

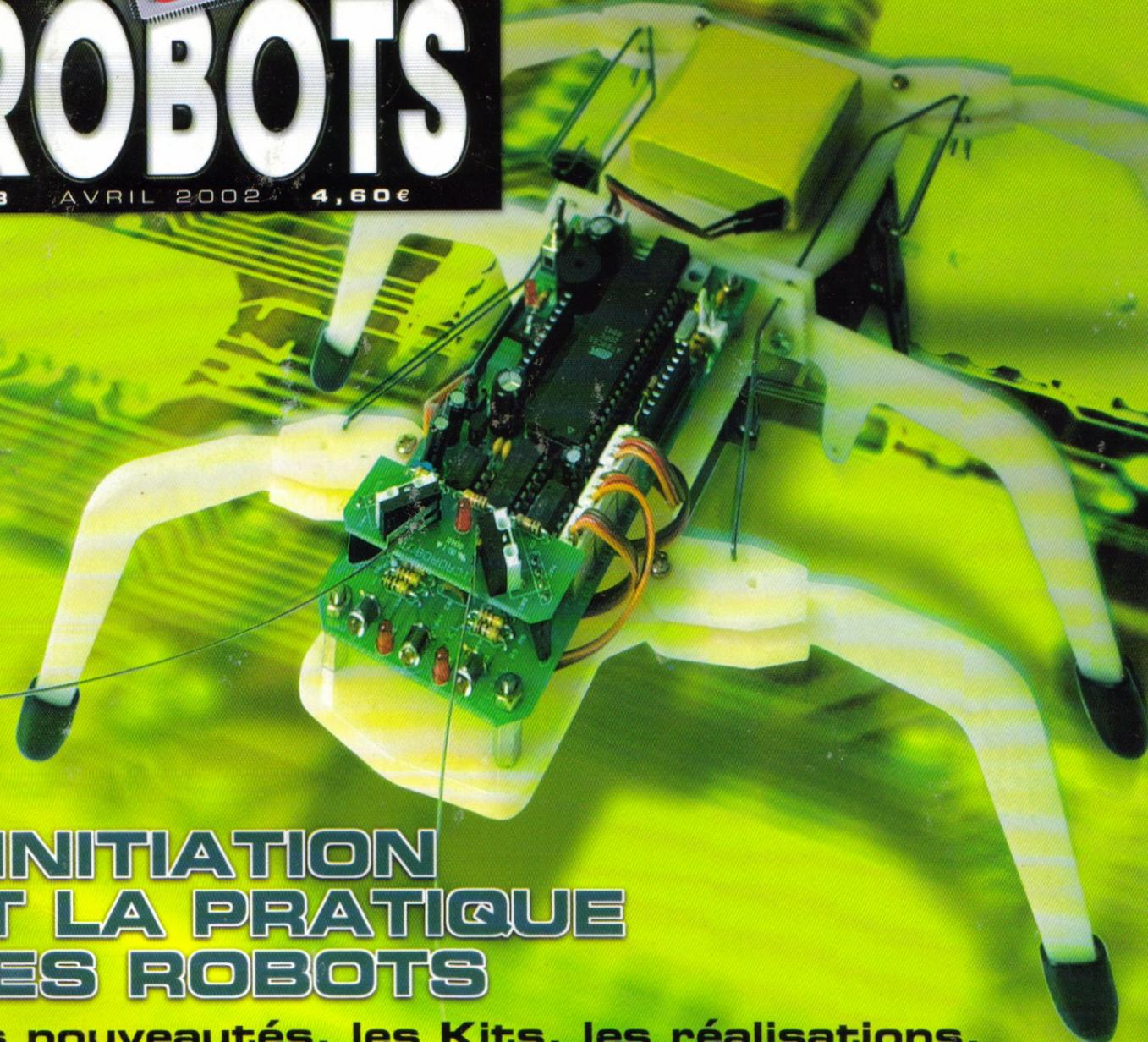
HORS
SERIE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

MICROS & ROBOTS

N°3 AVRIL 2002 4,60€

EN KIT : le robot footballeur très joueur.



L'INITIATION ET LA PRATIQUE DES ROBOTS

Les nouveautés, les Kits, les réalisations.

DRAGON, BRAS MANIPULATEUR,
TÊTE HUMANOÏDE, ROBOT PROGRAMMABLE

RETROUVEZ sur CD-ROM les programmes, les PCB des montages et les vidéos... (voir P. 88)

au sommaire



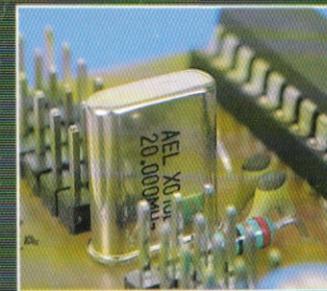
► Mécanique : Une roue à codeur



► Kit : Les robots en bois



► Robot à PIC Basic



► Commande des servomoteurs

FRANCE - 4,60€ - DOM SURF 5,05€ - BEL 5,00€ - CAN 5,95€ - CH 8,50€ - ESP 5€ - PORT 5€ - MAR 45DH - YUN 3,5DT



SOMMAIRE

HORS SÉRIE

**ELECTRONIQUE
PRATIQUE**

HS N°03 -
AVRIL 2002
I.S.S.N. 0243 4911

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD

S.A. au capital de 786 900 €
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
Directeur graphique : JACQUES MATON
Maquette : JEAN-PIERRE RAFINI

Avec la participation de : U. BOUTEVILLE, J. DAMELINCOURT,
L. FLORES, A. GARRIGOU, F. GIAMARCHI, R. KNORR,
C. LEIDWANGER, E. LEMERY, Y. MERDY, P. MORIN, P. OGUIC,
L. RECHER, D. REY, 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 : lehpub@le-hp.com
Assisté de : KARINE JEUFRUAULT (84.57)

ABONNEMENT/NPC: 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 faciliteriez
notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de
vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indica-
tions qui y figurent.

• Pour tout changement d'adresse, joindre 0,46 €
et la dernière bande.
Aucun règlement en timbre poste.

FORFAIT PHOTOCOPIES PAR ARTICLE : 4,60 €.

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 (9 numéros) pour
les USA est de 49 \$US et de 68 \$Can pour le Canada.

Micros & Robots, ISSN number 0243 4911, is publi-
shed 9 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 50 200 EXEMPLAIRES

MICROS ROBOTS

► N°03 ■ AVRIL 2002

Page 5 ► **Edito**

SUR LE MARCHÉ

Page 6 ► **News**

TECHNOLOGIES

Page 12 ► **Carte télémètre infrarouge WANY**

Page 13 ► **Boussole électronique**

Page 15 ► **Module ultrasonique hautes performances**

Page 60 ► **La soudure**

REALISATIONS

Page 42 ► **Servomécanismes de radiocommande**

Page 82 ► **Carte de pilotage MCU 31**

Page 84 ► **Module de commande pour servomoteurs**

Page 90 ► **Contrôleur de moteurs pas à pas sans circuit
spécialisé**

Page 94 ► **Liaison RS232 sans fil pour robot**

EN KIT

Page 22 ► **Des robots... très joueurs ACCELDIS**

Page 26 ► **Des robots en bois VELLEMAN**

Page 28 ► **Le robot HexAvoïder de LEXTRONIC**

MECANIQUES

Page 36 ► **Maîtriser son robot Mindstorms™**

Page 46 ► **Roue à codeur incrémental**

CONSTRUCTIONS

Page 60 ► **Tête humanoïde**

Page 68 ► **Dragon**

Page 74 ► **Bras manipulateur**

Page 50 ► **Robot mobile intelligent programmable**

INITIATION

Page 18 ► **Les fondements de la robotique**

PROJETS

Page 32 ► **Grand Concours Robotique 2002**

CPPAP: 60165 - IMPRIMERIE STIGE
Dépôt légal à parution

► **RETROUVEZ sur CD-ROM** [voir P.88]
les programmes, les PCB des montages et les vidéos...



FONDEMENTS LA ROBOTIQUE

INITIATION

De tout temps, l'homme a voulu concevoir des objets autonomes, créer la vie. La mythologie grecque raconte que Pygmalion, jeune roi de Chypre «sculpta dans l'ivoire à la blancheur des neiges un corps auquel il donna une beauté qu'aucune femme ne peut tenir de la nature». La première réalisation concrète eut lieu vers 270 av. J-C : Ctébios réalisa des fontaines avec des figures animées et des oiseaux qui chantent. Les systèmes sont alors hydrauliques ou pneumatiques. Ces automates sont uniquement ludiques, mais déjà les grecs espèrent les utiliser sur les champs de bataille. Le problème de l'énergie bloquera leur ambition.



Continuons ce petit historique rapide où en 809, le sultan Haroun al-Rachid offre à Charlemagne le premier automate mécanique.

Mais c'est durant le siècle des lumières que s'opère un tournant important. En effet, de somptueuses réalisations apparaissent grâce aux talents de personnes comme Pierre Jacquet-Droz (1721-1790) et Jacques de Vaucanson (1709-1782).

Ce dernier réalise un canard capable de picorer, boire et rejeter des excréments (découvert bien plus tard comme une supercherie pour sa pseudo-digestion). Une séquence d'instructions, fournie à l'avance, permet au canard de réaliser une séquence d'actions. Il réalise également le joueur de flûte qui est le premier exemple d'androïde : automate à figure humaine selon l'encyclopédie de Diderot.

Ses réussites à simuler le vivant déclenchent alors un énorme succès commercial et philosophique. La question qui nous hante encore 3 siècles plus tard est posée : **L'homme est-il une machine ?**

LES INITIATEURS : LA CYBERNÉTIQUE

La période 1940-1950 va être riche en événements. L'informatique va se développer avec, en particulier, les premières théories de Von Neuman et Turing. Mais le mouvement cybernétique, dont nous entendons beaucoup moins parler aujourd'hui, va apporter en seulement quelques séminaires un changement radical dans la façon de percevoir le monde. Créé par Norbert Wiener en 1948 (pour les fans de Star Trek, il est le premier à avoir parlé de l'idée de téléportation), il a pour originalité d'avoir une approche multidisciplinaire. La logique mathématique reste le fondement principal mais nous y trou-

vons des biologistes, des physiciens, des philosophes...

Cette science est celle des systèmes : **un système est défini comme un ensemble de parties élémentaires en interaction, dont le tout est supérieur à la somme des parties.**

L'analogie avec le vivant y est recherchée.

Voici quelques exemples de systèmes :

- Un être vivant, une cellule, un cerveau ...
- Une fourmilière
- Une machine automatisée, un réseau d'ordinateurs
- Un robot...

etc.

Les principaux postulats de la cybernétique sont le **feed-back** et l'**autorégulation**.

Lorsqu'un élément d'un système agit sur un autre élément et que celui-ci renvoie une information, nous appelons cela un feed-back (ou boucle de rétroaction). Cela peut permettre alors une autorégulation. Par exemple, le capteur d'un robot indique un obstacle sur la droite, le robot va tourner sur la gauche (en accélérant le moteur droit). La valeur du capteur droit diminue, la puissance du moteur diminue aussi. Le système s'est autorégulé pour rester à distance de l'obstacle.

La cybernétique va aussi permettre de mieux appréhender les systèmes par des travaux particuliers comme ceux de Shannon (théorie de l'information utilisée encore aujourd'hui pour Internet), Mac Culloch et Pitts (Neurone formel, précurseur des réseaux neuronaux). Les travaux vont déboucher sur la naissance de l'intelligence artificielle.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : LE RAISONNEMENT HUMAIN COMME MODÈLE

Apparue directement dans le prolongement de la cybernétique, l'intelligence artificielle s'intéresse à la réalisation de tâches cognitives (simuler des raisonnements).

Elle pose comme postulat que l'ensemble du raisonnement est modélisable, c'est à dire peut être mis sous forme d'équations. Ainsi les algorithmes peuvent se construire autour de calculs symbo-

liques, l'environnement du problème étant représenté de façon explicite et formelle.

Si nous prenons l'exemple des robots, les différentes étapes sont :

- la perception des données de l'environnement,
- la construction d'un modèle en deux ou trois dimensions de l'environnement,
- la planification des actions à partir de ce modèle,
- l'action du robot.

Shakey, du Stanford Research Institute (1968-1972), est le premier robot à naviguer dans un espace à deux dimensions qu'il aura préalablement modélisé.

La robotique n'est en fait qu'une infime partie de l'intelligence artificielle. Cette discipline a essayé de simuler de nombreuses autres formes du raisonnement humain. Les plus connues sont le jeu d'échecs, le langage naturel, les systèmes experts.

DE NOUVEAUX ÉLANS

Après quelques avancées spectaculaires, l'intelligence artificielle se trouve confrontée à des problèmes insurmontables. Par exemple, les scientifiques de cette discipline espéraient maîtriser le langage naturel et les traductions en quelques années. Aujourd'hui encore, les programmes sont loin d'atteindre le niveau d'un humain.

Le développement de la puissance de calcul a permis une meilleure exploitation de l'intelligence artificielle : il aura fallu plus de 30 ans pour réussir à battre le champion du monde d'échecs avec des algorithmes qui ont finalement peu évolués.

L'APPROCHE DE RODNEY BROOKS

Depuis 1984, Brooks fabrique des robots mobiles autonomes au MIT (Massachusetts Institute of Technology). Il propose une approche radicalement différente de celle de l'intelligence artificielle classique.

Selon lui, un paradoxe de cette méthode est qu'il est possible de faire de la robotique sans robot. En effet, si on ne considère plus que le modèle et que l'on simule les perceptions et les actions dans celui-ci, alors on peut faire des expériences sans que les actions ne soient répercutées dans le monde réel. Le robot devient alors optionnel.

Les limites de cette façon de faire de la robotique sont surtout dans le modèle. Ce dernier ne sera jamais assez réaliste, il sera toujours incapable de rendre compte de la complexité du monde réel nous explique Rodney Brooks. Cette complexité est de

deux ordres : d'une part le nombre et la qualité des détails et d'autre part son caractère dynamique.

De ce fait, les expériences en intelligence artificielle sont réalisées dans un environnement simplifié. Il est, par exemple, constitué de cubes (simples à modéliser) et ne varie presque pas dans le temps. Pourtant l'objectif reste bien de mettre les robots dans le monde réel et le passage d'un environnement simplifié à un environnement réel n'est peut-être pas une question de puissance de machine sur laquelle est construit le modèle.

La plus célèbre de ses publications «Intelligence without reason» (intelligence sans raison, 1991) nous montre son approche. Deux notions sont primordiales dans le cadre de ses recherches :

- celle d'**Incarnation** qui signifie que, pour qu'un système soit intelligent, il faut qu'il puisse se rapporter au monde sensible par l'intermédiaire de capteurs et d'actionneurs. Ses actions ont un effet immédiat sur ses sensations.

- celle de **Mise en situation** : le robot doit se rapporter au monde, non plus sur le mode de la représentation, mais directement par l'intermédiaire de ses capteurs. Ce principe s'oppose à l'idée de la construction d'un modèle qui serait une copie du monde ; c'est d'abord en cela que Brooks rompt avec l'intelligence artificielle classique. Selon lui «Le monde est notre meilleur modèle» et le robot doit pouvoir réagir quelle que soit la situation.

Le but des recherches de Brooks est d'étudier des agents autonomes intelligents complètement intégrés. Les robots doivent fonctionner aussi bien quand des visiteurs traversent leur espace de travail, ou que lorsque nous déplaçons les meubles, changeons la lumière ou un autre paramètre de leur environnement ou, encore, lorsqu'il y a une dérive de la calibration de leurs capteurs ou de leurs actionneurs.

Le modèle électronique classique (architecture Von Neuman) centralisé a été abandonné au profit d'un autre système appelé "Subsumption Architecture". Elle est organisée comme un réseau asynchrone d'éléments actifs auxquels sont reliés les capteurs et les actionneurs.

Voici quelles en sont les caractéristiques :

- le contrôle n'est pas centralisé,
- le système perceptif, le système central et le système d'action ne sont pas séparés : chaque élément du réseau assure une ou plusieurs parties de ces fonctions,
- il n'y a pas de hiérarchie des éléments les uns par rapport aux autres, tous fonctionnent parallèlement et communiquent de façon asynchrone,
- il n'y a pas non plus de modèle centralisé du

monde, tout est distribué sur les différents éléments,

- il est évolutif : on peut ajouter des éléments au réseau en définissant ses relations avec les autres éléments.

La première réalisation de cette architecture a été le robot ALLEN en 1986. Il était capable de se déplacer vers un but donné, en évitant les obstacles statiques et les personnes qui se déplaçaient.

Rodney Brooks et son équipe développent depuis bientôt 10 ans le robot COG. Il est composé d'un tronc, d'une tête et deux bras. Il a été longtemps considéré comme le robot le plus perfectionné (ne l'est-il pas encore d'ailleurs ?). Il est connu pour ses capacités d'apprentissages et son caractère social.

LES ROBOTS DE BRAITENBERG

Valentino Braitenberg a publié en 1984 le livre «Véhicules» (Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, ISBN: 2-88074-208-0). Il y présente de petits robots forts simples dans leurs constructions mais aux comportements complexes. Ses travaux sont inspirés à la fois de la cybernétique et des neurosciences. En effet, les comportements de ses robots ont été observés à maintes reprises par les spécialistes en neurosciences sur des animaux.

Les robots sont constitués d'un capteur de lumière

situé à l'avant de chaque côté du robot, de deux moteurs commandant chacun les roues d'un côté et de connexions inhibitrices (-) ou excitatrices (+) reliant les capteurs aux effecteurs. Ces connexions peuvent être assimilées à des neurones et des liaisons synaptiques inhibitrices ou excitatrices.

LE PEUREUX (FIGURE 1)

Les liaisons étant latérales, le capteur de lumière excite le moteur se trouvant de son côté. Ainsi, une lumière sur le côté fait accélérer le moteur gauche. Le robot tourne sur la droite, l'intensité lumineuse reçue par le capteur gauche diminue (pour revenir à une valeur similaire au capteur droit), le robot redresse alors sa trajectoire et va tout droit. S'il rencontre à nouveau une lumière, il l'esquive et donne l'impression à un observateur d'avoir peur de la lumière.

L'AGRESSIF (FIGURE 2)

Cette fois, la liaison excitatrice relie chaque capteur au moteur opposé. Le robot va donc, cette fois-ci, s'orienter vers la lumière et même accélérer à son approche. Si celle-ci est située en hauteur, il passe dessous à pleine vitesse puis ralentit (l'intensité sur les capteurs diminue). Les perturbations de son environnement vont le faire tourner légèrement. Il se dirige alors vers la lumière, passe de nouveau dessous et ainsi de suite. Tel un taureau dans l'arène, l'agressif fonce sur la lumière.

L'AMOUREUX (FIGURE 3)

Les branchements sont identiques au robot peureux à part que, cette fois-ci, les connexions sont inhibitrices. Avec une source de lumière sur sa gauche, l'amoureux ralentit sur son côté gauche et donc se tourne vers la source de lumière, le moteur droit ralentissant à son tour. Il continue son approche et s'immobilise juste à côté de la source de lumière. Nous avons alors l'impression que ce robot aime la lumière.

L'EXPLORATEUR (FIGURE 4)

Les capteurs de l'explorateur sont reliés au moteur opposé et les connexions sont inhibitrices. Avec de la lumière sur la gauche, l'explorateur ralentit au niveau de son moteur droit et tourne le dos à la source de lumière. La vitesse augmente et il s'éloigne. L'impression qui s'en dégage est qu'il aime la source lumineuse, mais sa curiosité reprend rapidement le dessus.

Les travaux de Rodney Brooks et de Valentino

FIGURE 1 ◀

Le robot «peureux»

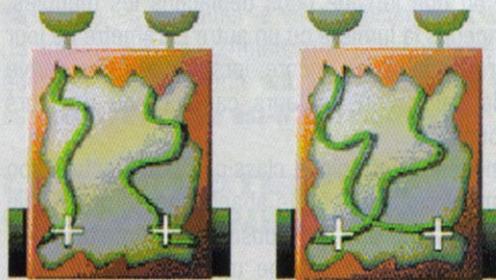


FIGURE 2 ◀

Le robot «agressif»



FIGURE 3 ◀

Le robot «amoureux»

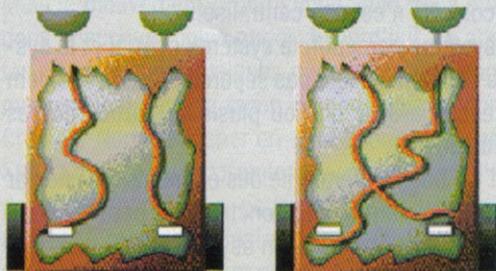
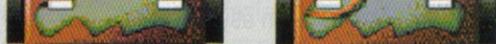


FIGURE 4 ◀

Le robot «explorateur»



Braitenberg nous montrent bien qu'il est possible d'avoir des comportements riches, avec des approches informatiques et techniques très simples. Cela nous permet aussi de mieux comprendre le fonctionnement des animaux qui n'ont pas besoin d'être doués de raison ou de conscience pour se mouvoir, agir et vivre. Cette réflexion va amener un nouveau domaine de recherche : la vie artificielle.

LES SYSTÈMES VIVANTS COMME INSPIRATION : LA VIE ARTIFICIELLE

Christopher Langton a posé les fondements de la vie artificielle en 1989 lors de la première conférence de Los Alamos (Mecque de la vie artificielle !). Cette discipline a été définie comme «**l'étude des systèmes construits par l'homme qui présentent des comportements caractéristiques des systèmes vivants**».

Tout d'abord, soulignons qu'à l'opposé de l'intelligence artificielle, la vie artificielle ne se réduit pas aux seuls aspects informatiques. Nous y trouvons des domaines comme l'exobiologie, la synthèse biochimique, le hardware évolutif, la biomécanique... Avant d'entrer dans le détail, étudions un peu le développement d'un jeune animal ou d'un enfant. Si au début de sa vie il est maladroit, petit à petit il affine ses gestes, puis développe une communication avec ses membres et ses expressions. Pour tout cela, il va faire du mimétisme (copier le comportement des autres). Il va apprendre à saisir un objet, à en découvrir l'utilité (le verre pour boire par exemple). Il va apprendre à se déplacer...

Tout cela est très progressif. Il doit d'abord découvrir son corps avant de pouvoir saisir un objet. Il doit savoir saisir un objet avant de marcher...

Pourquoi ? En fait, il est en train d'apprendre. Il commence par des tâches simples, puis il va plus loin. Il faudra quelques années à un enfant pour être capable de développer des capacités d'abstraction. Pour les approches robotique de la vie artificielle, le raisonnement est similaire. Il faut d'abord réaliser avec les robots des comportements simples avant de passer au stade suivant. A partir de règles comportementales très simples, il est possible d'avoir des comportements compliqués. Nous retrouvons alors la philosophie de la cybernétique «le tout est supérieur à la somme des parties». Ainsi, la simulation du comportement du rat intéresse actuellement plusieurs laboratoires français, en

particulier les laboratoires de neuro-cybernétique et le lip6. L'objectif est de mieux appréhender le fonctionnement de l'hippocampe de cet animal, avant de passer à une plus grande partie du cerveau ou à un animal plus complexe. Cette partie du cerveau est utilisé en particulier pour la planification de trajectoire (être capable de retrouver son chemin, de reconnaître un lieu). En France, nous qui s'y intéressons.

Sur les approches informatiques, les partisans de la vie artificielle ont une approche différente à ceux de l'intelligence artificielle. Alors que l'intelligence artificielle utilise principalement des méthodes symboliques, la vie artificielle utilise des méthodes non symboliques. Le comportement pourra être réalisé à partir d'un apprentissage en utilisant des réseaux neuronaux, des algorithmes génétiques ou, encore, par l'émergence de comportement du à l'interaction de plusieurs agents (robots).

CONCLUSION

Ce rapide historique vous permettra, je l'espère, de mieux appréhender la recherche dans le domaine de la robotique autonome bien que son évolution soit complexe.

En effet, il est parfois difficile de classer un robot dans un domaine. Ainsi Asimo, un robot capable de marcher, doit-il être classé dans l'intelligence artificielle ou la vie artificielle ?

L'action de marcher s'inspire de l'intelligence artificielle dans son fonctionnement. Mais la marche est un comportement caractéristique des systèmes vivants, donc classable aussi dans la vie artificielle. Nous voyons donc que les barrières sont fines et non figées.

Aujourd'hui d'ailleurs, nous retrouvons souvent une dérive de l'emploi du terme intelligence artificielle. Le film A.I en est un exemple puisqu'il traite plus de la vie artificielle.

Néanmoins, nous pouvons présager que dans les prochaines années, l'intelligence artificielle et la vie artificielle seront encore le fer de lance de la robotique autonome.

En effet, nous allons vers une démocratisation de celle-ci, et les expériences sur la vie artificielle pourront bientôt être vécues par monsieur tout le monde.

J. DAMELINCOURT

ADRESSES INTERNET

Site de La vie artificielle :
www.vieartificielle.net

Pour plus d'informations sur les automates des XVIII^e et XIX^e siècles :
www.automates-anciens.com



DES ROBOTIS

La société ACCELDIS distribue pour la France la gamme MOVIT qui est constituée de plusieurs types de robots originaux faisant, essentiellement, appel à la mécanique animée par plusieurs moteurs électriques.

Il s'agit de robots éducatifs et amusants que l'on assemble soi-même à partir de pièces en matière plastique parfaitement répertoriées. Deux robots ont retenu notre attention : le "star-shooter" et le "spin-shooter". Leur accessoire commun est une balle de ping-pong...



- Une position active qu'il convient de maintenir pour l'action et qui assure la rotation du moteur dans un sens,
 - Une seconde position active pour faire tourner le moteur dans l'autre sens.
- Le boîtier comprend également quatre piles standards de 1,5V. Les moteurs mis en œuvre ont leur stator sous la forme d'un niveau permanent. Ils tournent donc dans un sens ou dans l'autre suivant la polarité de

GÉNÉRALITÉS

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES ROBOTS

Les robots sont présentés sous forme de kit à monter soi-même (c'est le concept du "do it yourself"). Les pièces détachées, ou plutôt détachables de planches de montage, sont en matière plastique transparente. Il est donc possible de les peindre soi-même, à la bombe et à la couleur désirée. Bien entendu, dans ce cas, l'opération peinture devra avoir lieu avant l'assemblage.

Des explications très précises et parfaitement claires, accompagnées de nombreux dessins, facilitent considérablement le montage.

Les robots sont télécommandés par une liaison filaire à partir d'un boîtier de commande. Il s'agit de robots...shooteurs. Dans les deux cas, ils courent après le ballon, peuvent l'avalier et le retenir, et se présenter devant le but pour marquer. Donc, des robots très sportifs...

LA TÉLÉCOMMANDE PAR LIAISON FILAIRE

Dans les deux cas, les robots comportent trois moteurs pouvant être alimentés séparément et pouvant tourner dans un sens ou dans l'autre. Le boîtier de commande comprend donc trois commandes séparées et se rapportant chacune à un moteur. Chacune de ces commandes se caractérise par trois positions :

- Une position stable et de repos correspondant à une non-alimentation du moteur,

leur alimentation dont la valeur nominale est de 3V. La **figure 1** met en évidence la problématique de l'alimentation de ce type de moteur à partir d'un inverseur.

En **figure 1a**, le moteur est alimenté par une source de 3V. Il est possible d'obtenir sa rotation dans un sens ou dans l'autre en plaçant l'inverseur sur l'une ou l'autre de ses positions extrêmes. On peut noter que ce type de commande nécessite un inverseur bipolaire et, surtout, deux fils de liaison par moteur. Dans le cas de nos robots, six fils seraient nécessaires et pourtant il n'y en a que quatre. Où est l'astuce ?

La **figure 1b** fait appel à une alimentation symétrique de deux sources de 3V. On remarque qu'en plaçant l'inverseur monopolaire, cette fois sur l'une ou l'autre de ses positions, le moteur peut tourner dans un sens ou dans l'autre. C'est le principe qui a été adopté pour la télécommande des robots. Il est représenté en **figure 1c**. Il comporte deux avantages :

- Il ne nécessite que 4 fils de liaison pour alimenter 3 moteurs,
- Il fait appel à des inverseurs monopolaires simples.

QUELQUES CARACTÉRISTIQUES

La consommation maximale, lorsque les trois moteurs tournent simultanément, atteint 900mA. En moyenne, la consommation est de 550mA, si bien que l'autonomie des piles, si elles sont alcalines, est de 2 heures 30.

Le boîtier se caractérise par les dimensions de

...TRÈS JOUEURS

CONSTRUCTIONS

JOUEURS

95x126x31 et à une masse (piles montées) de 780gr. La longueur de la liaison filaire est de 2m. Dimensions hors tout des robots :

- Star-Shooter : 130x77x120
- Spin-Shooter : 85x140x170

LE "STAR-SHOOTER"

(également appelé quelquefois le HUNGRY-SHOOTER : le shooteur affamé...)

Il nécessite 2 heures d'assemblage. Il avance, recule, tourne (même sur place) à gauche ou à droite grâce aux diverses combinaisons de marche des deux moteurs de propulsion dont chacun entraîne une roue par l'intermédiaire d'un train d'engrenages de réduction.

À l'avant, il comporte deux rouleaux verticaux qui définissent une entrée dont la largeur correspond exactement au diamètre de la balle. Les deux rouleaux tournent dans un sens ou dans l'autre, mais toujours de sens contraire.

Le **figure 2** illustre le principe de "l'ingestion" d'une balle dans le magasin/ventre du robot ainsi que l'éjection lors d'un tir dans le but.

LE "SPIN-SHOOTER"

Comportant davantage de pièces, 3 heures sont nécessaires pour le monter. Il est très amusant comme robot : en effet, son déplacement se réalise par 6 pattes qui le font trotter à la manière d'un insecte dans un sens ou dans l'autre, mais également en changeant de direction, voire en tournant sur place. Deux moteurs indépendants assurent cette fonction.

La **figure 3** met en évidence le principe d'un shoot. Grâce à une palette tournante à vitesse élevée, il est possible, soit de réaliser un shoot direct, soit un shoot indirect, grâce à la forme arrondie de son magasin/carter. Il est également possible d'avaloir simplement la balle, de la conserver pour la tirer ensuite, après déplacement dans le but.

LE MATCH

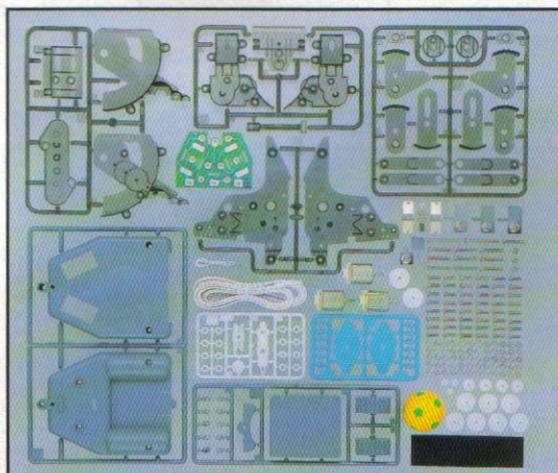
Toutes les variantes sont possibles.

Sur un terrain matérialisé par un marquage adapté et par l'installation d'un ou de deux buts, un ou plusieurs robots peuvent évoluer à la manière d'un véritable match de foot... il est même possible de mettre plus d'une balle dans le jeu !

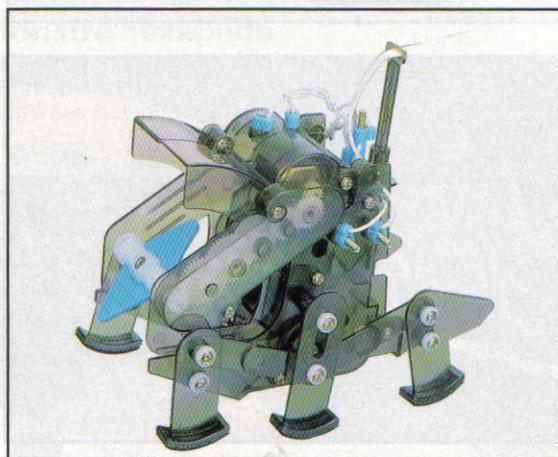
Mais on peut également imaginer l'utilisation d'un seul robot que les joueurs pilotent à tour de rôle avec



Présentation du Star-shooter.



Les éléments constitutifs du Spin-Shooter.



L'allure du Spin-Shooter.



Le Star-Shooter en cours de montage.

JOUEURS

FIGURE 1  Problématique de l'alimentation.

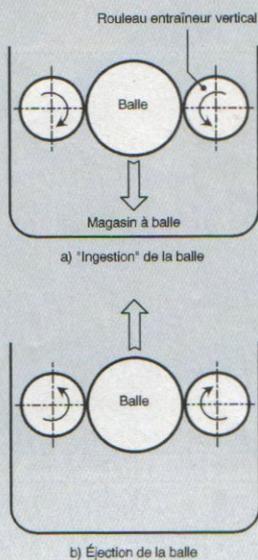
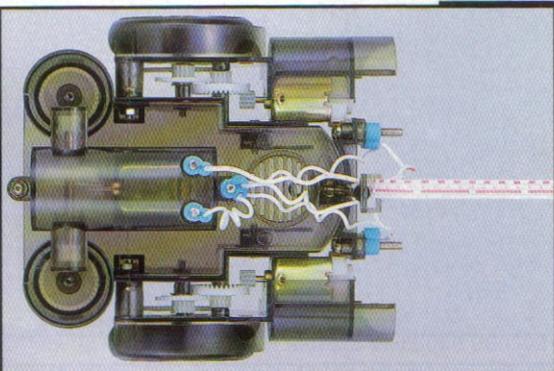
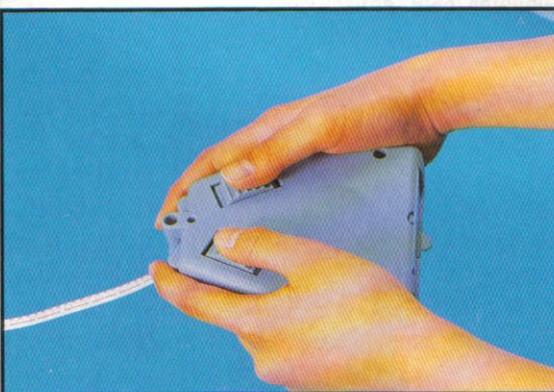


FIGURE 2  Ingestion/éjection de la balle.

Vue de dessous du Star-Shooter.



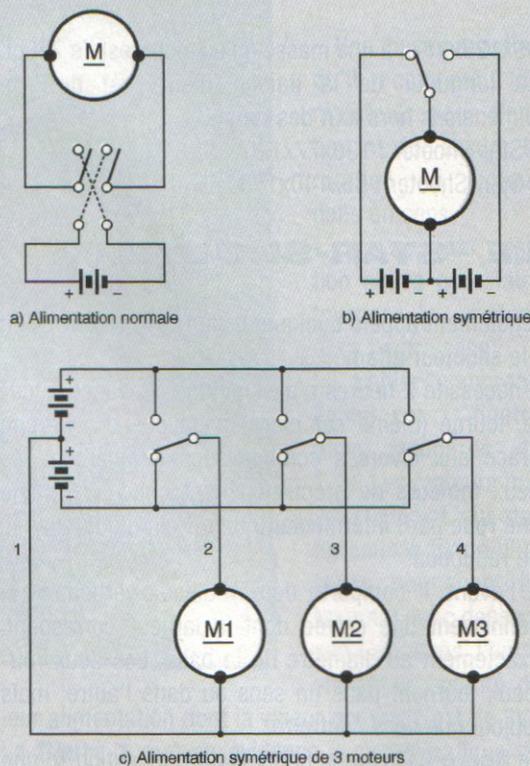
Le boîtier de télécommande à liaison filaire.



Le robot en situation.



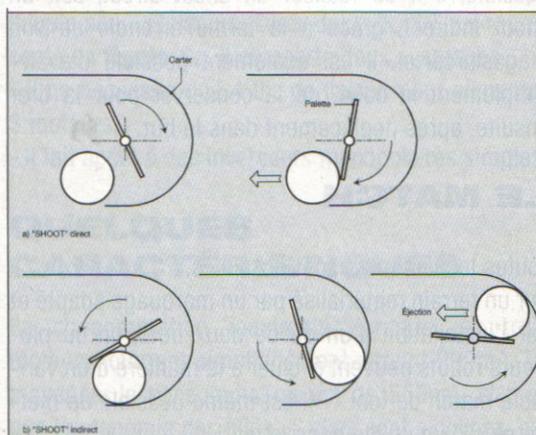
FIGURE 3  Principe de la palette tournante à vitesse élevée.



comme objectif de marquer le plus de buts possibles dans un temps donné. En tout cas, ces robots mettent de joyeuses parties en perspective...

R. KNOERR

Distributeur ACCELDIS
Tél : 01 39 33 03 33
www.skytronic.com



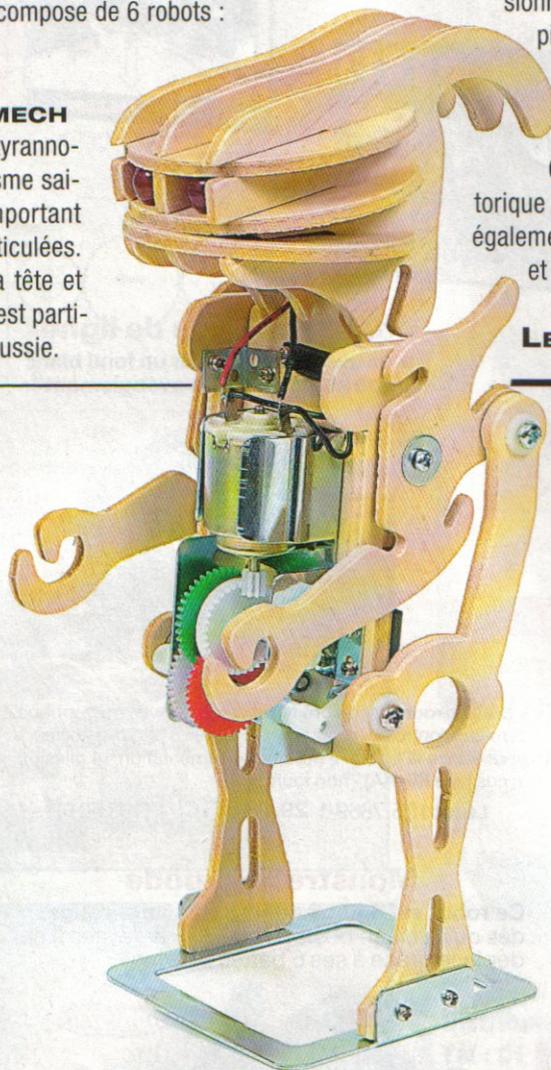
La société **ELLEMAN** distribue une série de six robots dans un matériau assez inhabituel : le bois. Il en résulte, qu'indépendamment de leur esthétique particulière, ces robots, très diversifiés par ailleurs, se caractérisent par une chaleur que seul le bois peut apporter. Cela n'empêche pas qu'ils sont tous motorisés avec, de surcroît, des mécanismes très élaborés et très pédagogiques. Au plaisir du montage s'ajoute celui de les voir vivre et s'animer avec toute la fiabilité requise.

UN CHOIX DE 6 ROBOTS

La gamme se compose de 6 robots :

LE TYRANNOMECH

Il s'agit d'un tyrannosaure au réalisme saisissant comportant des pattes articulées. La forme de la tête et des vertèbres est particulièrement réussie.



À l'aide d'un mécanisme basé sur un jeu de bielle/manivelle, le tyrannosaure marche et avance d'un pas chaloupé, ce qui lui donne un air assez impressionnant... Le moteur est alimenté par deux piles de 1,5V qu'un interrupteur permet de mettre en service.

