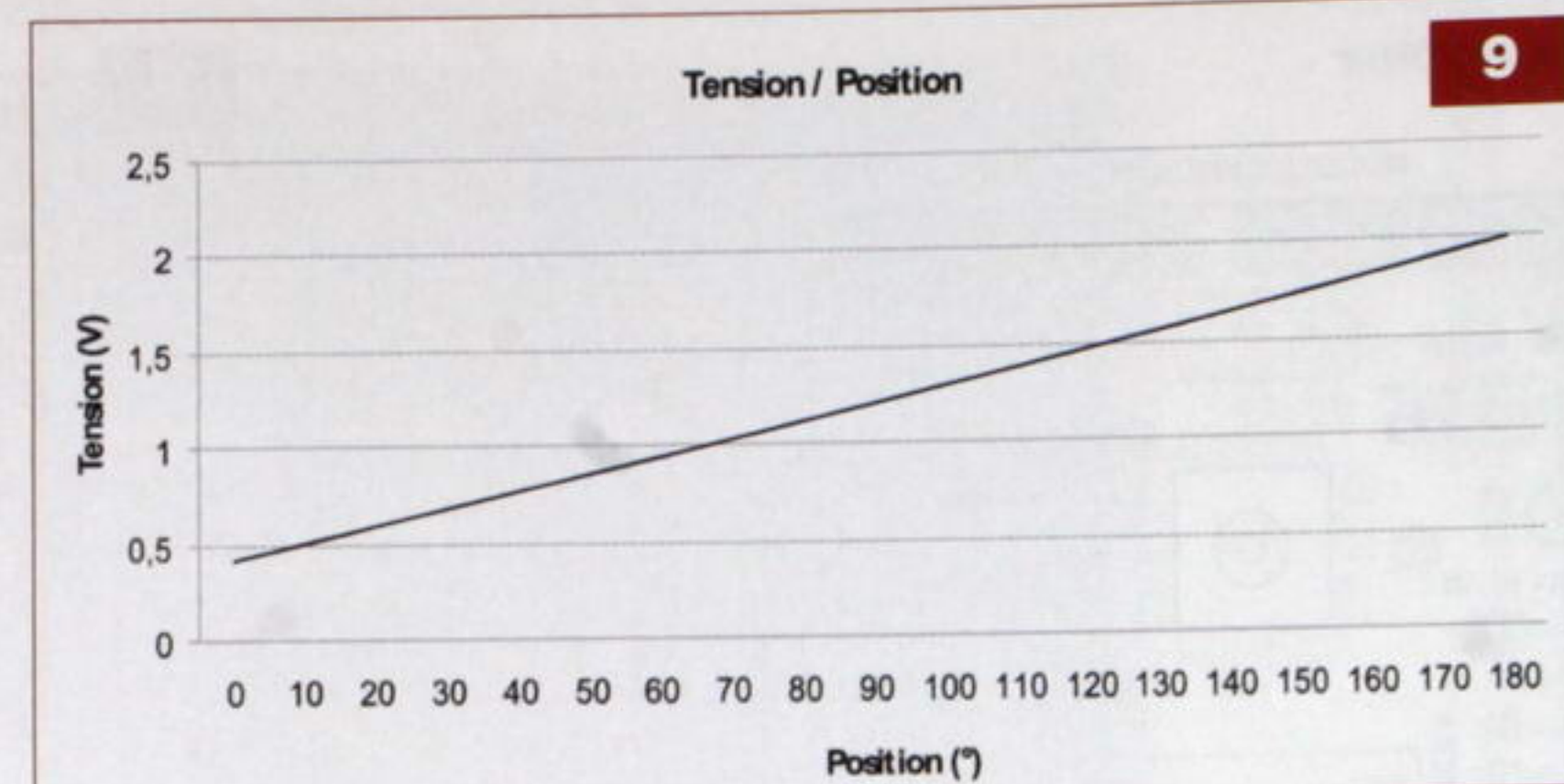


Vue d'écran 7

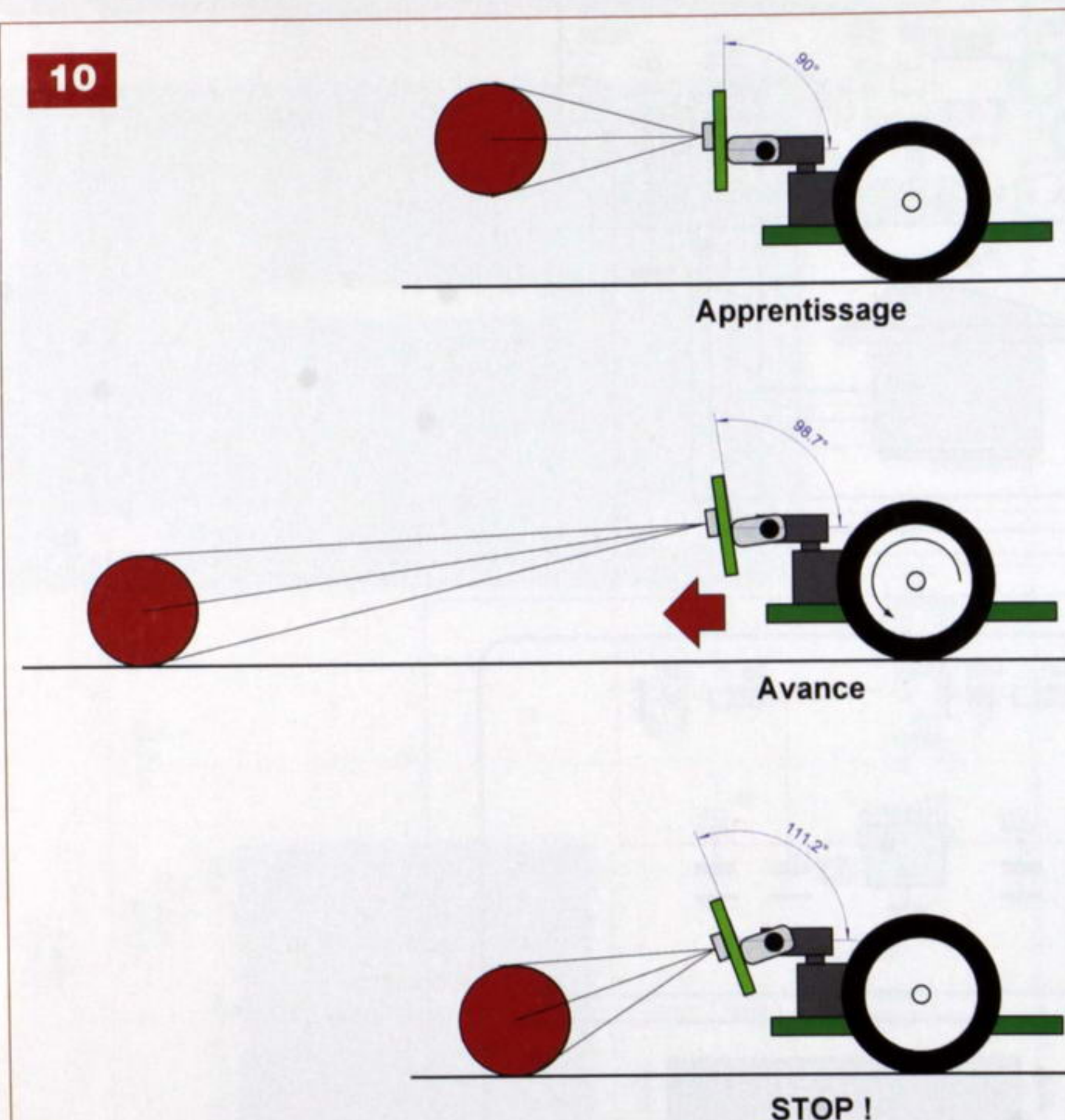








10



Le module CMUcam4 peut également être programmé au moyen d'une interface graphique («CMUcam4GUI.exe») et d'un ordinateur. Le logiciel est disponible en libre téléchargement sur le site des concepteurs de la CMUcam4. Toutes les fonctions sont accessibles :

- Prises de vues en différentes définitions et «tracking» (vue d'écran 4)
- Paramétrage des modes du suivi des couleurs et des fenêtres, obtention d'histogrammes (vue d'écran 5)

- Configuration de tous les paramètres de la caméra et des servomoteurs, accès au moniteur «vidéo» et aux lignes d'entrées/sorties (vue d'écran 6)
- Configuration de la carte «mémoire» et manipulations de répertoires et de fichiers (effacer, créer, renommer, formater, etc.) (vue d'écran 7)

Cette interface, très utile, permet un bon apprentissage de la programmation de la CMUcam4 et il ne faut pas hésiter à y passer beaucoup de temps.

## Une tourelle orientable pour CMUcam4

Le schéma théorique est représenté en figure 8.

Cette réalisation se décompose en plusieurs cartes simples :

1/ **La carte des alimentations** qui fournit les deux tensions nécessaires au fonctionnement du module CMUcam4 : 7,4 V pour l'électronique du module et une tension de 5 V, générée par un régulateur de tension de type LM1084IT-5.0 (courant de 3 A), qui alimente les deux servomoteurs.

Le commutateur de mise sous tension permet, également, l'alimentation de la carte à l'aide d'une alimentation secteur externe.

2/ **La carte de l'émetteur «vidéo»** permettant de recevoir, à distance, l'image générée par le module. Cela permet un contrôle lorsque la tourelle est montée sur le robot. Un simple module émettant en 2,4 GHz est suffisant. Il est alimenté sous une tension de 5 V et permet une portée d'une trentaine de mètres en intérieur (plus en extérieur). Une fréquence d'émission, parmi quatre disponibles, peut être choisie dans le cas où des interférences avec un autre système interviendraient.

3/ **La carte d'émission/réception en 433 MHz** qui permet de programmer le module CMUcam4 et de recevoir ses données à distance. Le transceiver utilisé est de type APC220 et permet des liaisons à grandes distances, même en intérieur. La vitesse de débit de son UART sera paramétrée à 19 200 bps à l'aide du logiciel disponible sur notre site («rfmagic») et de l'interface USB/série (+ drivers) livrée avec le couple de transceivers.

Les lecteurs intéressés par ces modules pourront se reporter à notre précédent numéro, dans lequel, un article traitant de ce sujet a été publié. Cette liaison sans fil ne permet pas l'utilisation (et cela est bien dommage) du module CMUcam4 avec l'interface graphique CMUcam4GUI.

En effet, celle-ci communique à une vitesse bien plus élevée (230 400 bps),

vitesse qui ne peut pas être paramétrée.

4/ **La carte interface USB/série** pour le PC, permettant l'utilisation du logiciel CMUcam4GUI avec le module. Celle-ci utilise le circuit FT232RL qui permet de disposer de toutes les lignes de l'interface (RTS, CTS, DTR, DSR, etc.) bien qu'elles ne soient pas utilisées, en fonctionnement normal, par le module.

5/ **La carte du moniteur «vidéo»** permettant de recevoir le signal de sortie de la CMUcam4. C'est une carte que nous avons déjà utilisée dans d'autres circonstances et qui donne d'excellents résultats. Trois boutons-poussoirs permettent le réglage de la luminosité, du contraste et de la couleur.

La fréquence du module «récepteur vidéo» doit être la même que celle du module «émetteur», ce qui semble être une évidence, mais qui peut parfois être oubliée.

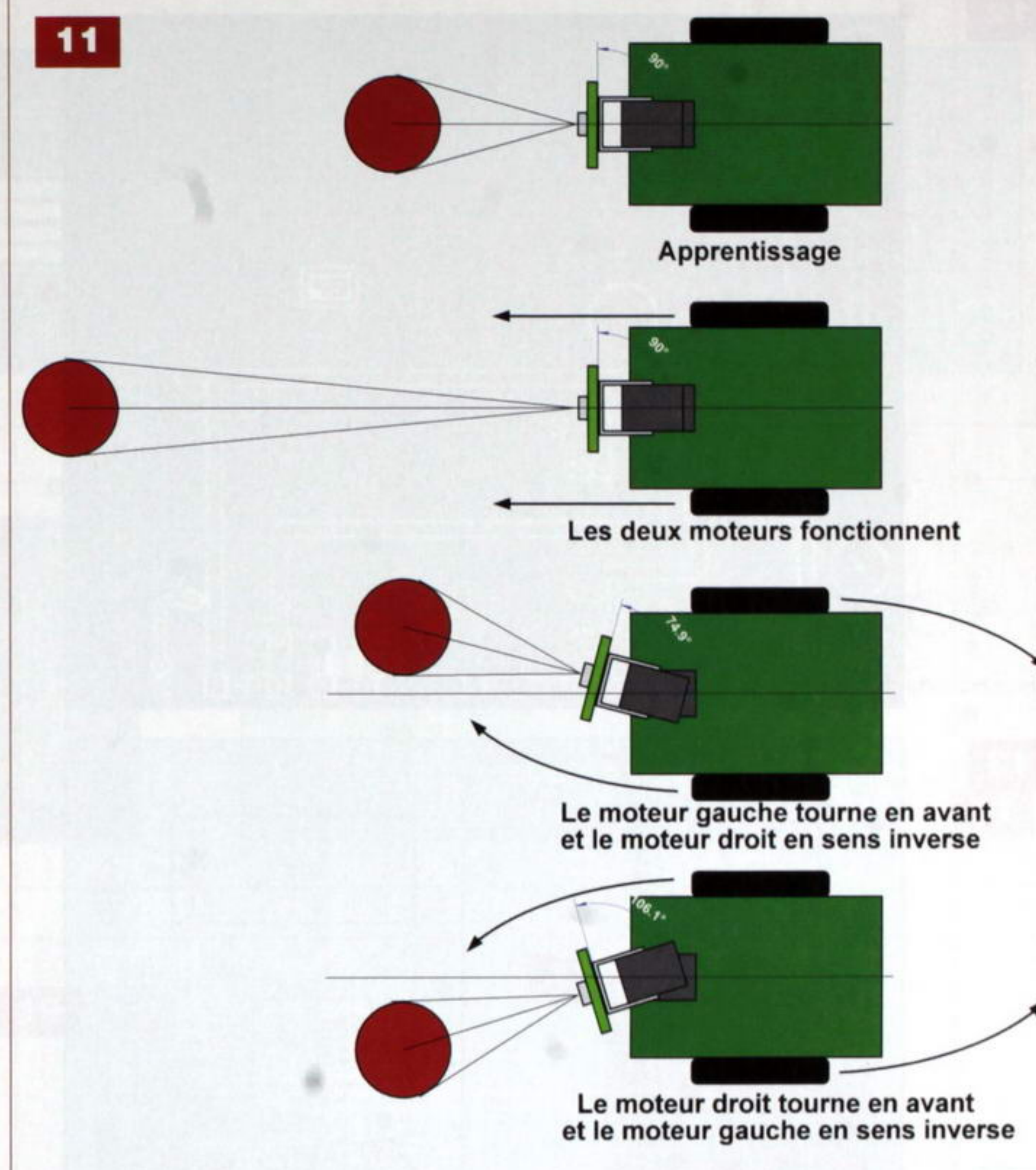
Le module CMUcam4 peut être paramétré dans un mode «test», tout à fait fonctionnel, qui permet le suivi d'un objet coloré qui lui aura été présenté. La caméra le suivra aussi longtemps qu'elle restera sous tension, qu'on ne provoquera pas de «reset» et qu'on ne l'aura pas configuré avec un autre objet coloré.

Comme il a été dit plus haut, les couleurs doivent être éclatantes et l'éclairage suffisant.

Le passage dans ce mode est simple et fait appel à un programme présent dans le module. Il suffit, pour passer dans ce mode, d'exécuter les actions suivantes :

- Mettre le module sous tension
- Appuyer sur le bouton RESET
- Tout en maintenant le bouton RESET appuyé, actionner le bouton-poussoir USER
- Relâcher le bouton RESET en maintenant le bouton USER enfoncé. La led rouge se ré-illumine après une durée d'attente de 2 s
- Attendre alors que la led rouge se mette à clignoter et relâcher alors le bouton USER.
- Le signal «vidéo» apparaît sur le moniteur
- Lorsque le clignotement a cessé,

11



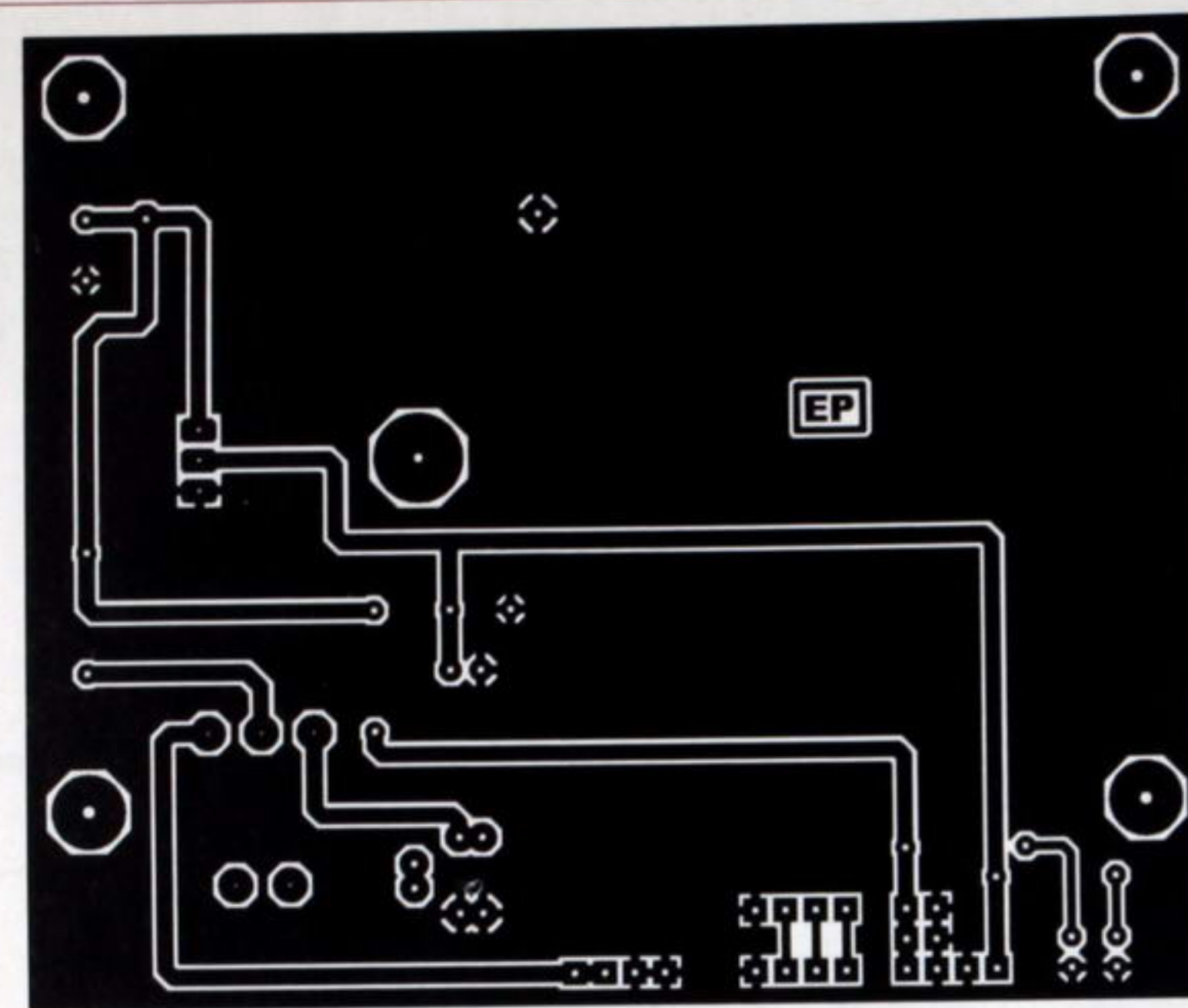
environ 5 s, présenter l'objet à la caméra et appuyer une fois sur le bouton USER. La CMUcam4 a alors mémorisé la couleur de l'objet et, si elle est placée sur une tourelle «Pan» et «Tilt», actionne les servomoteurs de façon à toujours rester orientée vers lui. L'image de l'objet suivi apparaît également sur le moniteur.

Lorsque le module CMUcam4 est dans ce mode, les communications «séries» avec le PC ou un microcontrôleur externe sont impossibles. Aucune donnée sur le déplacement de l'objet n'est donc disponible. Si vous souhaitez utiliser ce mode dans une base robotique roulante, afin de suivre un objet, il convient donc de connaître la position des deux servomoteurs si vous voulez connaître la position de la caméra et, donc, celle de

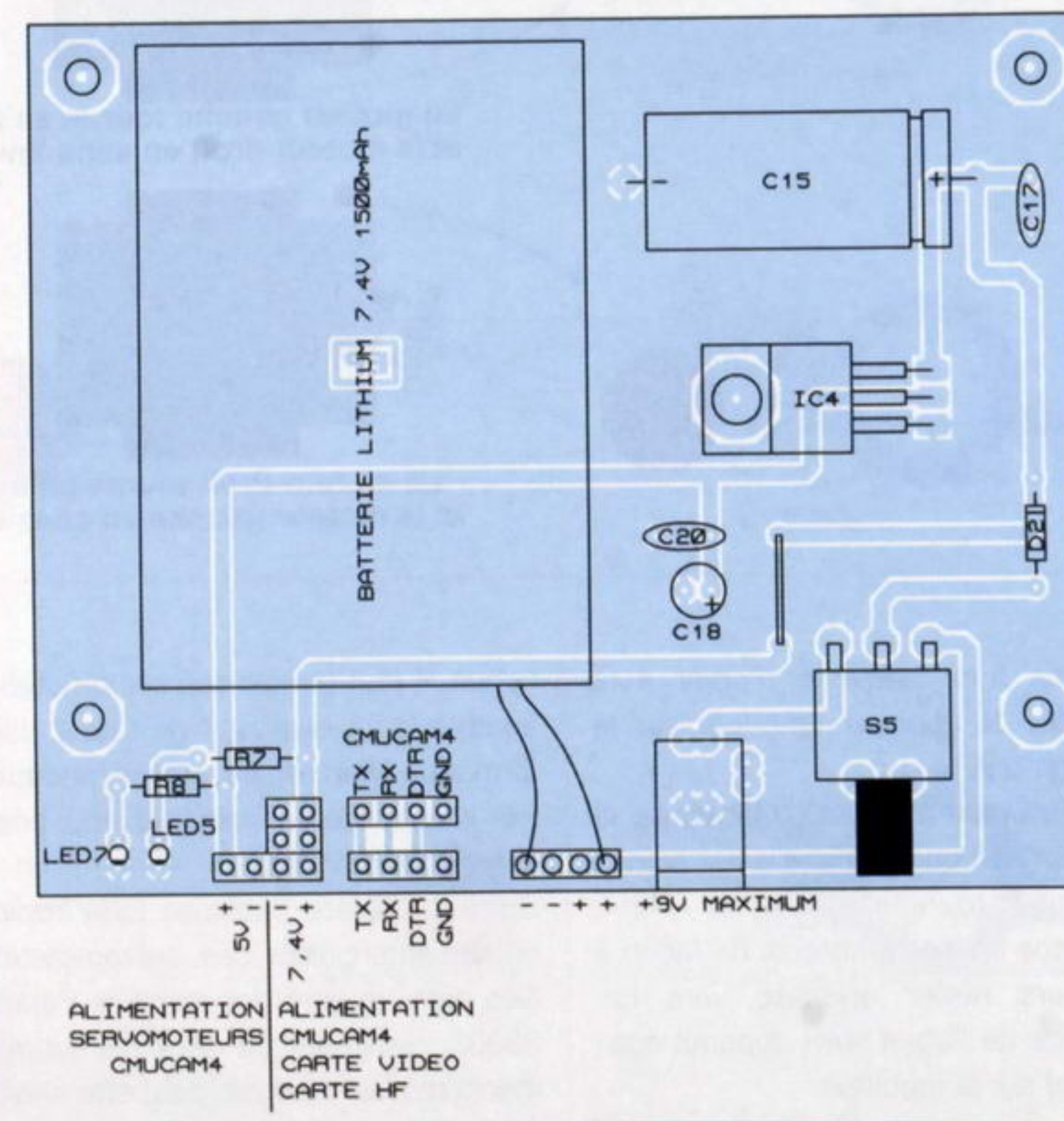
l'objet. Il faut utiliser des servomoteurs équipés d'un dispositif de retour d'information, permettant au microcontrôleur externe de connaître l'exacte position des palonniers. C'est la société française EasyTronics qui commercialise ces servomoteurs. Ces derniers sont des modèles Futaba S3003, disposant de deux fils supplémentaires, sur lesquels peut être mesurée une tension proportionnelle à la position angulaire du palonnier. Cette tension varie de 0,3 V à 2 V, ce qui est une indication moyenne, pouvant varier d'un faible pourcentage, selon les servomoteurs et sans réelle importance pour le fonctionnement du système. Le diagramme de la figure 9, émanant du constructeur, indique la relation position/tension. Disposant de ces deux tensions variables, il reste à traiter ces informa-



12



13



tions au moyen des entrées analogiques d'un microcontrôleur qui, en fonction des résultats, agit sur les moteurs de propulsion de la base roulante. Les figures 10 et 11 montrent le fonctionnement théorique de la base roulante. Après l'initialisation dans le mode «test», la CMUCam4 positionne ses deux servomoteurs, «Pan» et «Tilt», à la position neutre (90°). C'est dans cette position qu'est montré

l'objet au module. Nous considérons que cela correspond à la position de repos du microcontrôleur et à l'arrêt du mobile. En posant ensuite l'objet au sol, en l'éloignant un peu devant la base roulante, le servomoteur «Tilt» oriente le module vers lui en modifiant sa position. Le microcontrôleur note le changement et actionne les deux moteurs de propulsion.

## Nomenclature

### • Résistances

R1, R4, R8, R9 : 390  $\Omega$  (orange, blanc, marron)  
R2 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
R3 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
R5, R6 : 330  $\Omega$  (orange, orange, marron)  
R7 : 680  $\Omega$  (bleu, gris, marron)

### • Condensateurs

C1, C4, C6, C8, C9, C11, C14, C17, C20, C21 : 100 nF  
C2, C3, C16, C22 : 470  $\mu$ F / 16V  
C5, C10, C13, C18, C19 : 10  $\mu$ F / 16V  
C7, C15 : 1 000  $\mu$ F / 25V  
C12 : 100  $\mu$ F / 16V

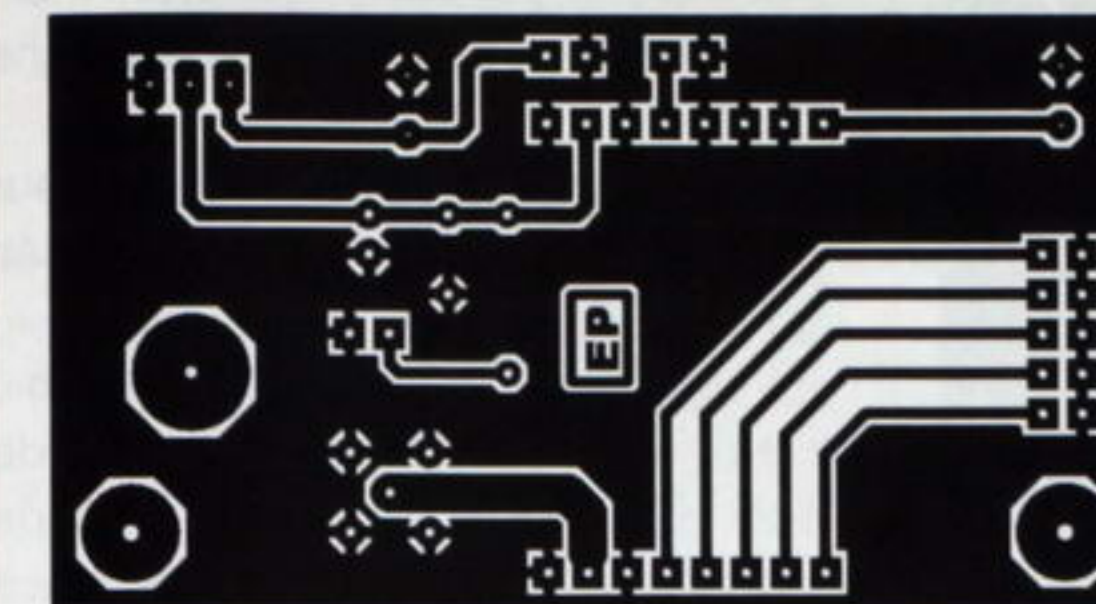
### • Semiconducteurs

D1, D2 : 1N4007  
LED1 à LED7 : diode électroluminescente (couleur quelconque)  
IC1, IC4, IC5 : LM1085IT-5.0  
IC2 : LM2931AZ5  
IC3 : FT232RL

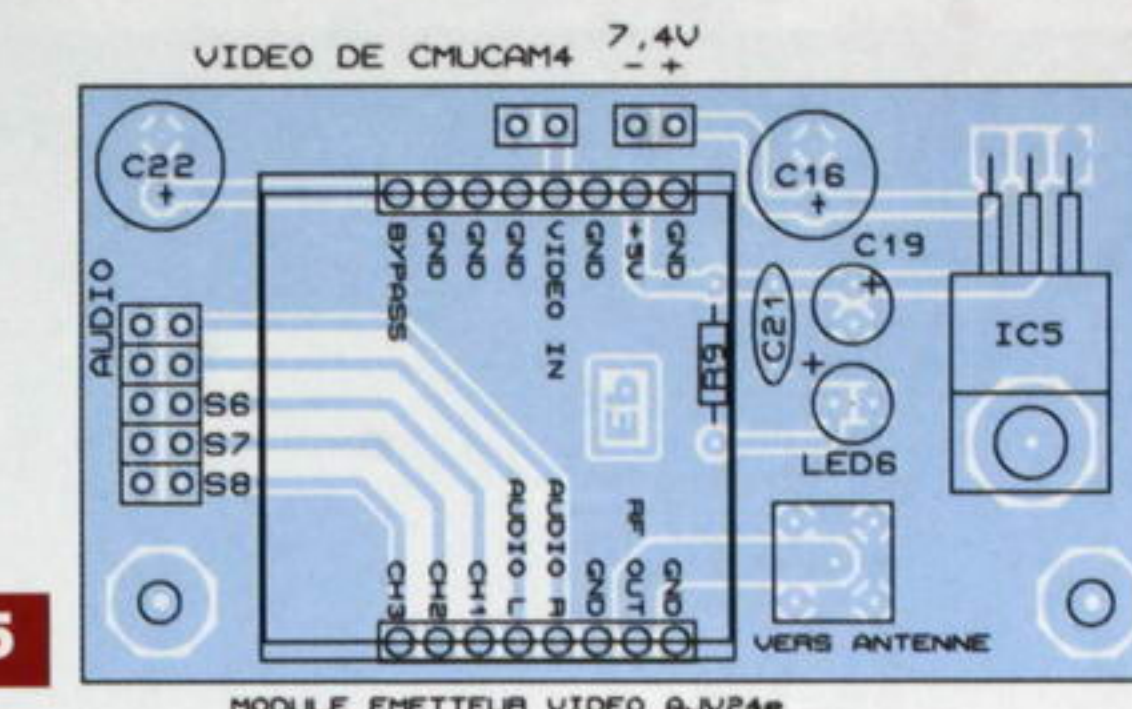
### • Divers

1 module CMUCam4 (<http://www.cmucam.org/projects/cmucam4/wiki>)  
3 dissipateurs thermiques pour boîtier TO220  
Barrette sécable, de broches carrées  
Barrette sécable, de support femelle, pour broches carrées  
1 platine adaptateur SSOP28  $\rightarrow$  DIP28  
2 modules APC220 (<http://www.dfrobot.com/index.php>)  
2 servomoteurs à retour d'information (<http://store.easyrobotics.fr/servomoteur/12-servomoteur-futaba-s3003.html>)  
1 tourelle (<http://store.easyrobotics.fr/tourelle/76-tourelle-2-axes.html>) ou  
2 briques EasyRobotics (<http://store.easyrobotics.fr/5-briques-easy->)  
1 module émetteur «vidéo» AJV24e  
1 module récepteur «vidéo» AJV24r  
2 connecteurs pour alimentation  
1 commutateur à levier pour circuit imprimé (S4)  
1 commutateur à glissière pour CI (S5)  
1 connecteur USB pour CI  
2 antennes 2,4 GHz  
1 connecteur USB  
1 accumulateur Li-ion 7,4 V/1 500 mAh

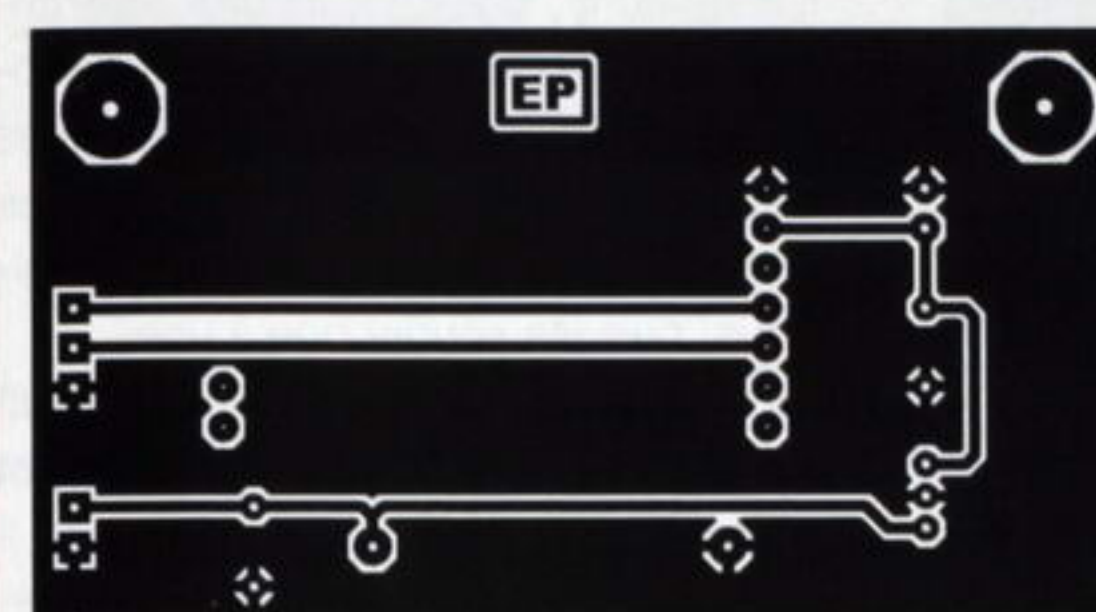
14



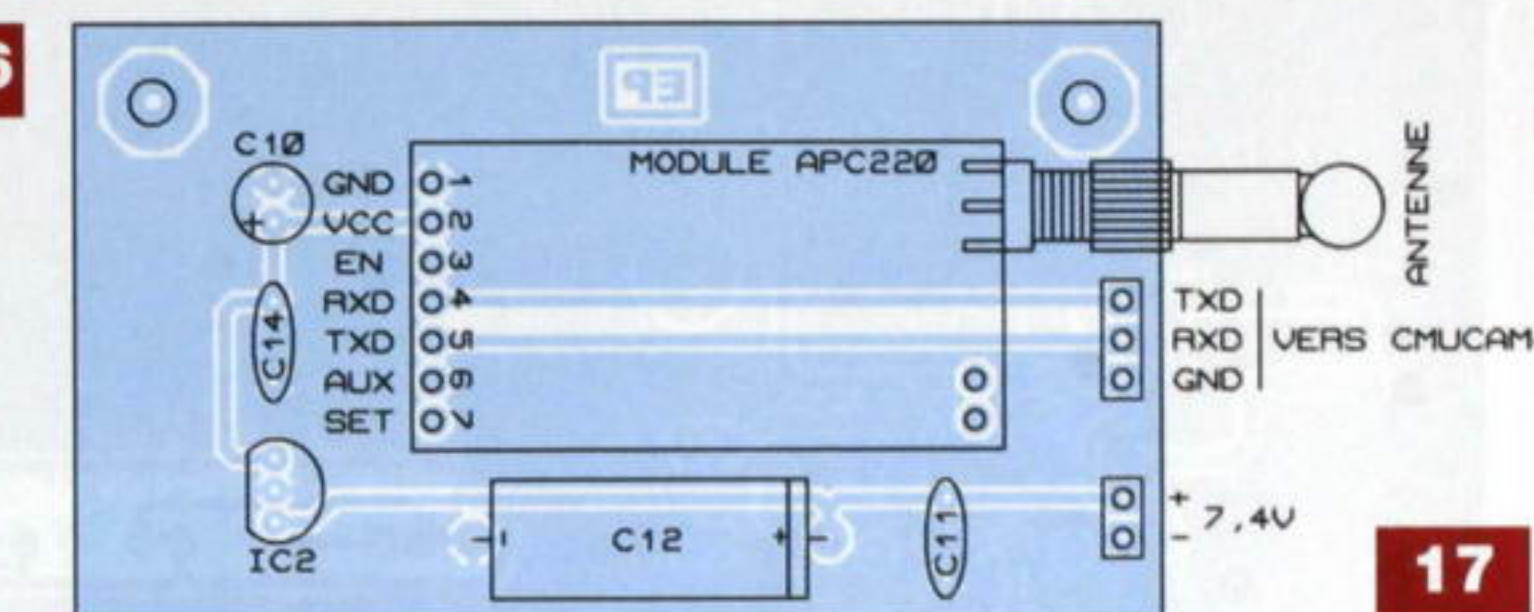
15



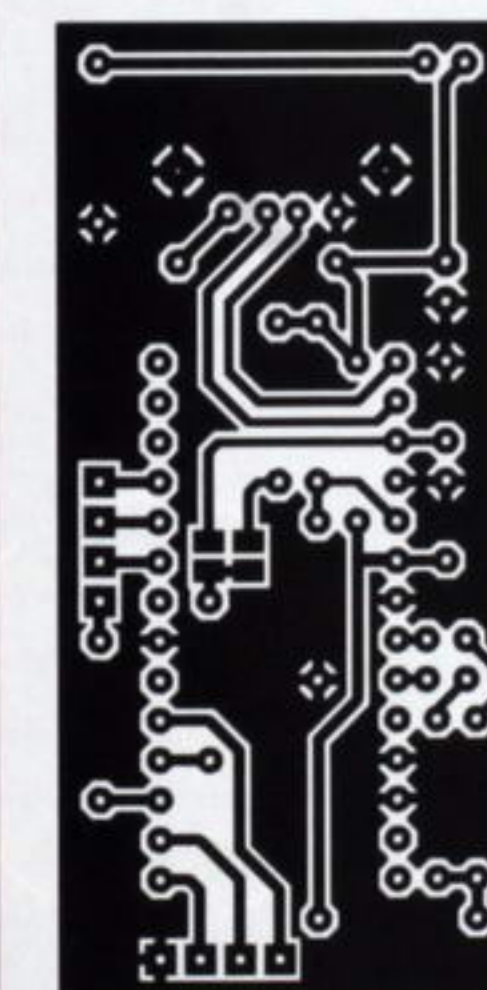
16



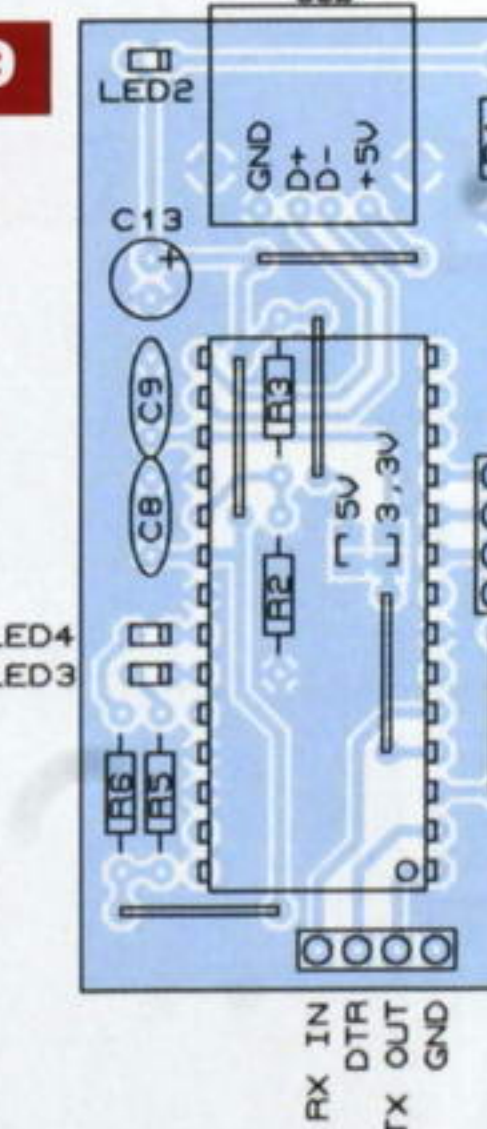
17



18



19



A



reste à 90°, les deux moteurs de propulsion tournent dans le même sens, à condition que le servomoteur «Tilt» n'ait pas encore atteint sa position maximale. Lorsque le module CMUCam4 s'oriente vers la droite, le moteur droit tourne en sens inverse et la base tourne à droite. Lorsque la caméra s'oriente vers la gauche, c'est l'inverse qui se produit et la base tourne vers la gauche.

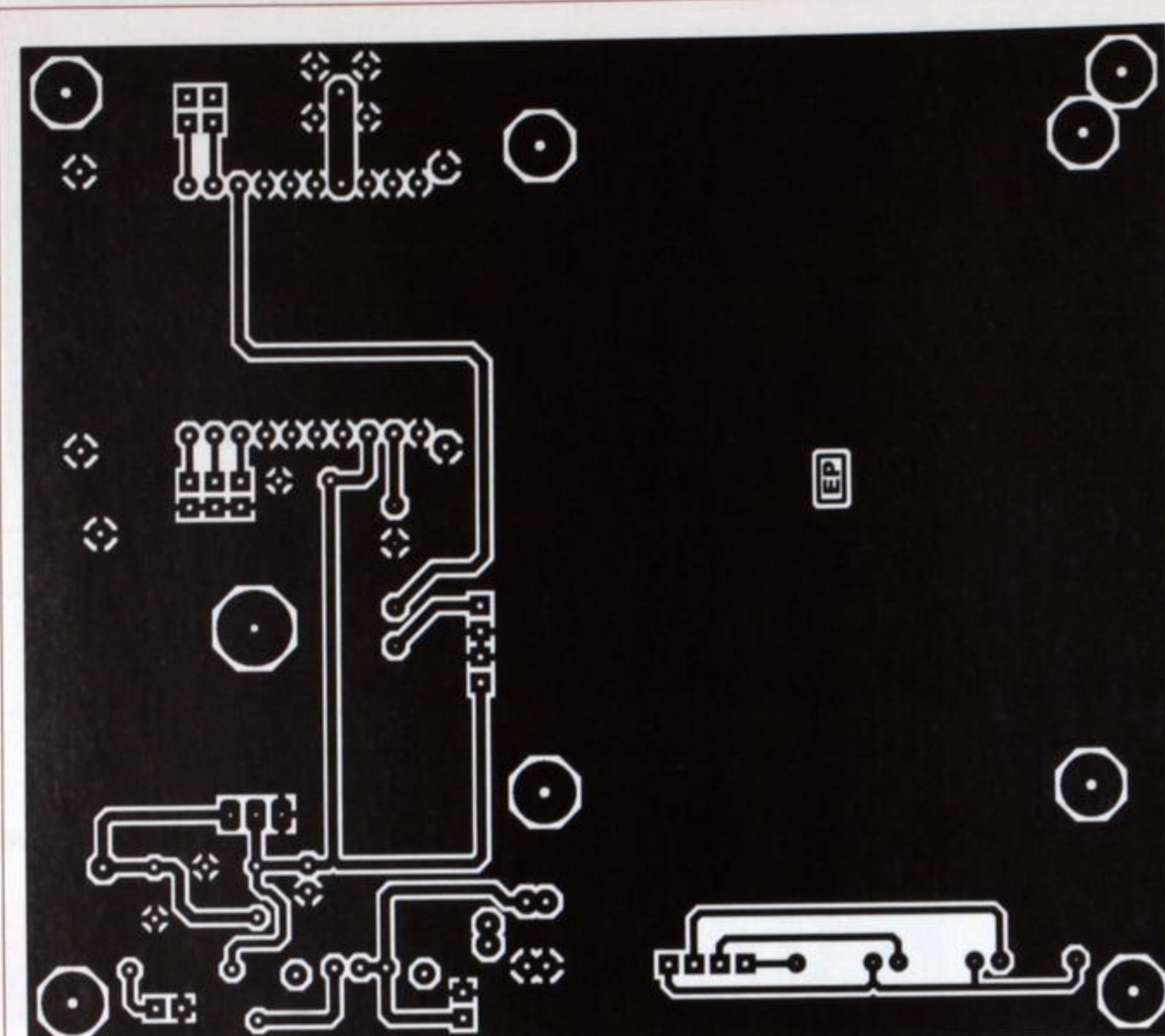
## La réalisation

Les différents modules sont représentés de la façon suivante :  
- figures 12 et 13 pour la platine alimentation  
- figures 14 et 15 pour l'émetteur «vidéo»  
- figures 16 et 17 pour l'émetteur HF  
- figures 18, 19 et photo A pour l'interface USB/série

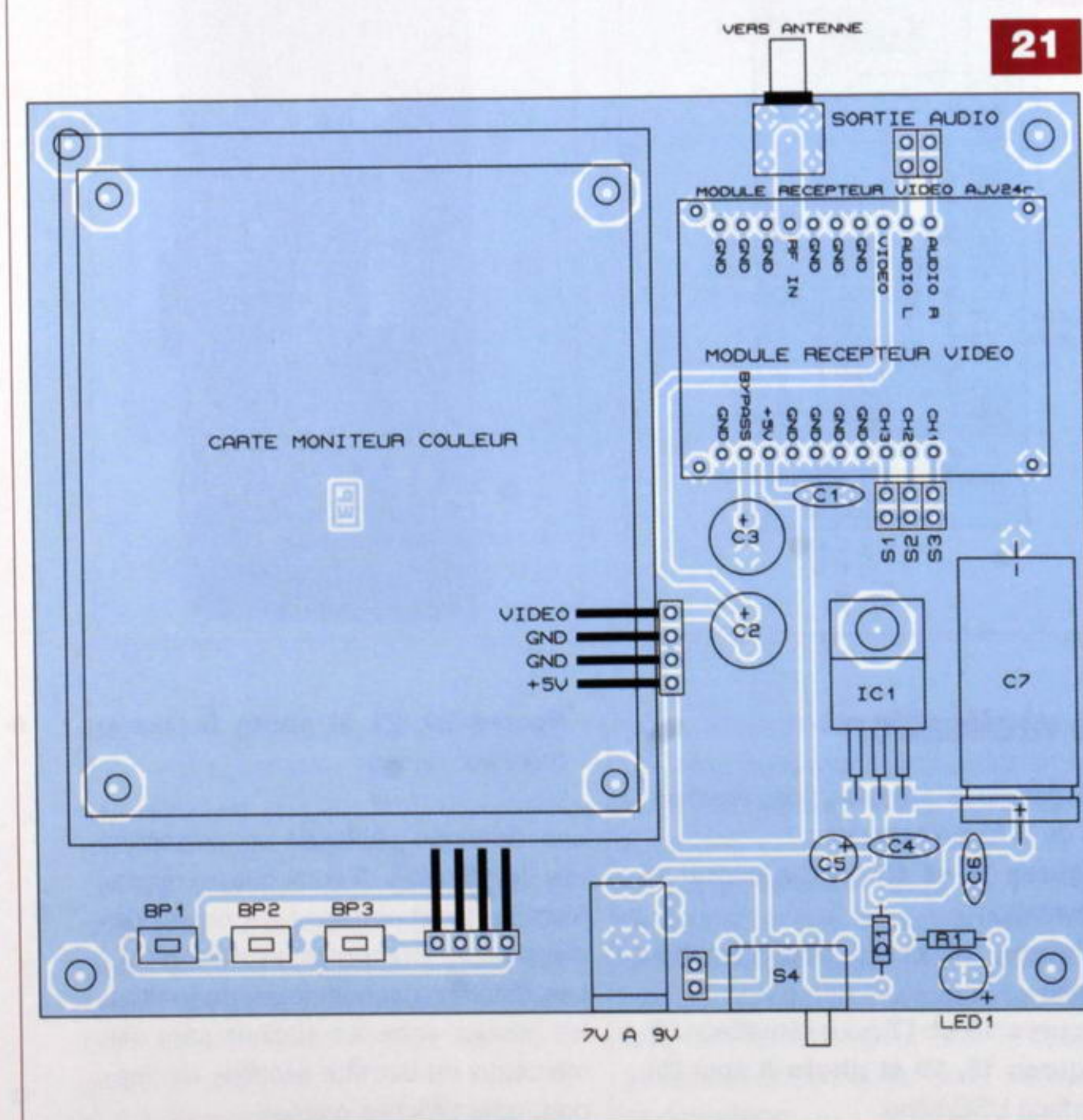
- figures 20, 21 et photo B pour le moniteur «vidéo»

Les différents câblages ne présentent pas de difficultés. À noter que les régulateurs de tensions sont fixés contre des dissipateurs thermiques, sauf pour IC2. Les différents connecteurs permettant les liaisons entre les platines sont des morceaux de barrette sécable, de support, pour broches carrées.





20



21

Les fils effectuant les liaisons sont équipés, à leur extrémité, d'un morceau de barrette sécable, de broche carrée.

Les supports, utilisés pour l'émetteur et le récepteur «vidéo», sont réalisés de la même manière.

En ce qui concerne l'émetteur «vidéo», l'implantation demande un peu de soin. En effet, il ne dispose pas de broches lui permettant d'être placé dans un support.

Il ne dispose que de demi-trous métallisés placés sur ses côtés.

Il faut donc, d'abord, insérer les rangées de broches carrées dans les supports, disposer l'émetteur entre ces broches, de manière à ce qu'elles prennent leur place dans les demi-trous, puis les souder une à une.

L'interface USB/série utilise un circuit intégré de type FT232RL, n'existant qu'en modèle CMS.

Il est nécessaire d'utiliser un adaptateur SSOP28 → DIL28, sur lequel vous soudez deux barrettes de 14 broches carrées.

En ce qui concerne la tourelle, deux solutions peuvent être envisagées.

Elle peut être achetée auprès de la société EasyRobotics.

Y commander, également, les deux servomoteurs à retour d'information. Vous pouvez, également, envisager de la construire.

Dans ce cas, il convient de se procurer deux briques EasyRobotics, les servomoteurs et de se baser sur les photographies illustrant l'article pour sa construction, fort simple au demeurant. Le prix de revient étant sensiblement le même dans les deux cas, le choix est simple !

Le montage de l'ensemble est un empilement des différents éléments (photo C).

C'est la platine d'alimentation qui sert de base.

