

HORS  
SERIE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

# MICROS ROBOTS

N°1 MAI 2001 30F

Construction d'un mini-sumo

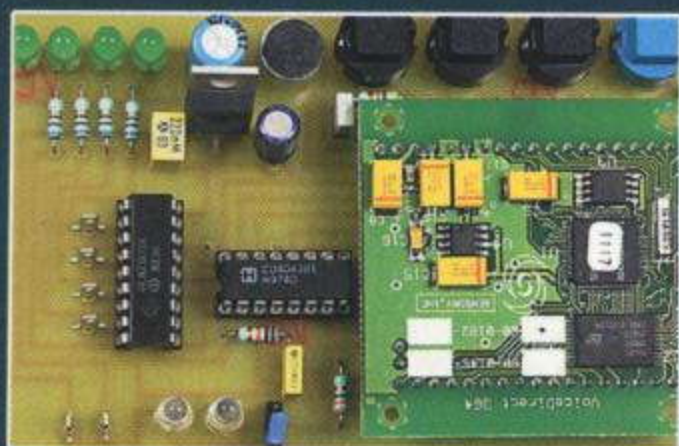
## INITIATION A LA REALISATION DES ROBOTS

*La reconnaissance  
vocale,  
télécommande  
des moteurs  
pas-à-pas,  
robots mobiles  
en Kit.*

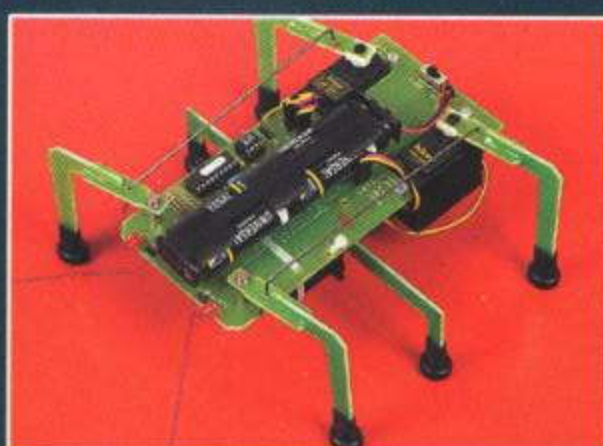


RETROUVEZ sur CD-ROM les programmes, les PCB des montages et les vidéos... (voir P. 15)

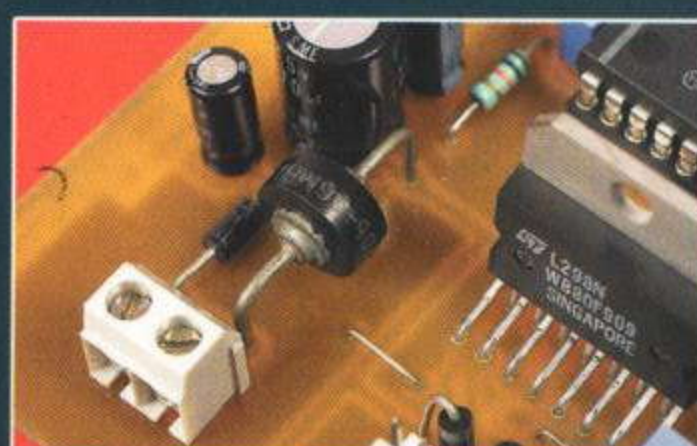
au sommaire



► Reconnaissance vocale



► Robots en Kit



► Moteurs pas-à-pas

T 6353 - 1H - 30,00 F - RD





# SOMMAIRE

HORS SERIE

ELECTRONIQUE  
PRATIQUE

HS N°01 - MAI 2001  
I.S.S.N. 0243 4911

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD  
S.A. au capital de 5 160 000 F  
2 à 12, rue Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.44.84.85.45  
Internet : <http://www.eprat.com>  
Principaux actionnaires :  
M. JEAN-PIERRE VENTILLARD  
Mme PAULE VENTILLARD

Président du conseil d'administration,  
Directeur de la publication : PAULE VENTILLARD  
Vice-Président : JEAN-PIERRE VENTILLARD  
Attaché de Direction : GEORGES-ANTOINE VENTILLARD  
Directeur de la rédaction : BERNARD FIGHIERA (84.65)  
Directeur graphique : JACQUES MATON  
Maquette : JEAN-PIERRE RAFINI

Avec la participation de : U. BOUTEVILLE, E. CHAMBLEDOUX,  
C. CHAUSSARD, E. FELICE, S. GALAKHOFF, A. GARRIGOU,  
F. GIAMARCHI, R. KNOERR, C. LEIDWANDER, E. LEMERY, P. MARIE,  
P. MORIN, P. OBUIC, J.P. PITOLLET, A. SORUKINE, C. TAVERNIER.

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

Directeur de la diffusion et promotion :  
BERTRAND DESROCHE  
Responsable ventes :  
BÉNÉDICTE MOULET Tél. : 01.44.84.84.54  
N° vert réservé aux diffuseurs et dépositaires  
de presse : 0800.06.45.12

PGV - DÉPARTEMENT PUBLICITÉ :  
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60  
Directeur commercial : JEAN-PIERRE REITER (84.87)  
Chef de publicité : PASCAL DECLERCK (84.92)  
E-Mail : [lehp@le-hp.com](mailto:lehp@le-hp.com)  
Assisté de : KARINE JEUFFRAULT (84.57)  
ABONNEMENT/VPC: Voir nos tarifs en page intérieure.  
Préciser sur l'enveloppe «SERVICE ABONNEMENTS»  
IMPORTANT : Ne pas mentionner notre numéro de compte  
pour les paiements par chèque postal. Les règlements  
en espèces par courrier sont strictement interdits.  
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 indi-  
cations qui y figurent.

• Pour tout changement d'adresse, joindre 3.00 F  
et la dernière bande.  
Aucun règlement en timbre poste.  
FORFAIT PHOTOCOPIÉS PAR ARTICLE : 30 F.

Distribué par : TRANSPORTS PRESSE  
ABONNEMENTS USA - CANADA : Pour vous abonner à  
ELECTRONIQUE PRATIQUE aux USA ou au Canada,  
communiquez avec EXPRESS MAG par téléphone :  
USA : P.O.Box 2769 Plattsburgh, N.Y. 12901-0239  
CANADA : 4011boul.Robert, Montréal, Québec,  
H1Z4H6  
TÉLÉPHONE : 1 800 363-1310 ou (514) 374-9811  
TÉLÉCOPIÉ : (514) 374-9684.  
Le tarif d'abonnement annuel (10 numéros) pour  
les USA est de 49 \$US et de 68 \$Can pour le Canada.  
MICROS & ROBOTS, ISSN number 0243 4911, is publi-  
shed 10 issues per year by Publications Ventillard at  
P.O. Box 2769 Plattsburgh, N.Y. 12901-0239 for  
49 \$US per year.  
POSTMASTER : Send address changes to MICROS &  
Robots, c/o Express Mag, P.O. Box 2769, Plattsburgh,  
N.Y. 12901-0239.

CE NUMÉRO A ÉTÉ TIRÉ À 50 000 EXEMPLAIRES

# MICROS ROBOTS

► N°01 - MAI 2001

Page 5 ► **Edito**

## **SUR LE MARCHÉ**

Page 6 ► **News**

Page 48 ► **Robot-PEKEE**

## **TECHNOLOGIES**

Page 16 ► **Les capteurs**

## **REALISATIONS**

Page 24 ► **Un capteur différentiel**

Page 80 ► **Reconnaissance vocale**

Page 86 ► **Variateur de vitesse MLI**

Page 92 ► **Télécommande pour moteurs pas à pas**

## **EXPERIENCES**

Page 28 ► **La robotique en avant**

## **EN KIT**

Page 36 ► **Le robot MOON WALKER II**

Page 40 ► **Robo-Letter**

## **MECANIQUES**

Page 44 ► **Trucs et astuces mécaniques**

## **CONSTRUCTIONS**

Page 50 ► **Mini SUMO**

Page 56 ► **Robot chercheur de balise**

Page 62 ► **MEMOBOT**

Page 70 ► **Robot BUG**

Page 73 ► **Commande servo série**

## **PROJETS**

Page 12 ► **Concours 2001 - 2ème édition**

► **RETROUVEZ sur CD-ROM** [voir P. 15]  
les programmes, les PCB des montages et les vidéos...





## LA SOCIÉTÉ ELECTRONIC

Propose deux robots hautes performances sous forme de kits : les LINE TRACKER ou suiveurs de ligne: un robot "4X4" et un RGV ou Robot à Grande Vitesse. Les yeux de ces robots sont constitués par des capteurs photoélectriques disposés judicieusement à l'avant des machines et destinés à leur faire suivre une ligne noire tracée sur la piste ou sur le sol où ils évolueront. Ils sont équipés d'un micro-contrôleur pré-programmé destiné à la gestion du processus et de l'électronique nécessaire à la commande des moteurs. Ces robots possédant de hautes performances, ils consomment un courant relativement important. C'est pourquoi il est fortement recommandé d'utiliser des accus de type Ni-Mh permettant une alimentation relativement longue des moteurs.

## LES KITS ROBOT "4X4"

Ce robot, qui est un suiveur de ligne, est capable de grimper une pente jusqu'à 35%, et cela grâce à ses moteurs surpuissants.

Ses principales caractéristiques sont :

- suivi de ligne par trois capteurs infra-rouges
- propulsion par deux moteurs alimentés en 6V
- mise en route par signal sonore (micro électret)
- émet une mélodie lorsqu'il fonctionne
- l'alimentation est assurée par quatre piles ou accus de type R6 pour l'électronique et par quatre accus de type R6 pour les moteurs. Les dimensions de cette machine sont de 22x22x8 cm.



## ROBOT RGV (ROBOT À GRANDE VITESSE)

Ce robot est également un suiveur de ligne

mais évoluant à une grande vitesse.

Cela a été rendu possible par l'utilisation d'un châssis articulé et d'un servo-moteur à réponse ultra-rapide.

Ses caractéristiques sont sensiblement équivalentes à celles du robot "4X4" :

- la ligne est suivie au moyen de 7 capteurs infrarouges
- la propulsion est assurée par 2 moteurs
- la mise en route est également effectuée par un signal sonore capté par un micro électret
- direction assurée par un servo-moteur rapide
- l'alimentation est assurée pour l'électronique et le servo-moteur, par 4 piles ou accus de type R6. Quant à la propulsion, elle nécessite 3 accus de type R6

PRIX T.T.C. : 350,00FR pour le robot "4x4"

PRIX T.T.C. : 495,00FR pour le robot RGV

Prix anniversaire valable jusqu'au 12 Mai 2001

WWW.EPRAT.COM

## MOTO-REDUCTEURS MDP

De haute qualité professionnelle (de marque BUHLER), ces moteurs à courant continu 24V peuvent également fonctionner sous une tension de 12V mais avec une légère perte de charge. L'un des plus intéressants est le modèle 1.61.042/0834 qui présente un rapport de réduction de 834 sur 7 étages et un rendement de 0,48. Sa vitesse de rotation est de 5,8 tr/mn à vide et descend à 5,5 tr/mn en charge. Il consomme un courant nominal de 0,2A et son couple est de 0,6 N.m.



SELECTRONIC

PRIX ANNIVERSAIRE 300,00FR

## LA CARTE DE GESTION SERIE

Une carte de gestion série permettant de piloter jusqu'à 12 servomoteurs est également proposée par la société SELECTRONIC. Ce pilotage peut s'effectuer de deux manières :

- soit par une simple liaison série RS-232 provenant d'un PC
- soit par un BASIC STAMP II dont l'emplacement est prévu sur la carte. Le contrôle de la vitesse de rotation est possible. Le protocole de commande sur 3 octets offre une résolution de 256 pas (8 bits) sur 90° ou 180° (0,36° ou 0,72° par pas). L'alimentation est assurée par une tension comprise entre 6V et 12V sous un courant de 1A.

PRIX ANNIVERSAIRE 549,00FR





MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS

## ACCESSOIRES POUR LA ROBOTIQUE



**- Moteur à engrenage réducteur, électrique, compact de classe 540 avec démultiplication métallique développe un couple énorme qui permet une utilisation en robotique. Caractéristiques : 6V (3-9V), marche à vide 475mA et charge 680mA, 120 tr/mn pour 6V, dim. : Ø 37x87x17mm (arbre Ø 6mm), couple 7 kg/cm.**

**Prix : 99F ttc**



**- Roue et vis sans fin: roue dentée en polyamide et vis en zinc coulé sous pression, trou de 10mm pour les 2 éléments, réduction 1 : 40.**

**Prix : 79,90 F ttc**

**- Assortiment de 50 roues dentées plastique : constitué de 20 roues dentées 50/10 dents avec passage d'axe de 2,9mm et 20 trous**

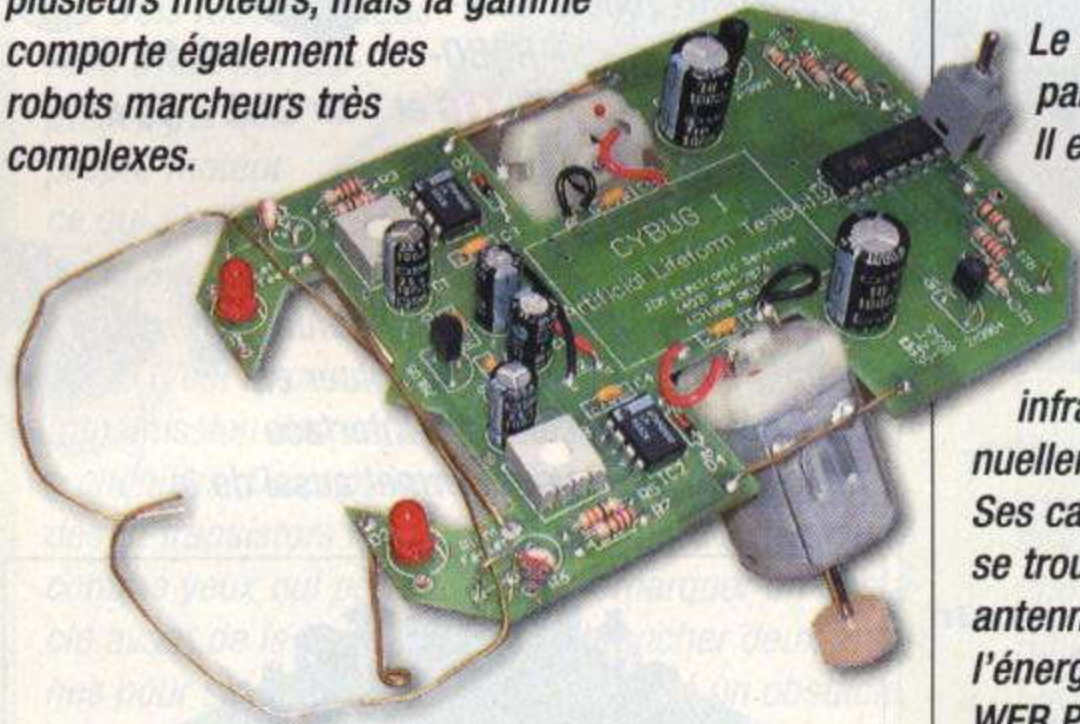


## TOTAL ROBOTS MADE IN ENGLAND

**Que sont les robots BEAM ?** Le terme BEAM est l'acronyme de Biologie, Electronique, Esthétique et Mécanique. La robotique BEAM a été inventée par le Dr. Mark W. Tilden lorsqu'il était étudiant à l'université du Canada.

Les robots BEAM n'utilisent pas de microprocesseurs ou de microcontrôleurs comme cerveau car leur système de contrôle électronique repose sur une électronique discrète. Généralement, ils sont beaucoup moins chers que les robots contrôlés par microprocesseurs, mais ils sont malgré tout aussi fascinants lorsqu'on les voit évoluer. Les robots BEAM sont copiés sur des formes de vie biologique et utilisent généralement l'énergie solaire comme alimentation.

Ils peuvent être très simples, équipés d'un ou de plusieurs moteurs, mais la gamme comporte également des robots marcheurs très complexes.



**d'axe de 3,1mm, 8 pignons 10 dents pour axe de 1,9mm et 4 bagues d'arrêt.**

**L'ensemble au prix de 39,90 F ttc**

Ces accessoires sont disponibles dans le catalogue 2001 de CONRAD Electronique

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

tél. : 0 826 826 000

BEAM robotics est très connu de par le monde et de nombreux sites web lui sont consacrés. Annuellement, des jeux sont organisés dans plusieurs pays.

Le CYBUG est un robot BEAM qui combine des éléments d'électronique, de robotique, de mécanique et de biologie dans une forme originale et intéressante. CYBUG agit tel un organisme vivant dont les instincts sont inscrits dans son circuit électronique. Un rapide ajustage d'un potentiomètre le fait devenir agressif tel un prédateur, ou le rend aussi timide et se déplace comme un herbivore. L'une des caractéristiques la plus intéressante de CYBUG est qu'il cherche lui-même la source d'énergie qui lui permettra d'évoluer.

Le robot SOLAR FLY fait également partie de la gamme des robots BEAM. Il est très facile à construire et très didactique. Il est très actif lorsqu'il est exposé directement à la lumière solaire. Ses yeux, très sensibles constitués de capteurs infrarouges, le font se diriger continuellement vers l'objet le plus éclairé. Ses capteurs lui font éviter les obstacles se trouvant sur son chemin. Ses longues antennes lui permettent de capter de l'énergie de sources comme le SUN FLOWER PLANT qui est une fleur électronique destinée à nourrir les CYBUG et les SOLAR FLY.



**PRIX DU CYBUG ET DU SOLAR FLY : chacun environ 400,00FR en kit et 700,00FR monté**

**TOTAL ROBOTS**  
[www.totalrobots.com](http://www.totalrobots.com)  
00 44 01372 741954



**DURACELL, UNE RÉPONSE ADAPTÉE À TOUTES LES UTILISATIONS.**

De plus en plus d'appareils modernes nécessitent l'utilisation de piles : ordinateurs de poche, appareils photo numériques, lecteurs MP3, baladeurs, mini-disc, téléphones WAP, télécommandes, audio, jouets, robots, etc.



Ces appareils consomment, selon leur type, un courant plus ou moins élevé. C'est pour cela que DURACELL propose une gamme comprenant trois types de piles : DURACELL ULTRA M3, la nouvelle pile alcaline la plus puissante du monde qui pourra être utilisée dans les appareils fortement consommateurs d'énergie. La reformulation des principaux composants a permis d'augmenter la quantité de matière active haute performance dans la pile. Le flux des électrons a

## LES ROBOTS DEBARQUENT EN FORCE CHEZ LEXTRONIC !

Suite à un contrat signé en mars dernier entre la société LEXTRONIC et le fabricant coréen

Microrobot, LEXTRONIC devient importateur et distributeur exclusif pour la France d'une nouvelle gamme de petits robots mobiles didactiques à monter soi-même. Ces derniers, déclinés en plusieurs catégories se distinguent par une qualité de réalisation exemplaire mettant en œuvre des techniques de pointe tout en préservant une grande simplicité d'assemblage associée à un prix très compétitif.

Parmi la gamme, on trouve deux robots « suiveurs de ligne » : « ROBO-JR » (1) à **325,00FR TTC** et « Mr LINE » (2) à **475,00FR TTC** ainsi qu'un robot araignée « HEXAPOD » (3) à **1810,00FR TTC** doté de différents capteurs lui permettant d'évoluer en présence d'obstacles (une interface radio optionnelle vous permet aussi de le



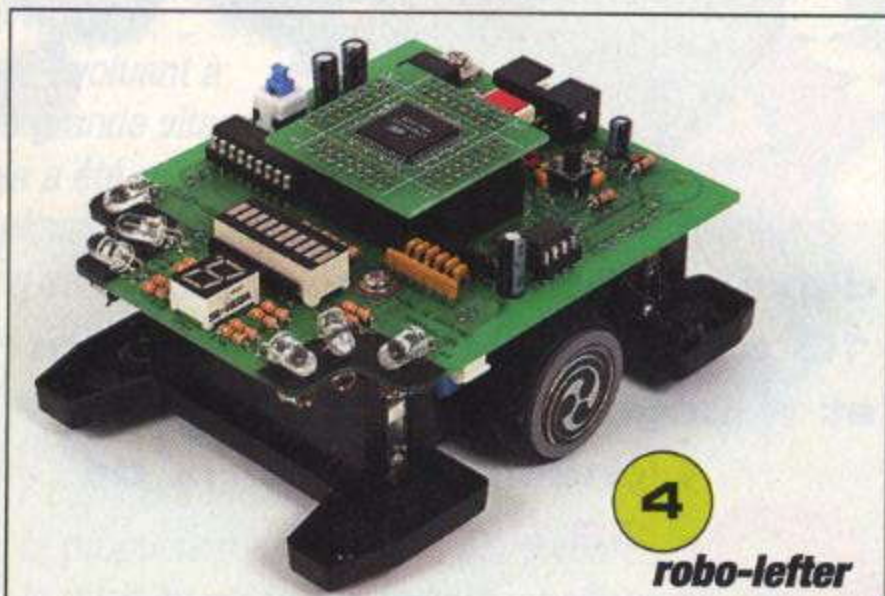
1 robo-jr



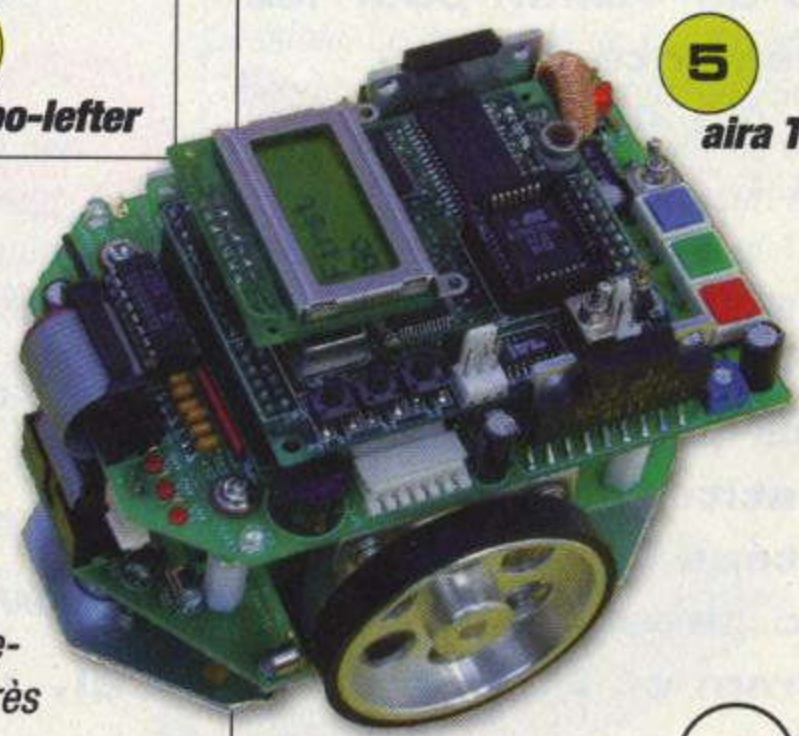
2 mister line



3 hexapod



4 robo-lefter



5 aira T2

piloter à distance depuis un compatible PC). Sont également disponibles des robots capables d'évoluer tout seul au sein de labyrinthes tel le « ROBO-LEF-TER » (4) à **1535,00FR** (dont le mode de fonctionnement est entièrement programmable en langage C) ou le robot « AIRA T2 » (5) à **8195,00FR TTC** qui s'apparente à une véritable base de développement entièrement configurable et très

impressionnante à voir évoluer. De nombreux autres robots sont à venir tels que des robots footballeurs, des petits robots marcheurs, etc... Enfin, chose intéressante à souligner, l'ensemble des structures mécaniques, moteurs, engrenages, roues de chaque robot seront également disponibles au détail pour les personnes désirant concevoir leur propre robot.

**LEXTRONIC**  
Tel. :01 45 76 83 88  
[www.lextronic.fr](http://www.lextronic.fr)



# NEWS

MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS

été optimisé grâce à une architecture interne de la pile entièrement reconçue améliorant ainsi l'efficacité de celle-ci. Les appareils fonctionnent alors mieux et plus longtemps **DURACELL ULTRA M3** existe dans les références principales alcalines : AA,



AAA, C, D et 9V **DURACELL PLUS** est une pile bénéficiant de certaines technologies utilisées avec la gamme **ULTRA M3**. **DURACELL PLUS** offre ainsi plus de durée et de qualité par rapport à l'ancienne gamme, à travers une gamme complète proposée sous les références AA, AAA, C, D, 9V et 4,5V

**DURACELL** est la gamme classique proposée sous toutes les références.

Avec ces trois gammes complémentaires, **DURACELL**, leader mondial de la pile alcaline, propose une offre produit complète et performante.

## ROBOT F1 : CARTE DE CONTRÔLE D'UN ROBOT

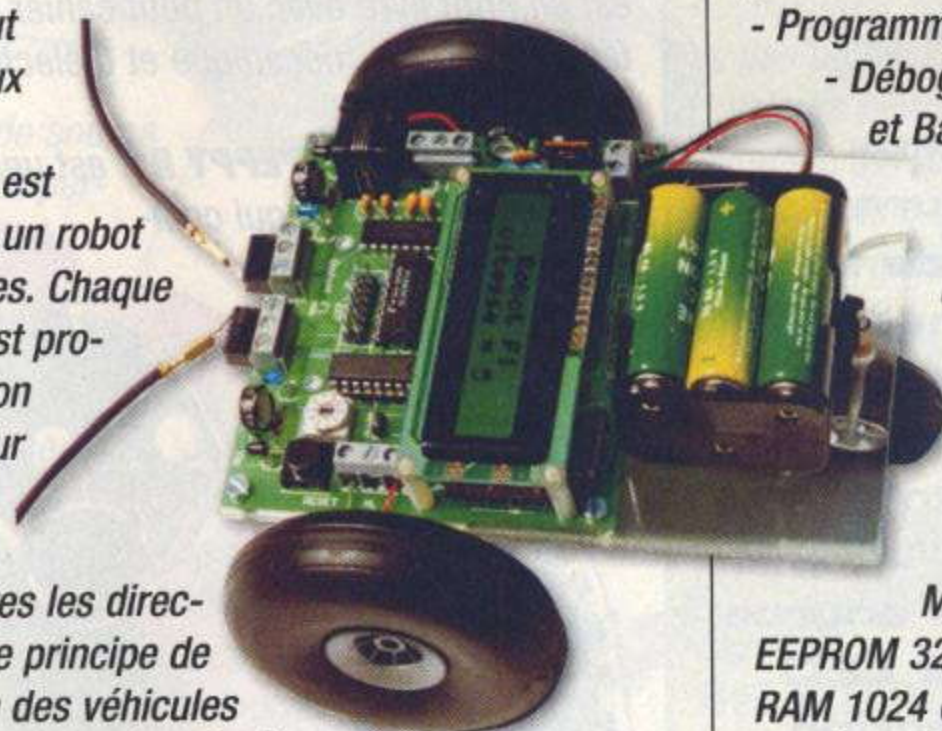
**Robot F1 est une carte électronique à base d'un microcontrôleur pour contrôler un robot.** La carte est livrée avec un logiciel sous Windows, qui permet de créer son propre programme pour le robot et de le charger dans la mémoire non volatile sur le robot par un port série. Si on déconnecte le robot du PC, le programme reste intact: Le robot exécute votre programme indépendamment du PC.

*Robot F1 peut contrôler deux moteurs.*

*L'application est typiquement un robot sur trois roues. Chaque roue avant est propulsée par son propre moteur ce qui permet de rouler dans toutes les directions. C'est le principe de transmission des véhicules à chenilles. Deux paires de diodes et transistors infrarouges sur Robot F1 servent comme yeux qui permettent de remarquer un obstacle avant de le heurter. On peut brancher deux antennes pour signaler que le robot a heurté un obstacle. Un transistor infrarouge peut aussi recevoir un code par une télécommande standard. Une roue codeuse à 10 positions permet de sélectionner ou d'altérer le programme. Le programme peut écrire des messages sur un afficheur à cristaux liquides. Un connecteur d'extension permet d'ajouter d'autres capteurs, un moteur pas à pas, des servos de modélisme.*

*La programmation en Prototypage Rapide se fait sur une surface graphique conviviale pour créer un programme orienté objet. Cette programmation est très facile à apprendre et s'adresse surtout aux débutants. Aucune expérience en programmation ou aide complémentaire n'est nécessaire pour programmer le robot. On peut également programmer le robot en Basic11. Un programme en Prototypage Rapide et un en Basic11 qui montrent toutes les possibilités de base sont livrés avec la carte.*

*La programmation en C est disponible en option.*



- Robot F1 : Kit Robot avec*
- Carte intégrée à base de microprocesseur 68HC11 montée et testée, câble PC
  - Afficheur LCD 2 lignes à 16 caractères
  - Manuel d'installation du logiciel : mémoire, entrées, sorties, schéma.
  - Sur CD-ROM : Logiciel de programmation pour Windows 95, 98, NT, 2000.
  - Programmation en Prototypage Rapide avec programme de démonstration.
  - Programmation en Basic11 avec programme de démonstration.
  - Programmation en Assembleur.
  - Débogueur au niveau Assembleur et Basic11, simulateur.

*- Manuel de programmation.*

*Non fournis \*\*:*

- Châssis, roues, moteurs, antennes, alimentation.
- Compilateur CC11 pour programmer Robot F1 en ANSI C.

*Microprocesseur 68HC11F1*

*EEPROM 32 k octets*

*RAM 1024 octets*

*Entrées Micro rupteur antenne gauche, antenne droite \*\**

*Phototransistor gauche, droite*

*Roue codeuse 16 positions*

*Sorties Moteur gauche, droite courant continu ≤ 500 mA \*\**

*Plusieurs vitesses avant, arrière, marche à vide, freins.*

*LED infrarouge gauche, droite*

*Afficheur LCD 2 lignes à 16 caractères*

*Options sur connecteur HE10 4 entrées analogiques ou numériques*

*2 entrées ou sorties numériques*

*4 sorties numériques amplifiées*

*500 mA pour moteur pas à pas*

*Interface série asynchrone RS232*

**PRIX INDICATIF : 1500Fttc**

**CONTROLORD -**

**TÉL. 0494487174 -**

**www.controlord.fr**



## DURACELL, UNE RÉPONSE ADAPTÉE À TOUTES LES UTILISATIONS.

De plus en plus d'appareils modernes nécessitent l'utilisation de piles : ordinateurs de poche, appareils photo numériques, lecteurs MP3, baladeurs, mini-disc, téléphones WAP, télécommandes, audio, jouets, robots, etc.



Ces appareils consomment, selon leur type, un courant plus ou moins élevé. C'est pour cela que DURACELL propose une gamme comprenant trois types de piles : DURACELL ULTRA M3, la nouvelle pile alcaline la plus puissante du monde qui pourra être utilisée dans les appareils fortement consommateurs d'énergie. La reformulation des principaux composants a permis d'augmenter la quantité de matière active haute performance dans la pile. Le flux des électrons a

## LES ROBOTS DEBARQUENT EN FORCE CHEZ LEXTRONIC !

Suite à un contrat signé en mars dernier entre la société LEXTRONIC et le fabricant coréen

Microrobot, LEXTRONIC devient importateur et distributeur exclusif pour la France d'une nouvelle gamme de petits robots mobiles didactiques à monter soi-même. Ces derniers, déclinés en plusieurs catégories se distinguent par une qualité de réalisation exemplaire mettant en œuvre des techniques de pointe tout en préservant une grande simplicité d'assemblage associée à un prix très compétitif.

Parmi la gamme, on trouve deux robots « suiveurs de ligne » : « ROBO-JR » (1) à **325,00FR TTC** et « Mr LINE » (2) à **475,00FR TTC** ainsi qu'un robot araignée « HEXAPOD » (3) à **1810,00FR TTC** doté de différents capteurs lui permettant d'évoluer en présence d'obstacles (une interface radio optionnelle vous permet aussi de le

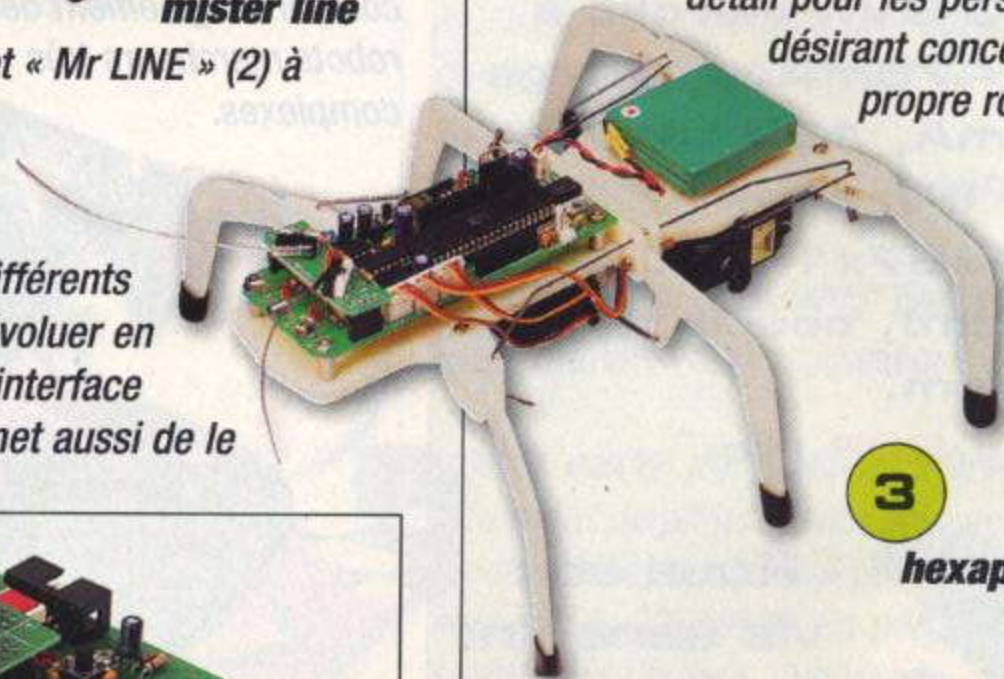


1 robo-jr

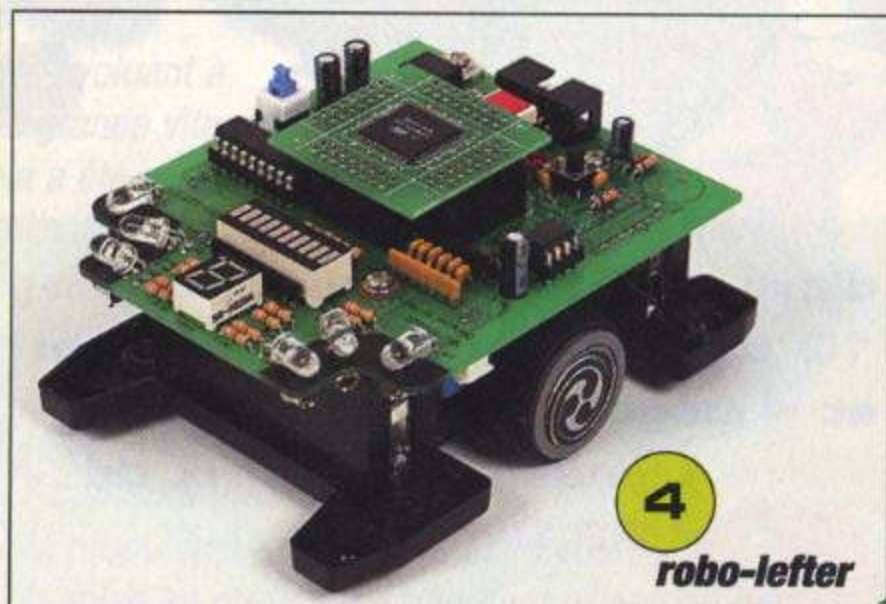
impressionnante à voir évoluer. De nombreux autres robots sont à venir tels que des robots footballeurs, des petits robots marcheurs, etc... Enfin, chose intéressante à souligner, l'ensemble des structures mécaniques, moteurs, engrenages, roues de chaque robot seront également disponibles au détail pour les personnes désirant concevoir leur propre robot.



2 mister line

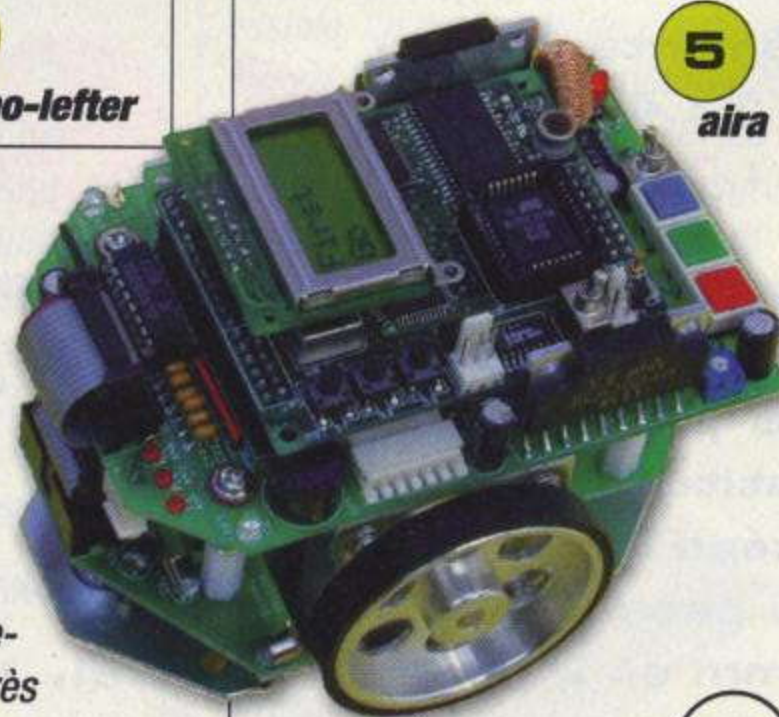


3 hexapod



4 robo-lefter

piloter à distance depuis un compatible PC). Sont également disponibles des robots capables d'évoluer tout seul au sein de labyrinthes tel le « ROBO-LEFTER » (4) à **1535,00FR** (dont le mode de fonctionnement est entièrement programmable en langage C) ou le robot « AIRA T2 » (5) à **8195,00FR TTC** qui s'apparente à une véritable base de développement entièrement configurable et très



5 aira T2

**LEXTRONIC**  
Tel. :01 45 76 83 88  
[www.lextronic.fr](http://www.lextronic.fr)



# NEWS

MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS

été optimisé grâce à une architecture interne de la pile entièrement reconçue améliorant ainsi l'efficacité de celle-ci. Les appareils fonctionnent alors mieux et plus longtemps DURACELL ULTRA M3 existe dans les références principales alcalines : AA,



AAA, C, D et 9V DURACELL PLUS est une pile bénéficiant de certaines technologies utilisées avec la gamme ULTRA M3. DURACELL PLUS offre ainsi plus de durée et de qualité par rapport à l'ancienne gamme, à travers une gamme complète proposée sous les références AA, AAA, C, D, 9V et 4,5V

DURACELL est la gamme classique proposée sous toutes les références.

Avec ces trois gammes complémentaires, DURACELL, leader mondial de la pile alcaline, propose une offre produit complète et performante.

## ROBOT F1 : CARTE DE CONTRÔLE D'UN ROBOT

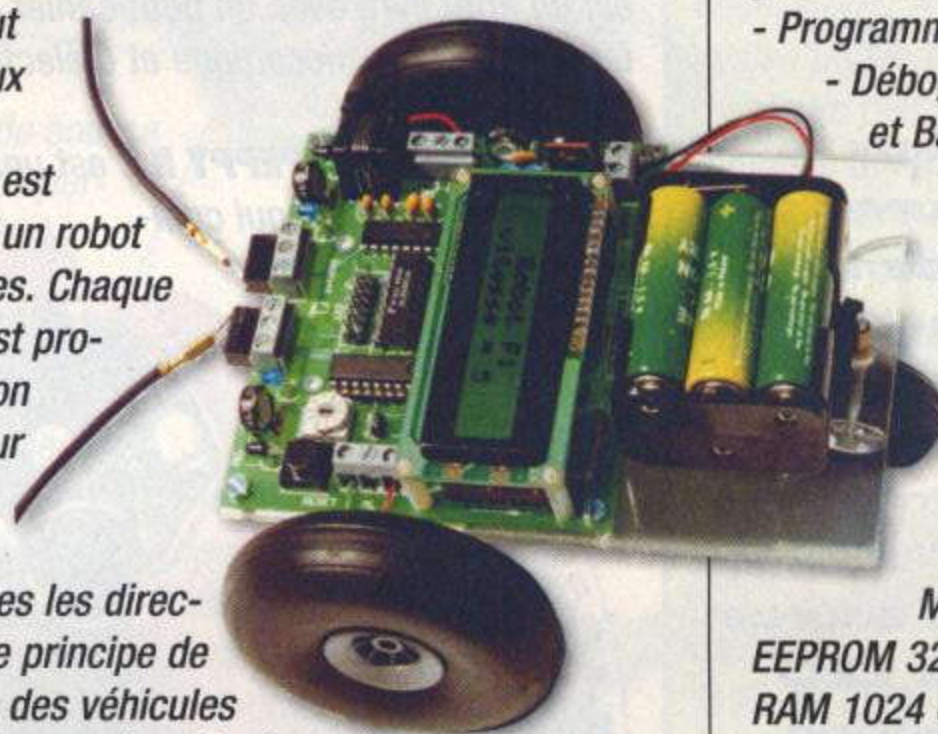
**Robot F1 est une carte électronique à base d'un microcontrôleur pour contrôler un robot.** La carte est livrée avec un logiciel sous Windows, qui permet de créer son propre programme pour le robot et de le charger dans la mémoire non volatile sur le robot par un port série. Si on déconnecte le robot du PC, le programme reste intact: Le robot exécute votre programme indépendamment du PC.

Robot F1 peut contrôler deux moteurs.

L'application est typiquement un robot sur trois roues. Chaque roue avant est propulsée par son propre moteur ce qui permet de rouler dans toutes les directions. C'est le principe de transmission des véhicules à chenilles. Deux paires de diodes et transistors infrarouges sur Robot F1 servent comme yeux qui permettent de remarquer un obstacle avant de le heurter. On peut brancher deux antennes pour signaler que le robot a heurté un obstacle. Un transistor infrarouge peut aussi recevoir un code par une télécommande standard. Une roue codeuse à 10 positions permet de sélectionner ou d'altérer le programme. Le programme peut écrire des messages sur un afficheur à cristaux liquides. Un connecteur d'extension permet d'ajouter d'autres capteurs, un moteur pas à pas, des servos de modélisme.

La programmation en Prototypage Rapide se fait sur une surface graphique conviviale pour créer un programme orienté objet. Cette programmation est très facile à apprendre et s'adresse surtout aux débutants. Aucune expérience en programmation ou aide complémentaire n'est nécessaire pour programmer le robot. On peut également programmer le robot en Basic11. Un programme en Prototypage Rapide et un en Basic11 qui montrent toutes les possibilités de base sont livrés avec la carte.

La programmation en C est disponible en option.



- Robot F1 : Kit Robot avec
- Carte intégrée à base de microprocesseur 68HC11 montée et testée, câble PC
  - Afficheur LCD 2 lignes à 16 caractères
  - Manuel d'installation du logiciel : mémoire, entrées, sorties, schéma.
  - Sur CD-ROM : Logiciel de programmation pour Windows 95, 98, NT, 2000.
  - Programmation en Prototypage Rapide avec programme de démonstration.
  - Programmation en Basic11 avec programme de démonstration.
  - Programmation en Assembleur.
  - Débogueur au niveau Assembleur et Basic11, simulateur.

- Manuel de programmation.

Non fournis \*\*:

- Châssis, roues, moteurs, antennes, alimentation.
- Compilateur CC11 pour programmer Robot F1 en ANSI C.

Microprocesseur 68HC11F1

EEPROM 32 k octets

RAM 1024 octets

Entrées Micro rupteur antenne gauche, antenne droite \*\*

Phototransistor gauche, droite

Roue codeuse 16 positions

Sorties Moteur gauche, droite courant continu ≤ 500 mA \*\*

Plusieurs vitesses avant, arrière, marche à vide, freins.

LED infrarouge gauche, droite

Afficheur LCD 2 lignes à 16 caractères

Options sur connecteur HE10 4 entrées analogiques ou numériques

2 entrées ou sorties numériques

4 sorties numériques amplifiées

500 mA pour moteur pas à pas

Interface série asynchrone RS232

**PRIX INDICATIF : 1500Ftfc**

**CONTROLORD -**

**TÉL. 0494487174 -**

**www.controlord.fr**



## UN MINI-ROBOT A MINI-PRIX

VELLEMAN-KIT propose, dans sa gamme MINI KIT, un robot miniature ressemblant à un petit insecte très sympathique, le MK127. Il est toujours attiré par la lumière grâce à une électronique simple mais fort efficace.

Il est doté de deux moteurs miniatures qui lui permettent de se mouvoir. La sensibilité des capteurs est ajustable à l'aide de deux petits potentiomètres, ce qui permet d'utiliser n'importe quelle source lumineuse. Deux LED indiquent la direction qu'il va choisir. Il se met au repos dans l'obscurité totale. Il est alimenté par deux piles de 1,5V, type AAA. Son prix de vente est aussi réduit que ses dimensions : **91,50 FR TTC.**

Il sera disponible début juillet 2001 dans le réseau de distribution VELLEMAN.



## LES ROBOTS MOVIT

La société ACCELDIS importe et distribue une gamme de quatre petits robots en kits du fabricant japonais ELEKIT : "AVOIDER III", "MOONWALKER II", "HYPERPEEPY II" et "DOME III". Cette gamme de robots qui sont à la fois amusants et instructifs, permet une ouverture vers le monde de la robotique, et cela d'une façon pédagogique. Chacun des kits est en effet livré avec un petit cahier donnant certaines bases de mécanique et d'électronique.

Le robot "HYPER PEPPY II" est une machine drôle et hyperactive qui comporte un détecteur inté-



gré qui réagit aux bruits. Le robot avance jusqu'à ce que son détecteur "entende" un bruit tel qu'un claquement de mains ou bien rencontre un obstacle sur son chemin. Ensuite le robot recule pendant une durée fixe programmée, négocie un virage à gauche et continue son chemin en ligne droite.

Il est alimenté au moyen de 2 piles de type R6 de 1,5V. Sa consommation avoisine 400mA.

Le robot "AVOIDER III" est le parfait animal-robot domestique. Il se promène sur six pattes et évite les obstacles qui pourraient se trouver sur son chemin. Il voit grâce à des yeux constitués par des LED qui envoient un



signal lumineux, l'informant ainsi si la route est libre devant lui. Si elle ne l'est pas, il tourne et change de direction. Il est alimenté par une pile de 9V et par deux piles alcalines de 1,5V.

Le robot "DOME III" utilise un détecteur de sons. Il réagit à un bruit sec tel qu'un claquement de mains et se déplace alors, en mode normal suivant la séquence : rotation, arrêt, en avant et stop. Dans le mode aléatoire, son déplacement est imprévisible. Il est également capable de tracer des cercles et des lignes droites si l'on attache un crayon à son porte-stylo.

**PRIX PUBLIC :**  
**HYPER-PEPPY II, 400,00FR**  
**AVOIDER III, 690,00FR.**  
**DOME III, 650,00FR**

DISPONIBLES DANS LE RÉSEAU DE DISTRIBUTION ACCELDIS  
 TEL. : 01 39 33 03 33  
 acceldis@acceldis.com







MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS

## CHARGEUR V-6833 POUR ACCUS NI-MH ET Cd-Ni

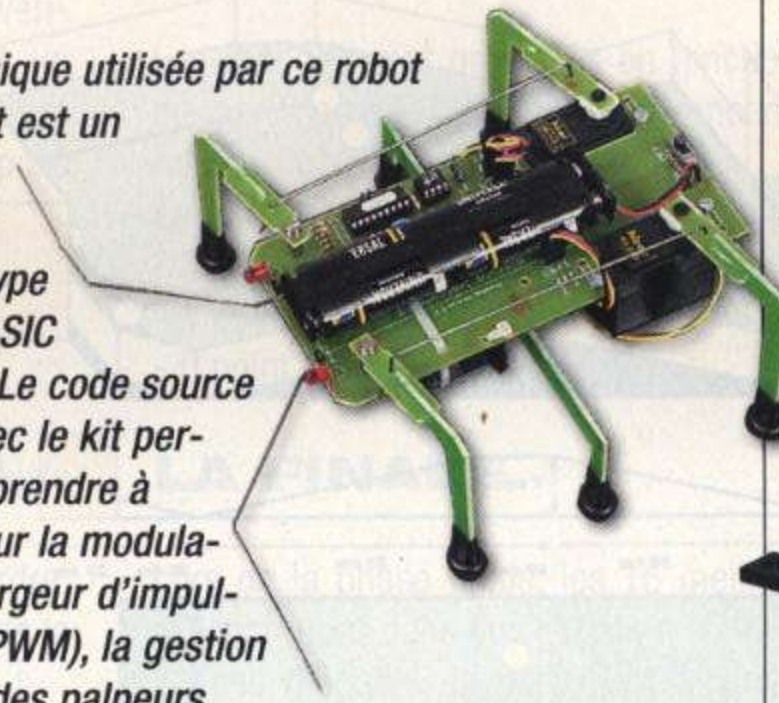
Ce chargeur est un appareil intelligent qui gère automatiquement le courant de charge suivant le type d'accus (AA ou AAA). Il permet la recharge simultanée de deux ou quatre accumulateurs (Ni-MH ou Cd-Ni). Il est doté d'un circuit de sécurité protégeant les accus contre une éventuelle surcharge. Les contacts, de haute qualité, sont ajustables. Une LED de contrôle signale que le processus de charge se déroule correctement. Il est commercialisé au prix de **150,00FR TTC.**

## LE BASIC STAMP BUG

**LE BASIC STAMP BUG est un robot commercialisé en kit par SELECTRONIC.** Il possède six pattes articulées qui le font ressembler à un énorme insecte. Celles-ci sont articulées et mues au moyen de trois servo-moteurs. Deux antennes placées sur le devant de l'automate lui permettent d'éviter les obstacles.

L'électronique utilisée par ce robot intelligent est un micro-processeur de type PIC, le BASIC STAMP I. Le code source fourni avec le kit permet d'apprendre à l'utilisateur la modulation de largeur d'impulsion (ou PWM), la gestion de l'état des palpeurs, l'usage judicieux des routines permettant au robot de se déplacer, ainsi que des applications électromécaniques utilisant le BASIC STAMP I. Son assemblage est très facile grâce à une notice détaillée en français fournie avec le kit STAMP BUG.

**CE KIT EST COMMERCIALISÉ AU PRIX DE 990,00FR.**



## LES PISTONS ELECTRIQUES FLEXINOL

utilisent les alliages à mémoire de forme. Sous une taille réduite ils sont capables de produire une force considérable pour des composants aussi petits : 450 grammes (45 fois leur propre poids) sur une course de 20 mm. Ils présentent une résistance ohmique de 0,2 ohm et nécessitent pour leur fonctionnement une tension de 1V sous un courant de 5A. Leur temps de réponse est de 2 secondes, tandis que 12 secondes sont nécessaires pour leur relaxation. Quatre cycles peuvent être accomplis par minute. Plusieurs pistons peuvent être mis en parallèle afin de développer une plus grande force, mais ils peuvent également être fixés en série si l'on désire obtenir une plus grande course.



**SELECTRONIC COMMERCIALISE CE PRODUIT AU PRIX DE 49,00FR. TEL. : 0328 550 328 www.selectronic.fr**



**SELECTRONIC TEL. : 0328 550 328 W.W.W.SELECTRONIC.FR**

## MOTOR MODEL

**Motor model est une société créée en 1977, et qui propose depuis cette époque un grand nombre de moteurs et de pièces mécaniques, tels que des pignons, des moto-réducteurs, des roulements, des bagues en laiton de toutes dimensions ainsi que des moteurs pas-à-pas. En somme, tout ce qui peut être nécessaire pour la construction de robots et de systèmes mécaniques. En outre, MOTOR MODEL commercialise les pièces détachées MECCANO, mais également des éléments compatibles avec cette marque. La compétence de cette société dans le domaine de la motorisation, des applications électriques et mécaniques permet d'assurer, à tout client, la résolution de son problème de conception de prototypes, mais également de fabrication en série.**

**MOTOR MODEL PROPOSE UN CATALOGUE PAPIER (40,00FR PAR CORRESPONDANCE) ET SUR INTERNET, DE LA GAMME DE SES PRODUITS. Une mise à jour est faite chaque trimestre. TEL. : 01 48 51 10 00 www.motor-model.com**





# GRAND CONCOURS DE ROBOTS

## PROJETS

### LE THÈME

Deux robots se rencontrent au cours d'un match amical de football amélioré.

Le but du jeu est de mettre le plus de balles de ping-pong dans le but de l'adversaire avant les 3 minutes limites.

Comme pour tout concours, les décisions d'arbitrage sont sans recours, à l'exception d'un accord entre toutes les parties prenantes.

quadrillent le terrain (voir croquis),

- Le but de dimensions 40cm de large sur 20cm de profondeur et 20cm de hauteur est réalisé en fil de fer rigide tenant un filet à petites mailles non tendu. Le filet sera assez profond vers le sol pour pouvoir contenir toutes les balles.

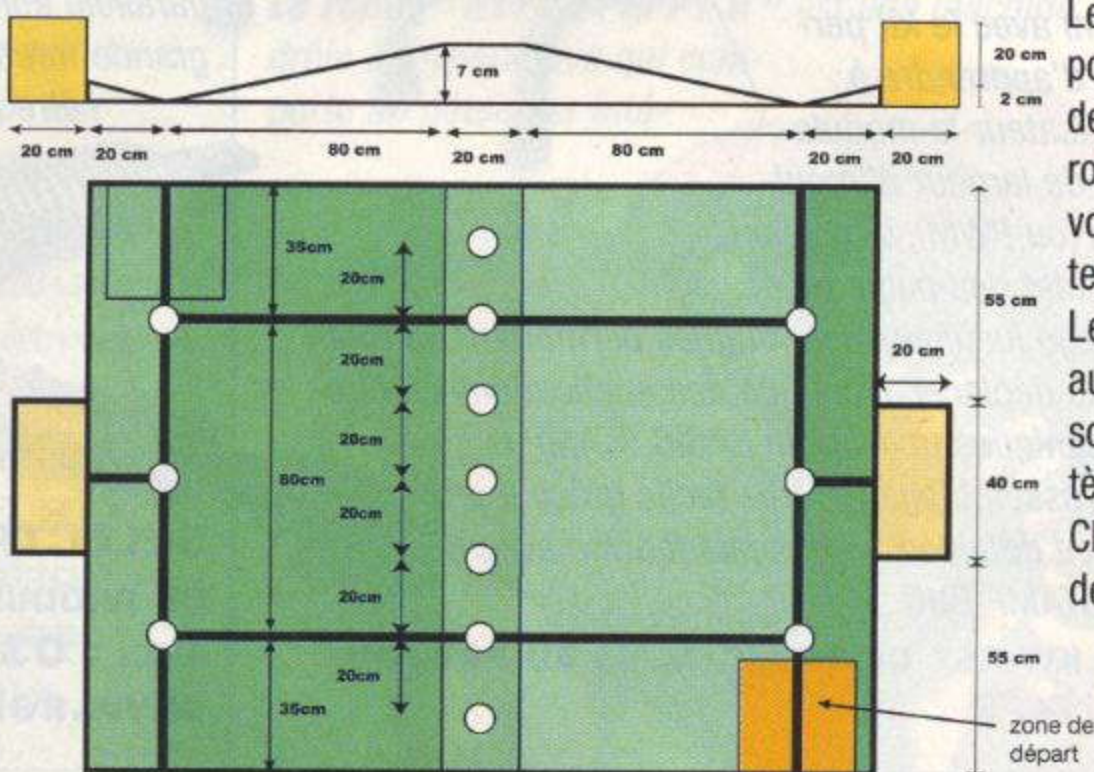
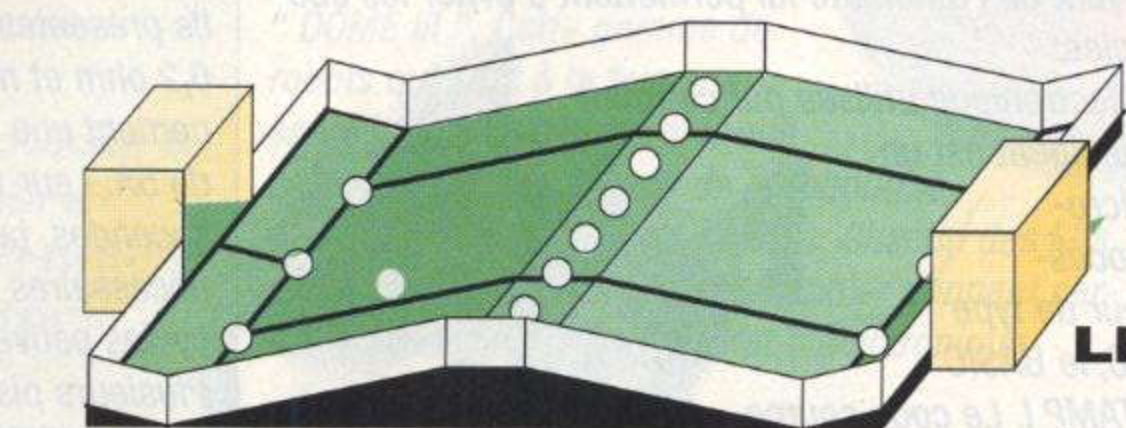
Les mesures indiquées seront respectées par les organisateurs avec une marge de 2% pour l'aire de jeu et de 10% pour les tracés au sol.

### LES BALLES DE PING-PONG

Les balles de ping-pong seront de couleur orange de taille normalisée 38mm.

13 balles sont placées initialement sur le terrain.

La position de chaque balle, au début de la partie, est invariable (voir croquis).



### LES ROBOTS

Les robots doivent être capables de transporter, de projeter ou de pousser les balles de ping-pong vers le but de l'adversaire. Les robots ne doivent pas détenir ou bloquer volontairement plus de trois balles en même temps.

Les robots doivent impérativement être autonomes, c'est à dire, embarquer leur source d'énergie, leurs moteurs et leur système de contrôle.

Chaque robot sera construit dans le seul but de répondre aux critères du thème choisi.

Toute action ayant un but différent entraînera l'élimination immédiate du robot.

### L'AIRE DE JEU

La table qui supporte l'aire de jeu ne doit pas être modifiée par les robots.

### DÉTAILS DE L'AIRE DE JEU

L'aire de jeu est une table rectangulaire, en bois, de 2,20m x 1,50m, peinte en blanc.

Un rebord en bois, peint en blanc, de 5cm de hauteur et de 1cm d'épaisseur, délimite les contours de la table.

De fortes lumières éclairent le terrain.

La table est symétrique par rapport à son milieu et constituée de :

- Deux pentes de longueur 80cm et 20cm,
- Une zone centrale de 20cm de large,
- Une zone de départ représentée par un carré de 30cm de côté et de couleur orange (voir croquis),
- Différentes lignes, peintes en noir, de 1cm de large,

### STRUCTURE

Les cotes du robot ne devront pas dépasser la taille d'un cube de 20cm de côtés au début de la partie. Puis un déploiement de 10cm maximum sur un des côtés sera accepté. Les robots ne doivent pas libérer d'éléments volontairement sur le terrain.

La structure mécanique sera laissée à l'initiative des participants, mais pourra néanmoins faire appel à des éléments de montages classiques et commerciaux.

### SOURCES D'ÉNERGIE

Les seules sources d'énergie acceptées sont les accumulateurs ou piles.

Il est nécessaire de disposer de plusieurs jeux de batteries.

### SYSTÈME DE CONTRÔLE

Le système électronique qui pilote le robot pourra utiliser un composant programmable.

*Organisé par Électronique Pratique, ce concours est ouvert à tous les lecteurs et a pour vocation de développer la curiosité, l'ingéniosité sous un aspect ludique. Les personnes, groupes, clubs ou écoles souhaitant participer à ce concours sont invités à faire parvenir, à la rédaction une fiche de pré-inscription précisant succinctement le projet. Ils recevront alors tous les conseils voulus et de plus amples renseignements. Le concours aura lieu la dernière semaine de novembre dans le cadre du salon EDUCATEC à Paris - Porte de Versailles le samedi 25 novembre 2001.*



Des systèmes plus élaborés sont interdits.  
Le robot étant autonome, aucun contrôle extérieur n'est admis pendant le concours.

### L'HOMOLOGATION

Deux catégories de robots pour deux tournois différents :

- A) robots sans programmation,
- B) robots avec programmation obligatoirement équipé d'un seul PIC 16F84.

Lors de la phase d'homologation, les arbitres vérifient les différents mouvements de chaque robot, un par un. De plus celui-ci doit être capable de mettre au moins une balle de ping-pong dans le but opposé en moins de 5 mn.

### LES PARTIES

Les parties durent 3 mn.

Chaque robot est placé sur sa zone de départ, contre le rebord.

Un arbitre donne le signe du départ. Sur son ordre, chaque robot est activé. Pendant toute la durée de la partie, il est interdit de toucher aux robots.

Tout élément qui sort de la table de jeu, n'y sera pas remis.

Les balles qui ressortent involontairement du but sont remises en jeu et le but est refusé. Au bout de trois minutes, l'arbitre arrête les robots.

Le robot gagnant est celui qui a le moins de balles de ping-pong dans son but, à la fin de la partie. Son score est enregistré pour la suite ainsi que la différence de but.

L'arbitre est seul juge du bon déroulement du concours.

### LES QUALIFICATIONS

Les groupes sont organisés en fonction du nombre de participants. Chaque robot rencontre un autre robot du groupe, une seule fois.

Les points sont répartis de la manière suivante :

- 3 points pour une victoire
- 1 point en cas d'égalité
- 0 point pour une défaite

### LA FINALE

Lors de la phase finale, les 16 meilleurs robots se rencontreront dans des parties à élimination directe.

En cas d'égalité, la partie est recommencée. A la deuxième égalité, le robot, le mieux classé lors des qualifications, est déclaré vainqueur.

### FICHE DE PRÉ-INSCRIPTION

Nom	
Adresse	
Téléphone (facultatif)	
Fax (facultatif)	
Email (facultatif)	
Présenter votre projet Catégories : A <input type="checkbox"/> ou B <input type="checkbox"/> (cocher la case)	
Principe (fonctionnement)	
Actionneurs (Moteurs)	
Capteurs	
Stratégie	
Moyens disponibles	
Budget	



*S'il est un sujet particulièrement vaste, c'est bien celui des capteurs.*

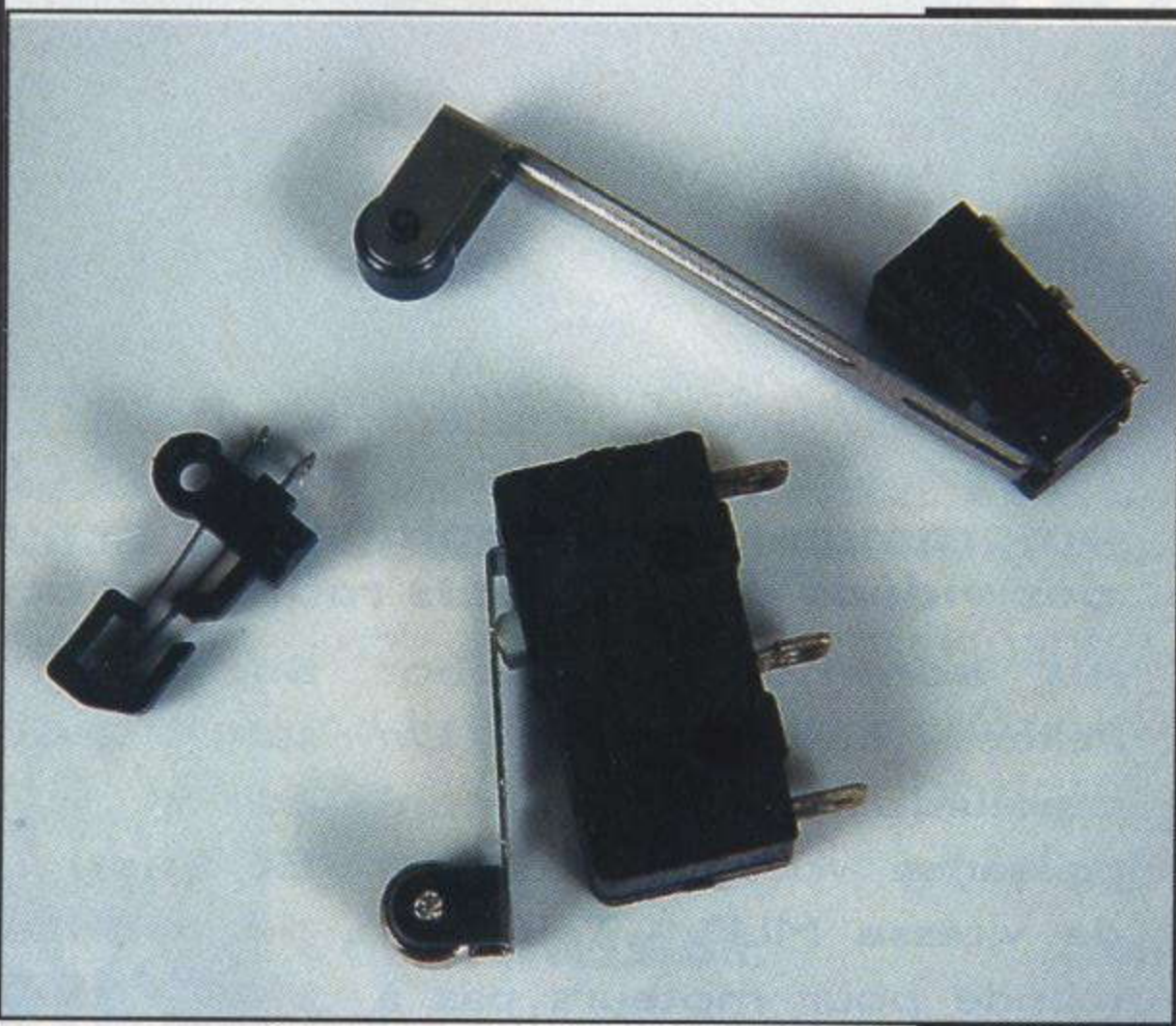
*Un élément qui rendra compte de l'environnement du robot et de ses organes et qui s'interconnectera avec son cerveau...*

*Les capteurs sont d'une extraordinaire variété et font appel à toutes les techniques de capture des données physiques.*

*Il va donc falloir limiter notre champ d'exploration.*

## DÉTECTER LA PROXIMITÉ...

Le capteur, c'est un élément qui va partir d'une information extérieure pour délivrer un signal électrique. Prenons le cas d'un capteur de fin de course, chargé de détecter la position ultime d'un organe mobile. Son palpeur (**FIGURE 1**) touche un obstacle, par exemple une butée, deux contacts ouvrent (ou ferment) un circuit dans lequel un courant passe. Nous avons détecté la position précise où le circuit électrique s'ouvre et délivre un signal électrique. Ensuite, un circuit électronique pourra entraîner une action, arrêt d'un moteur (sans oublier l'autorisation de rotation



en sens inverse), déclenchement d'un piston, mise en route d'un autre moteur, etc. Notre capteur est une forme très rustique du détecteur de proximité : le support de notre capteur était arrivé à proximité de la fin de sa course, ce n'est pas la butée sur une pièce mécanique qui a déterminé la fin du déplacement, mais son approche.

Si la pièce mobile continue à se déplacer, il existe un risque pour la vie de l'interrupteur, c'est un élément à prendre en compte lors de sa conception. Il faudra analyser les mouvements, déterminer la nature du détecteur, son mode de commande en conséquence. Ce type de capteur est très utilisé dans notre environnement. Ouvrez la porte de votre voiture, vous remarquerez, près de la charnière, un téton de caoutchouc : il cache de doigt de commande d'un contact. Dès que la porte s'ouvre, le contact se ferme et allume le plafonnier. Il signalera aussi à l'ordinateur de bord qu'une porte n'est que partiellement fermée.

Dans ces cas, il n'y a pas de saisie de la position réelle de la pièce mobile mais simplement une information de type 0 ou 1. La position est une donnée continue, elle demande d'autres types de capteurs capables de dire si la porte est à moitié ouverte ou complètement fermée...

L'information complète n'est pas toujours nécessaire, elle rend l'installation plus complexe, donc plus onéreuse. Le capteur de fin de course peut aussi servir de sécurité et éviter un blocage du moteur.

## LE DÉTECTEUR SANS CONTACT

Plusieurs techniques, plus ou moins complexes, permettent de détecter l'approche d'un obstacle et par suite d'éviter ce dernier, donc sans y toucher. Le type de détecteur devra être adapté à son environnement, c'est à dire à la nature des éléments à détecter. Une pièce métallique ne se détecte pas de la même façon qu'une matière plastique... On a donc imaginé divers types de capteurs que l'on peut trouver chez les spécialistes.

La **FIGURE 2** donne le principe d'un détecteur de proximité inductif à haute fréquence. Un bobinage piloté par un oscillateur sert d'excitateur et de détecteur. Lorsque la surface métallique, conductrice, est éloignée du champ magnétique, l'amplitude d'oscillation est maximale. Lorsque le mobile se rapproche de la surface métallique, l'amplitude de l'oscillation décroît du fait de la dissipation d'énergie dans le matériau. Un circuit électronique détectera un minimum d'amplitude et actionnera sa sortie. On pourrait également calculer la distance qui sépare le mobile du capteur, par une estimation de l'amplitude du signal. Cela suppose une excellente stabilité de l'électronique et la connaissance de la courbe de décroissance du niveau en fonction de l'amplitude.

Dans un détecteur inductif, la forme du circuit magnétique associé à la bobine joue un rôle important, on utilise un pot de ferrite qui "projette" le champ magnétique vers l'avant. La distance de détection est relativement réduite. Plus le pot sera grand, plus importante sera la distance, mais au prix d'un encombrement élevé du capteur. La distance pratique va de moins de 1mm à 40mm et dépendra



FIGURE 1

Un simple contact détecte la position d'un module par rapport à un obstacle.

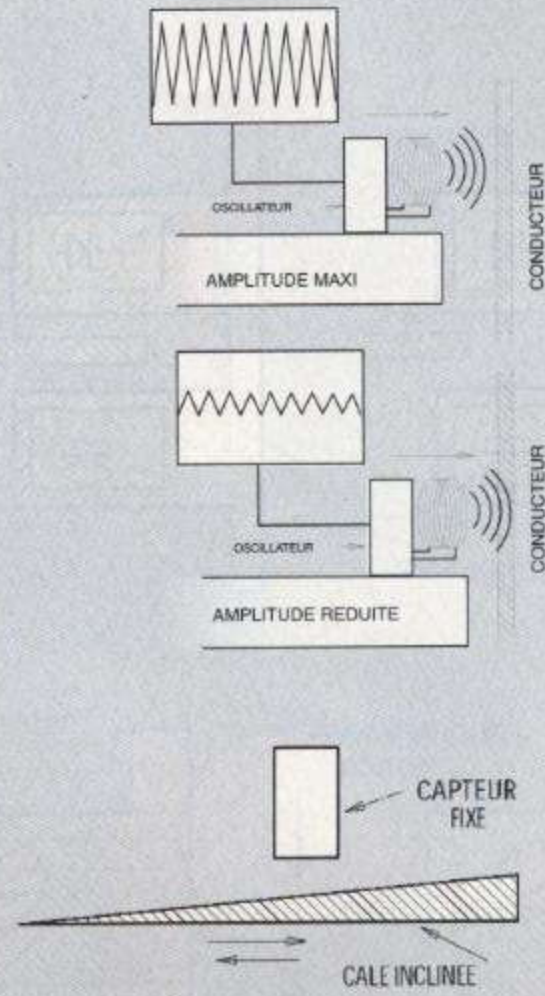
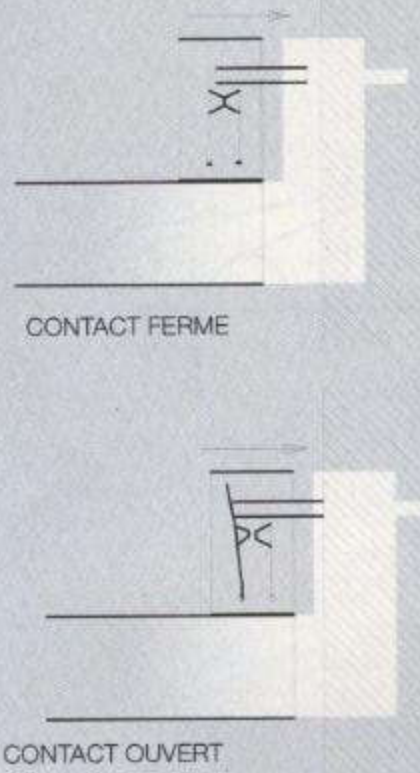


FIGURE 2

Le détecteur inductif exploite l'amortissement d'une oscillation en présence d'un conducteur.

FIGURE 3

Avec une cale inclinée, on peut détecter un mouvement de grande amplitude, sans risque de collision.

aussi de l'environnement, l'insertion d'un détecteur inductif dans un bloc métallique modifie la distance de détection.

La **FIGURE 3** monte comment on peut utiliser un capteur de ce type pour détecter un déplacement plus important.

Dans le même type de boîtiers, généralement cylindriques, on trouve aussi des capteurs capacitifs qui utilisent la modification de la capacité entre le capteur et son environnement.