LE STÉGOMECH

C'est un stégosaure, autre animal préhistorique assez proche du modèle précédent et également très réussi sur le plan de l'esthétique et du fonctionnement.

LE ROBOMECH

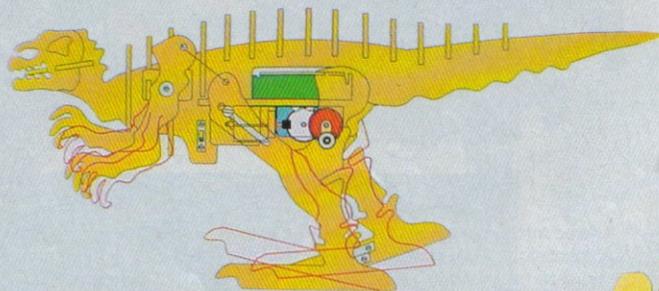
C'est un humanoïde en position verticale comportant deux LED rouges à la place des yeux. Grâce à un système mécanique approprié, il avance d'un pas décidé en bougeant les mains.

LE COPTERMECH

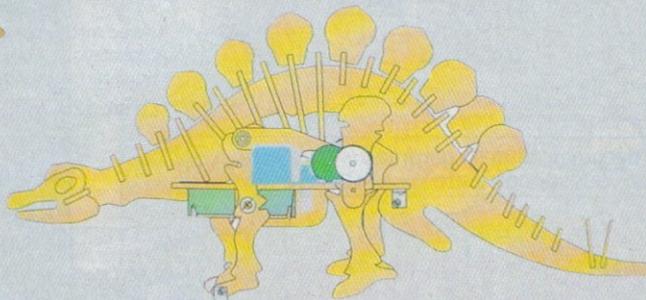
Nous sortons de l'univers fantastique. Le coptermec est un hélicoptère animé avec un véritable rotor et une hélice arrière anticouple. L'ensemble fonctionne grâce à un jeu de courroies et de poulies.

L'AUTOMECH

Il s'agit d'une automobile dont l'allure générale rappelle la Formule 1. Elle avance à l'aide de quatre roues. Ces dernières peuvent être rendues toutes motri-



▶ Le tyrannomech éclaté



◀ Le stégomech

ADRESSES INTERNET

Site de VELLEMAN :
www.velleman.be

ces : on obtient alors un 4x4. On peut également se contenter de deux roues motrices.

LE TRAINMECH

Cette locomotive à vapeur est une merveille d'animation. Elle progresse en bougeant ses bielles de liaison. Mieux : les roues motrices sont entraînées par les bielles comme une véritable locomotive. C'est un réel plaisir de la voir foncer à toute vitesse en se dandinant...

LE MONTAGE

Le constructeur a mis un point d'honneur pour simplifier les choses au maximum. Pour commencer, très peu d'outillage est nécessaire : un petit tourne-vis cruciforme, une pince plate, un cutter.

Les pièces en bois sont prédécoupées dans des planches. Elles sont soigneusement repérées grâce à un plan accompagnant la boîte de montage. D'ailleurs, toutes les pièces : axes, vis, équerres, engrenages, moteur, ... sont représentées dans une nomenclature très claire et très imagée.

Le montage est alors très simple et très pédagogique. Il suffit de suivre scrupuleusement les dessins en perspective représentés sur la notice. Aucune lecture de texte n'est nécessaire.

Le constructeur a poussé la simplification jusqu'à ne pas prévoir la nécessité de faire des soudures pour les raccordements électriques. Ces derniers peuvent se faire par torsadages et montage d'un manchon isolant prévu à cet effet. Il est, bien entendu, possible (sinon préférable) de réaliser les raccordements par soudure pour une meilleure tenue de ces derniers.

R. KNOERR



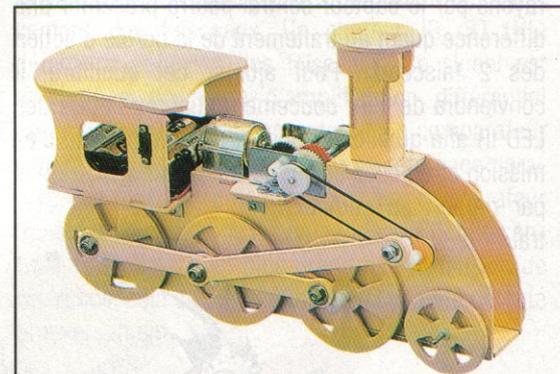
Le robot Hexavoltes est livré sous forme d'un kit à monter. Il est composé de composants électroniques nécessaires à son fonctionnement. Le montage est également simple et pédagogique. Le constructeur a mis un point d'honneur pour simplifier les choses au maximum. Pour commencer, très peu d'outillage est nécessaire : un petit tourne-vis cruciforme, une pince plate, un cutter. Les pièces en bois sont prédécoupées dans des planches. Elles sont soigneusement repérées grâce à un plan accompagnant la boîte de montage. D'ailleurs, toutes les pièces : axes, vis, équerres, engrenages, moteur, ... sont représentées dans une nomenclature très claire et très imagée. Le montage est alors très simple et très pédagogique. Il suffit de suivre scrupuleusement les dessins en perspective représentés sur la notice. Aucune lecture de texte n'est nécessaire. Le constructeur a poussé la simplification jusqu'à ne pas prévoir la nécessité de faire des soudures pour les raccordements électriques. Ces derniers peuvent se faire par torsadages et montage d'un manchon isolant prévu à cet effet. Il est, bien entendu, possible (sinon préférable) de réaliser les raccordements par soudure pour une meilleure tenue de ces derniers.



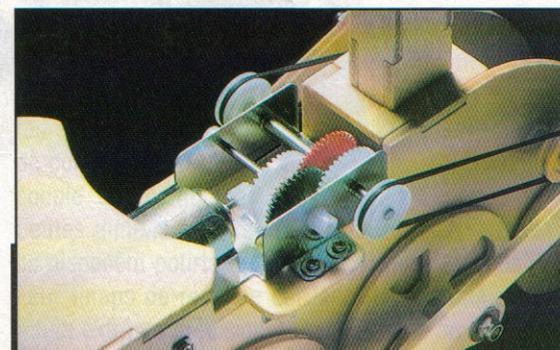
Le Coptermech



Le Trainmech dans son emballage



Le Trainmech monté



Détail du montage du Trainmech

Chaque kit comprend tous les éléments prédécoupés

LE ROBOT DE

EN KIT

L'HexAvoïder est un robot "marcheur" à 6 pattes.

Sa conception lui permet de se déplacer dans un environnement en présence d'obstacles qu'il

aura évité. Pour ce faire, il utilise des

diodes émettrices et une diode réceptrice infrarouge pour éva-

luer son environnement, ainsi que des

antennes capteurs pour percevoir les

obstacles. Si l'utilisateur le désire, le

robot peut se voir

adjoindre une commande à distance par

voie radio depuis un

compatible PC grâce à l'utilisation de

transceivers radio M-433-40-HP fabri-

qués par la société RADIOMETRIX

Le robot HexAvoïder est livré sous forme d'un kit extrêmement complet comprenant toutes les pièces et composants électroniques nécessaires à sa construction.

Un CDRom est également joint au kit comportant, entre autres, le programme source du microprocesseur commandant les mouvements de la machine ainsi que l'analyse des informations des différents capteurs équipant cette dernière. La boîte contient, également, les éléments nécessaires à la fabrication du chargeur de la batterie permettant l'alimentation de l'HexAvoïder.

RÉGLAGE DU CAPTEUR INFRAROUGE

Le principe de détection d'obstacles du robot repose sur l'utilisation de deux LED IR et d'une diode réceptrice IR. Les LED émettent alternativement leur faisceau infrarouge afin de permettre à l'unité centrale du robot de savoir où est situé l'obstacle. Une LED s'allume quand un obstacle est détecté sur le côté gauche du robot. Une autre LED s'allume quand un obstacle est détecté sur le côté droit du robot.

Quand le robot détecte un obstacle directement devant lui, les LED s'allument en même temps.

Si les faisceaux infrarouges gauche et droit ne sont pas bien orientés et symétriques, la réception des rayons par le capteur central pourra présenter une différence quant au traitement de la portée d'action des 2 faisceaux. Pour ajuster cet équilibre, il conviendra de plier doucement l'une ou l'autre des LED IR afin qu'elles disposent du même angle d'émission et qu'elles soient parfaitement symétriques par rapport au capteur central.

LES CAPTEURS "ANTENNES"

Les antennes, reliées aux micro-commutateurs, actionnent ces derniers lorsqu'elles touchent un obstacle. Ces capteurs mécaniques couvrent les angles morts des capteurs infrarouges. Une LED, sur la carte capteur d'antennes, s'allume quand les antennes sont en contact avec un obstacle.

LES SERVOMOTEURS

Pour les régler, il faudra configurer le DIPSwitch en "mode 3", tenir le robot dans une main au-dessus du sol puis le mettre sous tension. Les pattes doivent se déplacer dans les deux sens, pendant un moment, et revenir à leur position initiale. À ce moment, les palonniers des servomoteurs doivent être perpendiculaires au corps du moteur. S'ils ne le sont pas, il conviendra de les repositionner correctement.

MODE DE DÉPLACEMENTS

Configuration du DIPSwitch. Celle-ci permet de fixer différents paramètres de fonctionnement de l'HexAvoïder :

Mode0 : Mode de déplacement rapide,

Mode1 : Mode de déplacement lent,

Mode2 : Mode "test" des capteurs,

Mode3 : Réglage de position des servomoteurs.

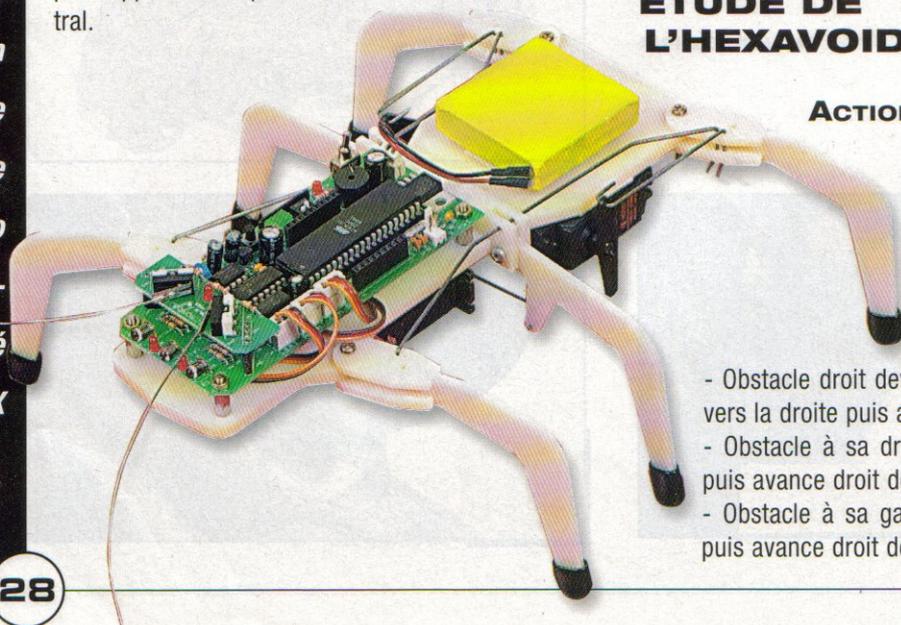
Si le DIPSwitch est placé en "Mode 0", le robot se déplacera rapidement. Si le DIPSwitch est placé en "Mode 1", le robot se déplacera lentement.

ÉTUDE DE L'HEXAVOÏDER

ACTION DE BASE

Lorsque les capteurs du robot détectent un obstacle pendant qu'il se déplace, il réagit selon les différents cas de figure suivants :

- Obstacle droit devant : marche arrière, pas vers la droite puis avance droit devant,
- Obstacle à sa droite : pas vers la gauche puis avance droit devant,
- Obstacle à sa gauche : pas vers la droite puis avance droit devant.

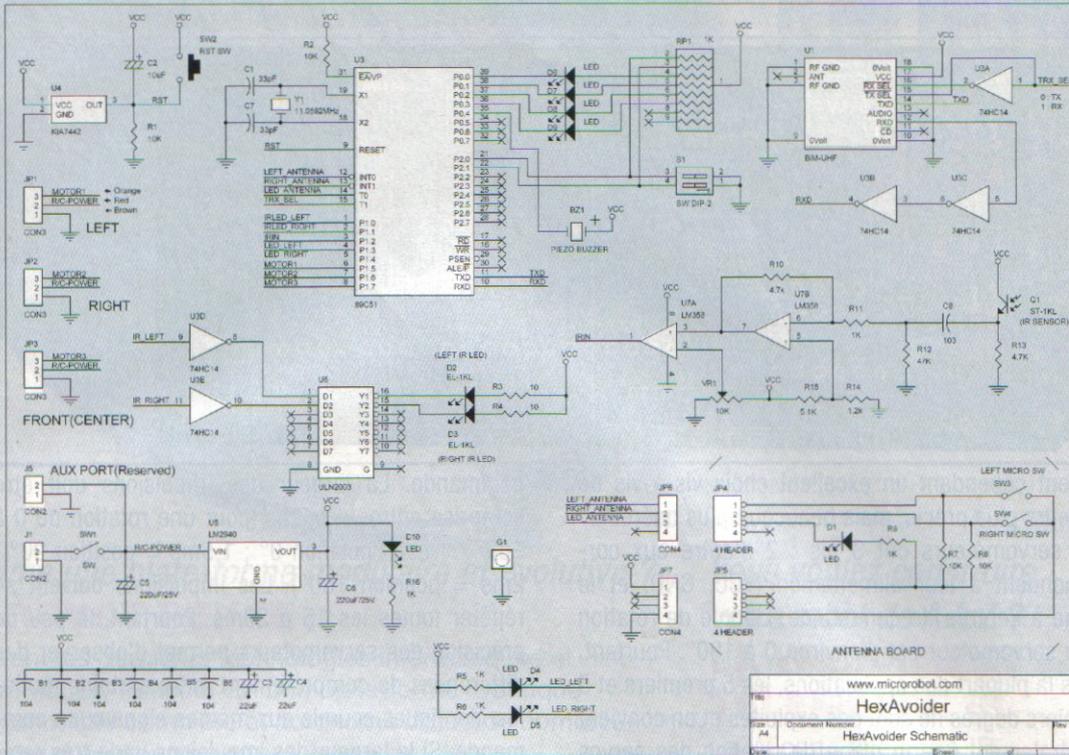


HEXAVOIDER LEXTRONIC

EN KIT

HexAvoider
FIGURE 1

Schéma de principe
retenu par
le constructeur



COMPOSITION ET ANALYSE DE LA STRUCTURE DE L'HexAVOIDER

PARTIE CAPTEURS

- Les capteurs de l'HexAvoider sont calqués sur ceux d'un humain avec, en premier lieu, les diodes IR qui s'apparentent à la vision humaine et ses antennes qui s'apparentent au "touché". Les capteurs analysent l'environnement proche du robot et "remonte" les informations, relatives à ce dernier, à l'unité de contrôle.

- Partie motricité : celle-ci s'apparente aux muscles "humains". Ils servent à piloter le robot à partir des ordres reçus par l'unité de contrôle. Cette partie est assurée et gérée par les servomoteurs.

- Partie unité de contrôle : celle-ci s'apparente au cerveau et correspond peut-être à la partie la plus importante qui contrôlera la partie capteur, la partie communication (interface radio optionnelle) et la partie motricité. En recevant les informations des capteurs et/ou de la partie communication, elle décodera et analysera ces dernières pour faire évoluer le robot en conséquence.

- Partie alimentation : cette partie correspond à l'énergie du robot (en quelque sorte à la "nourriture" du robot). Elle sert à l'alimentation et au fonctionnement de toutes les autres parties.

- Partie communication : cette partie s'apparente aux lèvres et aux oreilles du robot et permet de communiquer à distance avec un compatible "PC"

par le biais d'un module radio optionnel.

- Partie corps: cette partie s'apparente au squelette du robot. Le corps supporte toutes les autres parties.

LES CAPTEURS INFRAROUGES

Deux LED infrarouges (EL-1KL) émettent alternativement des faisceaux. Un capteur IR (ST-1KL) détecte la réflexion des faisceaux. Ce signal est appliqué à un étage d'amplification différentiel associé à un étage "comparateur". Le comparateur compare le signal à une tension de référence paramétrable par un potentiomètre. Le comparateur transmet le résultat de la comparaison à l'unité centrale. Si le signal est plus grand que la tension de référence, cela signifie qu'un obstacle a été détecté et inversement.

LES SERVOMOTEURS

Un servomoteur est un petit moteur électrique associé à une série de petits engrenages, le tout enfermé dans un petit boîtier plastique. Les servomoteurs sont généralement très utilisés par une unité de commande microprogrammée et disposent d'un couple de "commandes" important. Bien que de petites dimensions, très puissants et peu onéreux, ils disposent pourtant de certains points "faibles" : Leur temps de réponse est lent et ils ne sont pas d'une extrême précision. Enfin, leur axe de rotation dispose de limitation et ne peut gérer les 360°. Ils

ADRESSES INTERNET

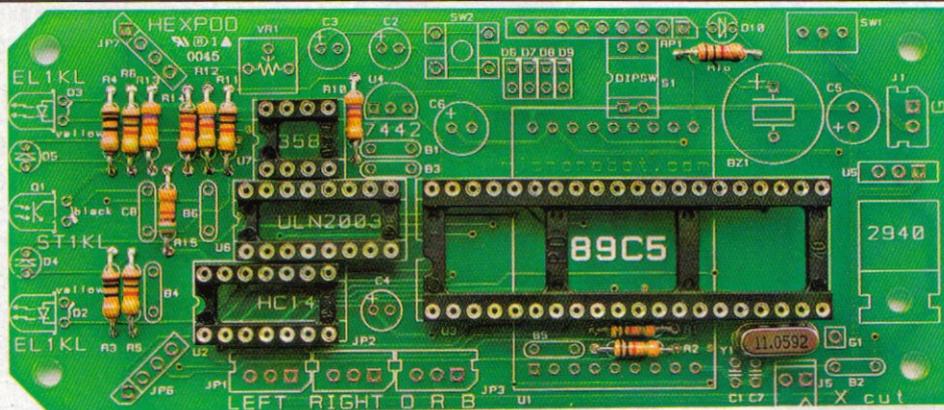
Site de RADIOMETRIX :
www.radiometrix.co.uk

Site de LEXTRONIC :
www.lextronic.fr
lextronic@lextronic.fr

EN KIT

HexAvider

Le nombre de conseils de montage sont divulgués. On commencera par l'insertion des résistances et des supports circuits intégrés



restent cependant un excellent choix vis-à-vis de moteurs plus précis, mais beaucoup plus onéreux. Les servomoteurs ont 3 fils : 2 d'entre eux correspondent à leur alimentation (VCC, GND) et le 3ème à l'entrée de commande. L'angle de rotation d'un servomoteur est d'environ 0 à 190°. Pourtant, dans la plupart des applications, les 5 premiers et 5 derniers degrés ne sont pas exploités et on convient généralement que la plage de rotation des servos est comprise entre 0 et 180° avec une position "neutre" à 90°.

Le signal de contrôle des servomoteurs est du type "PWM" (Largeur d'impulsion modulée). La position de l'axe du servomoteur est fonction de la largeur des impulsions cycliques présentes sur l'entrée de

commande. La largeur des impulsions doit être comprise entre 1 et 2ms (pour une rotation de 0 à 180° : 1ms = position 0° ; 1,5ms = position 90° ; 2ms = position 180°). Les impulsions doivent se répéter toutes les 15 à 20ms. Pourtant, le peu de précision des servomoteurs permet d'observer des différences de comportement entre certains modèles identiques soumis aux mêmes signaux de commande. Si la largeur des impulsions varie très rapidement de 1 à 2ms, le servomoteur partira d'une position extrême à l'autre aussi rapidement que possible. Pour une progression lente, il conviendra de faire varier la largeur d'impulsion très progressivement.

LE SCHÉMA

Le schéma donné en **figure 1** représente la partie électronique de commande du robot. On aperçoit, dans le haut du schéma du circuit principal, le microcontrôleur gérant l'ensemble des opérations ainsi que, sur la droite, l'option du circuit émetteur récepteur BIM de RADIOMETRIX. On voit également le comparateur connecté au récepteur IR (U7A et U7B) ainsi que les circuits U3D, U3E et U6 (ULN2003) alimentant les diodes d'émission infrarouges.

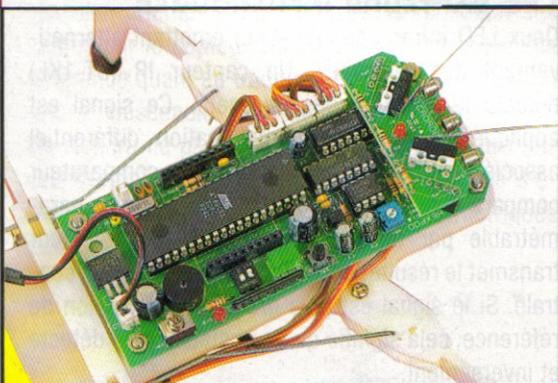
En conclusion, LEXTRONIC nous propose, avec l'HexAvider, un robot permettant une initiation à la robotique intelligente (ou presque !) puisqu'elle utilise un microcontrôleur. De plus, la possibilité d'ajouter un module HF en fait un robot évolutif.

L'HexAvider est commercialisé au prix de : **275,93 € TTC**

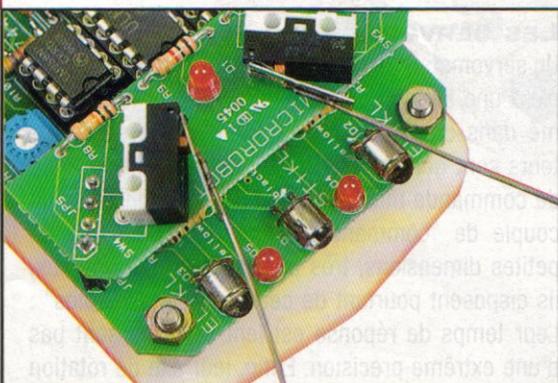
P. OGUIC

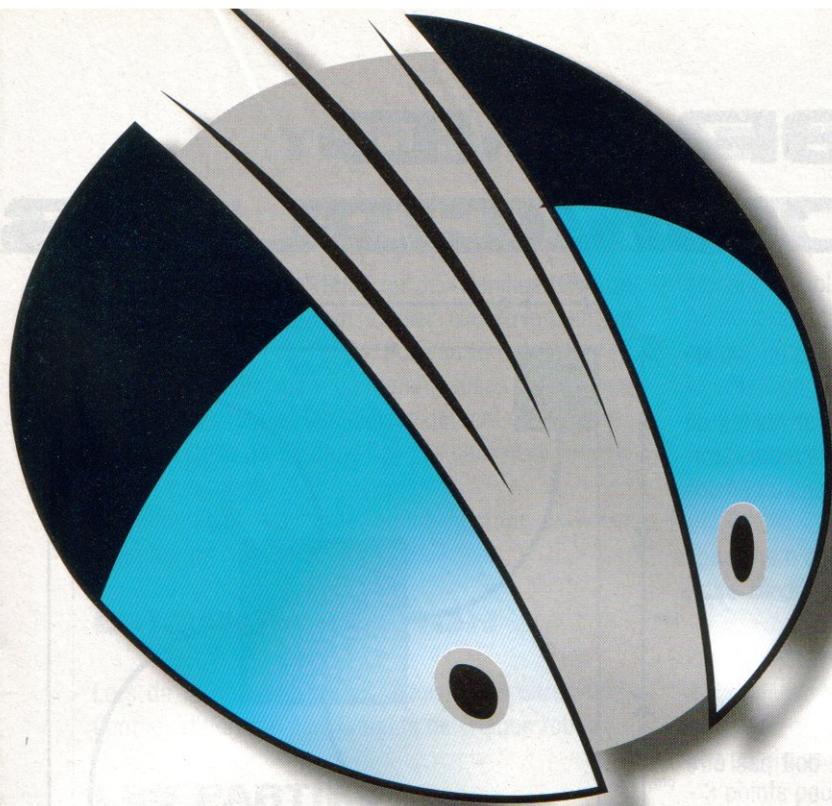
LEXTRONIC - 36/40 rue du Général de Gaulle
94510 La Queue en Brie
Tél. : 01 45 76 83 88 - Fax : 01 45 76 81 41

l'électronique épouse les formes de la structure



Les capteurs mécaniques couvrent les angles morts des capteurs infrarouges





ET VOUS, LA ROBOTIQUE, VOUS LA VOYEZ COMMENT ?

Comme une plate-forme modulaire et évolutive ?

LE ROBOT PEKEE

Intégrant les dernières technologies informatiques et électroniques, Pekee® est une plate-forme robotique programmable complète et autonome dotée de nombreux capteurs d'environnement.

Pekee, grâce à sa grande modularité, s'adapte à tous vos développements et vous permet de mettre en oeuvre vos compétences en :

- robotique mobile
- intelligence artificielle
- électronique
- programmation informatique

Des emplacements sont prévus pour des " cartes filles " : carte STPC, carte d'acquisition vidéo, ou carte à wrapper destinée à recevoir votre propre montage. Ces cartes filles communiquent entre elles par le bus OPP haut débit.

A partir de 3790 euros TTC



Vous voulez construire votre robot de A à Z ?

LA W-CARTE TELEMETRE IR

La W-carte télémètre IR, composée de 8 capteurs infrarouges et d'une carte électronique permet d'introduire de la mesure de distance dans des applications robotiques et embarquées et de faire par exemple de l'évitement d'obstacles.

La W-carte télémètre IR comprenant la carte électronique avec port série, 8 capteurs avec 8 connecteurs à sertir et un câble en nappe, un logiciel compatible Windows et une documentation.

Prix : 599 Euros TTC



Wany recherche distributeurs pour ses produits

Vous préférez créer un robot virtuel ?

L'ATELIER DE DEVELOPPEMENT SDK-PR

Avec ce logiciel vous pouvez construire virtuellement un robot, le programmer en Matlab, en C++ et simuler toutes ses fonctions électroniques au niveau logique. Un simulateur physique temps réel vous offre la possibilité de tester les réactions de votre robot dans un environnement virtuel 3D. Atelier de développement logiciel sous Windows © : SDK Pr

MonoPoste compatible Visual C++©, Matlab©. **Prix : 2725 euros TTC**

Disponible en version limitée sur le CD-ROM Micros et Robots.



WANY ROBOTICS AND MORE !

<http://www.wany.fr>
N° Indigo : 0 820 820 571



Je vous remercie de m'envoyer des informations supplémentaires sur :

- le robot Pekee SDK-Pr la W-carte télémètre IR

Nom : Prénom

Adresse:

CP Ville Pays.....

Email :

Coupon à retourner à :

WANY SA

Cap Alpha
Avenue de l'Europe - CLAPIERS
34940 Montpellier Cedex 9
Tel : +33 (0) 4.67.59.36.26
Fax : +33 (0) 4.67.59.30.10

MAÎTRISER SON ROBOT

MÉCANIQUE

Lego a sorti la troisième version des robots MINDSTORMS

en automne

2001. Développé

avec l'aide du M.I.T

(Massachusetts

Institute of

Technology), il touche

aujourd'hui plus

de 15 000 passion-

nés en France.

L'utilisation des

briques Lego permet

de créer une infinité

de robots pour un

coût fixe. De plus, la

richesse de sa pro-

grammation a déve-

loppé un engoue-

ment dans les tran-

ches des 20-35 ans.



RÉALISER DES CONSTRUCTIONS SOLIDES

Lors des constructions techniques de Lego, l'un des problèmes majeurs est la solidité des réalisations. Réfléchissons ensemble aux quelques règles primordiales à respecter afin de réaliser une ossature solide :

- La taille de la brique RCX détermine entièrement l'allure du robot. Il est important de réfléchir dès le début à la position à lui donner. Cette brique doit-elle être couchée, debout ou bien même placée à l'extérieur du robot (cas d'un bras mobile par exemple) ? Pour les constructions complexes, la brique RCX peut jouer également le rôle de contrepoids.

- Il est nécessaire de renforcer la solidité de l'ossature par la fixation de bras de maintien ou de barres verticales. Pour cela, il faut placer 2 plaques entre les briques afin que les trous soient alignés. Vous transformez ainsi votre construction en un bloc solide (**figure 1**).

- Testez les mécanismes que vous réalisez sur des barres ou des plaques. Puis affinez, simplifiez les engrenages. Pour cela, branchez un moteur pour mieux appréhender les vitesses de rotation, les amplitudes, la solidité de la construction.

LES ENGRENAGES LEGO

Les engrenages sont la base de tout mouvement de votre robot. Il est donc primordial de bien comprendre leurs fonctionnements. Ils permettent de réaliser des rotations qui, suivant les besoins, peuvent être transformées en translation au moyen de crémaillère ou de poulie par exemple.

Les engrenages les plus usuels dans la gamme Lego sont :

- 40 dents, avec un diamètre de 5 unités Lego
- 24 dents, avec un diamètre de 3 unités Lego
- 8 dents, avec un diamètre de 1 unité Lego

Il existe aussi un engrenage de 16 dents mais qui est

Le boîtier RCX qui correspond à la partie électronique du robot possède 3 entrées (la boîte d'origine fournissant un capteur de lumière et deux capteurs de contacts) et 3 sorties. Au premier abord, vous trouverez cela très limité. Mais l'expérience montre que c'est au contraire une force. Les capacités du robot étant limitées, c'est l'ingéniosité de ses utilisateurs qui va permettre d'avoir des comportements riches. Les robots MINDSTORMS sont passionnants parce qu'ils demandent de la créativité, de l'innovation et une pointe de malice.

Vous pourrez alors réaliser des robots à pattes (2, 4, 6, 8 pattes, voire 1 patte...), des bras mécaniques, un lecteur de code-barre, un robot capable de dessiner ou capable d'escalader.

Je vous propose de vous donner quelques conseils afin de réaliser des robots plus solides, aux comportements plus riches. Nous nous intéresserons, aujourd'hui uniquement, à la partie mécanique.

Pour cela, nous commencerons par quelques conseils sur les réalisations techniques. Puis nous entrerons dans le vif du sujet avec la construction d'une pince tout d'abord simple et limitée dont nous augmenterons ensuite les capacités à l'aide d'une vis sans fin. La dernière partie sera consacrée à l'utilisation d'un différentiel. Nous verrons un exemple qui permet d'utiliser un moteur unique pour faire, à la fois, avancer son robot et le faire tourner.

FIGURE 1

FIGURE 2

FIGURE 3

FIGURE 4

FIGURE 1
Principe de renforcement de la solidité

FIGURE 2

FIGURE 3

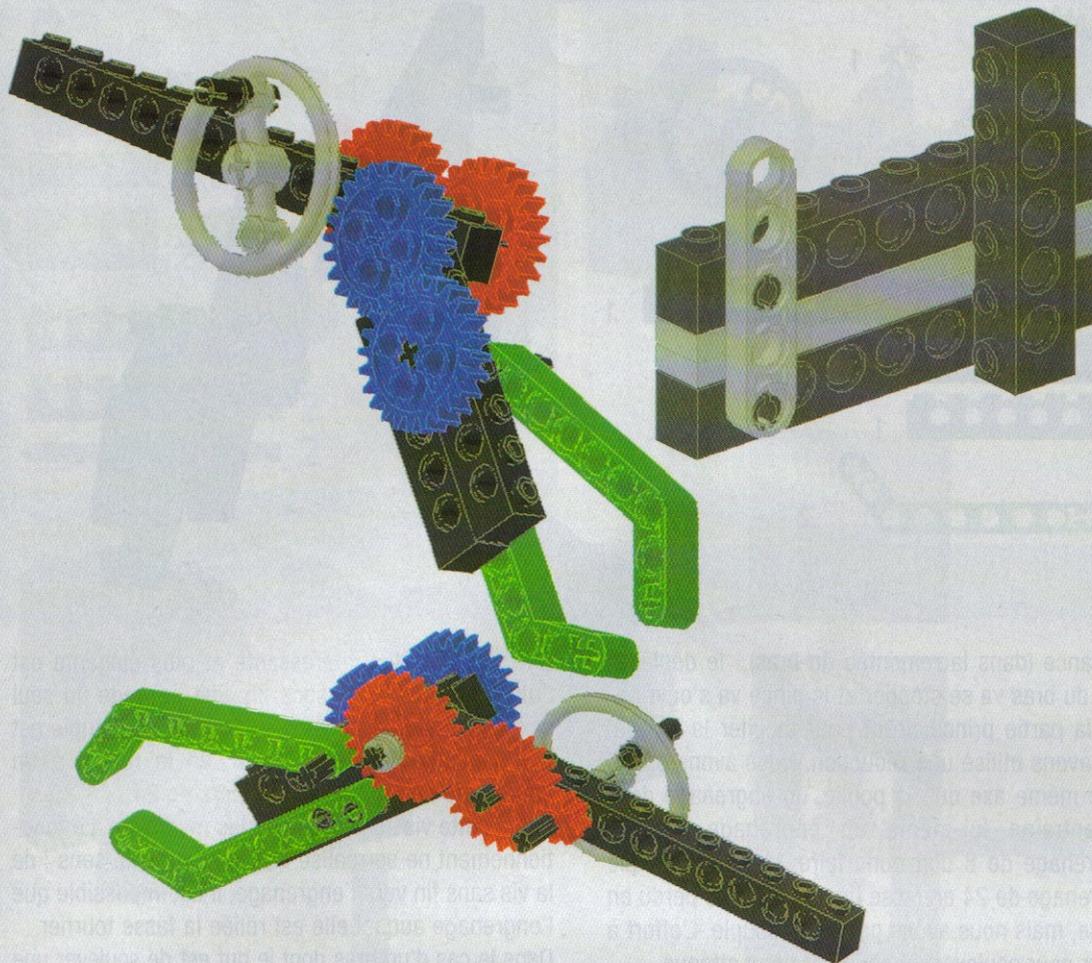
FIGURE 4

FIGURE 2

Exemple de réalisation d'une pince.

FIGURE 3

Pour cette pince, on dispose d'une partie fixe et d'une partie mobile. Les éléments ont été colorés pour une meilleure compréhension.



peu utilisé à cause de son diamètre mal adapté aux constructions Lego.

Enfin la boîte MINDSTORMS contient un engrenage (blanc) 24 dents qui a la possibilité de patiner ; C'est à dire ne plus transmettre l'énergie qu'il reçoit et, ainsi, stopper le mécanisme. Cela peut éviter, dans certains cas, d'avoir à mettre un capteur pour connaître la fin de trajectoire d'un mécanisme.

RÉALISATION D'UN BRAS ÉQUIPÉ D'UNE PINCE EN UTILISANT UN SEUL MOTEUR

Pour mettre en application l'utilisation optimum des engrenages, nous allons, à l'aide d'un seul moteur, permettre deux actions : saisie d'un objet avec une pince et levée de cette pince à l'aide d'un bras. Commençons par un modèle très simple que nous actionnerons manuellement. Les engrenages Lego utilisés sont en réalité gris, mais nous en avons changé les couleurs sur les représentations graphiques

pour une meilleure compréhension (figures 2 et 3). La pince est très simple avec une partie fixe et une partie mobile. L'énergie est apportée manuellement à partir de la poulie grise qui est utilisée, ici, comme manivelle. Lorsque vous tournez cette poulie dans le sens des aiguilles d'une montre, le bras se baisse, puis la pince s'ouvre. Après avoir attrapé un objet, vous tournez la poulie dans le sens trigonométrique, la pince se referme, puis le bras se lève avec l'objet dans la pince. Pour permettre d'avoir deux actions différentes, nous allons utiliser deux montages d'engrenages distincts : un en bleu que nous appellerons principal, et l'autre en rouge que nous appellerons secondaire. La partie secondaire permet d'ouvrir et fermer la pince. Lorsque vous tournez pour fermer la pince, elle se resserre et chaque doigt vient en butée sur l'autre ou sur un objet. A ce moment, les engrenages de la partie secondaire ne peuvent plus tourner. C'est donc le support qui va être entraîné, c'est à dire le bras de la pince.

Dans le sens inverse, c'est tout d'abord le bras qui va être actionné, entraîné par son poids (et le poids de la charge). Une fois en bas, la gravité va devenir une

MÉCANIQUE ASSEMBLAGE

FIGURE 2A 
éléments constitutifs
des figures 1 et 2.

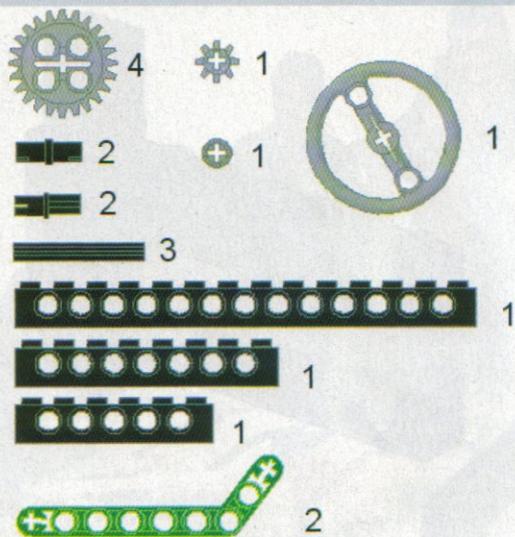
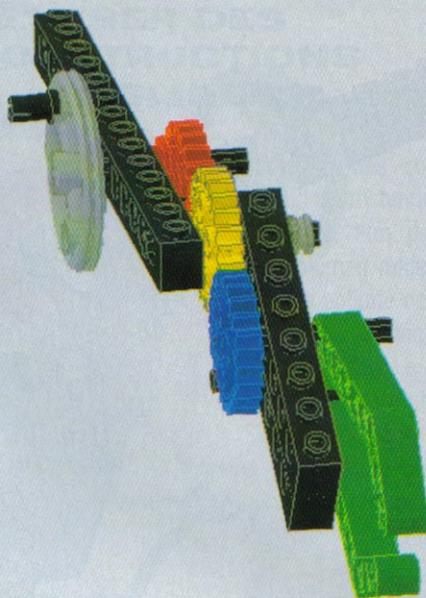


FIGURE 4 
Autre possibilité
de réalisation.



résistance (dans la remontée du bras), le déplacement du bras va se stopper et la pince va s'ouvrir. Pour la partie principale et pour faciliter le levage, nous avons utilisé une réduction. Nous avons placé, sur le même axe que la poulie, un engrenage de 8 qui entraîne lui-même un engrenage de 24. L'engrenage de 8 doit donc faire 3 tours pour que l'engrenage de 24 en fasse un. Nous avons perdu en vitesse, mais nous avons gagné en couple. L'effort à fournir pour soulever un objet est donc atténué. Appliquons les recommandations du début et simplifions ce mécanisme. En fait, nous avons deux engrenages (un pour la partie principale, un pour la partie secondaire) qui se trouvent sur le même axe. Mettons-les en communs et plaçons les engrenages au centre avec le bras fixe d'un côté et le bras mobile de l'autre. Ainsi, nous gagnons un engrenage et réduisons le volume (voir **figure 4**). Pour le reste, le fonctionnement est identique.

UTILISATION D'UNE VIS SANS FIN

Si nous essayons cette pince avec un moteur, nous remarquons rapidement que le moteur peine dès que la charge est un peu lourde. Par contre, la pince est très rapide... à vide. La vitesse n'a pas besoin d'être élevée pour l'utilisation d'une pince. Nous allons donc augmenter le couple pour pouvoir soulever une charge plus importante. La première solution consiste à créer un train d'engrenage pour la partie principale, en créant des réductions. Sachant que la boîte Lego MINDSTORMS contient des engrenages à 8 et 40 dents, il peut y avoir un gain important dans ce sens.

Une solution plus intéressante et plus élégante est l'utilisation d'une vis sans fin. Elle possède un seul engrenage et, par conséquent, le gain en couple est tout de suite important. Ainsi, en la reliant à un engrenage de 24, le gain est alors de 24.