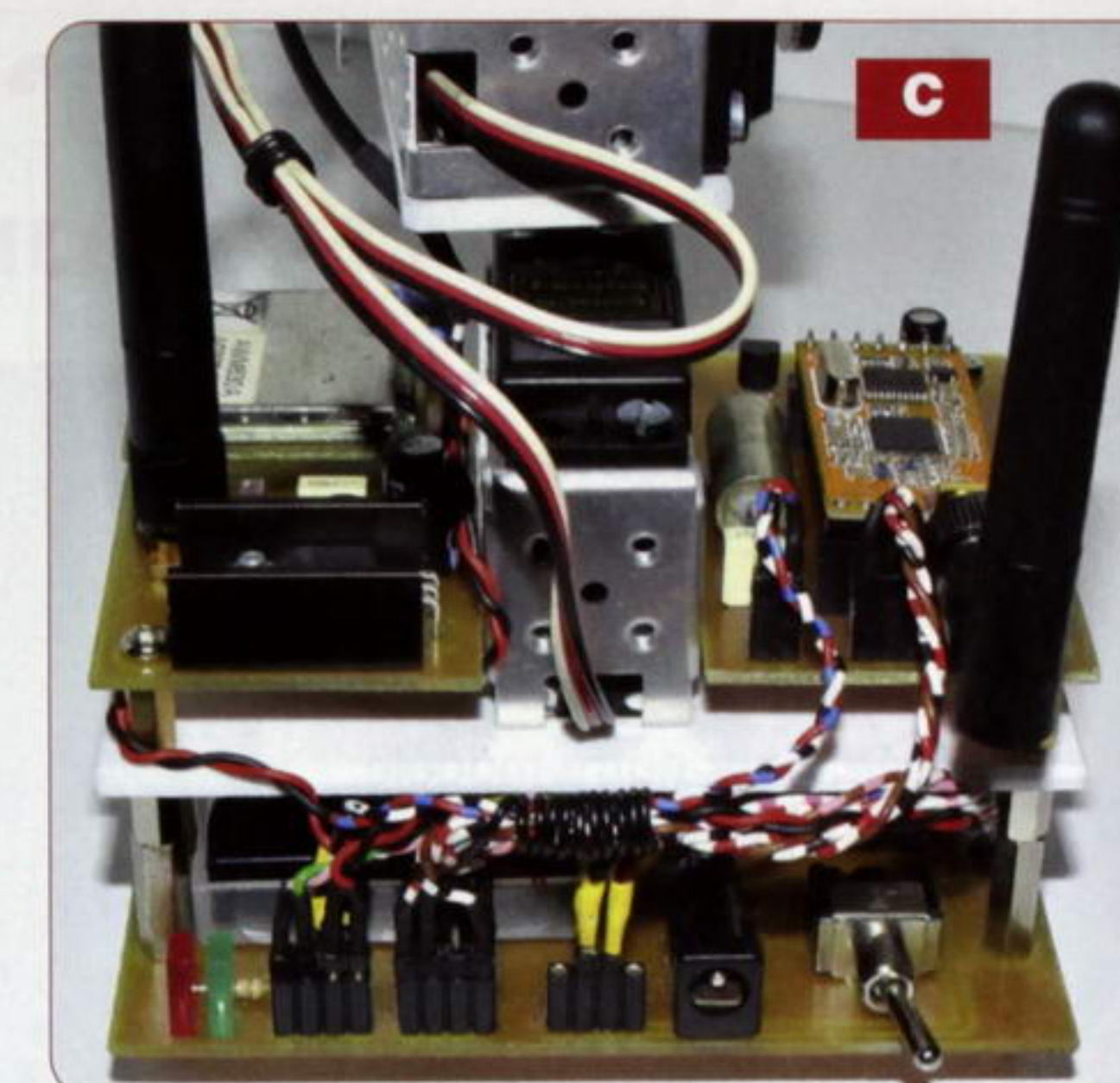
Y fixer, dans les trous prévus à chaque coin, quatre entretoises de 10 mm.

Elles servent de pieds, fixées par quatre entretoises de 30 mm, permettant la fixation d'une plaque de plastique ou de verre époxy.

Cette plaque est fixée par quatre entretoises de 10 mm qui seront utilisées pour la fixation des émetteurs «vidéo» et HF.



B



C

Le servomoteur supportant toute la tourelle est fixé au milieu de cette plaque. Il ne reste plus qu'à réaliser les connexions entre les différentes pla-

tines et avec la CMUcam4. Une attention particulière doit être apportée à l'alimentation de la caméra, qui doit être de 9 V au maximum. Pour les

essais, se reporter à ce qui a été dit dans les précédents paragraphes.

G. LEHUEDE  
glehuede@sfr.fr

**PCB-POOL**  
L'ORIGINAL DEPUIS 1988  
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

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

**Schaeffer AG**

**FACES AVANT ET BOÎTIERS**  
Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel - *Designer de Faces Avant*\* - vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle.  
**GRATUIT**: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, **des interlocuteurs français** attendent vos questions.

\*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.

Exemple de prix: 34,93 €  
majoré de la TVA/  
des frais d'envoi

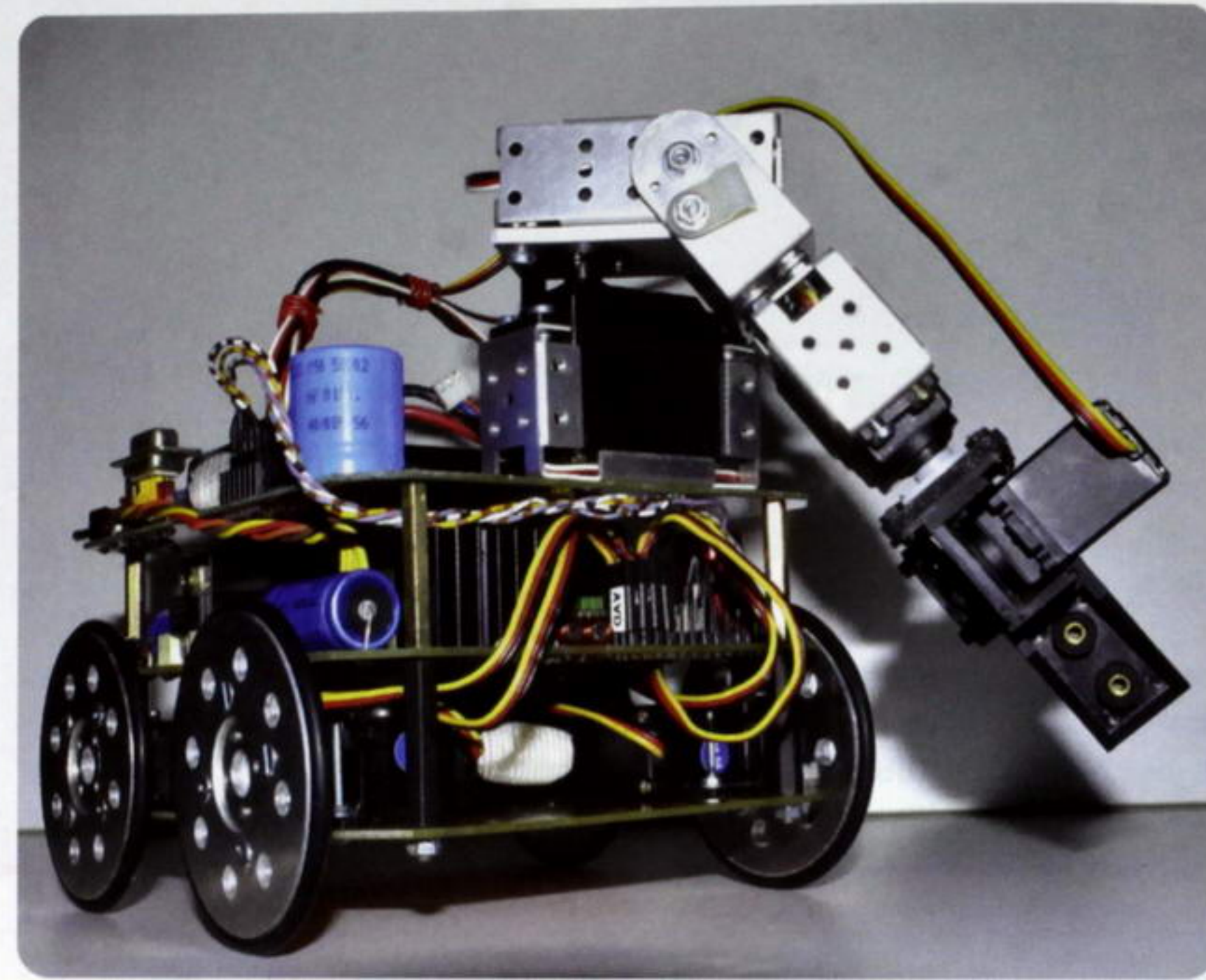
• Calcul des prix automatique  
• Délai de livraison: entre 5 et 8 jours  
• Si besoin est, service 24/24

Schaeffer AG - Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 805 8695-30  
Fax +49 (0)30 805 8695-33 · Web info.fr@schaeffer-ag.de · www.schaeffer-ag.de



# Base robotique télécommandée

La réalisation de cette base robotique est très facile à construire, car elle ne nécessite que très peu de composants mécaniques. Équipée, pour notre modèle, d'un bras terminé par une pince de «préhension», elle est également modifiable et évolutive à volonté. Le microcontrôleur qui l'équipe, dispose de nombreux ports d'entrées/sorties, il permet donc l'ajout de multiples capteurs.



La réalisation de la partie mécanique du robot utilise des composants mécaniques disponibles chez de nombreux revendeurs, à des prix très abordables, composants qu'il suffit, ensuite, d'assembler très simplement. Le châssis du robot, c'est-à-dire la partie qui supporte les moteurs entraînant les roues et le bras, est composé d'une plaque cuivrée en verre époxy et par deux plaques supportant l'électronique. Comment faire plus simple !

## La mécanique du robot

### Le châssis

La partie mécanique de la base mobile est représentée en figure 1.

Nous y distinguons les différents composants constituant la partie mécanique, y compris le bras.

La platine de base, supportant les moteurs de propulsion, est une plaque d'époxy, cuivrée sur une face et découpée selon la figure 2. La figure 3, qui correspond au tracé du circuit imprimé de cette plaque, servira à l'insolation du circuit. Nous avons, en effet, jugé pré-

férable d'utiliser cette méthode, plutôt que d'indiquer des cotes sur des schémas. De cette manière, aucune erreur n'est possible.

Les petites pastilles précisent les emplacements des quatre moteurs de propulsion. Elles seront percées à un diamètre de 2 mm, tandis que les autres (grandes pastilles) seront percées à un diamètre de 3 mm.

Seules les quatre pastilles, situées au plus près des angles de la platine, devront obligatoirement être percées. Ces trous serviront à la fixation des quatre entretoises.

Les autres ont été placées là, au cas où des périphériques supplémentaires devraient être fixés (capteurs divers).

### Les moteurs de propulsion et les roues

Pour les quatre moteurs de propulsion, nous avons choisi la solution de facilité, en utilisant des servomoteurs à rotation continue.

Ces servomoteurs doivent être commandés de façon analogue aux servomoteurs standards. C'est un signal PWM qui est utilisé, dont les impulsions

positives ont une durée comprise entre 1 ms et 2 ms.

Aucune butée n'étant présente sur la pignonnnerie, la rotation est continue aussi bien dans un sens que dans l'autre. L'arrêt est obtenu pour une valeur de créneau égale à 1,5 ms.

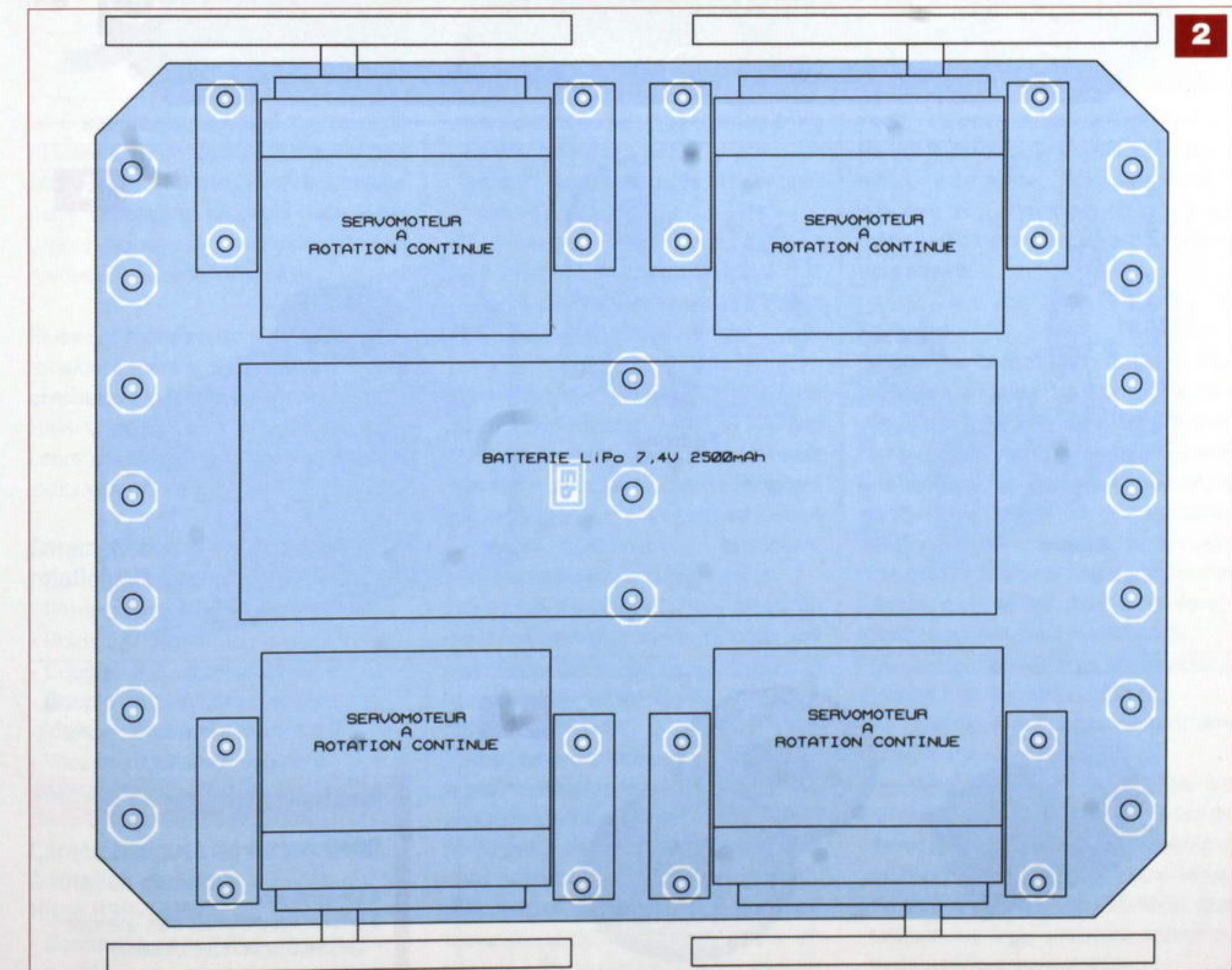
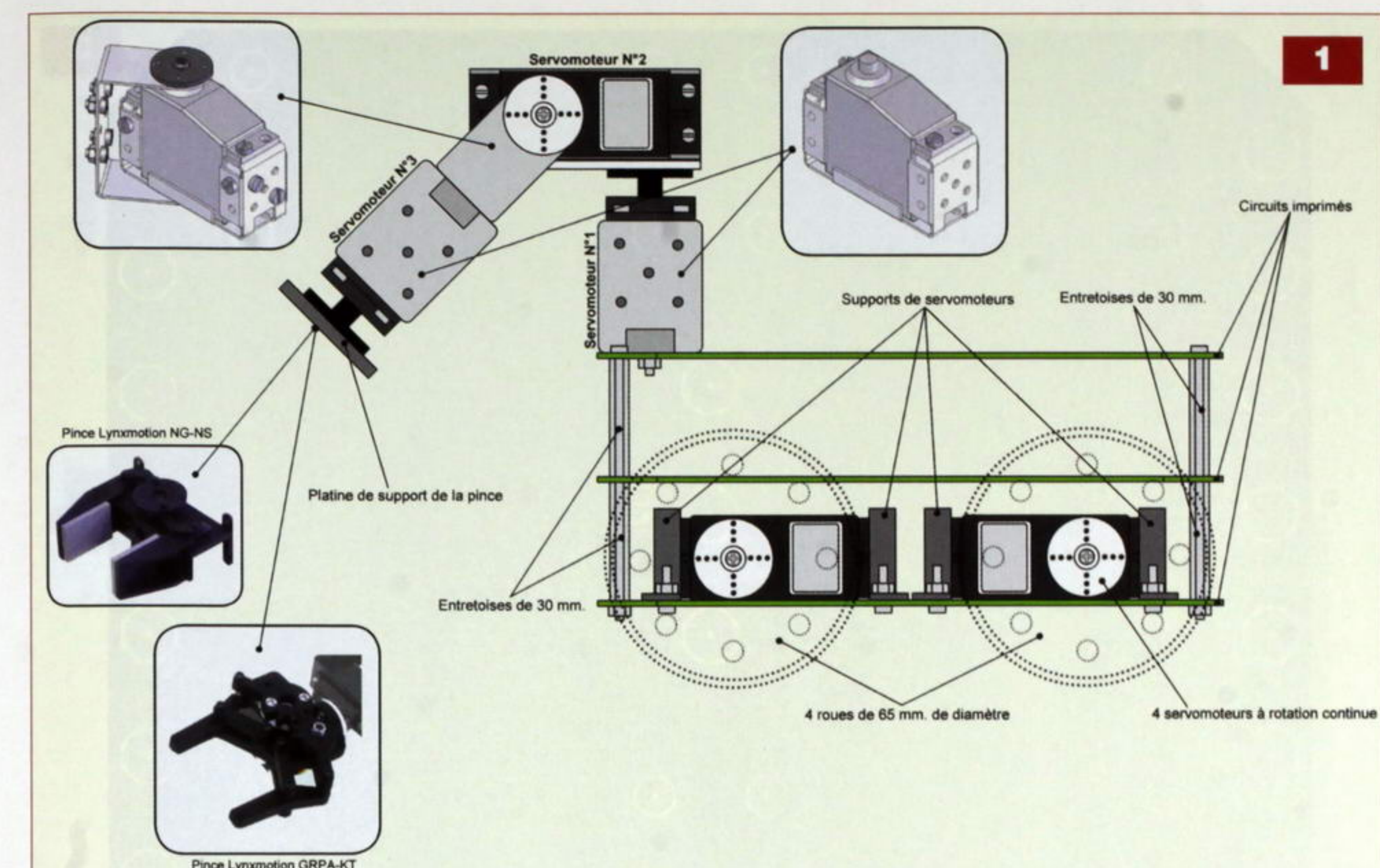
Pour obtenir la rotation du servomoteur dans un sens ou dans l'autre :

- augmenter la largeur des impulsions par rapport à la position médiane de 1,5 ms. Le servomoteur tourne dans un sens et, de plus en plus vite, au fur et à mesure que la largeur des impulsions approche des 2 ms (pour laquelle le servomoteur tournera alors à la vitesse maximale)
- diminuer la largeur des impulsions par rapport à la position médiane de

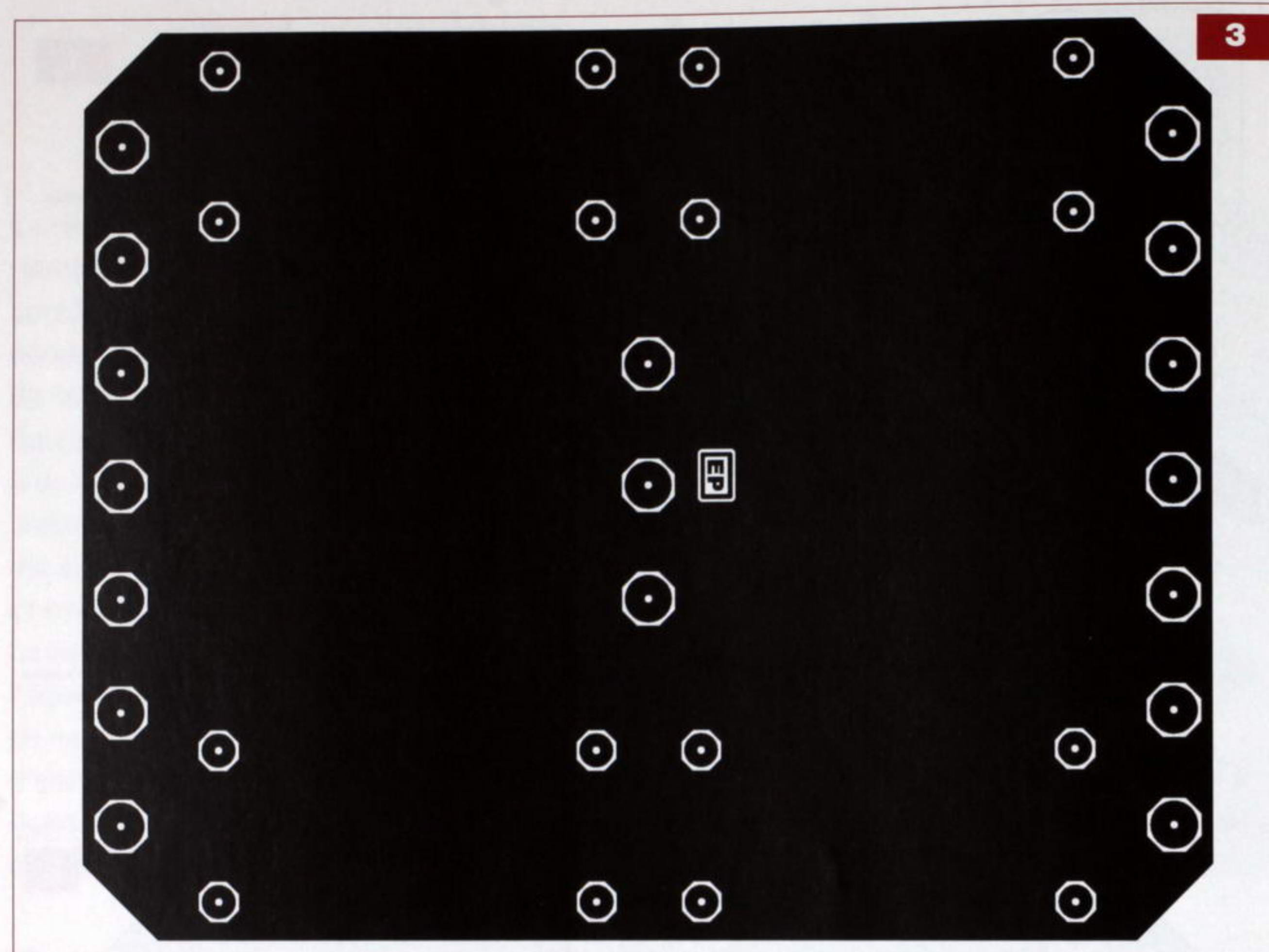
## Nomenclature

### CHÂSSIS

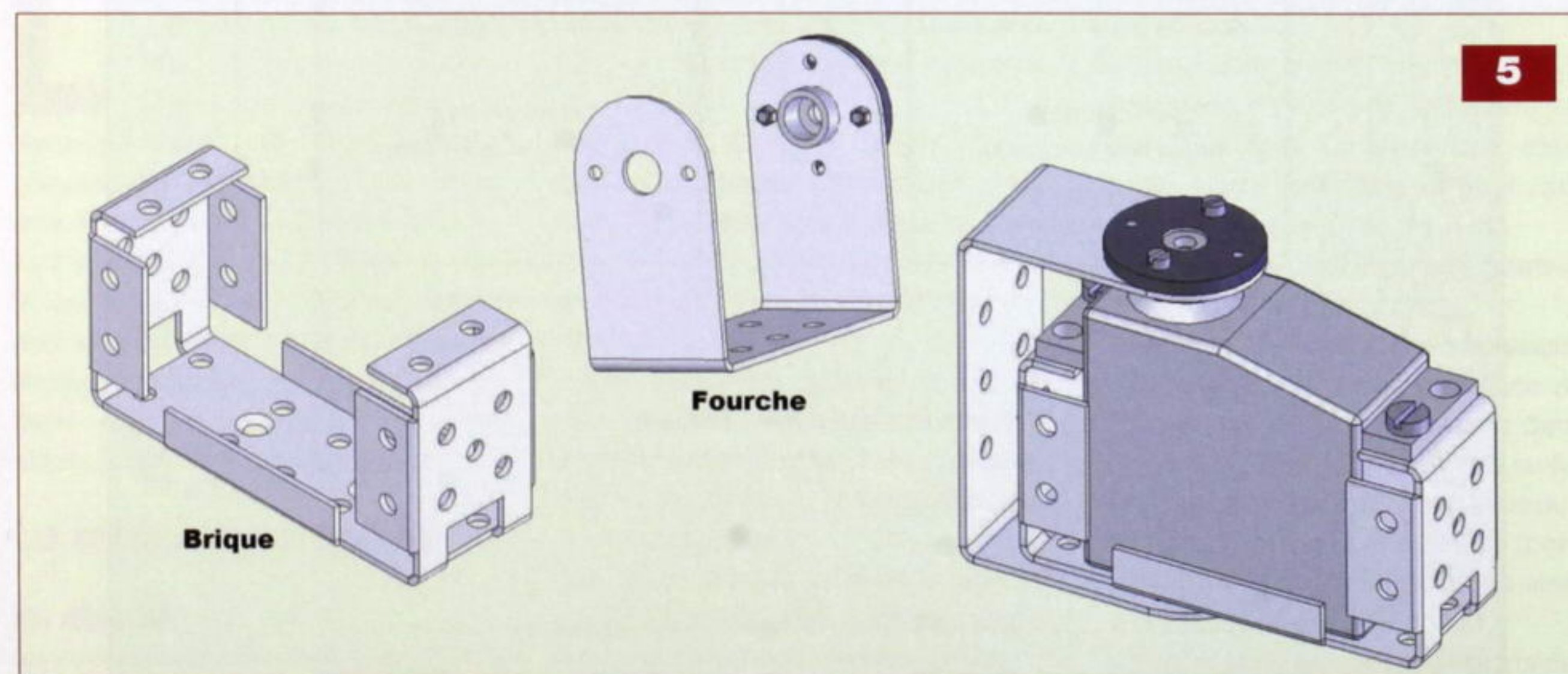
- 4 roues en aluminium, Ø 65 mm, EasyRobotics (Electronique Diffusion)
- 4 servomoteurs à rotation continue (voir texte)
- 8 entretoises de 30 mm de longueur
- Plaque époxy cuivrée, une face







3



5



4

## Nomenclature

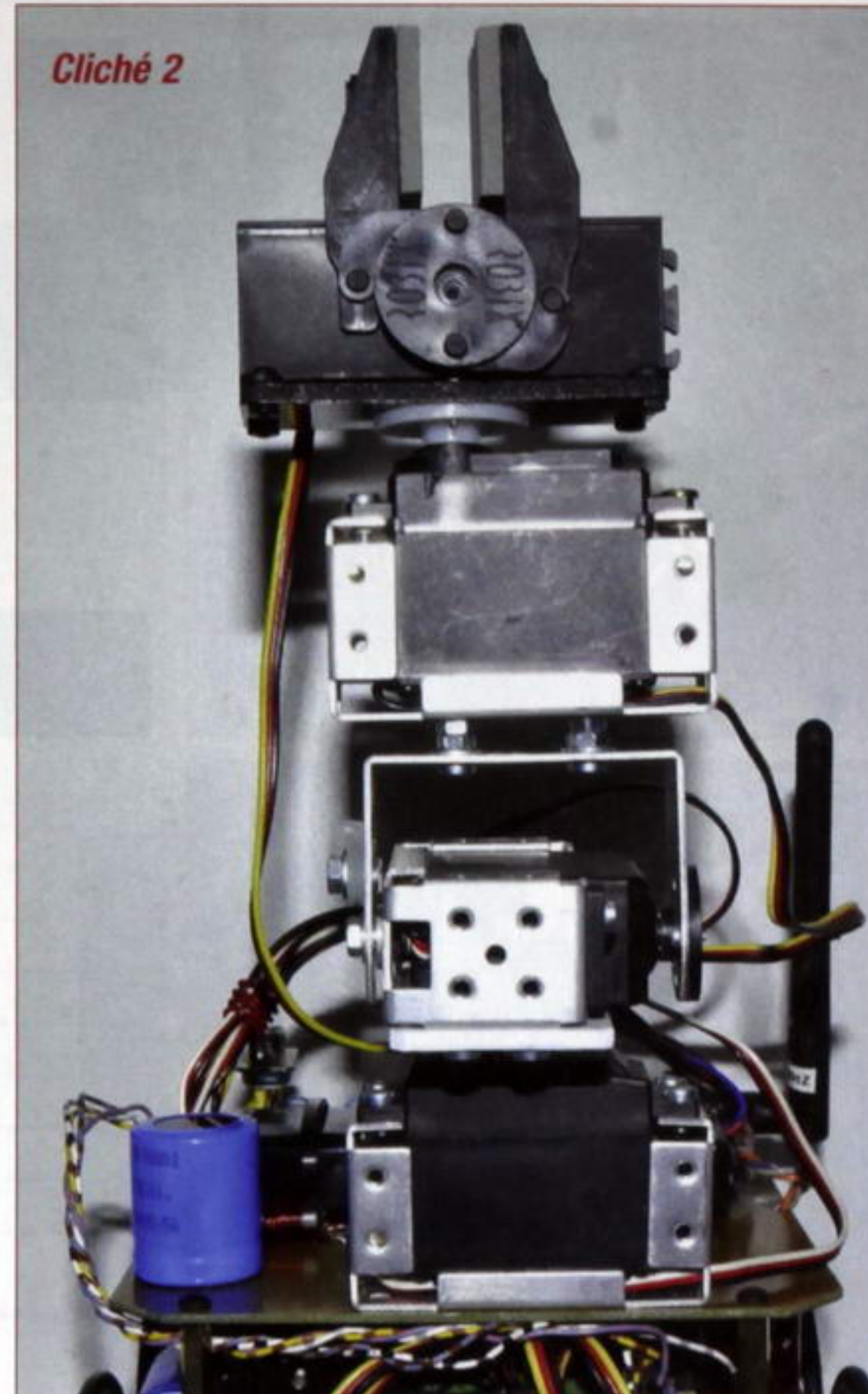
### BRAS

- 4 servomoteurs
- 3 briques EasyRobotics dont une avec fourche (Electronique Diffusion)
- 1 pince

Cliché 1



Cliché 2



1,5 ms. Le servomoteur tourne dans l'autre sens et, tourne de plus en plus vite, au fur et à mesure que la largeur des impulsions approche des 1 ms (pour laquelle le servomoteur tourne alors à la vitesse maximale)

Plusieurs modèles de servomoteurs, à rotation continue, existent. Deux sont utilisables : le Futaba S3003 et le Hitec HSR-1425CR.

Leurs caractéristiques techniques sont indiquées ci-dessous :

### Caractéristiques du servomoteur, à rotation continue, Futaba S3003 :

- Dimensions : 40,4 x 19,8 x 36 mm
- Poids : 37,2 g
- Couple : 3,2 kg/cm sous 4,8 V
- Couple : 4,1 kg/cm sous 6 V
- Vitesse : 0,23 s/60° sous 4,8 V
- Vitesse : 0,19 s/60° sous 6 V
- Alimentation : 4,8 V à 6 V

### Caractéristiques du servomoteur, à rotation continue, Hitec HSR-1425CR :

- Commande par PWM, avec neutre à 1 500 µs

- Impulsion requise : onde carrée, crête à crête, de 4,8 V à 6,0 V
- Gamme de tensions de fonctionnement : 4,8 V à 6,0 V
- Nombre de tours par minute, à vide, à 4,8 V et 6 V : 44 rpm et 52 rpm
- Couple de fonctionnement à 4,8 V et 6 V : 2,8 kg/cm et 3,1 kg/cm

Nous recommandons, cependant, l'utilisation des Futaba S3003 à rotation continue. Ils présentent un couple plus important et s'adaptent parfaitement sur les roues que nous avons choisies (figure 4). Ces roues, en aluminium, sont fabriquées par EasyRobotics. Les servomoteurs Hitec peuvent également être utilisés, mais le diamètre des palonniers fournis est plus important. Il convient donc de les retailler, afin de les adapter aux roues.

La fixation des quatre servomoteurs sur la platine doit être réalisée au moyen de supports identiques à ceux représentés au cliché 1. Pour cela, fixer d'abord les deux supports (un gauche et un droit), puis insérer le servomoteur dans les rainures jusqu'à ce qu'il entre en contact avec la platine. Il suffit alors de

visser les deux butées à l'aide des vis Parker fournies pour maintenir le servomoteur à sa place. Ces vis ne devront pas être trop enfoncées et le vissage devra être stoppé lorsque le point «dur» sera atteint.

### Le bras

Le bras est constitué de quatre servomoteurs standards, dont trois sont placés dans des «briques» métalliques, comme celles représentées en figure 5. Cet habillage, en aluminium, permet de les fixer très simplement sur le châssis, mais également entre elles, ce qui simplifie considérablement le montage. Ces briques, comme les roues, sont également fabriquées par EasyRobotics.

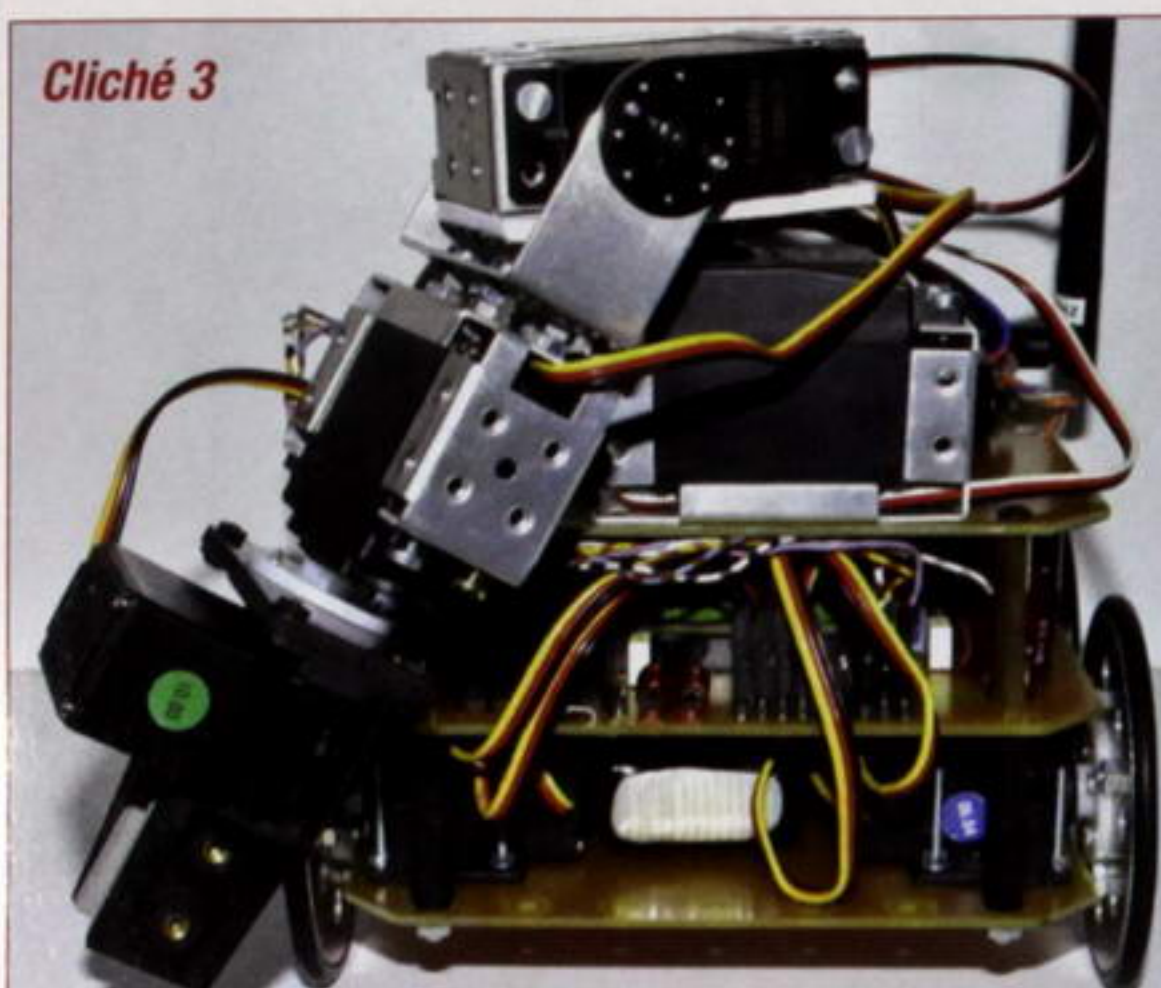
Pour le montage du bras, se reporter à la figure 1 et aux clichés 2 à 4.

Les opérations suivantes devront être réalisées dans l'ordre :

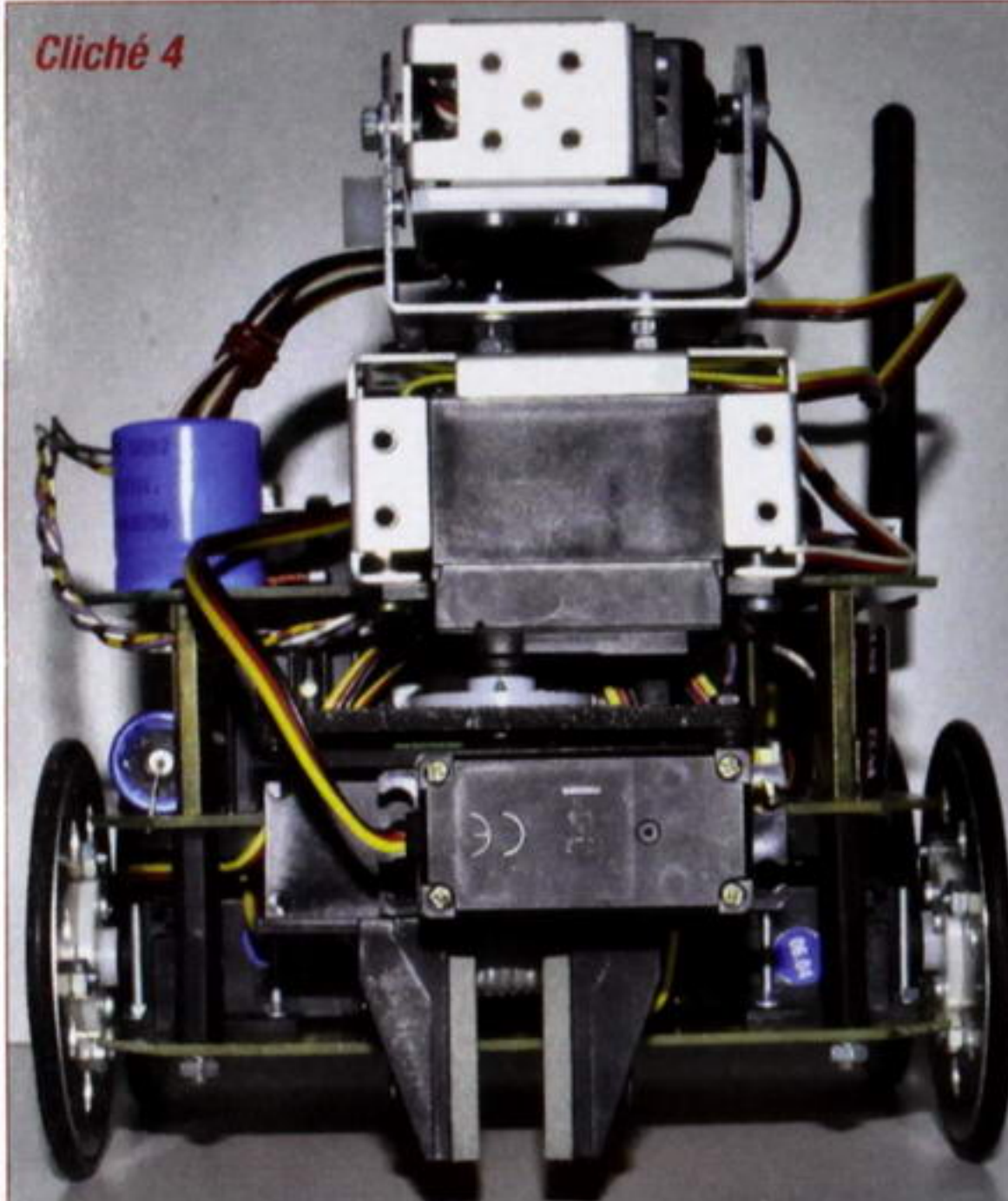
- Le premier servomoteur sera fixé sur la platine, au moyen de deux vis de 3 mm (cliché 2). Son emplacement sur celle-ci est repéré par deux trous. Cette fixation ne sera réalisée que lorsque les trois premiers servomoteurs auront été assemblés



Cliché 3

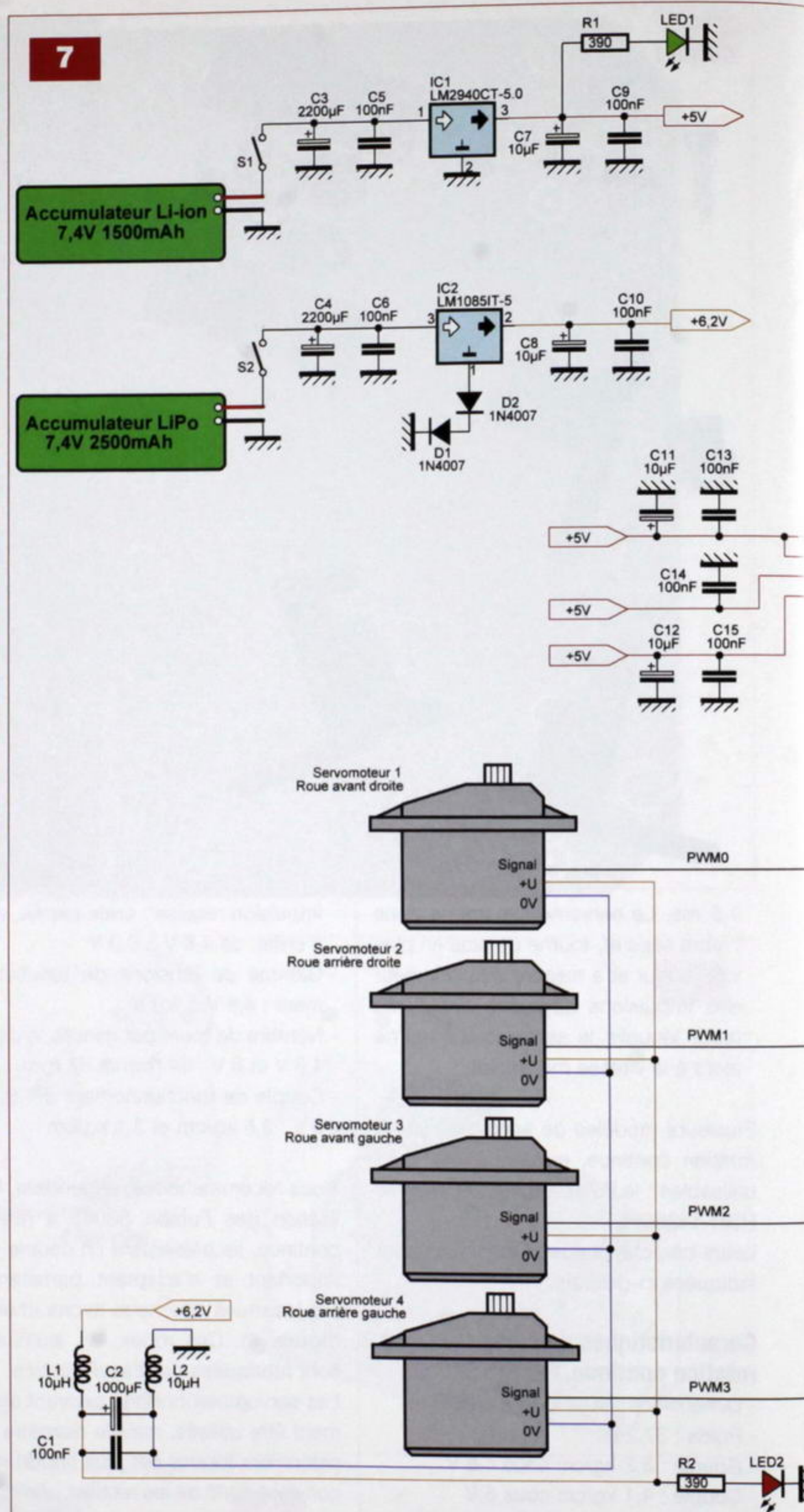


Cliché 4



- Le servomoteur n°2, équipé d'une fourche, doit être fixé sur le palonnier du premier servomoteur, de manière à ce qu'il puisse se déplacer dans un mouvement panoramique («pan»). Pour cela, une pièce intermédiaire en plastique, de 4 mm d'épaisseur, doit être réalisée. Ses dimensions doivent correspondre à celles de la brique (58 mm x 30 mm) sur laquelle elle sera fixée à l'aide de quatre vis de 3 mm x 10 mm. On l'aura, auparavant, fixé sur le palonnier du servomoteur n°1 au moyen de petites vis (cliché 3)
- Le servomoteur n°3 est fixé sur la fourche équipant le second servomoteur, au moyen de quatre vis. Aucun trou n'est à percer, car nous utilisons les trous existants sur les briques et la fourche
- Le servomoteur n°4, non représenté

7



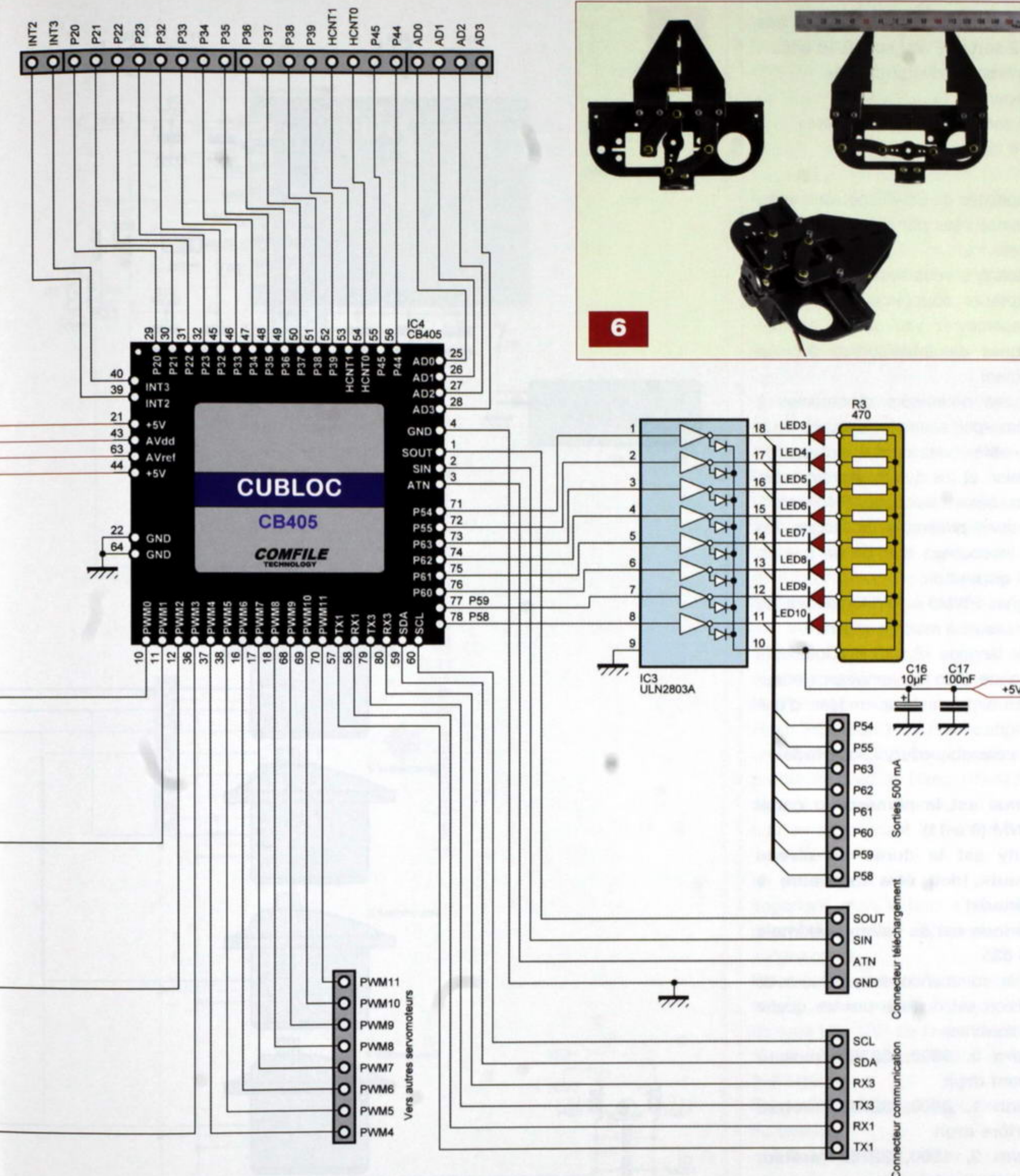
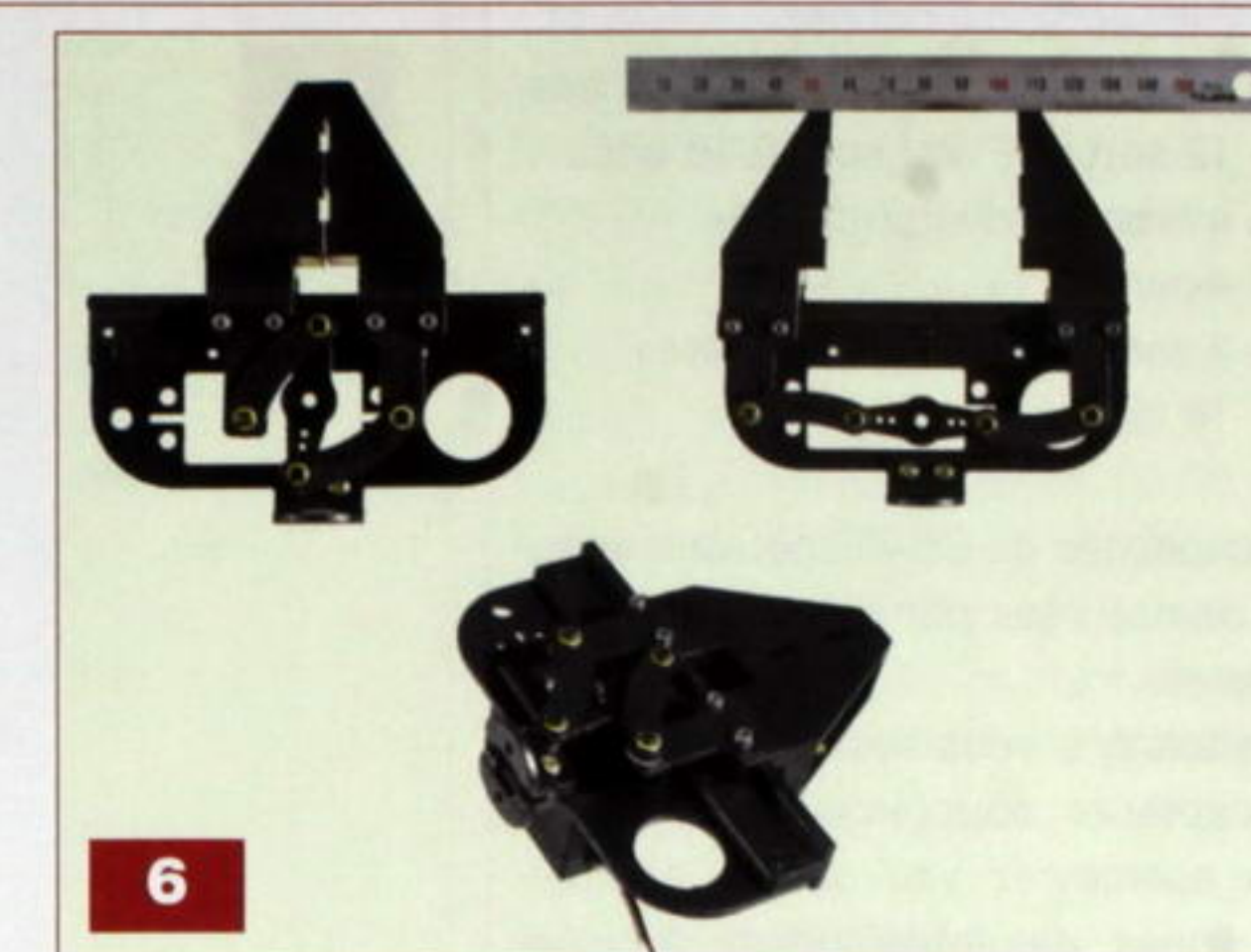
sur le dessin, est maintenu sur la pince de préhension. Trois pinces peuvent être utilisées :

- La pince Lynxmotion NG-NS
- La pince Lynxmotion GRPA-KT
- La pince DFRobot FIT0300

Cette dernière, représentée en figure 6,

bien qu'assez encombrante, peut malgré tout être utilisée. La fixation de la pince choisie s'effectuera sur le palonnier du servomoteur n°3 (cliché 3). La pince Lynxmotion NG-NS peut se fixer directement sur l'axe de sortie de ce servomoteur, ou bien utiliser une petite platine intermédiaire et un palonnier

6



PLATINE A MICROCONTROLEUR CB405

comme vous pouvez le voir sur les clichés d'illustrations.

