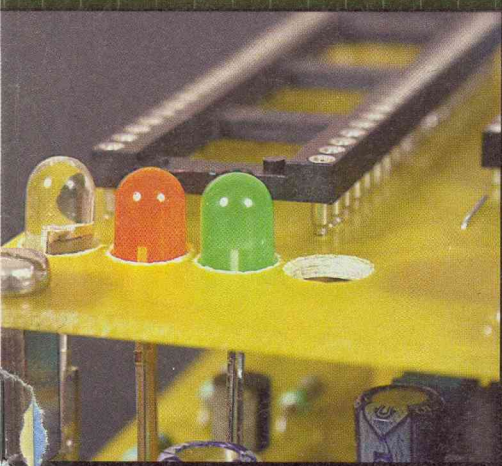




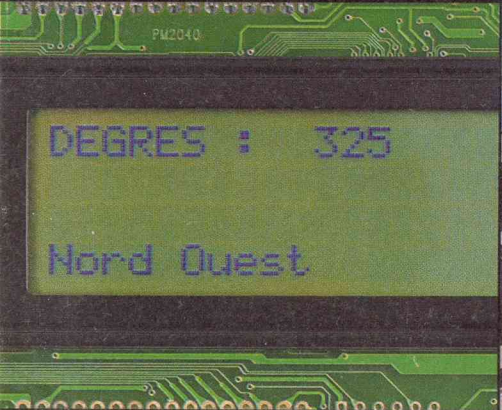
**Spécial**

## "LES DÉTECTEURS DE MÉTAUX"

*Principes,  
expérimentations,  
applications,  
produits commerciaux*



Programmeur de PIC sous Windows XP



Boussole programmable



Amplificateur à tubes pour casque

### RETROUVEZ AUSSI :

- ▷ Télémètre à ultrasons
- ▷ Lecteur DALLAS

FRANCE : 4,50€ • DOM SURF : 4,60€  
 BEL : 5,00€ • CH : 7,50FS  
 CAN : 5,95\$ CAN • ESP : 4,60€  
 GR : 4,60€ • TUN : 4,7 DT • LUX : 5,00€  
 MAR : 50 DH • PORT : 4,60€  
 DOM Avion : 5,70€

T 02437 - 270 - F : 4,50 €

# SOMMAIRE

## ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 270 - NOVEMBRE 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 : 01.44.84.85.89  
Internet : <http://www.electroniquepratique.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, A. Garrigou,  
P. Gueulle, G. Isabel, L. Josse, R. Knoerr, V. Le Mieux,  
J.P. Mandon, Y. Mery, P. Oguic, P. Morin, A. Reboux,  
Ch. Tavernier, O. Viacava.

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

Directeur de la diffusion et promotion :  
Bertrand DESROCHE  
Responsable ventes :  
Bénédicté 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 : [pub@electroniquepratique.com](mailto:pub@electroniquepratique.com)  
Assisté de : Karine JEUFRFAULT (84.57)  
Abonnement/VPC: Voir nos tarifs en page intérieure.  
Préciser sur l'enveloppe «SERVICE ABONNEMENTS»  
Important : Ne pas mentionner notre numéro de compte  
pour les paiements par chèque postal. Les règlements en  
espèces par courrier sont strictement interdits.

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

Télécopie : (514) 374-9684.

Le tarif d'abonnement annuel (9 numéros) pour les USA  
est de 49 \$US et de 68 \$cnd pour le Canada.

Electronique Pratique, ISSN number 0243 4911, is published 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 Electronique Pratique,  
c/o Express Mag, P.O. Box 2769, Plattsburgh, N.Y., 12901-0239.



« Ce numéro  
a été tiré  
à 47 800  
exemplaires »

**BVP**  
Bureau de Vérification  
de la Publicité.

## Réalisez vous-même

- 14 Une technologie à la portée de tous : le CMS
- 16 Amplificateur à lampes pour casque
- 22 Développement en C sur PIC : réalisation d'un lecteur DALLAS
- 28 Kit de développement pour MC68HC811E2
- 34 Télémètre ultrasons à PIC
- 40 Boussole électronique
- 46 CAVIAR : Kit de démarrage pour AVR Atmega 323
- 52 Programmateur pour PIC et mémoires séries compatible Windows® XP
- 90 Réaliser ses faces avant avec FRONT Designer

## Dossier spécial «Les détecteurs de métaux»

- 58 Principes des détecteurs de métaux
- 66 Panorama des détecteurs de métaux
- 70 Mini détecteur de métaux
- 76 Détecteur de métaux simple
- 82 Détecteur de métaux à PLL
- 86 Détecteur de lignes électriques

## 04 Infos OPPORTUNITÉS

## DIVERS

- 10 Internet Pratique
- 69 Concours robotique 2002



## Écoute et enregistrement électronique à distance ACCELDIS

L'ORBITOR est un appareil d'écoute électronique

à distance, très sophistiqué qui peut capter des sons jusqu'à 100 mètres.

Il est équipé d'un monoculaire optique qui grossit 10 fois, d'écouteurs professionnels et d'un enregistreur numérique de 12 secondes avec possibilité de raccordement à un magnétophone.

Réf. 499.903

Prix TTC : 79,00 €

ACCELDIS - 01.39.33.03.33.

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



## Trilogy of inductors

L'inductance est généralement un cauchemar pour les électroniciens non-spécialistes... Productrice de solutions inductives et de luttes contre les perturbations, la firme allemande WÜRTH ELECTRONIK édite un ouvrage consacré aux inductances sous tous leurs aspects. Certes, il est rédigé en anglais, mais la somme de données aussi bien pratique que théorique devrait réconcilier tout le monde avec ce composant méconnu et justifie sa présence dans cette rubrique.

Après une brève évocation des principes de base régissant le comportement des inducteurs, les auteurs abordent le domaine des composants. On part des inductances de faible valeur de type CMS, bobinées, de mono à multicouche, en passant par les inductances en ferrite multiples pour arriver aux bobinages de stockage d'énergie pour les alimentations à découpage.

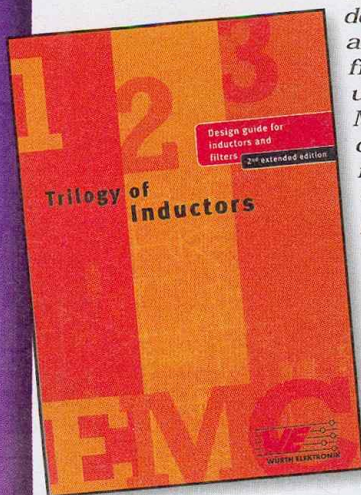
Le second chapitre se consacre au filtrage et s'appliquera essentiellement à la protection des équipements visant à la Compatibilité Electro Magnétique (CEM). Le dernier chapitre occupe la moitié de l'ouvrage et se consacre aux applications des inductances dans le filtrage, non seulement du secteur mais aussi de circuits audio, vidéo, numériques comme analogiques. Les alimentations à découpage figurent au programme avec des exemples utilisant les circuits intégrés de NS, MAXIM, LINEAR Technology et autres. Les divers aspects du filtrage y sont envisagés, non seulement théoriques mais aussi pratiques avec de nombreux exemples d'implantation et de câblage des inductances et des points de masse.

L'ouvrage est signé Bernard RALL, spécialiste en simulation, Heinz ZECKNER consultant en CEM et Alexander GERFER, responsable depuis 1997 du département inductance et ferrite chez WÜRTH ELEKTRONIK.

308 pages - prix n.c.

disponible chez :

**WÜRTH ELEKTRONIK**  
109 rue du 1er Mars 1943  
BP1001 - 69612 VILLEURBANNE Cedex  
[www.wurth-elektronik.fr](http://www.wurth-elektronik.fr)



## Détecteur de métaux en kit

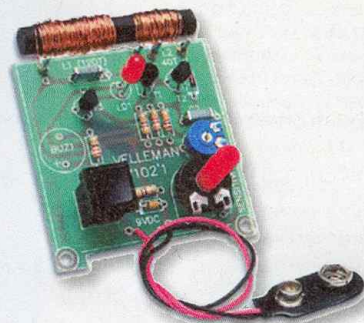
Forer un trou dans un mur et rencontrer une conduite électrique peut entraîner des conséquences catastrophiques.

Et si vous percer des conduites de gaz, d'eau ou de chauffage central, cela peut également s'avérer très fâcheux. Un détecteur de métaux, très pratique, permet cependant de vérifier à l'avance si des objets métalliques se trouvent dans les murs, dans les planchers ou dans les plafonds.

Une LED indique si vous trouvez à proximité d'objets métalliques.

Pour ceux qui désirent un signal sonore, un espace a été réservé sur le circuit imprimé pour le raccordement d'un buzzer de type SV4/12-S.

Le circuit imprimé a été spécialement conçu pour être entièrement intégré dans le coffret de type G407 disponible séparément.



### Spécifications :

- Distance de détection des métaux réglables : jusqu'à 8 cm (3.15") de distance
- Alimentation : batterie de 9V (non fournie)
- Indication LED : buzzer SV4/12-S (en option)
- Dimensions : 56x64 mm
- Boîtier recommandé : G407 (en option)
- Prix HT : 11,50 €

Disponible dans le réseau de distribution :

**VELLEMAN Electronique**  
03.20.15.86.15.  
[www.velleman.fr](http://www.velleman.fr)

## Systemes d'alarme et localisation GSM

### Localisation par GPS + Alarme Faucon2000 blocage à distance par GSM

- Livrée en kit complet
- Système d'alarme avec sirène
- ensemble GPS et GSM, détecteur de chocs et cables.

Localisation du véhicule par GPS : (Connaître la position du véhicule par GPS)

Alarme et Surveillance de véhicule à distance par GSM  
- Utilisation possible de cartes prépayées dans le GSM embarqué (Mobicarte, Nomad, Entrée libre)



Après une effraction, réception d'un appel d'alerte sur votre portable sous le nom " exemple : ALARME VOITURE "

- Envoi d'une commande par message SMS à l'aide d'un code spécial à partir d'un téléphone portable afin d'intervenir à distance sur votre véhicule :

- Déclenchement de la sirène, coupure du démarreur
- Modem GSM intégré.
- Compatible avec tous types de véhicules :



- Ne nécessite pas d'abonnement à un serveur de cartographie (évite l'archivage des positions à l'insu de l'utilisateur)

Utilisation possible de cartes prépayées dans le GSM embarqué (Mobicarte, Nomad, Entrée libre)  
Installation en 45 mn  
Poids: 1500 g

**Prix : 799,00 € TTC**

Tous les produits de localisation et alarmes GPS sont disponibles sous 10 jours de délais.

Pour de plus amples informations :

**VISODUCK FRANCE - [www.visoduck.fr](http://www.visoduck.fr)**

## Formateur en maintenance industrielle et développeur d'outils logiciels de simulation - 2e édition

Ce coffret s'adresse à toute personne désirant se familiariser avec les PIC - amateur ou professionnel - et contient les éléments suivants :

- Le livre : après quelques chapitres consacrés aux bases des PIC et de leur programmation, entrez progressivement dans la pratique avec de nombreuses applications (feux tricolores, décodeur pour 7 segments, simulations d'une chaîne de montage, d'une perceuse, etc.). Chaque application est entièrement décortiquée et commentée, tant au niveau électronique (schéma de principe, montage) qu'au niveau programmation (chronogramme fonctionnel, listing et jeu d'instructions commentés).

- Le cédérom ETSF : élaboré par l'auteur, c'est l'outil idéal pour comprendre et assimiler rapidement les informations dispensées dans le livre. Il fournit des simulations logicielles de chaque application et un test d'auto-évaluation qui vous permettra de mesurer vos acquis et



vos progrès. En plus des habituels tracés des circuits imprimés et des listings des programmes, vous y trouverez tout ce qu'il faut pour construire un programmeur de PIC ainsi que son interface logicielle de programmation.

- 2 cédéroms MICROCHIP contenant l'ensemble des outils de développement et des documents disponibles sur le site Web MICROCHIP.

Toutes les applications présentées utilisent les PIC 16F84 et PIC 16F628, mais le contenu de ce coffret vous permettra de concevoir vos propres applications à base de n'importe quel autre PIC.

**P. MAYEUX / ETSF-DUNOD**

**352 pages - Prix : 55 €**

## Catalogue général SELECTRONIC

Le nouveau catalogue 2003 SELECTRONIC est le véritable reflet du dynamisme de cette fervente entreprise animée par de véritables professionnels.

L'élaboration de ce nouveau cru s'en ressent avec des milliers d'articles référencés autour de dix sept rubriques :

- Librairie technique,
- mesure et matériel de laboratoire,
- composants actifs,
- optoélectronique - signalisation,
- composants passifs,
- connectique - fils et câbles,



- commutateurs - relais,
- dissipateurs et accessoires,
- transformateurs - électricité - éclairage,
- circuits imprimés - faces avant - chimie,
- coffrets - boutons - quincaillerie,
- outillage,
- modules et kits,
- alarme - domotique,
- matériels audio et vidéo,
- outils de développement - robotique - nouvelles technologies,
- équipements et loisirs, tout en couleurs.

Envoi contre 10 timbres au tarif "lettre" en vigueur (0,46 € au 1er septembre 2002) ou contre 5 € en chèque

**SELECTRONIC**

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

Lille : 0.328.550.328 - Paris : 01.55.25.88.00

## Affaires à faire chez FLUKE France

### Caractéristiques du multimètre numérique FLUKE 189

- Lectures extrêmement rapides
- Affichage à 50.000 points
- 0,025% de précision DC de base
- Mesures efficaces vraies AC + DC
- Largeur de bande de 100 kHz CA en tension et courant
- Boîtier surmoulé ergonomique très résistant aux chocs
- Double affichage avec graphique à barres et rétro-éclairage à deux niveaux
- Fonction mini/maxi/moyenne avec horloge temps réel et transition rapide de 250 µs entre valeurs mini et maxi
- Mesures de fréquence, capacité, rapport cyclique et largeur d'impulsions
- Mesures de résistance, conductance, continuité et des diodes
- Température et dBV/dBm avec référence sélectionnable
- Interface PC pour échange de données et étalonnage à boîtier fermé
- Volet d'accès aux piles et aux fusibles sans rompre le joint d'étalonnage
- EN61010-1 (IEC 1010-1) CAR III 1000V / CAT IV 600V
- Garantie à vie
- Mémoire interne permettant un enregistrement autonome de 1000 mesures au maximum (189 uniquement)
- Mémoire de résultats pouvant contenir jusqu'à 100 valeurs de mesure (189 uniquement)



### Sécurité

Toutes les entrées sont protégées suivant EN61010-1 CAT IV 600V / CAT III 1000V, UL, CSA, dans la liste TÜV et certification VDE en cours.

### Le kit 189 Plus comprend :

- Le multimètre numérique FLUKE 189
- Le logiciel FlukeView Forms + câble
- Le dispositif à sangle ou aimant Toolpak
- La sacoche C125

L'ensemble au prix de 569 € HT au lieu de 714 € HT

En vente chez les distributeurs

**FLUKE France - [www.fluke.fr](http://www.fluke.fr)**

Si vous réalisez régulièrement les montages qui sont publiés dans ces pages, vous avez certainement déjà utilisé un circuit intégré. Ces 'puces', comme on les appelle familièrement, sont parfois tellement simples à mettre en œuvre que l'on oublie la complexité de leur fabrication. Pour en savoir plus sur la fabrication de ces composants, nous vous invitons à visiter quelques pages Internet avec nous.

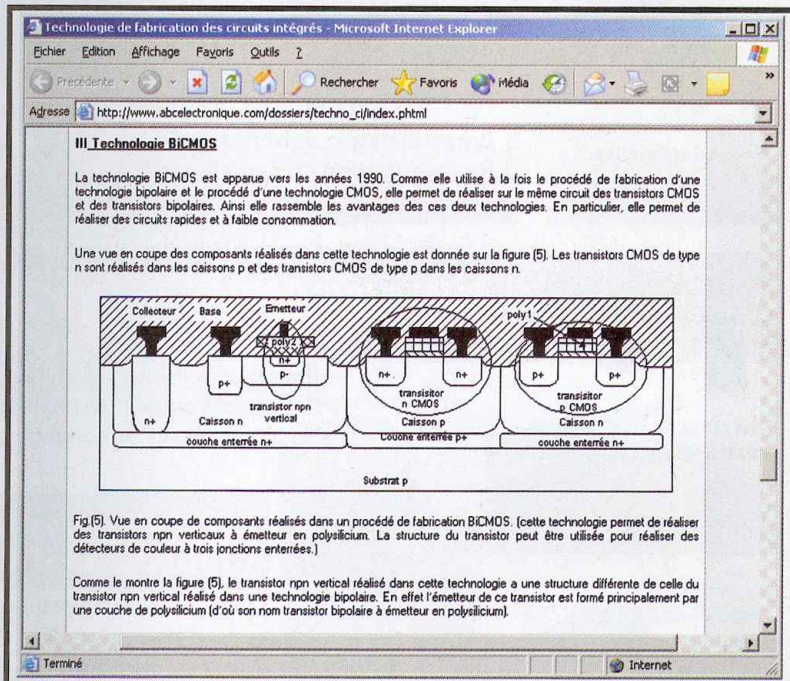
# internet PR@TIQUE

**H**istoire d'entrée rapidement dans le vif du sujet, nous vous invitons à lancer tout de suite votre navigateur puis à saisir l'adresse :

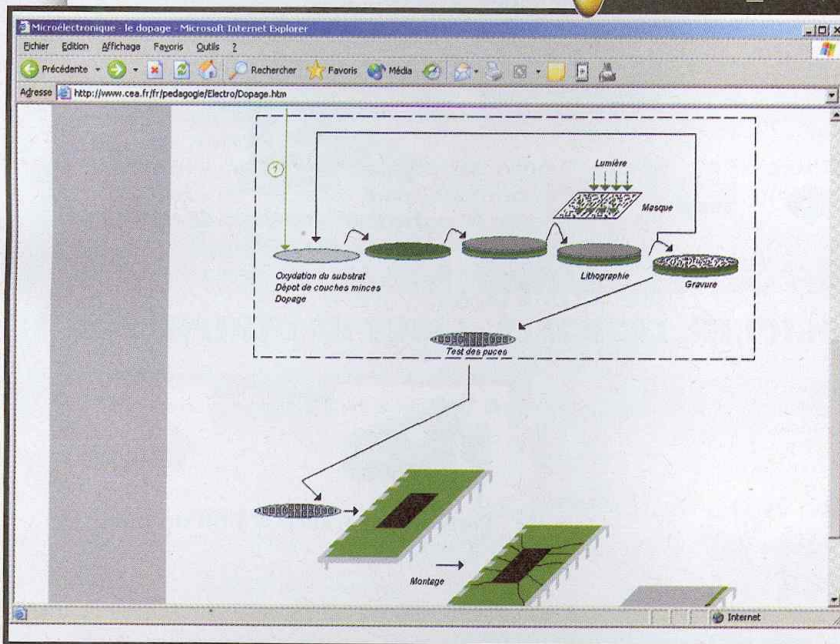
[http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno\\_ci/index.phtml](http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno_ci/index.phtml)

dans la zone de saisie adéquate. La page qui va s'afficher sur votre écran vous fournira toutes les explications sur les différentes technologies mises en œuvre pour la fabrication des circuits intégrés.

La technologie bipolaire est la plus ancienne, mais elle reste encore très employée de nos jours dans les circuits rapides. La technologie CMOS se taille bien entendu 'la part du lion' en raison des nombreux avantages qu'elle offre lorsque la vitesse de fonctionnement n'est pas le critère principal. La technologie BICMOS est apparue il y a un peu plus de 10 ans et permet de réaliser sur le même circuit des transistors



**1** [http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno\\_ci/index.phtml](http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno_ci/index.phtml)



<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Puce.htm> **2**

CMOS et des transistors bipolaires. Cette technologie permet donc de réaliser des circuits rapides et à faible consommation.

Le site Internet mentionné aborde également la technologie SOI (Silicon On Insulator que l'on peut traduire par 'silicium sur isolant') qui semble s'imposer, ces temps-ci, dans de nombreux secteurs, malgré son coût plus élevé. En effet, cette technologie réduit considérablement les capacités parasites des transistors (les structures ne reposent plus sur un substrat conducteur) ce qui permet d'atteindre des vitesses de fonctionnement importantes tout en conservant une faible consommation. Par ailleurs, cette technologie élimine les phénomènes de 'latch-up' tant redoutés dans les autres technologies (ce phénomène détruit généralement le circuit intégré par amorçage de structures P-N empilées qui forment des triacs parasites à cause de l'utilisation d'un substrat conducteur). Si vous voulez comprendre un peu mieux comment ses

peu moins connus du grand public.

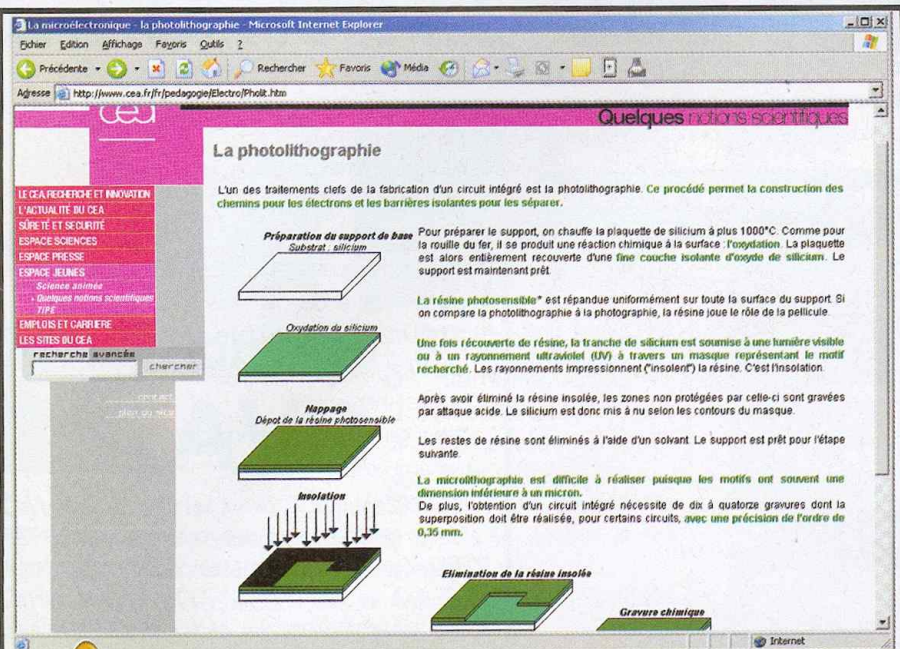
Après cette débauche de technologie, nous vous invitons à visiter le site Internet du CEA qui renferme, lui aussi, quelques pages sur la microélectronique et les étapes de fabrication des circuits intégrés.

<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Pholit.htm>

<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Pholit.htm>

etc.  
Les planches présentées dans ces pages sont plus succinctes que sur le site précédant mais, du coup, elles sont plus faciles à suivre.

<http://tima-cmp.imag.fr/~guyot/Cours/Microelectronique/pdf/technologie.pdf>

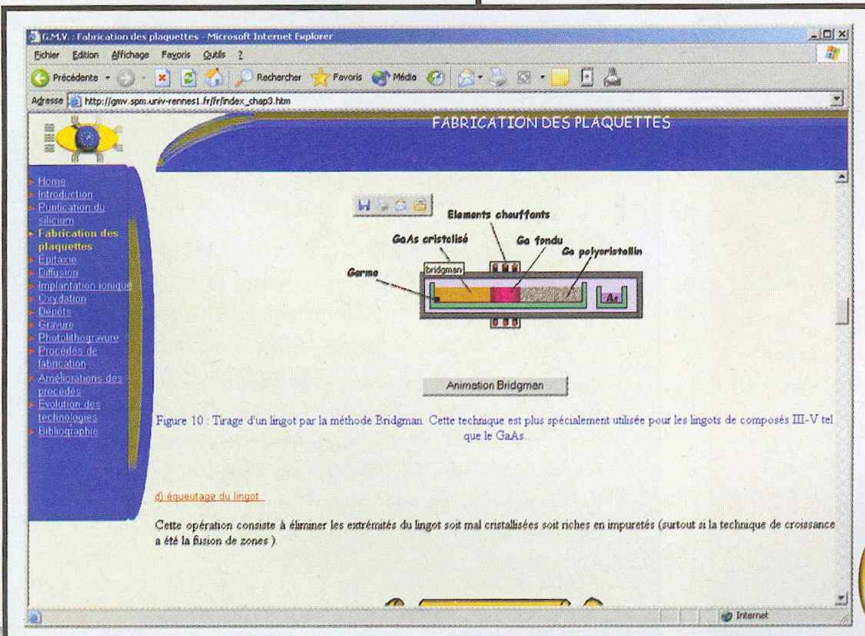
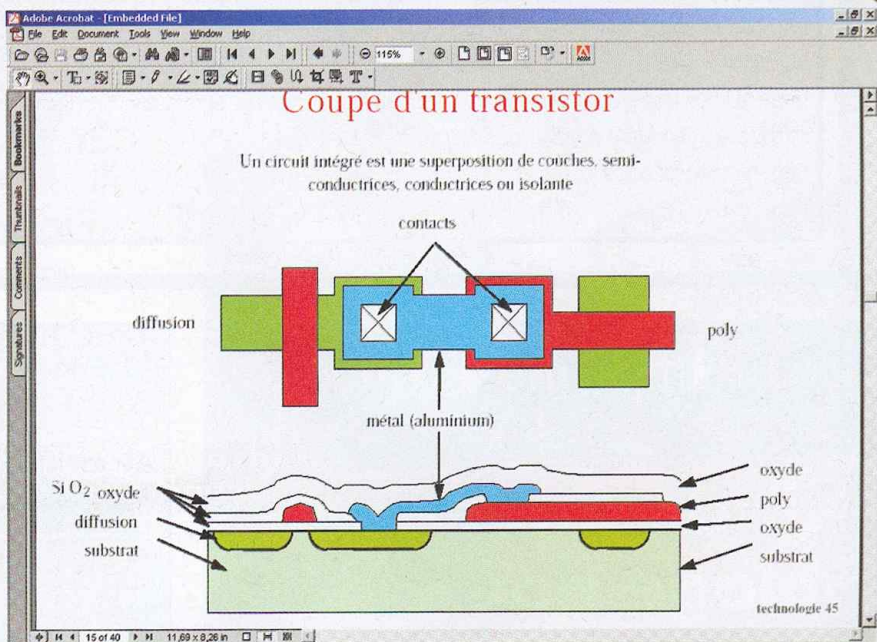


3 <http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Pholit.htm>

structures sont obtenues, ne manquez pas les animations (au format Flash) qui sont proposées sur cette page. Elles illustrent parfaitement les procédés de fabrication des différentes technologies évoquées.

Il est à noter que vous trouverez, également sur ce site, la liste des technologies disponibles chez les plus grands fondeurs de circuits intégrés, à la page [http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno\\_ci/liste\\_fabricants.phtml](http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno_ci/liste_fabricants.phtml)

Ces derniers mettent leurs usines aux services des plus grands fabricants de semi-conducteurs, ce qui explique qu'ils soient un



La suite de notre visite guidée nous amène maintenant à consulter un document PDF (qui nécessite donc le logiciel Acrobat Reader déjà installé sur votre PC) que vous pourrez télécharger à l'adresse <http://tima-cmp.imag.fr/~guyot/Cours/Microelectronique/pdf/technologie.pdf> Le document en question est un petit cours technologique qui part d'un rappel sur le cristal de silicium pur pour nous amener aux semi-conducteurs et les structures mises en œuvres dans les circuits intégrés. Ne manquez pas la formule qui permet d'estimer le coût d'un circuit

5 [http://gmv.spm.univ-rennes1.fr/fr/index\\_chap3.htm](http://gmv.spm.univ-rennes1.fr/fr/index_chap3.htm)

intégré, vers la fin du document. Bien entendu, cette formule intéresse avant tout les fabricants de circuits intégrés et les

concepteurs de circuits ASIC, mais elle est si rarement mentionnée que nous nous devons de le mentionner.

Enfin, le dernier site que nous vous présentons ici vous fera découvrir comment, à partir du sable, on obtient du silicium purifié apte à être utilisé dans les circuits intégrés après dopage.

### Liste des liens de ce dossier **T1**

[http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno\\_ci/index.phtml](http://www.abcelectronique.com/dossiers/techno_ci/index.phtml)  
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Puce.htm>  
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Electro/Pholit.htm>  
<http://tima-cmp.imag.fr/~guyot/Cours/Microelectronique/pdf/technologie.pdf>  
[http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index\\_chap1.htm](http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index_chap1.htm)  
<http://villemin.gerard.free.fr/Multimed/Moore.htm#loi>  
<http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/ch1b.htm>  
[http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/solide/chap\\_s7.htm](http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/solide/chap_s7.htm)  
<http://www.laas.fr/EDSYS/espace/congres2002/articles/belaubre.pdf>  
[http://www.madchat.org/electro/ttl\\_cmos.pdf](http://www.madchat.org/electro/ttl_cmos.pdf)  
<http://www.malexism.com/medias/circuitsintegres.html>  
<http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/electricite/savoir/circuits.htm>  
<http://www.acfas.ca/concours/eureka99/archi.htm>  
[http://www.leti.cea.fr/Leti-FR/M\\_an-report-fr/Design-fr/report-design-SOI-fr.htm](http://www.leti.cea.fr/Leti-FR/M_an-report-fr/Design-fr/report-design-SOI-fr.htm)  
<http://europa.eu.int/comm/research/rtdinf21/fr/dossier1.html>  
[http://www.cea.fr/fr/magazine/dossier\\_nanos/pages10-11.pdf](http://www.cea.fr/fr/magazine/dossier_nanos/pages10-11.pdf)  
<http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/phys.htm>  
[http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/solide/chap\\_s6.htm](http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/solide/chap_s6.htm)

Les nombreuses animations disponibles sur ce site rendent la visite très attractive. N'hésitez pas à aller y faire un tour  
[http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index\\_chap1.htm](http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index_chap1.htm)  
[http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index\\_chap3.htm...](http://gmvs.spm.univ-rennes1.fr/fr/index_chap3.htm...)

Nous espérons que les quelques liens présentés ici vous passionneront tout comme nous, et nous vous donnons rendez-vous dès le mois prochain pour de nouvelles découvertes sur Internet.

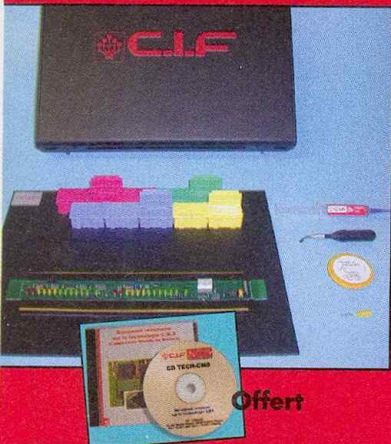
**P. MORIN**

## Circuit Imprimé Français

Le Monde de l'Électronique

# Kit de montage câblage pour CMS

(Composants montés en surface)



#### La valisette comprend :

- 1 plateau métallique de manipulation
- 1 jeu de support circuits (aimanté)
- 10 boîtes à clapet CMS
- 1 rouleau de tresse à dissoudre
- 1 pipette de manipulation avec aiguille et ventouse
- 1 seringue 15 gr. de crème à souder
- 1 sachet de 5 aiguilles
- 1 CD de formation à la technique du montage en surface - Outil interactif avec photos - vidéo - schémas (Windows 95 ou supérieur).

Kit complet : **114,00 € TTC**  
 CD formation : **91,16 € TTC**

Total : **114,00 € TTC**  
 (Prix pratiqués chez tous les distributeurs CIF)

**Offert**

Demandez notre catalogue : circuits imprimés câblages électroniques ; micro-électronique ; équipements ; produits ; accessoires et services. **Gratuit** pour les professionnels, les enseignants. Pour les particuliers, chez leurs revendeurs ou contre 1,83 € en timbres.

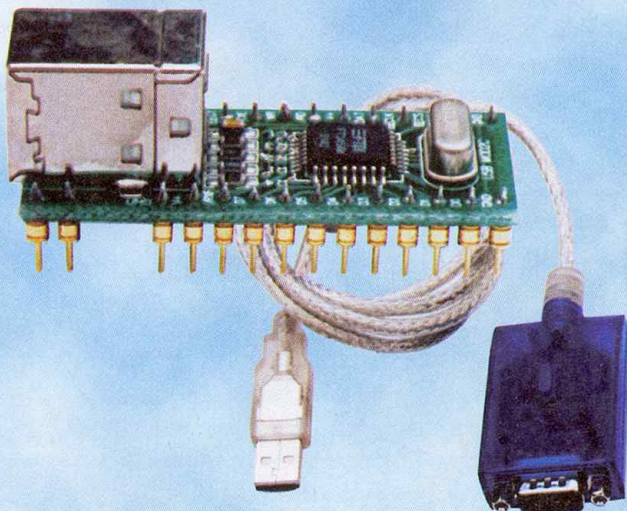
[www.cif.fr](http://www.cif.fr)

Email : [cif@cif.fr](mailto:cif@cif.fr)

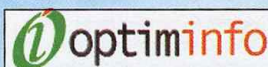


11, rue Charles-Michels - 92220 Bagneux - France  
 Tél : 33 (0) 1 4547 4800 - Fax : 33 (0) 1 4547 1614

# KIT USB



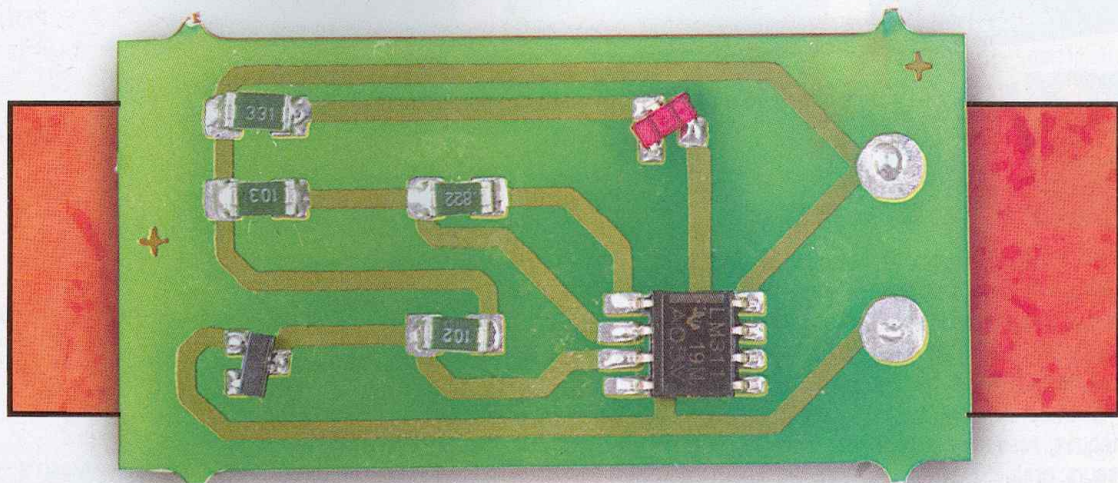
- Composant USB vers données séries ou parallèles.
- Drivers port virtuel pour Windows, Linux, MAC, ou DLL pour Windows, Linux, MAC gratuits.
- Exemples en C++, VB, Delphi fournies.
- Kit de développement vers liaison RS232, RS485, TTL disponibles à partir de 30.90 € HT.



Route de Ménétreau 18240 Boulleret  
 Tél. : 0820 900 021 - Fax : 0820 900 126  
 Site Web : [www.optiminfo.com](http://www.optiminfo.com)



# Une technologie à la portée de tous : **le CMS**



L'évolution de l'électronique se perpétue depuis son origine. Que de chemin parcouru depuis la découverte de la lampe amplificatrice ! Cette dernière a laissé sa place au révolutionnaire transistor qui a été le précurseur de la miniaturisation. Très rapidement, les circuits intégrés sont apparus : ils contiennent des dizaines, voire des centaines, de transistors sous un volume de plus en plus restreint. Et la marche en avant, vers encore davantage de compacité, ne semble pas avoir de limite...

## Une nouvelle technologie : le CMS

Le CMS (Composants Montés en Surface), en anglais SMD (Surface Mounting Device), est à la base d'un véritable tournant en matière de réalisation de cartes électroniques. En effet, cette technique nouvelle ne révolutionne pas seulement l'utilisation du circuit imprimé, mais propose une miniaturisation encore plus poussée des composants eux-mêmes. Elle constitue ainsi une réponse efficace aux grands défis de l'électronique :

- toujours plus intelligent,
  - toujours plus petit,
  - toujours plus fiable,
  - toujours moins cher.
- Le CMS a donc réussi le tour de force de monter tous les types de composants dans des boîtiers de plus en plus petits en changeant également les méthodes de câblage. Il en résulte :
- une réduction du poids et des volumes,
  - une réduction des coûts,
  - des gains fonctionnels électroniques grâce à la réduction des distances entre les composants,
  - une meilleure qualité du produit.