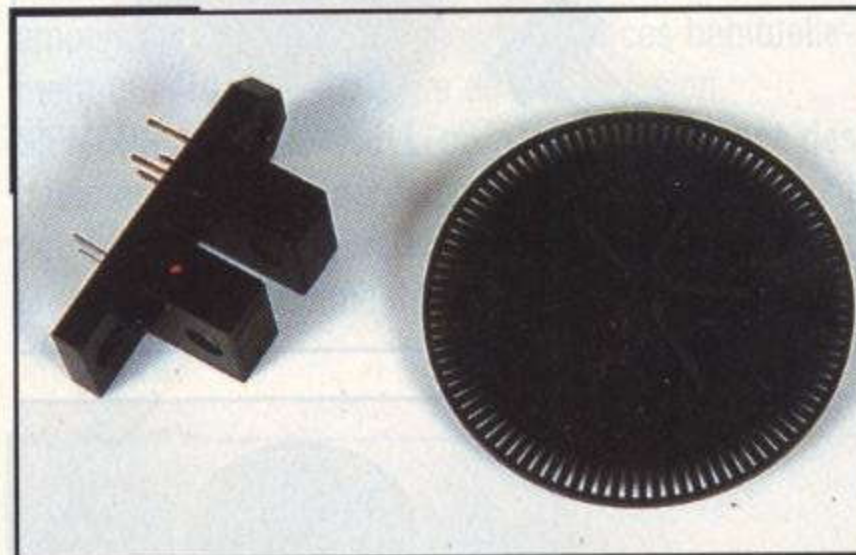
### LES "FINS DE COURSE" OPTIQUES

Les fabricants de composants optoélectroniques ont mis dans leur catalogue des composants conçus pour une détection de fin de course ou de passage. Ces composants associent un émetteur capteur de lumière. L'émetteur est une diode électroluminescente travaillant généralement dans l'infrarouge, c'est à dire la zone de sensibilité maximale du capteur. Ce dernier est une photodiode ou un phototransistor : un composant qui laisse d'autant plus passer le courant qu'il est éclairé. La **FIGURE 4** donne le principe du détecteur dit "à fourchette". La diode et le phototransistor sont installés dans une pièce moulée opaque, un trou laisse passer la lumière de la diode électroluminescente au phototransistor. Ce dernier est conducteur. Lorsqu'un obstacle passe dans la fourchette, le flux lumineux est interrompu de même que le passage du courant dans le phototransistor. Le phototransistor est inséré dans un circuit électro-

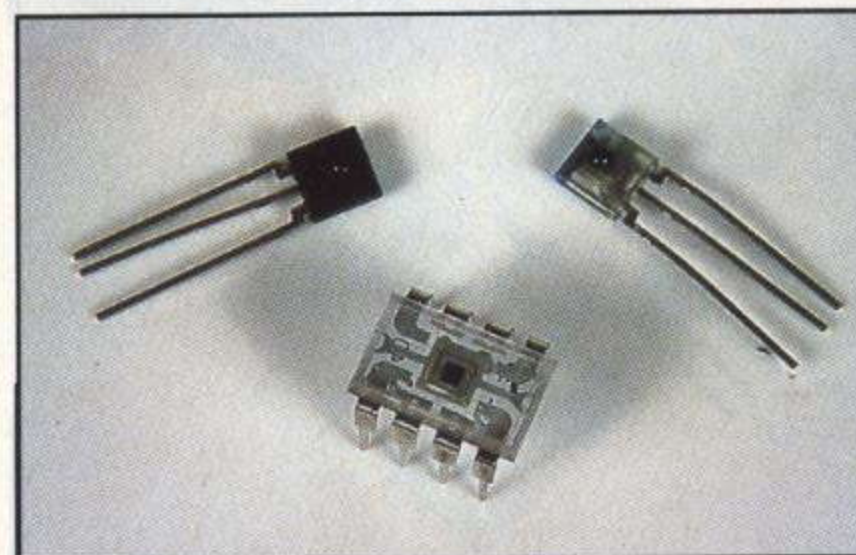
nique qui commandera un organe externe, relais, circuit logique...

La **FIGURE 5** monte l'organisation d'un capteur à réflexion. Une diode émet sa lumière à destination du futur obstacle. Lorsque ce dernier se présente, il renvoie la lumière au phototransistor. Ce dernier la reçoit et se met à conduire. Le circuit électronique détecte cet état et peut émettre un ordre.

La distance de détection est de quelques millimètres.



Fourche optique à deux détecteurs et roue à fentes : de quoi constituer un codeur incrémental.

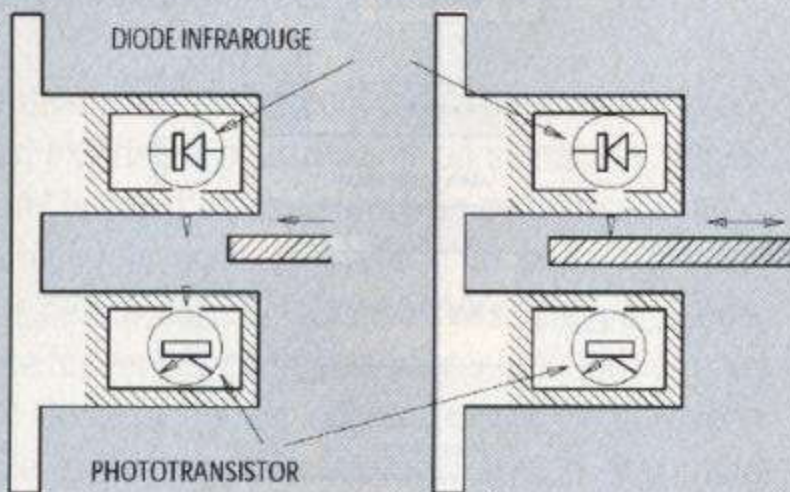


Des détecteurs optiques intelligents de TEXAS Instruments, l'amplificateur est intégré et on peut aussi sortir directement une fréquence.



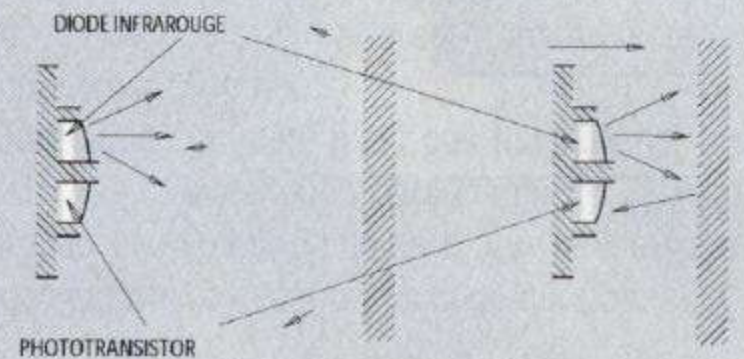
**FIGURE 4** ◀

Le détecteur à fourchette associe une diode et un détecteur, le passage d'un obturateur déclenche un signal.



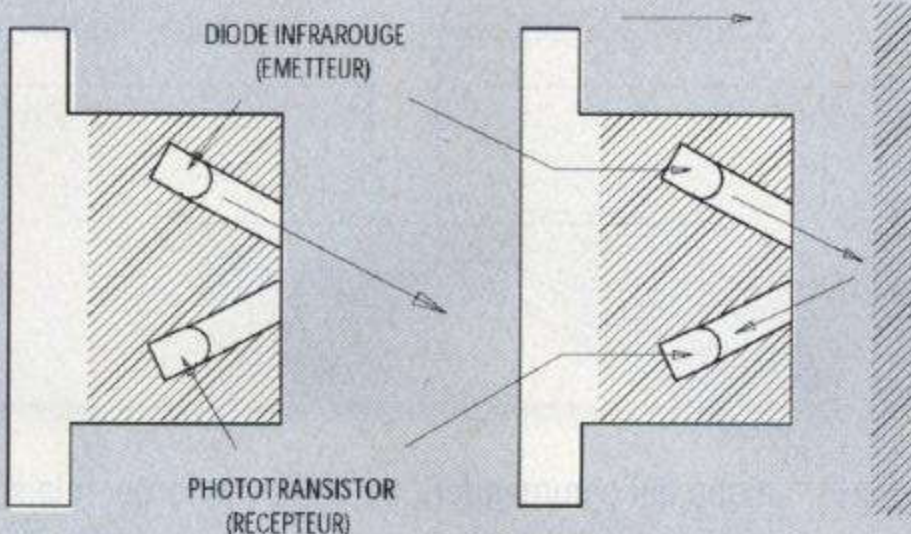
**FIGURE 5** ◀

Principe du détecteur à réflexion sans cible, l'émission se perd, elle sera reçue lorsque la cible se rapprochera.

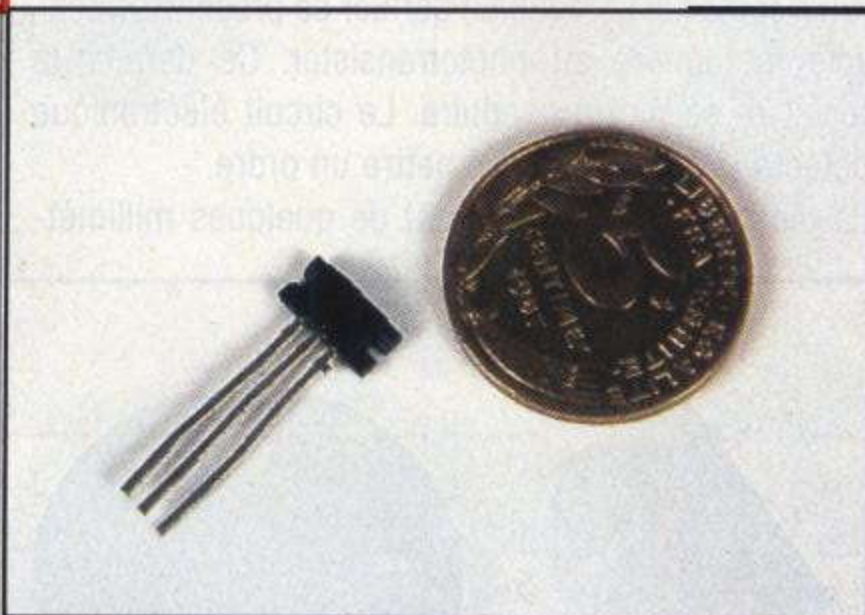


**FIGURE 6** ◀

D'autres détecteurs de proximité, subminiatures permettent une détection ou un comptage rapprochés..



Micro détecteur à réflexion, il associe un émetteur et un récepteur. Ce modèle SIEMENS a été remplacé par plusieurs versions CMS.



Ces photo-résistances multiples et différentielles facilitent la réalisation de servomécanismes et systèmes de visée..



res. Ici, nous avons un dispositif optique (tube) sélectionnant la direction de la lumière incidente et limitant l'influence de faisceaux lumineux provenant en dehors de l'axe. L'utilisation d'une diode et d'un photo-détecteur directif concentre l'émission dans une direction et privilégie la lumière arrivant dans une direction.

La **FIGURE 6** donne le principe d'un détecteur miniature type SFH 900 SIEMENS ou similaire, il associe un émetteur et un récepteur, mais avec une réponse peu directive.

Sur la **FIGURE 7**, nous utilisons un volet incliné pour obturer plus ou moins le passage de la lumière. Cette technique permet de réaliser des capteurs sans frottement, en adaptant la forme du volet à la courbe de transfert déplacement/information de sortie, on linéarise le dispositif.

Les capteurs optiques sont sensibles à la lumière environnante : un fort éclairage frappant le photo-détecteur déclenche le passage du courant et la commutation. On sera donc appelé, pour améliorer les performances et limiter les interférences avec des sources lumineuses externes, à installer un filtre devant le détecteur, il le rendra insensible au rayonnement visible de la lumière. Ces filtres ont une couleur noire.

La seconde précaution consiste à utiliser une émis-



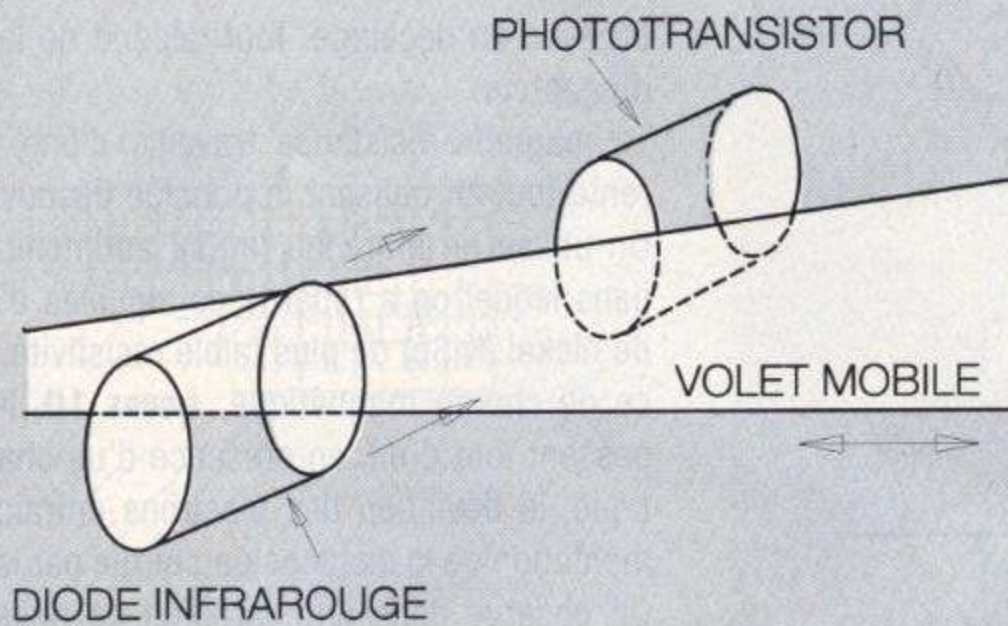


FIGURE 7

Le flux émis par la diode électroluminescente est modulé par le volet mobile.

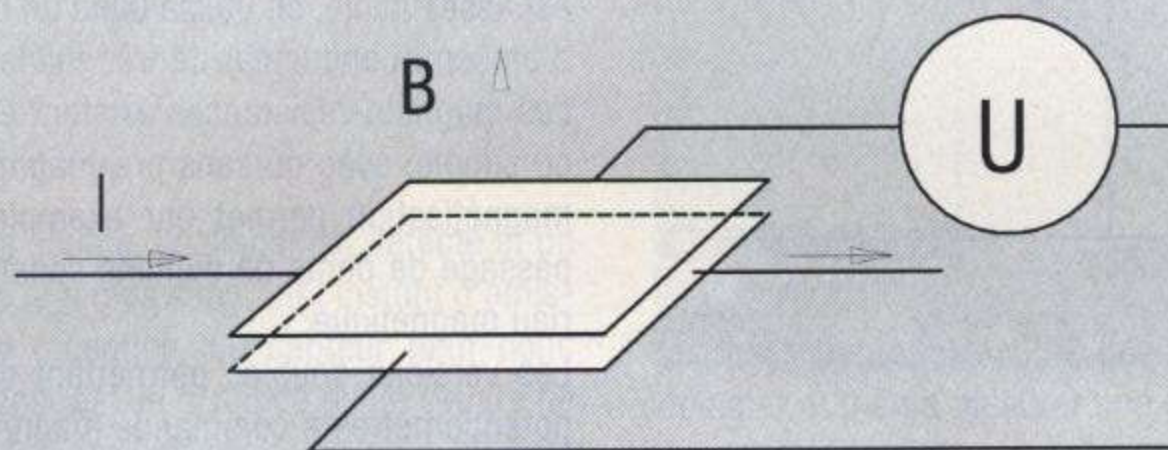


FIGURE 8

Principe du capteur à effet hall, en présence d'un champ magnétique, une tension apparaît de part et d'autre du conducteur.

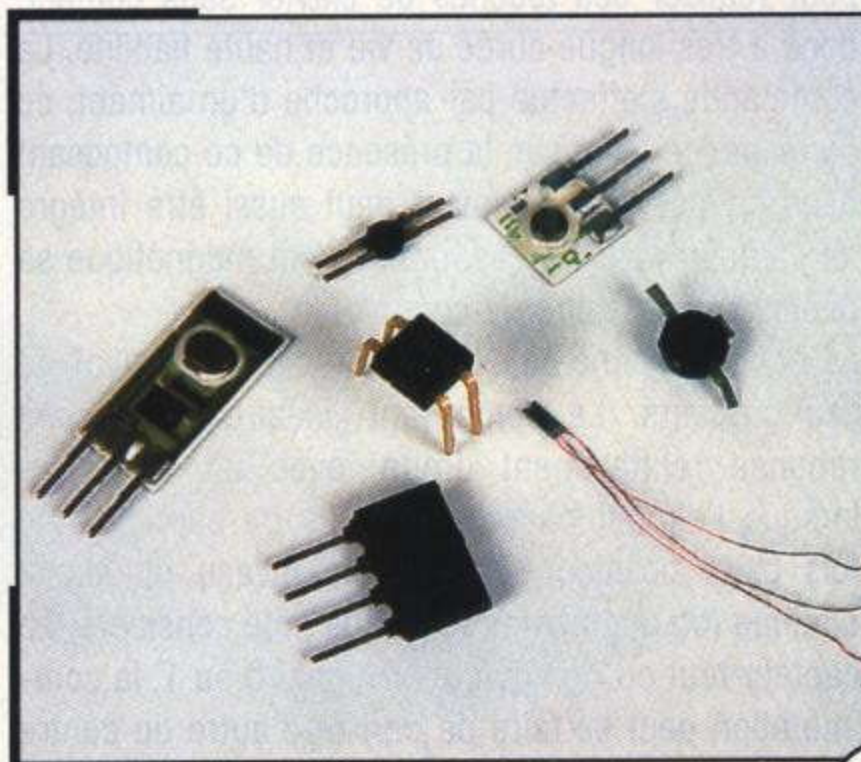
sion de lumière pulsée à une fréquence haute. La lumière d'une lampe à incandescence alimentée en alternatif comporte une émission pulsée à 100 Hz. L'utilisation d'un filtre ne laissant passer que les fréquences hautes au-dessus de 100 Hz assurera une bonne protection. Attention toutefois à la saturation du capteur par une lumière trop violente, il devient insensible à la lumière modulée. L'utilisation d'une lumière modulée, si elle améliore la fiabilité de la transmission vis à vis du monde extérieur peut augmenter le temps de réponse du système et entraîne une augmentation importante de la complexité du système, donc de son coût. La lumière pulsée permet d'associer une consommation réduite à un fort courant de pointe, donc une meilleure immunité vis à vis de la lumière ambiante.

## DES DÉTECTEURS TRÈS TECHNIQUES

Le capteur optique de base est une photodiode. Pour bénéficier d'un gain supérieur, on utilise des phototransistors. Les fabricants de semi-conducteurs sont allés plus loin avec des capteurs spécifiques. HONEYWELL propose des capteurs à fourche équipés d'un détecteur à trigger de Schmitt assurant une commutation franche. TEXAS Instruments propose, avec son TSL 230, un

convertisseur lumière fréquence permettant un interfacement direct avec un microprocesseur. Les TSL 260 et 250 associent une photodiode et un amplificateur à transconductance.

Le marché des appareils domestiques à télécommande infrarouge a entraîné la sortie de modules à amplificateur accordé sur les fréquences habituellement utilisées pour ce type de transmission. SIEMENS et HONEYWELL proposent également des détecteurs équipés de deux capteurs, ils permettent de réaliser des codeurs incrémentaux et de détecter un sens de déplacement.

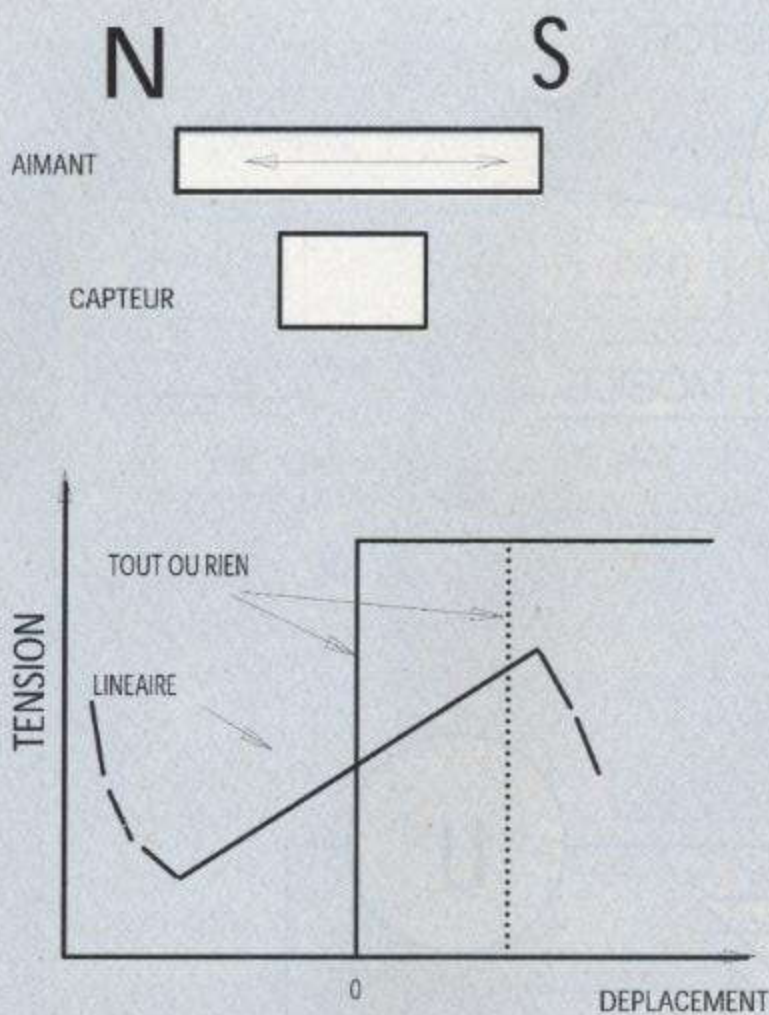


Quelques détecteurs magnétiques effet Hall et magnétorésistances.



FIGURE 9

Le déplacement d'un aimant devant un élément à effet hall donne naissance à une tension variant presque linéairement dans une plage limitée par la taille de l'aimant.



## CAPTEURS MAGNÉTIQUES

Après l'optique, passons au magnétique. Le capteur magnétique a l'avantage de libérer l'utilisateur des contraintes imposées par la présence de lumières parasites. Ces capteurs fonctionnent suivant deux principes : effet hall et magnéto-résistance.

La **FIGURE 8** donne le principe du détecteur à effet hall, la tension  $U$  est proportionnelle au courant et à l'intensité du champ magnétique. L'élément sensible est un semi-conducteur mince dont le matériau est choisi en fonction de la sensibilité désirée.

Deux types de capteurs sont réalisés à partir de ce principe : capteurs tout ou rien et capteurs linéaires. Le capteur tout ou rien est utilisé en détecteur de proximité sans contact. On l'a, par exemple, utilisé pour réaliser des touches de clavier sans contact, donc à très longue durée de vie et haute fiabilité. La commande s'effectue par approche d'un aimant, ce qui suppose, bien sûr, la présence de ce composant dans l'installation. L'aimant peut aussi être intégré au capteur, dans ce cas, un élément magnétique se déplace pour assurer la commande.

La **FIGURE 9** donne un exemple de mode de travail de ces capteurs. Le composant linéaire donne une réponse relativement droite, avec un maximum lorsque l'aimant passe au-dessus du capteur. Une fois cette position dépassée, le niveau du signal diminue (ou augmente) suivant le pôle considéré. Le capteur tout ou rien donne un signal 0 ou 1, la commutation peut se faire de part et d'autre du centre

ou avec un décalage. Tout dépend de la conception du capteur.

La magnéto-résistance travaille d'une façon différente tout en utilisant le principe découvert par Hall. On utilise un matériau (InSb), antimoniure d'indium dans lequel on a réparti des aiguilles d'antimoniure de nickel (NiSb) de plus faible résistivité. En l'absence de champ magnétique, **FIGURE 10**, les électrons passent tout droit, en présence d'un champ magnétique, la déviation des électrons entraîne une augmentation de la distance parcourue par les électrons. On observe donc une variation de résistance électrique du matériau. La résistance propre du matériau est assez faible, on utilise donc un tracé en méandre d'un semi-conducteur de très faible épaisseur.

Les magnéto-résistances existent en version double ou simple, avec ou sans pré-magnétisation. La pré-magnétisation permet par exemple de détecter le passage de dents de pignons constitués d'un matériau magnétique.

Les versions doubles permettent de constituer des potentiomètres à commande magnétique.

Qu'il s'agisse de capteurs à effet Hall ou à magnéto-résistance, il est toujours possible de jouer sur la forme des pièces polaires des circuits magnétiques comportant le détecteur afin d'obtenir la forme de courbe désirée, dans les limites permises par la physique.

L'industrie propose pas mal de capteurs à effet Hall utilisables en proximité, pour le comptage de dents d'engrenages, on les utilise pour la détection de position du rotor de moteurs à courant continu sans balais ou pour la réalisation de codeurs incrémentaux... Cette liste n'est, bien sûr, pas limitative...

## DÉTECTEURS À ULTRASONS

Le détecteur à ultrason, version simple, envoie un signal dans l'air et le reçoit en même temps après réflexion sur une surface. Suivant l'angle d'incidence du son sur cette surface et l'état de surface de cette dernière, on obtiendra un signal de plus ou moins grande amplitude. Ce type de détection d'amplitude (**FIGURE 11**) permet de détecter la proximité d'un obstacle mais avec une précision très aléatoire et dépendant de beaucoup de paramètres.

Plus raffiné sont les systèmes de télémétrie comme celui proposé par Polaroid et initialement conçu pour les appareils photo de la marque. Cette fois, on mesure réellement la distance entre l'émetteur et l'obstacle en exploitant le principe du radar ou du sonar. Un émetteur envoie une série d'impulsions dans l'air, ces impulsions frappent un obstacle et





## TECHNOLOGIES

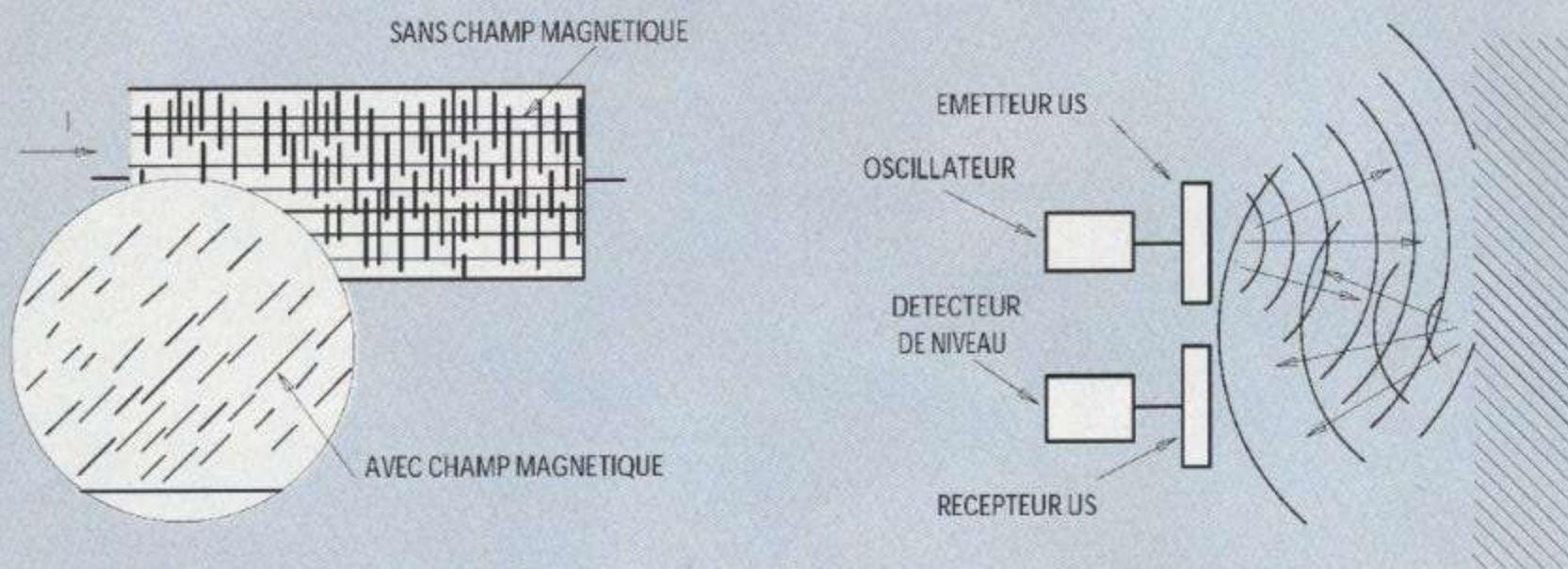
### CAPTEURS

► **FIGURE 10**

Principe de la magnéto-résistance, les aiguilles transversales présentent une faible résistivité. En présence d'un champ magnétique, le trajet du courant s'allonge, la résistance du composant augmente.

► **FIGURE 11**

Le sonar utilise des ultrasons qui seront réfléchis par la cible ou l'obstacle.



reviennent vers la source. Le signal est détecté et un compteur mesure le temps séparant l'instant d'émission de celui de réception. Le capteur peut donc connaître, en temps réel, la distance qui le sépare de l'obstacle et en déduire son évolution pour prendre les mesures qui s'imposent. Le principe paraît simple, mais la réalisation est complexe si on désire avoir une portée importante. Les ultrasons ont en effet la propriété de se diluer avec une atténuation de 6 dB chaque fois que la distance double. Le signal doit parcourir le double de la distance qui sépare l'émetteur de l'objet à détecter. En outre, la réflexion du signal ne s'effectue pas obligatoirement sur une surface perpendiculaire à l'émetteur, il y aura sans doute une diffraction qui entraînera une perte supplémentaire. Le sonar devra donc utiliser un amplificateur dont le gain augmente avec le temps. Ce type de circuit existe et a été conçu pour les systèmes de détection Polaroid.

L'émetteur sera de type céramique ou à condensateur, il faut monter à une fréquence de 40 kHz. Le modèle céramique est accordé sur la fréquence de 40 kHz et continue son émission une fois l'impulsion émise. On a donc intérêt, dans ce cas, à utiliser un récepteur différent de l'émetteur. Par contre, cette obligation n'existe pas pour le transducteur à condensateur, on utilise alors un commutateur qui permet de passer rapidement de l'émission à la réception. Le circuit de réception comporte tous les éléments de calcul et peut délivrer un signal correspondant à l'instant de détection du retour ou indiquer directement la durée.

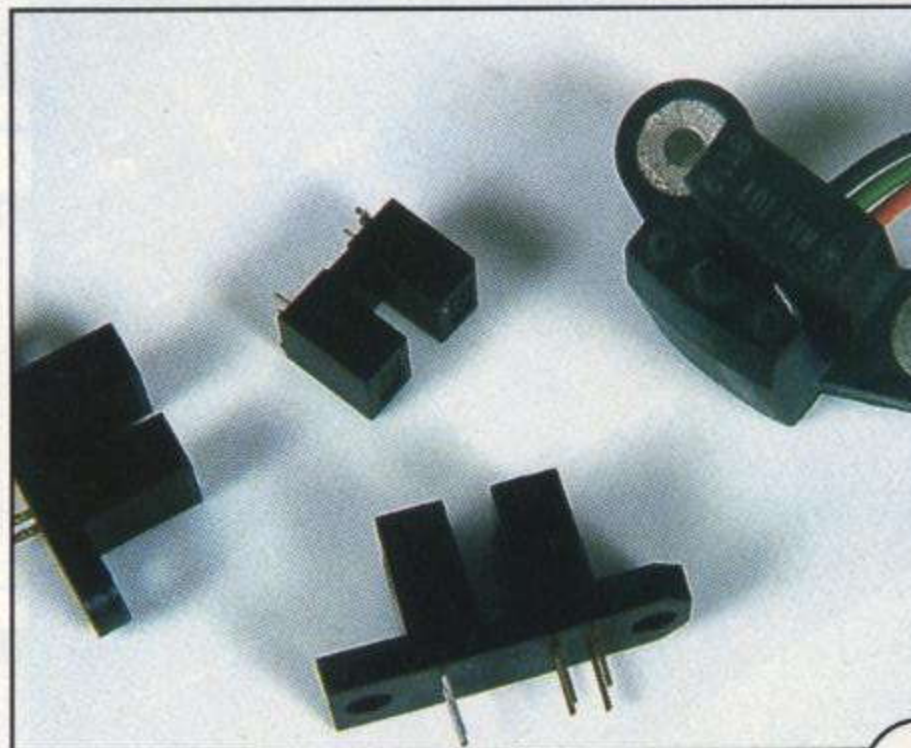
Les systèmes à ultrasons sont proposés industriellement comme détecteurs de niveau, leur portée va de quelques centimètres à plusieurs mètres...

## OPTIQUE

Le laser peut aussi être mis à contribution pour détecter et même mesurer une position. NAIS propose une gamme de produit permettant de mesurer avec précision une distance de  $\pm 10$  à  $\pm 150$ mm à



► **Capteurs à ultrasons MURATA, ceux du haut sont étanches...**

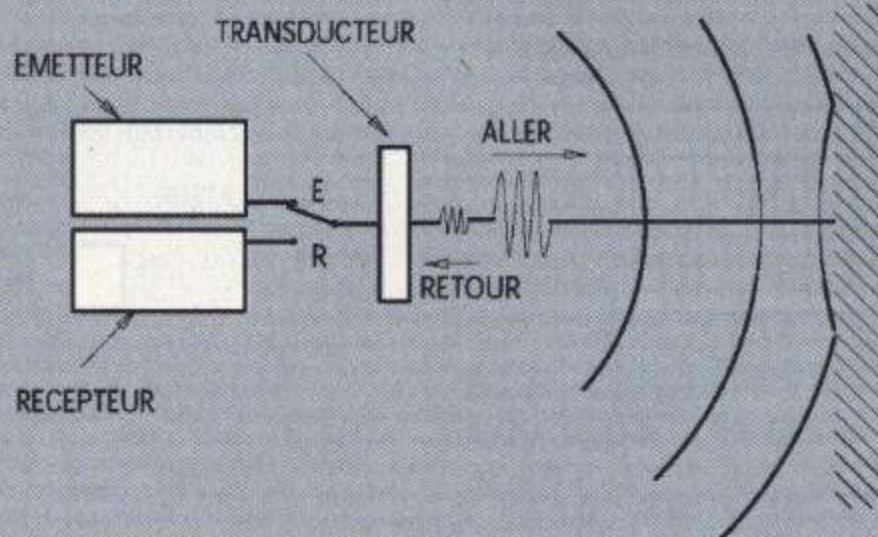


► **La fourche existe en version optique ou à effet Hall.**



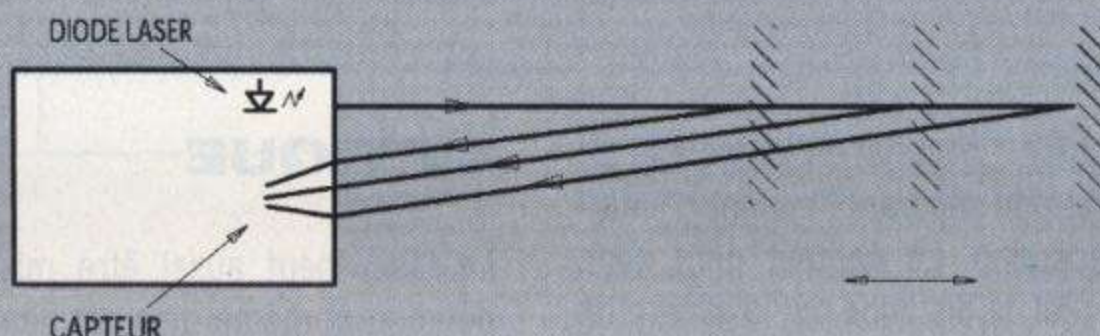
### FIGURE 12

Le signal de retour a une amplitude qui décroît rapidement lorsque la distance augmente. Le même transducteur peut être utilisé pour l'émission et la réception du signal.

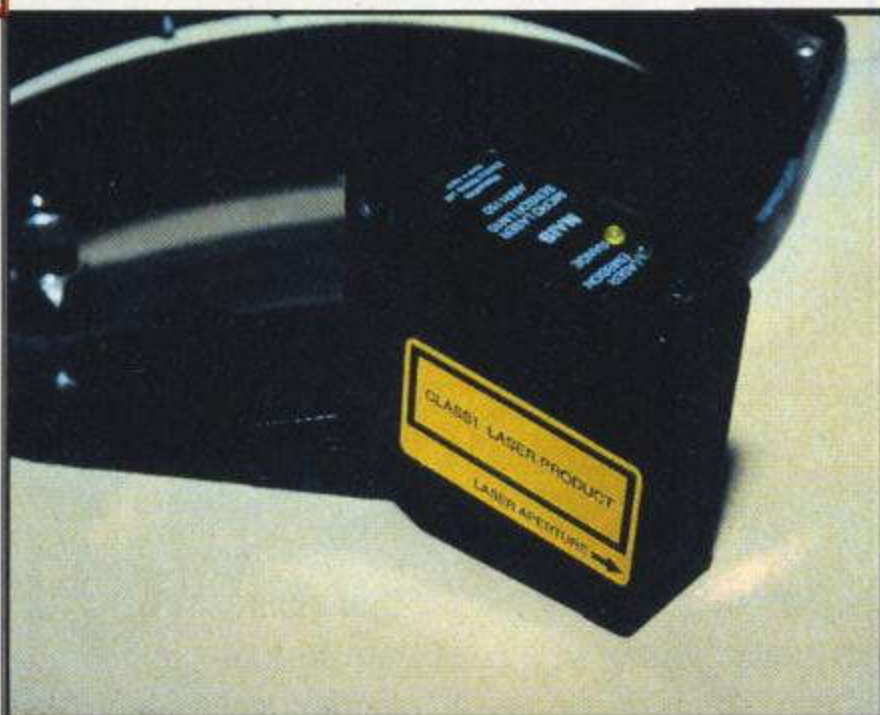


### FIGURE 13

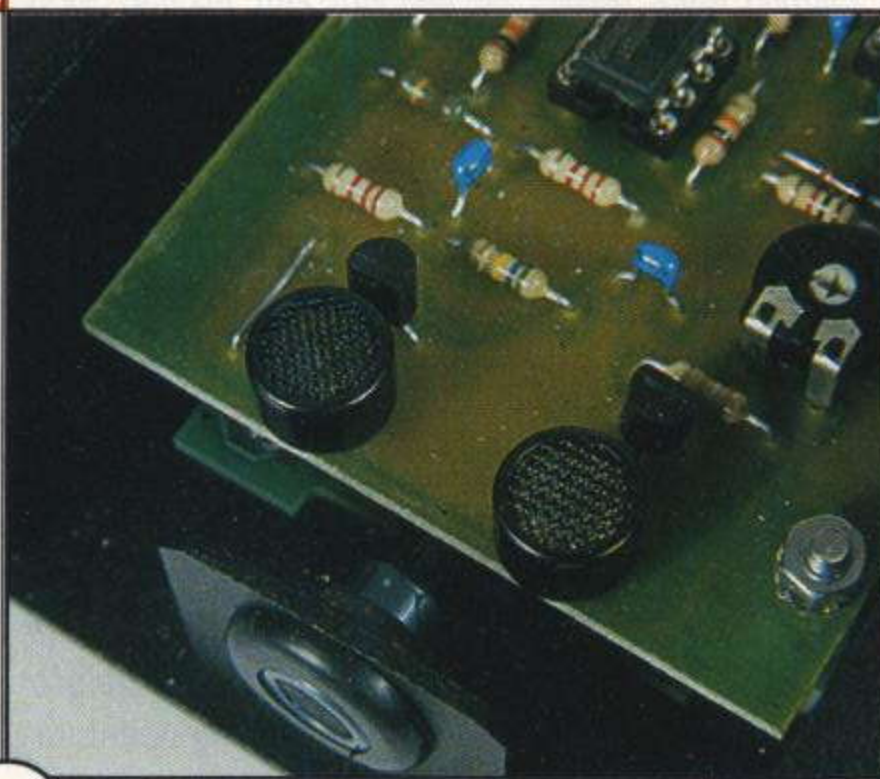
Le capteur de distance laser proposé par NAIS utilise un principe de triangulation, plus la cible s'éloigne et plus son image sur le capteur se déplace vers le bas...



Une tête de détection laser NAIS à triangulation, elle est ici utilisée pour des tests sur des haut-parleurs.



Deux capteurs à ultrasons constituent un détecteur de proximité, ils protègent l'accès à un micro.



une distance de 50 à 250mm. La **FIGURE 13** donne le principe du capteur, le laser émet un faisceau en direction d'une cible, un objectif regarde le point d'impact de travers et le rayon réfléchi atteindra une cible photosensible de type PSD (détecteur de position optique).

La position du point d'impact sur la cible dépend de la distance séparant le capteur de la cible. Le système travaille par triangulation.

Ce type de capteur émet un rayonnement laser dont on devra éviter la propagation en direction des yeux. Par ailleurs, un trop fort éclairage ambiant risque de perturber la mesure.

Plusieurs unités de contrôle sont proposées avec une sortie de distance en tension ou courant, elles délivrent également un signal d'alarme de sortie de la plage de travail.

Ces quelques capteurs permettent, pour les plus simples à sortie tout ou rien, de détecter un passage ou une fin de course, les plus sophistiqués, et aussi les plus chers, serviront à mesurer une distance avec une information de sortie évoluant de façon continue. Chaque capteur a ses avantages et ses inconvénients, on ne devra pas oublier leur environnement de travail pour en tirer le maximum...

E. LEMERY



RÉALISATIONS

CAPTEUR DIF

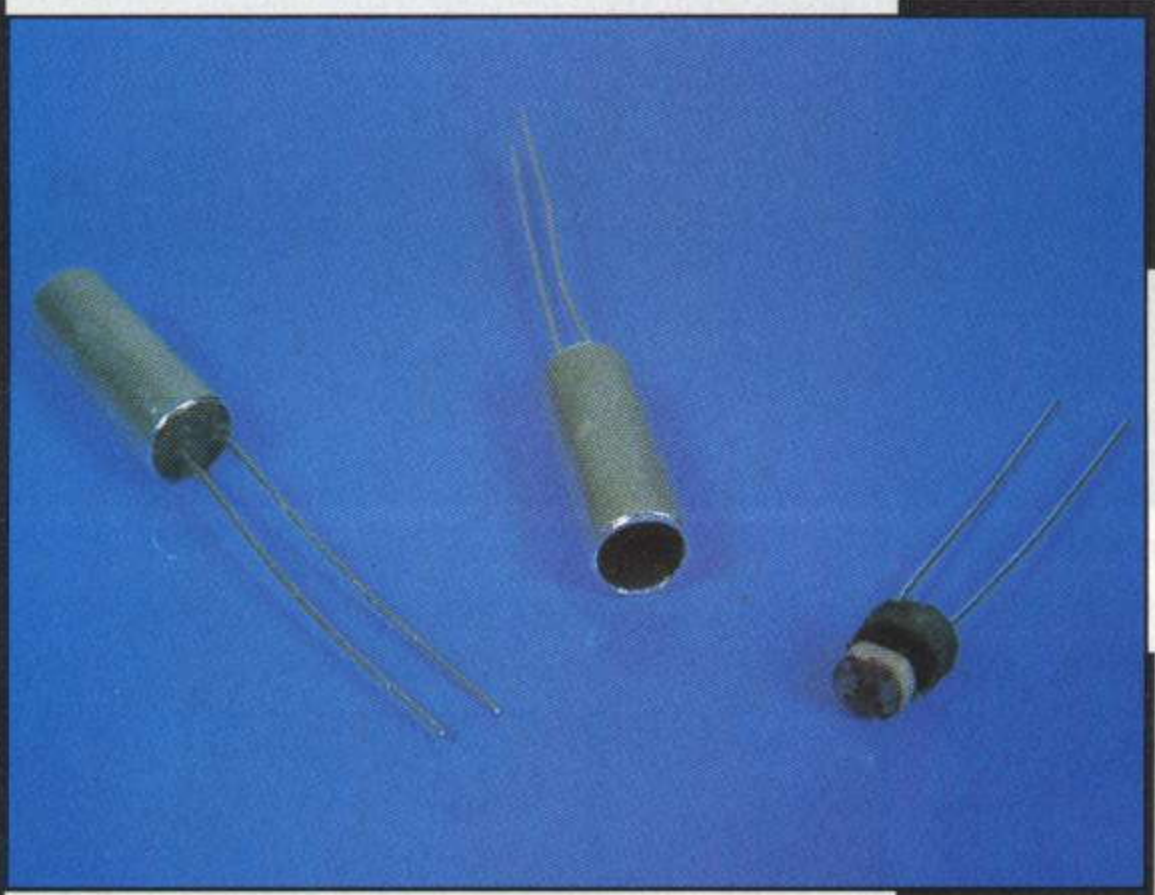
*Le capteur différentiel est un composant de base lorsque l'on désire bénéficier d'une saisie précise d'un phénomène. Prenons un exemple simple : vous devez détecter des lignes sur le sol en utilisant un capteur optique. Si vous utilisez un capteur standard, c'est à dire capable de faire la différence entre le noir et le blanc, donc en réagissant à l'intensité lumineuse, il fonctionnera parfaitement autour de son point de travail optimal, mais dès que la lumière tombera, le noir lui paraîtra noir et le blanc plutôt gris. Il sera désormais incapable de faire la différence alors que notre œil continuera à percevoir la différence entre les deux couleurs.*

Prenons un autre cas, celui d'un éclairage violent. Dans ce cas, le blanc sera plus que blanc tandis que le noir réfléchira suffisamment de lumière pour activer le photo-détecteur. Imaginez donc votre robot à cellule sous les feux de la télévision, il sera complètement aveuglé par les sunlights... Et nous, nous voyons toujours la différence entre le blanc et le noir quelles que soient les conditions d'éclairage, dans certaines limites, bien entendu. Notre œil a reçu un iris qui s'ouvre plus ou moins en fonction de la luminosité ambiante, il corrige automatiquement toutes les variations lentes de l'intensité lumineuse. Ce rôle est confié au diaphragme d'une caméra mais ne peut pas très facilement être transposé à un capteur. On devra donc se rabattre sur un système dit diffé-

Il bénéficie aussi d'une impédance d'entrée élevée, en plus, nous avons choisi un modèle intéressant sur ce plan, et d'une impédance de sortie assez basse. Ces deux caractéristiques dépendent du type d'amplificateur utilisé.

Passons à la pratique, **FIGURE 1**. Nous avons représenté ici un ampli opérationnel alimenté par une seule tension, par exemple 5V. La tension de sortie de cet ampli dépend du sens de la différence de tension appliquée entre les deux entrées.

Si on applique, 1 a, une tension négative (par rapport à l'autre entrée) sur l'entrée -, la tension de sortie de l'amplificateur sera positive. Si on applique, 1 b, une tension positive sur cette même entrée, la tension de sortie sera nulle.



Si maintenant on attaque l'entrée +, la tension appliquée provoquera une variation de la tension de sortie dans le même sens : Tension de sortie nulle avec une entrée négative (1c) et positive (1d) avec une tension d'entrée positive. L'entrée repérée + est dite non-inverseuse étant donné que le signal de la variation de sortie est le même que celui de l'entrée, l'autre inverseuse puisque l'application d'une variation positive entraîne une variation négative en sortie, donc une inversion.

Lorsque l'on réalisera un capteur différentiel, on travaillera sur la différence de tension entre les deux entrées comme nous allons le voir pratique-

ment. La **FIGURE 2** donne le schéma du capteur. Nous avons là un schéma assez universel pour s'appliquer dans de nombreuses circonstances, il pourra travailler en tout ou rien, c'est à dire avec un 0 ou un 1 en sortie ou, éventuellement, en linéaire avec une tension de sortie qui dépendra de la différence de tension appliquée aux entrées.

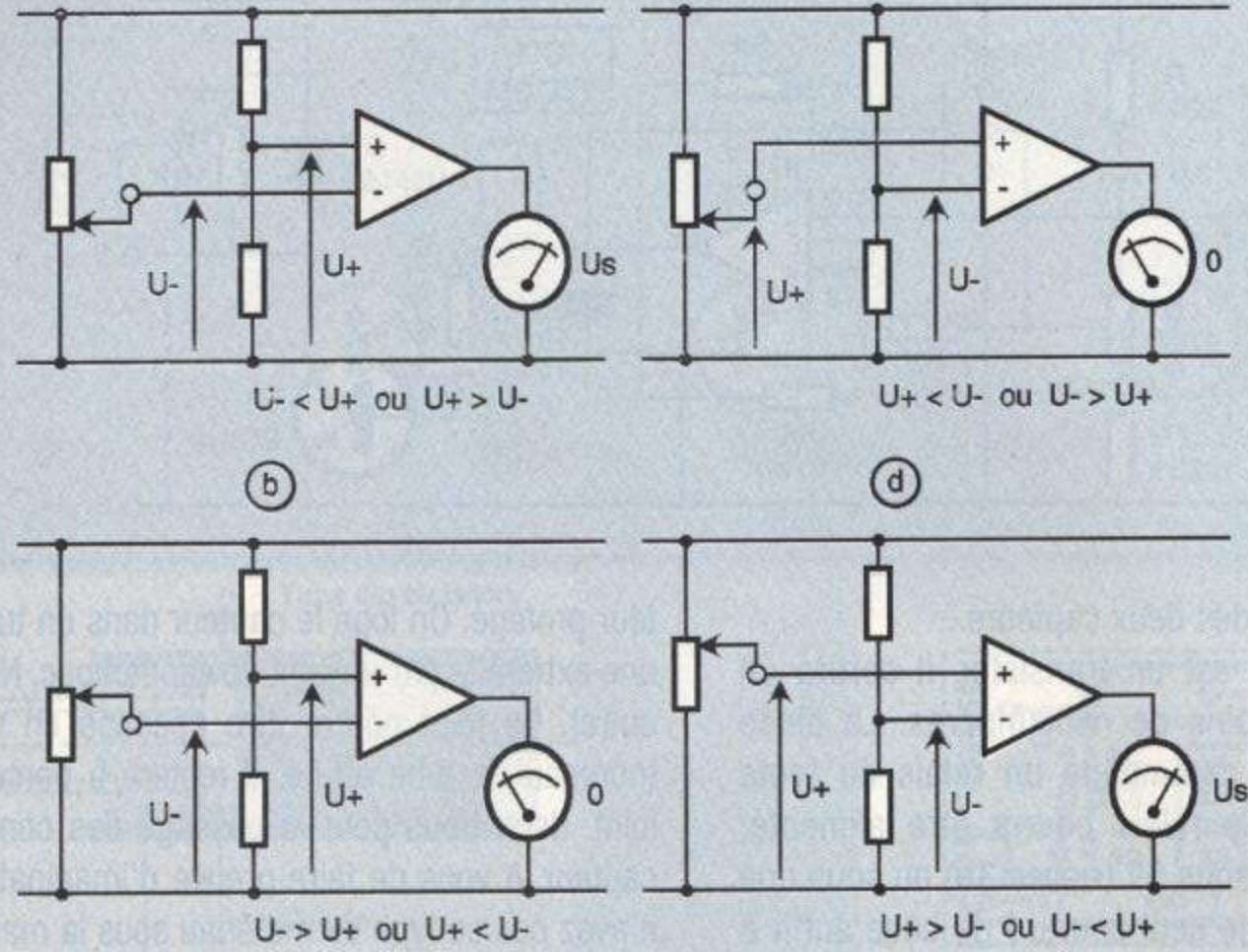
Le potentiomètre P1 polarise l'entrée non-inverseuse (+) à une valeur comprise entre 1,2 et 3,8V. On l'utilisera pour ajuster le point de déclenchement du capteur. Attention, nous avons pris ici des impédances relativement élevées, si vous effectuez une mesure de la tension, vous devrez vous méfier de l'impédance d'entrée du voltmètre, il risque de perturber la mesure, vous lirez alors une tension inférieure à la valeur réelle...

Les deux capteurs sont reliés aux bornes Ca1 et Ca2, une pastille carrée repérera la polarité positive, certains capteurs optiques, photodiodes, phototransistors ne fonctionnent que si la polarité est respectée. Les photodétecteurs laissent passer un courant dont

**SCHÉMA DE PRINCIPE**

Nous vous proposons ici de réaliser un capteur optique, donc apte à faire une détection de lignes sur le sol. Ligne claire sur fond sombre ou sombre sur fond clair. Bien sûr, plus le contraste sera élevé et mieux on pourra distinguer les deux éléments. Le montage se base sur un amplificateur opérationnel employé en mode différentiel. L'amplificateur opérationnel est un ampli doté d'un gain important.





**FIGURE 1**  
4 situations dans lesquelles peut travailler et se trouver un amplificateur différentiel...

la valeur dépend de l'intensité lumineuse qui les atteint. Plus l'intensité est élevée et plus le courant est grand. Si le capteur placé en Ca1 reçoit plus de lumière que celui relié à Ca2, la tension envoyée sur l'entrée inverseuse (-) de l'amplificateur sera supérieure à la moitié de la tension d'alimentation. Dans le cas contraire, nous aurons une tension inférieure. Cette règle sera la même si on utilise des capteurs à photorésistance, plus le capteur est éclairé plus sa résistance diminue donc, à tension constante plus le courant qui la traverse est important.

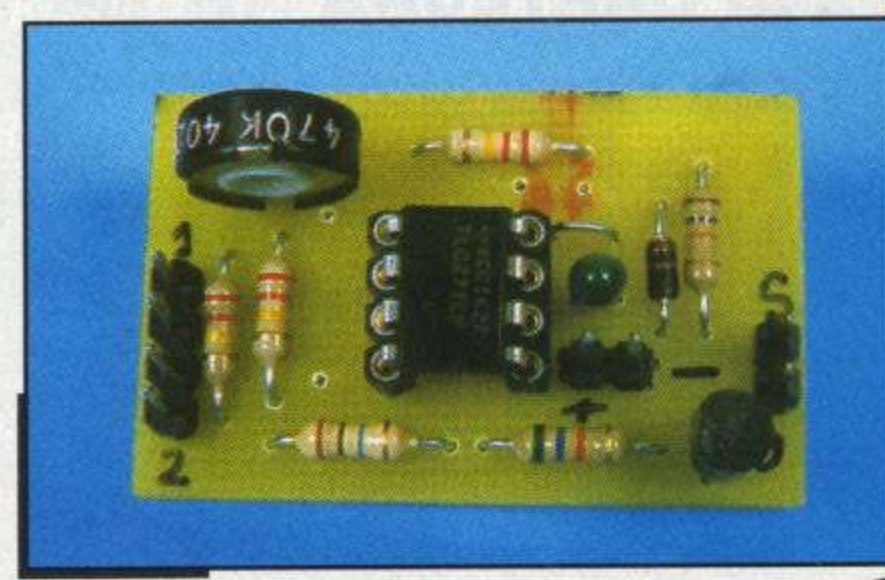
Nous avons utilisé ici un amplificateur opérationnel assez particulier, il peut en effet travailler avec une consommation réduite, moyenne ou haute avec pour conséquence une vitesse de travail plus ou moins grande. Dans le cas d'une détection de position, une vitesse lente suffit. La consommation s'ajuste en plaçant la broche 8 à une tension positive, nulle ou intermédiaire (de 1V à U alim -1V). Le tableau donne quelques données modifiées par la polarisation, le courant de sortie ne dépend pas de cette valeur.

La résistance R5 apporte une réaction positive au montage. Dès que le seuil de basculement a été atteint, la tension de sortie est modifiée et une fraction de cette tension est transmise à l'entrée non-inverseuse. On va donc augmenter l'amplitude du signal différentiel, accélérer et consolider le changement d'état. Par ailleurs, l'application de cette tension va légèrement modifier le seuil, il faudra donc que la tension redescende (ou remonte suivant le sens de l'action) plus bas (ou plus haut) que le seuil précédent pour que la sortie repasse à l'état initial. Cette résistance peut être omise, mais de faibles

variations de luminosité autour du seuil risquent d'entraîner la présence d'une suite incontrôlée de signaux en sortie... La résistance R4 peut réduire le gain de l'amplificateur. Si on désire obtenir un signal de sortie à variation continue, on pourra éliminer les composants de sortie, que sont R6, T1, D1 et R7 et installer une résistance R4. De sa valeur et de celle des capteurs dépendra la loi de variation de la tension de sortie en fonction de l'é-



Tous les éléments d'un capteur protégé

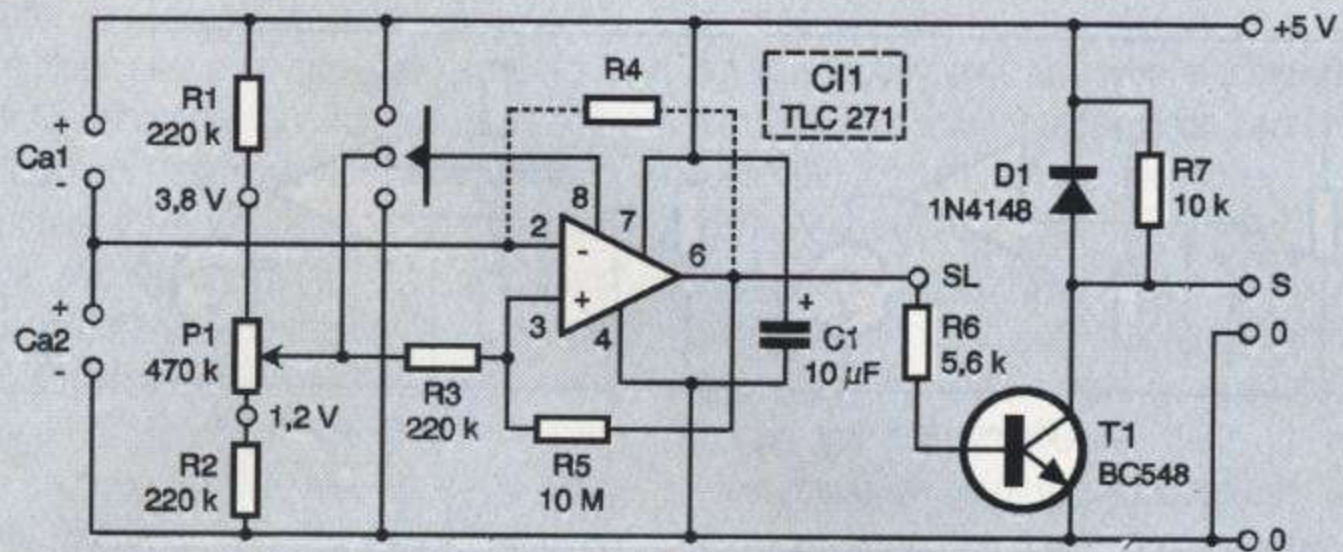


Présentation du module (38x25mm)



**FIGURE 2**

Schéma de principe du capteur différentiel



clairement respectif des deux capteurs...

Le circuit de sortie est un transistor, il sortira un courant d'une centaine de milliampères. La diode D1 s'installe si on commande un relais ou toute charge inductive. Ce relais pourra être alimenté, comme le montage sous 5V (FIGURE 3a) ou sous une tension supérieure, le seul courant de base suffit à faire conduire le transistor. On peut donc relier,

teur protégé. On loge le capteur dans un tube fermé à une extrémité par un joint de caoutchouc, Néoprène ou autre). Ce joint pourra être découpé en utilisant un morceau de tube affûté, il restera à percer, dans ce joint, deux trous pour le passage des connexions du capteur. A vous de faire preuve d'imagination si vous n'avez pas ce type de matériau sous la main...

Attention, nous avons eu quelques sérieux problèmes

Polarisation	Haute	Moyenne	Basse
Charge	10 kΩ	100 kΩ	1 MΩ
Consommation	3,4 mW	0,5 mW	0,05 mW
Vitesse de balayage	3,6 V/μs	0,4 V/μs	0,03 V/μs
Bande passante à gain unité	1,7 MHz	0,5 MHz	0,09 MHz

comme la FIGURE 3b le montre, la sortie, c'est à dire le collecteur du transistor à un relais 12 ou 24V. Le relais remplacera la résistance R7 et la connexion allant au +5V pourra être coupée. La FIGURE 3c montre comment installer une diode témoin pour tester le montage. La diode s'éteint lorsque la sortie de l'ampli opérationnel monte. S'agissant de la valeur de la résistance R7, on pourra s'étonner d'avoir une résistance de collecteur supérieure à la résistance de base. Cette configuration permet d'attaquer un circuit logique TTL, la résistance R7 servant de rappel et évitant la production d'oscillation non contrôlée en sortie du circuit logique (FIGURE 3d).

### LES CAPTEURS

Le capteur optique est sensible à la lumière et ne supporte pas les lumières parasites. Vous devrez donc l'installer dans un abri qui l'empêchera de recevoir ces lumières parasites.

Attention, certaines matières plastiques qui paraissent noires laissent passer l'infrarouge susceptible de faire circuler du courant dans le détecteur... Une fois le capteur réalisé, il sera bon de vérifier qu'il ne laisse pas passer de lumières parasites.

La FIGURE 4 donne un exemple de réalisation d'un cap-

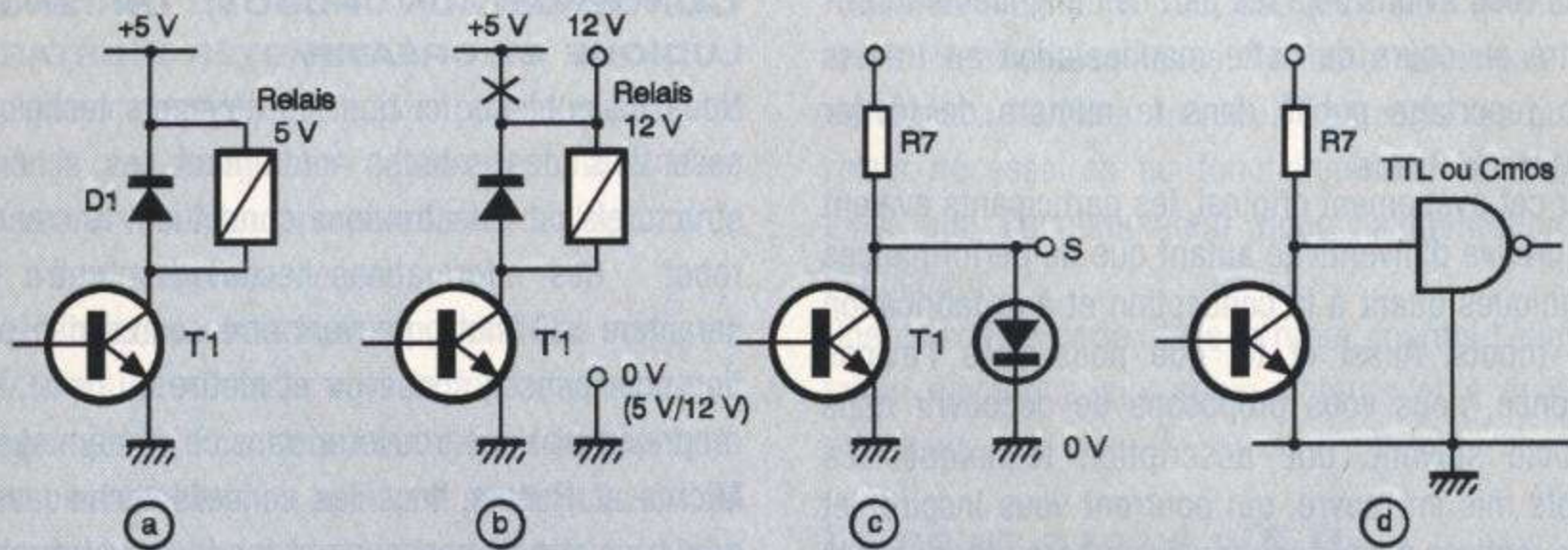
avec un joint de robinet noir et bien opaque mais qui avait le malheur d'être conducteur ! Nous nous sommes retrouvés avec un capteur dont les variations de résistances étaient anormales.

Vous devrez donc vérifier, pointes de touche pressées contre le caoutchouc, que la valeur de la résistance est très élevée lorsque le capteur est dans le noir. Dans le cas contraire, cherchez un autre matériau ! Vous pourrez aussi améliorer la sélectivité angulaire du capteur en peignant l'intérieur du tube en noir mat...

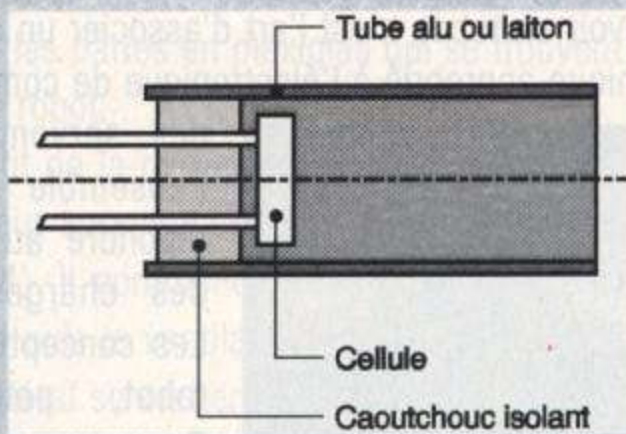
Pour un fonctionnement parfait, les deux capteurs devront être identiques, c'est à dire avoir la même caractéristique de transfert. Autrement dit, ils devront fournir le même courant avec la même valeur d'éclairement. Un classement de plusieurs composants est possible, il suffit de les placer sous une source de lumière relativement distante et de les mesurer...

On renouvelle l'opération en changeant l'intensité lumineuse. Les photorésistances, dont la surface est plate, permettent un réglage assez facile, il suffit en effet de passer un feutre noir à la surface du composant pour élever sa valeur ohmique grâce à l'atténuation de la lumière qu'il apporte. Pour des photodiodes ou phototransistor en boîtier transparent servant de lentille, l'opération est plus délicate.

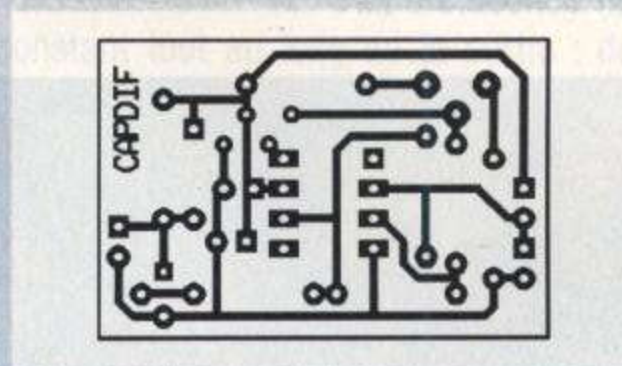




**FIGURE 3**  
Quelques exemples d'utilisation du circuit de sortie



**FIGURE 4**  
Réalisation d'un capteur, le tube d'aluminium ou de laiton le protège de la lumière ambiante



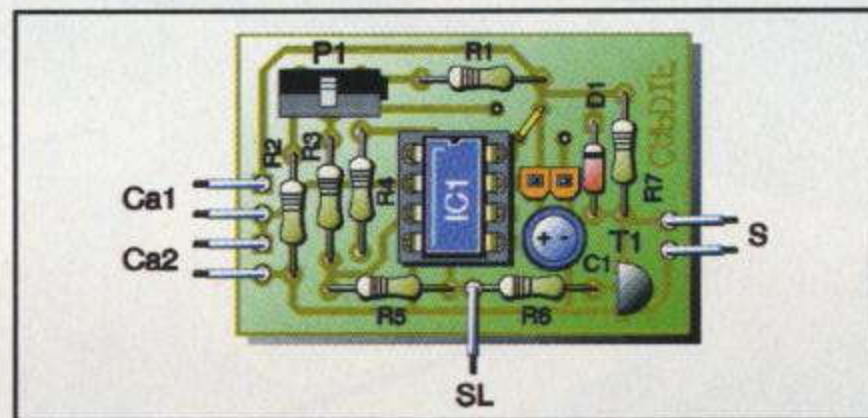
**FIGURE 5**  
Tracé du circuit imprimé.

## RÉALISATION DE L'ÉLECTRONIQUE

Comme ce détecteur est appelé à être installé dans un mobile, nous l'avons miniaturisé, **FIGURES 5 et 6**, on pourrait sans doute encore le réduire mais il faudrait utiliser des composants de très petite taille et les pastilles trop rapprochées entraîneraient une difficulté de réalisation. Par contre, rien ne vous empêche de redessiner un circuit aux composants plus distants...

Quelques composants ont droit à des égards, il s'agit du circuit intégré CI1, du transistor T1, du condensateur C1 et de la diode D1. Ces composants doivent impérativement être montés dans le bon sens. Le curseur du potentiomètre sera placé en position centrale. On veillera, au moment de l'installation, à alimenter le montage avec une polarité correcte. Les premiers tests seront réalisés en installant une diode à la sortie du transistor, la visualisation sera facilitée.

Il vous reste à installer les capteurs et à les braquer vers le sol : tracez une ligne noire et observez le comportement de la sortie. Un gradateur de lumière et un luxmètre vous permettront de constater le bon fonctionnement quel que soit le niveau de l'éclairage. Si vous devez travailler dans l'obscurité, il sera bon d'éclairer le sol à l'aide d'une diode rouge ou infrarouge, c'est ce qui consomme le moins d'énergie et qui correspond à une zone de haute sensibilité des capteurs...



**FIGURE 6**  
Implantation des composants

Ce type de capteur peut distinguer aussi le blanc du gris, sans utiliser de capteurs sélectionnés. Par ailleurs, son principe différentiel fait qu'il est capable de travailler avec une grande différence de luminosité, nous l'avons testé entre 10 et 10000 lux sous une lampe à incandescence avec un capteur à photorésistances non triées...

E. LEMERY

## NOMENCLATURE

- R<sub>1</sub> à R<sub>3</sub> : 220 kΩ 1/4W 5% (rouge, rouge, jaune)
- R<sub>4</sub> : voir texte
- R<sub>5</sub> : 10 MΩ 1/4W 5% (marron, noir, bleu)
- R<sub>6</sub> : 5,6 kΩ 1/4W 5% (vert, bleu, rouge)
- R<sub>7</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)
- C<sub>1</sub> : 10 μF chimique radial
- CI<sub>1</sub> : TCL271
- T<sub>1</sub> : transistor NPN BC548, 308, etc.
- D<sub>1</sub> : diode silicium 1N4148
- P<sub>1</sub> : potentiomètre ajustable vertical 470 kΩ
- Ca<sub>1</sub>, Ca<sub>2</sub> : capteurs, photorésistances de 5mm, phototransistors de 3 ou 5mm



*Enfin, tout ce que vous avez voulu savoir sur les Robots présentés au Grand Concours d'Électronique Pratique ! Si cet événement, qui s'est déroulé lors du Salon de l'Éducation de novembre 2000, fût une grande première pour E.P., il n'en reste pas moins que l'originalité et les prouesses techniques réalisées par les concepteurs ont de quoi faire pâlir les concepteurs de robots. Une majorité des participants à ce concours ont bien voulu nous dévoiler les "dessous techniques" de leur drôle de machines associés à leur stratégie de combat. Avis aux amateurs et passionnés de robotique !*

Nous vous avons déjà fait part de l'engouement rencontré au cours de cette manifestation au travers d'un reportage publié dans le numéro de février 2001 de la Revue. Pour cet événement original, les participants avaient fait preuve d'inventivité autant que de performances techniques quant à la conception et à la fabrication des robots. Aussi et tel que nous vous l'avions annoncé, nous vous proposons de découvrir dans l'article suivant, une description technique des robots mis en œuvre, qui pourront vous inspirer et vous motiver à développer votre propre robot pour le prochain Concours d'E.P.

### CONCEVOIR UN ROBOT, UN ENJEU LUDIQUÉ ET CRÉATIF.

Nous ne publions ici que les éléments techniques essentiels des robots, notamment les schémas structurels de l'électronique constituant le cœur du robot. Ces informations techniques, outre leur caractère informatif, peuvent être source d'inspiration pour penser, concevoir et mettre au point votre propre robot. Vous trouverez dans ce numéro spécial Micros et Robots, tous les conseils techniques et pratiques afin de concevoir et fabriquer votre robot. Concevoir un robot, c'est l'art d'associer un support mécanique approprié à l'électronique de commande

des servomoteurs, l'ensemble devant répondre au cahier des charges fixé. Les concepteurs de robot, pour ce Concours, se sont efforcés d'atteindre non seulement cet objectif, mais aussi d'y associer des solutions techniques très imaginatives, notamment par rapport au dispositif de récupération et de lancement des balles ! Les diverses solutions mises en œuvre pour l'enjeu



### LES RÈGLES DU JEU EN QUELQUES MOTS !

Pour vous placer dans les conditions initiales des participants, lors de ce tournoi automnal, nous vous invitons à relire les règles du jeu du Concours publiés dans le numéro 249 d'Électronique Pratique. Toutefois et afin de vous mettre dans l'ambiance, voici un bref rappel de ces règles.

#### Rappel :

L'aire de jeu, plaçant en concurrence deux robots « chargés » d'électronique, représente une table de jeu de type ping-pong amélioré, rectangulaire de 2 x 1,5 mètres sur laquelle on dispose dans leur position initiale 15 balles de ping-pong.