## L'électronique

### La platine à microcontrôleur

Le schéma de la platine à microcontrôleur est représenté en figure 7.

Nous avons eu recours, comme dans plusieurs de nos robots, au modèle Cubloc CB405, dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- 200 k de mémoire «flash»
- 51 k de mémoire SRAM pour le BASIC
- 4 k de mémoire SRAM pour le LADDER

- 51 k de mémoire SRAM (stockage données)
- 4 k de mémoire EEPROM
- Liaison MODBUS (SLAVE, ASCII mode)
- 4 ports «série» RS232
- Bus I<sup>2</sup>C
- Bus SPI



- 64 Entrées/Sorties dont :
  - 16 convertisseurs A/N sur 10 bits
  - 12 sorties PWM sur 10/16 bits
  - 4 broches d'interruptions externes
  - 2 compteurs «haute vitesse» 16 bits

Les capacités du CB405 peuvent sembler démesurées par rapport au robot présenté.

Cependant, si vous souhaitez l'équiper de capteurs supplémentaires, vous vous apercevrez vite que le nombre des lignes d'entrées/sorties diminue rapidement.

Ainsi, des détecteurs d'obstacles à ultrasons, par exemple, utilisent deux ports «série» ; les quatre moteurs de propulsion et les quatre servomoteurs du bras utilisent huit lignes PWM, etc. Il est donc préférable de laisser des lignes inoccupées que de ne pas en avoir à disposition.

Les lignes PWM0 à PWM3 pilotent les servomoteurs à rotation continue.

Dans le langage «Basic» du Cubloc, la commande d'un servomoteur s'effectue très simplement au moyen d'une seule ligne :

**PWM <canal>, <duty>, <période>**

Où :

**Canal** est le numéro du canal PWM (0 à 11)

**Duty** est la durée du niveau «haut» (doit être inférieure à Période)

**Période** est de valeur maximale 65 535

Ainsi, la commande des moteurs de propulsion est réalisée par les quatre lignes suivantes :

**Pwm 0, 3800, 32768 'moteur avant droit**

**Pwm 1, 3800, 32768 'moteur arrière droit**

**Pwm 2, 1500, 32768 'moteur avant gauche**

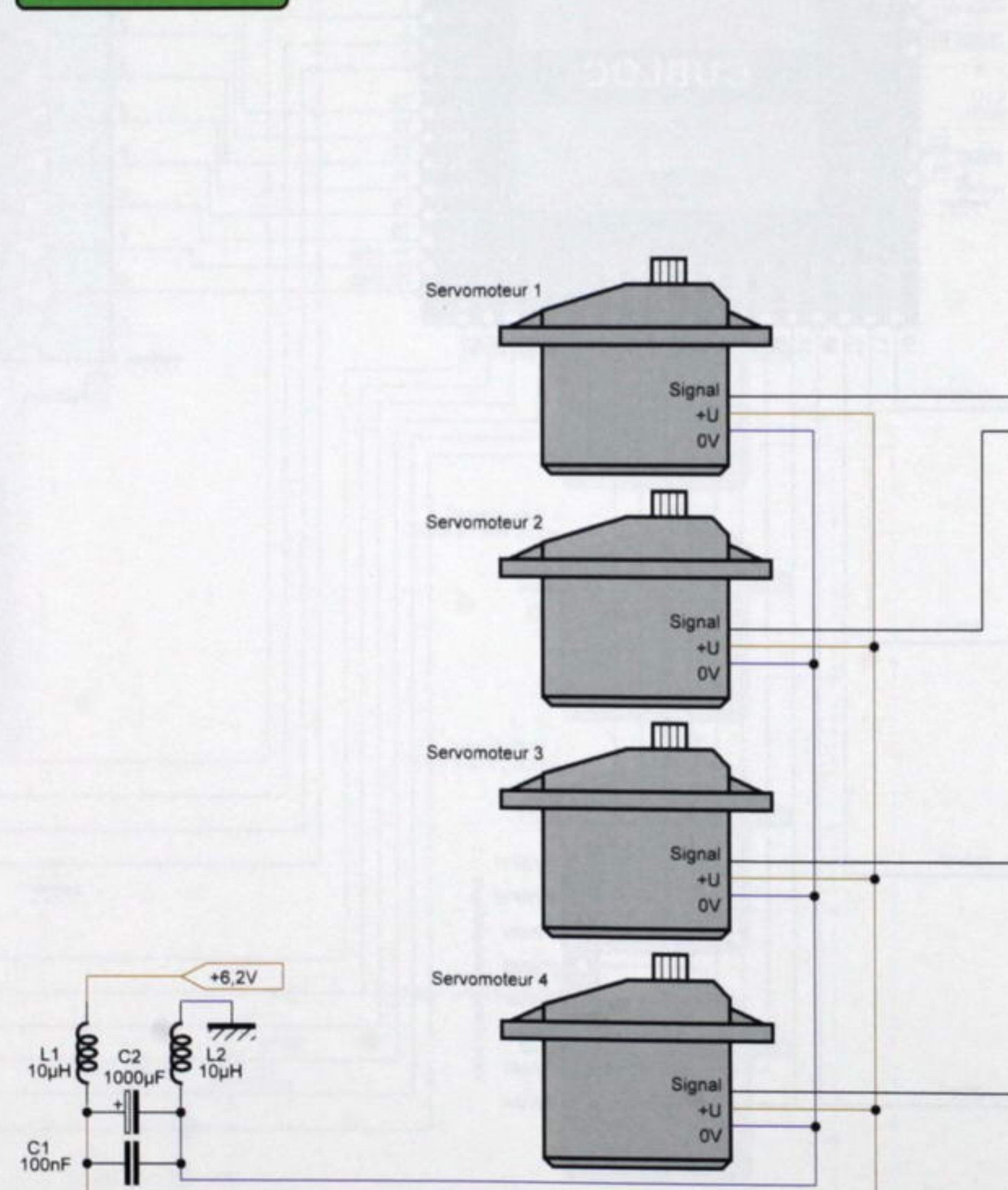
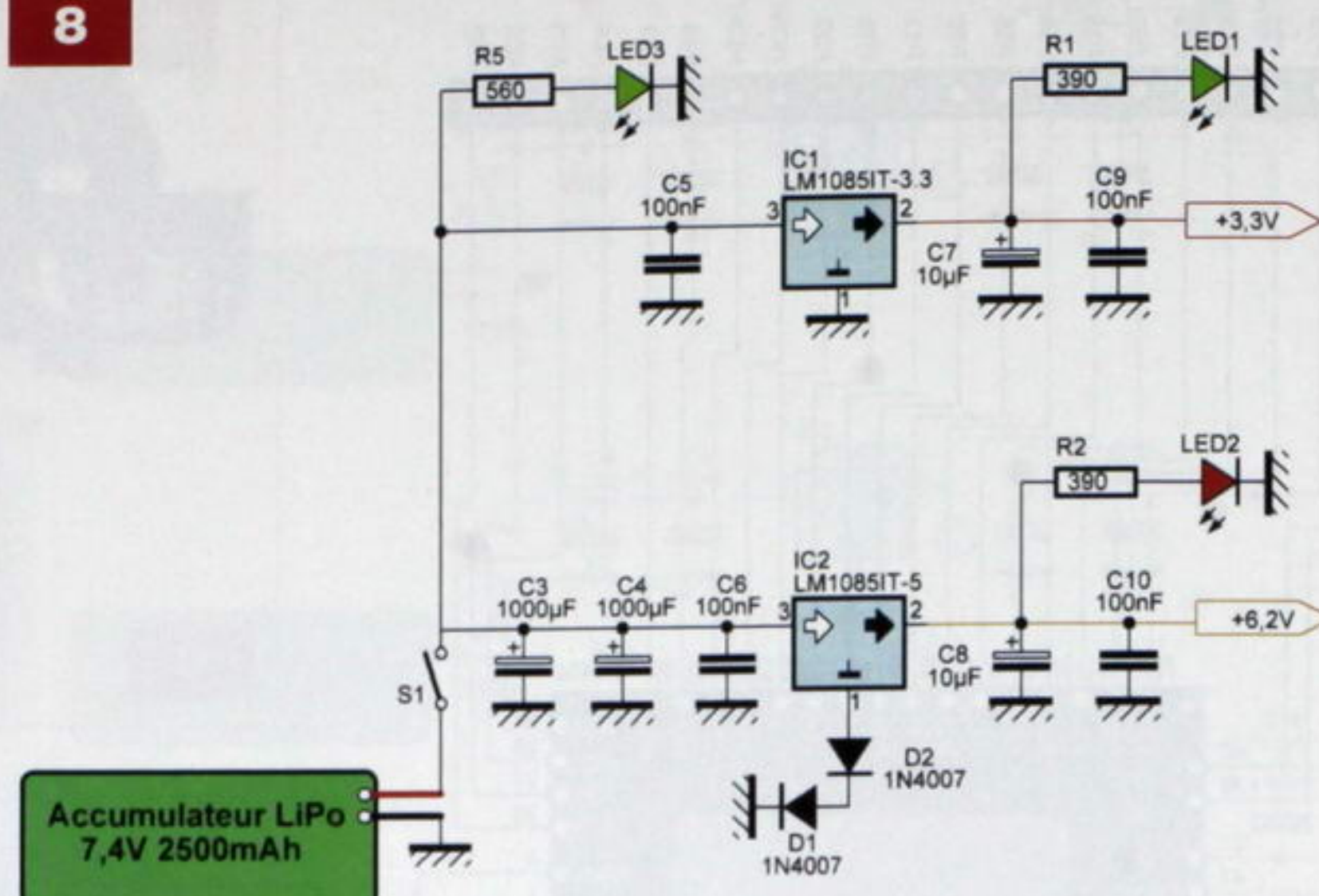
**Pwm 3, 1500, 32768 'moteur arrière gauche**

Les moteurs droits et gauches étant positionnés face à face, ils doivent tourner en sens inverse l'un par rapport à l'autre.

Les lignes PWM doivent préalablement être déclarées en «sorties».

Pour stopper les moteurs, le moyen le plus simple est le suivant :

8



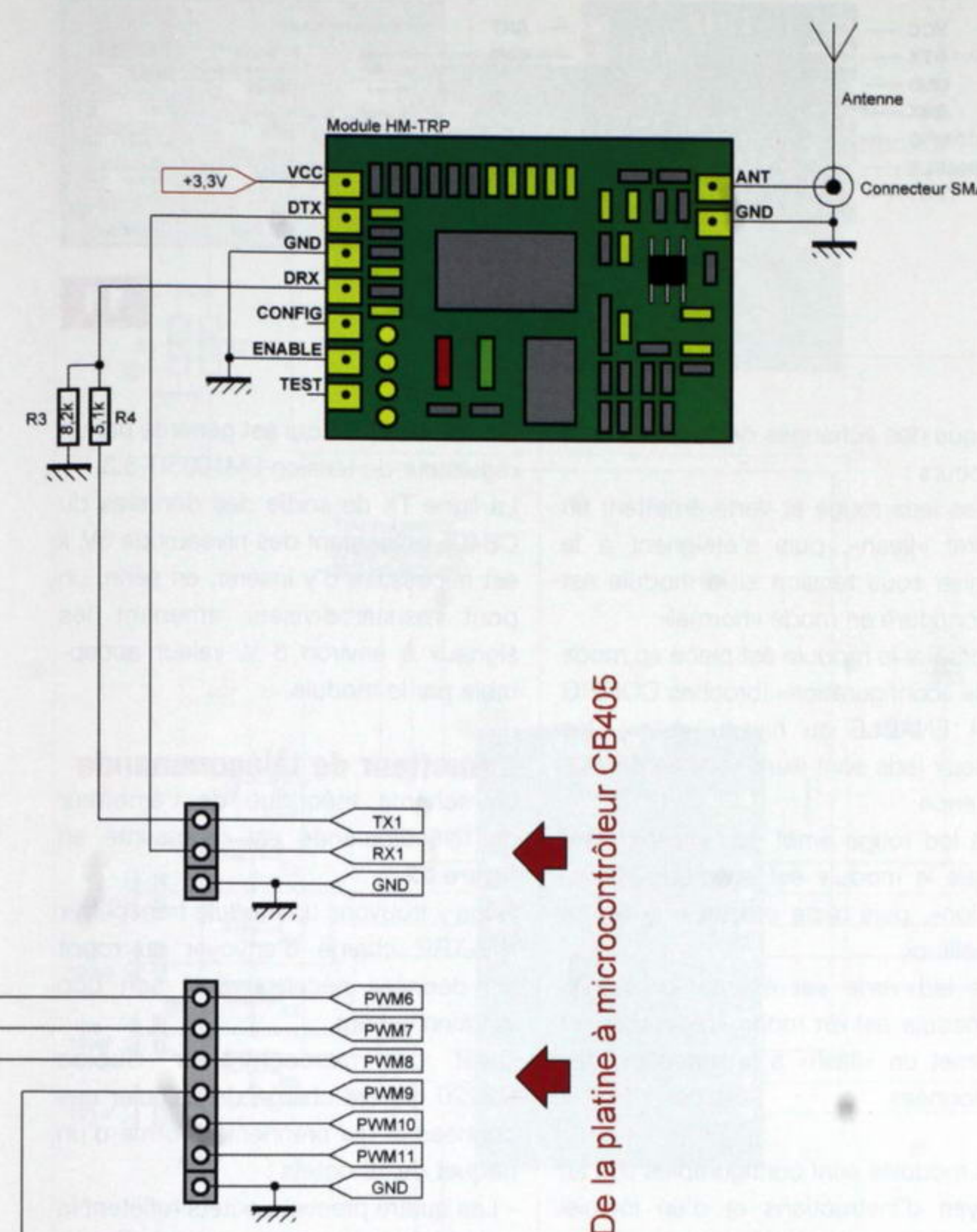
**Pwmoff 0 'stop moteur avant droit**

**Pwmoff 1 'stop moteur arrière droit**

**Pwmoff 2 'stop moteur avant gauche**

**Pwmoff 3 'stop moteur arrière gauche**

L'alimentation des servomoteurs de propulsion s'effectue à travers une cellule de filtrage constituée des inductances L1 et L2 et des capacités C1 et C2. La tension d'alimentation provient d'un régulateur de tension de type LM1085IT-5 dont la tension de sortie est portée à 6,2 V à l'aide de deux



PLATINE SUPERIEURE

diodes 1N4007 insérées en «série» dans sa ligne de masse. A ce sujet, il convient de signaler qu'un fonctionnement erratique a été constaté avec les servomoteurs Hitec HSR-1425CR, à cette tension.

Nous avons dû ôter une diode, afin d'amener la tension à 5,6 V pour que

tout rentre dans l'ordre. Il faut également reconnaître que la tension d'alimentation maximale de ces servomoteurs est de 6 V. Les moteurs de propulsion peuvent consommer, chacun, un courant maximal d'environ 650 mA. Ils sont donc alimentés par un accumulateur LiPo de 2 500 mAh.

Les lignes P54, P55 et P58 à P63 sont amplifiées par un octuple réseau de Darlington, de type ULN2803A (ou ULN2804A), ce qui permet de les utiliser pour l'alimentation de systèmes divers, tels que des relais électromécaniques, des leds, etc.

La platine est alimentée sous une tension de 5 V, générée par un régulateur de type LM2950CT-5.0.

La tension primaire est fournie par un accumulateur au Lithium de 7,4 V et 1 500 mAh.

### La partie supérieure

Le schéma de cette platine supérieure est représenté en figure 8. Elle supporte l'alimentation des servomoteurs du bras et la platine de «réception» de la télécommande.

Là aussi, une cellule de filtrage est utilisée pour l'alimentation des servomoteurs. L'alimentation est la même que pour les moteurs de propulsion.

La remarque est également la même en ce qui concerne les deux diodes 1N4007, D1 et D2.

Nous avons eu des problèmes de fonctionnement avec les servomoteurs Hitec HS-322HD et Futaba S3003 à une tension de 6,2 V, par contre, pas de problème avec le Hitec HS-422... et plus de déboires avec aucun servomoteur en descendant la tension à 5,6 V voire même 5 V.

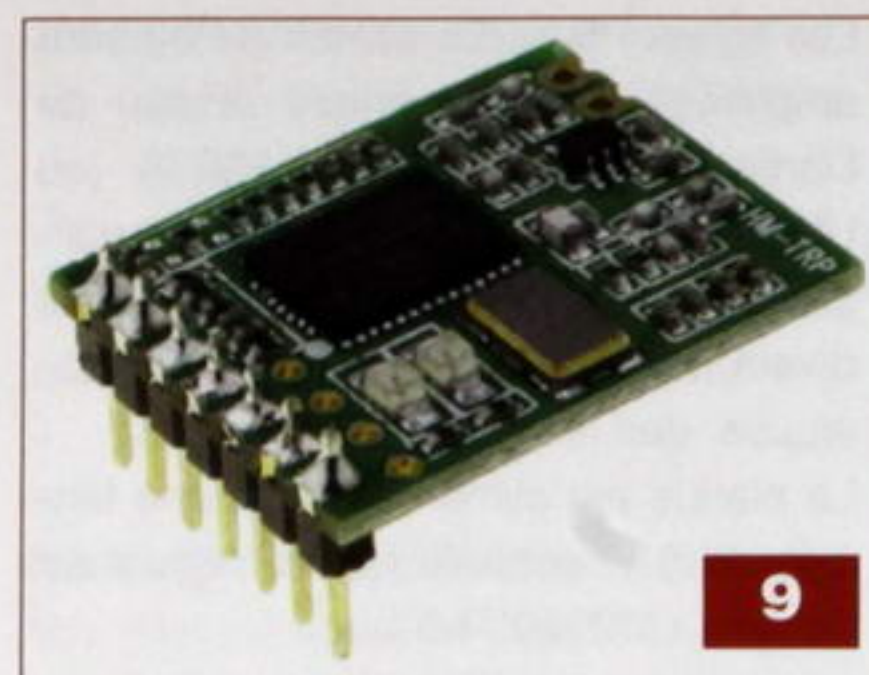
Le couple est alors un peu moins important, mais le bras n'est pas non plus conçu pour déplacer plusieurs kilogrammes.

Pour la réception HF de la télécommande, nous avons utilisé un module de type HM-TRP de Hope Electronics. Nous l'avons choisi dans la bande 868 MHz.

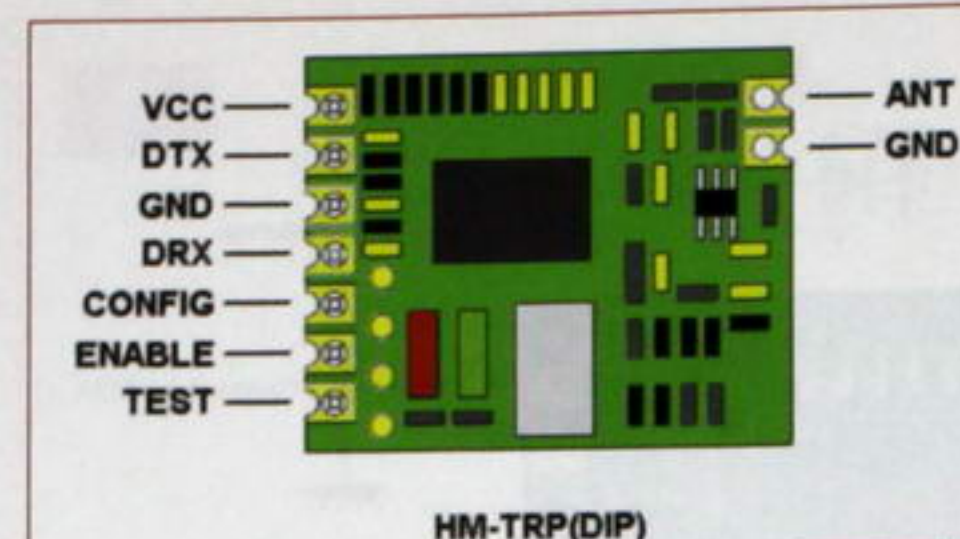
Ses caractéristiques sont énumérées ci-dessous :

- Modulation FSK, deux voies «half duplex», dispositif anti interférences
- Bandes ISM 433/470/868/915 MHz
- Puissance maximale de 20 dBm (100 mW), ajustable entre 1 dBm (1 mW) et 20 dBm (100 mW)
- Sensibilité du récepteur de -117 dBm
- Courant d'alimentation en «émission» de 100 mA à 20 dBm et 40 mA à 14 dBm
- Courant d'alimentation de 25 mA en «réception»



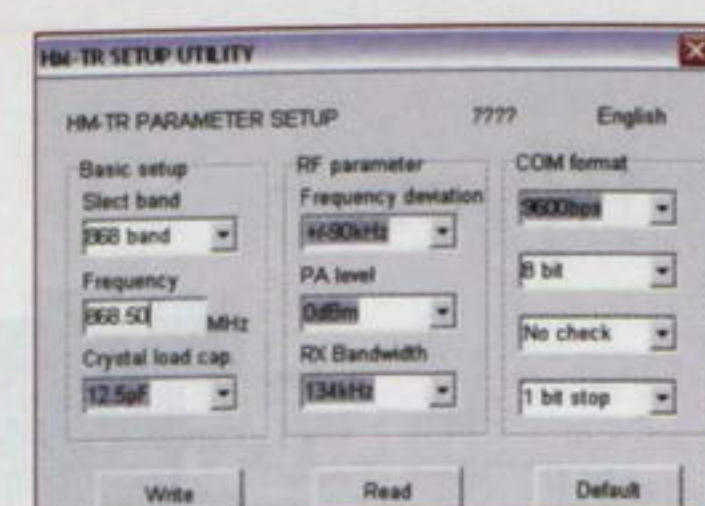


9



HM-TRP(DIP)

10



11

- Courant faible de 1  $\mu$ A dans le mode «Sleep»
- Interface UART au standard TTL
- Fréquence de travail paramétrable entre 849 MHz et 889 MHz
- Bande de réception ajustable entre 30 kHz et 620 kHz
- Déviation en modulation, réglable entre 10 kHz et 160 kHz
- Passage automatique de la réception à l'émission
- Vitesses de communication réglables entre 1 200 bps et 115 200 bps
- Fonction RSSI (Received Signal Strength Indication)
- Indication du mode de fonctionnement par leds
- Distance de transmission de 1 km en terrain dégagé
- Dimensions de 16 x 20 x 2 mm

Les figures 9 et 10 donnent sa représentation physique, ainsi que son brochage :

- **VCC** : alimentation entre 2,4 V et 3,6 V (valeur limite, typiquement 3,3 V)
- **DTX** : transmission des données
- **GND** : masse
- **DRX** : réception des données
- **CONFIG** : broche à positionner au niveau «bas» pour le paramétrage du module et au niveau «haut» en fonctionnement normal
- **ENABLE** : broche à positionner au niveau «bas» en fonctionnement normal et au niveau «haut» pour le mode «Sleep»
- **TEST** : broche non connectée
- **ANT** : connexion de l'antenne d'impédance 50  $\Omega$

Le module est équipé de deux leds, utilisées comme indicateurs de fonctionnement. Elles permettent de vérifier le bon déroulement des opérations

lorsque des échanges de données sont en cours :

- 1) Les leds rouge et verte émettent un bref «flash», puis s'éteignent à la mise sous tension si le module est configuré en mode «normal»
- 2) lorsque le module est placé en mode de «configuration» (broches CONFIG et ENABLE au niveau «bas»), les deux leds sont illuminées en permanence
- 3) la led rouge émet des «flashes» tant que le module est en mode «émission», puis reste éteinte à la fin de celle-ci
- 4) la led verte est éteinte lorsque le module est en mode «réception» et émet un «flash» à la réception des données

Les modules sont configurables soit au moyen d'instructions et d'un logiciel émulateur de terminal, soit au moyen d'un logiciel fourni par le fabricant et disponible en téléchargement gratuit à l'adresse <http://www.hoperf.com/rf/fsk/HM-TRP.htm>. Ce logiciel permet la configuration des principaux paramètres (figure 11).

En configuration par «défaut» (sortie d'usine), les modules HM-TRP sont paramétrés de la manière suivante :

- Fréquence : 869 000 000 Hz
- Vitesse de transfert : 9 600 bps
- Bande de réception : 105 kHz
- Excursion en fréquence : 35 kHz
- Puissance de sortie RF : +20 dBm (100 mW)
- Vitesse de communication de l'UART : 9 600 bps

Nous conserverons ces réglages qui nous conviennent pour le fonctionnement des modules HM-TRP avec le robot.

Ces modules fonctionnent sous une

tension de 3,3 V, qui est générée par un régulateur de tension LM1085IT-3.3. La ligne TX de sortie des données du CB405 présentant des niveaux de 5V, il est nécessaire d'y insérer, en série, un pont résistif diviseur amenant les signaux à environ 3 V, valeur acceptable par le module.

### L'émetteur de télécommande

Le schéma théorique de l'émetteur de télécommande est représenté en figure 12.

Nous y trouvons un module transceiver HM-TRP, chargé d'envoyer au robot les données nécessaires à son bon fonctionnement.

C'est un microcontrôleur Cubloc CB220 qui est chargé de calculer ces données et qui prennent la forme d'un paquet de 10 octets :

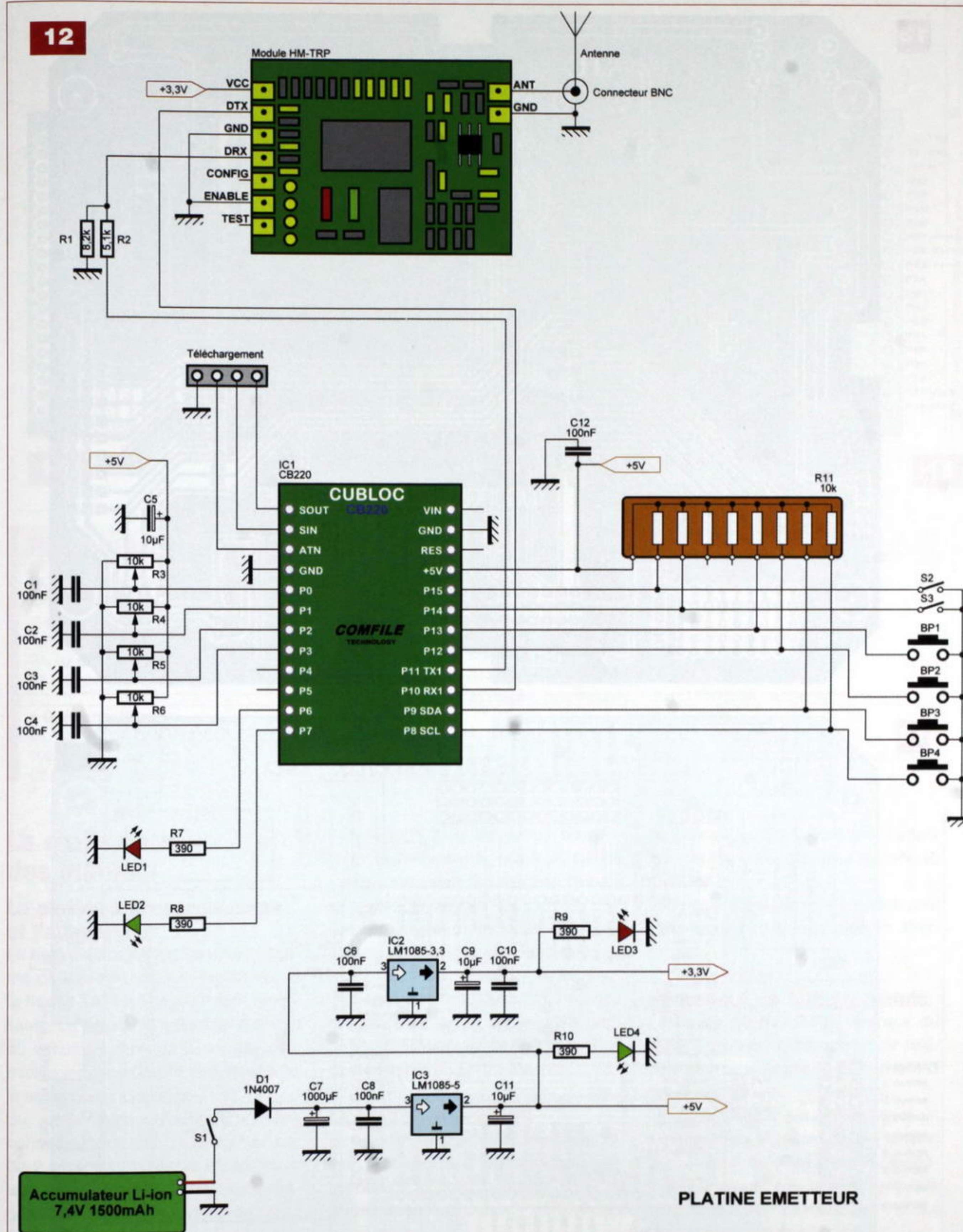
- Les quatre premiers octets reflètent la position des quatre potentiomètres R3 à R6. Ils permettent le positionnement des différentes parties du bras. Les curseurs de ces potentiomètres sont connectés aux entrées P0 à P3, qui sont les entrées du convertisseur A/D interne au CB220

- Les quatre octets suivants résultent de la lecture des entrées P8, P9, P12 et P13, auxquelles sont connectés des boutons-poussoirs qui permettent le déplacement du robot :

- BP4 commande la marche avant
- BP1 commande la marche arrière
- BP3 fait tourner le robot à droite
- BP2 fait tourner le robot à gauche

- Les deux octets suivants indiquent l'état logique des entrées P15 et P14, auxquelles sont connectés les commutateurs S2 et S3. Dans le petit programme que nous avons écrit, ces deux commutateurs commandent les lignes P58 et P59 du CB405. Nous ne les avons pas utilisées sur le robot,

12



PLATINE EMETTEUR

mais elles permettent une utilisation éventuelle. De même pour les leds LED1 et LED2 connectées aux sorties P6 et P7 du Cubloc CB220 de l'émetteur de télécommande. Elles peuvent

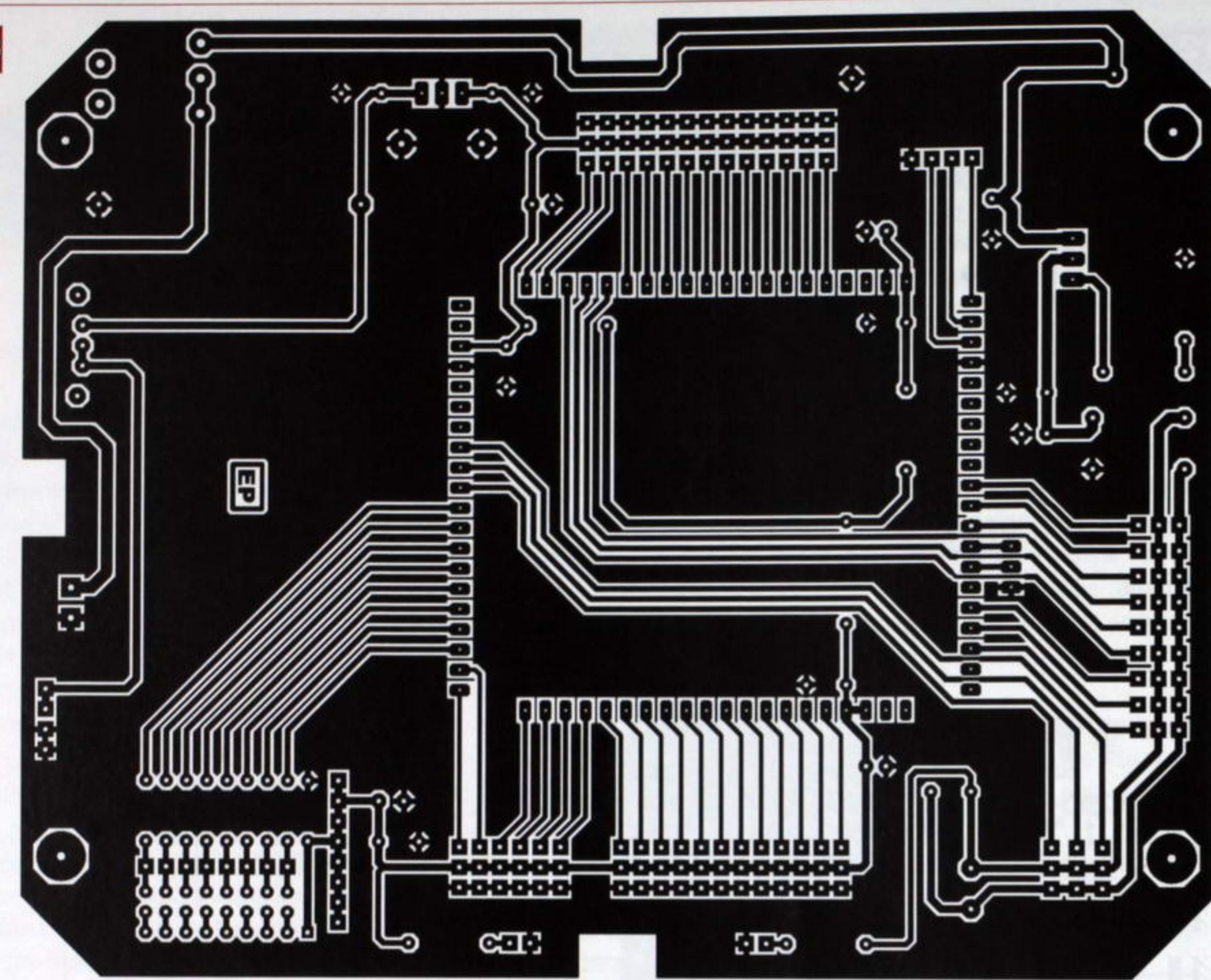
être utilisées comme une signalisation quelconque envoyée par le robot

L'émetteur nécessite deux tensions d'alimentations : 5 V pour le microcon-

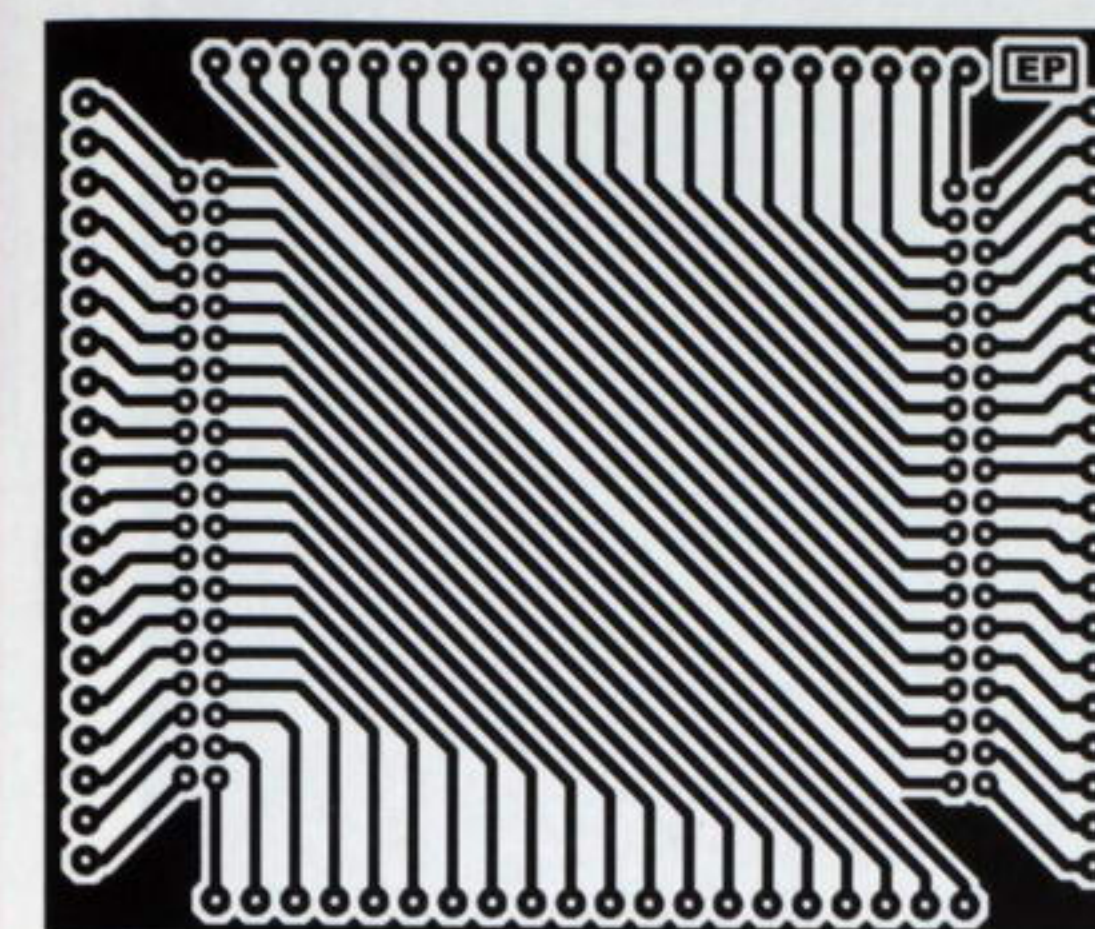
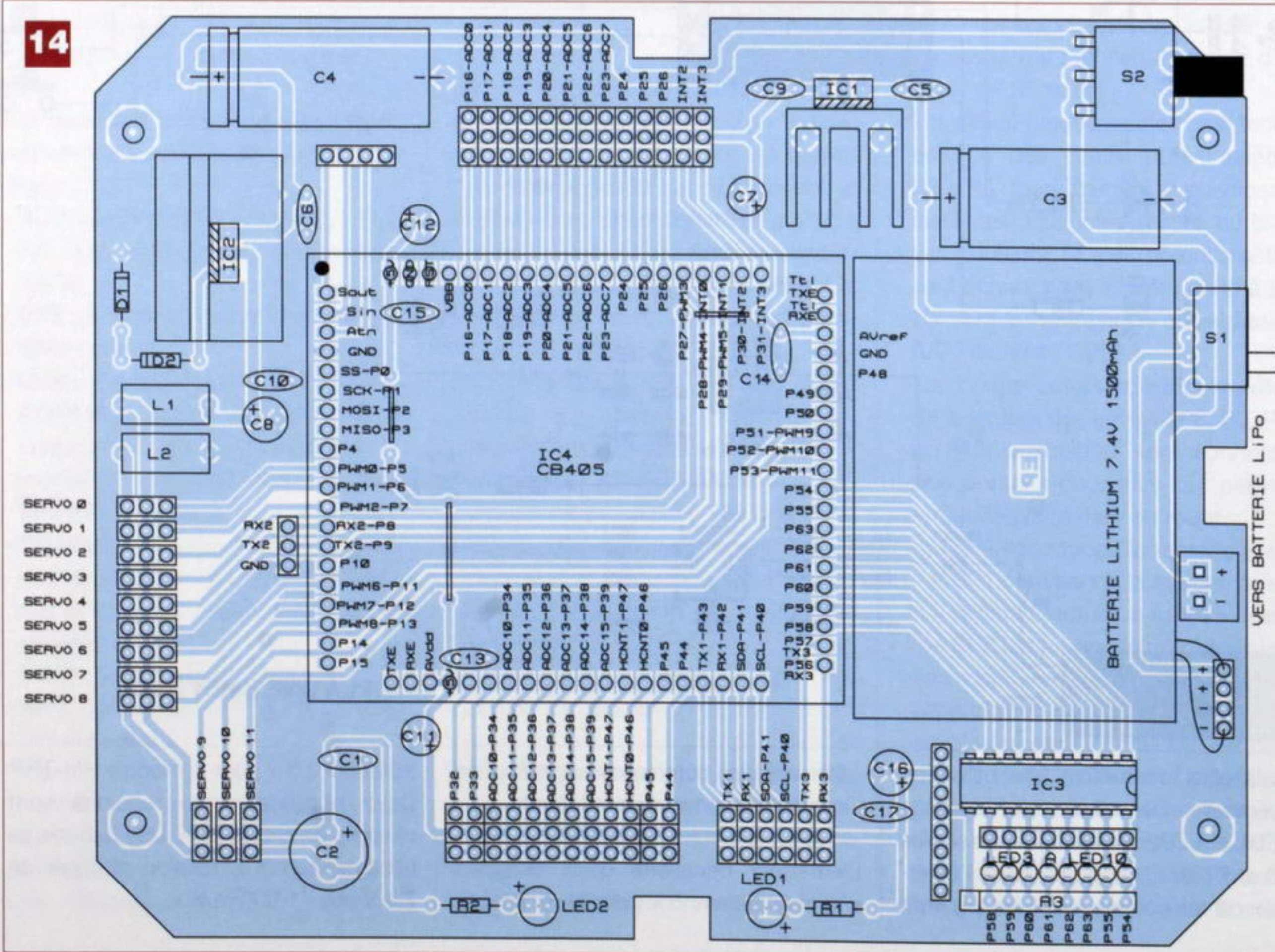
trôleur et 3,3 V pour le module HM-TRP. Deux régulateurs de tensions sont chargés de cette tâche. Une batterie au Lithium fournit la tension primaire de 7,4 V sous 1 500 mAh.



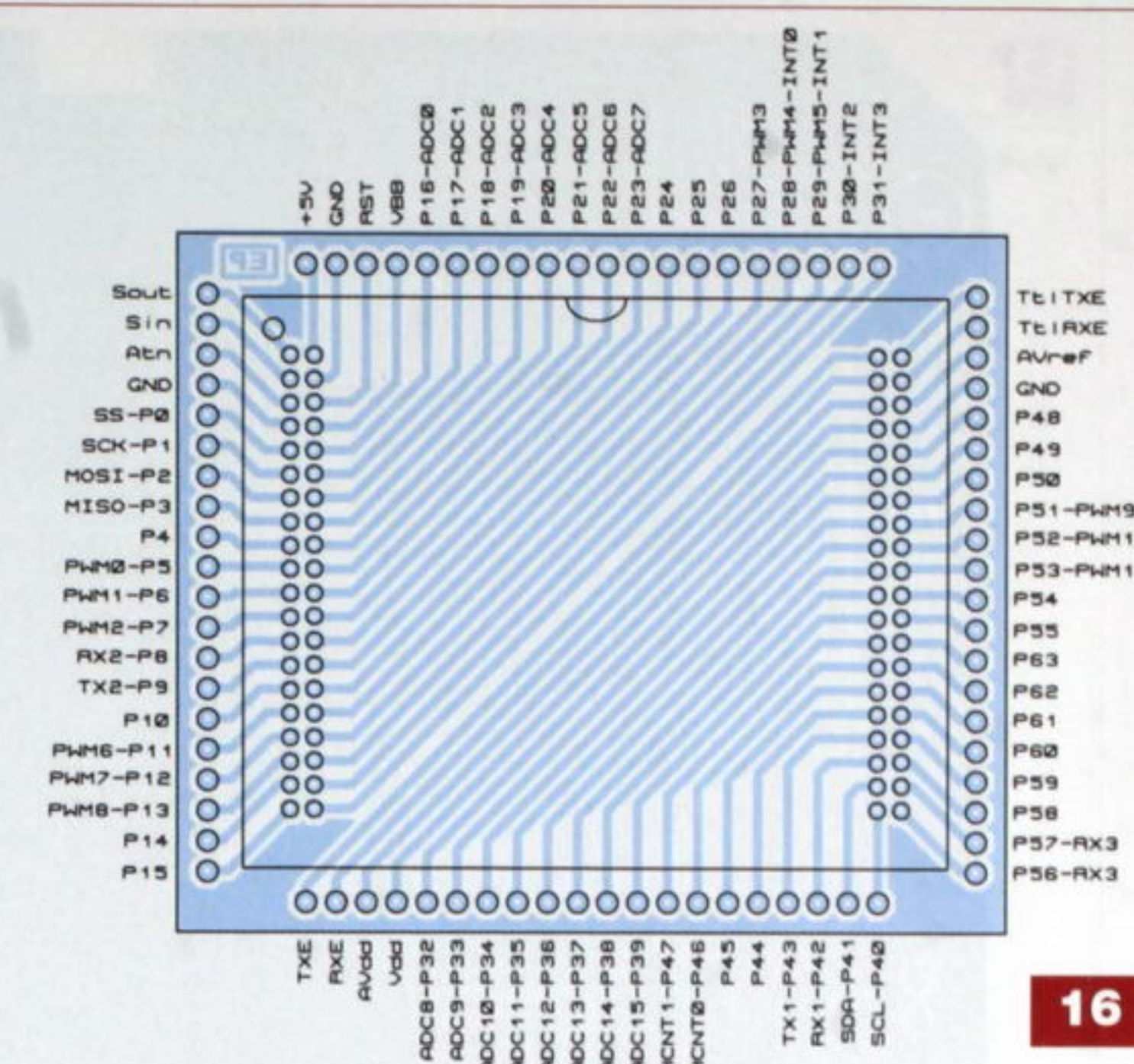
13



14



15



16

## Nomenclature

### PLATINE À MICROCONTRÔLEUR ET ADAPTEUR

#### • Résistances

R1, R2 : 390 Ω (orange, blanc, marron)  
R3 : réseau de 8 résistances de 470 Ω

#### • Condensateurs

C1, C5, C6, C9, C10, C13, C14, C15, C17 : 100 nF  
C2 : 1 000 μF / 25V

C3, C4 : 2 200 μF / 25V

C7, C8, C11, C12, C16 : 10 μF / 25V

#### • Divers

L1, L2 : inductance (voir texte)  
Barrettes sécables, de broches carrées  
Barrettes sécables, de support, pour broches carrées  
2 dissipateurs thermiques pour boîtier TO220  
1 commutateur à levier pour circuit imprimé

1 commutateur à glissière pour circuit imprimé

#### • Semiconducteurs

IC1 : LM2940CT-5  
IC2 : LM1085IT-5  
IC3 : ULN2803A, ULN2804A  
IC4 : CB405  
D1, D2 : 1N4007 (voir texte)  
LED1 à LED10 : diode électroluminescente (couleur au choix)

## La réalisation des platines

### La platine à microcontrôleur et l'adaptateur

La figure 13 représente le circuit imprimé de la platine du microcontrôleur et la figure 14 l'implantation des composants. La figure 15 présente le dessin du circuit imprimé de l'adaptateur du microcontrôleur CB405 et la figure 16 le schéma d'implantation.

Sur cette platine d'adaptation, deux connecteurs de 2 x 20 points, au pas de 2 mm, supportent le microcontrôleur. Nous utilisons, ensuite, quatre rangées de barrette sécable, de vingt broches carrées, soudées du côté cuivré du circuit.

Sur la platine du microcontrôleur, quatre rangées de barrette sécable, de support pour broches carrées, à vingt points, sont à souder pour recevoir

l'adaptateur. Tous les autres connecteurs (servomoteurs, communications «série», etc.) sont des rangées de barrette sécable, de broches carrées. Les régulateurs de tensions sont obligatoirement fixés contre des dissipateurs. Les inductances L1 et L2 peuvent être, au choix, des VK200 ou des bâtonnets de ferrite sur lesquels sont bobinées environ quinze spires de fil de cuivre émaillé de 6/10<sup>ème</sup> de mm.

### La platine supérieure

La figure 17 reproduit le dessin du circuit imprimé de la platine supérieure supportant le bras, la figure 18 et la photo A son schéma d'insertion des composants.

Le module HM-TRP présente des broches implantées au pas de 2 mm. Il convient donc de se procurer ce type de barrette qu'il faudra couper en deux morceaux (7 points et 2 points).

Un connecteur SMA, pour circuit imprimé, permet de connecter l'antenne au module.

Les deux régulateurs de tensions sont fixés contre des dissipateurs thermiques.

### L'émetteur de télécommande

La figure 19 représente le tracé du circuit imprimé de l'émetteur de télécommande, la figure 20 et la photo B l'implantation des composants.