Enfin, cette vis sans fin n'est pas réversible. Le fonctionnement ne se réalise que dans un seul sens : de la vis sans fin vers l'engrenage. Il est impossible que l'engrenage auquel elle est reliée la fasse tourner.

Dans le cas d'un bras dont le but est de soulever une charge, cela permet à la charge de rester bloquée, même si le moteur est à l'arrêt (action impossible avec la première version de la pince). La vis sans fin peut être placée complètement en amont des engrenages (directement à la sortie du moteur). Nous obtenons ainsi un gain de réduction sur l'ensemble des engrenages pour le fonctionnement du bras et pour celui de la pince (**figures 5, 6, 7 et 8**). Les plaques de maintien (le plan de support de l'ensemble) ne sont pas représentées pour une meilleure lisibilité des figures.

Il suffit maintenant de relier cette construction à notre pince précédente pour obtenir la **figure 9**.

Comme prévu, la levée est plus lente qu'avec la première pince ; par contre, elle est puissante et capable de soulever des charges relativement importantes (ce montage permet de soulever un moteur Lego).

Nous avons deux réductions, une avec la vis sans fin et une avec le branchement entre l'engrenage de 8 et l'engrenage de 24. Nous avons donc un gain d'un facteur de 24 et un d'un facteur de 3. Le gain total est donc de $3 \times 24 = 72$. Si besoin, il est possible de réduire encore la construction en ajoutant des engrenages. A noter aussi que la longueur du bras est déterminant dans la capacité de levage. Plus le bras est long, plus il est difficile de lever la charge.

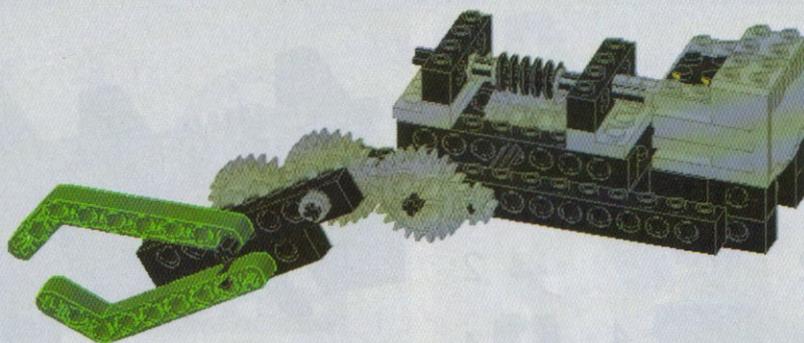


MÉCANIQUE

ASSEMBLAGE

FIGURE 9 ◀

Réunion de la construction à la pince précédente.



mécanismes les plus intéressants : le différentiel permettant de relier deux axes indépendants. Ils peuvent tourner à des allures différentes, mais leur vitesse moyenne de rotation sera égale à celle du noyau du différentiel.

Le différentiel contient 3 engrenages coniques et deux tiges d'axes différentes (figure 10).

La compréhension de son fonctionnement n'est pas triviale. Tout comme les engrenages, le meilleur moyen est de jouer et tester le mécanisme pour mieux l'appréhender. En tournant le différentiel, nous faisons aussi tourner les deux tiges. Si nous bloquons une des tiges, l'autre tournera 2 fois plus vite (la moyenne des deux axes est égale à la vitesse de rotation du noyau).

Utilisons cette propriété à l'aide d'un cliquet pour bloquer un des axes. Ainsi, en marche avant, les deux axes tournent et permettent d'entraîner une roue droite et une roue gauche. En marche arrière, nous

bloquons un axe et seule une roue tourne, ce qui a pour conséquence de faire pivoter le robot.

CONCLUSION

Ces deux montages montrent comment utiliser, au mieux, les possibilités mécaniques des robots MINDSTORMS. Il ne vous reste plus qu'à incorporer ces montages dans vos robots. A eux deux, ils utilisent les deux moteurs de la boîte MINDSTORMS, il est donc possible de les regrouper sur un même robot qui sera ainsi capable de saisir un objet, le soulever et le transporter.

Bonne construction et soyez innovateur !

J. DAMELINCOURT

FIGURE 10 ◀

Le différentiel contient trois engrenages coniques et deux tiges d'axes différentes.

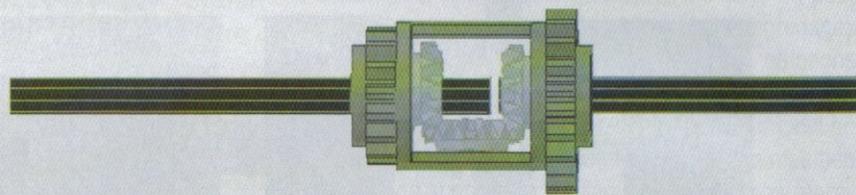


FIGURE 10A ◀

Pièces constitutives du différentiel.

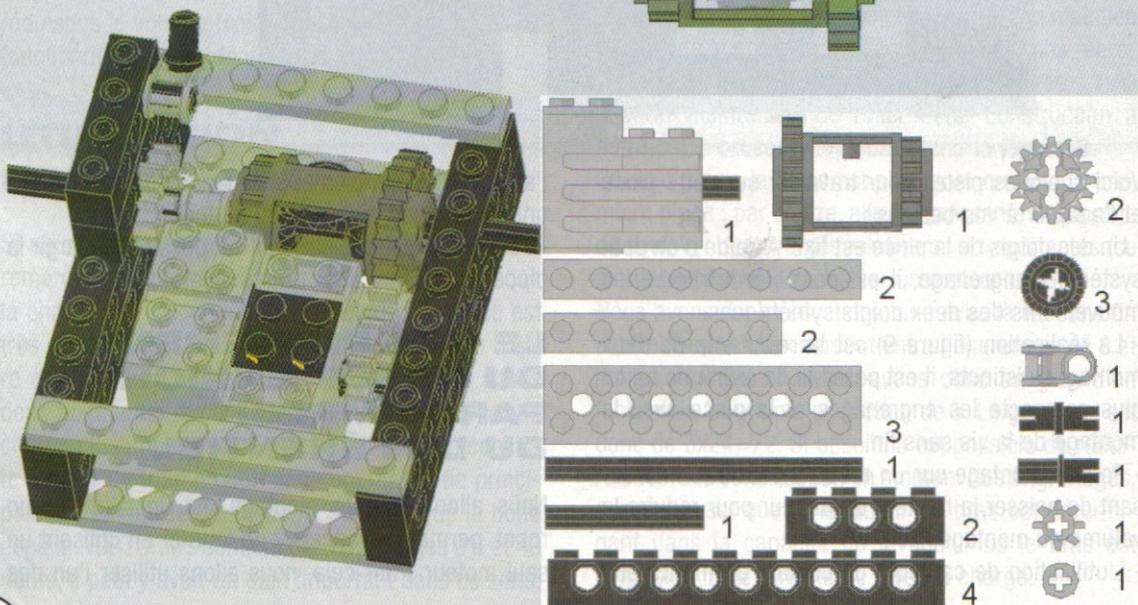


FIGURE 11 ◀

Vue d'ensemble.

LES SERVOMOTEURS DE RADIOCOMMANDE

RÉALISATIONS

Le servomécanisme de radiocommande est un composant complexe mais pourvu de qualités et surtout susceptible d'être détourné de sa tâche initiale : commander les gouvernes de modèles réduits. Il exerce une force importante mais avec une vitesse lente comparée à celle d'un moteur électrique à courant continu. Le moteur électrique tourne rapidement mais avec une vitesse élevée. Il demande donc un réducteur de vitesse.

DÉCOMPOSITION

Dans son boîtier, généralement de matière plastique, le servomécanisme de radiocommande comporte un moteur électrique basse tension, un réducteur à engrenages, un potentiomètre de recopie de position, une électronique de commande et un organe de sortie.

Le moteur électrique du servo travaille sous une tension de 4,8 à 6V correspondant à quatre accumulateurs Ni-Cd (tension nominale de 1,2V par élément) ou quatre piles de 1,5V ou encore 3 éléments au plomb de 2V chacun. Il tourne très vite (plusieurs milliers de tours par minute) mais a un

des roulements à bille.

L'axe de sortie est généralement réalisé dans une matière plastique, le palonnier s'emmanche sur l'extrémité de l'arbre par une surface conique et crantée ou un carré assurant la transmission du couple sans glissement. Une vis assure l'immobilisation axiale du palonnier.

Le couple fait partie des spécifications du constructeur, c'est un produit force x distance, généralement la force est exprimée en kgf (1 kgf = 10 N) et la distance est annoncée en cm. A couple donné, plus la distance est courte et plus la force est élevée, on a donc intérêt à donner le couple avec une distance faible... On reste néanmoins assez près

d'une donnée pratique compte tenu de la taille du palonnier. Pour les gros servos ou les servos type treuil à bras, le problème est différent, le bras de levier étant nettement plus long. Attention, le couple dépend de la tension d'alimentation, entre 4,8 et 6V, le facteur est voisin de 1,25...

L'angle de rotation du servo est limité dans le servo lui-même par une butée mécanique permettant une rotation d'environ $\pm 100^\circ$. Le servo entraîne un potentiomètre de recopie dont la rotation maximale est de 270° et correspond à l'angle dont le curseur peut se déplacer. Le potentiomètre dispose lui-même de butées internes qu'il



couple limité. On doit donc lui adjoindre une démultiplication. Cette dernière sera réalisée à partir de pignons de matière plastique à haute résistance moulés avec un module* et une épaisseur s'accroissant au fur et à mesure que l'on s'approche de la sortie. Un gros module conduit à des dents plus grosses donc susceptibles de transmettre un effort plus important. Les servomécanismes de haut de gamme associent matière plastique et métal.

* Le module est le quotient du pas, exprimé en millimètre, au nombre p.

Le pas des dents est donc égal à $p \times \text{module}$.

Les paliers de l'arbre de sorties sont en matière plastique sur les servos économiques. On passe ensuite aux arbres en matière plastique associés à des bagues de frottement en alliage fritté à réserve d'huile et, sur les modèles de haut de gamme

est préférable d'éviter de brusquer. L'électronique limite le débattement à une soixantaine de degrés, il est inutile d'aller plus loin : à 90° , la rotation de l'arbre n'entraîne aucun déplacement de la commande : les commandes par palonnier ne sont pas linéaires mais en forme de sinuséide : un déplacement de 1° près du neutre entraîne un mouvement plus important que le même déplacement angulaire à 45° ...

Certains servomécanismes sont conçus pour des tâches particulières, par exemple une commande de train d'atterrissage, et autorisent une rotation de 180° , en fin de course, le train est verrouillé par le servo... Les servos treuils déroulent un câble sur une longueur de plusieurs dizaines de centimètres, ce qui demande plusieurs tours de tambour. Le potentiomètre de recopie est installé avec un étage de démultiplication supplémentaire.

ÉCANISMES MANDE

RÉALISATIONS

SERVO MECANISMES

LES MODÈLES

Les servomécanismes sont présentés dans les catalogues des marques de modèles réduits, ce sont les fabricants de radios qui les proposent avec une fabrication généralement Est orientale, avec quelques exceptions.

Les plus petits servos, conçus pour les micros modèles réduits à propulsion électrique, pèsent moins d'une dizaine de grammes (Un HS 50 HITEC pèse 5,8 g.) et le plus lourd (PS 050 chez TIGER) près de 300 g. avec un couple allant de 60 à 650 Ncm... Ce dernier est surtout conçu pour des applications professionnelles comme l'animation dans les parcs d'attraction.

La puissance est fournie au moteur par un circuit intégré souvent associé à des transistors qui augmentent le courant de sortie. Pour les très grosses puissances, on utilise des transistors à effet de champ (FET).

Le signal de commande du servo est une impulsion de largeur variable (valeur moyenne de 1,3 à 1,6 ms \pm 500 ms) répétée toutes les 20 à 30 ms.

L'angle de sortie du servo est approximativement proportionnel à la variation de largeur d'impulsion. La linéarité étant fonction de celle du potentiomètre d'asservissement. Le circuit de commande est figé, sur certains servomécanismes, par exemple ceux de treuils pour voiliers, il est possible de fixer des limites au débattement du servo. La marque coréenne HITEC, distribuée par MRC, vient de mettre à son catalogue des servos numériques programmables par logiciels. On programmera la vitesse, la position de sécurité, la zone morte centrale, les fins de course et le neutre.

L'amplificateur de servo se caractérise par divers paramètres, il existe une plage morte autour de la position finale, plage qui évite au moteur de rechercher en permanence son équilibre. Cela se traduirait par un pompage et une consommation inutile. Dès que le circuit détecte une variation de largeur assez importante, le circuit électronique envoie toute la puissance dans le moteur. La sortie bénéficie ainsi, dès le démarrage du moteur, du couple important nécessaire à l'entraînement des gouvernes.

Il en résulte, par ailleurs, une difficulté d'exploitation d'un servomécanisme en variateur de vitesse. L'explication est simple : le circuit travaille alors en boucle ouverte avec un gain très important. La moindre variation, volontaire ou non, de la largeur de l'impulsion se traduit par une variation rapide de la vitesse de rotation du moteur. Pour une exploitation d'un servomécanisme en moteur de propulsion, des

modifications sont nécessaires au niveau du circuit électronique, elles réduisent le gain en boucle ouverte. On pourrait imaginer aussi un circuit détecteur de vitesse que l'on introduirait dans la boucle de contre-réaction et qui permettrait alors un contrôle précis de la vitesse. L'asservissement se ferait alors en vitesse et non en angle : la vitesse de rotation serait proportionnelle à l'écart entre la largeur de l'impulsion au neutre et l'émission présente à l'entrée du circuit de commande.

Restons dans l'exploitation du servo en moteur, donc avec une rotation continue. Elle suppose une modification mécanique du servo afin d'éliminer les butées mécaniques. Vous devrez donc démonter le servomécanisme en repérant bien la position relative des pignons et des axes (attention au sens des pignons, certains disposent d'une surépaisseur qui doit être placée au bon endroit afin d'éviter un frottement inutile !).

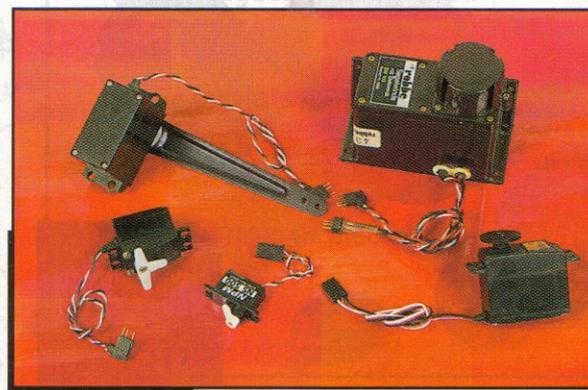
Par ailleurs le pignon de sortie, c'est à dire le dernier, peut servir de butée et ne comporte de dents que sur la moitié de sa périphérie, à moins que son épaisseur ne soit pas identique sur toute sa circonférence. Dans ce dernier cas, il comportera une zone de faible résistance.

Le potentiomètre doit aussi être enlevé et, s'il contribue au centrage de l'axe de sortie, il faudra le



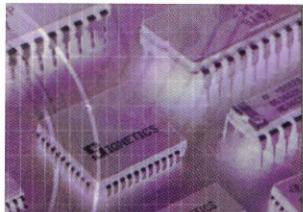
2

A gauche : pignon matière plastique et palier fritté ; au centre : pignon métallique et roulements à bille ; à droite : un servo français, Radio Pilote, engrenage à chevron



3

Différents modèles de servos : servo treuil à bras, à tambour, servo standard, mini et pico.



LES MARCHÉS DE RAISONNEMENT

RÉALISATIONS

SERVOMÉCANISMES

de radiocommande est un composant complexe mais offre de qualités et surtout susceptible d'être détourné de sa tâche initiale : commander les gouvernes de modèles.

démonter à son tour afin d'éliminer ses propres butées mécaniques.

Les servomécanismes peuvent aussi être utilisés sans leur électronique d'origine. On dispose alors d'un moto-réducteur dont l'axe de sortie tournera à la vitesse de 60 t/mn environ avec limitation ou pas de l'angle de sortie suivant le traitement que vous lui aurez fait subir.

On ne trouve pratiquement pas de servo sans leur électronique, compte tenu du prix de vente de servos économiques : environ 120 F, il peut être intéressant de démonter l'électronique pour conserver le moto-réducteur. On trouve des mécaniques de servo avec potentiomètre chez CONRAD ou MOTOR MODEL pour 95 F.

Attention, le prix des servos dépend aussi de leur qualité, si vous payez un servo 70 F, vous en aurez pour 70 F et la durée de vie risque de ne pas atteindre vos espérances.

Assurez-vous aussi de la garantie offerte sur un produit qui peut vous sembler un peu trop économique.

Une fois le servomécanisme débarrassé de son électronique, on peut lui adjoindre une électro-

nique personnalisée, purement analogique. On peut utiliser pour cela des petits amplificateurs basse tension et stéréo capables de délivrer 1A associés à un circuit d'entrée, l'angle de sortie sera alors proportionnel à la tension continue appliquée sur l'entrée.

Ce type de commande sera continu, on peut aussi l'utiliser en tout ou rien en générant un "0" et un "1" correspondant chacun à une tension, donc à une position du palonnier de sortie.

Le potentiomètre peut être utilisé pour servir de contacts de fin de course. Pour ce faire, on coupe la piste résistive à l'endroit où on désire faire cesser la rotation.

Lorsque le servomécanisme tournera, le curseur viendra en contact avec la piste et le circuit électronique de commande sera prévu pour couper le moteur tout en autorisant son départ en sens inverse.

EXPLOITATION DES SORTIES

Les sorties de pratiquement tous les servos sont rotatives, les rares servos à sortie rectiligne ont pratiquement disparu du marché, on en trouvait chez GRAUPNER et LEXTRONIC. Ils permettaient d'avoir une sortie linéaire en fonction du signal d'entrée, donc un effort constant. Si cette formule vous tente, il existe chez KAVAN (MRC) un adaptateur à crémaillère...

Une grande variété de palonniers est proposée avec les servomécanismes, vous en trouverez de toutes formes. Simples, doubles, ou en disque, ils reçoivent des chapes de transmission avec ou sans rotule suivant les besoins.

Ces accessoires se trouvent sur les mêmes points de vente que les servos.

Attention, si une butée mécanique limite le débattement de l'organe commandé, l'impulsion peut commander un déplacement plus important que celui autorisé par la configuration mécanique. Il faut donc impérativement vérifier l'absence de butée ou, si un obstacle est prévu, on utilisera un "sauve servo" qui entre en service en cas d'effort trop important. Si un effort trop important est exercé, un ressort entre en service et limite l'effort du servomécanisme.

La source d'alimentation devra être assez puissante, les servomécanismes ont besoin d'une tension de 4,8 à 6V, avec une alimentation de 6V le couple et la vitesse sont plus élevés. Pensez au fait que plusieurs servos peuvent fonctionner simultanément.

4

Collection de palonniers, on peut les orienter par rapport au neutre.



5

Mécanique de servo EK MOTOR MODEL, une gravure du potentiomètre permet de fabriquer des contacts de fin de course



ROUE À COD INCRÉMENTAL

MÉCANIQUES

Les robots mobiles se déplacent selon plusieurs principes : sur des pattes, sur des chenilles, mais le plus fréquemment sur des roues. Votre magazine "MICROS & ROBOTS" doit vous offrir les moyens techniques nécessaires aux réalisations robotiques. Loin de servir uniquement "d'outil" de locomotion, la roue sophistiquée intègre également le capteur de position. En électronique, la robotique s'assimile à un art où chacun donne à sa création un peu de lui-même. La roue, dont nous vous proposons la description, se veut non seulement originale et jolie, mais ne vous coûtera pas plus d'un ou deux euros symboliques. En effet, vous la réaliserez à partir de deux CD ROM généreusement offerts à des fins publicitaires.

RAPPEL SUR LES PRINCIPES DE CODAGE

Un déplacement simple ne retourne aucune information sur la situation précise du mobile. Lorsque deux moteurs tournent simultanément (gauche et droit) afin de mouvoir un robot, la logique des choses laisse penser que deux actions identiques produisent le même effet.

Or, la pratique nous démontre souvent le

phototransistors et de LED. Le disque de codage comporte des parties fortement réfléchissantes et des zones d'un noir mat qui absorbent la lumière. Il existe des disques à codage binaire retournant la position de la roue sur plusieurs bits, la précision atteint le degré et demi pour huit bits. Notre roue comporte un codeur incrémental.

Le principe reste le même, car la lumière d'une LED se reflète sur un disque, partiellement occulté par un cache découpé en zones régulières, pour atteindre un phototransistor. La différence réside dans le fait que nous travaillons sur une seule cellule. Le retour de l'information ne renseigne plus sur la position précise, mais permet de connaître à tout instant la progression de la roue en envoyant une suite d'impulsions (12 par tour).



LA RÉALISATION

La première opération consiste à coller le cache noir sur un CD ROM du côté réfléchissant afin de le transformer en codeur incrémental. La **figure 1** donne le patron de la découpe à effectuer. La méthode diffère selon le matériau utilisé ; le papier "Canson" se taille avant le collage, alors que le plastique adhésif de type "Vénilia" se colle avant, les découpes se réalisent ultérieurement à la lame. Quel que soit le principe retenu, il suffit de juxtaposer parfaitement le patron photocopié, après élimination

des secteurs blancs et du centre, puis de tracer sur le cache.

contraire. L'imprécision de construction des moteurs ou des trains d'engrenages engendre des différences de vitesses ou des "durs" mécaniques générateurs de disparités. Le comptage du temps de fonctionnement n'assure plus une précision suffisante.

La solution à nos problèmes consiste à faire tourner, sur le même axe que notre roue, un capteur nous informant de sa position ou de sa progression. Si la rotation se limite à quelques tours, l'emploi d'un potentiomètre simple ou multitours se justifie parfaitement (comme sur un servomécanisme de modélisme). Le cas qui nous préoccupe ne s'accommode pas de ce composant car la roue peut tourner sur de longs parcours.

Le capteur s'appelle ici un codeur et travaille en liaison avec une, ou plusieurs cellules, à base de

Il convient maintenant de confectionner les flasques des moyeux dans des chutes de fibre époxy pour circuits imprimés suivant le dessin de la **figure 2**. Chaque roue en comporte deux. Percez les trois trous de 3 mm de diamètre en périphérie. Le centre doit laisser passer l'axe de rotation de la roue. Sur notre maquette, le trou fait 3 mm de diamètre. Vous devez souder, à plat sur la face cuivrée d'une des flasques, un écrou en laiton de 3 mm alésé à ce diamètre centré par une vis serrée provisoirement. Sur l'autre flasque, soudez une borne de domino électrique de 6 mm² de section, tenue debout par une vis de 3 mm et son écrou le temps de la soudure. Prenez garde à ne pas souder les vis sur leur filetage ! La borne de domino remplace avantageuse-

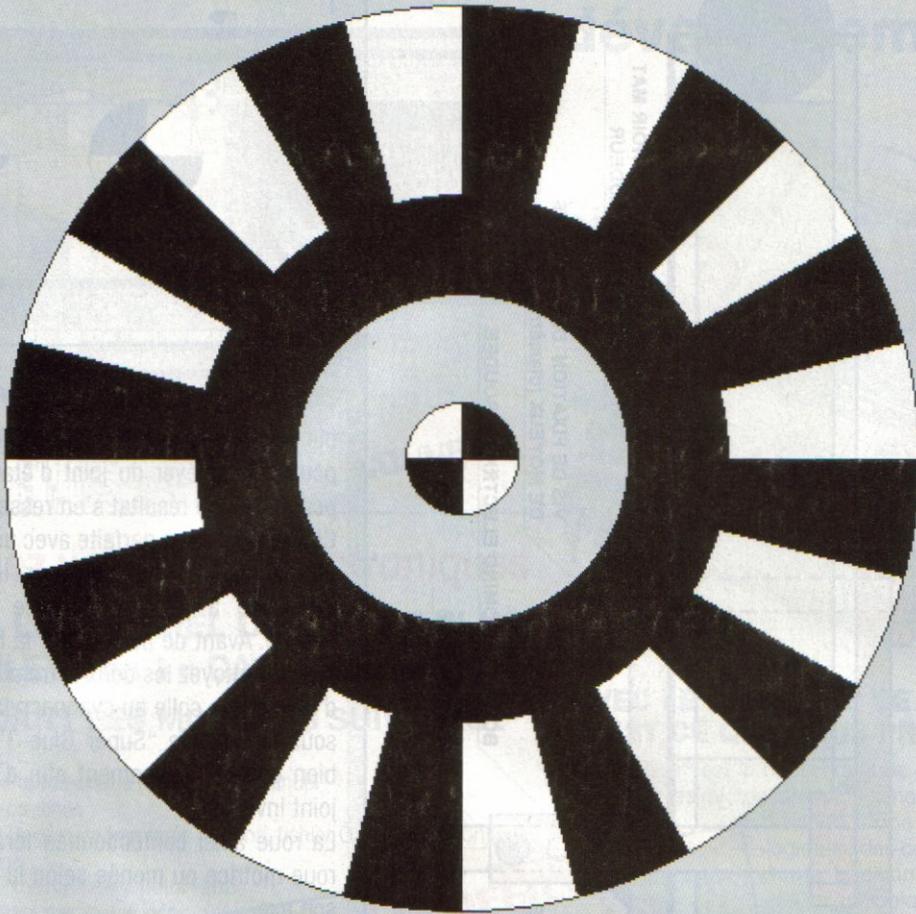


FIGURE 1

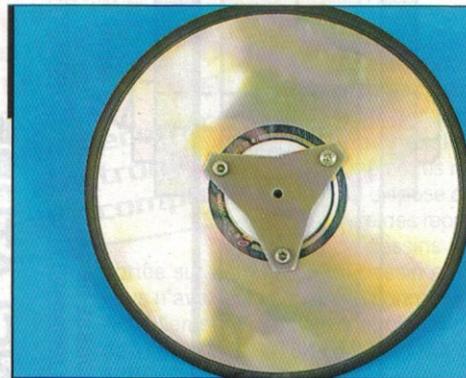
*Dessin du codeur
incremental*

ment la bague d'arrêt et permet le blocage de la roue sur son axe à l'aide des deux petites vis pour un coût dérisoire.

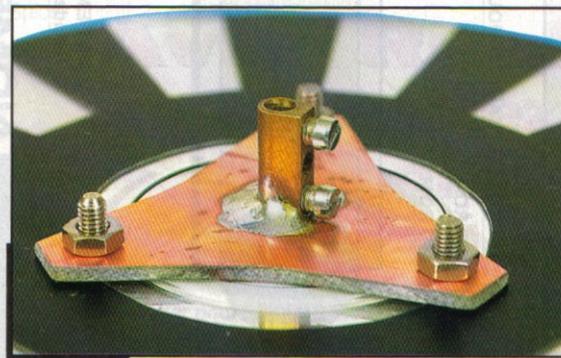
Vous devez aussi tailler, dans une feuille de carton plume ou de balsa de 5 mm d'épaisseur, un second cercle de 115 mm de diamètre. Ce dernier donne du volume et de la rigidité à la roue.

A ce stade, il suffit d'assembler, par collage et à l'aide des trois vis, le CD ROM non modifié, le disque entretoise en carton plume (ou en balsa), le CD ROM servant de codeur et les deux flasques, selon le plan de la **figure 3**. Il faut travailler soigneusement et éviter que les différentes pièces bougent lors du perçage des trois trous destinés au passage des vis de fixation. Accordez la plus grande attention au centrage de l'axe au travers des différentes pièces ; de ce travail dépend la régularité de rotation de la roue. Gardez la face réfléchissante à l'extérieur pour une meilleure finition.

Le bandage de roulement est fabriqué au moyen de joint, de section ronde, en mousse de caoutchouc de 5 mm de diamètre. Ce produit se trouve, notamment, au magasin "BHV" de Paris, gageons qu'il soit possi-



*L'aspect extérieur
de la roue*



*Opération de soudure
d'une borne domino
électrique de 6 mm² de
section*

MÉCANIQUES

CODEUR

FIGURE 2

Dessin d'une flasque

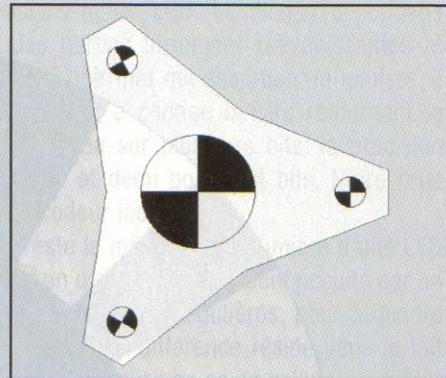
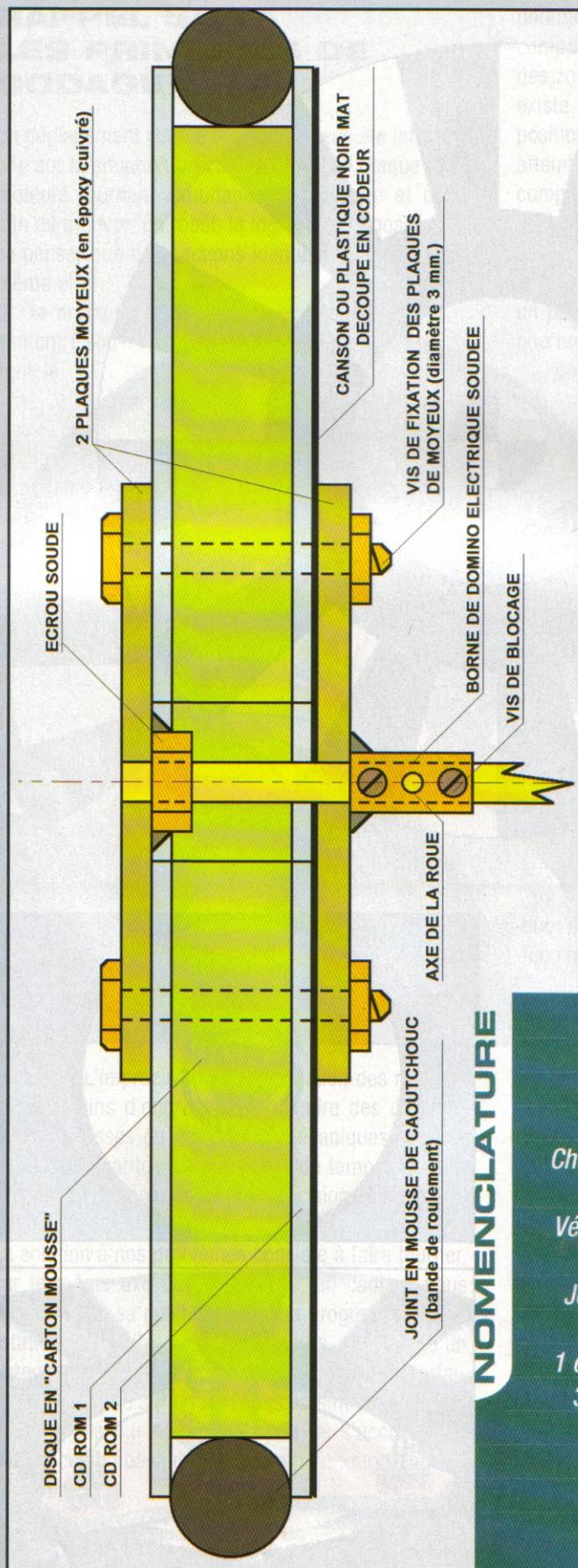


FIGURE 3

Coupe générale de la roue assemblée

ble de s'en procurer ailleurs ; à défaut, vous pourrez employer du joint d'étanchéité de porte, mais le résultat s'en ressentira.

Coupez, de façon parfaite avec une lame de cutter neuve, une longueur légèrement inférieure à la circonférence du cercle interne. Avant de positionner la bande à sa place, jointoyez les deux extrémités à l'aide d'une bonne colle au cyanoacrylate vendue sous le nom de "Super Glue-3". Veillez à bien garder l'alignement afin d'obtenir un joint invisible.

La roue ainsi confectionnée fera office de roue motrice ou menée selon la fixation de son axe.

Y. MERGY

NOMENCLATURE

Liste des fournitures pour une roue

- 2 CD ROM
- Chutes de plaques de circuits imprimés (époxy cuivrée de 5x10 cm)
- Vénilia ou papier "Canson" noir mat de 12x12 cm (voir texte)
- Joint rond en mousse de caoutchouc (voir texte)
- 1 écrou en laiton de 3 mm de diamètre
- 3 vis, écrous et rondelles de 3 mm de diamètre
- 1 axe de 3 mm de diamètre
- Adhésif
- Colle Super Glue-3

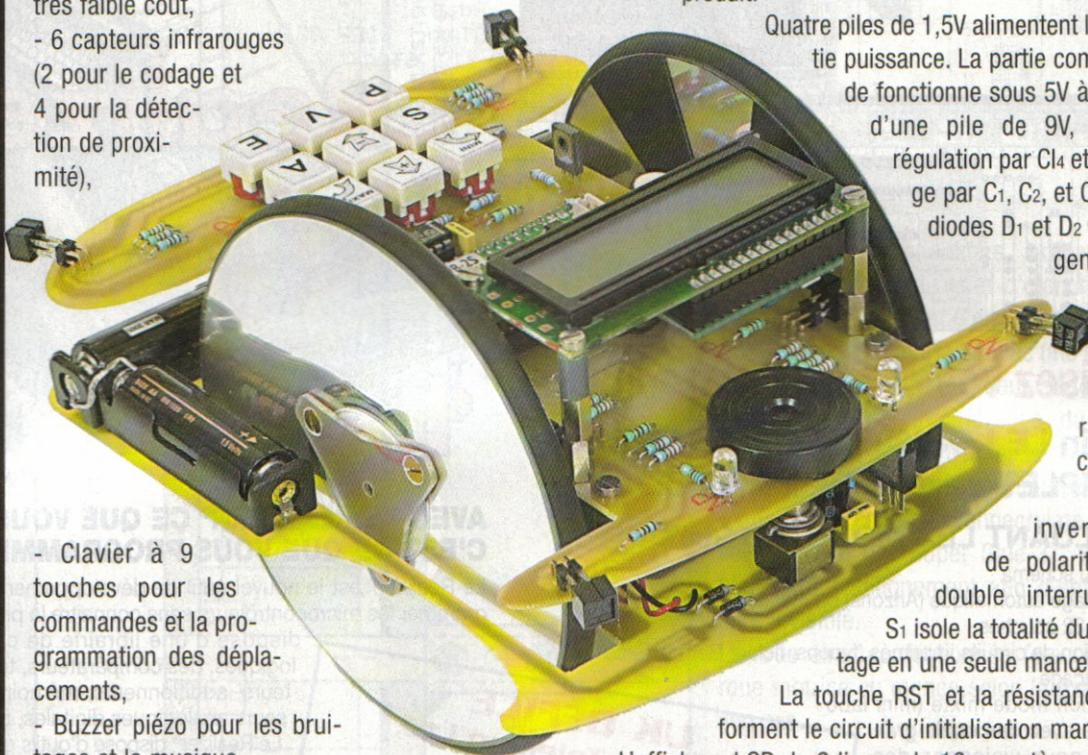
ROBOT MOBILE PROG

RÉALISATIONS

Votre magazine vous propose, ce mois-ci, l'étude d'un robot performant, capable de rivaliser avec des modèles commerciaux bien plus onéreux. Sa programmation, simplifiée par l'emploi d'un langage évolué, et sa grande capacité de mémoire permettent d'envisager des comportements dictés par une forme d'intelligence artificielle. Les châssis, élaborés à base de circuits imprimés, rendent la réalisation mécaniquement pratiquement inexistante et d'un coût dérisoire. L'électronique articulée autour d'un microcontrôleur récent, de la société COMFILE®, le PIC-BASIC-2S, ne requiert que très peu de composants périphériques pour des performances habituellement difficiles à atteindre en robotique de loisirs.

CARACTÉRISTIQUES ET POSSIBILITÉS

- 2 moteurs à CC jumelés avec réducteurs de vitesse mécaniques intégrés,
- Roues de grand diamètre à codeur incrémental à très faible coût,
- 6 capteurs infrarouges (2 pour le codage et 4 pour la détection de proximité),



- Clavier à 9 touches pour les commandes et la programmation des déplacements,
- Buzzer piézo pour les bruitages et la musique,
- Alimentations, commande et puissance séparées (1 pile de 9V et 4 piles 1,5V),
- Affichage en temps réel sur écran LCD de 2 x 16 caractères,
- Aucune pièce mécanique de châssis à réaliser,
- Les 2 circuits imprimés découpés servent de châssis rigide,
- Fonctionnement autonome,
- De 1 à 1000 déplacements programmables directement par le clavier du robot,
- Technologie récente : μ C PICBASIC-2S programmable en BASIC.

SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe de la **figure 1** montre clairement le microcontrôleur central, le PICBASIC-2S* de la société COMFILE®, entouré d'un nombre réduit de composants.

Ce μ C (C1) reprend le principe du BASIC STAMP de chez PARALLAX® mais présente des possibilités plus étendues (plus de lignes d'E/S, 8 entrées AN, 8 Ko de EEPROM, 1 ligne dédiée à l'afficheur LCD, etc.). Le langage Basic intégré offre, lui aussi, de plus grandes

performances avec la commande directe de servomécanismes, de l'affichage LCD, des interruptions, de la gestion d'un clavier, etc.

Les lecteurs souhaitant acquérir plus d'informations, peuvent se reporter au n°263 d'Électronique Pratique ou contacter la société LEXTRONIC, distributeur du produit.

Quatre piles de 1,5V alimentent la partie puissance. La partie commande fonctionne sous 5V à partir d'une pile de 9V, après régulation par C1 et filtrage par C2, et C3. Les diodes D1 et D2 protègent le

robot contre les

inversions de polarité. Le double interrupteur

S1 isole la totalité du montage en une seule manœuvre.

La touche RST et la résistance R11 forment le circuit d'initialisation manuelle.

L'afficheur LCD de 2 lignes de 16 caractères intègre un petit circuit convertisseur série/parallèle. Il ne comporte que trois fils : les deux lignes de l'alimentation, découplée par le condensateur C5, et le signal de commande géré par la sortie "PICBUS" du μ C. Le clavier à 9 touches adopte le principe du pont diviseur, la mesure de la tension s'effectue sur l'entrée analogique "I/00". Chaque touche actionnée court-circuite un certain nombre de résistances (R2 à R9) et change ainsi la valeur de la tension positive acheminée par la résistance R1.

Six optocoupleurs infrarouges réfléchifs (OP1 à OP6) servent pour les 4 détecteurs de proximité et pour les 2 capteurs d'impulsions chargés de mesurer la rotation des roues. Ils fonctionnent selon le même schéma. La sortie "I/O1" commande le transistor T1, employé pour illuminer simultanément les 6 LED des optocoupleurs et celle de visualisation via les résistances de limitation R24 à R30. Les phototransistors intégrés, polarisés positivement au repos par les résistances R12 à R17, deviennent passants en cas de réception du faisceau lumineux et font passer les entrées logiques "I/O2; 3; 16; 17; 21; 22" à l'état bas à travers les résistances R18 à R23.

RÉALISATIONS

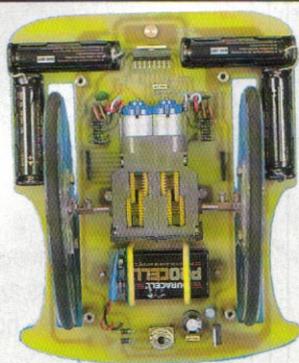
MOBILE

circuit Cl₂, durant la procédure d'arrêt. Les condensateurs C₈ à C₁₃ évitent les perturbations parasites engendrées par les moteurs.

Le circuit supérieur supporte l'afficheur, le PIC BASIC et le clavier.