A l'intention des passionnés, amateurs ou professionnels, qui ne se

sont pas encore frottés à cette innovante technologie, notre Revue s'est proposée de décrire simplement les principes de sa mise en œuvre, afin de mettre en évidence la relative simplicité du CMS et, par la même occasion, de le démystifier...

## Les étapes successives du câblage (figures 1 et 2)

### Le circuit imprimé

Nous partirons d'un circuit imprimé terminé qui peut-être étamé ou non. De même, il peut être recouvert d'un vernis épargne, mais cela n'est pas indispensable au niveau de l'amateur. Précisons tout de suite que, contrairement à un circuit imprimé traditionnel, point n'est besoin de percer les trous, ce qui représente déjà une simplification non négligeable du travail.

A noter, tout de même, que la technologie du CMS ne s'oppose pas à la mise en œuvre de circuits double face : il est en effet toujours possible de réaliser les liaisons entre les pistes des deux faces par l'intermédiaire de trous de passages de straps ou tout autre moyen de raccordement.

### Le dépôt de l'alliage

On commence par déposer, en très

faible quantité, la pâte à braser sur les plages d'accueil du circuit imprimé correspondant à chaque composant. Le moyen le plus simple consiste à utiliser une seringue permettant un parfait contrôle du dosage. Bien entendu, il existe des doseurs automatiques. La pâte, ou crème à braser, est constituée d'un alliage et d'un flux dont les caractéristiques sont proches de celles que l'on trouve dans le fil de soudure. L'alliage est composé de billes sphériques dont la taille est de 20 à 160  $\mu\text{m}$  suivant la granulométrie et la classe. Une composition standard de cet alliage est la suivante :

Étain : 62 %

Plomb : 36 %

Argent : 2 %

Il convient de signaler que la pâte à braser contient également du produit décapant à l'instar des composants que l'on retrouve dans la composition du fil de soudure.

### Le placement des composants

La pâte précédemment appliquée sur les plages prévues pour accueillir les connexions des composants présente l'immense avantage de se comporter comme une véritable colle assurant leur maintien, même en cas de retournement du circuit imprimé.

La mise en place des composants peut s'effectuer manuellement à l'aide d'une pince Brucelles. Les stations plus sophistiquées sont pourvues de dispositifs à préhension par ventouse pour faciliter encore davantage la mise en place des composants. A un niveau d'industrialisation supérieur, des machines robotiques réalisent ce travail d'implantation à une cadence accrue.

### La refusion

Une fois les composants placés, l'étape suivante consiste à les braser. Au niveau de l'amateur, il est possible de recourir à un pistolet à air chaud fourni par une station appropriée. Il existe également des fours spécialement prévus pour assurer cette tâche avec, en plus, une gestion automatisée de la conduite du process. Dans tous les cas, une fois la température de fusion de la pâte à souder atteinte (210 à 225°C), on assiste à un phénomène visuel absolument surprenant. En effet, le composant commence à bouger, en se mettant littéralement à flotter, et on peut le voir se centrer lui-même sur les plages de connexion, par légères translations et rotations, grâce à la capillarité générée par la fusion de l'alliage de soudure. Des placements imparfaits de composants se rattrapent ainsi sans aucune intervention pour aboutir à une orientation et à un alignement parfaits.

Le début de la fusion se détecte facilement par l'observation du changement de la couleur et de l'aspect de la pâte à souder. L'étape de refusion est achevée après constatation du phénomène de capillarité évoqué ci-dessus.

### Nettoyage et contrôle visuel

Une fois le brasage terminé, il est préférable d'éliminer les résidus de flux de soudure par l'utilisation de nettoyants appropriés généralement contenus dans des bombes aérosol. C'est à ce stade qu'intervient une opération qu'il convient de ne jamais oublier dans tous les montages électroniques : la vérification et le contrôle scrupuleux du travail réalisé. Cet examen, effectué à l'aide d'une loupe, consiste à vérifier si toutes les brasures ont été correctement réalisées : absence de zones ternies, de « gouttes » pouvant être à l'origine de courts-circuits ou encore soudures non réalisées sur une connexion.

A signaler, également, la possibilité de réparation ou de changement de composant par simple fluxage des connexions concernées, suivi d'un dessoudage au moyen d'une source de chaleur ponctuelle et d'un nettoyage, avant mise en place de la pâte pour réaliser la brasure du nouveau composant.

## Les composants

Tous les composants traditionnels existent en version CMS. Du fait de leur petite taille, il convient de les manipuler à l'aide de pinces Brucelles. De même, leur rangement demande un minimum d'attention : des boîtiers alignés avec couvercle maintenus fermés par un ressort, permettent de stocker les différents composants selon le type et la valeur.

Les résistances sont marquées suivant le principe des puissances de 10. Par exemple, une résistance de 1000  $\Omega$  sera marquée 102 (10 suivi de deux zéros). Les circuits intégrés sont souvent marqués en clair. Il en est de même pour certains transistors et zénors. En revanche, on peut trouver des capacités non marquées. Dans ce cas, il est nécessaire d'en mesurer la valeur. A signaler, aussi, qu'il est tout à fait possible de faire coexister sur un même circuit imprimé des composants CMS et traditionnels.

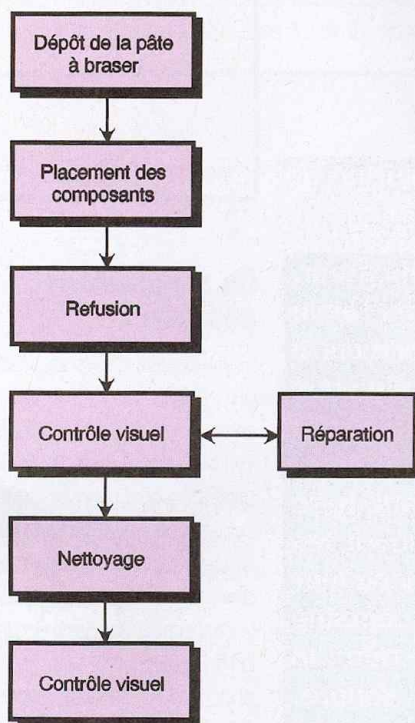
## En conclusion

Il faut chasser de l'esprit que la technologie CMS est inaccessible à l'amateur. On sera surpris de la relative facilité avec laquelle les premiers pas sont franchis. Partout où il est

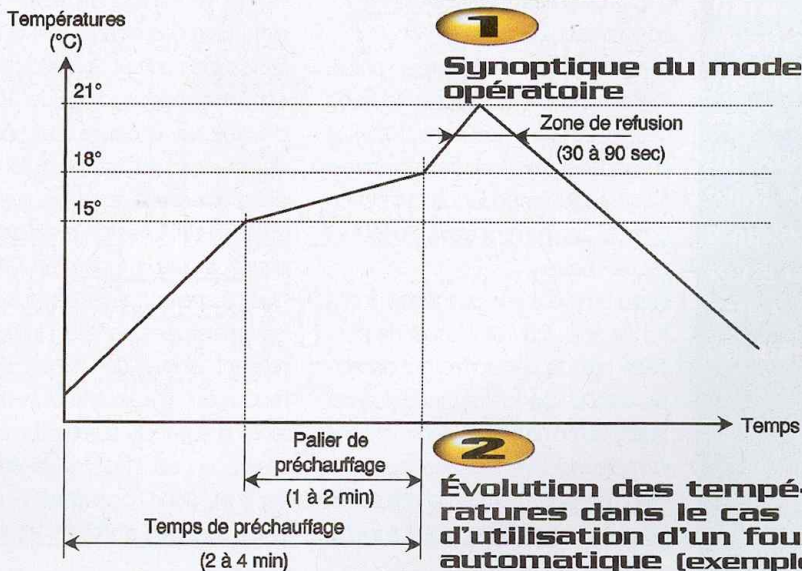
nécessaire d'obtenir de la compacité, le CMS représente une excellente solution : les modules embarqués dans les modèles réduits et télécommandés s'y prêtent fort bien. Toutes sortes de gadgets, logés dans des contenants les plus inattendus, tels les corps de stylo bille par exemple, peuvent trouver ainsi leur concrétisation.

Notre photographie (figure 3) illustre un exemple très simple : un testeur de pile entièrement réalisé en technologie CMS. Pour en savoir plus, on consultera le catalogue édité par la Société C.I.F - ATHELEC : 11, rue Charles Michels 92220 BAGNEUX.

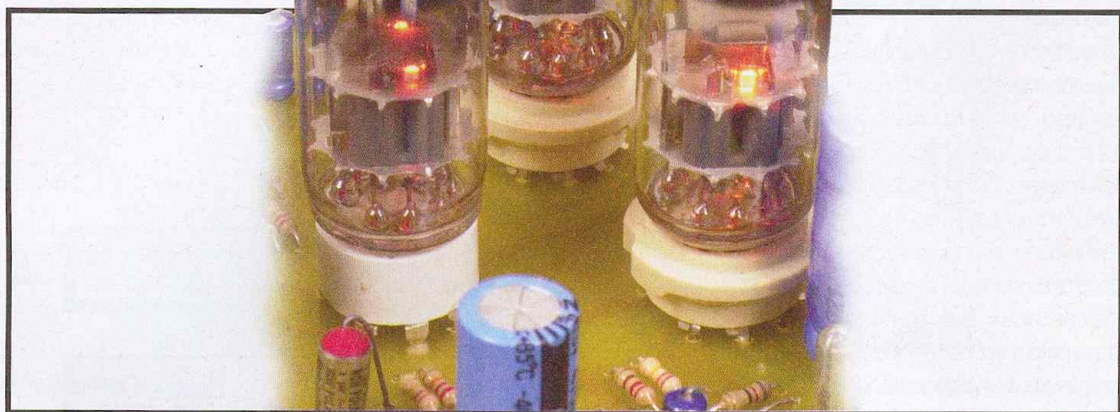
R. KNOERR



### Synoptique du mode opératoire



# Amplificateur à lampes pour casque



**Cet amplificateur, de très faible puissance car il fonctionne sous basse tension, a pour but premier de vous faire découvrir les lampes dans leur dernier domaine de prédilection : la restitution sonore. Il convient, avant de décrire le fonctionnement d'ailleurs très simple du montage, de faire quelques précisions au sujet de cette réalisation**

## Un amplificateur pour qui ?

Si le lecteur recherche principalement un amplificateur universel pour casque s'adaptant sans problème à toutes les sources possibles, je ne crois pas que ce montage puisse lui convenir. Il s'agit surtout, dans le cas présent, d'un montage permettant d'entrer, sans risques et à prix relativement modéré, dans un domaine de la Hi-Fi assez différent des transistors et dont les possibilités semblent, malgré les difficultés que nous allons évoquer bientôt, plus riches.

Bien entendu, un authentique amplificateur à tube fonctionne sous de hautes tensions (souvent 300V) et possède, en sortie, un transformateur adaptateur d'impédance qui est un composant d'un prix élevé, surtout s'il est de qualité.

Notre amplificateur, quant à lui, fonctionne sous 25V environ et ne possède pas de transformateur de sortie, d'où un prix de revient divisé par quatre si l'on ne tient évidemment pas compte de la puissance restituée. Bien entendu, même si la puissance du présent amplificateur est minime,

elle reste largement suffisante pour obtenir un niveau d'audition honnête avec un casque 32  $\Omega$  possédant un bon rendement (donc principalement les casques fermés où l'on atteint souvent les 92dB pour 1mW).

## Pour quel son ?

Bien plus que pour les transistors, le son des lampes dépend du modèle du fabricant et de la polarisation (mais l'on constate également, parmi les tubes issus d'une même série d'un même fabricant, une certaine disparité) ; tous ces critères font que certains tubes auront un rendu sonore confus et parfois difficile à écouter, d'autres, au contraire, posséderont des qualités vraiment prodigieuses et cette incertitude est bien l'une des grandes difficultés de réalisation des amplificateurs à tubes. En fait, plus que d'espérer trouver des tubes aux caractéristiques parfaites, il sera intéressant d'avoir des tubes dont le rendu sonore s'apparie bien, on peut alors être parfois surpris du résultat, mais pour cela, il faut pouvoir effectuer un tri et, donc, posséder un certain stock de tubes d'origines variées, ce

qui n'est guère économique.

Ceci dit, dans le cas qui nous concerne, il n'existe qu'un seul tube encore disponible capable de fournir une puissance acceptable sous 25V (que l'on peut considérer comme la limite de la basse tension, mais qui impose déjà toutes les précautions de manipulation) et dont la référence est ECC 86. Il n'y a pas d'autre choix possible pour  $T_1$  et  $T_2$  dans le montage. Par contre, on peut lui substituer deux autres modèles de tubes dans l'étage d'amplification en tension ( $T_3$ ) : l'ECC88 et l'ECC189 (et surtout aucun autre, les brochages n'étant pas compatibles).

Après un certain nombre d'écoutes comparatives, l'ECC88 permet d'obtenir la meilleure combinaison malgré un son un peu sombre mais, là encore, tout dépend de la qualité des ECC86  $T_1$  et  $T_2$ . L'ECC86 vient ensuite et pour finir l'ECC189 (mais la remarque faite au début de ce paragraphe impose de relativiser la portée réelle de ce jugement).

On peut dire, pour conclure, que la version de base sera de préférence un amplificateur à deux ECC86 ( $T_1, T_2$ ) et un ECC88 pour  $T_3$ .

## Fonctionnement du montage

Le montage peut être séparé en deux parties distinctes, celle qui est chargée de l'amplification du signal et celle, de moindre importance, qui est dédiée à l'alimentation des filaments de chauffage des tubes.

La partie amplificatrice ne diffère pas vraiment de ses équivalents à transistors : le signal d'entrée est amplifié en tension par une des deux triodes du tube  $T_3$  (selon la voie dont il s'agit). Les résistances  $R_3$  et  $R_4$ , reliées à la cathode des tubes, permettent d'obtenir la polarisation automatique des triodes de  $T_3$  en stabilisant le courant de repos autour de 1mA environ (cela peut varier d'un tube à l'autre). Ces résistances ne sont pas découplées, ce qui diminue un

peu le gain de l'étage mais introduit une faible contre-réaction locale. Les résistances  $R_{14}$  et  $R_{17}$ , mettent les grilles des triodes de  $T_3$  à la masse, le courant provenant de ces électrodes étant négligeable en usage normal, c'est à dire lorsqu'elles sont polarisées négativement par rapport aux cathodes (exactement comme pour les FET).

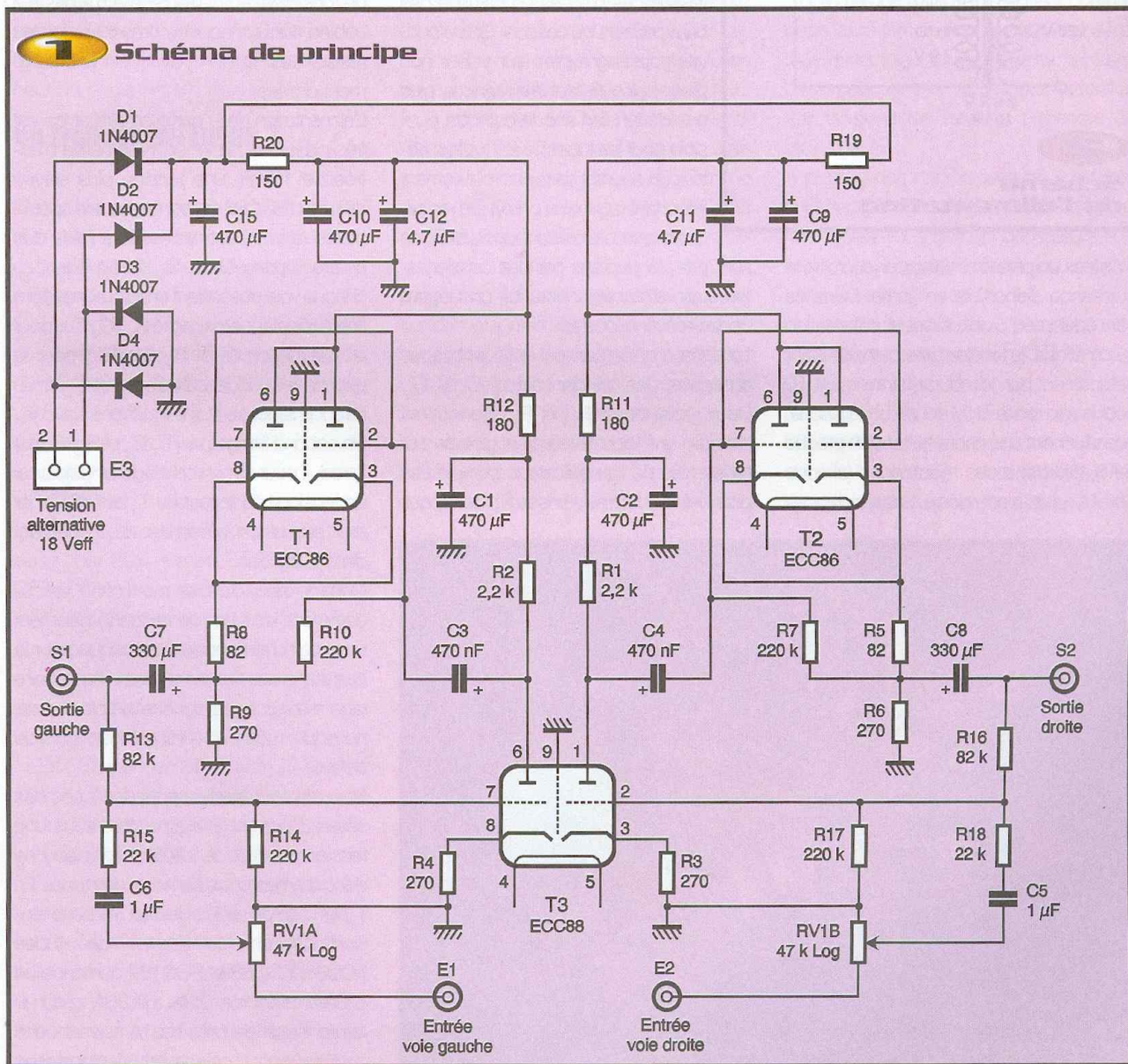
La valeur des résistances  $R_1$  et  $R_2$  détermine, en partie, le gain de l'étage : avec l'ECC88 et l'ECC189, l'amplification en tension est normalement supérieure à 3. Connaissant l'amplitude du signal provenant d'un lecteur de CD, qui est de 1V crête, le lecteur aura remarqué que notre étage amplificateur de tension saturera à pleine puissance d'entrée, puisqu'il n'y a que 2V environ aux bornes de  $R_1$  et  $R_2$  au

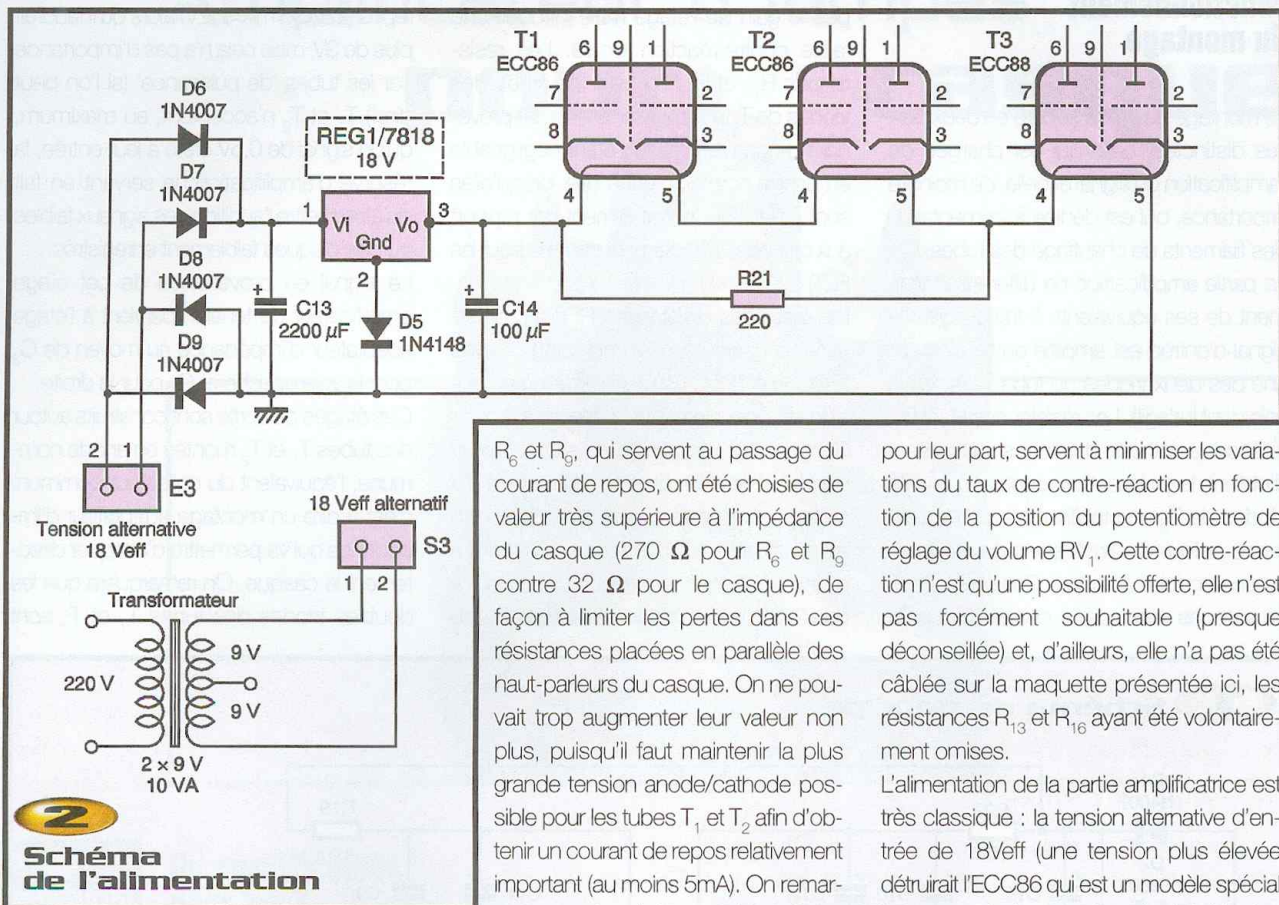
repos ( $2200 \times 1 \text{ mA} = 2,2 \text{ V}$ ) alors qu'il faudrait plus de 3V, mais cela n'a pas d'importance car les tubes 'de puissance' (si l'on peut dire!)  $T_1$  et  $T_2$  n'acceptent, au maximum, qu'un signal de 0,5V crête à leur entrée, la réserve d'amplification ne servant en fait qu'à permettre l'audition des signaux faibles ou des disques faiblement enregistrés.

Le signal en provenance de cet étage amplificateur de tension parvient à l'étage adaptateur d'impédance au moyen de  $C_3$  pour la voie gauche et  $C_4$  pour la droite.

Ces étages de sortie sont construits autour des tubes  $T_1$  et  $T_2$  montés en anode commune, l'équivalent du collecteur commun, c'est à dire un montage adaptateur d'impédance qui va permettre d'attaquer directement le casque. On remarquera que les doubles triodes des tubes  $T_1$  et  $T_2$  sont

### 1 Schéma de principe





**2**  
**Schéma de l'alimentation**

montées en parallèle, cela pour accroître la puissance disponible en sortie. Dans ce cas également, on utilise la polarisation automatique, la tension grille/cathode étant déterminée par le courant traversant  $R_5$  pour la voie droite et  $R_6$  pour la voie gauche, occasionnant une chute de tension proche de 0,45V dans ces résistances (si vous obtenez plus, c'est mieux). Les résistances

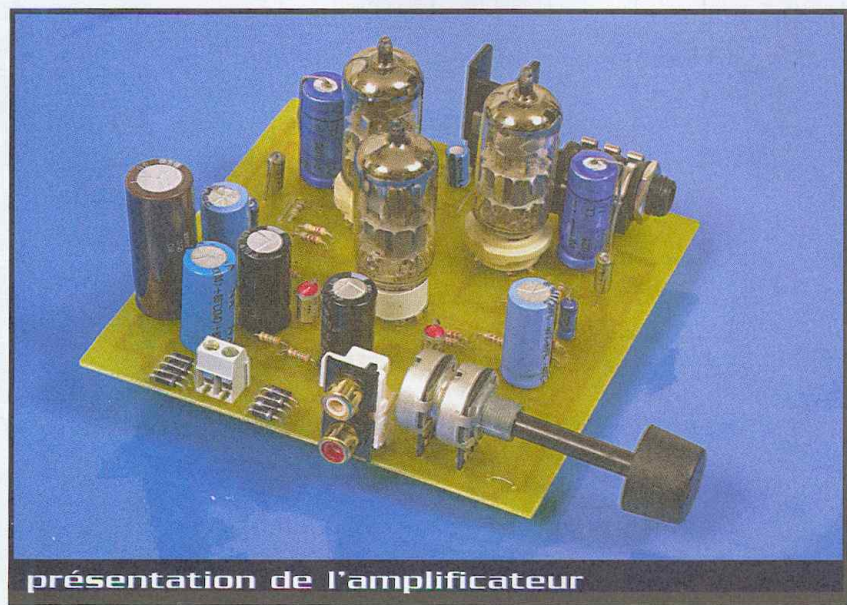
$R_6$  et  $R_9$ , qui servent au passage du courant de repos, ont été choisies de valeur très supérieure à l'impédance du casque (270  $\Omega$  pour  $R_6$  et  $R_9$  contre 32  $\Omega$  pour le casque), de façon à limiter les pertes dans ces résistances placées en parallèle des haut-parleurs du casque. On ne pouvait trop augmenter leur valeur non plus, puisqu'il faut maintenir la plus grande tension anode/cathode possible pour les tubes  $T_1$  et  $T_2$  afin d'obtenir un courant de repos relativement important (au moins 5mA). On remarquera que les résistances  $R_5$  et  $R_8$  ne sont pas découplées par des condensateurs afin d'établir, encore ici, une légère contre-réaction locale. Le signal amplifié parvient enfin au casque au travers des condensateurs  $C_7$  et  $C_8$ . Deux résistances,  $R_{13}$  et  $R_{16}$ , permettent d'établir une contre-réaction globale sur l'ensemble de l'amplificateur, complétées pour cela par les résistances  $R_{15}$  et  $R_{18}$  qui,

pour leur part, servent à minimiser les variations du taux de contre-réaction en fonction de la position du potentiomètre de réglage du volume  $RV_1$ . Cette contre-réaction n'est qu'une possibilité offerte, elle n'est pas forcément souhaitable (presque déconseillée) et, d'ailleurs, elle n'a pas été câblée sur la maquette présentée ici, les résistances  $R_{13}$  et  $R_{16}$  ayant été volontairement omises.

L'alimentation de la partie amplificatrice est très classique : la tension alternative d'entrée de 18Veff (une tension plus élevée détruirait l'ECC86 qui est un modèle spécial basse tension) est redressée à l'aide des quatre diodes  $D_1$  à  $D_4$ , filtrée par  $C_{15}$ , chaque voie possédant ensuite son propre filtre à résistance/capacité  $R_{19}/C_9/C_{11}$  pour la voie de droite et  $R_{20}/C_{10}/C_{12}$  pour la gauche (les condensateurs  $C_{11}$  et  $C_{12}$  améliorent la réponse aux fréquences élevées). Un second filtrage par  $R_{11}/C_2$  et  $R_{12}/C_1$  est introduit pour alimenter l'étage amplificateur de tension bâti autour de  $T_3$  afin d'éliminer tout risque de présence de ronflement dans le casque.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les tubes demandent également un circuit d'alimentation spécifique pour le chauffage des filaments : celui de ce montage a été conçu pour être simple et économique, même s'il n'est pas dépourvu de défauts.

Normalement, les filaments des tubes des séries E doivent être alimentés sous une tension de 6,3V à  $\pm 20\%$ . Nous aurions donc du monter les filaments des tubes  $T_1$ ,  $T_2$ , et  $T_3$  en parallèle et leur fournir cette tension. Or, chaque filament des tubes ECC86, ECC88 et ECC189 demande un courant d'environ 0,3A à 0,36A, d'où un courant total de près de 1A suivant cette configuration : cela aurait demandé un



**présentation de l'amplificateur**

transformateur d'alimentation surdimensionné s'il devait fournir ce courant sous 18Veff, ou bien l'utilisation d'un second transformateur, ce qui n'était pas non plus très économique. Pour éviter ces inconvénients, les trois filaments ont été montés en série et l'ensemble alimenté sous 18,6V (3x6,2V en fait), la tension de sortie du régulateur REG<sub>1</sub> (modèle 18V) étant amenée à 18,6V par l'introduction de la diode D<sub>5</sub> dans la connexion de masse du composant, ce qui est une solution acceptable dans la mesure où l'inertie thermique des filaments les rend plutôt insensibles à la qualité de la régulation. C'est la dispersion des caractéristiques des tubes qui pose alors problème, aggravé par l'usage de tubes de modèles différents, consommant des courants inégaux. Une résistance R<sub>21</sub> sert, lorsque cela est nécessaire (voir la section mise en œuvre), à équilibrer un peu ces courants : dans la majorité des cas, elle peut cependant être omise.

## Où trouver les tubes ?

C'est bien là que réside la principale difficulté de réalisation de ce montage. On a essayé de choisir des modèles qui se trouvent encore assez facilement :

Remarquons que beaucoup de magasins possèdent encore des stocks ou sont spécialisés comme RADIO-TUBE (40, Boulevard du Temple à Paris 11e) par exemple ; commencez tout simplement par vos revendeurs habituels.

- L'ECC86 est un tube spécifique aux autoradios (fin des années 50 ?) que vous trouverez chez ECE et chez ELECTRONIQUE DIFFUSION. Nous vous conseillons d'éviter les ECC86, de marque Miniwatt DARIO, parce que leur rendu de l'aigu est assez décevant comparé aux possibilités réelles des tubes dans ce domaine mais, bien sûr, il peut y avoir des exceptions.

- L'ECC88 (parfois appelé E88CC) est un tube du début des années 60, mis au point pour la télévision, utilisant la technique nouvelle dite à grille-cadre, ce qui lui donne une pente élevée aux faibles courants et permet donc de l'utiliser dans ce montage. Il est encore fabriqué pour les préamplificateurs Hi-Fi ; par exemple chez Triode et compagnie, 23 BD de l'Yser 75017 PARIS (voir les horaires particuliers et les tarifs sur [www.audio-note.com](http://www.audio-note.com)).

- L'ECC189 est en tout point semblable à l'ECC88 : il en existe aussi des stocks importants.

Le prix des tubes est beaucoup plus élevé que celui des transistors, comptez environ 10 à 12 Euros par tube, mais il arrive que le prix soit plus bas.

Les supports de tube de type NOVAL (9 broches), que l'on trouve encore, sont de dimensions variables, vous aurez peut-être à adapter un peu le tracé du circuit. Attention, certains supports possèdent une dixième broche reliée au centre de ce support : il faut la couper (on ne doit jamais souder directement les tubes).

## Autre possibilité

Avant d'acheter les condensateurs et le transformateur, vérifiez que vous pouvez effectivement vous procurer les ECC86 car, dans le cas contraire, il existe une solution de rechange : elle consiste à prendre pour T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et T<sub>3</sub> des ECC88 (toujours disponibles) tout en augmentant la tension d'alimentation à environ 45V (si l'ECC86 ne supporte pas plus de 30V, l'ECC88 accepte jusqu'à 130V) en prenant un transformateur 2x15Veff de puissance 16VA minimum : il faudra bien vérifier que les condensateurs et les autres composants supportent cette tension et faire également plus attention en manipulant le montage car cette tension est déjà dangereuse.

Les valeurs des composants n'ont pas normalement besoin d'être ajustées (un doute cependant pour le régulateur 18V, il faudra

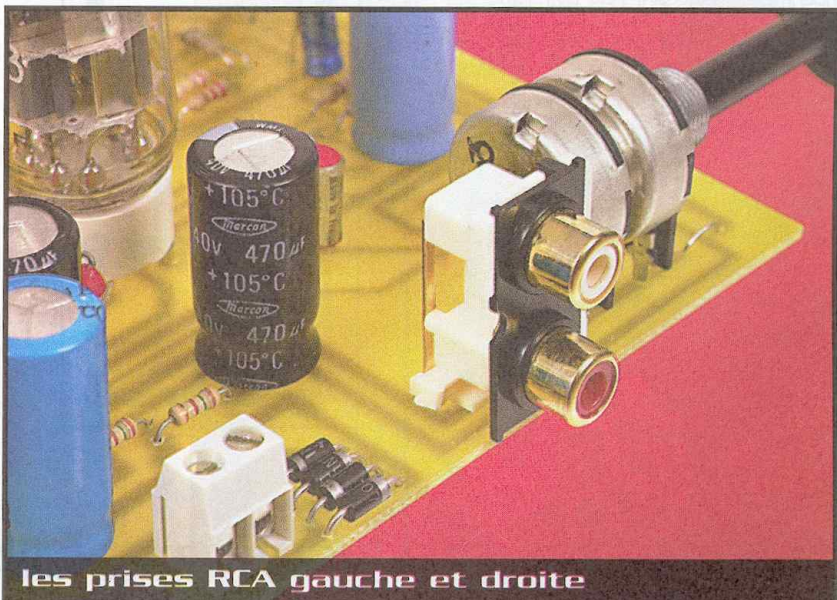
peut-être abaisser la tension à réguler qui lui est fournie, car il ne supporte d'ordinaire que 35V, ou prévoir alors un transformateur séparé pour l'alimentation des filaments (2x9V et 10VA), dans ce cas, le transformateur 2x15V sera un modèle de faible puissance : moins de 3VA, cette séparation des alimentations obligera à couper deux pistes du circuit imprimé sous l'emplacement du bornier de la plaque principale.

## Mise en œuvre du montage

L'implantation des composants ne pose pas de problème particulier, à part peut-être la mise en place des condensateurs de filtrage de l'alimentation, du fait des grandes variations de taille que l'on peut constater d'une marque à l'autre; il se peut que l'on doive alors forcer un peu pour les insérer tous ensembles sur la plaquette, s'il s'agit d'exemplaires très volumineux (attention aux tensions de services : prendre au moins 35V).

A propos des condensateurs, il est très important de choisir des modèles de qualité : méfiez-vous des condensateurs trop anonymes, le résultat obtenu pourrait être très décevant.

On remarquera que sur la plaquette présentée ici, les condensateurs C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub> et C<sub>6</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> n'ont pas été choisis dans la série plastique courante MKT, cela parce que ces modèles ont tendance à rendre le son strident. Vous pouvez alors essayer, avec réserve, d'autres séries au plastique : MKP,



les prises RCA gauche et droite

MKS ou bien utiliser des condensateurs chimiques, tester des condensateurs au tantale (éviter les modèles de type goutte). Attention, les condensateurs  $C_5$  et  $C_6$  doivent obligatoirement être non polarisés, de plus,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_{11}$  et  $C_{12}$  doivent supporter au moins 30V (vous pouvez prendre des valeurs plus élevées que celles indiquées pour tous les condensateurs).

Il faut bien comprendre que, dans le domaine de la restitution audio, la qualité des composants prime sur les raffinements techniques du schéma, lequel, au contraire, se doit d'être le plus simple possible.

Le transformateur 2x9V/10VA a été placé sur une plaquette séparée, cela pour écarter le danger de la haute tension de la plaquette principale. Il va sans dire qu'il conviendra de se montrer très vigilant avec les pistes transportant le 220V de la plaquette du transformateur.