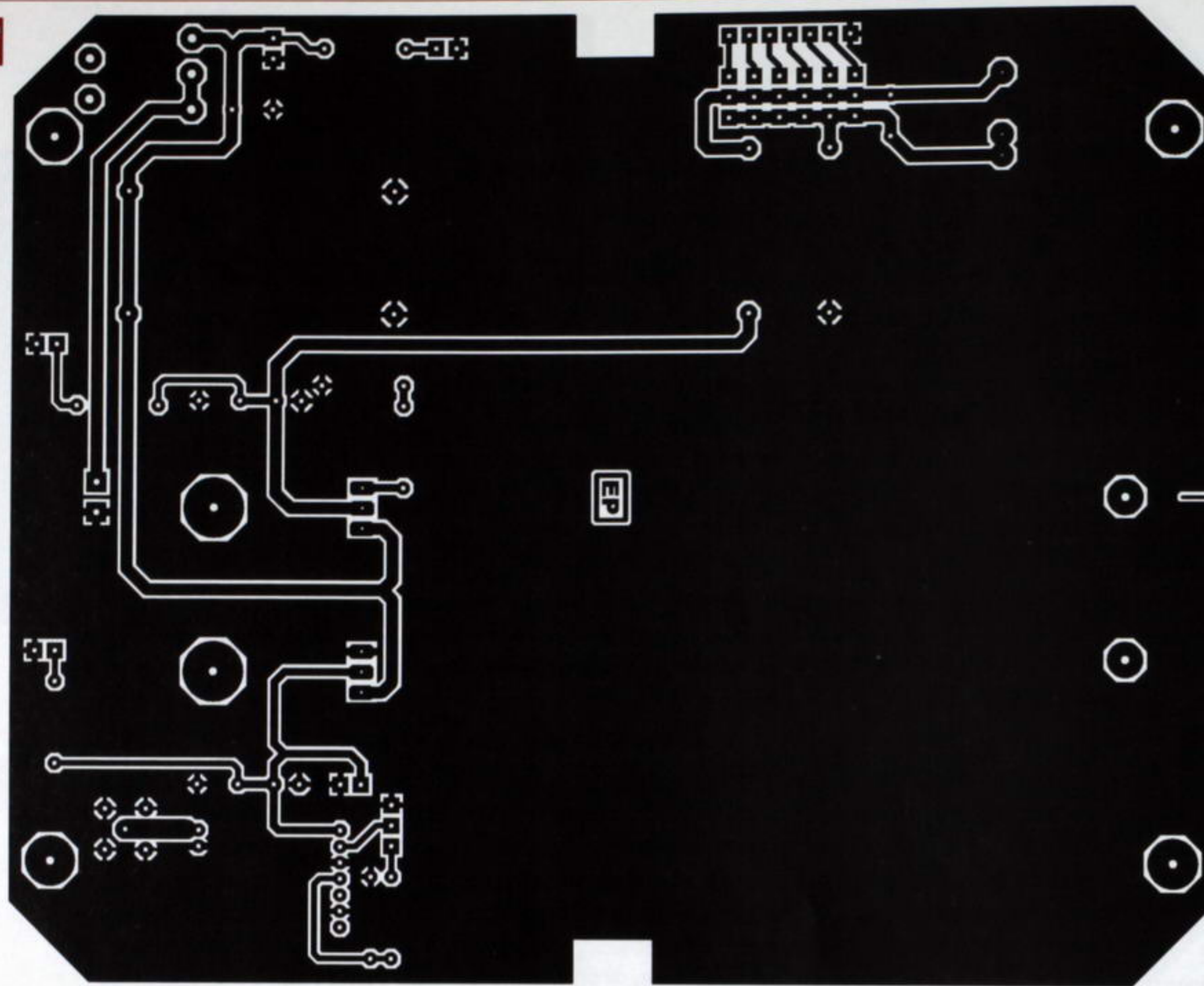
Le Cubloc CB220 est enfoncé dans un support. Seul le régulateur de tension de 5 V est fixé contre un petit dissipateur thermique. Même remarque que pour la platine supérieure en ce qui concerne le module HM-TRP.

### Les essais

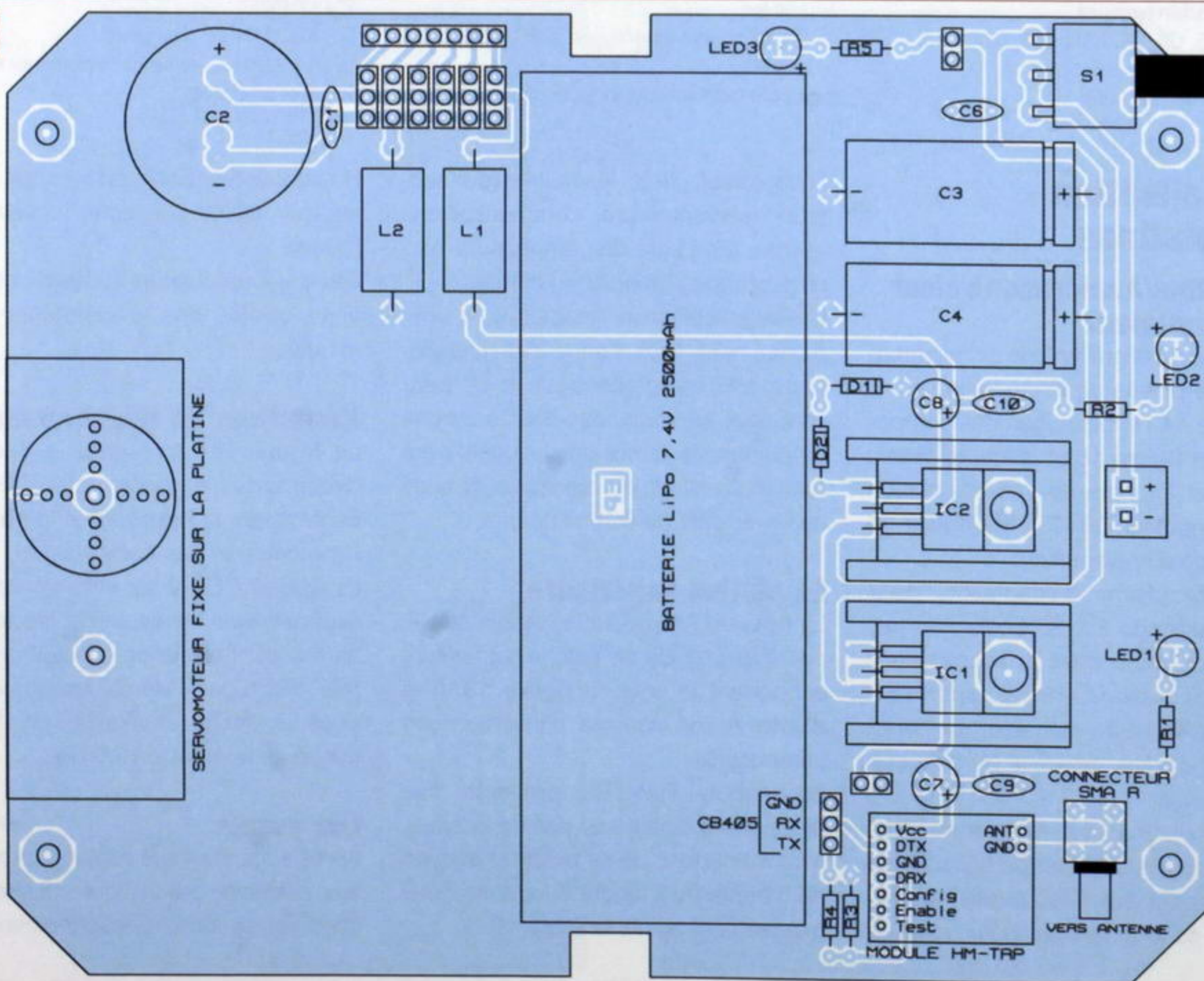
Après avoir vérifié le câblage, procéder aux premiers essais, qui consistent à contrôler le bon fonctionnement des



17



18



## Nomenclature

## PLATINE SUPÉRIEURE

## • Résistances

R1, R2 : 390  $\Omega$  (orange, blanc, marron)  
 R3 : 8,2 k $\Omega$  (gris, rouge, rouge)  
 R4 : 5,1 k $\Omega$  (vert, marron, rouge)  
 R5 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)

## • Condensateurs

C1, C5, C6, C9, C10 : 100 nF

C2, C3, C4 : 1 000  $\mu$ F / 25V  
 C7, C8 : 10  $\mu$ F / 25V

## • Divers

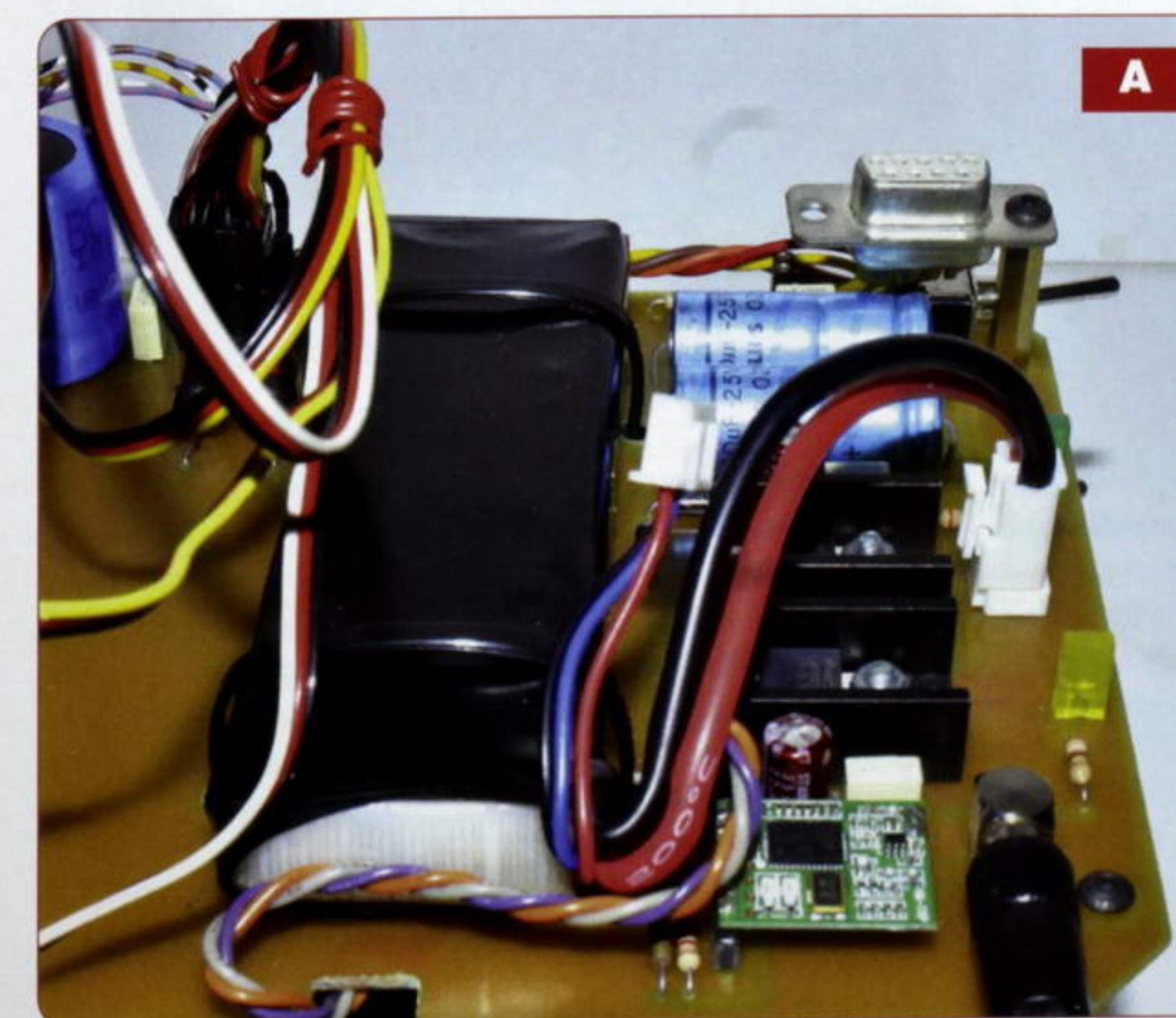
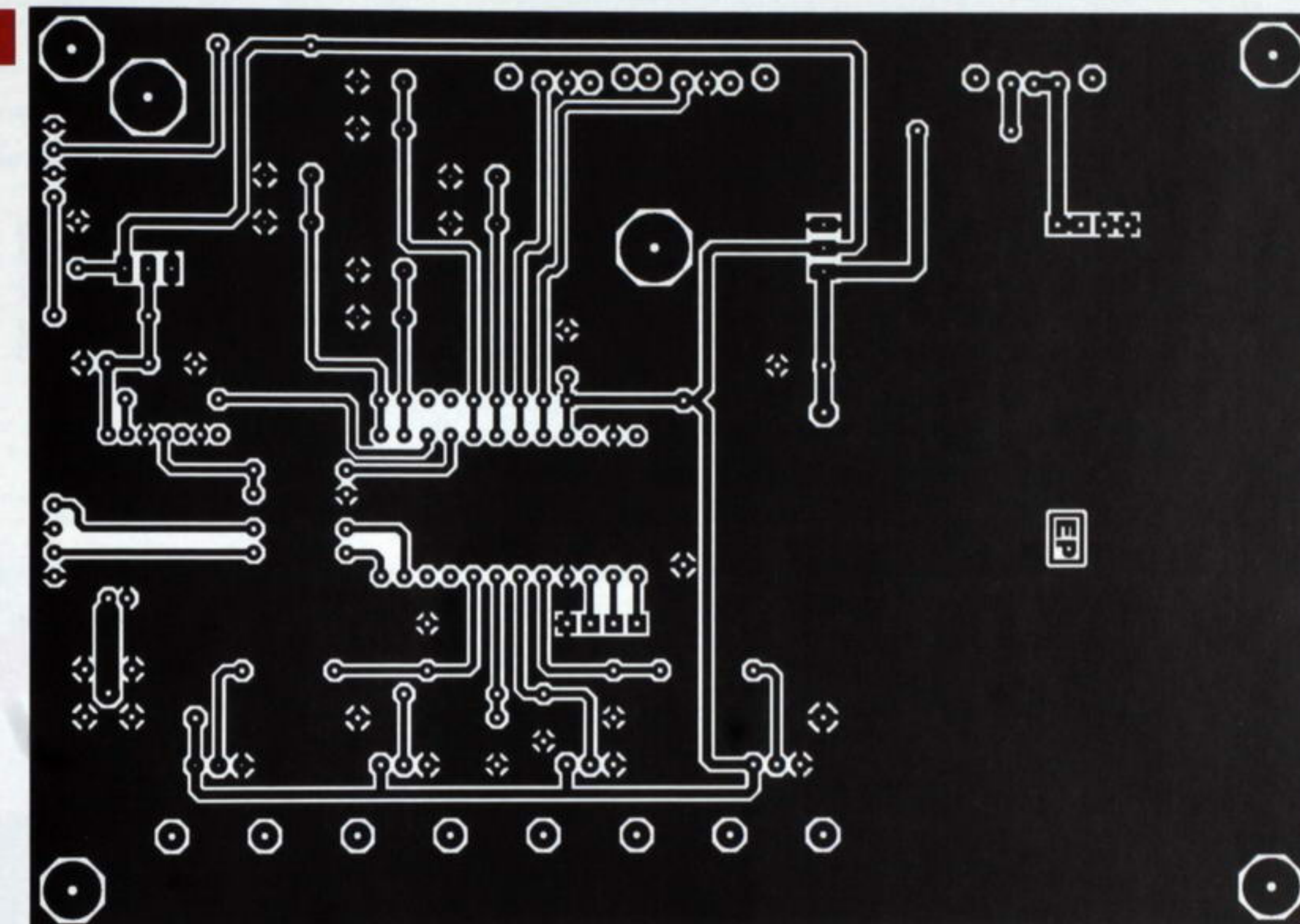
L1, L2 : inductance (voir texte)  
 Barrette sécable, de broches carrées  
 Barrette sécable, de support, pour broches carrées  
 1 module HM-TRP 868 MHz (Farnell : <http://www.farnell.com/>)  
 1 antenne 868 MHz

2 dissipateurs thermiques pour boîtier TO220  
 1 commutateur à levier pour circuit imprimé  
 1 connecteur SMA coudé pour circuit imprimé

## • Semiconducteurs

IC1 : LM1085IT-3.3  
 IC2 : LM1085IT-5  
 D1, D2 : 1N4007 (voir texte)  
 LED1, LED2, LED3 : diode électroluminescente (couleur au choix)

19



alimentations, c'est-à-dire la tension en sortie des différents régulateurs.

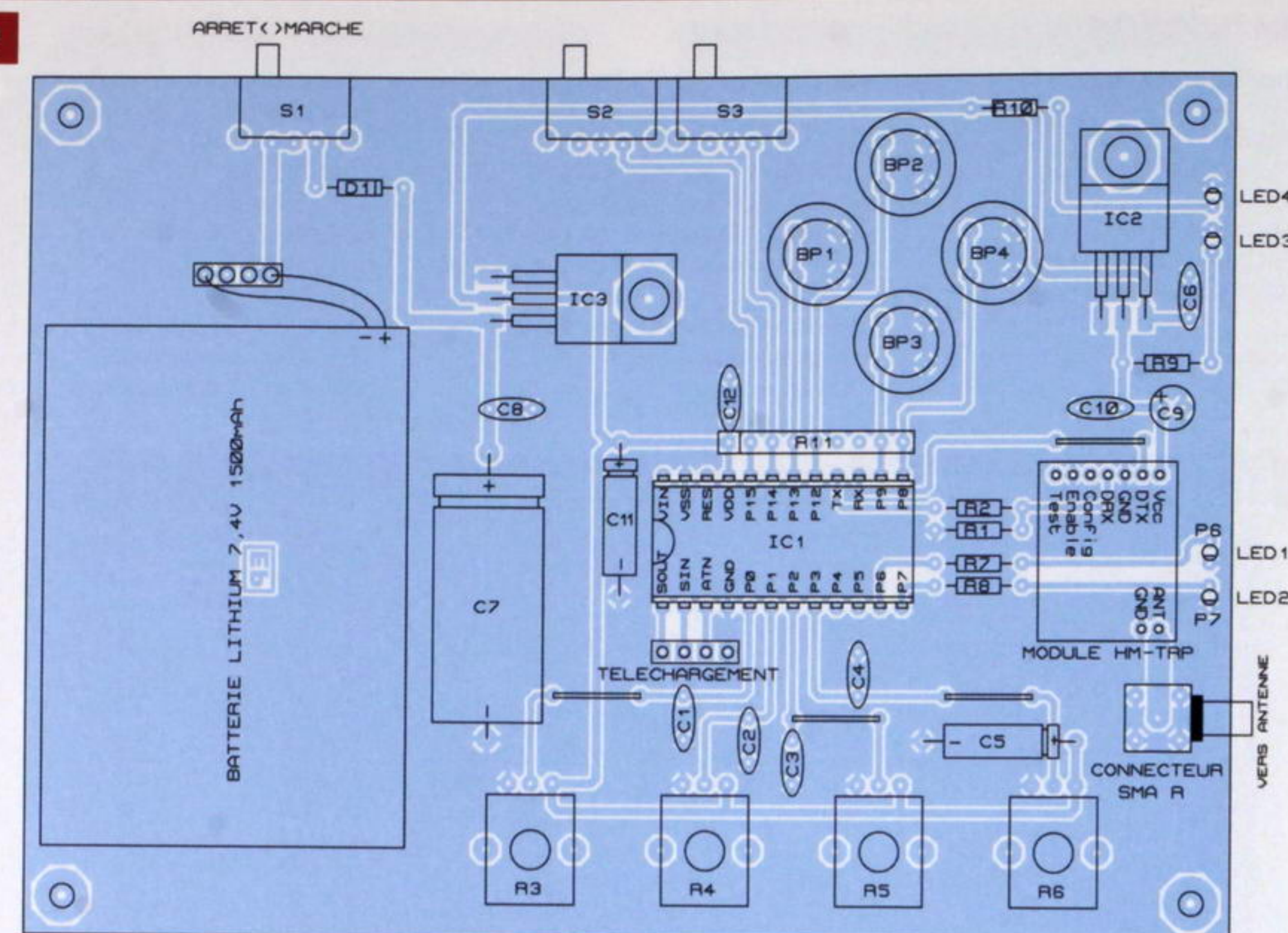
Ces essais s'effectuent sans que les microcontrôleurs soient insérés dans leur support. Si tout est conforme, procéder au montage des platines sur la base mobile.

Commencer par fixer la platine à microcontrôleur sur les quatre entretoises, au moyen de quatre autres entretoises de même longueur. Avant de fixer la platine supérieure, placer la batterie et connecter plusieurs fils :

- Quatre fils, soudés à un connecteur SUBD femelle à 9 broches, sont connectés à la prise de télécharge-ment du Cubloc CB405
- Trois fils sont connectés aux lignes TX1, RX1 et masse
- Sept fils sont connectés à la masse et aux lignes PWM6 à PWM11



20



## Nomenclature

### ÉMETTEUR DE TÉLÉCOMMANDE

#### • Résistances

R1 : 8,2 k $\Omega$  (gris, rouge, rouge)  
R2 : 5,1 k $\Omega$  (vert, marron, rouge)  
R3 à R6 : potentiomètre miniature vertical de 10 k $\Omega$  pour circuit imprimé  
R7 à R10 : 390  $\Omega$  (orange, blanc, marron)  
R11 : réseau de huit résistances de 10 k $\Omega$

#### • Condensateurs

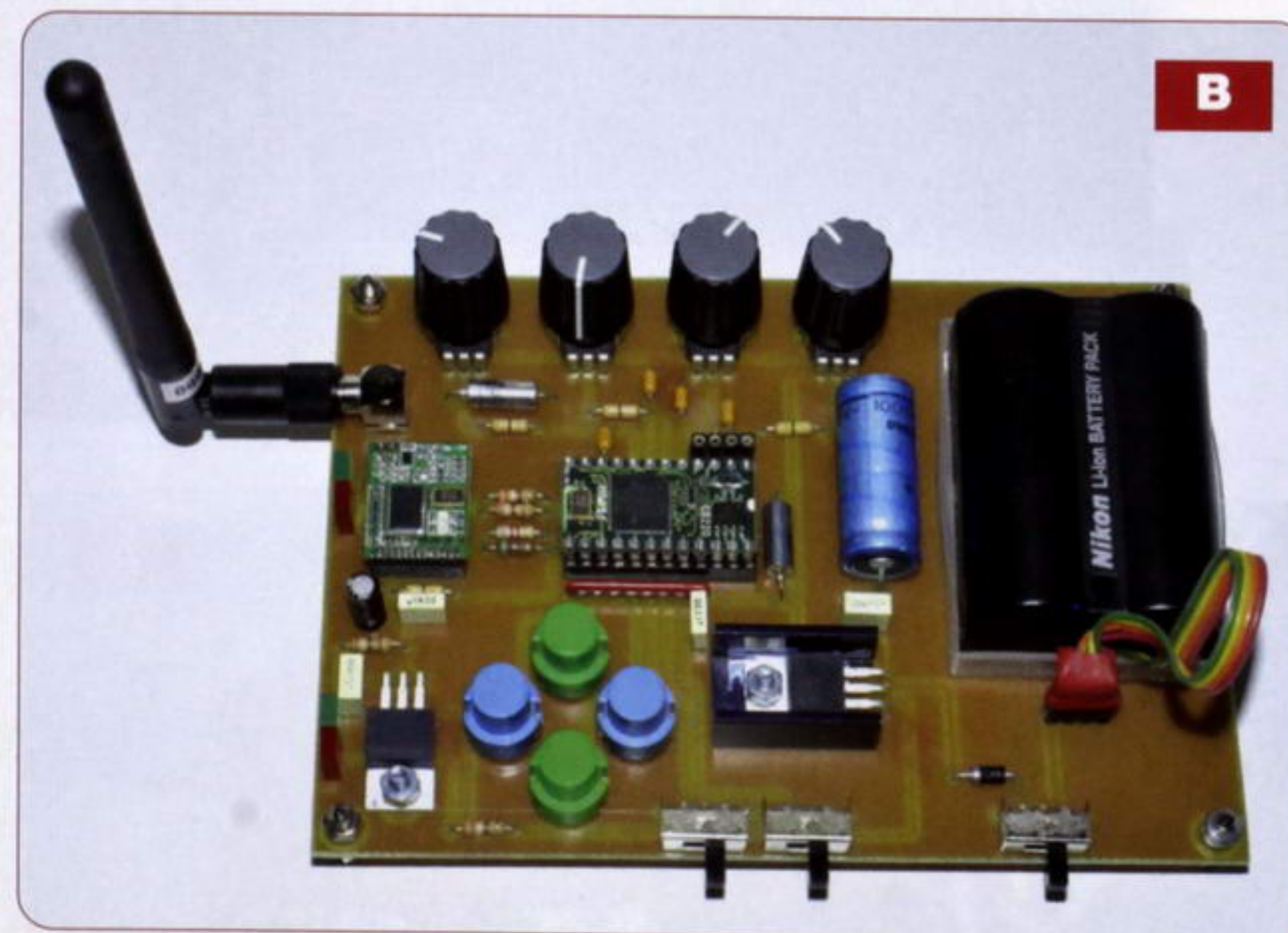
C1 à C4, C6, C8, C10, C12 : 100 nF  
C5, C9, C11 : 10  $\mu$ F / 25V  
C7 : 1 000  $\mu$ F / 25V

#### • Semiconducteurs

IC1 : CB220  
IC2 : LM1085IT-3.3  
IC3 : LM1085IT-5  
D1 : 1N4007  
LED1 à LED4 : diode électroluminescente (couleur au choix)

#### • Divers

Barrette sécable, de broches carrées  
Barrette sécable, de support, pour broches carrées  
1 module HM-TRP 868 MHz (Farnell)  
1 antenne 868 MHz  
1 dissipateur thermique pour boîtier TO220  
3 commutateurs à glissière pour CI  
1 connecteur SMA soudé pour CI  
4 boutons-poussoirs pour CI



Ces dix derniers fils sont munis, à leur autre extrémité, d'un morceau de barrette sécable, de broche carrée, qu'il suffit de connecter aux endroits adéquats sur la platine supérieure lorsque celle-ci est fixée.

Il suffit ensuite de télécharger les deux programmes, l'un dans le CB405 (robot), l'autre dans le CB220 (télécommande) et de procéder aux essais.

Le téléchargement se réalise au moyen

du logiciel Cubloc Studio disponible en libre téléchargement sur le site de Comfile, fabricant des modules Cubloc. Les deux programmes fournis sont basiques et ne comportent que les fonctions élémentaires.

Des améliorations peuvent donc y être apportées.

P. OGUIC  
p.oguic@gmail.com

# GO TRONIC

ROBOTIQUE ET COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

## IMPRIMANTE 3D EN KIT K8200

Kit imprimante 3D permettant d'imprimer des objets de maximum 20 x 20 x 20 cm en utilisant de l'ABS ou du PLA (fil en plastique de 3 mm). Rapide et précise, même pour les impressions à des vitesses plus élevées. Elle est compatible avec tous les logiciels et micrologiciels RepRap gratuits. L'imprimante est constituée de profils d'aluminium permettant un montage facile. Livrée avec un lit chauffant. Le fil PLA est recommandé pour débuter et est disponible en de nombreuses couleurs. Le fil ABS requiert une bonne maîtrise de l'imprimante. Aide technique visible sur [www.k8200.eu/support/faq/](http://www.k8200.eu/support/faq/)



- barres linéaires à billes : 8 et 10 mm
- technologie : FFF (Fused Filament Fabrication) pour le PLA et ABS
- alimentation : 15 Vcc/100 W (adaptateur inclus)
- port FTDI USB 2.0 vers série
- dimensions de la zone d'impression : 20 x 20 x 20 cm
- vitesse d'impression typique : 120 mm/s
- buse d'extrusion : 0,5 mm
- thermistance d'extrusion : CTN de 100 k $\Omega$
- profils en aluminium extrudés : 27,5 mm de largeur
- mouvement : 4 moteurs pas-à-pas NEMA 17
- résolution mécanique nominale :  
X et Y : 0,015 mm (pas minimum dans les directions X et Y)  
Z : 0,781  $\mu$ m (pas minimum dans la direction Z)
- résolution d'impression nominale :  
épaisseur de la paroi (X,Y) : 0,5 mm  
épaisseur de la couche (Z) : 0,20 - 0,25 mm
- dimensions : largeur : 50 cm, profondeur : 42 cm, hauteur : 62 cm
- poids : 9 kg
- logiciel : Repetier, ver. 0.84 ou sup. à télécharger sur [www.repetier.com](http://www.repetier.com)
- livrée avec un échantillon de PLA noir de 5 m, un adaptateur secteur et un cordon USB. Plus d'information sur [www.gotronic.fr](http://www.gotronic.fr)

| Type  | Désignation   | Code  | Prix ttc |
|-------|---------------|-------|----------|
| K8200 | Imprimante 3D | 01289 | 699,00 € |

## CHASSIS ROVER5

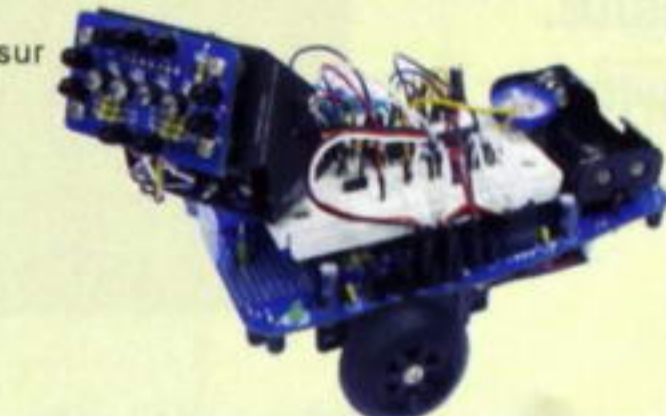
Le Rover5 est une plateforme à chenilles équipée de puissants motoréducteurs (2 motoréducteurs sans encodeurs pour le modèle 2WD, 4 motoréducteurs avec encodeurs pour le modèle 4WD). La garde au sol est réglable et l'adhérence est assurée par 2 chenilles robustes en caoutchouc. Possibilité d'adapter des roues de modèle avec axe de 4 mm. Possibilité de fixer un circuit imprimé sur la partie supérieure. Livré monté avec support de batteries (batteries non incluses). Alimentation à prévoir : 7,2 Vcc  
Intensité de blocage : 2,5 A  
Couple de blocage : 10 kg cm  
Rapport de transmission : 87:1  
Vitesse maxi : 1 km/h  
Dim. : 245 x 225 x 74 mm (position normale)  
Diamètre axe des roues : 4 mm  
Poids : 900 gr  
Plus d'infos sur [www.gotronic.fr](http://www.gotronic.fr)



| Type       | Code  | Prix ttc |
|------------|-------|----------|
| ROVER5-2WD | 25911 | 45,50 €  |
| ROVER5-4WD | 25918 | 66,90 €  |

## PLATEFORME MR GENERAL

Plateforme prévue pour l'initiation à la robotique. Équipée d'une plaque de connexion rapide, elle permet de tester différents microcontrôleurs sans soudure. Dotée de 4 capteurs infrarouges, 4 LEDs raccordées en parallèle avec les diodes IR, 1 détecteur infrarouge monté sur un support Pan/Tilt avec deux servos.  
Livré non assemblé. Mode d'emploi détaillé en anglais sur CD.  
Alim. : 4,8 à 6,0 Vcc. Couple : 3,5 kg cm à 4,8 Vcc.  
Dimensions : 145 x 115 x 106 mm. Diamètre des roues : 38 mm  
Poids : 420 gr  
Plus d'information sur [www.gotronic.fr](http://www.gotronic.fr)



| Type    | Désignation | Code  | Prix ttc |
|---------|-------------|-------|----------|
| GENERAL |             | 25916 | 54,90 €  |

## CARTE PCDUINO

Mini PC supportant Ubuntu et Android ICS. Il suffit de raccorder la carte à une alimentation 5 Vcc (à prévoir), un clavier, une souris et un écran pour être opérationnel. Sortie vidéo HDMI, compatible avec toute télévision ou moniteur équipé de cette interface HDMI. Carte conçue pour faciliter le développement de projets pour la communauté open-source, et utilisant la plupart des shields compatibles Arduino. Une API permet aux utilisateurs du pcDuino d'utiliser le langage de programmation Arduino. Un dongle Wifi permet le raccord au réseau sans fil.  
Plus d'infos sur [www.gotronic.fr](http://www.gotronic.fr)



| Type    | Désignation              | Code  | Prix ttc |
|---------|--------------------------|-------|----------|
| pcDuino | Carte pcDUINO ethernet   | 31980 | 59,00 €  |
| WiFi-PC | Dongle WIFI pour pcDuino | 31981 | 14,90 €  |
| PC-KIT  | Kit alim + câbles        | 31982 | 36,90 €  |

## MICROCONTROLEURS PICAXE

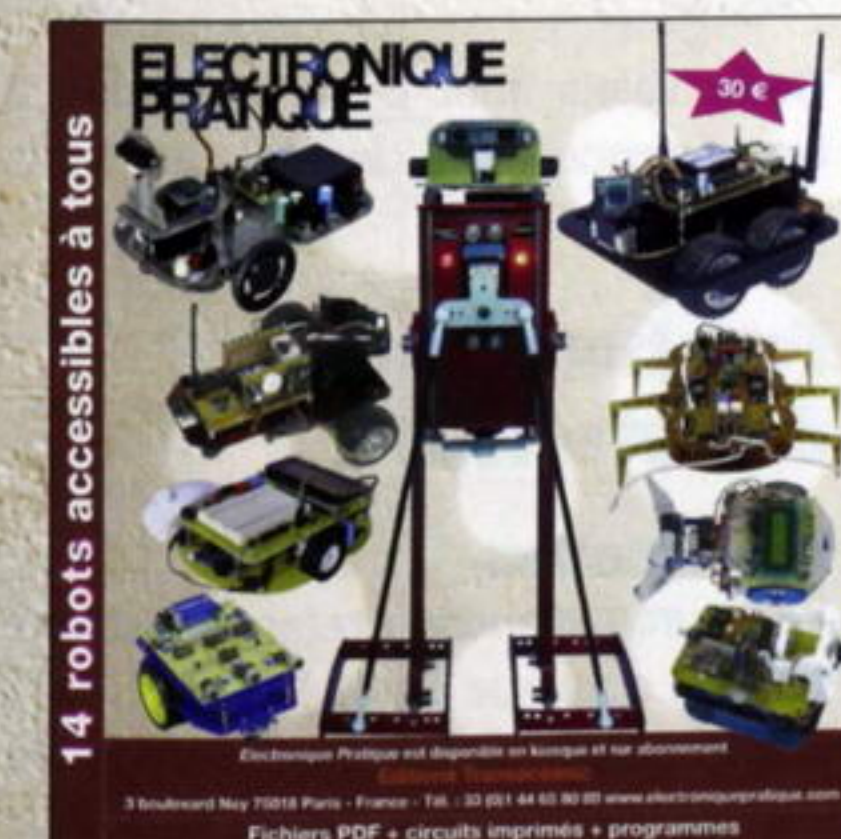
Les microcontrôleurs PICAXE se programment facilement en BASIC ou de façon graphique. Spécifications et documentations sur [www.gotronic.fr](http://www.gotronic.fr)

| Type        | Entrées/sorties | Code  | Prix ttc |
|-------------|-----------------|-------|----------|
| PICAXE-08M2 | 1-5 E/S         | 25280 | 2,40 €   |
| PICAXE-14M2 | 10 E/S          | 25281 | 3,20 €   |
| PICAXE-18M2 | 16 E/S          | 25282 | 3,55 €   |
| PICAXE-20M2 | 16 E/S          | 25284 | 3,55 €   |
| PICAXE-20X2 | 18E/S config.   | 25208 | 5,60 €   |
| PICAXE-28X1 | 0-12 E/S-17 S   | 25204 | 8,90 €   |
| PICAXE-28X2 | PIC18F25K22     | 25209 | 9,40 €   |
| PICAXE-40X1 | 8-20 E/S-17 S   | 25205 | 8,95 €   |
| PICAXE-40X2 | 33 E/S config.  | 25207 | 9,85 €   |

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

35ter, route Nationale - B.P. 45  
F-08110 BLAGNY  
TEL.: 03.24.27.93.42 FAX: 03.24.27.93.50  
E-mail: [contacts@gotronic.fr](mailto:contacts@gotronic.fr)  
Ouvert du lundi au vendredi 8h30 - 17h30 et le samedi matin (9h15-12h).

# 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



# Détecteur graduel de chocs

La détection, proposée dans la présente réalisation, repose sur un principe électromagnétique. Il en résulte une grande sensibilité aux chocs de peu d'importance, tout en permettant, également, l'enregistrement des chocs de plus grande intensité. Son utilisation s'inscrit ainsi dans un large cadre d'applications.



Le cœur du montage est un capteur téléphonique, au-dessus duquel est suspendu un aimant permanent, maintenu par un fil métallique. Lorsque ce détecteur subit un choc, il se produit un déplacement horizontal plus ou moins important de l'aimant, ce qui a pour conséquence une variation du flux magnétique au sein de la bobine du capteur. Il en résulte une variation de la force électromotrice aux bornes de la bobine. Cette variation de potentiel est amplifiée, puis appliquée aux entrées de quatre comparateurs, réglés à des niveaux croissants.

Les sorties des comparateurs aboutissent sur quatre leds qui forment une colonne en transitant, auparavant, par un dispositif de mémorisation. L'importance du choc est alors mise en évidence par la longueur illuminée de la colonne de leds.

## Un peu de théorie physique

Un choc mécanique est le résultat d'une modification brutale d'une force, d'une vitesse ou d'une accélération. Les chocs peuvent être classés en deux catégories :

### Choc élastique

Il se produit lorsque deux corps, animés chacun de sa vitesse initiale, se percutent et que cela n'engendre aucune déformation permanente de ces corps.

Il se produit un échange des quantités de mouvement (masse x vitesse). Chaque corps peut repartir avec une vitesse différente ou, encore, s'ils restent liés, continuer leur trajectoire dans le même sens.

Dans ce cas, l'énergie cinétique globale ( $1/2 \times \text{masse} \times \text{carré de la vitesse}$ ) totale reste conservée.

### Choc avec déformation permanente

Dans ce cas, l'énergie cinétique globale dégagée est absorbée par la déformation des deux corps. C'est le cas le plus fréquent, que les automobilistes connaissent bien...

A titre d'exemple, si une voiture d'une masse de 800 kg et animée d'une vitesse de 5 km/h, soit 5 000 m / 3 600 s, vient à heurter le pare-choc d'une voiture à l'arrêt, l'énergie cinétique  $W$  (en Joules) dégagée est déterminée par la relation :  
 $W = 1/2 \times 800 \times (1,39)^2$   
 $W = 772 \text{ J}$

Pour avoir une idée de ce que représente une telle énergie, considérons une masse de 50 kg tombant d'une hauteur ( $h$ ).

L'énergie potentielle ( $W_p$ ) de cette masse s'exprime par la relation :  
 $W_p = 50 \text{ kg} \times g$  (accélération terrestre, soit  $9,81 \text{ m/s}^2$ )  
 $h = 772 / (50 \times 9,81)$   
 $h = 1,57 \text{ m}$

Cette valeur met bien en évidence l'importance des dégâts que cela peut causer.

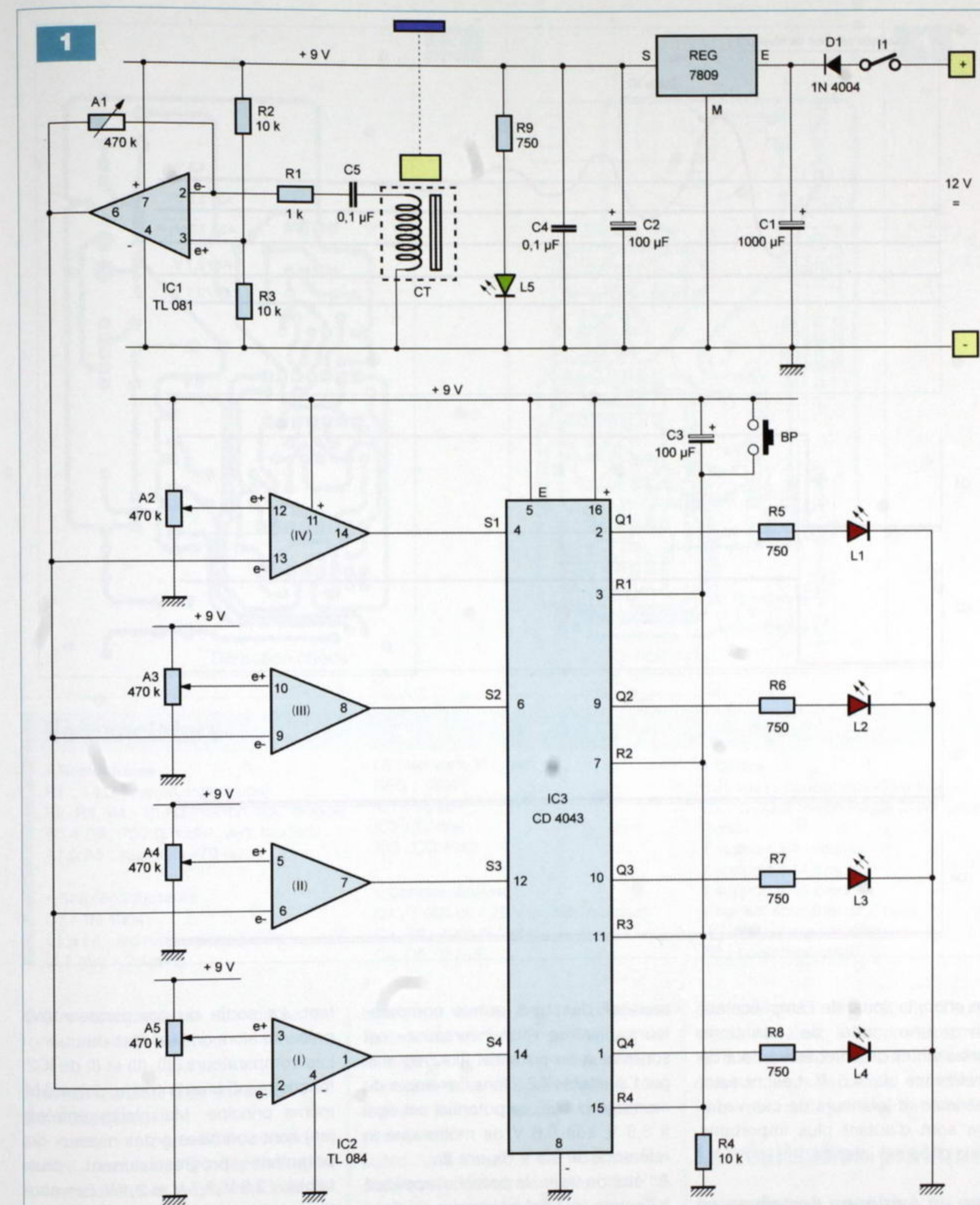
## Fonctionnement du détecteur

### Alimentation

La source d'énergie retenue est une tension continue de 12 V.

L'interrupteur I1 assure la mise en service du montage (figure 1).

La diode D1 fait office de détrompeur de polarisation. Le condensateur C1 réalise un filtrage, éventuellement nécessaire suivant la source utilisée. Dans cette application, l'important est de disposer d'un potentiel rigoureusement constant. C'est la raison d'être du régulateur REG, qui délivre sur sa sortie une tension stabilisée à



9 V, tension à laquelle C2 apporte un complément de filtrage. La capacité C4 joue ici un rôle de découplage. L'illumination de la led verte L5 signale la mise sous tension du montage.

### Détection des chocs

Ainsi que nous l'avons évoqué précédemment, le déplacement de l'aimant

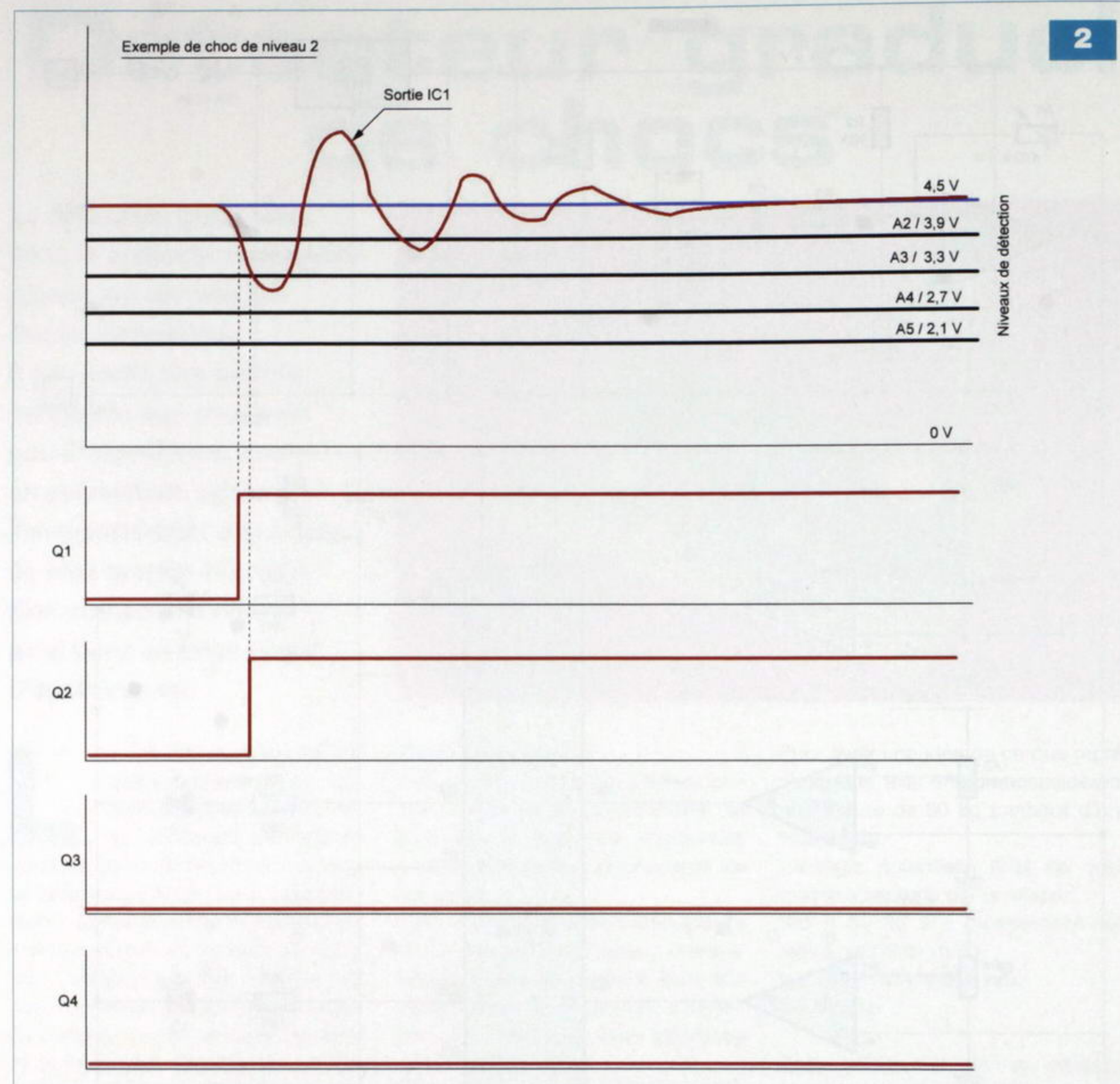
permanent, suspendu à un fil d'acier, engendre des variations de potentiel aussitôt transmises à l'entrée «inverseuse» de l'amplificateur IC1, par l'intermédiaire de C5 et R1. Le gain de cet amplificateur dépend, essentiellement, de la position du curseur de l'ajustable A1. En position médiane, ce gain est de l'ordre de 200 à 250.

L'entrée «non-inverseuse» de IC1 est soumise à un potentiel fixe de 4,5 V, valeur imposée par le pont formé des résistances R2 et R3.

C'est cette valeur qui se manifeste sur la sortie de l'amplificateur, à l'état de veille.

Lorsque l'ensemble équipage mobile / capteur téléphonique est le siège





d'un choc, la sortie de l'amplificateur délivre une suite de variations décroissantes de potentiels autour de la référence de 4,5 V. Les niveaux supérieurs et inférieurs de ces variations sont d'autant plus importants que le choc est intense.

### Mise en évidence des niveaux des chocs

Le circuit intégré IC2 contient quatre amplificateurs. Ils sont tous utilisés en comparateurs de potentiels. Examinons, à titre d'exemple, le cas de l'amplificateur (IV). Son entrée «inverseuse» est en liaison avec la sortie de l'amplificateur IC1, au même titre que les entrées «inver-

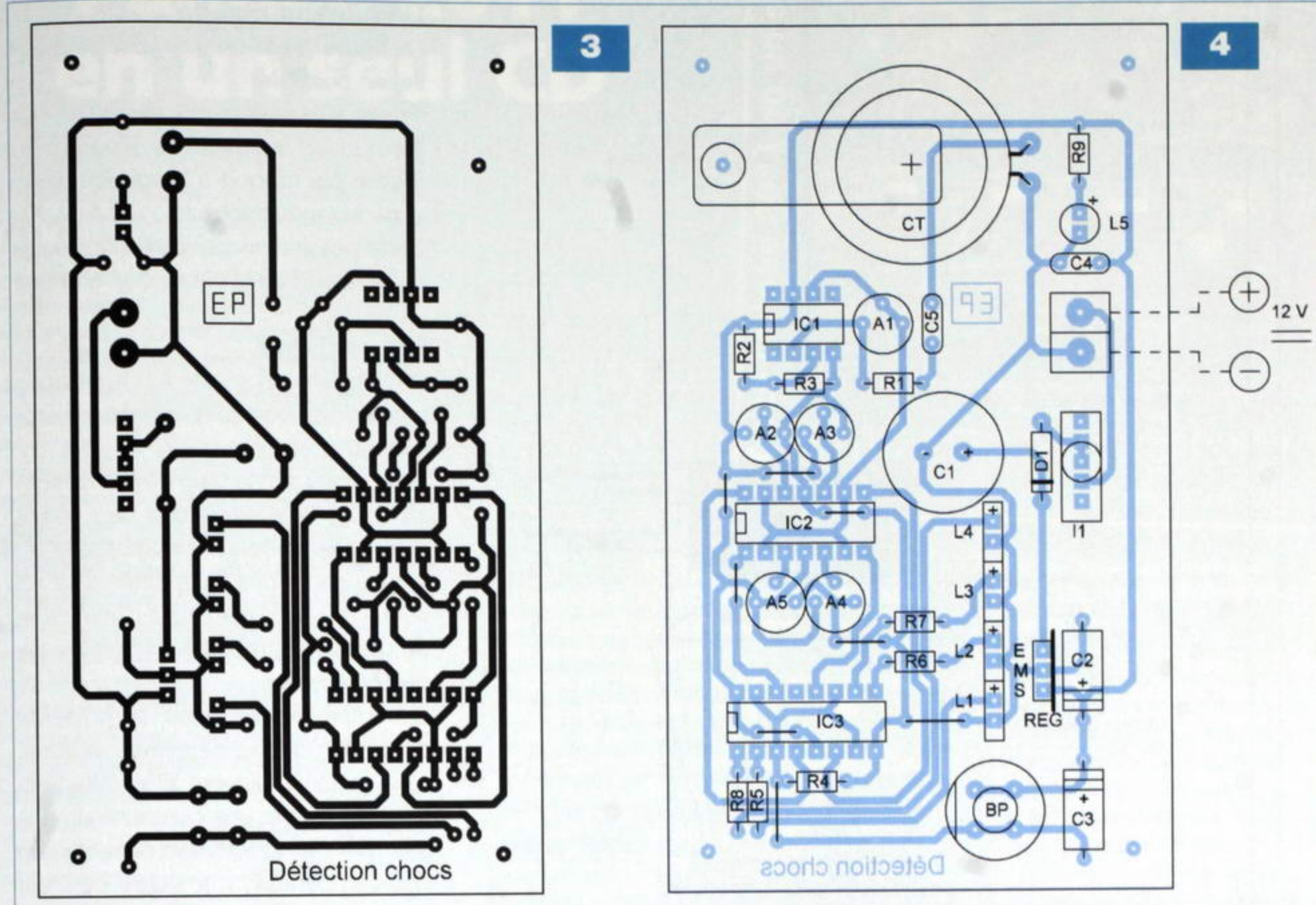
seuses» des trois autres comparateurs. L'entrée «non-inverseuse» est soumise à un potentiel fixe, réglable par l'ajustable A2. Dans l'exemple du montage publié, ce potentiel est égal à 3,9 V, soit 0,6 V de moins que la référence de 4,5 V (figure 2).