Le but du jeu étant de placer le plus de balles possibles du côté de l'adversaire avant les 3 minutes fixées par le règlement. Avant de livrer bataille, chaque robot est déposé sur sa zone de départ contre le rebord de la table (photo de titre).

du Concours d'E.P., révèle ainsi des initiatives diverses et ingénieuses pour relever ce défi. Nous vous proposons ainsi de découvrir au sein de cet article les solutions employées à l'égard des robots pour lesquels les Concepteurs ont bien voulu nous communiquer les éléments techniques nécessaires.

### LE ROBOT JAUBART II

#### LES PÉRIPIÉTIES DES CRÉATEURS

« Suite à la parution du règlement du concours robot dans Électronique Pratique, nous avons imaginé avec quelques copains un robot répondant au cahier des charges : Jaubart I était née. Mais après d'énormes difficultés de réalisation, de mise au point et de fiabilité, la décision a été prise de créer un robot plus simple et plus fiable, reprenant les principales idées du premier robot et en 15 jours JAUBART II faisait ces premiers tours de roue ».



#### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET STRATÉGIE RETENUE

La solution technique choisie pour expédier les balles de ping-pong chez l'adversaire a été de créer un énorme ventilateur, l'ensemble se déplaçant d'un bout à l'autre de l'aire de jeu.

Avant le début du match, le robot doit être configuré de façon à se déplacer vers le fond du terrain en début de partie. Pour cela il faut faire démarrer brièvement le robot tout en appuyant sur le poussoir qui se trouve à l'arrière du robot, ce qui permet de faire tourner les pattes en plexiglas qui se trouvent sur le côté du robot.

Au début de la partie le robot est actionné par l'interrupteur au sommet de la carte électronique (voir **FIGURE 1**). Il commence alors par se déplacer vers l'arrière puis le ventilateur et le moteur de déplacement latéral se mettent en marche.

Dès que le robot touche une paroi il repart automatiquement en sens inverse et ainsi de suite jusqu'à la fin du match. Le robot parcourt donc latéralement l'aire de jeu en renvoyant toutes les balles qui se trouvent devant lui.

#### LE CŒUR DU SYSTÈME

Le ventilateur, en raison de sa forte consommation, est alimenté indépendamment du reste du robot par un bloc d'accus 7,2 V 1200mAh (utilisé en modélisme). Pour les moteurs de déplacement, quatre piles de type R6 (1,5V) alcalines, montées en série sont nécessaires.

Les moteurs pour déplacer le robot sont des servo-moteurs dont l'électronique a été supprimée et la partie mécanique légèrement modifiée pour tourner sur 360° en continu.

Le ventilateur est un moteur de voiture de modèle réduit couplé à une hélice d'avion. La combinaison des deux permet de générer un gros volume d'air pour chasser les balles.

Le châssis est entièrement réalisé en aluminium riveté pour allier légèreté et rigidité. Les côtes du robot sont des cornières en aluminium fixe sur deux plaques carrées en alu de 8/10<sup>e</sup>. Ces deux plaques constituent le dessus et le dessous du robot. L'entrée d'air est protégée par une grille de ventilateur.

L'entraînement est fait par des pignons en plastique. Les roues sont des joints toriques placés sur des axes en aluminium.

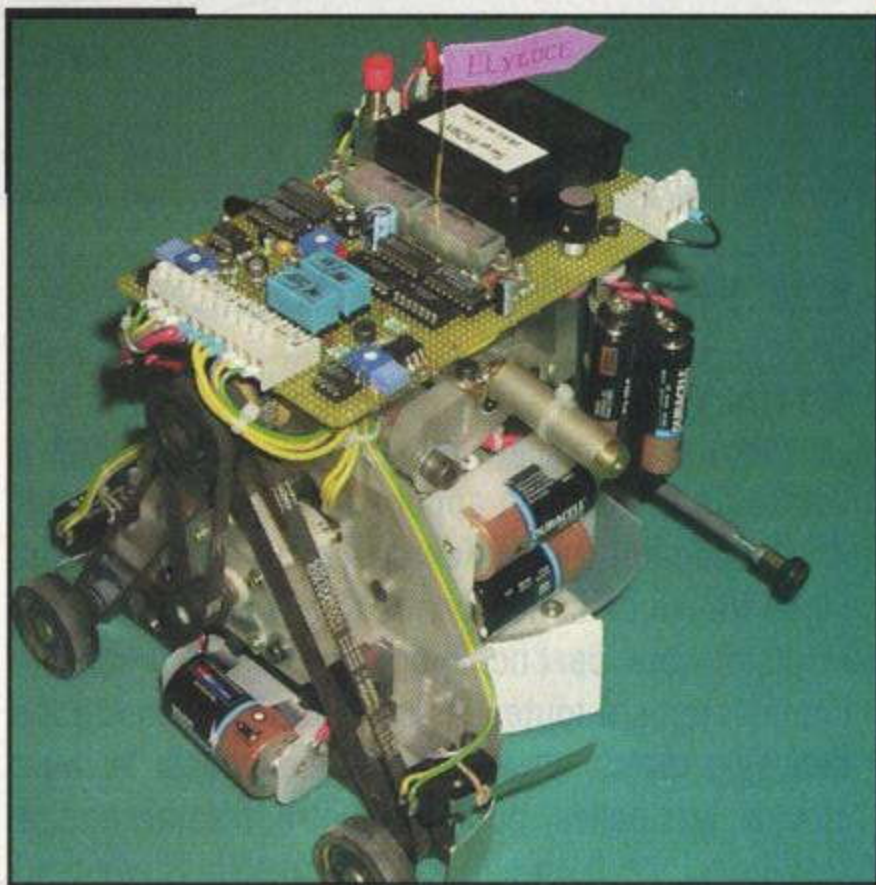
Le schéma électrique est lui aussi simplifié et

réduit au maximum. Tout est basé sur l'emploi de relais électromécaniques. La carte principale qui est fixée à l'arrière du robot, comporte les quatre relais nécessaires au fonctionnement de l'engin ainsi que l'accumulateur pour l'alimentation du ventilateur.

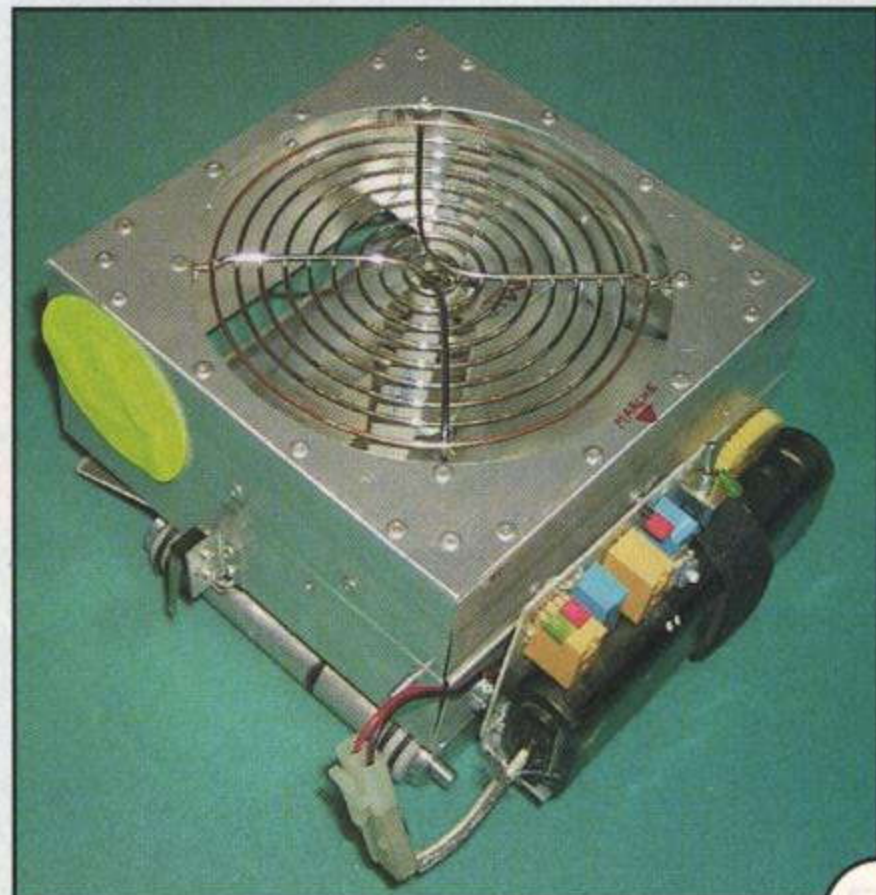
Une deuxième carte, sous le robot, fournit l'alimentation électrique aux servo-moteurs et à la carte principale.

#### LE POINT DE VUE D'E.P.

Le robot JAUBART II adopte un cycle de fonctionnement constant tout au long de la partie : déplacement continu d'un bout à l'autre de la table tout en expédiant les balles présentes sur son passage. Somme toute, un robot de conception simple mais qui lui a tout de même valu la 6<sup>ème</sup> place au Concours !



Admirez la qualité de la réalisation technique du robot



Vue d'ensemble de JAUBART II.



vous avez voulu  
savoir sur les robots  
présentés au grand  
Concours

### FIGURE 1

Le schéma structurel de  
Jaubart II.

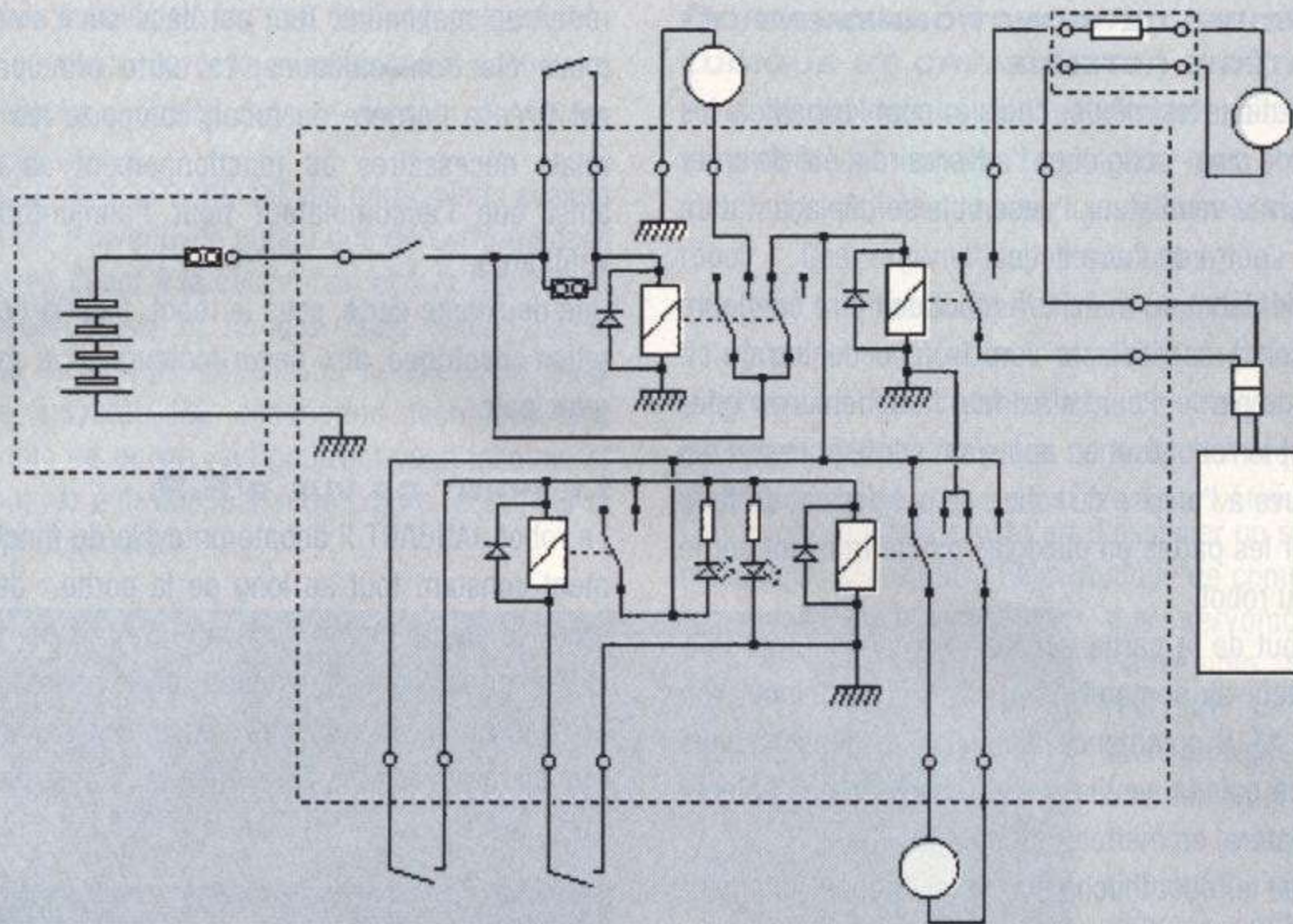
qui s'est déroulé  
lors du Salon de  
l'Éducation de  
novembre 2000, fut  
une grande première  
pour E.P. Il n'en  
reste pas moins qu'il

convient de  
présenter les  
techniques réalisées  
par les concepteurs  
ont de quoi faire  
palier les concepteurs  
de robots

Une majorité des  
participants à ce  
Concours ont  
bien voulu nous  
dévoiler les "des-

Le chemin en spirale du  
robot DETAILLE.

machines et leurs  
leur stratégie de  
combat  
Avis aux amateurs  
et passionnés de  
robotique



## LE ROBOT DETAILLE

### STRATÉGIE

Le robot se déplace continuellement d'un côté à l'autre de la piste, en appui sur le mur arrière par le déploiement d'un guide de 10 cm au démarrage. Il se trouve de ce fait centré sur le « V » formé par la piste. Lors de l'homologation, le robot renvoie immédiatement toutes les balles qu'il rencontre. Au début du match et jusqu'à 170 secondes, le robot stocke les balles qu'il rencontre (ramassage +

ascenseur) dans un chemin en spirale situé à l'intérieur (il peut stocker les 15 balles). A partir de la 170ème seconde, il les expulse dans le camp adverse.

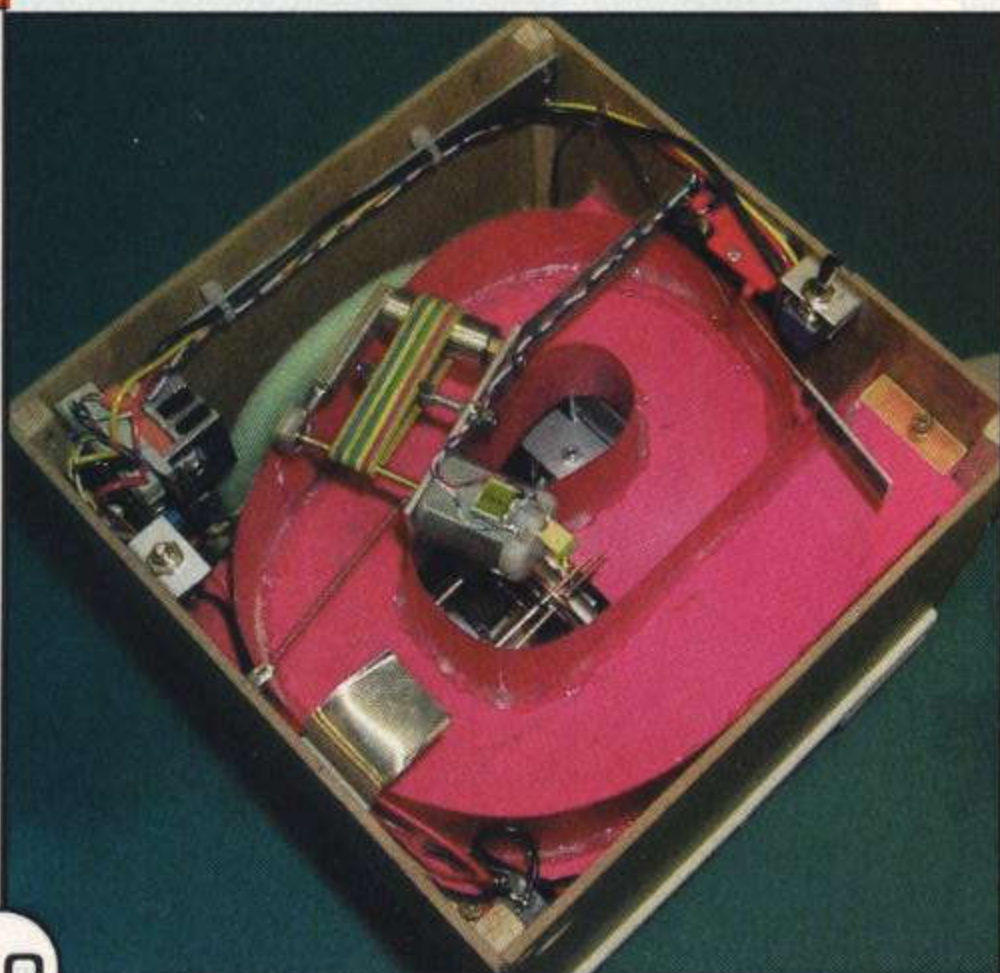
### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

#### Le principe du ramassage et de l'expulsion des balles :

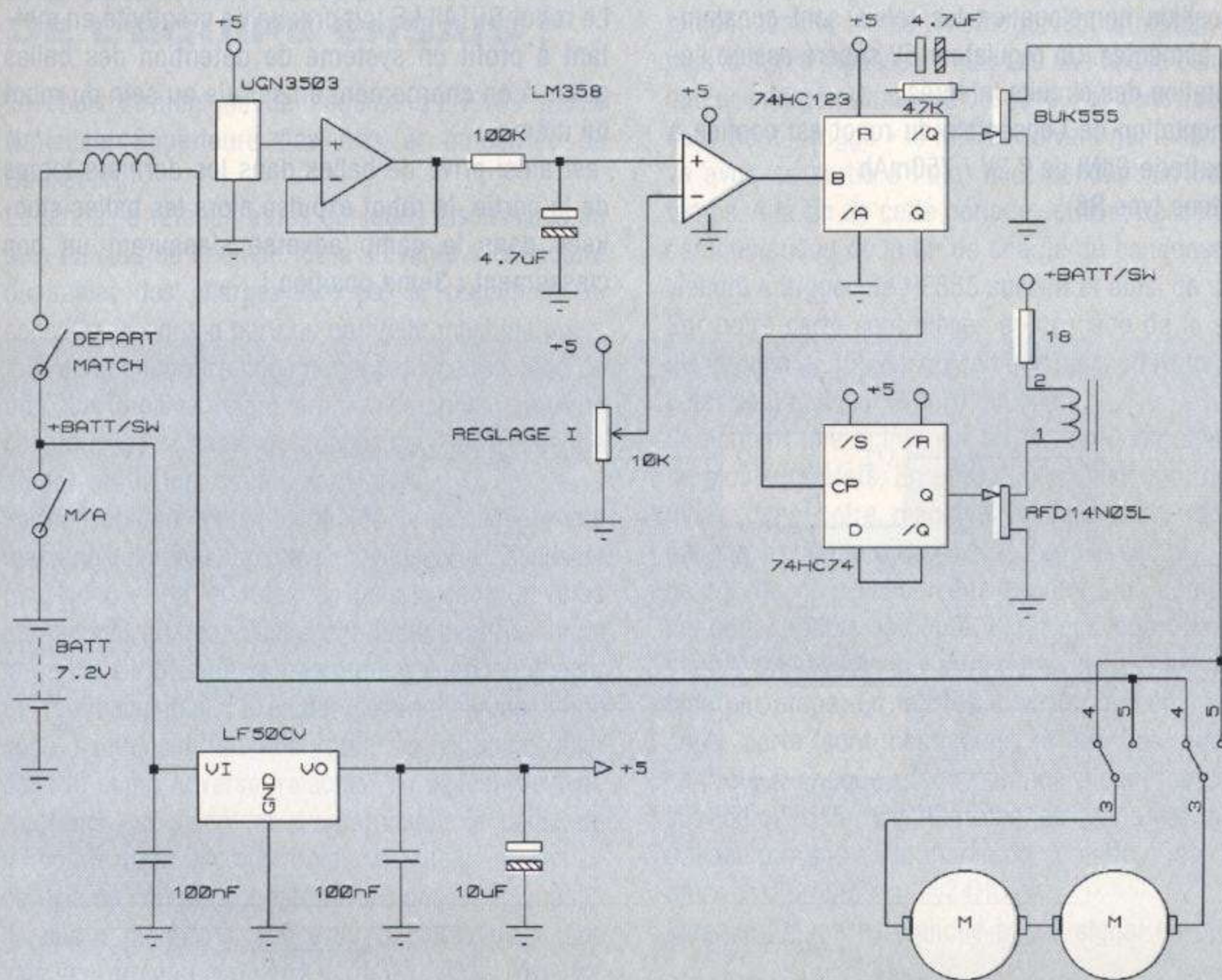
De chaque côté du robot, une roue de diamètre 115mm recouverte de mousse plastique actionnée par un moteur électrique dirige les balles soit vers l'arrière du robot (stockage) ou vers l'avant (expulsion) par inversion de la tension d'alimentation. Le moteur est alimenté sous 5 V pour le ramassage et sous 7.2 V pour l'expulsion.

#### Le principe de l'ascenseur :

La balle ramassée est donc dirigée vers l'arrière, au milieu du robot, ou elle se retrouve coincée entre un guide incurvé et une roue de diamètre 40 mm recouverte de mousse plastique actionnée par un moteur électrique. La balle est alors acheminée vers le chemin de stockage en spirale. Un système de tapis roulant aide les balles à remonter à mi-longueur du chemin de stockage. Lors de la phase d'expulsion, la tension d'alimentation du moteur est inversée (le moteur est alimenté sous 5 V lors de l'expulsion).







**FIGURE 2**  
Le schéma gérant le déplacement du robot  
DETAILLE.

## LA CONCEPTION ÉLECTRONIQUE

### S'agissant du déplacement du robot (voir FIGURE 2) :

Le déplacement permanent d'un bord à l'autre de la piste dès le départ du match est autonome. L'inversion de sens est basée sur la détection de la pointe d'intensité quand le robot se trouve en butée sur un bord ou sur n'importe quel autre obstacle : un capteur à effet Hall (UGN3503) détecte le courant consommé par le moteur (en fait 2 moteurs montés en série). Ce capteur est placé entre les pièces polaires d'un vieux relais rebobiné en la circonstance et qui génère le champ magnétique.

Ensuite : intégration, comparaison avec une référence qui fixe le I maxi, monostable qui agit sur un T Mos de puissance à commande logique et une bascule D. La sortie de la bascule D commande le relais d'inversion de sens par un T Mos à commande logique. Le monostable permet de couper l'alimentation du moteur pendant l'inversion de la tension et génère l'horloge de la bascule D. L'interrupteur de départ de match établit l'alimentation du moteur.

Un régulateur 5 V assure l'alimentation des circuits intégrés.

### S'agissant du ramassage et de l'expulsion du robot (voir FIGURE 3) :

Les moteurs de ramassage/expulsion et de l'ascenseur sont alimentés sous :

- Phase de ramassage : moteur ramas/expulsion 5V, ascenseur 7.2V
- Phase d'expulsion : moteur ramas/expulsion 7.2V, ascenseur 5V

La commutation se fait à l'aide de 2 relais (bobines en // : un relais tétrapolaire aurait convenu, mais impossible de trouver en 6V et faible encombrement ; donc...)

Le 7.2V correspond à la tension de la batterie ; le 5V est fourni par un régulateur à faibles pertes.

La période de 170s est donnée par un oscillateur/compteur de type 4060 qui oscille à 48 Hz ; la sortie Q13 passera à l'état haut au bout de  $(1/48) * 8192 = 170$  s.

Cette sortie agit sur un Tmos à commande logique qui va alimenter les relais et provoquer ainsi le changement de sens et de valeur des alimentations des 2 moteurs ; elle agit simultanément sur un monostable qui commande un Tmos de puissance à commande logique qui interrompt l'alimentation des moteurs pendant la phase de basculement des relais.

L'interrupteur de départ de match établit l'alimenta-

FIGURE 3  
Le schéma traitant le ramassage et l'expulsion du robot  
DETAILLE  
L'équipe gagnante du Grand Concours E.P



# EXPÉRIENCES

## EN AVANT

tion des moteurs et libère la remise à zéro du 4060. En position homologation les relais sont constamment alimentés. Un régulateur 5V séparé assure l'alimentation des circuits intégrés.

L'alimentation de l'ensemble du robot est confiée à une batterie CdNi de 7.2V / 750mAh (6 bâtons type R6)

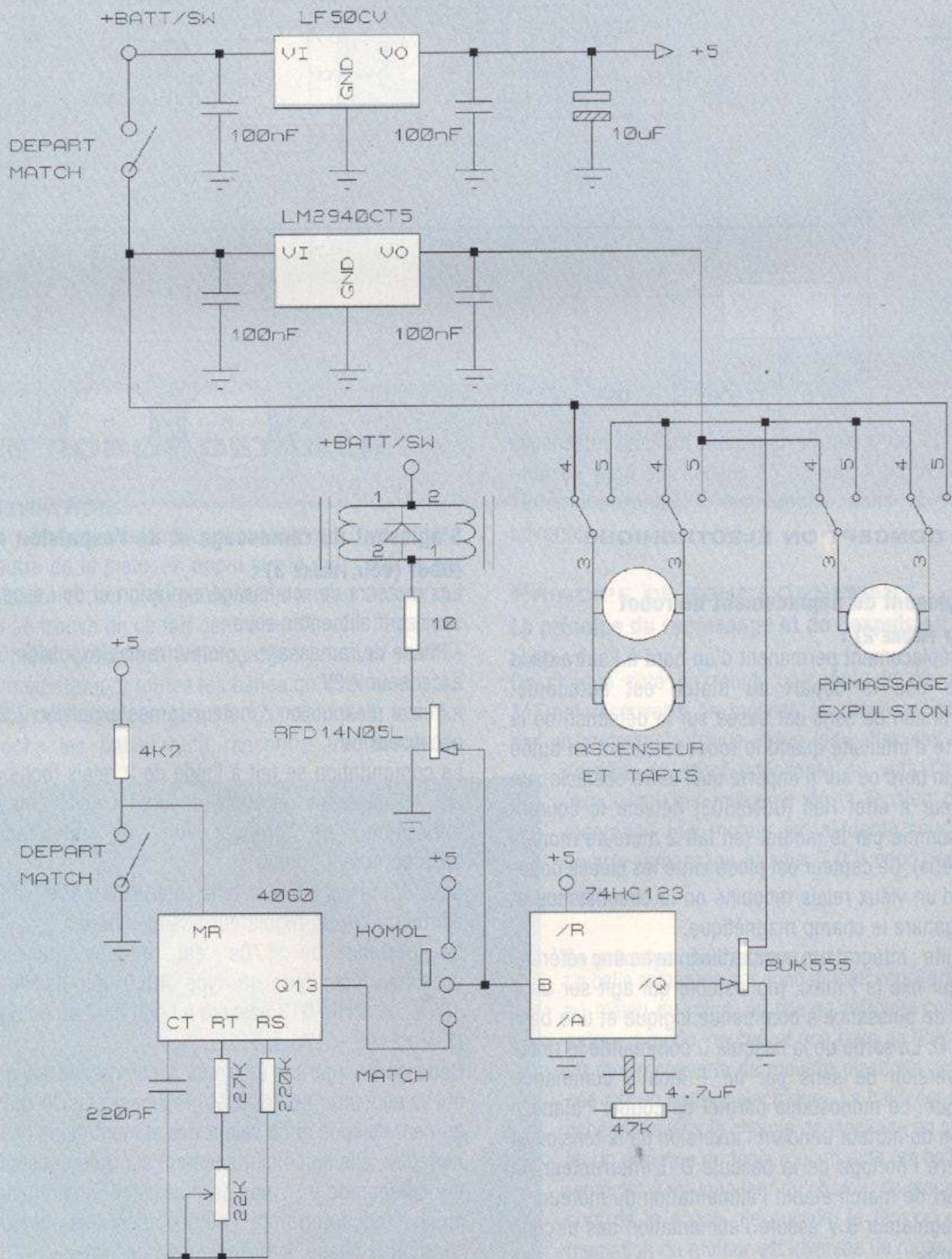
## LE POINT DE VUE D'E.P.

Le robot DETAILLE fait preuve de créativité en mettant à profit un système de détention des balles grâce à un chargement en spirale au sein du robot lui même.

est ainsi privé de balles dans les derniers temps de la partie, le robot expulse alors les balles stockées dans le camp adverse s'assurant un bon classement : 3ème position !

**FIGURE 3**

Le schéma traitant le ramassage et l'expulsion du robot DETAILLE.





## LE ROBOT GAGNANT DE L'ÉQUIPE ENSAIS !

Le choix stratégique de l'équipe d'ENSAIS (Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg)

La stratégie retenue après quelques discussions au sein du club de l'équipe fut la suivante. A la lecture du cahier des charges fixé par le règlement du concours, il nous a paru qu'une telle machine pourrait rapidement être mise à mal par une machine un brin plus intelligente qui ferait un peu plus que de se contenter de relancer des balles de l'autre côté, ce qui fut vérifié lors de la compétition.

Par conséquent, nous décidâmes de développer une machine qui serait capable de ramasser les balles de ping-pong et de les relâcher dans le camp adverse au moment ad hoc, c'est à dire juste avant la fin de la partie. Ce type de comportement suppose d'avoir un robot capable d'exécuter séquentiellement une série d'actions différentes (ramasser les balles, aller dans le camp adverse, relâcher les balles). Ce type d'actions est aisément programmable à l'aide de n'importe quel microcontrôleur ou mémoire. Or ici, ce type de composant est proscrit par le règlement. Il nous a fallu donc concevoir de toute pièce une logique « programmable » à partir de composants discrets et TTL de base. Pour la base mécanique, l'ensemble des actionneurs de notre robot est constitué de servomoteurs. Ce type de dispositif doit être commandé d'une manière particulière, d'où l'importance de la carte d'interface entre les servomoteurs et la carte de commande décrite plus en détail ci dessous.

### LA CARTE DE COMMANDE (FIGURE 4)

Ce que nous souhaitons réaliser était un séquenceur qui mettrait les sorties dans un certain état pendant un temps donné puis les ferait changer d'état à l'étape suivante, le temps pendant lequel une étape reste valide étant bien entendu réglable. Après diverses idées qui nous menèrent sur la piste des monostables et des compteurs, nous nous sommes arrêtés sur un montage particulier du NE555 (timer) qui permet ce genre de comportement. En effet, il s'agit d'un montage en cascade de NE555.

Le circuit NE555 peut être considéré comme une minuterie. Dès que son entrée est « triggé » par un front descendant, la sortie passe à l'état haut pendant un temps réglé par un circuit RC (en fait le temps est déterminé par la charge du conden-

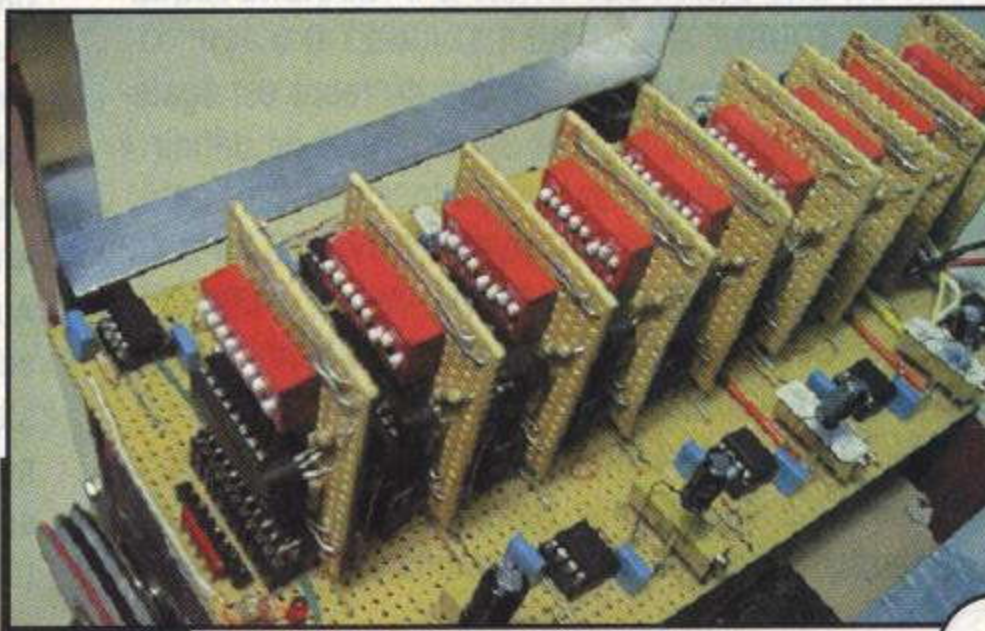
sateur C à travers la résistance R, La constante de temps, donc le temps de charge vaut le produit RC), puis la sortie repasse à l'état bas une fois le condensateur chargé. Monté en cascade, ce front descendant vient « triggé » le NE555 suivant qui à son tour va avoir sa sortie à l'état haut pendant un certain temps. A la fin de cette période, le front descendant caractéristique de la fin de charge du condensateur viendra « triggé » le NE555 suivant et ainsi de suite. Sur notre carte sont placés en cascade de la sorte dix circuits NE555, ce qui fait que nous pouvons exécuter séquentiellement 10 actions.

Seulement une action est en fait une combinaison de plusieurs états. En effet, il y a plusieurs actionneurs dans notre machine (moteur droit, moteur gauche, actionneur de portes) Donc le signal 1 ou 0 ne servira qu'à valider une logique plus complexe qui sera capable de piloter l'état des 4 sorties dont nous avons besoin. Il y aura donc une logique de ce type par étape. En fait les 4 sorties principales de notre carte sont connectées à un bus qui est contrôlé à chaque étape par une et une seule de ces logiques. Simplement chaque étape est matérialisée par une carte munie d'une série d'interrupteurs et d'un buffer (SN74HC540).

Lorsque l'étape est validée par le signal en prove-



L'équipe gagnante du Grand Concours E.P



La carte de commande du robot ENSAIS.



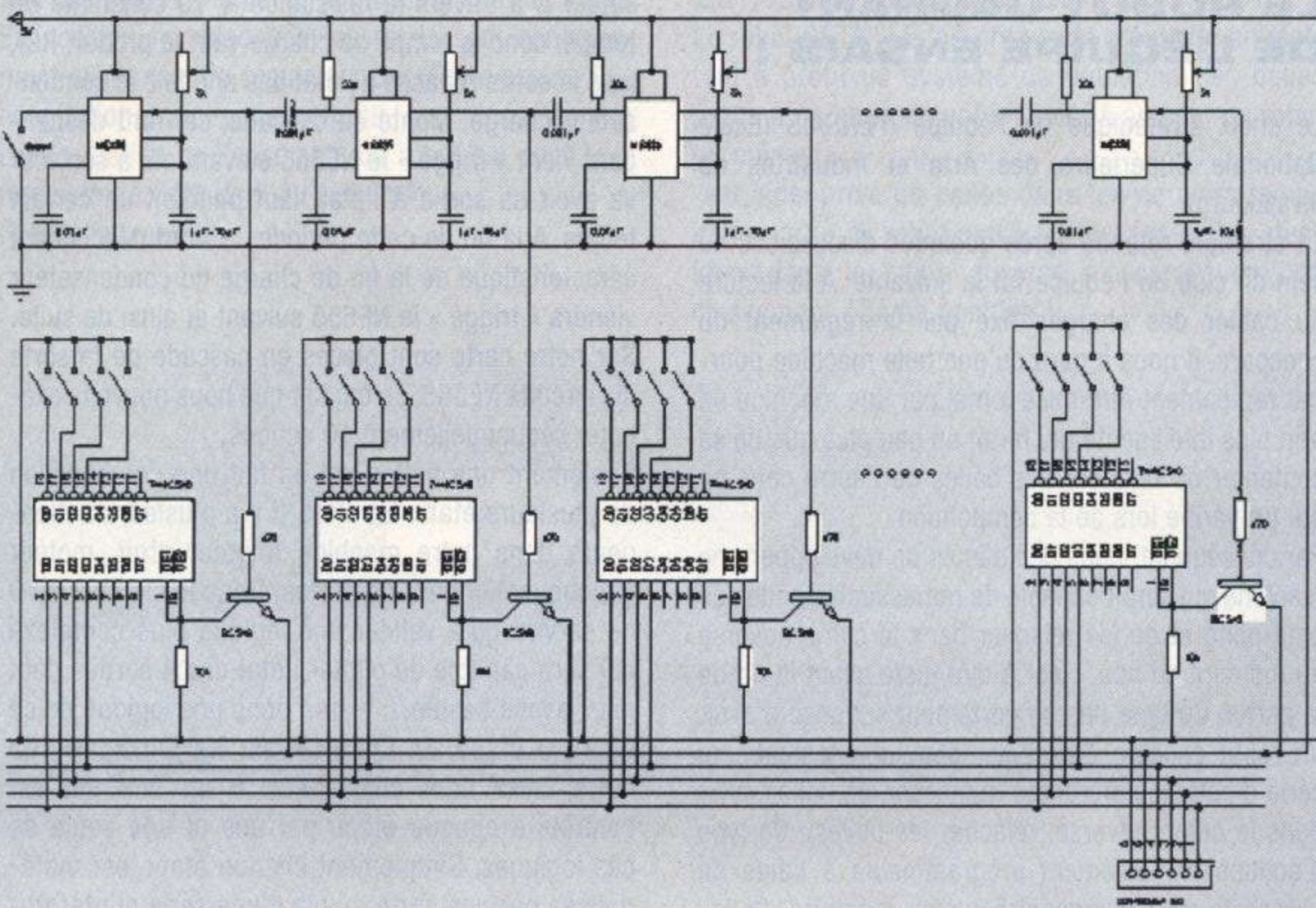


# EXPÉRIENCES

EN AVANT

**FIGURE 4**

Le schéma de la carte de commande du robot ENSAIS.



...ance d'un NE555, la carte prend le contrôle du bus, le buffer est actif, et fait passer les sorties dans l'état programmé sur les interrupteurs.

Au front descendant du NE555, marquant la fin de l'étape, la carte en cours perd le contrôle du bus, le buffer passe à l'état haute impédance et le contrôle est passé à la carte suivante qui va mettre les sorties dans un nouvel état tel que cela a été programmé sur les interrupteurs de la carte.

**ETAT DES SORTIES**

Le code de sortie de la carte principale que nous définissons ici arbitrairement est le suivant :  
La marche des moteurs de déplacement est codée sur 2 bits (0 et 1) ce qui nous laisse la possibilité de coder les 4 états suivants :

- ACTION Bit0 Bit1 TOUT DROIT 0 1 MARCHE ARRIERE 1 0
- TOURNE A GAUCHE 1 1 ARRET 0 0
- L'état des portes avant et arrière du robot est également codé sur 2 bits (2 et 3) et permet de définir 4 configurations possibles.
- ACTION Bit2 Bit3 PORTE AVANT OUVERTE / PORTE ARRIERE OUVERTE 0 0
- PORTE AVANT FERMEE / PORTE ARRIERE OUVERTE 0 1
- PORTE AVANT OUVERTE / PORTE ARRIERE FERMEE 1 0
- PORTE AVANT FERMEE / PORTE ARRIERE FERMEE 1 1

Grâce à ce choix, on a reproduit une logique programmable à partir de composants élémentaires. La

carte est constituée de 10 monostables NE555 qui valident successivement pendant un temps réglable une des dix cartes sur laquelle est codée l'action à effectuer, sur les bits (b0,b1,b2,b3). Notre automate peut donc effectuer 10 actions successives totalement indépendantes. En l'occurrence le jour de la compétition, l'action programmée était la suivante :

- avance pendant 3 secondes (c'est à dire jusqu'au mur) en ouvrant la porte avant et en fermant la porte arrière,
- attends 2 minutes 40 secondes les deux portes fermées,
- recule pendant 3 secondes, porte avant fermée, porte arrière ouverte,
- tourne pendant 2 secondes (temps mesuré pour effectuer un virage de 90°), en fermant les deux portes (pour éviter que des balles ne s'échappent pendant le virage)
- avance pendant 9 secondes en ouvrant la porte avant. (le robot se dirige vers le camp adverse, une fois la bosse passée, les balles tombent par gravité dans le camp de l'adversaire à 2 secondes de la fin) arrêt.

Au regard du nombre d'étapes nécessaire pour réaliser cette action, nous n'étions pas au limite des possibilités de notre automate. L'aspect modulable est nuancé par un réglage relativement long. Il faut agir sur les switches, les valeurs de condensateurs et de résistances pour programmer le robot. Et c'est le





réglage judicieux de ces temporisations qui nous permis de décrocher la victoire.

### LES SERVO-MOTEURS

Avant de s'intéresser à l'interface carte de commande/servomoteurs il convient de s'intéresser maintenant aux comportements des servomoteurs et en particulier à la manière dont il faut les commander. Un servomoteur est constitué d'un moteur électrique à courant continu, d'un potentiomètre qui permet de retourner une information de position sous la forme d'une variation de résistance, et d'un circuit intégré. Le circuit intégré et le potentiomètre sont utilisés pour réaliser un système d'asservissement de position.

Fondamentalement un servomoteur est commandé par un train d'impulsion de largeur variable. Ces impulsions sont répétées à une certaine fréquence dont la période est typiquement de 20ms. La largeur de l'impulsion est le code qui correspond à la position dans laquelle doit se trouver l'arbre du servomoteur. La position centrale est habituellement atteinte avec des impulsions de largeur de 1,3ms, alors que les largeurs d'impulsion, pouvant varier de 0,7ms à 1,7ms, commanderont la position extrême sur la droite et la position extrême sur la gauche, respectivement.

Ce type de fonctionnement standard ne permet pas de mouvement continu. C'est ce type de servomoteur que nous avons utilisés pour actionner les portes de notre machine.

Une modification mineure des servomoteurs permet d'obtenir un mouvement continu. Pour cela on agit sur la boucle d'asservissement et en particulier sur le potentiomètre.

### LA CARTE D'INTERFACE

Les actionneurs de notre robot sont exclusivement des servomoteurs de modélisme, deux pour actionner les portes (standards), deux pour la propulsion (modifiés). Pour générer les signaux de commande des servomoteurs, on a utilisé des NE555 (encore eux !!) montés en astable.

Il nous délivre un signal rectangulaire dont le rapport cyclique est réglable par un jeu de résistances variables. Ceci nous permet de faire tourner le servo dans un sens. Ce signal est simplement complété pour obtenir un deuxième signal de commande qui se traduit par une rotation dans le sens inverse du servomoteur. Deux multiplexeurs (SN74HC153, en fait un double multiplexeur 4 vers 1) permettent ensuite d'orienter les signaux sur les servomoteurs en fonction du code envoyé par la carte mère.

En bref, on doit commander 4 servomoteurs.

On utilise deux générateurs de signaux avec un rap-

port cyclique fixé, l'un pour les servomoteurs des portes (qui connaissent deux positions, ouverte ou fermée, à fond à droite ou à fond à gauche pour le servo), l'autre pour la propulsion (avant/arrière/arrêt). Le signal émit par chacun des oscillateurs est complété de manière à avoir deux signaux disponibles pour les actions (la commande arrêt s'obtient quant à elle par une mise à 0V du fil de commande du servo).

Les signaux sont ensuite aiguillés de manière adéquat vers leurs sorties respectives grâce à quatre multiplexeurs (un pour chaque servo). Le câblage judicieux de ces multiplexeurs permet de traduire les codes véhiculés sur le bus de la carte mère en leurs actions correspondantes.

### CONCLUSION

Le robot équipé de ce dispositif s'est montré redoutable lors de la compétition réalisant de manière fiable le même mouvement et relâchant au même moment fatidique (2 min 58 s) les balles dans le camp adverse. Le pari de la compétition était de bannir les composants programmables, éléments qui d'habitude sont indissociables de la robotique.

Voilà une réalisation parmi d'autre qui prouve le contraire. L'électronique articulé autour de l'éternel NE555 ressemble certes à une usine à gaz mais s'est avérée pleine de ressources et surtout passionnante à mettre au point. Nous n'imaginions pas réellement en lisant l'énoncé de la compétition que notre robot ressemblerait à ça et surtout qu'il se montrerait si efficace.

Un grand merci à toute l'équipe d'Électronique Pratique et aux concurrents qui ont fait de ce 25 novembre 2000 un moment chaleureux, plein de suspens et d'émotion.

### LE POINT DE VUE D'E.P.

La conception rigoureuse du robot de notre équipe gagnante, associée à une stratégie mûrement réfléchie ont permis de donner le jour à une « machine organisée » défiant, au travers des différentes rencontres, ses concurrents afin de récolter la victoire. L'électronique simple et rationalisée par fonction, du robot ENSAIS, traduit de manière fiable chaque étape, concrétisant ainsi la stratégie adoptée par l'équipe de l'ENSAIS.

La qualité du travail d'équipe réalisée par les étudiants de l'ENSAIS, montre à nouveau l'intérêt d'une telle synergie au service du projet pour relever le défi de gagner !

Eric FELICE.



EN KIT

# LE MOON WALKER



## LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le MOON WALKER II est essentiellement composé de deux parties :

L'électronique de commande qui détecte deux types de manifestations extérieures pour se déclencher : l'éclairement et le son. Elle assure la commande temporisée d'un moteur électrique. Le dispositif mécanique comportant un système de transmission par engrenages démultiplicateurs aboutissant à quatre pieds dont l'actionnement coordonné fait avancer le robot à la manière d'un être à quatre pattes...

L'ensemble se présente sous une allure esthétique et très futuriste grâce à la mise en œuvre de matières plastiques transparentes.

## LA PARTIE ÉLECTRONIQUE (FIGURE 1)

### ALIMENTATION

Le système est alimenté par une pile unique de 1,5V du type LR6. La consommation pouvant atteindre près de 100mA, il est préférable de choisir une pile alcaline de bonne qualité. L'inverseur I permet la mise hors service de l'alimentation.

### DÉTECTION DE L'ÉCLAIREMENT

Le phototransistor PHTR subit les variations de l'éclairage ambiant soit par allumage/extinction d'une lampe de poche, soit par l'ombre que provoque le passage de la main dans la zone d'éclairage du phototransistor. Le signal correspondant est amplifié par T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> puis transmis à l'étage temporisateur par l'intermédiaire de C<sub>3</sub> et de R<sub>7</sub>. Grâce à l'ajustable A<sub>2</sub>, il est possible d'agir sur la sensibilité de la détection.

Un son, tel un claquement des mains à proximité du micro, a pour effet l'apparition d'un signal sur la borne positive de ce dernier. Ce signal, dont on peut prélever une amplitude plus ou moins grande grâce au curseur de l'ajustable A<sub>1</sub>, est également transmis à l'étage de temporisation par l'intermédiaire de C<sub>4</sub> et de R<sub>8</sub>.

### TEMPORISATION

Les transistors T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> constituent le cœur d'un dispositif de temporisation dont la finalité est de présenter, sur le collecteur de

T<sub>4</sub>, un état bas pendant 6 à 9 secondes.

À l'état de repos, T<sub>3</sub>, dont la base est polarisée par R<sub>9</sub>, est saturé : il en résulte un état bas au niveau du collecteur. Le transistor T<sub>4</sub> est bloqué. De ce fait, il présente sur son collecteur un état haut. La capacité C<sub>5</sub> s'est rapidement chargée à travers R<sub>11</sub>.

Lorsque la base de T<sub>3</sub> est soumise à une pointe positive, même brève, en provenance de l'un ou de l'autre des détecteurs, ce transistor bloque. Aussitôt, T<sub>4</sub> se sature et présente un état bas sur son collecteur. Cette situation subsiste tant que C<sub>5</sub> n'est pas déchargé à travers R<sub>9</sub>, c'est à dire pendant une durée de 6 à 9 secondes.

### COMMANDE DU CIRCUIT DE PUISSANCE

Pendant la durée de la temporisation évoquée ci-dessus, le transistor PNP T<sub>5</sub> est saturé. De ce fait, T<sub>6</sub> l'est également. Il en résulte l'alimentation du moteur.

À l'état de repos T<sub>5</sub> est bloqué. Il en est de même pour T<sub>6</sub>.

### FILTRE

Lorsque le moteur tourne, il émet des signaux parasites provenant essentiellement des charbons frottant sur les lames du collecteur. Sans précaution particulière, ces signaux pourraient gêner le bon fonctionnement de l'électronique de détection ainsi que le circuit temporisateur. Aussi a-t-on prévu de découpler le cir-

La société ACCELDIS commercialise, entre autres produits, une gamme de robots de la marque MOVIT dont le montage se révèle comme un exercice fort divertissant. Au plaisir de la réalisation s'ajoute un aspect pédagogique non dépourvu d'intérêt. Le mariage de l'électronique et de la mécanique, la tête et les jambes en quelque sorte, donne la vie à ce MOON WALKER : véritable robot... marcheur aux qualités surprenantes



# KER II

cuit de puissance du circuit de commande par la mise en place de R<sub>3</sub> et de C<sub>2</sub>.

## CONSEILS D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS

En premier lieu, il est nécessaire de bien identifier les composants fournis avec le module. Pour les résistances, le code des couleurs rappelé dans le manuel permettra une identification facile. Pour les condensateurs, le tableau indique en particulier leur marquage. Attention, les capacités C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> sont électrolytiques et donc polarisés. Il y a lieu de bien repérer l'armature positive (généralement plus longue) ou encore l'armature négative marquée sur le corps du composant.

Pour le micro, il s'agit de repérer l'électrode négative



qui correspond à la masse métallique du boîtier. C'est cette électrode qui est à implanter au niveau du marquage "GND" du module.

Tous ces composants sont à souder sur le module en respectant bien les indications (qui sont d'ailleurs très claires) portées en couleur blanche sur le module. Pour le phototransistor, il y a lieu de bien respecter la polarité grâce à la correspondance du méplat du composant avec celui du dessin du module. Il en est de même en ce qui concerne les transistors dont le marquage est également rappelé dans un tableau du manuel d'accompagnement.

Enfin, le boîtier de la pile est fixé au module par la mise en œuvre d'un adhésif double face.

À noter que le constructeur a prévu un modèle désigné par la référence MR-9792E où les composants sont déjà soudés sur le module.

## LES ROBOTS

«Définition Dans notre société moderne, les robots sont de plus en plus omniprésents. Les plus connus sont incontestablement ceux du monde de l'industrie. Si on se réfère aux définitions du dictionnaire, on trouvera une description peu conforme aux réalités technologiques actuelles. Ces définitions évoquent, le plus souvent, des notions de mannequins fabriqués par l'homme ou, encore, un homme artificiel tel que l'on peut le voir dans les films de science-fiction ou dans certaines bandes dessinées... Les auteurs ont absolument tenu à ce que leurs créations ressemblent, de près ou de loin, à des formes humaines appelées parfois androïdes.

➤ **MAIS D'OÙ VIENT DONC CE TERME DE "ROBOT" ?** On le trouve, pour la première fois, dans la pièce de théâtre "Rur" que le Tchèque Karel CAPEK a écrit en 1920. Dans cette pièce, des hommes artificiels ont été fabriqués pour remplacer de véritables ouvriers. Le mot "robot" provient de la langue tchèque et signifie "travail forcé". Pris dans ce sens, le mot est étroitement lié au robot industriel d'aujourd'hui, mais la comparaison s'arrête à ce niveau puisque les robots de la pièce de théâtre étaient fabriqués avec des pièces organiques et non mécaniques. Le robot actuel, utilisé dans le monde industriel, est plutôt un automate programmé à qui on a appris à réagir, à se comporter devant une situation, tout en produisant un travail. Ce dernier est généralement pénible ou, encore, nécessite des qualités de précision et de rapidité supérieures à celles de l'homme. On peut ajouter, à cela, une possibilité de réaliser des tâches dans des conditions environnementales très difficiles pour l'homme : température, pression, milieux hostiles.

➤ **LEUR HISTOIRE** Bien avant Jésus Christ, dans les mythes et la littérature, il apparaît que l'homme a déjà cherché à imaginer des machines qui faisaient le travail à sa place. Ainsi, il y a la fille d'or d'un mythe grec du 8<sup>ème</sup> siècle avant J.C. et "Talos" le diable en bronze du 3<sup>ème</sup> siècle avant J.C.

Plus près de nous, au 18<sup>ème</sup> siècle, le Français BEAUKERSEN a fabriqué un canard artificiel qui savait se baigner, manger, crier... De nombreux inventeurs et ingénieurs ont construit toutes sortes de poupées et appareils qui savaient écrire, dessiner, etc. Ces créations avaient atteint leur objectif lorsqu'elles avaient réussi à amuser le public et susciter sa curiosité. Ce type de robots ne convenait cependant pas à une utilisation industrielle, utilisation que les inventeurs ne visaient pas d'ailleurs.

Au 19<sup>ème</sup> siècle, apparurent des livres qui décrivaient des êtres artificiels qui se battaient contre les hommes. Ces livres eurent un succès relatif, mais ils frappaient l'imagination populaire.

➤ **LES ROBOTS CONTEMPORAINS ET FUTURS** Avec les progrès de la science et de la technologie, les poupées automatiques évoquées précédemment deviennent progressivement des robots. Bien que nettement inférieurs aux automates modernes et assez éloignés de la robotique moderne, des robots aux qualités surprenantes ont été construits à partir de pièces mécaniques et électriques. À l'exposition universelle de NEW-YORK, la société américaine WESTINGHOUSE a présenté le robot "WILLY". Il savait marcher, parler, cligner des yeux et reconnaître des couleurs, ce qui met en évidence une avancée significative. Mais les véritables progrès sont dus au développement de l'informatique.

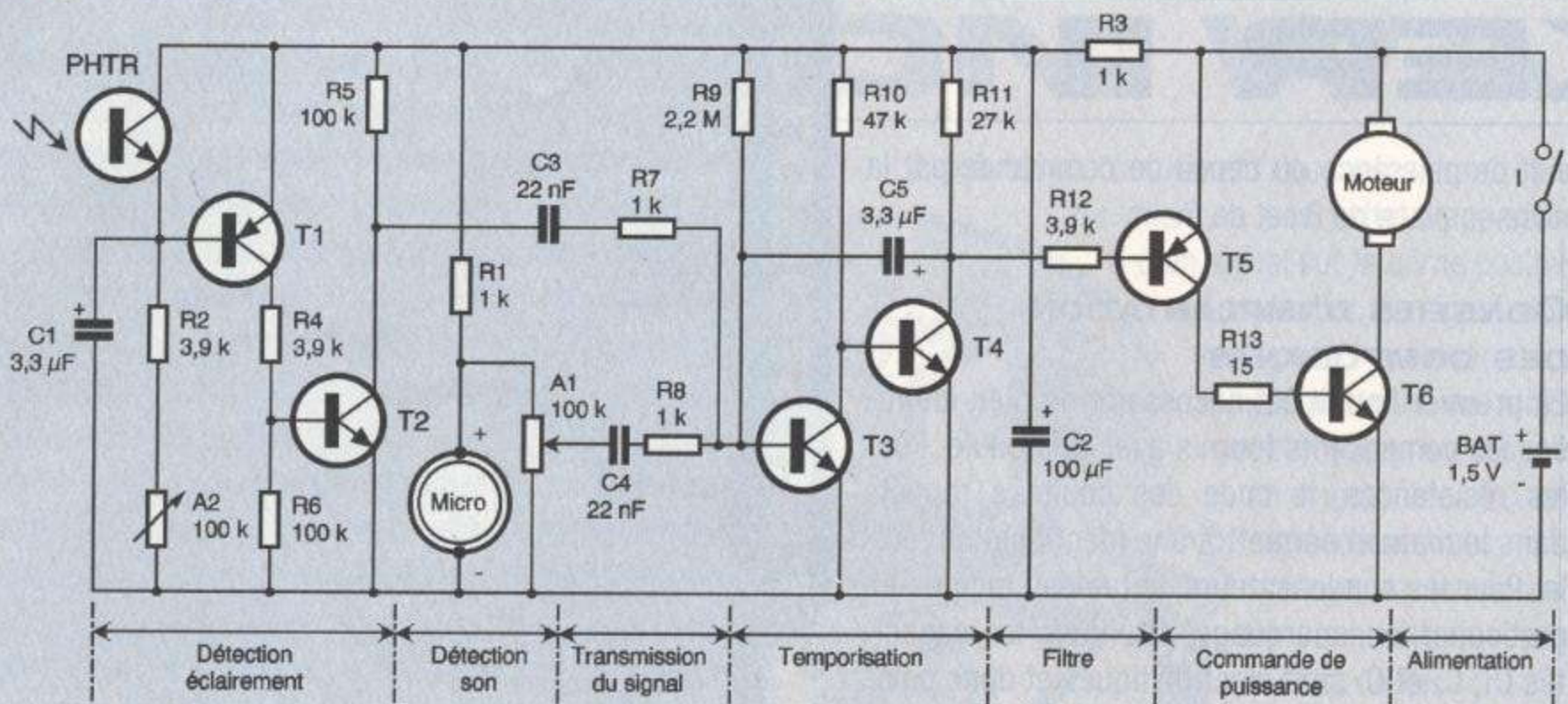
En effet, c'est à partir de ce moment que le robot n'effectue plus seulement le même geste répétitif, mais est capable de maîtriser toute une séquence de gestes. C'est l'avènement de la robotique industrielle qui a été introduite, dans un premier temps, dans les chaînes de construction automobile.

Grâce à la miniaturisation et au développement de l'électronique, les concepteurs ont pu donner aux robots des sens "humains" tels que la vue, l'ouïe et le toucher. Mais il faut reconnaître que même le plus perfectionné des robots ne connaît ni la chaleur humaine, ni les émotions ou la passion...



FIGURE 2

Schéma de principe du robot explicité.



Lorsque tous les composants sont implantés, on montera les fils de liaison avec l'interrupteur et le moteur. Après avoir installé la pile d'alimentation, on pourra, à blanc, tester le bon fonctionnement de la partie électronique.

D'abord on réglera la sensibilité de la détection du son. En claquant des mains à proximité du micro, on devra constater la rotation du moteur pendant une durée de 6 à 9 secondes. On peut augmenter ou diminuer cette sensibilité en tournant dans un sens ou dans l'autre le curseur de l'ajustable A1. Généralement, la position médiane convient.

On fera le même test avec la détection photoélectrique en provoquant de l'ombre dans la zone d'éclaircissement du phototransistor ou, encore, en faisant varier l'éclairage de ce dernier à l'aide d'une lampe de poche. La sensibilité est réglable grâce au curseur de l'ajustable A2.

**LE MONTAGE MÉCANIQUE DU ROBOT**

Il suffit de suivre à la lettre les indications portées sur le manuel en respectant scrupuleusement l'ordre prévu. Il convient de travailler très méthodiquement et sans aucune précipitation. La méthode indiquée est très complète et très précise. De plus, de nombreux dessins en perspective facilitent la compréhension.

Une fois le montage mécanique terminé et avant de fixer le module électronique, il est conseillé de réaliser un test de fonctionnement du mécanique. Pour cela, il suffit de relier les fils d'alimentation du moteur à une pile de 1,5V et de vérifier que les jambes du robot peuvent se mouvoir sans problème particulier.

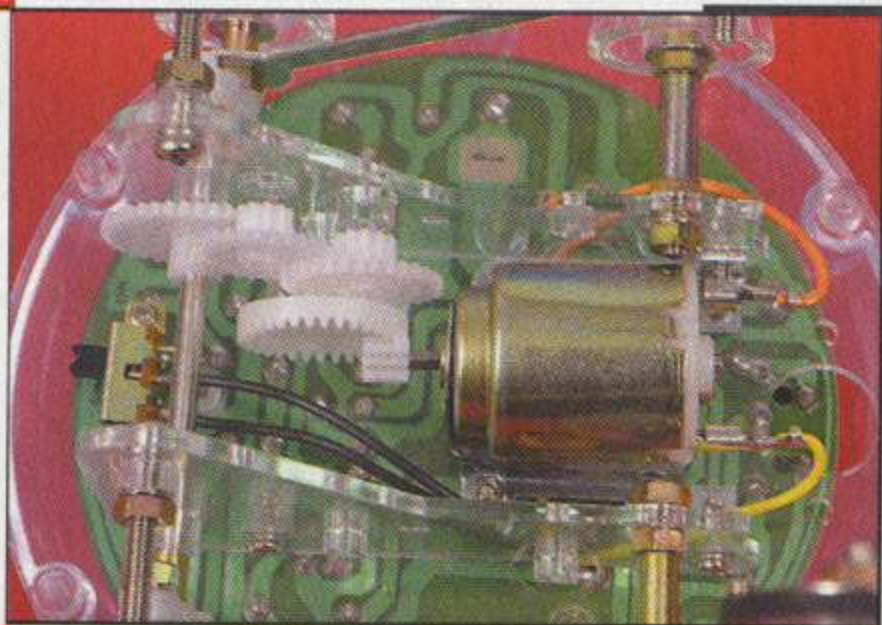
Il est important de bien respecter les couleurs des fils de liaison avec le moteur. S'il y a inversion, le robot recule au lieu d'avancer. Mécaniquement, cela fonctionne moins bien.

Le fonctionnement mécanique de ce robot marcheur mérite son observation et son étude. On découvrira une dynamique du mouvement relativement élaborée et tout à fait intéressante sur le plan pédagogique.

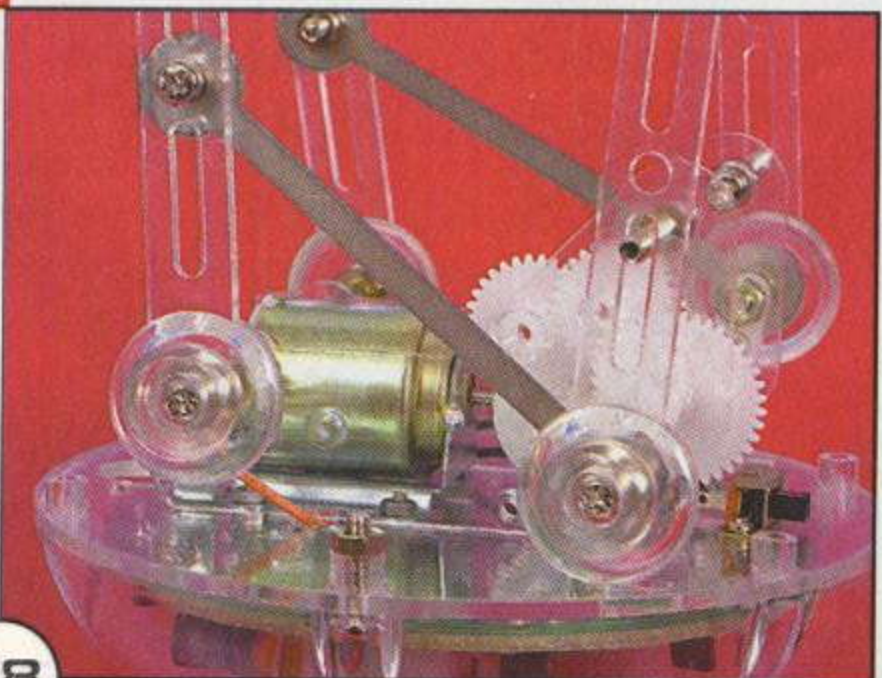
Faites trotter votre robot sur ses quatre jambes : un spectacle féérique qui épatera vos amis.

R. KNOERR

Le moteur d'animation et son réducteur.



Mécanique très élaborée pour le mouvement des jambes.





EN KIT

# ROBO-LEFTER

*Plus spécialement réservé, il y a encore quelques années, au monde de l'industrie, le domaine de la robotique a pris un essor considérable, essor engendré par l'engouement sans cesse croissant des amateurs pour cette discipline. Cela est en grande partie dû aux nombreux microprocesseurs que l'on trouve de nos jours sur le marché grand public*

La société LEXTRONIC commercialise plusieurs de ces machines dont le ROBO-LEFTER. Ce dernier est un robot appelé "résolveur" de labyrinthe. Il est spécialement conçu pour s'initier et explorer le monde de la robotique en offrant une réalisation très accessible (présentation sous forme de kit à monter) associée à un résultat concret et très didactique encourageant à développer des robots de plus en plus performants et sophistiqués.

Bien que très simple d'aspect et simple à assembler, ROBO-LEFTER utilise un microcontrôleur RISC "high tech" (ATMEL AVR Atmega 103 programmable avec mémoire Flash intégrée) afin de gérer les différents

nouveau chemin. Si ROBO-LEFTER se trouve avec un mur face à lui et un mur à gauche, il effectue une rotation sur sa droite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de mur devant lui et reprend son cheminement.

## LE MONTAGE DU KIT

ROBO-LEFTER est constitué par un circuit imprimé double face à trous métallisés d'une qualité remarquable. La métallisation des trous permet la soudure plus facile et plus fiable des composants évitant ainsi le risque de mauvais contact et de courts-circuits.



capteurs et moteurs de propulsion). Ce robot est équipé de six LED infrarouges émettrices et de six LED infrarouges réceptrices. Ces capteurs permettent de déterminer la position du robot par rapport au mur d'un labyrinthe et de toujours se positionner au centre des allées. Le labyrinthe pourra être construit par l'utilisateur au moyen de carton obligatoirement de couleur blanche. Il pourra également être acheté sous la forme d'un kit que commercialise la société vendeuse du ROBO-LEFTER. Lorsqu'il doit tourner aux intersections, le robot réduit la vitesse de l'un de ses moteurs tout en maintenant constante la vitesse du second. Pour se déplacer, il utilise un algorithme que l'on appellera "à gauche toute". Tant qu'il ne détecte pas une ouverture à gauche, il suit l'allée dans laquelle il avance. Si au cours de son déplacement il détecte une ouverture à gauche, il tourne à 90° afin d'emprunter ce

Le microcontrôleur ATMEGA 103, de technologie CMS, est fourni préalablement soudé sur un petit circuit imprimé équipé de picots qui viennent s'enficher dans quatre connecteurs soudés sur la platine principale, ce qui s'avère très pratique.

Remarquons qu'il n'y sera placé que lorsque tous les composants seront implantés et que certaines vérifications seront effectuées au niveau des tensions d'alimentation.

Une remarque importante: sur ce modèle de robot: certains composants ne devront pas être implantés (U2, C17, R2, R4, R23, R24, J6, J8 et BZ1).

Un autre point important est l'implantation des diodes émettrices et réceptrices infrarouges. En effet, il faudra faire très attention à ne pas intervertir les différents types et veiller à ce que ces dernières ne dépassent pas du bord du circuit imprimé afin que la surface opaque servant d'isolateur optique joue cor-





**EN KIT  
LEFTER**

rectement son rôle.

Dans le cas contraire, si l'angle n'est pas respecté ou si les diodes dépassent du bord du CI, il sera impossible au robot de se déplacer correctement. Lors du montage, il conviendra de vérifier que les diodes supérieures et inférieures sont correctement alignées.

Il est fortement déconseillé de tourner les roues avec les mains car cela risque de détériorer les pignons internes.

### LES OUTILS LOGICIELS

Trois logiciels sont fournis sur un CD-ROM avec ROBO-LEFTER pour assurer sa programmation. Il faut également signaler que le fabricant ATMEL propose ces logiciels sur son site Internet. Ceux-ci nécessitent un compatible PC de vitesse minimale PENTIUM 100 équipé d'une mémoire minimum de 4 Mo, d'un lecteur de CD-ROM et d'un système d'exploitation Windows 95 ou Windows 98.

-Wavrasm est un assembleur fonctionnant sous Windows

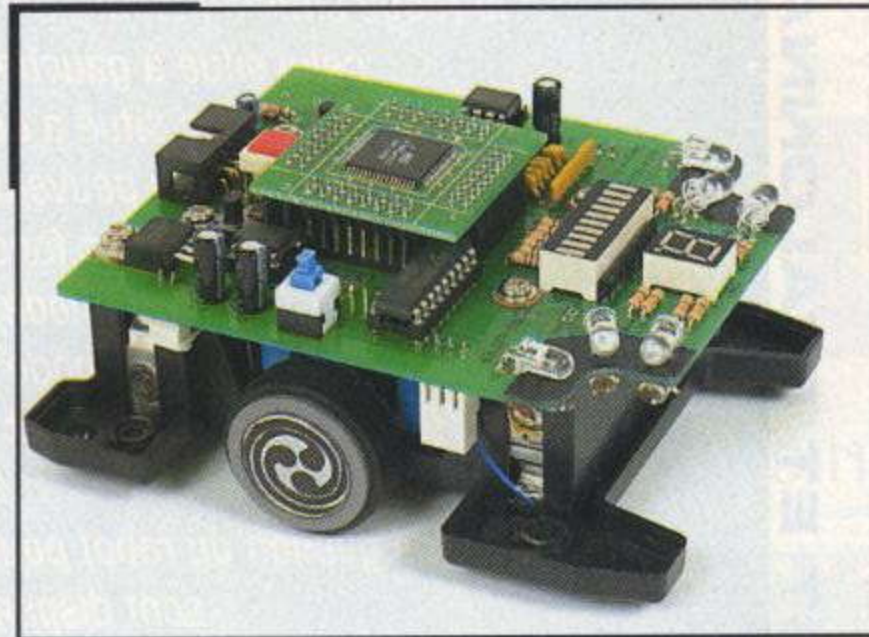
-ICC est un compilateur. Il génère trois types de fichiers:

Les fichiers ".hex" pour le téléchargement

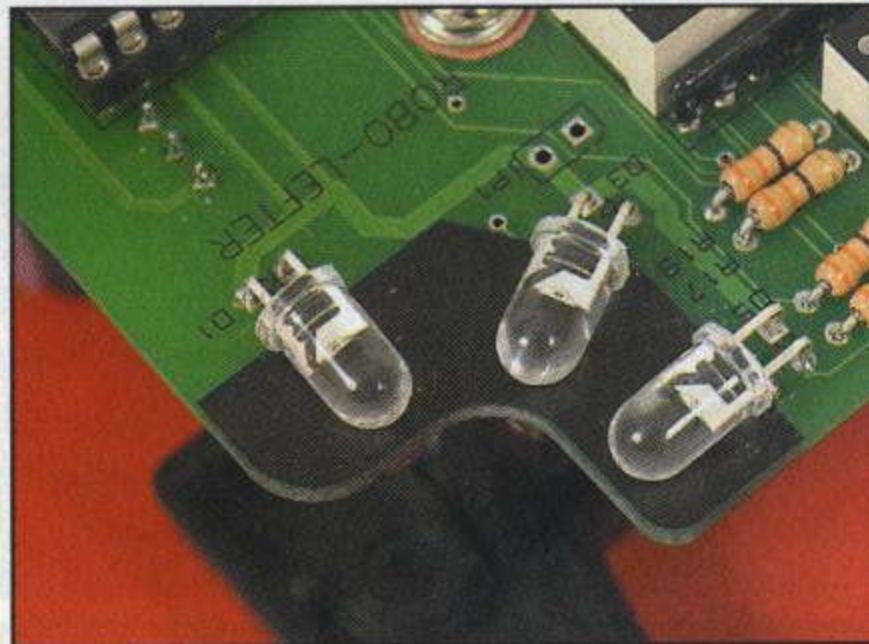
Les fichiers ".coffile" pour le simulateur

Les fichiers ".s" pour l'assembleur

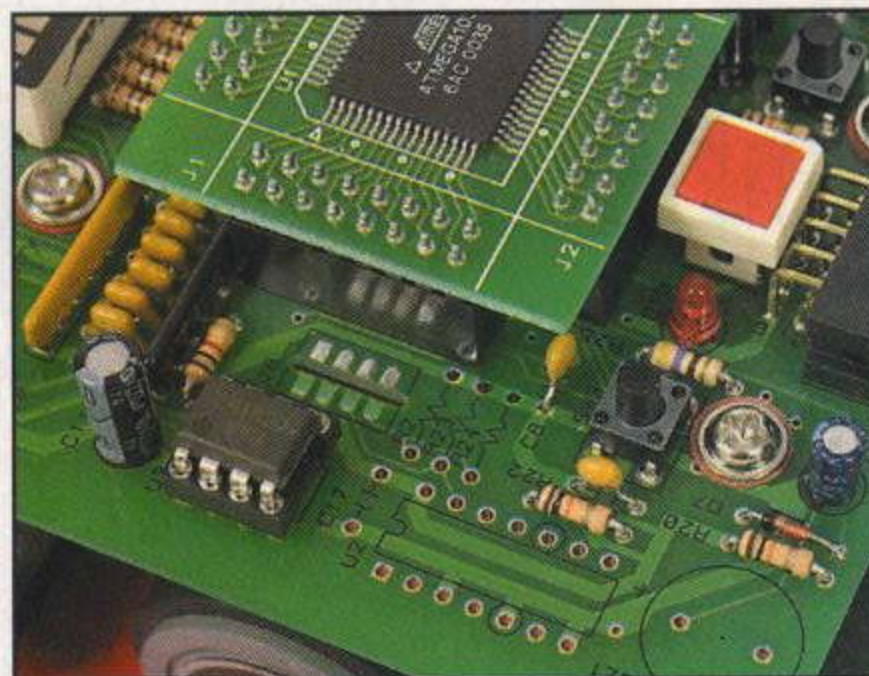
-AVR studio est un simulateur fonctionnant également sous Windows. Il suffira de lancer le programme "setup.exe" contenu dans le dossier "avr-isp" présent sur le CD-ROM. Il suffira alors de suivre les instructions afin d'installer le logiciel. Celui-ci permettra de transférer le programme compilé depuis le compatible PC vers le robot, dans sa mémoire EEPROM interne. On utilisera pour cette opération le câble en nappe livré avec le kit. Il suffira ensuite de suivre les opérations très bien détaillées de la notice d'utilisation



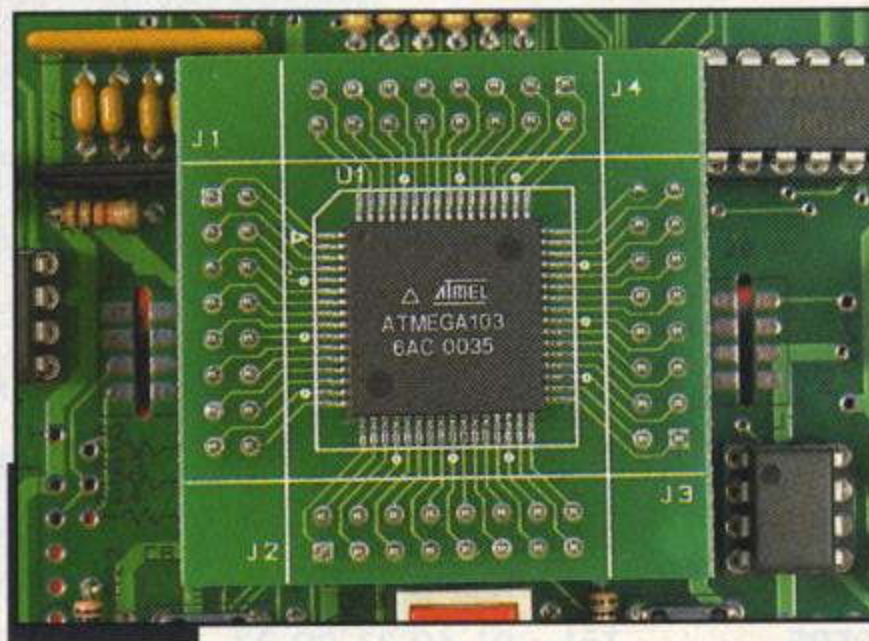
Présentation du ROBO-LEFTER.