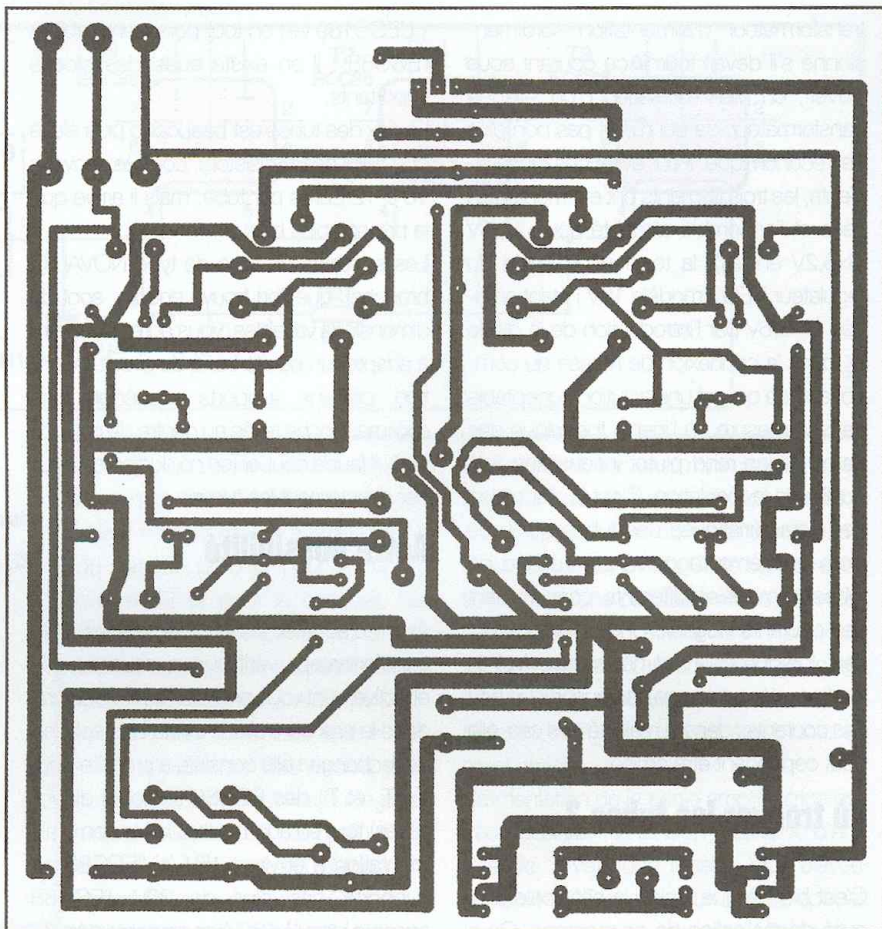
Attention, il ne faut pas souder, de prime abord, la résistance  $R_{21}$ . Il faut monter les tubes sur leur support, mettre sous tension le montage et attendre une minute environ que les filaments aient atteint leur température de fonctionnement. Il faut alors mesurer la tension aux bornes de chaque filament et vérifier qu'aucune n'est inférieure à 5V, ni supérieure à 7,5V (c'est à dire 6,3V  $\pm 20\%$ ). Normalement, si vous utilisez la configuration conseillée ECC86 pour  $T_1$  et  $T_2$  avec un ECC88 pour  $T_3$ , la tension aux bornes du filament de ce dernier doit être inférieure à celle des deux autres (dans le cas contraire, la mise en place de  $R_{21}$  aggraverait le problème). Si les tensions mesurées dépassent ces extrêmes, on devra alors souder  $R_{21}$ .

Je déconseille, encore une fois, de placer les résistances  $R_{13}$  et  $R_{16}$  de la contre-réaction, il s'agit juste d'une possibilité offerte pour faire des comparaisons.

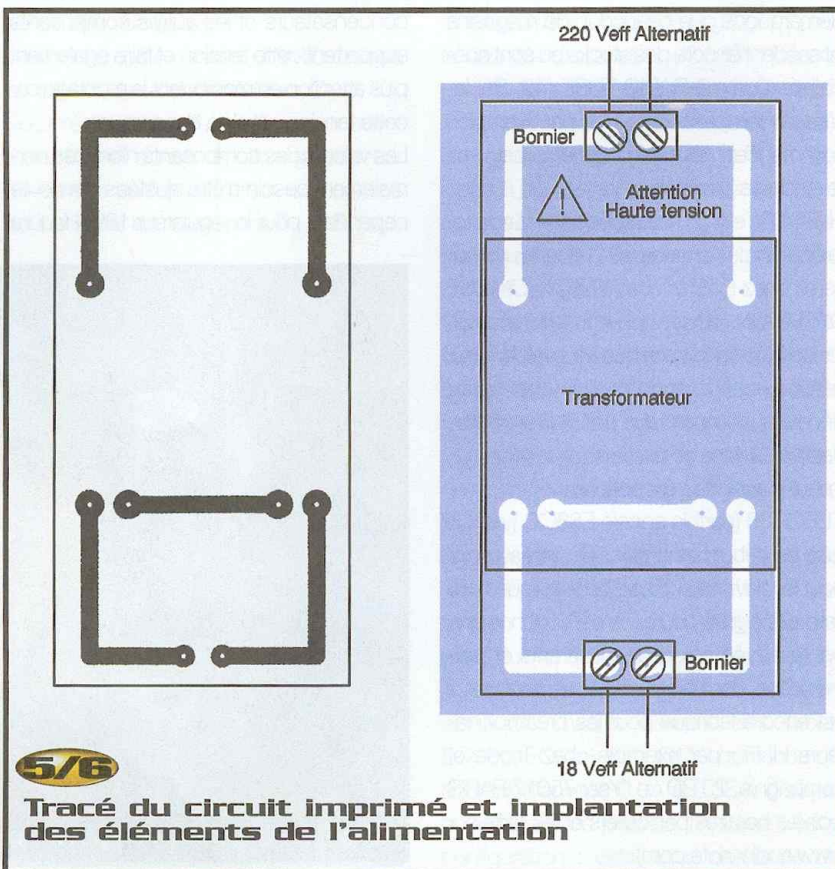
Il faut environ une trentaine de secondes à l'amplificateur pour être opérationnel après la mise sous tension, le temps que les cathodes soient portées au rouge par les filaments de chauffage.

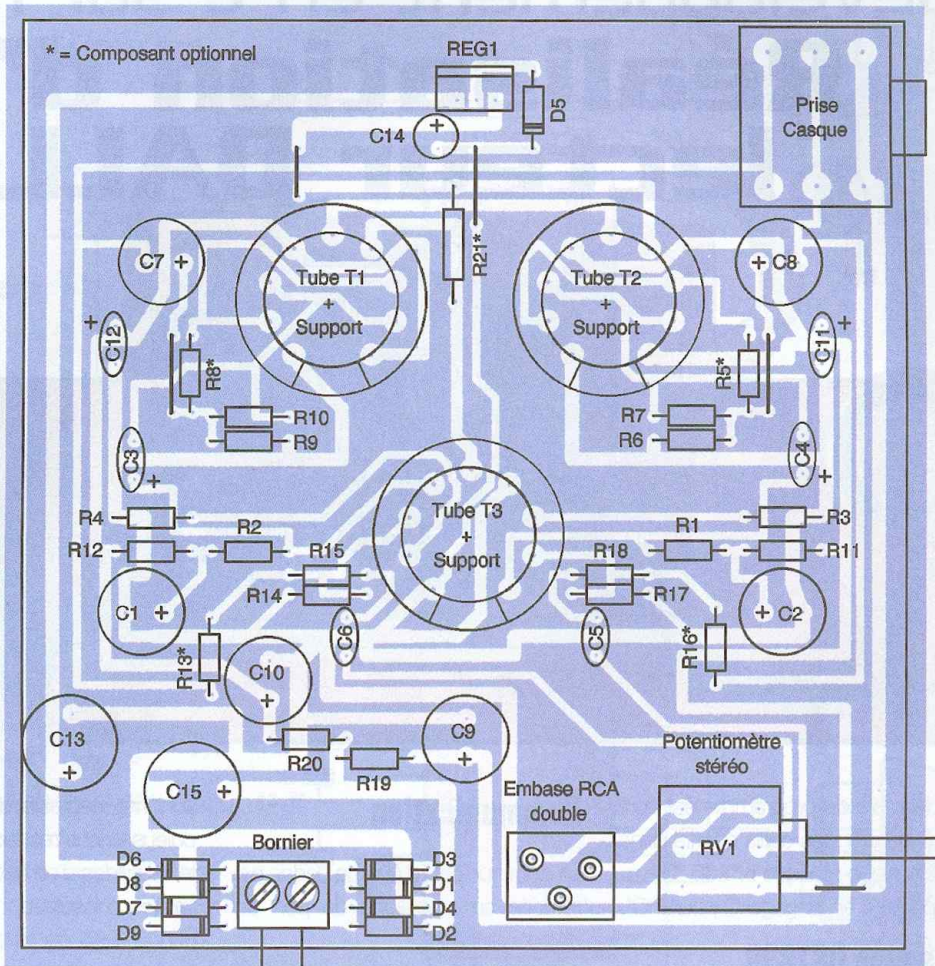
Et, pour finir, rappelons qu'il convient bien évidemment, d'utiliser la sortie line/out du lecteur de CD ou de DVD et non pas la sortie casque.

O. VIACAVA



### 3 Tracé du circuit imprimé de l'amplificateur





#### 4 Implantation des éléments

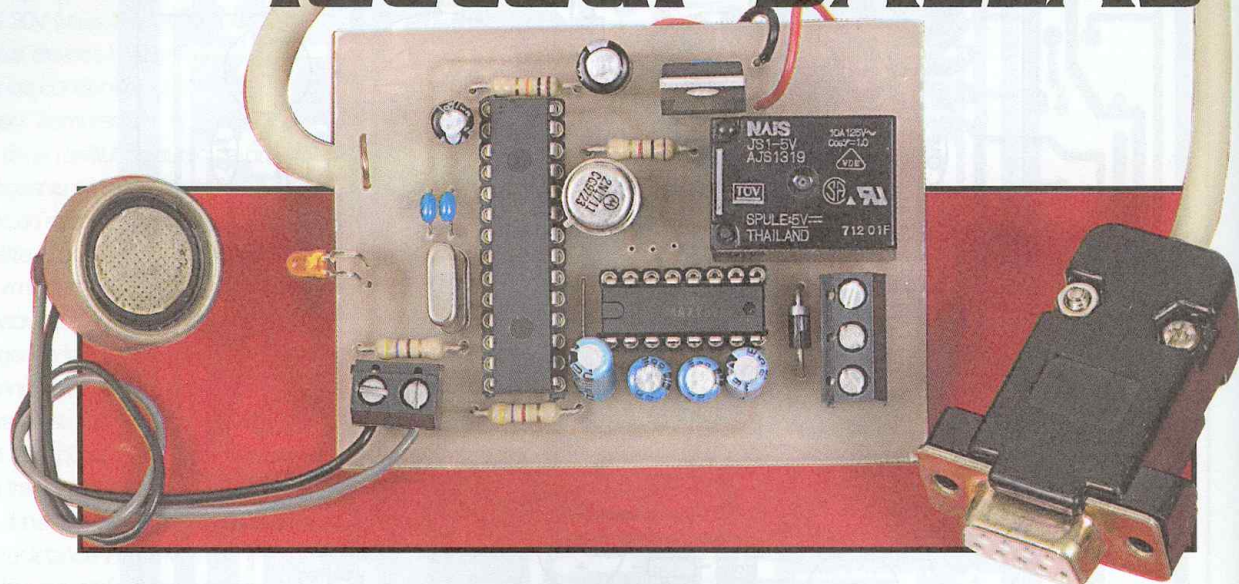
### Nomenclature

**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : 2,2 kΩ**  
**R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>9</sub> : 270 Ω**  
**R<sub>5</sub>, R<sub>8</sub> : 85 Ω**  
**R<sub>7</sub>, R<sub>10</sub>, R<sub>14</sub>, R<sub>17</sub> : 220 kΩ**  
**R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub> : 180 Ω**  
**R<sub>13</sub>, R<sub>16</sub> : 82 kΩ**  
**R<sub>15</sub>, R<sub>18</sub> : 22 kΩ**  
**R<sub>19</sub>, R<sub>20</sub> : 150 Ω**  
**R<sub>21</sub> : 220 Ω 1W**  
**C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>15</sub> : 470 µF/35V**  
**C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 0,5 µF/35V (chimique ou plastique)**  
**C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 1 µF non polarisé.**  
**C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> : 330 µF/16V**  
**C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> : 4,7 µF/35V (tantale par ex)**  
**C<sub>13</sub> : 2200 µF/35V**  
**C<sub>14</sub> : 100 µF/25V**  
**D<sub>1</sub> à D<sub>4</sub>, D<sub>6</sub> à D<sub>9</sub> : 1N4007**  
**D<sub>5</sub> : 1N4148**  
**T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : tubes ECC86 (voir texte)**  
**T<sub>3</sub> : tube ECC88 (voir texte)**  
**RV<sub>1</sub> : potentiomètre stéréo LOG 47 kΩ**  
**REG<sub>1</sub> : régulateur 18V (7818)**  
**transformateur 2x9V/10VA**  
**3 supports NOVAL de tubes**  
**3 borniers 2 plots**  
**Embase RCA double (SELECTRONIC)**  
**Connecteur Jack CI stéréo 6,35mm**  
**Cordon secteur, fils**





# Développement en C sur PIC : Réalisation d'un lecteur DALLAS



Les IBUTTON de DALLAS sont des badges de contrôle d'accès peu coûteux et faciles à gérer à partir d'un microcontrôleur. La gestion du protocole 1WIRE de DALLAS permet de communiquer avec l'ensemble de la gamme et, notamment, les capteurs de température (DS1820 et autres). Nous proposons d'étudier dans cet article une bibliothèque de communication pour ce protocole en réalisant une serrure électronique à clef DALLAS.

L'ensemble du programme est écrit en C à partir des outils décrits dans Électronique Pratique N°266 "Développement en langage C pour PIC".

## Les clés DS1990

Ces badges se présentent sous la forme d'un boîtier cylindrique de 10mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur. Chaque badge contient toute l'électronique nécessaire pour communiquer sous forme série avec un lecteur. Chaque boîtier comporte un numéro unique codé sur 8 octets nous permettant de l'identifier de manière précise.

Le protocole de communication avec le badge a été créé par DALLAS SEMICONDUCTEURS et est connu sous le nom de 1WIRE. Il s'agit d'un protocole de communication TTL sur 2 fils du type maître esclave Half-duplex.

Le badge est alimenté par contact avec le lecteur et consomme moins de 1µA.

La résistance mécanique et la fiabilité de ce badge le place parmi les systèmes les plus simples pour le contrôle d'accès et l'identification numérique.

## Communication

La communication avec le badge est réalisée sur une ligne de port de microcontrôleur.

A l'initialisation de la communication, cette ligne est positionnée en sortie et forcée au niveau haut par une résistance de pull up et la mise à 1 de la ligne.

Il s'agit, au départ, de déterminer si une clef est présente. Pour cela le mécanisme est le suivant :

- on force un niveau bas sur la ligne data pendant 480 µs,
- on replace ensuite la ligne au niveau haut pendant 65 µs,
- on place ensuite la ligne en entrée et on teste l'état de cette ligne,
- si la ligne est au niveau bas (c'est donc qu'elle est forcée au niveau bas par le badge), un badge est présent sur le lecteur,
- sinon aucun badge n'est présent sur le lecteur.

Dans notre bibliothèque de communication DALLAS.C, cette fonction a été écrite et appelée TOUCHRESET. Les opérations exécutées sont exactement celles décrites ci-dessus.

Il est important de noter que les valeurs de temps données ci-dessus

sont importantes et doivent être scrupuleusement respectées. Les lecteurs avides d'en savoir plus sur ces valeurs consulteront les Datasheets du DS1990 sur le site de DALLAS [www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com).

Une fois le badge appliqué sur le lecteur, il s'agit maintenant de déterminer quel est son numéro. Pour cela, on dispose de la fonction READROM (O33H) qui permet de lire le numéro de série du badge.

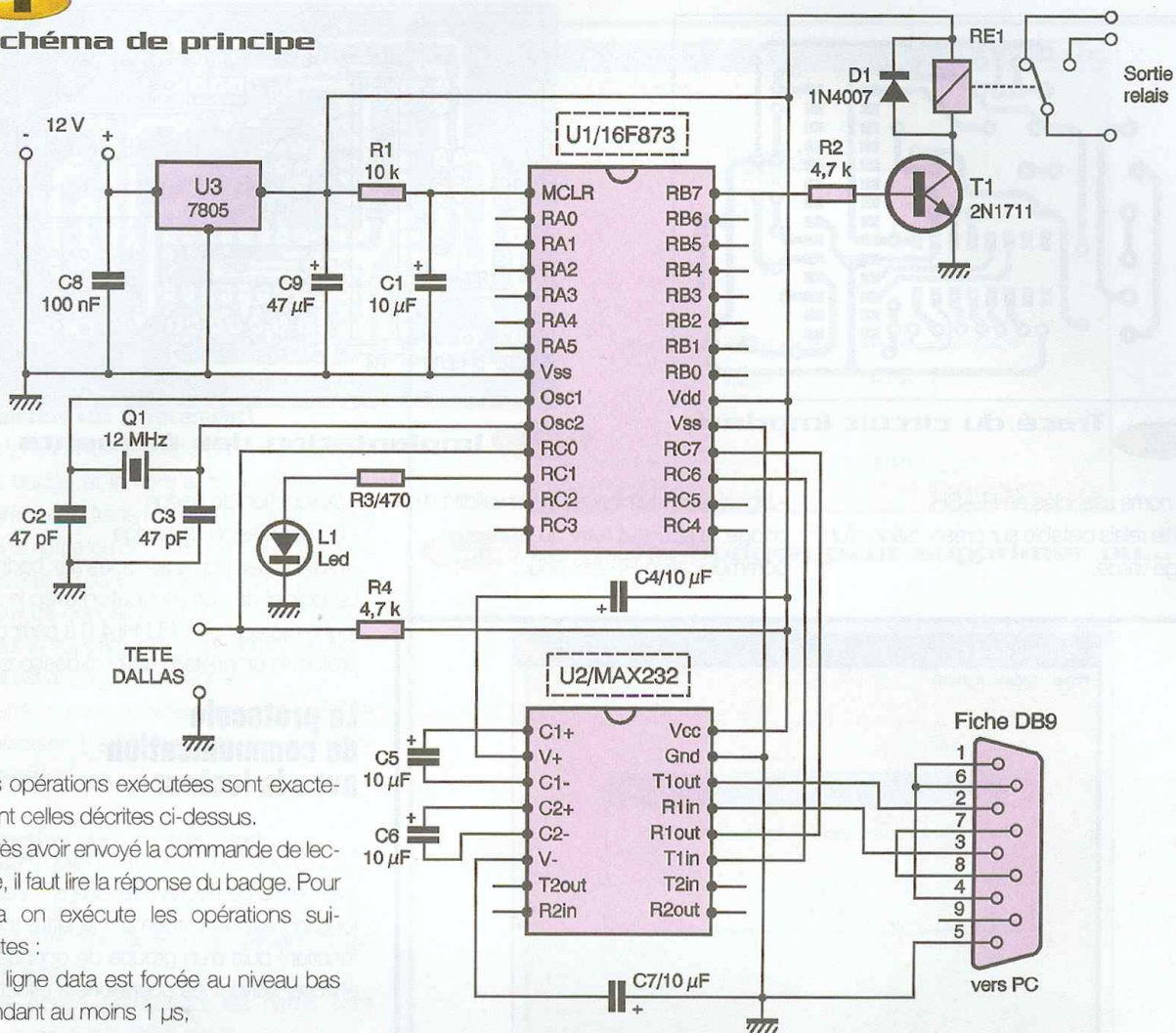
Pour envoyer une commande au badge, on procède de la façon suivante :

- la ligne data est forcée au niveau bas pendant au moins 1 µs,
- le bit de poids faible (MSB0) est ensuite placé sur la ligne data,
- on maintient l'état de la ligne pendant 65 µs,
- la ligne data est forcée au niveau bas pendant au moins 1 µs,
- le bit de poids faible (MSB1) est ensuite placé sur la ligne data,
- on maintient l'état de la ligne pendant 65 µs,
- et ainsi de suite jusqu'au bit 7

Dans notre bibliothèque de communication DALLAS.C, cette fonction a été écrite et appelée TOUCHBYTE.



## Schéma de principe



Les opérations exécutées sont exactement celles décrites ci-dessus.

Après avoir envoyé la commande de lecture, il faut lire la réponse du badge. Pour cela on exécute les opérations suivantes :

- la ligne data est forcée au niveau bas pendant au moins 1  $\mu$ s,
- la ligne data est positionnée en entrée,
- on teste l'état de la ligne data et on stocke le résultat dans le bit 0,
- la ligne data est positionnée en sortie et forcée à 1 pendant 65  $\mu$ s,
- la ligne data est forcée au niveau bas pendant au moins 1  $\mu$ s,
- la ligne data est positionnée en entrée,
- on teste l'état de la ligne data et on stocke le résultat dans le bit 1,
- et ainsi de suite jusqu'au bit 7

Dans notre bibliothèque de communication DALLAS.C, cette fonction a été écrite et appelée TOUCHRECEIVE. Les opérations exécutées sont exactement celles décrites ci-dessus.

Nous avons fait le tour du protocole de communication 1WIRE et de ses spécificités. Pour simplifier ces opérations successives, une fonction LITCODE a été écrite dans la bibliothèque DALLAS. Cette fonction exécute les opérations nécessaires à la lecture d'un badge, à savoir :

- TOUCHRESET

- TOUCHBYTE(READROM)
- TOUCHRECEIVE (8 fois pour lire les 8 octets du code)

Le résultat est placé dans un tableau de caractères (dallastemp[]).

Il reste maintenant à déterminer la validité des octets lus. Pour cela, on commence par vérifier si tous les octets sont à 0, si tel est le cas, le code n'est pas valide et on se trouve probablement en présence d'un court-circuit sur la tête de lecture ou d'une mauvaise manipulation de la clef.

Il faut ensuite vérifier si le check sum est correct.

En effet, le code d'un badge est constitué de 8 octets :

- le premier octet caractérise le type de badge (01,02,03 etc.),
- les octets 2 à 7 constituent le numéro proprement dit du badge,
- le 8ème octet est un check sum (somme de contrôle) calculé à partir des 7 premiers

octets.

Cette somme de contrôle est appelée aussi CRC et est une fonction polynomiale des 7 premiers octets. Nous ne rentrerons pas dans les détails du calcul du CRC, sachez seulement qu'une fonction de calcul a été écrite dans la bibliothèque DALLAS (CRC8) et vous permet de déterminer si les octets composant le code du badge sont valides.

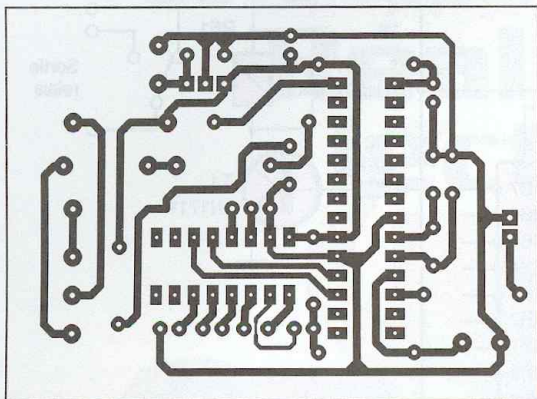
Cette fonction, pour des raisons de taille du code, a été écrite en assembleur.

Nous sommes maintenant en possession de tous les outils logiciels pour lire des badges DALLAS et entreprendre la réalisation d'un lecteur de clefs.

## Le lecteur

Le lecteur que nous vous proposons a les fonctionnalités suivantes :

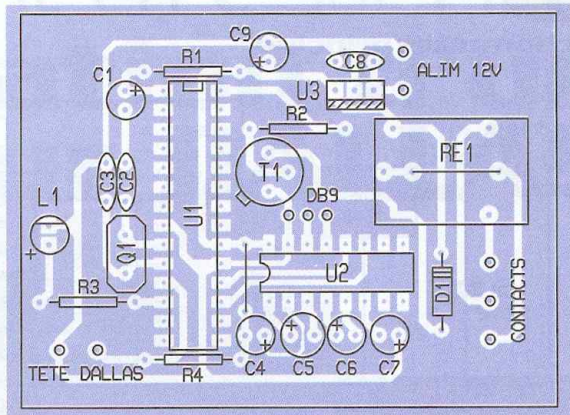
- stockage de 100 numéros de badges et



## 2 Tracé du circuit imprimé

des noms associés en FLASH,  
- sortie relais bistable sur présentation d'un badge valide,

- signalisation lumineuse de la validité d'un badge, la LED suit l'état du relais communication RS232 pour :



## 3 Implantation des éléments

- l'adjonction de badge  
- la suppression de badge  
- l'édition des noms associés aux badges.  
Le logiciel de communication avec le lecteur a été écrit en DELPHI 4.0 à partir d'un protocole propriétaire défini ci-dessous.

### Le protocole de communication avec le lecteur

Le protocole de communication RS232 avec le PC comporte 5 fonctions. Chaque fonction est constituée d'une lettre (code fonction) puis d'un groupe de données à envoyer suivant les opérations à effectuer.

#### Fonction «A» (affichage)

Cette fonction permet de lire le code du dernier badge présenté, elle est utilisée pour lire un nouveau badge et pouvoir l'écrire dans la mémoire du lecteur (adjonction d'un badge valide par exemple).

Après l'exécution de «A», les 8 octets sont envoyés vers le PC.

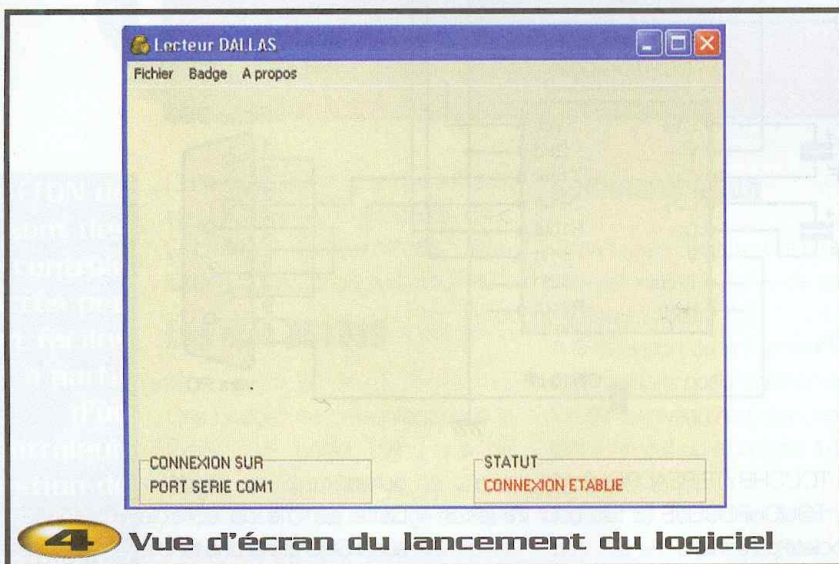
Attention cette fonction doit être utilisée en association avec la fonction «R».

#### Fonction «R» (Reset)

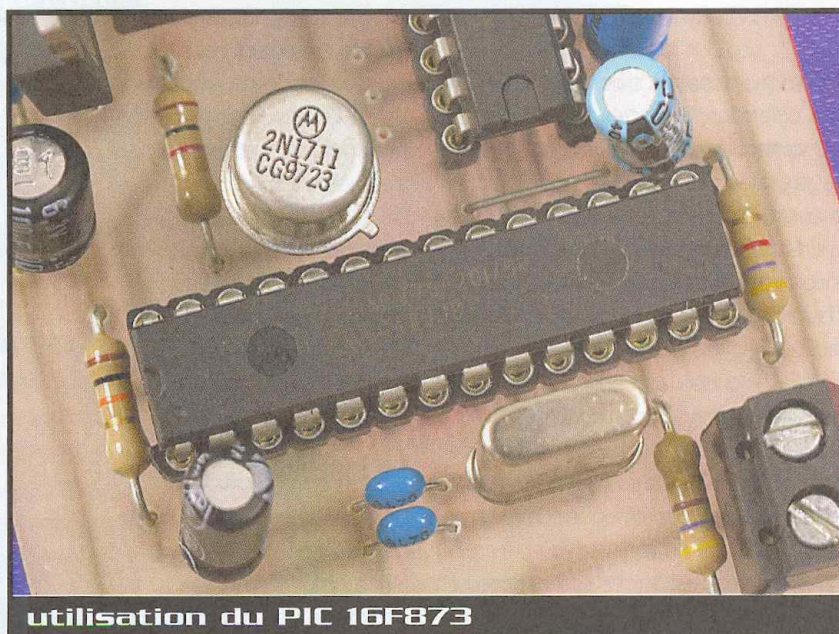
Cette fonction remet à 0 le buffer mémoire contenant le dernier badge. Elle est à utiliser avant l'exécution de la fonction affichage pour être sûr que le code reçu est bien celui du dernier badge présenté.

#### Fonction «E» (Écriture)

La fonction «E» permet d'écrire dans la FLASH le numéro et le nom associé d'un nouveau badge. L'écriture est réalisée dans la FLASH du microcontrôleur à la première adresse libre de la base de données



## 4 Vue d'écran du lancement du logiciel



utilisation du PIC 16F873

badges. Il n'y a donc pas de gestion mémoire à faire dans le programme du PC étant donné que la base de données est dans le lecteur.

Après avoir émis la commande «E», le PC doit émettre les 8 octets composant le numéro de badge et les 8 octets composant le nom associé au badge.

Cette fonction renvoie alors vers le PC le caractère '1' si l'écriture a été correctement réalisée.

#### Fonction «D» (Effacement)

La fonction «D» permet d'effacer un numéro de badge et le nom associé. Pour cela, après avoir transmis la commande, il faut transmettre les 8 octets composant le nom associé au badge, ainsi il n'est pas nécessaire de connaître le numéro d'un badge pour le supprimer mais seulement le nom qui est associé à ce badge.

Cette fonction renvoie alors vers le PC le caractère '1' si l'écriture a été correctement réalisée.

#### Fonction «L» (Lecture)

Cette fonction permet de lire tous les noms associés à des numéros de badges et de connaître ainsi la liste des utilisateurs sur une semure.

Les octets composant les noms sont envoyés vers le PC 8 par 8.

## L'électronique

L'électronique du lecteur est, on ne peut plus traditionnelle. Le lecteur a été construit autour d'un PIC 16F876 (8kmots) : on trouve le quartz de 12 MHz ainsi que les condensateurs de l'oscillateur et la circuiterie de reset du microcontrôleur.

Le lecteur DALLAS est équipé d'une résistance de PULL UP et est connecté sur le PORT C0.

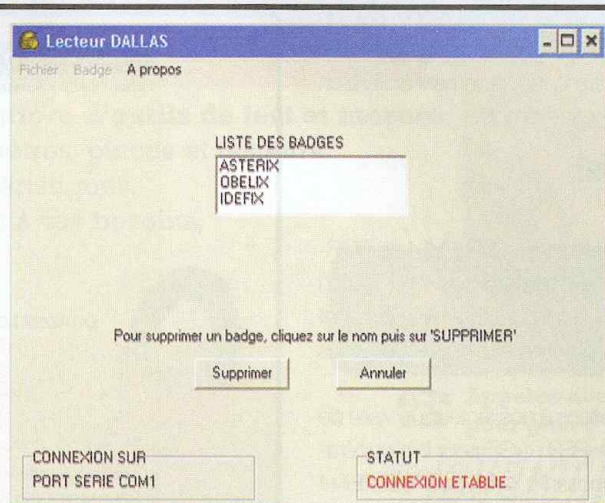
Une LED bicolore assure la signalisation verte et rouge qui suit l'état du relais.

Un relais 1RT est câblé sur le port B7 au travers d'un transistor 2N1711 monté en émetteur commun.

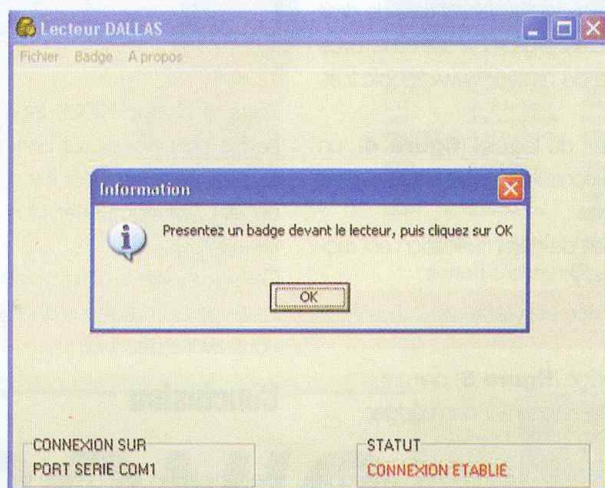
Les sorties sont réalisées sur borniers standards et l'alimentation est en 12V.

Suivant l'application envisagée, on prendra soin de charger en étain les pistes aboutissant sur les contacts du relais afin d'augmenter la section.

Le MAX232 a été câblé en fixe sur le circuit



### 5 Le menu badges peut supprimer ou...



### 6 ... Ajouter des badges



imprimé, la sortie étant placée sur un connecteur 3 broches au pas de 2,54 mm pour permettre le raccordement facile à un PC portable par exemple.

## Le logiciel

Le logiciel a été écrit en DELPHI 4 de BORLAND avec le module de communication TCOMPORT écrit par DEJAN CRNILA et permettant la gestion des ports série sous DELPHI.

Nous conseillons à nos lecteurs la visite de la DELPHI SUPER PAGE pour la récupération de composants libres pour DELPHI et BORLAND C++.

Le logiciel exploite le protocole de communication du lecteur DALLAS décrit ci-dessus. L'ensemble du code est libre de droit et peut être téléchargé sur le site de la revue ou sur le site de l'auteur [www.freepic.fr.st](http://www.freepic.fr.st).

Au lancement du logiciel (**figure 4**), un panneau de contrôle en partie basse de la fenêtre indique :

- sur quel port de communication est raccordé le lecteur,
- si la connexion est établie avec le lecteur.

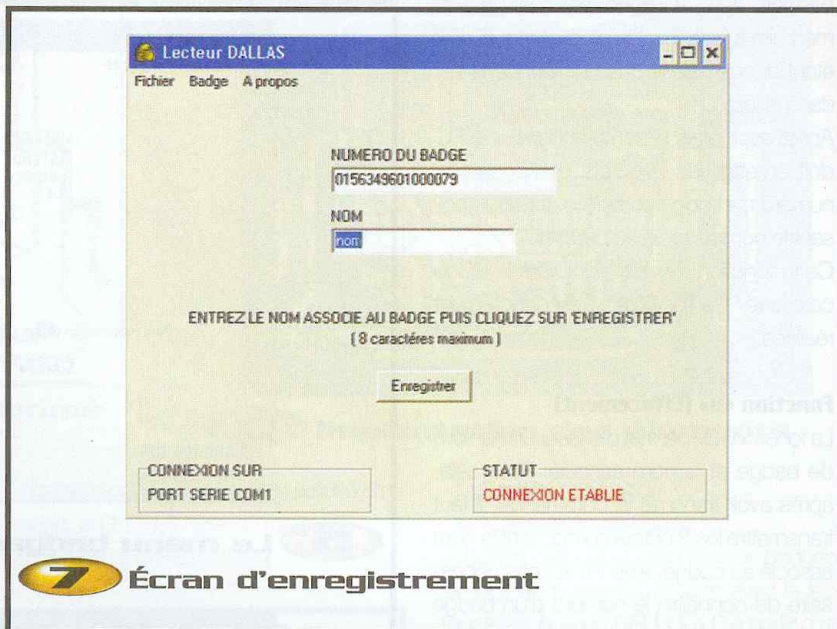
Le menu badge (**figure 5**) permet :

- de lire ou de supprimer des badges,

Il suffit pour cela, de sélectionner un badge puis de cliquer sur Supprimer. Après confirmation, le logiciel utilisera l'instruction 'D' du protocole pour supprimer le badge sélectionné.

Le menu badge permet également d'ajouter de nouveaux badges (**figure 6**).

Après avoir présenté un badge devant le lecteur et cliqué sur OK, vous verrez apparaître l'écran de la **figure 7**.



**7** Écran d'enregistrement

Dans le champ NOM, tapez le nom du badge puis cliquez sur Enregistrer pour le stocker dans le lecteur (Le nom du badge ne doit pas comporter plus de 8 caractères).

Ce logiciel simple et convivial vous permettra de gérer les badges dans le lecteur que nous avons décrit ici.

## Conclusion

Cet article nous a permis de découvrir les applications directes de la programmation en C sur le PIC, on s'aperçoit que les outils que nous avons décrits permettent de réaliser des applications quasi professionnelles malgré la limitation du compilateur à 1 k de code.

L'association de DELPHI dans cette application a permis de gérer une interface conviviale avec le lecteur de clés tout en gardant à celui-ci toute son autonomie, la

partie gestion des accès étant programmée dans le processeur.