A l'état de veille, le potentiel appliqué à l'entrée (e+) est inférieur à celui qui est présent sur l'entrée (e-).

La sortie du comparateur présente alors un état «bas», à la tension de déchet près.

En revanche, si le choc a une intensité suffisante pour que la crête négative du signal émis par IC1 passe en-dessous de la barre de 3,9 V, la situation s'inverse pendant un court ins-

tant. La sortie du comparateur (IV) présente alors un bref état «haut». Les comparateurs (III), (II) et (I) de IC2 fonctionnent, bien entendu, suivant le même principe. Mais leurs entrées (e+) sont soumises à des niveaux de potentiels progressivement plus faibles : 3,3 V, 2,7 V et 2,1 V. Les sorties des comparateurs présentent des états «haut» fugitifs, suivant l'importance du choc détecté. Par exemple, si le choc se caractérise par une intensité moyenne, les comparateurs (IV) et (III) réagiront, tandis que les comparateurs (II) et (I) n'accuseront pas les conséquences de ce choc. En cas de choc véritablement important, ce seront les sorties des



### Nomenclature

#### • Résistances

R1 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
R2, R3, R4 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
R5 à R9 : 750  $\Omega$  (violet, vert, marron)  
A1 à A5 : ajustable 470 k $\Omega$

#### • Semiconducteurs

D1 : 1N 4004  
L1 à L4 : led rouge rectangulaire  
(7,2 mm x 2,4 mm)

L5 : led verte  $\varnothing$  3 mm

REG : 7809  
IC1 : TL 081  
IC2 : TL 084  
IC3 : CD 4043

#### • Condensateurs

C1 : 1 000  $\mu$ F / 25 V (sorties radiales)  
C2, C3 : 100  $\mu$ F / 25 V  
C4, C5 : 0,1  $\mu$ F

#### • Divers

8 straps (5 horizontaux, 3 verticaux)  
CT : capteur téléphonique (Saint Quentin Radio)  
1 support à 8 broches  
1 support à 14 broches  
1 support à 16 broches  
1 bornier soudable de 2 plots  
I1 : interrupteur unipolaire  
BP : bouton-poussoir

quatre comparateurs qui présenteront un bref état «haut».

### Mémorisation des niveaux de détection

Le circuit intégré IC3 comporte quatre bascules R/S indépendantes. A titre d'exemple, examinons le fonctionnement de la première. Elle possède deux entrées : une entrée SET (S1) et une entrée RESET (R1). Elle a également une sortie Q1.

Au moment de la mise sous tension du montage, le condensateur C3 se charge à travers R4. Il en résulte un court état «haut» sur toutes les entrées R des bascules. Cette impulsion d'initialisation a pour consé-

quence la remise à 0 des bascules. Toutes les sorties Q présentent un état «bas». A noter que cette même opération peut être effectuée à tout moment par un appui sur le bouton-poussoir BP.

Lorsqu'une entrée S est soumise un état «haut», même de durée brève, la sortie Q correspondante passe à un état «haut» stable et auto-entenu (figure 2). Les sorties Q sont en liaison avec quatre leds rouges L1 à L4, par l'intermédiaire des résistances de limitation de courant R5 à R8.

Ainsi, en cas de choc, l'illumination des leds se traduira sous la forme d'une colonne lumineuse, dont la hauteur donnera une idée de l'inten-

sité du choc détecté. Si d'autres chocs venaient à se produire, sans qu'une remise à 0 ne soit intervenue, c'est toujours le niveau du choc le plus important qui restera mémorisé.

### La réalisation pratique

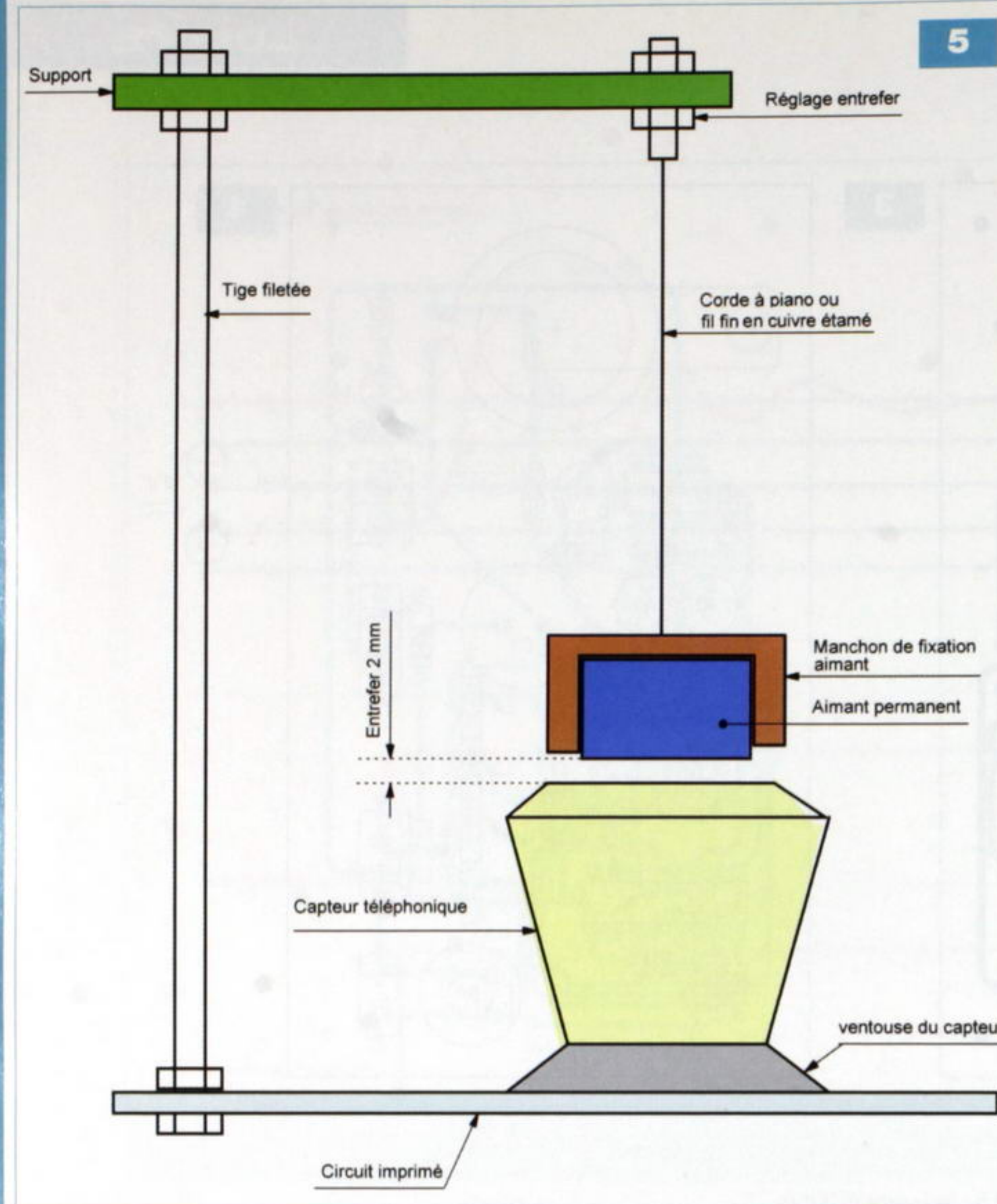
#### Le module

Le circuit imprimé fait l'objet de la figure 3. Celui-ci n'appelle aucune remarque particulière.

Le plan d'insertion des composants est représenté en figure 4.

Respecter l'orientation des composants polarisés. Le capteur téléphonique est muni d'une ventouse, ce qui assure son maintien.





### L'équipage mobile

La figure 5 est un exemple de réalisation possible.

Il peut être intéressant de régler, par écrous, la hauteur de l'équipage mobile par rapport à la surface plane supérieure du capteur.

Cette précaution permettra un réglage plus aisé de la valeur de l'entrefer.

### Les réglages

Concernant l'ajustable A1, la position médiane du curseur convient généralement.

En augmentant le gain de l'amplificateur IC1, la sensibilité à des chocs faibles devient plus importante.

Les curseurs des ajustables A2 à A5 sont à régler de manière à obtenir une progression graduelle des niveaux des détections.

L'exemple retenu dans la présente réalisation donne de bons résultats. Ces niveaux peuvent être différents avec, toutefois, une contrainte imposée par le fonctionnement même des comparateurs, à savoir qu'il est préférable de ne pas descendre en dessous de 2 V sur une entrée (+).

R. KNOERR



Les éditions Transocéan 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 poursuivrons 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>re</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



# Orchestral 260

**Amplificateur - Préamplificateur - Correcteur**  
**Haute Fidélité 2 x 35 W RMS**



*Électronique Pratique* vous propose de réaliser un amplificateur de très haute qualité, dans la lignée de ses grands frères ORCHESTRAL et HARMONIC. Il se trouve, bien sûr, exempt de tout bruit parasite, délivre un son pur, dynamique et une puissance de 2 x 35 W RMS, bien suffisante pour la majorité des écoutes personnelles.

**L**a conception d'Orchestral 260 repose sur un circuit intégré récent à sept pattes : le TDA2052V qui intègre toutes les sécurités envisageables (tension continue et court-circuit en sortie, surchauffe). Malgré son faible coût et ses petites dimensions, il offre des performances alléchantes. De plus, nous avons équipé Orchestral 260 d'un préamplificateur, avec correcteur de tonalité très efficace et d'un filtre de présence (loudness) destiné à donner une «chaleur» artificielle au son à bas niveau. Pour les puristes qui n'apprécient guère ce genre de filtre, un commutateur permet de l'inhiber. Orchestral 260 se présente dans un luxueux coffret, aux flancs profilés en aluminium de 10 mm d'épaisseur, servant de dissipateurs thermiques, afin d'éviter toute ventilation mécanique forcée, incompatible avec la haute qualité «audio». Son coût reste

très abordable. Nous n'employons que des composants récents et performants, de fabricants renommés. Il est essentiel d'utiliser ceux préconisés, disponibles pour la plupart auprès de nos annonceurs (voir liste et liens Internet en fin d'article).

Cette réalisation ne présente pas de difficultés majeures et convient à la plupart de nos lecteurs possédant de bonnes bases dans la pratique de l'électronique, à condition de suivre attentivement cette étude.

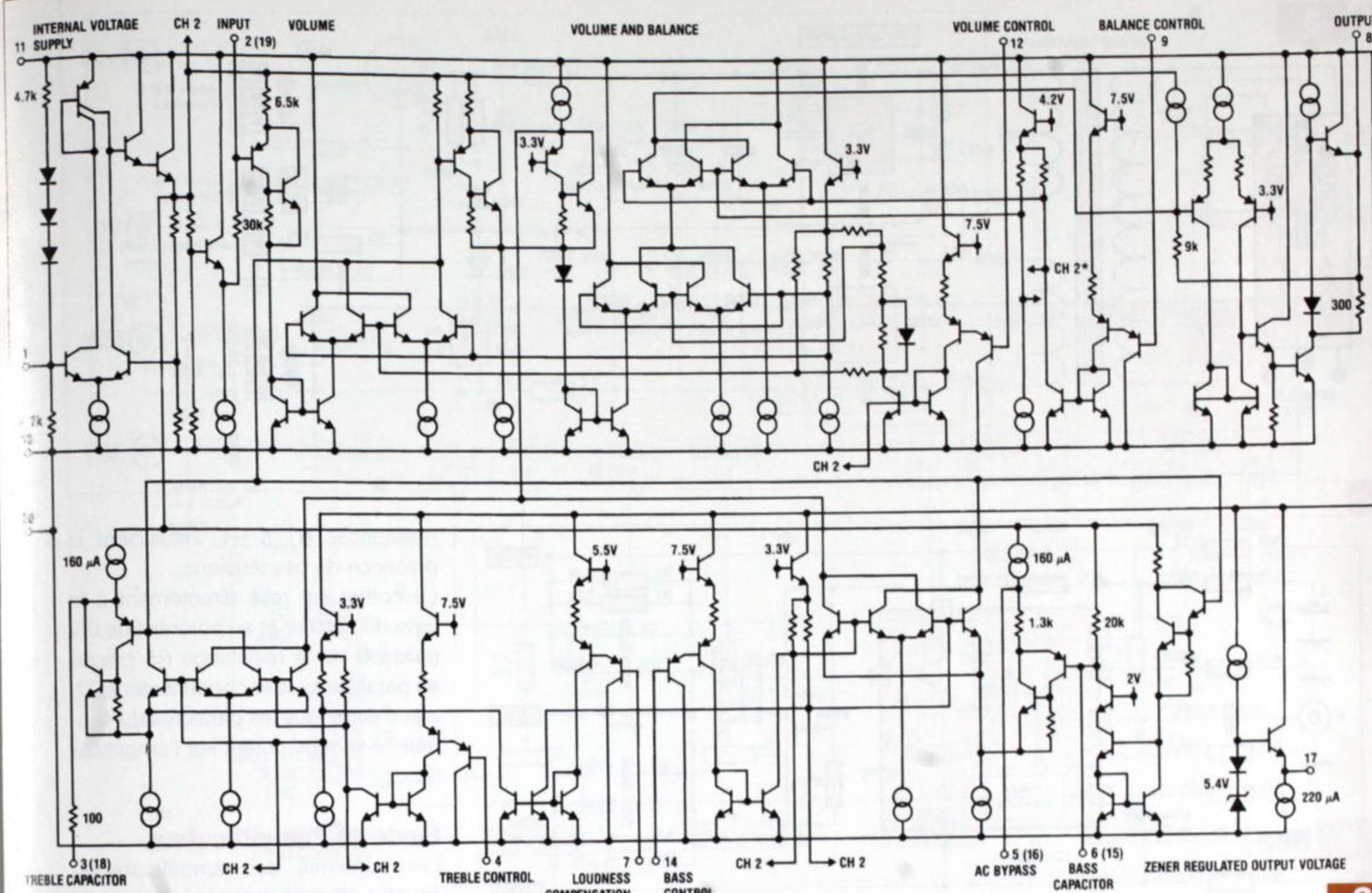
## Caractéristiques et équipements

Les mesures de puissances ont été effectuées dans notre laboratoire, à l'aide de la charge passive décrite dans le N° 338 d'*Électronique Pratique*.

À la fin de cette étude, nous publions quelques oscillogrammes attestant des performances d'Orchestral 260.

- Puissance maximale RMS, 1 kHz

- sinus, par canal, sous  $4\ \Omega$  : 36,3 W (12,05 V)
- Puissance maximale RMS, 1 kHz sinus, par canal, sous  $8\ \Omega$  : 18,6 W (12,2 V)
- Temps de montée sur un signal carré de 10 kHz : 7  $\mu$ s à la puissance maximale
- Sensibilité d'entrée pour la puissance maximale : 370 mV
- Gain réel : 39
- Tension d'alimentation symétrique maximale :  $\pm 24$  V
- Préamplificateur/Correcteur (grave, aigües, balance, volume)
- Pas de signal «audio» sur les potentiomètres (commande par tension continue)
- Utilisation de quatre potentiomètres linéaires, simples, sans câblages externes
- Courbe de commande du volume logarithmique, très progressive
- Efficacité du correcteur :  $\pm 15$  dB
- Séparation des canaux : 75 dB



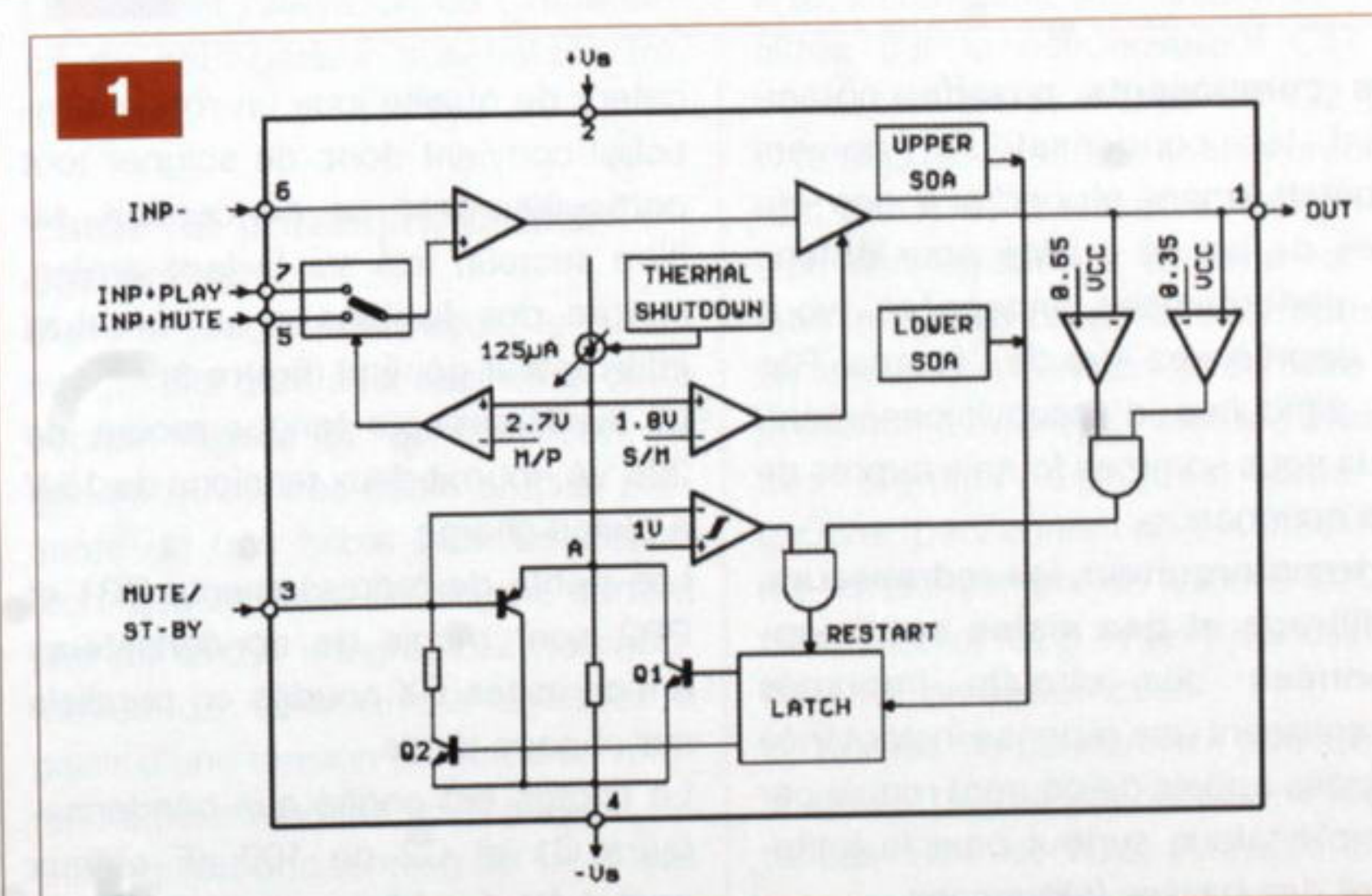
- Filtre de présence (renforcement du grave et du médium à bas niveau)
- Toutes protections intégrées
- Luxueux coffret, sans dissipateurs externes
- Aucune mise au point

### Schéma de principe

## À propos des composants

Vous connaissez certainement les TDA2030 et TDA2040 ! Orchestral 260 met à contribution le récent **TDA2052V**. La **figure 1** représente le schéma interne par blocs et le brochage, pour le circuit à sept broches. Observez que cet amplificateur «audio» intègre toutes les sécurités nécessaires et une mise en service progressive par le biais du circuit de silence (Stand-by / Play), afin de supprimer les «clocs» indésirables.

**Attention !** La semelle de ce composant n'est pas reliée à la masse (0 V), mais à la tension négative de l'alimentation.



mentation, ce qui impose un isolement par rapport à l'indispensable dissipateur thermique (le côté profilé en aluminium de 10 mm d'épaisseur du coffret dans notre cas).

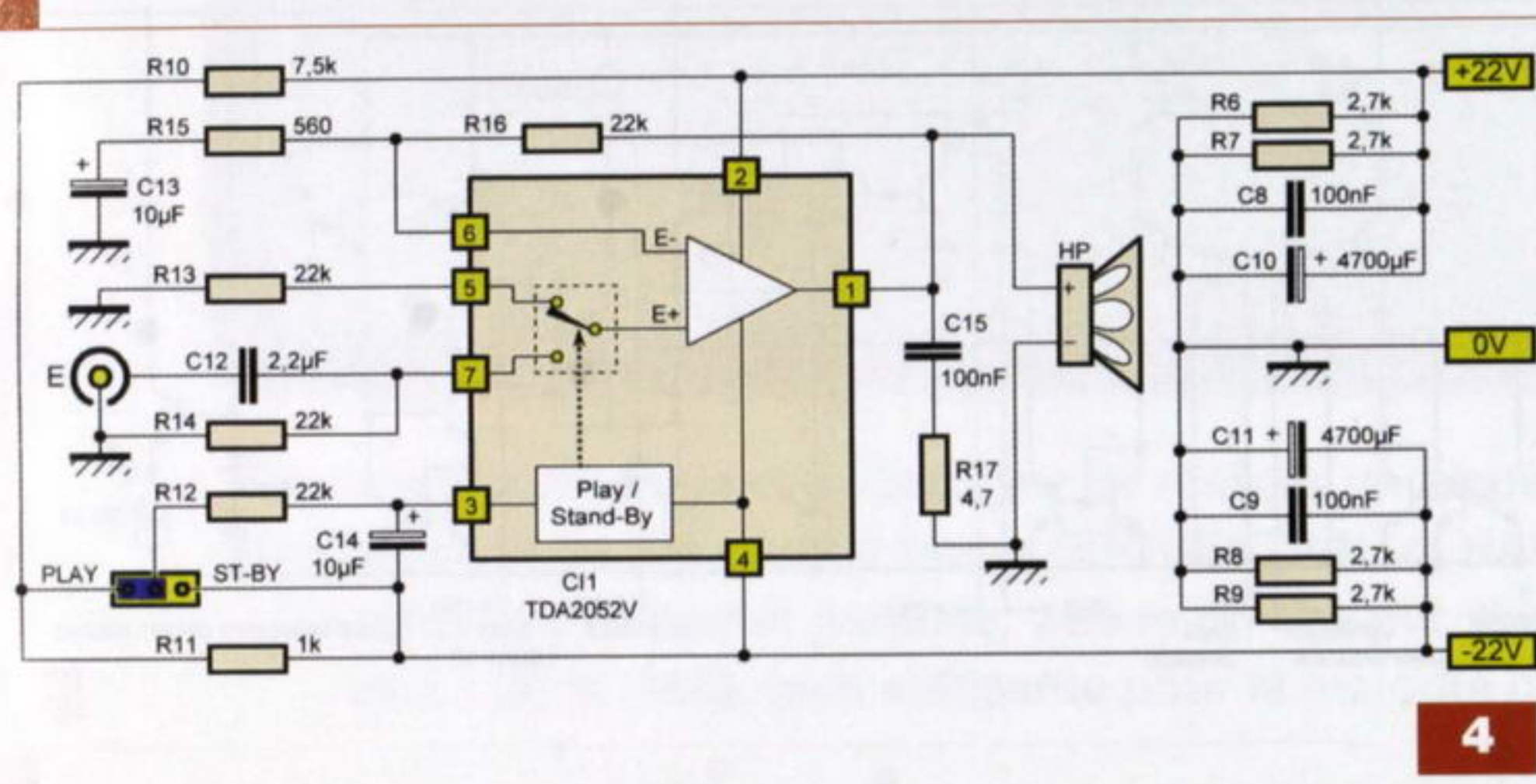
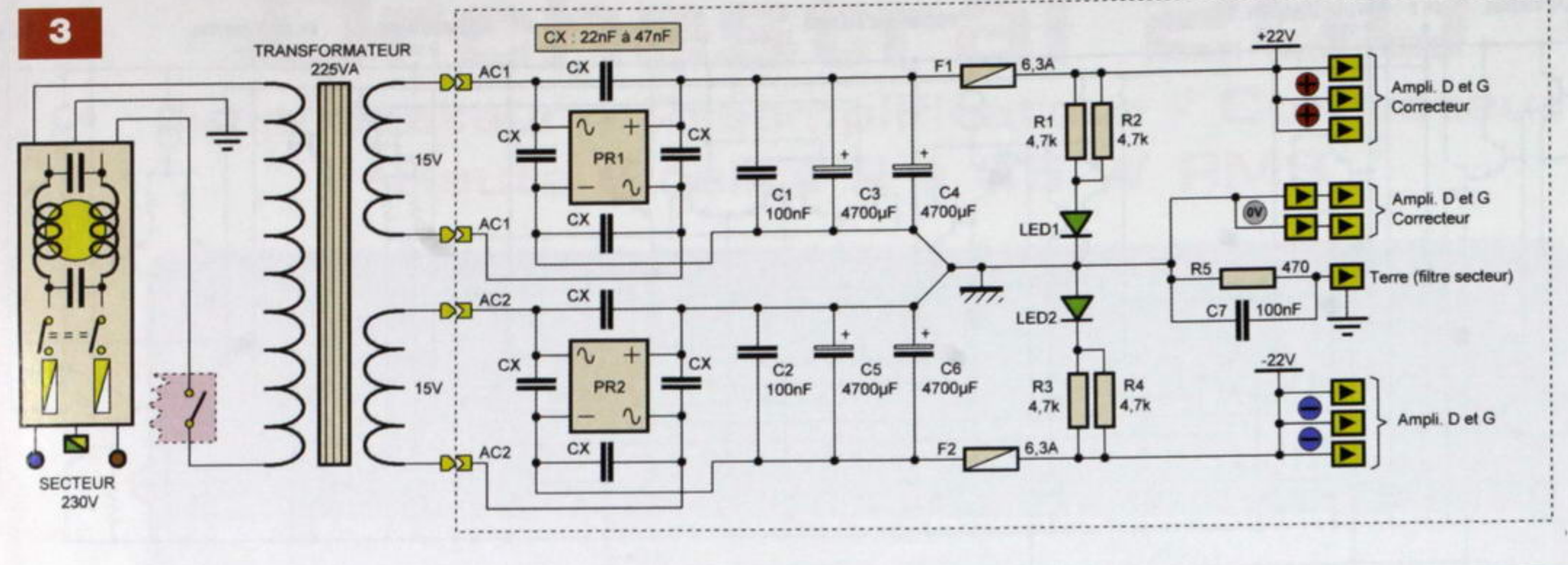
Le **LM1036N** gère le préamplificateur et le correcteur.

des signaux « audio » à partir d'une tension continue de référence. De cette manière, nous évitons les bruits et, surtout, les accrochages susceptibles de se produire avec des composants traditionnels.

La **figure 2** montre la structure interne simplifiée de ce circuit.



3



**Les composants passifs**, notamment les condensateurs, doivent impérativement répondre à des critères de bonne qualité pour obtenir les performances annoncées, vous les apprécierez lors de l'écoute. Pas de difficultés d'approvisionnement, nous nous sommes fournis auprès de nos annonceurs.

**Le transformateur, les redresseurs, le filtrage et des pistes surdimensionnées** des circuits imprimés garantissent une réponse instantanée lors des appels de courant requis par l'amplificateur, surtout pour le traitement des basses fréquences.

#### Étude de l'alimentation

La modulation activant les enceintes acoustiques provient directement du secteur, il est donc indispensable d'utiliser un filtre afin d'avoir une tension d'alimentation la plus propre possible. L'alimentation d'un ampli-

ificateur de qualité joue un rôle essentiel, il convient donc de soigner tout particulièrement sa conception. Le filtre secteur, fixé sur la face arrière, intègre des fusibles et un éventuel interrupteur général (figure 3).

Le transformateur torique moulé, de 225 VA, fournit deux tensions de 15 V à pleine charge.

Les ponts de redressements PR1 et PR2 sont munis de condensateurs antiparasites CX soudés en parallèle sur chaque diode.

Le filtrage est confié aux condensateurs C1 et C2 de 100 nF et aux quatre électrochimiques de 4 700 µF (C3 à C6). Les fusibles F1 et F2, largement dimensionnés (6,3 A), assurent une protection contre les courts-circuits francs.

A ce stade, nous obtenons deux tensions symétriques d'environ 22 V par rapport à la masse. La LED1 et la LED2, limitées en courant par les

résistances R1 à R4, visualisent la présence de ces tensions.

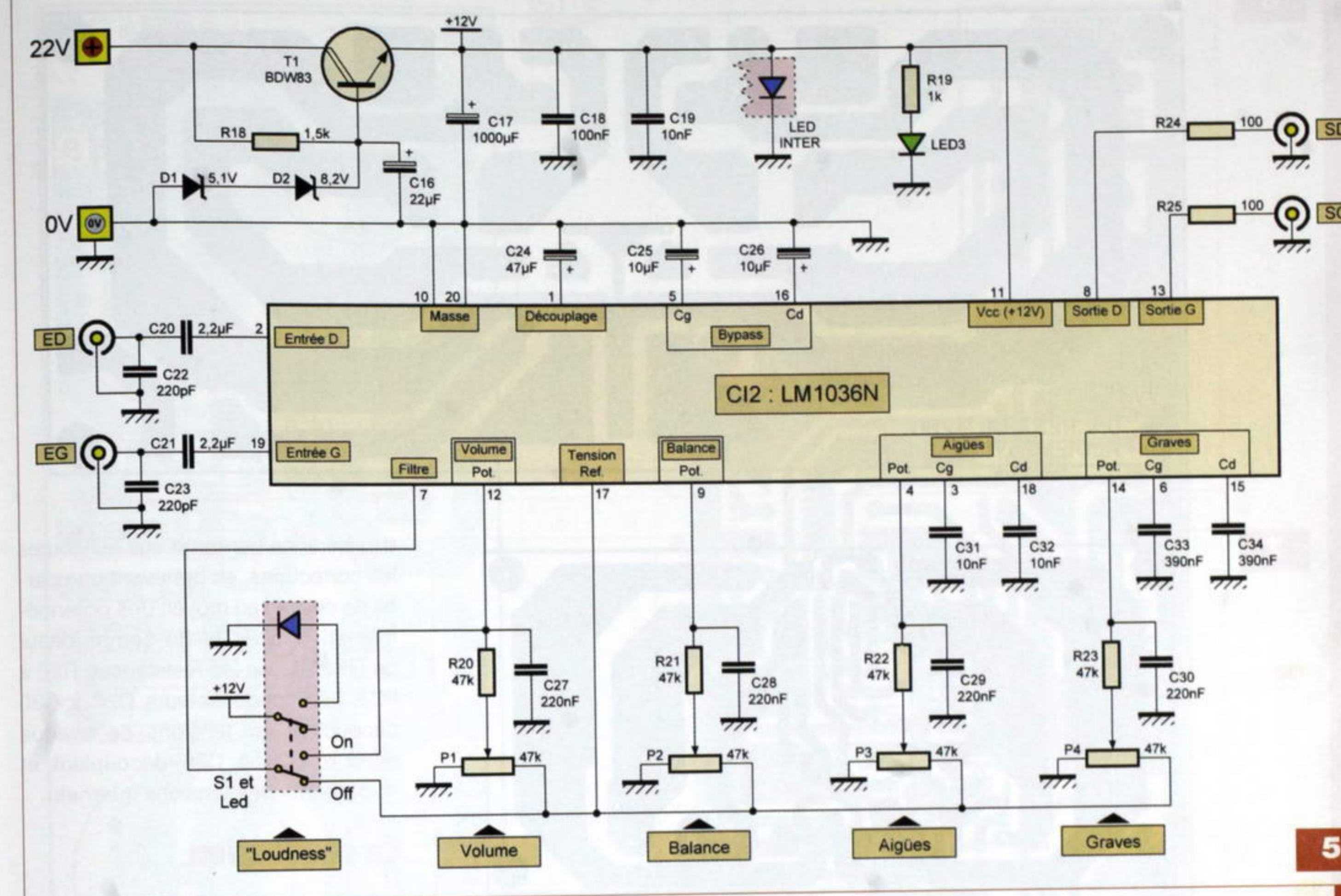
Le coffret est relié directement à la terre du secteur et au potentiel de 0 V (masse), via la résistance R5 placée en parallèle avec le condensateur C7, afin d'éviter que les parasites du secteur ne se répercutent sur l'amplificateur.

#### Étude de l'amplificateur

Les schémas des amplificateurs, gauche et droit, articulés autour du circuit intégré CI1, sont parfaitement identiques. De ce fait, l'étude qui suit porte sur un seul canal (figure 4). Il suffit de doubler la nomenclature des composants pour en obtenir deux (stéréophonie).

Le signal d'entrée transite par le condensateur de liaison C12. Associé à la résistance R14, il constitue un premier filtre passe-haut d'une atténuation de -3 dB. Un second filtre, du même ordre, se compose de la résistance R15 et du condensateur C13. Le gain en tension, théorique, de l'amplificateur s'élève à 39,2. Il est déterminé par les résistances R15 et R16, selon le rapport R16/R15. Dans la pratique, nos mesures nous donnent plutôt une valeur proche de 33, pour la puissance maximale sous 4 Ω. La résistance R13 fixe l'impédance de l'entrée «non-inverseuse» du TDA2052V.

Le circuit intégré CI1 comporte un circuit de silence (Mute ou Stand-by) accessible par sa broche 3. Il fonctionne à partir d'une tension approxi-



mative de 5 V, obtenue à partir d'un pont diviseur composé de R10 et R11, entre les lignes d'alimentation positive et négative. La résistance R12 limite le courant de cette fonction et le condensateur C14 filtre la tension obtenue. Un cavalier de configuration (ou un commutateur en façade, si vous le souhaitez) sélectionne le mode «Stand-by» (silence) lorsque l'extrémité de R12 est reliée au potentiel négatif (-22 V), ou «Play» (musique) quand elle est raccordée au nœud du pont diviseur.

Le circuit R12 / C14 détermine également la constante de temps de la mise en service progressive de l'amplificateur.

Les alimentations propres à CI1 sont directement issues des tensions symétriques de puissance.

Le filtrage est confié aux condensateurs C8 à C11. Les résistances R6 à R9 déchargent les condensateurs électrochimiques, lors de la mise hors tension de l'appareil.

Le filtre de Boucherot, constitué de

la résistance R17 et du condensateur C15, réduit l'élévation de l'impédance du haut-parleur aux hautes fréquences.

#### Étude du préamplificateur/correcteur

Comme précisé ci-dessus, le circuit intégré CI2 gère à lui seul toute cette section (figure 5). Le LM1036N ne génère qu'un très faible bruit et présente un très faible taux de distorsion. Les signaux «audio» ne sortent pas du circuit intégré. Les potentiomètres de commandes agissent à partir d'une tension continue de référence, pour modifier les réglages.

CI2 requiert une tension de 12 V, très propre et parfaitement stabilisée. Nous avons prévu un étage à transistor pour fournir cette tension, à partir du potentiel positif (+22 V) de l'alimentation. Le transistor Darlington de puissance «sériel», reçoit sur sa base une tension de 13,3 V, filtrée par le condensateur C16 et issue des diodes

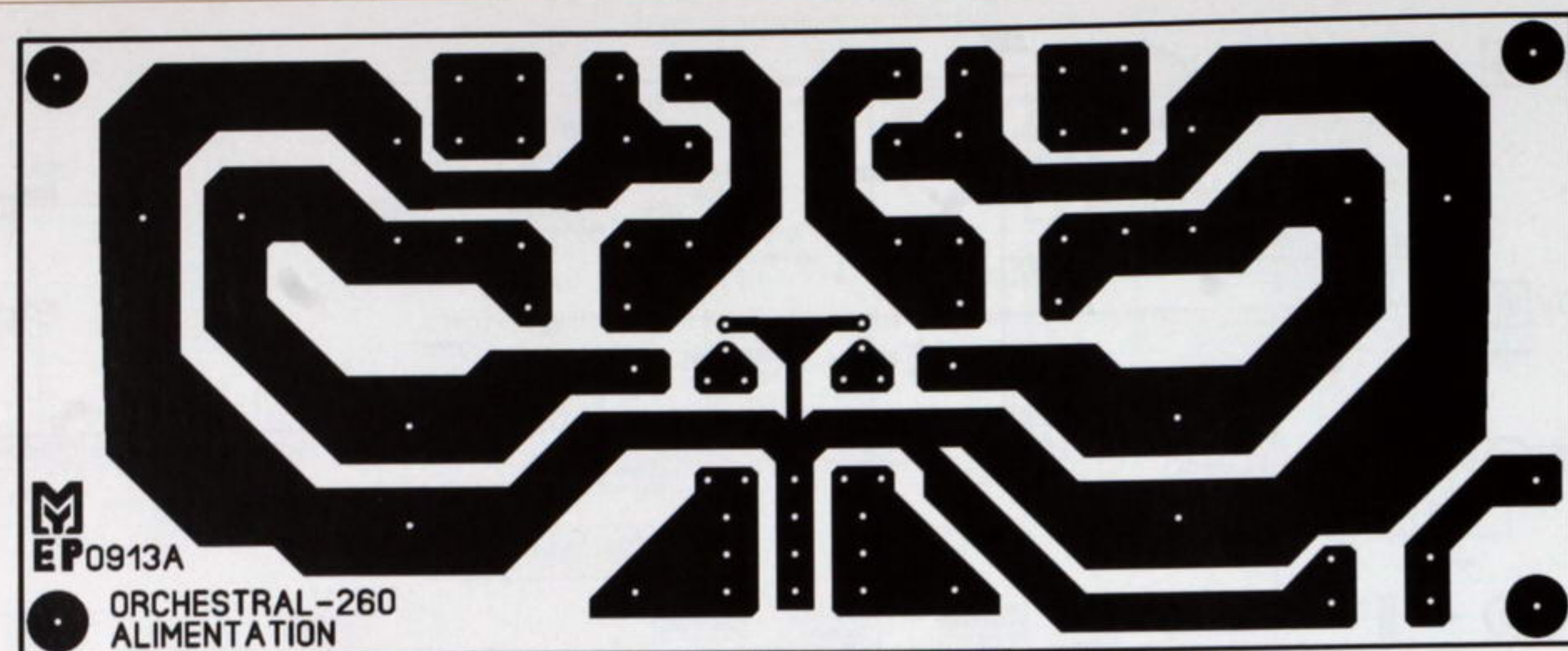
zéners D1, D2 et de la résistance R18. Il en résulte une tension de 12 V filtrée par le condensateur C17 et découplée au plus près de CI2 par C18 et C19. La LED3, limitée en courant par R19, la visualise. Cette tension sert également à alimenter les leds intégrées dans les interrupteurs de mise sous tension et du filtre de présence (Loudness), en face avant. Les signaux d'entrées, droit et gauche, parviennent au LM1036N via les condensateurs de liaisons C20 et C21. C22 et C23 évitent les oscillations HF perturbatrices.

En sorties, ils parviennent aux amplificateurs de puissance via les résistances R24 et R25. Compte tenu de son haut degré d'intégration, CI2 nécessite peu de composants externes, seuls quelques condensateurs et les organes de commandes (potentiomètres et commutateur) suffisent. Les condensateurs C31 et C32 déterminent la courbe de réponse pour les fréquences aiguës, C33 et C34 se chargent du grave. La tension

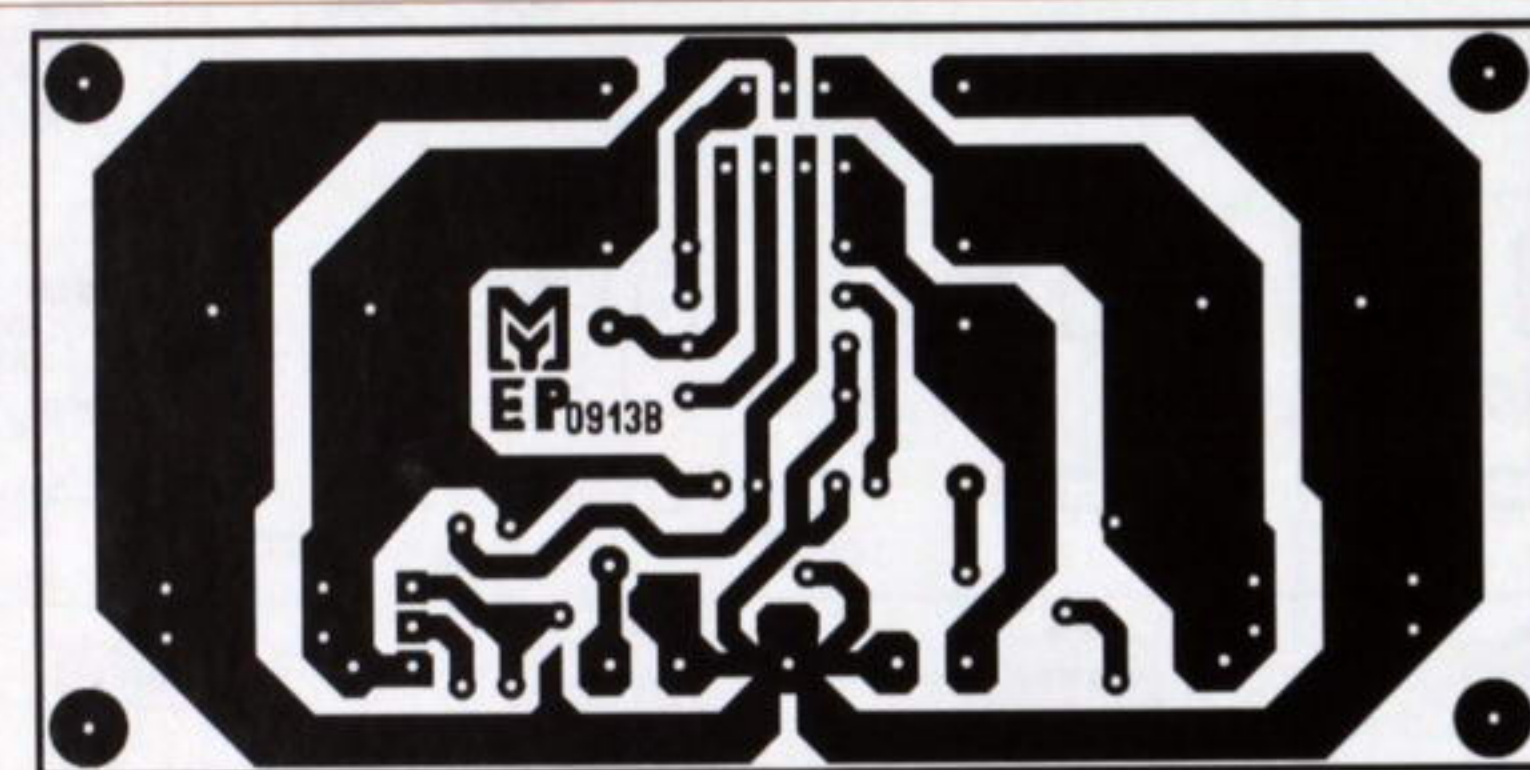
5



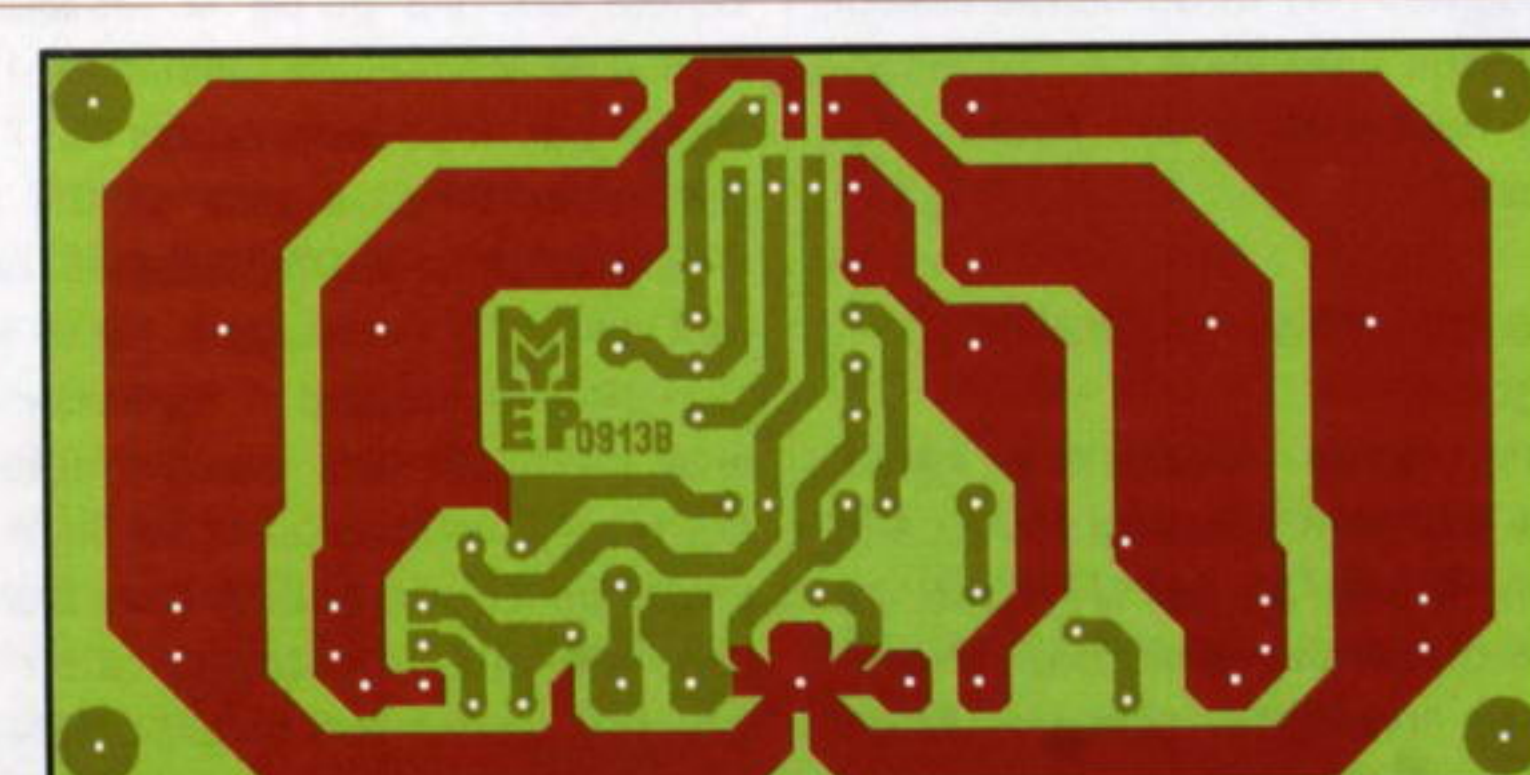
6



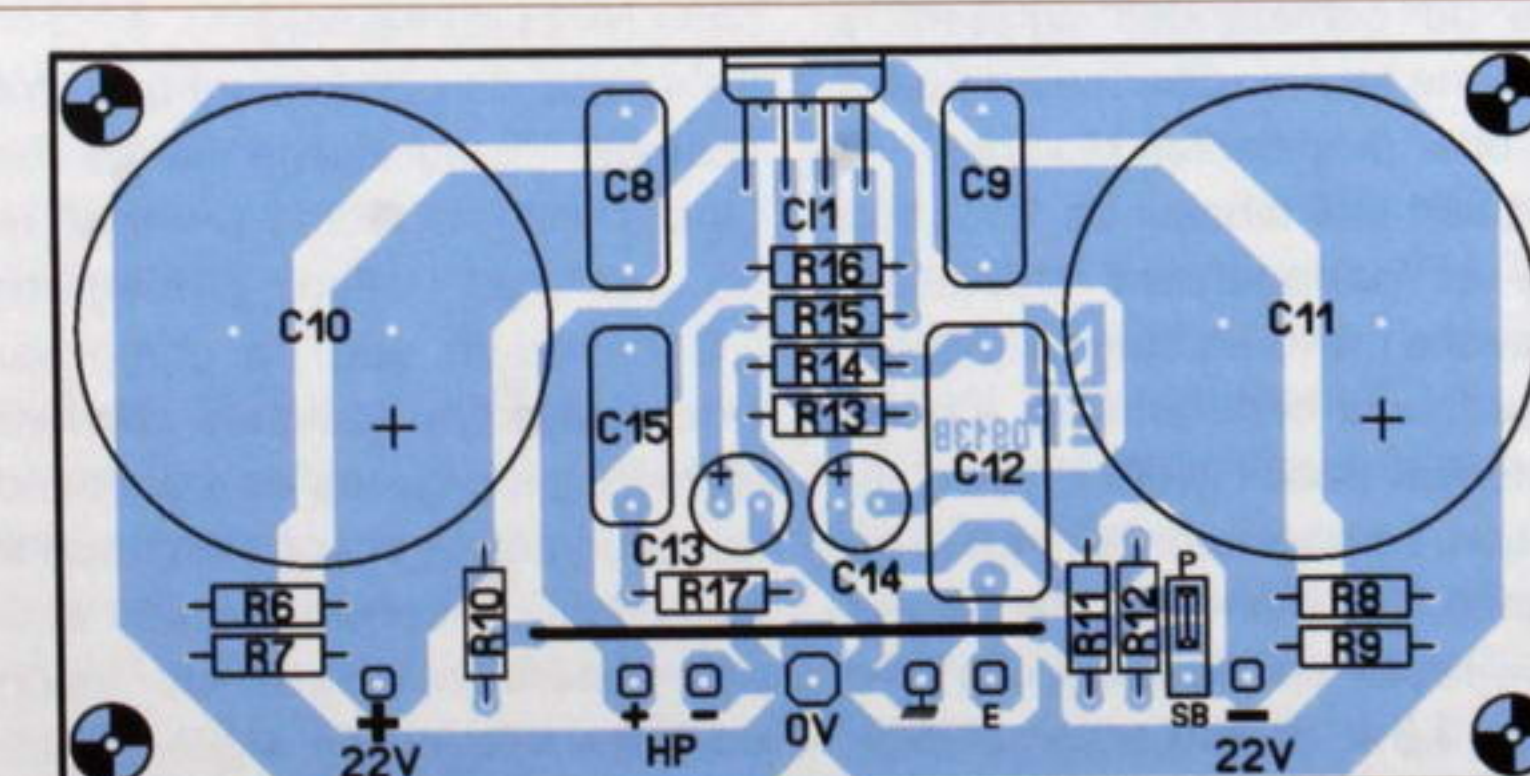
7



9



11



de référence permet d'agir sur toutes les corrections, en prélevant une partie de celle-ci au moyen des potentiomètres P1 à P4 et du commutateur du filtre S1, via les résistances R20 à R23. Les condensateurs C27 à C30 découplent les tensions de chaque réglage, C24 à C26 découplent et «bipassent» des tensions internes.