Les capteurs de position.



Utilisation d'un circuit imprimé double face à trous métallisés.



Le cœur du "résolveur" de labyrinthe.

**LXTRONIC**

36/40 rue du Général de Gaulle

94510 - La Queue en Brie

01.45.76.83.88

www.lextronic.fr



EN KIT

LEFTER

TEST ET ETALONNAGE

ROBO-LEFTER est équipé de trois boutons-poussoirs permettant de sélectionner la façon dont il fonctionnera:

le rouge situé au centre permet d'effectuer un RESET de l'électronique  
celui situé à gauche correspond à la sélection du mode  
celui situé à droite correspond à la sélection

Quatre types de fonction peuvent être sélectionnés à l'aide de ces boutons:

- mode 1 ≠ fonctionnement effectif du robot
- mode 2 ≠ test des moteurs
- mode 3 ≠ test des capteurs
- mode 4 ≠ étalonnage des capteurs

Le programme de gestion du robot pourra être modifié puisque tous les fichiers sources sont disponibles sur le CD-ROM:

- mouse.c ≠ programme principal
- iom3.h ≠ informations nécessaires à la gestion des registres du microcontrôleur ATMELGA 103
- define.h ≠ définition des constantes
- inter.h ≠ fonctions
- init.h ≠ initialisations

Dans tous les cas, tous les réglages et essais pourront être effectués afin d'obtenir le meilleur fonctionnement possible.

Nous avons été étonnés de la précision du fonctionnement de ROBO-LEFTER et de la qualité de sa fabrication. Il permettra une très bonne initiation au monde de la robotique.

**Bomposants**

VOTRE SPECIALISTE  
EN COMPOSANTS ELECTRONIQUES

HB COMPOSANTS

**UNE SELECTION DE QUALITE :**

- Composants électroniques ;
- Outillage ;
- Appareils de mesure ;
- Kits : TSM, Collège, Velleman, OK Industries ;
- Accessoires ;
- Librairie technique ;
- Haut-parleurs...

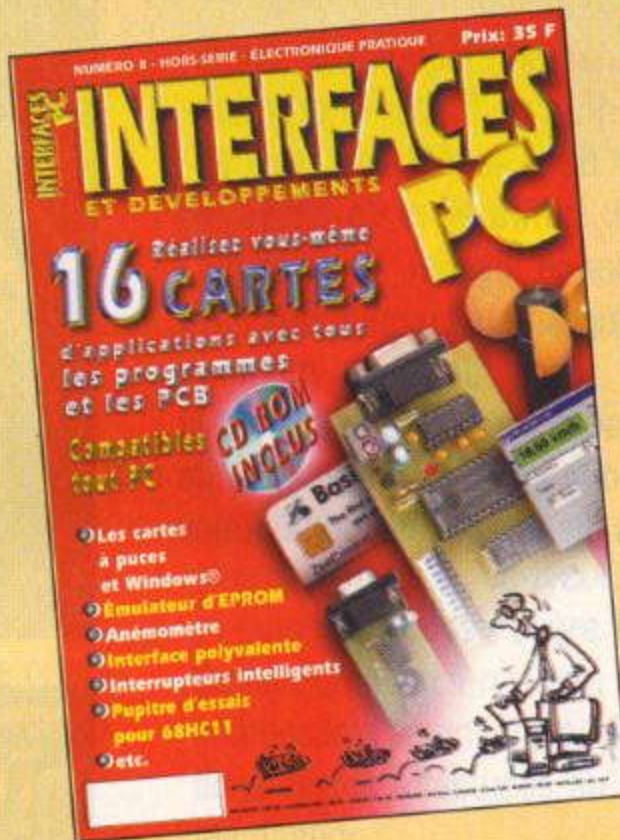
à 20 minutes de Paris, stationnement facile

**Bomposants**

7 bis, rue du Dr MORERE  
91120 PALAISEAU

Tél. : 01 69 31 20 37  
Fax : 01 60 14 44 65

Du lundi au samedi de 10 h à 13 h et de 14 h 30 à 19 h



**INTERFACES  
PC N°8  
vient de  
paraître**

**AU SOMMAIRE :  
Les cartes  
à puces et  
Windows®**

**16 cartes à réaliser soi-même dont : •Ému-  
lateur d'EPR0M • Anémomètre •  
Interface polyvalente Interrupteurs  
intelligents • Pupitre d'essais pour  
68HC11 • etc. (CD-ROM inclus)**

**En vente chez votre marchand  
de journaux : 35 F**



*On peut définir l'univers de la robotique comme étant celui de la mise en mouvement programmée et contrôlée de corps mécaniques. Ici, la construction de châssis, supports d'effecteurs destinés à mettre en action toutes sortes d'articulations, est tout aussi importante que celle des interfaces électroniques. D'un abord ludique, l'assemblage des automates peut se faire par l'utilisation de pièces de jeux de construction (MECANO, LEGO, etc.). Mais pour celui qui trouverait cette solution pratique trop restrictive ou qui voudrait apporter une touche plus personnelle à la réalisation de ses propres pièces, voici quelques astuces dans le respect des règles de construction les plus élémentaires qui lui permettront d'atteindre plus facilement cet objectif*

## TRUCS ET ASTUCES D'ASSEMBLAGES MÉCANIQUES



### LE PROJET

Faire simple, limiter le nombre de pièces et tout poser à plat. Dans ce but, réaliser quelques croquis qui aideront à se faire une idée exacte de la taille de l'ensemble, du nombre de pièces, des techniques et moyens à employer, etc. Cette première étape, indispensable, vous permettra d'évaluer votre projet du point de vue de sa faisabilité technique, mais également du point de vue de son coût.

### LES MOYENS

Ils se composent de l'outillage, d'une part, et des matériaux d'autre part. Voir en annexe une liste non exhaustive mais fortement conseillée de ce qu'il vaut mieux avoir à sa disposition avant de s'engager.

### PERCER - COUPER - ASSEMBLER

Ces opérations, à priori banales, peuvent se révéler délicates dans le contexte de la robotique amateur en raison de la dimension et de la finesse des matériaux les plus couramment utilisés. Toutefois, même dans ce cadre restreint, les

règles de base restent les mêmes qu'en mécanique générale :

- toujours se caler sur un bâti, afin d'éviter les vibrations et d'améliorer la précision du travail.
- ne jamais tenir directement à la main des matériaux que l'on travaille avec des outils électriques pour sa propre sécurité.

Ces deux règles complémentaires imposent l'emploi d'un étau ou, au minimum, celui d'une pince étau pour maintenir les matériaux.

Dans le respect de ces règles voici quelques astuces sur des opérations basiques que l'on a souvent (toujours) à exécuter et qui vous permettront de parvenir à vos fins en vous évitant bien des soucis et tracas.

#### 1° PERCER PROPRE ET PRÉCIS

Matériau épais

- Marquer un avant-trou au moyen d'une pointe sèche (clou en acier trempé)
- Ne pas percer directement au diamètre final, percer d'abord à un diamètre de quelques dixièmes inférieurs. Finir ensuite au diamètre désiré Ceci améliore grandement la précision (ex. : passage d'arbre), le foret étant utilisé comme un alésoir.

Matériau mince

- Plaquer la pièce à percer sur un matériau tendre (plastique, contre-plaqué), ceci réduit considérablement la déformation du trou à la sortie du foret et réduit les risques d'éclatement ou de bavures dans les matériaux durs ou fibreux. Selon la fragilité de la pièce, il est même possible de la prendre en sandwich entre deux matériaux.
- Marquer un avant-trou si le matériau est dur.

Dans les deux cas, ne pas forcer sur la perceuse en poussant de son poids. S'il est plus simple de forer un trou en tenant l'outil à la main, tout perçage digne de ce nom devrait se faire avec une perceuse à colonne et un étau fermement maintenu.

#### 2° COUPER UN TUBE PERPENDICULAIREMENT ET SANS L'ÉCRASER

Cette méthode est assujettie à l'emploi d'un coupe-tube de plomberie, outil méconnu de l'amateur



mais qui lui rendra de nombreux services puisqu'il lui permettra de débiter aussi bien du tube plastique que du tube acier en passant par l'aluminium ou le cuivre. Le diamètre de coupe étant réglable en agissant sur la vis qui maintient la molette d'acier trempé interchangeable, on peut ainsi tronçonner des diamètres allant de 4 à 25mm.

Les tubes de gros diamètre en métal seront maintenus dans l'autre main au moyen d'une pince-étai serrée modérément. Éventuellement, placer un chiffon entre les mors et le tube pour éviter de marquer. Pour couper, il suffit de serrer progressivement la mollette après chaque tour imprimé à l'outil. Si nécessaire, il faut ensuite ôter la bavure interne au moyen d'un outil tranchant. On peut ainsi réaliser des entretoises de toute dimension mais également des cages tubulaires de roulements. La seule véritable difficulté, tout à fait surmontable, consistera à trouver le tube à la dimension voulue.

### 3° COUPER UNE FEUILLE DE MATIÈRE PLASTIQUE

#### Feuille mince

Utiliser un cutter et adosser la lame sur le bord d'une règle métallique solidement fixée. Tracer un premier sillon d'une pression constante de la main, sans forcer. Repasser la lame dans le sillon autant de fois que nécessaire. Ne pas hésiter à renouveler la lame en la cassant.

Coupe à la scie sauteuse de feuilles épaisses (>3mm)

L'opération banale peut devenir délicate car elle dépend, conjointement des propriétés de la matière plastique, de son épaisseur et de la vitesse de coupe qui font qu'au contact de la chaleur exercée par le frottement de la lame, la coupe se ressoude sous la forme d'un bourrelet de matière fondue. Pour éviter cela, utiliser des lames prévues à cet usage spécifique, voire lubrifier et refroidir en permanence la zone de coupe. Toutefois, certaines matières ne sont pas sensibles à ce phénomène, par exemple au polyméthacrylate (Plexiglas), préférez le polycarbonate de surcroît incassable.

### 4° ASSEMBLER DES ARTICULATIONS

#### Pièces de matière plastique

Dans la mesure du possible, percer les pièces en les ayant préalablement superposées. Ceci économise les opérations et réduit les erreurs de positionnement. Si nécessaire, faire un essai avec une vis et une rondelle bloquée au moyen d'un écrou afin

d'évaluer la zone de déplacement. Pour la fixation définitive, utiliser plutôt un rivet bloqué par une rondelle. La rondelle a pour but d'empêcher l'expansion du rivet au sein de la matière. Très fiable, très léger et économique, le rivet se place au moyen d'une pince à riveter et s'enlève en perçant sa tête avec le foret utilisé pour sa pose. Lors de sa dépose, percer par à-coups pour éviter d'échauffer et de déformer la matière plastique en contact.

#### Pièces métalliques

Même principe mais la rondelle anti-expansion n'est pas obligatoire.

Dans les deux cas il est souhaitable de placer une rondelle de séparation entre les deux pièces en mouvement afin d'améliorer la mobilité de l'articulation.

Plaques métalliques et/ou plastiques, méthode simple et économique

Cette méthode d'assemblage, moins résistante que la précédente mais néanmoins fiable et très facile à mettre en œuvre, consiste à utiliser des tronçons de jonc plastique comme axes d'articulation. Ces axes doivent dépasser des deux côtés de l'articulation de quelques millimètres. En appliquant la panne chaude d'un fer sur les parties externes de l'axe qu'on aplatit, on réalise ainsi un véritable goujon de matière plastique.

Un bon ouvrier ayant de bons outils, le lecteur aura compris à la lecture de cet article que la mise en œuvre des techniques citées suppose qu'il dispose d'un minimum d'outillage pour ce faire. Quant au prix, qu'il se rassure, puisqu'en raison de l'explosion du marché du bricolage il est tout à fait possible de se procurer ces outils pour une somme modique en regard des services rendus, à savoir :

- Une perceuse, de préférence sur colonne avec son étau : -350 à 600 Fr.
- Une scie à main ou une scie sauteuse : -30 à 200 Fr.
- Un coupe-tube de plomberie : -40 à 150 Fr.
- Une pince à riveter : -20 à 90 Fr.



Le coupe-tube cuivre de marque VIRAX réf. 210300.



Un conseil : pour le perçage, optez plutôt pour une véritable perceuse, polyvalente et puissante qui vous permettra le montage de forets de 2 à 13mm, plutôt que pour ces mini-perceuses de hobby très en vogue qui se tiennent à la main comme des stylos. Même en 220V, leur puissance limitée et leur vitesse de rotation très élevée les destinent plutôt à de fines opérations de gravure ou de meulage.

### LES MATÉRIAUX

En métal (acier ou alu), en matière plastique (ABS, polycarbonate, PVC), l'ensemble se trouvant aisément sous la forme de profilés dans toutes les grandes surfaces du bricolage ou dans les magasins de modélisme. Les feuilles se trouveront plutôt chez les revendeurs spécialisés en matières plastiques (demi-produits).

### ROBUSTE ET SIMPLE : UN VÉRIN ÉLECTROMÉCANIQUE

Voici l'occasion de mettre en application les méthodes et astuces vues précédemment dans le cadre de la réalisation d'un actionneur extrêmement simple et original.

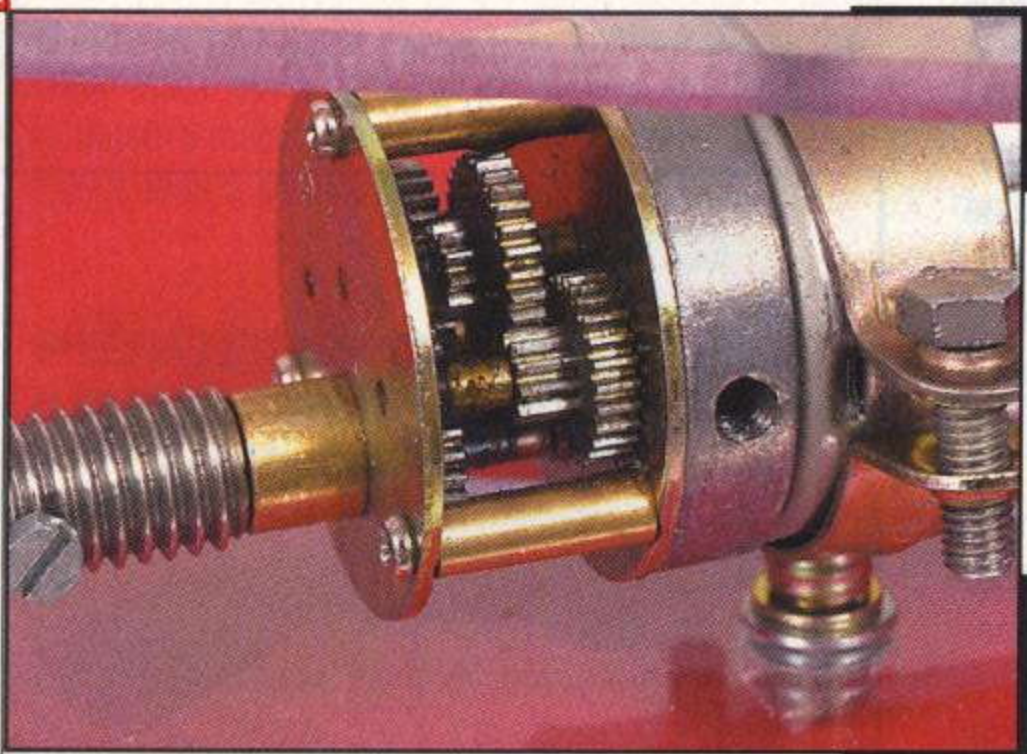
Le système se compose de trois éléments distincts :

- Un moteur électrique muni de son réducteur
- Un organe de transmission
- Un bras support.

#### 1° LE MOTEUR ÉLECTRIQUE

C'est un modèle de type MABUCHI 540. Muni de son réducteur, il tourne à une vitesse d'environ 240 tr/mn sous une tension de 12V, pour un couple conséquent de 7 Kg/cm.

Une partie du moteur et son réducteur.



#### 2° L'ORGANE DE TRANSMISSION

La partie mécanique du vérin se compose d'une tige filetée de diamètre 12mm, d'un écrou et d'une douille lui servant de logement, soit au total 3 pièces standards que l'on peut aisément se procurer partout. Difficile de faire plus simple.

#### 3° LE BRAS SUPPORT

Il est composé de deux poutres articulées ensemble par un axe les traversant. Chaque poutre est constituée de deux plaques entretoisées.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'ensemble moto-réducteur/tige filetée/douille constitue le vérin électromécanique proprement dit.

La tige filetée est fixée à l'axe de sortie du moto-réducteur. Lorsque le moteur électrique entraîne en rotation la tige filetée, l'écrou bloqué dans sa douille se déplace en translation. La tige filetée est une tige de 12mm standard au pas de 1,75, ce qui signifie que l'écrou progresse de 1,75mm/tour. Dans notre exemple, le moteur entraîne la tige à 240 tr/mn soit à 4 tr/sec, ce qui correspond à une vitesse de déplacement  $1,75 \times 4 = 7\text{mm/sec}$ . A vitesse de rotation égale, il est possible d'accroître la vitesse de translation en utilisant une tige filetée plus grosse, le pas augmentant avec le diamètre. A diamètre et vitesse égaux, il est encore possible d'accélérer la vitesse de translation en utilisant une vis à pas rapide (à un pas trapézoïdal de diamètre 12mm correspond un pas de 3mm). Le moteur est arrimé à la poutre inférieure du bras par un collier lui permettant de pivoter selon l'axe vertical. A l'autre extrémité, la douille est arrimée à la poutre supérieure du bras par une tige la traversant, permettant également un pivot selon l'axe vertical. La distance entre les deux axes d'arrimage aux poutres variant, cela entraîne une variation de l'écart angulaire du bras.

### RÉALISATION

#### 1° L'ORGANE DE TRANSMISSION

Une tige et un écrou inox ont été choisis en raison d'un meilleur état de surface de la matière, ce qui réduit les frottements. La tige filetée peut être fixée à l'axe du réducteur au moyen d'une réduction ou par un alésage en son centre.



La douille a été réalisée en enfonçant un écrou dont les arrêtes supérieures ont été meulées dans un tube de 20mm. On procède en déposant l'écrou sur un socle résistant (enclume, dalle de béton). On vient ensuite le coiffer d'un tube (acier, cuivre, alu) débité au coupe-tube que l'on va marteler progressivement, jusqu'à ce que l'écrou affleure à la partie inférieure du tube. Une fois l'écrou emboîté dans son logement, il convient de le fixer, soit à la cyanolite, soit en poinçonnant le tube au niveau des flancs de l'écrou. Cette dernière opération, pour être efficace, suppose d'avoir au préalable percé des petites cuvettes sur les facettes de l'écrou.

Deux facettes diamétralement opposées suffisent à assurer une bonne tenue tout en tolérant un jeu permettant de compenser le désalignement de l'axe. En raison des déformations inhérentes au martelage que l'on supprimera par un tronçonnage de la partie supérieure du tube, il est nécessaire de prévoir une pièce plus longue d'environ 2 cm. La partie supérieure de la douille est ensuite percée de façon à permettre le passage de l'axe de rotation et de fixation au bras. Le moteur est arrimé au bras par l'emploi de deux colliers de plomberie de diamètre 32 munis de pattes filetées. Si on le désire, il est également possible d'employer ce système pour la fixation de la douille. Dans ce cas, la tige pourra traverser la douille, ce qui permettra, selon les besoins, l'emploi d'une tige plus longue autorisant de plus grands débattements de l'articulation du bras.

## 2° LE BRAS SUPPORT

Les plaques de 60mm de large et de 400mm de long sont débitées à la scie sauteuse et percées deux par deux dans du polycarbonate de 4mm d'épaisseur, ce matériau présentant les avantages de ne pas se ressouder à la découpe et d'être incassable. Les entretoises de 8mm et l'axe tubulaire de 10mm sont débités au coupe-tube. L'axe est fixé avec une tige filetée le traversant de part en part ce qui permet un démontage, tandis que les entretoises sont fixées directement avec des rivets de 4,8mm.

## ASSEMBLAGE

Ainsi réalisé, il ne comporte pas de difficultés particulières.

Les positions des axes de fixation du vérin seront définies par l'utilisateur selon son besoin, ainsi que les diamètres et longueurs

de la tige et de la douille, ces éléments fournis à titre indicatifs étant modulables. Avant tout perçage ou découpe, il est recommandé de procéder à des essais de positionnement avec, par exemple, des pièces de carton découpé.

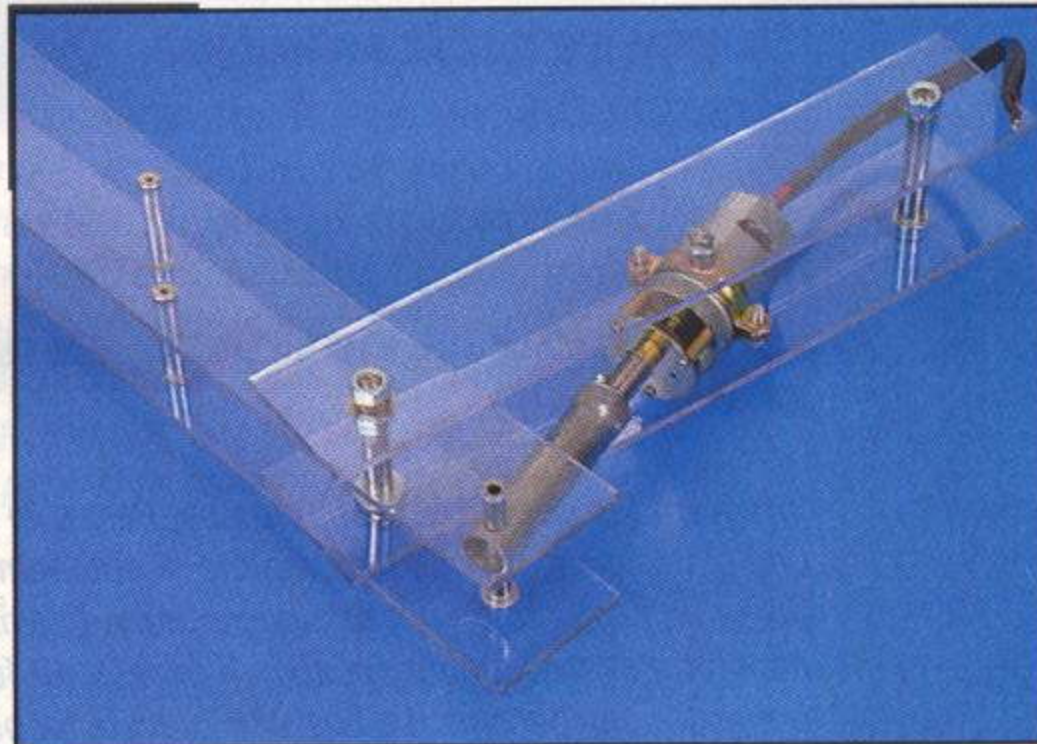
On pourra déposer de la graisse à l'intérieur de la douille, de façon à améliorer le frottement de la vis dans son écrou.

Si nécessaire, la douille est calée sur son axe de 8mm par deux ressorts compensateurs des oscillations de la tige filetée en cas de désalignement prononcé.

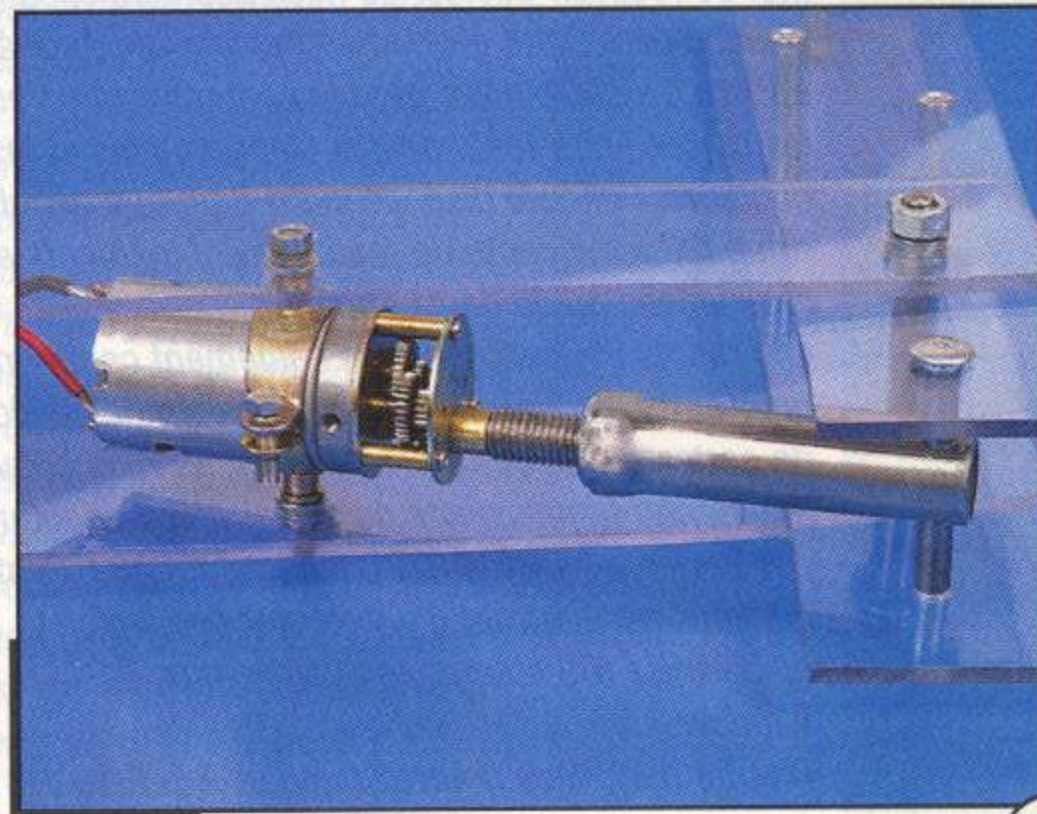
Vu la force transmise par le moto-réducteur, il est souhaitable de disposer des capteurs de fin de course de part et d'autre de la trajectoire de la tige.

Bien entendu ce système pourra être appliqué à une mécanique fonctionnant 100% en translation (glissière, piston, etc.).

S. GALAKHOFF



Le vérin et ses plaques de polycarbonate.



L'organe de transmission.



# NEWS

MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS

**DIMENSIONS**  
 Longueur : 380 mm.  
 largeur : 250 mm.  
 hauteur : 220 mm.  
 Poids : 3,2 kg

**LOCOMOTION**  
 Robot type char à deux roues motrices et une roue folle.  
 Vitesse maximum : 4 Km/h.

**CAPTEURS**  
 15 télémètres infrarouges, 10 mesures/sec.  
 2 odomètres, 80 impulsions/tours.  
 1 détecteur de chocs à déclenchement de seuil.  
 2 gyromètres suivant l'axe Z et Y.  
 Capteurs de lumière.  
 Capteurs de charges de batterie.  
 Capteurs de température interne et externe.  
 Vision en option.

**COMMUNICATION**  
 Liaison par IR pour communication inter robot.  
 Liaison Hertzienne : en option (433 MHz en modulation de fréquence), buzzer à fréquence modulable.

**INSTINCT SOFTWARE**  
 Micro contrôleur programmable Mitsubishi 16 bits.  
 Fréquence 16 MHz,  
 256 Ko de Flash et 20 Ko de Ram.  
 7 niveaux d'interruptions logicielles et hardware.  
 1 timer watchdog.

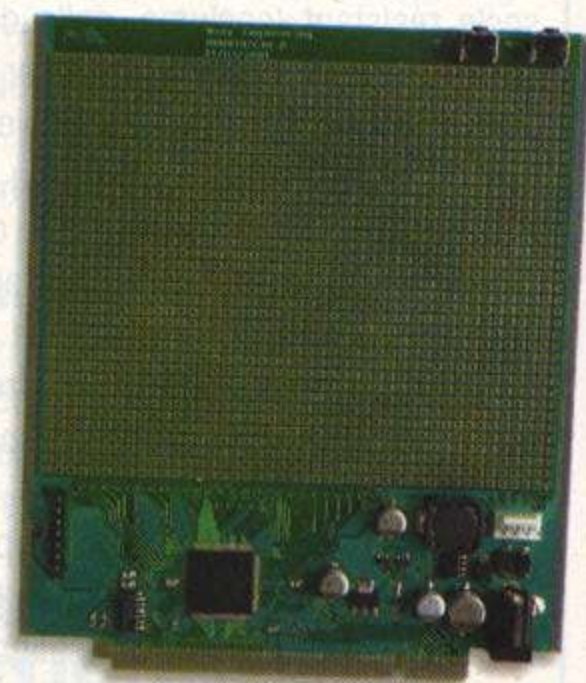
**MODULARITÉ**  
 Bus I2c.  
 4 emplacements, insertion des cartes à chaud.  
 1 bus OPP (technologie brevetée).  
 5 emplacements transfert haut débit entre les cartes.

**CARTE COMPORTEMENTALE**  
 Carte compatible PC : STPC consumer-S architecture X86, 75 MHz.  
 32 Mo de SDRAM.  
 Contrôleur VGA CRT.  
 Accélérateur vidéo 2D.  
 Sortie S-vidéo pour connexion TV.  
 Disque dur "on Chip" de 48 Mo (option 80, 144, 288 Mo).  
 2 ports USB.  
 Carte compatible OPP.

**CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES**  
 Accumulateurs Nimh en 12 Volts.  
 Carte : 5 Volts.  
 Chargeur : 24 Volts.  
 Autonomie : 1 heure d'activité pour une heure de chargement.  
 PRIX : 18 700 FRANCS HT  
 DISPONIBILITÉ : OUI  
 GARANTIE : 1 AN PIÈCES ET M.O PAR RETOUR ATELIER.  
 ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE : LINUX, WINDOWS  
 COMPATIBILITÉ LOGICIEL : MICROSOFT VISUAL C++ ET MATH LAB

**Une entreprise française, Wany, vient de concevoir, un robot ouvert et modulaire. Pekee est une plateforme robotique. Il offre la possibilité aux passionnés d'électronique ou d'informatique de personnaliser et de faire évoluer leur robot selon leurs envies grâce à la modularité de Pekee.**

**Cette plate-forme a autant été conçue pour les scientifiques que pour les passionnés qui attendaient de pouvoir monter, développer et personnaliser leur robot. Pekee est en phase de devenir la référence de ce nouveau marché qu'est la robotique personnelle.**



## L'ÉLECTRONIQUE DE PEKEE®

*Intégrant les dernières technologies, Pekee® est une plate-forme robotique complète et autonome dotée en standard de nombreux capteurs d'environnement. Pekee® a pour vocation d'évoluer au fur et à mesure des besoins. Le bus OPP breveté lui permet de recevoir des cartes filles additionnelles. Chaque carte peut être un véritable ordinateur à part entière. La carte mère gère la communication entre les cartes filles, les modules électroniques et les capteurs. Pekee® dispose aussi d'un bus périphérique I2C, et accepte de facto les équipements et réalisations dotés de ce standard.*

*Les robots Pekee® peuvent également communiquer entre eux par IR, et il est possible de les doter de cartes de visions stéréoscopiques. Vous pouvez augmenter la puissance de calcul en lui rajoutant des cartes à base de STPC (équivalent 486, Pentium), qui vous permettront d'y exécuter des logiciels embarqués (OS supportés : QNX, Linux, Dos, Windows).*

*D'autre part, vous pourrez rajouter à la liste des*

*accessoires de Pekee, qui grandit chaque jour, les périphériques informatiques à la norme USB.*

*Mais surtout vous pourrez créer vos propres cartes électroniques en utilisant le kit carte à Wrapper et les logiciels de développement électronique fournis.*

## ATELIER DE DÉVELOPPEMENT LOGICIEL

*Pekee® dispose également d'un puissant atelier logiciel (SDK-Pr) permettant de le configurer, de le programmer et de le simuler. Pekee est aussi un véritable PC mobile qui peut fonctionner sous environnement Linux® ou Windows®.*

*Il dispose en standard d'un Instinct Software®, implanté dans le puissant micro contrôleur de la carte mère. L'instinct software® lui assure l'évitement d'obstacles, l'acquisition de données extérieures, la gestion d'autonomie électrique et l'asservissement moteur.*



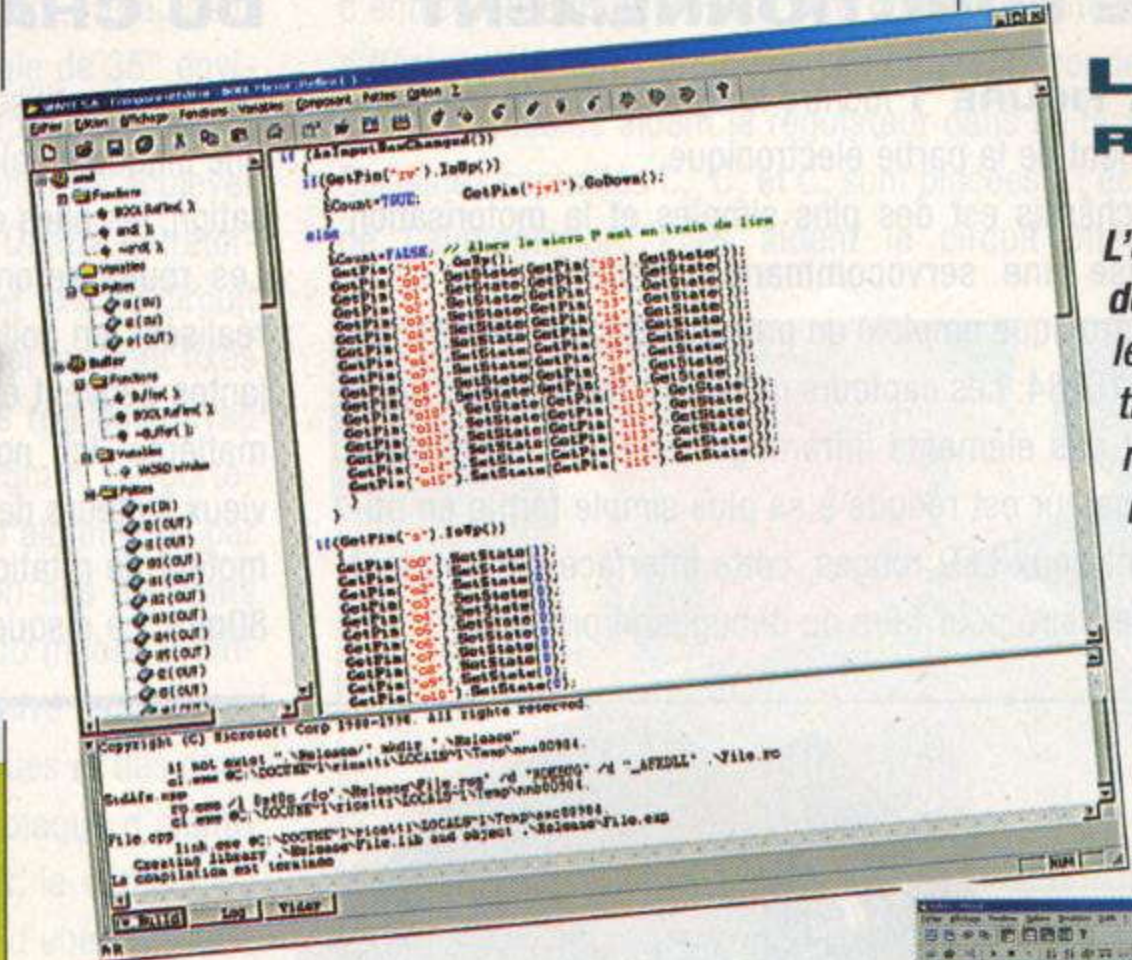


# NOUVEAUTÉS MICRO & ROBOTS

MICROS & ROBOTS

SUR LE MARCHÉ

MICROS & ROBOTS



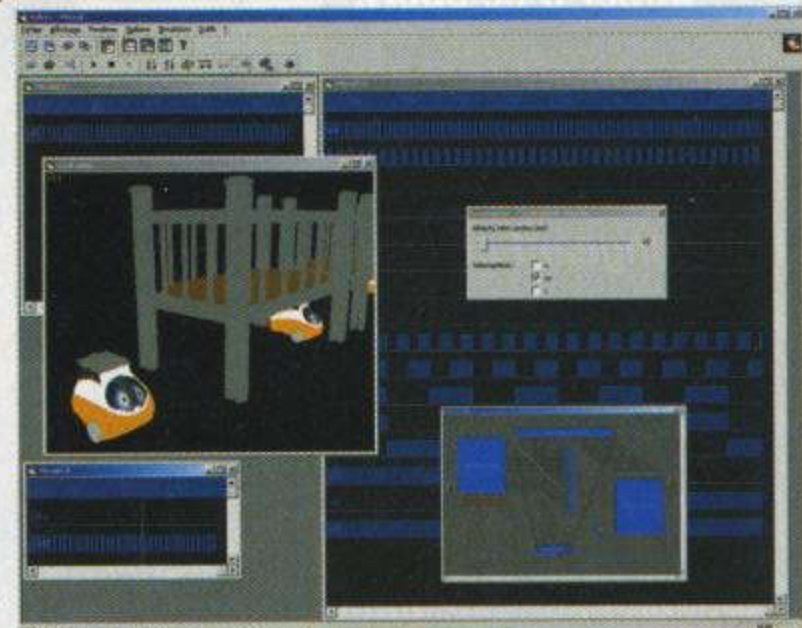
## L'ÉDITEUR DE ROBOT

*L'éditeur permet véritablement de construire un robot par module (référéncé dans une bibliothèque). Ainsi, pour simuler un robot avec le module de communication, il vous suffit d'y rajouter le module adéquat. Cet éditeur permet d'enrichir la bibliothèque en spécifiant simultanément l'électronique et la mécanique.*

**Wany S.A est une start-up issue du Laboratoire d'informatique de robotique et de micro électronique de Montpellier(LIRMM-CNRS) et primée au Concours National d'Aide à la création d'Entreprise Innovante organisé par le Ministère de la Recherche, Wany S.A est composée d'une équipe de docteurs en robotique. L'entreprise travaille sur les dernières recherches technologiques et développe pour l'industrie différents projets. Soutenue par plusieurs capitaux risqueurs, par le CNRS et l'ANVAR est confortée par l'émergence fulgurante du marché de la robotique. Pour plus d'informations, voir le site de l'entreprise [www.wany.org](http://www.wany.org)**

## LE SIMULATEUR ÉLECTRONIQUE

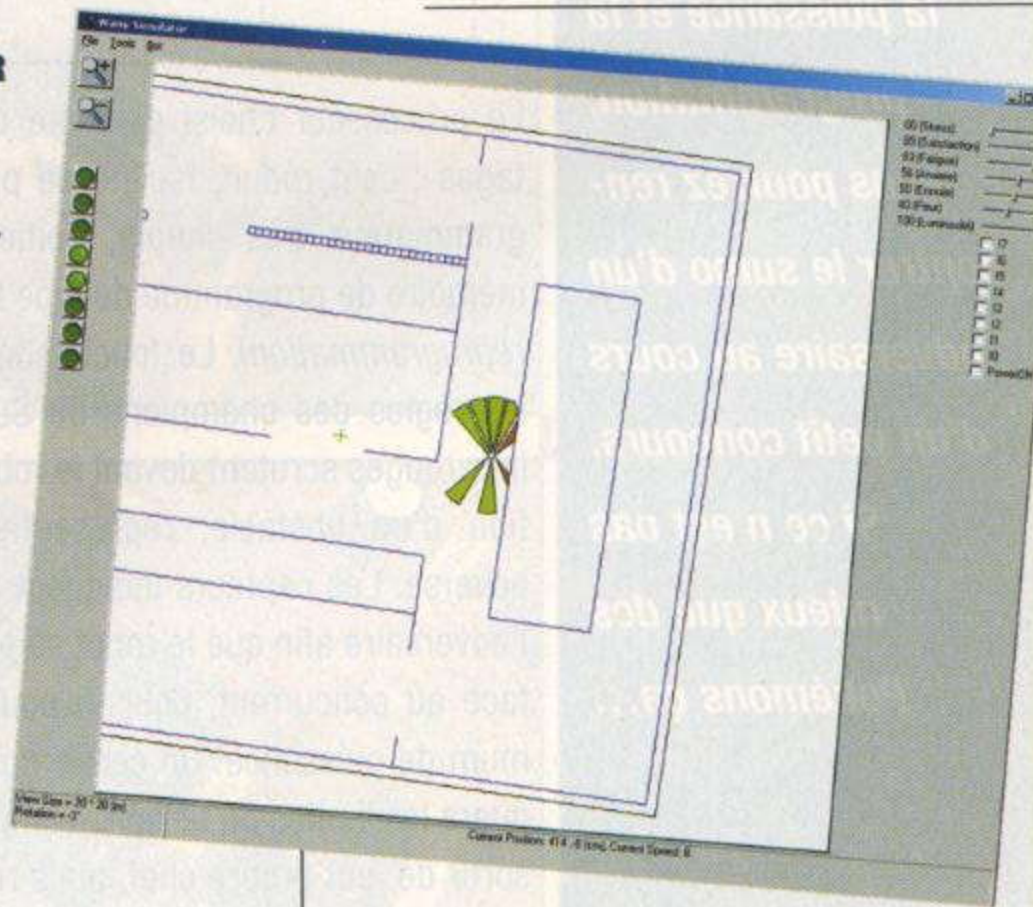
*Le simulateur électronique permet de placer les sondes d'oscilloscopes et d'analyseurs logiques virtuels pour voir comment se comporte chacune des pistes électroniques qui composent les différents modules de votre robot. Cet outil très puissant vous aide par exemple à inventer, à contrôler ou à mieux comprendre le fonctionnement d'un montage électronique utilisé dans l'un de vos robots. Il vous permet de simuler l'électronique de façon*



*synchrone avec les évolutions du robot dans le simulateur 3D*

## LE SIMULATEUR PHYSIQUE

*Il permet de voir comment se comporte un robot construit avec l'éditeur de robot dans un environnement physique. Constitué d'un éditeur d'environnement; cet outil est idéal pour vérifier si un nouvel algorithme engendre bien le comportement robotique attendu. Si l'on crée une interface entre le robot Internet et le simulateur, cela peut faire évoluer votre robot virtuel dans le même environnement que celui où sont simulés d'autres robots, sur d'autres ordinateurs avec le même logiciel.*



<http://www.pekee.com>

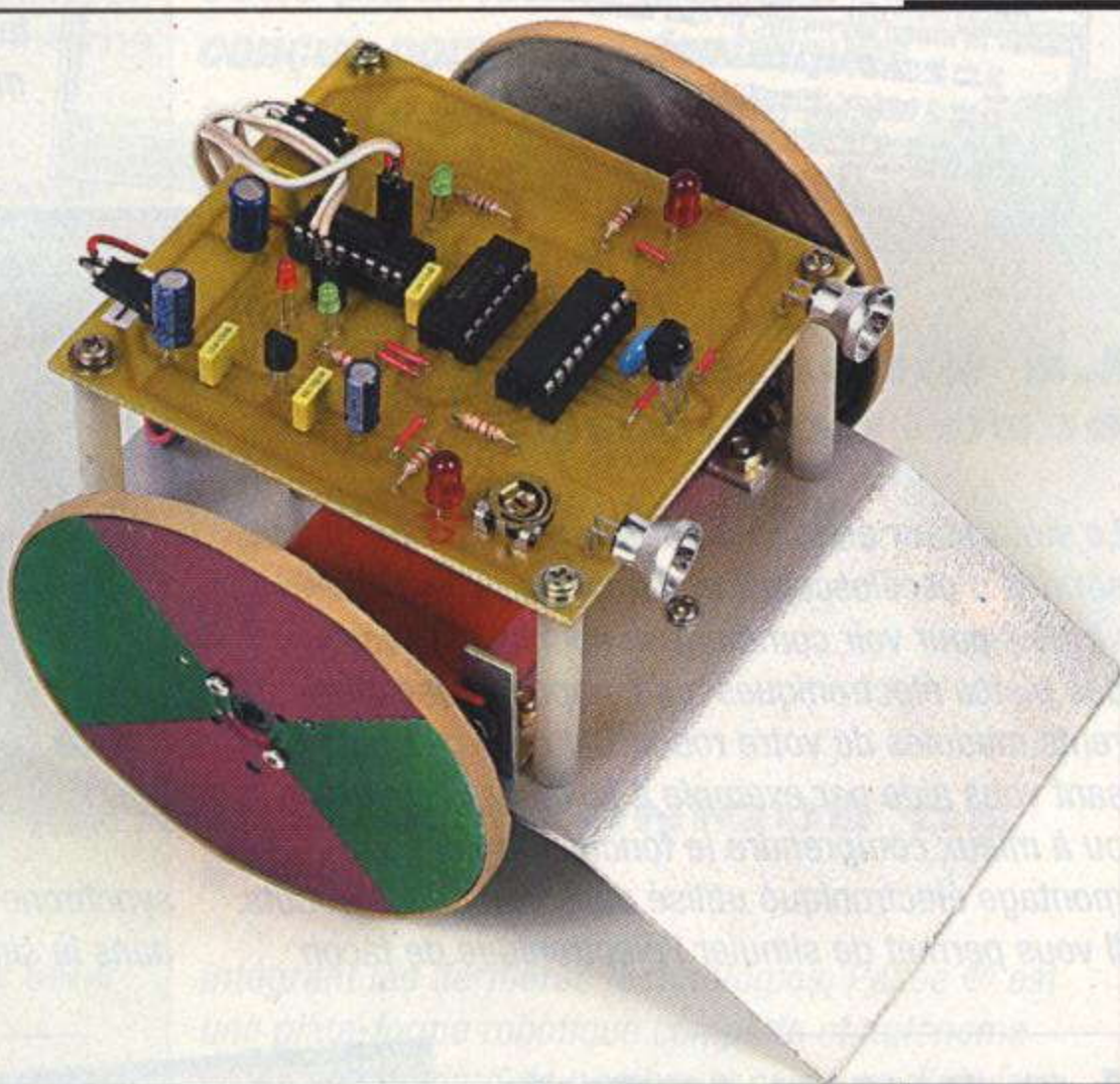


*Les Sumos sont ces énormes japonais, qui se servent de leur corpulence pour pousser leur adversaire au-delà d'un cercle. Certains sont considérés comme des demi-dieux aux yeux des japonais. Si vous voulez vous initier à ce sport, vous pouvez essayer de les imiter en mangeant comme quatre ou, plus simplement, réaliser notre robot Sumo et vivre leur vie par procuration. En jouant sur la masse, la puissance et la programmation, vous pourrez rencontrer le sumo d'un adversaire au cours d'un petit concours. Si ce n'est pas mieux que des Pokémons ça...*

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

LA FIGURE 1 montre le synoptique de fonctionnement de la partie électronique.

Le châssis est des plus simples et la motorisation utilise une servocommande modifiée. La carte électronique emploie un processeur très courant : un PIC 16F84. Les capteurs indispensables sur un robot sont des éléments infrarouges courants. L'interface utilisateur est réduite à sa plus simple forme en utilisant deux LED rouges, cette interface est pourtant nécessaire pour faire du débogage primaire.



Le processeur choisi présente de nombreux avantages : coût réduit, facilité de programmation, programmeur très simple, boîtier classique DIL18, mémoire de programme de type Flash (permettant la reprogrammation). Le fonctionnement du robot suit les règles des champions de Sumos. Les capteurs infrarouges scrutent devant le robot jusqu'à la détection d'un obstacle, représentant le robot Sumo adverse. Les capteurs indiquent aussi la position de l'adversaire afin que le robot se positionne au mieux, face au concurrent, pour le pousser avec le maximum de puissance. Un cercle noir tracé au sol indiquera les limites du terrain, les robots ne devront pas sortir de leur propre chef, mais rester dans le cercle dès la détection des limites du terrain. Le terrain devra être lisse mais non glissant et peint en blanc.

## RÉALISATION DU CHÂSSIS

Le châssis utilise des éléments simples et courants. Une plaque en aluminium pliée supportera la motorisation, les piles et la carte électronique.

Les roues seront équipées de bandes adhésives réalisées en collant des élastiques sur la jante. Les jantes peuvent être réalisées de diverses manières et matières. Ici, nous avons choisi des éléments de vieux lecteurs de disquettes 5"1/4 dont le disque du moteur de rotation principal est idéal en dimension : 80mm. Le disque est soulagé des pièces aimantées

collées à l'intérieur. Le bord du disque de métal est parfait pour coller un gros élastique brun taillé au cutter. Une couche de peinture sera de plus bel effet sur les jantes. L'élément le plus large, fourni avec les servocommandes, sera utilisé pour fixer les roues : un disque. On utilisera des petites vis de 2mm ou mieux de 3mm. A défaut, tout disque d'un diamètre de 80mm environ pourra convenir, couvercle de pot de confiture, de moutarde, etc.

La servocommande utilisée ici est un modèle de chez "Motor model" qui est déjà débarrassée de son électronique. Mais si vous utilisez un autre modèle, veillez à

ce qu'il soit standard. On ne gardera que le moteur et les engrenages démultiplicateurs. Deux modifications sont à apporter sur le modèle choisi (voir photos). Sur le dernier engrenage en sortie associé au disque, on doit supprimer, au cutter, un ergot de blocage afin de permettre à cet engrenage de sortie de faire des rotations complètes sur 360°. Ensuite, il faut dévisser la partie interne du potentiomètre de recopie, fixée ici par deux vis. Sur un modèle standard, il faut démonter le potentiomètre afin de libérer la rotation complète. Attention : les explications fournies ici ne sont pas applicables sur tous les servos. Les autres modèles diffèrent souvent par des détails de fabrication. Les modifications à apporter pour des servos différents nécessiteront donc une observation préalable du servo concerné avant d'o-



pérer. Le châssis qui supporte tous les éléments est une plaque d'aluminium 150x90mm, épaisseur 1mm. Elle doit être pliée avec un angle de 35° environ et servira de troisième point d'appui du robot à l'avant en glissant. Elle permettra aussi de soulever le robot adverse pour le déstabiliser. Quatre entretoises filetées, de 35mm, permettent de fixer le circuit imprimé sur cette plaque. Les deux servos sont fixés sur cette plaque par quatre équerres réalisées avec une cornière en aluminium de 15x25mm. Le porte-piles est, lui, fixé sous la plaque d'aluminium par deux vis plastiques. Cette disposition des éléments permet d'avoir le centre de gravité du mobile à l'intérieur du carré virtuel d'appui. Ce carré est composé des deux points de contact des roues et des deux points extérieurs de la partie de la plaque d'aluminium au contact du sol. Et pour finir, le capteur de ligne noire est fixé à l'avant à l'aide d'une troisième cornière de 15x25mm.

**LA FIGURE 2** montre les cotes de la plaque ainsi que la position des perçages à effectuer avec un foret de 3,2mm.

### ÉLECTRONIQUE

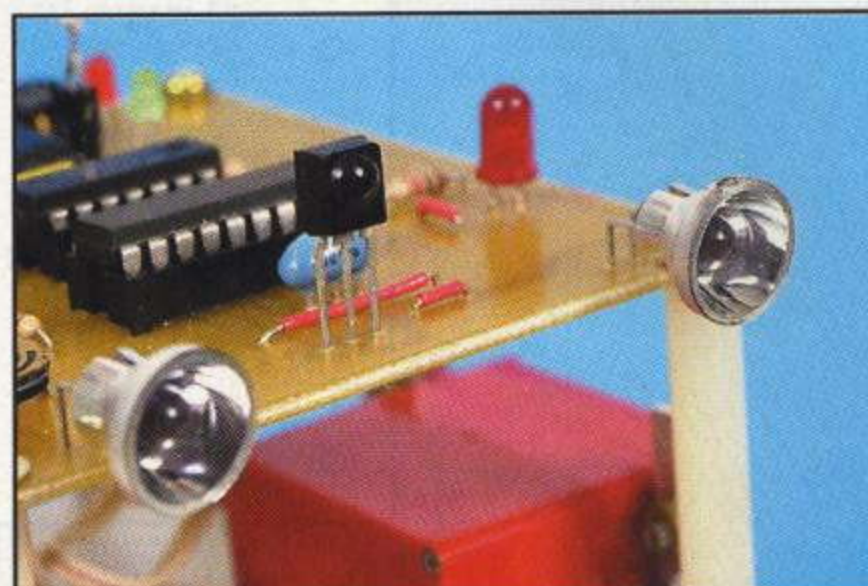
Le schéma de l'électronique (**FIGURE 3**) regroupe l'ensemble des éléments ainsi que le capteur de la ligne noire au sol qui n'est pas sur le circuit imprimé. Celui-ci est un HOA 149 ou tout autre capteur à réflexion. Cet élément est constitué d'une diode infrarouge et d'un phototransistor. Le principe de fonctionnement est simple : la diode émet une lumière infrarouge en direction du sol et le phototransistor reçoit les photons par réflexion sur le sol. Si la distance entre le sol et les éléments, de l'ordre de 4mm, est respectée, le récepteur fournira une information proportionnelle à la quantité de photons qu'il aura reçu. Il faut ajouter une résistance  $R_6$  de 100  $\Omega$  en série avec la diode d'émission afin de limiter le courant à 40mA, et une résistance de charge pour le phototransistor  $R_7$  de 10 k $\Omega$  en série aussi. Le connecteur  $K_4$  permet de relier l'ensemble au circuit imprimé.

Une petite régulation de tension est nécessaire pour garantir un fonctionnement irréprochable. La présence de moteurs dans un montage électronique est toujours source de parasites et de sous tension à chaque démarrage de ceux-ci. Un petit régulateur 5V

à faible chute de tension, en raison d'une tension d'entrée de 6V ici, fournira une bonne stabilité aux différents éléments critiques. Les différents condensateurs associés aident le régulateur dans sa tâche. Certaines capacités  $C_5$ ,  $C_6$  et  $C_7$  sont placées à l'écart de l'alimentation. Elles aident le circuit intégré



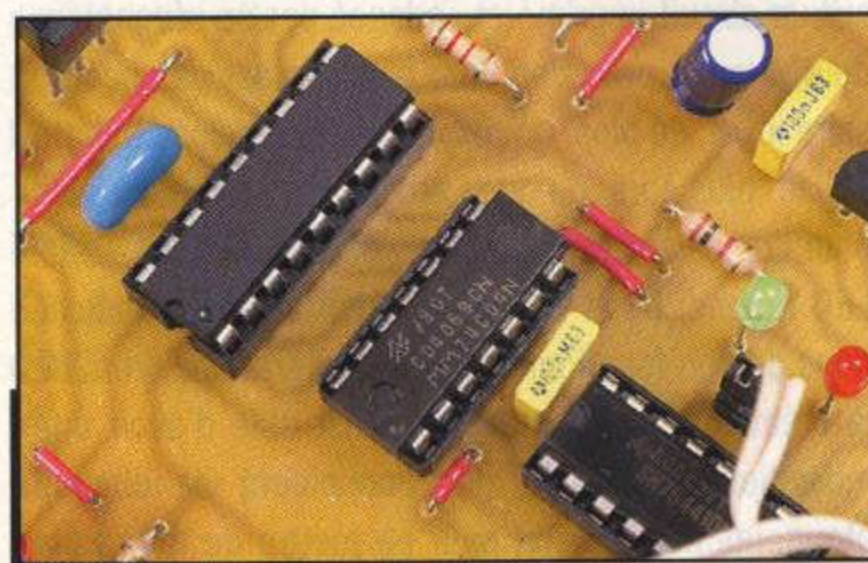
► **Exploitation de l'axe de sortie du servomoteur.**



► **Les deux LD271 et le récepteur TSOP 1838.**



► **Le capteur à réflexion placé sous le châssis.**

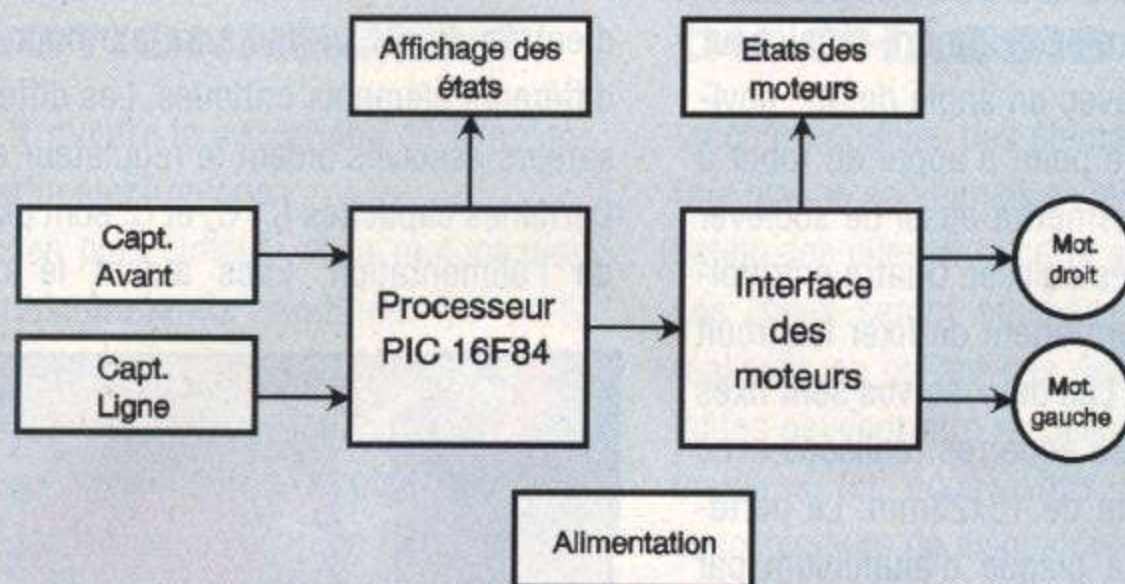


► **Présentation du  $\mu$ contrôleur 16F84.**



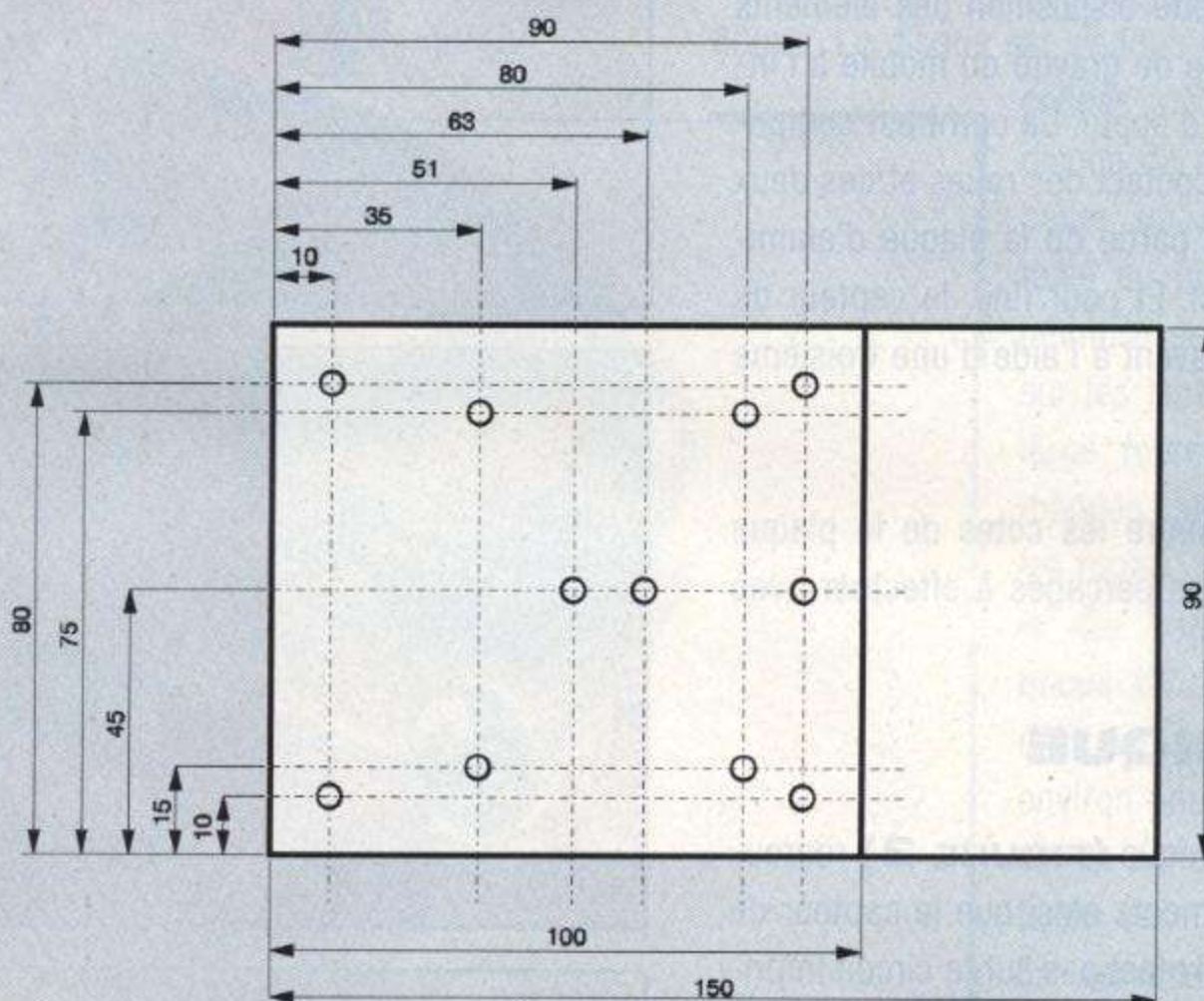
**FIGURE 1**

Le synoptique de fonctionnement de la partie électronique.



**FIGURE 2**

Dimensions de la base et plan de perçage.



L293D, interface de commande des moteurs, à supporter les appels de courant des moteurs lors des variations de vitesse et lors des démarrages. Vous pouvez constater que les précautions sont prises pour permettre au processeur de fonctionner sans plantage.

Le centre du montage est évidemment le processeur, un PIC 16F84, en boîtier DIL18 classique à implanter sur un circuit imprimé et cadencé par un résonateur de 4MHz. La précision d'un quartz n'est pas nécessaire ici et, de plus, un résonateur est moins cher. On utilise plusieurs de ses broches d'entrées/sorties pour lire les entrées et pour piloter les moteurs. Deux LED rouges,  $D_3$  et  $D_4$ , servent uniquement d'indications de bon fonctionnement du programme. Lors de la création d'un programme, il est utile d'avoir une indication visuelle du fonctionnement de chaque étape, les LED sont là pour permettre de trouver la

partie critique du programme. Ensuite, on peut les utiliser pour indiquer d'autres états, comme la détection d'un obstacle à droite ou à gauche, puis devant. Quatre lignes sont libres pour des applications personnelles (voir plus loin).

Les deux LED infrarouges,  $D_1$  et  $D_2$ , sont utilisées alternativement en émettant de courtes salves à 40 kHz à droite et gauche. Ces résistances sont polarisées par la résistance globale  $R_1 + P_1$ ; les valeurs choisies permettent de régler la distance maximale de détection. La fréquence de 40 kHz a été choisie pour correspondre au standard des récepteurs infrarouges à démodulateur.

Ces récepteurs infrarouges, utilisés dans les téléviseurs par exemple, sont des modèles sophistiqués qui intègrent, en plus d'un photo-détecteur, un ampli et un démodulateur qui élimine la fréquence de la porteuse à 40 kHz du message. Les informations



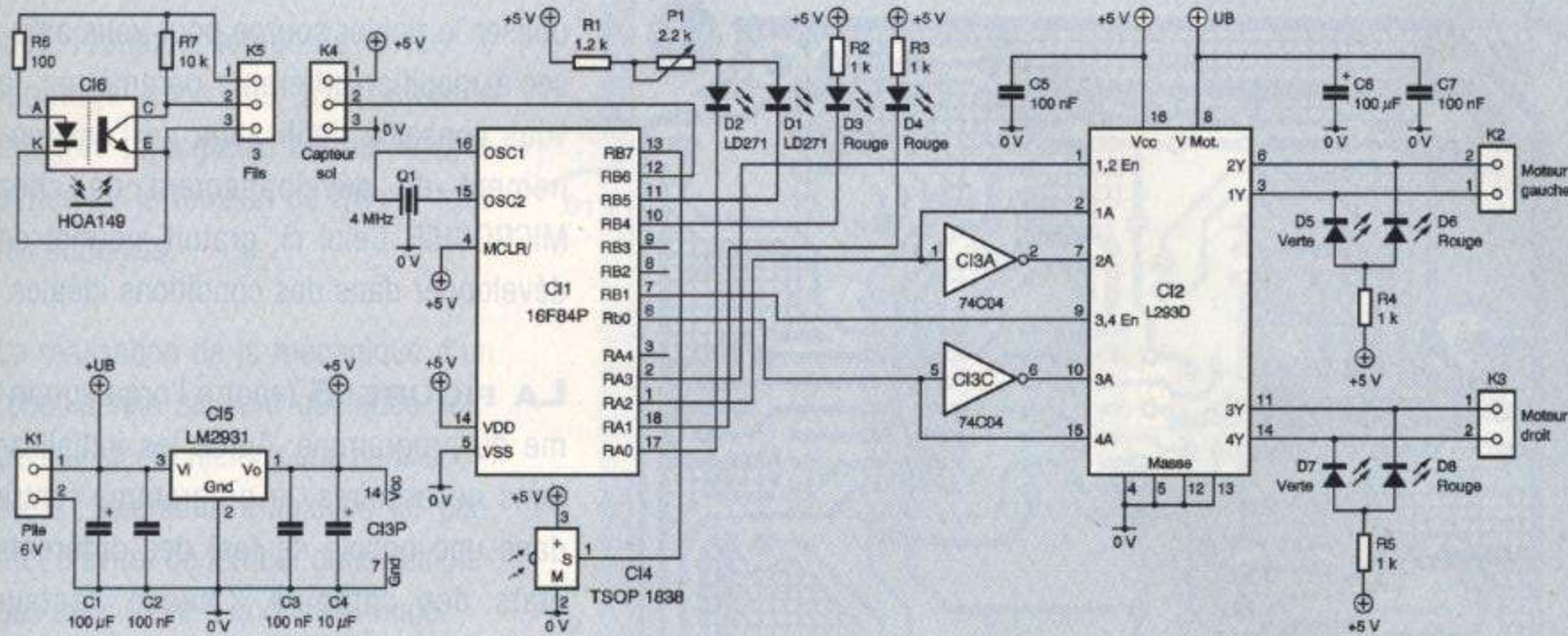


FIGURE 3  
Schéma de principe.

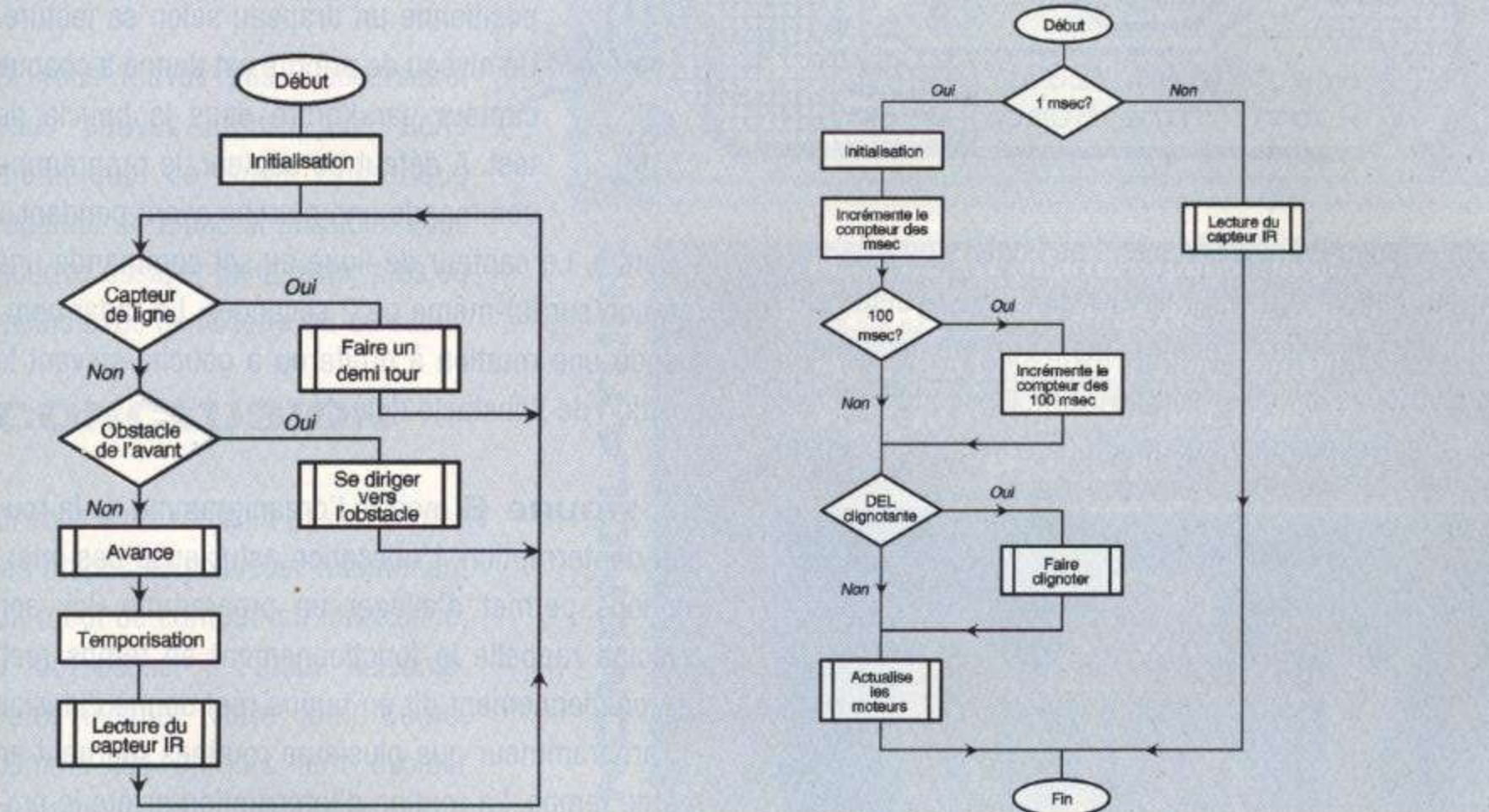


FIGURE 4  
Organigramme du programme.

FIGURE 5  
Organigramme de la routine d'interruption.

récupérées ont un format série compatible directement avec les processeurs. Le modèle de récepteur choisi ici est un TSOP 1838 de fréquence centrale de 38 kHz, mais d'autres modèles peuvent être utilisés à condition de tordre les pattes, si nécessaire (*vérifier d'abord le brochage*). La commande des moteurs nécessite quatre signaux de la part du processeur. Pour chaque moteur, on commande le sens de rotation et la vitesse. Le circuit C12 est une interface de puissance spécialisée dans la commande de petits moteurs de puissance modeste. Le courant maximum est de 600mA par voie. Le L293D est configuré pour réaliser deux ponts en H afin de piloter deux moteurs. Pour cela, on utilise deux inverseurs 74C04. On aurait pu se passer de ces deux inverseurs et cela aurait simplifié le circuit imprimé. Mais ces deux inverseurs assurent que la paire de transistors verticaux ne soit jamais passante en

même temps, sinon... direction le paradis des composants.

Le L293D comporte des diodes de roues libres pour supprimer les pointes de tension qui apparaissent aux bornes des transistors lorsqu'ils se bloquent en présence d'une charge inductive (*exemple ici un moteur*).

Les petites LED rouges et vertes, en sortie du composant, permettent de vérifier le fonctionnement de l'interface. Il est conseillé d'utiliser des diodes à faible consommation, environ 2mA.