Nous serons amenés, dans cette série d'articles sur la programmation en C, à décrire d'autres applications complètes, telle que celle-ci pour vous permettre de mettre à profit l'utilisation de ces outils.

**J.P. MANDON**

## Nomenclature

C<sub>1</sub> : 10 µF  
 C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> : 47 pF  
 C<sub>4</sub> à C<sub>7</sub> : 10 µF  
 C<sub>8</sub> : 100 nF  
 C<sub>9</sub> : 47 µF  
 R<sub>1</sub> : 10 kΩ  
 R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub> : 4,7 kΩ  
 R<sub>3</sub> : 470 Ω  
 D<sub>1</sub> : diode 1N4007

L<sub>1</sub> : LED verte  
 U<sub>1</sub> : 16F876/20 MHz  
 U<sub>2</sub> : MAX232  
 U<sub>3</sub> : 7805  
 T<sub>1</sub> : 2N1711  
 Q<sub>1</sub> : Quartz 12 MHz  
 RE<sub>1</sub> : relais 1RT/5V (NAIS JS1-5V)  
 Tête DALLAS : DS1992  
 Badge DALLAS : DS1990

## Sites internet

**[www.microchip.com](http://www.microchip.com)**

Le site de référence sur la programmation des PIC.

**[www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)**

Le site sur lequel vous retrouverez tous les Datasheets des composants DALLAS.

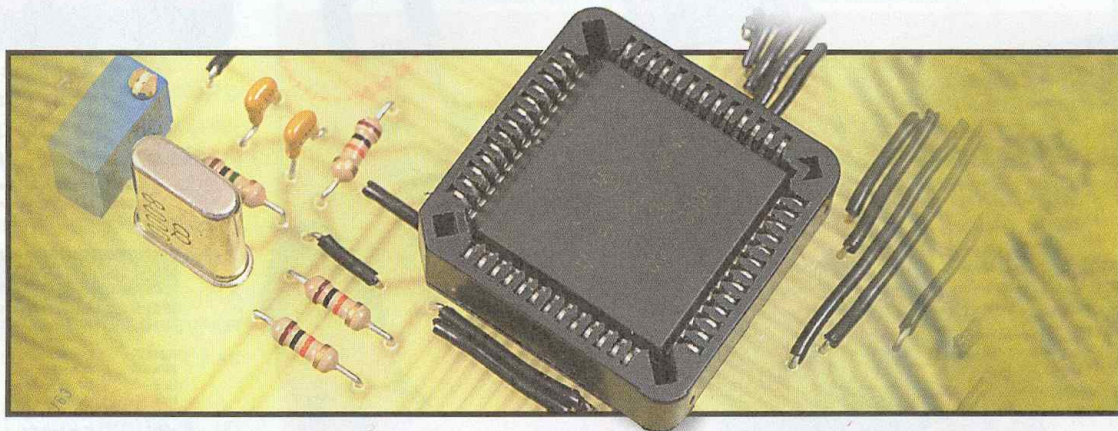
**[www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)**

Pour télécharger les fichiers de cet article.

**[www.freepic.fr.st](http://www.freepic.fr.st)**

Le site de l'auteur sur lequel vous trouverez des applications des PIC.

# Kit de développement pour MC68HC811E2



Voici un montage qui permettra de programmer le microcontrôleur bien connu qu'est le 68HC811E2 de MOTOROLA. Non seulement vous pourrez le programmer, mais vous pourrez aussi tester directement de nombreuses applications utilisant les ports d'entrées/sorties, le Timer ou encore le convertisseur analogique/numérique.

## Caractéristiques du MC68HC811E2

- 2 K d'EEPROM,
- 256 octets de RAM,
- CAN 8 bits (8 entrées),
- Timer 16 bits (3 entrées, 3 sorties, 2 entrées/sorties),
- Accumulateur d'impulsions 8 bits (1 entrée),
- Chien de garde,
- 5 ports 8 bits (6 bits pour le port D),
- Interface série synchrone 8 bits,
- Interface série asynchrone 8 ou 9 bits.

## Caractéristiques de notre kit

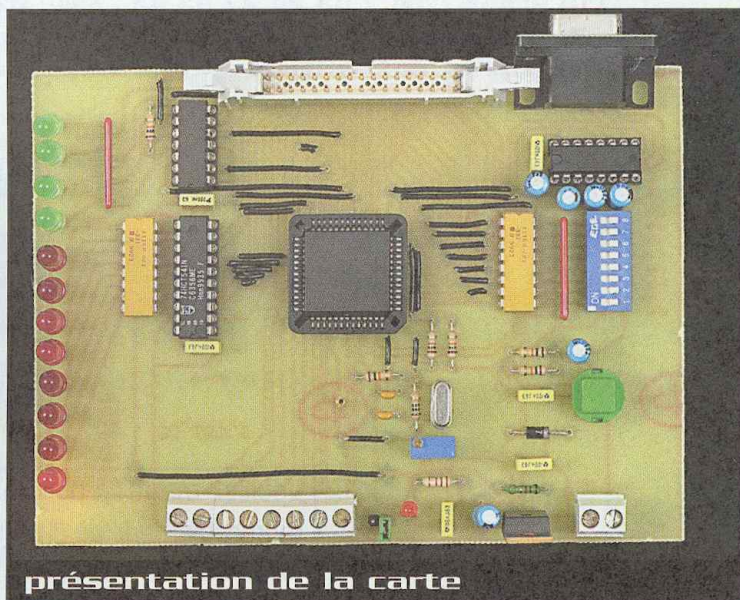
- 8 microswitches  $U_4$  reliés sur le port C (simulation de 8 capteurs via port d'entrée 8 bits),
- 8 LED rouges  $D_7$  à  $D_{14}$  reliées sur le port B (simulation de 8 actionneurs via port de sortie 8 bits),
- 4 LED vertes  $D_3$  à  $D_6$  reliées sur le port A (simulation de 4 actionneurs via timer ou port),
- 8 entrées sur borniers  $J_4$  à  $J_7$ , reliées au port E (CAN ou port 8 bits),
- Connecteur DB9  $J_2$  pour communiquer avec le PC,

- Connecteur 34 broches  $J_1$  relié directement au microcontrôleur pour développer vos propres applications.

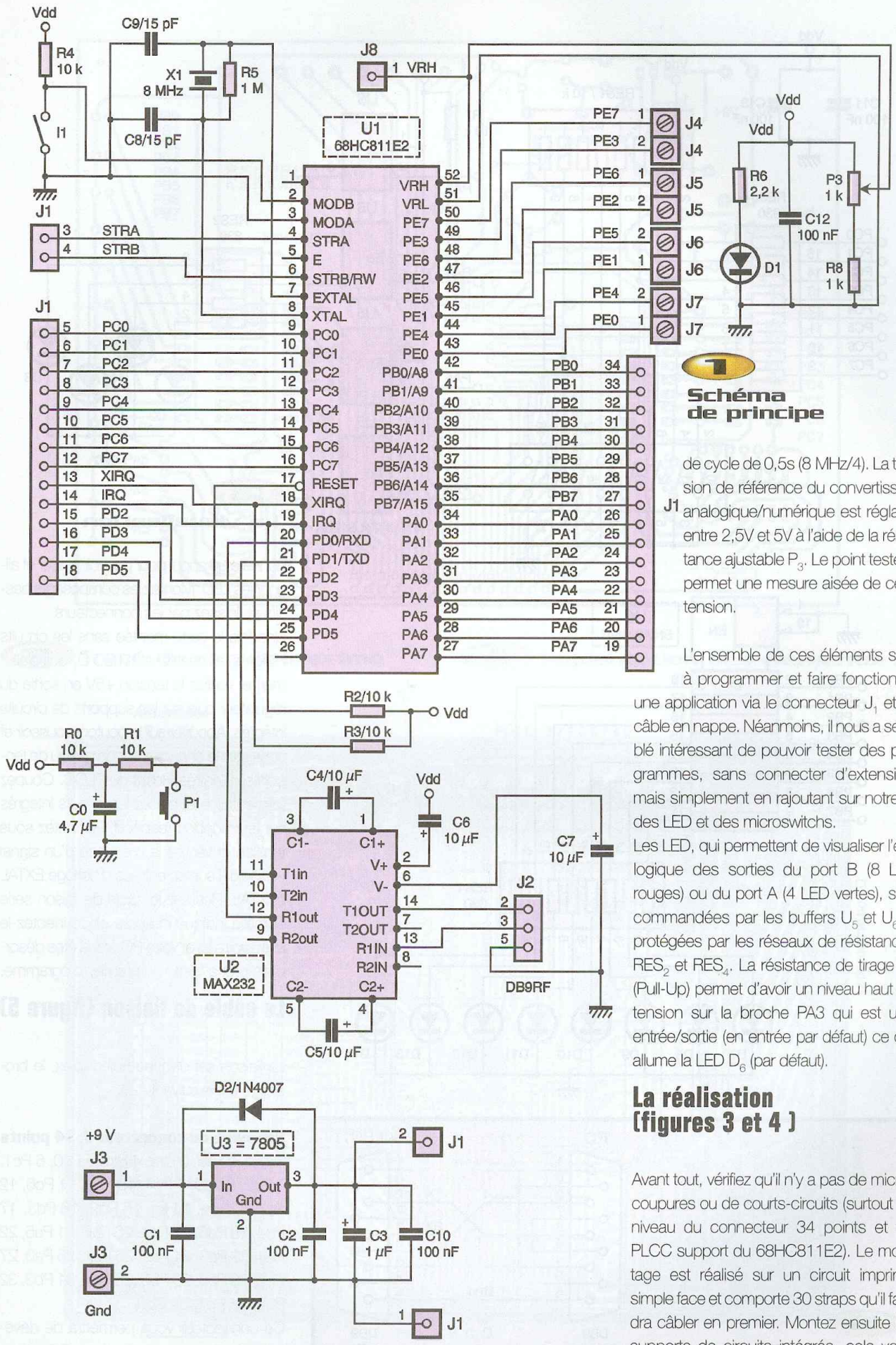
## Description du fonctionnement (figures 1 et 2)

Le bornier  $J_3$  sert à alimenter la carte (un transformateur bon marché ou une pile de 9V suffit). L'alimentation +5V des circuits intégrés est assurée par le régulateur  $U_3$ , un 7805 qui per-

met un fonctionnement de 8V à 12V sur  $J_3$ . La mise sous tension est indiquée grâce à la LED  $D_1$ . Le circuit  $U_2$ , un MAX232, adapte les niveaux de tension entre le microcontrôleur et le PC. Le cavalier  $I_1$  et la résistance  $R_4$  permettent de sélectionner le mode BOOTSTRAP (cavalier en place) ou le mode MONOCHIP (cavalier retiré). La remise à zéro RESET se fait grâce au bouton poussoir  $P_1$  associé aux éléments  $R_0$ ,  $R_1$  et C. Le quartz  $X_1$  de 8 MHz permet d'obtenir des temps



présentation de la carte



### Schéma de principe

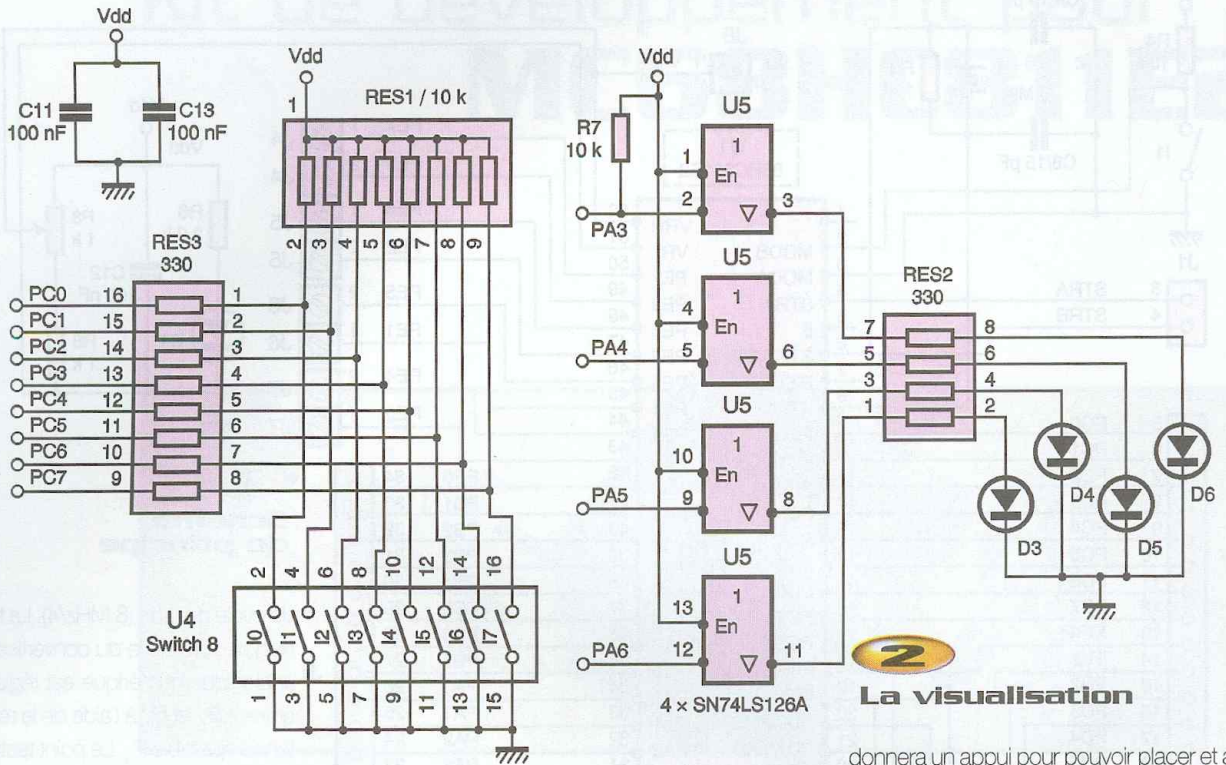
de cycle de 0,5s (8 MHz/4). La tension de référence du convertisseur analogique/numérique est réglable entre 2,5V et 5V à l'aide de la résistance ajustable P<sub>3</sub>. Le point teste J<sub>8</sub> permet une mesure aisée de cette tension.

L'ensemble de ces éléments suffit à programmer et faire fonctionner une application via le connecteur J<sub>1</sub> et un câble en nappe. Néanmoins, il nous a semblé intéressant de pouvoir tester des programmes, sans connecter d'extension, mais simplement en rajoutant sur notre kit des LED et des microswhits.

Les LED, qui permettent de visualiser l'état logique des sorties du port B (8 LED rouges) ou du port A (4 LED vertes), sont commandées par les buffers U<sub>5</sub> et U<sub>6</sub> et protégées par les réseaux de résistances RES<sub>2</sub> et RES<sub>4</sub>. La résistance de tirage R<sub>7</sub> (Pull-Up) permet d'avoir un niveau haut de tension sur la broche PA3 qui est une entrée/sortie (en entrée par défaut) ce qui allume la LED D<sub>6</sub> (par défaut).

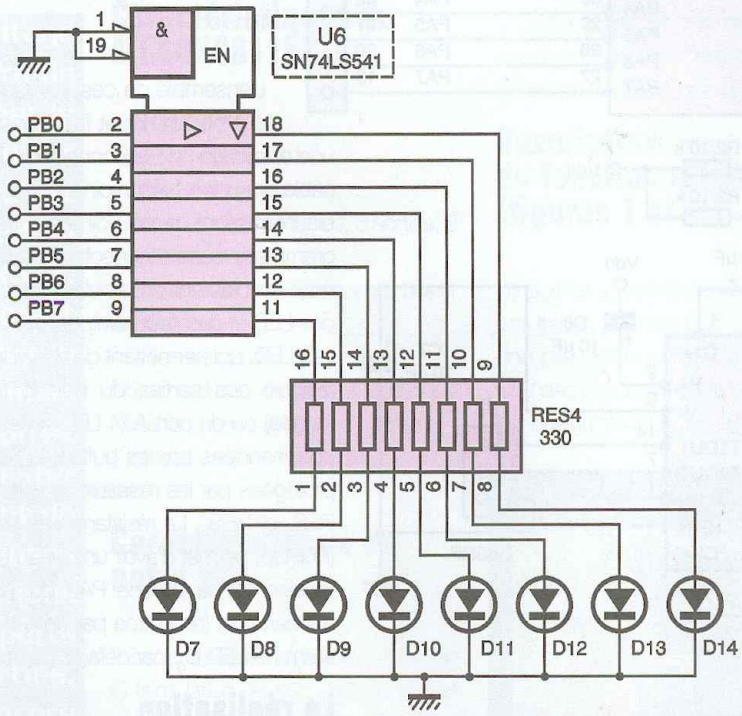
### La réalisation (figures 3 et 4)

Avant tout, vérifiez qu'il n'y a pas de microcoupures ou de courts-circuits (surtout au niveau du connecteur 34 points et du PLCC support du 68HC811E2). Le montage est réalisé sur un circuit imprimé simple face et comporte 30 straps qu'il faudra câbler en premier. Montez ensuite les supports de circuits intégrés, cela vous



**2 La visualisation**

donnera un appui pour pouvoir placer et aligner les LED. Montez les composants passifs et finissez par les connecteurs. Une fois la carte montée sans les circuits intégrés, alimentez-la (la LED D<sub>1</sub> doit s'allumer) et vérifiez la tension +5V en sortie du régulateur puis sur les supports de circuits intégrés. Appuyer sur le bouton-poussoir et constatez le changement de niveau de tension sur l'entrée Reset du PLCC. Coupez l'alimentation et placez les circuits intégrés sur leur support respectif. Remettez sous tension et vérifiez la présence d'un signal sinusoïdal sur les entrées d'horloge EXTAL et XTAL. Réalisez le câble de liaison série comme indiqué ci-après et connectez-le entre votre kit et votre PC. Vous êtes désormais prêt à tester un premier programme.



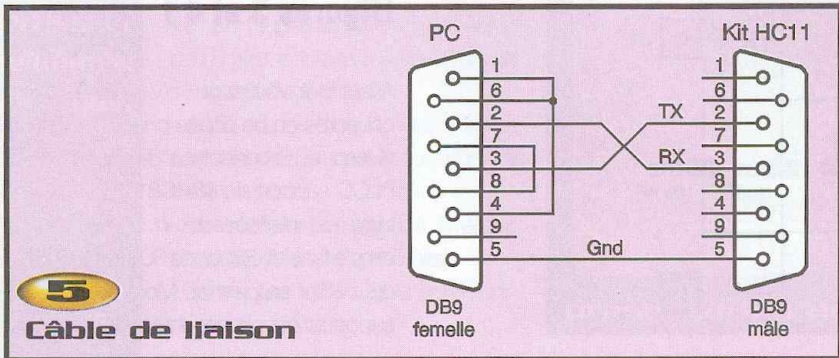
**Le câble de liaison (figure 5)**

La liaison est de type Full duplex, le brochage est le suivant :

**Brochage du connecteur J, 34 points**

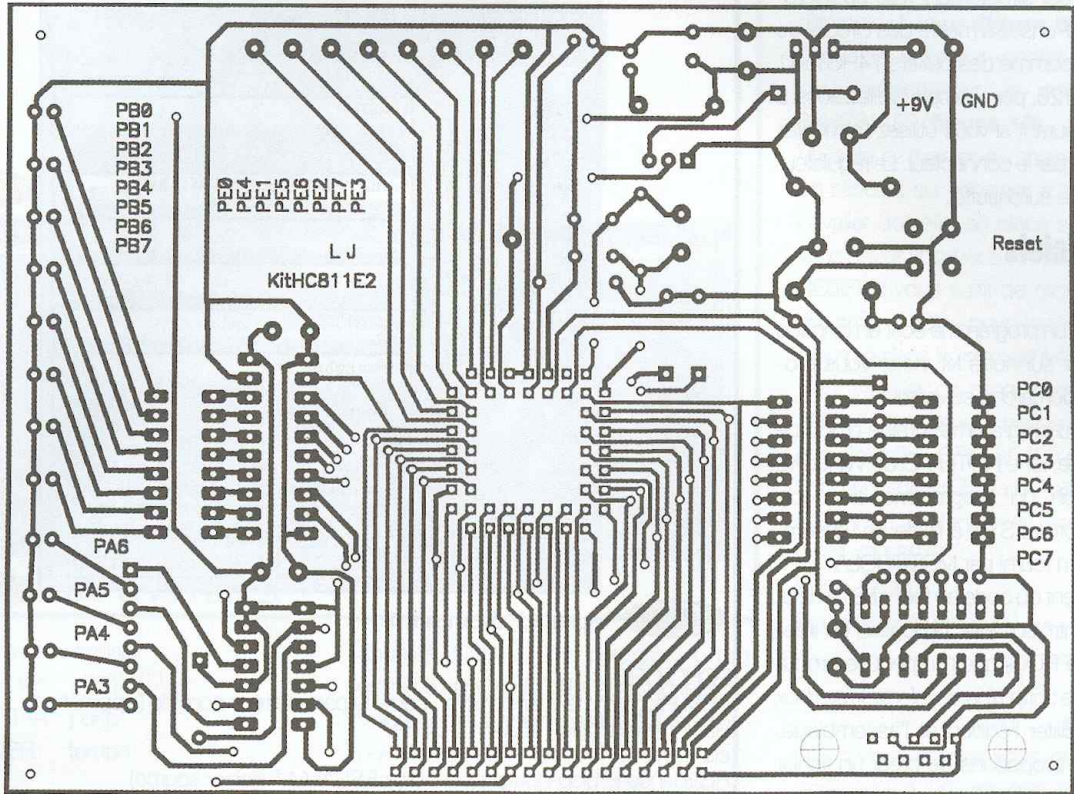
- 1 gnd, 2 vdd, 3 stra, 4 Strb, 5 Pc0, 6 Pc1,
- 7 Pc2, 8 Pc3, 9 Pc4, 10 Pc5, 11 Pc6, 12 Pc7,
- 13 Ixq, 14 Irq, 15 Pd2, 16 Pd3, 17 Pd4,
- 18 Pd5, 19 Pa7, 20 Pa6, 21 Pa5, 22 Pa4,
- 23 Pa3, 24 Pa2, 25 Pa1, 26 Pa0, 27 Pb7,
- 28 Pb6, 29 Pb5, 30 Pb4, 31 Pb3, 32 Pb2,
- 33 Pb1, 34 Pb0.

Ce connecteur vous permettra de développer vos propres applications. Soyez pru-



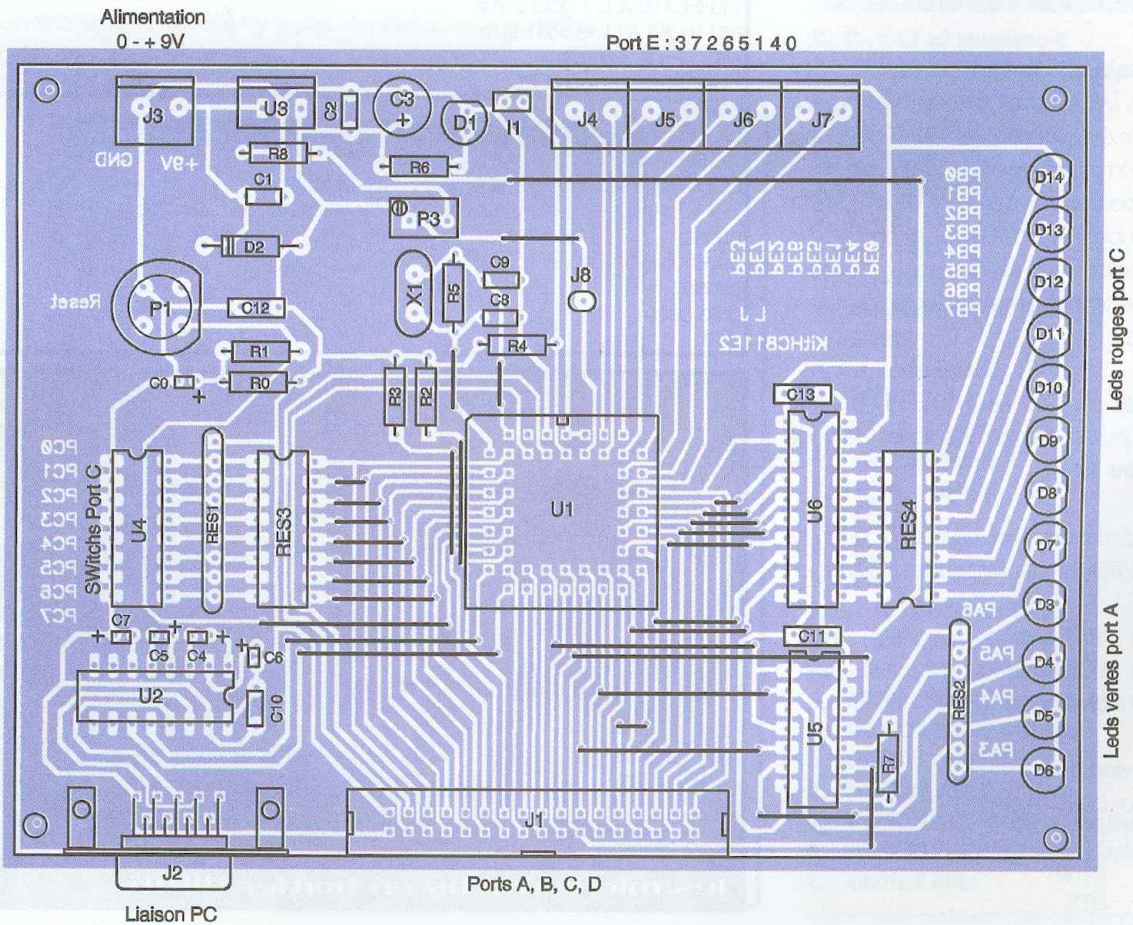
**5 Câble de liaison**





**3** Tracé du circuit imprimé

**4** Implantation des éléments



dent car il est directement relié au micro-contrôleur. Pensez à mettre des circuits de protection comme des buffers 74HCT541 ou 74HCT126, par exemple. Veillez aussi à limiter le courant si vous utilisez l'alimentation fournie par le connecteur. Le régulateur risquerait de surchauffer.

## Les logiciels

Pour tester un programme écrit en langage assembleur sur notre kit, nous vous proposons la démarche suivante :

- Écriture du programme à l'aide d'un éditeur de texte, ici le NOTEPAD de Windows
  - Traduction du programme en code machine (format S19) à l'aide de l'assembleur AS11n fourni par MOTOROLA
  - Chargement du code au format S19 dans le microcontrôleur avec un logiciel en free-ware (PROPROG) que l'on peut se procurer sur le site : <http://perso.infonie.fr/synthox>
- Afin de faciliter l'édition et l'assemblage, nous vous proposons de créer un fichier Batch contenant les lignes ci contre :

### (figure 6)

Sauvegardez ce fichier avec l'extension Bat, par exemple EDAS11.BAT, puis changez les propriétés comme suit :

Cliquez sur OK une fois la saisie effectuée. P.S. : Vous devez installer les logiciels AS11n.exe, Proprog.exe et EDAS11.bat dans un même répertoire de travail.

Vous pouvez, dès à présent, ouvrir EDAS11 en double cliquant dessus. Le nom de votre application vous est demandé ; entrez-le sans extension (c'est le programme qui la mettra) :

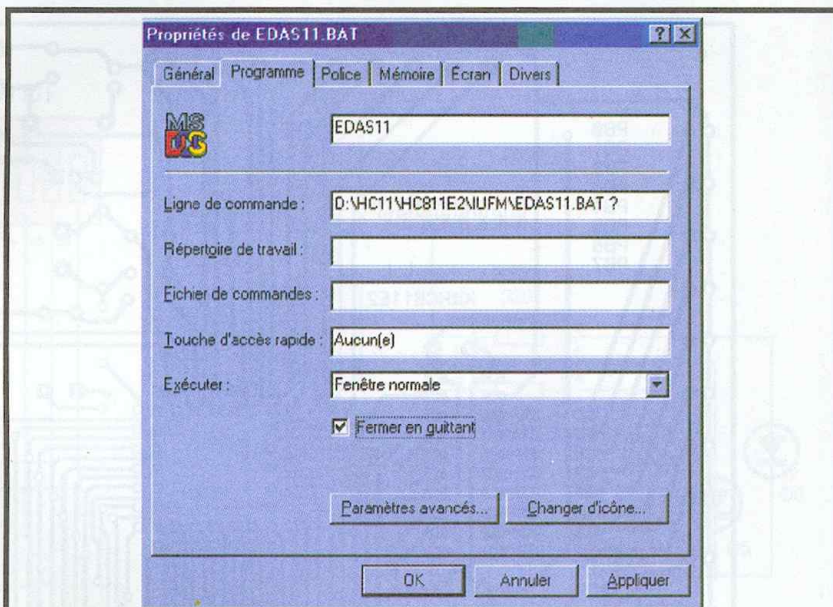
Cliquez sur OK. Le NOTEPAD s'ouvre, vous invitant à entrer vos lignes de code (figure 7).

Tapez, par exemple, ce petit programme qui réalise un chenillard sur les LED du port B :

```
ORG $00
portb EQU $1004
      JMP debut
```

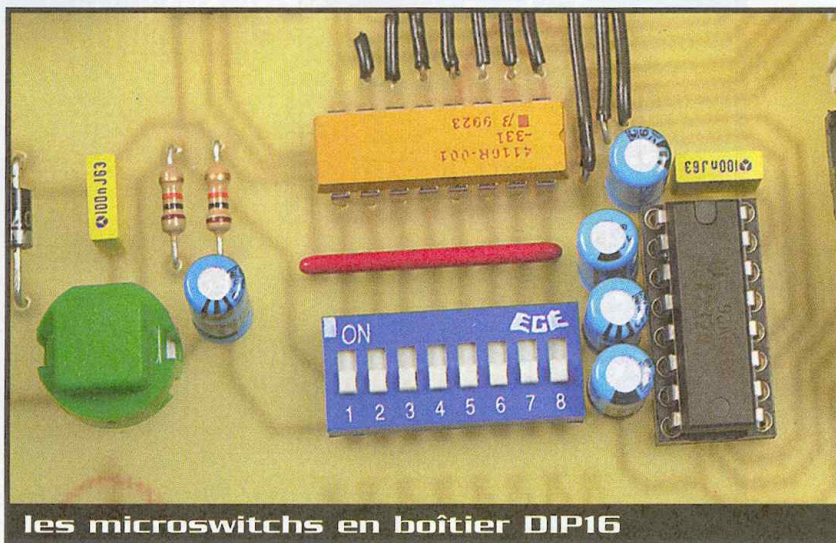
\* Temporisation \*

```
tempo LDX #$F000
temp1 DEX
BNE temp1
RTS
```

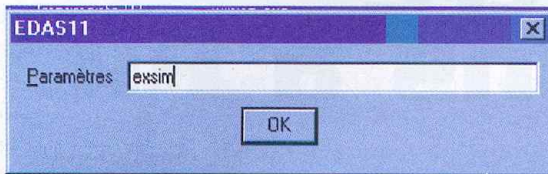


## 6 Vue d'écran 1

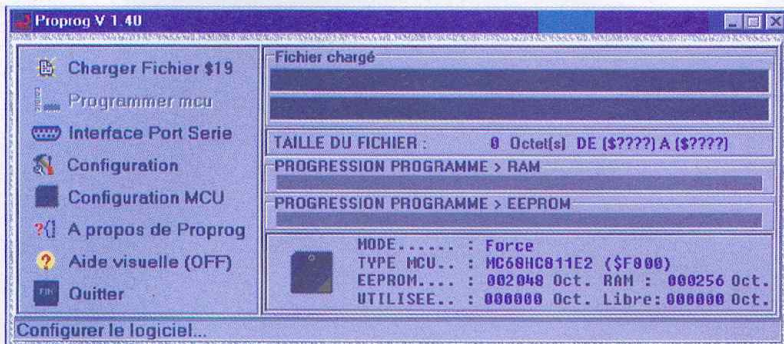
```
ECHO OFF
REM Programme a lancer avec comme parametre le nom de l'application
REM par exemple "EDAS11 ESSAI"
cls
REM lance le bloc-notes pour editer ESSAI.A11 (fichier source)
:debut
c:\windows\notepad %1.a11
ECHO lance l'assemblage de %1.A11 en %1.S19 (CTR+C pour sortir)
pause
as11n %1.a11
if ERRORLEVEL 1 goto sortie
as11n %1.a11 -s >%1.sym
cls
ECHO Assemblage OK
pause
GOTO FIN
:sortie
ECHO Votre programme contient des erreurs !!!
ECHO Appuyez sur une touche pour les visualiser ou CTR+C pour sortir
pause
c:\windows\notepad %1.LST
pause
goto debut
:FIN
```



les microswitchs en boîtier DIP16



## 7 Vue d'écran 2



## 8 Vue d'écran 3

\* Programme chenillard \*

debut LDAA #\$01  
decal STAA portb  
JSR tempo

ROLA

BRA decal

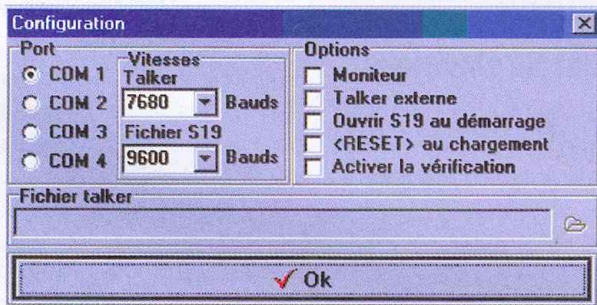
Une fois le code saisi, enregistrez-le sans modifier le nom et quittez. Le programme vous demande de taper sur une touche puis assemble votre fichier. S'il n'y a pas d'erreur, le message «Assemblage OK»

apparaît. Dans le cas contraire, le programme ouvre le NOTEPAD avec le fichier listing contenant les erreurs. Repérez-les, puis quittez cette fenêtre. Le programme relance à nouveau le NOTEPAD mais avec vos lignes de code à corriger.

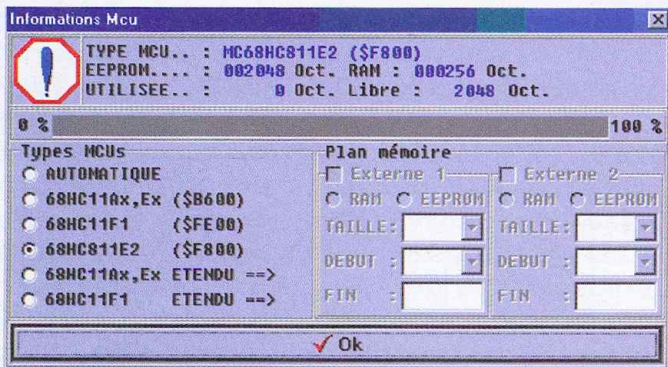
Lorsque tout est conforme, le fichier au format S19 est créé.

Nous allons donc le télécharger dans la RAM du microcontrôleur.

Ouvrez PROPROG (figure 8):



## 9 Vue d'écran 4



## 10 Vue d'écran 5

Cliquez sur configuration puis complétez les différents champs (figure 9):

Cliquez ensuite sur «configuration MCU» pour sélectionner le microcontrôleur 68HC811E2 (figure 10):

Vous devez maintenant charger votre fichier en cliquant sur «charger fichier S19». Le cavalier doit être en place sur la carte et vous devez appuyer sur le bouton-poussoir RESET. Il vous suffit de cliquer sur «programmer MCU» pour transférer le programme dans le microcontrôleur.

Pour installer ce programme dans l'EEPROM, vous devez changer son adresse d'implantation ORG \$F800 à la place de \$00 et ne pas oublier d'initialiser le vecteur RESET en ajoutant en fin de programme :

ORG \$FFFF

FDB \$F800

Bonne programmation !