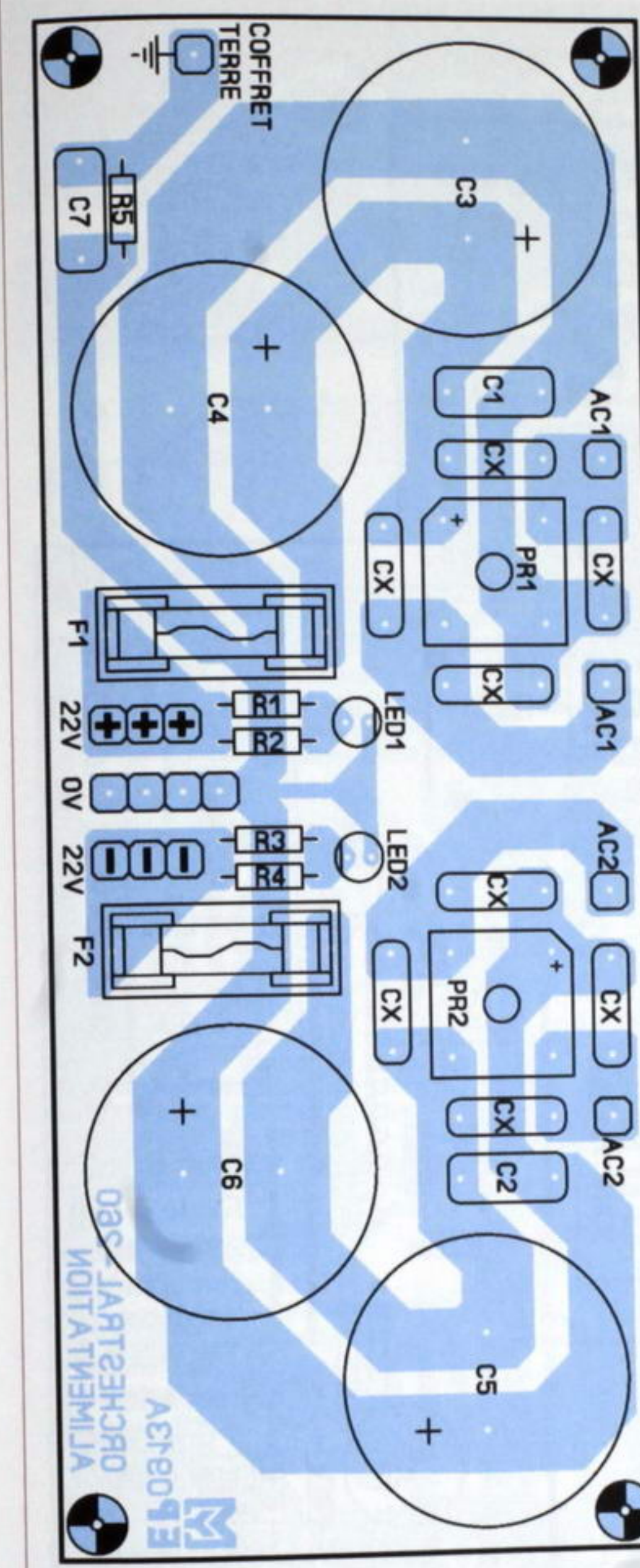
### La réalisation

Nous vous recommandons de vous procurer l'intégralité des pièces avant de commencer la réalisation, afin de connaître, avec précision, leurs encombrements.

Ne modifiez jamais le tracé d'une piste de circuit imprimé, ceux-ci ont été conçus pour donner le meilleur résultat. Respectez le câblage des masses en «étoile», en évitant les boucles. Comme précisé au début, nous considérons que vous possédez de bonnes bases en électronique et que vous avez une certaine expérience dans le domaine du câblage. Nous passerons donc rapidement sur les opérations basiques pour privilégier les détails spécifiques. Reportez-vous fréquemment aux nombreuses figures et photos, bien souvent plus parlantes que les textes.

Vous ne devriez éprouver aucune difficulté à graver les quatre circuits imprimés : un pour l'alimentation de puissance, deux pour les amplificateurs et enfin un dernier pour le pré-amplificateur/correcteur. Les dessins des trois typons sont fournis aux

10



figures 6 à 8. Reproduisez-les impérativement selon la méthode photographique, afin de bien respecter les tracés. Percez toutes les pastilles avec un foret de 0,8 mm et alésez, ensuite, selon nécessité.

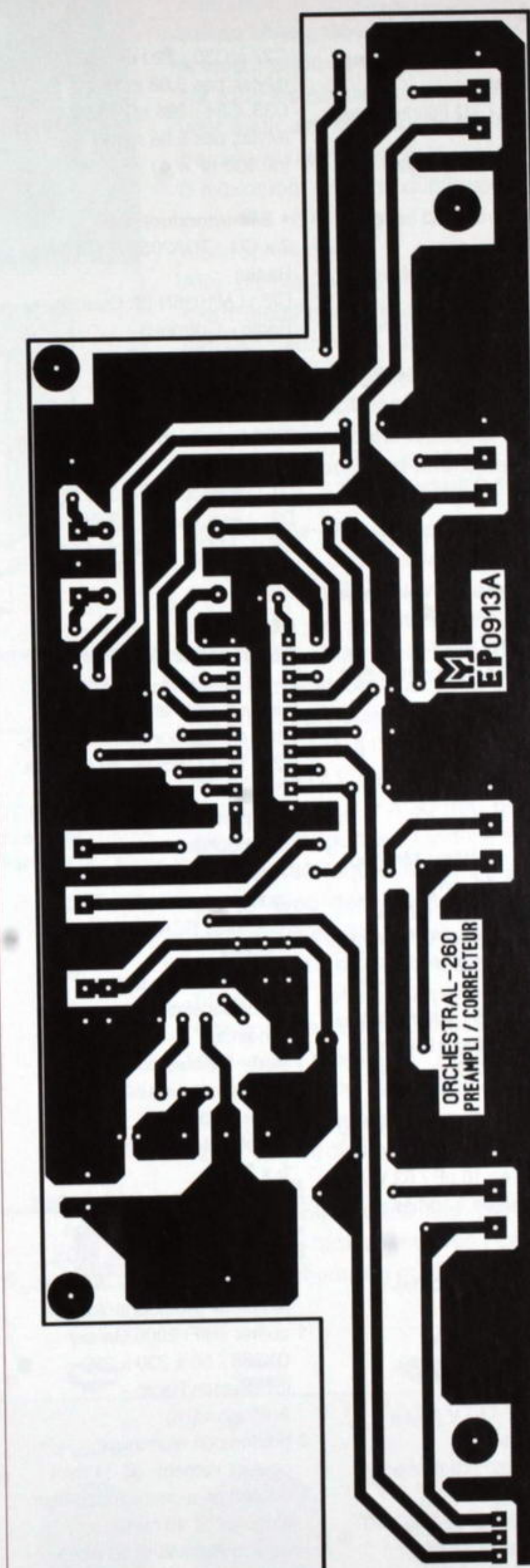
Effectuez les découpes nécessaires sur la platine du préamplificateur/correcteur. Ébavurez-les pour obtenir une finition soignée.

Pour améliorer la dynamique sonore, il est utile d'étamer les pistes des alimentations et celle de la sortie HP sur les platines des amplificateurs.

La figure 9 montre, en couleur rouge, celles concernées.

Après ces travaux de préparation, soudez les composants, circuit par

8



circuit, en respectant scrupuleusement les implantations des figures 10 à 12, en commençant par les ponts de liaisons (straps). Procédez par ordre de taille et de

fragilité des pièces (résistances en premier, puis les diodes, les supports de circuits intégrés, les petits condensateurs, etc.). Avant de câbler les platines entre-



## Nomenclature

### • Résistances 5% (ou mieux, 1%) 1/2 W

R1 à R4 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 R5 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)  
 2 x R6 à R9 : 2,7 k $\Omega$  (rouge, violet, rouge)  
 2 x R10 : 7,5 k $\Omega$  (violet, vert, rouge)  
 2 x R11 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 2 x R12, R13, R14, R16 : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)  
 2 x R15 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)  
 2 x R17 : 4,7  $\Omega$  (jaune, violet, or)  
 R18 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)  
 R19 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R20 à R23 : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)  
 R24, R25 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)

### • Potentiomètre

P1 à P4 : 47 k $\Omega$  linéaire

### • Condensateurs

8 x CX : 47 nF (Wima MKP ou MKS, pas 10,16 mm)  
 C1, C2, C7 : 100 nF (Wima MKP ou MKS, pas 10,16 mm)  
 C3 à C6 : 4 700  $\mu$ F / 63 V (SNAP-IN)  
 2 x C8, C9, C15 : 100 nF (Wima MKP ou MKS, pas 10,16 mm)  
 2 x C10, C11 : 4 700  $\mu$ F / 63 V (SNAP-IN)  
 2 x C12 : 2,2  $\mu$ F (Wima MKP ou MKS, pas 15,24 mm)  
 2 x C13, C14 : 10  $\mu$ F / 63 V (électrochimique à sorties radiales)  
 C16 : 22  $\mu$ F / 63 V (électrochimique à sorties radiales)  
 C17 : 1 000  $\mu$ F / 35 V (électrochimique à sorties radiales)  
 C18 : 100 nF / 63 V (Mylar, pas 5,08 mm)  
 C19, C31, C32 : 10 nF / 63 V (Mylar, pas 5,08 mm)  
 C20, C21 : 2,2  $\mu$ F (Wima MKP ou MKS, pas 15,24 mm)  
 C22, C23 : 220 pF (Murata, mica argenté ou céramique)  
 C24 : 47  $\mu$ F / 35 V (électrochimique à sorties radiales)  
 C25, C26 : 10  $\mu$ F / 63 V (électrochimique à sorties radiales)

C27 à C30 : 220 nF / 63 V (Mylar, pas 5,08 mm)  
 C33, C34 : 390 nF / 63 V (Mylar, pas 5,08 mm) (ou 330 nF // 47 nF)

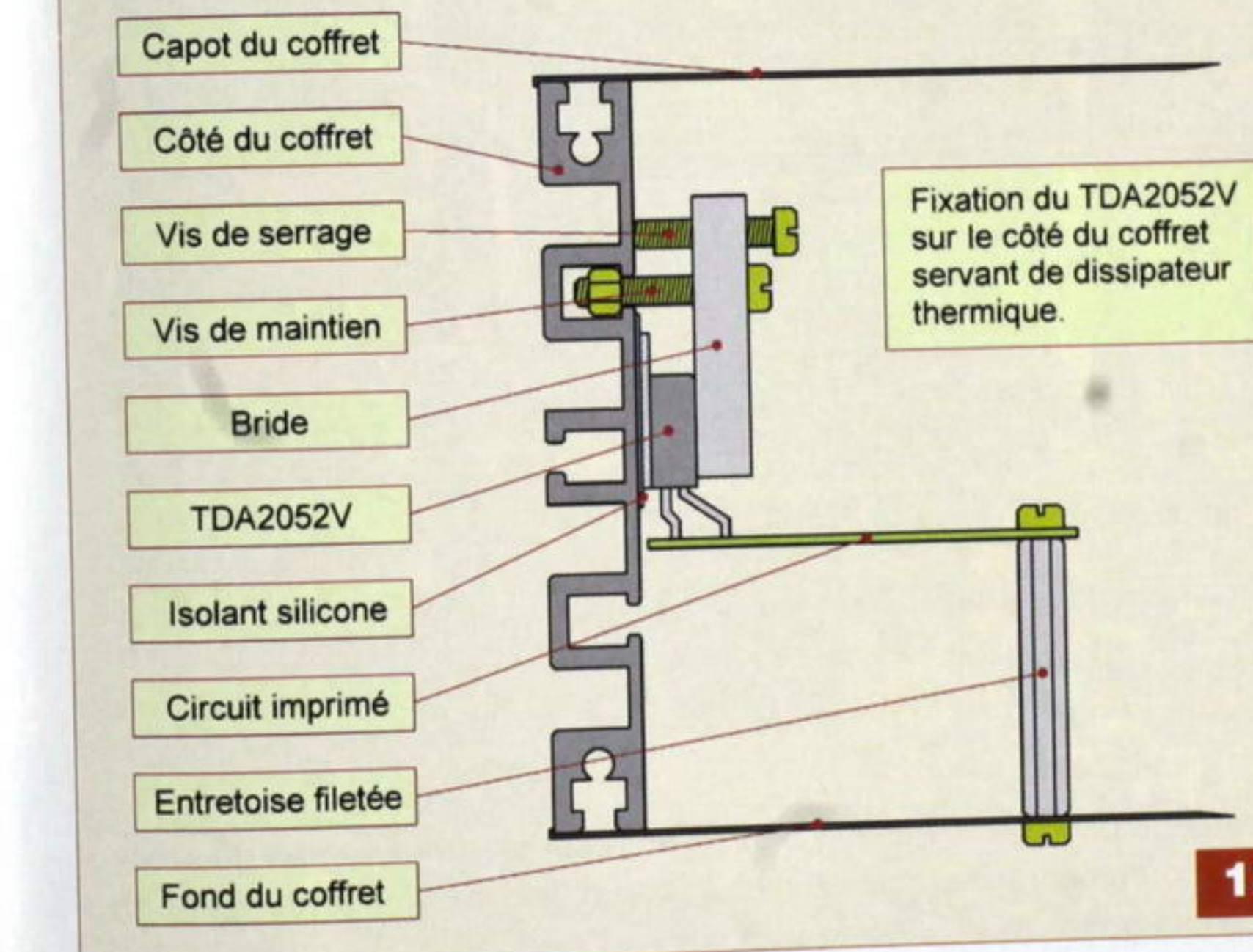
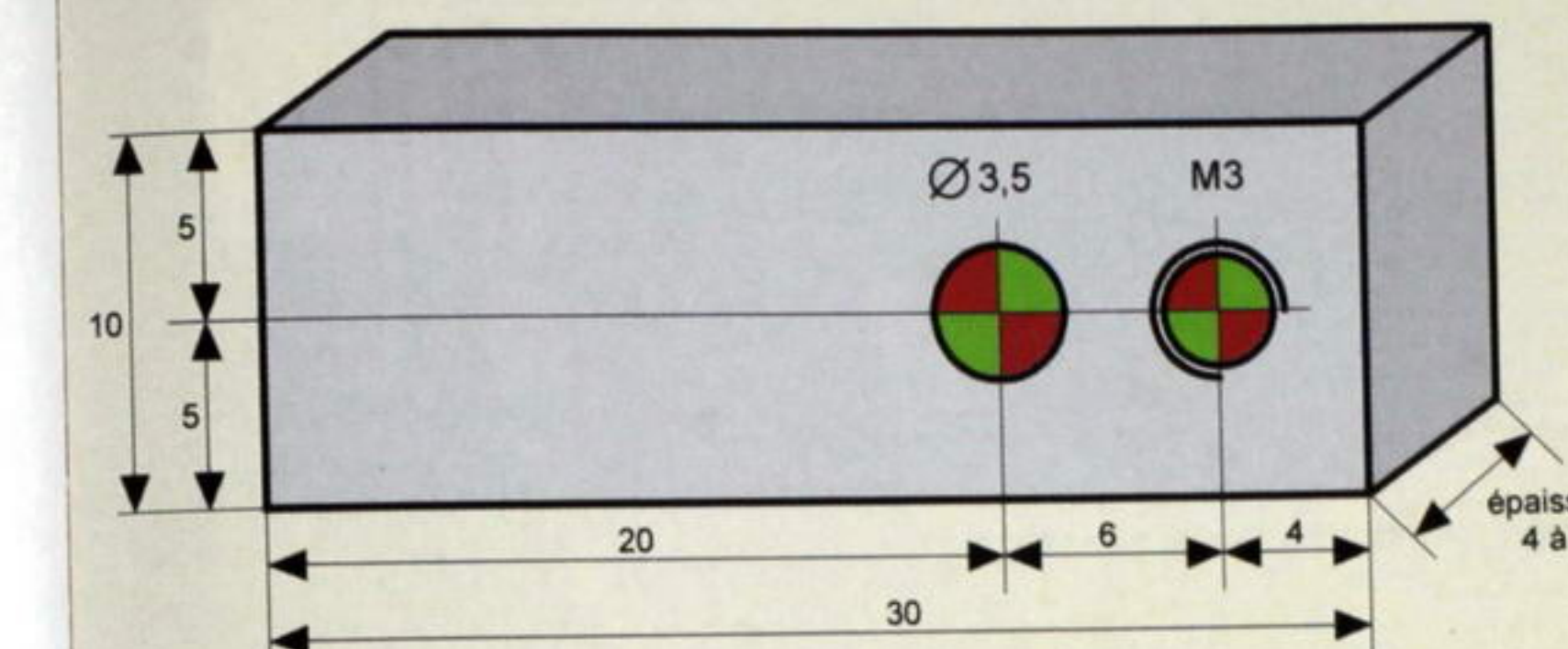
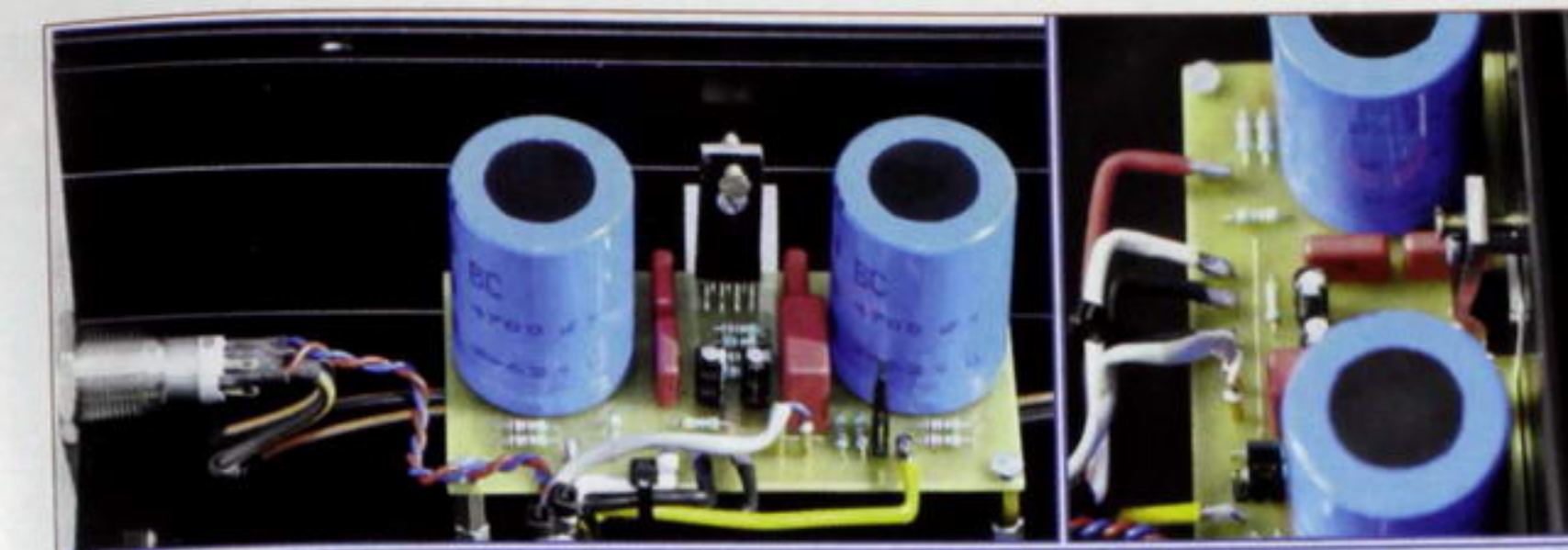
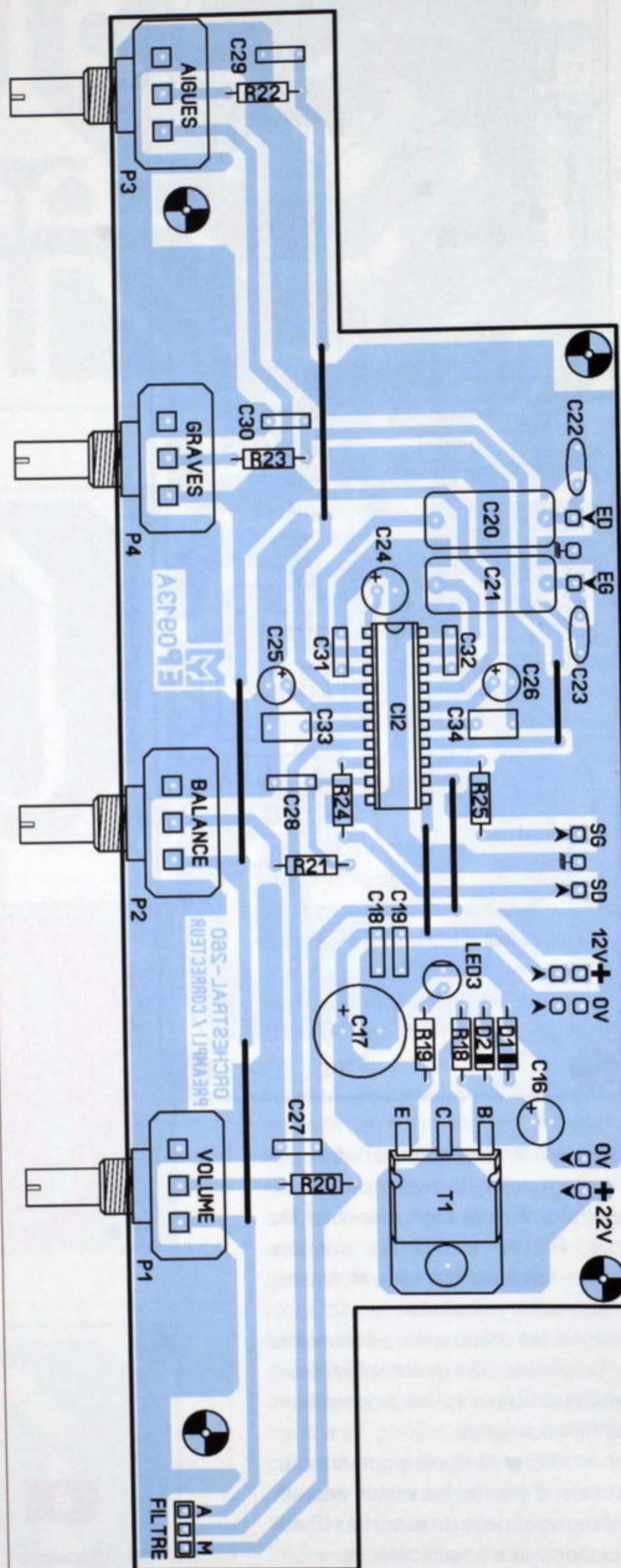
### • Semi-conducteurs

2 x CI1 : TDA2052 (St Quentin Radio)  
 CI2 : LM1036N (St Quentin Radio - Gotronic)  
 T1 : BDW83C ou D  
 PR1, PR2 : pont de redressement 6 A, carré (BR64 par exemple) (St Quentin Radio)  
 D1 : zéner 5,1 V / 1,3 W  
 D2 : zéner 8,2 V / 1,3 W  
 LED1, LED2, LED3 : led verte  $\varnothing$  5 mm

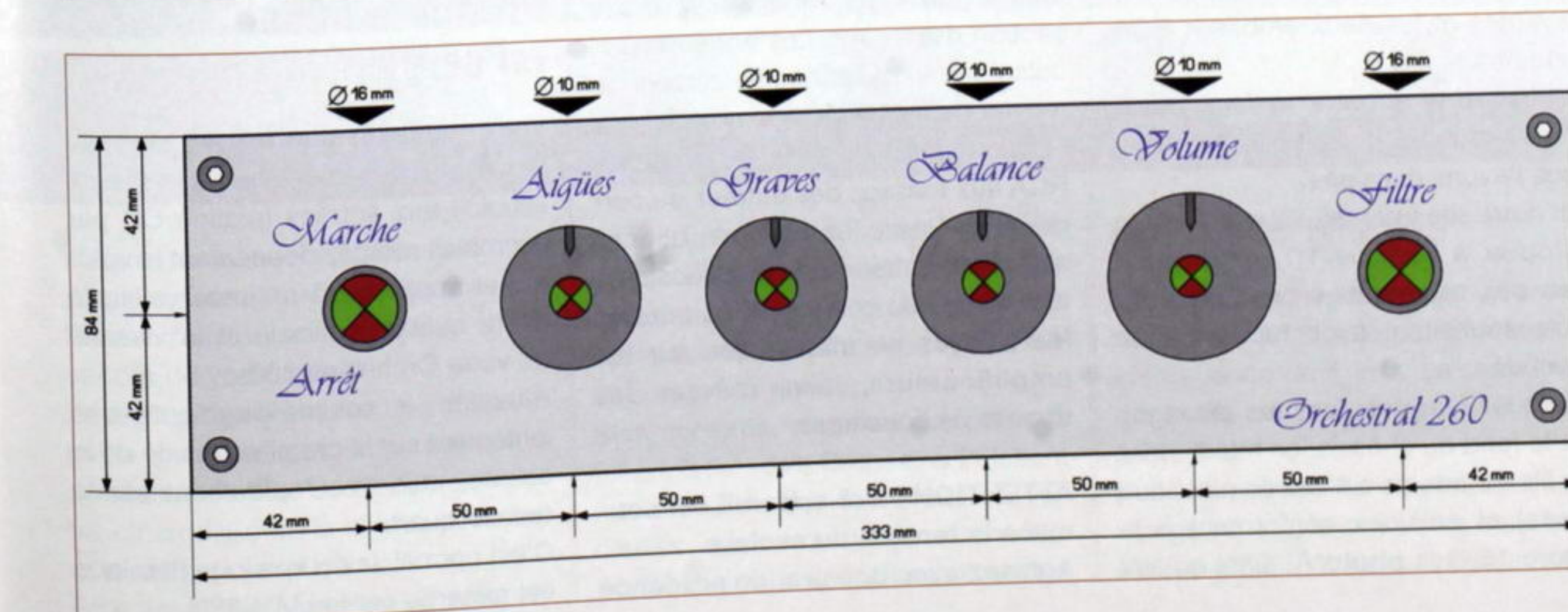
### • Divers

1 filtre secteur Schaffner «FN 394-6-05-11» (Prise, inter, fusible et filtre)  
 1 transformateur torique moulé, 2 x 15 V / 225 VA (St Quentin Radio)  
 1 support de circuit intégré à 20 broches  
 2 isolants (silicone ou mica) et graisse, pour boîtier TO220  
 2 embases RCA dorées pour châssis  
 4 prises bananes  $\varnothing$  4 mm (pour enceintes : 2 rouges et 2 noires)  
 2 porte-fusibles pour circuit imprimé, pour fusibles en verre de 5 x 20  
 2 fusibles de 6,3 A en verre de 5 x 20  
 Barrettes sécables «SIL» mâles  
 2 cavaliers de configuration  
 2 interrupteurs 16 mm, INOX, Cercle bleu, 250 V / 3 A avec led bleue (Audiophonics)  
 1 coffret «HIFI 2000 Galaxy GX388 / 80 x 330 x 280» (St Quentin Radio - Audiophonics)  
 3 boutons en aluminium, couleur «argent» ( $\varnothing$  34 mm)  
 1 bouton en aluminium, couleur «argent» ( $\varnothing$  40 mm)  
 Plaque d'aluminium 50 mm x 50 mm, épaisseur 3 mm (brides)  
 Cosses «poignard» pour CI  
 Câble blindé stéréo  
 Fils souples de faible et forte section, Gaines thermo-rétractables de plusieurs diamètres  
 Visserie métal  $\varnothing$  3, 4 et 6 mm

12



13



14

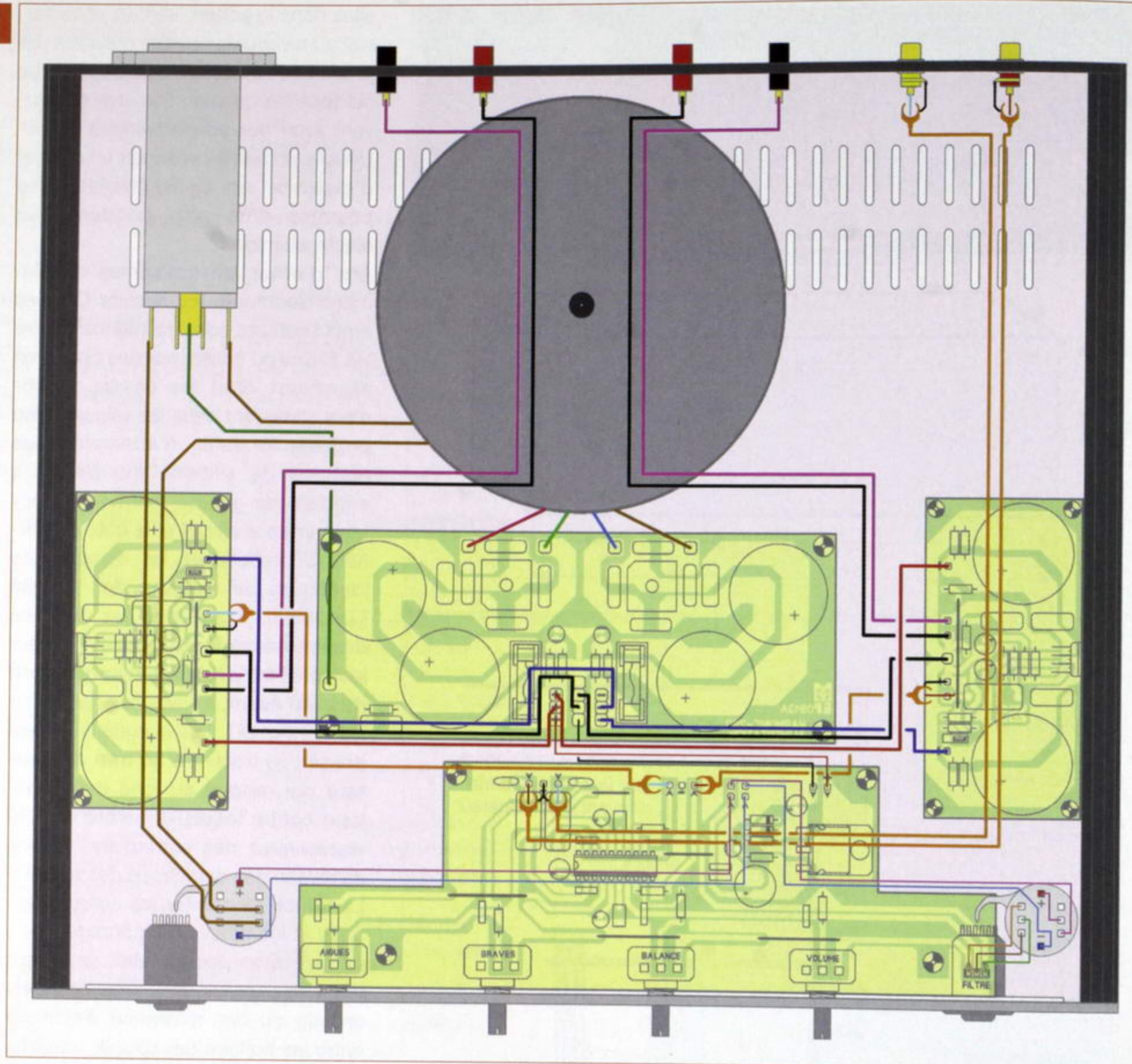
elles dans le coffret, vérifiez votre travail au niveau des pistes cuivrées, de la valeur et du sens des composants, sur tous les circuits. Les erreurs peuvent avoir des conséquences désastreuses et même présenter un danger d'explosion en cas d'inversion des polarités d'un gros condensateur électrochimique.

Afin d'éviter les problèmes d'isolement électrique, les circuits CI1 des amplificateurs sont maintenus contre les flancs du coffret par des brides en aluminium, dont les écrous prisonniers s'insèrent dans les rainures des profilés. Il suffit d'intercaler des plaques de silicone (ou de mica enduites de graisse thermo-conductrice) entre le circuit et le côté du coffret. Confectionnez les deux brides identiques de maintien des circuits TDA2052V. Maintenez les platines des amplificateurs gauche et droit sur les côtés intérieurs à environ 65 mm du bord avant, à l'aide des brides sur les circuits CI1. Les circuits imprimés doivent se trouver à 30 mm de hauteur par rapport au fond du coffret, fond contre lequel ils seront ensuite vissés avec des entretoises filetées au niveau des deux trous des circuits. La figure 13 montre les cotes d'usinage et les détails du montage. Observez les photos, elles apportent une aide précieuse. Assurez-vous ensuite du bon isolement électrique entre les boîtiers des circuits intégrés et le coffret dissipateur, à l'aide d'un ohmmètre.

Après avoir réalisé les perçages, équipez la face avant avec l'interrupteur (marche/arrêt) et le commutateur



15



du filtre (S1), tous deux munis de leurs voyants à leds bleues intégrées. Contre la face arrière, vissez le filtre, les quatre embases bananes des enceintes et les deux embases RCA des entrées.

La figure 14 montre la face avant cotée avec ses inscriptions, telle que nous l'avons dessinée.

Sur notre site Internet, vous pouvez la retrouver à l'échelle 1:1, ainsi qu'un plan des sérigraphies pour nos lecteurs souhaitant avoir recours à ce procédé.

Effectuez, ensuite, tous les câblages sur le fond du châssis, en maintenant les fils à l'aide de colliers en plastique (rilsan) et en vous conformant à la figure 15, à la photo A, ainsi qu'aux

schémas de principes (figures 3 à 5). Les raccordements des masses et des alimentations doivent être effectués à l'aide de fils souples d'une section de 1 mm<sup>2</sup>. Les entrées véhiculant les modulations se câblent au moyen de fils blindés de qualité. Raccordez les masses des embases RCA aux masses des entrées du correcteur. Pour les câbles blindés reliant les entrées des amplificateurs aux sorties du correcteur, **ne soudez les tresses de masse que sur les amplificateurs**, afin d'éviter les risques de bouclage.

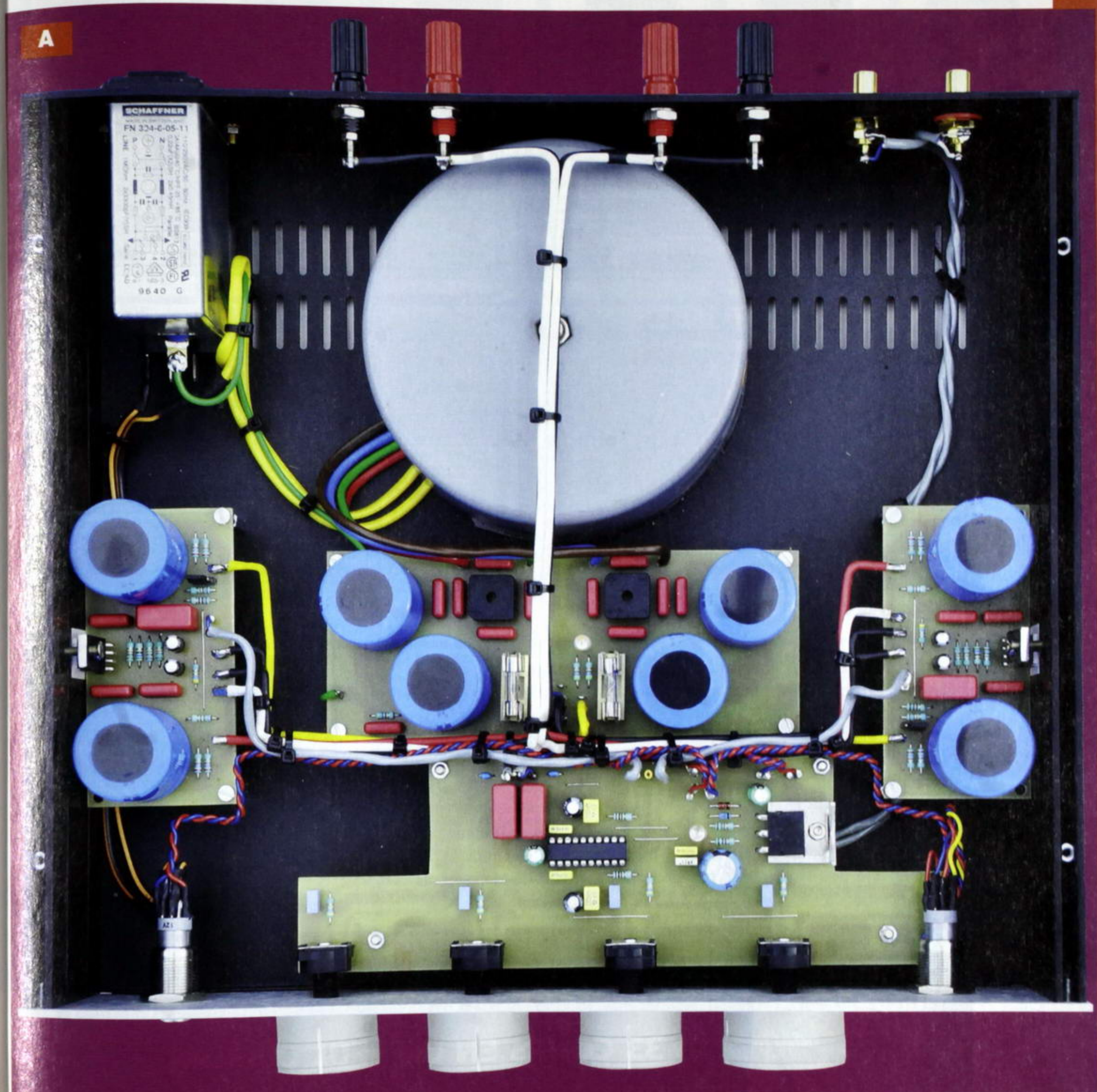
**ATTENTION ! Cet appareil est soumis à la tension du secteur. Agissez avec une grande prudence**

en respectant les règles de protection d'usage dans cette situation.

### Première mise en service

Votre amplificateur est terminé. Connectez vos enceintes, une source «audio» aux entrées (platine CD par exemple), montez doucement le volume et appréciez à sa juste valeur la haute qualité musicale et la vivacité de votre Orchestral 260. Attention, le volume augmente très lentement sur la première moitié de la course, puis très rapidement sur le dernier quart. C'est normal, la courbe logarithmique est générée par le LM1036N.

A



Malgré sa moyenne puissance, cet amplificateur est très dynamique. Prenez soin de vos enceintes, mais surtout de vos oreilles. Le réglage du grave est très efficace, ne le poussez pas trop, surtout à puissance élevée. Un disque enregistré en studio offre le niveau optimum et le meilleur relief musical. Pour respecter une courbe plate et

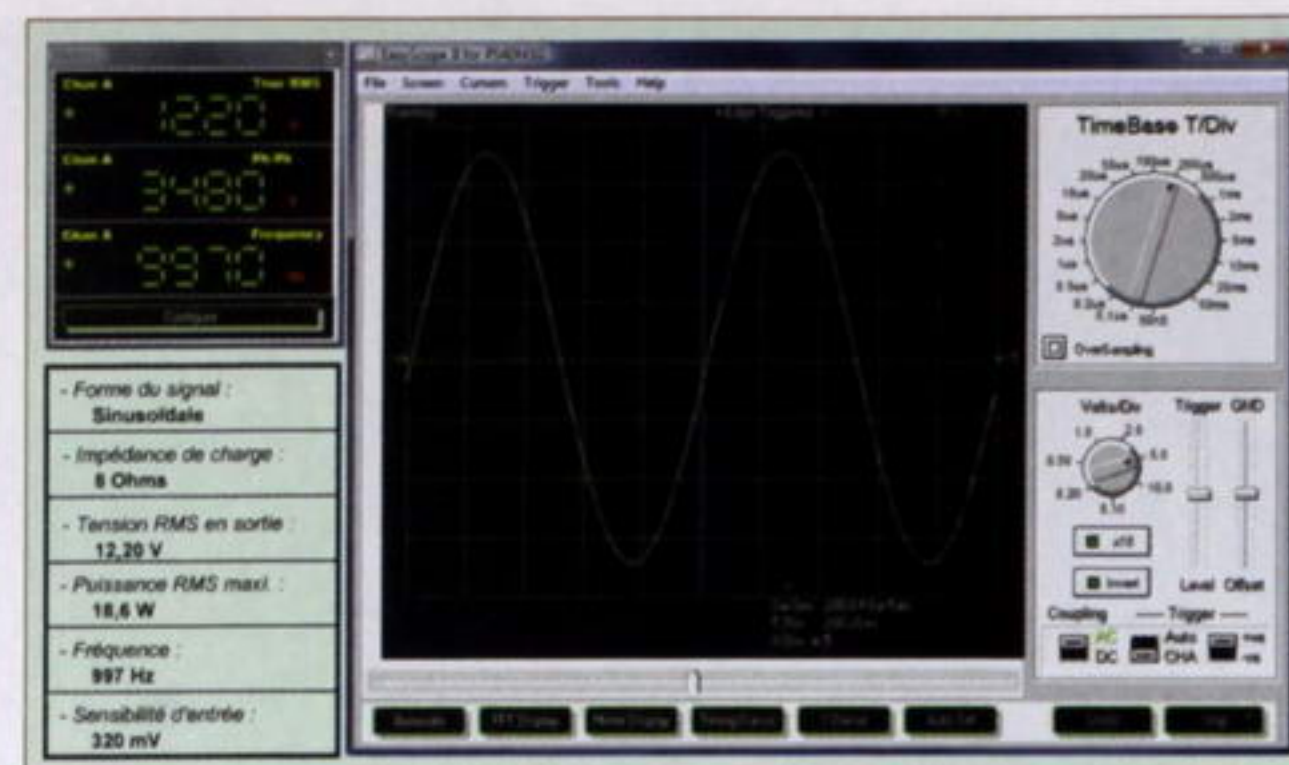
reproduire l'original, positionnez les correcteurs (grave et aigües) au centre. Le filtre de présence (loudness) donne une «chaleur» artificielle au son, à bas niveau. Bien construit, avec les composants préconisés, votre Orchestral 260 sera robuste et fiable. Il enchantera vos oreilles durant de longues années. Bonne réalisation et bonnes écoutes.

### Quelques relevés

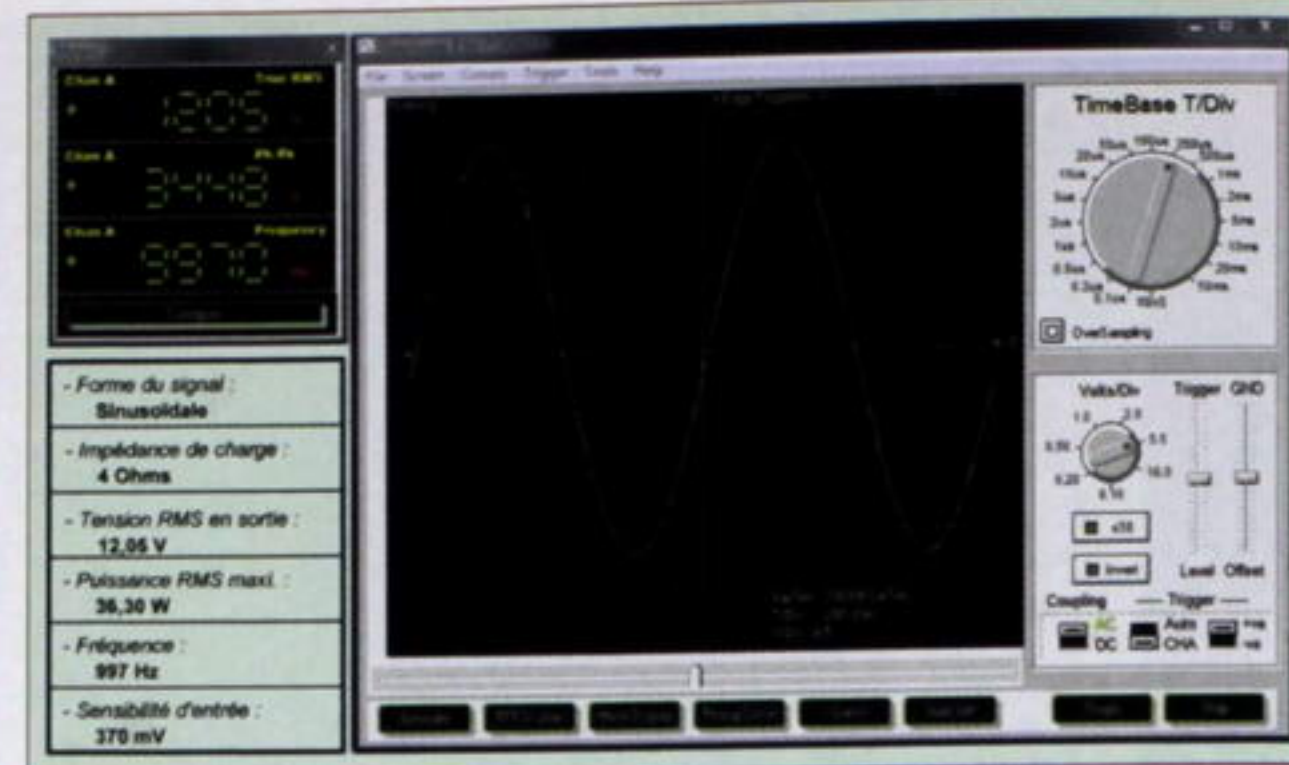
L'oscillogramme A montre un signal sinusoïdal, à la limite de l'écrêtage, à la fréquence de 1 kHz. La puissance maximale sur une charge de 8 Ω est de 18,6 W.

Dans les mêmes conditions, avec une charge de 4 Ω, la puissance maximale s'élève à 36,3 W, ce qu'indique notre

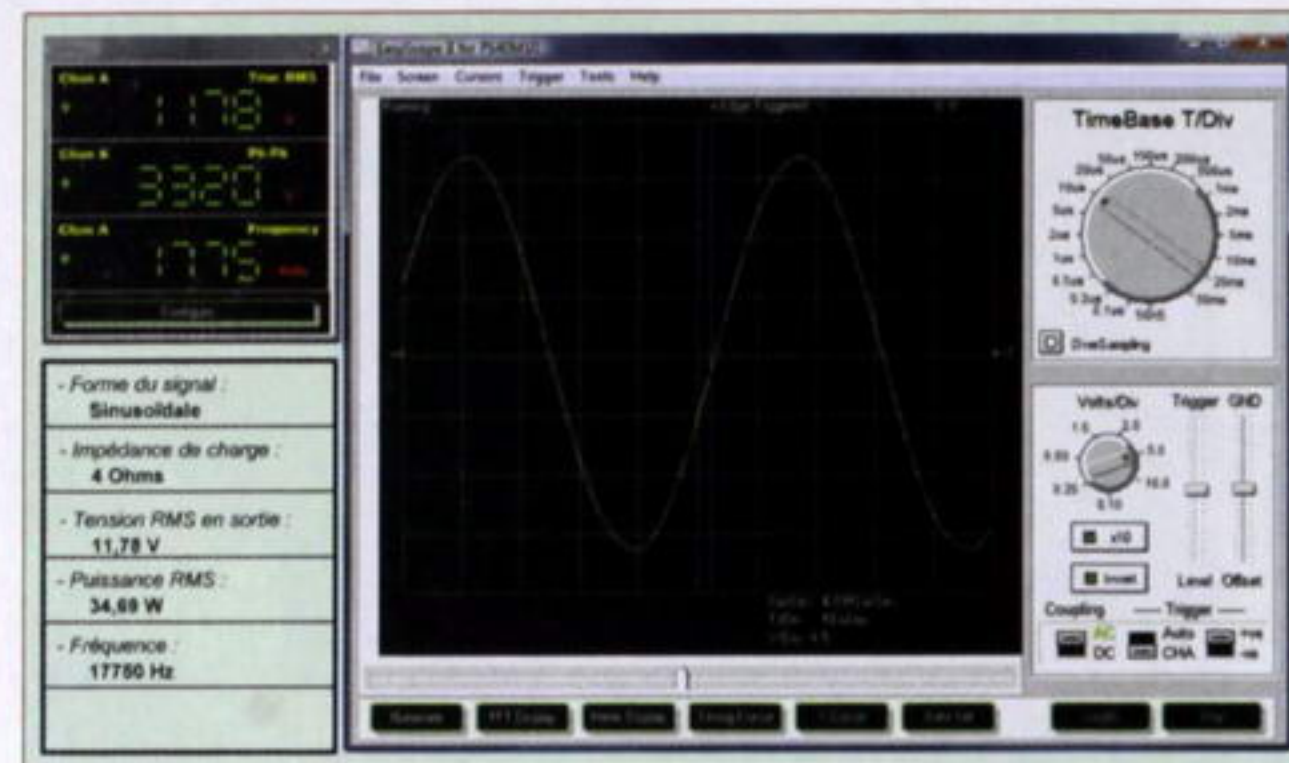




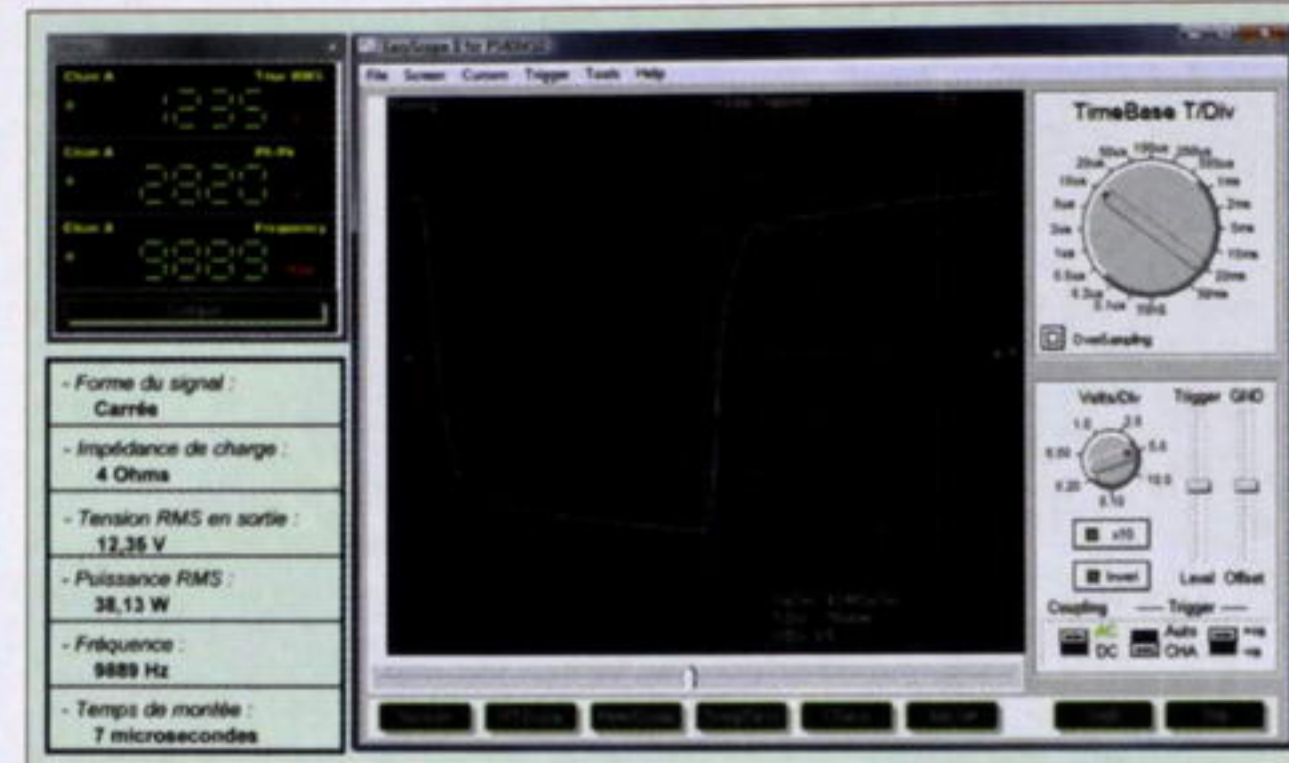
Oscilloscope A



Oscilloscope B



Oscilloscope C



Oscilloscope D

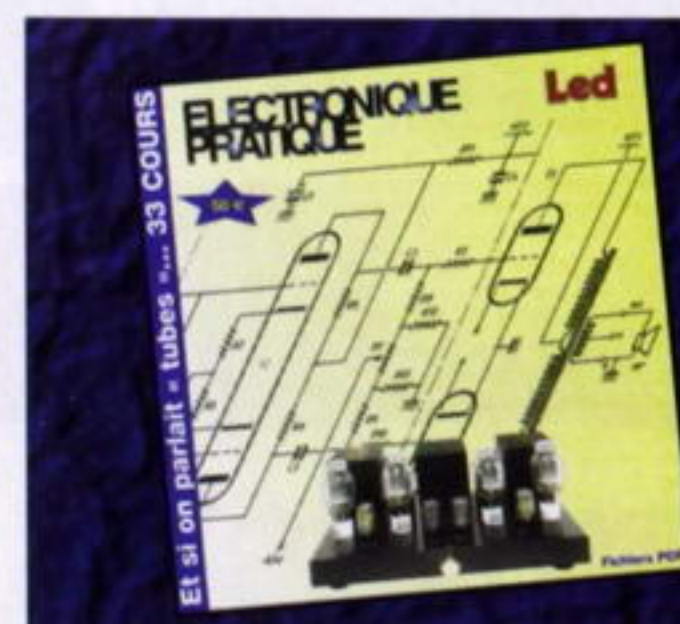
oscilloscope B. Le doublement de la puissance indique que l'alimentation est surdimensionnée et que les tensions symétriques ne s'écroulent pas. La stabilité parfaite est due au transformateur torique de 225 VA. À 18 kHz et sur une charge de 4  $\Omega$  (oscilloscope C), la puissance maximale est de 34,69 W. On peut remarquer une très légère déformation de l'alternance négative.