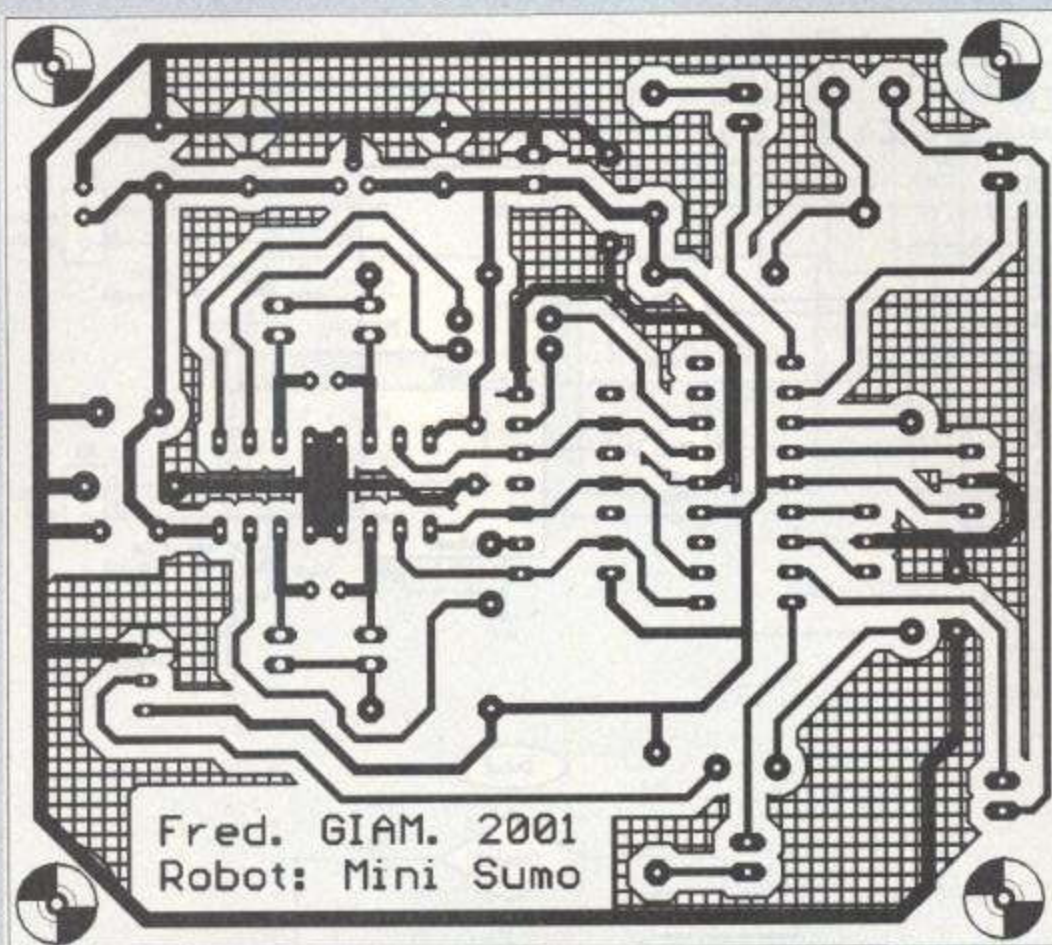
## PROGRAMMATION DU MICRO-CONTRÔLEUR

De nombreux programmeurs ont été décrits dans les différents numéros de "Électronique Pratique" ou



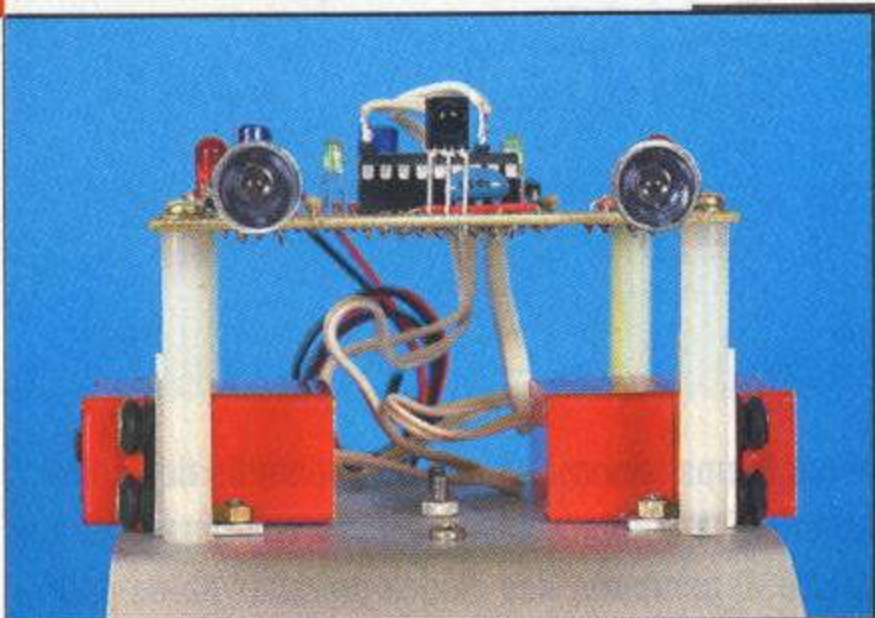
**FIGURE 7**

Tracé du circuit imprimé.

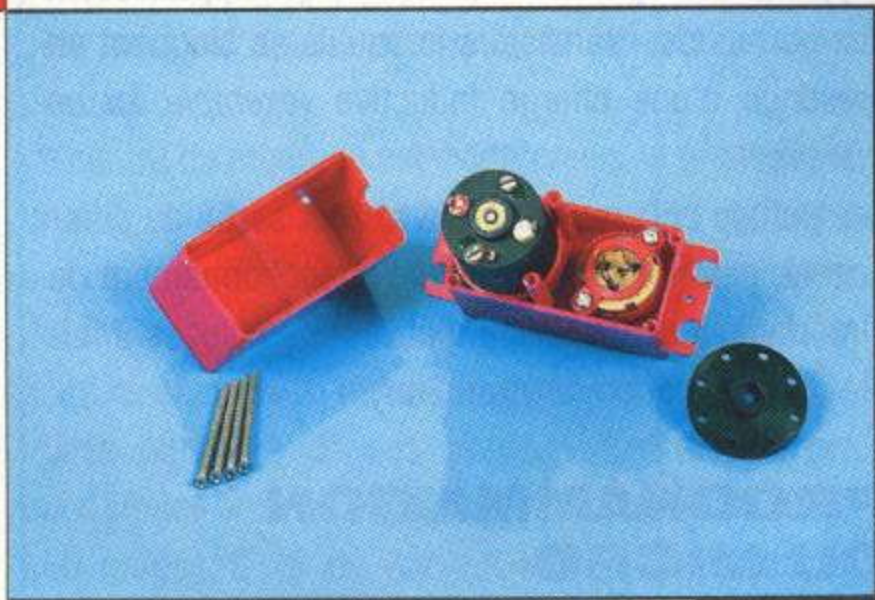


“Interfaces PC” précédents. Les fichiers pour la programmation sont fournis sur le CDROM dont vous trouverez le bon de commande de ce même numéro. On y trouve le fichier source .ASM, ainsi que le fichier .INC correspondant aux macros créées spécialement

Position des entretoises filetées de 35 ou 40 mm.



Modifications principales du servomoteur.



pour ce robot. Pour vous éviter d'avoir à compiler ces fichiers, le .HEX est fourni aussi. Si vous souhaitez

utiliser le fichier source pour vous amuser à modifier différents paramètres, je vous conseille l'utilisation de l'environnement de développement de chez MICROCHIP. Celui ci, gratuit, permet de développer dans des conditions idéales.

**LA FIGURE 5** montre l'organigramme du programme. Après les initialisations nécessaires, le programme rentre dans une boucle de test des différents états des capteurs. Chaque capteur positionne un drapeau selon sa lecture. Un niveau de priorité est donné à chaque capteur par l'ordre dans la boucle de test. A défaut de capteur, le programme commande une marche avant pendant 1

seconde. Le capteur de ligne au sol commande une rotation sur lui-même de 2 secondes. Le radar commande une rotation à droite ou à gauche suivant la position de l'obstacle détecté.

**LA FIGURE 6** montre l'organigramme de la routine d'interruption. L'utilisation astucieuse des interruptions permet d'alléger un programme. Ici, son principe rappelle le fonctionnement en temps réel. Un fonctionnement dit en temps réel donne l'illusion au programmeur que plusieurs routines tournent en même temps. La routine d'interruption arrête le programme principal toutes les 1 ms. Elle met à jour un compteur en multiple de 100 ms pour réaliser des temporisations, elle fait clignoter les LED sur l'état du robot et réalise surtout la commande des moteurs en MLI (modulation de la largeur des impulsions). Le programme ne remplissant pas la totalité de la place mémoire du composant, il vous est donc possible d'ajouter des routines supplémentaires de votre cru.

### RÉALISATION

Le circuit imprimé sera percé avec un foret de 0,8mm, puis on utilisera un foret de 1,2mm pour la résistance ajustable  $P_1$  (**FIGURES 7 ET 8**). Les trous de fixation seront percés à 3,2mm. Il y a 8 straps à placer avant de commencer à souder les résistances. Implanter les composants de plus bas profil en premier. Il n'y a qu'un seul réglage, celui-ci permet de régler la distance de détection des obsta-



cles. Prenez le temps de vérifier le montage sans les trois circuits intégrés principaux. Vérifier la présence de la tension de 5V sur tous les supports.

La réalisation de la mécanique d'un robot donne souvent quelques soucis aux électroniciens que nous sommes. L'approche employée ici permet d'éviter de tomber dans ces pièges sans nuire à la qualité finale.

Si vous n'avez pas d'adversaire, vous pouvez utiliser une boîte métallique de soda cylindrique repeinte en blanc si possible. Vous pourrez essayer de la lester plus ou moins avec de la terre ou du sable.

**CONCLUSION**

Si vous avez réussi à passer toutes les étapes et posséder maintenant un robot de combat qui fonctionne, il faut passer à l'étape suivante. Faire évoluer votre Mini Sumo, comme les enfants font évoluer leurs Pokémons. Ajouter des moustaches à l'avant, réalisée avec des contacts de fin de course. Dès que l'un des contacts est fermé, cela confirmera la direction choisie et vous autorisera à augmenter la puissance sur les roues pour donner l'impulsion qui déstabilisera votre adversaire. Un capteur à l'arrière permet de s'échapper en tournant et en accélérant.

F. GIAMARCHI

Motor Model, 95 av. Robespierre  
93100 Montreuil  
01 48 51 10 00

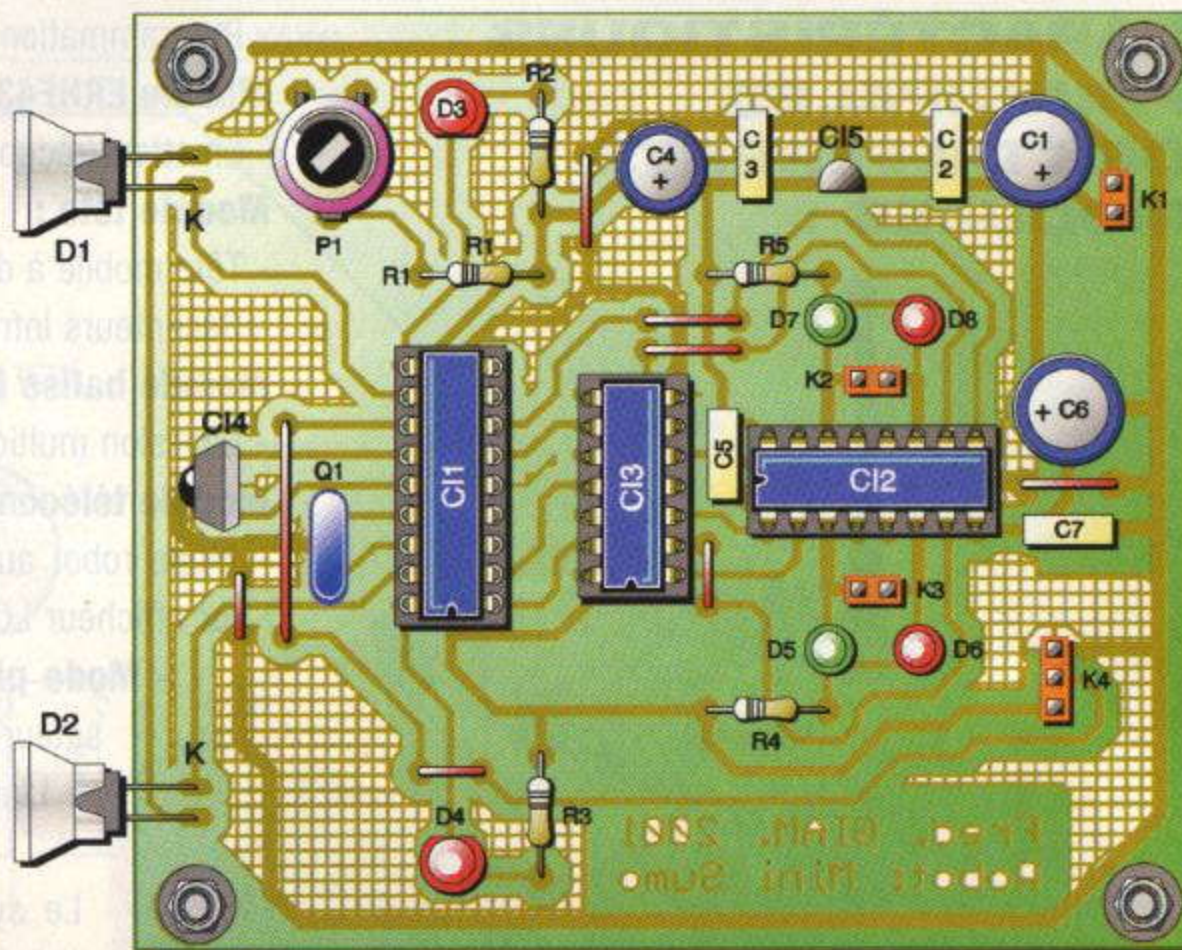


FIGURE 8

Implantation des éléments - les résistances R<sub>6</sub> et R<sub>7</sub> sont soudées sur le capteur CI<sub>6</sub>.

NOMENCLATURE

- R<sub>1</sub> : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)
- R<sub>2</sub> à R<sub>5</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- R<sub>6</sub> : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R<sub>7</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- P<sub>1</sub> : 2,2 kΩ
- C<sub>1</sub>, C<sub>6</sub> : 100 µF/16V
- C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>7</sub> : 100 nF
- C<sub>4</sub> : 10 µF/16V
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : LD271
- D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> : LED 5mm rouges
- D<sub>5</sub>, D<sub>7</sub> : LED 3mm vertes
- D<sub>6</sub>, D<sub>8</sub> : LED 3mm rouges
- CI<sub>6</sub> : Capteur HOA 149 ou TIL 149
- Q<sub>1</sub> : résonateur 4 MHz
- CI<sub>1</sub> : 16F84-04/P
- CI<sub>2</sub> : L293D, SN 754410 N
- CI<sub>3</sub> : 74C04, 4069
- CI<sub>4</sub> : TSOP 1838
- CI<sub>5</sub> : LM2931

3 supports (14 broches, 16 broches et 18 broches)

K<sub>1</sub> à K<sub>3</sub> : connecteurs 2 points

K<sub>4</sub>, K<sub>5</sub> : Connecteurs 3 points

DIVERS

- Servo mécanisme réf. : EK02 (Motor model)
- Porte pile pour 4 LR06 ou AA
- 4 entretoises filetées 35mm (ou 40 mm) pour vis de 3mm
- vis et écrous de 3mm et de 2mm (dont 2 en plastiques)
- cornière en alu. de 25x15mm
- 4 piles alcalines de 1,5V

ADRESSES INTERNET

Site de MICROCHIP : fabricant du PIC 16F84  
[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

Site de TEXAS Instruments : fabricant du SN 754410 N  
[www.ti.com](http://www.ti.com)

Site de SGS Thomson : fabricant du L293D  
[www.st.com](http://www.st.com)



*Le robot décrit dans cet article a pour rôle de rechercher une balise infrarouge en se déplaçant mais aussi en actionnant sa tête de droite à gauche et de haut en bas. Ainsi, on peut placer la balise en hauteur et pas uniquement sur le sol à hauteur du robot ! Les structures mécaniques et électroniques de ce robot permettront aussi de s'adapter à d'autres projets, grâce à leur modularité. On disposera aussi d'une télécommande HF pour piloter le robot et pour visualiser ses actions. Les modules électroniques de ce projet ont été conçus pour répondre à un grand nombre de besoins dans la robotique mobile avec le souci de rester le plus "universel" possible.*

## CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES DIFFÉRENTS MODULES :



### Module alimentation :

- Connecteur pour batterie
- Connecteur pour chargeur
- Sélection utilisation/charge par interrupteur
- LED de contrôle
- Connecteurs de sorties d'alimentation (dispatching)

### Module moteurs :

- Commandes de sens
- Driver de puissance moteurs
- LED de contrôle de sens

### Module capteur infrarouge :

- Détecteur d'obstacle à infrarouge
- Liaison 3 fils vers module microcontrôleur

### Module microcontrôleur :

- Microcontrôleur 8 bits ATMEL 8 MHz
- Surveillance de tension batterie
- Nombreuses I/O
- Port RS232 TTL

- Programmation ISP

### Module ERHF433 :

- Emetteur/récepteur 433,92 MHz AM half-duplex

### Module tête :

- Tête mobile à deux servomoteurs
- Récepteurs infrarouge de recherche de balise

### Module balise infrarouge :

- Emission multidirectionnelle de code

### Module télécommande :

- Mode robot autonome : réception de ces actions sur afficheur LCD

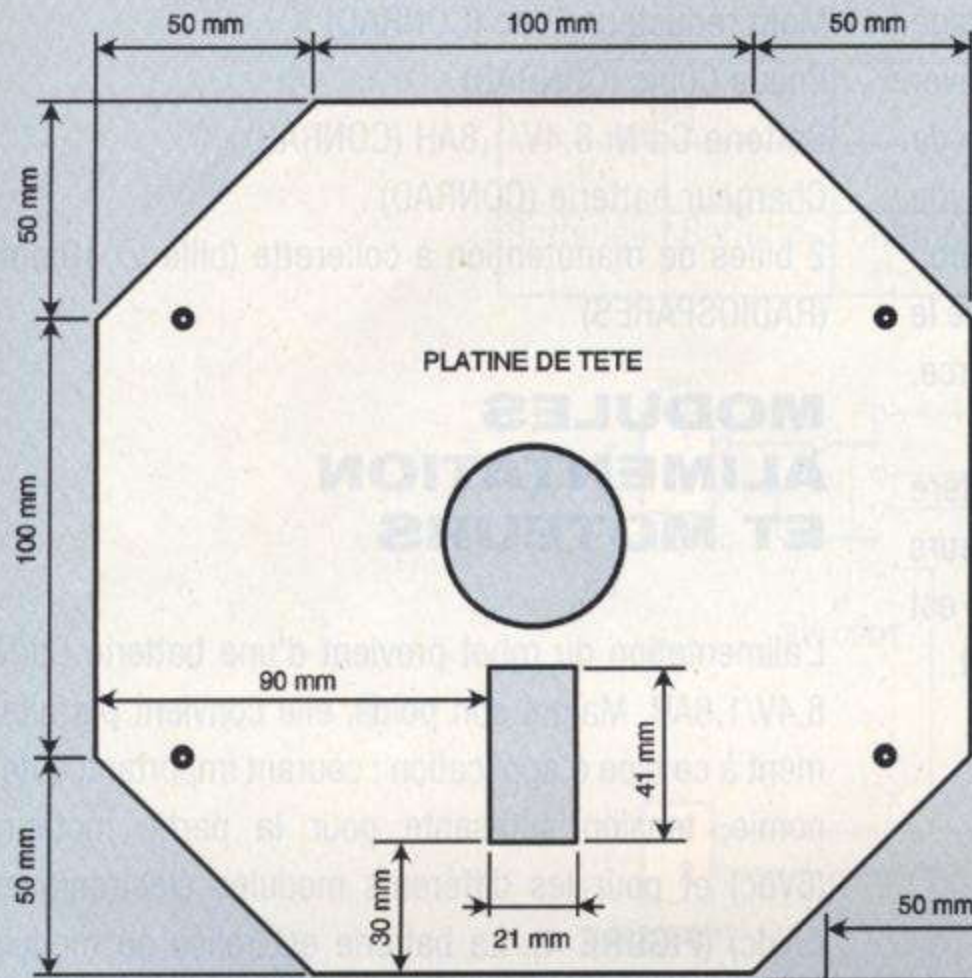
- **Mode pilotage robot :** contrôle par l'utilisateur du corps et de la tête
- Liaison HF half-duplex

Le système de base se compose d'un châssis en aluminium à plusieurs étages (**FIGURES 1 à 3**). Ceci permet de disposer les différents modules électroniques avec une grande souplesse. Si on est confronté à des problèmes de poids (en cas de changement de moteur ou à cause d'un grand nombre d'éléments embarqués), on peut aussi réaliser ce châssis en Plexiglas.

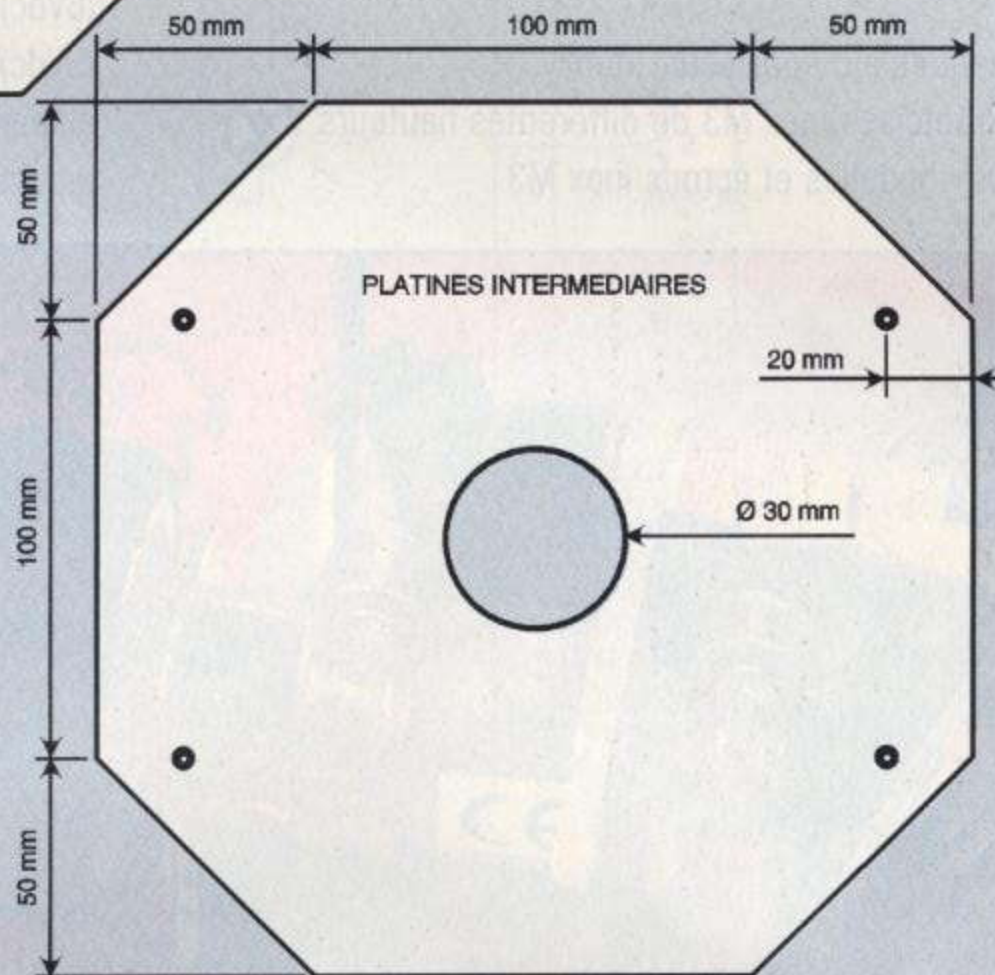
Les plaques d'épaisseur 2mm sont fixées entre elles par des entretoises inox M3 de différentes hauteurs en fonction des dimensions des modules électroniques. Les plaques en aluminium ont la même forme et les mêmes perçages (fixations et passages de câbles) à part la plaque de base qui reçoit les billes libres et la dernière qui reçoit un servomoteur. En raison de la forme particulière de ces plaques, on peut confier ce travail à une société spécialisée dans la gravure et l'usinage de faces avant, par exemple. Le coût est bas et le travail est soigné.

Les motos-réducteurs 6Vdc ont été fixés avec des supports métalliques pour condensateurs, type horizontal, à l'aide de vis M4. Ils permettent un bon maintien des moteurs et une hauteur, par rapport au sol, suffisante pour que les roues soient affleurantes à la plaque support. Ces dernières sont équipées de pneus caoutchouc pour une bonne adhérence au sol. On veillera à choisir des pneus pleins, sinon les roues s'affaissent sous le poids du robot et entraîne une dérive de trajectoire visible surtout dans un déplacement en ligne droite.

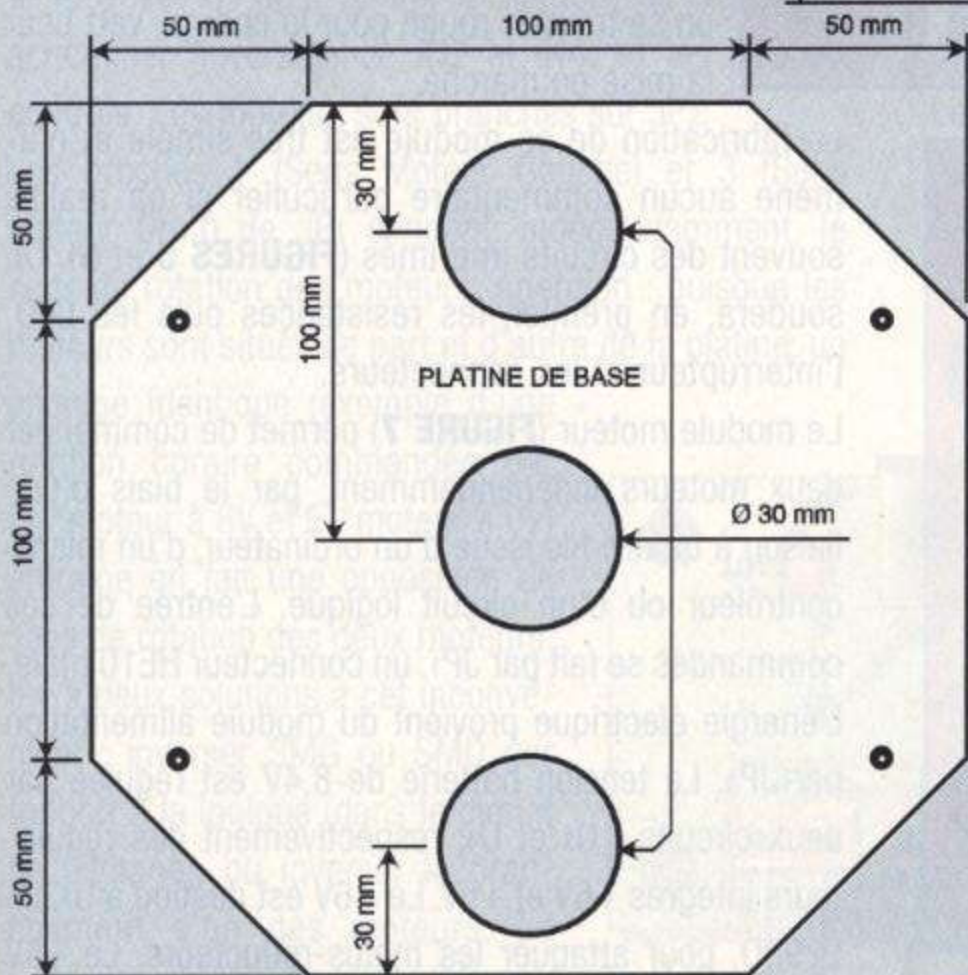




**FIGURE 1**  
Platine de tête avec découpe pour le servomoteur.



**FIGURE 2**  
Dessin et dimensions de la platine intermédiaire.



**FIGURE 3**  
Découpe de la platine de base pour la fixation des billes de manutention.



## CONSTRUCTIONS

### CHERCHEUR

Le moyeu de chaque roue a été modifié avant montage sur les essieux : en effet, il tient du hasard de trouver des éléments qui s'adaptent parfaitement et tout de suite ! Les moyeux ont été remplis de résine époxyde à deux composants, très dure après séchage (environ 48 heures). Ils sont reperçés à 0,5mm de moins que le diamètre des essieux et montés directement, à force. Le contact est franc et les glissements éliminés. Une batterie Cd/Ni alimente le robot et lui confère une grande autonomie. Elle est fixée aux moteurs avec des colliers plastique. Le centre de gravité est donc très proche du centre géométrique du robot.

### LISTE DU MATÉRIEL POUR LE CHÂSSIS

Plaques alu épaisseur 2mm  
Entretoises inox M3 de différentes hauteurs  
Vis, rondelles et écrous inox M3

Moto réducteur 6Vdc (CONRAD)  
Pneus Cubic (CONRAD)  
Batterie Cd/Ni 8,4V/1,8AH (CONRAD)  
Chargeur batterie (CONRAD)  
2 billes de manutention à collerette (bille  $\varnothing$  19mm) (RADIO SPARES)

### MODULES ALIMENTATION ET MOTEURS

L'alimentation du robot provient d'une batterie Cd/Ni 8,4V/1,8AH. Malgré son poids, elle convient parfaitement à ce type d'application : courant important, autonomie, tension suffisante pour la partie moteurs (6Vdc) et pour les différents modules électroniques (5Vdc) (**FIGURE 4**). La batterie est reliée au module alimentation, sur le connecteur JP<sub>1</sub>, par une embase industrielle à vis. I<sub>1</sub>, un interrupteur DPDT, permet de

connecter la batterie soit vers JP<sub>2</sub> (embase ronde type alimentation) soit vers JP<sub>3</sub> à JP<sub>8</sub>. JP<sub>2</sub> reçoit une prise mâle ronde, reliée à un chargeur rapide. JP<sub>3</sub> à JP<sub>8</sub> distribuent la tension batterie aux différents modules électroniques. Ainsi, il n'est pas nécessaire de démonter la batterie pour la recharger. De plus, cela fournit un interrupteur Marche/Arrêt au robot. Evidemment, le chargeur n'a pas lieu d'être constamment connecté surtout si le robot est en mouvement ! Deux LED (LD<sub>1</sub> et LD<sub>2</sub>, modèles 3mA, pour des raisons d'économie d'énergie) indiquent le mode dans lequel on se trouve : rouge pour la charge, vert pour la mise en marche.

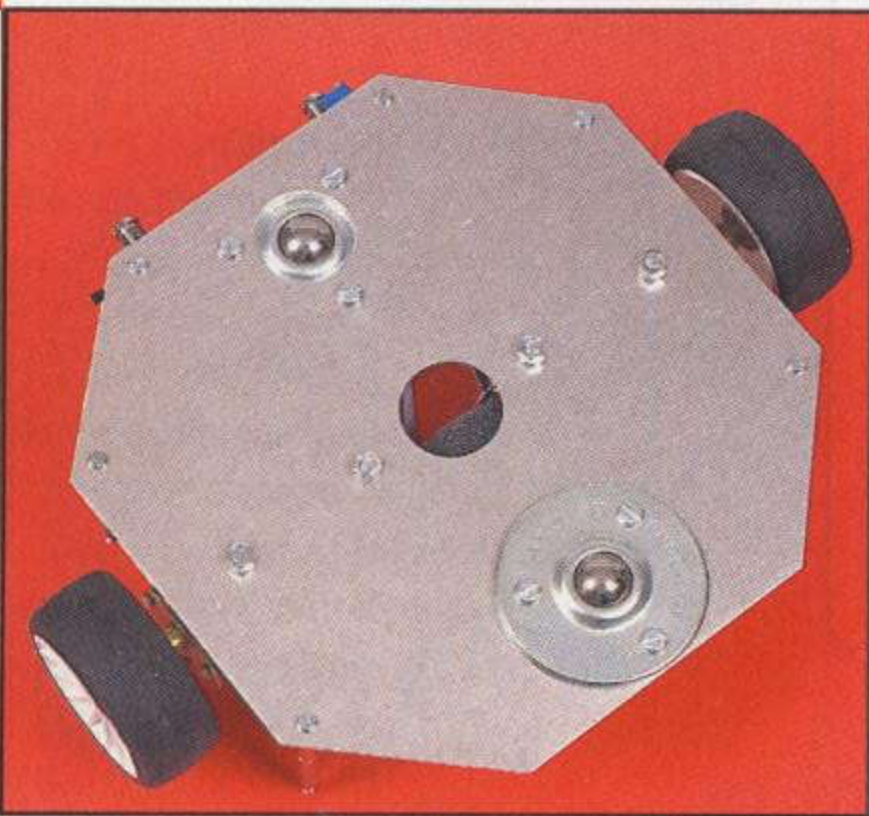
La fabrication de ce module est très simple et n'amène aucun commentaire particulier si on réalise souvent des circuits imprimés (**FIGURES 5 et 6**). On soudera, en premier, les résistances puis les LED, l'interrupteur et les connecteurs.

Le module moteur (**FIGURE 7**) permet de commander deux moteurs indépendamment, par le biais d'une liaison à quatre fils issue d'un ordinateur, d'un microcontrôleur ou d'un circuit logique. L'entrée de ces commandes se fait par JP<sub>1</sub>, un connecteur HE10 mâle. L'énergie électrique provient du module alimentation par JP<sub>3</sub>. La tension batterie de 8,4V est régulée par deux circuits : U<sub>3</sub> et U<sub>4</sub>, respectivement des régulateurs intégrés +6V et +5V. Le +6V est destiné à U<sub>2</sub>, un L293D, pour attaquer les motos-réducteurs. Le +5V

### Détails de fixation des moto-réducteurs et des batteries.



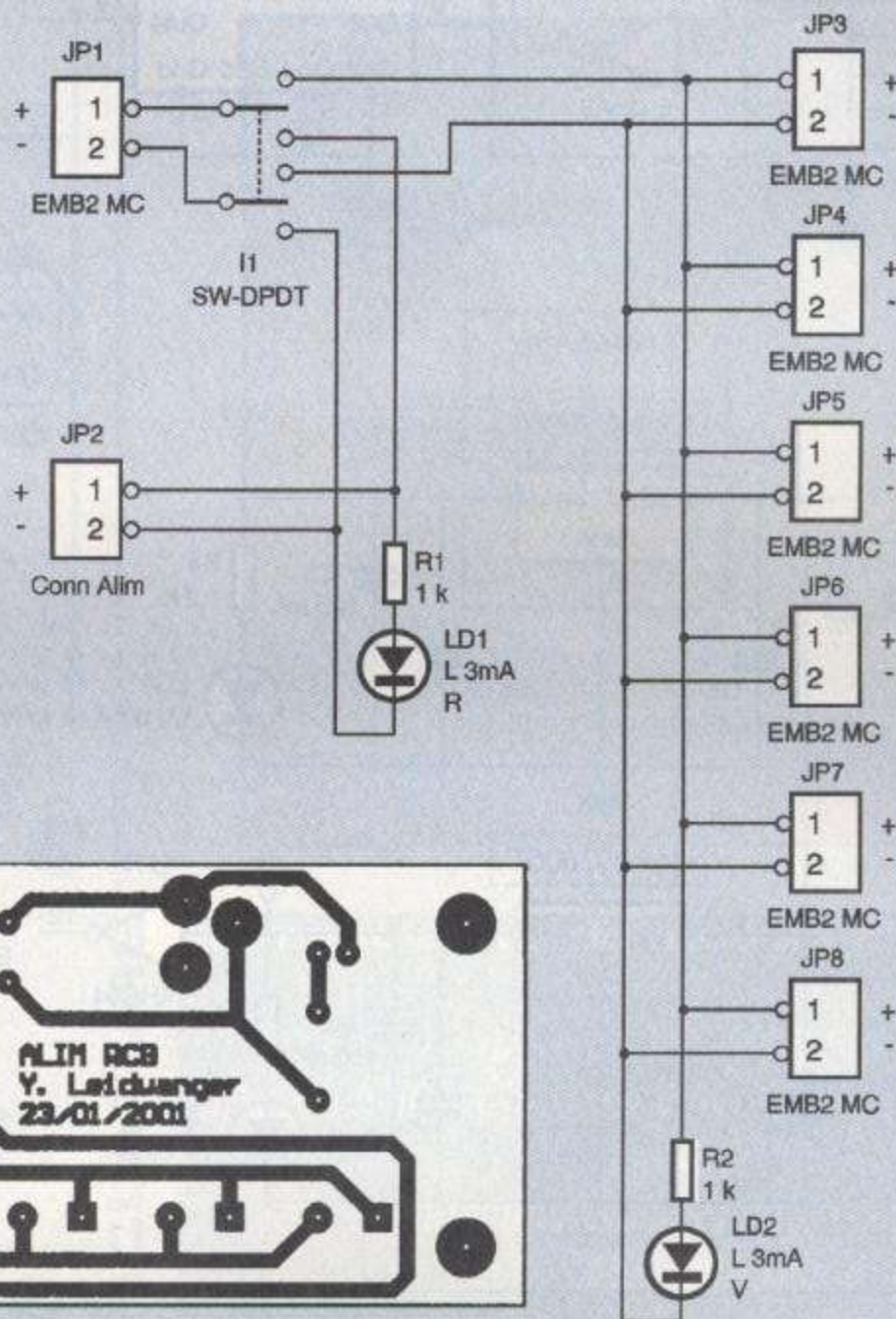
### Mise en place des deux billes de manutention à la collerette ( $\varnothing$ billes 19 mm).



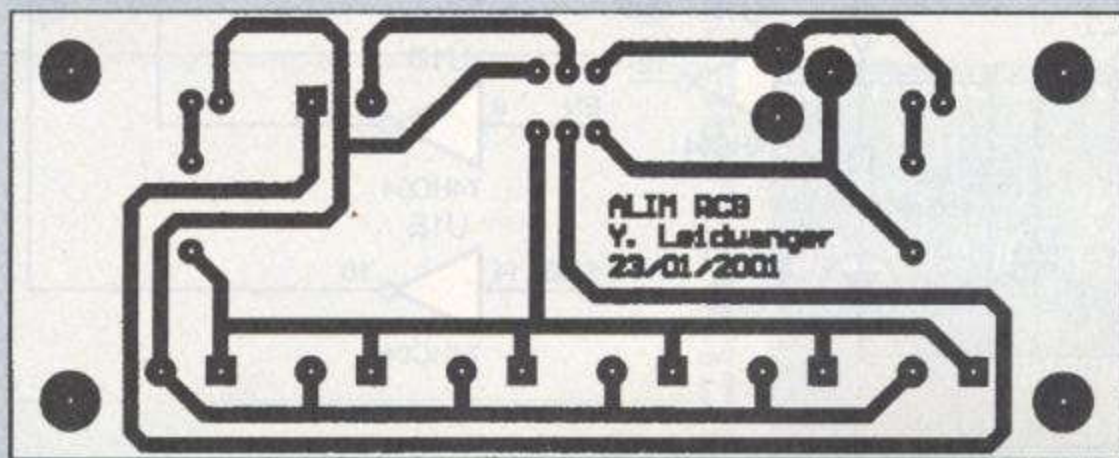


JP1		JP2		JP3 à JP8	
1	2	1	2	1	2
Batterie+	Batterie-	Chargeur+	Chargeur-	Sortie batterie+	Sortie batterie-

**TABLEAU 1**  
Brochage des connecteurs.



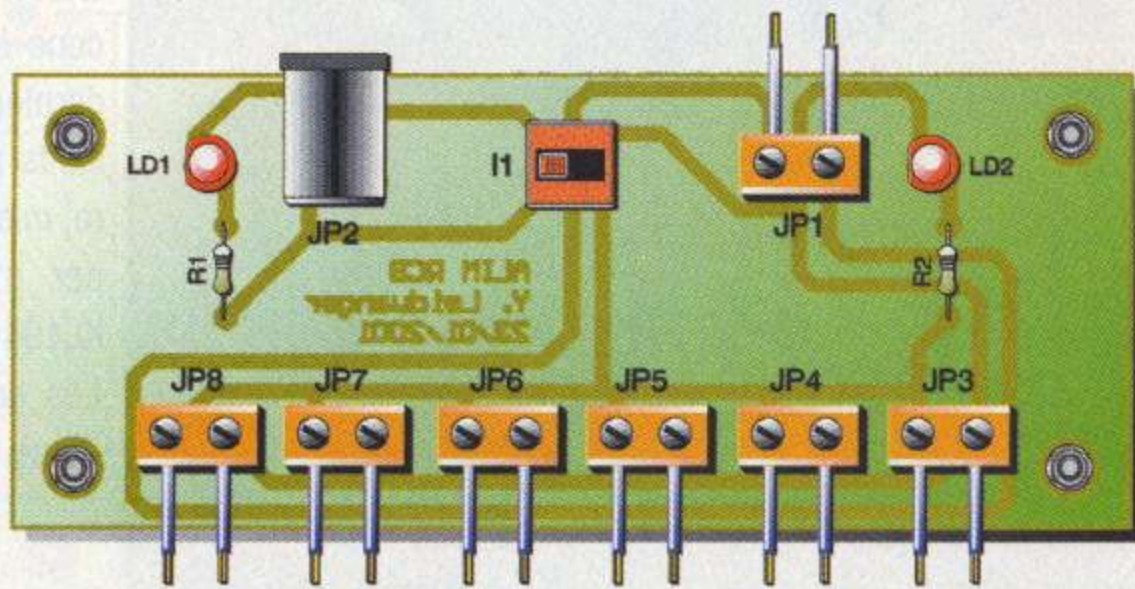
**FIGURE 4**  
La section d'alimentation.



**FIGURE 5**  
Tracé du circuit imprimé.

est nécessaire à U<sub>2</sub> et U<sub>1</sub>, un 74HC04. Ce dernier pilote le driver U<sub>2</sub> pour limiter le nombre de signaux à acheminer (inversion de IN<sub>2</sub> et IN<sub>4</sub>) et les LED de contrôle. Les moteurs sont branchés sur JP<sub>2</sub>. Les broches 1 (Sens Moteur Gauche) et 3 (Sens Moteur Droit) de JP<sub>1</sub> donnent, indépendamment, le sens de rotation des moteurs. Attention : puisque les moteurs sont situés de part et d'autre de la platine, un pilotage identique (exemple d'une rotation horaire commandée par E+\*moteur à 6V et E-\*moteur à 0V) entraîne en fait une opposition de sens de rotation des deux moteurs. Il y a deux solutions à cet inconvénient : inverser SMG ou SMD par rapport à la logique (dans le circuit de pilotage), ou inverser le branchement d'un des moteurs. Le

signal EN (Enable), disponible sur la broche 5 de JP<sub>1</sub>, valide les commandes SMG et SMD. Ainsi, le pilotage des deux moteurs se fait simultanément. Les trois LED permettent de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble : LD<sub>1</sub> et LD<sub>3</sub> pour le sens de rotation des moteurs, LD<sub>2</sub> pour leur validation de rotation. Les inverseurs de U<sub>1</sub> ont été utilisés pour que les LED soient allumées quand les lignes SMD, SMG et



**FIGURE 6**  
Implantation des éléments.

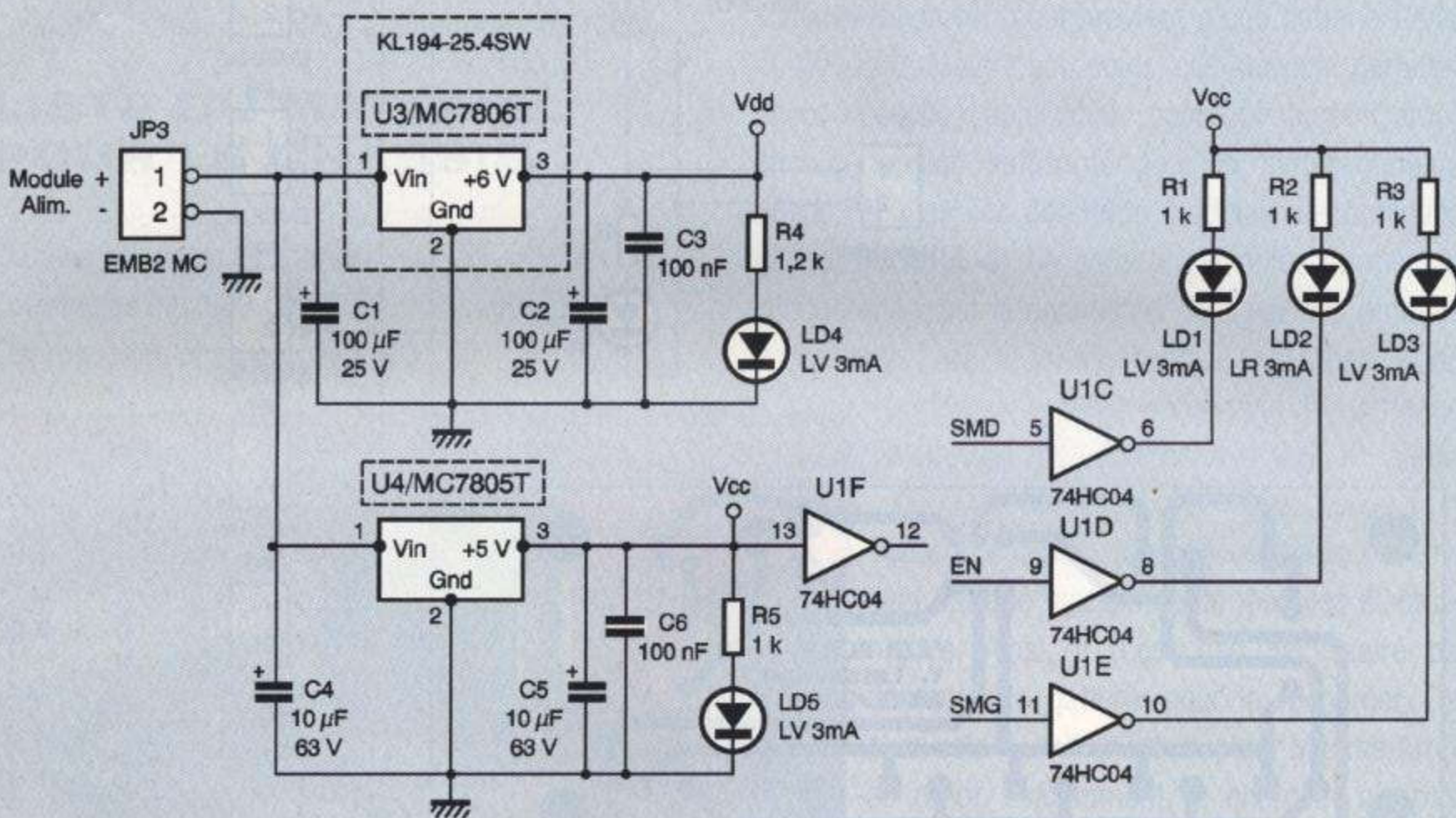
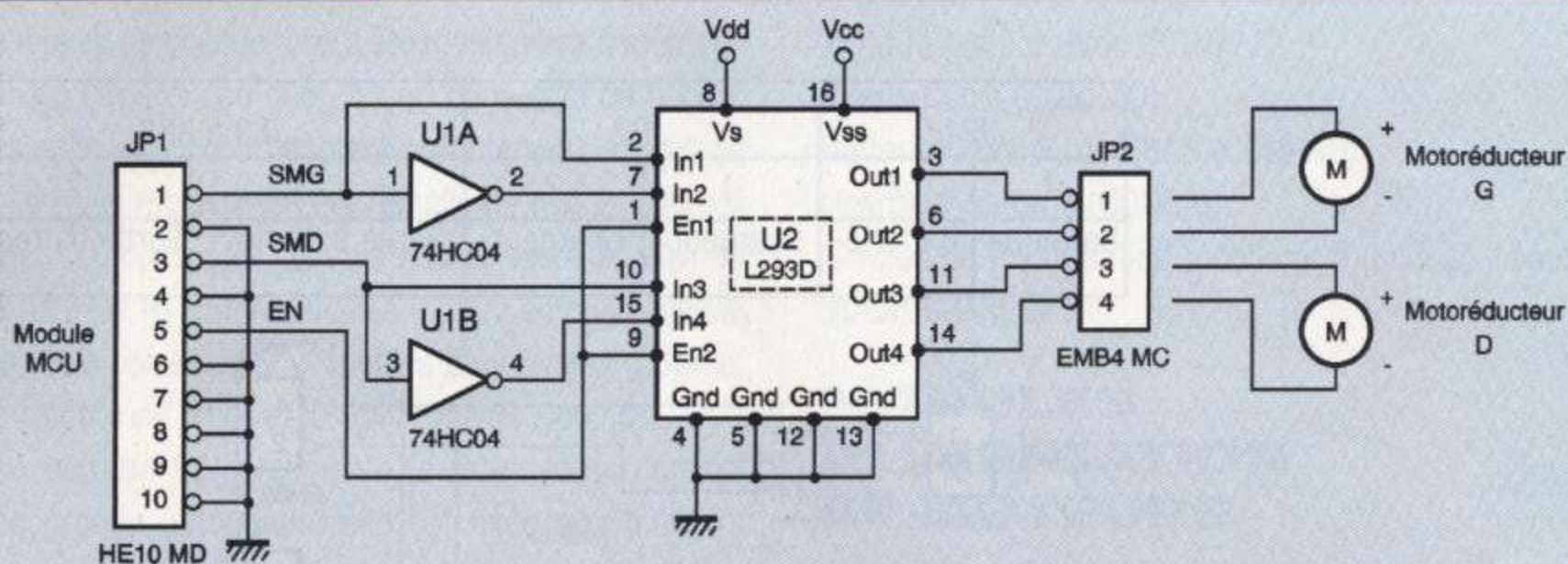


# CONSTRUCTIONS

CHERCHEUR

**FIGURE 7**

Schéma de principe du module moteur.

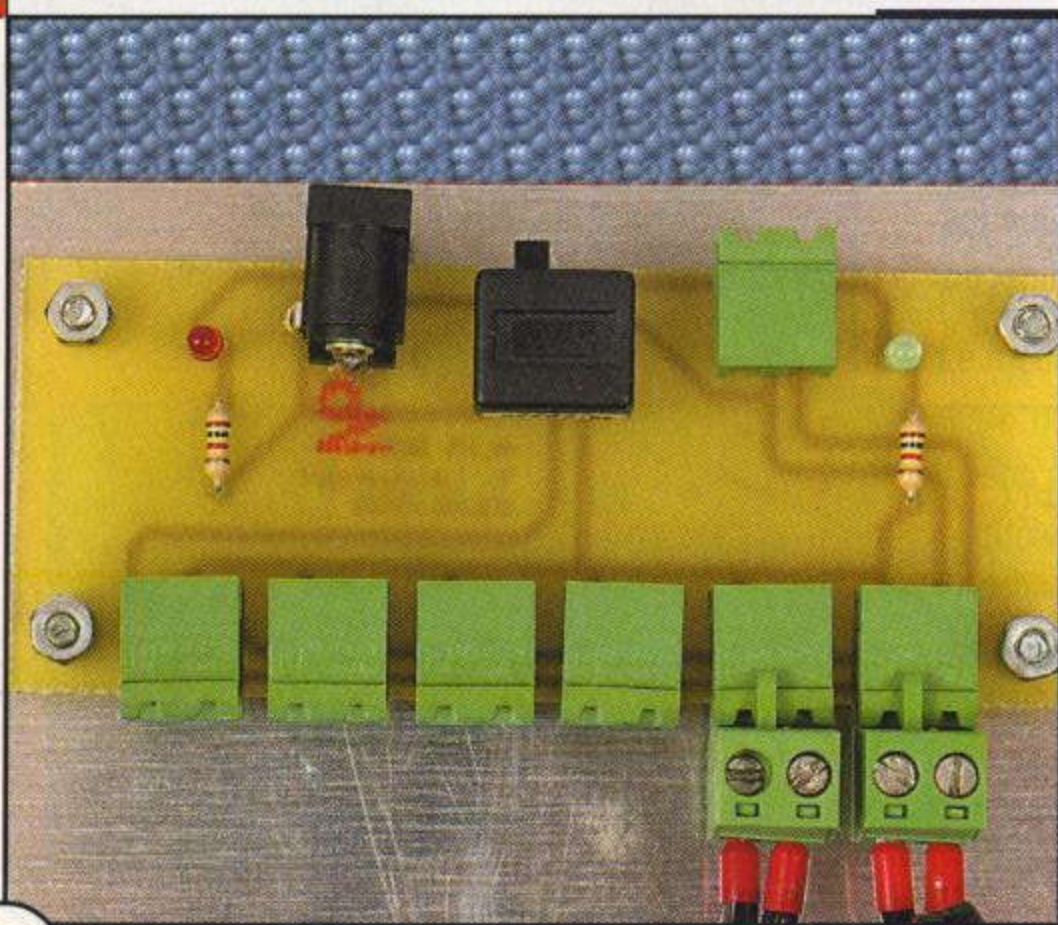


**TABLEAU 2**

Brochage des connecteurs.

JP1				JP2				JP3	
1	3	5	2, 4, 6 à 10	1	2	3	4	1	2
SMG	SMD	EN	GND	MG+	MG-	MD+	MD-	Batterie+	Batterie-

La carte alimentation.



EN sont à 1, sans surcharger les circuits de commande en courant.

Il conviendra d'être très soigneux pour la fabrication (FIGURES 8 et 9) de ce circuit : certaines pistes sont fines et des straps sont situés sous les circuits intégrés. Il faudra donc les souder en premier et monter ces derniers sur support. Le reste des composants n'amène aucune remarque particulière, mis à part le régulateur U<sub>3</sub> qu'il faut équiper d'un dissipateur thermique de type KL194-25.4SW.

Les autres modules énoncés feront l'objet d'une prochaine publication.

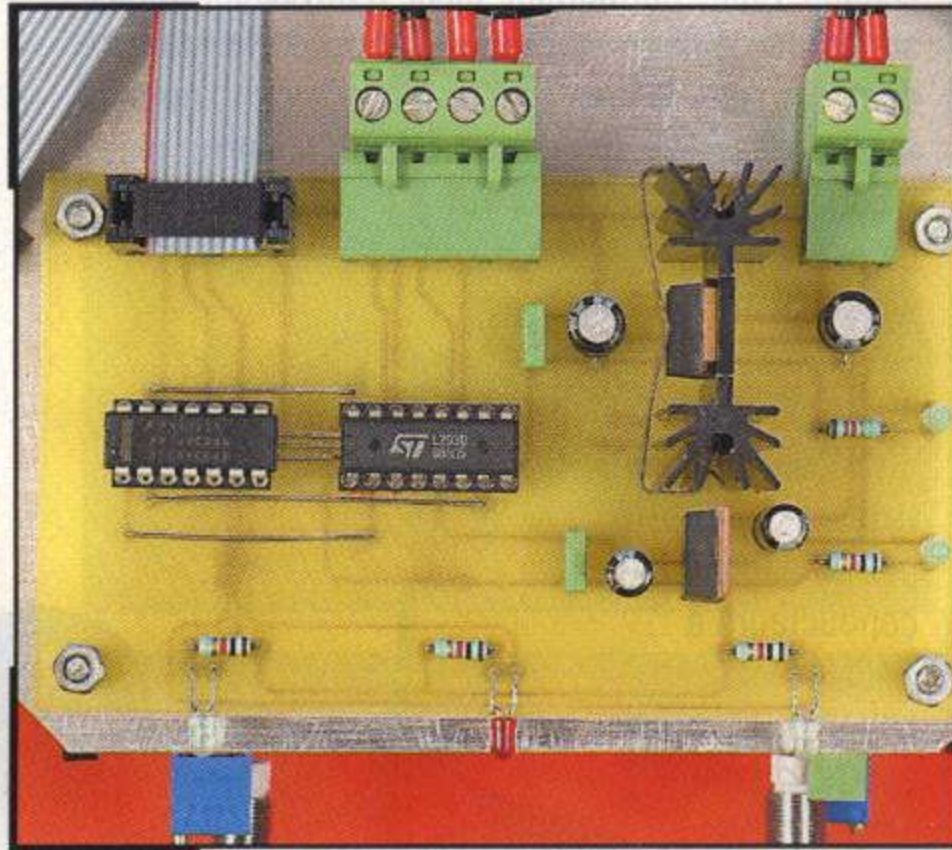
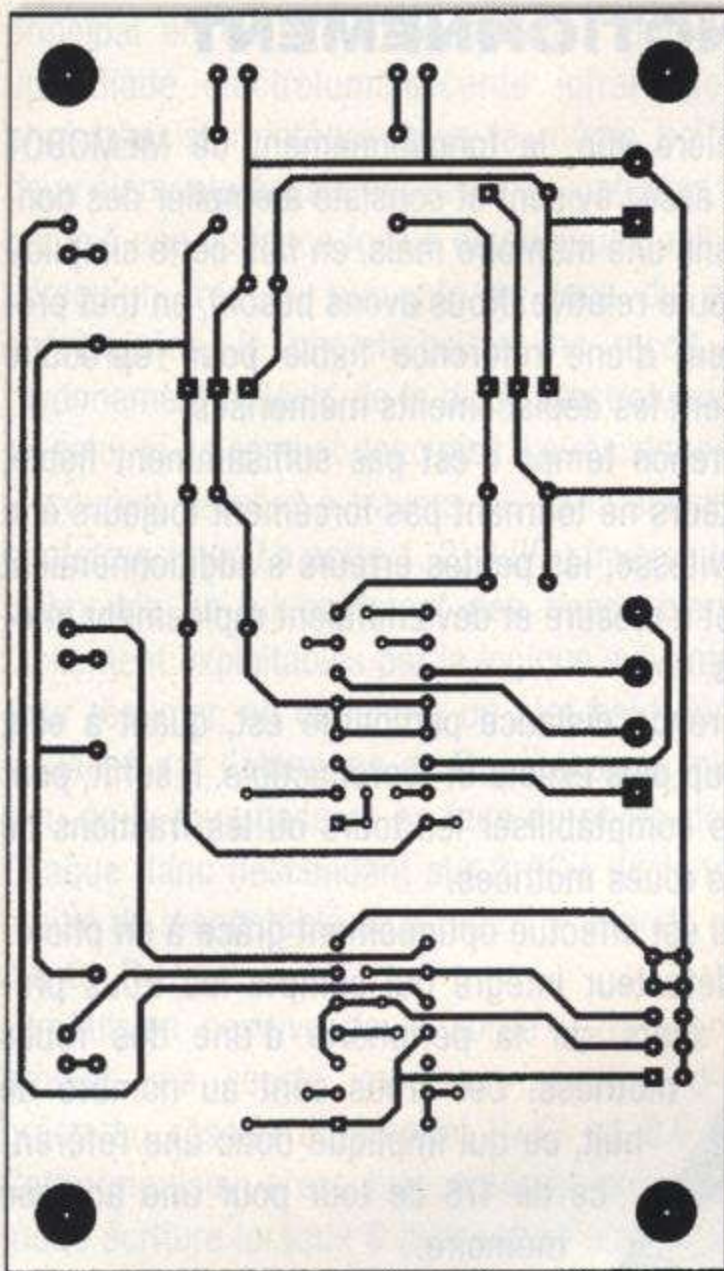
Y. LEIDWANGER

WWW.EPRAT.COM



FIGURE 8

Tracé du circuit imprimé.



La carte module moteur. Le circuit régulateur 7806 est équipé d'un dissipateur.

NOMENCLATURE

Nomenclature du module alimentation

- $R_1, R_2$  : 1 k $\Omega$  1/4W 5%
- $JP_1, JP_3$  à  $JP_8$  : embases industrielles mâles coudées 2 points
- $JP_2$  : connecteur d'alimentation rond femelle
- $LD_1$  : LED 3mA rouge
- $LD_2$  : LED 3mA verte
- $I_1$  : interrupteur DPDT pour PCB

Nomenclature du module moteurs

- $R_1$  à  $R_3, R_5$  : 1 k $\Omega$  1/4W 5%
- $R_4$  : 1.2 k $\Omega$  1/4W 5%
- $C_1, C_2$  : 100  $\mu$ F/25V radial
- $C_3, C_6$  : 100 nF
- $C_4, C_5$  : 10  $\mu$ F/63V radial
- $U_1$  : 74HC04 + support DIP14
- $U_2$  : L293D + support DIP16 (ELECTRONIQUE DIFFUSION)
- $U_3$  : 7806
- $U_4$  : 7805
- $JP_1$  : HE10 mâle droit
- $JP_2$  : embase industrielle mâle coudée 4 points
- $JP_3$  : embase industrielle mâle coudée 2 points
- $LD_1, LD_3$  à  $LD_5$  : LED 3mA verte
- $LD_2$  : LED 3mA rouge
- Dissipateur thermique KL194-25.4SW

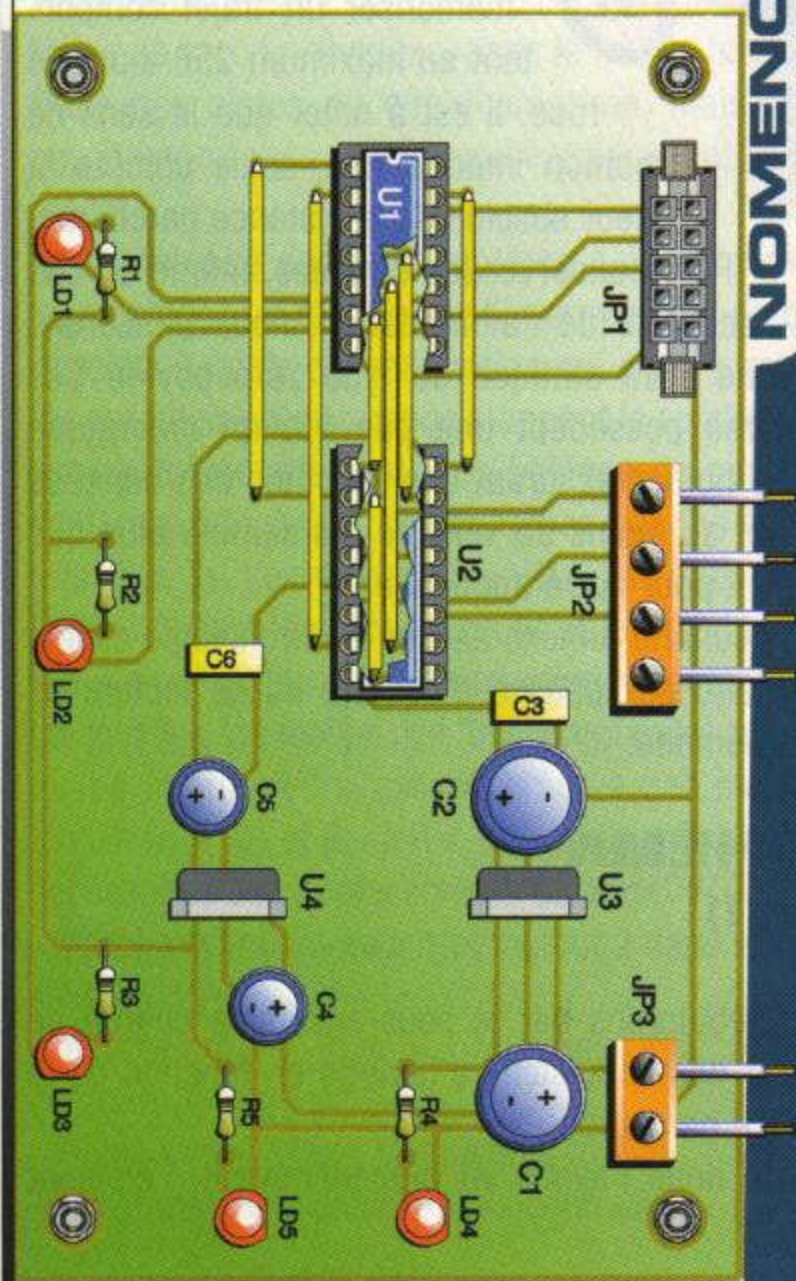


FIGURE 9

Implantation des éléments.



*Comme le titre de l'article essaie de le suggérer, MÉMOBOT est un robot qui, bien que ne possédant pas une intelligence proprement dite, dispose d'une mémoire conséquente lui permettant de reproduire fidèlement un itinéraire préalablement acquis lors d'une phase d'apprentissage initial.*

## PRÉSENTATION

MÉMOBOT est un robot mécaniquement simple muni de deux roues motrices principales et d'une roulette mobile assurant sa stabilité.

Deux motos-réducteurs entraînent respectivement chaque roue, permettant ainsi d'envisager toutes sortes de déplacements en fonction de la manière dont ils sont alimentés : marche avant, marche arrière, rotation sur place à droite, rotation sur place à gauche.

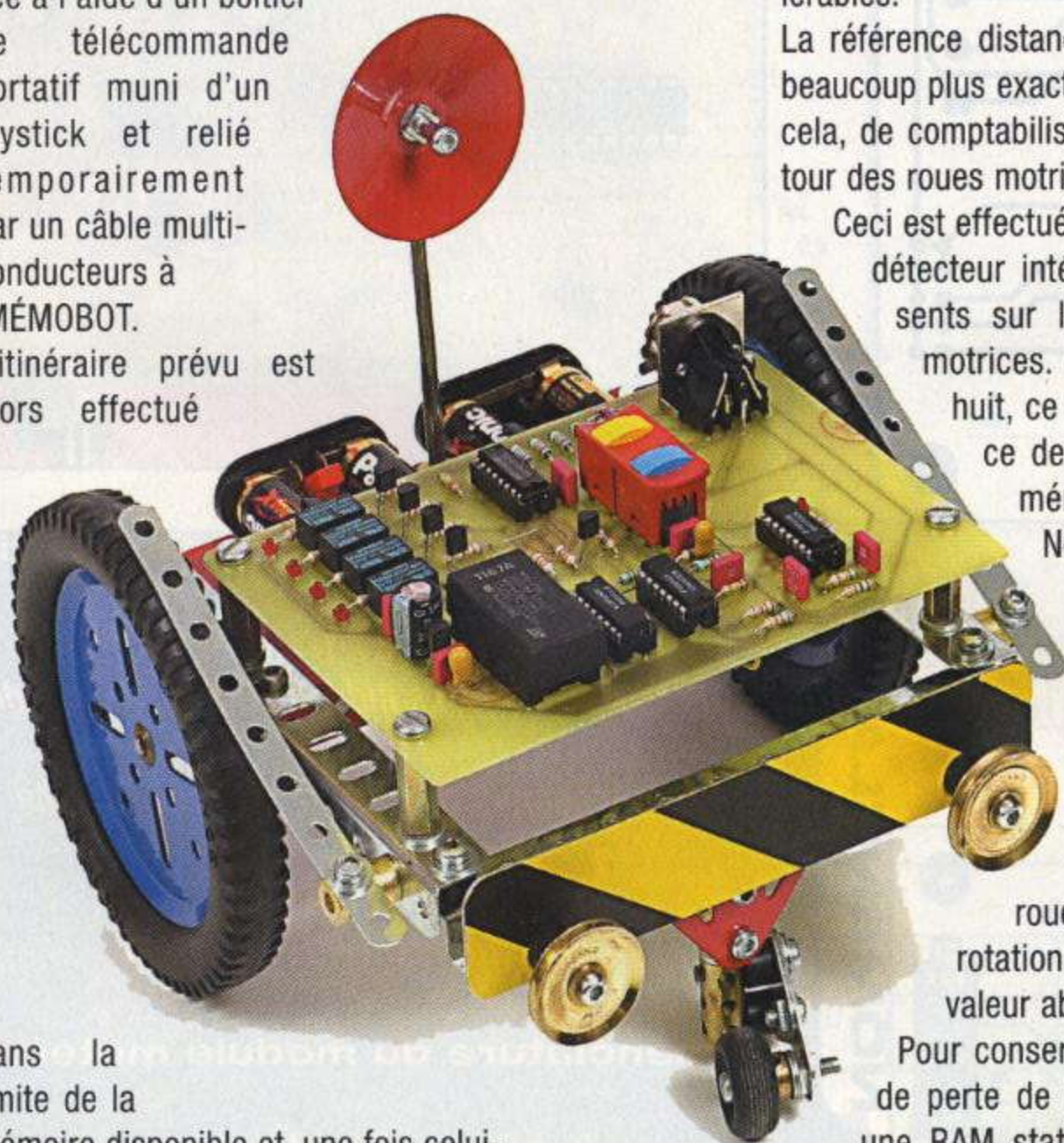
La première phase, dite d'apprentissage, est réalisée à l'aide d'un boîtier de télécommande portatif muni d'un joystick et relié temporairement par un câble multi-conducteurs à MÉMOBOT.

L'itinéraire prévu est alors effectué

dans la limite de la mémoire disponible et, une fois celui-ci accompli, l'enregistrement est finalisé en appuyant sur le bouton rouge situé sur le boîtier de télécommande.

La seconde phase, dite de restitution, est encore plus simple. Il suffit de déconnecter la télécommande portative, d'initialiser l'ensemble et de déposer MÉMOBOT au même endroit que pour le début de la phase d'apprentissage. Il suffira alors d'appuyer sur le bouton de départ pour restituer exactement l'itinéraire acquis.

Bien évidemment, MÉMOBOT est autonome, alimenté par piles et sa base mécanique est facilement réalisable grâce aux pièces d'un jeu de construction qui vient de fêter un centenaire d'existence.



## FONCTIONNEMENT

A première vue, le fonctionnement de MÉMOBOT semble assez évident et consiste à empiler des données dans une mémoire mais, en fait, cette simplicité est toute relative. Nous avons besoin, en tout premier lieu, d'une référence fiable pour reproduire fidèlement les déplacements mémorisés.

La référence temps n'est pas suffisamment fiable, les moteurs ne tournant pas forcément toujours à la même vitesse, les petites erreurs s'additionneraient au fur et à mesure et deviendraient rapidement intolérables.

La référence distance parcourue est, quant à elle, beaucoup plus exacte et reproductible. Il suffit, pour cela, de comptabiliser les tours ou les fractions de tour des roues motrices.

Ceci est effectué optiquement grâce à un photodétecteur intégré qui compte les trous présents sur la périphérie d'une des roues motrices. Ces trous sont au nombre de huit, ce qui implique donc une référence de 1/8 de tour pour une adresse mémoire.

Nous verrons plus avant qu'il est relativement aisé d'augmenter mécaniquement cette résolution.

La mémoire utilisée, possédant 2048 octets, pourra donc mémoriser un trajet comportant au maximum 256 tours de roue. Il est à noter que le sens de rotation importe peu, seule compte la valeur absolue de la distance parcourue.

Pour conserver les données, même en cas de perte de l'alimentation, nous utiliserons une RAM statique de type zero power. Ces mémoires possèdent une pile lithium incorporée dans le boîtier, assurant une rétention des données pendant au moins dix ans, ce qui semble plus que suffisant pour notre application.

Une circuiterie annexe assure la chronologie exacte nécessaire aux phases d'écriture ou de lecture de cette mémoire.

## SCHÉMA

(FIGURE 1)

Nous débuterons par le sous-ensemble chargé de générer des impulsions d'horloge en fonction de la distance parcourue.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'élément



principal en est un photo-détecteur qui comporte une diode électroluminescente infrarouge et un phototransistor intégré dans le même boîtier. Ces deux éléments possèdent des axes optiques convergents à une distance focale de quelques millimètres. Lorsqu'un trou se présente en face du point de convergence, le phototransistor ne reçoit plus le rayonnement réfléchi de la diode électroluminescente, celui-ci ne conduit donc plus. La résistance  $R_1$  fixe le courant passant à travers  $D_1$ ,  $R_2$  la sensibilité du phototransistor. La porte 1, 2, 3 ( $IC_1$ ) inverse le signal disponible en lui conférant des flancs bien raides facilement exploitables par la logique suivante.

Pour résumer, on obtiendra un état haut sur 3 ( $IC_1$ ) visualisé par l'allumage de  $D_{12}$  à chaque fois qu'un trou de la roue passera en face du photo-détecteur. Chaque flanc descendant sur 3 ( $IC_1$ ) déclenche une moitié de monostable de  $IC_2$  dont la période est fixée par  $C_1$ ,  $R_3$ .

L'impulsion positive de la sortie 9 du monostable produit une courte impulsion négative d'écriture grâce au réseau différentiel  $R_4$ ,  $C_2$  et 8,9,10 ( $IC_1$ ). Cette impulsion n'est, bien entendu, présente qu'en mode écriture lorsque 8 ( $IC_1$ ) est à l'état haut.

L'impulsion négative de la sortie 10 du monostable produit, quant à elle, une courte impulsion négative d'horloge grâce au réseau différentiel  $R_5$ ,  $C_3$  et 11,12,13 ( $IC_1$ ). Ce signal d'horloge provoque l'avancement d'un compteur binaire à 12 étages  $IC_4$  relié aux lignes d'adresse de la RAM statique.