L. JOSSE

P.S. : Vous pouvez vous procurer un kit équivalent à un prix très abordable en contactant la société ELECNET (fax : 01.30.24.12.73)

## Nomenclature

- C<sub>0</sub>, C<sub>14</sub> : 4,7 µF chimique V
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>10</sub> à C<sub>13</sub> : 100 nF céramique
- C<sub>3</sub> : 1 µF chimique V
- C<sub>4</sub> à C<sub>7</sub> : 10 µF tantale G
- C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> : 15 pF
- D<sub>3</sub> à D<sub>6</sub> : LED vertes
- D<sub>1</sub>, D<sub>7</sub> à D<sub>14</sub> : LED rouges
- D<sub>2</sub>, D<sub>15</sub> : 1N4007
- I<sub>1</sub> : cavalier
- J<sub>1</sub> : connecteur 34M droit
- J<sub>2</sub> : DB9RF
- J<sub>3</sub> à J<sub>7</sub> : borniers 2
- J<sub>8</sub> : TEST
- P<sub>1</sub> : BP
- P<sub>3</sub> : 1 kΩ ajustable V
- R<sub>0</sub> à R<sub>4</sub>, R<sub>7</sub> : 10 kΩ
- R<sub>5</sub> : 1 MΩ
- R<sub>6</sub> : 2,2 kΩ
- R<sub>8</sub> : 1 kΩ
- RES<sub>1</sub> : 10 kΩ réseau SIP9
- RES<sub>2</sub> : 330 Ω réseau SIP8
- RES<sub>3</sub>, RES<sub>4</sub> : 330 Ω réseau DIP16
- U<sub>1</sub> : 68HC811E2 PLCC52 + support
- U<sub>2</sub> : MAX232 DIP16 + support
- U<sub>3</sub> : LM7805 T0220RH
- U<sub>4</sub> : SWITCH8 DIP16
- U<sub>5</sub> : SN74LS126A 14PDIP + support
- U<sub>6</sub> : SN74LS541 20PDIP + support
- X<sub>1</sub> : quartz 8 MHz

# Télémètre ultrasons à PIC



Savoir mesurer une distance ou détecter des obstacles peuvent devenir bientôt des capacités indispensables pour vos futurs robots intelligents. Ce montage, articulé autour d'un microcontrôleur PIC 16F84 ou 16F628, décrit le fonctionnement complet d'un télémètre à ultrasons depuis la création des impulsions sonores jusqu'au calcul de la distance détectée en centimètres.

Dans notre application, à la mise en œuvre immédiate, la distance calculée et mémorisée dans le PIC est affichée sur un classique écran LCD. Le programme du microcontrôleur est écrit en BASIC F84 et BASIC F84+, langage proche de l'assembleur mais simple à comprendre et à utiliser. Le programme assemblé occupe environ 400 octets, nombre relativement peu important pour de telles fonctions (et moins si vous n'avez pas besoin d'afficher la distance sur l'écran LCD) : si vous utilisez un PIC16F84, il vous reste donc au minimum 600 octets pour programmer d'autres fonctions et si vous utilisez un PIC16F628, 1600 octets : largement de quoi imaginer une foule de projets dont ce télémètre ne serait qu'une partie.

## Principe d'un télémètre à ultrasons

Un «petit haut-parleur», l'émetteur ultrasons envoie pendant une durée très brève, trois périodes seulement, une onde sonore de fréquence 40 kHz : la durée totale de ces 3 impulsions est donc de 75 ms. Lorsque cette onde rencontre un

obstacle, elle est réfléchiée puis perçue par «un petit micro», le récepteur ultrasons. Sachant que le son se déplace dans l'air à la vitesse  $V$  de 340 m/s, il suffit de mesurer le temps  $T$  écoulé entre l'émission et la réception pour obtenir la distance  $D$  de l'obstacle :

$$D = V \times T / 2.$$

## Schéma électrique

Le schéma électrique de cette réalisation est présenté **figure 1** et peut être décomposé en 4 modules :

Le module émission : à la sortie de la broche B0, les 3 impulsions de 40 kHz sont envoyées sur la base du transistor T au travers de la résistance  $R_1$ . Si B0 est à l'état haut, le transistor est passant, les entrées 12 et 13 du CD4011 sont donc à l'état bas. La sortie 11 est alors à 9V alors que la sortie 10, inversée par rapport à la 11, est à 0V. Dans le cas contraire, quand B0 est à l'état bas, la sortie 11 est à 0V alors que la sortie 10 est à 9V. Les mouvements vibratoires de la capsule émettrice sont donc commandés par des impulsions de 18V d'amplitude crête à crête.

Le module de réception : après réflexion sur un obstacle, les impulsions reçues par la capsule réceptrice sont amplifiées à l'aide des 2 étages à amplificateur opérationnel. Le gain de chaque étage à cette fréquence de 40 kHz est d'environ 25. Le signal reçu est donc amplifié quelques 600 fois avant d'attaquer le détecteur de fréquence NE567.

Les valeurs du condensateur  $C_{10}$ , de la résistance  $R_{12}$  et de l'ajustable  $P_2$  déterminent la fréquence  $F$  de 40 kHz à détecter :  $F = 1 / 1.1 \times C_{10} \times (R_{12} + P_2)$ . Si cette fréquence est détectée dans le signal présenté sur l'entrée 3, la sortie 8 normalement à l'état haut, passe à l'état bas.

Le module d'affichage constitué principalement d'un afficheur LCD 1 ligne (ou 2) 16 caractères. Pour économiser quelques ports d'entrées-sorties du PIC, cet afficheur est utilisé en mode 4 bits, chaque donnée de 8 bits est alors envoyée en 2 fois sur les broches 11 à 14. L'ajustable  $P_1$  règle la luminosité de l'éclairage.

Le microcontrôleur PIC, avec son circuit d'horloge constitué du quartz à 4 MHz et des 2 condensateurs asso-

ciés  $C_1$  et  $C_2$ , qui tiennent les rôles principaux :

- génération des 3 impulsions à 40 kHz pour l'émission US sur la broche B0,
- détection de la réception des impulsions par un état bas sur A1,
- comptabilisation du nombre de cycles CYCLE sur 16 bits (CYCLE\_H et CYCLE\_L)

écoulés entre émission et réception à l'aide du registre TMR0.

- conversion sur 16 bits du temps (en micro-seconde) en distance (en cm). Le son se déplaçant à la vitesse de 340 m/s et la durée d'un cycle étant de  $1\mu$  avec un quartz de 4 MHz, l'application numérique

de la formule  $\text{distance} = \text{vitesse} \times t/2$  est  $\text{DIST} = 0,017 \times \text{CYCLE}$ .  
 Pour simplifier le calcul et éviter de traiter des nombres en virgule flottante, on remarquera que 0,017 est proche de  $1/64 + 1/1024 + 1/2048$  (0,01709).  
 - commande de l'afficheur LCD : pour affi-

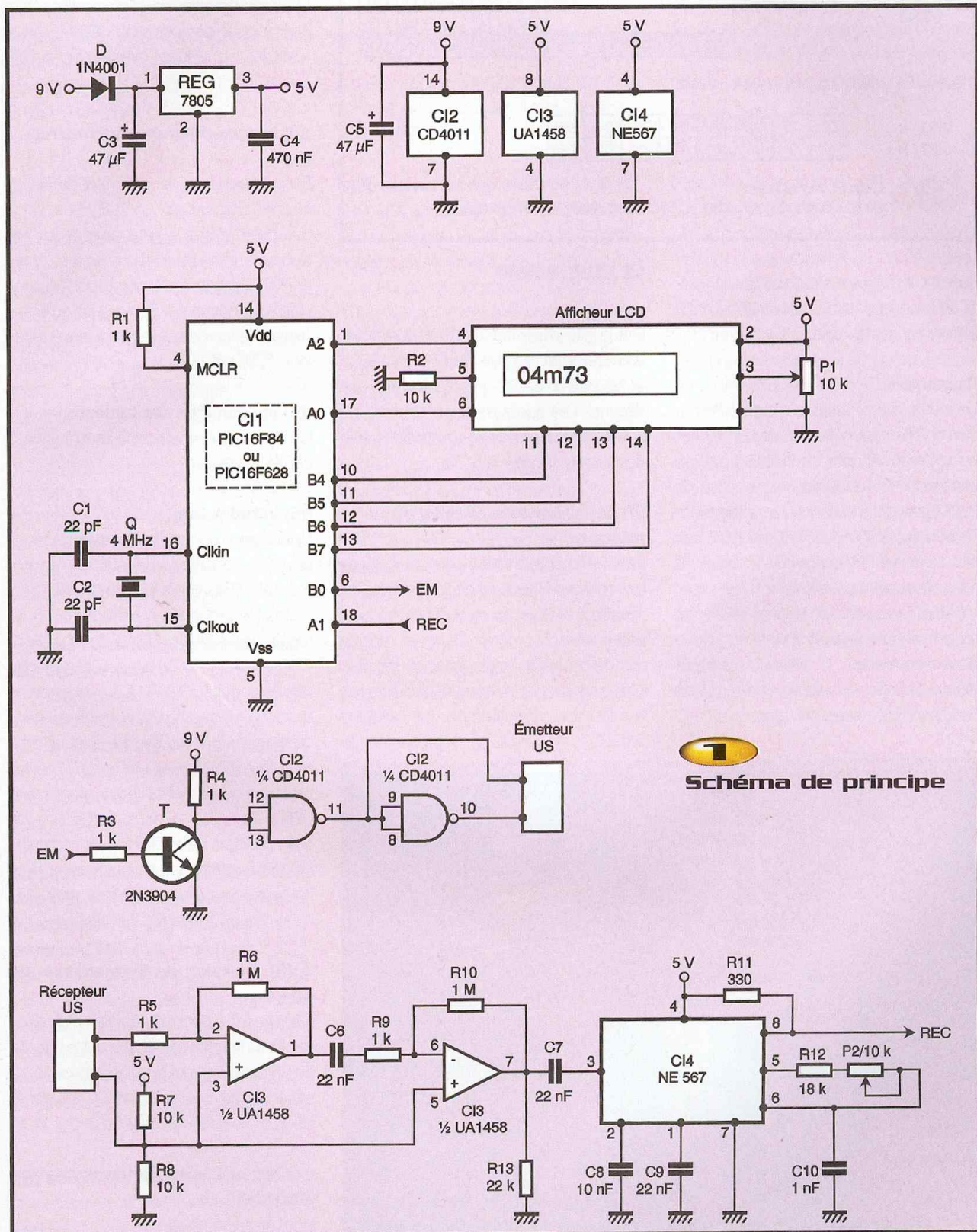


Schéma de principe



ne pas détecter immédiatement l'onde sonore émise : ce n'est pas la distance entre l'émetteur et le récepteur US qui nous intéresse mais la distance d'un obstacle éloigné après rebond ! Par sécurité et afin d'éviter les sorties à 0 parasites sur la broche 8 du NE567, on attend que l'onde sonore se soit éloignée d'une trentaine de cm, soit ici environ 2000 cycles. C'est l'objet du sous-programme (17) dont les boucles imbriquées durent 2000 cycles ce que l'on peut calculer précisément avec la formule  $(3 \times VB2 + 4) \times VB1$ . CYCLE\_H est donc initialisé à  $2048/256=8$ .

#### ;(8) Réception, attente d'un 0 sur A1.

Tant qu'un 0 n'est pas présent sur A1, la boucle ATT\_0, GOTO ATT\_0 est exécutée, le nombre de cycles s'incrémentant automatiquement dans TMRO. Toujours automatiquement, parce que cela a été programmé, quand TMRO déborde, le PIC exécute le programme d'interruption et CYCLE\_H augmente d'une unité. Si le télémètre est trop éloigné d'un obstacle et que le récepteur US ne reçoit rien, A1 ne passera jamais à l'état bas. Le test CYCLE\_H>'H'FE' permet de quitter la boucle et de relancer une émission.

#### ;(9) vers les sous-programmes pour afficher la distance.

Une fois connu le temps écoulé entre l'émission et la réception des impulsions, il faut convertir ce temps en distance, extraire chaque chiffre composant la distance en notation décimale et les envoyer à l'afficheur.

#### ;(10) initialisation du LCD en mode 4 bits, (13) sous-programme d'envoi d'instruction et (14) sous-programme d'envoi de caractères.

Ces trois sous-programmes sont classiques et certainement bien connus des lecteurs. Les débutants trouveront toutes les explications nécessaires dans le livre de l'auteur «S'initier à la programmation des PIC, première et seconde édition» chez DUNOD.

#### ;(11) détermination de la distance.

La conversion du nombre de cycle en distance est expliquée **figure 2**.

Il suffit juste de savoir qu'en binaire, une multiplication par 2 correspond à un décalage du nombre d'un bit vers la gauche ( $00011 \times 2 = 00110$ ) et qu'une division par 2 est donc un décalage d'un bit vers la droite. Vous remarquerez que les 5 bits de poids faible de CYCLE\_L ne sont pas pris en compte : c'est normal, la distance est arrondie au cm, 31 cycles correspondant à 1/2 cm (Pour ceux qui veulent améliorer et réécrire le programme, il paraît judicieux régler le pré-diviseur sur 32, le calcul sera plus simple).

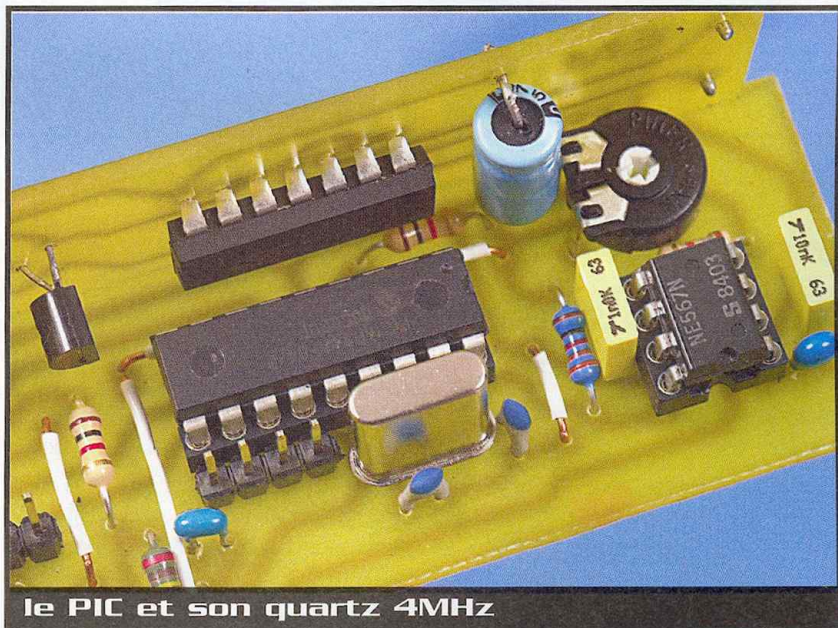
#### ;(12) extraction des chiffres M, C, D, U et (13) affichage de la distance.

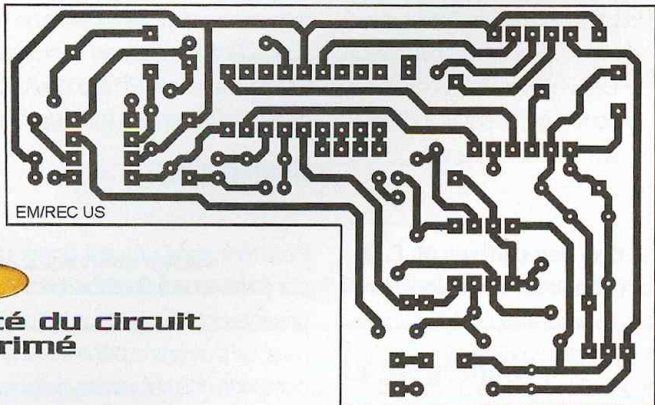
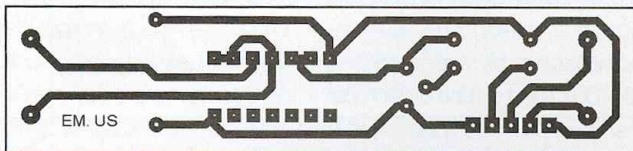
Si, par exemple, la distance MCDU obtenue à l'aide du calcul précédent est 452 cm, l'afficheur indiquera alors 04 m 52 (MC m DU). La distance étant codée sur 16 bits (DIST\_H et DIST\_L), on détermine le chiffre des milliers M pour DIST\_H, puis les chiffres des centaines C, des dizaines D et des unités de DIST\_H et DIST\_L, avant de les additionner. Les chiffres définitifs ayant été obtenus, le code ASCII de chacun est envoyé à l'afficheur (ASCII=chiffre +48). Entre C et D, on envoie 109 qui correspond au code ASCII de «m». Retour en arrière sur les tableaux DHMILLE, DHCENT, DHDIZ et DHUNI : DIST\_H est compris entre 0 et 4, DIST-DIST\_L peut donc prendre pour valeur 0, 256, 512, 768, 1024. Suivant la valeur de DIST\_H, ces tableaux permettent donc d'en extraire rapidement les chiffres M, C, D, U.

Chargement du programme dans le PIC  
Le programme à charger dans le microcontrôleur est disponible sur le site Internet de la revue. Le programme BASIC est écrit pour les PIC16F84 et 16F628 pour le BASIC F84 et le BASIC F84+. Les fichiers assembleurs et hexadécimaux sont aussi disponibles pour les lecteurs ne possédant pas le BASIC. Lors de la programmation, les utilisateurs de PP.exe devront mettre le préfixe -x dans leur ligne de commande.

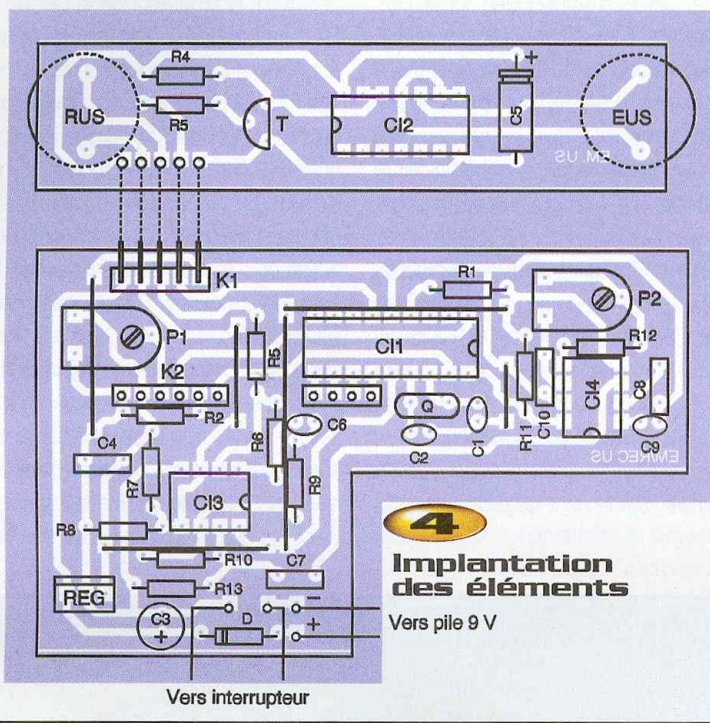
## Réalisation

Pour tenir dans un petit boîtier de dimensions intérieures 90x60x25 mm, les composants ont été repartis sur 2 circuits imprimés. Le plus grand placé au fond du boîtier comporte une «ouverture» importante pour permettre le logement de la pile de 9V, le plus petit placé contre la face avant, ne supporte que quelques composants dont les 2 transducteurs US. Ces 2 circuits imprimés sont maintenus perpendiculaires entre eux par leur liaison à l'aide d'une barrette de 5 broches mâles coudées  $K_1$ . Le circuit imprimé principal est encore muni de 10 broches mâles droites  $K_2$  sur lesquelles se connectent les 10 broches femelles  $K_3$  soudées à l'afficheur LCD. Ces 2 circuits imprimés sont présentés **figure 3** et les composants seront implantés en respectant le dessin de la **figure 4**. Le strap passant sous l'ajustable  $P_1$  sera soudé en premier puis, de préférence, les 3 supports de CI et les autres composants. Remarquez





### 3 Tracé du circuit imprimé



### 4 Implantation des éléments

que pour limiter l'épaisseur de la face avant, le 4011 est soudé directement, sans support. On veillera, comme d'habitude, à respecter la bonne orientation des supports et des composants polarisés. La barrette 5 broches coudées reliant les 2 parties du montage sera soudée en dernier. Enfin, le montage sera achevé par la soudure des 10 barrettes mâles sur l'afficheur LCD (broches 1 à 6 et 11 à 14) et la soudure des 10 barrettes femelles  $K_3$  sur ces 10 barrettes mâles: cet ensemble constitue le module d'affichage qui sera ultérieurement emboîté sur le connecteur  $K_2$ .

### Réglage et utilisation

Le montage est immédiatement utilisable après le réglage des 2 ajustables. Mettez l'interrupteur sur Marche et placez-vous face à un obstacle. Réglez la luminosité de l'afficheur en tournant l'ajustable  $P_1$ , jusqu'à voir le curseur ou une distance visible sur l'afficheur. Réglez alors l'ajustable  $P_2$  pour la réception des impulsions de 40 kHz : vous êtes bien réglé quand la distance de l'obstacle s'affiche. Vous serez peut-être surpris de constater que la distance indiquée sur l'afficheur correspond à la distance entre

l'obstacle et la face arrière du boîtier : la sortie du NE567 ne passe pas à l'état bas immédiatement après la réception des impulsions de 40 kHz et le temps de réaction correspond approximativement au temps que met le son à parcourir la largeur du boîtier (Si vous préférez afficher la distance mesurée à partir des capsules US, modifiez alors le programme pour soustraire 6 ou 7 cm).

Si cet article manque par endroit de clarté, n'hésitez pas à contacter l'auteur pour quelques renseignements complémentaires : [alain.reboux@wanadoo.fr](mailto:alain.reboux@wanadoo.fr)

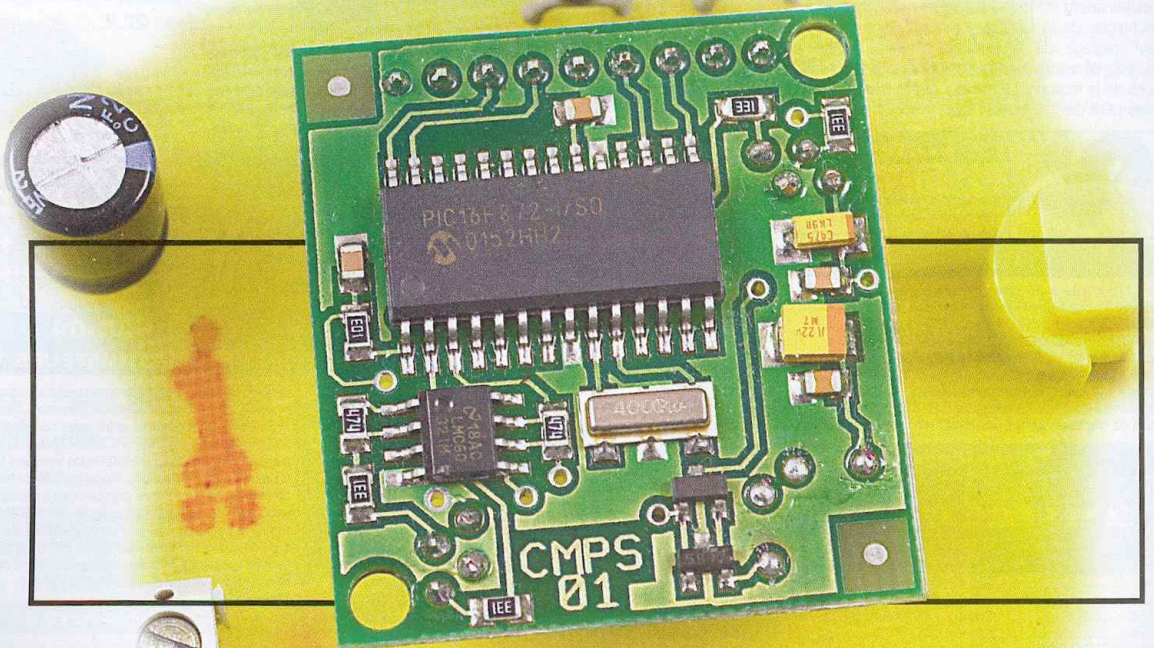
A. REBOUX

## Nomenclature

- CI<sub>1</sub> : PIC16F84**
- CI<sub>2</sub> : CD4011**
- CI<sub>3</sub> : UA1458**
- CI<sub>4</sub> : NE567**
- REG : 7805**
- T : 2N3904**
- Q : quartz 4 MHz**
- R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> à R<sub>5</sub>, R<sub>9</sub> : 1 kΩ**
- R<sub>2</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub> : 10 kΩ**
- R<sub>6</sub>, R<sub>10</sub> : 1 MΩ**
- R<sub>11</sub> : 330 Ω**
- R<sub>12</sub> : 18 kΩ**
- R<sub>13</sub> : 22 kΩ**
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> : ajustables 10 kΩ**
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> : 22 pF**
- C<sub>3</sub> : 47 μF radial**
- C<sub>4</sub> : 470 nF**
- C<sub>5</sub> : 47 μF axial**
- C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>9</sub> : 22 nF**
- C<sub>8</sub> : 10 nF**
- C<sub>10</sub> : 1 nF**
- D : diode 1N4001**
- K<sub>1</sub> : 5 broches barrette mâle coudée**
- K<sub>2</sub> : 10 broches barrette mâle**
- K<sub>3</sub> : 10 broches barrette mâle et 10 broches barrette femelle**
- 1 afficheur LCD 16 caractères**
- 1 support 18 broches**
- 2 supports 8 broches**
- 2 capsules Em et Rec US 40 kHz**
- 1 interrupteur**
- 1 connecteur 9V**



# Une boussole électronique



La boussole est un instrument très connu et encore utilisé à l'époque du système GPS. Sa version électronique est assez récente et utilise des capteurs magnétiques basés sur l'effet HALL. Nous poursuivons donc nos applications PICBASIC en mettant en œuvre un petit module conçu à cet effet, avec un affichage moderne sur un pavé à cristaux liquides. Celui-ci ne se contentera pas de donner la direction, mais précisera les degrés et même une petite simulation très modeste de la célèbre rose des vents, d'une manière relativement didactique.

## Historique

La boussole est un dispositif rudimentaire, à l'origine, servant à déterminer les directions et plus particulièrement le NORD grâce à une petite aiguille aimantée pointant toujours dans cette direction, à la condition qu'aucune masse métallique trop proche ne vienne influencer sa mesure. Les navigateurs chinois l'utilisaient déjà, puis les marchands arabes et les fameux vikings. Cet outil était considéré comme un véritable trésor car lui seul permettait une navigation fiable durant les jours où le soleil restait caché et, bien entendu, la nuit sans étoiles.

La boussole reste indispensable au randonneur pour s'orienter en forêt ; avec l'aide d'une carte il est toujours possible d'atteindre un point précis sur terre, sur l'eau ou dans les airs.

La terre ressemble à un gigantesque aimant dont les champs magnétiques se concentrent aux pôles NORD et SUD. Les lignes de force entraîneront toujours l'aiguille en direction du NORD dont nous ne distinguerons pas le NORD vrai du nord cartographique, car une dérive de quelques

degrés est toujours mesurée par les scientifiques férus de précision. Le cadran de la boussole est gradué de 0 à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre. Habituellement, la direction du NORD se situe à 0° ou 360°, soit l'origine. Les quatre points cardinaux (NORD, EST, SUD et OUEST) se situent en quadrature, c'est à dire à 90° les uns des autres. De nombreuses autres subdivisions existent selon la précision souhaitée : NE, SE, SO et NO pour 45°. Nous irons plus loin encore dans notre réalisation (22,5°) et, sur l'afficheur utilisé, on pourra même mesurer une déviation de UN degré !

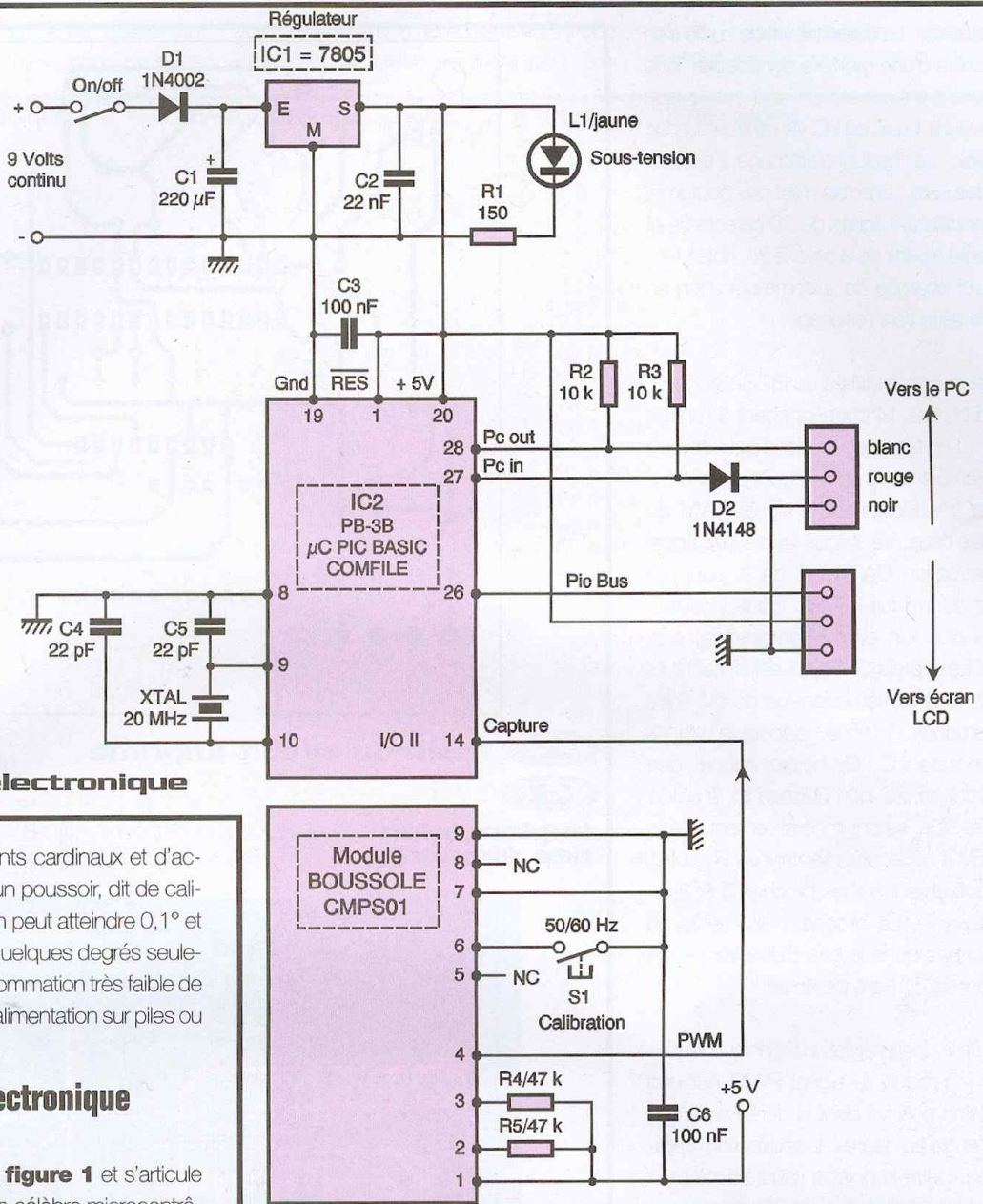
Dernière remarque : pour respecter les normes mondiales, il faudra remplacer

**OUEST** par **WEST** ou **W**  
**EST** par **EAST** ou **E**  
**NORD** par **NORTH** ou **N**  
**SUD** par **SOUTH** ou **S**

## Le module électronique

Il porte la référence CMPS01 et doit être disponible notamment chez GOTRONIC et LEXTRONIC. Il s'agit d'une plaquette imprimée aux

dimensions de 32x35 mm seulement, et comportant, sous les composants, deux capteurs de champ PHILIPS portant la référence KMZ10A ; ces capteurs sont disposés très précisément à angle droit permettant au module (avec l'aide d'un circuit PIC 16F872 implanté) de mesurer la déviation par rapport au nord magnétique. Il est possible d'embarquer cette plaquette à bord d'un dispositif robotique autonome et de disposer d'une véritable aide à la navigation. L'alimentation de la boussole se fera sous une tension de 5V parfaitement régulée. Il sera possible de récupérer le signal utile de deux manières différentes :  
- soit simplement sous la forme d'une onde PWM, dont la durée de l'impulsion de sortie sera directement proportionnelle au nombre de degrés (de 0° à 359,9° donc)  
- soit on pourra exploiter le protocole de communication I2C, d'ailleurs identique à celui de la mémoire EEPROM série 24C04. Des instructions PICBASIC spécifiques (SHIFTOUT et SHIFIN) permettront de mener à bien cette procédure un peu plus complexe, il est vrai. L'étalement de ce module boussole est fort simple puisqu'il suffira de lui



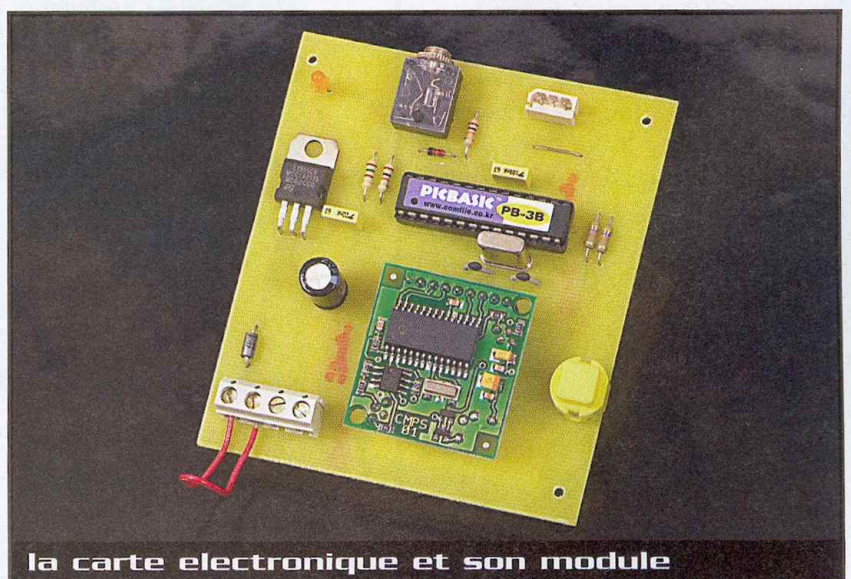
**1**  
Schéma électronique

faire "voir" les 4 points cardinaux et d'actionner brièvement un poussoir, dit de calibration. La résolution peut atteindre  $0,1^\circ$  et la précision est de quelques degrés seulement. Enfin, la consommation très faible de 15mA autorise une alimentation sur piles ou accus.

### Le schéma électronique

Il est proposé sur la **figure 1** et s'articule autour du désormais célèbre microcontrôleur PICBASIC PB-3B de COMFILE, dont nous avons déjà présenté de nombreuses applications lors de notre initiation dans les articles précédents (EP n°264 - mars 2002 et suivants).

L'alimentation continue de 5V sera obtenue à l'aide du régulateur de tension IC<sub>1</sub>, solution de facilité il est vrai. A noter la présence de la diode anti-inversion D<sub>1</sub>, en série avec le pôle positif d'une alimentation extérieure de 9V environ. On pourra, moyennant adjonction d'un régulateur 7808 avant, prévoir d'alimenter ce montage sur la prise 12V d'un véhicule automobile. La LED L<sub>1</sub> atteste que le module est sous tension; d'ailleurs l'inter ON/OFF sera éventuellement remplacé par un poussoir actionné juste le temps de la lecture très brève de la direc-



la carte électronique et son module

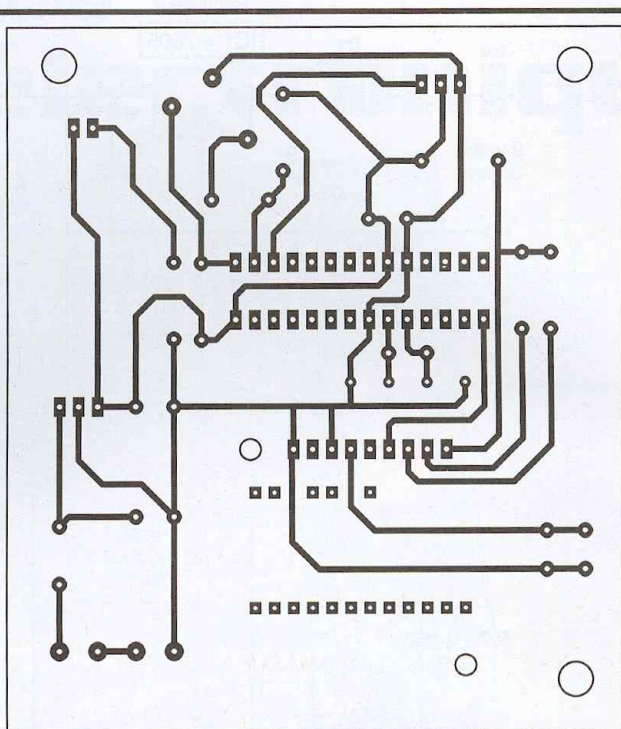
tion affichée. La durée de vie de la pile s'en ressentira d'une manière significative. Trois fils seront prévus sur un connecteur jack pour réunir le  $\mu\text{C}$  au PC via l'entrée du port parallèle. Le module d'affichage à cristaux liquides sera, une fois n'est pas coutume, un modèle à 4 lignes de 20 caractères et alimenté à partir de la broche 26, notée Picbus, et chargée de la communication en mode série vers l'affichage.