L'oscilloscope D indique un temps de montée de 7  $\mu$ s à la fréquence de 10 kHz, à puissance maximale et sur charge de 4  $\Omega$ .

Y. MERGY

Adresse Internet de l'auteur  
Mergy Yves - Électronique, Projets, Loisirs, Études et Développements  
myepled@gmail.com

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  
<http://www.gotronic.fr>  
Site Internet de la société Audiophonics  
<http://www.audiophonics.fr>



## Et si on parlait tubes... 33 COURS EN UN SEUL CD-ROM Connaître et maîtriser le fonctionnement des tubes électroniques

Bon à retourner à : TRANSOCÉANIC - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

☐ Je désire recevoir le CD complet 33 premiers cours (fichiers PDF) « Et si on parlait tubes... »  
France : 50 €      Union européenne : 52 €      Autres destinations : 53 €

☐ J'envoie mon règlement      ☐ par chèque joint à l'ordre de Transocéanica  
☐ par virement bancaire (IBAN : FR76 3006 6109 1100 0200 9580 176/BIC : CMCIFRPP)

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



N°344  
• Émetteur numérique pour guitare  
Dé à annonce vocale • Les mémoires  
vocales ISD de la série 2500  
• Simulateur d'aube • Mesures de  
tensions et tracés de courbes par  
PC • Cyber-Troll. Robot marcheur  
expérimental • Manomètre numérique  
• Le C8 Mc Intosh • Enceinte expérimentale  
en polystyrène



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



N°366  
• Animation lumineuse en 3D  
• Indicateur de consommation d'énergie  
de chauffage • Pulsomètre  
numérique • Convertisseurs COCC  
de puissance • HARMONIC 2 100.  
Amplificateur pour audiophiles 2 x  
100 Wefi avec télécommande IR  
• Contrôle d'accès horodaté à badge  
RFID



N°367  
• Le module chipKIT Max32  
• Minuteur retardateur sur PC  
• Signalisation complémentaire pour  
véhicule en panne • Récepteur FM-  
VHF-UHF 48 MHz à 863 MHz  
• Détecteur de monoxyde de carbone  
• Alarme à détection de mouvements  
• Testeur de tubes lampemètre  
moderne



N°369  
• Laboratoire d'expérimentations  
pour Arduino Uno • Toise ultrasonique  
• Convertisseur 6 V / 12 V  
• Acquisition de quatre voies analogiques  
via une liaison Bluetooth  
• Un robot aspirateur (2<sup>ème</sup> partie)  
• Le Nébulophone. Synthétiseur  
audio Arduino de « Bleep Labs »  
• Indicateur de niveau de lave-glace  
• Préampli stéréophonique en AOP.  
4 entrées : 2 LIN - USB - S/P DIF



N°371  
• Moulin solaire • Composants pour  
la robotique • Globe d'ambiance à  
leds avec variateur et télécommande  
IR • Fréquence logarithmique  
• Comptabilisateur des journées de  
pluie • Téléalarme pour résidence  
secondaire • Amplificateur monobloc  
la KT66 en Single End



N°373  
• Applaudimètre à affichage géant  
télécommande 3 canaux par les fils  
secteur • Mini-table croisée à  
axes • Centrale de mesures pour  
thermocouples • Sirènes prioritaires  
pour modélisme • Alimentation  
sur PICAXE à partir du port  
USB • Lecteur/programmeur de  
mémoire PC



N°374  
• Hygromètre - Hygrostat avec  
capteur HIH 403031 • Commande  
par détection de courant • Barrière  
ultrasonique • Téléméasures avec  
modules HM-TRP • Applications de  
l'effet Hall • Amplificateur et  
Préamplificateur Hi-Fi à tubes  
ECC81/EL95 • Amplificateur -  
Préamplificateur - Correcteur pour  
utilisation nomade



N°375  
• Les DuinoMite. De véritables  
petits ordinateurs • Un éclairage  
redondant • Centrale solaire secourue  
par le secteur • Un stroboscope  
• Télécommande originale d'une  
porte de garage • Analyseur de trafic  
USB • La compression dynamique  
en audio



N°376  
• Indicateur expérimental de fuites  
micro-ondes • Un VENTURI expérimental  
• Contrôle téléphonique du  
niveau d'une citerne • APAXE 402.  
Automate Programmable PICAXE  
• Platine multifonctions à microcontrôleur  
CB280CS • Amplificateur  
monobloc. La triode 6EM7 en Single  
End



N°377  
• Platine BasicATOM Pro 64 • Suivi  
des consommations d'énergie de  
chauffage • Goniomètre à rayon  
laser • Animation lumineuse pour  
Noël • APAXE 402. Automate  
Programmable picAXE. La programmation  
par diagrammes (2<sup>ème</sup> partie)  
• Clavier de commande pour télécommande  
Bluetooth sécurisée  
• Préamplificateur stéréophonique  
Entrées USB - S/P DIF - linéaires et  
sortie casque



N°378  
• Bras robotisé à six axes • Scanner  
Wifi • APAXE 402. Automate  
Programmable picAXE. La programmation  
Basic (3<sup>ème</sup> partie)  
• Étude d'une alimentation haute  
tension • AUDIOMEDIA 200.  
Amplificateur de 2 x 100 Wefi / 8  $\Omega$   
• Girouette statique



N°380  
• Thermomètre intérieur/extérieur  
• Générateur de séquences numériques  
• Calculatrice numérique  
Pythagore disait : « tout est arrangé  
par le nombre » • Enceinte pour  
ordinateur • Affichage dynamique à  
leds • Un afficheur intelligent



N°381  
• Thermomètre d'enregistreur • Arrêt  
automatique d'un fer à repasser  
• Robot à chenilles • Orchestral  
2200. Amplificateur / préamplificateur  
/ correcteur très haute fidélité  
2 x 175 W RMS • Simulateur de  
présence



N°382  
• Réalisation d'antennes • Platine  
FI - AM et FM large bande-stéréo  
• Barrière lumineuse à 384 leds  
• Système de surveillance RF longue  
portée • MEMSOC. Jeu de  
MEMOIRE de SOns et COuleurs  
• Accéléromètre / inclinomètre



N°383  
• Microcontrôleurs PICAXE et  
communications RF • Émetteur  
récepteur en 5.8 GHz vidéo et audio  
• Liaison « série » sans fil • Compteur  
d'énergie • Une « vraie » sirène  
• Centrale d'alarme universelle à  
haute sécurité avec antivol • Étude  
comparative de quelques étages  
de sortie pour préamplificateurs  
• Amplificateur avec pentodes EL86  
sans transformateur de sortie



N°384  
• Applications avec le PICAXE  
(8M2. Tout petit, mais puissant  
comme les grands !... (1<sup>ère</sup> partie)  
• Utilisation des modules XBee  
• Orgue programmable (1<sup>ère</sup> partie)  
• Répétiteur d'appels téléphoniques  
• Wattmètre audio de 0.2 W à 100 W  
• Interrupteur à détection d'approche  
• Impédancemètre. Mesure de  
l'impédance des haut-parleurs



N°385  
• Applications avec le PICAXE  
(8M2. Tout petit, mais puissant  
comme les grands !... (2<sup>ème</sup> partie)  
• Les modules transceivers APC220  
et APC802 • « Mr. GENERAL ».  
Votre compagnon cybernétique à  
PICAXE-28X2 • La température  
transmise à distance par les ondes  
• Feu de cheminée électronique  
• Orgue programmable (2<sup>ème</sup> partie)  
• Compteur kilométrique pour  
modélisme ferroviaire

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 J'ENVOIE 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 Transocéanica - Electronique Pratique - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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 |     |     |     |



## Push Pull de TETRODES 6L6 Amplificateur monobloc



Cette réalisation, très classique, met en œuvre un push-pull de tétrodes 6L6 fonctionnant en classe AB1. Elle développe une puissance de 34 W RMS, pour un taux de distorsion de l'ordre de 2 %.

L'ensemble du projet est disposé sur et dans un petit châssis métallique Hammond, de faibles dimensions. Tubes et transformateurs sont apparents, afin de faciliter l'évacuation thermique. Cependant, ce châssis accepte un capot de protection, ce qui donne à notre amplificateur un look rétro des années 50.

### Le schéma

#### Le circuit d'entrée et déphaseur

L'impédance d'entrée est fixée à 80 k $\Omega$ , mais peut être fixée à toute valeur au choix en modifiant la valeur de R1.

Le signal est injecté sur la grille, en broche 4 de la 6SL7 (V1B) (figure 1). Le gain de cet étage est de 50 (34 dB) sans contre-réaction. Le tube 6SN7 (V2B) est monté en cathode «suiveuse» et le couplage V1 vers V2 est direct. La polarisation de la grille des deux éléments du premier tube (V1)

est fixée à 32 Vdc par le pont diviseur R4/R5. Ceci nous permet de limiter, drastiquement, les variations du point de fonctionnement dues aux dispersions des caractéristiques Vgk.

Le déphaseur est du type «paraphase». Il a été décrit en détail dans le n°314, sous la plume de notre collaborateur R. Bassi. L'ajustable P1 permet de doser l'amplitude du signal déphasé et d'injecter, exactement, le niveau requis aux tubes de puissance, sans affecter le point de fonctionnement des «drivers». Son réglage permet de réduire le taux de distorsion à son minimum. Pour autant que les tétrodes de sortie soient bien appariées, ce réglage correspond à une amplitude identique du signal sur chacune des cathodes. Un simple voltmètre AC est alors utilisé pour ce réglage. Les deux signaux déphasés se retrouvent aux cathodes de la 6SN7 (V2). L'avantage de ce type de circuit est d'obtenir une parfaite symétrie et une attaque des tubes de puissance à basse impédance.

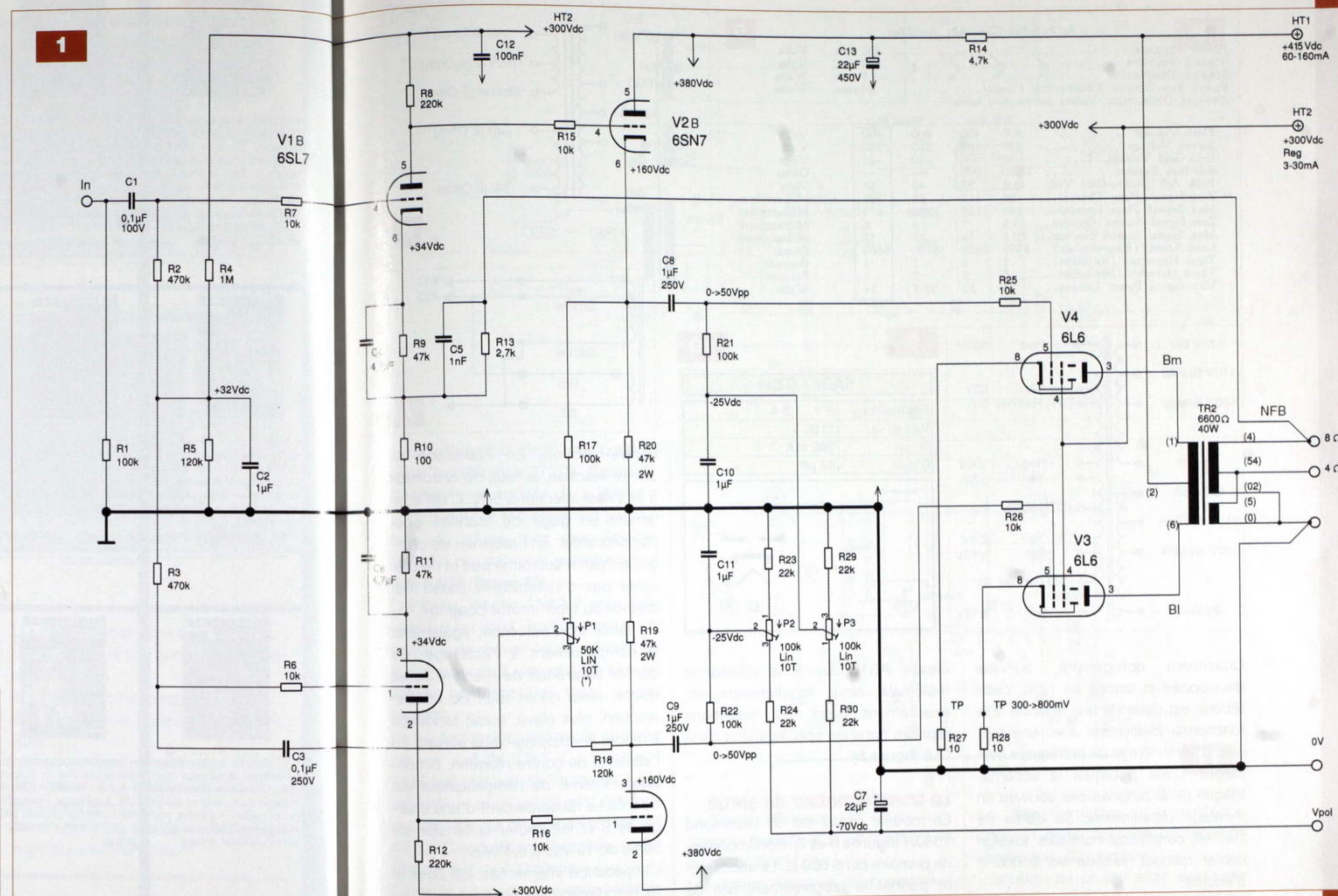
Le choix des tubes 6SL7 et 6SN7 s'est imposé logiquement pour ce type de réalisation. Leur réputation de fiabilité n'est plus à démontrer (figures 2 et 3).

#### Le Push-Pull

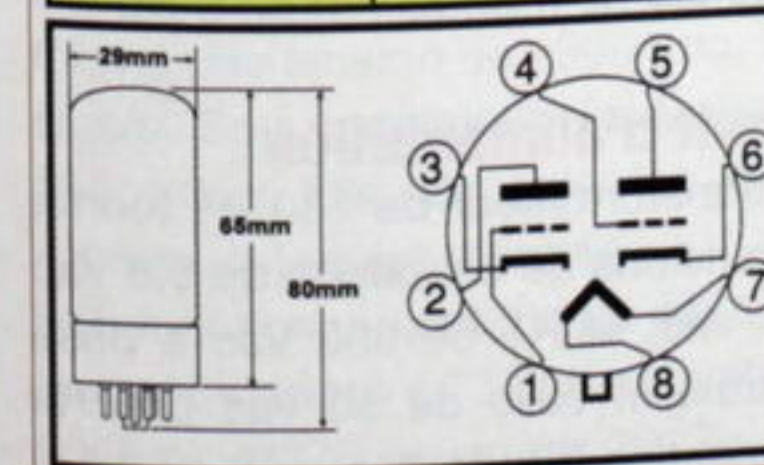
Le Push-Pull met en œuvre deux tétrodes 6L6GC.

Ce tube, au culot Octal de huit broches, admet une dissipation anodique maximale de 30 W.

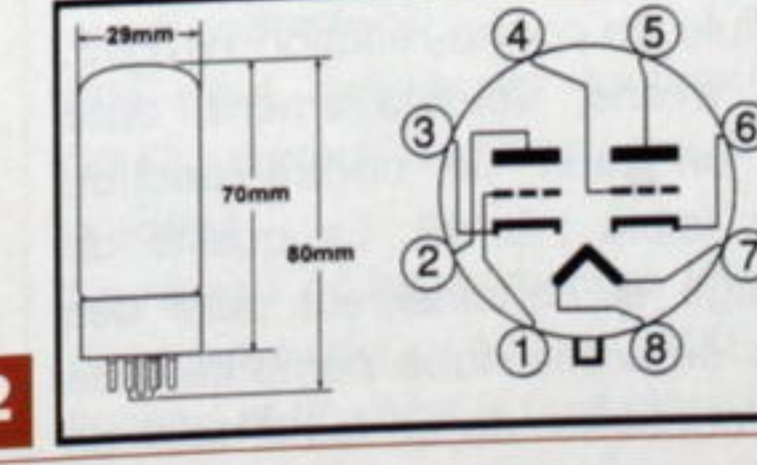
Le chauffage du filament ne nécessite que 0,9 A, sa pente est de 5,2 mA/V et... il est exceptionnellement robuste... (figure 4).



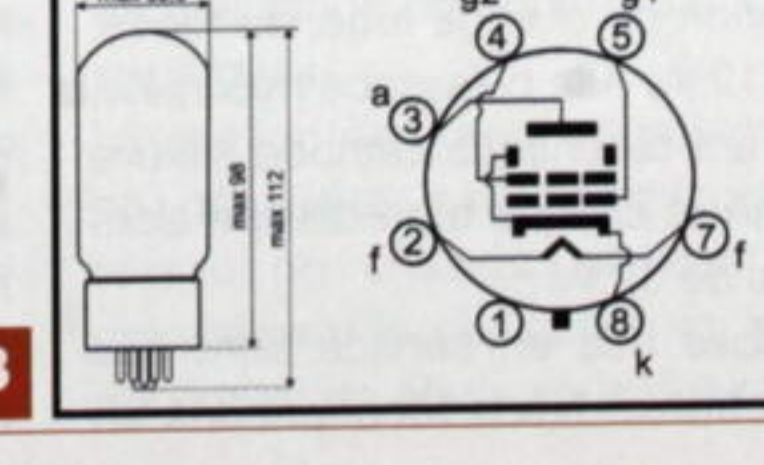
| 6SL7        |                |
|-------------|----------------|
| Filaments   | 6,3 V - 0,3 A  |
| V-I nominal | 250 V - 2,3 mA |
| Va max      | 300 V          |
| Ik max      | 10 mA          |
| Wa max      | 1 W            |
| S           | 1,6 mA/V       |
| $\mu$       | 70             |
| Ri          | 44 k $\Omega$  |



| 6SN7        |                |
|-------------|----------------|
| Filaments   | 6,3 V - 0,6 A  |
| V-I nominal | 250 V - 9 mA   |
| Va max      | 300 V          |
| Ik max      | 20 mA          |
| Wa max      | 5 W            |
| S           | 2,6 mA/V       |
| $\mu$       | 20             |
| Ri          | 7,7 k $\Omega$ |



| 6L6GC    |               |
|----------|---------------|
| Filament | 6,3 V / 0,9 A |
| Va max   | 500 V         |
| Vg2 max  | 450 V         |
| Ik max   | 250 mA        |
| Wa max   | 30 W          |
| Wg2 max  | 5 W           |
| $\mu$    | 5,2 mA/V      |
| Ri       | 33 k $\Omega$ |



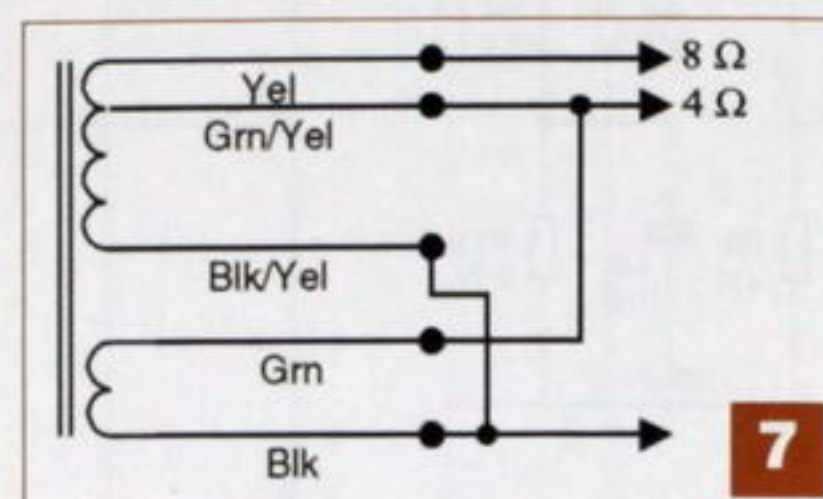
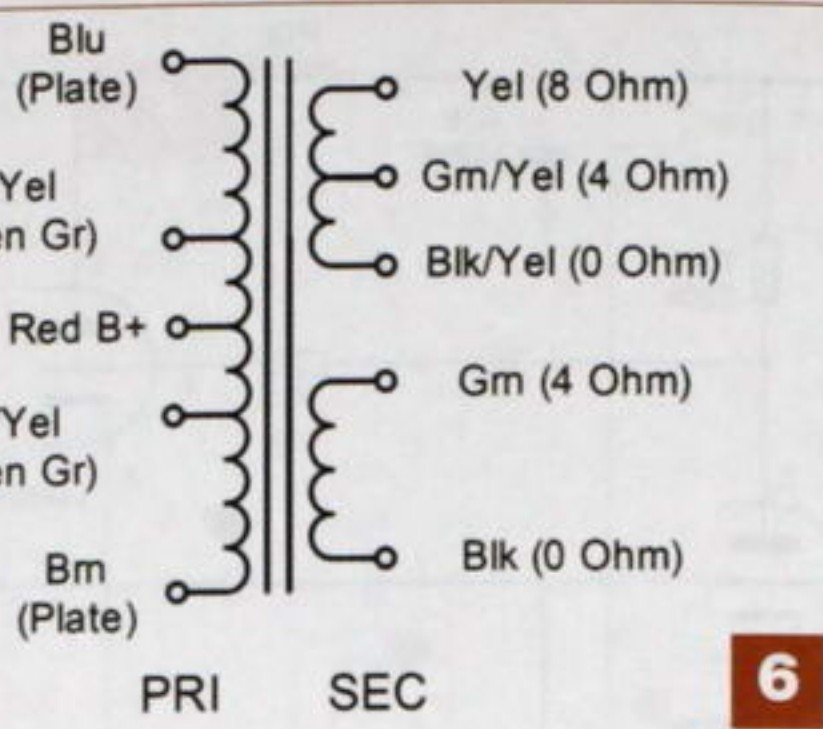
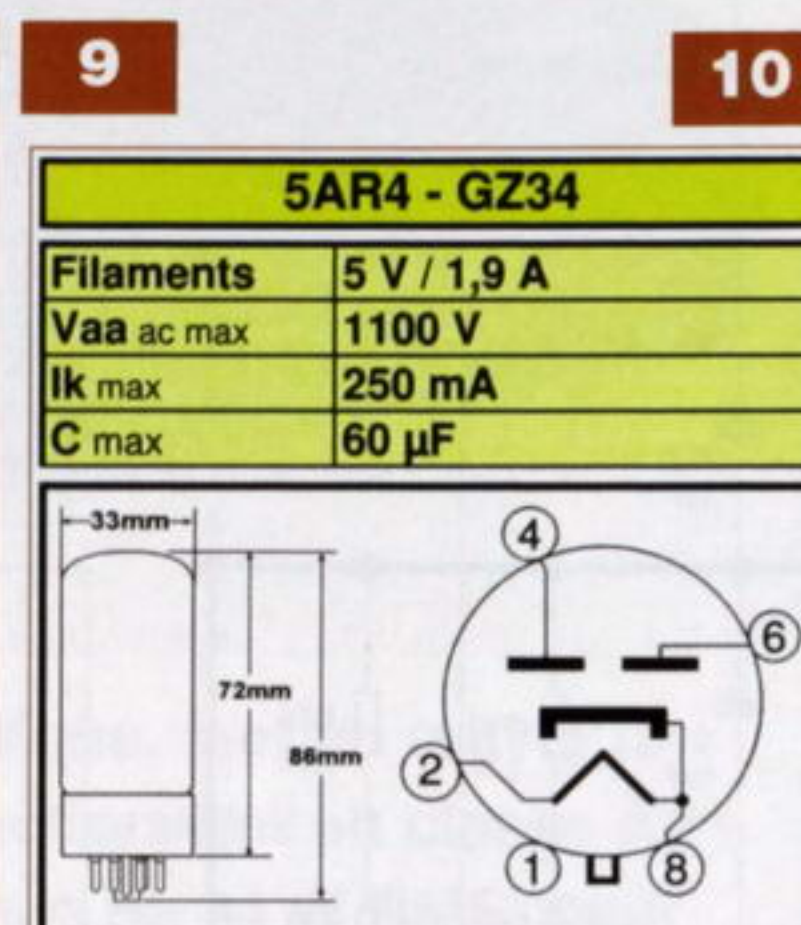
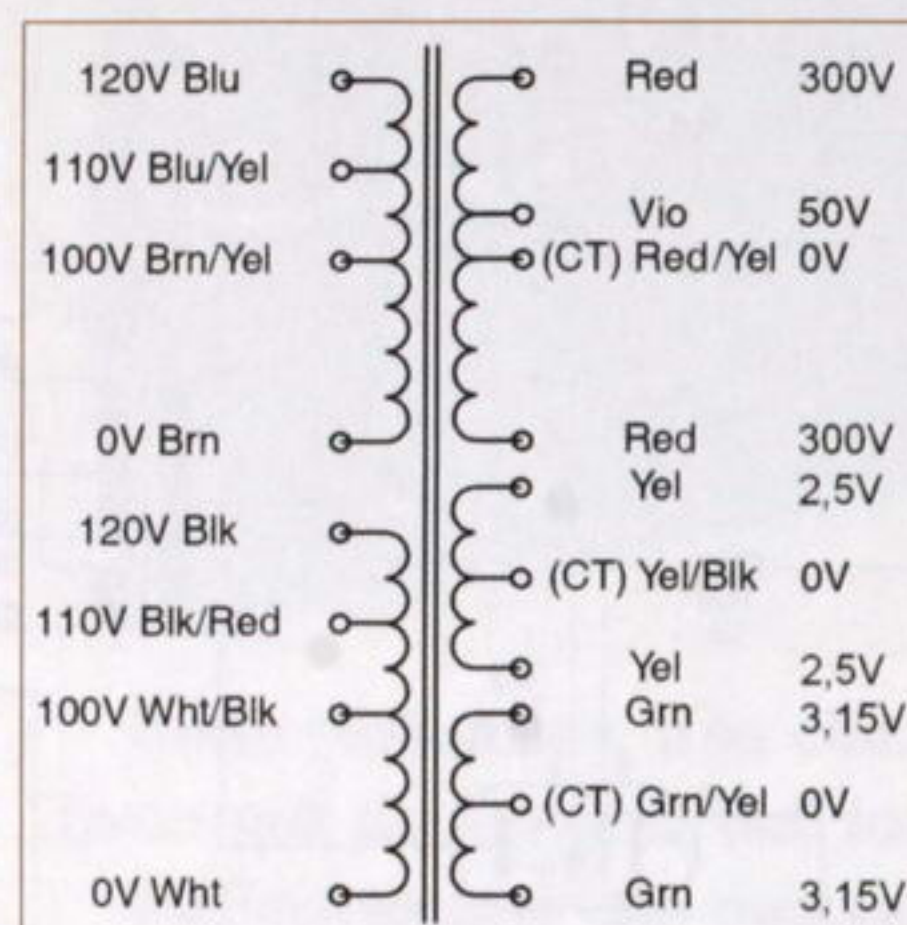


As Push-Pull Class AB<sub>1</sub> Amplifier

|                                      |          |       |
|--------------------------------------|----------|-------|
| PLATE VOLTAGE                        | 400 max. | Volts |
| SCREEN VOLTAGE                       | 300 max. | Volts |
| SCREEN DISSIPATION                   | 3,5 max. | Watts |
| PLATE AND SCREEN DISSIPATION (Total) | 24 max.  | Watts |

TYPICAL OPERATION Values are for two tubes.

|                               | Self-Bias | Fixed Bias |              |
|-------------------------------|-----------|------------|--------------|
| Plate Voltage                 | 400       | 400        | Volts        |
| Screen Voltage                | 250       | 300        | Volts        |
| D-C Grid Voltage              | —         | —20        | Volts        |
| Self-Bias Resistor            | 190       | 200        | Ohms         |
| Peak A-F Grid-to-Grid Volt.   | 43,8      | 57         | Volts        |
| Zero-Signal Plate Current     | 96        | 112        | Milliamperes |
| Max-Signal Plate Current      | 110       | 128        | Milliamperes |
| Zero-Signal Screen Current    | 4,6       | 7          | Milliamperes |
| Max-Signal Screen Current     | 10,8      | 16         | Milliamperes |
| Load Resist. (Plate-to-plate) | 8500      | 6600       | Ohms         |
| Total Harmonic Distortion     | 2         | 2          | Per cent     |
| Third Harmonic Distortion     | 2         | 2          | Per cent     |
| Max-Signal Power Output       | 24        | 32         | Watts        |



Quasiment octogénaire, puisée développée et lancée en 1936, cette tétrode est devenue une légende. Elle fonctionne idéalement avec une tension d'écran fixe et de préférence bien stable. C'est pourquoi la schématique ne le propose pas souvent en montage ultra-linéaire. Sa durée de vie, en conditions normales (design center ratings), excède les 5 000 h d'écoute.

Nous avons opté pour la polarisation individuelle des grilles de «commande». Le Push est alimenté en +415 Vdc non-stabilisés aux anodes et +300 Vdc stabilisés aux grilles «écran». Les cathodes sont reliées à la masse par des résistances de 10 Ω. Les potentiomètres P2 et P3 fixent le courant de repos à 30 mA, pour une tension de polarisation de -25 Vdc environ. La dissipation de chaque tube, au repos, est de 12 W. A la puissance maximale, le courant de chaque cathode s'élève à 80 mA et chaque tube dissipe alors un total de 32 W.

Les tubes mis en service sont des JJ Electronic. Nous fonctionnons en

classe AB<sub>1</sub> jusqu'à la puissance maximale. Nous fonctionnons, ici, exactement dans les conditions reprises dans les spécifications de la 6L6 (figure 5).

**Le transformateur de sortie**

Le modèle choisi est un Hammond 1650H (figures 6 et 7). Son impédance primaire fait 6 600 Ω. Le secondaire permet le raccordement fixe de charges de 4 Ω, 8 Ω ou 16 Ω. La bande passante s'étend de 30 Hz à 30 kHz à la puissance nominale de 40 W.

**Circuit de contre-réaction et d'amortissement**

Le signal de sortie, prélevé directement au bornier du HP, est réinjecté dans le circuit de cathode de V1B par la cellule de contre-réaction R13/C5. Nous avons, volontairement, opté pour un taux de contre-réaction assez faible : 8 dB. La qualité du montage et certainement celle des tubes de sortie nous permettent de nous contenter de ce faible taux de

contre-réaction. En l'absence de contre-réaction, le taux de distorsion à 34 W est inférieur à 5 %. C'est également un gage de stabilité pour l'amplificateur. En l'absence de charge, le Push n'accroche pas et ne présente pas d'instabilité à basse fréquence du type «motor boating».

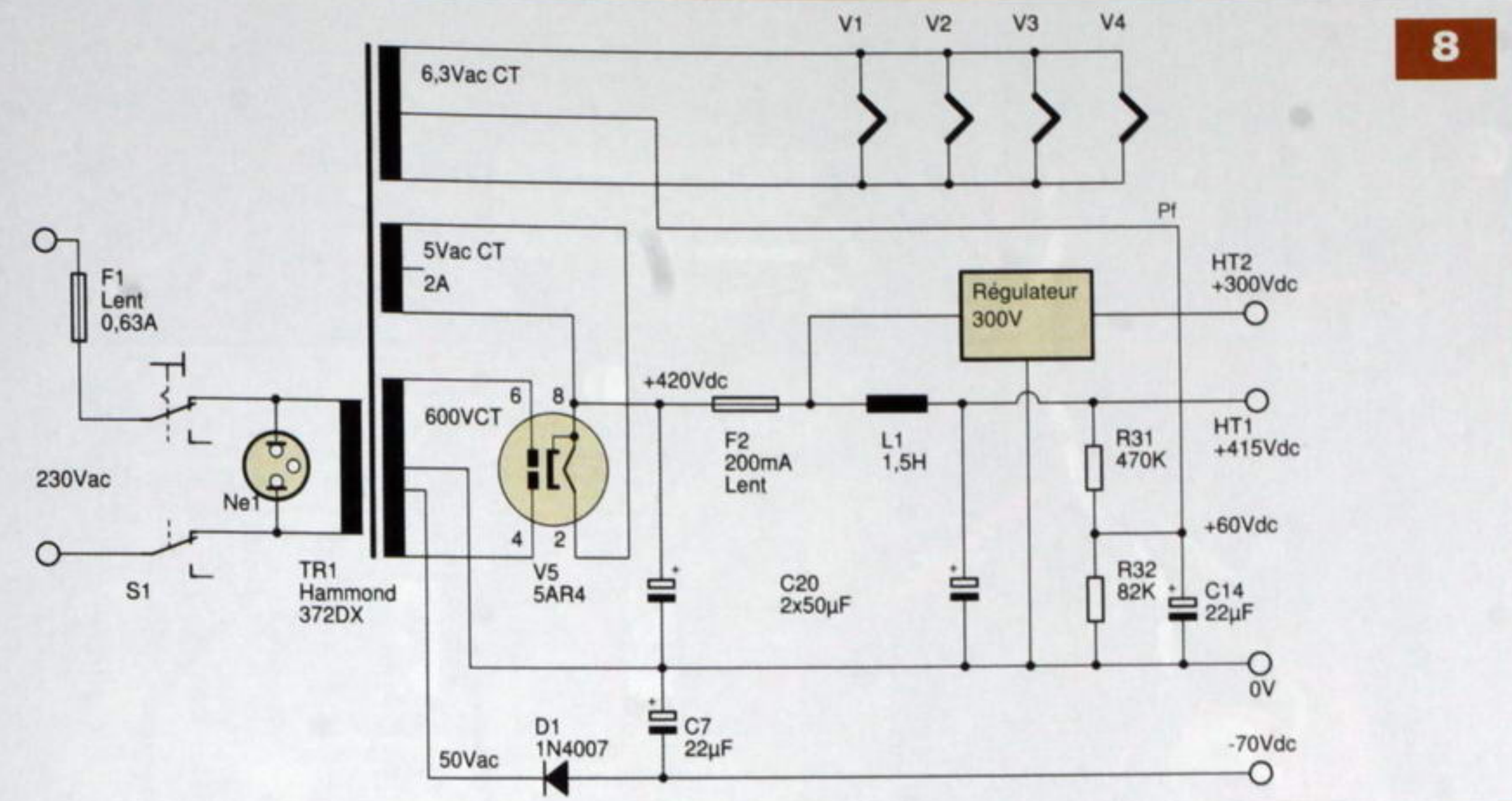
Ce faible taux influence, également, le comportement à l'écrêtage. Ce dernier se produit de manière assez douce, alors qu'un taux de contre-réaction, plus élevé, aurait tendance à rendre le «clipping» plus abrupt. En l'absence de contre-réaction, l'impédance interne de l'amplificateur est de 8 Ω. Le raccordement d'une charge de 8 Ω fait chuter la tension de sortie de 10 Vac à 6,4 Vac. L'impédance interne fait 4,5 Ω et le facteur d'amortissement est de 2.

Il est possible d'améliorer ce facteur en augmentant le taux de contre-réaction, toutefois les 8 dB constituent un bon compromis. En raison du faible taux de contre-réaction, il n'a pas été nécessaire, ici, de placer un circuit d'amortissement, afin de limiter la bande passante interne à 30 kHz.

Le temps de montée est de 6 μs.

**Circuit d'alimentation**

Un transformateur de 130 VA fournit les tensions de chauffage de 6,3 Vac et 5 Vac, la HT de 600 Vac à prise centrale et celle de 50 Vac pour la polarisation (figure 8).



Il est disponible chez Hammond et porte la référence 372DX (figure 9). Comme le secondaire de la HT est à point milieu, le redressement peut se faire au choix, par deux diodes 1N4007 ou par une redresseuse à vide 5AR4 (figure 10).

Les deux diodes 1N4007 sont prévues sur le circuit imprimé. Il est aussi possible de prévoir l'emplacement de la redresseuse à vide et d'y placer un «plug» contenant les deux diodes 1N4007.

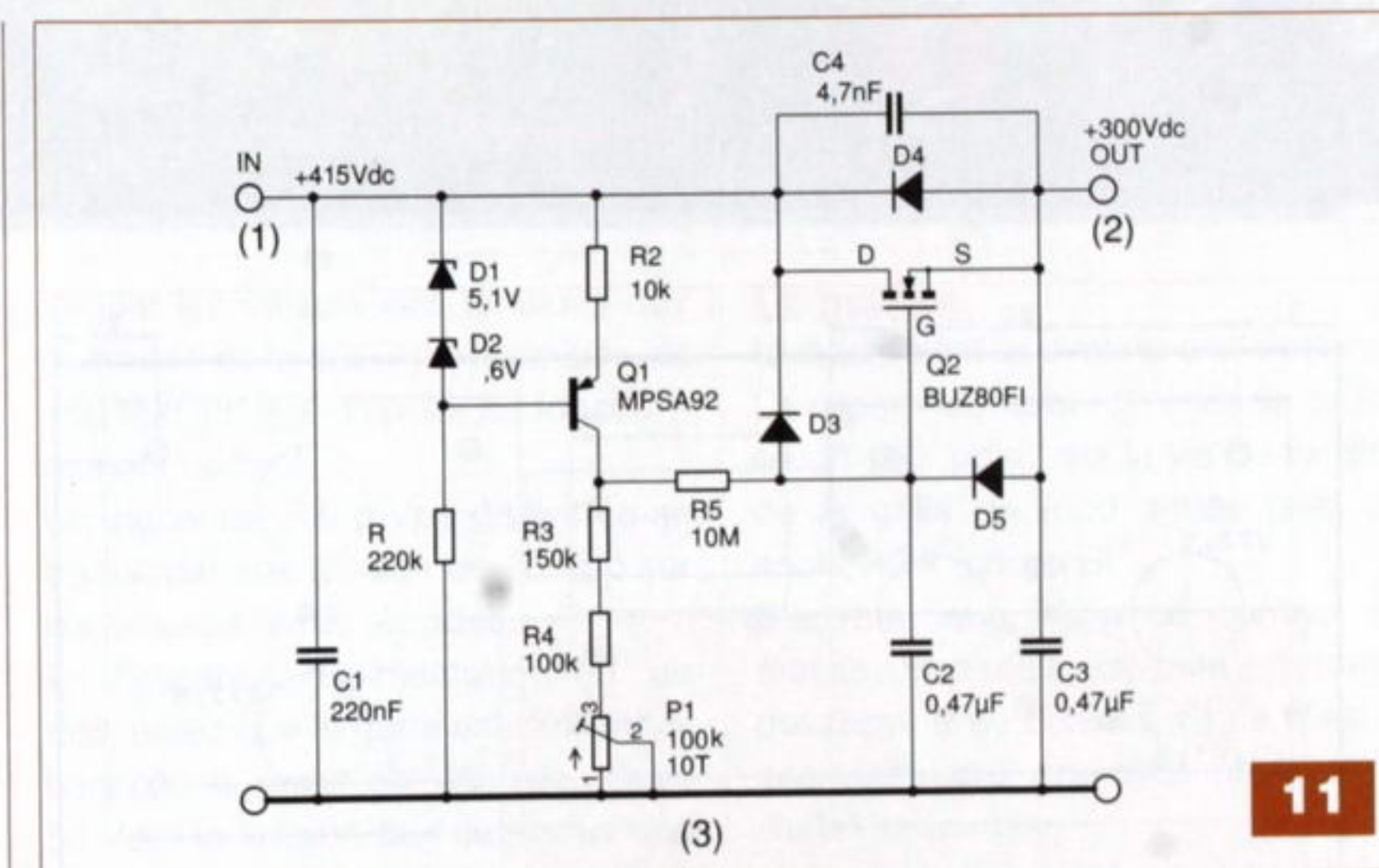
La haute tension, redressée et filtrée par la cellule C20 / L1, atteint +415 Vdc. La self de filtrage de 1,5 H est prévue pour un courant maximal de 200 mA. Sa résistance propre fait 56 Ω. L'ondulation résiduelle, après filtrage, est de 400 mVpp.

La haute tension peut varier énormément en fonction de la puissance demandée. Pour 34 W RMS, elle chute à +395 Vdc avec les diodes 1N4007 et à +370 Vdc avec la valve redresseuse.

La puissance maximale de 34 W RMS, obtenue avec les diodes, descend à 28 W RMS avec la valve redresseuse.

Le circuit de régulation (figure 11) fournit une tension de +300 Vdc, bien stable. Son ondulation résiduelle fait 150 μVac. Elle alimente les grilles «écran» et le tube d'entrée.

Son fonctionnement a déjà été décrit dans nos pages (n°332 de novembre 2008 ou n°378 de janvier 2013).



La seule différence est l'utilisation, comme ballast, d'un BUZ80FI à la place du 2SK1120.

La tension négative de polarisation de -70 Vdc est obtenue par le redressement de la prise 50 Vac (figure 8). Le courant de chauffage cumulé atteint 2 x 0,9 A + 0,3 A + 0,6 A, soit 2,7 A. Le transformateur peut fournir 4 A, ce qui vous autorise à placer deux EL34 en place des 6L6.

Les filaments des quatre tubes sont polarisés à +60 Vdc, afin de supprimer l'influence thermoionique «filament-cathode».

Elle peut induire un ronflement à 50 Hz, surtout au niveau des triodes d'entrée.

Le niveau de bruit, mesuré en sortie du haut-parleur, est de 400 μVac linéaire et 50 μVac en pondération A.

Le transformateur d'alimentation offre un panel complet de tensions «d'attaque» au primaire.

Il importe de choisir avec soin celle qui correspond avec votre secteur : 220 V, 230 V ou 240 Vac.

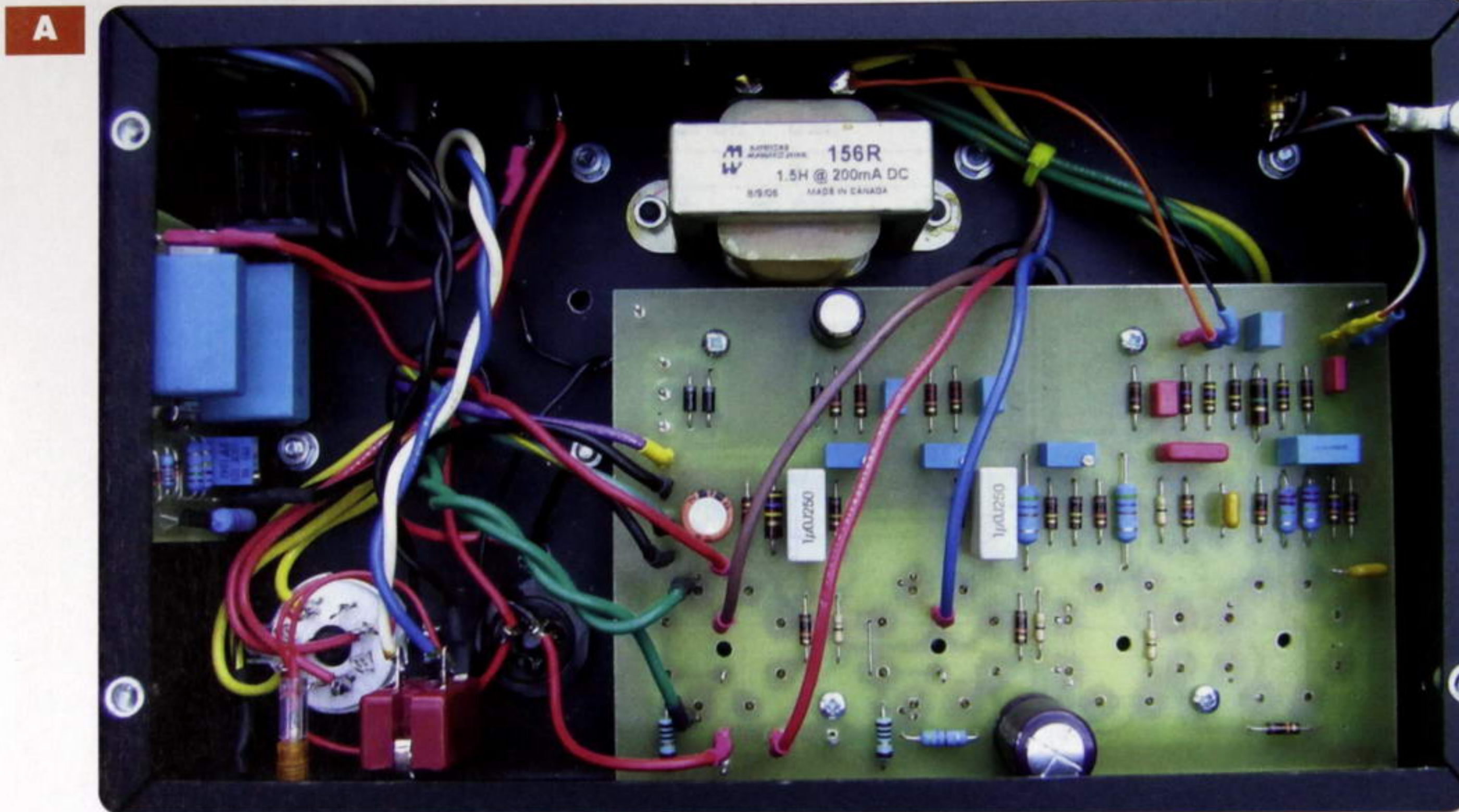
**Mise en œuvre**

**La mécanique**

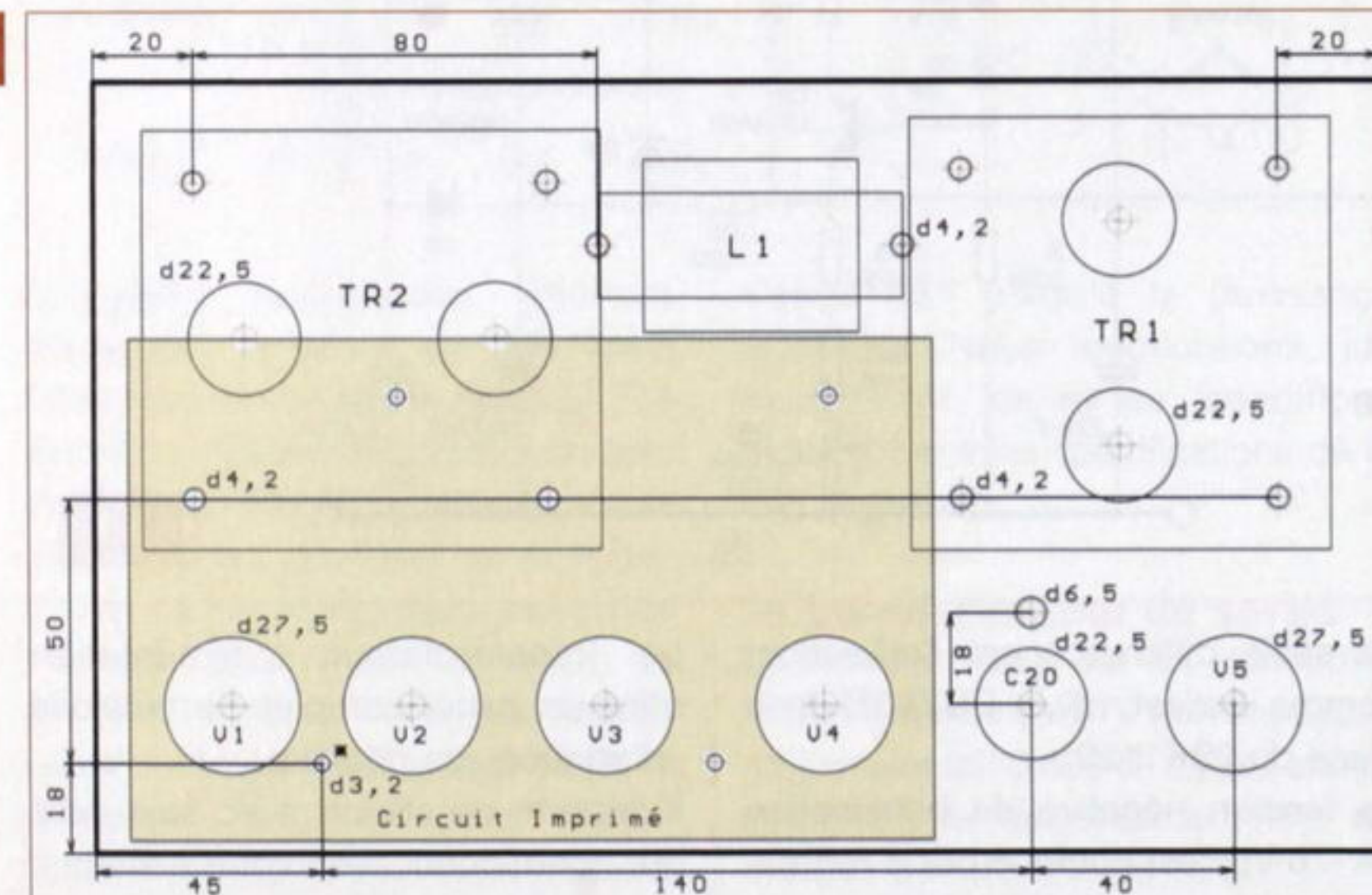
L'ensemble du projet est placé sur un châssis de dimensions extérieures 254 x 152 x 51 mm. Il porte la référence 1441-16BK3 chez Hammond. La réalisation comprend deux cartes imprimées.