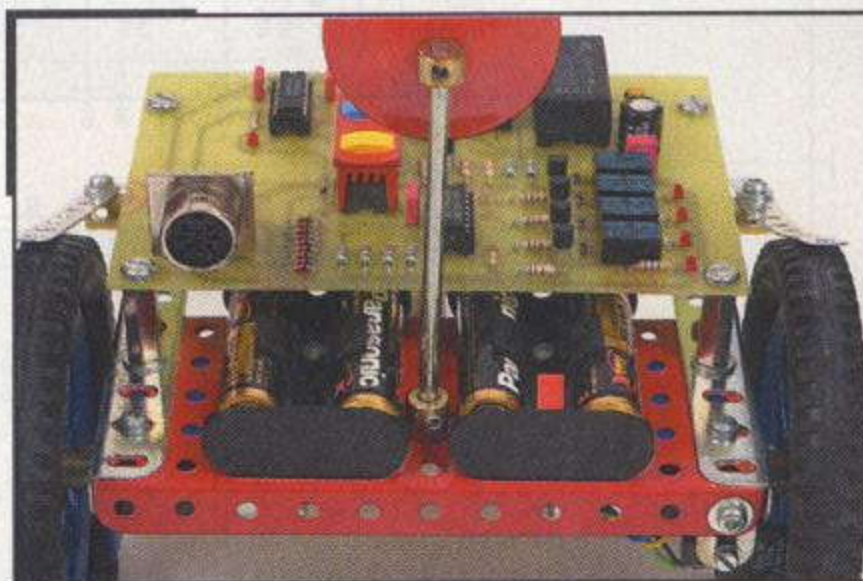
Vous remarquerez que les liaisons n'ont pas été faites de façon orthodoxe, dans le but de faciliter le tracé des pistes du circuit imprimé, mais ceci a peu d'importance dans l'application qui nous intéresse.

La commande des deux moteurs a été assurée de façon classique et sûre par l'intermédiaire de quatre relais à faible consommation qui court-circuitent les enroulements au repos stoppant la rotation quasiment instantanément. Les bobines de ces relais sont respectivement commandées par les transistors  $T_1$  à  $T_4$ . Les diodes  $D_{13}$  à  $D_{16}$  assurent la protection contre les pics négatifs et les diodes  $D_{17}$  à  $D_{20}$  indiquent leur mise en fonction respective.

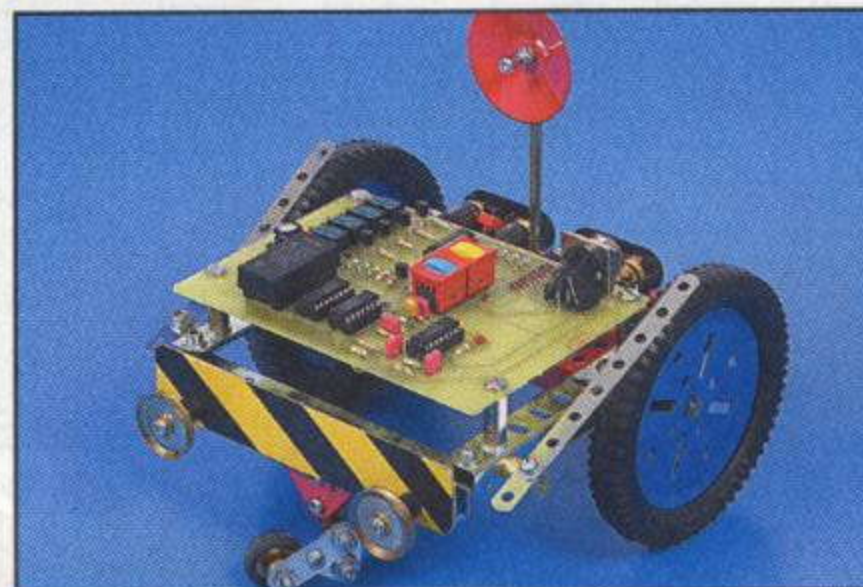
Le joystick du boîtier de télécommande, muni de quatre interrupteurs, assure, grâce à une matrice à diodes  $D_2$  à  $D_9$  et  $R_{21}$  à  $R_{24}$ , les quatre combinaisons nécessaires aux déplacements de MÉMOBOT :

- Marche avant : moteur 1 et moteur 2 dans le même sens,
- Marche arrière : moteur 1 et moteur 2 dans le sens contraire,
- Rotation sur place à gauche : moteur 1 dans un sens et moteur 2 dans le sens contraire,

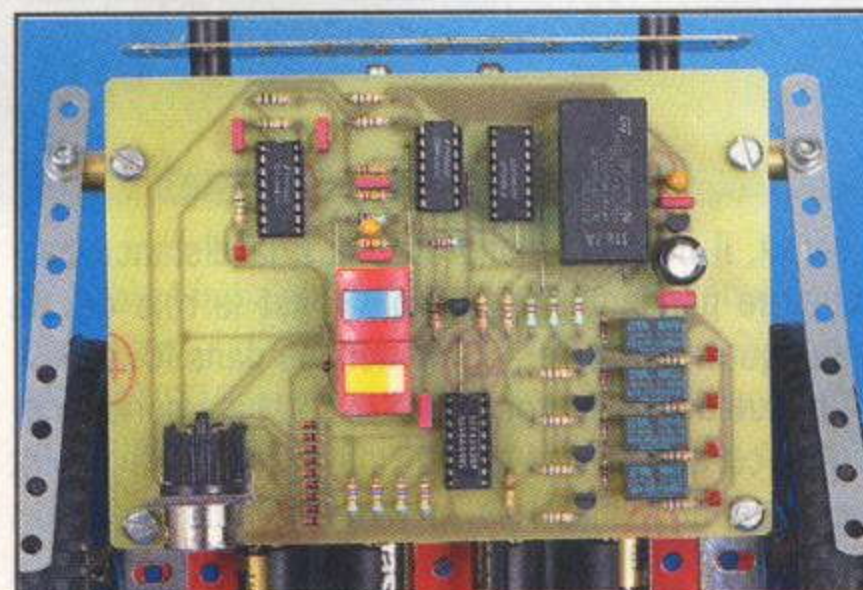
- Rotation sur place à droite : rotations des deux moteurs inversées par rapport aux cas précédent. Il reste tout de même un problème en suspens. En effet, si un mouvement très bref est effectué avant que le trou suivant de la roue n'aie pu être détecté, ce dernier ne pourra être pris en compte par la logique d'écriture. Quand bien même celui-ci le



Emplacement des porte-piles ou accus.



Présentation générale de MEMOBOT.



Vue de la carte principale équipée des deux touches fugitives MEC.

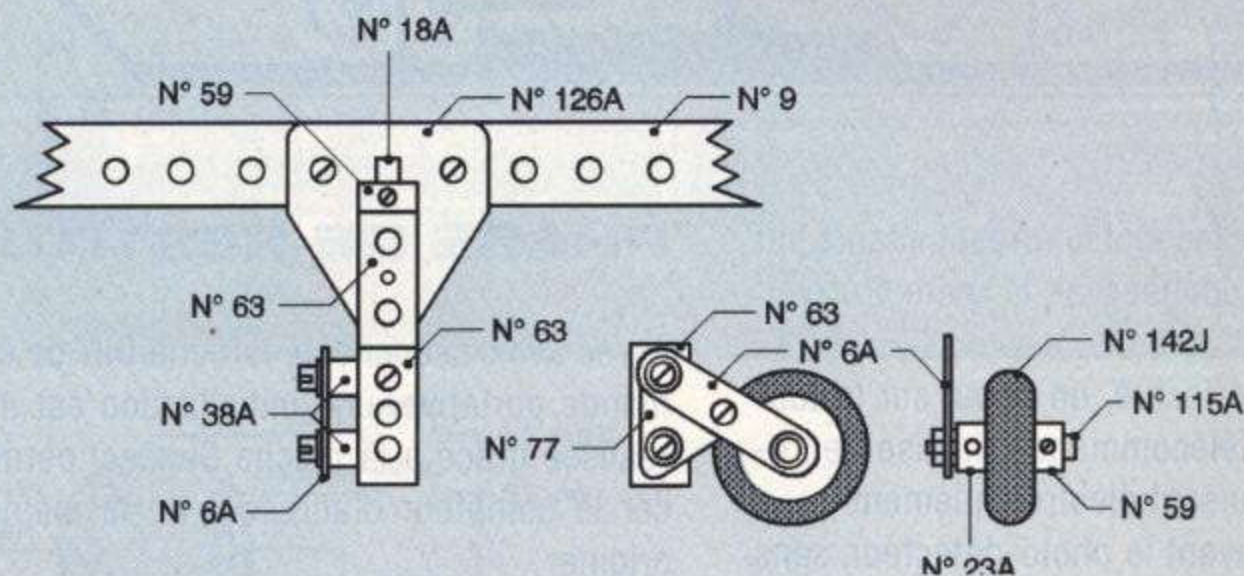
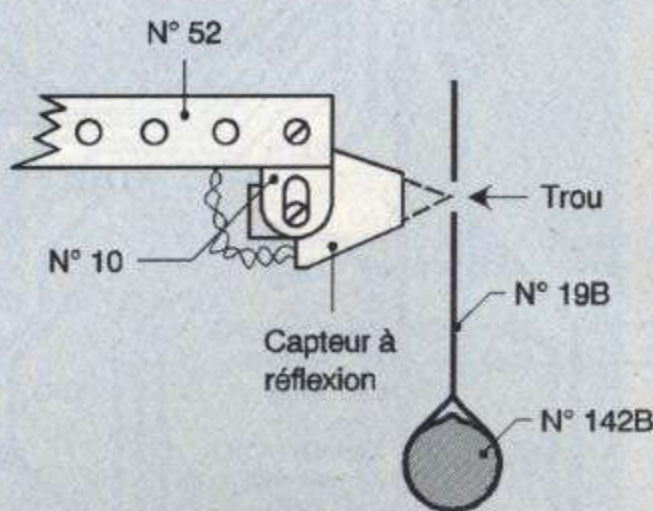
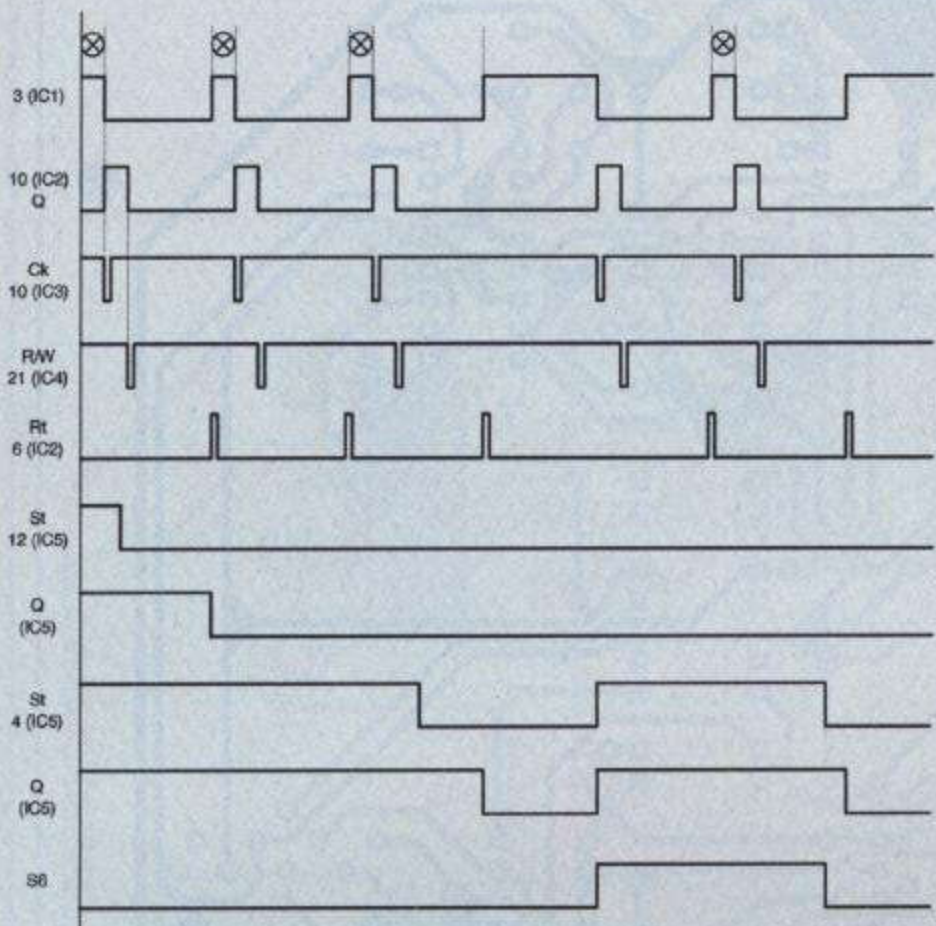


Fixation des micros-moteurs.









teur IC<sub>3</sub>, le second circuit de S<sub>6</sub>, en forçant S<sub>3</sub> (IC<sub>5</sub>) à 1 par D10, provoque la rotation du moteur M1 en avant, faisant ainsi défiler les trous de la roue devant le photo-détecteur.

Ceci a pour conséquence la génération d'impulsions négatives d'écriture par 10 (IC<sub>1</sub>), car l'une de ses entrées est portée à l'état haut par D11. Bien entendu, le compteur n'avance pas, étant déjà bloqué par sa broche 11 à l'état haut.

L'entrée de donnée D6 de la mémoire devrait normalement être aussi à l'état haut car M<sub>1</sub> tourne, mais ceci ne nous convient pas, alors T<sub>5</sub> la court-circuite à la masse.

Tout cela a pour conséquence l'enregistrement d'une suite d'états bas à l'adresse zéro de la mémoire (les autres lignes de données sont déjà à 0) tant que la touche S<sub>6</sub> est enfoncée. Après le relâchement de celle-ci, la roue continue de tourner jusqu'au trou suivant, MÉMOBOT est alors prêt pour la phase d'apprentissage.

## PHASE D'APPRENTISSAGE

Une fois l'initialisation effectuée, la télécommande portative est connectée à la prise DIN de MÉMOBOT. Ceci a pour effet immédiat de porter le point nodal de R<sub>6</sub> à l'état haut avec pour conséquence :

- Validation des sorties des quatre bascules de IC<sub>5</sub>,
- Mise à haute impédance des lignes entrée/sortie de la mémoire,
- Passage des impulsions négatives d'écriture par la mise à 1 de 8 (IC<sub>1</sub>).

Les déplacements prévus sont effectués à l'aide du joystick. Il faut, bien entendu, attendre que chaque mouvement soit terminé avant d'en entamer un suivant, pour les raisons évoquées dans le principe de fonctionnement. Chaque passage d'un trou devant le photo-détecteur fait d'abord avancer le compteur d'adresse d'un cran par 11 (IC<sub>1</sub>), puis envoie une impulsion négative d'écriture par

FIGURE 2

Chronogrammes

FIGURE 3

Détail de montage du capteur à réflexion.

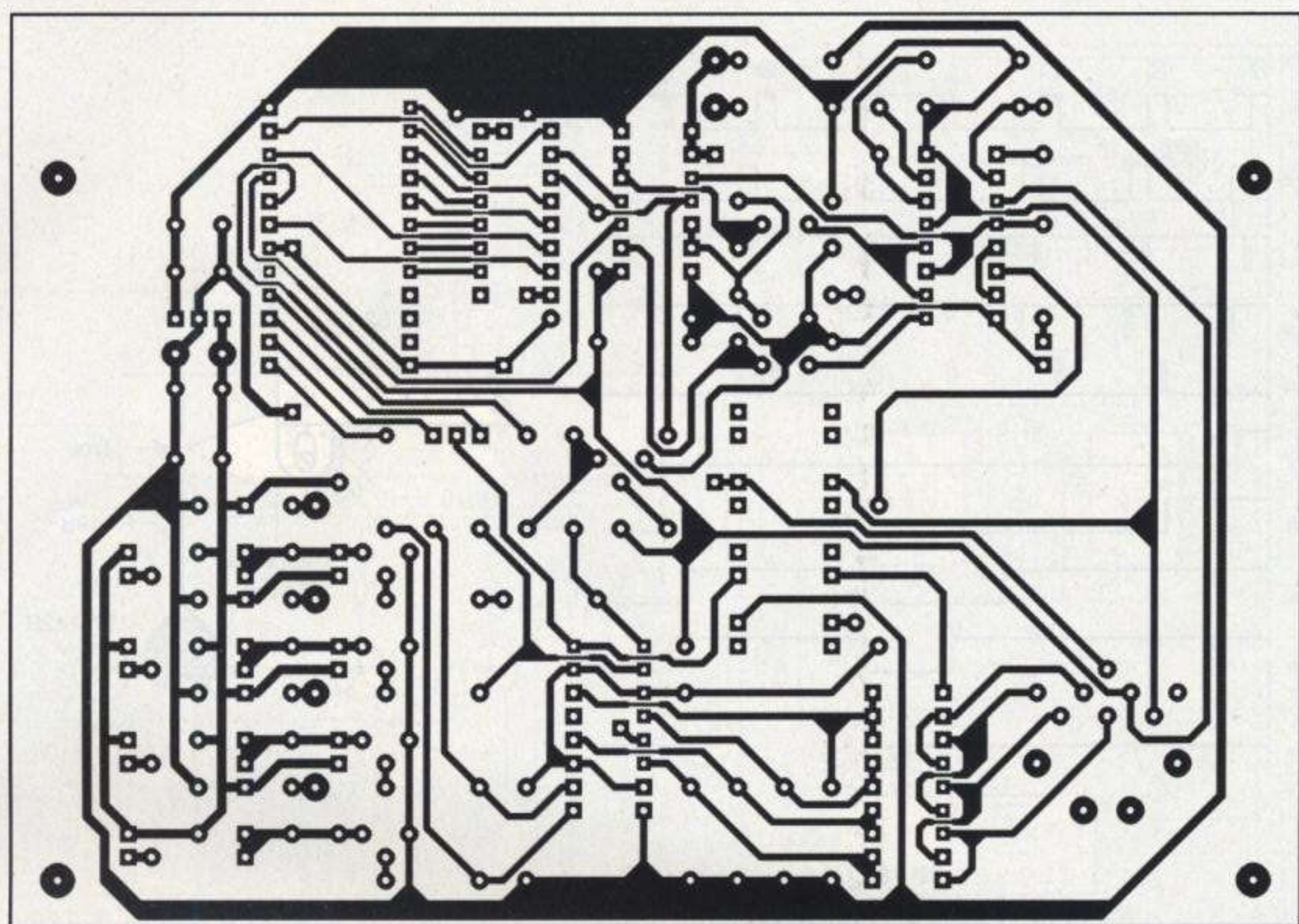
FIGURE 4

Réalisation pratique de la roulette de guidage.



**FIGURE 5** ◀

Tracé du circuit imprimé.



10 (IC<sub>1</sub>) qui enregistre les états correspondants sur les quatre lignes de données de la mémoire (voir chronogramme).

Une fois le parcours effectué, un appui sur la touche S<sub>5</sub> du boîtier de télécommande finalise l'enregistrement en reproduisant électroniquement passage d'un trou devant le photo-détecteur, sans rotation du moteur correspondant. On aura donc bien inscrit quatre états bas à cette adresse de mémoire, ce qui permet à MÉMOBOT de stopper définitivement l'avance du programme lors de la phase de restitution.

### PHASE DE RESTITUTION

Après avoir déconnecté la fiche DIN de la télécommande portative, une initialisation est de nouveau réalisée grâce à la touche S<sub>6</sub>. Ceci permet de placer le compteur d'adresses de la mémoire à son origine.

La déconnexion entraîne la mise en haute impédance des sorties des bascules de IC<sub>5</sub> mais, par contre, valide les quatre lignes de sorties de la RAM IC<sub>4</sub>. Elle interdit aussi l'acheminement d'impulsions d'écriture en portant la broche 8 (IC<sub>1</sub>) à l'état bas et bloque la moitié du monostable IC<sub>2</sub>.

La touche S<sub>7</sub> possède la même fonction que la touche S<sub>5</sub> située sur la télécommande et permet de faire avancer le compteur à la première adresse et ainsi de démarrer la lecture.

Après cela, le phénomène s'entretient de lui-même, chaque trou défilant devant le photo-détecteur incrémente d'un pas le compteur de la mémoire IC<sub>4</sub>, jusqu'à ce que celui-ci parvienne à l'adresse comportant quatre états bas et s'arrête.

L'alimentation de MÉMOBOT est assurée de façon autonome par quatre piles alcalines, la tension de 6V ainsi fournie est régulée à 5V grâce au circuit IC<sub>6</sub>. Une faible différence de tension existe entre l'entrée et la sortie, aussi

**Vue très explicite de la roulette de guidage.**

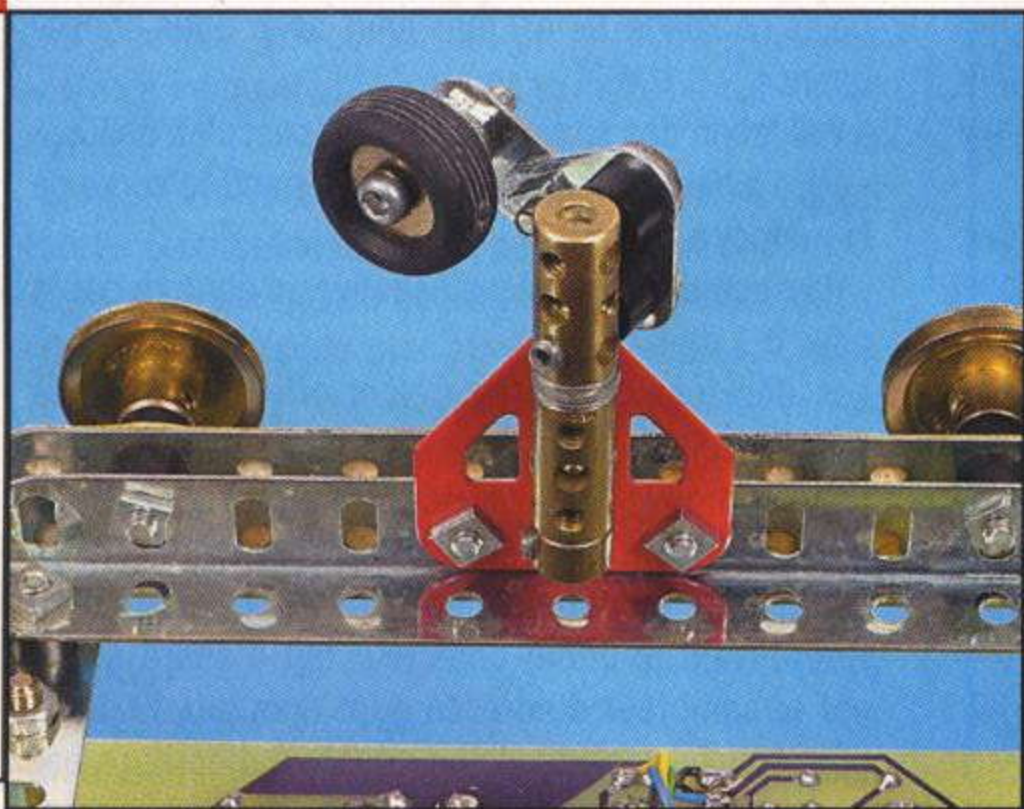
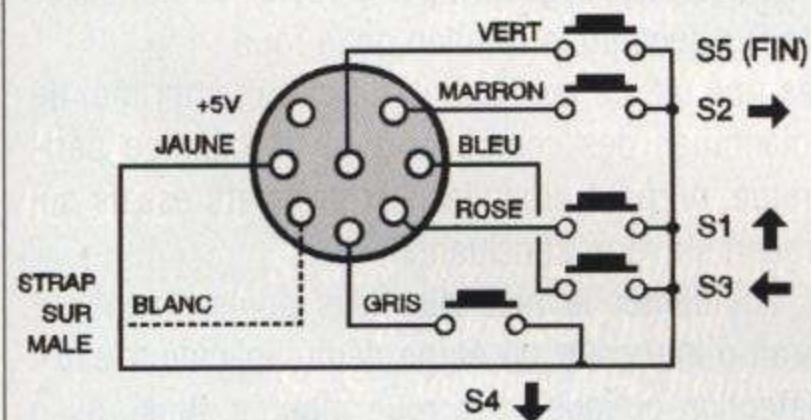
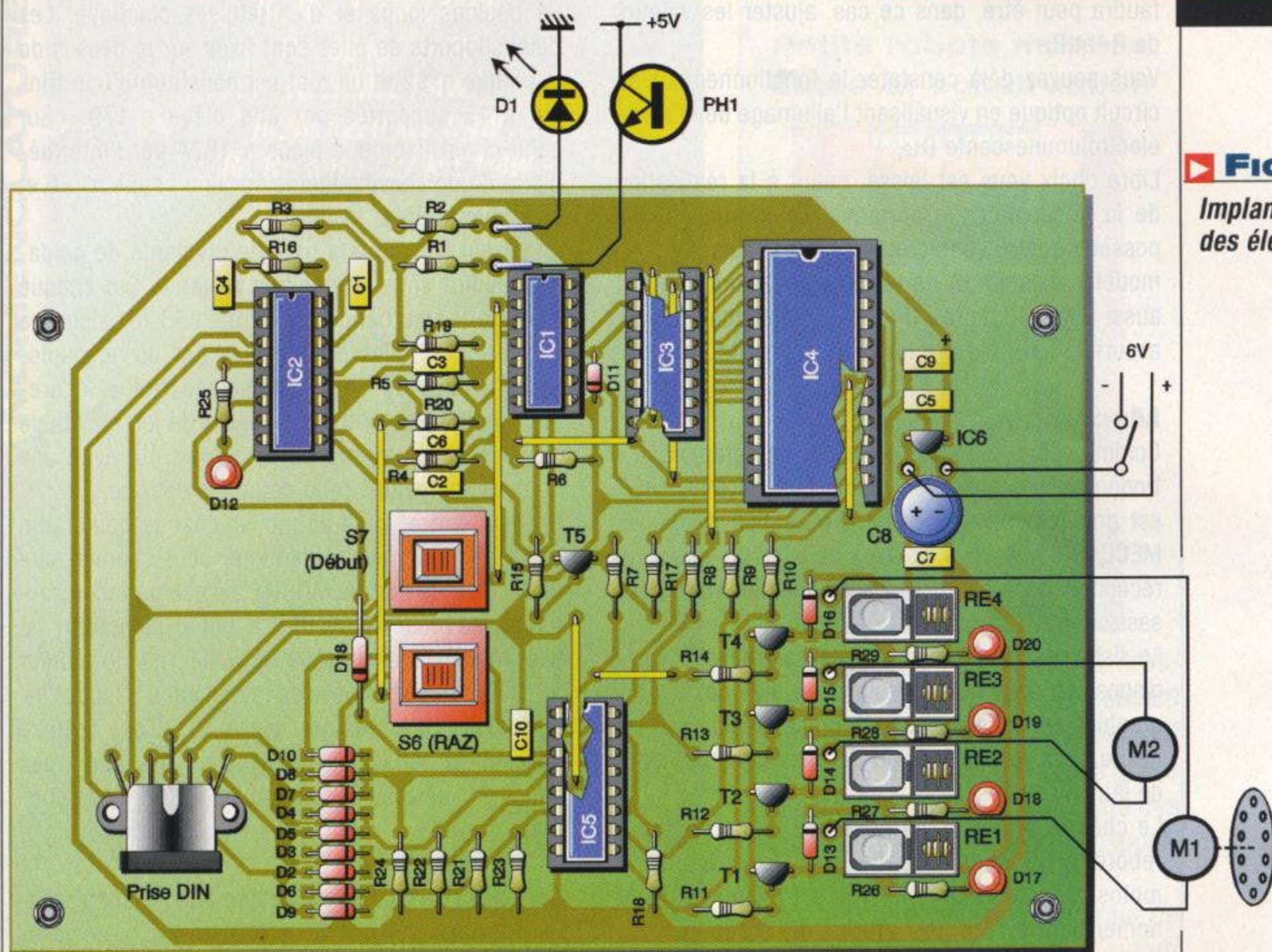




FIGURE 6

Implantation des éléments.



l'utilisation d'un régulateur standard ne peut convenir. Un modèle à faible tension de déchet s'impose si l'on veut s'affranchir du problème d'usure des piles.

**RÉALISATION**  
(FIGURES 5 ET 6)

**ÉLECTRONIQUE**

Après réalisation du circuit imprimé par toute méthode à votre convenance, on débutera par la mise en place des ponts de câblage qui sont au nombre de 10. On poursuivra par la mise en place de tous les éléments passifs et des supports de circuits intégrés.

La prise DIN est un modèle courant pour circuit imprimé. Les relais sont des modèles présentant une haute sensibilité, nous vous les conseillons dans le but d'épargner la durée de vie des piles. Les cinq

diodes électroluminescentes présentes sur la platine sont des modèles à faible consommation ce qui permet de les alimenter directement par la sortie d'une porte CMOS.

Le régulateur IC6 sera mis en place et l'on vérifiera la présence de la tension de 5V prévue, on disposera les circuits intégrés restant en attachant une attention toute particulière à la mémoire IC4 qui est un composant relativement coûteux.

Pour vérifier le fonctionnement de la carte, il reste encore à relier les deux moteurs et le photo-détecteur.

Les moteurs préconisés dans la nomenclature possèdent une démultiplication de 1/90 intégrée, consomment peu de courant, sont antiparasités et sont donc vivement conseillés.

La photo-détecteur est un modèle prévu pour cet usage, d'autres équivalents peuvent exister et



## CONSTRUCTIONS

### MÉMOBOT

faudra peut-être, dans ce cas, ajuster les valeurs de  $R_1$  et  $R_2$ .

Vous pouvez déjà constater le fonctionnement du circuit optique en visualisant l'allumage de la diode électroluminescente  $D_{12}$ .

Libre choix vous est laissé, quant à la réalisation de la télécommande portative. Le joystick utilisé possède quatre contacteurs séparés mais d'autres modèles existent et de simples poussoirs peuvent aussi faire l'affaire. Un câble multiconducteurs assure la liaison entre les deux éléments.

### MÉCANIQUE

Comme cela a été signalé dans le paragraphe d'introduction, la réalisation mécanique de MÉMOBOT est grandement facilitée par l'utilisation de pièces MECCANO que vous pourrez acheter au détail ou récupérer dans des boîtes anciennes en votre possession.

La liste des pièces nécessaires se trouve à votre disposition dans la nomenclature. L'aide des photographies est indispensable et, grâce à cela, vous ne devriez pas rencontrer trop de problèmes au cours de la réalisation.

Le châssis principal est constitué d'une plaque à rebord n°52 sous laquelle sont fixés les deux motos-réducteurs dont le type est indiqué dans la nomenclature. Sur les arbres de sortie de ces moteurs sont fixées deux poulies n°19B, munies de leurs pneus adaptés. Cette plaque est prolongée par deux cornières de 11 trous à l'extrémité desquelles est fixée une autre cornière identique par l'intermédiaire de deux entretoises plastique. C'est sur les deux cornières précédentes qu'est fixée la carte de circuit imprimé à l'aide d'entretoises de 20mm.

Sur la cornière antérieure, deux poulies n°22 fixent une poutrelle plate de 11 trous par l'intermédiaire

de boulons longs et d'entretoises plastique. Les deux supports de piles sont fixés sur le dessus de la plaque n°52 et un mât est constitué d'une tringle n°15 supportée par une pièce n°179. Sur celui-ci est fixée une pièce n°187A par l'intermédiaire d'une cheville fileté sur une bague n°59 et constitue le radar factice.

En ce qui concerne la roulette pivotante de guidage, veuillez vous référer à la **FIGURE 4**. Sur chaque roue frotte une bande étroite n°235D fixée sur les cornières latérales de 11 trous par un accouplement n°63D. Ce petit assemblage freine légèrement la roue et tend à compenser le jeu inévitable du au réducteur situé en amont, ce qui évite une certaine instabilité de la détection optique.

On peut cintrer, plus ou moins, chaque bande afin d'obtenir une vitesse identique pour chaque roue de façon à ce que MÉMOBOT avance de façon rectiligne en marche avant. Le photo-détecteur est fixé en regard de la roue entraînée par le moteur  $M_1$ , sur le rebord arrière de la plaque n°52, par l'intermédiaire d'un support plat n°10. L'axe optique de celui-ci doit coïncider avec un des huit trous situés à la périphérie de la poulie n°19B (voir schéma).

Une fois la partie mécanique terminée, il faut s'assurer de la bonne détection optique des trous, en constatant l'allumage régulier de la diode électroluminescente  $D_{12}$  pendant la rotation de la roue.

Après une ultime vérification du circuit imprimé, de l'implantation des composants et du câblage périphérique, on peut procéder aux premiers essais qui devraient s'avérer concluants.

Pour augmenter la résolution des déplacements, il suffirait d'intercaler un étage démultiplicateur entre la détection optique et la roue motrice. Ainsi, avec une réduction supplémentaire de quatre, on passerait à une résolution confortable de 1/32ème de tour de roue, sans perdre de vue la limitation de la capacité mémoire à 32 tours de roue.

Dans cette réalisation, nous n'avons pas volontairement utilisé de microcontrôleur afin de conserver un côté didactique à l'association de diverses fonctions logiques élémentaires.

E. CHAMPLEBOUX

Le boîtier de commande d'initialisation.





R<sub>1</sub>, R<sub>25</sub>: 1,2 kΩ 1/4W  
 R<sub>2</sub>: 68 kΩ 1/4W  
 R<sub>3</sub>: 1 MΩ 1/4W  
 R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>: 220 kΩ 1/4W  
 R<sub>6</sub>, R<sub>21</sub> à R<sub>24</sub>: 27 kΩ 1/4W  
 R<sub>7</sub>, R<sub>17</sub>: 2,2 kΩ 1/4W  
 R<sub>8</sub> à R<sub>10</sub>: 4,7 kΩ 1/4W  
 R<sub>11</sub> à R<sub>15</sub>: 18 kΩ 1/4W  
 R<sub>16</sub>: 560 kΩ 1/4W  
 R<sub>18</sub>, R<sub>19</sub>: 100 kΩ 1/4W  
 R<sub>20</sub>: 1 kΩ 1/4W  
 C<sub>1</sub>, C<sub>4</sub>: 0,1 μF MKT  
 C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>: 47 nF MKT  
 C<sub>5</sub>: 0,15 μF MKT  
 C<sub>6</sub>, C<sub>9</sub>: 10 μF/16V tantale  
 C<sub>8</sub>: 330 μF/16V chimique radial  
 C<sub>10</sub>: 0,22 μF MKT

IC<sub>1</sub>: 4093

IC<sub>2</sub>: 4538

IC<sub>3</sub>: 4040

IC<sub>4</sub>: M48Z02-200 PC1 zéro power RAM (Radiospares)

IC<sub>5</sub>: 4043

IC<sub>6</sub>: 2850 CZ 5.0V régulateur faible perte (Radiospares)

T<sub>1</sub> à T<sub>5</sub>: BC547C

D<sub>1</sub>, PH<sub>1</sub>: capteurs à réflexion HOA1405-002 Honeywell (Radiospares)

D<sub>2</sub> à D<sub>11</sub>, D<sub>13</sub> à D<sub>16</sub>: 1N4148

D<sub>12</sub>, D<sub>17</sub> à D<sub>20</sub>: LED rouges Ø 3mm faible consommation

RE<sub>1</sub> à RE<sub>4</sub>: relais subminiature P1 Siemens 5V (Radiospares)

S<sub>1</sub> à S<sub>4</sub>: joystick (Radiospares)

S<sub>5</sub>: poussoir fugitif

S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub>: touches MEC fugitives

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>: micros-motors L149-6-90 (6V) (Motor Model)

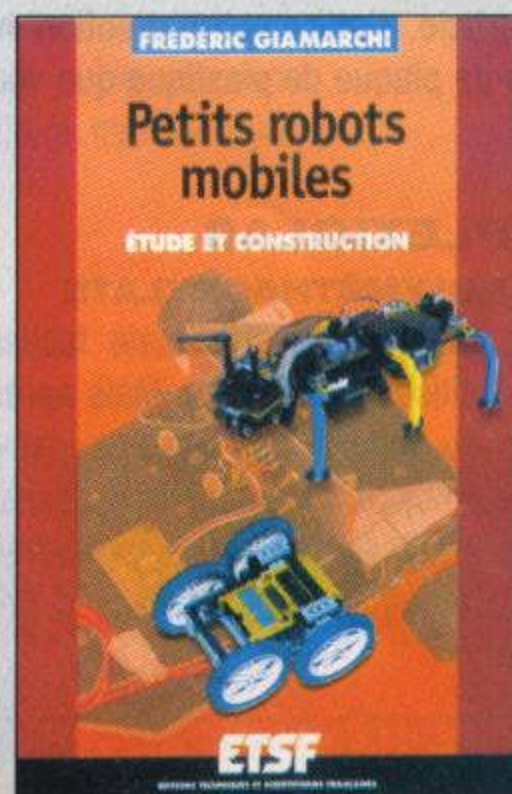
1 prise DIN 5 broches 45° pour CI

2 porte-piles (2x1,5v)

#### Pièces MECCANO

1 X 52	3 X 9
8 X 38A	1X103
2 X 235D	2 X 63D
1 X 179	2 X 59
1 X 147F	1 X 187A
2 X 19B	2 X 142B
1 X 126A	2 X 63
1 X 6A	1 X 77
1 X 23A	1 X 142J
3 X 111D	2 X 22
1 X 16A	1 X 15A

## Petits robots mobiles Étude et construction



La robotique mobile, souvent artistique et amusante, est une science et une technique en développement qui s'ouvrent désormais à tous grâce à la chute des prix et à la fiabilité des composants électroniques disponibles aujourd'hui.

Après une présentation générale de la constitution des robots, l'auteur guide pas à pas le lecteur dans la construction de robots de complexité croissante, chapitre après chapitre. Il l'incite à faire travailler son imagination pour améliorer chaque robot conçu, grâce à des conseils et des exercices.

Parmi les rares ouvrages sur le sujet, ce guide d'initiation, conçu dans une optique pédagogique, est idéal pour débiter en robotique et démarrer de petits projets. Passionnés participant aux concours de robotique mobile, amateurs intéressés... cet ouvrage peut constituer un tremplin pour réaliser un jour le robot de vos rêves. Les enseignants et les étudiants y trouveront un support pratique pour aborder la robotique de manière ludique.

F. GIAMARCHI  
ETSF/DUNOD

144 pages - 128 F

des microcontrôleurs permet aujourd'hui de réaliser à moindre coût des robots autonomes. Un des robots qui sort de l'ordinaire est le robot à pattes. Le robot à 6 pattes permet, grâce à une bonne stabilité, d'aborder les réflexions sur la marche.

Voici pour vous le "BUG" un des robots mobiles qui présente une esthétique et un effet visuel très intéressants. Il se déplace est le robot CARARD ou robot marcheur à 6 pattes. Le déplacement de celui-ci est assuré par 6 pattes grâce à des servomoteurs de radiocommande. Le mouvement généré donne à la tête un déplacement très intéressant. Il est proche de celui d'un insecte. Cette vitesse est très loin de celle atteinte avec des robots à roues mais quel plaisir pour les yeux de voir évoluer

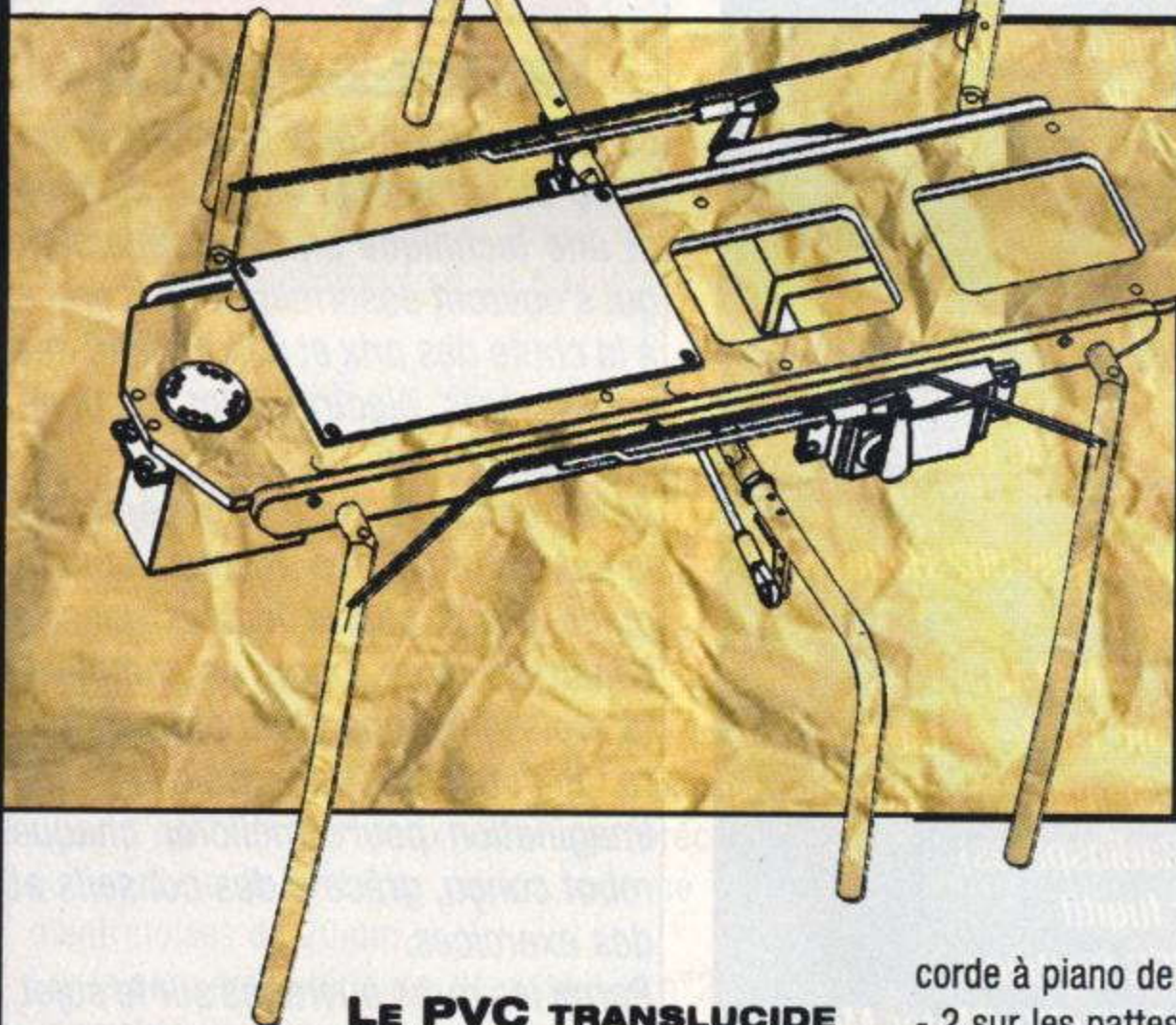


*La baisse des prix des microcontrôleurs permet aujourd'hui de réaliser à moindre coût des robots autonomes. Un des robots qui sort de l'ordinaire est le robot à pattes. Le modèle à 6 pattes permet, grâce à une bonne stabilité, d'aborder les réflexions sur la marche. Voici pour vous le "BUG" Un des robots mobiles qui présente une esthétique et un effet vraiment ludique lorsqu'il se déplace est le robot CAFARD ou robot marcheur à 6 pattes. Le déplacement de celui-ci est assuré par 6 pattes mues par des servomoteurs de radiocommande. Le mouvement généré donne à la "bête" un déplacement vraiment très proche de celui d'un insecte. Certes la vitesse est très loin de celle atteinte avec des robots à roue mais quel plaisir pour les yeux que de voir évoluer la "bête".*

Pour construire le robot, il vous faudra acquérir une plaque de plastique d'environ 350 x 150 ainsi que les quelques accessoires dont la liste est donnée à la fin de l'article. J'attire votre attention sur les différents types de plaque de plastique que vous pourrez trouver :

#### LE PLEXIGLAS OU POLYMÉTHACRYLATE

C'est un produit qui s'usine facilement avec des outils utilisés pour l'acier. Mais après perçage et au cours du temps, des fissures peuvent apparaître. Cela est dû à la caractéristique cassante du matériau et aux amorces de rupture engendrées par le perçage. Le matériau reste cependant de bonne résistance.



#### LE PVC TRANSLUCIDE OU POLYCHLORURE DE VINYLE

C'est un produit qui s'usine facilement avec des outils utilisés pour l'acier. La résistance du matériau est inférieure au précédent mais la tenue dans le temps est meilleure.

#### LE LEXAN OU POLYCARBONATE

C'est un produit moins cassant (utilisé dans les vitrages de sécurité). C'est un produit qui s'usine facilement avec des outils utilisés pour l'acier. La résistance aux UV est faible mais il existe des polycarbonates traités UV.

Après cette rapide présentation des différents plastiques que vous pourrez trouver, voici la description du montage du robot.

## DESCRIPTION

Après découpe et usinage des trois éléments en plastique (dont le plan est fourni dans le CD-ROM), il faudra assembler les flasques sur la plaque de base à l'aide de 6 vis de diamètre M3 (PHOTO 1). Attention, suivant le type de servomoteurs utilisé, les trous de fixations et les découpes de ceux-ci dans les flans pourront être différents (PHOTO 2). On procédera ensuite au montage des servomoteurs (vis diamètre 2,5) et des articulations des pattes (vis diamètre 4) (PHOTO 3).

Attention, les quatre pattes extérieures tournent suivant un axe vertical et les deux pattes intérieures suivant un axe horizontal.

Les pattes seront confectionnées dans du tube de diamètre 6x4 en aluminium à l'intérieur duquel sera collée une vis de diamètre 4x30 dont on aura pris soin de retirer la tête. La colle utilisée sera du type époxy lente (ARALDITE) : avant collage, le tube et les vis seront parfaitement dégraissés à l'alcool et dépolis à l'aide de papier de verre. Ne pas oublier, après séchage de la colle, de percer les trous diamètre 2 :

- 1 seul sur les pattes extérieures pour le passage des tiges d'entraînement qui seront réalisées en corde à piano de 2 mm.

- 2 sur les pattes centrales pour le passage de deux vis de fixation de l'équerre.

Les liaisons avec les servos (commande des pattes extérieures) seront, elles aussi, réalisées en corde à piano de 2 équipées de chape à boule de 2mm (photo 2) et reliées aux tiges de commandes principales par des demi-dominos (PHOTO 4).

Le servo central sera fixé à l'aide de deux équerres confectionnées dans du profilé aluminium de 10x20. Les deux pattes centrales seront équipées de deux équerres, elles aussi, confectionnées dans le même profilé (PHOTO 5). La liaison avec le servo de commande sera effectuée avec de la tige filetée de diamètre M2, des chapes à boules de 2 et des chapes traditionnelles de 2.

Après assemblage complet, les servos seront reliés à la platine de commande de servo RMLS décrite auparavant à l'aide d'un câble de quelques



mètres. Il ne vous reste plus qu'à générer un programme avec le séquenceur disponible dans le CD-ROM.

Pour faire avancer ou reculer la bestiole, vous pourrez vous aider des organigrammes 1 et 2.

Afin de libérer la bestiole de ce "fil à la patte", une carte équipée de 16F876 est à l'étude ainsi que des modules qui permettront à celle-ci d'appréhender son environnement : module radar US, module radar gonio, antennes sensibles.

Ainsi équipé, notre petit BUG pourra alors découvrir l'univers qui l'entoure et réagir en fonction de l'intel-

ligence que l'on aura bien voulu lui donner.

Vous pourrez toujours prendre contact avec les auteurs par courrier :

Bug1\_pic\_16F84@caramail.com

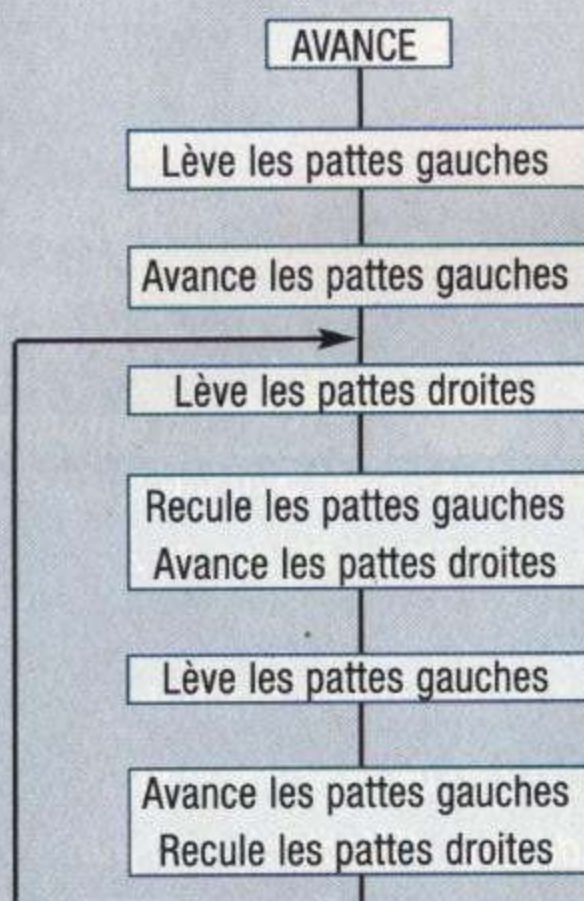
Autre site, base de notre réflexion :

<http://home.earthlink.net/~henryarnold>

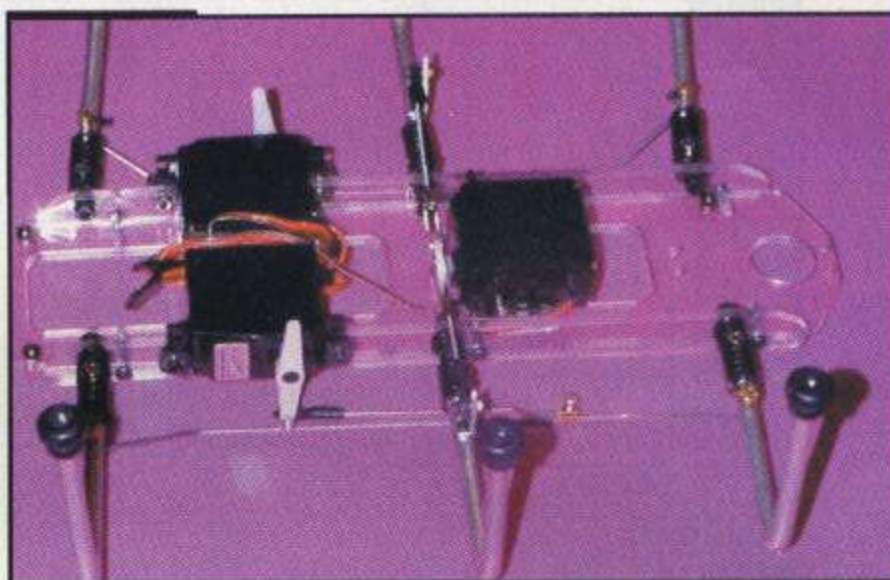
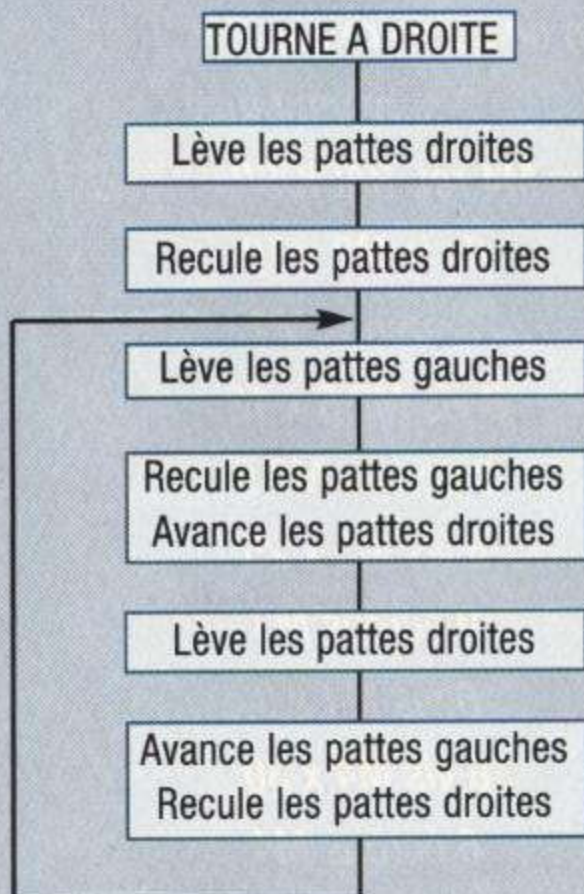
Ph. MARIE

Cl. CHAUSSARD

#### ORGANIGRAMME 1

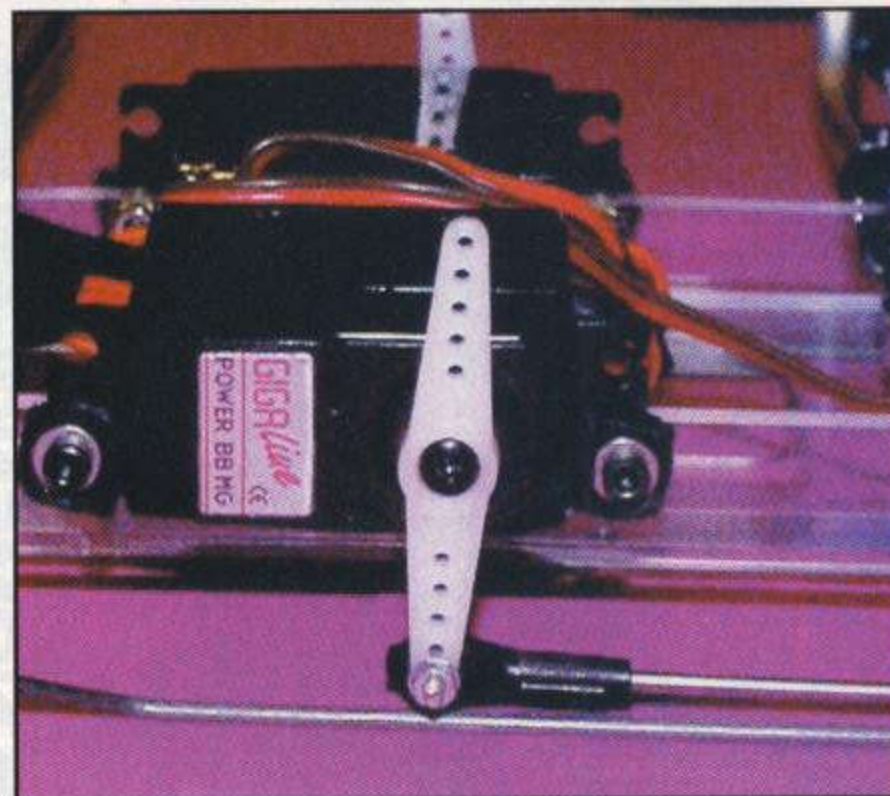


#### ORGANIGRAMME 2



► PHOTO 1

Assemblage des flasques sur la plaque de base.



► PHOTO 2

Montage des servos.



► PHOTO 3

Articulation des pattes.



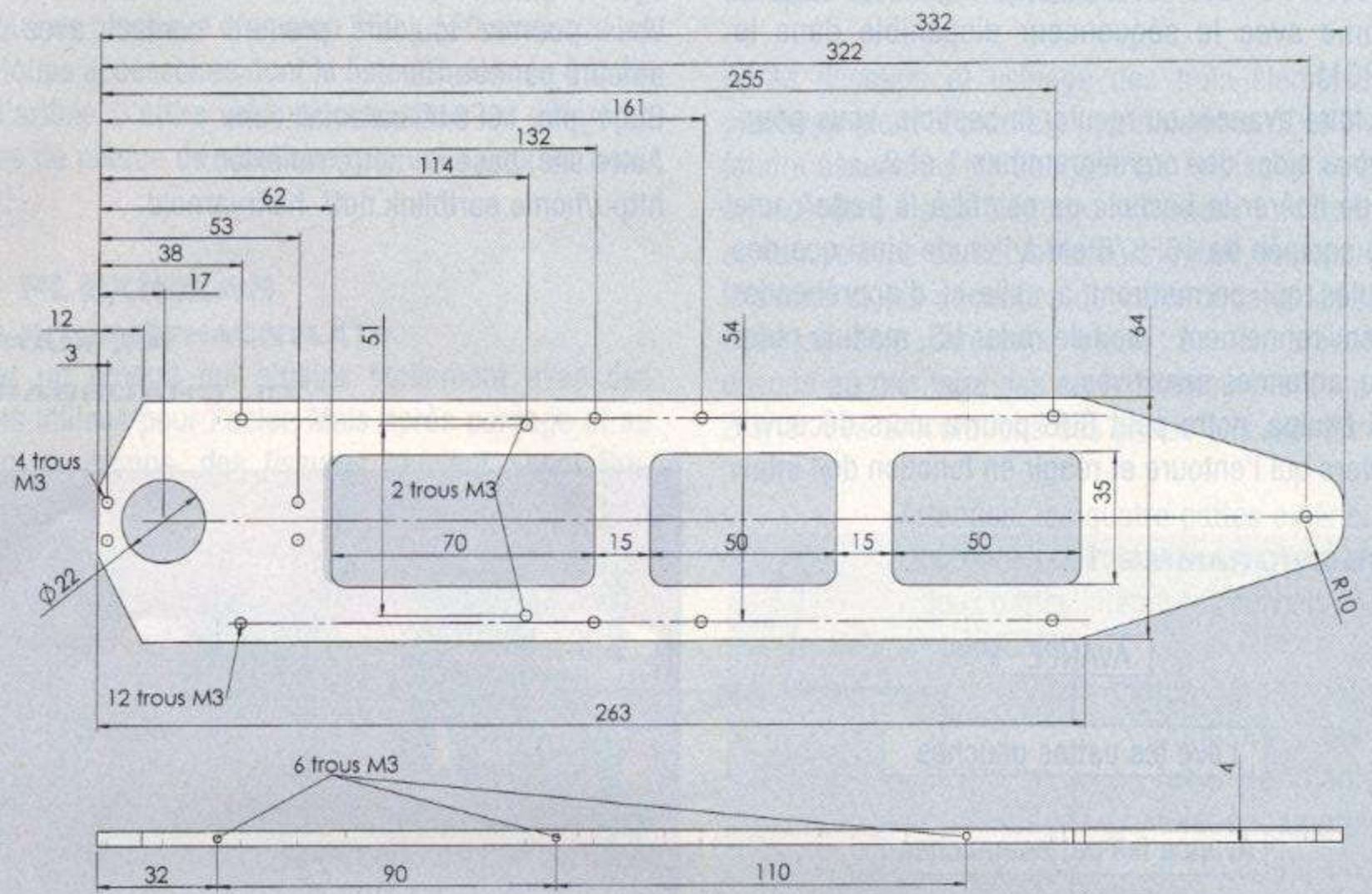
# CONSTRUCTIONS

## ROBOT BUG

des microcontrôleurs permet aujourd'hui de réaliser à moindre

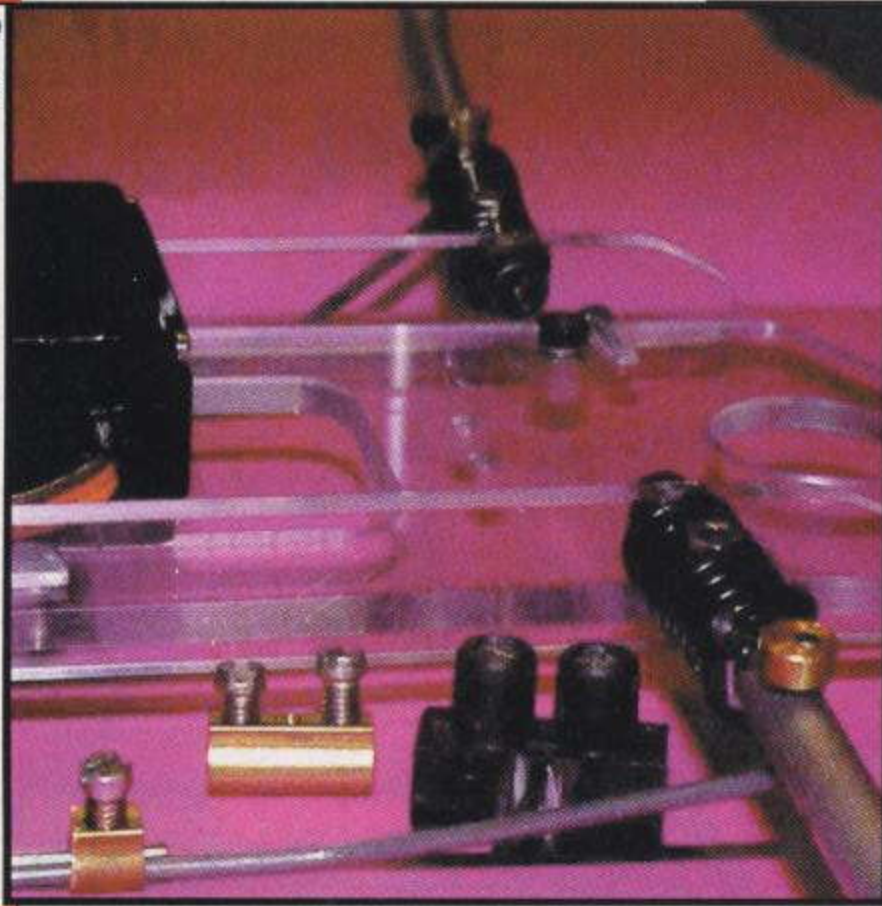
### FIGURE 1

La plaque de base.



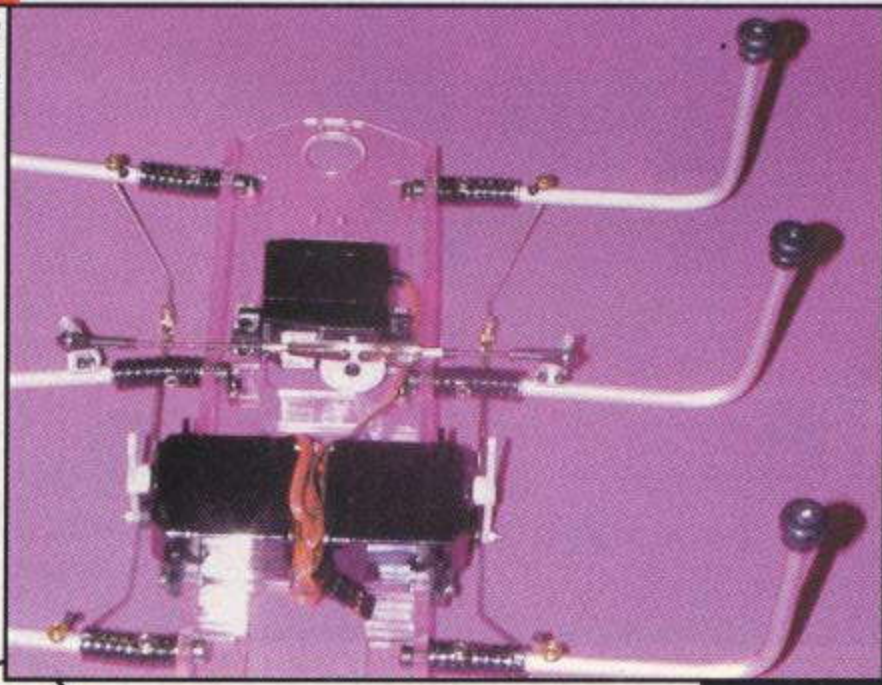
### PHOTO 5

Fixation des tiges de commande.



### PHOTO 6

Détail de montage des pattes centrales



### NOMENCLATURE

1 plaque 350x150 de 5 mm d'épaisseur

4 chapes à boules de 2

2 chapes de 2

1 m de corde à piano de 2

0,1 m de tige filetée M2

1 domino d'électricien 10 mm<sup>2</sup>

2 dominos d'électricien 1,5 mm<sup>2</sup>

1 m tube aluminium de 6x4

0,1 m de cornière alu. 20x10 ép. 1,5

3 servomoteurs

6 charnières M4 réf. RADIOSPARES 203 4982

8 vis M2 x 10

8 écrous M2

8 vis M2,5 x 12

8 écrous M2,5

6 vis M3 x 25

9 écrous M3

6 vis M4 x 8

6 vis M4 x 30

6 écrous M4

9 entretoises mâles/femelles M3 x 5



# COMMANDE SERVO SÉRIE CONSTRUCTIONS

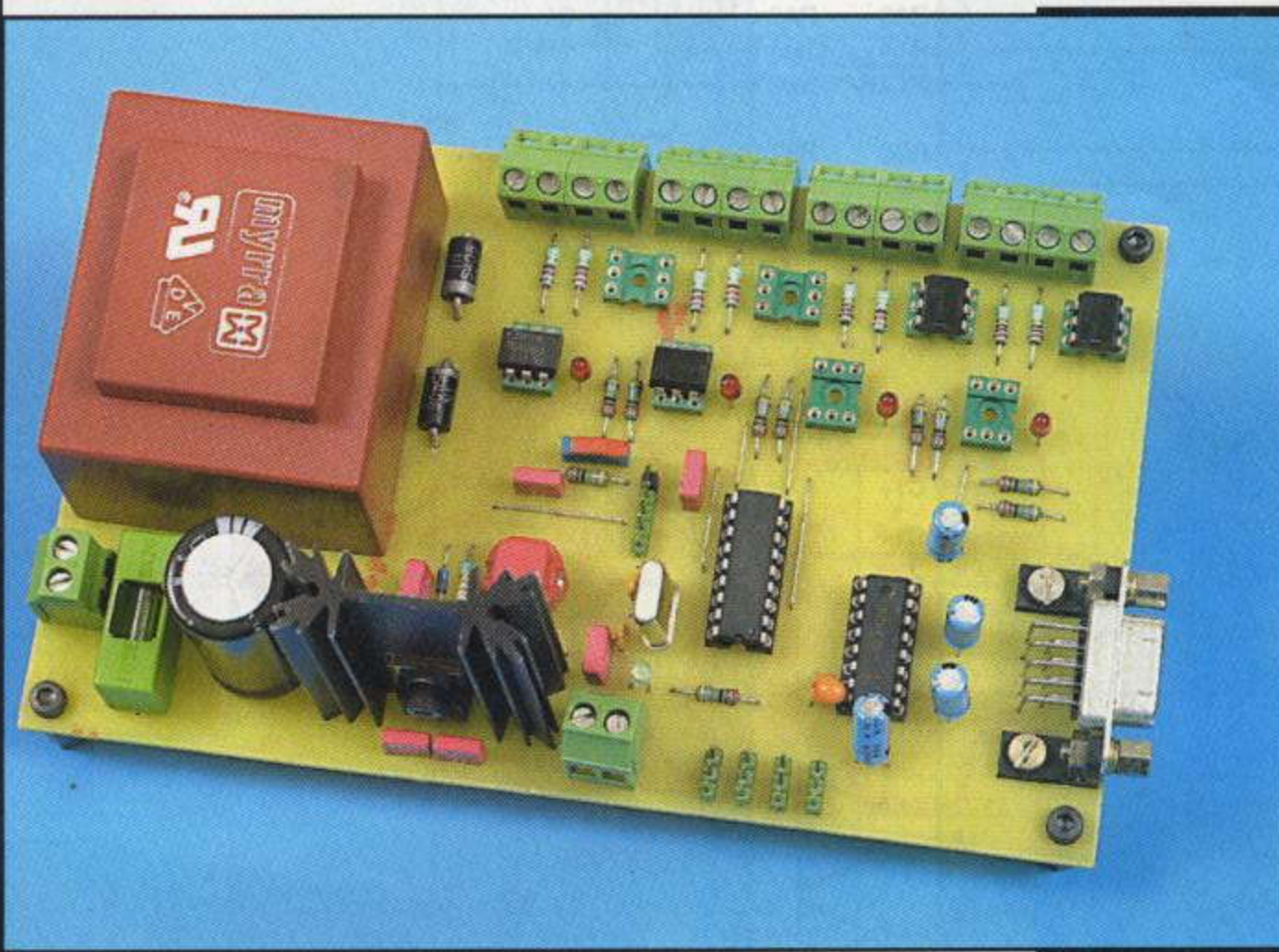
SERVO SÉRIE

Les servomoteurs de radiocommande représentent à l'heure actuelle un des plus simples actionneurs à mettre en œuvre pour aborder la robotique car il constitue un ensemble électromécanique complet : un moteur, un réducteur avec axe de sortie équipé d'une came, un capteur de position, un régulateur de position et, enfin, une électronique de puissance du moteur. De plus, le pilotage en position de ceux-ci se fait simplement par une impulsion de largeur variable (0,5ms à 2ms toutes les 20ms). Afin de pouvoir piloter 4 servos et lire ou écrire 4 E/S, nous vous proposons la carte RMLS1 qui sera l'interface avec un PC ou tout autre périphérique équipé d'une liaison série. Elle intègre un microcontrôleur cher aux auteurs, le PIC 16F84 qui n'est plus à présenter.

## PRÉSENTATION DU MODULE

Vous trouverez toutes les informations des produits MICROCHIP sur leur site qui est vraiment très sympathique : [www.microchip.com](http://www.microchip.com). Le PIC 16F84 ne possédant pas de périphérique intégré gérant la liaison série, celle-ci sera donc simulée par logiciel, mais cette fois-ci en utilisant les

des pattes au cours des différents débroschages et rembrochages. Le schéma de la **FIGURE 2** représente l'alimentation générale à partir du secteur ainsi que les interfaces opto-isolées entre le microcontrôleur PIC 16F84 et le monde extérieur car, comme chacun le sait, c'est un monde de brut et le passage de vie à trépas pour le microcontrôleur arrive souvent plus vite que prévu.



interruptions et le timer afin de rendre la gestion de celle-ci totalement autonome. La carte est aussi capable de piloter des variateurs ou tous autres périphériques travaillant avec des signaux type radiocommande positif (voir chez les détaillants modélisme).

## SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de la **FIGURE 1** représente le cœur du montage : le microcontrôleur PIC 16F84 ainsi que la circuiterie de reset associée et l'interface avec la liaison série (MAX232). On notera aussi la présence des différents connecteurs : Liaison vers les servos S1, S2, S3, S4 ; Alimentation externe des servos ; Liaison série ; Liaison ICSP qui permet la programmation du circuit in situ sans avoir à débroscher le PIC, ces circuits ayant une fâcheuse tendance à per-

## DESCRIPTION DES DIFFÉRENTS MODULES

L'alimentation est générée par un transformateur 220V/2x6V/16VA ce qui donne une intensité disponible d'environ 2A sous une tension de  $6\sqrt{2}$  soit 8,5V. Cette intensité est nécessaire car l'utilisation de servomoteurs de radiocommande réclame souvent plus de 800mA en charge. Cette tension continue de 8,5V est abaissée à 5V par le régulateur U<sub>3</sub> pour alimenter la logique de la carte.

Le deuxième régulateur U<sub>4</sub>, optionnel, permet de générer la tension d'alimentation des servos (choisir un régulateur I<sub>max</sub> de 3A).

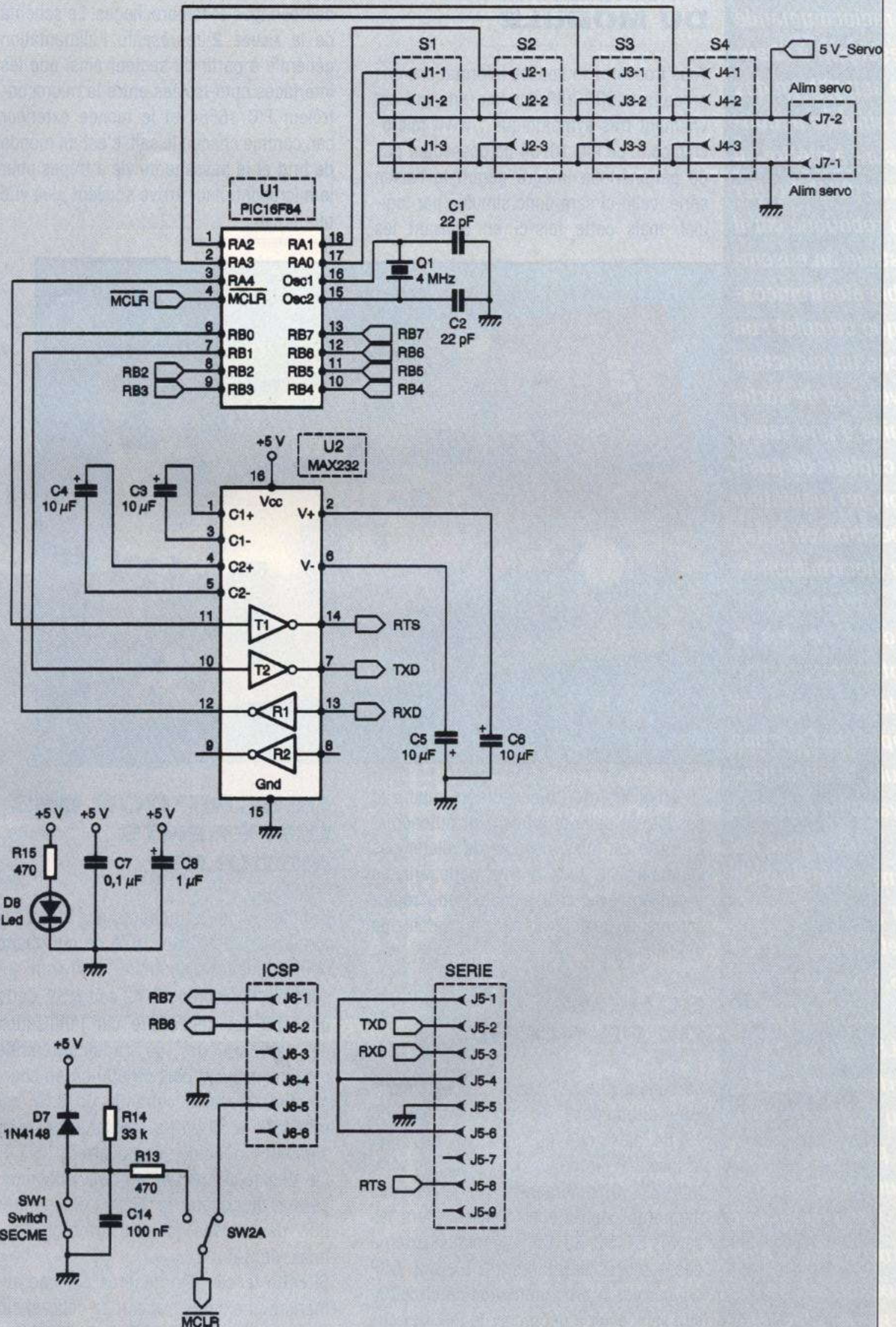
Si cette tension est générée par une alimentation externe, raccordez celle-ci sur le connecteur ALIM SERVO J<sub>7</sub>. Les deux condensateurs C<sub>7</sub> et C<sub>8</sub> assurent le

FIGURE 2  
Le schéma de principe de l'alimentation et des interfaces opto-isolées.