La seule entrée utilisée du PICBASIC sera, ici, la broche 14 correspondant à l'entrée I/O 11 ; en fait, nous n'avions pour ce faire que l'embaras du choix. Ayant choisi d'exploiter très facilement le signal PWM du module boussole, il nous faudra faire appel à l'instruction CAPTURE de la panoplie Basic du produit PB-3B. Nous y reviendrons plus loin avec le programme proposé. Le capteur CMPS01 est alimenté, lui aussi, sous la même tension de 5V, entre les broches 1 et 9, découpé par le condensateur  $C_6$ . On notera, encore, que les broches I2C et SDA, seront impérativement reliées au +5V à l'aide des résistances  $R_4$  et  $R_5$ , respectivement sur les broches 3 et 2 de la boussole. La broche 7 est reliée au niveau bas dans le cas d'une fréquence secteur de 50 Hz à proximité.

D'après la documentation technique remise avec le produit, le signal PWM est une impulsion positive dont la durée varie suivant l'angle en degrés de la direction représentée. Cette impulsion vaudra 1ms pour un angle nul (= 0°) à 36,99ms pour un angle de 359,9°. La durée de l'impulsion de sortie est donc de 100 $\mu\text{s}$ /degré, sans oublier 1ms d'offset pour le 0°. Pour ceux qui souhaitent tout savoir, la période du signal de sortie sera finalement de 66ms PLUS la durée du signal PWM. On trouvera sur les **figures 2 et 3** tous les éléments nécessaires à la réalisation de cette boussole électronique High-tech.

## Le programme

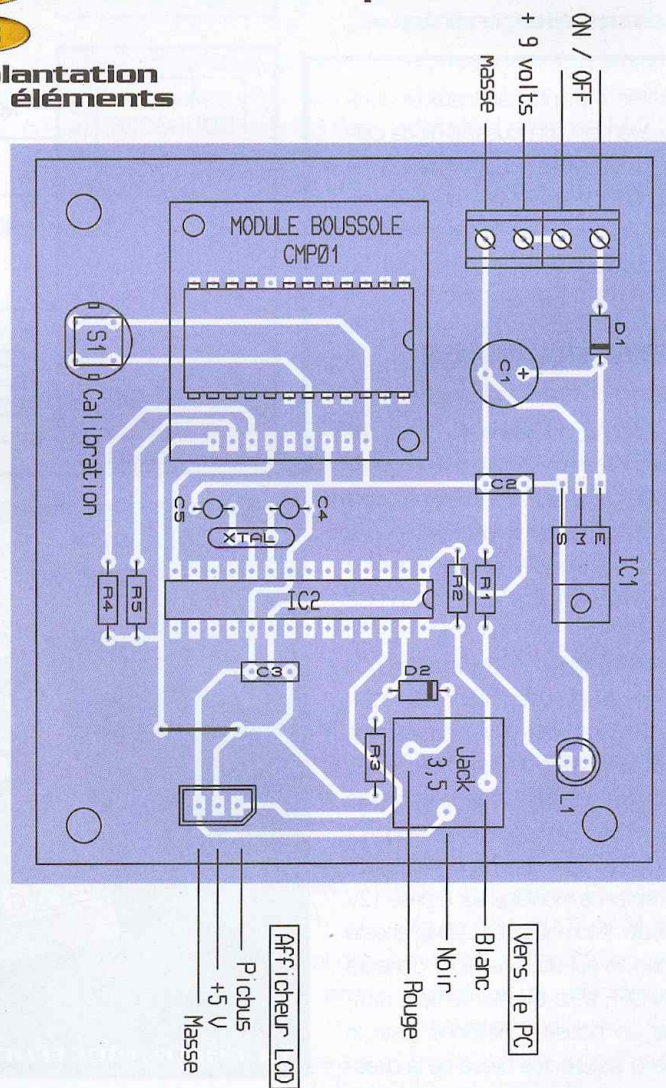
Il est donné dans son intégralité et pourra être facilement adapté. La seule nouvelle instruction est l'ordre CAPTURE, qui mesure la durée du signal positif appliqué sur le port 11. Pour le circuit PB-3B, il faudra appliquer un facteur multiplicateur de



## 2 Tracé du circuit imprimé

## 3

## Implantation des éléments



4X pour récupérer la durée exacte en micro-secondes. Comme nous ne pouvons traiter que des nombres entiers, nous proposons le tableau suivant pour une bonne compréhension des tests IF...THEN.

DEGRES	DIRECTION	PLAGE DECIMALE : degrés	PLAGE ENTIERE : degrés
0	N	348,75 à 11,25	349 à 11
22,5	NNE	11,25 à 33,75	11 à 34
45	NE	33,75 à 56,25	34 à 56
67,5	ENE	56,25 à 78,75	56 à 79
90	E	78,75 à 101,25	79 à 101
112,5	ESE	101,25 à 123,75	101 à 124
135	SE	123,75 à 146,25	124 à 146
157,5	SSE	146,25 à 168,75	146 à 169
180	S	168,75 à 191,25	169 à 191
202,5	SSO	191,25 à 213,75	191 à 214
225	SO	213,75 à 236,25	214 à 236
247,5	OSO	236,25 à 258,75	236 à 259
270	O	258,75 à 281,25	259 à 281
292,5	ONO	281,25 à 303,75	281 à 304
315	NO	303,75 à 326,25	304 à 326
337,5	NNO	326,25 à 348,75	326 à 349
360	N	348,75 à 11,25	349 à 11
	' boussole / EP septembre 2002		
10	DIM M as integer, V as integer		
20	M = CAPTURE(11,1)		
30	V = M * 4		
	V = V - 1000		
	V = V / 100		
40	SET PICBUS HIGH		
	LCDINIT		
	LOCATE 8,0		
	CSROFF		
50	PRINT DEC(M)		
	LOCATE 18,0 : PRINT "N"		
	LOCATE 18,2 : PRINT "+"		
	LOCATE 0,0		
	PRINT "DEGRES :"		
	LOCATE 0,3		
60	IF ( V >= 11 AND V < 34 ) THEN PRINT " Nord Nord Est "		
	IF ( V >= 34 AND V < 56 ) THEN GOSUB 100		
	IF ( V >= 56 AND V < 79 ) THEN PRINT " Est Nord Est "		
	IF ( V >= 79 AND V < 101 ) THEN GOSUB 120		
	IF ( V >= 101 AND V < 124 ) THEN PRINT " Est Sud Est "		
	IF ( V >= 124 AND V < 146 ) THEN GOSUB 140		
	IF ( V >= 146 AND V < 169 ) THEN PRINT " Sud Sud Est "		
	IF ( V >= 169 AND V < 191 ) THEN GOSUB 160		
	IF ( V >= 191 AND V < 214 ) THEN PRINT " Sud Sud Ouest "		
	IF ( V >= 214 AND V < 236 ) THEN GOSUB 180		
	IF ( V >= 236 AND V < 259 ) THEN PRINT " Ouest Sud Ouest "		
	IF ( V >= 259 AND V < 281 ) THEN GOSUB 200		
	IF ( V >= 281 AND V < 304 ) THEN PRINT " Ouest Nord Ouest "		
	IF ( V >= 304 AND V < 326 ) THEN GOSUB 220		
	IF ( V >= 326 AND V < 349 ) THEN PRINT " Nord Nord Ouest "		
	IF ( V >= 349 AND V < 0 ) OR ( V >= 0 AND V < 1 ) THEN GOSUB 240		
	DELAY 300 : GOTO 20		
	' visualisation " Rose des vents de la Boussole "		
100	PRINT " Nord Est "		
	LOCATE 19,1 : PRINT "*" : RETURN		
120	PRINT " Est "		
	LOCATE 19,2 : PRINT "*" : RETURN		
140	PRINT " Sud Est "		
	LOCATE 19,3 : PRINT "*" : RETURN		
160	PRINT " Sud "		
	LOCATE 18,3 : PRINT "*" : RETURN		
180	PRINT " Sud Ouest "		
	LOCATE 17,3 : PRINT "*" : RETURN		
200	PRINT " Ouest "		
	LOCATE 17,2 : PRINT "*" : RETURN		
220	PRINT " Nord Ouest "		
	LOCATE 17,1 : PRINT "*" : RETURN		
240	PRINT " Nord "		
	LOCATE 18,1 : PRINT "*" : RETURN		

Les sous-programmes des lignes 100 à 240 sont destinés à restituer, sur l'affichage LCD, une rudimentaire animation en forme de rose des vents.

Il sera très facile de traiter une direction particulière et d'exploiter d'autres sorties du microcontrôleur pour réaliser des commandes particulières. On pourra, par exemple, mémoriser le parcours d'un robot mobile dans un labyrinthe ou faire retrouver son point de destination à un véhicule à l'aide de cette réalisation d'aide à la navigation.

Vous ne manquerez pas de mettre en valeur ce nouveau module et d'étendre ainsi les applications de notre PICBASIC fêliche.

Demier conseil : pour calibrer cette boussole électronique, il faudra qu'elle soit disposée d'une manière parfaitement horizontale pour les capteurs ; il conviendra, ensuite, de chercher la position exacte des 4 points cardinaux à l'aide d'une boussole ordinaire, sans doute.

On pointera successivement notre module sur l'un des 4 points en actionnant, ensuite, à chaque fois le poussoir S<sub>1</sub>. Utilisez comme repère l'inscription CMPS01.

On peut également tracer une ligne NORD-SUD, puis on alignera un à un les 4 côtés du circuit imprimé pour procéder à la calibration. L'ordre des opérations n'a aucune espèce d'importance, mais il faut réaliser les 4 pointages différents.

Bonne navigation

G. ISABEL

## Contact

**DUNOD - ETSF**

recherche **AUTEURS**

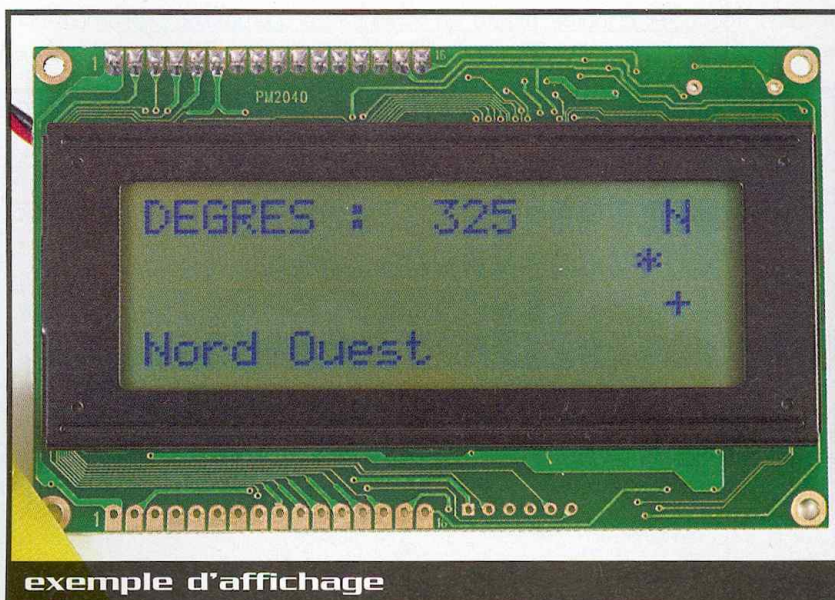
contacter B. Fighiera,

tél: 01 44 84 84 65

Email :

b.fighiera@electroniquepratique.com

ou écrire  
2 à 12 rue de Bellevue  
75019 Paris



exemple d'affichage

## Nomenclature

**IC<sub>1</sub> : régulateur intégré 5V positifs (7805) boîtier TO220**

**IC<sub>2</sub> : microcontrôleur PICBASIC PB-3B de COMFILE, boîtier 28 broches modèle étroit**

**Module boussole CMPS 01**

**Afficheur à cristaux liquides 4 lignes de 20 caractères (COMFILE, mode série) notamment disponibles chez LEXTRONIC**  
**L<sub>1</sub> : diode électroluminescente Ø 3 mm orange**

**D<sub>1</sub> : diode redressement 1N4002**

**D<sub>2</sub> : diode commutation 1N4148**

**R<sub>1</sub> : 150 Ω 1/4W**

**R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> : 10 kΩ 1/4W**

**R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> : 47 kΩ 1/4W**

**C<sub>1</sub> : 220 µF/25V chimique vertical**

**C<sub>2</sub> : 22 nF plastique**

**C<sub>3</sub> : 100 nF plastique**

**C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> : 22 pF céramique**

**C<sub>6</sub> : 100 nF plastique**

**2 blocs de 2 bornes vissé-soudé, pas de 5 mm**

**Poussoir carré pour C.I.**

**Ensemble jack 3,5 mm à souder (liaison vers le PC)**

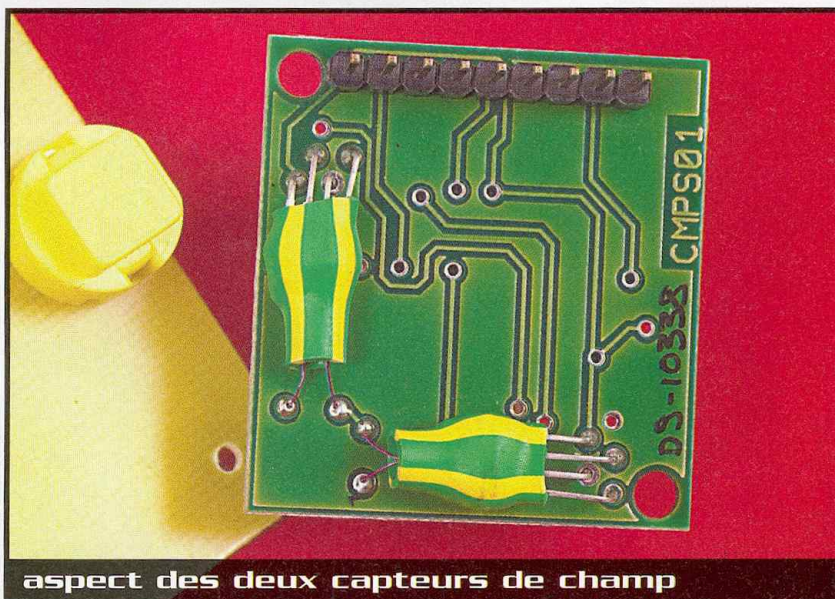
**Connecteur 3 broches détrompé pour afficheur LCD**

**Support à souder 28 broches tulipe à souder, modèle étroit**

**Quartz à fils 20 MHz**

**Barrette de 9 broches tulipe à souder, pas de 2,54mm (insertion boussole)**

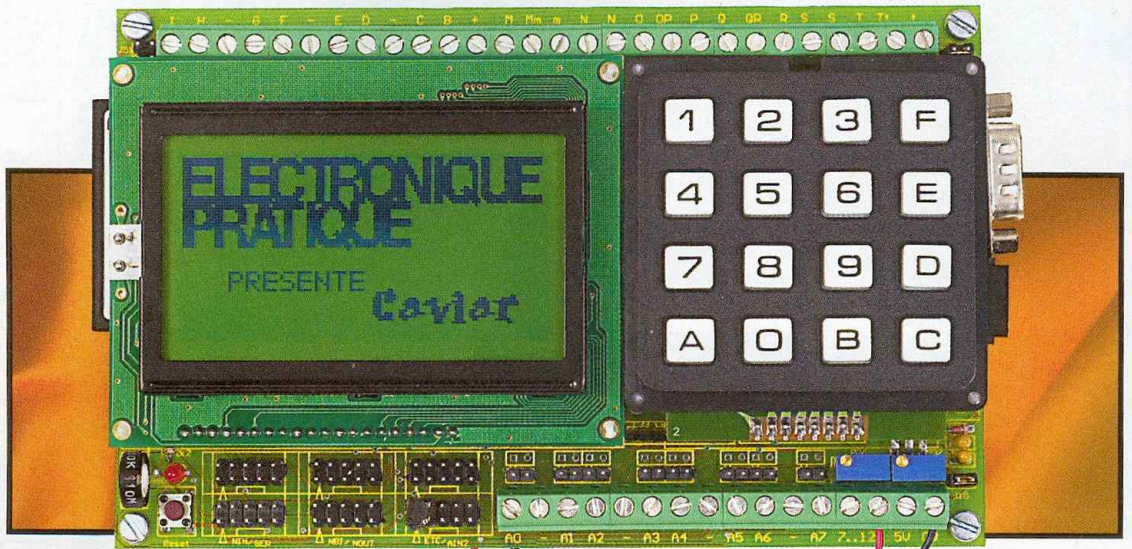
**Prévoir alimentation 9V**



aspect des deux capteurs de champ

# CAVIAR :

## kit de démarrage pour AVR Atmega 323



### Les entrées-sorties

A la réception du kit, on découvre une carte au format Euro (100x160mm) coiffée d'un bel écran à cristaux liquides de 128x64 pixels et d'un clavier seize touches de type SECME, bien connu pour qui s'intéresse aux montages microcontrôlés. Ces deux éléments recouvrent quasiment la surface de la carte, ne laissant apparaître que les nombreux connecteurs d'extension pour faire communiquer la carte avec le monde extérieur. On trouve sur le côté "Est" de la carte un connecteur de type RJ11 qui permet de relier la carte à un port série du PC. C'est ce port série qui permettra la communication entre la carte et le PC pour la programmation et le débogage. Un autre connecteur de type DB9 mâle se trouve juste à côté du précédent. Ce connecteur permet de relier la carte à un port série d'un PC ou de tout autre dispositif capable de communiquer à la norme RS232. Il utilise le port série de l'AVR Atmega 323. Remarque intéressante : le connecteur RJ11, cité ci-avant, est relié à deux entrées numériques sur lesquelles sont réalisés, par programme, la communication série pour

le chargement et le débogage du programme. Le port série de l'Atmega 323 peut donc être utilisé au cours de la phase de mise au point du programme tout en utilisant le débogueur !

Sur le côté "ouest" de la carte, caché sous l'écran à cristaux liquides, se trouve un connecteur un peu particulier puisqu'il permet d'accueillir une carte de type CompactFlash pouvant avoir une capacité de 32 Méga Octets. Elle pourra permettre, par exemple, d'enregistrer une très grande quantité de données mesurées via les entrées analogiques dont dispose la carte. Ces entrées analogiques sont au nombre de huit et sont accessibles par un bornier à vis situé sur la partie "sud" de la carte. La conversion se fait sur 10 bits avec une tension de référence interne de 2,56V ce qui donne une résolution de 2,5mV.

C'est sur la droite de ce bornier à vis que l'on trouve les connexions pour l'alimentation : la carte sera alimentée par une tension continue de 7 à 12V ou par une tension continue régulée de 5V. Dans le premier cas, on pourra récupérer, sur un des borniers, la tension de 5V régulée par la carte.

A gauche de ce bornier à vis se trouvent six connecteurs de type HE10 ayant 10 broches chacun. Ils sont disposés par 3 paires marquées NIN/SER - NBI/NOUT - ETC/AIN2. Et là, c'est un reproche que l'on pourra faire à la documentation (fournie sous forme de fichiers au format pdf) que l'on a trouvé pas assez explicite sur le sujet. Pour résumer : NIN est un port d'entrées numériques 8 bits, SER les signaux pour l'interface série de type SPI (synchrone), NBI les 8 lignes du bus de données du microcontrôleur, NOUT un port de sorties numériques 8 bits, ETC sur lequel on trouve notamment trois sorties analogiques de 0 à 5V pilotées par un CNA de 8 bits et enfin AIN2 où l'on retrouve les entrées du convertisseur analogique/numérique. On pourra donc choisir d'attaquer le convertisseur analogique/numérique, soit par ce connecteur HE10 soit par le bornier à vis.

Notons encore que l'on trouve sur chacun de ces connecteurs HE10 les deux lignes d'alimentation de la carte (5V et masse).

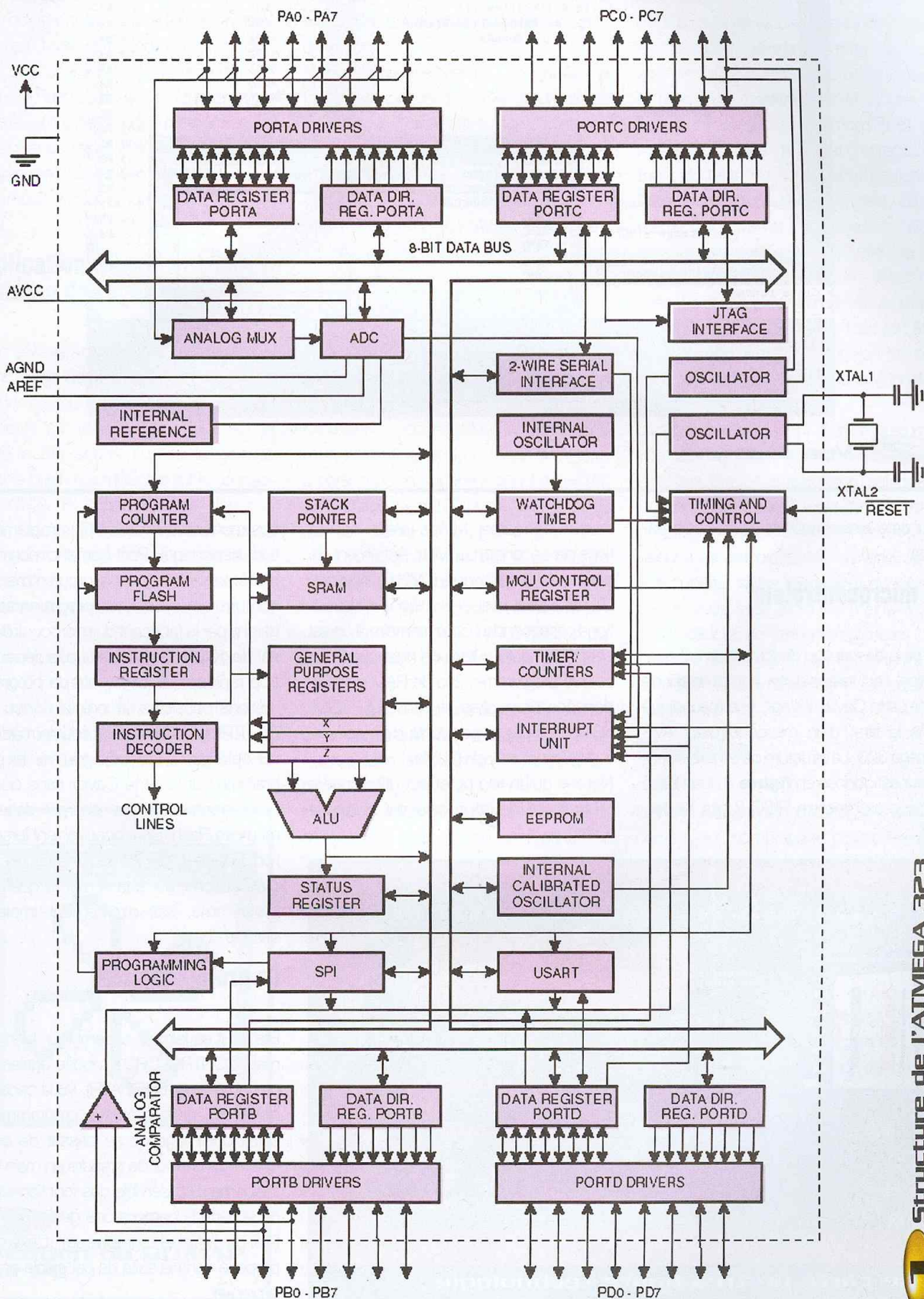
Enfin sur son côté "Nord", la carte présente un grand bornier à vis partagé en deux parties pour huit entrées

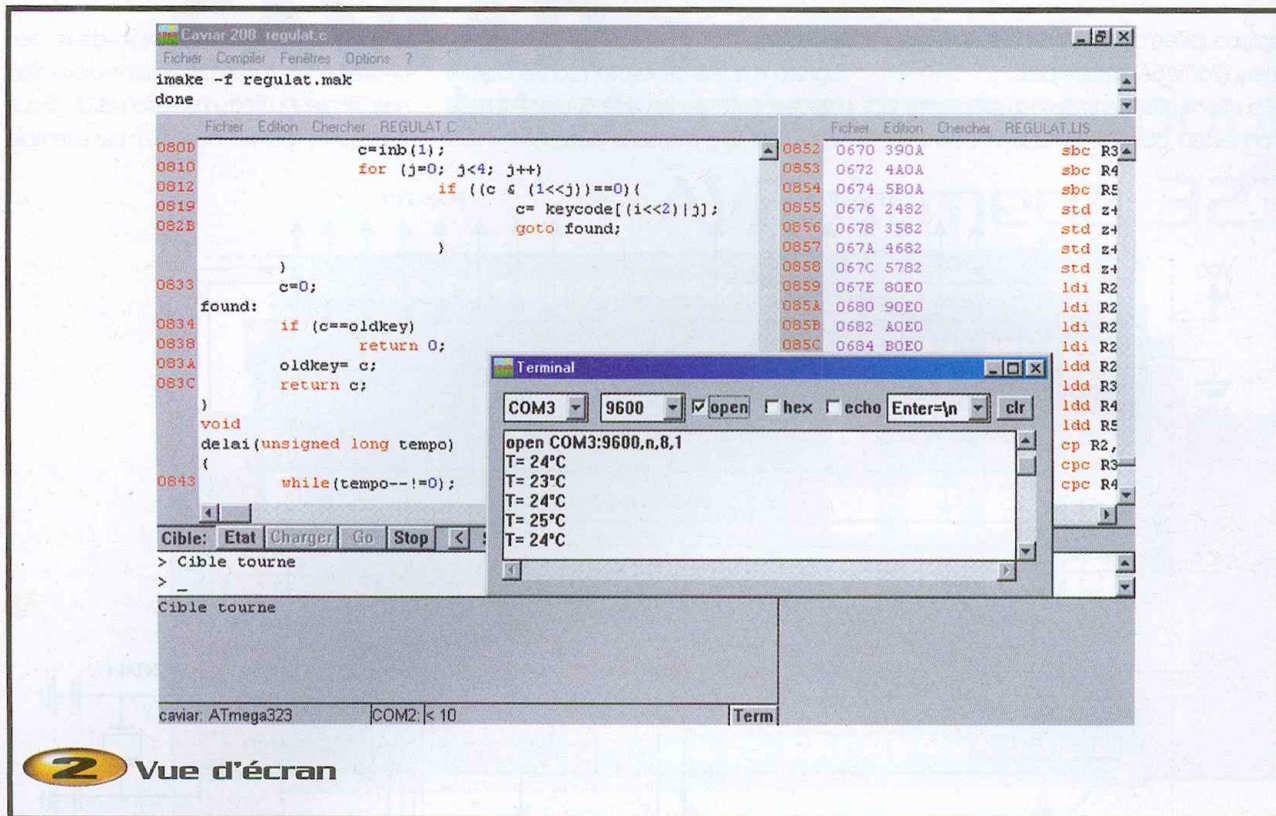
La société CONTROLORD vient de sortir une carte au nom plutôt évocateur : Caviar ! Désolé pour les gastronomes, car ce ne sont pas leurs papilles qui seront sollicitées dans cet article mais plutôt leurs pupilles ! Alors ouvrons la boîte...

optocouplées d'une part et huit sorties sur relais (250V/5A) d'autre part. N'oublions pas, par ailleurs, l'existence du connecteur pour l'écran LCD et celui pour

le clavier. Signalons que la description qui vient d'être faite est celle de la carte Caviar équipée d'un maximum d'options (auxquelles il faut

rajouter la possibilité d'avoir deux des entrées analogiques par l'intermédiaire d'un amplificateur d'instrumentation et un circuit horloge temps réel bien utile, par exemple





## 2 Vue d'écran

pour dater les échantillons de mesures réels).

### Le microcontrôleur

Après la description de toutes les entrées-sorties, il est temps d'aller voir le moteur de cette carte Caviar. Il s'agit, comme indiqué dans le titre, d'un microcontrôleur AVR Atmega 323. La structure de ce microcontrôleur est donnée en **figure 1**. Il est basé sur une architecture RISC 8 bits lui per-

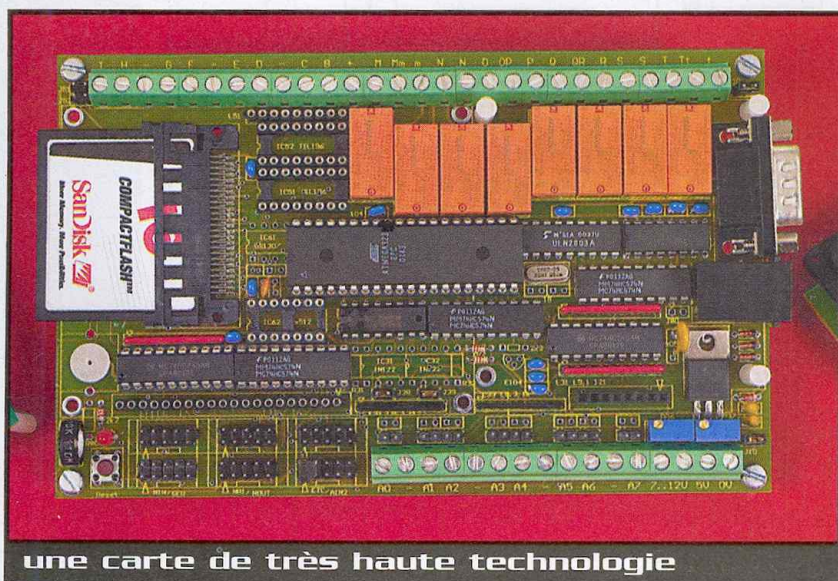
mettant de réaliser 1 Mips (Méga instructions par seconde) par MHz. Autrement dit, comme il est cadencé à 8 MHz sur la carte Caviar, il peut réaliser 8 millions d'instructions par seconde ! Côté mémoire, il en est plutôt bien doté : 32ko de mémoire Flash pour le programme, 2ko de RAM pour les données provisoires et 1ko d'EEPROM. N'oublions pas la possibilité d'ajouter une carte CompactFlash (32Mo) !

Notons qu'un kilo octet est utilisé par le programme de boot (celui qui assure la

communication avec le PC : programmation, débogage). Petit bémol concernant la mémoire Flash pour le programme : Le nombre de cycles de programmation, garanti par le fabricant du microcontrôleur, est de 1000. Si on ne veut pas dépenser trop rapidement son quota de programmations possibles, le logiciel conçu par CONTROLORD permet, par l'intermédiaire du débogueur, de faire tourner le programme sur la carte Caviar sans que le programme n'ait été chargé dans la mémoire Flash. Seul inconvénient lorsque l'on fait ce choix, c'est que la vitesse d'exécution n'est pas la même que si le programme était directement implanté dans le chip.

### La programmation

Elle peut se faire en assembleur, bien sûr, mais CONTROLORD propose également un compilateur C (CAVR). Vu la capacité de 32 Ko de la mémoire programme, il serait dommage de se passer de cette option qui permet de prendre en main très rapidement l'ensemble des fonctionnalités de la carte (y compris une gestion simplifiée de l'afficheur graphique). L'exemple proposé dans la suite de cet article en est la preuve.





Tous ceux qui ont déjà utilisé Basic11, pour la programmation du 68HC11, retrouveront rapidement leurs marques dans le logiciel Caviar car les deux interfaces sont très similaires (**figure 2**). Au sein de la même interface, on peut écrire le code (en assembleur et/ou en C suivant l'option choisie), le compiler, puis charger le programme dans la mémoire Flash ou dans le module de simulation et, enfin, déboguer le programme. La possibilité de rester à l'intérieur du même programme pour réaliser toutes ces opérations réduit encore la durée du développement.

## Application : système de régulation

Pour essayer cette carte Caviar, nous avons choisi de lui faire faire de la régulation : Un capteur de température (LM35) est connecté sur l'entrée analogique AO (le LM35 a été soudé sur de la barrette sécable que l'on a implantée sur le connecteur AIN2). Si la température dépasse 25°C, un système de ventilation doit se mettre en route (utilisation d'un des relais). Au début du programme, l'afficheur LCD devra faire apparaître un message d'accueil animé.

Ensuite le programme attendra l'appui sur la touche E (comme entrée) du clavier.

A ce moment, on entrera dans la phase de mesure/régulation : la température sera affichée sur un bargraph vertical représentant

un thermomètre et, par ailleurs, de façon numérique. Enfin, on représentera les pales du ventilateur, avec ou sans effet de mouvement, suivant que la température est supérieure ou non à 25°C. On enverra la valeur de la température en ASCII sur le port série.

Dans un premier temps, on génère, à l'aide d'un logiciel de dessin courant, les bitmaps en noir et blanc des différentes images à afficher (ici le logo Électronique Pratique, le logo Caviar, le dessin du corps du thermomètre et enfin les différentes images du ventilateur **figure 3**). En effet, CONTROLORD fournit, en plus, un petit logiciel qui permet de transformer un tel fichier bmp en un fichier de type C qui pourra être compilé. Il suffira ensuite d'écrire une ligne dans le programme source pour que l'image s'inscrive sur le LCD !

Exemple : `lcdImage(0, 0, 128, 40, mon_logo);` pour afficher l'image `mon_logo` à partir du coin supérieur gauche (`x=0` et `y=0`), image ayant 128 pixels de large et 40 de haut. Difficile de faire plus simple !

Vous voulez mettre en noir le pixel situé à `x=10` et `y=30` alors insérez la ligne `lcdPix(10, 30, 1);` et pour le remettre en blanc : `lcdPix(10, 30, 0)`. La gestion du LCD graphique devient alors un jeu d'enfant.

Vous voulez réaliser une conversion analogique numérique sur le canal 0 et mettre le résultat dans une variable nommée `conv` : `conv=adc(0);`

L'envoi de la température sur le port série n'est guère plus compliqué : `printf("T=%d°C\n",tempe);`

La lecture du listing (`Regulat.C`) commenté ne devrait pas poser de problème particulier.

Il faudra cependant avoir quelques notions sur la compilation d'une application en C (utilitaire MAKE) pour démarrer en toute quiétude un projet. Et c'est là un reproche que l'on pourra faire sur ce kit de démarrage : la documentation, uniquement en ligne, nous semble encore trop pauvre.

Il n'est pas interdit de penser qu'un électronicien fasse ses premiers pas en C sur un tel kit, et il risque de bloquer sur les différentes erreurs de compilation parce qu'il ne maîtrise pas ce problème, somme toute assez simple.

## Petites astuces en prime

Il est possible d'ajouter soi-même des fichiers dans le menu d'aide ("?) du logiciel Caviar. Par exemple, un professeur pourra souhaiter ajouter le texte du TP que ses étudiants devront réaliser dans la séance : ouvrir le fichier `help.txt` situé dans le répertoire `bin` de caviar et ajouter la ligne : `TP du jour : help\monTP.pdf` ou `monTP.doc` suivant le format d'enregistrement du texte du TP et placer ce fichier dans le répertoire `help`. On peut, de la même façon, retirer des fichiers de l'aide en supprimant la ligne en question ou en plaçant un symbole dièse en début de ligne. Le ou les programmes de visualisation de ces fichiers doivent, bien sûr, être présents sur le PC. L'extension de ces fichiers doit aussi être liée dans Windows à ces programmes.

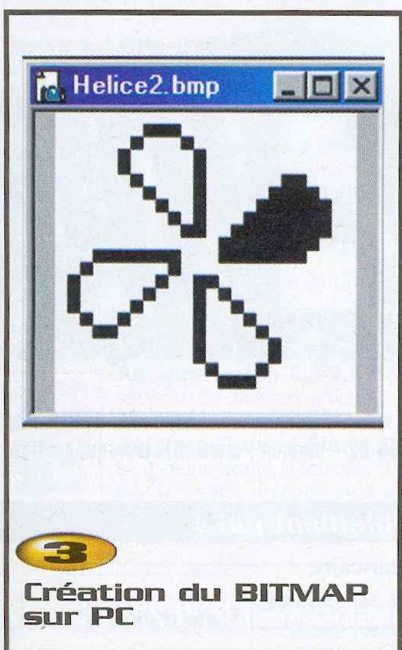
Lors de la mise au point d'un programme, une variable vous donne des résultats étranges. Est-ce un problème matériel ou logiciel ? Faites une boucle dans la partie de programme concerné et envoyez la valeur de la variable par le port série : vous la récupérez dans le terminal du débogueur. Vous avez alors les mains libres pour vérifier les connexions matérielles tout en jetant un œil sur la fenêtre du terminal pour voir ce que deviennent ces valeurs douteuses.