La fixation des deux transformateurs ne nécessite pas de découpe au niveau du châssis, ce qui facilite grandement la réalisation et offre un maximum de place sous celui-ci.

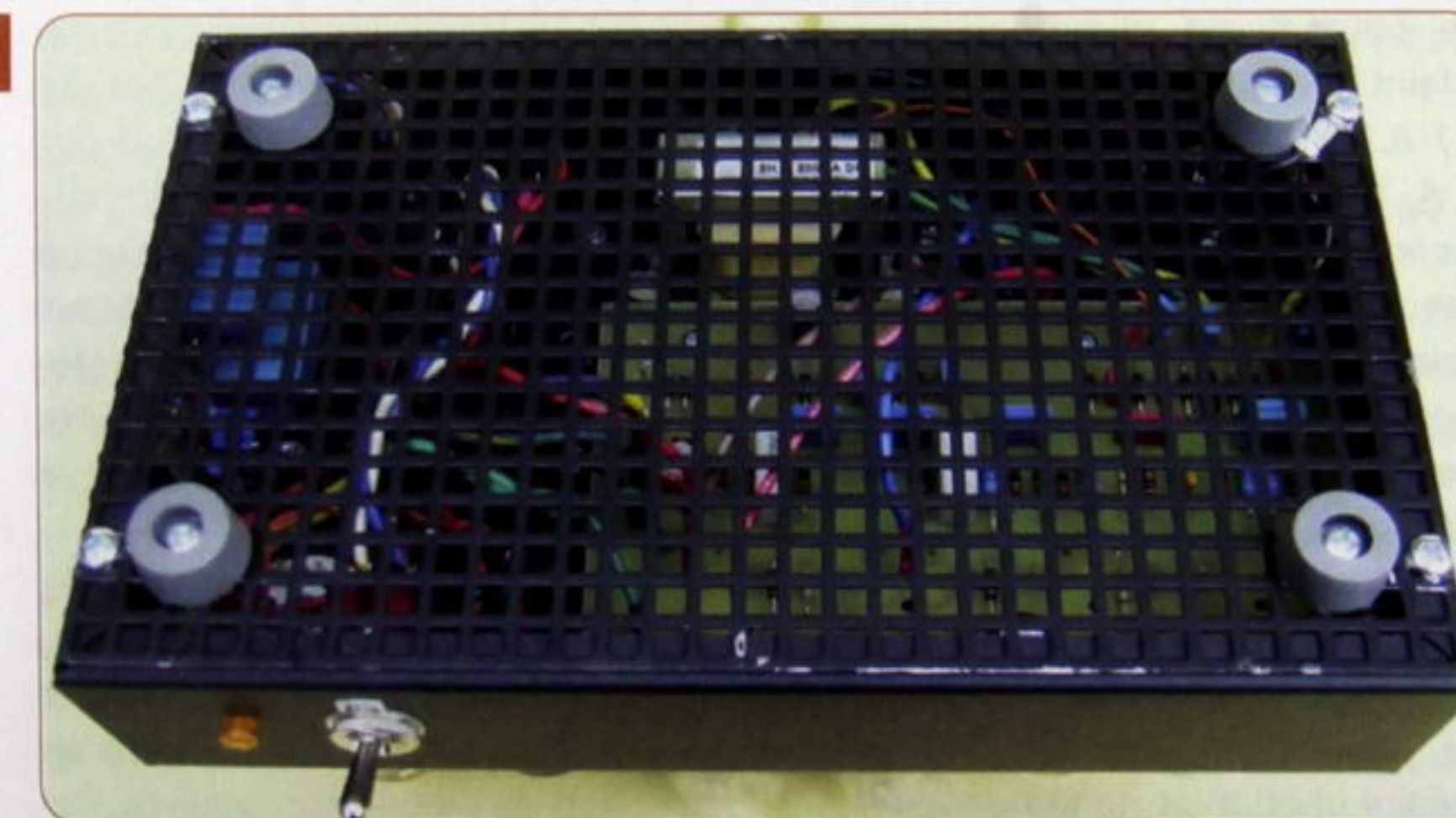




12



B



Il est plus facile de réaliser, en premier lieu, la partie mécanique, en se servant de la carte amplificatrice non câblée et les divers éléments.

Les photos A et figure 12 sont assez didactiques et vous serviront de guide pour la réalisation.

Percer un premier trou de référence, marqué d'un astérisque, avec une bonne précision.

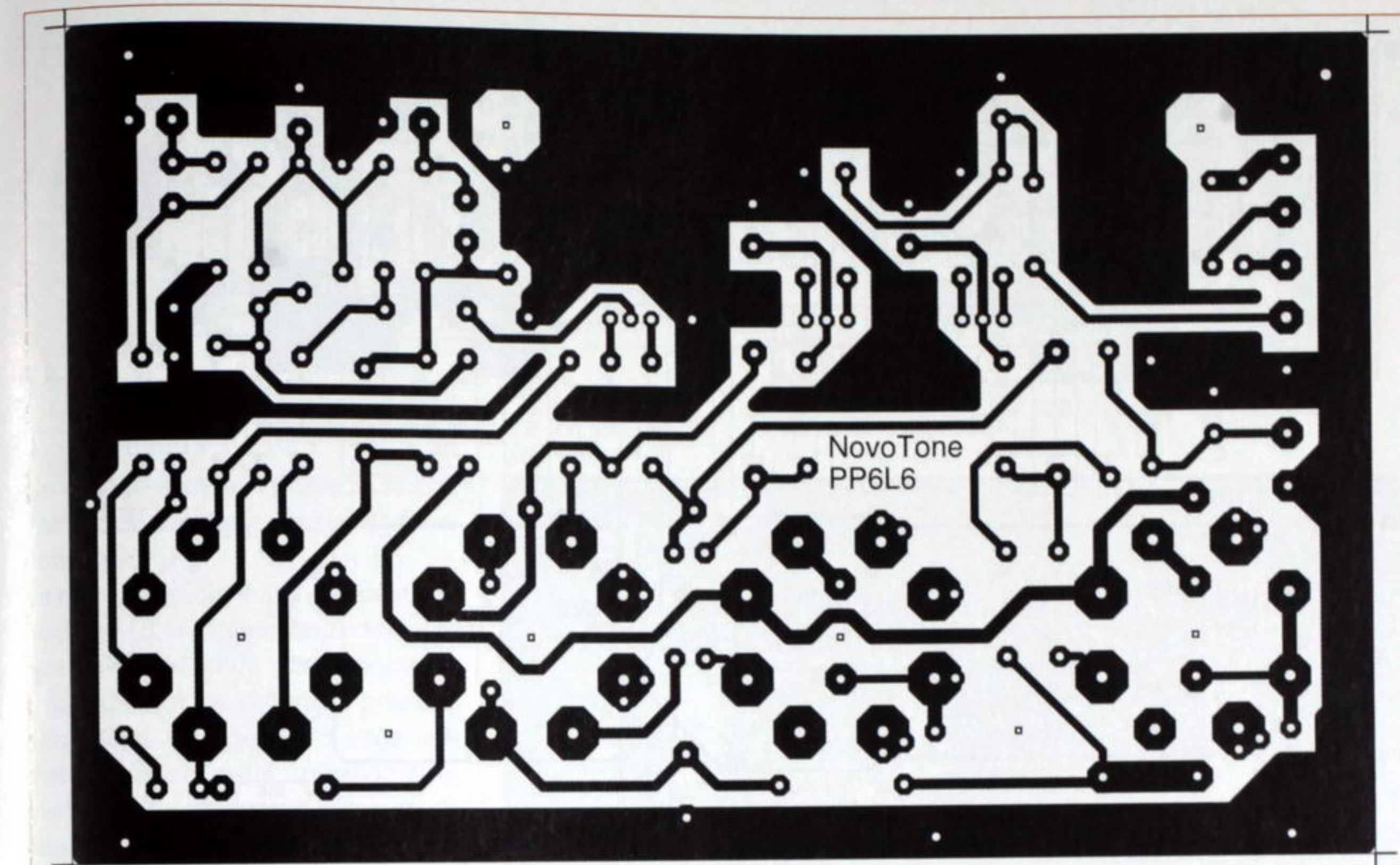
Y fixer la carte amplificatrice, à l'extérieur du châssis, cuivre apparent, avec une vis M3 et un écrou.

A l'aide de la carte bien positionnée orthogonalement, percer les autres trous. Le perçage des cinq culots Octal est réalisé à l'aide d'un emporte-pièce de Ø 27,5 mm et celui des cinq trous de passage des fils et du condensateur C20 avec un emporte-pièce de Ø 22,5 mm.

Ces dimensions d'emporte-pièces sont normalisées et disponibles auprès des distributeurs d'outillage. L'orientation des tôles du transformateur d'alimentation doit absolument être perpendiculaire à celle du transformateur de sortie, pour supprimer tout risque de voir se développer une tension «induite» de 50 Hz.

Cette tension est nulle dans la configuration choisie.

Une grille en fer (photo B) ajourée, à



13

laquelle sont fixés quatre pieds de 10 mm de haut, viendra se fixer sur les bords du châssis.

### Les circuits imprimés

Nous recommandons de ne compléter les cartes imprimées qu'après s'être assuré que la mécanique ne pose plus de problème.

La carte amplificatrice (photo C - figures 13 et 14) mesure 159 x 99 mm. La première opération consiste à insérer les dix neuf picots de 1,3 mm et les trois points de tests. Souder ensuite les quatre supports Octal du côté cuivré.

Le placement de ces supports est prévu pour que l'épaule du support vienne épouser le fond du châssis lorsque la carte est fixée à l'aide d'entretoises de 15 mm.

Les résistances notées «0» sont des pontages. Veiller particulièrement aux ergots détrompeurs des tubes Octal, repérés sur la figure 14 par les points noirs entre les broches 1 et 8. Il est préférable de pré-tester la carte en dehors du châssis.

Mais, cela nécessite de disposer d'une tension d'alimentation continue, variable jusqu'à 380 Vdc, ou d'un autotransformateur variable. Le test se fait sans les tubes de sortie.

Vérifier les valeurs des tensions aux cathodes de la 6SN7. Une tension de 160 Vdc indique un point de fonctionnement correct.

Un signal de 200 mVpp en entrée se traduit par une tension de 10 Vpp sur les broches 5 des tétrodes.

En l'absence d'alimentation HT de test, notez que la carte est déjà fonctionnelle à partir de 40 Vdc. Sous 50 Vdc, la tension aux cathodes des 6SN7 est de +28 Vdc et le gain de 40.

Le potentiomètre P1 est ajusté pour obtenir exactement la même tension AC à chaque cathode.

La carte régulatrice +300 V fait l'objet des figures 15A et 15B.

Elle a été utilisée dans notre n°378 sous l'intitulé «Étude d'une alimentation haute tension».

### Le montage final

Les premiers éléments à fixer sont les quatre entretoises M3 / F-F de 15 mm servant au maintien de la carte amplificatrice. Ensuite, fixer les accessoires de la face arrière et terminer par les deux transformateurs et la self de filtrage (photo D).

La carte régulatrice +300 V est fixée en tout dernier lieu, contre le côté gauche du châssis (photo A).

### La masse

L'ensemble des circuits est «flottant».

La mise à la masse du châssis se fait en un seul point, via la vis de fixation de la grille de fond située près du socle RCA (photo B).

S'assurer que, sans ce contact de masse, le circuit est bien «flottant» par rapport au châssis. Si ce n'est le cas, il faudra chercher et lever la «fuite» coupable.

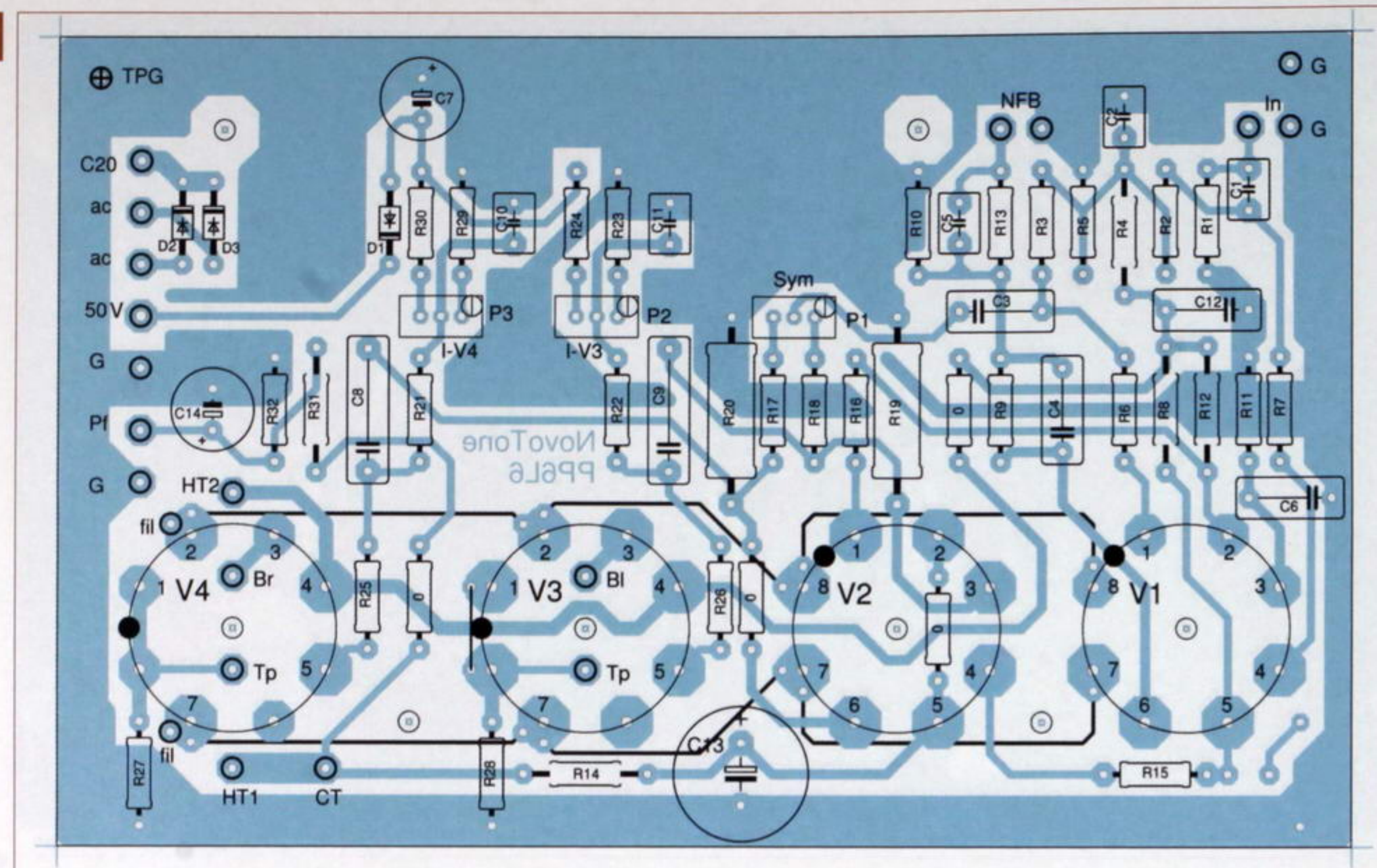
### Mise sous tension

La première mise sous tension se fait, de préférence, à l'aide d'un autotransformateur variable. S'assurer, dès la montée de la haute tension, que les potentiomètres P2 et P3 de la polarisation des grilles sont bien au maximum de la tension négative. Surveiller la montée de la haute tension, jusqu'à obtenir la tension nominale du primaire du transformateur. La haute tension s'établira à +415 Vdc. Vérifier que la HT2 se stabilise bien à +300 Vdc. Les potentiomètres de polarisations sont ajustés pour obtenir un courant de 30 mA aux cathodes des deux 6L6, ou +300 mVdc aux bornes des résistances de 10 Ω.

La tension de polarisation des grilles doit être de -25 Vdc environ.



14



## Nomenclature

## CARTE AMPLIFICATRICE

## • Condensateurs

C1 : 100 nF / 100 V / 5 mm  
 C2, C10, C11 : 1  $\mu$ F / 50 V / 5 mm  
 C3 : 100 nF / 250 V / 10 mm  
 C4, C6 : 4,7  $\mu$ F / 50 V / 10 mm  
 C5 : 1 nF / 100 V / 5 mm  
 C7, C14 : 22  $\mu$ F / 100 V / 5 mm  
 C8, C9 : 1  $\mu$ F / 250 V / 15 mm  
 C12 : 100 nF / 400 V / 10 mm  
 C13 : 22  $\mu$ F / 450 V / 7,5 mm

## • Résistances

R1, R17, R21, R22 : 100 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R2, R3 : 470 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R4 : 1 M $\Omega$  / 1/2 W / 5%  
 R5, R18 : 120 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R6, R7, R15, R16, R25, R26 : 10 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R8, R12 : 220 k $\Omega$  / 1 W / 5%  
 R9, R11 : 47 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R10 : 100  $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R13 : 2,7 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R14 : 4,7 k $\Omega$  / 1 W / 5%  
 R19, R20 : 47 k $\Omega$  / 2 W / 5%  
 R23, R24, R29, R30 : 22 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%  
 R27, R28 : 10  $\Omega$  / 1/2 W / 1%

R31 : 470 k $\Omega$  / 1/2 W / 5%  
 R32 : 82 k $\Omega$  / 1/4 W / 5%

## • Divers

D1, D2, D3 : 1N4007  
 P1 : 50 k $\Omega$  / 10 T  
 P2, P3 : 100 k $\Omega$  / 10 T  
 19 picots + souliers de 1,3 mm  
 3 points de tests  
 4 supports Octal pour CI

## CARTE RÉGULATRICE +300 V

## • Résistances

R1 : 220 k $\Omega$  / 3 W / 5%  
 R2 : 10 k $\Omega$  / 1/2 W / 1%  
 R3 : 150 k $\Omega$  / 1 W / 5%  
 R4 : 100 k $\Omega$  / 1 W / 5%  
 R5 : 10 M $\Omega$  / 1/2 W / 1%  
 P1 : ajustable 100 k $\Omega$  / 10T

## • Condensateurs

C1 : 220 nF / 630 V / 22,5 mm  
 C2 : 470 nF / 630 V / 22,5 mm  
 C3 : 470 nF / 630 V / 27,5 mm  
 C4 : 4,7 nF / 630 V / 10 mm

## • Semiconducteurs

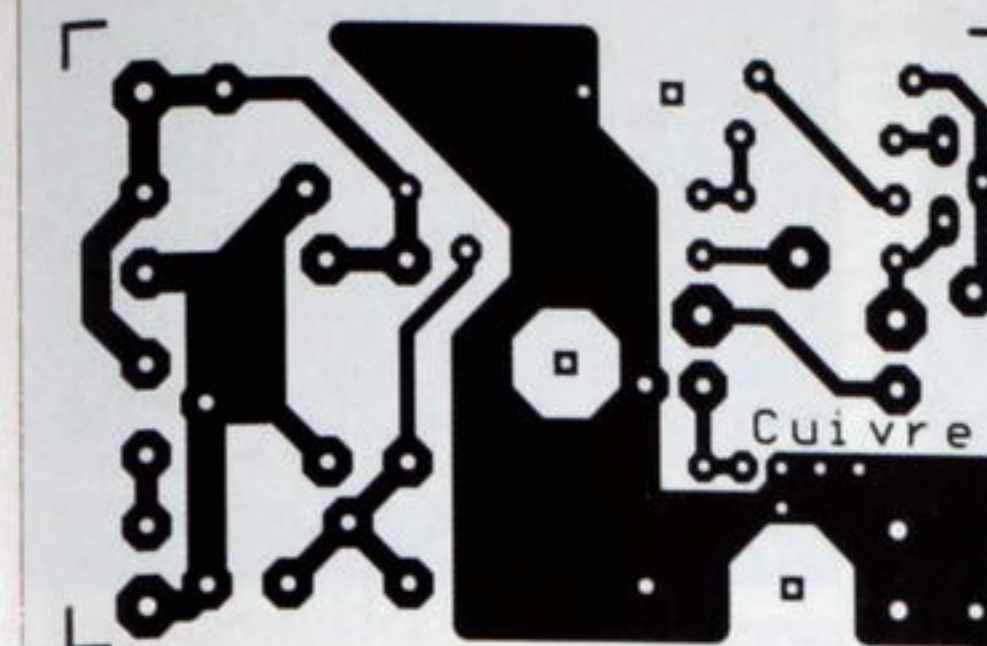
D1 : zéner 5,1 V  
 D2 : zéner 5,6 V  
 D3, D4, D5 : 1N4007

Q1 : MPSA92  
 Q2 : BUZ80 FI

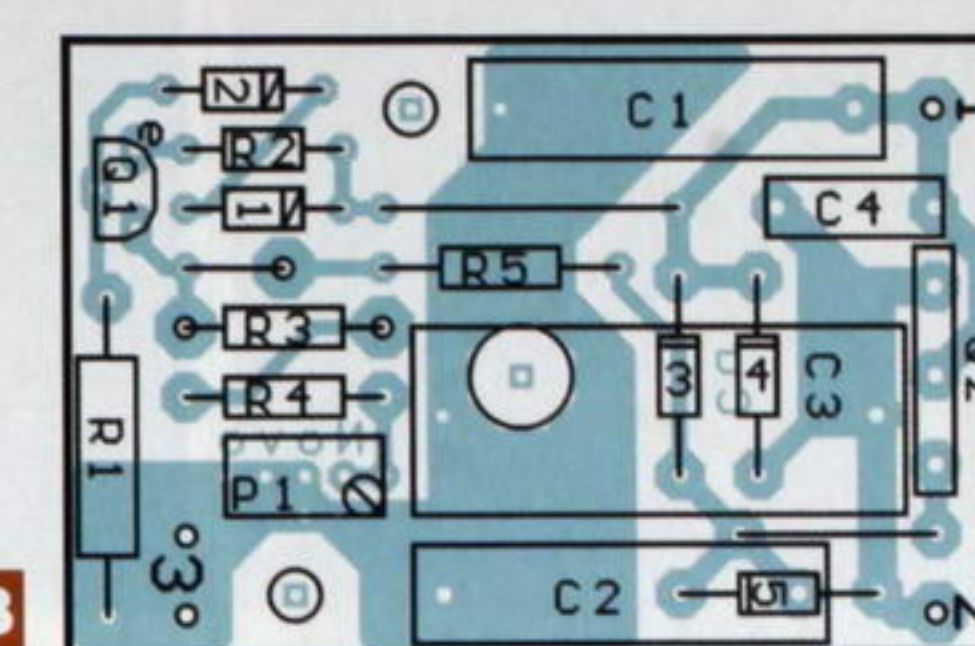
## HORS CARTES

Châssis 152 x 254 x 51 mm (Hammond 1441-16BK3)  
 Grille de fond : 152 x 254 mm  
 TR1 : alimentation (Hammond 372DX)  
 TR2 : sortie (Hammond 1650H)  
 C20 : 2 x 50  $\mu$ F / 450 V / Châssis  
 Intercalaire isolant pour C20  
 L1 : self de filtrage 1,5 H / 200 mA / 56  $\Omega$  (Hammond 156R)  
 S1 : switch DP 3A  
 V1 : 6SL7  
 V2 : 6SN7  
 V3, V4 : 6L6GC  
 V5 : 5AR4 - voir texte  
 Socle Octal pour châssis pour 5AR4  
 F1 : fusible 630 mA - lent  
 F2 : fusible 200 mA - lent  
 Ne1 : voyant néon  
 4 pieds de 10 mm  
 4 entretoises M3 / FF de 15 mm - métal  
 8 entretoises de 4,2 x 10 mm (TR1, TR2)  
 2 porte-fusibles pour châssis  
 Bornier HP mono  
 Socle RCA  
 Socle secteur  
 Cordon secteur

15A



15B



Ce réglage sera revu plusieurs fois au cours des premières heures de fonctionnement.

Le réglage précis de P1 nécessite de disposer d'un générateur de faible distorsion et d'un distorsiomètre. L'outil de test de distorsion présenté dans notre hors-série n°5 vous permet de réaliser cette opération aisément et à faible coût. Placer une charge de 8  $\Omega$  au bornier de sortie, injecter le signal à 1 000 Hz, de manière à obtenir 12 Vac en sortie (18 Weff). Ajuster P1 pour obtenir un minimum de distorsion.

En l'absence de cet outil, le réglage se fait sans les tubes de sortie.

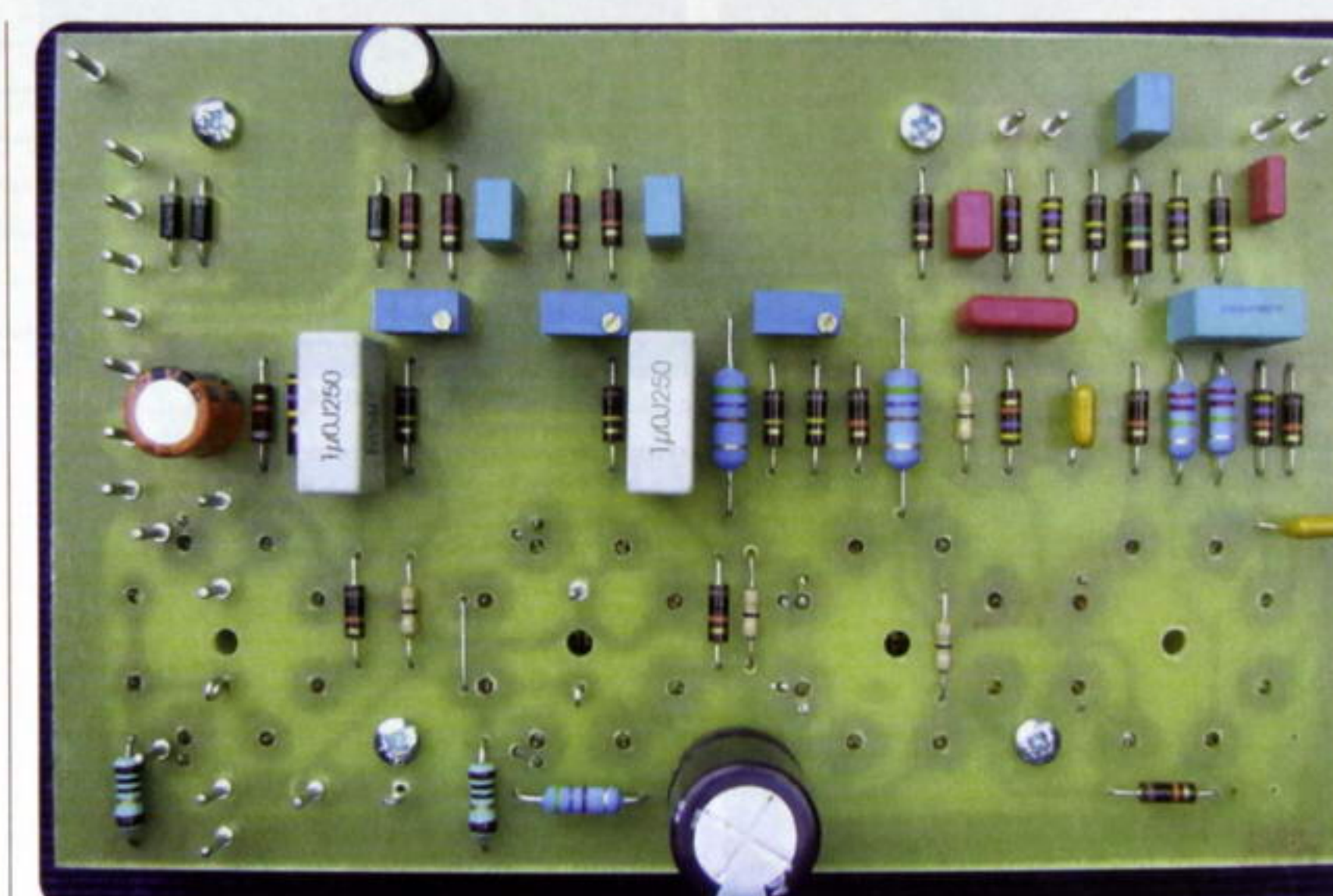
Ajuster P1 pour obtenir, exactement, la même tension alternative à la sortie de chaque cathode des 6SN7 sur R25 et R26.

## Quelques mesures...

La réponse aux signaux carrés présentée en figure 16 démontre une bonne tenue du palier à 100 Hz et un excellent comportement aux transitoires, le dépassement est nul.

Le temps de montée est de 6  $\mu$ s, soit une fréquence de coupure de 50 kHz à -3 dB. La mise en parallèle d'une charge réactive de 1  $\mu$ F / 8  $\Omega$  laisse le signal imperturbable. La figure 17 montre la représentation spectrale de la distorsion à 1 dB de la puissance nominale. Noter la prédominance des harmoniques impairs, les harmoniques pairs étant atténués à cause de la symétrie de l'étage de sortie.

La mesure de la distorsion d'intermodulation se fait en injectant un sinus de 60 Hz, auquel on superpose un signal à 7 kHz à -12 dB (1/4). Le résultat à 7 kHz est étudié sur un ana-



lyseur de spectre. La DIM est inférieure à 1 % par rapport à la fondamentale à 60 Hz.

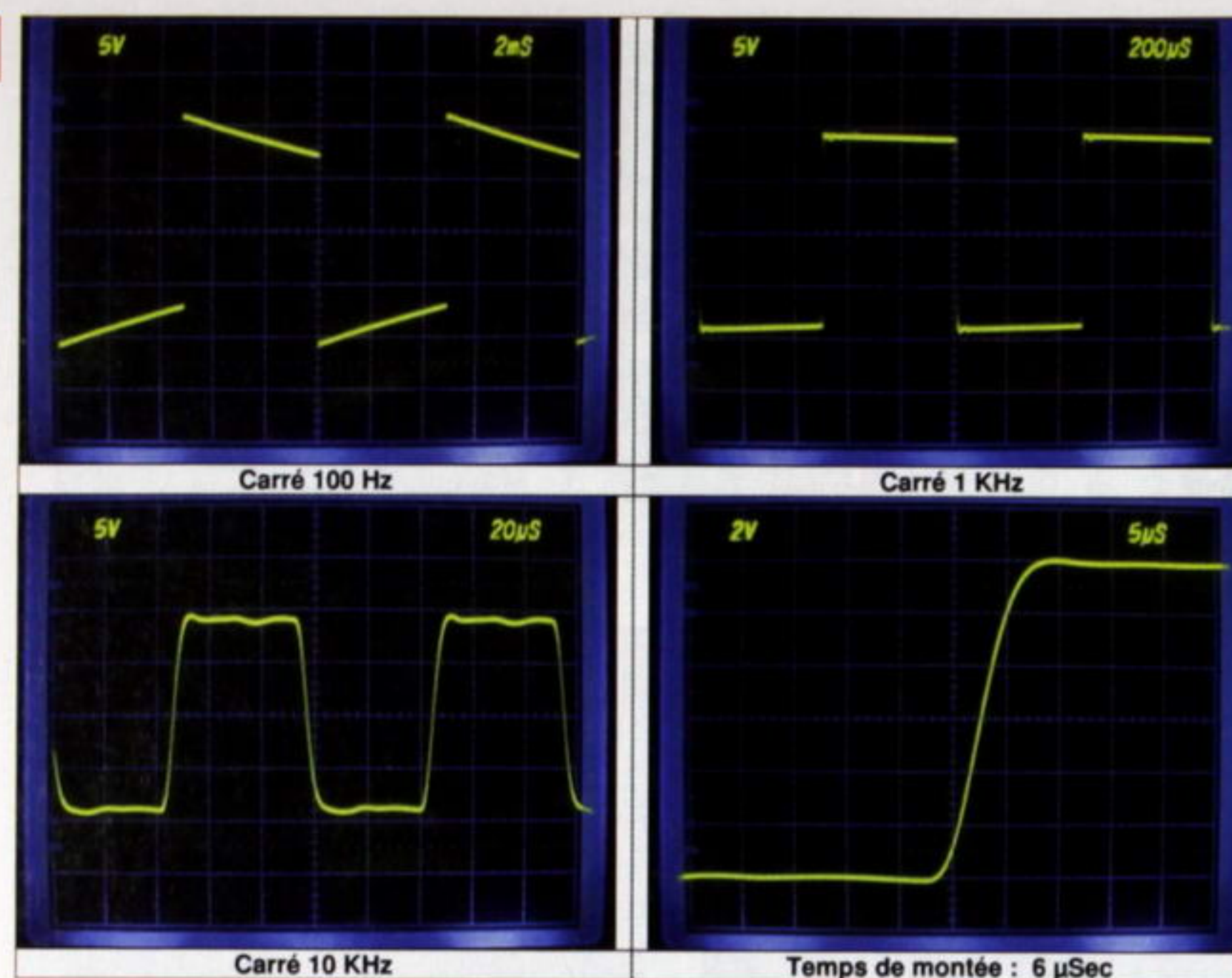
La figure 18 présente l'évolution de la DHT en fonction de la puissance.

La figure 19 présente les niveaux de bruit et ronflements en sortie. Le niveau de référence est de -20 dBV,

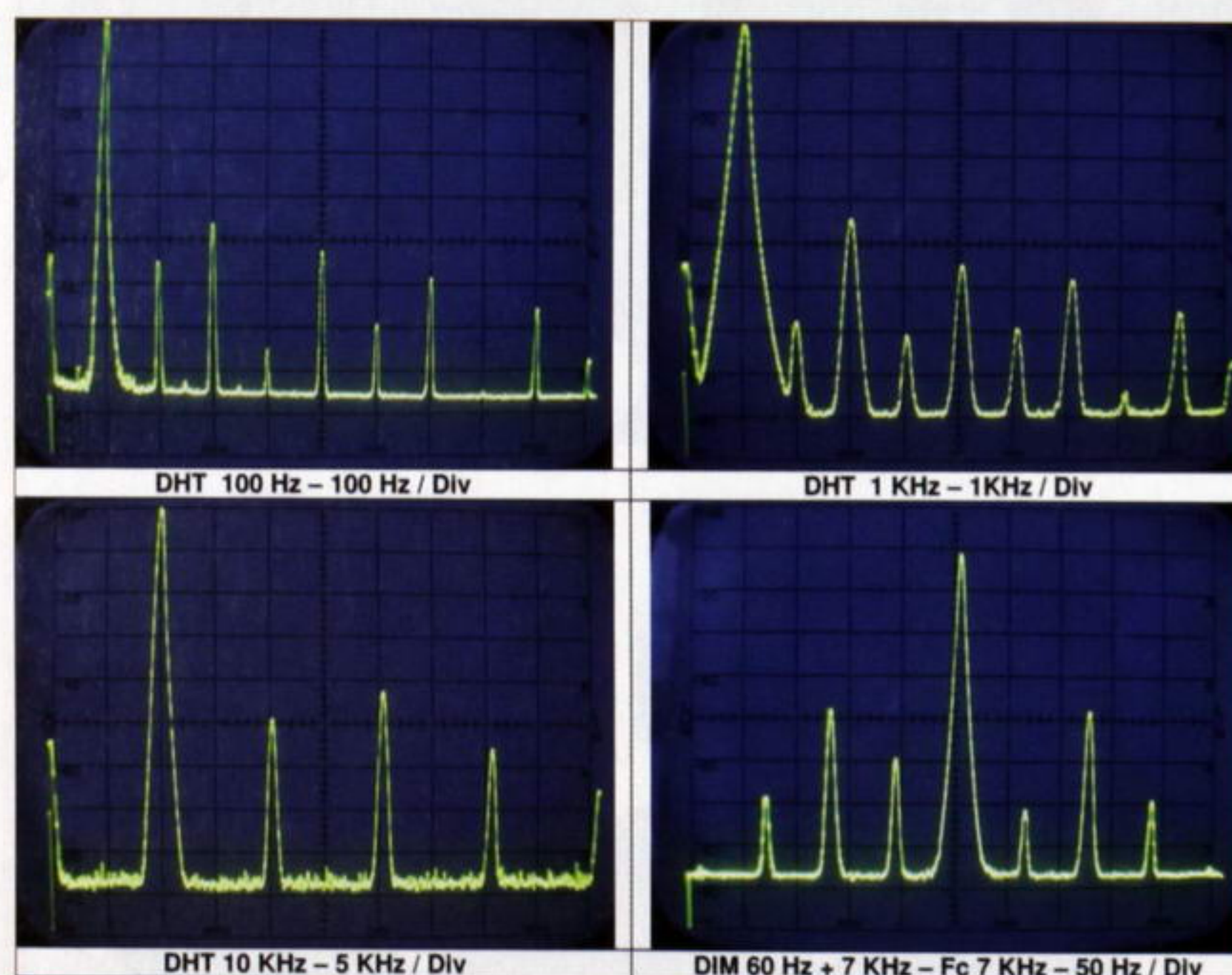
les signaux mesurés sont inférieurs à -75 dBV. Le bruit mesuré en sortie au millivoltmètre est de 400  $\mu$ Vac ou 50  $\mu$ Vac en pondération A. Ce qui nous donne -75 dB Lin ou 90 dBA comme rapport signal/bruit à 1 Weff. L'écrêtage se produit de manière progressive vers 45 Vpp, c'est le «soft



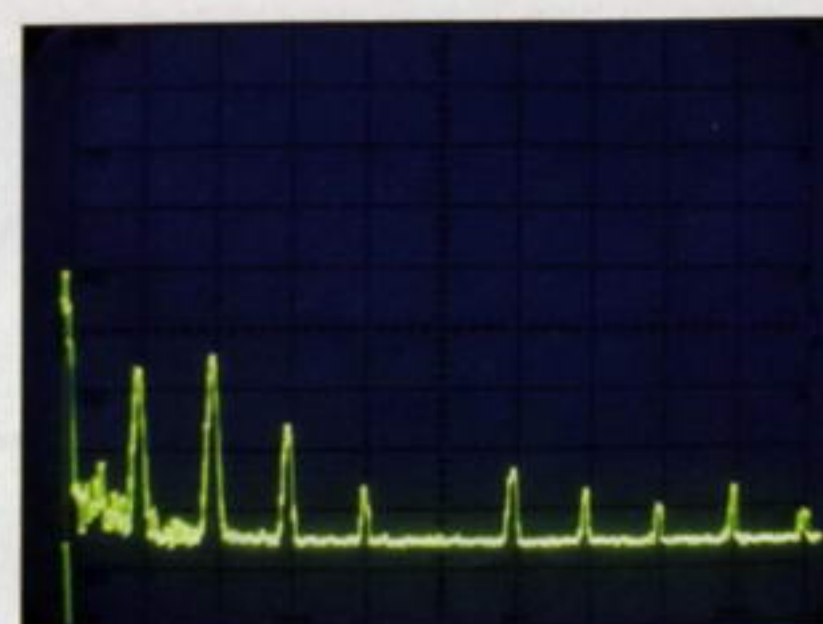
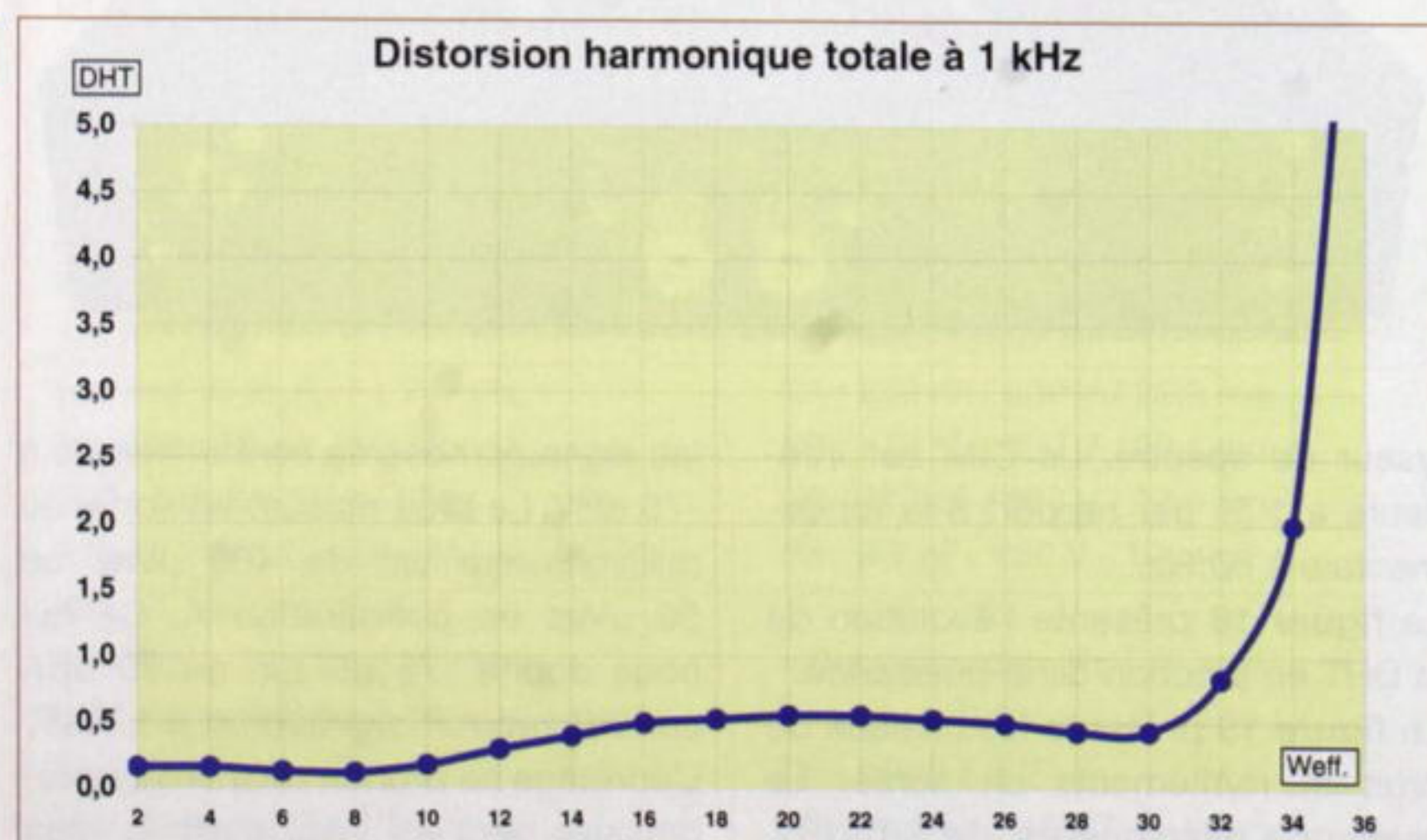
16



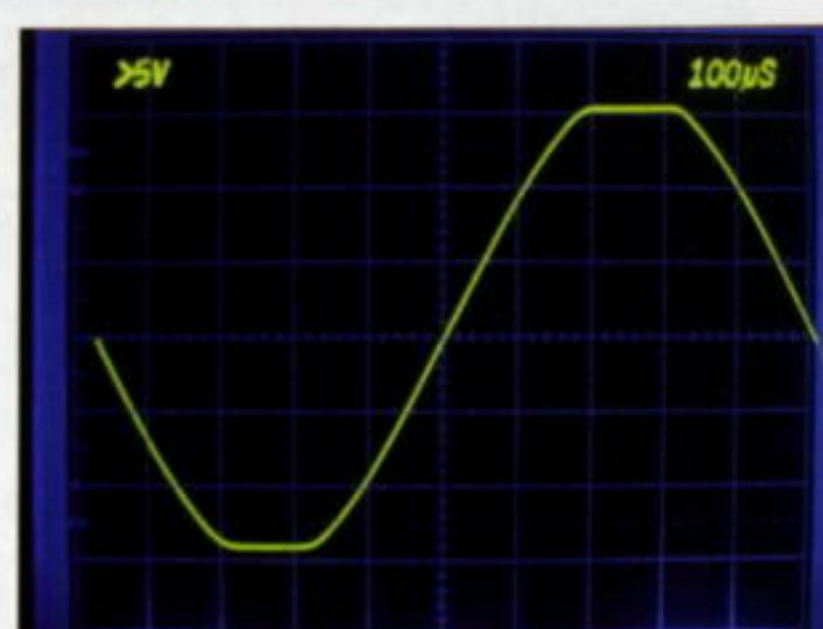
17



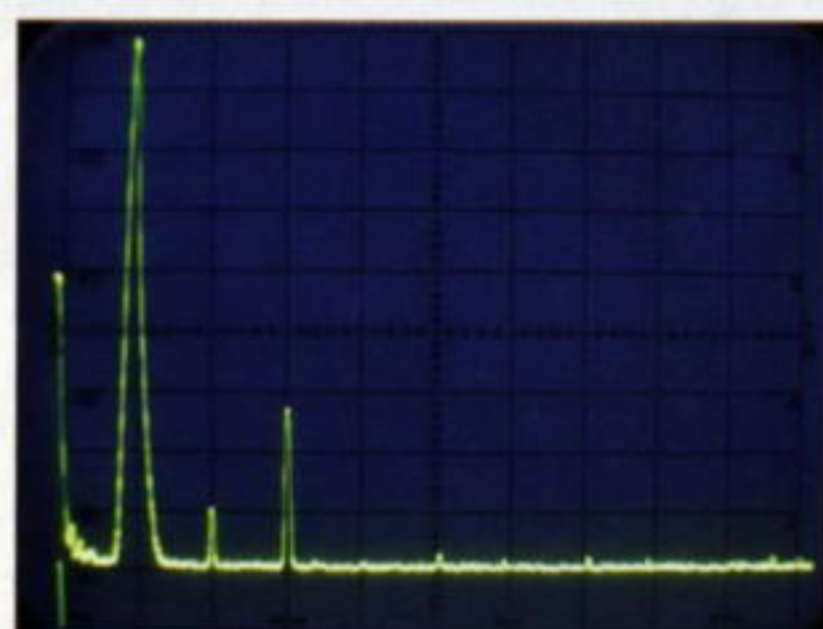
18



19



20



21

clipping» typique des étages de sortie à tubes peu ou pas contre-réactionnés (figure 20). Cette caractéristique «bluffe» l'auditeur, car elle donne l'impression d'une puissance apparente bien supérieure. Enfin, à 1 Weff, notre réalisation affiche une DHT inférieure à 0,1 % (figure 21). Le résumé des caractéristiques techniques de notre prototype est présenté en figure 22.

### Conclusion

C'est une réalisation simple, dont le coût reste abordable. Aucun composant ne fait l'objet d'une fabrication «sur mesure». Les tubes sont disponibles auprès de nombreux distributeurs, tant en NOS qu'en nouvelle fabrication. Le test d'écoute confirme le temps

| Caractéristiques Techniques         |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Puissance nominale                  | 34 W RMS                     |
| Puissance impulsionnelle            | 40 W                         |
| DHT + Bruit à 28 W (-1 dB)          | < 1% (typ: 0,5%)             |
| Distorsion d'intermodulation à 28 W | < 1%                         |
| Temps de montée                     | 6 µs                         |
| Sensibilité                         | 1 Vac pour 34 W              |
| Réponse en fréquence à -1 dB à 28 W | 25 Hz → 30 kHz               |
| Impédance de sortie                 | 8 Ω                          |
| Impédance d'entrée                  | 80 kΩ                        |
| Taux de contre-réaction (NFB)       | 8 dB                         |
| Impédance interne                   | 4,5 Ω                        |
| Facteur d'amortissement (DF)        | 2                            |
| Bruit de fond (A-Weighted)          | < 100 µV                     |
| Rapport S/B (A-Weighted) à 1 W      | > 90 dBA                     |
| Tubes : 4 (+ Redresseuse)           | 6SL7 - 6SN7 - 2x6L6 - (5AR4) |
| Consommation au repos               | 240 V - 0,3 A - 72 VA        |
| Dimensions                          | 254x170x170 mm               |
| Poids                               | 7,7 kg                       |

22



E

de montée par une excellente définition des transitoires. Avec deux blocs «mono», la puissance impulsionnelle de 2 x 40 Weff est impressionnante et secoue, sans ménagement, nos deux enceintes KEF Q50 de 92 dB/1 W/1 m de sensibilité. Le résultat se traduit par une restitution détaillée du message

musical et un parfait équilibre du spectre. Le grave est précis et sans trainage. Cet amplificateur est présenté dans un habillage compact. De plus, ce châssis accepte un capot de protection qui lui confère le look rétro des années 50 (photo E). J.L. VANDERSLEYEN

Pour les données de fabrication, des cartes imprimées ou quelque problème d'approvisionnement, voire l'obtention de la carte régulatrice 300 V pré-régulée, n'hésitez pas à me contacter à l'adresse : jl.vandersleyen@skynet.be ou via notre site www.novotone.com



### Et si vous réalisiez votre ampli à tubes...

Une sélection de 9 amplificateurs de puissances 9 Weff à 65 Weff à base des tubes triodes, tétrodes ou pentodes

Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si vous réalisiez votre ampli à tubes... »

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

EP386