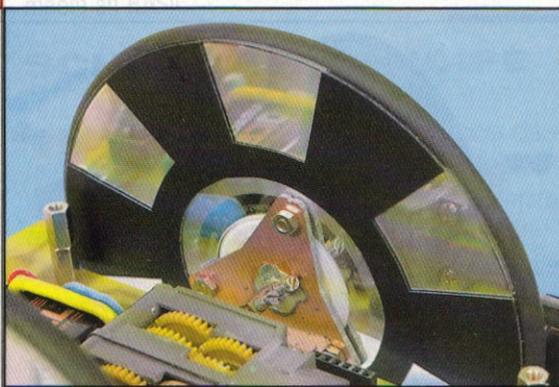
On aperçoit ici le kit réducteur de vitesse à deux moteurs.



Réalisation de l'élément stabilisateur.



Mise en place de la roue sur l'axe moteur.



Le buzzer piézo raccordé à la sortie "I/O20" se charge de tous les bruitages qui donnent plus de vie à notre robot. Les LED L₁ et L₂, reliées respectivement aux sorties "I/O18" et "I/O19" via leurs résistances de limitation R₃₂ et R₃₃, animent la maquette dans la pénombre.

Deux connecteurs à 6 broches assurent les liaisons entre les deux circuits imprimés et évitent, ainsi, tout câblage supplémentaire. L'un comporte les tensions d'alimentation et l'autre les signaux de commande.

RÉALISATION ÉLECTRONIQUE

Les dessins des circuits imprimés sont donnés aux figures 2 et 3. Le transfert des typons est réalisé par la méthode photo pour respecter les largeurs de pistes et obtenir la qualité d'exécution optimale. Les plaques sont ensuite gravées dans un bain de perchlorure de fer, puis percées avec un foret de 0,8mm de diamètre. Beaucoup de trous doivent être alésés à des diamètres supérieurs, en fonction de la taille des composants et des éléments de fixations. Ne percez pas les pastilles des connecteurs à 6 broches de la platine de commande, car ils doivent être soudés sur la face cuivrée du circuit. Procédez ensuite aux découpes de mise en forme des circuits. Sur la platine de motorisation, vous devez pratiquer des évidements pour les passages des 2 roues et pour le logement de la pile de 9V.

Les figures 4 et 5 vous dictent l'implantation des composants. Soudez, tout d'abord, les straps : 12 sur le circuit de commande et 9 sur l'autre. Poursuivez dans cet ordre : les résistances, les diodes, les supports de circuits intégrés, les connecteurs, le réseau de résistances, les condensateurs au mylar et céramique, le buzzer piézo, le transistor, les touches, les LED, le régulateur, le circuit Cl₂, les condensateurs chimiques, l'interrupteur S et le connecteur de pile de 9V. Attention, le support de Cl₁ est confectionné à l'aide de 2 barrettes de 17 broches femelles sécables de type "HE14", comme les 2 connecteurs à 6 broches reliant les 2 platines et non avec les supports habituels de type tulipe. La prise de programmation du PICBASIC-2S peut être doublée et câblée sur la platine de commande, car celle d'origine supporte mal les déconnexions multiples, mais l'opération est délicate et facultative ! Il faut employer 3 broches de barrette sécable mâle/mâle droite ; le connecteur de l'afficheur LCD est identique.

Soudez les optocoupleurs au bout de connecteurs

de type "HE14" mâles soudés. Les 2 capteurs servant à compter les impulsions de déplacement ne doivent pas s'engager au-dessus des fentes de passage des roues. Réduisez les pattes des capteurs et des connecteurs à quelques millimètres pour parvenir à vos fins. Observez bien l'orientation des optocoupleurs et ne les surchauffez pas.

Collez et soudez les supports de piles de 1,5V en veillant aux polarités. Il arrive malheureusement que les ressorts offrent une certaine résistance électrique. Aussi faible soit-elle, elle engendre une perte de puissance des moteurs et vous devrez y remédier au moyen de fils souples dénudés, comme sur les photos de la maquette.

RÉALISATION MÉCANIQUE

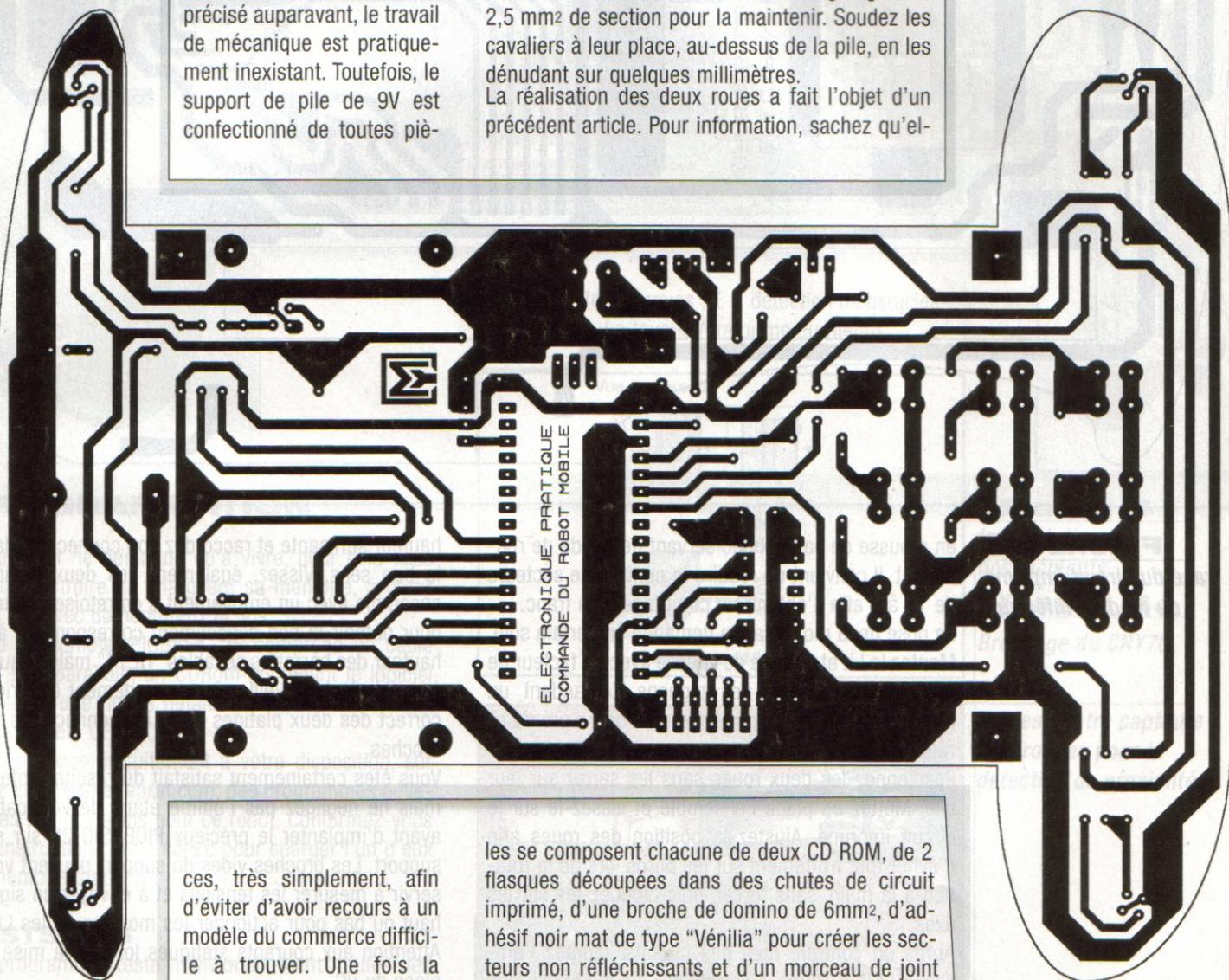
Comme nous vous l'avons précisé auparavant, le travail de mécanique est pratiquement inexistant. Toutefois, le support de pile de 9V est confectionné de toutes pi-



découpe du circuit imprimé effectuée, soudez, de part et d'autre, 2 écrous de 3 mm de diamètre en laiton. Réalisez un cache en plastique de la taille de la pile augmentée de 2 oreilles destinées à recevoir les vis de fixation dans les 2 écrous soudés. Positionnez une pile dans le logement et mettez en forme deux cavaliers de fil de câblage rigide de 2,5 mm² de section pour la maintenir. Soudez les cavaliers à leur place, au-dessus de la pile, en les dénudant sur quelques millimètres. La réalisation des deux roues a fait l'objet d'un précédent article. Pour information, sachez qu'el-

Réalisation du clavier à l'aide de touches pour circuit imprimé à contact "travail".

FIGURE 2
Tracé du circuit imprimé du module supérieur.



ces, très simplement, afin d'éviter d'avoir recours à un modèle du commerce difficile à trouver. Une fois la

les se composent chacune de deux CD ROM, de 2 flasques découpées dans des chutes de circuit imprimé, d'une broche de domino de 6mm², d'adhésif noir mat de type "Vénilia" pour créer les secteurs non réfléchissants et d'un morceau de joint

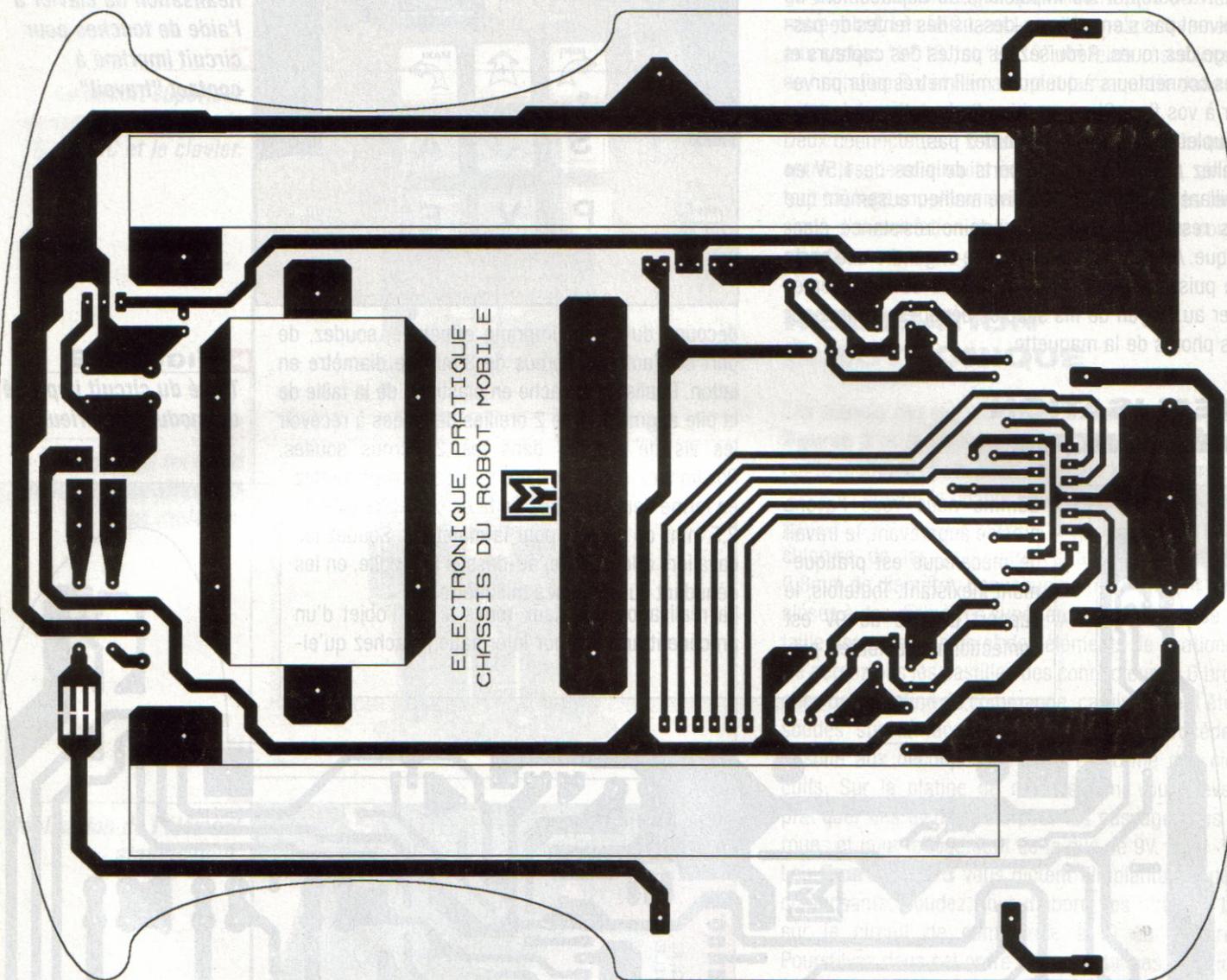


FIGURE 3  **Tracé du circuit imprimé du module inférieur.**

en mousse de caoutchouc servant de bande de roulement. Il convient de réduire le nombre de secteurs de 12 à 6 afin d'obtenir un comptage bien franc. La pose de la motorisation demande un certain soin. Montez le kit et la boîte de vitesse avec un facteur de réduction de 1/203. Les pignons demandent un graissage minutieux pour éviter une usure prématurée.

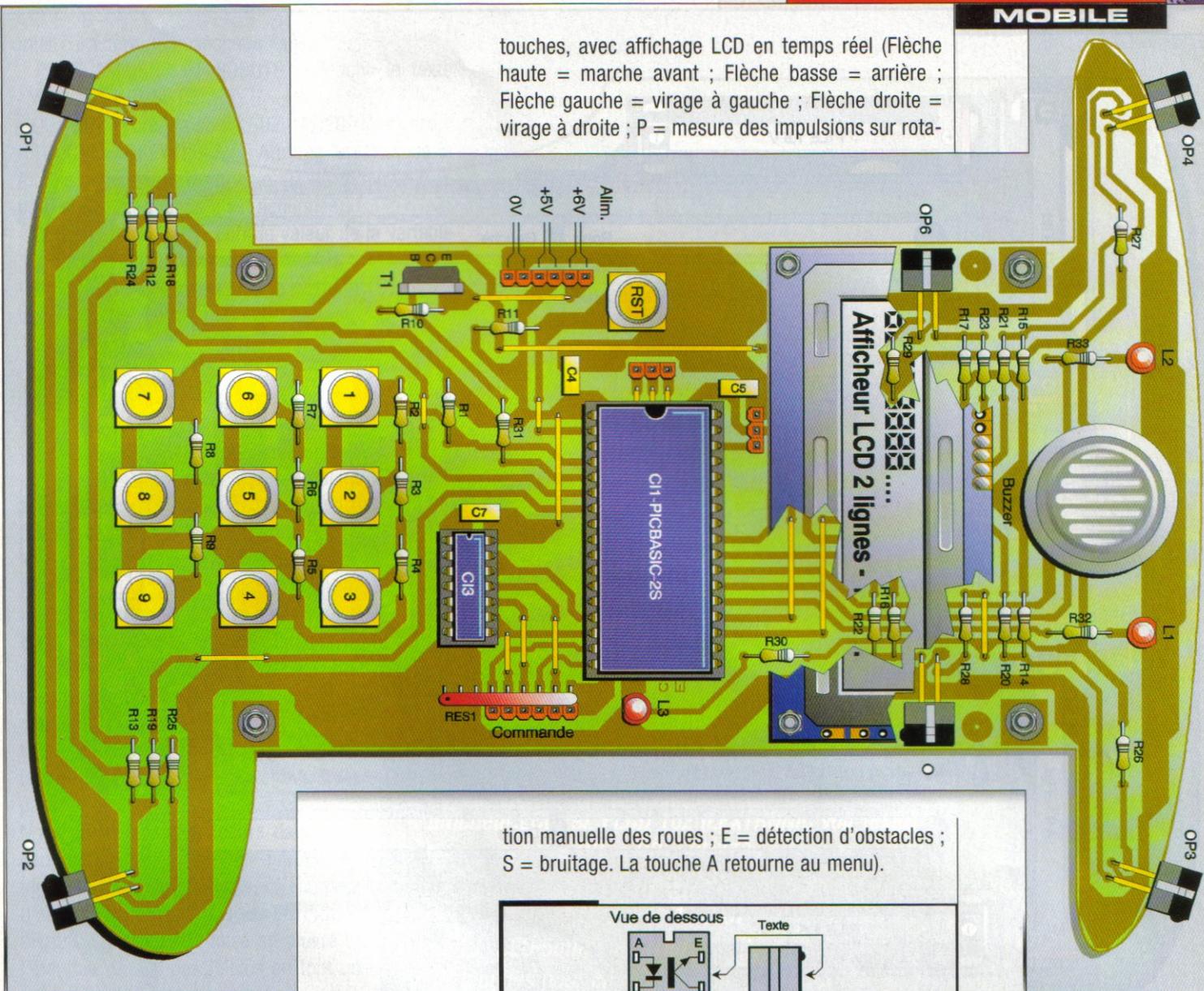
Positionnez les deux roues sans les serrer sur leur axe. Mettez en place l'ensemble et vissez-le sur le circuit imprimé. Ajustez la position des roues afin d'éviter tout frottement sur les bords lors de la rotation à la main, sans forcer, puis bloquez-les sur les axes.

Après un contrôle final des circuits, montez l'afficheur LCD à l'aide d'entretoises pour obtenir une

hauteur suffisante et raccordez son connecteur dans le bon sens. Vissez, également, les deux platines ensemble avec un empilement d'entretoises filetées pour obtenir le bon espacement correspondant à la hauteur des barrettes sécables "HE14" mâles hautes à double isolant. Veillez au raccordement électrique correct des deux platines entre les connecteurs à 6 broches.

Vous êtes certainement satisfait du résultat obtenu, mais ne négligez pas l'ultime étape de vérification avant d'implanter le précieux PICBASIC-2S sur son support. Les broches vides du support peuvent vous servir à mesurer les tensions et à envoyer un signal haut ou bas pour actionner les moteurs ou les LED. Attention aux courants statiques lors de la mise en place du μC .

touches, avec affichage LCD en temps réel (Flèche haute = marche avant ; Flèche basse = arrière ; Flèche gauche = virage à gauche ; Flèche droite = virage à droite ; P = mesure des impulsions sur rota-



tion manuelle des roues ; E = détection d'obstacles ; S = bruitage. La touche A retourne au menu).

PROGRAMMATION

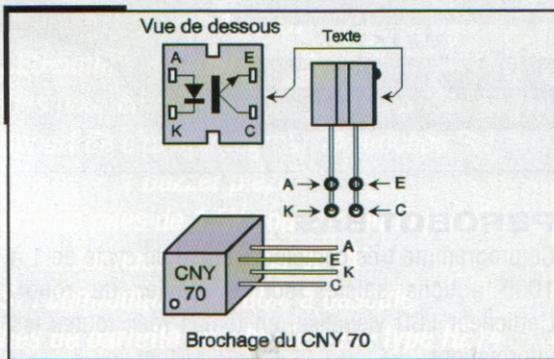
Votre robot ne demande qu'à vivre, pour cela vous devez l'instruire en chargeant sa mémoire, à partir d'un PC, avec de nombreux octets.

Votre kit complet PICBASIC-2S comprend un câble pour port parallèle, un CDRom contenant le logiciel PICLAB et une notice détaillée en français élaborée par la société LEXTRONIC.

Nous mettons gratuitement à votre disposition, sur notre site Internet eprat.com, des programmes développés par nos soins pour ce robot. Conformez-vous aux instructions de la notice pour charger l'un d'eux en mémoire du µC.

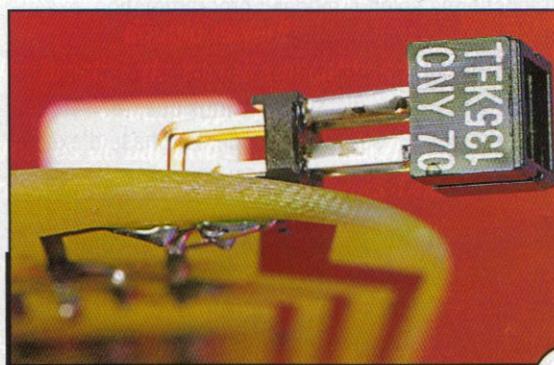
TESTS.BAS

Ce programme teste individuellement toutes les fonctions du robot à votre demande à partir des 9



▶ **FIGURE 4**
Implantation des éléments.

▶ **FIGURE 4A**
Brochage du CNY70



▶ Un des quatre capteurs infrarouges pour la détection de proximité.

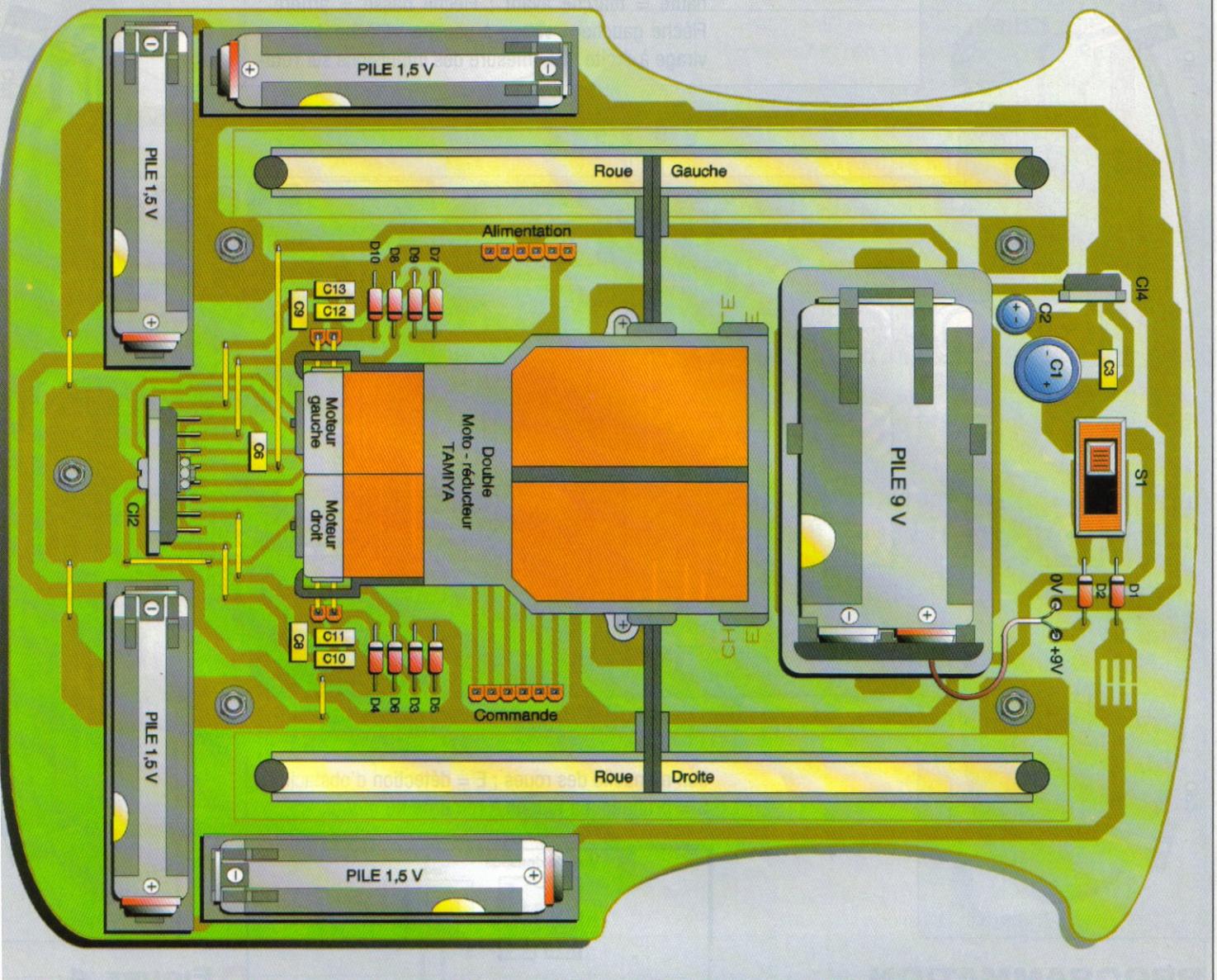


FIGURE 5 **PBROBOT.BAS**

*Implantation
des éléments..*

Ce programme très complet autorise un cycle de 1 à 1000 actions saisies sur le clavier du robot. L'afficheur LCD visualise, en temps réel, toutes les informations.

Il fonctionne selon 4 modes : programmation, exécution, liste et démonstration.

En mode programmation, 5 touches donnent les déplacements, les distances, la musique, "V" sert à la validation et "E" sort de ce mode. En phase d'exécution, vous avez le choix entre un bouclage permanent du cycle jusqu'à la rencontre d'un obstacle ou son déroulement simple.

Le mode liste permet de lire, pas à pas, le programme sur l'afficheur LCD, la touche "A" retourne au menu. Le mode démonstration vous offre un petit

aperçu de ses capacités jusqu'à la rencontre d'un obstacle (délibéré ou accidentel !).

Chacun de ces programmes, écrit dans le Basic spécifique du PICBASIC-2S, utilise volontairement les mêmes variables et, souvent, les mêmes routines. Des titres et commentaires judicieusement placés facilitent leur compréhension.

Voici la description sommaire de quelques ordres particuliers utilisés pour le robot :

- SET PICBUS HIGH : Configuration de la communication avec l'afficheur LCD à 19200 bauds.
- LCDINIT : Instruction obligatoire en début de programme pour initialiser l'affichage.
- CSROFF : Curseur de l'affichage désactivé.
- LOCATE 0,1 : Positionnement du curseur sur le pre-

mier caractère de la seconde ligne.

- PRINT "MICROS ET ROBOTS" : Affiche le texte "MICROS ET ROBOTS".
- OUT BUZ : Force la sortie BUZ, "I/O20" ici à zéro.
- TOUCHE=ADKEYIN(CLAV) : Attribue la valeur de la touche actionnée à la variable "TOUCHE" (de 1 à 9, ou 0 si aucune touche n'est actionnée).
- EEWRITE ADM,DIRP : Écrit la valeur de la variable "DIRP" en EEPROM à l'adresse "ADM".
- DIRP=EEREAD(ADE) : Place le contenu de l'adresse "ADE" dans la variable "DIRP".

Observez une petite astuce souvent employée dans ces programmes. La façon de s'assurer que l'action sur une touche est bien terminée et que le doigt a été levé avant d'appuyer à nouveau, éventuellement sur la même touche.

Voyez, par exemple, le programme "PBBOT.BAS" dans la routine d'incrémentement d'un tour de roue à partir de la ligne numérotée "172". En étudiant ce programme, vous découvrirez peut-être d'autres subtilités et, notamment, la manière de programmer des tâches multiples (clignotement de LED, bruitage et lecture des touches simultanément, à partir de la ligne "12").

Nous ne pouvons en décrire davantage dans cet article, mais nous aurons certainement l'occasion de vous proposer d'autres réalisations à base du PICBASIC-2S. Sa facilité de mise en œuvre et l'étendue de ses possibilités en font un produit attrayant et sûr.

(*) Le μ C PICBASIC-2S seul, le kit (incluant la notice française, un module PICBASIC-2S, le câble de programmation, le CDRom contenant le logiciel PICLAB de programmation et d'édition) et l'afficheur sériel LCD seul sont disponibles auprès de la société LEXTRONIC, distributeur des produits COMFILE® en région parisienne et par VPC.

ATTENTION ! Le logiciel PICLAB se trouve actuellement limité aux versions 95, 98 et ME de Windows ; la mise à jour vers la version XP est actuellement en cours de développement.

NOMENCLATURE

Résistances 5% à couche métal de préférence

R₁ : 100 k Ω (marron, noir, jaune)

R₂ à R₁₁ : 10 k Ω (marron, noir, orange)

R₁₂ à R₁₇ : 33 k Ω (orange, orange, orange)

R₁₈ à R₂₃ : 220 Ω (rouge, rouge, marron)

R₂₄ à R₂₉ : 100 Ω (marron, noir, marron)

R₃₀, R₃₁ : 1 k Ω (marron, noir, rouge)

R₃₂, R₃₃ : 680 Ω (bleu, gris, marron)

RES₁ : réseau de 8 x 10 k Ω

C₁ : 1000 μ F/16V électrochimique à sorties radiales

C₂ : 10 μ F/16V électrochimique à sorties radiales

C₃ à C₇ : 100 nF mylar

C₈ à C₁₃ : 47 nF céramiques

Cl₁ : PICBASIC-2S (LEXTRONIC voir texte)

Cl₂ : L298N

Cl₃ : CD4093

Cl₄ : 7805

1 afficheur LCD réf. ELCD 162 (LEXTRONIC voir texte)

OP₁ à OP₆ : CNY70

T₁ : BD678

D₁ à D₁₀ : 1N4007

L₁ à L₃ : LED 5mm (haute luminosité de préférence)

10 touches pour circuit imprimé à contact travail

1 support de circuit intégré à 14 broches

1 buzzer piézo

4 supports de piles de 1,5V pour circuit imprimé

1 connecteur de pile de 9V

S₁ : commutateur double à bascule

58 broches de barrette sécable femelle type HE14

12 broches de barrette sécable mâle type HE14 haute à double isolant

6x2 doubles broches de barrette sécable mâle double coudée type HE14

6 broches de barrette sécable mâle/mâle

1 kit réducteur de vitesse à 2 moteurs TAMIYA (SELECTRONIC réf. 22.8530-1)

2 roues constituées de CDRom (voir texte)

2 écrous en laiton de 3mm

Visserie de 3mm avec entretoises filetées

Y.MERGY

TÊTE HUMANOÏDE

CONSTRUCTIONS

Cette réalisation va nous entraîner vers les robots à forme humaine. La réalisation d'un robot humanoïde est le but ultime de tous les roboticiens, qu'on se l'avoue ou pas. Mais ce n'est pas encore pour demain. En attendant, on peut participer à la recherche dans ce domaine en partant d'une forme simplifiée de tête humaine. Les différents mouvements de cette tête, associés à certains capteurs, permettront de réfléchir et de comprendre le rôle et l'importance des rictus et autres simagrées.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La réalisation d'un robot humanoïde passe par l'étude d'une partie essentielle des rapports entre humains, les expressions du visage. Plusieurs laboratoires de robotique japonais et américains ont axé leur recherche sur ce sujet (exemple : le robot Kismet du MIT). La complexité de l'étude est immense, depuis les différents mouvements des muscles à leur associa-

tion pour donner une expression précise, en passant par la synchronisation de la bouche sur un message parlé.

La réalisation que nous vous proposons est une base de départ pour progresser. Elle correspond à une tête réalisée en aluminium sur un socle contenant le module électronique. La carte est reliée à un PC pour piloter la tête.

Pour commencer, nous vous proposons quatre mouvements de base de cette tête :

- La rotation à droite et à gauche,
- Hoher la tête de haut en bas,
- Mouvement de la bouche,
- Rotation latérale des deux yeux ensemble.

Chaque mouvement est réalisé par un servo de modélisme. La carte électronique est prévue pour en piloter deux de plus. 4 entrées analogiques permettent d'interfacer des capteurs linéaires de type photorésistance ou phototransistor. Des entrées/sorties logiques permettent d'utiliser des capteurs intelligents.

Parmi les améliorations simples, on pense à la réalisation de sourcils ou de lèvres. Imaginez maintenant deux LED bleus faisant office d'yeux métalliques et le mythe du Terminator peut prendre forme.

La carte dispose d'une zone pastillée pour tester vos propres idées.

SCHÉMA ÉLECTRONIQUE

Le schéma électronique (**figure 1**) détaille un montage assez clair, le microcontrôleur PIC 16F873 étant le cœur du circuit. On utilise un résonateur 4 MHz en lieu et place d'un quartz pour des raisons d'économie, d'encombrement (suppression des deux capacités associées).

Le bouton-poussoir S₁ permet de remettre à zéro le processeur, alors que S₂ permet de lancer une séquence qui doit être programmé sur le PC.

On dispose de six connecteurs pour piloter six servos.

Une petite alimentation complète le tout avec un régulateur classique 7805. Les différents condensateurs améliorent l'alimentation pour les servos en diminuant l'impédance de la

source.

Le connecteur K₁₁ permet de programmer le composant sans le sortir de son support. Cette méthode nommée ICSP (In Circuit Serial Programming) nécessite une carte additionnelle.

La **figure 2** montre l'interface RS232 classique utilisant un MAX232. La petite LED rouge supplémentaire permet de vérifier le bon branchement du câble série.

On utilise un câble série non croisé. On relie les broches 7 à 8 puis 4 à 6 du connecteur DB9 pour permettre au PC relié de reconnaître un protocole d'échange de données standard.

LE PIC 16F873

Ce microcontrôleur de la famille MICROCHIP est moins connu que le 16F84. Il est un peu plus cher, mais ses capacités sont sans comparaison. Il intègre 3 temporisateurs, 2 lignes de mesure de temps (configurable en PWM), 4 entrées analogiques 10 bits, 1 liaison série asynchrone, I2C, un mode parallèle en plus du 16F84 et le double de mémoire 4 ko. La version 16F876 identique a une mémoire de 8 ko.



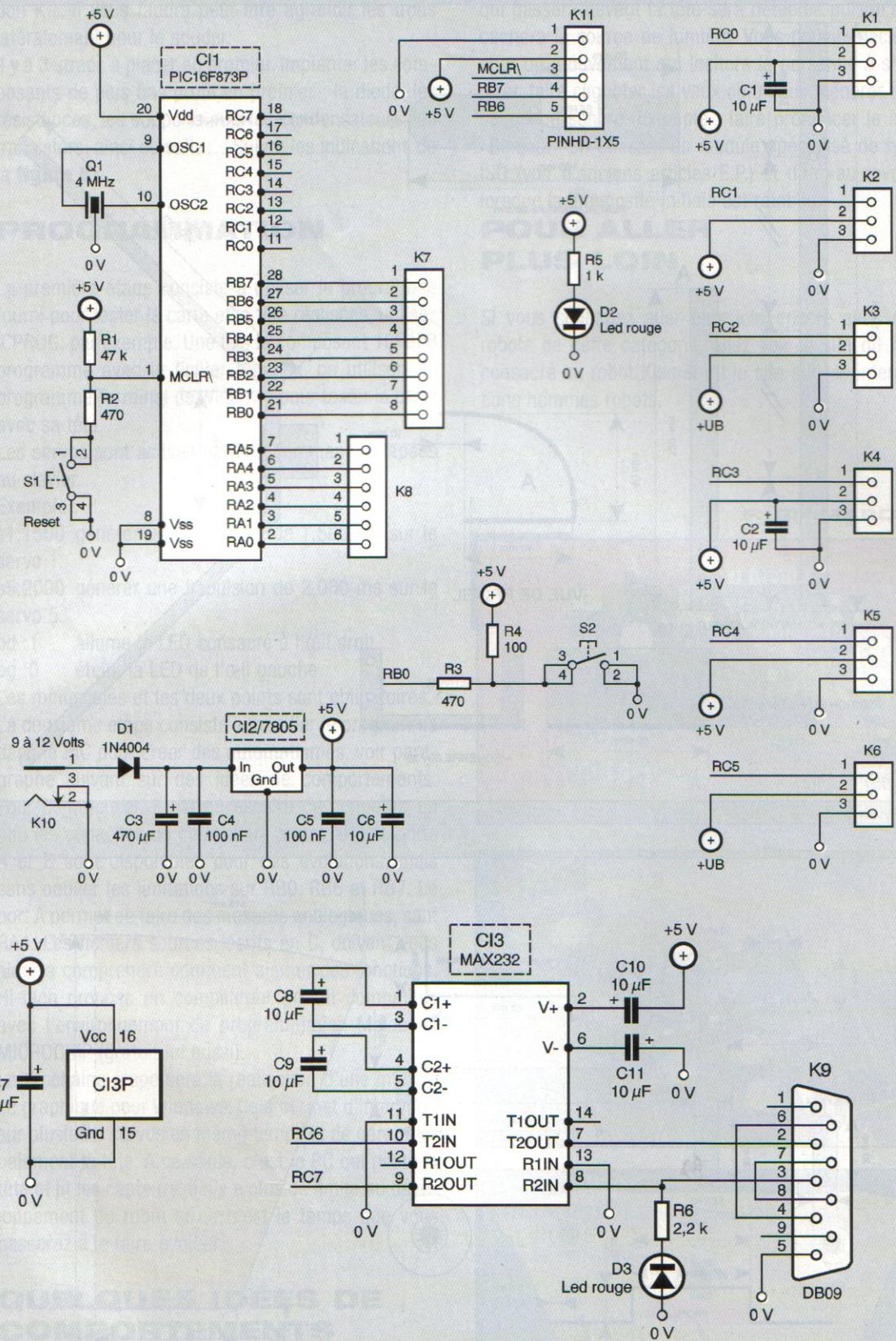


FIGURE 1
Schéma de principe.

La carte principale dispose d'une zone protégée pour tester vos propres idées.

FIGURE 1
Schéma de principe.

Attention à la mise en place des condensateurs polarisés sur le MAX232.

FIGURE 2
L'incontournable interface RS232 équipée du non moins célèbre MAX232

RÉALISATION DE LA CARTE

Commencer par percer avec un foret de 0,8 mm tous

les trous, puis on utilisera un foret de 1,2 mm pour régulateur Cl₂ (figure 3). Percer à 3,2 mm les trous de fixation de la carte aux trois coins et ceux du connecteur DB9. Attention au connecteur d'alimenta-

nous entrainer vers
les robots à forme
humaine. La

FIGURE 3 

Proposition de réalisation
mécanique de la tête
le but ultime humanoïde.