## Conclusion

La carte Caviar est une carte de développement aux nombreuses possibilités qui satisfera un large éventail d'utilisateurs, aussi bien dans l'enseignement que chez l'amateur averti. Le format Euro, ainsi que la présence de borniers à vis, est un atout supplémentaire pour s'attaquer aussi au domaine industriel.

Enfin, l'existence d'un compilateur C et la richesse des fonctions graphiques sur LCD permettent une mise en place rapide de programmes conviviaux. Il ne manque à ce produit qu'une documentation un peu plus pédagogique capable d'épauler les premiers pas des utilisateurs.

V. LE MIEUX



# Programmateur pour PIC et mémoires séries compatible avec Windows XP



“La société MICROSOFT®, avec la sortie de la version XP de Windows, n’a pas fait que des heureux. En effet, les électroniciens, habitués à utiliser le port Centronic ou parallèle d’un PC pour programmer leurs composants, ont eu la désagréable surprise de découvrir qu’ils ne pouvaient plus rien commander, eux-mêmes, à partir de ce port. Or, à ce jour, si vous faites l’acquisition d’un micro-ordinateur de type PC, il fonctionnera avec ce système d’exploitation !

Les programmeurs de PIC décrits précédemment (EP n°253 et n°263) ne sont plus reconnus par la version XP de Windows, car ils travaillent justement sur le port parallèle. La rédaction de votre magazine préféré se devait de vous proposer l’étude d’un nouveau programmeur de PIC et mémoires 24Cxx. Celui-ci se raccorde, comme les modèles professionnels, sur un port sériel RS232, encore accessible à la programmation. Il reconnaît une large gamme de PIC (12C5xx, 16C7x, 16F8x, 16F8xx...), mais aussi la plupart des mémoires EEPROM série à protocole I2C de type 24Cxx et, également, les tous derniers microcontrôleurs PIC 16F6xx. L’alimentation n’est pas directement issue du port sériel car la plupart des ordinateurs portables, et bien d’autres encore, ne s’accommodent pas de cette solution. Le présent programmeur prélève son alimentation sur tous les micros, et se contente de composants très courants tout en offrant une réelle interface RS232. Enfin, sachez qu’il ne coûte que quelques euros et travaille avec l’ex-

cellent logiciel gratuit ICPROG. En effet, celui-ci est distribué selon la loi du “freeware” (libre de droits) ; nous remercions vivement son auteur, monsieur Bonny GUZEN.

## Schéma de principe

Le schéma de la **figure 1** dévoile un principe peu habituel pour un programmeur de PIC. Celui-ci s’alimente généralement à partir d’une tension supérieure à 15V, de là sont extraites deux tensions : 5V pour la tension de service du microcontrôleur et 13V pour imposer le mode programmation. Ici, l’alimentation issue du port USB ne délivre que 5V, il faut donc créer artificiellement la tension de 13V à l’aide du circuit spécialisé, mais néanmoins très courant, le TL497A.  $C_1$  élève la tension de 5V à 13,5V selon le principe du découpage, en mettant à profit le courant de rupture généré par la self  $L_1$ . La résistance  $R_3$  donne le courant de charge maximal. Le pont diviseur composé des résistances  $R_1$ ,  $R_2$ , et  $AJ_1$  permet de régler au mieux la tension de programmation. La diode  $D_1$  protège le circuit des inversions de polarités, les conden-

sateurs  $C_1$  et  $C_2$  filtrent la tension d’entrée. Il faut toujours couper l’alimentation avant d’ôter un microcontrôleur de son support, c’est le rôle de l’interrupteur miniature situé avant  $D_1$ . La LED  $D_2$  prévient de l’activité du programmeur durant laquelle toute intervention manuelle sur le microcontrôleur PIC est à proscrire.

Les signaux fournis par le port sériel d’un PC ne conviennent pas à la programmation des microcontrôleurs. L’adaptation de la norme RS232 au standard TTL/CMOS est confiée ici au circuit spécialisé  $C_1$ , très employé dans nos pages, le MAX232. Celui-ci utilise le principe de la pompe de charge afin d’obtenir des signaux irréprochables des deux côtés. Les quatre condensateurs  $C_6$  à  $C_9$  réalisent ce travail ; l’orientation de  $C_6$  et  $C_9$  est normale, contrairement aux apparences.

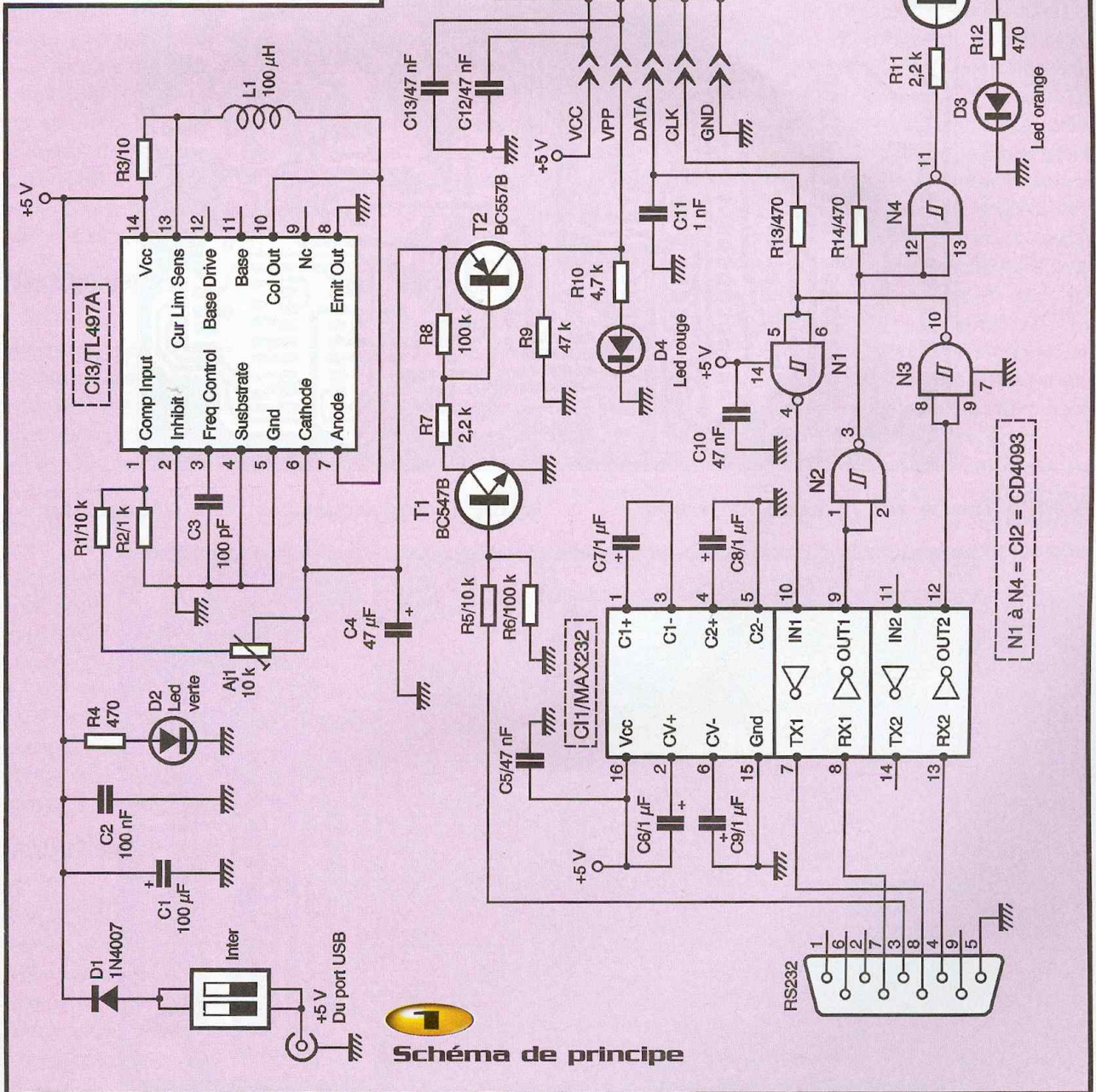
La programmation d’un PIC demande deux signaux logiques : l’un nommé «DATA», c’est par lui que sont envoyées les données au circuit à programmer ou reçues dans le cas de la lecture de la mémoire interne, l’autre appelé «CLK» cadence le flux des données. Les portes logiques

N1 à N3 tamponnent et inversent ces signaux avant de les présenter aux supports de circuits à programmer. La porte N4 prélève le signal CLK dans le but de le visualiser sur la LED D<sub>3</sub> après amplification par le transistor T<sub>3</sub>.

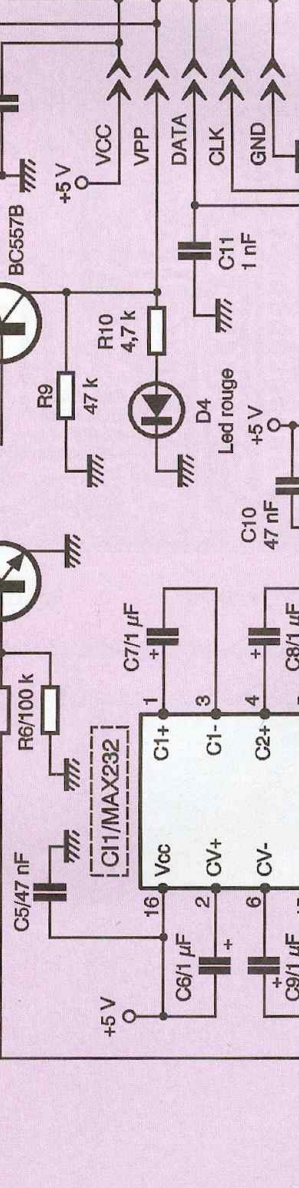
Un microcontrôleur PIC reconnaît le mode programmation par une élévation de la tension à 13V sur la broche MCLR/. Cette commutation est effectuée par une suite de deux transistors T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>. Lorsque T<sub>2</sub> devient passant, il transmet la tension de 13,5V issue de la patte 6 de CI<sub>3</sub> à la broche VPP des supports de programmation, initialement maintenue au niveau bas par la résistance R<sub>9</sub>. La LED D<sub>4</sub> signale le passage en mode programmation.

## Réalisation

La **figure 2** fournit le dessin du circuit imprimé simple face. La méthode photographique est la plus appropriée pour transférer le typon sur la plaque cuivrée présensibilisée. Les autres méthodes donnent fatalement un résultat moins précis pour un travail fastidieux, surtout lors du passage d'une piste entre les broches d'un circuit intégré. La plaque est gravée dans un bain de perchlore



MICROCONTROLEURS	
8b	40b
18b	28b
14	20
4	1
7	28
13	40
12	27
6	5-10
8	8-19-24
1-2-3-4-7	8-12-31-36



de fer, puis abondamment rincée. Les pastilles sont percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre ; certains trous doivent être alésés à des diamètres supérieurs en fonction des composants utilisés. Huit trous de fixation sont prévus car la plaque peut s'utiliser d'une seule pièce ou se scinder en deux circuits superposés. Dans ce dernier cas, trois trous de 5 mm viennent au-dessus des trois LED de visualisation.

La **figure 3** donne le plan d'implantation. La première opération consiste à souder les 15 ponts de câblage. Le travail se poursuit dans un ordre bien précis en tenant

compte de la taille et de la fragilité des pièces. Soudez en premier lieu les résistances, puis la diode, les supports de circuits intégrés, les condensateurs céramique et au mylar, les connecteurs constitués de barrettes sécables, la prise coudée DB9, les transistors, les LED, la prise d'alimentation et, enfin, les condensateurs chimiques.

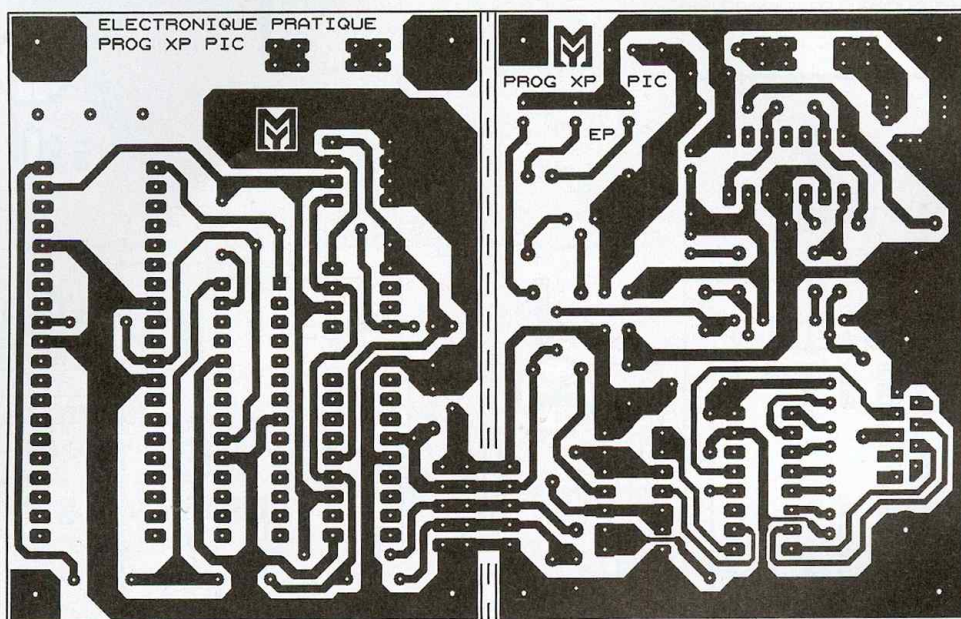
Le connecteur à cinq broches, véhiculant les signaux de programmation, se relie à la plaque inférieure par une petite longueur de fils en nappe, dans le cas d'un montage étagé. L'interrupteur, constitué de deux

petits inters DIL, prend place sur la plaque supérieure, les liaisons étant assurées par des connecteurs à deux broches ou de simples morceaux de fils. Si le circuit doit rester d'une seule pièce, il convient simplement de souder l'interrupteur sur la plaque principale.

La superposition des circuits s'effectue à l'aide d'entretoises filetées.

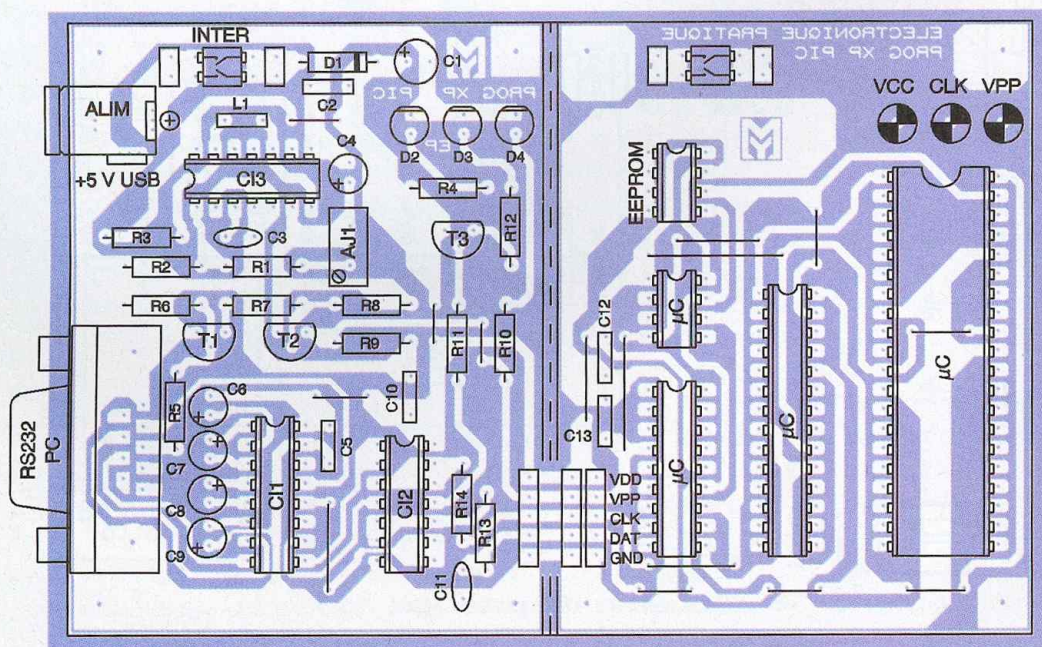
Veillez à ne pas inverser les composants polarisés (circuit intégré, diodes, transistors, LED, condensateurs chimiques ...), ils risquent de passer de vie à trépas !

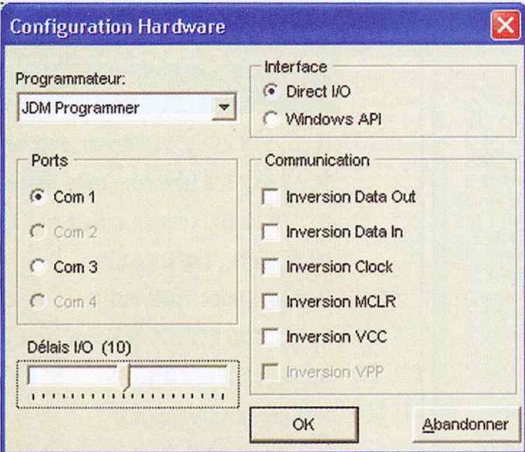
Confectionnez le cordon destiné à alimen-



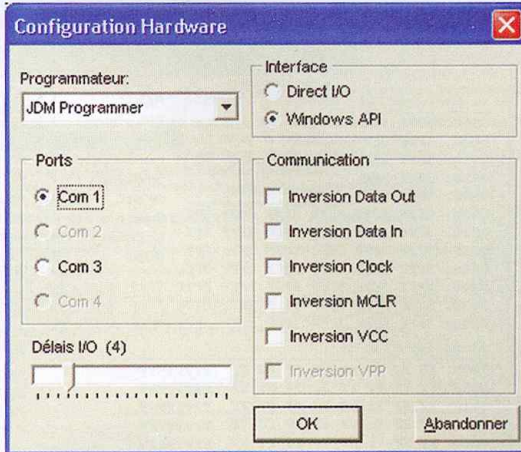
## 2 Tracé du circuit imprimé

## 3 Implantation des éléments





**4** Copie d'écran pour Windows 9x



**5** Copie d'écran pour Windows XP et NT

ter le programmeur à partir du port USB. La plus économique des solutions consiste à se procurer un cordon muni de deux prises USB de type «A», de le couper en son milieu et de souder, à une extrémité, la fiche mâle d'alimentation de 2,1 mm. Un cordon USB comporte 4 fils ; généralement un noir pour le 0V et un rouge pour le +5V. Une vérification s'impose malgré tout.

## Mise en service

Malgré votre impatience, bien légitime, gardez à l'esprit que votre montage est destiné à être raccordé à un PC. Procédez à un contrôle strict des pistes du circuit imprimé et des soudures afin de traquer une coupure ou un court-circuit accidentel. Vérifiez aussi la valeur et le sens d'implantation des composants. Reliez le montage à l'ordinateur par les ports sériel et USB, puis basculez l'interrupteur. Vérifiez la présence de la tension VCC après la diode D<sub>1</sub> (allumage permanent de D<sub>2</sub>). Avec précautions, réglez à 13,5V la tension VPP sur la broche 6 de Cl<sub>3</sub> à l'aide d'un voltmètre numérique en jouant sur la résistance ajustable AJ<sub>1</sub>. Hors tension, embrochez les circuits Cl<sub>1</sub>, 2, et 3 dans leurs supports respectifs.

## Utilisation

Si vous ne faites pas appel au port USB pour alimenter le programmeur, restez impérativement dans une fourchette comprise entre 5 et 5,5V.

Votre programmeur est terminé, son utilisation est conditionnée par le logiciel "ICPROG", indispensable à son fonction-

nement. Comme nous l'avons précisé au début de cette étude, ce programme est totalement libre de droits. Vous pouvez l'utiliser gratuitement et, même, le diffuser. Il ne doit pas être modifié, tous ses fichiers doivent être distribués ensemble, et il ne doit servir qu'à des fins légales ; telles sont les conditions de l'auteur dont voici l'adresse du site Internet : <http://www.ic-prog.com/> Vous trouverez aussi le logiciel "ICPROG" sur le site Internet du magazine <http://www.electroniquepratique.com/>, les lecteurs n'ayant pas l'opportunité de se connecter à Internet peuvent néanmoins l'obtenir en envoyant à la rédaction une disquette formatée sous enveloppe auto-adressée suffisamment affranchie.

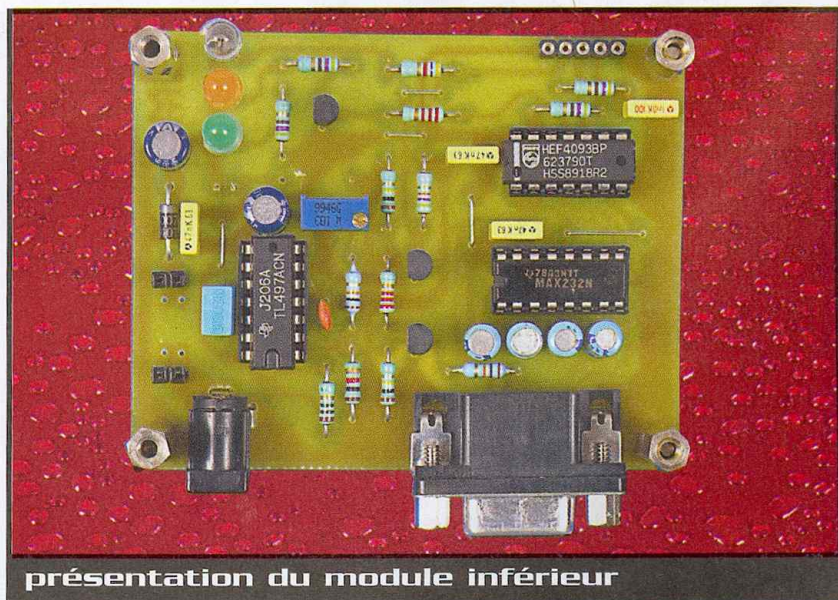
A la première utilisation, le programme doit être configuré.

- Si vous travaillez avec Windows 9x,

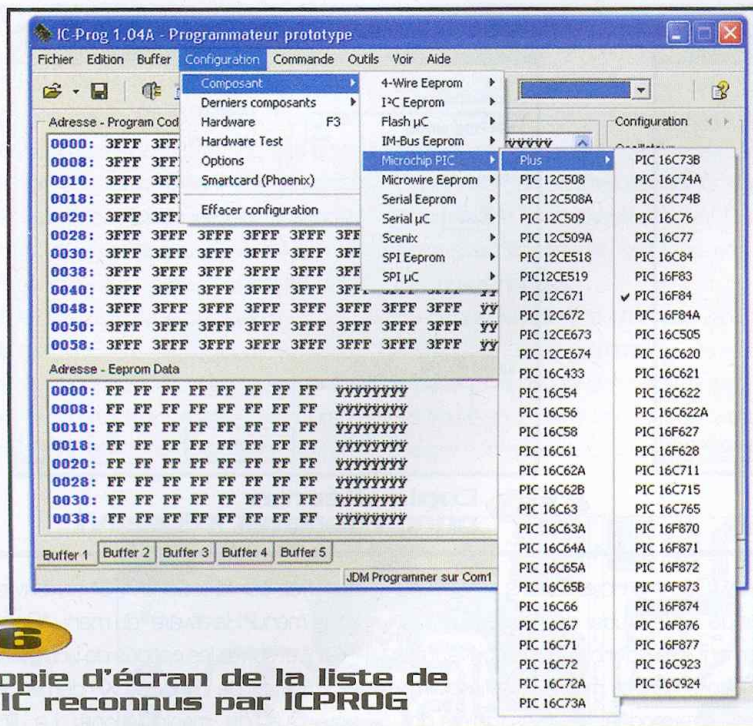
appuyez sur la touche "F3" ou ouvrez le sous-menu "Hardware" du menu "Configuration" et suivez les options de la **figure 4**.

- L'utilisation de Windows XP demande un peu plus de manipulations. Le fichier icprog.sys doit se trouver dans le répertoire d'icprog. Dans le bureau, faites un clic droit sur l'icône d'icprog pour ouvrir une fenêtre d'options. Dans le sous-menu compatibilité du menu propriétés, cochez la case «Exécuter ce programme en mode de compatibilité pour :», puis choisissez «Windows 95». Lancez icprog, puis appuyez sur la touche "F3" ou ouvrez le sous-menu "Hardware" du menu "Configuration" et suivez les options de la **figure 5**.

- Avec Windows NT, le fichier icprog.sys doit se trouver dans le répertoire d'icprog et avoir été déclaré en cochant la case «active driver NT/2000» de l'onglet «misc» du sous-



présentation du module inférieur



**6**

### Copie d'écran de la liste de PIC reconnus par ICPROG

menu «options» du menu «configuration». Dans le sous-menu «Hardware» du menu «Configuration», conformez-vous ensuite aux options de la figure 5.

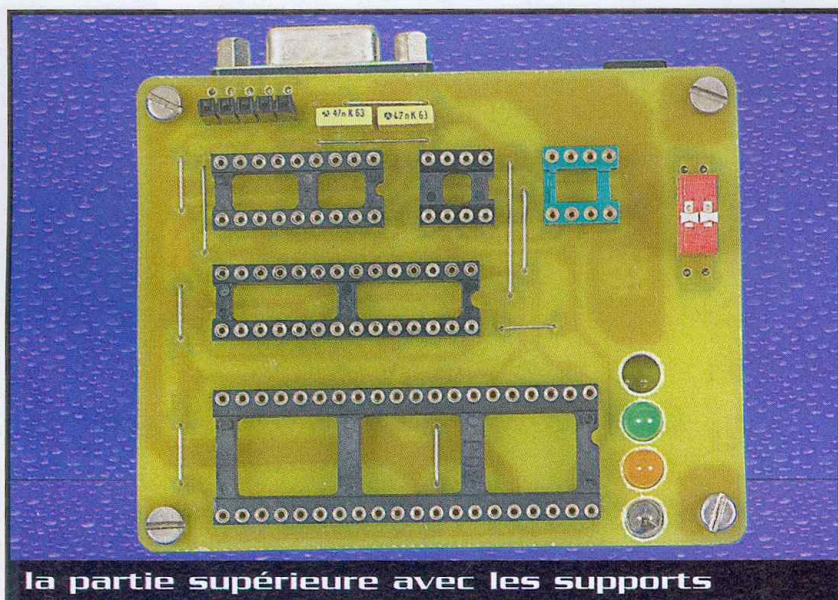
Faites les essais préconisés dans le sous-menu «Hardware Test» du menu «Configuration» ; vous serez certain du bon fonctionnement statique de votre programmeur. La programmation des composants dépend alors uniquement du réglage de la valeur de «délais I/O».

Ce programmeur donne entière satisfaction sur Windows 9x, XP, mais n'a pas été testé sur NT. Comme promis, ce program-

mateur reconnaît un nombre impressionnant de PIC et autres mémoires ; la liste de la **figure 6** vous donne un aperçu.

Vous ne devez jamais insérer un composant à programmer sans mettre le programmeur hors tension. Des connecteurs ont été ajoutés, en plus des supports de circuits intégrés, afin de programmer des composants au boîtier différent et de tester les signaux. Notez que le même connecteur peut servir sur les programmeurs décrits sur les numéros 253 et 263 d'E.P.

**Y. MERGY**



la partie supérieure avec les supports

## Nomenclature

- $R_1, R_5$  : 10 k $\Omega$  5% (marron, noir, orange)
- $R_2$  : 1 k $\Omega$  5% (marron, noir, rouge)
- $R_3$  : 10  $\Omega$  5% (marron, noir, noir)
- $R_4, R_{12}$  à  $R_{14}$  : 470  $\Omega$  5% (jaune, violet, marron)
- $R_6, R_8$  : 100 k $\Omega$  5% (marron, noir, jaune)
- $R_7, R_{11}$  : 2,2 k $\Omega$  5% (rouge, rouge, rouge)
- $R_9$  : 47 k $\Omega$  5% (jaune, violet, orange)
- $R_{10}$  : 4,7 k $\Omega$  5% (jaune, violet, rouge)
- $AJ_1$  : résistance ajustable 10 k $\Omega$
- $C_1$  : 100  $\mu$ F/16V (électrochimique à sorties radiales)
- $C_2, C_5, C_{10}, C_{12}, C_{13}$  : 47 à 100 nF (mylar)
- $C_3$  : 100 à 220 pF (céramique)
- $C_4$  : 47 à 100  $\mu$ F/25V (électrochimique à sorties radiales)
- $C_6$  à  $C_9$  : 1  $\mu$ F/25V (électrochimique à sorties radiales)
- $C_{11}$  : 1 nF (céramique ou mylar)
- $D_1$  : 1N4007
- $D_2$  : LED 5 mm verte
- $D_3$  : LED 5 mm orange
- $D_4$  : LED 5 mm rouge
- $T_1$  : BC547B
- $T_2, T_3$  : BC557B
- $CI_1$  : MAX232
- $CI_2$  : CD4093
- $CI_3$  : TL497A
- 1 prise DB9 femelle coudée pour circuit imprimé
- 14 broches de barrette sécable DIL femelle
- 9 broches de barrette sécable DIL mâle
- 2 supports de CI à 8 broches
- 2 supports de CI à 14 broches
- 1 support de CI à 16 broches
- 1 support de CI à 18 broches
- 1 support de CI étroit à 28 broches
- 1 support de CI à 40 broches
- 1 prise d'alimentation de 2,1mm
- 1 double interrupteur DIL
- $L_1$  : self moulée de 100  $\mu$ H
- Visserie et entretoises de 3mm

# Les principes des détecteurs de métaux



Si l'on excepte les appareils à usage résolument professionnel que sont, par exemple, les magnétomètres et les radars souterrains, quasiment tous les détecteurs de métaux font appel au même principe de base : la modification des caractéristiques électriques d'un bobinage lorsqu'un corps métallique en est approché.

Dans ces conditions, les nombreux modèles existants se distinguent par le ou les paramètres électriques, dont on surveille les variations, et par le mode de mise en évidence de ces dernières. Cela peut conduire à de très importantes différences de performances, de complexité et de prix, mais aussi de commodité d'utilisation.

## Un peu de "magie noire" !

A l'époque du "tout numérique", ce qui touche de près ou de loin aux bobinages est parfois considéré comme une sorte de "magie noire", surtout lorsque des fréquences tombant dans le spectre radioélectrique sont mises en jeu. Dans le cas particulier des détecteurs de métaux, il est heureusement possible d'adopter une approche assez intuitive, débouchant sur des applications pratiques immédiates. Il faut savoir que, quelles que soient sa forme et sa construction, un bobinage présente trois caractéristiques électriques essentielles, résumées sur le schéma équivalent de la **figure 1** :

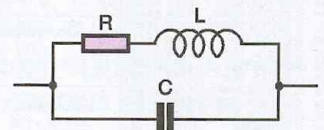
- Une résistance R, qui correspond tout simplement à la résistance ohmique de la longueur, parfois

conséquente, du fil utilisé pour sa réalisation.

- Une capacité C dite "capacité répartie", due au fait que les spires sont bobinées les unes à côté des autres tout en étant séparées par un isolant. Dans le cadre des applications qui nous intéressent, il sera souvent possible de la négliger.

- Un coefficient de self-induction ou "inductance" L, caractéristique principale de tout bobinage, dont R et C ne sont finalement que des "parasites". Ces trois paramètres "RLC" peuvent varier de façon plus ou moins significative lorsque l'environnement de la bobine se trouve modifié. Par exemple (et ce sera essentiel pour nous !) lorsqu'un corps magnétique (et pas obligatoirement conducteur, ferrite par exemple) est approché d'une bobine, le coefficient de self-induction de celle-ci augmente. C'est la conséquence directe de la "perméabilité magnétique" du matériau, qui favorise la concentration des "lignes de champ" magnétique à travers la bobine. Une application directe de ce phénomène est la vis de réglage ou "noyau plongeur", dont sont équipés bien des bobinages d'accord en radio.

Un autre côté, lorsqu'un matériau conducteur (et pas nécessairement magnétique, cuivre par exemple) est approché d'une bobine, il se comporte comme un enroulement secondaire (comme celui d'un transformateur), qui serait bouclé sur lui-même. Les courants qui apparaissent dans une telle "spire en court-circuit" se nomment "courants de Foucault" et introduisent des pertes dans tout circuit électrique ou électronique dont fait partie la bobine. On démontre que l'effet de ces pertes est sensiblement équivalent à une augmentation de la résistance "R" du fil du bobinage. Enfin, la proximité d'un objet conducteur peut modifier la capacité répartie d'une bobine. Souvent gênant en radio (effet "de main"), ce phénomène pourra souvent être négligé en matière de détecteurs de métaux. Les variations d'inductance (réelles)



$$Z = R + 2\pi fL \text{ (si C négligeable)}$$



**Schéma équivalent d'un bobinage**

ou de résistance (par équivalence) sont, par contre, suffisamment importantes pour que des circuits électroniques plus ou moins perfectionnés puissent les exploiter afin de détecter la présence de métaux dans le voisinage d'une bobine, spécialement conçue pour accentuer encore ces phénomènes. Différentes familles de détecteurs peuvent donc être définies, selon que leur principe fait appel à la variation d'inductance ou de résistance (voire aux deux !) et selon les procédés mis en œuvre pour les détecter et les visualiser.

## Les détecteurs à déséquilibre de pont

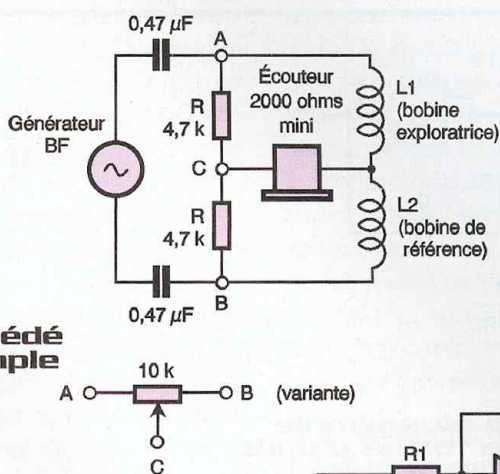
Chacun sait qu'en alternatif, une bobine présente une "impédance" (Z) qui est la combinaison d'une résistance (R) et d'une "réactance" (ici essentiellement inductive). Toute modification de R ou de L (ou des deux) se traduit par une modification de Z, qu'il va s'agir de mettre en évidence puisque c'est la bobine qui constitue l'élément sensible du détecteur de métaux.

La **figure 2** indique un procédé fort simple, bien qu'assez performant, permettant cette mise en évidence. Il repose sur le fait que si nous construisons un "diviseur de tension" au moyen de deux inductances identiques et que nous l'alimentons sous une tension alternative, nous obtiendrons sur son point milieu une tension moitié moindre.

Si maintenant nous alimentons, par la même tension (basse fréquence), un diviseur à résistances présentant le même rapport de 50%, alors l'écouteur branché entre les deux points milieu ne détectera aucun signal. On dit qu'il se trouve dans la "diagonale" d'un pont de Wheatstone "équilibré". Mais si l'une des deux inductances L1 ou L2 vient à varier, même imperceptiblement, le déséquilibre du pont qui en résulte fait apparaître une tension non nulle aux bornes de l'écouteur. Si L1 est la bobine exploratrice (une grande bobine à air), L2 peut être un bobinage de même valeur réalisé différemment (par exemple sur pot ferite) et, par conséquent, moins encombrant. Au cas où l'égalité des deux impédances ne serait pas absolument parfaite, il est possible de remplacer les deux résistances R par un potentiomètre permettant de "faire le zéro" impeccablement

**2**

### Un procédé fort simple



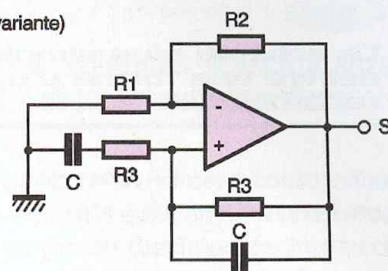
quelles que soient les circonstances. La réalisation d'un détecteur basé sur ce principe suppose la construction d'un générateur de fréquence et, éventuellement, d'un amplificateur destiné à attaquer un casque basse impédance ou un petit haut-parleur, avec un maximum de sensibilité. Il faut alors tenir compte du fait qu'il n'existe pas de masse commune entre la sortie du générateur et l'entrée de l'amplificateur, situation dont on peut s'accommoder en les alimentant par des piles distinctes.