FIGURE 1  
Le schéma de principe du cœur du montage.

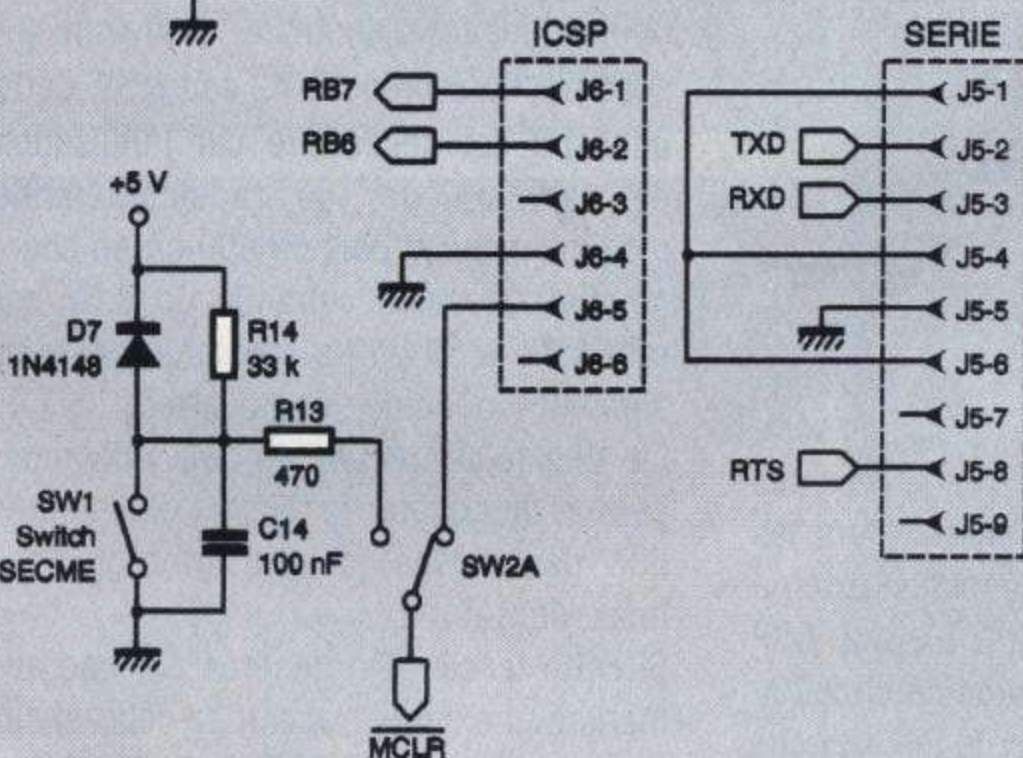


COMMANDE  
SÉRIE

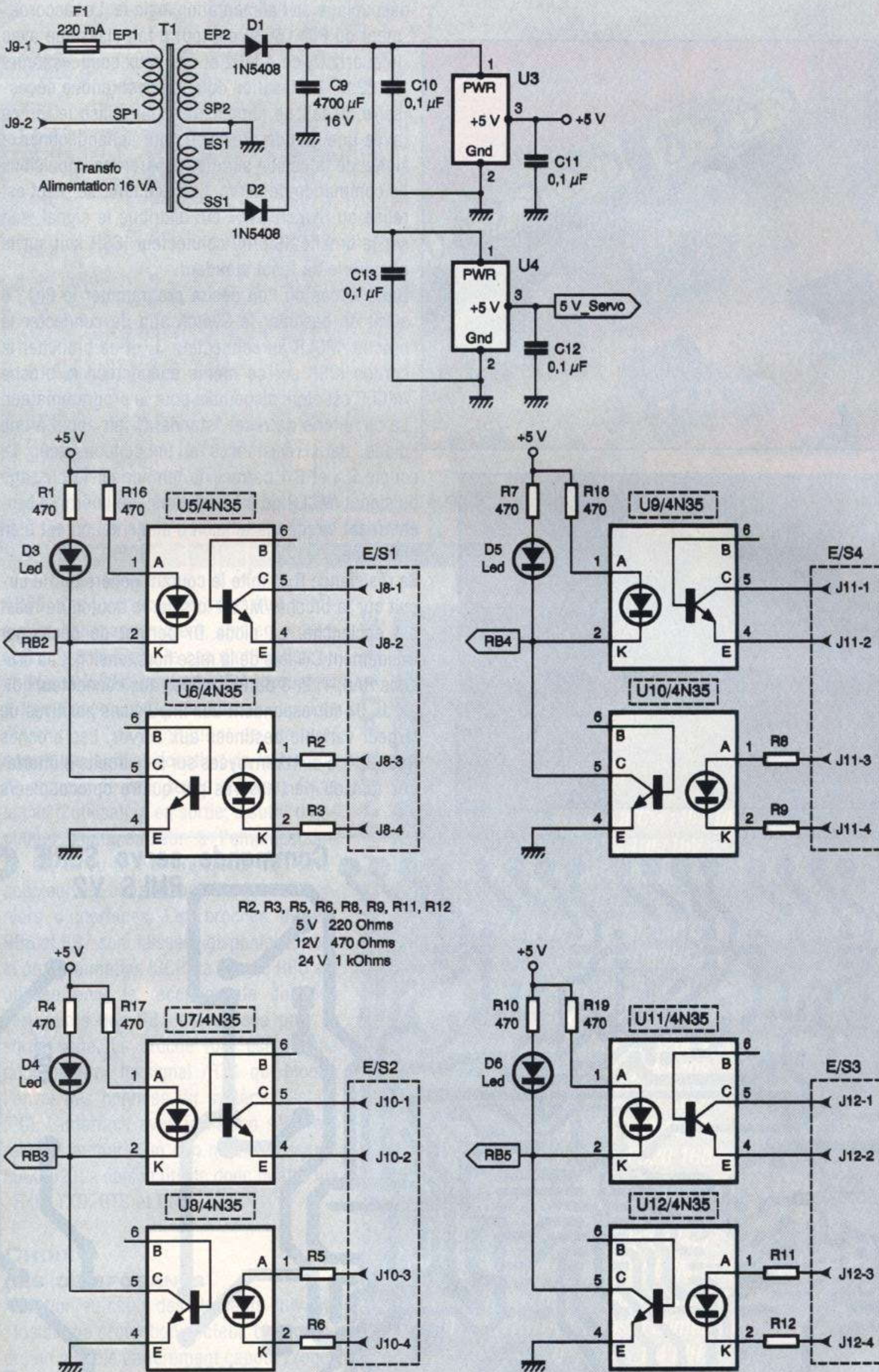


**FIGURE 1**

Le schéma de principe du cœur du montage.







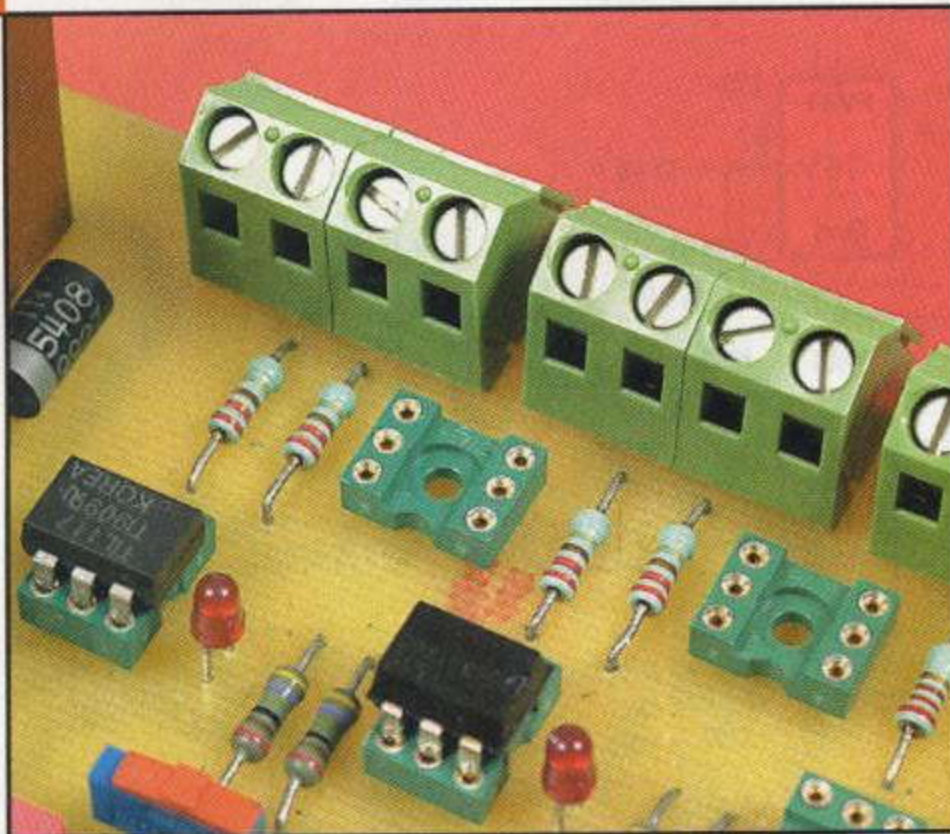
**FIGURE 2**  
 Le schéma de principe de l'alimentation et des interfaces opto-isolées.



# CONSTRUCTIONS

## SERVO SERIE

Mise en place des optocoupleurs.



Le régulateur +5v et son dissipateur.

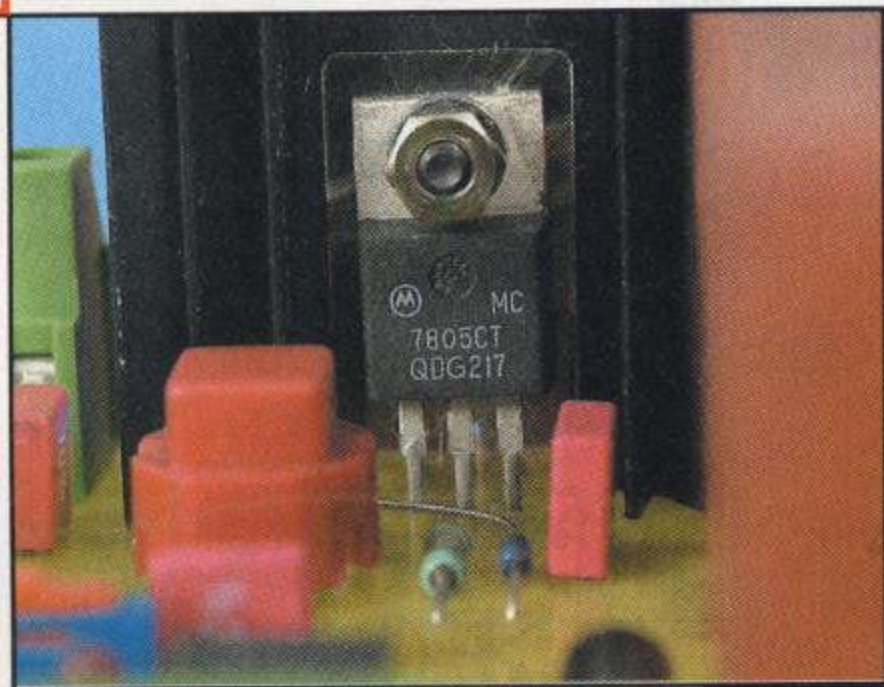
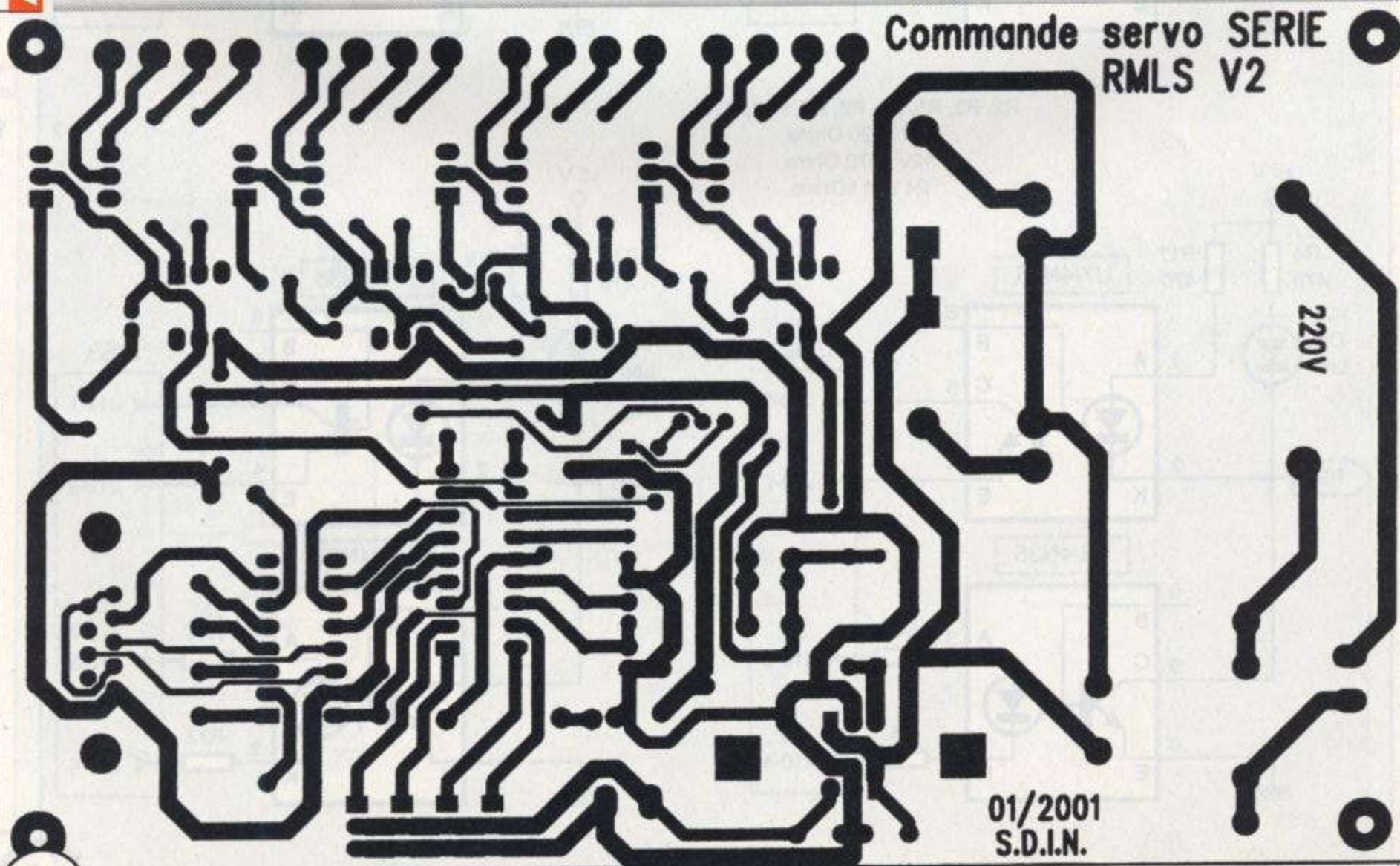


FIGURE 3

Tracé du circuit imprimé.



découplage de l'alimentation logique. Le raccordement du PIC 16F84 est tout à fait classique avec le quartz Q1 de 4 MHz et ces deux condensateurs de 22 pF. L'utilisation du quartz est rendue nécessaire du fait de l'application qui utilise le temps avec une grande précision pour échantillonner le signal de la liaison série et générer les impulsions de commande de servo. La circuiterie de reset est reliée au Switch SW2A qui distribue le signal, soit sur la broche J6.6 du connecteur ICSP, soit sur la circuiterie de reset standard.

Dans le cas où l'on désire programmer le PIC, il suffit de basculer le Switch afin de connecter la broche /MCLR au connecteur J6 et de brancher le cordon ICSP sur ce même connecteur, la broche /MCLR est alors disponible pour le programmeur. La circuiterie de reset "standard" fait appel à une diode, deux résistances et un condensateur. Le couple R14 et C14 permet de temporiser le passage du signal /MCLR de 0 à 1 et, donc, de libérer la broche reset lorsque la tension d'alimentation est bien stabilisée.

La résistance R13 limite le courant généré par le circuit sur la broche /MCLR lorsque le bouton de reset est enclenché. La diode D7 permet de décharger rapidement C14 lors de la mise hors tension. Les broches RA0, 1, 2, 3 du PIC reliées aux connecteurs J1, J2, J3, J4 correspondent aux impulsions positives de largeur variable destinées aux servos. Les broches RB2, 3, 4, 5 sont renvoyées sur les circuits d'interfaces tout ou rien assurés par quatre optocoupleurs



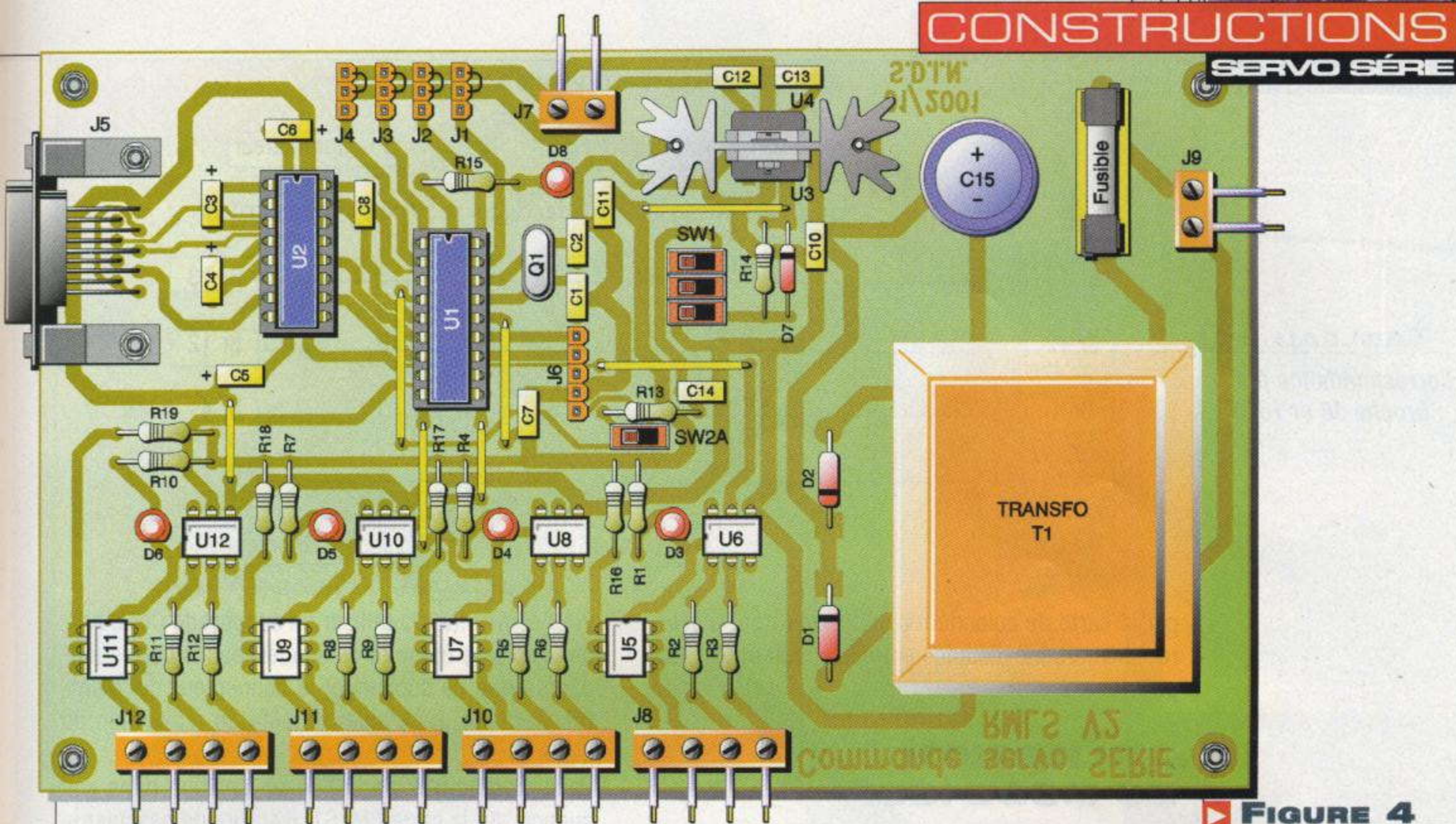
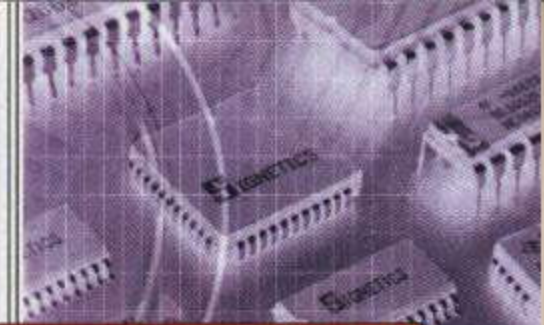


FIGURE 4

Implantation des éléments.

4N35. Ces interfaces pourront être configurées indépendamment, soit en entrée, soit en sortie. Dans le cas d'utilisation en entrée, il faudra implanter l'optocoupleur à l'emplacement U<sub>6</sub>, U<sub>8</sub>, U<sub>10</sub> ou U<sub>12</sub>. Les résistances de limitation de courant seront choisies en fonction de la tension de commande (voir sur le schéma). Dans le cas d'utilisation en sortie, il suffit d'implanter l'optocoupleur à l'emplacement U<sub>5</sub>, U<sub>7</sub>, U<sub>9</sub> ou U<sub>11</sub>. Le transistor de l'optocoupleur est alors disponible sur les borniers d'interfaces. Les broches du PIC RB6 et RB7 sont laissées disponibles pour la programmation ISCP. La broche RB0 est utilisée pour la réception de données série alors que RB1 est utilisée pour la sortie série. La broche RA4 est utilisée pour générer le signal /RTS qui bloque l'envoi des données du système distant (PC). L'interface avec la liaison série est réalisée autour d'un non moins classique MAX232. La liaison utilise donc quatre fils : RXD, TXD, RTS et GND.

#### CHOIX DES COMPOSANTS

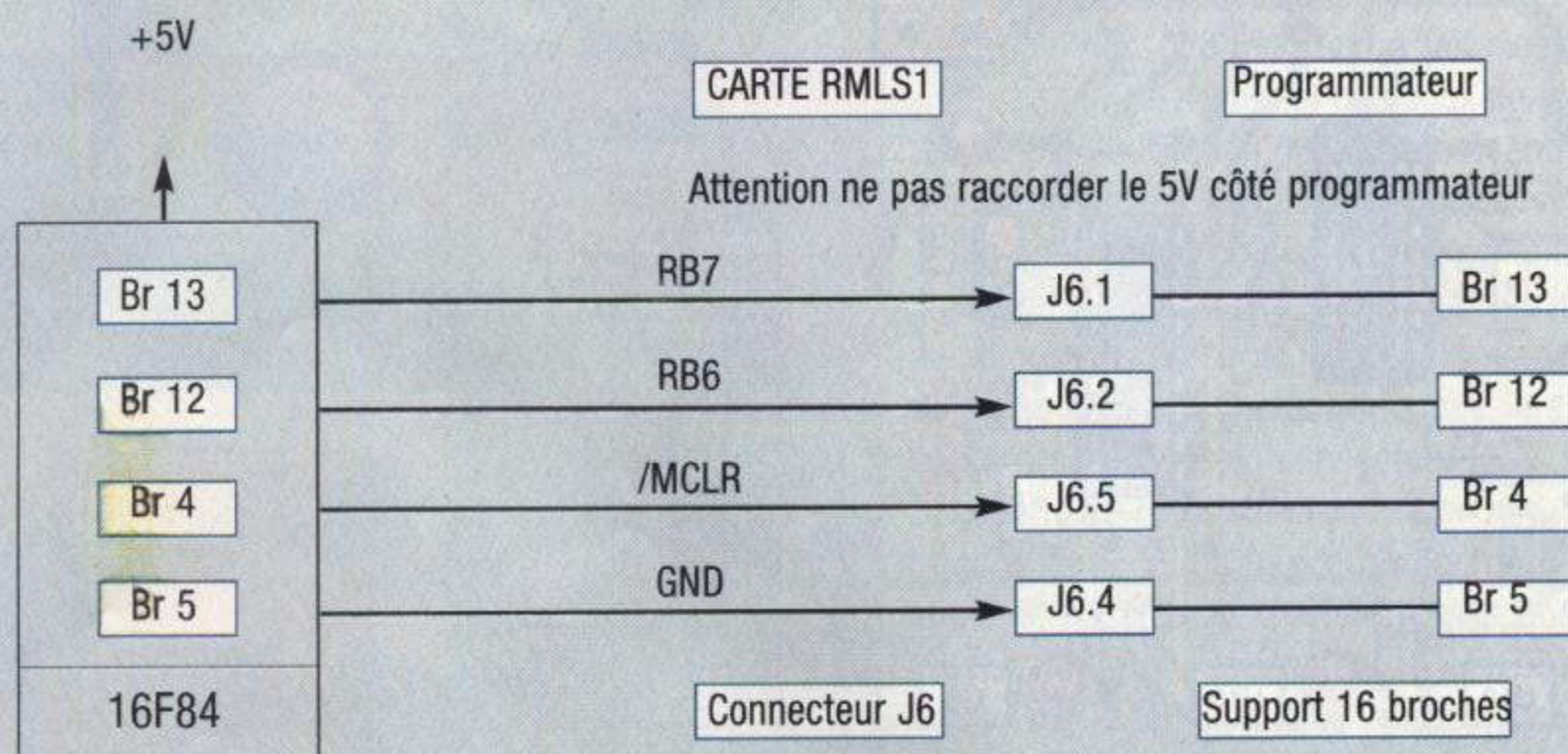
Attention au choix des éléments suivants : fusible de protection secteur, bien prendre un modèle entièrement capoté ; régulateur U<sub>4</sub> (alimentation des servos), choisir un modèle TO220 3A ; pensez à équi-

#### NOMENCLATURE

U <sub>1</sub> :	PIC16F84
U <sub>2</sub> :	MAX232
U <sub>3</sub> :	+5VREG
U <sub>4</sub> :	+5VREG/3A
U <sub>5</sub> à U <sub>12</sub> :	4N35
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> :	22 pF
C <sub>3</sub> à C <sub>6</sub> :	10 µF/16V
C <sub>7</sub> , C <sub>10</sub> à C <sub>13</sub> :	0.1 µF
C <sub>8</sub> :	1µF/16V
C <sub>9</sub> :	4700 µF/16V
C <sub>14</sub> :	100 nF
J <sub>1</sub> à J <sub>4</sub> :	CON\SIP\3P Con servos
J <sub>5</sub> :	CON\DB9HFem
J <sub>6</sub> :	CON\SIP\5P Con ICSP
J <sub>7</sub> , J <sub>9</sub> :	CONRA\2P\200 Alimentation
J <sub>8</sub> , J <sub>10</sub> à J <sub>12</sub> :	CONRA\4P\200 entrée/sortie
D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> :	DO411N5408 3A
D <sub>3</sub> à D <sub>6</sub> , D <sub>8</sub> :	LED
D <sub>7</sub> :	DO7,1N4148
F <sub>1</sub> :	FUS\CLIP520 160mA
R <sub>1</sub> , R <sub>4</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>10</sub> , R <sub>13</sub> , R <sub>15</sub> à R <sub>19</sub> :	470 Ω 1/4W
R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub> , R <sub>11</sub> , R <sub>12</sub> :	220 Ω 1/4W
R <sub>14</sub> :	33 kΩ 1/4W
SW <sub>1</sub> :	Switch interrupteur SECME MICRO COSMOS
SW <sub>2</sub> :	microswitch inverseur DIL
T <sub>1</sub> :	MYR\16VA transfo alimentation 16VA
Q <sub>1</sub> :	XTAL 1,4 MHz
	1 radiateur réf. ML97/1



### RACCORDEMENT VERS ICSP



**TABEAU 1**

Correspondance entre broche J6 et 16F84.

per la carte de colonnettes qui permettront d'assurer une certaine distance entre le circuit et son support.

### UTILISATION DU MODE ICSP

Le PIC 16F84 a la particularité d'intégrer toute une série de macros commandes permettant l'auto-programmation de celui-ci. Ces macros commandes sont transmises au PIC par l'intermédiaire de deux fils RB7 (DATA) et RB6 (CLOCK). Ces deux broches sont utilisées pour la transmission seulement après que le PIC soit entré en mode programmation. Le PIC entre dans ce mode en appliquant sur la broche /MCLR une tension de 13V, ce qui explique le Switch à basculer lorsque l'on veut utiliser le câble ICSP.

L'ensemble des programmeurs utilise ce mode de programmation et il est très facile de réaliser un adaptateur entre le support du programmeur et le connecteur ICSP disponible sur la carte RMLS1.

Pour cela, il faudra utiliser un support de CI 18 broches de type tulipe et de souder les fils correspondants entre ce support et le connecteur qui s'embrochera sur J6 : s'aider du plan de réalisation du câble.

Pour programmer un 16F84 en position dans son support sur la carte RMLS1, il suffira de basculer le Switch en mode programmation, de brancher le connecteur du câble ICSP sur le connecteur J6 de la carte et d'insérer le support soudé à l'autre extrémité du câble dans son programmeur préféré, en ayant pris soin de vérifier que le programmeur n'alimente pas le circuit. Le support sera embroché au même emplacement utilisé pour la programmation d'un 16F84.

Lancez alors la programmation du circuit comme s'il était dans le programmeur.

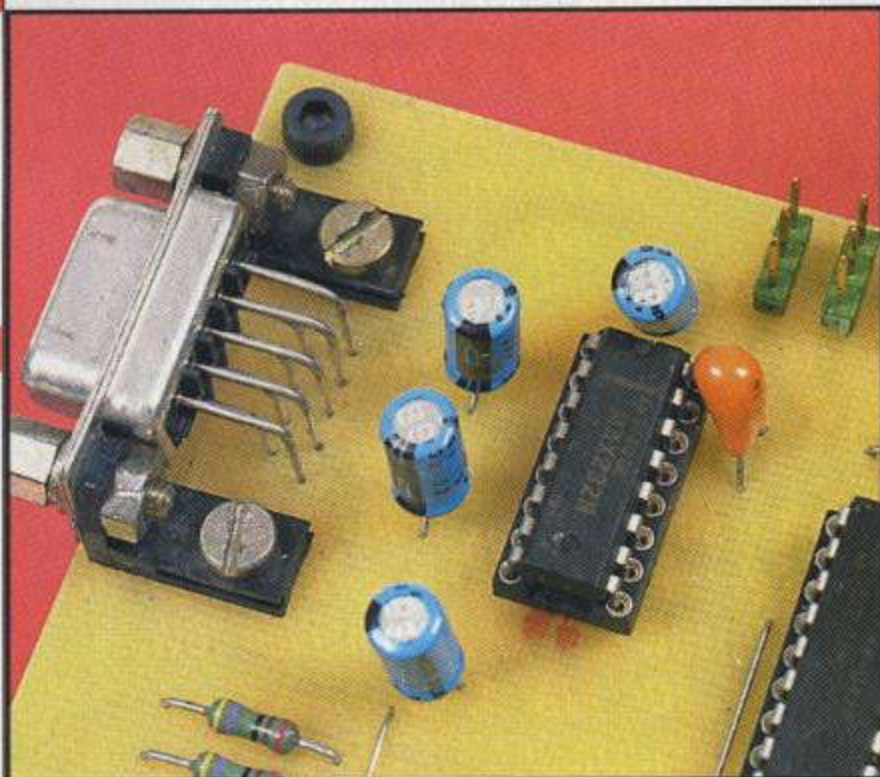
### LE CÂBLE DE LIAISON ENTRE PC ET CARTE RMLS1

C'est un câble dit droit car les signaux ne sont pas croisés.

Le MAX232 et la liaison vers le PC.

**TABEAU 2**

Câble de liaison.



DB9 broches mâle  
Côté carte

DB9 broches femelle  
Côté PC

TXD Br2	←→	Br2 RX
RXD Br3	←→	Br3 TXD
GND Br5	←→	Br5 GND
/RTS Br8	←→	Br8 /CTS

Ph. MARIE  
CI. CHAUSSARD



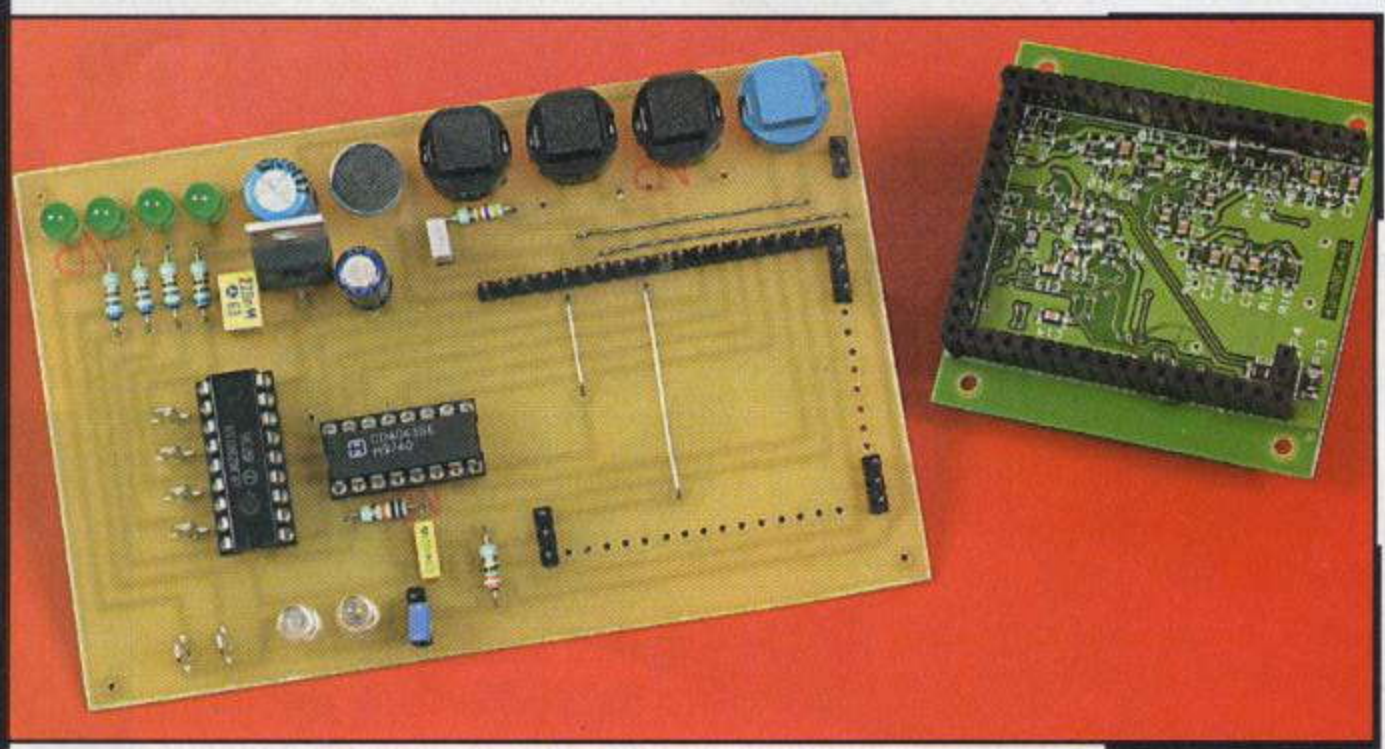
*Il y a environ un an, nous vous proposons, dans les colonnes d'Électronique Pratique, de réaliser un système de reconnaissance vocale pour robots basé sur le module Voice Direct 364. Pour performant qu'il fut, ce montage présentait cependant quelques lacunes dont la principale était que le module Voice Direct était incapable de rester en permanence en attente de reconnaissance et qu'il fallait donc, à chaque fois, initier celle-ci à la main.*

Ce module ayant beaucoup évolué sur ce plan, mais aussi par l'ajout de nouvelles fonctions très intéressantes dans le cadre d'une application robotique, nous vous proposons de découvrir une version entièrement refondue de ce montage. Malgré un prix de revient raisonnable, ses capacités de reconnaissance vocale sont étonnantes et son utilisation pour commander un robot "à la voix" ne relève pas du gadget, malgré son aspect inévitablement ludique, mais bien d'une application des plus sérieuses.

de l'apprentissage et de la reconnaissance sont programmables chacune sur deux niveaux afin de proposer le meilleur compromis entre une reconnaissance très stricte, mais qui rejette alors facilement les mots s'ils ne sont pas prononcés exactement comme lors de l'apprentissage, et une reconnaissance plus souple, mais qui risque alors de confondre des mots aux sonorités proches.

### SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma complet vous est présenté **FIGURE 1** et peut difficilement être plus simple. Cette simplicité, dont vous bénéficiez au niveau de la réalisation, est due au haut niveau d'intégration du module Voice Direct dont vous pouvez, par curiosité, prendre connaissance du schéma dans la notice avec laquelle il vous est fourni.



### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Notre montage s'alimente sous une tension non stabilisée de 9 à 12V sur laquelle il consomme une centaine de mA environ. Dans la version proposée ici, il peut reconnaître 8 mots, 1 mot commun, dit de validation, suivi de 8 mots, ou bien encore 3 mots de validation différents suivis chacun de 5 mots. Il commande en conséquence quatre sorties qui fonctionnent en mode bascule. C'est à dire, par exemple, que la sortie S1 pourra être mise au niveau haut en prononçant "marche" (ou tout autre mot à votre convenance) et être mise au niveau bas en prononçant "arrêt", et ainsi de suite. Ces sorties sont à collecteur ouvert pouvant commuter jusqu'à 50V sous des courants de 500mA. Leur état est également visualisé par des LED permettant ainsi de savoir, à distance, si elles ont bien réagi aux ordres envoyés, ce qui est très utile en phase de mise au point d'un robot. La commande de toutes les fonctions du montage, à savoir l'apprentissage et la reconnaissance des mots dans les différents modes proposés, est réalisée par 4 poussoirs directement implantés sur le circuit imprimé. Enfin, la qualité, ou plus exactement la sévérité

Ce module, repéré M1, admet directement en entrée les signaux provenant d'un micro à électret, pour lequel il fournit même l'alimentation nécessaire, qu'il soit à 2 ou à 3 fils (2 dans le cas de notre figure). De même, il commande directement un haut-parleur miniature grâce auquel, comme nous le verrons lors de la présentation du mode d'emploi, il communique avec l'utilisateur car, non content de reconnaître les voix, ce module sait aussi parler ! Les poussoirs P1 à P4 servent à sélectionner les différents modes de fonctionnement du module et se voient attribuer les fonctions suivantes :

- P1 est le poussoir de reset, en principe inutile car celui-ci est automatique à la mise sous tension. L'expérience nous a cependant montré qu'il était parfois nécessaire d'y faire appel...
- P2 est le poussoir d'apprentissage des mots en mode "un seul mot" ou d'apprentissage des mots suivants dans les autres modes utilisant un mot de validation.
- P3 est le poussoir de reconnaissance. Il doit être actionné pour chaque reconnaissance demandée en mode "un seul mot" et fonctionne de ce fait comme sur l'ancien module. Par contre, il ne doit être actionné qu'une fois et place le circuit en mode reconnaissance permanente dans les modes utilisant un ou plusieurs mots de validation.



- P<sub>4</sub>, enfin, est le poussoir d'apprentissage des mots de validation.

Les straps ST<sub>1</sub> et ST<sub>2</sub>, quant à eux, permettent de sélectionner l'un des deux modes de fonctionnement faisant appel aux mots de validation, tandis que ST<sub>3</sub> autorise ce mode de fonctionnement lorsqu'il est en place ou met le circuit en mode "un seul mot" lorsqu'il est enlevé. Nous verrons tout cela plus en détail lors de la présentation du mode d'emploi de note montage.

L'alimentation est confiée à un régulateur intégré trois pattes, très classique, car le module doit être alimenté sous une tension stabilisée de 5V.

Les sorties de commande, qui sont activées lors d'une reconnaissance réussie, sont disponibles sur 2-12 à 2-19 du module Voice Direct.

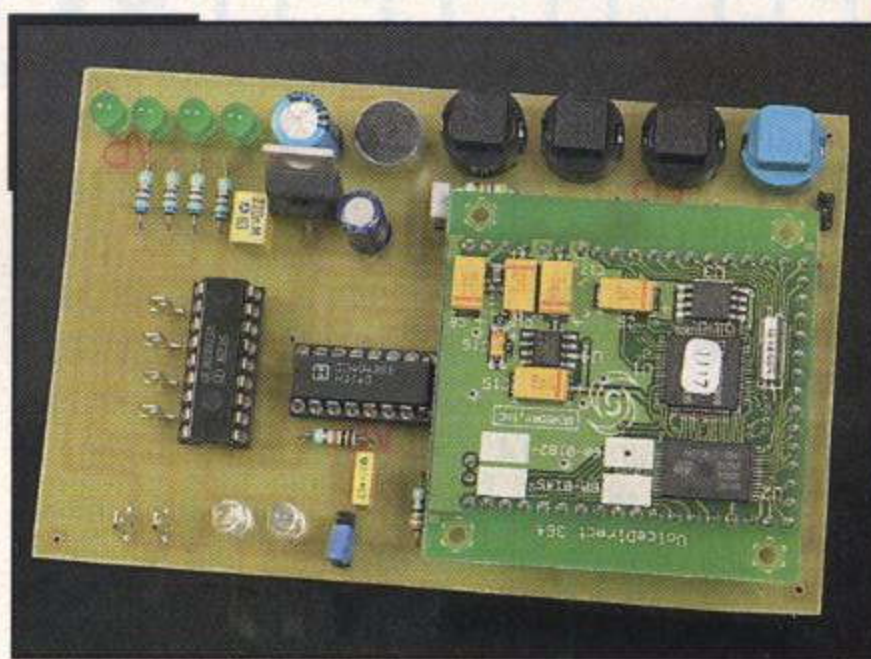
Malheureusement, outre le fait qu'elles soient à des niveaux TTL, elles sont disponibles sous forme d'impulsions d'une durée approximative d'une seconde et ne sont donc pas utilisables directement. Nous avons donc décidé de les grouper deux par deux et de les appliquer aux entrées R et S d'une quadruple bascule R-S intégrée IC<sub>1</sub>. De ce fait, la sortie Q de chaque bascule change d'état lorsque l'une ou l'autre des entrées correspondantes génère une impulsion. On dispose donc bien

ainsi de la fonction bascule marche/arrêt décrite en introduction.

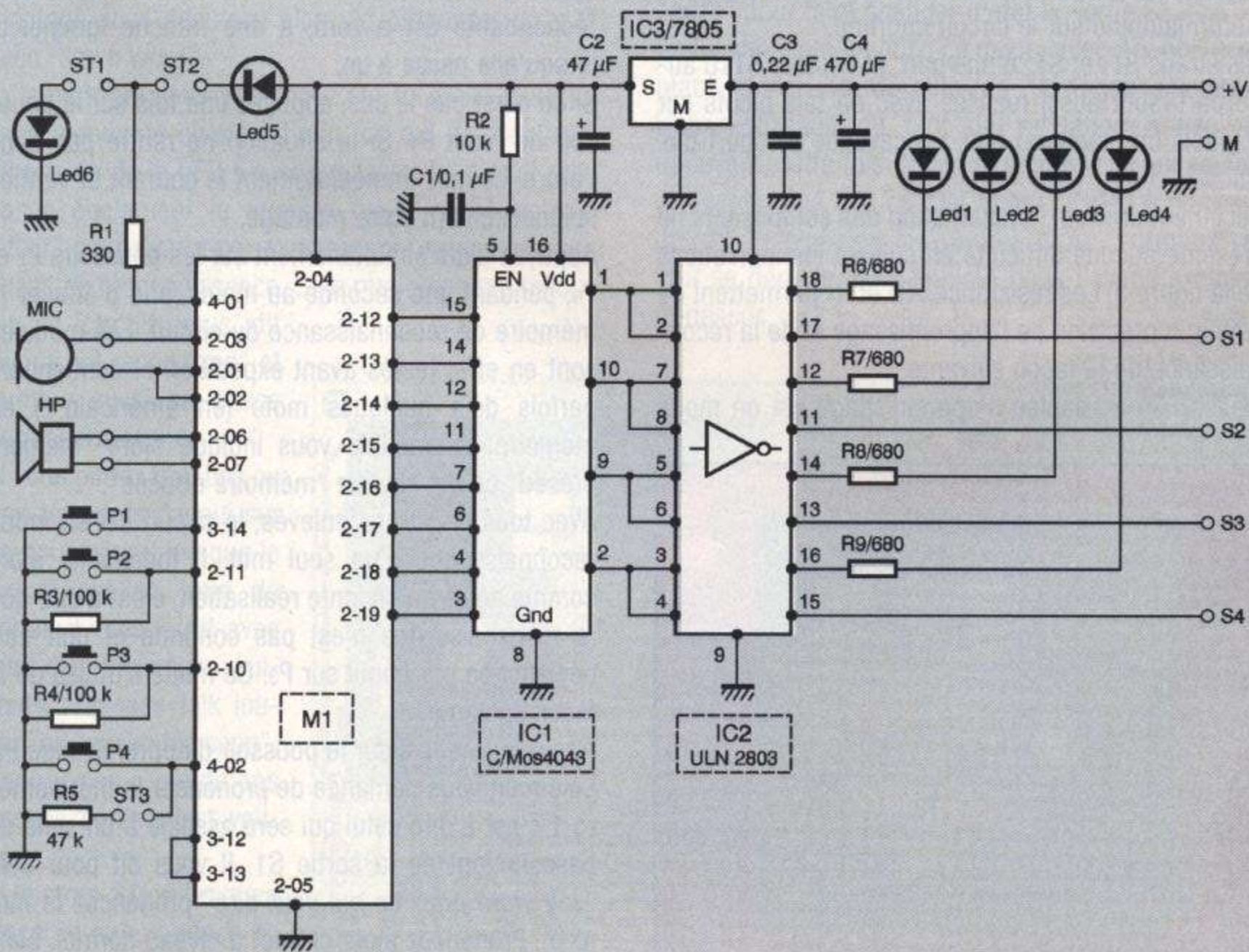
Ces sorties, qui sont toujours à des niveaux TTL ou CMOS, sont ensuite appliquées à un classique ULN2803.

Ce circuit contient huit Darlington de moyenne puissance à collecteurs ouverts, capables de commuter jusqu'à 500mA sous 50V, soit plus qu'il nous faut. Quatre d'entre eux sont accessibles sur S1 à S4 pour l'usage que vous voudrez en faire dans le robot, telle que la commande de relais ou de moteurs par exemple.

Les quatre autres commandent les LED 1 à 4 qui



**Assemblage des deux modules**



**FIGURE 1**  
**Schéma complet de notre montage**



indiquent l'état des sorties correspondantes (LED<sub>1</sub> pour la sortie S1 et ainsi de suite).

## RÉALISATION

Hormis pour ce qui est du module de reconnaissance vocale qui n'est disponible pour l'instant que chez LEXTRONIC et SELECTRONIC, tous les autres composants sont des classiques qui ne posent aucun problème d'approvisionnement.

Le tracé du circuit imprimé que nous avons dessiné pour ce montage vous est proposé en **FIGURE 2** et l'implantation des composants en **FIGURE 3**. Selon les poussoirs que vous utiliserez pour P<sub>1</sub> à P<sub>4</sub>, il pourra peut-être s'avérer nécessaire de le retoucher à ce niveau, les tailles et les brochages de ces derniers variant beaucoup d'une marque à une autre.

Les connecteurs destinés à recevoir le module de reconnaissance sont réalisés avec des picots mâles/mâles au pas de 2,54mm à section ronde ou carrée. Ils sont habituellement vendus en bandes à couper à la longueur désirée sous la dénomination de connecteurs HE14. La nomenclature indique le nombre total théorique de points nécessaires mais il n'est pas utile de monter les picots tout autour du module, même si notre dessin de circuit imprimé le supporte. En effet, il suffit qu'il y ait des picots sur les rangées où l'on utilise les connexions et dans les angles pour que le module Voice Direct soit parfaitement maintenu sur le circuit imprimé.

Les straps ST<sub>1</sub> et ST<sub>2</sub> d'une part, et le strap ST<sub>3</sub> d'autre part, sont aussi réalisés avec de tels picots sur lesquels on place, ou non, un cavalier de court-circuit.

Ceci étant précisé, l'implantation des composants ne présente aucune difficulté en suivant les indications de la figure 3. Les résistances R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> permettent de définir la précision de l'apprentissage et de la reconnaissance de la façon suivante :

- avec R<sub>3</sub> non câblée, l'apprentissage est en mode

facile. Le circuit tolère des écarts de prononciation pour le même mot,

- avec R<sub>3</sub> câblée, le circuit est plus strict et les deux prononciations successives du même mot doivent être très proches. En contrepartie, la reconnaissance ultérieure sera moins sujette à confusion entre mots aux sonorités similaires,

- avec R<sub>4</sub> non câblée, le circuit est en mode reconnaissance tolérante. Il reconnaît plus facilement les mots mais peut alors confondre les mots aux sonorités proches,

- avec R<sub>4</sub> câblée, le circuit est en mode reconnaissance stricte. Il reconnaît seulement les mots prononcés exactement comme lors de la phase d'apprentissage mais, en contrepartie, cela peut le conduire à rejeter des mots qu'il a pourtant appris.

La meilleure solution consiste à essayer les quatre configurations possibles

## ESSAIS ET UTILISATION

Ne mettez en place aucun strap pour le moment et reliez le montage à une source de tension comprise entre 9 et 12V. Après un court instant, un bip doit être émis par le haut-parleur et les LED 1 à 4 doivent se trouver dans un état quelconque. Notez, à ce propos que, compte tenu du schéma utilisé, ces LED ne sont jamais complètement éteintes mais passent d'un état très faiblement lumineux lorsque la sortie correspondante est à zéro, à une franche luminosité lorsqu'elle passe à un.

Si ce n'est pas le cas, appuyez une fois sur le poussoir de reset P<sub>1</sub>. Si la situation ne rentre pas dans l'ordre, coupez immédiatement le courant et vérifiez soigneusement votre montage.

Appuyez alors simultanément sur les poussoirs P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub>, pendant une seconde au moins, afin d'effacer la mémoire de reconnaissance du circuit. Les modules sont en effet testés avant expédition et contiennent parfois déjà quelques mots (en américain !) en mémoire. Le module vous indique alors "memory erased" ce qui signifie "mémoire effacée".

Avec tous les straps enlevés, le circuit est en mode reconnaissance d'un seul mot. Il fonctionne alors comme notre précédente réalisation, c'est à dire que la reconnaissance n'est pas continue et doit être déclenchée par appui sur P<sub>3</sub>. Ce mode s'utilise de la façon suivante.

Appuyez une fois sur le poussoir d'apprentissage P<sub>2</sub>. Le circuit vous demande de prononcer le mot numéro 1 c'est à dire celui qui sera associé à un sens de basculement de la sortie S1. Il vous dit pour cela "say word one" ce qui veut dire "prononcez le mot n°1". Prononcez alors ce mot à niveau normal, sans

Le VOICE DIRECT 364  
dernière version





prendre d'accent particulier et en parlant à une vingtaine de centimètres du micro environ. Le circuit vous demande ensuite de répéter ce même mot lorsqu'il vous dit "repeat". Lorsque c'est fait, le circuit indique qu'il a accepté le mot en vous disant "accepted" ou qu'il l'a refusé parce que, par exemple, votre prononciation a trop varié d'une fois à l'autre. Il vous dit alors "training error" et recommence le cycle d'apprentissage de ce mot au début.

Une fois ce mot appris correctement, le circuit passe au mot suivant avec "say word two" et ainsi de suite jusqu'à quinze puisque le module sait, en fait, reconnaître quinze mots même si nous n'exploitons, ici, que huit sorties. Vous pouvez évidemment arrêter la phase d'apprentissage à n'importe quel stade en ne répondant pas à la demande de prononciation d'un mot ou en appuyant un court instant sur l'un des poussoirs apprentissage (P<sub>2</sub>) ou reconnaissance (P<sub>3</sub>). Pour lancer la phase de reconnaissance, il suffit d'appuyer une fois sur le poussoir du même nom (P<sub>3</sub>). Le montage vous demande alors de prononcer un mot avec "say a word".

Si le mot que vous prononcez est reconnu, la sortie correspondante change d'état, ce qui est confirmé au moyen de la LED correspondante. Le circuit prononce également le numéro de la sortie activée ("four" pour quatre par exemple) et termine ainsi sa phase de reconnaissance. Si le mot n'est pas reconnu, le circuit vous dit "word not recognized" et termine aussi sa phase de reconnaissance.

Si vous parlez trop bas ou trop tôt après l'appui sur un poussoir ou lorsque le circuit est en train de parler, il vous le dit avec l'un des messages suivants : "please talk louder" ou "spoke too soon". Dans ces conditions aucune sortie n'est validée.

Si le strap ST<sub>3</sub> est mis en place, le circuit passe en mode de reconnaissance

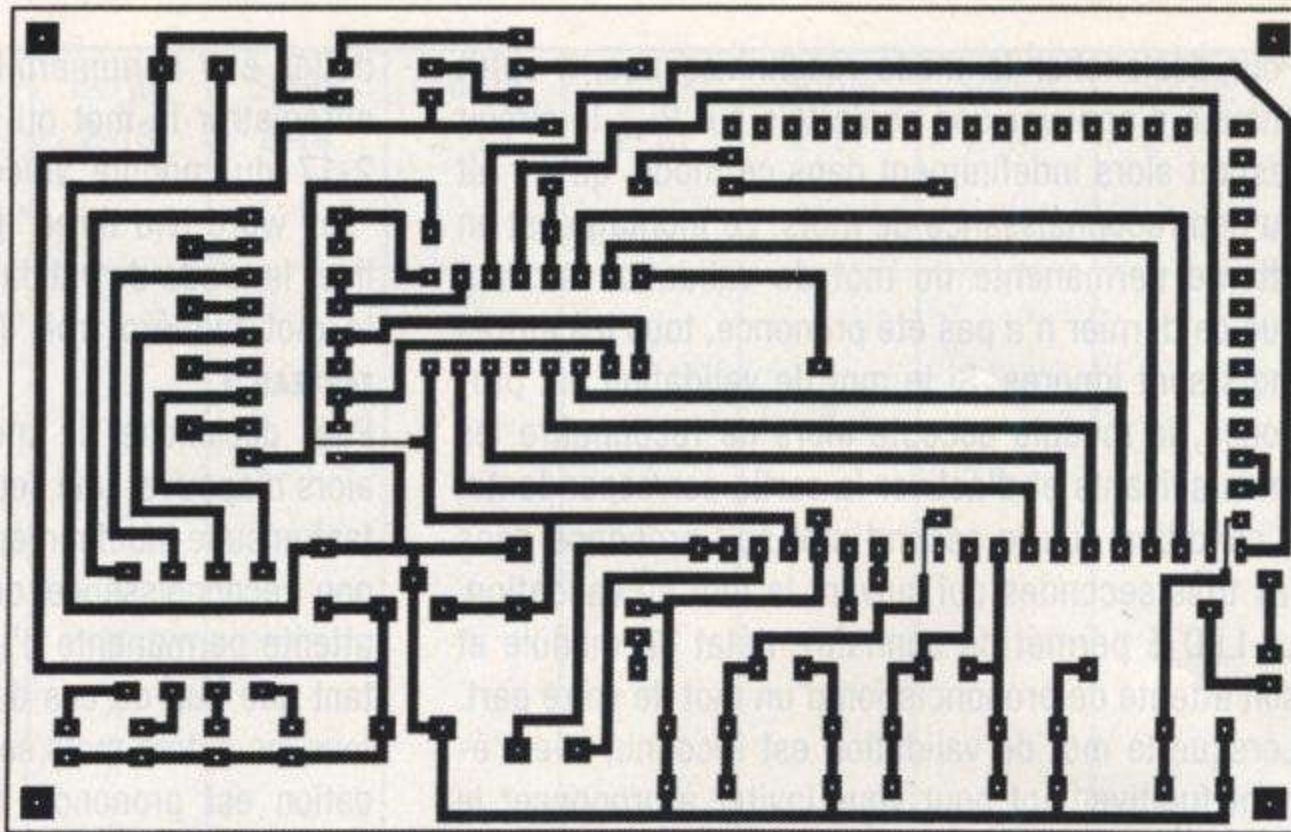


FIGURE 2

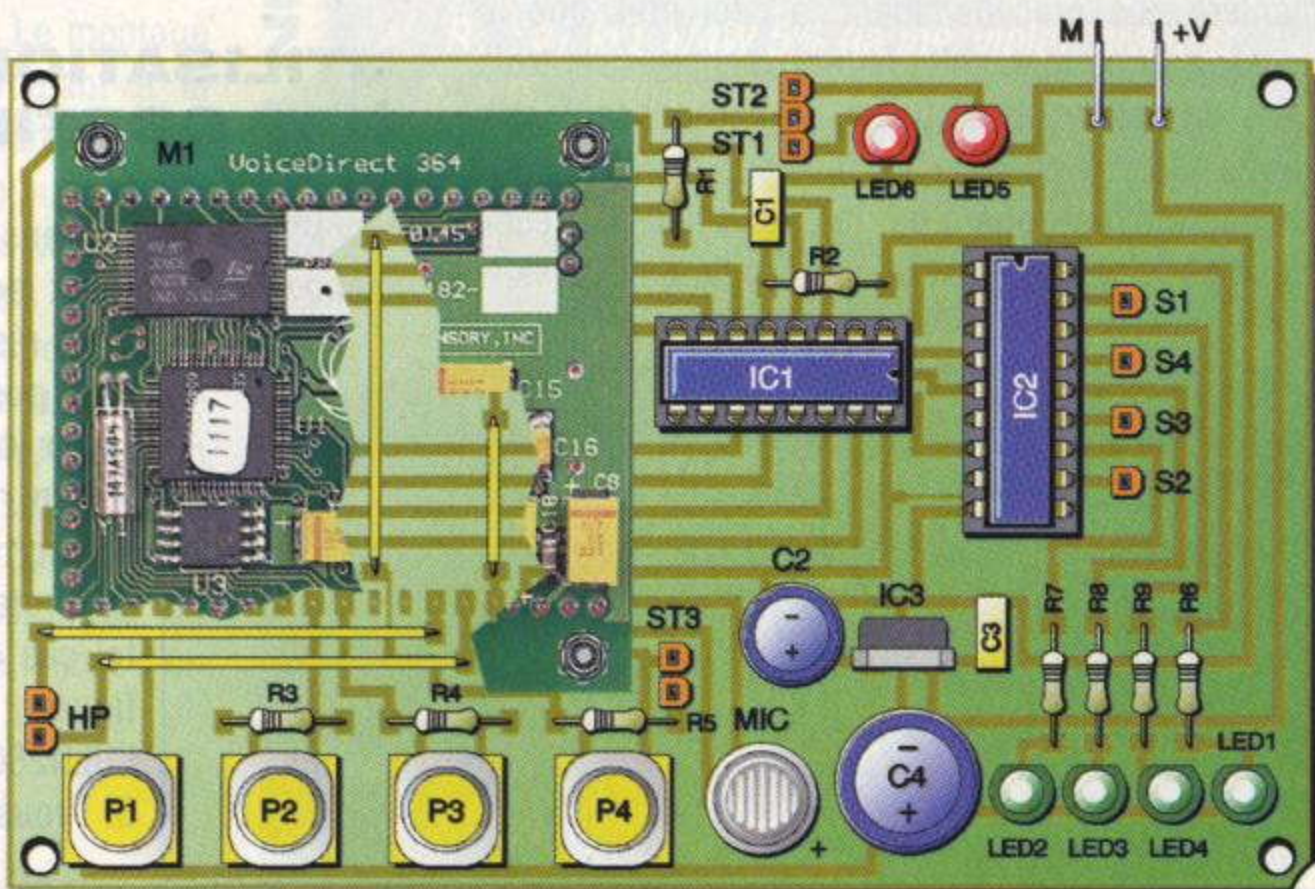
Circuit imprimé, vu côté cuivre

de plusieurs mots. Il peut alors fonctionner de deux façons différentes selon celui des straps ST<sub>1</sub> ou ST<sub>2</sub> qui sera mis en place. Le mode le plus intéressant est celui obtenu avec ST<sub>2</sub> en place. Dans ce mode, le circuit doit en effet reconnaître un mot dit de validation avant de pouvoir reconnaître les suivants ; suivants qui sont alors affectés chacun à une sortie respective comme dans le mode "un seul mot". On peut ainsi apprendre "robot" comme mot de validation puis, par exemple, "marche" comme mot numéro 1 et "arrêt" comme mot numéro 2. Il faudra alors prononcer "robot" puis "marche" ou "robot" puis "arrêt" pour faire changer d'état la sortie S<sub>1</sub>.

Le fonctionnement dans ce mode, avec ST<sub>2</sub> et ST<sub>3</sub> en place donc, se déroule de la façon suivante. L'apprentissage du mot de validation a lieu en appuyant, cette fois-ci, sur le poussoir P<sub>4</sub> qui ne sert qu'à cela. Une fois ce mot appris, il faut à nouveau utiliser P<sub>2</sub> pour les huit autres mots "normaux" et tout se déroule alors comme nous l'avons expliqué ci-dessus.

FIGURE 3

Implantation des composants





Pour déclencher le mode reconnaissance, il suffit ensuite d'appuyer une seule fois sur P<sub>3</sub> ; le circuit restant alors indéfiniment dans ce mode, qu'il y ait ou non reconnaissance de mots. Le montage est en attente permanente du mot de validation et, tant que ce dernier n'a pas été prononcé, tous les autres mots sont ignorés. Si le mot de validation est prononcé, le module accepte alors de reconnaître les mots suivants et d'activer la sortie correspondante, à condition que le second mot soit prononcé dans les trois secondes qui suivent le mot de validation. La LED 5 permet de connaître l'état du module et son attente de prononciation d'un mot de votre part. Lorsque le mot de validation est reconnu, elle s'éteint fugitivement pour vous inviter à prononcer le mot suivant.

Ceci permet le pilotage des sorties logiques du module à la voix, sans nécessiter d'action manuelle sur un poussoir, tout en conservant une excellente sécurité de fonctionnement grâce à l'obligation de prononcer deux mots consécutifs pour activer une sortie.

Le dernier mode disponible, obtenu avec ST<sub>3</sub> et ST<sub>1</sub> en place, permet de disposer de trois mots de validation différents mais n'autorise plus ensuite que l'activation de cinq sorties du module Voice Direct dans l'ordre un peu particulier présenté tableau 1. Ce mode est donc assez peu intéressant dans le cas de notre montage en raison de la présence de nos bascules R-S de sortie. Nous présentons cependant rapidement son mode d'utilisation pour ceux d'entre-vous qui souhaiteraient utiliser ce module différemment de ce que nous avons fait. Si vous souhaitez plus de détails à son sujet, nous vous invitons à consulter le site Internet de l'auteur à l'adresse [www.tavernier-c.com](http://www.tavernier-c.com) où il est décrit plus en détail.

L'apprentissage des mots se déroule de la même manière que précédemment, à ceci près que le poussoir P<sub>4</sub> permet, cette fois-ci, d'enregistrer trois mots de validation distincts. L'apprentissage des autres mots ayant lieu ensuite par appui sur P<sub>2</sub>. Chaque mot est repéré par le circuit sous la dénomination "X Y" où X est le numéro du mot de vali-

dation et Y le numéro du mot de sortie. Ainsi, pour enregistrer le mot qui activera les sorties 2-13 et 2-17 du module Voice Direct, celui-ci vous dira "say word two three" puisqu'il faut, pour cela, utiliser le mode de validation numéro deux (two) avec le mot numéro trois (three) comme le montre le

### TABLEAU 1.

Pour déclencher le mode reconnaissance, il suffit alors d'appuyer une seule fois sur P<sub>3</sub> ; le circuit restant ensuite indéfiniment dans ce mode, qu'il y ait ou non reconnaissance de mots. Le montage est en attente permanente d'un des mots de validation et, tant que l'un de ces derniers n'a pas été prononcé, tous les autres mots sont ignorés. Si un mot de validation est prononcé, le module accepte alors de reconnaître les mots suivants et d'activer les sorties correspondantes à condition que le second mot soit prononcé dans les trois secondes qui suivent le mot de validation. La LED 6 permet de connaître l'état du module et son attente de prononciation d'un mot de votre part. Lorsqu'un mot de validation est reconnu, elle s'éteint fugitivement pour vous inviter à prononcer les mots suivants.

Notez que si un des mots de validation est prononcé sans qu'aucun autre mot ne soit préalablement enregistré, la sortie correspondant au mot de validation prononcé (2-12 pour le mot de validation n°1, 2-13 pour le n°2 et 2-14 pour le n°3) est alors activée.

Dans tous les modes de fonctionnement, les mots appris par le circuit sont mémorisés dans une EEPROM interne et sont donc conservés indéfiniment, même en cas de coupure d'alimentation de longue durée. Il est impossible de les effacer individuellement mais, comme nous l'avons vu au début de ce mode d'emploi, ils peuvent être tous effacés d'un coup en appuyant simultanément sur P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub> pendant au moins une seconde.

## UTILISATION DES SORTIES

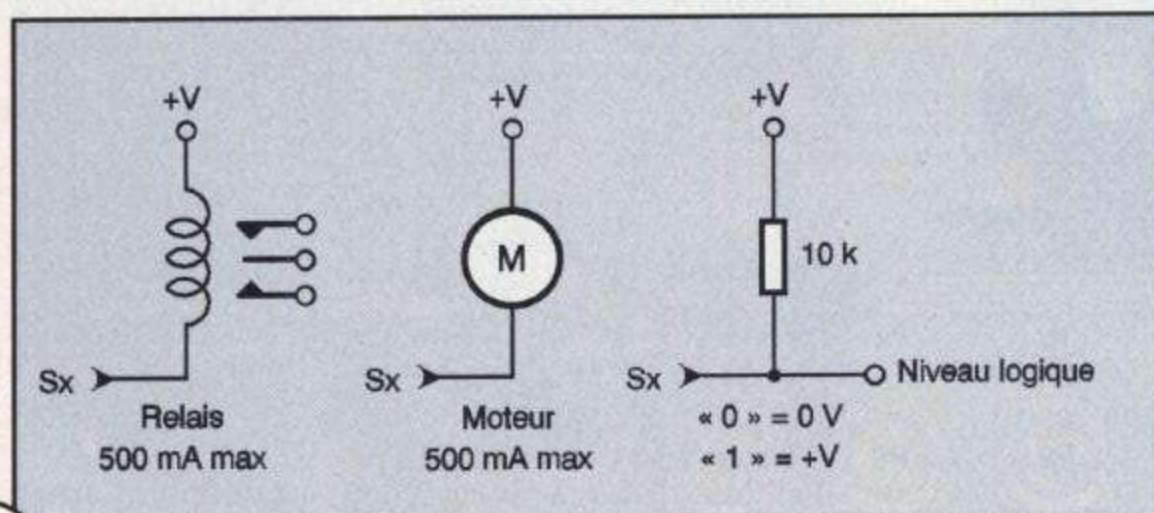
L'ULN2803, utilisé dans notre montage, peut commander directement des moteurs ou des relais

sous réserve de ne pas dépasser ses possibilités maximums. La **FIGURE 4** montre comment connecter un relais ou un moteur à une des sorties de l'ULN2803. La diode de protection nécessaire dans un tel cas n'a pas été oubliée sur la figure ; elle est intégrée dans l'ULN2803.

Si vous souhaitez disposer de

**FIGURE 4**

Les différentes utilisations des sorties de notre montage





Mot de Validation	Mot suivant	Sortie 2-12	Sortie 2-13	Sortie 2-14	Sortie 2-15	Sortie 2-16	Sortie 2-17	Sortie 2-18	Sortie 2-19
Valid 1	Mot 1	X			X				
Valid 1	Mot 2	X				X			
Valid 1	Mot 3	X					X		
Valid 1	Mot 4	X						X	
Valid 1	Mot 5	X							X
Valid 2	Mot 1		X		X				
Valid 2	Mot 2		X			X			
Valid 2	Mot 3		X				X		
Valid 2	Mot 4		X					X	
Valid 2	Mot 5		X						X
Valid 3	Mot 1			X	X				
Valid 3	Mot 2			X		X			
Valid 3	Mot 3			X			X		
Valid 3	Mot 4			X				X	
Valid 3	Mot 5			X					X

**TABLEAU 1**  
Comportement des sorties du module Voice Direct lors de l'utilisation de trois mots de validation

niveaux logiques sur les sorties S1 à S4 plutôt que de réaliser de la commande de puissance, il suffit de relier ces sorties par une résistance de 10 kΩ au positif de l'alimentation du module comme indiqué.

Attention ! Le niveau logique haut ainsi généré sera +V et non +5V ; tenez en compte si nécessaire en fonction de la circuiterie qui sera amenée à l'utiliser.

**CONCLUSION**

Cette nouvelle mouture du circuit Voice Direct 364 permet de réaliser une commande vocale pour robot réellement opérationnelle et utilisable. Le montage présenté aujourd'hui se voulant à la portée de tous, nous avons fait suivre ce module d'une circuiterie logique simple, qui ne permet pas toujours d'exploiter toutes ses possibilités, mais qui vous dispense de toute programmation de microcontrôleur ou autre circuit logique programmable. Nous verrons, lors d'un prochain article, la réalisation d'un montage beaucoup plus performant, exploitant toutes les possibilités du module Voice Direct grâce à l'ajout d'un petit microcontrôleur.

**NOMENCLATURE**

M1 : Voice Direct 364 dernière version (depuis automne 2000) (LEXTRONIC ou SELECTRONIC)

IC1 : 4043 CMOS

IC2 : ULN2803

IC3 : 7805 (régulateur +5V/1A, boîtier TO220)

LED1 à LED4 : LED jaunes ou vertes

LED5, LED6 : LED rouges

R1 : 330 Ω 1/4W 5% (orange, orange, marron)

R2 : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)

R3, R4 : 100 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, jaune)

R5 : 47 kΩ 1/4W 5% (jaune, violet, orange)

R6 à R9 : 680 Ω 1/4W 5% (bleu, gris, marron)

C1 : 0,1 µF Mylar

C2 : 47 µF/15V chimique radial

C3 : 0,22 µF Mylar

C4 : 470 µF/25V chimique radial

MIC : micro à électret 2 fils

HP : haut-parleur miniature 8 Ω ou plus

P1 à P4 : poussoirs à implanter sur CI, 1 contact travail, par ex. modèle D6 carrés de ITT

1 support de C.I. 16 pattes

1 support de C.I. 18 pattes

Barrettes à souder mâles/mâles au pas de 2,54mm (HE14) : 58 points de contact en tout



*Ce montage, de réalisation simple, permet de faire varier, à l'aide de deux touches, la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu. Un afficheur indique le pourcentage d'énergie restitué au moteur sur une plage de 1 à 99% avec un rendement maximal. La réalisation d'un circuit électronique passe, dans bien des cas, par la fabrication d'un circuit imprimé supportant les différents composants. Une mini perceuse électrique, accompagnée de quelques forets, permet d'exécuter rapidement la série de trous par lesquels seront engagés les beaux composants nouvellement acquis. La vitesse de rotation de l'outil devra être adaptée au diamètre du trou à percer. Sans la moindre précaution, un démarrage à vitesse maximale risque de provoquer une sortie de piste de la mèche qui finira sa course dans la verdure de l'époxy.*

Le principe de modulation de largeur d'impulsion, ici retenu, permet de minimiser les pertes dans l'étage de commutation. Cette technique de travail, bien connue dans l'industrie pour des puissances considérables, se prête à merveille au pilotage par une électronique numérique. Pour sortir des sentiers battus et éviter les méthodes classiques mettant en œuvre un multivibrateur astable dont on fait varier la largeur du créneau de sortie, il est fait appel à un microcontrôleur 89C2051 spécialement programmé à cet effet. La souplesse et la puissance de ce circuit permettent d'ajouter une fonction d'affichage du rapport cyclique du signal de sortie ainsi que quelques petites options d'agréments.



## FONCTIONNEMENT (FIGURE 1)

Le microcontrôleur U<sub>1</sub> perçoit les actions de l'utilisateur par les boutons poussoirs BP<sub>1</sub> ou BP<sub>2</sub>. Lors de l'appui sur une de ces touches, un état bas '0' apparaît sur les entrées P3.4 et P3.5. La structure interne d'un port de 8051 (nom générique de cette famille) comporte un transistor qui impose un état logique haut '1' sur la broche de port quand cette dernière est configurée en entrée. Attention, concernant cette remarque, les ports P1.0 et P1.1 ne comportent pas ces 'résistances' de rappel à l'état haut. Cette exception à la règle tient du fait que ces deux broches sont reliées à un comparateur analogique nécessitant une forte impédance d'entrée. La sortie du comparateur est reliée à la broche de port P3.6. Les lecteurs attentifs ont sans doute remarqué l'absence de cette

broche débouchant vers le monde extérieur. N'essayez donc pas de percer le boîtier de votre 2051 dans l'espoir d'accéder à cette connexion virtuelle. Le port P1 est utilisé dans sa totalité pour piloter les segments de l'afficheur. Un état logique bas '0' sur une des sorties provoque l'allumage du segment associé. Une affectation judicieuse des états bas sur le port permet de reconstituer les caractères '0' à '9' nécessaires à l'affichage.