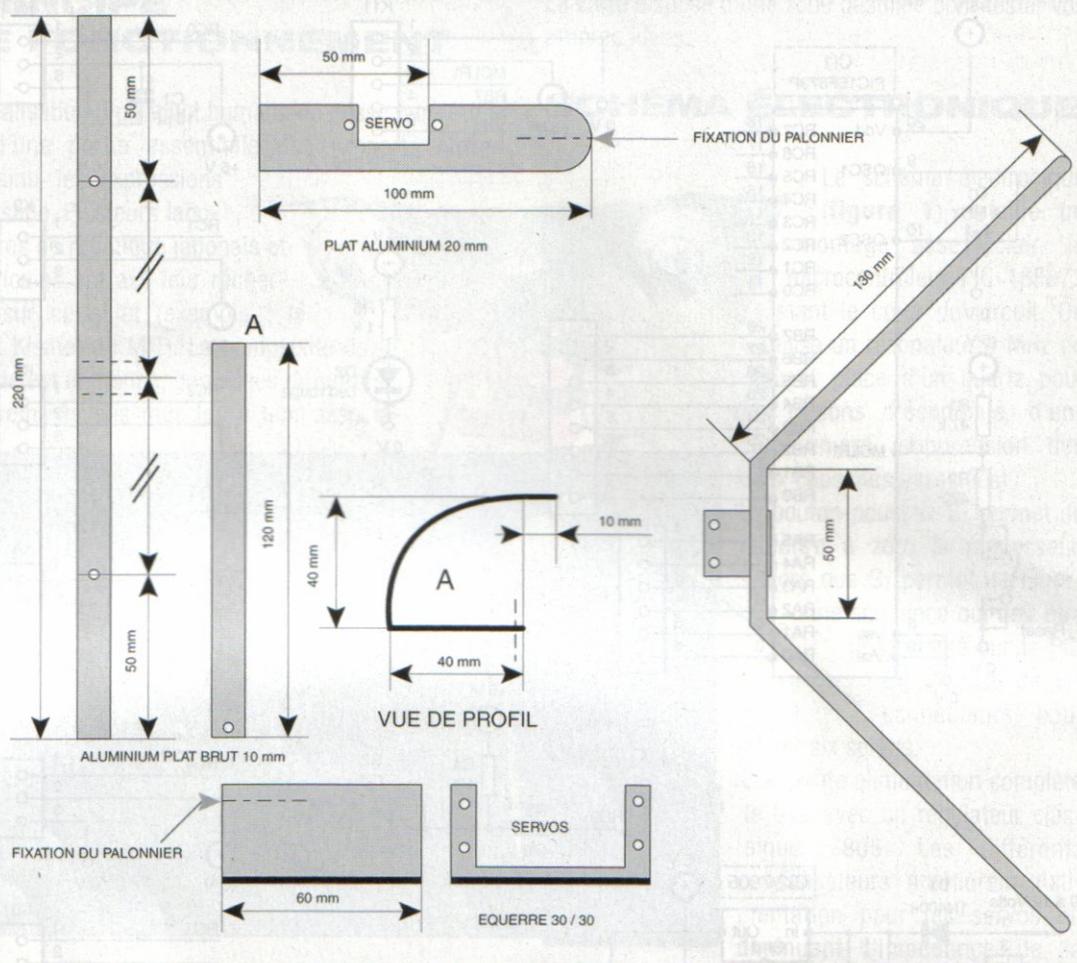
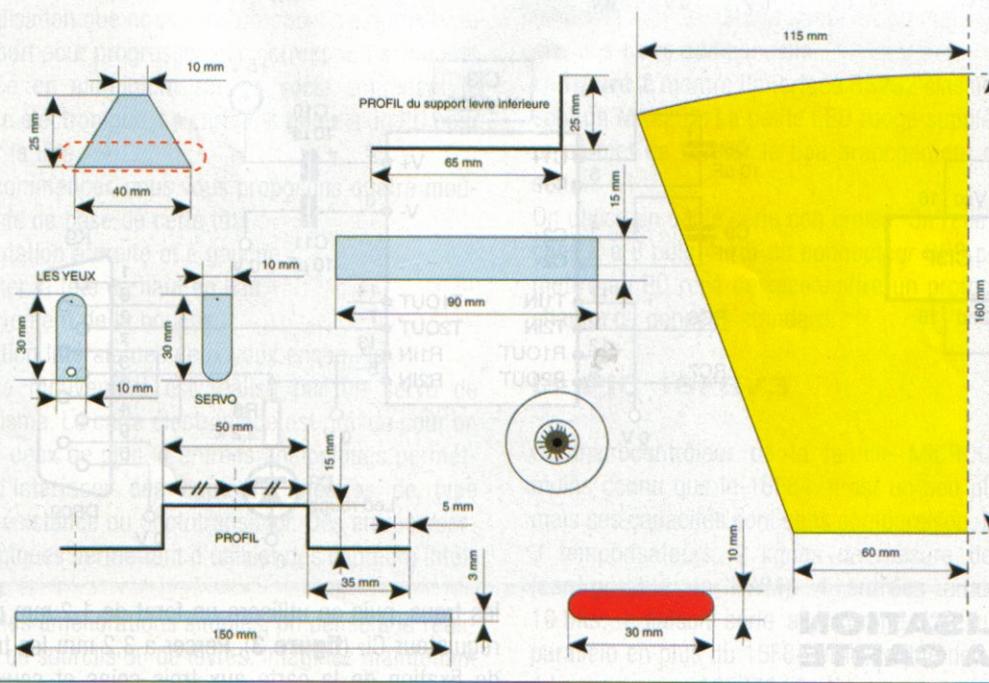


FIGURE 4 

Pièces constituantes
de la tête.



tion K10, il vous faudra peut-être agrandir les trous latéralement pour le souder.

Il y a 3 straps à placer en premier. Implanter les composants de plus bas profil en premier : la diode, les résistances, les supports puis les condensateurs, les transistors, ainsi de suite... Suivre les indications de la **figure 8**.

PROGRAMMATION

La première étape consiste à utiliser le programme fourni pour tester la carte et la tête réalisées, utilisez ICPROG, par exemple. Une fois le composant 16F873 programmé avec le fichier tete.hex, on utilisera le programme Terminal de Windows pour tester la carte avec sa tête.

Les servos sont activés par des commandes tapées au clavier.

Exemple :

s1:1500 générer une impulsion de 1,500 ms sur le servo 1.

s5:2000 générer une impulsion de 2,000 ms sur le servo 5.

od :1 allume la LED consacré à l'œil droit.

og :0 éteint la LED de l'œil gauche.

Les minuscules et les deux points sont obligatoires.

La deuxième étape consiste à modifier le programme dans le PIC pour créer des automatismes, voir paragraphe suivant sur des idées de comportements. Pour commencer, il est nécessaire de connaître un peu les capacités du composant principal. Les ports A et B sont disponibles pour des évolutions, mais sans oublier les limitations sur RB0, RB6 et RB7. Le port A permet de faire des mesures analogiques, sauf RA4. Les fichiers sources, écrits en C, doivent vous aider à comprendre comment ajouter des fonctions. Hi-tech propose un compilateur gratuit compatible avec l'environnement de programmation Mplab de MICROCHIP (gratuit lui aussi).

La prochaine étape sera la réalisation d'une interface graphique pour Windows. Cela permet d'intervenir sur plusieurs servos en même temps et de gérer globalement la tête. A ce stade, c'est le PC qui pilote la tête et lit les capteurs. Il n'y a plus de limite au développement du robot si ce n'est le temps que vous passerez à le faire évoluer.

QUELQUES IDÉES DE COMPORTEMENTS

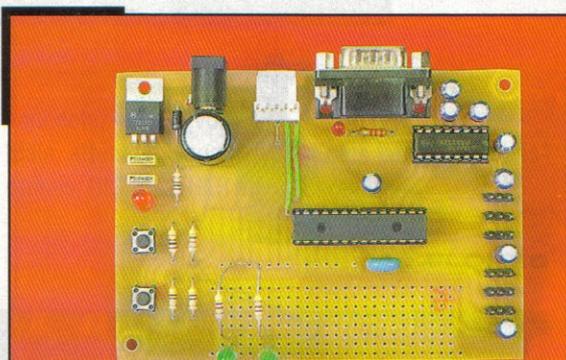
Câblez un pont diviseur de tension avec une photo-résistance et sa résistance série de même valeur à la lumière ambiante. Placer la tête en face d'une source de lumière dominante. Résultat : toute personne

qui passera devant la tête sera détectée puisqu'elle cachera la source de lumière. Vous pouvez déclencher un mouvement qui incitera la personne à s'arrêter, faire clignoter les yeux ou, mieux, générer une séquence sonore. Exemple : faire prononcer le mot «Bonjour» en utilisant un module spécialisé de type ISD (voir d'anciens articles E.P.) et dire «au revoir» lorsque la luminosité initiale est rétablie.

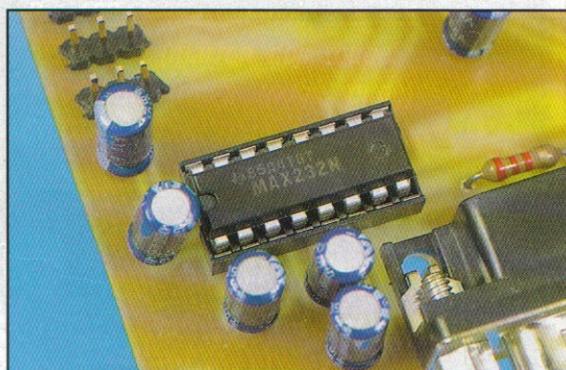
POUR ALLER PLUS LOIN

Si vous souhaitez aller plus loin encore avec des robots de cette catégorie, allez voir le site du MIT consacré au robot Kismet ou le site sur les interactions hommes robots.

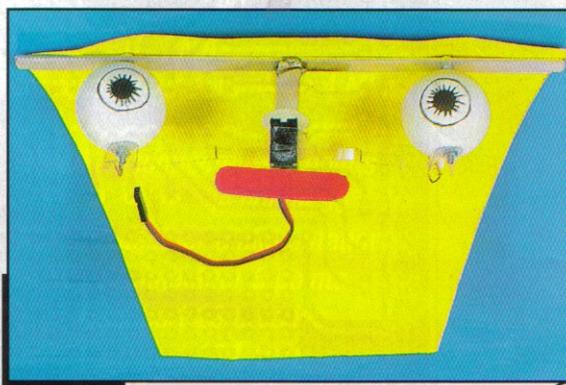
F. GIAMARCHI



La carte principale dispose d'une zone pastillée pour tester vos propres idées.



Attention à la mise en place des condensateurs polarisés autour du MAX232.



On utilisera notamment deux balles de ping-pong pour réaliser les yeux.

CONSTRUCTIONS

HUMANOÏDE

FIGURE 5  *Vues de face et de profil.*

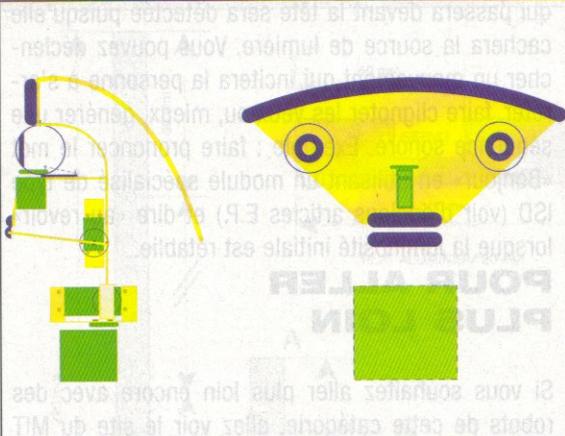
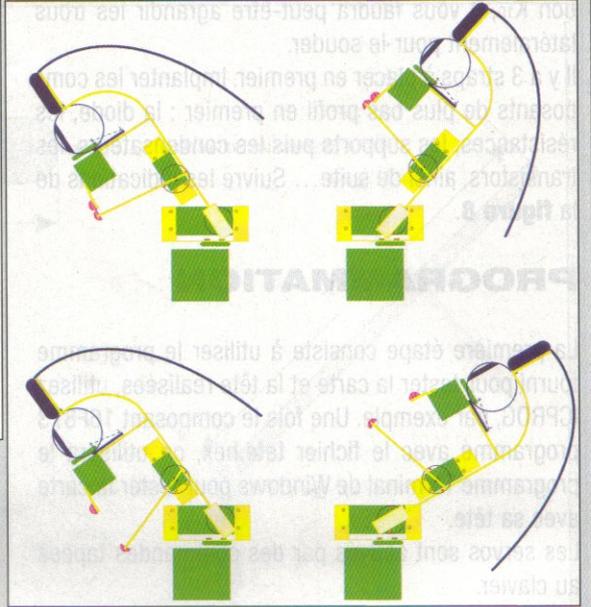
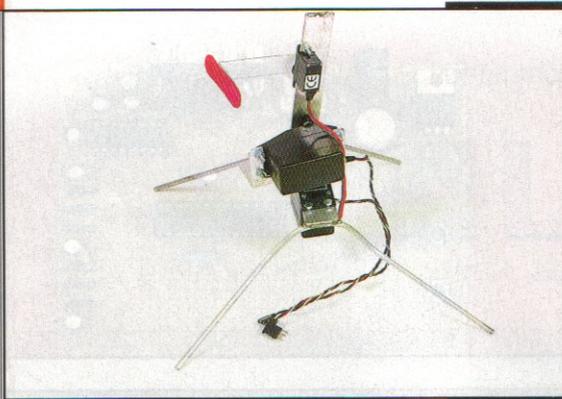


FIGURE 6  *Les différentes attitudes.*



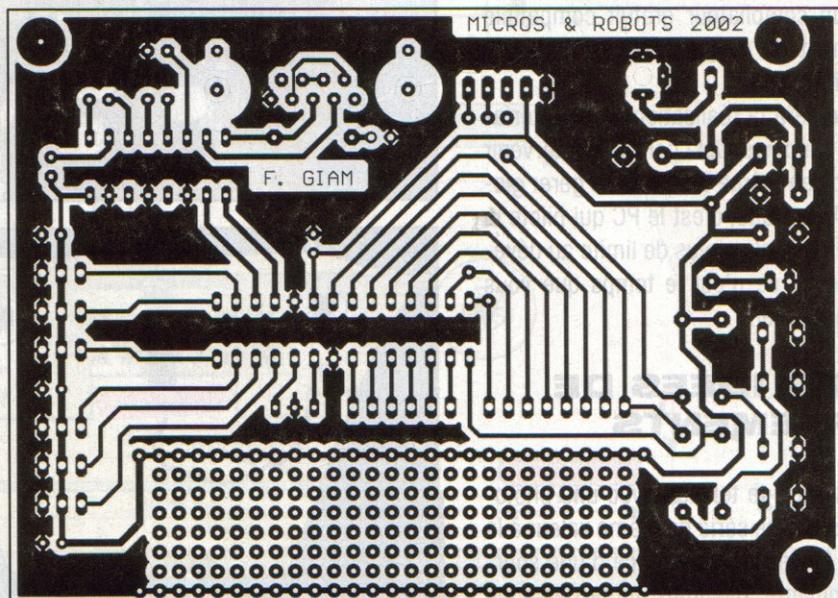
Vue d'ensemble de l'assemblage des servomécanismes.

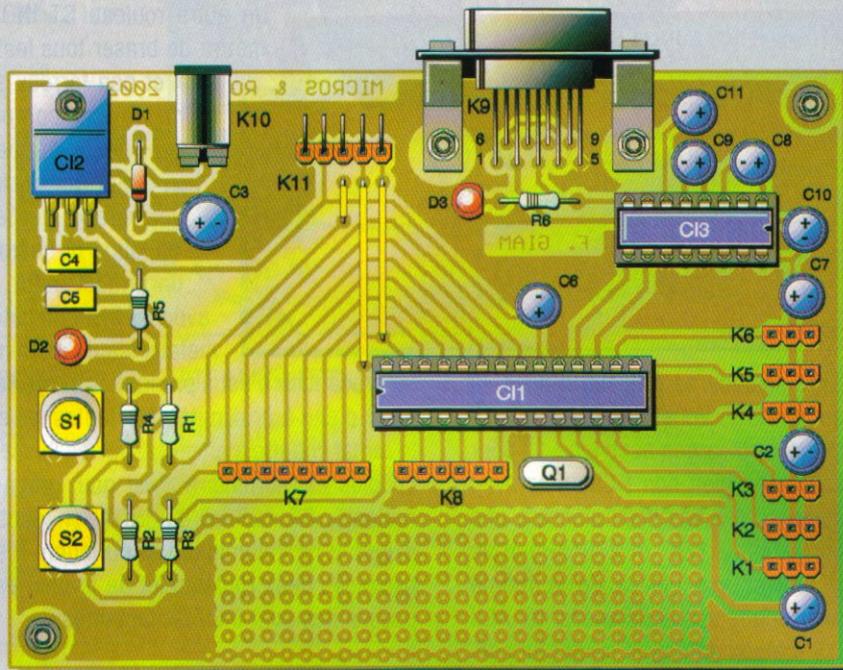


CONSTRUCTION

Ce robot comporte des pièces d'origine diverse, exemple : de la mousse Néoprène de deux couleurs, de l'aluminium plat et brut de 20mm et de 10mm. On trouve aussi des balles de ping-pong pour les yeux et du plastique rigide transparent que nous avons trouvé dans des emballages (col de chemise) et un trombone qui fera office de charnière pour diriger les yeux. Vous remarquerez que nous n'avons pas coté les emplacements des servos car cela dépendra de ce que vous allez employer. Quand vous aurez préparé toutes les pièces, commencez par réaliser les pieds avec les tiges de 5mm en aluminium brut. Assemblez les pieds avec le servo, il permettra à la tête de tour-

FIGURE 7  *Tracé du circuit imprimé.*





► **FIGURE 8**

Implantation des éléments

ner à droite et à gauche. Sur le palonnier du servo, fixez l'équerre en aluminium de 30/30 qui accueillera le 2ème servo, il inclinera le robot de haut en bas. Sur ce même servo, vissez sur le palonnier les 3 pièces que vous aurez brasées avec BT ALU auparavant. Le 3ème servo que vous fixez dans la fenêtre que vous aurez réalisée aux cotes exactes de votre servo. Il permettra de bouger de haut en bas la lèvre inférieure. Collez sur le palonnier la partie en plastique transparent qui supportera la lèvre inférieure. Le 4ème servo supportera la lèvre supérieure et actionnera les yeux de gauche à droite. Le mouvement est transmis par des pièces en plastique fin car elles ne sont soumises à aucun effort mécanique. Les 2 vis qui supporteront les yeux (balle de ping-pong) sont visser sur la barre horizontale. Percez les balles de part en part et collez sur la partie inférieure le plastique avec de la super glu en gel, cette colle sera employée pour tous les collages. Les 4 pièces en plastique transparent qui permettent le mouvement des yeux ont été assemblées avec un trombone recourbé, ce qui permet de réaliser une charnière à moindre coût. N'oubliez pas de dessiner les yeux sur les balles ou de placer deux LED de couleur bleue ou verte. Reste à coller la partie jaune de la tête, découpée dans la mousse Néoprène. Fixez la carte sous le 1er servo et

connectez-vous à votre PC.

Mais, attention, vous ne serez plus jamais seul désormais, BIG BROTHER vous surveille.

L. FLORES

NOMENCLATURE

- R_1 : 47 k Ω (jaune, violet, orange)
- R_2, R_3 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R_4 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R_5 : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- R_6 : 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge)
- C_1, C_2, C_6 à C_{11} : 10 μ F/16V tantale
- C_3 : 470 μ F/16V
- C_4, C_5 : 100 nF
- D_1 : 1N4004
- D_2 : LED 5mm rouge
- D_3 : LED 3mm rouge
- $C1$: PIC 16F873 (ou 16F876)
- $C2$: 7805
- $C3$: MAX232
- Q_1 : résonateur céramique 4 MHz
- S_1, S_2 : poussoirs C1 (voir photo)
- K_1 à K_6 : connecteurs 3 points
- K_9 : DB9 femelle coudé 90°
- K_{10} : connecteur d'alimentation
- K_{11} : connecteur 5 points
- 1 support 28 broches
- 1 support 16 broches

ADRESSES INTERNET

Site de l'auteur montrant les diverses réalisations :

www.geii.iut-nimes.fr/fg/

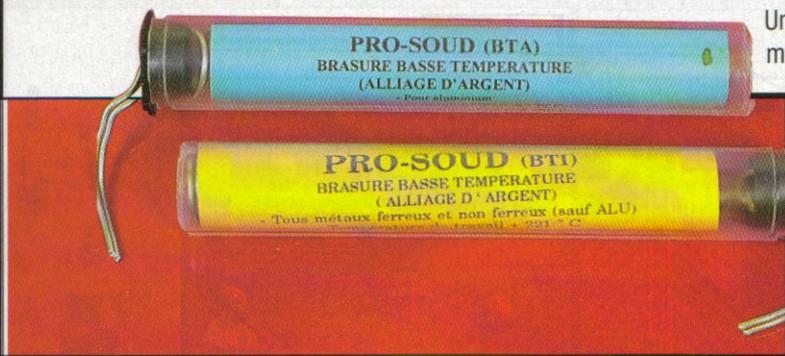
Site du M.I.T. consacré au robot Kismet :

<http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>

Site sur les expériences sur les interactions hommes-robots :

<http://talking-heads.csl.sony.fr/InfIndex.html>

Le gros souci avec les robots, surtout les marcheurs, c'est l'autonomie qui est réduite à une demi-heure, voire un quart d'heure. Il est difficile de prétendre à une vie artificielle avec si peu d'autonomie. La seule solution est de réduire le poids en allégeant la structure même du robot. Peu de matériaux peuvent y parvenir, l'aluminium fait partie de cela. Il est très facile à travailler, peu onéreux, mais quand il s'agit de l'assembler, il faut le visser, alors le gain de poids n'est plus évident.



A présent, une autre solution se propose à nous, la brasure basse température. Vous allez penser qu'il faut un équipement «lourd» (argon acétylène...) pour braser de l'aluminium, eh bien non ! Chauffez avec un simple chalumeau au gaz vos deux pièces à une température comprise entre 178° et 270°. Grâce au bâtonnet BT ALU, brasez vos pièces de la même façon que vous avez soudé vos résistances. BT ALU est composé de 15 métaux différents ce qui lui permet de brasser sans altérer les propriétés de l'aluminium. Pour obtenir une brasure résistante, il faut simplement respecter quelques consignes. A savoir, prendre de l'aluminium brut, dégraissez les pièces, poncez légèrement, positionnez les pièces sans qu'elles puissent bouger, puis chauffez les deux pièces, mais pas trop. Retirez la source de chaleur et avec BT ALU appuyez légèrement de façon à ce qu'il fonde sur les deux pièces. S'il ne fond pas, réchauffez les deux pièces et, toujours sans la source de chaleur, recommencez. Si BT ALU brase en noircissant c'est que les deux pièces sont trop chaudes, la brasure doit être de la même couleur que l'aluminium brut. Pour obtenir une brasure très résistante, assemblez vos deux pièces et, quand cela est possible, rivetez et brasez ses deux pièces.

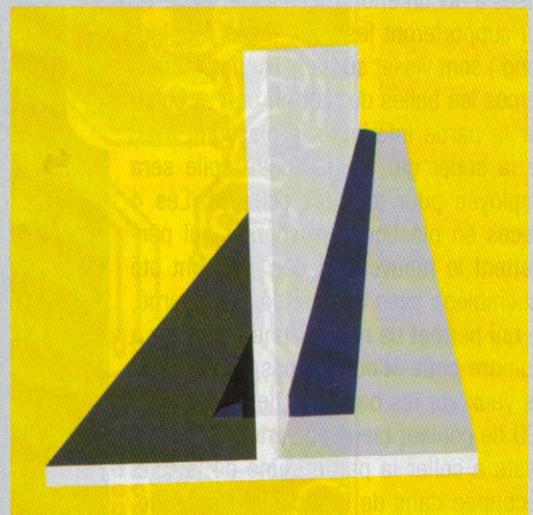
Un autre rouleau BT INOX vous permettra de braser tous les métaux ferreux et non ferreux sauf l'aluminium. Il est composé de 11 métaux, ce qui permet de baisser son point de fusion à 221°. Pour braser de petites pièces en laiton ou même en cuivre, un briquet suffit. Pour braser avec BT INOX du laiton ou autres métaux (sauf l'aluminium), aucune précaution n'est à prendre. Prévoyez un petit récipient d'eau à proximité pour toutes les soudures car le métal chauffé à environ 250° ça laisse des traces ! Le plus extraordinaire c'est que, grâce à ces deux rouleaux BT ALU et BT INOX, on peut braser par exemple de l'aluminium et du laiton. Il suffit de torsader les deux rouleaux et de braser les pièces, les possibilités sont impressionnantes.

Les rouleaux de BT ne s'achètent que par correspondance aux Ets Guidoni, BP 1007 - 13781 AUBAGNE Cedex (tél. //Fax 04 42 84 28 88. Je vous conseille, dans un 1er temps, de commander un BT ALU et un BT INOX de chaque.

J'espère que ce produit vous apportera autant de satisfaction que j'ai pu en retirer et vous permettra de réaliser toutes les structures de vos robots. Je n'ai pas réussi à souder dès la 1er fois car j'avais acheté de l'aluminium argenté, mais après m'être procuré de l'aluminium brut, le produit m'a complètement conquis. Après de nombreux rouleaux soudés, je suis toujours aussi surpris par le résultat, la brasure d'aluminium et l'aluminium avec d'autres métaux est à la portée de tous.

L.FLORES

FIGURE 1 
Exemples d'assemblage

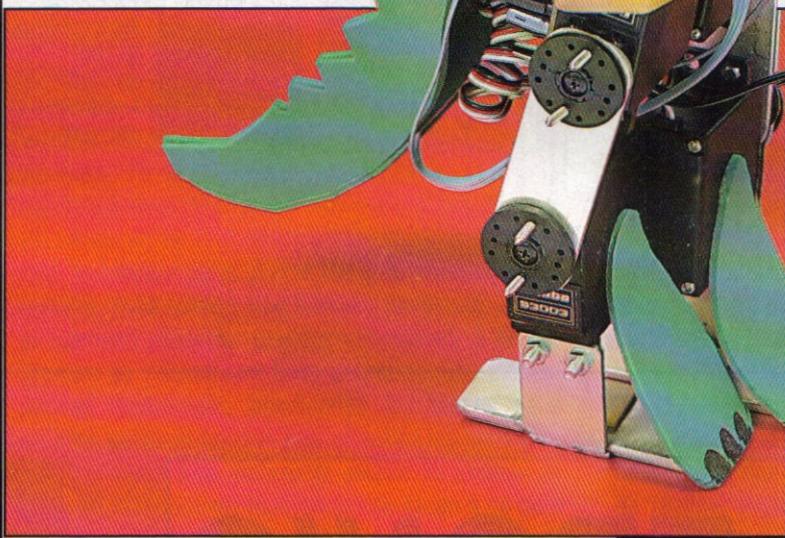


CONSTRUCTIONS LE DRAGON

Voici une réalisation amusante mais ambitieuse aussi. Amusante de voir ce petit robot se trémousser sur votre bureau, mais ambitieuse par les mécanismes mis en jeu. La réalisation d'un bipède est un vrai tour de force pour de nombreux laboratoires de robotique. Notre réalisation entrouvre la porte de ces études en vous permettant de vous pencher sur la marche dynamique. Plongez avec nous dans cette réalisation qui vous étonnera.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La marche dynamique est la marche des bipèdes que nous sommes. Le centre de gravité est déplacé dans le sens de la marche, le corps est déséquilibré et c'est la jambe qui avance pour nous empêcher de tomber. Facile à dire et à faire pour nous, mais pour un robot c'est tout autre.



Pour notre robot, 4 servos de modélisme permettront le mouvement. Il s'agit de servos standards. Il faut 2 servos pour lever une jambe.

A la mise sous tension, le robot s'initialise puis se met en attente d'une commande. La mise en marche et l'arrêt se font par le capteur de lumière PT1. En masquant momentanément ce capteur, le robot démarre en saluant d'abord. Si un obstacle apparaît sur son chemin, il s'arrête. Le reste sera à vous de l'imaginer.

Le microcontrôleur est fortement sollicité par l'ensemble des capteurs et la commande des servos.

ÉLECTRONIQUE

La **figure 1** regroupe l'ensemble des éléments du montage électronique. Le cœur du montage est un microcontrôleur bien connu maintenant, et à juste titre, le PIC 16F84. Les éléments essentiels au montage sont les 4 servos reliés aux connecteurs K4 à K7 et le capteur de distance infrarouge. Le montage est complété par une mesure de luminosité, une mesure de la tension batterie et deux yeux tricolores. Une sortie restant libre, on peut y connecter un transducteur piézo pour faire des petits bruits.

Vous pouvez constater que, malgré un schéma électronique «aéré», toutes les ressources physiques du microcontrôleur sont exploitées. Mais leur gestion par le microcontrôleur affaiblit celui-ci et nécessite une programmation astucieuse. Une lecture des fichiers sources vous aidera à comprendre la programmation.

Le microcontrôleur est entouré de son résonateur céramique, un 4 MHz permettant de traiter 1 million d'instructions.

Le connecteur K3 et la résistance R1 permettent la programmation du composant sans le sortir de son support. Cette manière de faire est indispensable pendant la phase de mise au point des programmes. Il est nécessaire de disposer d'une carte adaptée pour travailler de la sorte.

Les 4 servos utilisent une routine d'interruption qui génère les durées des impulsions de commande pour des servos standards. Quand il n'est pas interrompu, le programme surveille régulièrement la tension batterie et la luminosité ambiante.

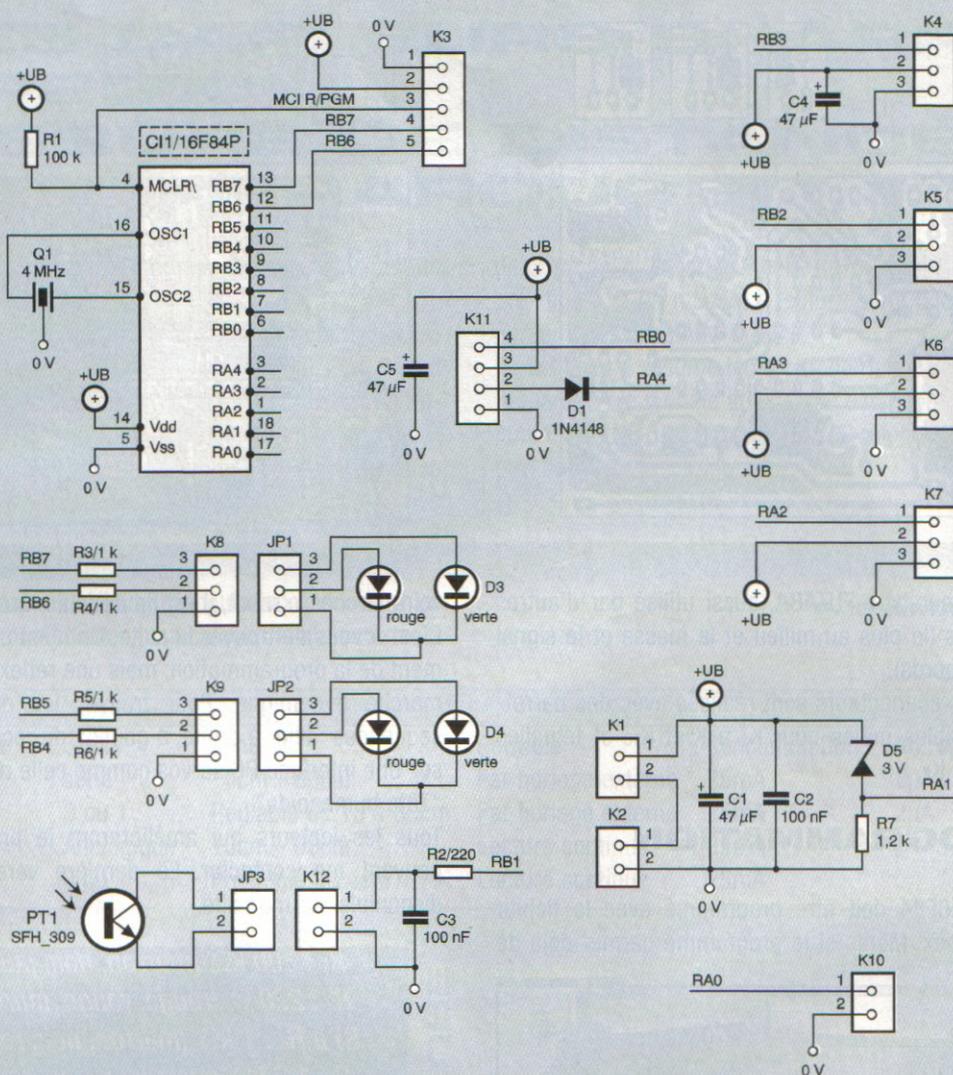
Ces deux informations étant de type analogique, il est nécessaire de recourir à des astuces de programmation ou des simplifications de mesure. Par exemple : la tension sur la batterie est réduite 3V par la diode zéner D3. Résultat : lorsque les accumulateurs sont déchargés, la tension à leurs bornes est de l'ordre de 4V, l'entrée RA1 descend sous les $4 - 3 = 1$. C'est la tension représentant un niveau 0 pour le microcontrôleur. Autre astuce : la conversion lumière/temps obtenue par charge du condensateur C3 limité par R2 puis décharge dans le phototransistor. C'est le microcontrôleur qui règle la séquence complète.

Les yeux sont réalisés par deux LED 5mm tricolores. Chaque composant contient deux LED, une rouge et une verte. Lorsque les deux LED sont alimentées ensemble, une troisième couleur est obtenue : de l'orange.

On finit l'étude du schéma par le capteur de distance infrarouge. Il s'agit d'un capteur «dit intelligent» de chez SHARP. Son principe de fonctionnement et ses caractéristiques sont détaillés en fin d'article. Notre choix s'est porté sur le modèle GP2D02 pour

FIGURE 1

Schéma de principe. Le capteur intelligent se raccorde en K11.



des raisons pratiques. Effectivement, notre microcontrôleur ne disposant pas d'entrées analogiques, nous sommes obligés de choisir le modèle disposant d'un dialogue série pour lire la distance. Les trois condensateurs chimiques de 47 µF amélioreront l'alimentation des servos et du capteur intelligent SHARP.

RÉALISATION

Le circuit imprimé (figure 2) sera percé avec un foret de 0,8 mm. Il y a 2 straps à placer avant de commencer à souder les divers composants. Implanter les composants de plus bas profil en premier : les diodes, les résistances, les supports puis les condensateurs, les transistors, ainsi de suite... Suivre les indications de la figure 3. Les nombreux connecteurs sont à placer en dernier. Les connecteurs K4 à K7 correspondent aux servos. Ceux utilisés pour ce montage doivent posséder un



Le dragon se réalise avec l'assemblage de quatre servomécanismes et quelques pièces d'aluminium.

CONSTRUCTIONS

DRAGON

FIGURE 2

Tracé du circuit imprimé.

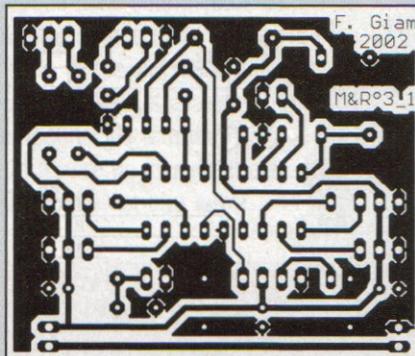
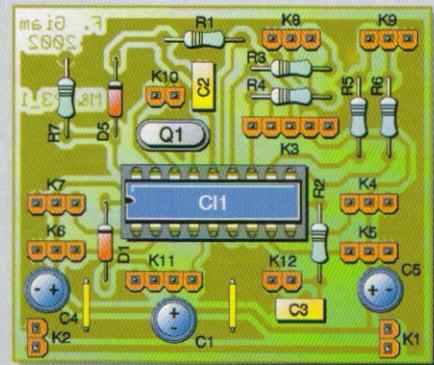


FIGURE 3

Implantation des éléments.



connecteur type FUTABA, aussi utilisé par d'autres marques (le plus au milieu et la masse et le signal sur les bords).

Tous les connecteurs sont réalisés avec des barrettes sécables mâles pour K₁ à K₇ et K₁₀ et femelles pour K₈, K₉, K₁₂.

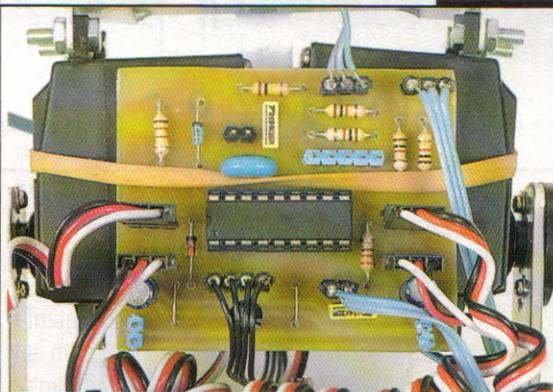
PROGRAMMATION

Le PIC16F84 doit être programmé avec le fichier source.hex. Même si le programme permet déjà de

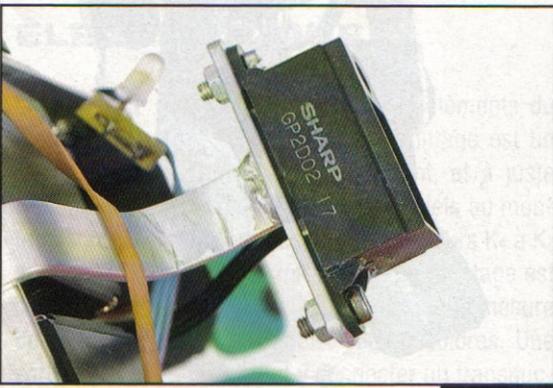
voir marcher le robot, il est limité à la marche avant. C'est à vous de trouver la suite. Ce n'est pas seulement de la programmation, mais une réflexion sur la marche dynamique. Pour trouver les différentes séquences : aller à droite, à gauche ou reculer, utilisez une interface PC servos comme celle de l'article "Tête humanoïde".

Tous les lecteurs qui amélioreront le programme peuvent me contacter. La dernière version sera disponible sur mon site.

La carte électronique reste très simple à réaliser, le PIC 16F84 autorise cette prouesse.



Utilisation très astucieuse ici du nouveau capteur SHARP qui permet la mesure de la distance par infrarouge.



NOMENCLATURE

R₁ : 100 kΩ (marron, noir, jaune)

R₂ : 220 Ω (rouge, rouge, marron)

R₃ à R₆ : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

R₇ : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)

C₁, C₄, C₅ : 47 μF/16V

C₂, C₃ : 100 nF

D₁ : 1N4148

D₂ : BZX79C3V0

D₃, D₄ : LED bicolores 5mm

PT₁ : phototransistor SFH 309

CI₁ : PIC 16F84

Q₁ : résonateur 4 MHz

K₁, K₂, K₁₀, K₁₂ : connecteurs 2 points mâles

K₃ : connecteur 5 points mâles

K₄ à K₉ : connecteurs 3 points mâles

K₁₁ : connecteur 4 points mâles

1 support 18 broches

1 capteur SHARP GP2D02 (CONRAD, réf. 185329)

4 servomoteurs

4 accumulateurs 1,2V (modèle AA ou AAA)

2 coupleurs pour 2 piles (AA ou AAA)



ADRESSES INTERNET

Site de l'auteur : www.geii.iut-nimes.fr/fg/

Site proposant un robot équivalent : www.microrobot.com

Site vendant un chouette équivalent : www.lextronic.fr

Site européen de SHARP : www.sharpsme.com

LES CAPTEURS SHARP GP2DX : MESURE DE DISTANCE PAR INFRAROUGE

Mesurer une distance même faible comme ici est un avantage important.

Cela permet de vérifier la position du robot calculée par d'autres méthodes. La mesure de distance était le domaine réservé des systèmes à ultrasons, en raison d'un coût relativement faible comparé aux télémètres LASER. Mais, dorénavant, il est possible de se procurer des capteurs permettant de mesurer des distances par infrarouge. La distance mesurée est comprise entre 10 et 80cm.

Ces capteurs utilisent la triangulation associée à un réseau de photodiodes pour calculer la distance ou la

deux modèles à sortie binaire (0 ou 1) réglable ou pré-réglée et un modèle à lecture série pour les μC non équipés de C.A.N. intégré.

Le **tableau 1** résume leurs caractéristiques :

Remarque : le modèle analogique est disponible uniquement sur le catalogue CONRAD allemand. Il peut être commandé par leur site

F. GIAMARCHI

Référence	Sortie	Échelle	Contrôle	Consommation	Au repos
GP2D02	série	10cm - 80cm	Par horloge externe	25mA	2 μA
GP2D05	0 ou 1	Réglable de 10 à 80cm	Par horloge externe	25mA	2 μA
GP2D12	Analogique	10cm - 80cm	Lecture continue	25mA	
GP2D15	0 ou 1	Pré-réglé à 24cm	Lecture continue	25mA	

présence d'un objet dans le champ de vision. L'idée est d'émettre des salves infrarouges qui sont réfléchies par un objet ou perdues. Dans le cas d'une réflexion, le détecteur reçoit un faisceau en un point qui crée un triangle avec l'émission et l'objet détecté.

L'angle du triangle change avec la distance de l'objet détecté. C'est la lentille du détecteur qui définit la précision de ce capteur. Le détecteur de position sensible PSD détermine l'angle de réflexion et calcule la distance de l'objet.

Cette méthode permet de supprimer l'influence de la lumière ambiante ainsi que la couleur de l'objet détecté. Il est donc possible de détecter un mur noir en pleine lumière.

La relation entre la distance et la valeur délivrée n'est pas linéaire. Il est donc nécessaire de créer une table de conversion pour les valeurs entre 10 et 80cm.

SHARP, qui est le fabricant, propose 4 modèles pour répondre aux différents besoins. Un modèle à sortie analogique (0-3V) pour les μC avec C.A.N. intégré,

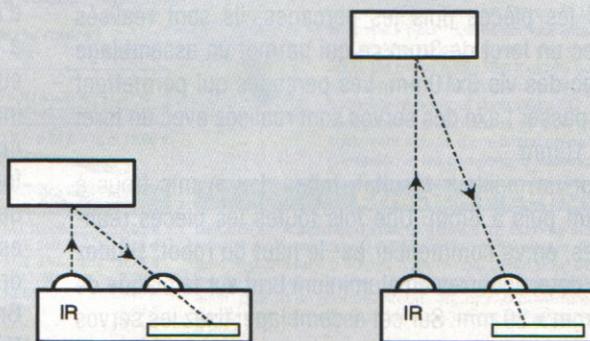


TABLEAU 1
Caractéristiques

FIGURE 4
L'angle du triangle varie selon la distance de l'objet détecté.



Fixation des servos entre eux. Au premier plan, l'œil constitué d'une diode LED tricolore.

CONSTRUCTIONS

DRAGON

FIGURE 5

Les éléments de décoration.

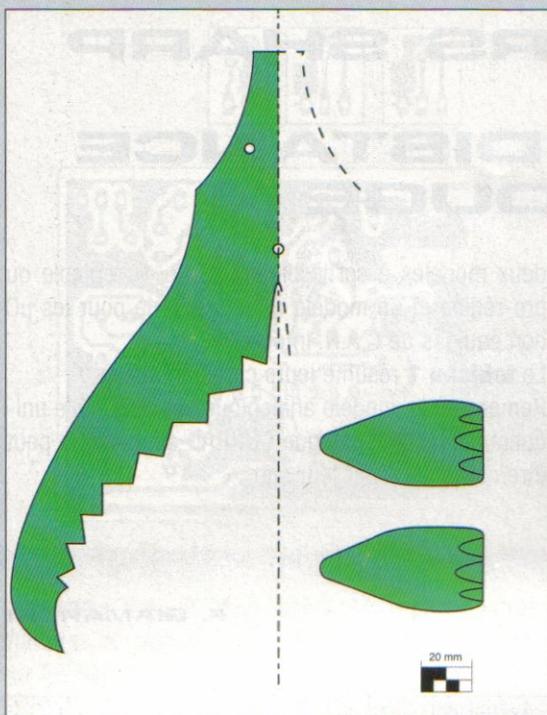
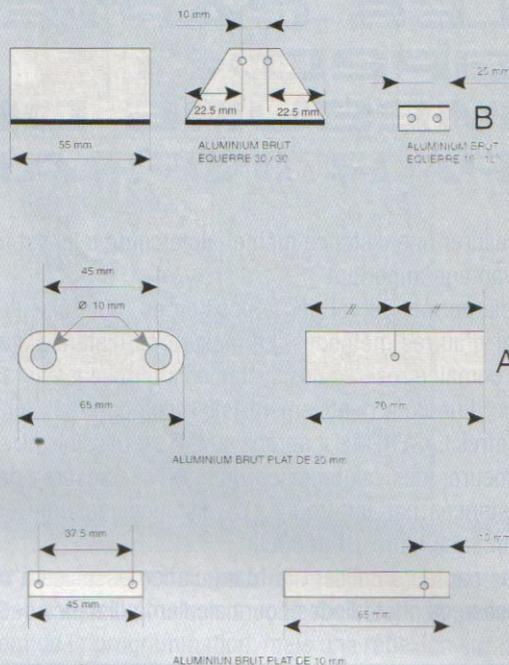


FIGURE 6

Les pièces d'assemblage en aluminium.



CONSTRUCTION

La réalisation mécanique ne présente pas de difficulté à condition d'avoir les outils adéquats. Une scie sauteuse et une perceuse pouvant supporter un foret de 10 mm de diamètre. Commencez par débiter toutes les pièces puis les perçages, ils sont réalisés avec un foret de 3mm ce qui permet un assemblage avec des vis 3x10mm. Les perçages qui permettent de passer l'axe des servos sont réalisés avec un foret de 10mm.

Pour un meilleur résultat, faites des avants trous à 3mm puis à 6mm. Une fois toutes les pièces réalisées, on va commencer par le haut du robot, soudez les deux équerres en aluminium brut sur la plaque de 70mm x 20 mm. Sur cet assemblage, fixez les servos et la patte qui soutiendra le capteur de distance. A présent, démontez les palonniers et vissez-les

comme sur les photos. Nous n'avons pas précisé l'emplacement des perçages des fixations des servos car ils dépendront de ceux choisis. Nous avons pris les vis de 2mm de diamètre qui sont données avec les servos.

Les servos doivent être en position centrale avant d'être fixés, ce qui définit la position verticale. Reste à fixer les pieds et à positionner les coupleurs d'accus avec du ruban adhésif double face. Le circuit imprimé est placé sur les 2 servos supérieurs et maintenu par le moyen rapide d'une élastique. Une fois la mécanique assemblée, positionnez le capteur de distance sur la patte prévue à cet effet. Le robot est terminé mais il ne ressemble pas encore à un dragon.

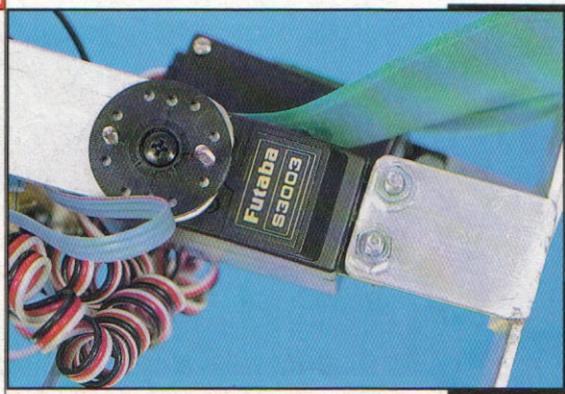
On va passer au côté esthétique avec de la mousse Néoprène (que vous trouverez dans un magasin de dessin).

Découpez d'après le plan. Pliez en deux la mousse pour la découper de façon symétrique. Le dessus est fixé avec la vis qui soutient la patte du capteur, alors que les pieds sont collés.

Positionnez les deux LED dans des trous à la place des yeux et le phototransistor sur la patte à l'opposé du capteur SHARP.

Et voilà le seigneur du bureau peut commencer son règne.

Présentation d'un des deux pieds.

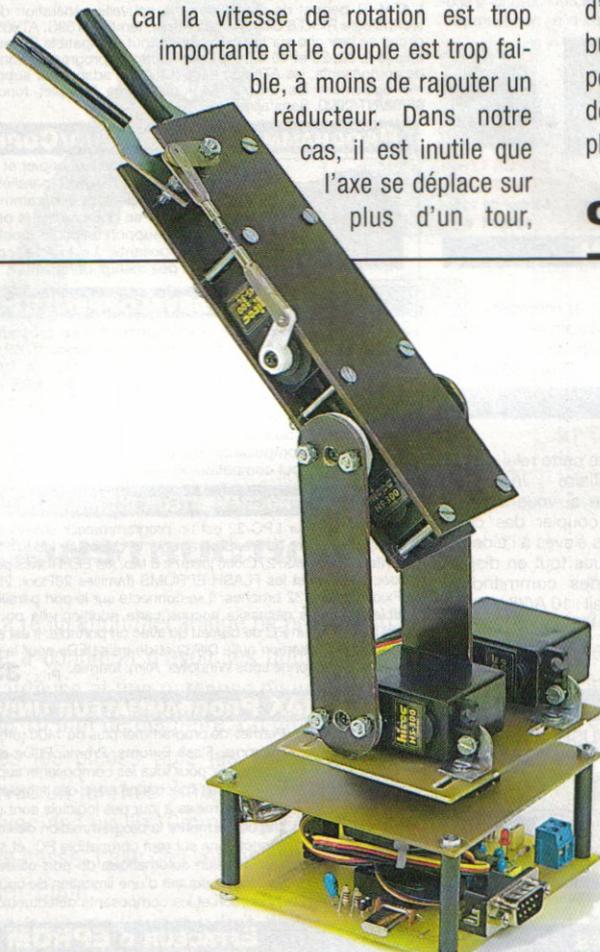


L. FLORES

Jusqu'à présent nous vous avons proposé la réalisation de robots capables de se déplacer grâce à des roues et même grâce à des pattes pour certains. Le robot présenté ici est d'un genre différent puisqu'il dispose d'un socle fixe, son but n'est pas de se déplacer mais de saisir et manipuler des objets grâce à un bras articulé muni d'une pince à son extrémité. Connecté sur le port série d'un ordinateur, il est possible de lui inculquer des séquences de déplacements qu'il répétera avec une rapidité et une précision surprenante.

MOTORISATION

Le choix des moteurs est un point clé pour cette réalisation. Ils doivent être suffisamment puissants pour permettre au bras de manipuler un objet d'une masse conséquente. Il n'est pas possible d'utiliser directement un moteur à courant continu car la vitesse de rotation est trop importante et le couple est trop faible, à moins de rajouter un réducteur. Dans notre cas, il est inutile que l'axe se déplace sur plus d'un tour,



une plage de 180° est même suffisante. Par contre, la précision dans le positionnement est primordiale. Seuls les servomécanismes correspondent à notre cahier des charges. Pour une masse d'environ 50g et un volume de 40x20x37mm, un servo standard contient : un moteur à courant continu, un train d'engrenage permettant une forte démultiplication du couple moteur, un potentiomètre rotatif permettant une recopie de la position angulaire de l'axe de sortie et, pour finir, un circuit électronique qui pilote l'ensemble. La vitesse de rotation de l'axe de sortie étant très faible, en contrepartie on dispose d'un couple relativement important. Le servo retenu pour notre réalisation est un HITEC HS-300. Pour une alimentation nominale de 4,8V, le couple est de 30Ncm. Celui-ci peut monter jusqu'à 37Ncm pour une tension de 6V. Le couple est la donnée la plus importante, c'est elle qui va déterminer les dimensions de la

structure mécanique.

Rappelons que le positionnement de l'axe de sortie d'un servo s'effectue par l'envoi d'une impulsion toutes les 20ms sur la ligne de commande. La largeur de l'impulsion détermine l'angle du palonnier. Une impulsion de 1,5ms place le palonnier dans sa position de neutre. Une impulsion de 1ms permet d'atteindre la butée inférieure, 2ms pour atteindre la butée supérieure, un angle de 90° sépare les deux positions extrêmes. En pratique, on peut appliquer des impulsions comprises entre 0,5ms et 2,5ms, la plage couverte par le servo est alors de 180°.

CALCULS

Soit le schéma présenté **figure 1**. Une tige de longueur R est solidaire de l'axe de rotation d'un servo. A l'autre extrémité est suspendu un objet de masse m qui génère une force F . Pour maintenir le système en équilibre le servo doit fournir un couple égale à $C = F \times R \times \sin \mu$ avec F exprimée en Newton, R en m et μ en degrés.

On constate que le servo est de moins en moins sollicité à mesure que la tige s'élève. Lorsqu'elle est toute droite le couple est alors nul puisque $\mu = 0^\circ$ donc $\sin \mu = 0$ soit $C = 0$. En effet le vecteur F passe par le point O .

La **figure 2** montre la position la plus défavorable, le servo doit fournir son couple maximum. On

remarque que $\mu = 90^\circ$ soit $\sin \mu = 1$, le couple délivré par le servo est alors de $C_{\max} = F \times R$.

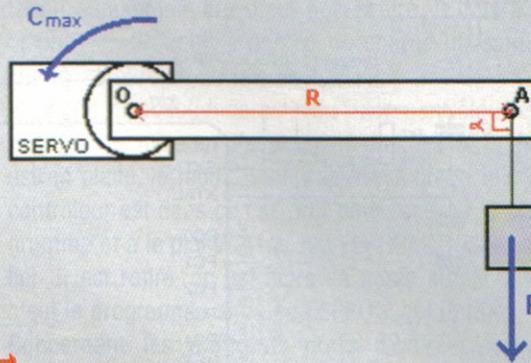
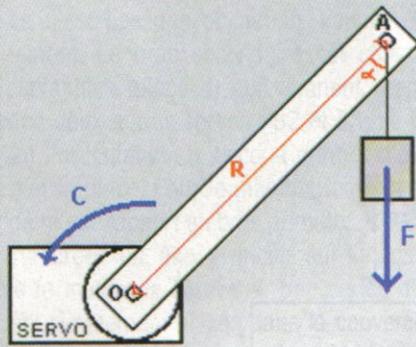
Par exemple, avec $C_{\max} = 30\text{Ncm}$ et $R = 10\text{cm}$, on a $F = 30 / 10 = 3\text{N}$, ce qui correspond à une masse $m = 300\text{g}$. Clairement avec une tige d'une longueur de 10cm, un servo possédant un couple de 30Ncm peut soulever une masse de 300g. Si avec le même servo on souhaite soulever une charge plus importante, la seule solution possible consiste à diminuer la longueur de la tige. Par exemple, avec une tige deux fois moins longue, on peut soulever une charge deux fois plus importante, soit 600g.

Il faut tenir compte de tous ces paramètres pour déterminer les dimensions du bras manipulateur. Si l'on souhaite manipuler des charges relativement lourdes, le bras doit être le plus court possible, mais le champ d'action est alors restreint. Il faut donc faire un compromis entre la masse des objets mani-

MANIPULATEUR

► **FIGURE 1**

Principe de calcul du couple

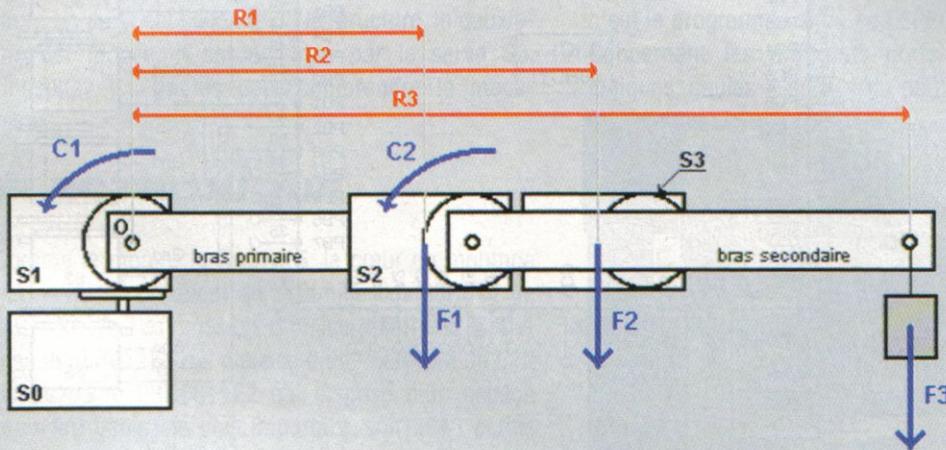


► **FIGURE 2**

Le bras manipulateur se trouve ici dans la position la plus défavorable

► **FIGURE 3**

Il faut tenir compte de la dimension du bras manipulateur si l'on met en œuvre des charges importantes

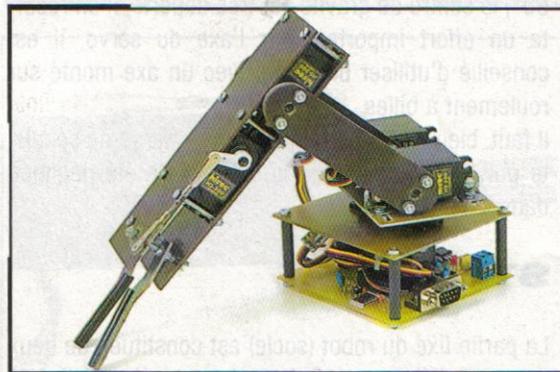


pulés et la longueur du bras. La masse maximum que peut supporter le robot a été fixée à 100g. Il en résulte une longueur du bras de 25cm, bras tendu. Le bras est composé de deux parties. La première est nommée bras primaire, la deuxième bras secondaire. Sur le bras secondaire on trouve deux servos, un qui permet le déplacement du bras secondaire : S2, l'autre permet d'actionner la pince : S3.

Le cas le plus défavorable correspond, comme nous l'avons démontré plus haut, à la position complètement dépliée du bras, comme le modélise la **figure 3**. Calculons le couple que doit fournir le servo S1 pour maintenir la structure en équilibre. Le couple du servo S1 correspond à la somme des couples créés par les forces F1, F2 et F3. F1 et F2 sont égales, elles correspondent au poids des servos, soit $F1 = F2 = m_{\text{servo}} \times g$. Rappelons que g est l'accélération de l'apesanteur soit $9,81 \text{ m/s}^2$, on prendra 10 pour simplifier les calculs. Avec un servo de 50g, on obtient une force égale à 0,5N. Nous avons donc $C1 = F1 \times R1$, avec $R1=10\text{cm}$ on a $C1 = 5\text{Ncm}$. Avec $R2 = 12\text{cm}$, $C2 = 6\text{Ncm}$. Si l'on considère que l'objet peut avoir une masse max. de 100g et que $R3 = 25\text{cm}$ on

obtient $C3 = 25\text{Ncm}$. En faisant la somme $C = C1 + C2 + C3 = 36\text{Ncm}$, on constate que le couple est supérieur au couple nominal du servo. Il est possible d'utiliser un servo plus puissant. Plus simplement, il suffit de rajouter un second servo, ainsi on double le couple qui passe alors de 30 à 60Ncm.

De la même façon, on peut vérifier que le couple que devra fournir le servo S2 est suffisant compte tenu du poids de l'objet. Seules les forces F2 et F3 sont à considérer, on obtient $C = 18\text{Ncm}$. Concernant S0, le couple est suffisant, par contre lorsque le bras est à



► Une des séquences du bras manipulateur

CONSTRUCTIONS

MANIPULATEUR FIGURE 4

Pour le maintien du bras secondaire par rapport au bras primaire, il faut créer un axe artificiel sur le servo

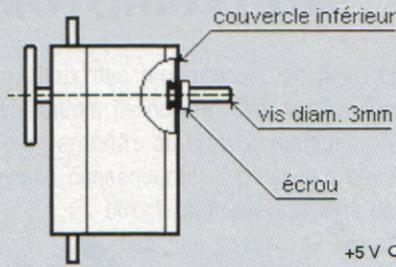
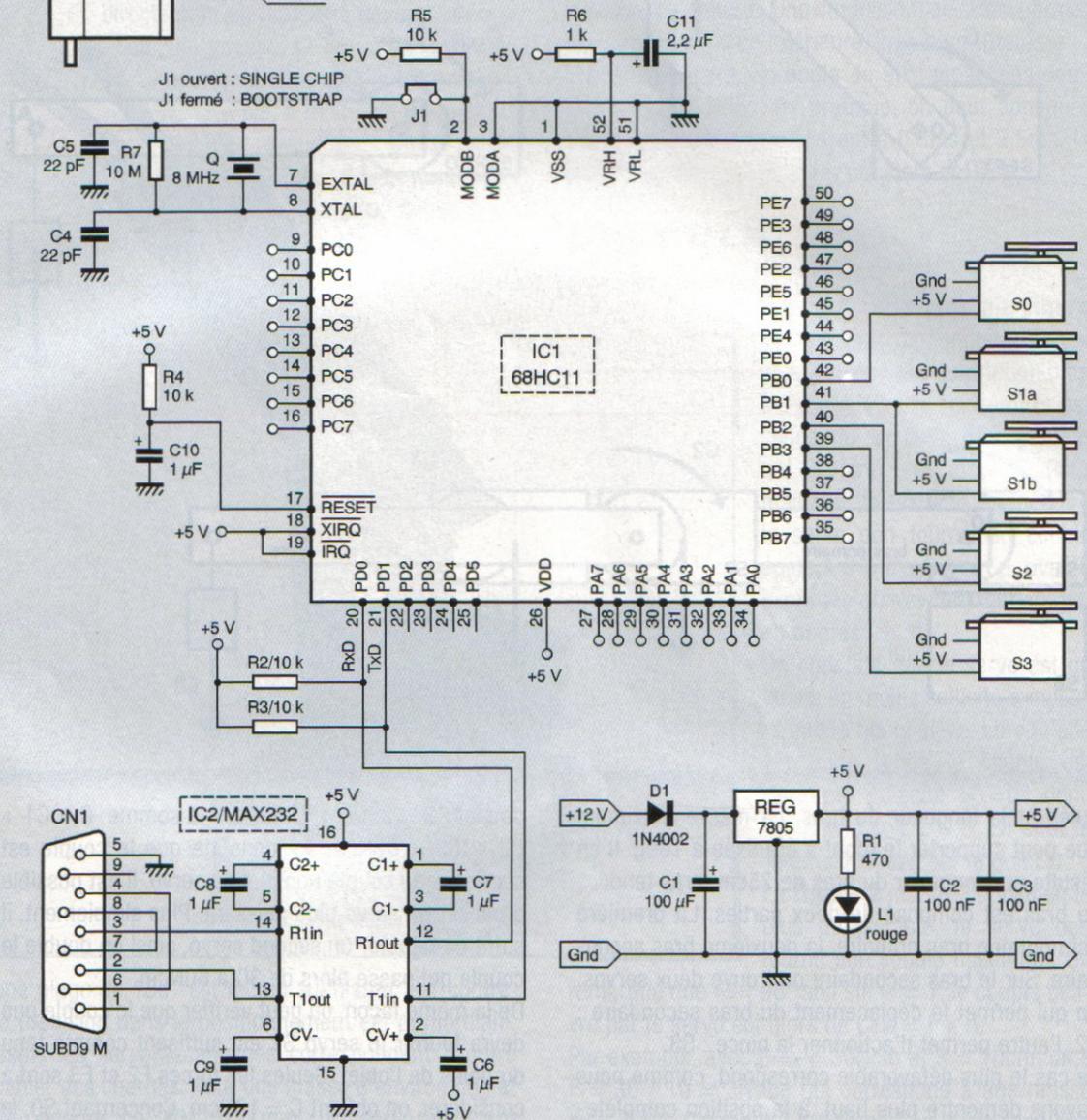


FIGURE 5

L'électronique fait appel à un microcontrôleur de la famille des 68HC11



90°, le centre de gravité est très déporté, il en résulte un effort important sur l'axe du servo, il est conseillé d'utiliser un servo avec un axe monté sur roulement à billes.

Il faut, bien entendu, se garder une marge de sécurité puisque la masse de la structure a été négligée dans les calculs.

STRUCTURE

La partie fixe du robot (socle) est constituée de deux plaques d'époxy de 9x9cm. La première doit être

cuvrée, car elle recevra toute la partie électronique. La seconde sera découpée pour recevoir le servo S0. L'assemblage des deux plaques, à 3,5cm l'une de l'autre, est assuré par 4 tiges filetées. L'axe du servo est solidaire de la partie baptisée tourelle. Là encore une plaque d'époxy de 6,5x9cm sert de socle de base à la partie rotative du bras.

Sur la tourelle prennent place deux servos qui assurent le déplacement des bras primaires. Chaque servo est maintenu par deux équerres en aluminium. L'axe de chacun des servos est solidaire de la pièce notée 3 sur le schéma, il faudra donc la réaliser en

deux exemplaires. Notez que les pièces 3 et 4 sont réalisées en bakélite comme le montre les photos, mais ce n'est pas une obligation, l'époxy convient parfaitement. Le bras secondaire est constitué de deux rectangles (pièce 4) qui viennent prendre en sandwich deux autres servos : S2 et S3. Le premier assurant l'articulation, le second permet d'ouvrir ou de fermer la pince. Pour le maintien correct du bras secondaire par rapport au bras primaire, il est nécessaire de créer un axe artificiel sur le servo S2. Comme le montre la **figure 4**. Une vis de diamètre 3mm est simplement vissée dans le couvercle inférieur du servo préalablement démonté. Attention, la tête de la vis ne doit pas toucher le circuit électronique sinon gare au court-circuit ! La pince est constituée de deux doigts façonnés dans des chutes d'époxy. Un doigt est solidaire de la structure, le deuxième est mobile, il est actionné par le servo S3. Consultez les photos pour comprendre le mécanisme.

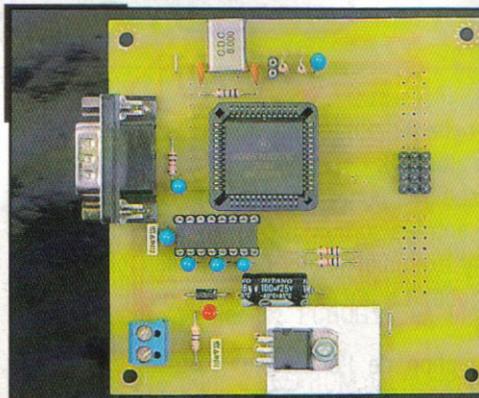
ÉLECTRONIQUE

Comme le montre la **figure 5**, le cœur du montage est un microcontrôleur de la famille des 68HC11 de MOTOROLA. Il est possible d'utiliser différents modèles : le 68HC11E1 qui dispose d'une EEPROM de 512 octets ou le 68HC811E2 qui dispose d'un espace mémoire deux fois plus important, soit 2048 octets d'EEPROM. Cela peut sembler du luxe puisque le programme ne fait que 120 octets, mais si l'on tient compte du fait qu'il est à peine plus cher que le E1, c'est un bon investissement. Surtout, il vous sera possible de faire évoluer le programme de base pour développer votre propre application.

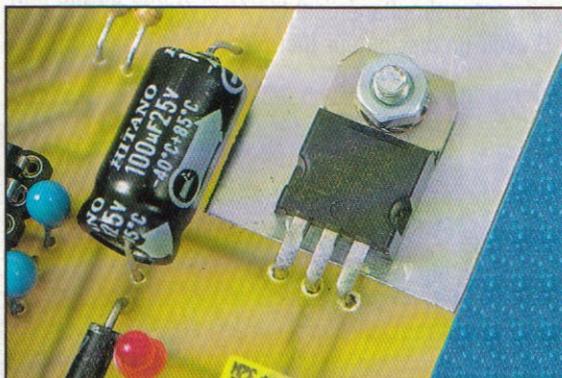
Lorsque l'on utilise un microcontrôleur, le nombre de composants annexes est toujours très réduit. On retrouve le classique quartz d'une fréquence de 8 MHz associé à une résistance de 10 MΩ et de deux condensateurs céramiques de 22 pF. La valeur du quartz est très importante car c'est de là que dépend la bonne marche du 68HC11. La fréquence de 8 MHz n'est pas innocente car elle permet de disposer des principales fréquences d'utilisation du port RS232, celle de base étant de 9600 bauds. Ce qui permet aussi de programmer le 68HC11 in situ puisque la fréquence de communication est alors de 1200 bauds (la fréquence de base est divisée par 8). Le circuit de reset est basé sur une simple cellule composée d'une résistance et d'un condensateur au tantale. Une des caractéristiques intéressantes du 68HC11 est qu'il dispose de son propre port série mais qui fonctionne en logique TTL. Il s'agit d'une liaison série asynchrone ou SCI. Elle est comparable

aux UART classiques que l'on trouve en informatique. L'interfaçage est toutefois possible à condition d'adapter les niveaux de tension, c'est le rôle du circuit MAX232. Le signal d'une tension nominale de ±10V envoyé du PC via la ligne TxD est abaissé à 0/5V. Inversement, le signal envoyé du 68HC11 au PC via la ligne RxD passe de 0/5V à +/-10V. Aucune alimentation supplémentaire n'est nécessaire, le MAX232 dispose d'un circuit à pompe de charge utilisant 4 condensateurs au tantale de 1 µF.

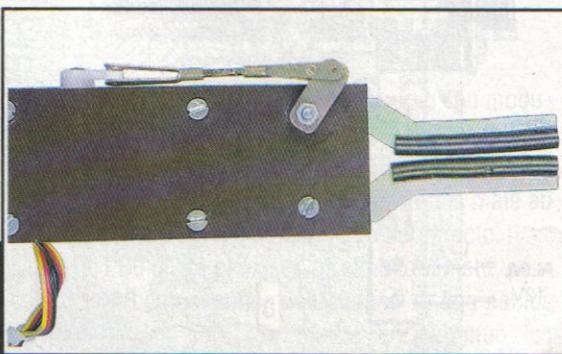
Le mode de fonctionnement du microcontrôleur est défini par la mise en place ou non du cavalier J1. S'il est en place, le mode Bootstrap est actif. Le microcontrôleur est dans ce cas prêt pour recevoir le programme et à le placer dans son EEPROM. Si le cavalier J1 est retiré, on est alors en mode circuit seul, c'est le programme situé en EEPROM qui tourne. Concernant les différents ports d'entrées/sorties logiques, seules 4 sorties du port B sont utilisées :



La carte imprimée ne comporte que très peu de composants



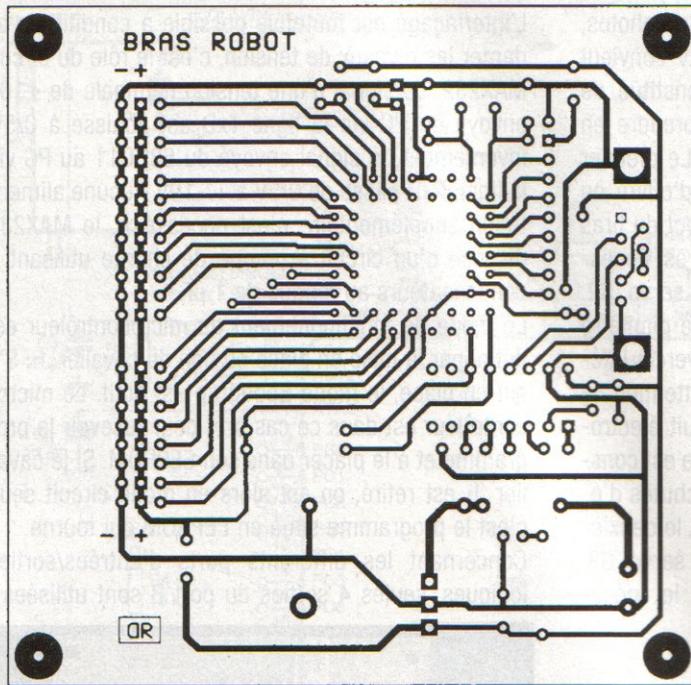
On disposera d'un petit dissipateur aluminium pour le régulateur 5v



Présentation de la pince

FIGURE 6

Tracé du circuit imprimé.



PB0 (broche 42), PB1 (broche 41), PB2 (broche 40) et PB3 (broche 49). Chaque ligne pilote directement un servo, seule la ligne PB1 en pilote deux. Toutes les autres entrées/sorties du μ C restent disponibles pour, par exemple, ajouter de nouvelles fonctionnalités au robot. Le tracé est d'ailleurs prévu en conséquence.

L'alimentation de l'ensemble (carte + servos) est confiée à un régulateur 7805 qui est suffisant pour alimenter simultanément les 4 servos, à condition de prévoir un dissipateur thermique. Il faut savoir qu'un

servo peut consommer un courant de l'ordre de 800mA lorsqu'il fournit son couple maximum. Si vous utilisez le robot dans ces conditions extrêmes, il est plus prudent d'opter pour un régulateur 78T05 qui peut débiter un courant de 3A.

RÉALISATION

Le tracé du circuit vous est présenté **figure 6**, le schéma d'implantation **figure 7**.

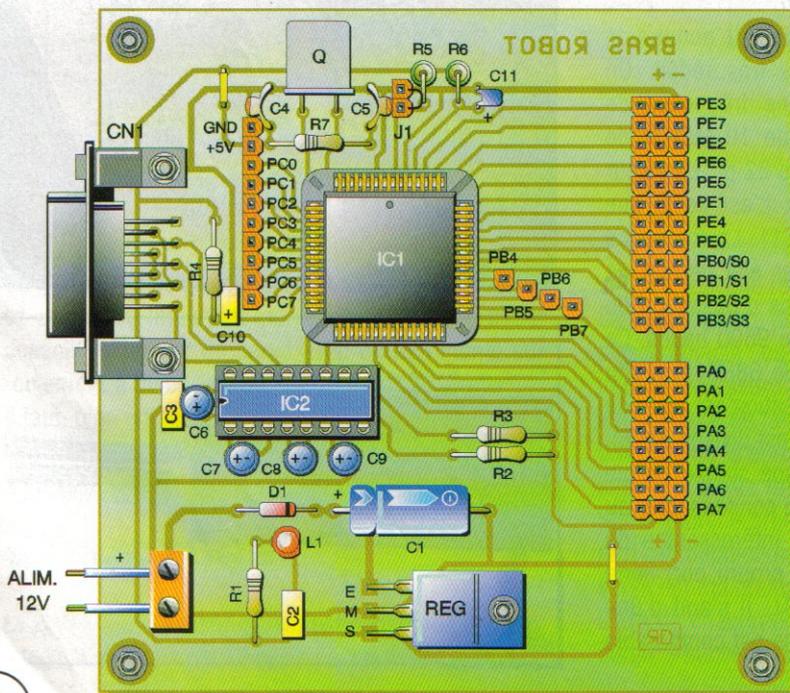
La gravure du circuit ne doit pas poser de problème. Les pistes sont relativement larges et espacées. Point important concernant le perçage : utilisez impérativement un foret de 0,8 mm de bonne qualité et de préférence neuf. Dans le cas contraire, vous risquez d'arracher les pastilles destinées au 68HC11 qui possèdent un diamètre relativement faible.

Concernant la mise en place des composants, soyez minutieux lorsque vous arrivez au support PLCC. D'abord repérez le coin biseauté et orientez correctement le support puis insérez-le dans la plaque d'époxy. Il ne faut surtout pas faire pénétrer le support en force sinon, à l'arrivée, il va vous manquer des pattes à souder !

Dans un premier temps, ne mettez pas en place le MAX232 ni le 68HC11. Alimentez le circuit et vérifiez que la tension délivrée est bien de +5V et qu'elle est présente aux endroits prévus. Si tout va bien, vous pouvez passer à la programmation du 68HC11.

FIGURE 7

Implantation des éléments



PROGRAMMATION DU 68HC11

Le programme «ManipE1.rec» est destiné aux utilisateurs du 68HC11E1, «ManipE2.rec» pour ceux qui préfèrent le 68HC811E2. Tout d'abord, copiez les fichiers relatifs à PCBUG11 ainsi que le fichier précédent dans un répertoire de votre disque dur, par exemple C:\BrasManip. Reliez le module de comman-

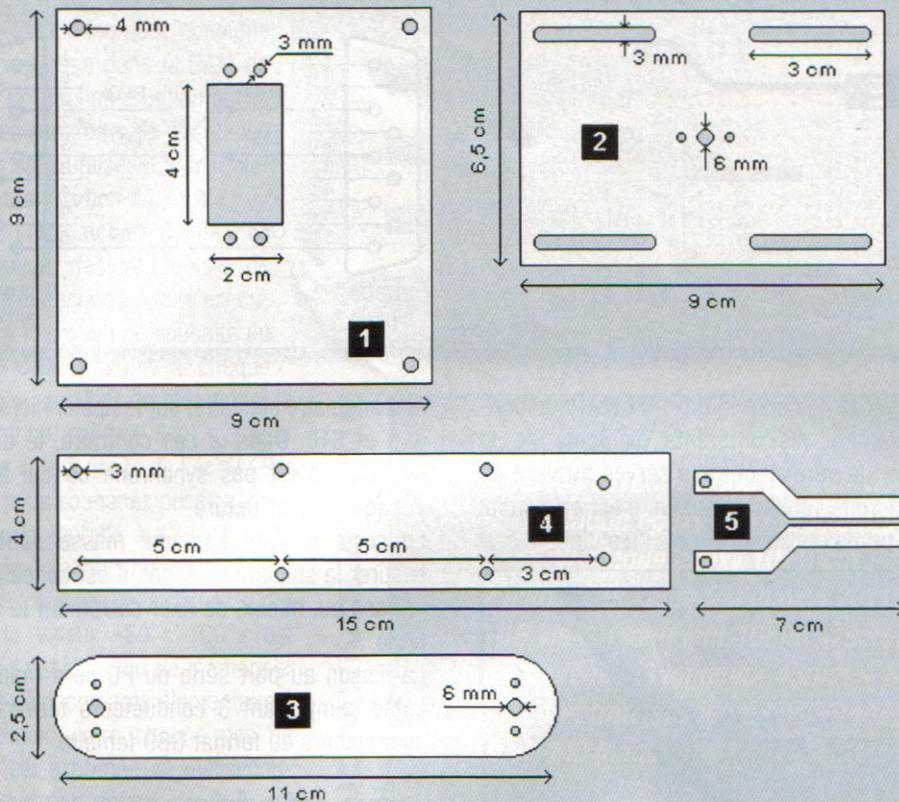


FIGURE 8

Tous les éléments constitutifs du robot. Le socle est notamment constitué de deux plaques d'époxy de 9x9 cm

de au port COM1 de votre PC. Le cavalier J₁ doit être en place pour être en mode Bootstrap (MODB=0), puis mettez la carte sous tension (servos non connectés).

68HC11E1 (ManipE1.rec)

Lancez l'exécution du logiciel par la commande PCBUG11 -A

Pour tester la liaison série entre le µC et le PC : tapez CTRL+R, si le message «Communications synchronised» s'affiche tout va bien. Dans le cas contraire, on obtient le message «communication faults», faites un reset manuel et relancez PCBUG11 en entrant la commande restart.

Déverrouillez la mémoire EEPROM par la commande : mm \$1035 entrez la valeur \$10

Définissez la location de l'EEPROM par la commande : eeprom \$B600 \$B7FF

Effacez ensuite l'EEPROM du HC11 en entrant la commande : eeprom erase bulk.

Chargez le programme par la commande : loads C:\BrasManip\ManipE1.rec (dans la fenêtre principale s'affiche le nombre d'octets programmés)

68HC811E2 (ManipE2.rec)

Lancez l'exécution du logiciel par la commande PCBUG11 -A

Pour tester la liaison série entre le µC et le PC : tapez CTRL+R, si le message «Communications synchroni-

sed» s'affiche tout va bien. Dans le cas contraire, on obtient le message «communication faults», faites un reset manuel et relancez PCBUG11 en entrant la commande restart.

Déverrouillez la mémoire EEPROM par la commande : mm \$1035 entrez la valeur \$10

Définissez la location de l'EEPROM par la commande : eeprom \$F800 \$FFFF

Effacez ensuite l'EEPROM du HC11 en entrant la commande : eeprom erase bulk.

Chargez le programme par la commande : loads C:\BrasManip\ManipE2.rec (dans la fenêtre principale s'affiche le nombre d'octets programmés)

Maintenant que le 68HC11 est programmé, coupez l'alimentation puis retirez le cavalier J₁ pour activer le mode circuit seul (MODB=1).

CÂBLAGE ET RÉGLAGE

Commencez par relier les différents servos au module de commande, consultez la **figure 9** pour le brochage d'un servo de la marque HITEC. Si vous avez pris soin de souder sur la carte des barrettes mâle au format HE14, la connexion du servo est directe.

La sortie PBO pilote deux servos simultanément, pour cela il faut confectionner une connexion des câbles dite en «Y». Il suffit de mettre en commun les conducteurs des deux servos.

RÉALISATIONS

MANIPULATEUR

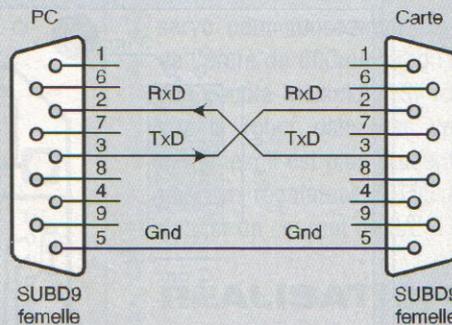
FIGURE 9

Brochage d'un servo de la marque HITEC



FIGURE 10

Cordon de liaison au PC



Avant de visser le palonnier à l'axe du servo, actionnez manuellement les différents éléments de la structure afin de vérifier que les servos arrivent en butée aux endroits voulus. Attention, il est primordial que les bras primaires soient fixés à l'identique (posi-

tion angulaire similaire) sur les palonniers des servos S1a et S1b. Dans le cas contraire, le déplacement des bras n'est pas synchrone ce qui implique un vrillage de la structure.