Dans le logiciel, un tableau de dix valeurs retranscrit ce fait. Au moment du routage des pistes, le tableau a aussi servi à réorganiser la distribution des pistes. L'examen du schéma révèle que les deux afficheurs sont câblés en parallèle. Comment est-il possible

de générer deux caractères distincts sur des afficheurs câblés en parallèle ?

Deux transistors, commandés par les signaux CDE\_DIZAIN et CDE\_UNITE, mettent alternativement en service l'un des afficheurs. La persistance rétinienne de l'œil vient au secours du procédé, les afficheurs paraissent à notre cerveau bien allu-

més, sans scintillement perceptible. Cette méthode, appelée multiplexage, permet une réduction du nombre de connexions à établir avec le microcontrôleur ainsi qu'une diminution de la consommation électrique des afficheurs.

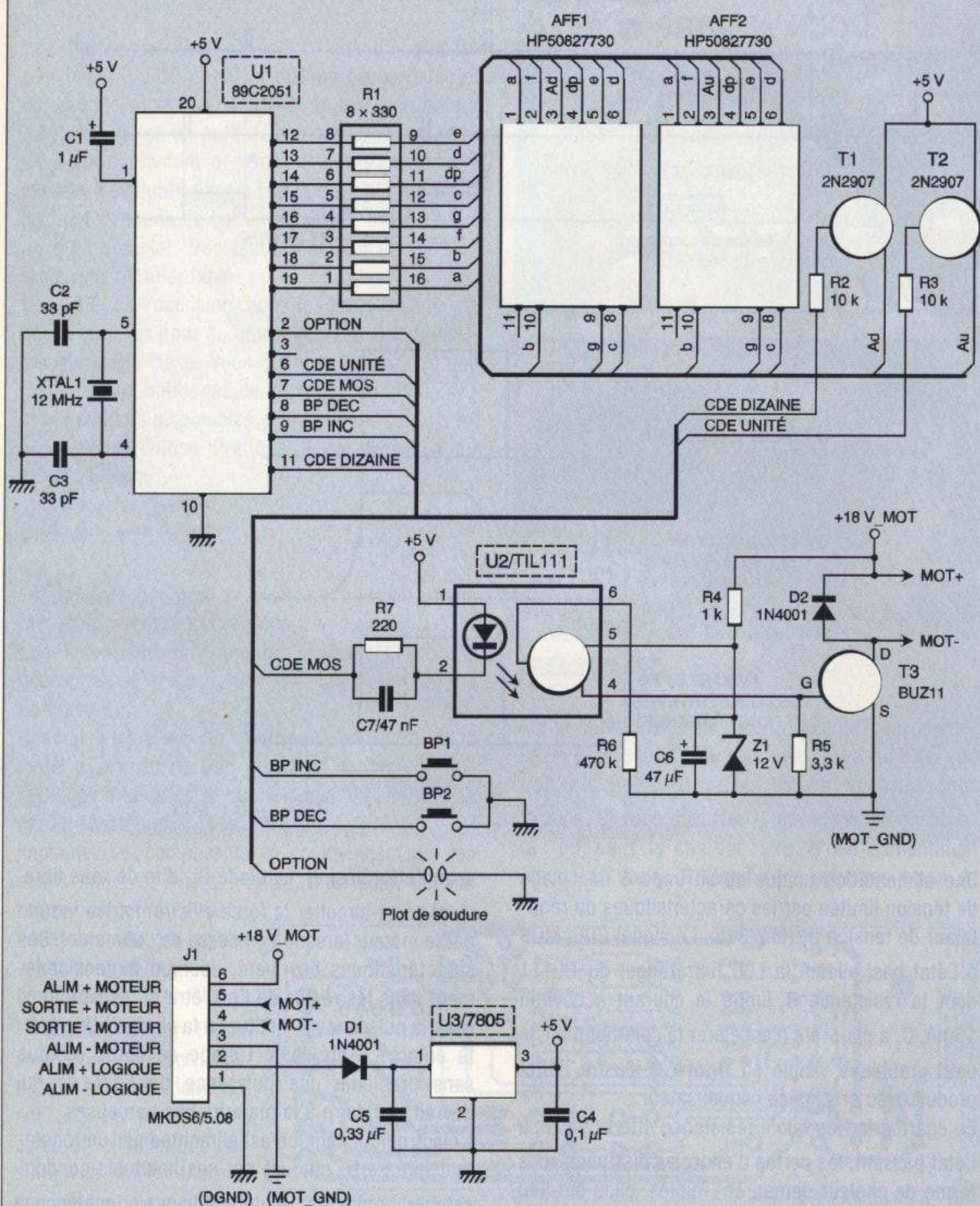
La réduction de consommation n'est pas ici un facteur déterminant, quoi que de plus en plus d'actualité, mais les bonnes habitudes ne doivent pas se perdre !

La modulation apparaît sur la broche P3.3 (CDE\_MOS). Ce signal est généré par programmation à l'aide de deux timers. Le premier génère, à intervalles réguliers, une interruption. Lorsque survient cette interruption, trois tâches élémentaires sont accomplies :

- mise en conduction du transistor MOS-FET de sortie,
- lancement du deuxième timer,
- basculement de situation entre l'afficheur allumé et celui éteint.



**FIGURE 1**  
Schéma de principe.



Le deuxième timer génère une interruption synchronisée avec la première qui a pour but de mettre fin à la conduction du MOS-FET. Plus l'événement est proche de l'interruption qui a mis en conduction le transistor et plus le temps de conduction est court, donc plus l'énergie restituée au moteur est faible. La **FIGURE 2** illustre la chronologie liant les événements.

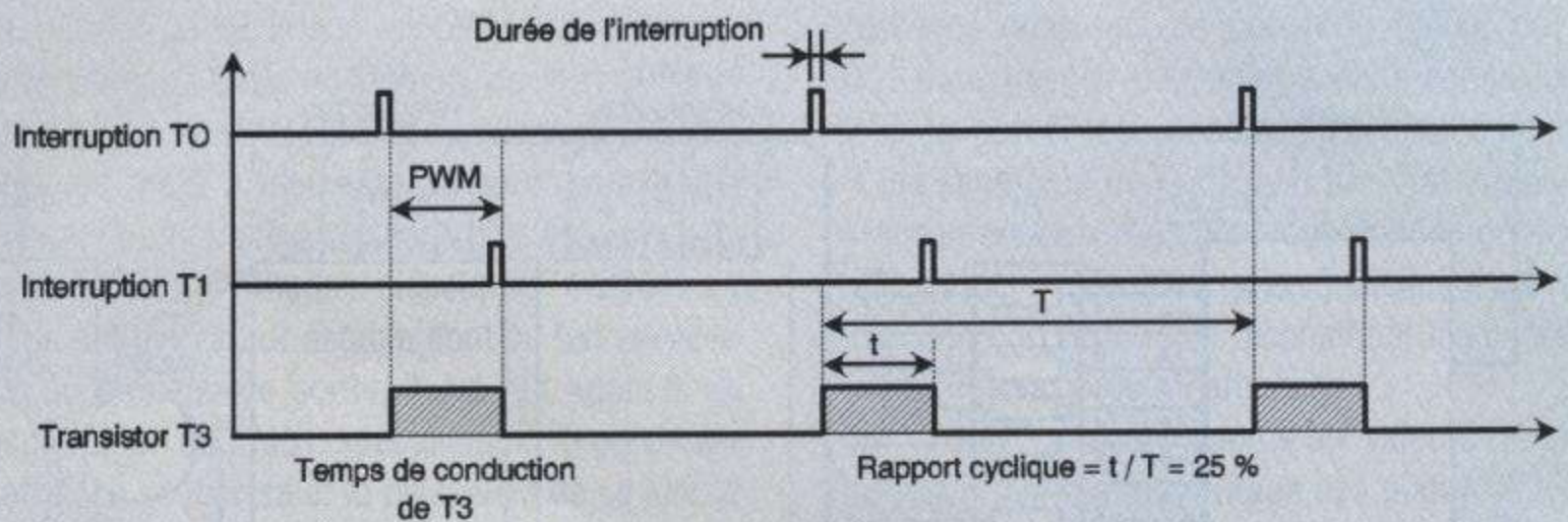
L'étage de puissance de sortie est articulé autour de T<sub>3</sub>, U<sub>2</sub>, Z<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>/C<sub>7</sub> et R<sub>4</sub> à R<sub>7</sub>.

L'optocoupleur U<sub>2</sub> isole la partie puissance de la partie microcontrôleur. Cette disposition offre la possibilité, même si elle n'est pas retenue pour votre usage, de séparer les deux alimentations.



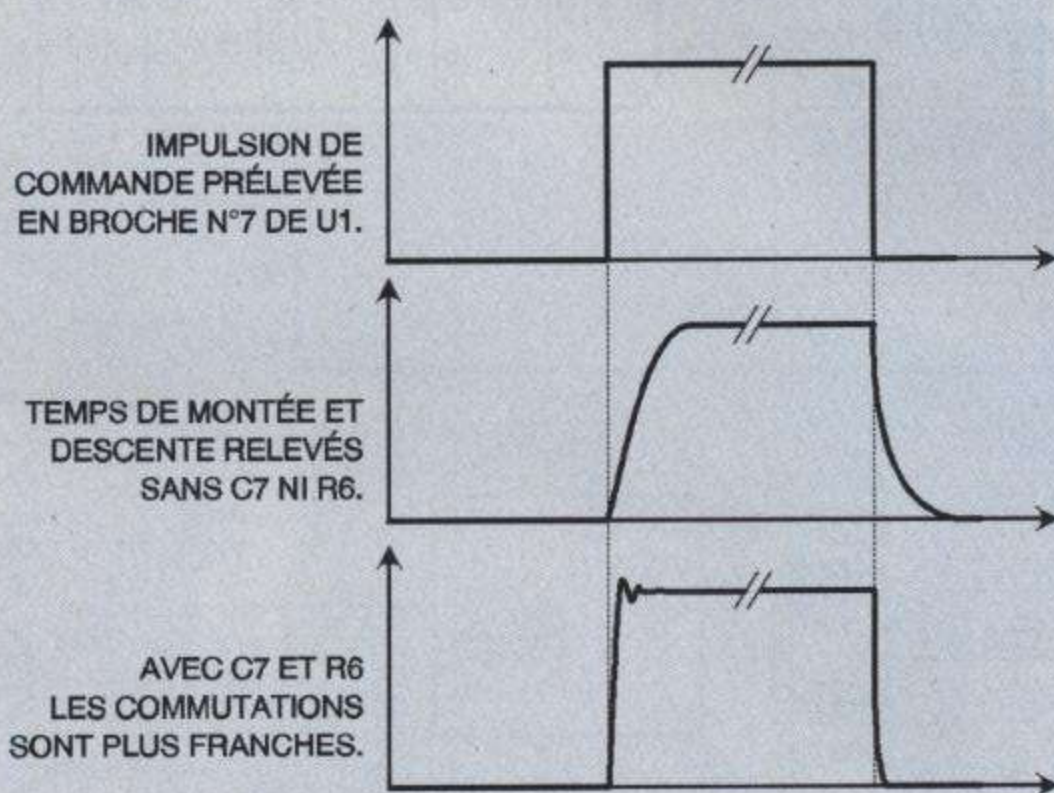
# RÉALISATIONS

## VARIATEUR



**FIGURE 2**

Diagrammes.



**FIGURE 3**

Illustration de l'effet produit.

Une alimentation unique aurait imposé une plage de tension limitée par les caractéristiques du régulateur de tension  $U_3$  (LM7805). Le signal CDE\_MOS à l'état bas, allume la LED (infrarouge) du TIL111 dont la résistance  $R_7$  limite le courant à environ 15mA.  $C_7$  a pour rôle d'accélérer la commutation, le petit graphique visible en **figure 3** illustre l'effet produit avec et sans ce condensateur.

Eu égard à la très faible résistance offerte par  $T_3$  à l'état passant, les pertes d'énergies dissipées sous forme de chaleur demeurent faibles, elles ont lieu principalement lors des commutations. On a tout intérêt à diminuer la durée de ces événements qui se reproduisent très souvent.  $R_4$ ,  $Z_1$  et  $C_6$  constituent une source de tension de 12V tirée de la tension d'alimentation du moteur et servira à la commande du transistor MOS-FET  $T_3$ . Le transistor de l'optocoupleur est utilisé en commutation. Ce dernier voit sa base connectée à la masse par une résistance de forte valeur,  $R_6$ , dans le but d'accélérer l'arrêt de conduction (la figure 2 illustre à nou-

veau l'effet désiré). La diode  $D_2$ , dite de roue libre, vient court-circuiter la force électromotrice induite par le moteur lorsque l'on cesse de l'alimenter. Ses caractéristiques devraient, pour un dimensionnement dans les règles de l'art, être en concordance avec la puissance à restituer à la charge ! Une petite entorse a été faite. L'étage de sortie restitue sans problème une puissance de 50W, ce qui devrait satisfaire à la majorité des perceuses.

L'électronique logique est alimentée par un régulateur intégré  $U_3$  entouré par ses habituels condensateurs. La diode  $D_1$  évite une inversion malencontreuse de la polarité de l'alimentation, toujours rageante quand on la commet. Une petite option dans le fonctionnement a été retenue :

A la mise sous tension, le module affiche et restitue 50% de l'énergie à la perceuse. En déposant une goutte de soudure sur les plots reliés à la broche P3.0 (OPTION), le variateur s'initialisera avec la valeur 10%, de plus, la fréquence de découpage passera de 500 Hz à 250 Hz. Cette disposition sera plus particulièrement adaptée aux moteurs de





taille imposante (plus grande inertie) qui généralement présentent une inductance propre plus élevée.

Le programme source est écrit à l'aide du compilateur basic BASCOM 8051 distribué par la jeune et dynamique société OPTIMINFO (unique distributeur français). Faites un petit détour par le site Internet [www.optiminfo.com](http://www.optiminfo.com) et vous reviendrez avec une version d'évaluation mais tout à fait apte à compiler le programme de cette réalisation. BASCOM est un outil complet, très facile d'emploi et, de surcroît, plus qu'abordable.

Nous aurons l'occasion, dans les mois à venir, de nous retrouver pour de nouvelles réalisations écrites sur cette base. Vous trouverez, pour ne pas manquer aux habitudes de la revue, tous les outils et les sources disponibles gratuitement sur le serveur d'Électronique Pratique [www.eprat.com](http://www.eprat.com) ou sur le CD Rom.

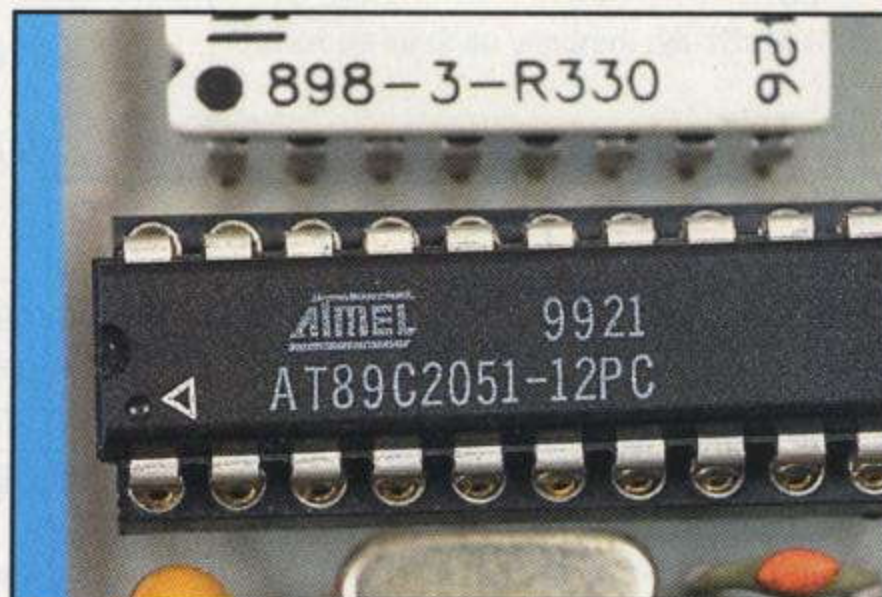
## RÉALISATION

Commencez par graver le circuit imprimé simple face dont le tracé est reproduit en **FIGURES 4** et **5**. Les pistes sont suffisamment larges pour ne pas nécessiter de soins particuliers lors du processus de gravure.

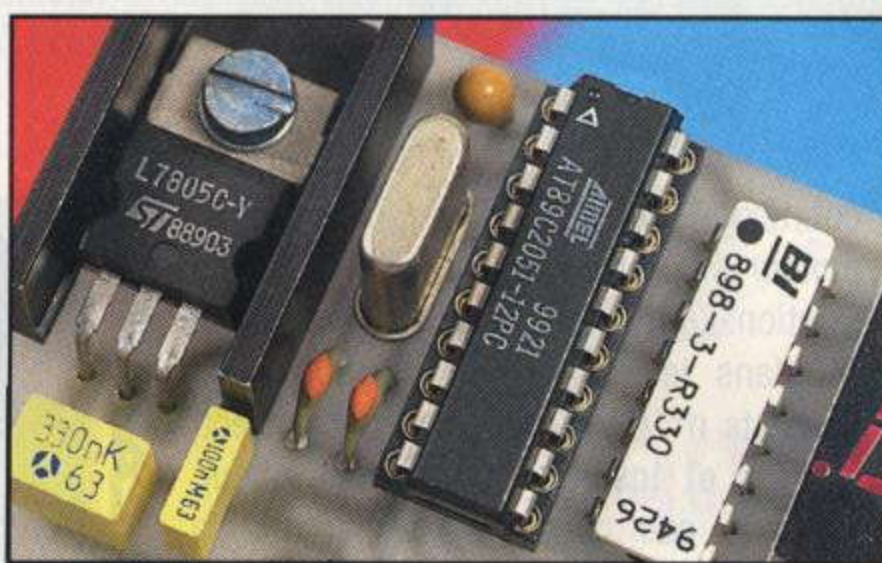
Chacun emploiera sa méthode favorite. En la matière, il y aurait trop à dire... En finalité, nettoyez la carte de sorte que la phase de soudure se déroule au mieux.

Implantez les composants en commençant par les moins hauts et moins fragiles, d'un point de vue thermique et électrostatique, pour finir par les plus volumineux et fragiles.

Le régulateur de tension  $U_3$  (7805) en boîtier T0220 sera allongé sur son dissipateur et fermement fixé par une vis M3X10 avec écrou et rondelle. Une noisette de pâte thermoconductrice, récupérée sur le bout d'un tournevis, sera intercalée entre le dissipateur et la semelle du régulateur. Le transistor de puissance  $T_3$  est fixé à même la carte, sans dissipateur. La puissance qu'il aura à dissiper reste faible dans tous les cas.



Le cœur du montage, le microcontrôleur ATMEL.



Le quartz 12MHz et le régulateur équipé de son dissipateur.

## ESSAIS

Vérifiez, une dernière fois, la polarité des composants pour ceux qui en ont une, avant qu'il ne soit trop tard. Retirez  $U_1$  de son support et mettez sous tension. Si vous disposez d'une alimentation séparée ou, dans le cas contraire, d'une alimentation unique, la **FIGURE 6** résume les schémas types de

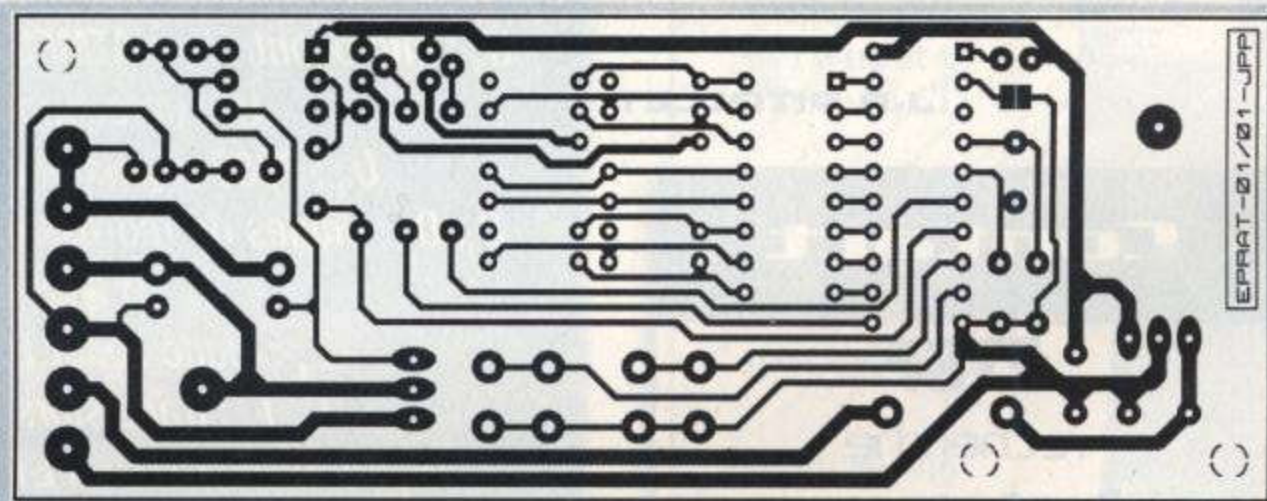


FIGURE 4

Tracé du circuit imprimé

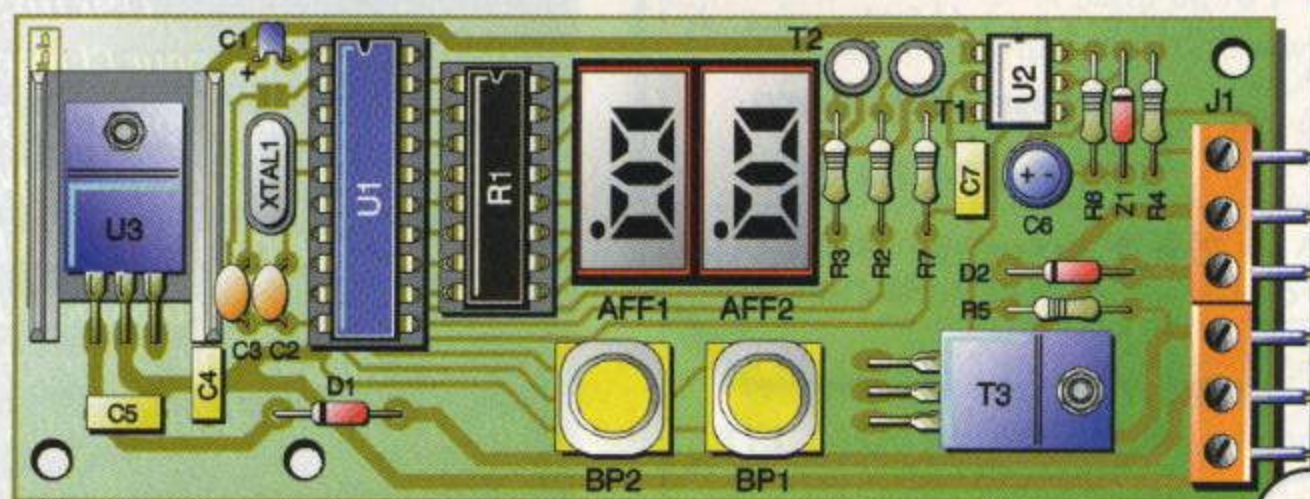


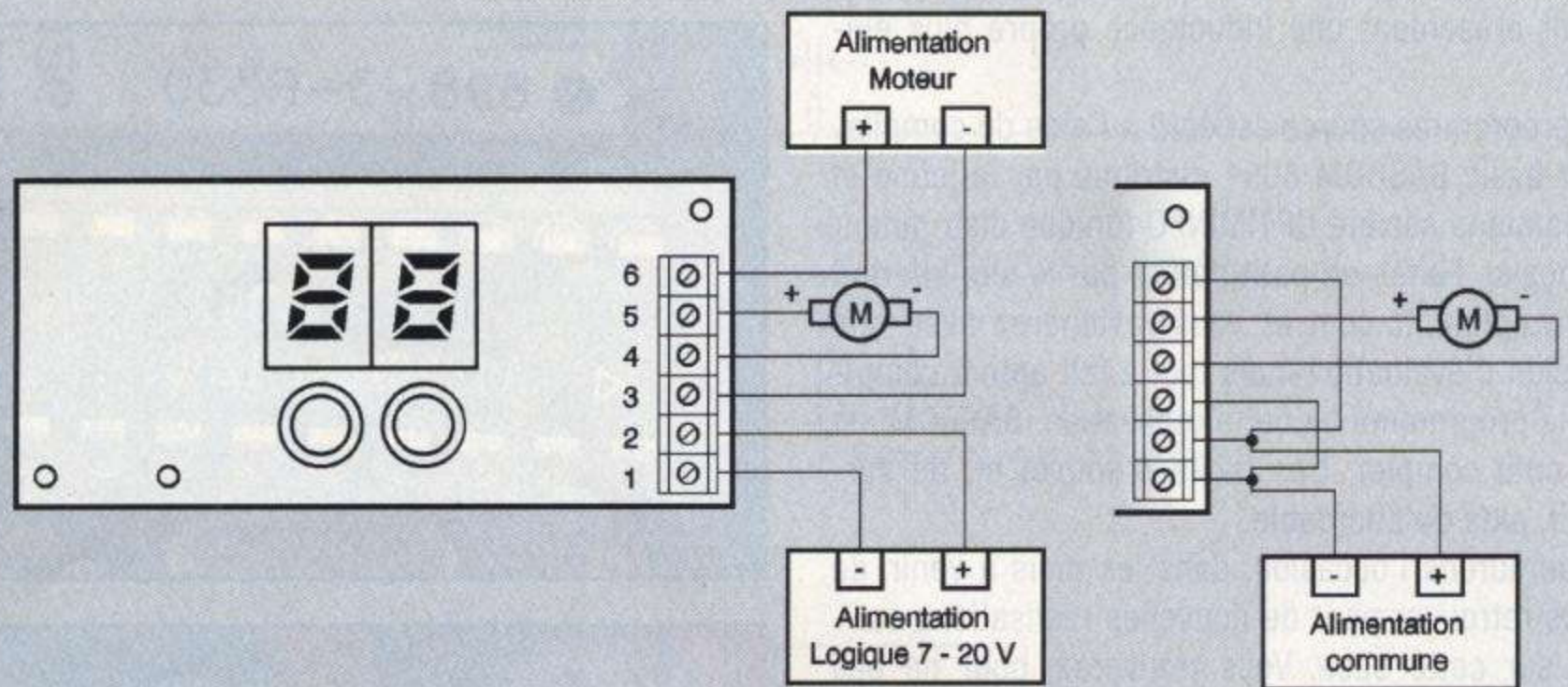
FIGURE 5

Implantation des éléments



# RÉALISATIONS

## VARIATEUR



**FIGURE 6**

Raccordements au module suivant le type d'alimentation.

connexion. Mettez sous tension, le moteur électrique ne doit pas entrer en rotation. Vérifiez la présence de la tension 5V dans le support du 89C2051 aux contacts n°10 et 20, si tout est correct, coupez et insérez le microcontrôleur. Dans le cas contraire, recherchez la panne. A la mise sous tension, le moteur prend l'allure indiquée par l'afficheur. Une action sur les touches '+' ou '-' fait réagir l'affichage dans le sens pressenti. Le moteur semble obéir au pour cent près à la consigne affichée. A ce stade, votre montage fonctionne totalement, félicitations !

J-P PITOLLET

### Contact

### ETSF

recherche

### Auteurs

écrire ou téléphoner à

**Bernard Fighiera**

**01 44 84 84 65**

**2 à 12 rue de Bellevue  
75019 Paris**

### NOMENCLATURE

$R_1$  : réseau DIL de 8 résistances isolées BECKMAN 330  $\Omega$  (type 898)

$R_2, R_3$  : 10 k $\Omega$  1/4W (SFR 25 Philips...)

$R_4$  : 1 k $\Omega$  1/4W (SFR 25 Philips...)

$R_5$  : 3,3 k $\Omega$  1/4W (SFR 25 Philips...)

$R_6$  : 470 k $\Omega$  1/4W (SFR 25 Philips...)

$R_7$  : 220  $\Omega$  1/4W (SFR 25 Philips...)

$C_1$  : 1 hF/35V Tantale Goutte

$C_2, C_3$  : 33 pF céramique type C681/630

$C_4$  : 0,1 hF condensateur type milfeuillet LCC polyester métallisé...

$C_5$  : 0,33 hF condensateur type milfeuillet LCC polyester métallisé...

$C_6$  : 47 hF/25V chimique radial

$C_7$  : 47 nF condensateur type milfeuillet LCC polyester métallisé...

$U_1$  : microcontrôleur ATMEL 89C2051-12PC ou 24PC

$U_2$  : optocoupleur TIL111

$U_3$  : 7805 régulateur 5V boîtier T0220

$D_1, D_2$  : diodes de redressement 1N4001 à 1N4007, BYW98-200...

$Z_1$  : diode zéner BZX55C12 (12V)

$T_1, T_2$  : transistors PNP 2N2907...

$T_3$  : transistor MOS-FET canal N type BUZ11

$AFF_1, AFF_2$  : afficheurs Anode Commune HP5082-7730 (19x10x5mm)

$BP_1, BP_2$  : touches pour CI type D6 ronde couleur au choix

$J_1$  : bornier droit pour CI à 6 plots (ou 2x3) au pas de 5,08 mm (MKDS6/5.08)

$XTAL_1$  : quartz 12 MHz boîtier HC45U ou bas profil  
Dissipateur ML26

Support DIL 20 broches contacts tulipe  
vis M3x10, rondelles, écrous, pâte spéciale dissipation thermique



*Les petits robots font appel à une multitude d'actionneurs dont les moteurs pas à pas font partie. Généralement, on souhaite rendre le robot "intelligent" pour qu'il assure seul la gestion de ses mouvements. Mais pour réaliser des actions complexes, il est certainement plus simple (et plus ludique) de faire appel à une télécommande. C'est le but du montage que nous vous proposons dans ces pages. A l'aide de cette télécommande HF vous pourrez commander deux moteurs pas à pas bipolaires de faible ou moyenne puissance.*

Un certain nombre de contraintes ont dicté naturellement l'architecture du montage que nous vous proposons ici. La première contrainte que nous avons souhaité prendre en compte concerne la limitation des pertes d'énergie à cause de la consommation de l'électronique de commande embarquée dans le robot. En effet, il est préférable que l'énergie de la batterie du robot serve à alimenter les moteurs plutôt qu'à chauffer la carte électronique. Ensuite, nous avons souhaité réaliser un montage relativement compact, tout en conservant un routage en simple face. Tout ceci nous a conduit à choisir des composants intégrés pour la commande de puissance des moteurs et pour la liaison HF.

retenus pour ce montage.

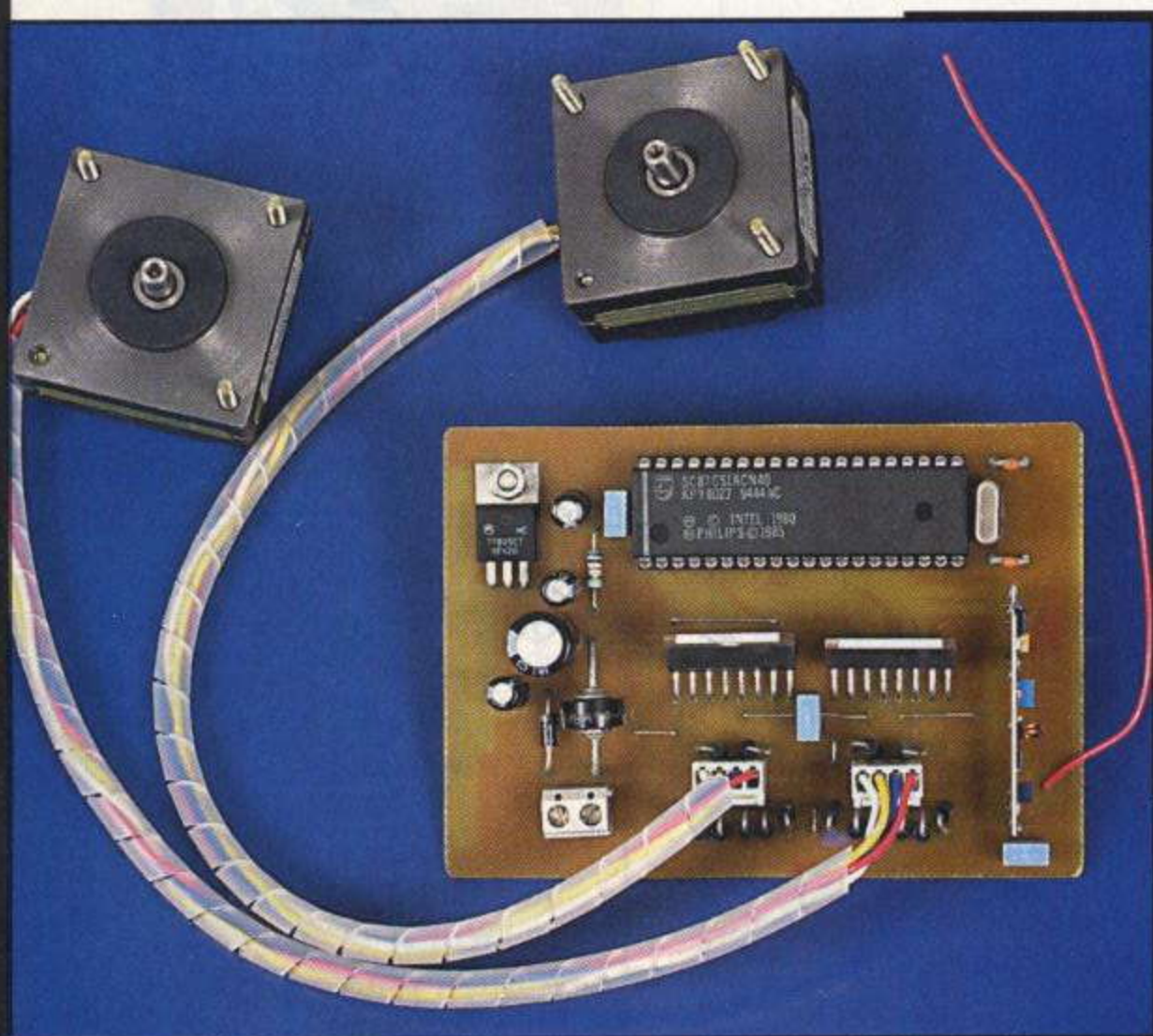
Pour ne pas augmenter inutilement le prix de revient de ce montage, nous avons fait appel à des modules HF d'entrée de gamme. Pour la fonction à réaliser, ils sont bien adaptés, mais ils ne peuvent guère transmettre des signaux de plus de 3 kHz. Pour faciliter le travail de décodage du récepteur, l'idéal est de produire des signaux de fréquence totalement différente selon l'état des boutons poussoirs. Ceci doit être réalisé tout en maintenant une fréquence inférieure à 3 kHz sans pour autant descendre dans des fréquences trop basses, afin de ne pas trop retarder la réaction du système face aux actions de l'utilisateur. Si l'on tient compte de la tolérance des différents

composants mis en œuvre autour de  $U_1$ , on s'aperçoit rapidement que toutes ces contraintes sont contradictoires et qu'il faut trouver un compromis.

Pour assurer correctement les temps de réaction que nous avons fixés pour ce montage, il a fallu imposer le choix des condensateurs avec une tolérance de  $\pm 10\%$ . Ce choix reste encore raisonnable et évite le risque que la télécommande confonde les ordres demandés par l'utilisateur. Dans la pratique, les condensateurs habituels (qui ont une tolérance de  $\pm 20\%$ ) ne sont pas tous aux extrêmes de leur tolérance, de sorte que le pire cas issu des calculs a peu de chance de se ren-

contrer. La conclusion de tout cela est très simple : si vous souhaitez utiliser vos fonds de tiroir, vous pouvez utiliser des condensateurs à  $\pm 20\%$ . Puis, si vous vous apercevez que le récepteur rencontre des difficultés pour reconnaître les ordres, il faudra penser à remplacer les condensateurs par des modèles à  $\pm 10\%$ .

L'émetteur a été conçu pour être alimenté à partir d'une petite pile de 9V. La diode  $D_1$  protège l'émetteur contre les inversions de polarité qui surviennent fréquemment à cause de la connectique associée à ce type de pile. Sans la diode de protection, le temps que l'on comprend que la pile ne se présente pas dans le bon sens, on peut griller des composants sur le montage (tel que le module HF). Avouez que ce serait dommage !



## SCHÉMA

Les schémas de notre montage sont reproduits en FIGURES 1 et 2. La télécommande apparaît en figure 1, où l'on peut découvrir la simplicité du principe retenu. Mais comme nous le verrons plus loin, cette simplicité a des conséquences sur le récepteur. Le principe de codage retenu est très simple : L'oscillateur astable constitué autour de  $U_1$  produit un signal dont la durée à l'état bas dépend des actions sur les boutons poussoirs  $BP_3$  et  $BP_4$ , tandis que le rapport cyclique dépend des actions entreprises sur les boutons poussoirs  $BP_1$  et  $BP_2$ . La seule difficulté rencontrée vient de la bande passante réduite des modules de transmission HF



# NDE RS PAS À PAS

RÉALISATIONS

PAS À PAS

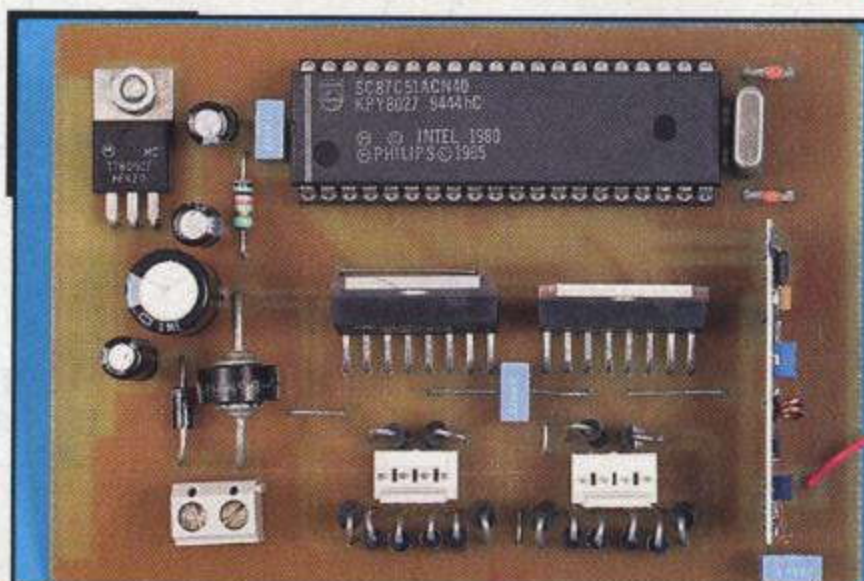
L'inconvénient principal de cette télécommande, telle que nous l'avons conçue, c'est qu'elle doit émettre en permanence les ordres, même lorsque les boutons poussoirs sont au repos. Ceci est nécessaire afin que le récepteur n'interprète pas des perturbations HF intempestives comme des ordres valides. Du coup la consommation moyenne de l'émetteur se situe autour de 20mA. Ceci signifie qu'une pile alcaline de 9V n'assurera l'autonomie de notre télécommande que pour une durée de fonctionnement continu de 10 à 15 h. Pour un usage ludique, cela reste malgré tout acceptable. Prévoyez quand même de placer un interrupteur en série avec la pile, lorsque vous installerez l'émetteur dans un boîtier. Notez qu'une mise en boîtier de la télécommande est fortement recommandée car le simple fait de toucher les pistes avec les doigts suffit à décaler la fréquence de travail de l'oscillateur  $U_1$ , ce qui provoque des commandes intempestives et erronées.

Le schéma du récepteur apparaît en figure 2. Comme vous pouvez le constater sur ce schéma, les travaux de décodage ont été confiés à un microcontrôleur. En effet, en raison de la dispersion des caractéristiques temporelles des signaux produits par la télécommande, il aurait été nécessaire de prévoir des réglages multiples pour le récepteur. Ceci nous aurait conduit à un schéma bien plus complexe. Ajoutez à cela qu'il aurait fallu utiliser des circuits spécialisés supplémentaires pour générer la commande des phases des moteurs pas à pas, et vous comprendrez tout de suite quels avantages procure une solution à base de microcontrôleur. Initialement, nous souhaitions utiliser un petit microcontrôleur 87C750 de la famille 8051 pour conserver un montage le plus compact possible. Mais en raison de déboires avec un émulateur de cette famille de composants, l'auteur a préféré revenir à un bon vieux 87C51 (ce qu'il l'a tout de même obligé à concevoir et réaliser un nouveau circuit imprimé). Finalement la taille du circuit n'a pas beaucoup augmenté et le montage présente encore des dimensions raisonnables.

Ce petit microcontrôleur ne possède pas beaucoup d'espace mémoire pour le programme, aussi nous avons été obligés de limiter les fonctions de ce module. Malgré tout, nous avons pu implémenter une stratégie qui limite la commande intempestive des moteurs et qui limite la consommation globale du montage en désactivant la commande des moteurs

après 5 secondes d'inactivités (les moteurs ne restent pas en couple bloqué).

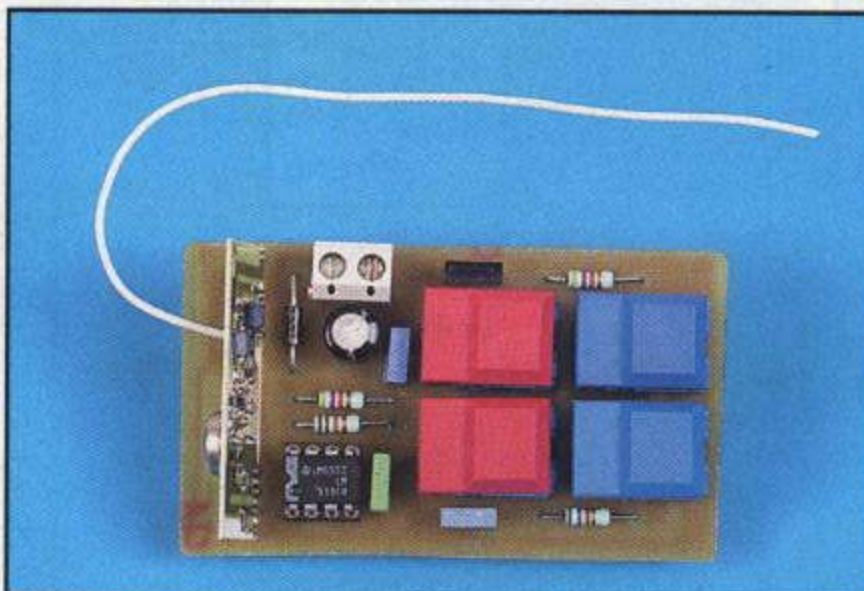
Les lecteurs qui souhaiteraient modifier le comportement du logiciel pourront retoucher les fichiers sources qui accompagnent ce montage (pour que les moteurs restent en couple bloqué à la fin des dépla-



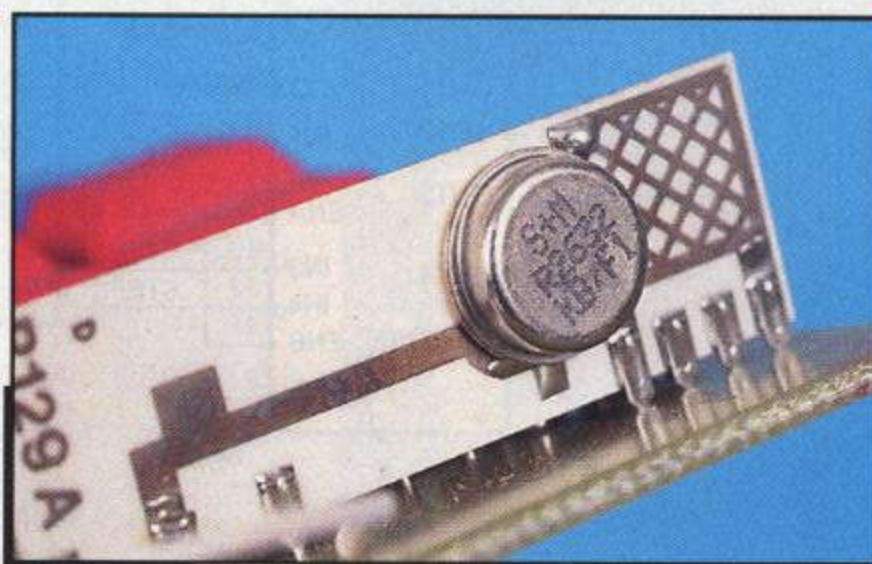
Aspect de module récepteur.



La diode de puissance MR751.



Présentation de l'émetteur.



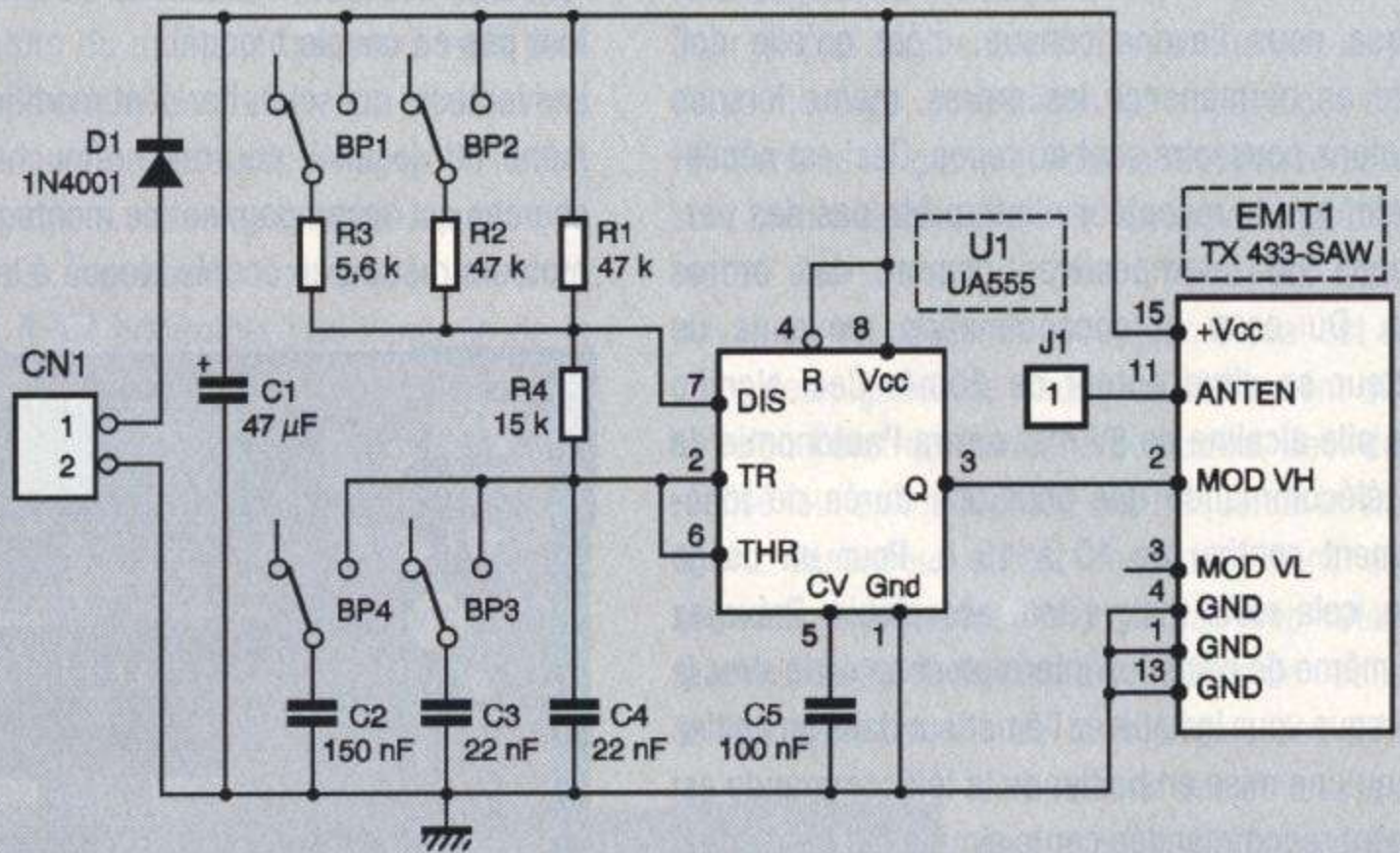
utilisation du module émetteur HF TX433-SAW.



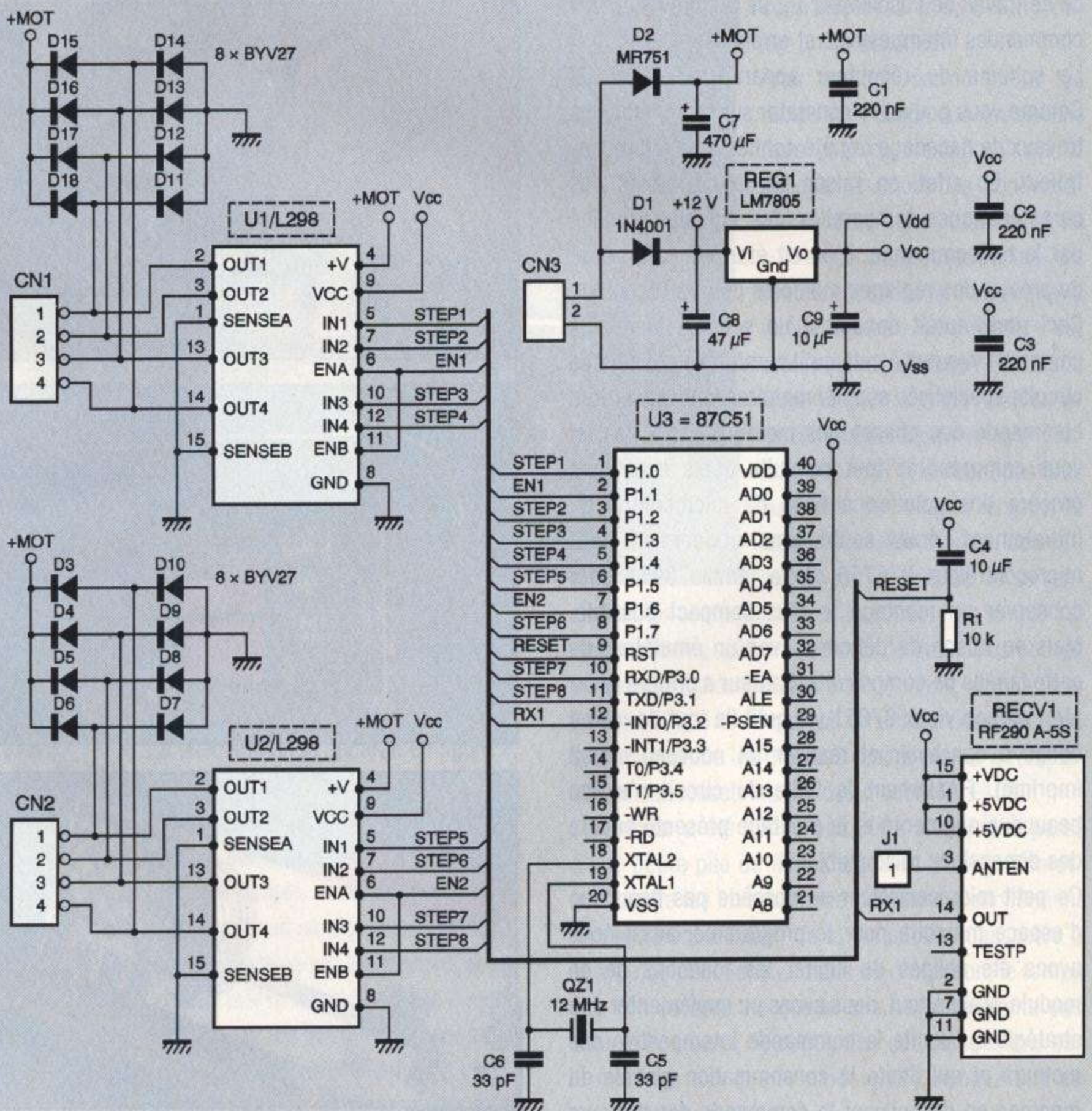
# RÉALISATIONS

## PAS À PAS

**FIGURE 1**  
Schéma de principe de la télécommande.



**FIGURE 2**  
Schéma de principe du récepteur.





cements, par exemple). Les lecteurs intéressés pourront compiler le fichier source du programme à l'aide du compilateur Keil qui est disponible en version de démonstration sur le site Internet à l'adresse <http://www.keil.com>. La taille du code généré pour notre programme est largement en dessous des limitations de la version de démonstration du compilateur, ce qui est une véritable aubaine pour ceux qui souhaitent développer des applications autour du 8051 (et à plus forte raison pour le 87C750).

Le signal reçu par le module HF (RECV<sub>1</sub>) pilote directement le signal d'interruption INTO du microcontrôleur, mais finalement les fonctions de cette interruption ne sont pas mises à profit. Les temps à l'état bas et à l'état du signal RX1 seront mesurés par "polling" de l'entrée "P3.2". Seule l'interruption interne du TIMER n°2 sera mise à profit par le logiciel.

Pour piloter un moteur pas à pas, il n'y a pas de secret, il faut de nombreux transistors de puissance. Étant donné nos contraintes de place, nous avons préféré faire appel à deux circuits L298 qui intègrent chacun les deux ponts en H nécessaires à la commande d'un moteur pas à pas bipolaire.

Non content d'intégrer 8 transistors de puissance, le circuit L298 intègre également les étages nécessaires pour une commande directe à partir des ports d'un microcontrôleur. Rien que pour cette raison, l'utilisation d'un circuit L298 est la solution la plus économique. Mais plus important encore, le circuit L298 contrôle parfaitement la commande des transistors de pont en H pour garantir que, même en tenant compte des temps de recouvrement, les transistors de puissance montés au +V et ceux montés à la masse ne pourront jamais conduire en même temps. Tous ceux qui déjà ont tenté de bricoler rapidement un pont en H avec des composants discrets savent combien ce problème peut s'avérer désastreux. Dans le meilleur des cas, l'alimentation du montage s'effondre, mais dans le pire des cas, les transistors s'envolent en fumée.

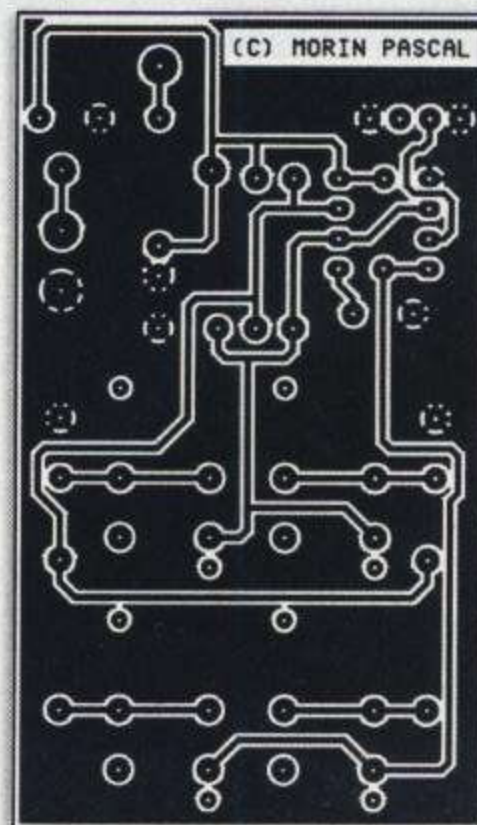
Les circuits L298 peuvent fournir assez facilement 2A ou 3A par enroulement, ce qui permet de piloter des moteurs assez puissants tout de même. Malheureusement, la mise en œuvre du circuit L298 sur un substrat époxy simple face, avec seulement 35µm d'épaisseur de cuivre, ne permet pas de passer des courants aussi élevés. En effet, les pistes d'alimentation du circuit (piste reliant la broche +V ou GND) devraient laisser passer 6A, voire 8A dans le cas max. pour un moteur, ce qui impliquerait des

courants de 12A à 16A au niveau du connecteur du montage. Il faudrait des pistes de 4 à 5mm de large pour passer de tels courants.

Si vous regardez bien le dessin du circuit imprimé, vous vous apercevrez qu'avec un circuit imprimé simple face, certaines pistes de puissance et d'alimentation sont obligées de passer entre les broches des circuits L298. Évidemment cela limite beaucoup la largeur des pistes et l'on est bien loin des 4 à 5mm de large qui seraient nécessaires. Tout ceci pour vous dire que, même si les circuits L298 sont très puissants sur le papier, il ne faudra pas commander des gros moteurs pas à pas avec ce montage. A titre d'exemple, pour faire nos tests, nous avons utilisé des petits moteurs pas à pas bipolaires portant la référence KP4CM2-203 qui s'alimentent sous 9V. Ces moteurs sont diffusés par les annonceurs de la revue.

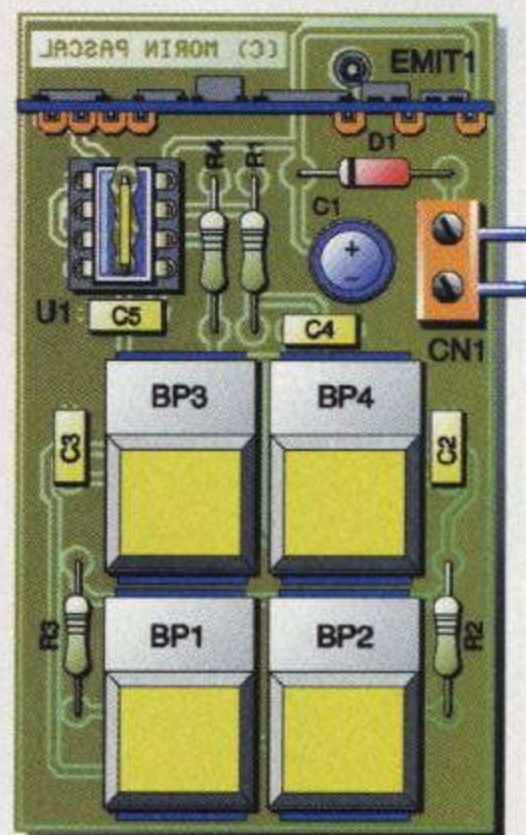
Dans le cas de l'utilisation du montage sur un robot,

le récepteur sera, bien entendu, alimenté par une batterie de 9VDC ou 12VDC. Si vous envisagez d'autres utilisations pour ce montage, vous pourrez faire appel à un bloc d'alimentation sur secteur dont la tension de sortie n'a pas besoin d'être stabilisée, à condition que le filtrage soit correctement dimensionné (tenir compte du courant consommé par les moteurs). La diode D<sub>1</sub> permet de protéger la partie logique du montage en cas d'inversion du connecteur d'alimentation, tandis que la diode D<sub>2</sub>



► **FIGURE 3**

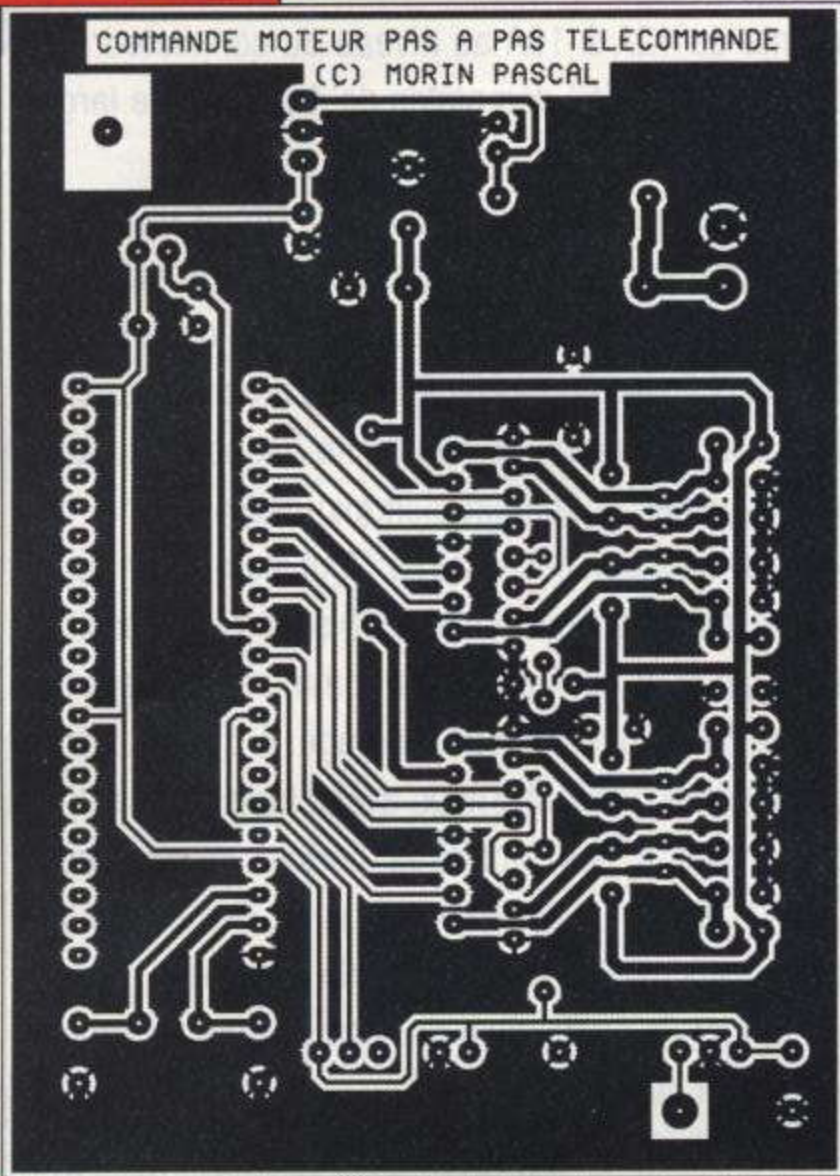
*Tracé du circuit imprimé de l'émetteur.*



► **FIGURE 4**

*Implantation des éléments.*





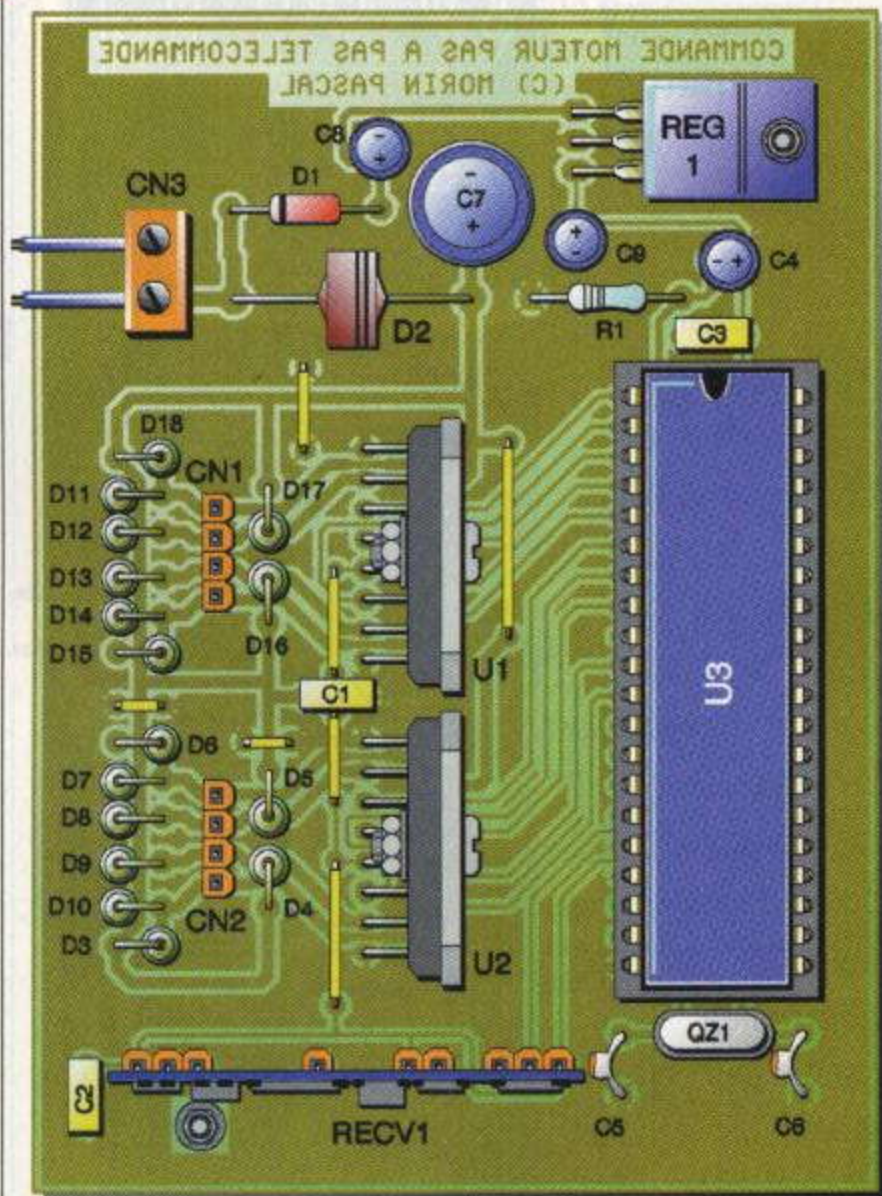
**FIGURE 5**

Tracé du circuit imprimé du récepteur.

protège la commande des moteurs. La tension d'alimentation du récepteur doit être adaptée à la tension de fonctionnement des moteurs pas à pas (ou vice et versa). Cependant l'alimentation du montage ne doit être inférieure à 7V car, dans ce cas, le régulateur LM7805 n'est plus capable de

**FIGURE 6**

Implantation des éléments.



fonctionner correctement. Du coup, l'utilisation des batteries de 7,2V pourtant très répandues sur les modèles réduits n'est pas possible.

## RÉALISATION

Les circuits imprimés à réaliser sont reproduits en **FIGURES 3** et **5** et les vues d'implantations associées apparaissent en **FIGURES 4** et **6**. Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8mm de diamètre, pour la plupart. Sur la carte de l'émetteur, il faudra percer avec un foret de 1mm de diamètre les pastilles de BP<sub>1</sub> à BP<sub>4</sub>, CN<sub>1</sub> et D<sub>1</sub>. Les ergots de centrage des boutons poussoirs nécessitent un perçage avec un foret de 1,5mm de diamètre. En ce qui concerne le récepteur, il faudra percer avec un foret de 1mm de diamètre les pastilles des éléments suivants : CN<sub>1</sub>, CN<sub>2</sub>, CN<sub>3</sub>, REG<sub>1</sub>, U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> et les diodes 1N4001 et BYV27. En ce qui concerne la diode D<sub>2</sub>, il faudra percer les pastilles avec un foret de 1,5mm de diamètre.

Comme d'habitude, procurez-vous les composants avant de reproduire le circuit imprimé, au cas où il vous faudrait adapter un peu l'implantation. Cette remarque concerne particulièrement les modules HF et les boutons poussoirs. Sinon, l'implantation ne présente pas de difficulté particulière mais elle nécessite tout de même un peu d'attention. Un certain nombre de diodes ont été placées en position verticale. Elles ont toute la cathode dirigée vers le haut. Comme toujours, respectez scrupuleusement le découplage des lignes d'alimentations si vous voulez éviter les surprises. Vous noterez la présence de 8 straps sur la carte du récepteur qu'il est préférable d'implanter en premier pour des raisons de commodité. Pour les straps qui véhiculent les courants d'alimentations des moteurs, prévoyez d'utiliser du fils de section conséquente.

Le microcontrôleur sera programmé avec le contenu d'un fichier que vous pourrez vous procurer par téléchargement sur le serveur Internet de la revue (<http://www.eprat.com>). Le fichier TELESTEP.BIN est le reflet binaire du contenu à programmer dans le microcontrôleur tandis que le fichier TELESTEP.HEX correspond au contenu dans le format HEXA INTEL. Selon le modèle de programmeur de 87C51 dont vous disposez, vous utiliserez l'un ou l'autre des fichiers. Si vous n'avez pas la possibilité de télécharger ces fichiers, vous pourrez adresser une demande à la rédaction en joignant une disquette formatée accompa-



gnée d'une enveloppe self-adressée convenablement affranchie (tenir compte du poids de la disquette).

La première chose à faire, pour brancher les moteurs pas à pas au montage, consiste à repérer les fils de chacun des enroulements du moteur. C'est très facile à faire à l'aide d'un ohmmètre, puisque la résistance de chaque bobine est très faible. Si le courant passe entre deux fils c'est qu'ils sont reliés au même enroulement, sinon cela veut dire qu'ils font partie de deux enroulements différents.

Une fois que vous aurez identifié à quoi servent les fils du moteur, la connexion au montage est très simple. Le premier enroulement du moteur pas à pas doit être connecté sur les broches 1 et 2 du connecteur CN<sub>1</sub> (ou CN<sub>2</sub> pour le second moteur), tandis que le deuxième enroulement doit être connecté sur les broches 3 et 4. Par la suite, si le moteur ne tourne pas dans le sens que vous souhaitez par rapport à la commande, vous n'aurez qu'à intervertir l'ordre de connexion des fils d'un seul enroulement (mais pas des deux enroulements à la fois, sinon cela ne changera rien au sens de rotation du moteur).

Pour faire bouger le moteur relié à CN<sub>1</sub>, utilisez le bouton BP<sub>1</sub> ou BP<sub>2</sub>. Pour faire bouger le moteur relié à CN<sub>2</sub>, utilisez les autres boutons. Vous noterez que le déplacement commandé par BP<sub>4</sub> est légèrement saccadé. Ceci est lié au fait que la fréquence du signal produit alors par la télécommande est relativement basse. L'algorithme de mesure retenu a besoin de percevoir plusieurs fronts du signal reçu pour être capable de synchroniser les mesures. Avec les fréquences mises en jeu lorsque le bouton poussoir BP<sub>4</sub> est enfoncé, le moteur progresse d'un pas toutes les 40 ms environ. Ceci explique que la rotation saccadée du moteur sera perceptible par l'utilisateur. Pour les autres combinaisons de touche, le temps d'acquisition des commandes est inférieur à 10 ms, ce qui passe plus facilement inaperçu étant donné l'inertie des moteurs.

Ajoutons, pour finir, que les moteurs sont maintenus en couple bloqué seulement pendant 5 secondes, après un déplacement. Passé ce délai, les moteurs sont "relâchés"

en roue libre. Chaque moteur dispose de son propre compteur de temps, de sorte qu'un moteur peut rester en roue libre si les commandes de déplacement ne concernent que le second moteur. Si ce mode de fonctionnement n'est pas compatible avec vos applications, vous pourrez le modifier assez facilement à partir du fichier source, comme nous l'avons déjà mentionné.

P. MORIN

## NOMENCLATURE

## Émetteur

BP<sub>1</sub> à BP<sub>4</sub> : touches contact, ITT SHADOW série SE, fonction poussoir (référence SET-0-90-G-0A)

CN<sub>1</sub> : bornier de connexion à vis 2 plots, au pas de 5,08mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas

C<sub>1</sub> : 47 µF/25V sorties radiales

C<sub>2</sub> : 150 nF

C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 22 nF

C<sub>5</sub> : 100 nF

D<sub>1</sub> : 1N4001 (diode de redressement 1A/100V)

EMIT<sub>1</sub> : émetteur HF TX433-SAW

J<sub>1</sub> : fil d'antenne

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : 47 kΩ 1/4W 5% (jaune, violet, orange)

R<sub>3</sub> : 5,6 kΩ 1/4W 5% (vert, bleu, rouge)

R<sub>4</sub> : 15 kΩ 1/4W 5% (marron, vert, orange)

U<sub>1</sub> : NE555

## Récepteur

CN<sub>1</sub>, CN<sub>2</sub> : barrettes mini-KK, 4 contacts, sorties droites, à souder sur circuit imprimé, référence MOLEX 22-27-2041

CN<sub>3</sub> : bornier de connexion à vis, 2 plots, au pas de 5,08mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas

C<sub>1</sub> à C<sub>3</sub> : 220 nF

C<sub>4</sub>, C<sub>9</sub> : 10 µF/25V sorties radiales

C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 33 pF céramique, au pas de 5,08mm

C<sub>7</sub> : 470 µF/25V sorties radiales

C<sub>8</sub> : 47 µF/25V sorties radiales

DZ<sub>1</sub> : diode zéner 3,6V 1/4W

D<sub>1</sub> : 1N4001 (diode de redressement 1A/100V)

D<sub>2</sub> : diode de puissance MR751 ou équivalent (4A à 5A, 100V)

D<sub>3</sub> à D<sub>19</sub> : BYV27 (diodes de commutation rapide)

J<sub>1</sub> : fil d'antenne

QZ<sub>1</sub> : quartz 12 MHz en boîtier HC49/U

RECV<sub>1</sub> : récepteur HF RF290A-5S

REG<sub>1</sub> : régulateur LM7805 (5V) en boîtier TO220

R<sub>1</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)

U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> : L298 (driver de moteur ST)

U<sub>3</sub> : 87C51 (12 MHz)