Le socle n'ayant pas une masse suffisante pour assurer la stabilité du robot, il est conseillé de lester la base ou, mieux, de fixer carrément le socle sur la table.

La liaison au port série du PC sera réalisée par un câble comportant 3 conducteurs terminé par deux connecteurs au format DB9 femelle.

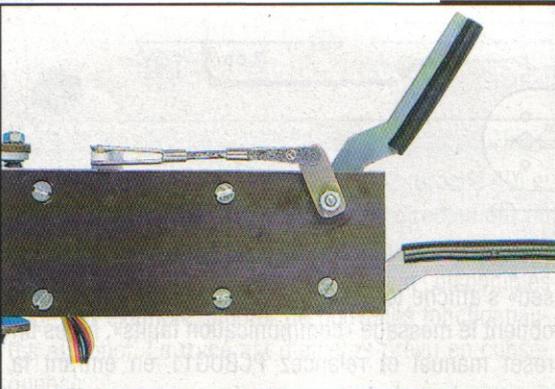
UTILISATION

Le logiciel «BrasManip.exe» développé avec la version 4 de DELPHI fonctionne sous l'environnement Windows. La gestion du port RS232 est totalement prise en charge. Il suffit de cliquer sur le menu «port» puis sur «paramètres» pour définir toutes les options de communication. Vous avez la possibilité de piloter le bras sur le port COM1 ou COM2. La vitesse de transmission sera de 9600 bauds. Le format de donnée est de 8 bits et pas de contrôle de parité (voir copie d'écran). Une fois que vous avez défini tous ces paramètres, ils seront sauvegardés dans la base de registre de Windows. Ainsi, lors de la prochaine utilisation du logiciel, vous retrouverez vos réglages. Une action sur le bouton «ouvrir» permet d'activer le port série sélectionné.

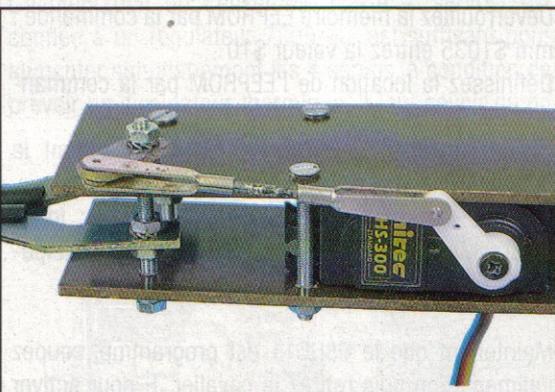
Le positionnement de chacun des servos s'effectue par une barre de défilement appelée scrollbar, il s'agit d'un composant standard de DELPHI. On retrouve ce type d'objet dans de nombreux programmes, elle est souvent utilisée pour faire défiler du texte à l'intérieur d'une fenêtre.

L'écran comporte 4 scrollbars, chacune étant associée à un servo. Dans notre cas, il suffit de déplacer le curseur à l'aide de la souris ou avec les flèches du clavier pour positionner l'axe du servo selon l'angle désiré. Chaque scrollbar porte un numéro. Par exemple la scrollbar associée à la sortie PBO porte le numéro 0. A chaque action sur cette scrollbar, le chiffre «1» est envoyé sur le port série. Le µC répond par le caractè-

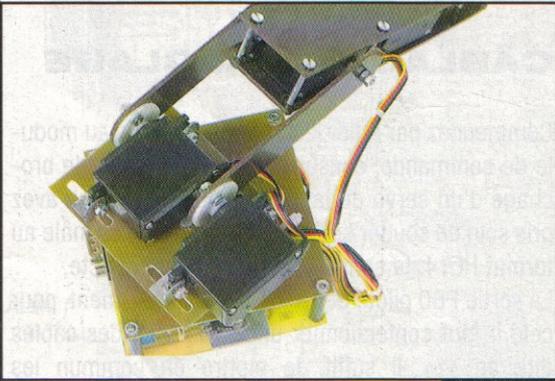
La pince est notamment constituée de deux doigts façonnés dans des chutes d'epoxy

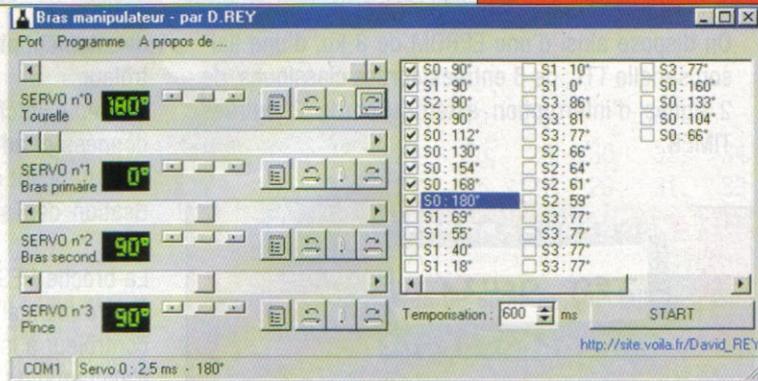


Un doigt reste solidaire de la structure et l'autre est actionné par S3



Sur la tourelle prennent place les deux servos qui assurent le déplacement des bras primaires





Vue d'écran

re «?», l'ordinateur envoie alors la consigne de positionnement, consigne qui est sauvegardée dans la RAM du μC , jusqu'à la prochaine action sur la scrollbar. Des scrollbars de dimension plus réduite sont utilisées pour régler précisément la position du neutre. L'intérêt de l'ordinateur est que l'on peut mémoriser des séquences de déplacement et ensuite les faire exécuter autant de fois que l'on souhaite au robot. Pour cela, il suffit à chaque action sur une scrollbar de mémoriser la position obtenue, celle-ci vient s'ajouter dans la zone liste à droite de l'écran. Par exemple, si vous souhaitez positionner le servo S0 de la tourelle à 129°, il suffit d'actionner la scrollbar 0 jusqu'à obtenir la valeur 129°, ensuite vous cliquez sur le bouton et la valeur «S0 : 129°» est mémorisée. Il est possible de mémoriser jusqu'à 200 déplacements élémentaires. La temporisation entre chaque pas de programme est exprimée en millisecondes, la valeur par défaut de 600 est recommandée. Plus cette valeur est faible, plus le robot est rapide, si cette valeur est inférieure à 600, vous risquez de perdre certains pas de programme car les servos n'ont pas le temps de se positionner correctement, il faut savoir que la vitesse de déplacement maximum d'un servo est de 190ms/60° (donnée constructeur), soit 570ms/180°. Une fois que votre programme est composé, un click sur le bouton «START» lance l'exécution. Si vous êtes satisfait de votre programme, il est possible de le sauvegarder pour une prochaine utilisation. Allez dans le menu «programme» puis cliquez sur «enregistrer», une boîte de dialogue vous invite à inscrire un nom de fichier qui, par défaut, portera l'extension «.bra». Pour le rappeler ultérieurement, cliquez sur «charger» et sélectionnez le fichier désiré. Notez la barre d'état située au bas de la fenêtre qui signale la largeur de l'impulsion envoyée exprimée en millisecondes, ainsi que l'angle compris entre 0 et 180°.

D. REY

NOMENCLATURE

Mécanique

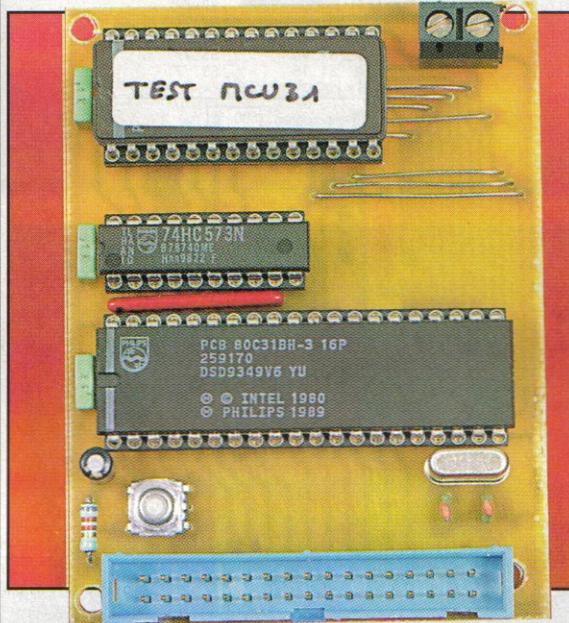
- 5 servos HITEC HS-300 (ou équivalent)
- 1 plaque époxy cuivrée 9x9mm
- 1 plaque époxy 10x10cm
- 2 plaques bakélite (ou époxy) 20x10cm
- 18 vis M3 longueur 10mm + écrous
- 4 tiges filetées M3 longueur 45mm + 8 écrous
- 4 entretoises longueur 35mm
- 9 vis M3 longueur 25mm + 20 écrous
- 2 chapes M3
- 1 sachet de rondelles

Électronique

- R_1 : 470 Ω
- R_2 à R_5 : 10 k Ω
- R_6 : 1 k Ω
- R_7 : 10 M Ω
- C_1 : 100 μF /15V chimique horizontal
- C_2, C_3 : 100 nF LCC jaune
- C_4, C_5 : 22 pF céramique
- C_6 à C_{10} : 1 μF /10V tantale
- C_{11} : 2,2 μF /10V tantale
- Q : quartz 8 MHz
- IC₁ : 68HC11E1 ou 68HC811E2 + support PLCC 52 broches
- IC₂ : MAX232 + support DIP 16 broches
- REG : 7805 + dissipateur thermique
- L₁ : LED rouge \varnothing 3mm
- D₁ : 1N4002
- J₁ : cavalier
- CN₁ : connecteur DB9 femelle
- 1 bornier à vis 2 plots
- 1 morceau de barrette sécable 12 points HE10 mâle
- Câble de liaison PC -> carte
- 2 connecteurs DB9 femelle à câbler
- 1 câble 3 conducteurs

Malgré l'arrivée en force de nouveaux microcontrôleurs avec mémoire FLASH intégrée et programmation ISP, il nous reste tous, dans des fonds de tiroirs, de "bons vieux" circuits à mémoire de code externe. Il serait en effet dommage de les mettre au rebut, surtout si l'on dispose d'un programmeur d'EPROM. Pour un coût qui devient négligeable, cette carte peut remplir une multitude de fonctions nécessaires au pilotage d'un robot : gestion des capteurs, contrôle des moteurs ou extensions spécifiques.

On dispose ainsi d'une EPROM de 8 ko, d'une liaison série TTL, de 8 entrées/sorties classiques, de 2 lignes d'interruption externes et de 2 entrées TIMER.



Le cœur du montage est un microcontrôleur 8031 (possibilité de le remplacer par un 8032, 8051 ou 8052) cadencé par le quartz Q₁ de 11,0592 MHz. Cette fréquence d'horloge permet de générer facilement les taux de transfert de l'UART. Elle utilise les ports P3.0 et P3.1, respectivement RD et TD. L'EPROM 27C64 contient le code à exécuter. Elle est

directement pilotée par la ligne /PSEN du microcontrôleur.

L'octuple latch U₃ permet le démultiplexage des données et adresses basses du port P0. Le port P2 fournit, quant à lui, les adresses hautes. La mémorisation des adresses A0..A7 se fait par le signal ALE.

La broche RESET est reliée à PB₁, pour une remise à zéro manuelle. Le circuit C₄/R₁ initialise le microcontrôleur à la mise sous tension.

L'alimentation +5V de la platine se fait au travers du bornier à vis JP₁. En fonction de la technologie du microcontrôleur, la consommation du circuit peut varier dans de grandes proportions :

EPROM CMOS + AMD8031 (standard) ≈ 115mA

EPROM CMOS + Philips80C31 (CMOS) ≈ 12mA

Les lignes des ports P1 et P3 peuvent piloter des charges équivalentes à 4 entrées TTL LS.

RÉALISATION

La réalisation de la carte est aisée : on placera en premier lieu les straps et supports DIL. Viendront ensuite les condensateurs, le bornier et le connecteur 34 broches.

Après avoir éventuellement vérifié la présence de la tension d'alimentation sur les différents supports, on pourra mettre en place les circuits intégrés.

BROCHAGE DU CONNECTEUR D'ALIMENTATION

Gnd	Vcc
2	1

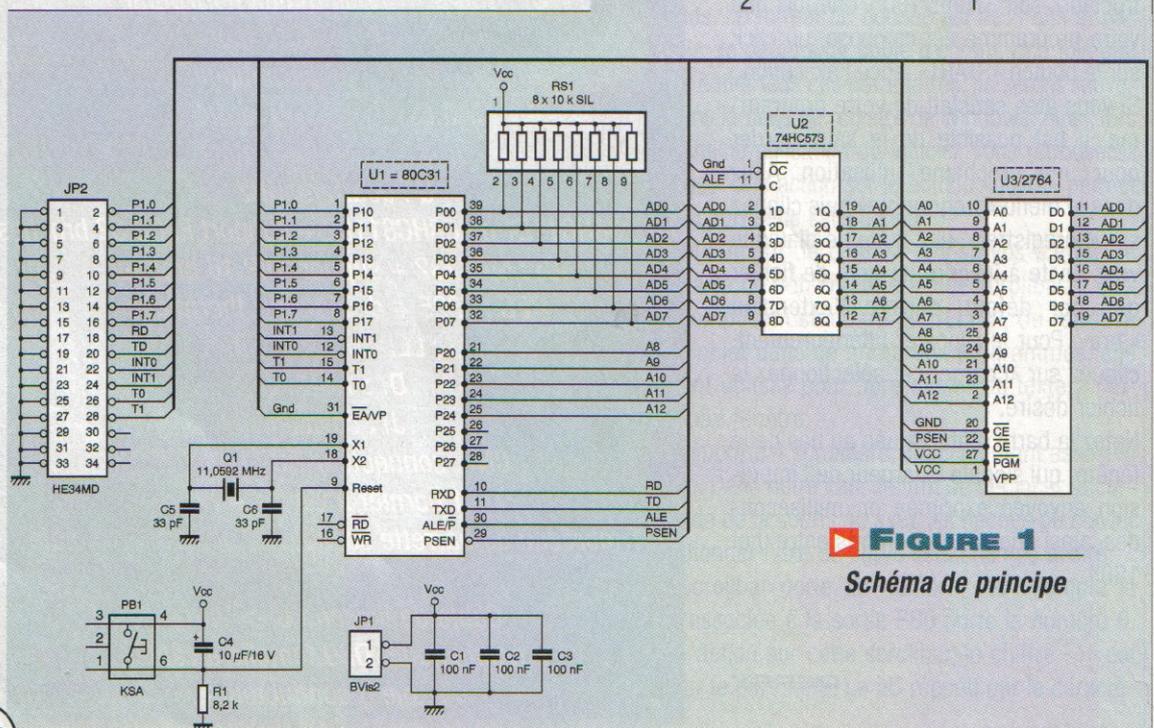


FIGURE 1 Schéma de principe

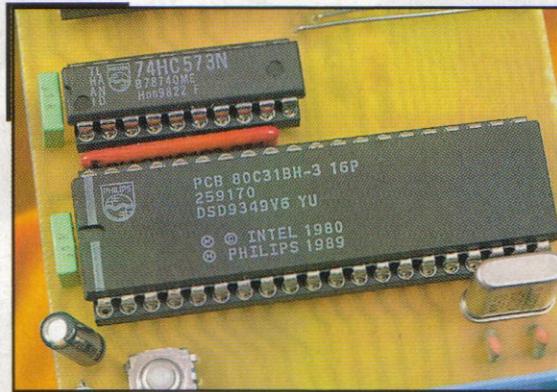
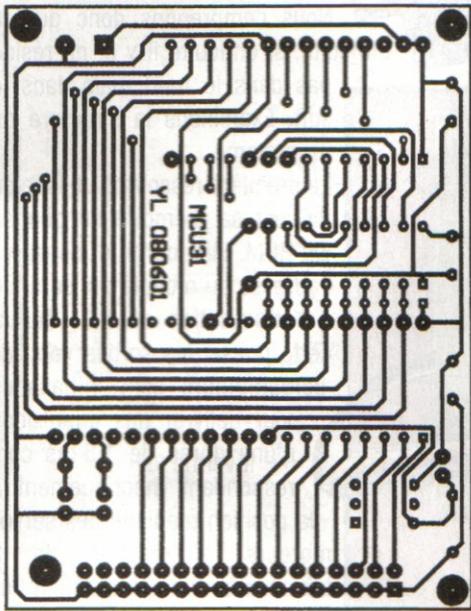
BROCHAGE DU CONNECTEUR 34POINTS

P1.0P1.1	P1.2	P1.3	P1.4	P1.5	P1.6	P1.7	RD	TD	Int0	Int1	T0	T1			
2	4	6	8	10	12	14	18	20	22	24	26	28	30	32	34
1	3	5	7	9	11	13	17	19	21	23	25	27	29	31	33
Gnd							-								Gnd

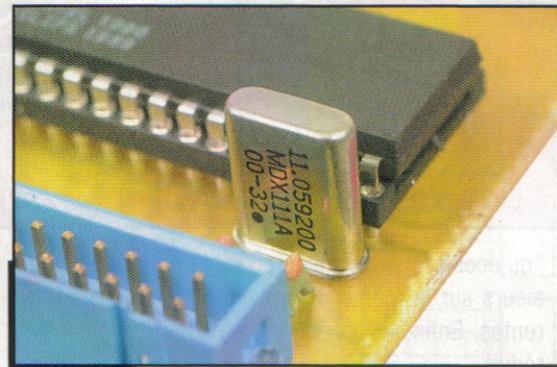
Pour l'écriture du code, on peut se servir de l'exemple ci-dessous pour démarrer. De nombreux outils de compilation et/ou de simulation sont disponibles

sur Internet ou auprès de sociétés spécialisées, en fonction du logiciel souhaité.

Y. LEIDWANGER



Le microcontrôleur 8031 pourra le cas échéant être remplacé par un 8032 ou 8051



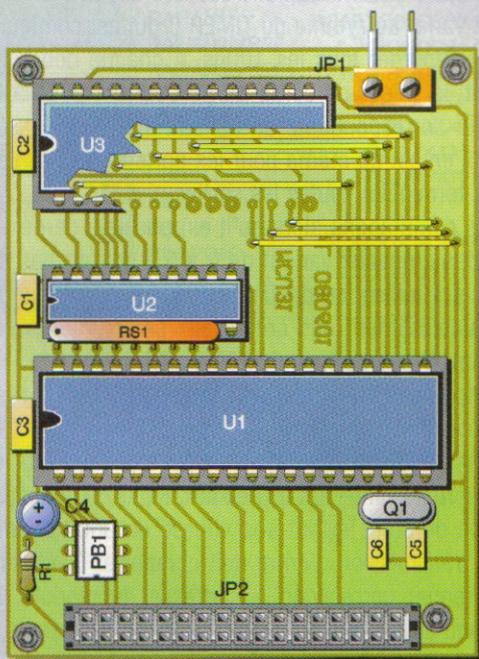
Place du quartz 11,0592 MHz

FIGURE 2

Tracé du circuit imprimé

FIGURE 3

Implantation des éléments. Attention aux nombreux straps placés sous le circuit U3



NOMENCLATURE

- U1 : 80C31 + support DIL40
- U2 : 74HC573 + support DIL20
- U3 : 27C64 + support DIL28
- C1 à C3 : 100 nF
- C4 : 10 µF/16V
- C5, C6 : 33 pF
- R1 : 8,2 kΩ
- RS1 : 8x10 kΩ SIL
- JP1 : BVis2
- JP2 : HE34 MD
- PB1 : touche KSA
- Q1 : 11,0592 MHz

MODULE DE POUR SERVO

RÉALISATIONS

Le montage que nous proposons dans cet article nous simplifie les neuro-nes et surtout ceux de notre microcontrôleur préféré. Il s'agit d'un module de gestion permettant de commander jusqu'à 20 servomoteurs avec une résolution de 100µs, soit une résolution angulaire de 9°.

Commençons par décrire les fonctionnalités de ce module. Les servomoteurs peuvent être commandés individuellement, par groupes (1 groupe de 8 et 2 groupes de 6 et/ou 2 groupes de 4 et 4 groupes de 3) ou bien être tous adressés d'un bloc. Le module possède une adresse et s'interface par une liaison série (précisons que le module ne fait

tionnel MAX232 étant donné que notre module est uniquement en réception. Le cavalier J₂₄ détermine la provenance de la liaison série : soit directement d'un autre microcontrôleur par le connecteur J₂₃ soit en provenance d'une liaison normalisée RS232 par le connecteur P₁.

Pour finir la description électrique, nous trouvons 20 connecteurs de J₁ à J₂₀ permettant de connecter les servomoteurs (connecteur type FUTABA). Le connecteur J₂₂ fournit l'alimentation des servomoteurs.

Nous comprenons donc que la difficulté, si difficulté il y a, ne réside pas dans le hard mais dans le soft. Examinons la structure du programme.

La première ressource utilisée du PIC est sa mémoire de donnée EEPROM. Elle fournit et conserve l'adresse du module qui sera lue à l'initialisation du PIC. Durant cette phase, les sorties vers les servomoteurs sont initialisées pour délivrer des impulsions d'une durée de 1,5 ms correspondant théoriquement à la position médiane des servomoteurs. L'utilisation de 3 tableaux à 40 entrées définit l'état de sortie des ports RA, RB et

"qu'écouter"), il est donc possible d'en mettre plusieurs sur la même ligne avec des adresses différentes. Enfin, le prix de revient de ce module est réduit.

Examinons maintenant l'électronique. Nous comprenons en examinant le schéma électrique que ce paragraphe sera court. En effet, il n'y a que trois composants actifs : un régulateur 5V (U₁), un microcontrôleur PIC16F873 (U₂) et un transistor BC547 (Q₁).

Le régulateur U₁, associé aux condensateurs C₁, C₂ et C₃, constitue l'alimentation du montage. La LED D₁, avec sa résistance de limitation de courant R₁, atteste de la mise sous tension du montage.

Le PIC est, lui, associé à 6 composants :

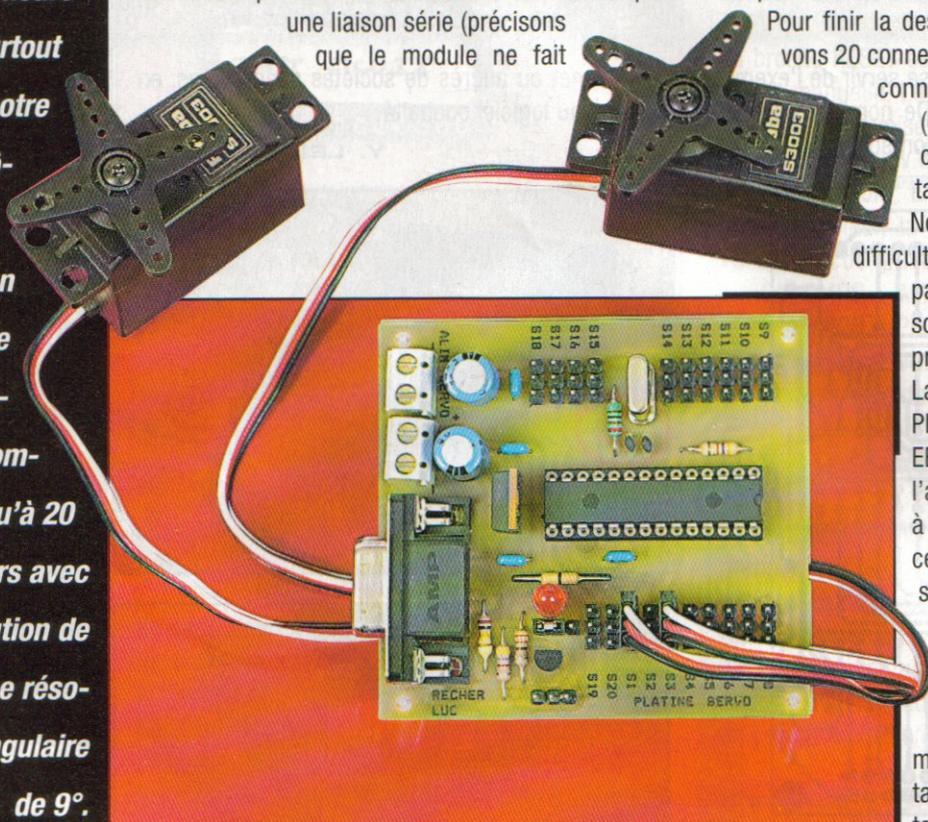
- Y₁, C₇, C₈ et R₃ constituent les éléments permettant l'oscillation,
- C₆ : condensateur de découplage pour le PIC,
- R₂ : résistance de rappel nécessaire en sortie de la broche RA4 (sortie à drain ouvert).

Le transistor Q₁, avec les résistances R₄ et R₅, constitue l'étage de réception pour une liaison série de type RS232. Nous n'avons pas besoin d'un tradi-

RC pour les 4 premiers millièmes de secondes du cycle de rafraîchissement des ordres. Les sorties vont varier au rythme du TIMER 0 qui est configuré pour déborder tous les 100µs. A chaque débordement, la valeur de sortie du port RA est figée à la valeur correspondante au tableau qui lui est associé. Il en est de même pour les ports RB et RC. Les 4ms terminées, toutes les sorties passent à 0.

Nous comprenons alors qu'il est possible de générer des créneaux variant de 0 à 3,9 ms par pas de 100µs. L'utilisation du TIMER 1 donne le rythme de rafraîchissement des ordres aux servomoteurs qui doit avoir une période de 20ms environ.

Le module de transmission série est la dernière ressource utilisée sur le PIC. Plus précisément seul le Rx est mis à contribution. Il est configuré de la manière suivante : un bit de start, 8 bits de données, un bit de stop, le tout à la vitesse de 9600 bauds. Une transmission d'ordre doit comporter 3 octets : le premier correspond à l'adresse du module, le second au numéro ou au groupe de servomoteurs à déplacer et le troisième détermine la position. En cas d'erreur sur un de ces 3 octets (position erro-

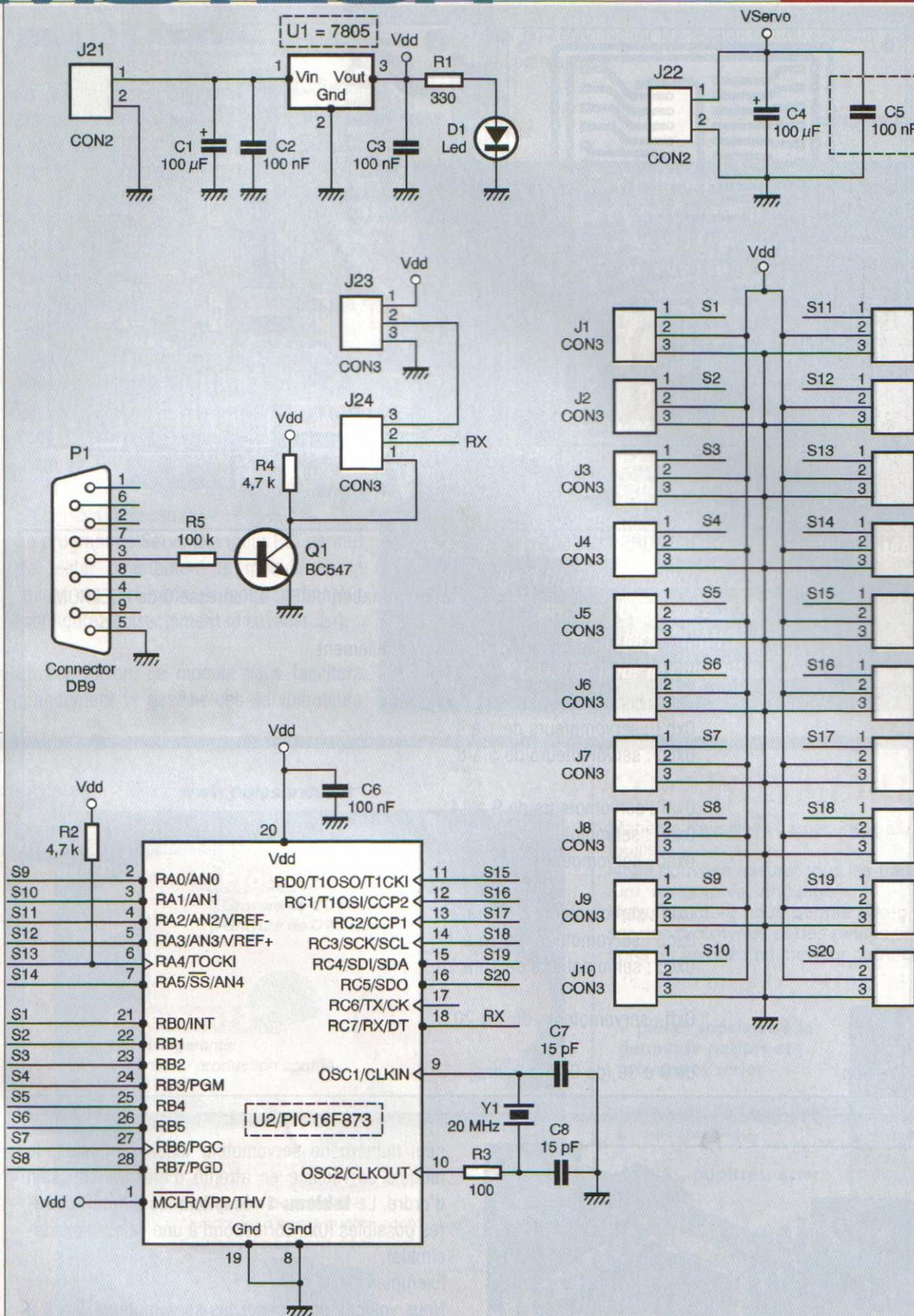


COMMANDE MOTEUR

RÉALISATIONS

SERVO

FIGURE 1
Schéma de principe



RÉALISATIONS

SERVO

FIGURE 2

Tracé du circuit imprimé

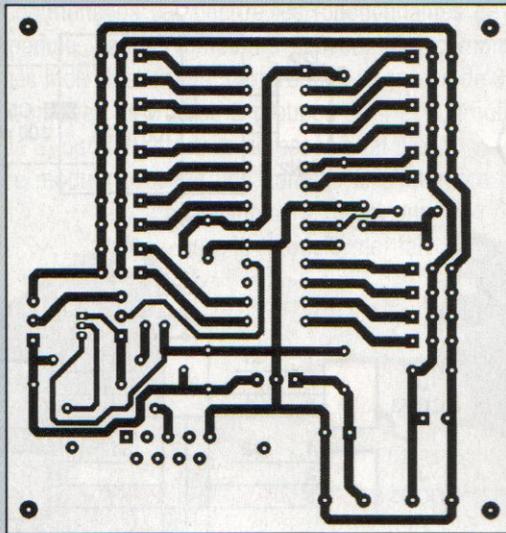


FIGURE 3

Implantation des éléments

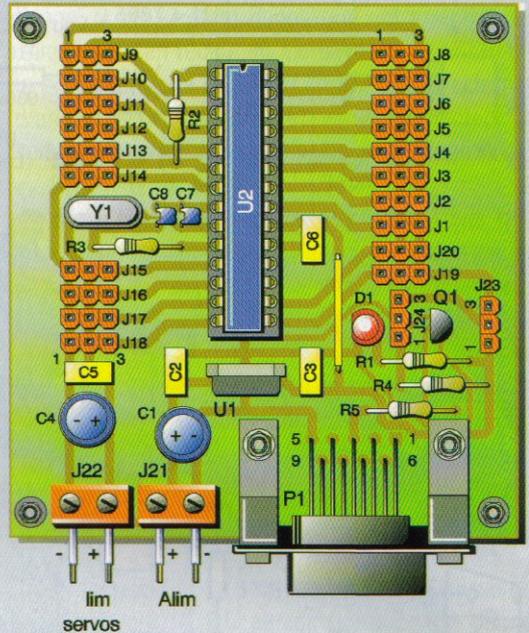
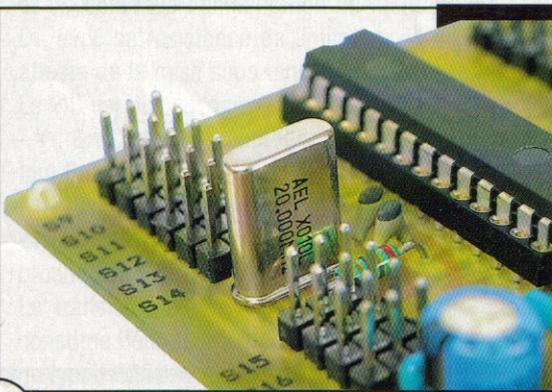


TABLEAU 1

les différents ordres possibles

TYPE	VALEURS ADMISES
Adresse module	de 0 à 0xFF (défini lors de la programmation du PIC à l'adresse 0 de l'EEPROM)
N° de servomoteur	0 à 19 : servomoteur adressé individuellement
	0xbf : servomoteurs de 1 à 8
	0xb3 : servomoteurs de 1 à 4
	0xbc : servomoteurs de 5 à 8
	0xaf : servomoteurs de 9 à 14
	0xa3 : servomoteurs de 9 à 11
	0xac : servomoteurs de 12 à 14
	0xcf : servomoteurs de 15 à 20
	0xc3 : servomoteurs de 15 à 17
	0xcc : servomoteurs de 18 à 20
	0xff : servomoteurs de 1 à 20
Position	de 0 à 39 (de 0ms à 3,9ms)

Présentation des connecteurs destinés aux servomoteurs et aperçu du quartz 20MHz



née, numéro de servomoteur incohérent, etc.), le module se replace en attente d'une transmission d'ordre. Le **tableau 1** récapitule les différents ordres possibles (0x.. correspond à une valeur hexadécimale).

Exemple

Nous voulons positionner les servomoteurs 5 à 8 à une valeur de 1,9ms : si l'adresse du module est 0xff, nous devons envoyer la séquence suivante : 0xff, 0xbc, 19.

RÉALISATION

La réalisation ne comporte aucune difficulté. Nous commencerons à souder les composants les moins encombrants. Le strap peut prendre la forme d'une résistance de valeur nulle.

Le montage doit fonctionner dès la mise sous tension mais, pour plus de sécurité, nous vérifierons la distribution des alimentations avant d'enficher le PIC et de brancher des servomoteurs. L'alimentation présente sur le connecteur J₂₁ devra être d'au moins 7V pour que le régulateur U₁ fonctionne correctement.

Le programme Servo.hex correspond au code avec lequel le PIC devra être programmé. L'adresse du module correspond à la valeur sauvegardée en début d'EEPROM (adresse 0).

Le programme Servo.exe (pour PC) permet de tester directement le module en le reliant au port série de votre ordinateur (configurez correctement le cavalier J₂₄).

En conclusion, ce module vous facilitera grandement la gestion des servomoteurs

tout en économisant les ressources du système qui le commandera.

L. RECHER

NOMENCLATURE

C₁, C₄ : 100 µF/25V

C₂, C₃, C₅, C₆ : 100 nF

C₇, C₈ : 15 pF

R₁ : 330 Ω

R₂, R₄ : 4,7 kΩ

R₃ : 100 Ω

R₅ : 100 kΩ

D₁ : LED

Q₁ : transistor BC547

U₂ : PIC16F873-20SP (ou ISP) (FARNELL)

U₁ : régulateur 7805

P₁ : connecteur SUBD9 femelle

J₁ à J₂₀, J₂₃, J₂₄ : embases mâles droites simple rangée de 3 broches (au pas de 2,54mm)

J₂₁, J₂₂ : borniers 2 pôles

Y₁ : quartz 20 MHz

1 cavalier pour le connecteur J₂₄

La Puissance par 3

www.puissance3.fr

1 Production
Gravure de CD Rom
Gravure de DVD Rom

Précision 2
Rapidité garantie
Matériel de production certifié

Production selon quantité
24h/48h/72h

Personnalisation 3
Impression de vos CD-R
Quadri, jet d'encre qualité photo
Fournitures boîtiers, pochettes...

Devis EXPRESS
devis@puissance3.fr

Siège social :
15, avenue des Grenots - SUDESSOR
91150 Etampes
Tél. : 01 69 16 17 33
Fax : 01 69 16 17 34
e-mail : commercial@puissance3.fr

Bureau Commercial :
100, rue Emile COSSONNEAU
93330 Neuilly sur Marne

LES SERVICES PUISSANCE 3

- Gravure de CD-R/DVD-R
- Pressage de CD Rom/DVD Rom
- Duplication de disquettes
- Packaging
- Imprimerie
- Conditionnement
- Stockage
- ROUTAGE

COFFRETS MÉTAL SUR MESURE

Matières travaillées : acier, inox, alu, laiton, cuivre, plastique en feuilles.

Nous pouvons assurer tous les traitements : anodisation, peinture, sérigraphie, zinguage.

Notre structure nous permet une grande souplesse pour réaliser des prototypes et des petites séries, et d'adapter des solutions techniques au meilleur coût. **DEVIS RAPIDES.**

- pièces spéciales à la demande petites et moyennes séries
- usinage de faces avant et sérigraphie
- racks, pupitres, acier alu, inox
- coffrets, armoires, même en petite quantité.



CATALOGUE SUR SIMPLE DEMANDE

Toute la gamme des coffrets standards



DISTRICOM BP 495 - 95005 CERGY PONTOISE CEDEX

Tél. : 01 34 30 00 05 - Fax : 01 34 30 06 58

E-mail : info@districomindustrie.com - www.distribomindustrie.com

CONTRÔLEUR PAS À PAS SANS

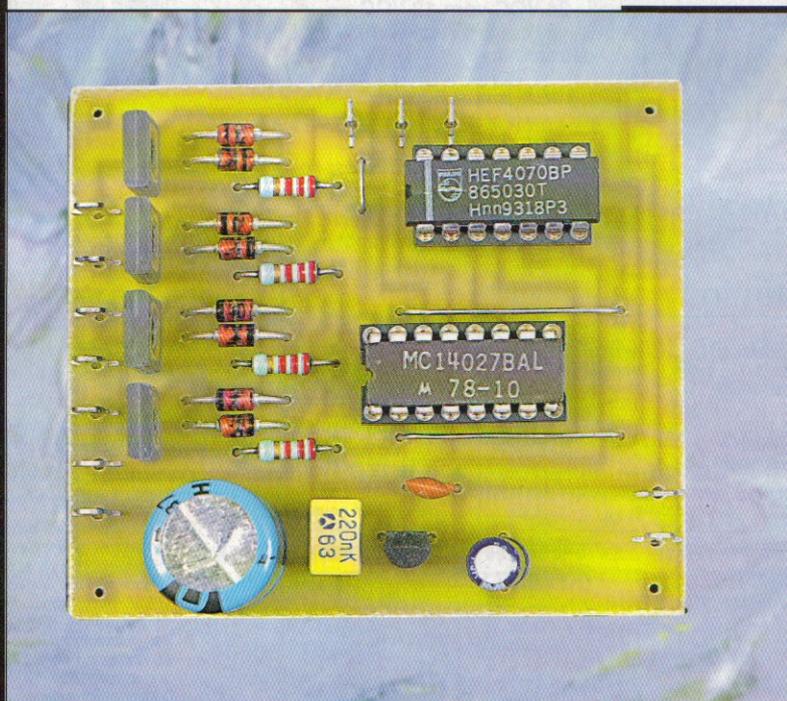
RÉALISATIONS

*La généralisation des microcontrôleurs, induite par leur simplicité de programmation sans cesse croissante, conduit bien souvent à faire appel à ces circuits dans de très nombreuses circonstances, au détriment de solutions classiques parfois plus simples à mettre en œuvre et nettement moins coûteuses. C'est le cas en ce qui concerne la commande de moteurs pas à pas qui, si elle peut faire appel avec succès à des microcontrôleurs (voir notre article dans **Électronique Pratique n°238** par exemple), peut tout aussi bien être réalisée avec deux circuits logiques très ordinaires coûtant moins d'un euro à eux deux !*

Cet article vous propose donc de découvrir comment utiliser des circuits logiques classiques pour contrôler des moteurs pas à pas ce qui, comme vous allez le constater dans un instant, est fort simple.

Avant de voir le schéma utilisé, rappelons en quelques lignes comment fonctionne un moteur pas à pas. Il est en effet préférable de savoir quels signaux l'on doit produire avant de tenter de procéder à l'analyse du montage qui les génère !

LES MOTEURS PAS À PAS



Contrairement aux moteurs à courant continu ou alternatif classiques qui tournent tant qu'ils sont alimentés, les moteurs pas à pas ne tournent que lorsqu'ils reçoivent des impulsions sur leurs bobines ; impulsions qui doivent être présentées dans un ordre bien précis pour faire tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre.

En raison de cette commande impulsionnelle, les moteurs ne tournent pas de manière continue mais avancent en fait, à chaque fois, d'un pas élémentaire qui varie selon le type de moteur entre 1,8° et 7,5° en général. Cette avance par pas permet au programme qui commande le moteur de connaître très précisément sa position sous réserve, bien sûr, que la charge maximum du moteur ne soit pas dépassée, ce qui le conduirait alors à ne pas avancer, même en ayant reçu les impulsions adéquates. En outre, si le moteur est alimenté mais ne reçoit

plus d'impulsions, il reste verrouillé sur la position qu'il a atteinte. On dispose ainsi d'une sorte de frein électrique, toujours sous réserve de ne pas dépasser les possibilités de charge du moteur, bien sûr.

Les moteurs pas à pas les plus simples sont les moteurs dits unipolaires à quatre bobines dont le schéma de principe est visible **figure 1**. Les deux points communs des paires de bobines peuvent, selon le type de moteur, être reliés en interne - on parle alors de moteurs «à 5 fils» - ou en externe - on parle alors de moteurs à «6 fils». Pour les commander, il suffit d'appliquer ou non une tension à leurs bobines dans un ordre bien déterminé.

Dans l'autre variété de moteurs pas à pas, appelés moteurs bipolaires, il faut inverser régulièrement la polarité de la tension appliquée aux bobines ce qui complique un peu le schéma à mettre en œuvre.

Le **tableau 1** présente l'ordre dans lequel il faut alimenter les bobines d'un moteur unipolaire pour le faire tourner. Si l'on parcourt les séquences de ce tableau de 1 vers 5, on fait tourner le moteur dans le sens des aiguilles d'une montre, alors qu'un parcours inverse change son sens de rotation. En outre, chaque pas de ce tableau correspond à un pas mécanique du moteur.

Un système de commande d'un moteur pas à pas doit donc être à même de générer des impulsions dans un ordre déterminé, correspondant au parcours du tableau 1 dans un sens

ou dans l'autre, ce qui aura pour effet de faire tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre. La vitesse de génération des impulsions, quant à elle, déterminera la vitesse de rotation du moteur puisque chaque impulsion fait passer le moteur d'un pas au suivant.

SCHÉMA DE NOTRE CONTRÔLEUR

Le schéma de notre contrôleur à circuits logiques vous est présenté **figure 2**. Si vous le comparez à celui à base de microcontrôleur évoqué en introduction (EP n°258) ; vous constaterez qu'il est à peine plus complexe puisque le microcontrôleur y est remplacé par les deux circuits logiques IC₁ et IC₂. L'étage de puissance, quant à lui, est confié à des

DE MOTEUR

CIRCUIT SPÉCIALISÉ

RÉALISATIONS

CONTROLEUR

FIGURE 1

transistors sur ce schéma, mais pourrait tout aussi bien faire appel à un circuit intégré spécialisé tel le célèbre L293 par exemple.

Les impulsions destinées à faire avancer le moteur sont évidemment appliquées à l'entrée PAS. Chaque impulsion fait avancer le moteur d'un pas dans un sens ou dans l'autre ; sens qui est déterminé par l'état de l'entrée de même nom.

Cette dernière agit sur les portes OU exclusif IC1a et IC1d qui sont utilisées, ici, en inverseurs programmables. Rappelons, en effet, qu'une porte OU exclu-

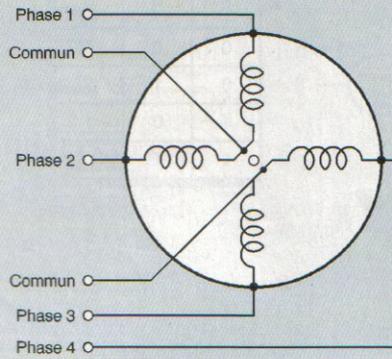


Schéma de principe d'un moteur pas à pas unipolaire

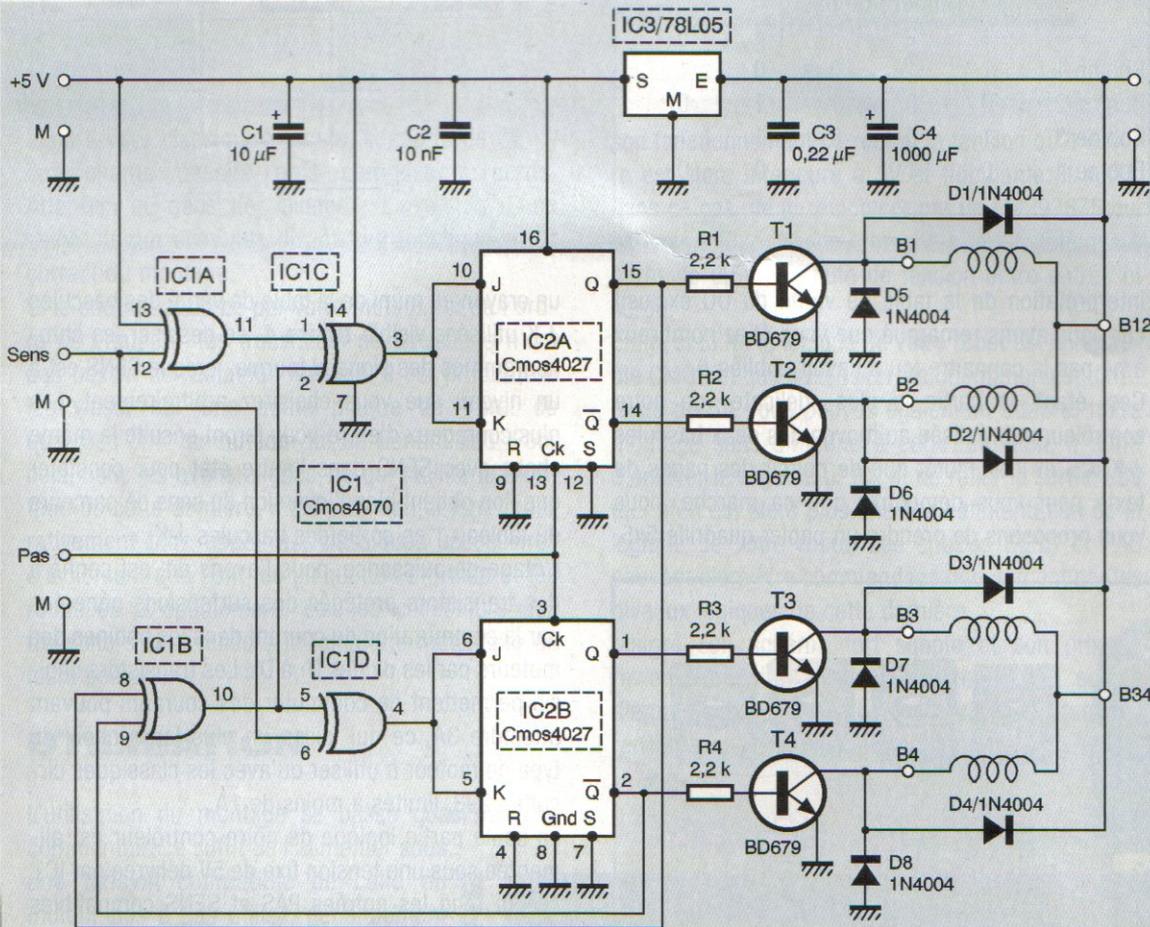
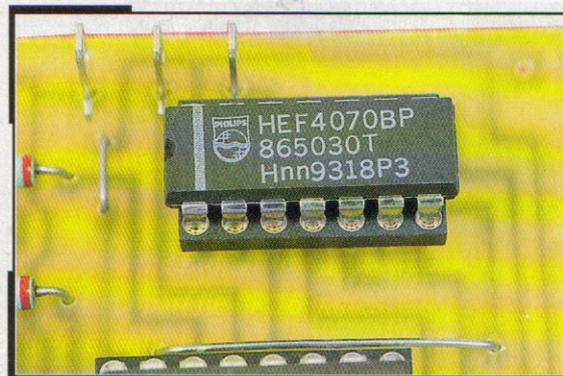


FIGURE 2
Schéma de principe de notre montage

sif peut être considérée, vis à vis d'une de ses entrées, comme une porte qui inverse ou non le signal qui la traverse en fonction de l'état de son autre entrée. Cela se voit très bien à la lecture de la table de vérité de la figure 3. Si l'entrée A est à 0, le signal appliqué sur l'entrée B se retrouve identique à lui-même en sortie (0 donne 0 et 1 donne 1). Par contre, si l'entrée A est à 1, le signal appliqué sur l'entrée B se retrouve inversé en sortie (0 donne 1 et 1 donne 0). Nous n'avons rien écrit là de bien nouveau mais nous avons tenu à préciser cette



On utilise un très classique CMOS 4070

RÉALISATIONS

CONTROLEUR FIGURE 3

Table de vérité d'une porte OU exclusif



A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

FIGURE 4

Table de vérité de la bascule J - K utilisée

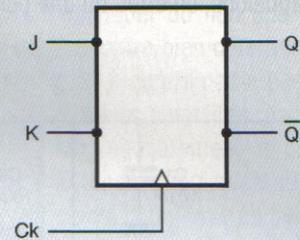
	Numéro de pas				
	1	2	3	4	5
Bobine 1	1	1	0	0	1
Bobine 2	0	0	1	1	0
Bobine 3	1	0	0	1	1
Bobine 4	0	1	1	0	0

TABLEAU 1

Ordre d'alimentation des bobines d'un moteur pas à pas unipolaire

interprétation de la table de vérité du OU exclusif car nous avons remarqué que vous étiez nombreux à ne pas la connaître (ou à l'avoir oubliée !). Ceci étant, la partie la plus «délicate» de notre contrôleur est réalisée au moyen des deux bascules J-K IC_{2a} et IC_{2b}. Plutôt que de noircir des pages de texte pour vous démontrer que ça marche, nous vous proposons de prendre un papier quadrillé 5x5,

Ck	J	K	Q _n	Q _{n+1}
	1	X	0	1
	X	0	1	1
	0	X	0	0
	X	1	1	0
	1	1	Q ₀	$\overline{Q_0}$
	X	X	X	Q _n



un crayon et, muni de la table de vérité des bascules J-K utilisées visible **figure 4**, de dessiner les chronogrammes des signaux fournis, lorsque SENS est à un niveau que vous choisirez arbitrairement. Les plus courageux d'entre-vous feront ensuite la même chose avec SENS dans l'autre état pour constater que l'on obtient bien l'inversion du sens de parcours du tableau 1 en sortie des bascules J-K.

L'étage de puissance, nous l'avons dit, est confié à des transistors protégés des surtensions générées par la commutation du courant dans les bobines des moteurs par les diodes D₁ à D₈. Les transistors choisis permettent de commuter des courants pouvant atteindre 3A, ce qui laisse un plus large choix du type de moteur à utiliser qu'avec les classiques circuits L293, limités à moins de 1A.

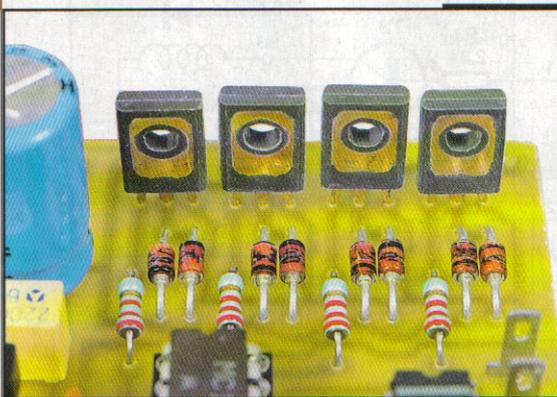
La seule partie logique de notre contrôleur est alimentée sous une tension fixe de 5V délivrée par IC₃, ce qui rend les entrées PAS et SENS compatibles TTL. Cette tension de 5V est, par ailleurs, rendue disponible pour le circuit précédent notre contrôleur pour peu que la consommation sur celle-ci ne dépasse pas une cinquantaine de mA.

RÉALISATION

Les composants sont évidemment très faciles à approvisionner ; c'est là un des avantages de la logique traditionnelle ! Le montage, quant à lui, reste fort simple grâce au circuit imprimé dont le tracé vous est proposé **figure 5**.

L'implantation des composants est à réaliser en suivant les indications de la **figure 6** et en travaillant

Les transistors de puissance sont protégés des surtensions par des diodes du type 1N4004



Les transistors choisis permettent d'atteindre des courants de 3A

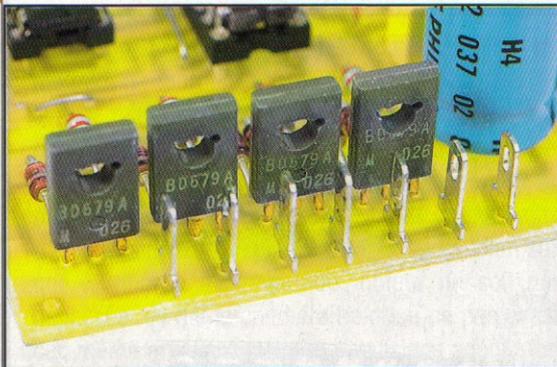


FIGURE 5

Tracé du circuit imprimé

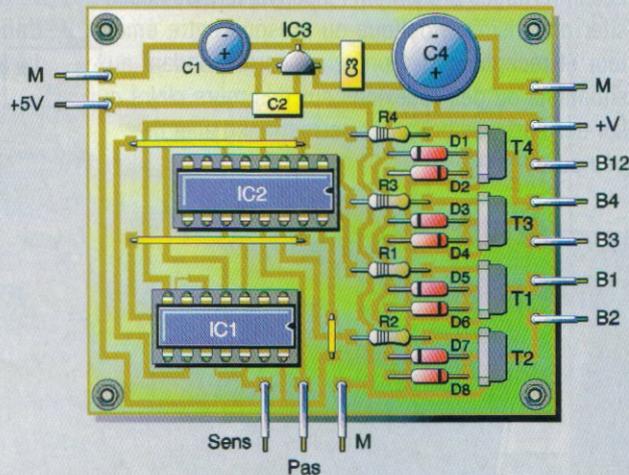
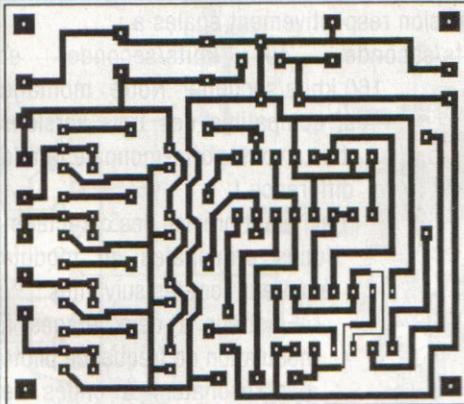


FIGURE 6

Implantation des composants

dans l'ordre classique : straps, supports de CI, composants passifs puis composants actifs. Attention au sens des diodes ; l'inversion d'une seule d'entre elles interdisant tout fonctionnement correct du montage.

Si le courant absorbé par votre moteur est de l'ordre de l'ampère, les transistors de puissance n'ont pas besoin de radiateur. Au-delà, il est prudent de les visser sur une petite plaque de Dural de quelques cm² de surface qui en tiendra lieu. Pour cela, nous les avons alignés, ce qui facilite le montage de cette dernière, mais attention, il faut impérativement faire appel aux classiques accessoires d'isolement que sont les plaquettes en mica et les rondelles à épaulement, car les collecteurs des transistors sont reliés à la languette métallique de leurs boîtiers.

UTILISATION

L'utilisation du montage se passe quasiment de commentaire. Il suffit de l'alimenter sous une tension compatible de celle du moteur pas à pas utilisé, généralement 12V, et d'appliquer aux entrées SENS et PAS des signaux logiques aux normes TTL pour constater le bon fonctionnement du montage.

Si votre moteur utilise une tension d'alimentation de 5V, il faut supprimer le régulateur IC₃ et relier par un strap sur le circuit imprimé les pastilles se faisant face correspondant à son entrée et à sa sortie.

Si votre moteur utilise une tension d'alimentation de 6V, la chute de tension aux bornes de IC₃ est insuffisante pour assurer

son fonctionnement correct et la tension qu'il délivre est alors inférieure à 5V et fluctuante. Il suffit, dans ce cas, de le remplacer par un LM2936Z5 qui est compatible broche à broche et qui fonctionne à partir de 0,5V de chute de tension entre entrée et sortie.

Enfin, si toute la logique de votre robot est compatible CMOS et que sa tension d'alimentation est différente de 5V, vous pouvez également adapter notre montage sans difficulté à cette situation. Il suffit d'enlever le régulateur IC₃ et de relier la sortie +5V (qui n'en est alors plus une !) à l'alimentation de la logique de votre robot. Les entrées SENS et PAS peuvent alors être commandées directement par les niveaux logiques de cette dernière.

Malgré son schéma fort simple et son prix de revient dérisoire, ce montage reste très souple d'emploi et peut être adapté à toutes les situations rencontrées en robotique amateur.

C. TAVERNIER

NOMENCLATURE

- IC₁ : 4070 CMOS
- IC₂ : 4027 CMOS
- IC₃ : 78L05 (voir texte si adaptation nécessaire)
- T₁ à T₄ : BD679
- D₁ à D₈ : 1N4004
- R₁ à R₄ : 2,2 kΩ 1/4W 5%
- C₁ : 10 μF/25V chimique radial
- C₂ : 10 nF céramique
- C₃ : 0,22 μF mylar
- C₄ : 1000 μF/25V chimique radial
- 1 support de CI 14 pattes
- 1 support de CI 16 pattes
- Radiateur éventuel pour T₁ à T₄ (voir texte)

ADRESSES INTERNET

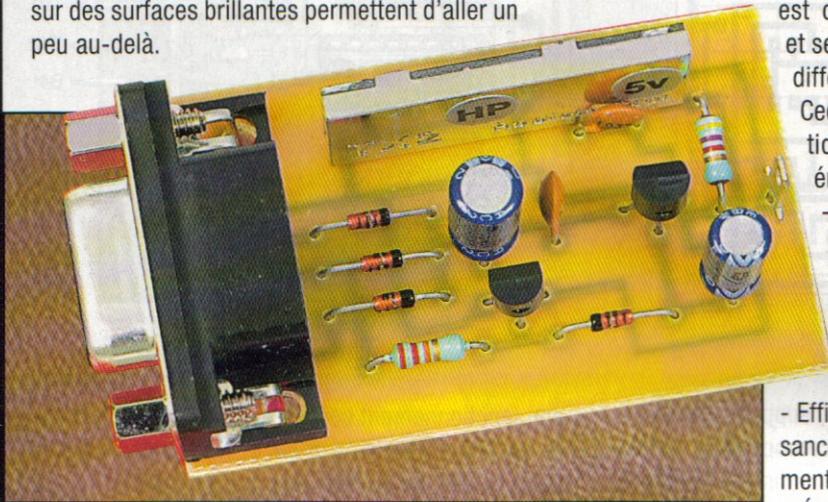
Adresse de l'auteur :
tavernier@tavernier-c.com

LIAISON SANS FIL

RÉALISATIONS

Même si, à notre avis, un robot doit bénéficier d'une large autonomie de mouvement, car ce n'est pas un banal véhicule radiocommandé, il peut s'avérer nécessaire de lui envoyer des informations pendant qu'il est en train de se déplacer. Deux supports de transmission sont alors envisageables : les infrarouges et les ondes radio.

Les infrarouges présentent l'inconvénient de nécessiter une visibilité optique ou presque entre émetteur et récepteur ; le «presque» correspondant aux situations où des réflexions sur des murs clairs ou sur des surfaces brillantes permettent d'aller un peu au-delà.



Les ondes radio, quant à elles, peuvent s'affranchir de ce genre de difficultés et, tout en restant dans la plus stricte légalité, permettent d'atteindre des portées de quelques dizaines de mètres dans les plus mauvaises conditions, à une centaine de mètres ou plus en terrain dégagé. De quoi se livrer à des expérimentations intéressantes, même en extérieur !

CHOISIR LES BONS MODULES

Comme il est hors de question de vous faire réaliser les étages haute fréquence nécessaires à une liaison radio, nous avons évidemment fait appel à des modules hybrides aisément disponibles dans le commerce courant. Encore faut-il choisir correctement ces derniers pour bénéficier de performances intéressantes.

Si des modules AM classiques, de chez AUREL ou TELECONTROLLI par exemple, peuvent suffire pour des liaisons jusqu'à 1200 bits/seconde, il ne faut guère espérer aller au-delà avec les technologies employées. Notre ambition étant de pouvoir travailler au moins jusqu'à 9600 bits/seconde afin que le dialogue avec le robot ne soit pas trop lent eu égard au volume de données échangées, nous avons fait appel à des modules plus spécialisés de la société anglaise RADIOMETRIX.

Ces modules, appelés respectivement TX2 pour l'émetteur et RX2 pour le récepteur, permettent, dans leur version la plus performante, d'atteindre des vitesses de 160 kbits/seconde.

L'émetteur est commun à toutes les vitesses de transmission possibles, tandis qu'il existe trois

versions de récepteurs de vitesses maxima de transmission respectivement égales à : 14 kbits/seconde, 40 kbits/seconde et 160 kbits/seconde. Notre montage est compatible des trois versions et seul votre porte-monnaie fera la différence !

Ceci étant précisé, les caractéristiques principales du module émetteur sont les suivantes :

- Émetteur à deux étages à modulation de fréquence piloté par résonateur à ondes de surface à 433,92 MHz.
- Puissance de sortie de +9 dBm soit environ 9 mW.
- Efficacité supérieure à 15% (puissance de sortie / puissance d'alimentation).
- Élimination du deuxième harmonique meilleure que -60 dB.

- Alimentation sous une tension unique de 4 à 6V, pour la version 5V utilisée ici, avec une consommation de 10mA.

Pour ce qui est des différentes versions de récepteurs, les points forts à noter sont les suivants :

- Récepteur à modulation de fréquence de type superhétérodyne à double changement de fréquence.
- Pilotage par résonateur à ondes de surface.
- Sensibilité meilleure que -107 dBm pour la version 14 kbits/seconde, -100 dBm pour la version 40 kbits/seconde et -96 dBm pour la version 160 kbits/seconde.
- Rayonnement parasite de l'oscillateur local inférieur à -60 dB.
- Alimentation sous une tension unique de 3 à 6V pour une consommation de 13mA.

Malgré ces excellentes performances, le prix de ces modules reste raisonnable et leur mise en œuvre est extrêmement simple comme nous allons le voir sans plus tarder.

NOTRE SCHÉMA

Le schéma de l'émetteur RS232 vous est présenté **figure 1** et peut difficilement être plus dépouillé. Le module émetteur TX2 RADIOMETRIX est alimenté sous une tension stabilisée à 5V par IC1. Ce régulateur est lui-même alimenté à partir des signaux de contrôle de la liaison RS232 du PC sur lequel sera branché notre montage. Les diodes D1 à D3 se chargent de récupérer ces tensions qui, sous réserve d'utiliser pour IC1 le régulateur à faible consom-

RS232 POUR ROBOT

RÉALISATIONS

RS 232

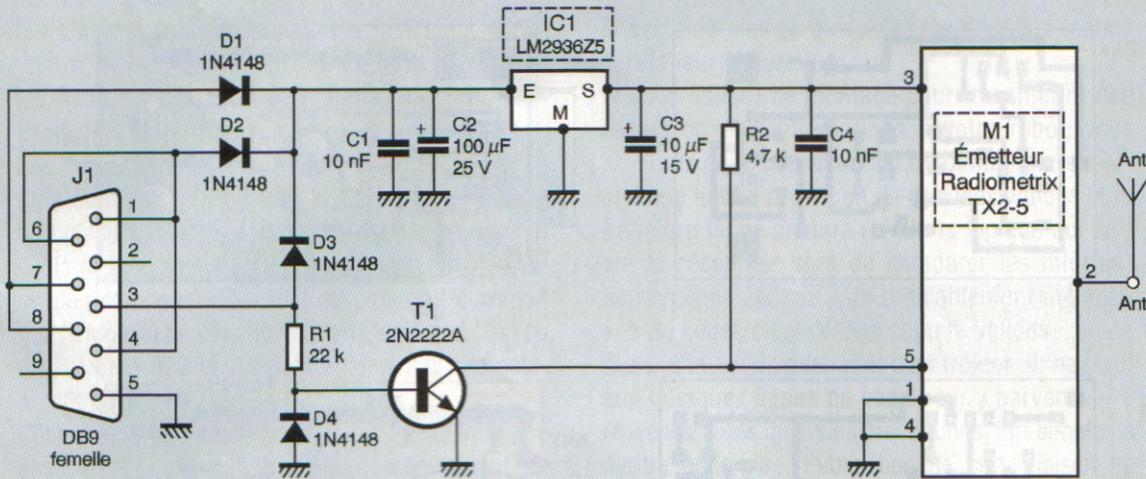


FIGURE 1
Schéma de l'émetteur pour liaison série RS232

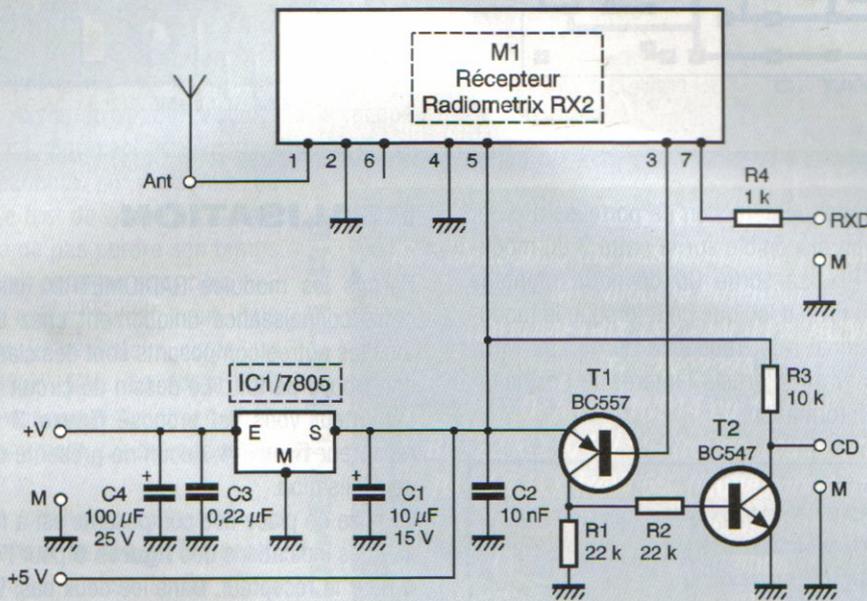


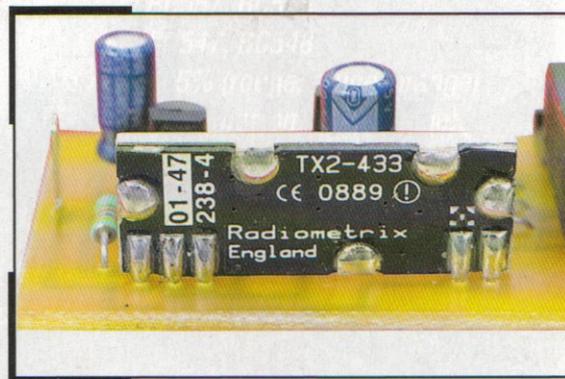
FIGURE 2
Schéma du récepteur associé

tion et faible chute de tension préconisé, s'avèrent capables d'alimenter ce module émetteur dans toutes les situations.

Le signal véhiculant les informations à émettre est converti, quant à lui, de RS232 en TTL au moyen du transistor T₁ qui assure aussi l'inévitable inversion du sens des données. Notre module émet donc des données « vraies », ce qui élimine tout besoin d'inversion au niveau du récepteur placé sur le robot. Le schéma de ce dernier est presque aussi simple que l'émetteur comme vous pouvez le constater à l'examen de la **figure 2**. Le module RX2 RADIOMETRIX est alimenté, ici encore, en 5V. Cette tension peut être produite localement au moyen du régulateur intégré IC₁ qui est, ici, un banal 7805, ou peut être prélevée sur le robot via l'entrée +5V prévue à cet effet. Dans ce cas C₄, C₃ et IC₁ deviennent inutiles.

La sortie des données reçues par le module RADIOMETRIX est disponible sur la patte 7 de ce dernier. Aucune inversion n'est nécessaire puisque celle-ci a déjà été réalisée par le transistor T₁ du module émetteur.

Les transistors T₁ et T₂, quant à eux, servent à



Le module émetteur TX2 de RADIOMETRIX

RÉALISATIONS

RS 232

FIGURE 3

Tracé du circuit imprimé de l'émetteur

FIGURE 5

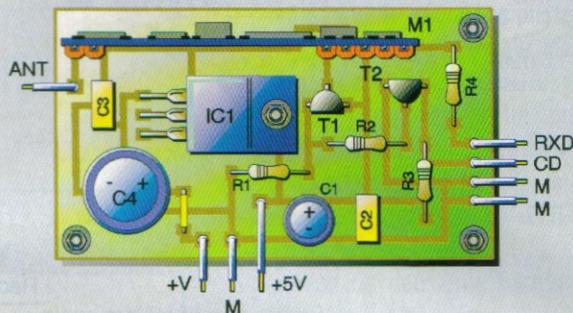
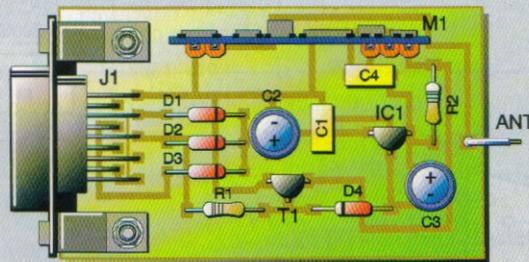
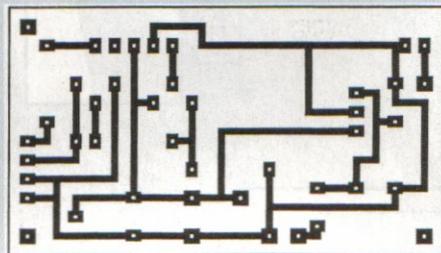
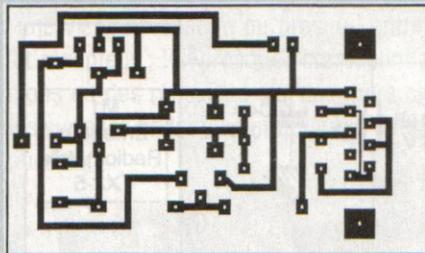
Implantation des composants de l'émetteur

FIGURE 4

Tracé du circuit imprimé du récepteur

FIGURE 6

Implantation des composants du récepteur



générer un signal de détection de porteuse à partir de l'information disponible sur la patte 3 du module RADIOMETRIX. La sortie CD de notre montage passe ainsi au niveau logique haut lorsque le module reçoit un signal à la fréquence de 433,92 MHz. Nous verrons en fin d'article l'intérêt de l'exploitation de cette information.

RÉALISATION

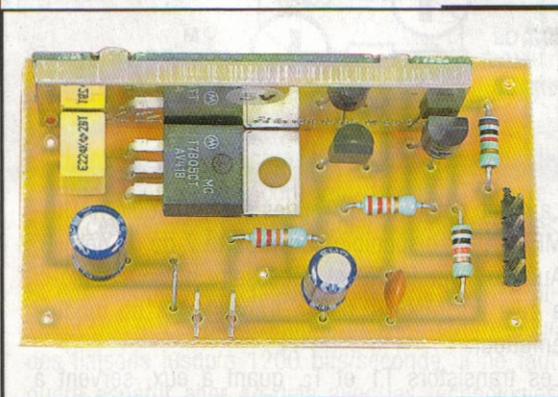
Hormis les modules RADIOMETRIX, disponibles à notre connaissance uniquement chez LEXTRONIC, tous les autres composants sont des classiques que l'on trouve partout. Le dessin du circuit imprimé de l'émetteur vous est proposé **figure 3** et celui du récepteur **figure 4**. Aucun ne présente de difficulté de réalisation.

La mise en place des composants est à faire en suivant les indications des **figures 5** pour l'émetteur et **6** pour le récepteur. Dans les deux cas, vous procéderez dans l'ordre classique : composants passifs puis composants actifs en respectant bien leur sens ainsi que ceux des composants polarisés que sont les semi-conducteurs et les condensateurs chimiques. Si l'alimentation 5V du récepteur est prélevée directement sur le robot, le régulateur IC₁ ainsi que C₃ et C₄ ne seront évidemment pas mis en place. Remarquez que le module émetteur est muni d'un connecteur normalisé DB9 qui permet son branchement direct au port série d'un PC au moyen d'un simple câble droit, c'est à dire câblé fil à fil. Le récepteur, quant à lui, est de taille suffisamment modeste pour pouvoir prendre place très facilement dans tout robot, même de faibles dimensions.

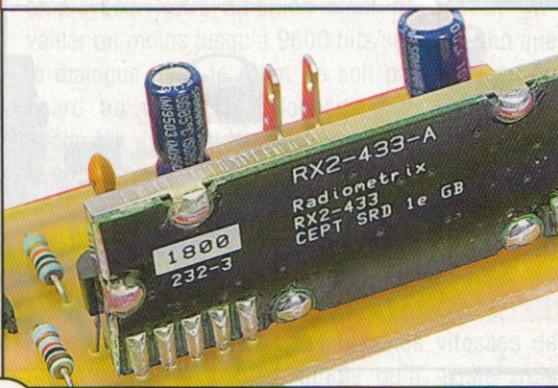
UTILISATION

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'utilisation de ces modules nécessite quelques précau-

Présentation du module récepteur



L'emploi du récepteur RX2 simplifie tout



tions. Il ne faut pas croire, en effet, qu'il suffit «d'ouvrir» n'importe quelle liaison RS232 et d'y insérer les modules pour que ça marche. Rassurez-vous cependant, cela reste relativement simple une fois que l'on est prévenu.

Côté émetteur tout d'abord, il n'y a rien à faire de particulier si ce n'est de le raccorder, au moyen d'un câble droit répétons-le, sur le port série de n'importe quel compatible PC. Tout au plus faut-il vérifier que le logiciel de communication utilisé met bien au niveau haut RTS et DTR afin d'alimenter correctement l'émetteur.

Côté récepteur, il est indispensable que le montage associé sur le robot, qui sera généralement un microcontrôleur, teste l'état de la sortie CD.

Tant que CD est au niveau bas cela signifie que le récepteur ne reçoit aucun signal à 433,92 MHz et que les informations délivrées sur sa sortie RXD sont sans signification.

En effet, en raison du souffle produit par le récepteur, la sortie logique est le siège de signaux aléatoires permanents en l'absence de réception. Le test de la sortie CD permet donc de ne pas perdre son temps à tenter de les décoder pour rien.

Lorsque CD est au niveau haut, cela signifie que le récepteur capte un signal à 433,92 MHz. La sortie RXD peut donc avoir une signification, mais pas nécessairement car deux cas sont à considérer :

Si le micro ordinateur connecté au module émetteur fournit un flot continu de données sur sa sortie série, aucun problème ne se pose et ce flot continu est disponible sur RXD tant que les modules restent en contact radio, ce qu'indique la sortie CD rappelez-le.

Par contre, si le micro-ordinateur n'envoie ses données que par intermittence, les zones de «silence», c'est à dire celles pendant lesquelles la sortie d'émission de données du PC est inactive, se traduisent au niveau du récepteur par la fourniture, sur sa sortie RXD, de signaux logiques aléatoires. Ce n'est pas du à un quelconque défaut de notre montage mais à la technologie de réception mise en œuvre sur les modules RX2.

Dans cette situation, il est donc indispensable que, outre le fait de s'assurer que CD est au niveau haut,

le système chargé d'exploiter les données reçues vérifie leur cohérence.

Si vous utilisez ce montage pour transmettre des ordres ou des informations à votre robot, vous prendrez donc la précaution de définir, par exemple, une liste d'ordres ou de données valides et la première tâche qu'aura à faire la logique qui suivra le récepteur sera de comparer les informations reçues avec la liste préalablement mémorisée de celles considérées comme valides.

Avec n'importe quel microcontrôleur il ne faut que quelques lignes de code pour y parvenir.

Moyennant ces quelques précautions, fort simples à mettre en œuvre, l'utilisation de cette liaison ne devrait vous poser aucun problème particulier.

C. TAVERNIER

NOMENCLATURE

Émetteur*IC₁ : LM2936Z5 (ne pas remplacer par un 78L05)**M₁ : module émetteur**RADIOMETRIX TX2 - 5V (LEXTRONIC)**T₁ : 2N2222A**D₁ à D₄ : 1N914 ou 1N4148**R₁ : 22 kΩ 1/4W 5% (rouge, rouge, orange)**R₂ : 4,7 kΩ 1/4W 5% (jaune, violet, rouge)**C₁, C₄ : 10 nF céramique**C₂ : 100 µF/25V chimique radial**C₃ : 10 µF/15V chimique radial**J₁ : connecteur DB9 femelle pour CI, coudé à 90°***Récepteur***M₁ : module récepteur RADIOMETRIX RX 2, version 14 kbits/seconde ou plus (LEXTRONIC)**IC₁ : 7805 (facultatif, voir texte)**T₁ : BC557, BC558**T₂ : BC547, BC548**R₁, R₂ : 22 kΩ 1/4W 5% (rouge, rouge, orange)**R₃ : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)**R₄ : 1 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, rouge)**C₁ : 10 µF/15V chimique radial**C₂ : 10 nF céramique**C₃ : 0,22 µF mylar (facultatif, voir texte)**C₄ : 100 µF/25V chimique radial (facultatif, voir texte)*ADRESSES
INTERNET

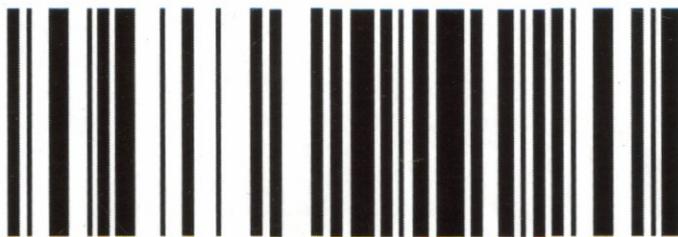
Adresse de l'auteur :

tavernier@tavernier-c.com

Vous cherchez une référence ?



*Vous avez trouvé **la** référence.*



99 000 produits en stock **2 000 000** de références hors catalogue

Catalogue 2002
Spécial
ENSEIGNEMENT
disponible

- Catalogue disponible sur CD-Rom (pdf) et sur www.farnell.com
- CD-Rom "Semi-Conductor Data" des fiches techniques
- Un service dédié à l'enseignement technique
Email : education.fr@farnell.com

Service Clientèle
Tél. 04 74 68 99 99

Conseils Techniques
Tél. 04 74 68 99 88



*Avec vous
pour
votre réussite !*



trouve et livre vite