## Des schémas de générateurs BF et d'amplificateurs

Dans ce type d'application, on peut indifféremment faire appel à des générateurs de signaux sinusoïdaux ou rectangulaires, tandis que la stabilité de fréquence n'est pas critique.

La **figure 3** fournit un schéma dit "pont de Wien" utile pour produire un signal sinusoïdal de bonne qualité avec un quelconque amplificateur opérationnel, tandis que le schéma concurrent de la **figure 4** est connu sous le nom d'oscillateur "à déphasage". L'oscillateur en "double T" de la **figure 5** convient tout aussi bien et utilise, d'ailleurs, le même nombre de composants ! La **figure 6** suggère un schéma sensiblement plus simple, mais délivrant une forme d'onde rectangulaire. Cela ne se traduira guère que par une sonorité différente, plus "aigrelette".

Il conviendra d'ajouter à ces schémas les deux condensateurs de liaison (0,47 µF), représentés à la figure 2, et de choisir une fréquence bien audible (par exemple vers 1000 ou 2000 Hz). Il en résulte que les

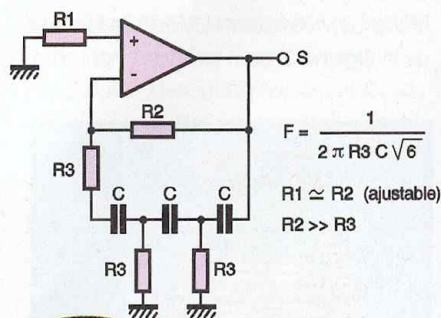


$$F = \frac{1}{2\pi R_3 C} \quad \frac{R_1}{R_2} \approx 1,5$$

(ajustable)

**3**

### Schéma dit "pont de Wien"



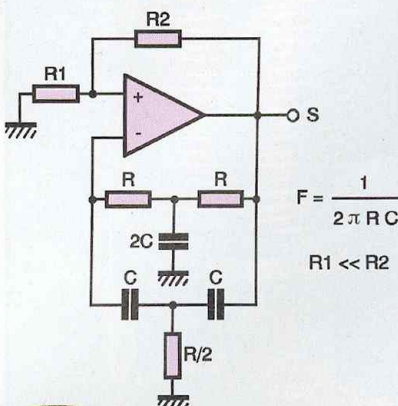
$$F = \frac{1}{2\pi R_3 C \sqrt{6}}$$

$$R_1 \approx R_2 \text{ (ajustable)}$$

$$R_2 \gg R_3$$

**4**

### Schéma d'un oscillateur à déphasage



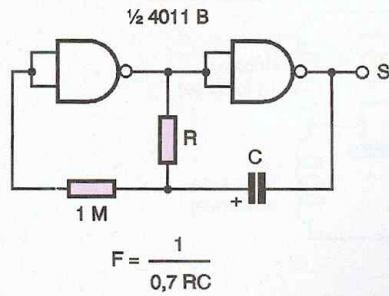
$$F = \frac{1}{2\pi R C}$$

$$R_1 \ll R_2$$

**5**

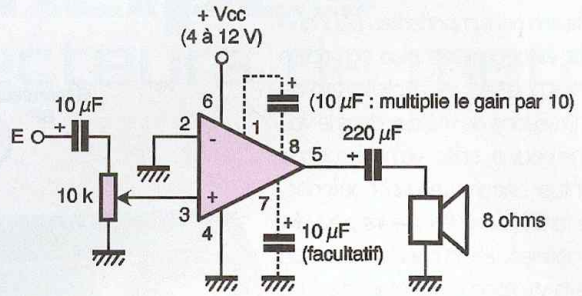
### Schéma d'un oscillateur en "double T"





**6**

**Ce schéma plus simple délivre une forme d'onde rectangulaire**



**7**

**Schéma d'un amplificateur BF**

bobines devront présenter une inductance relativement forte (entre 100 et 200 mH) et, donc, comporter un grand nombre de spires (autour de 500 pour une bobine exploratrice de diamètre 25 cm). Bien qu'un écouteur à haute impédance (piézo-électrique) puisse déjà faire l'affaire pour la détection, il est clair qu'une amplification ne peut qu'augmenter massivement la sensibilité, même si l'on ne souhaite pas utiliser de haut-parleur.

Utilisant un très courant LM 386, le schéma de la **figure 7** peut indifféremment atta-

quer un petit haut-parleur de 8 Ω ou n'importe quel casque à basse ou moyenne impédance (par exemple 600 Ω) avec possibilité de réglage du volume sonore.

Le réglage de zéro ayant été effectué (le silence correspondant à l'équilibrage parfait du pont), l'apparition d'une tonalité pourra signaler soit l'augmentation, soit la diminution de l'inductance de la bobine exploratrice, voire une modification de sa résistance équivalente ou de sa capacité répartie.

Un tel détecteur ne fera donc aucune distinction entre métaux ferreux et non ferreux et pourra souffrir d'un "effet de sol" si sa sensibilité est par trop importante. On pourra donc être amené à retoucher périodiquement l'équilibrage du pont pour ramener le silence. Par contre, les variations de niveau sonore seront très nettes selon que

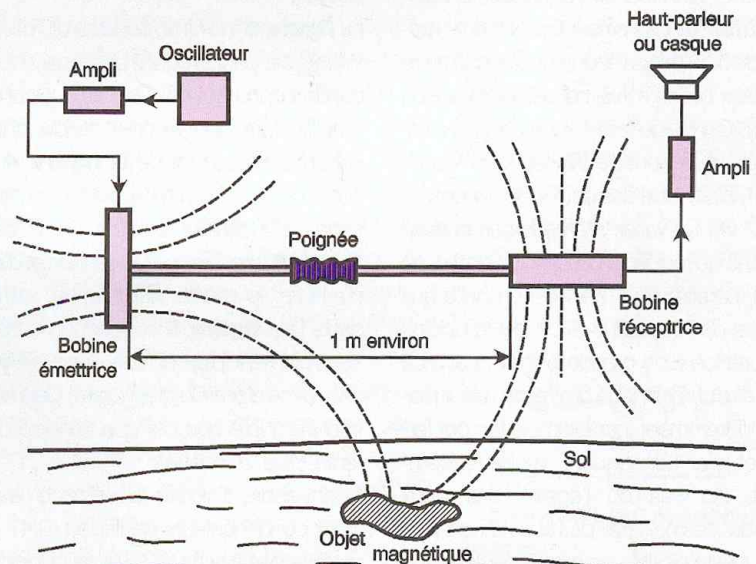
l'on s'approche ou s'éloignera d'une masse métallique, ce qui est favorable à une localisation rapide.

### Les détecteurs à déséquilibre de champ

Utilisant les mêmes circuits électroniques (du moins lorsqu'il est exploité en basse fréquence), ce procédé assez particulier ne fait plus appel aux variations de caractéristiques de la bobine. Il fonctionne par mise en évidence des variations du champ qu'elle reçoit d'une seconde bobine, plus ou moins semblable, mais émettrice ! L'originalité consiste à placer les deux bobines de façon à ce que leur couplage soit aussi réduit que possible et, donc, que la bobine réceptrice capte un signal le plus faible possible. Cela n'est pas sans rappo-



**exemple de bobinage**



**8**

**Mise en évidence du champ rayonné par la bobine émettrice**

ler les cadres ferrite équipant les récepteurs radio PO/GO : dans une position bien précise, la réception de tel ou tel émetteur s'annule pratiquement, phénomène qui est d'ailleurs exploité en radiogoniométrie. Déplaçons donc nos deux bobines, sans modifier leur positionnement relatif, au-dessus de la zone à explorer. La **figure 8** montre comment le champ rayonné par la bobine émettrice va se trouver dévié par tout objet magnétiquement plus perméable que le milieu ambiant et traversera ainsi la bobine réceptrice.

Outre l'amplificateur utilisé pour la mise en évidence du signal reçu, il en faut un second (du même type, d'ailleurs !) entre l'oscillateur audiofréquence et la bobine émettrice, car plus on aura de puissance à son niveau et mieux ce sera.

Bien entendu, les circuits d'émission et de réception seront alimentés par des piles distinctes, afin d'éviter tout couplage parasite par l'alimentation. Dans ces conditions, aucune liaison électrique n'existera entre les équipements disposés aux deux extrémités d'un manche horizontal long d'un mètre environ.

## Les détecteurs à variation de fréquence

Ce principe est particulièrement souple d'emploi et se prête à de multiples variantes autorisant la commande d'indicateurs à aiguille ou à diodes LED, de casques ou de haut-parleurs. Des techniques appropriées permettent aussi d'opérer une distinction entre métaux ferreux et non ferreux, ce qui peut faire gagner un temps précieux lorsque l'on ne s'intéresse que médiocrement aux ferrailles qui pullulent dans les couches superficielles du sol.

La théorie mise en jeu est fort simple, basée sur le fait que la fréquence de résonance d'un circuit accordé "LC" varie avec la valeur de son inductance (et subsidiairement de sa capacité). Tout l'intérêt de la chose est que la valeur de l'inductance augmente si l'on en approche une pièce en métal ferreux, mais diminue en présence d'un métal non ferreux.

Le procédé le plus utilisé (si ce n'est le seul), pour mettre en évidence les variations de l'inductance de la bobine exploratrice, consiste à associer celle-ci à un condensateur C dans un circuit oscillateur HF. Ainsi,

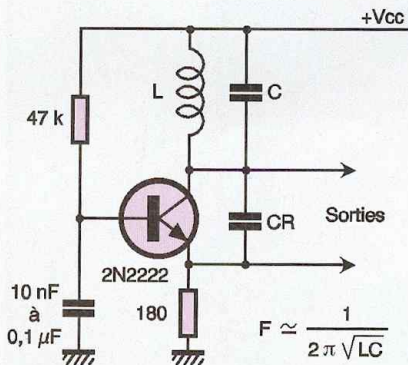
la fréquence de cet oscillateur diminuera en présence d'un métal ferreux et augmentera en présence d'un non ferreux. Qui plus est, l'importance de cette variation de fréquence sera d'autant plus grande que l'on se rapprochera de l'objet.

Bien entendu, l'électronique offre des possibilités très variées pour mesurer les variations les plus infimes de la fréquence d'un tel oscillateur. On choisira même parfois de faire interférer, dans un mélangeur, la fréquence de l'oscillateur d'exploration avec une autre, presque égale, issue d'un générateur de référence. On sait que le résultat d'un tel traitement est de faire apparaître deux fréquences supplémentaires, égales à la somme et à la différence des fréquences incidentes (un "battement hétérodyne", comme on dit en radio !)

Il est, par exemple, tout indiqué de régler les deux oscillateurs de façon à ce que la différence de fréquence avoisine 1000 Hz et soit donc parfaitement audible. Dès lors, une variation très minime de la fréquence de l'oscillateur de la bobine exploratrice entraînera un très net glissement (vers les graves ou les aigus selon la nature du métal détecté) de la fréquence de battement dirigée vers un casque ou un haut-parleur (ce qui n'empêche évidemment pas de prévoir, en plus, un indicateur à aiguille !)

Notons que ce glissement sera d'autant plus important que la fréquence des oscillateurs sera plus élevée. 455 kHz constitue une valeur commode qui permet, notamment, d'utiliser une foule de composants (transformateurs, filtres céramique et même circuits intégrés) normalement conçus pour équiper les récepteurs radio.

Dans certains cas particuliers (recherche de canalisations dans les murs, par exemple)



**9**

**Schéma d'un oscillateur du type "COLPITTS"**

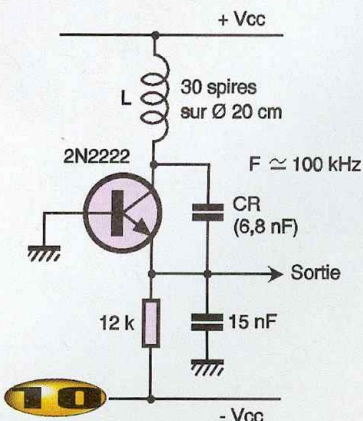
une indication "tout ou rien" est bien suffisante. On se rabat alors volontiers sur des oscillateurs connus pour "décrocher" facilement lorsque leur fréquence s'écarte de la valeur nominale. Un tel arrêt est très facile à détecter et à signaler par l'allumage d'un voyant ou le déclenchement d'un avertisseur sonore. Mais il est également possible de faire appel à un "détecteur de tonalité" genre LM 567 qui signalera, par une information "tout ou rien", toute dérive suffisamment nette de la fréquence de l'oscillateur.

## Des schémas d'oscillateurs HF et de fréquencesmètres

Il existe de très nombreux schémas d'oscillateurs HF qui ont été imaginés pour toutes sortes d'usages en électronique et, tout particulièrement, en radio. En matière de détecteurs de métaux, il faut faire un choix qui restreint fortement le nombre des schémas susceptibles d'être retenus. Il faut, bien évidemment, commencer par éliminer les oscillateurs à quartz dont la fréquence est énergiquement stabilisée. Il est également souhaitable de ne faire appel qu'à des schémas ne nécessitant pas de prise intermédiaire ou d'enroulement secondaire, peu pratiques à prévoir au niveau d'une bobine exploratrice couramment reliée au circuit électronique par un seul câble coaxial.

La **figure 9** s'inspire du très classique oscillateur "Colpitts" et peut être adaptée à des fréquences très diverses : il suffit de jouer sur les valeurs de L et C, sans oublier d'adapter celle du condensateur de réaction CR qui sert à faire entrer l'étage en oscillation.

La variante de la **figure 10** est spéciale-

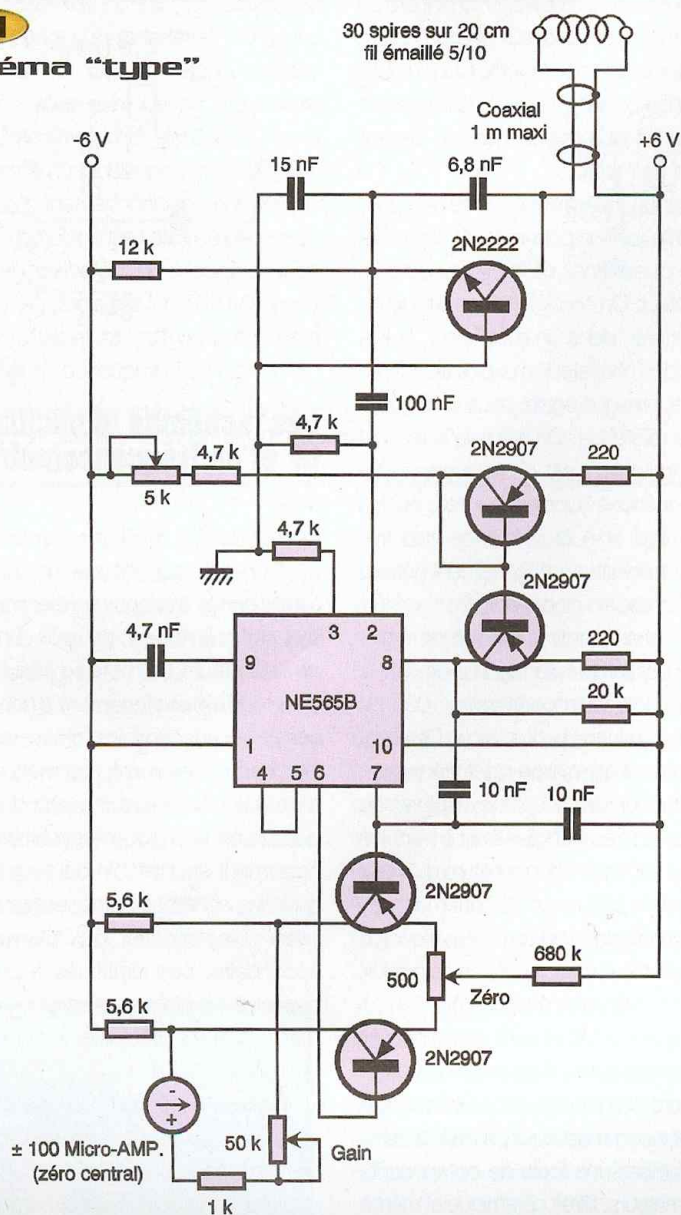


**10**

**Variante pour une fréquence peu différente de 100 kHz**



## Schéma "type"



réalisation artisanale d'une sonde

ment conçue pour fonctionner à la fréquence de 100 kHz, à partir d'une bobine assez facile à réaliser (30 spires seulement, enroulées sur un diamètre de 20 cm). Rien n'interdit, cependant, de modifier les valeurs indiquées pour opérer sur une fréquence différente.

Il s'agit maintenant de mettre en évidence les variations, souvent peu importantes, de la fréquence de l'oscillateur. L'utilisation d'un fréquencemètre numérique serait aussi inconfortable que celle d'un multimètre digital pour régler un maximum ou un minimum, mais on pourrait très bien imaginer un système à microcontrôleur (genre PIC) commandant un dispositif de visualisation tel qu'un bargraph ou, après conversion numérique/analogique, un simple galvanomètre.

Mais il existe également des quantités de schémas de convertisseurs fréquence/tension 100 % analogiques pouvant aisément conduire au même résultat.

La **figure 11** fournit ainsi un schéma "clef en main", bâti autour de l'oscillateur de la figure 10, et utilisant un NE 565 (ou LM 565) comme convertisseur fréquence/tension.

Ce composant, très courant, appartient à la famille des "PLL" (Phase Locked Loop), c'est-à-dire des systèmes à verrouillage de phase. Il se compose d'un VCO (Voltage Controlled Oscillator), autrement dit d'un oscillateur commandé par une tension, associé pour la circonstance à un comparateur de phase.

Ce dernier est monté de façon à asservir la fréquence (et même la phase, d'ailleurs !) du VCO à celle du signal d'entrée de la boucle PLL (lui-même issu de l'oscillateur équipé de la bobine exploratrice).

La tension d'entrée du VCO étant, par définition, fonction de sa fréquence d'oscillation, le convertisseur tension/fréquence fait ainsi bel et bien office de convertisseur fréquence/tension ! Dès lors, un circuit relativement simple (amplificateur différentiel à deux transistors) suffit pour commander un galvanomètre à zéro central qui renseignera avec une grande sensibilité sur les variations, en plus ou en moins, de la fréquence de résonance de la bobine exploratrice (discrimination ferreux / non ferreux).

## Calcul et réalisation des

## bobinages

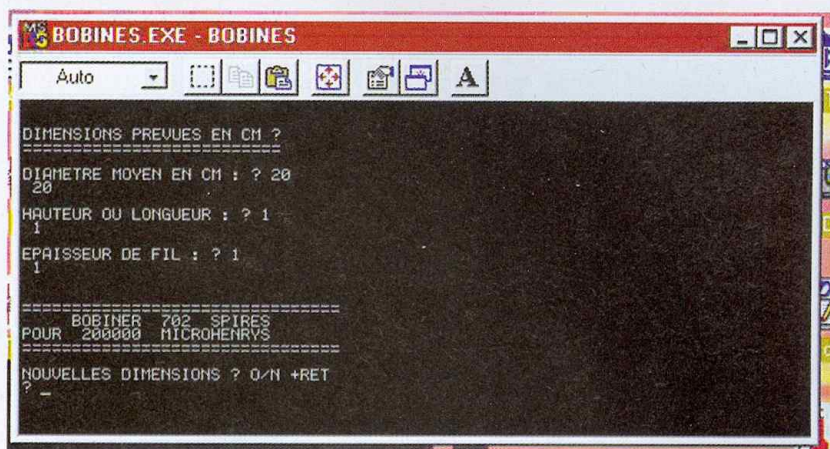
Les bobinages ont toujours été la "bête noire" de bien des électroniciens. Tout est pourtant si simple si l'on veut bien considérer que l'inductance est tout simplement proportionnelle au carré du nombre de spires ! Le coefficient par lequel il faut multiplier  $N^2$  s'appelle "l'inductance spécifique" du noyau.

Dans le cas d'un pot ferrite, par exemple, dont l'inductance spécifique serait 100 nH/sp<sup>2</sup>, bobiner 200 spires conduirait à une valeur d'inductance de  $200 \times 200 \times 100$  nH, soit 4000 µH (ou 4 mH), mais on atteindrait 100 mH avec 1000 spires.

Les choses se corsent lorsque le bobinage est exécuté "sur air" (autrement dit sans aucun noyau magnétique), car le coefficient d'inductance spécifique dépend étroitement des caractéristiques géométriques de l'enroulement (diamètre, bien sûr, mais aussi hauteur et épaisseur).

Afin de simplifier au maximum la conception de bobines exploratrices d'inductance donnée, nous avons développé un petit logiciel (BOBINES.EXE) qui peut d'ailleurs également servir pour les bobinages sur ferrite (la constante d'inductance spécifique étant alors indiquée par le fournisseur).

Prenons donc un exemple : soit à réaliser une bobine exploratrice de diamètre 20 cm et de 200 mH. Si on utilise du fil émaillé suffisamment fin, on peut estimer que la couronne bobinée (par exemple autour d'une casserole !) ne dépassera pas une section d'un centimètre carré. Cela nous permet de prendre 1 cm comme valeur de



 copie d'écran du logiciel bobines.exe

hauteur et d'épaisseur.

Entrées dans le programme, ces données conduisent immédiatement à un résultat de 702 spires. Il est alors possible d'essayer "juste pour voir" des variantes dimensionnelles. 5 mm au lieu de 10 pour l'épaisseur et la hauteur de l'enroulement mèneraient ainsi à 659 spires, soit un écart de 7%, du même ordre de grandeur que les tolérances usuelles des composants passifs. Avec un diamètre de 30 cm, par contre, c'est seulement 550 spires qu'il faudrait bobiner, soit près de 30% de moins !

La valeur de l'inductance n'est pas le seul paramètre sur lequel joue le diamètre d'une bobine exploratrice. Outre des questions évidentes d'encombrement, il faut savoir que la portée de détection est généralement d'autant plus grande que le diamètre de la bobine est important. En revanche, plus la bobine est grande et moins bonne est la sensibilité aux objets

de petite taille.

Un modèle de détecteur "semi-professionnel" (sic.), très répandu dans le commerce par exemple, ne peut guère détecter une pièce de 2 € qu'à 5 cm, le diamètre de sa bobine étant de 16,5 cm. Il ne serait donc pas aberrant de réaliser, pour un même détecteur, plusieurs bobines de diamètres différents, mais présentant toutes la même valeur d'inductance (en variant, par conséquent, les nombres de spires). Moyennant une connectique appropriée, il serait alors possible de choisir telle ou telle bobine de détection en fonction du type de recherche à effectuer : des pièces de monnaie à quelques centimètres ou bien des objets de grande taille à quelques dizaines de centimètres.

P. GUEULLE

## La "chasse aux trésors"

Assimiler un simple détecteur de métaux à un "détecteur de trésors" est le plus sûr moyen d'aller au devant de grosses désillusions. S'il est certain qu'un matériel approprié augmente sérieusement les chances de succès en terrain favorable, il faut également compter avec les innombrables ferrailles sans intérêt qu'une recherche aléatoire ne manquera pas de mettre à jour.

### Qu'est-ce qu'un trésor ?

Vaste question, en vérité ! Bien que de colossales fortunes dorment certainement au fond des océans et, dans une moindre mesure, à peu de profondeur sous la surface du sol, très minces sont les chances de tomber par un heureux hasard sur un endroit propice, autrement qu'au terme de très sérieuses recherches

documentaires.

Les chercheurs professionnels passent invariablement des mois, ou même des années, à aller de bibliothèques en dépôts d'archives avant de se rendre sur le terrain avec des chances raisonnables de succès.

On peut cependant entendre par "trésor" des objets anciens qui, autrefois, étaient considérés comme sans valeur, voire comme des rebus. De nos jours, ceux-ci peuvent présenter (après nettoyage !) un intérêt décoratif, voire une valeur marchande non négligeable. Il peut s'agir d'armes, d'outils agricoles, d'ustensiles ménagers, qui pullulent parfois à la campagne à seulement quelques centimètres de profondeur. Bien souvent, ils comportent des parties métalliques relativement massives et seront donc repérables par tout bon détecteur de métaux, si possible capable de faire la distinction entre métaux ferreux et non ferreux. Ces derniers

sont, en général (mais pas systématiquement), les plus dignes d'intérêt même s'il ne s'agit ni d'or ni d'argent...

### Les sites favorables

Dans certains cas, ce n'est pas directement l'objet intéressant que l'on détectera, mais bel et bien son contenant, voire d'autres corps métalliques qui l'environnent. Il peut donc être intéressant de mettre en évidence les facteurs favorables que sont les cavités souterraines (remblayées ou non), les soubassements d'anciennes constructions, etc. A ce stade, le détecteur de métaux ne sera évidemment pas l'arme absolue et ne devra, en tout cas, pas être utilisé à tort et à travers sans recherches préliminaires par d'autres moyens plus grossiers, mais également plus rapides.

Avant de se mettre en campagne, il faut bien comprendre que les chances de tomber sur un objet digne d'intérêt ne sont suffisamment nombreuses que dans des zones bien précises et souvent peu étendues. Faute d'avoir dégrossi préalablement les recherches, l'exploration au détecteur du premier lopin de terre venu risque de se révéler plutôt décevante...

Bien entendu, il faudra toujours se préoccuper de la possibilité légale d'effectuer de telles fouilles sur une propriété privée ou sur le domaine public. Le plus sûr sera évidemment de se limiter, du moins au début, à ses propres propriétés ou à celles de personnes dont on aura auparavant recueilli le consentement (sans oublier que les terrassements à effectuer à chaque fois que le détecteur repère une ferraille sans intérêt peuvent rapidement dévaster une pelouse...)

### La recherche documentaire

Le critère essentiel qu'il s'agit de mettre en évidence est naturellement l'existence, dans le passé, d'habitations aujourd'hui disparues et dont il peut fort bien ne subsister aucune trace visible. Selon les axes de recherche que l'on se fixe, une telle recherche

documentaire peut être redoutablement fastidieuse ou, au contraire, passionnante.

Les archives publiques (mairies, cadastre, bibliothèques) ou privées peuvent receler des documents de première importance (plans, cartes, photos d'époque). Dans tous les cas, des rapprochements seront indispensables avec des documents contemporains tels que les cartes topographiques au 1/25000ème. Parfois, une conversation avec des personnes âgées ayant connu les lieux à l'époque fera gagner un temps précieux.

### L'examen des reliefs du sol

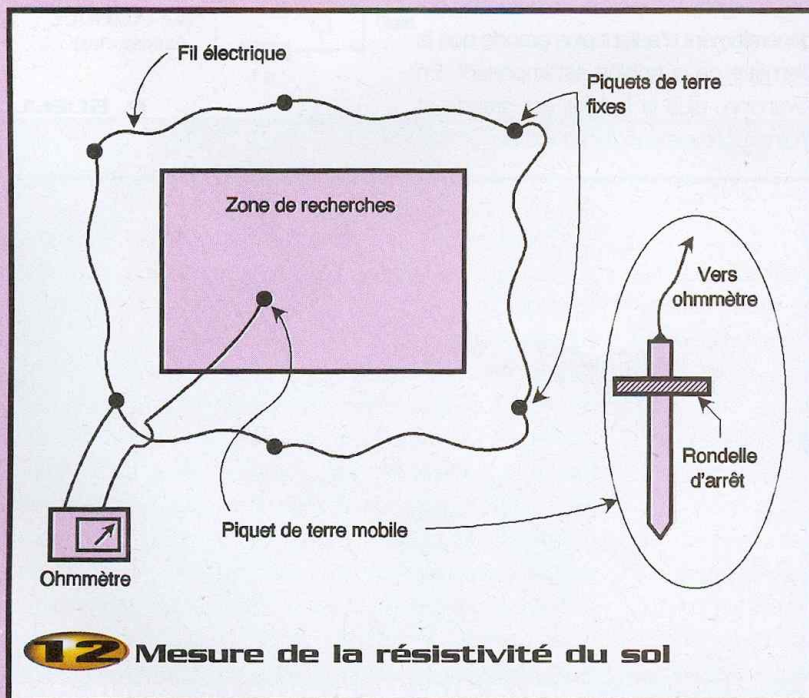
Bien souvent, les "trésors" que l'on se propose de déterrer ont été enfouis volontairement, soit afin de les camoufler, soit tout simplement pour s'en débarrasser. Cependant, tout terrassement laisse des traces dans la structure du sol : le tassement qui se manifeste après-coup finit par se traduire par des creux assez nets que l'on ne s'est pas forcément donné la peine de niveler par la suite. Inversement, les soubassements d'anciennes constructions (qui pouvaient par ailleurs comporter une cave) résistent aux tassements de terrain et finissent par apparaître en léger relief, reproduisant assez nettement les contours du bâtiment.

Des creux ou des reliefs d'une amplitude de quelques centimètres ne sont pourtant pas toujours faciles à mettre en évidence. Ils s'accompagnent, en revanche, souvent de différences subtiles de perméabilité (et donc d'humidité) du sol, ce qui peut permettre un repérage d'après la vigueur ou même la nature, de la végétation (notamment après une période très sèche ou une simple tonte de gazon).

### Les mesures de résistivité du sol

Plus un sol est humide et plus il est conducteur. Il peut donc être intéressant de repérer les zones présentant une anomalie de résistivité, pouvant très bien trahir une particularité du sol échappant à l'examen visuel. Il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des moyens bien complexes pour procéder à ce genre de dépistage : quelques piquets métalliques seront enfoncés le long du pourtour de la zone à explorer et raccordés par une liaison "équipotentielle" comme le montre la

**figure 12.** Un ohmmètre très ordinaire sera alors branché entre celle-ci et un piquet mobile, muni d'une rondelle d'arrêt garantissant son enfoncement à une profondeur répétable (environ 10 cm). Cette sonde sera piquée successivement en différents points de la zone ceinturée par l'équipotentielle dans laquelle on s'efforcera de trouver des endroits présentant une anomalie de résistivité. Il ne restera plus qu'à soumettre ceux-ci, ultérieurement, au détecteur de métaux, avec des chances de succès vraisemblablement accrues.



**12** Mesure de la résistivité du sol

# Panorama des détecteurs de métaux

La recherche dans le sol et le sous-sol a toujours beaucoup attiré les amateurs. Il est vrai que cela constitue, sans parler du but lucratif de la chose, un passe temps passionnant car l'on ne peut prévoir à l'avance ce qui pourra être découvert.



Avant de présenter une gamme de détecteurs qui va du modèle de base au modèle professionnel, il serait bon de préciser quelques termes techniques qui ne sont pas obligatoirement connus de tous... Ainsi, que signifient pour le néophyte, les expressions «tous métaux», «discrimination» ou bien encore «effet de sol» ?

Les détecteurs tous métaux, comme leur nom l'indique, détectent tous les objets métalliques, qu'ils soient ferreux ou non-ferreux. On peut alors tout aussi bien trouver une boîte de conserve qu'un lingot d'or. C'est là qu'intervient le discriminateur, circuit électronique qui permet de faire la différence entre les métaux. En principe, à l'écoute, un métal ferreux diminue la fréquence tandis qu'un métal non-ferreux l'augmente. Tout cela serait simple si l'effet de sol n'entraînait pas en jeu. En effet, un sol fortement minéralisé entraîne un effet parasite qui fausse les résultats des recherches. Le détecteur fournit des signaux instables et permanents même si aucun objet métallique n'est enfoui dans le sol.

## Quelles sont les performances que doit présenter un bon détecteur ?

- la puissance qui est un critère important,
- une discrimination très précise,
- une correction polyvalente de l'effet de sol,
- une grande stabilité des signaux de sortie.

Pour conclure cette brève présentation, signalons deux modes de recherche : le mode statique qui permet un ciblage de l'objet, sans avoir à balayer la surface avec le disque de détection, et le mode dynamique qui corrige l'effet de sol, mais qui nécessite un balayage constant de la surface de recherche. Signalons que le mode statique est en général «tous métaux» sans discrimination mais apporte la correction de l'effet de sol.

La société **VELLEMAN** propose un large éventail de modèles de détecteurs, allant du plus simple au plus complet. Nous vous présentons quelques modèles représentatifs de la gamme.

Le **CS220** est le détecteur idéal pour les débutants :

- tête de détection ISOCON étanche Ø 25 cm,
- facile à assembler,

- deux réglages pour une sensibilité optimale,
- alimentation par deux batteries de 9V,
- sortie casque,
- son poids est de 850 grammes,

**Son prix : 181,00 € T.T.C.**

Le **CS100**, modèle de base, permet la détection de pièces de bijoux, d'or et d'argent dans pratiquement tous les types de sol. Il est équipé de :

- sortie casque,
- vumètre,

- sa tête de détection est étanche,
- la tige est réglable,
- il nécessite 3 piles de 9V pour son alimentation,

*(non représenté)*

**Son prix : 49,50 € T.T.C.**

Le **CS150**, plus élaboré, possède une discrimination audio :

- détection de pièces, de bijoux, d'or et d'argent dans presque tous les types de sol,
- trois tonalités de discrimination audio,

- sortie casque,
- vumètre,
- tête Ø 20 cm étanche,
- 3 piles de 9V l'alimentent,

*(non représenté)*

**Son prix : 98,00 € T.T.C.**

Les modèles que nous vous décrivons maintenant sont plus performants et professionnels, tel le **CS330** qui est un modèle pour débutants :

- circuit de discrimination de débris,
- ré-accord automatique,

- haut-parleur avec sortie casque,
- longueur réglable de la tige,
- tête de détection ISOCON,
- design léger mais robuste,
- alimentation par deux piles de 9V,

**Son prix : 235,00 € T.T.C.**

Le **CS5MXP** est le choix du professionnel :

- utilisable pour chaque type de sous-sol,
- circuit d'amplification MOTION,
- réponse rapide et couverture maximale du sol,
- opération automatique,
- résiste aux poussières et à l'humidité,
- tête de détection SUPERLITE Ø 25 cm ,
- localisation de l'objet cible par bouton-poussoir,
- vumètre,
- mode de détection tous

Le **CS9000** est le modèle professionnel pour la détection de tous les métaux.

C'est le détecteur de métaux le plus agréable d'emploi de sa classe :

- détection d'objets volumineux jusqu'à 3 m de profondeur,
- antennes blindées haute performance,
- construction légère et durable en métal,
- le contrôle des piles donne des informations sur leur condition de charge,

Le **CSR1** est remarquable par les perfectionnements qui lui ont été apportés :

- pilotage électronique CASSY qui lui assure une bonne performance en détection continue,
- afficheur LCD rétro-éclairé,
- discrimination sur la plage de détection entière et affichage sur l'écran,
- discrimination avec tonalité
- fonction d'apprentissage (LEARN) : l'objet cible est accepté ou rejeté,

Le **CS6PI** est le spécialiste des plages :

- électronique de mouvement MOTION PI à réponse ultrarapide,
- tête de détection SUPERLITE évidée Ø 25 cm,
- opération automatique et sensibilité réglable,

Le **CS7UMD** sera utilisé pour la détection sous-marine :

- système stabilisé d'indication d'impulsions perfectionné pour un usage sous-marin,
- boîte de contrôle étanche et très robuste qui peut être démontée et fixée à la ceinture,
- réglages pour le seuil de détection et de la fréquence d'impulsions,
- affichage LED à haute intensité pour l'intensité du signal et l'état de charge

métaux et mode BOOST qui est un accélérateur de performances,

- haut-parleur incorporé et sorties pour haut-parleur et chargeur de batteries,
- discrimination audible/silencieuse au moyen de deux canaux et sur la plage de détection entière,
- indication claire de l'intensité du signal et de l'état de charge des batteries,
- alimentation par 8 batteries LR6 non fournies,

**Son prix : 990,00 € T.T.C.**

- vumètre d'intensité du signal,
- ré-accord automatique par bouton-poussoir,
- système MOTION automatique à deux vitesses,
- correction de l'effet de sol pour une profondeur de détection optimale dans chaque type de sous-sol,
- dépistage d'anomalies (tunnels, puits, etc.),
- alimentation par 6 piles LR6 non incluses,

**Son prix : 1370,00 € T.T.C.**

- nouvelle boîte de contrôle légère,
- résiste aux poussières et à l'humidité,
- possibilité de mémoriser et de rappeler certaines données,
- 3 fréquences d'opération
- localisation de l'objet cible,
- moniteur pour l'état de charge des piles,
- ré-accord automatique,
- haute sensibilité grâce au gain CA/gain CC,
- tête de détection POLO légère et fine,
- alimentation par huit piles LR6 non incluses,

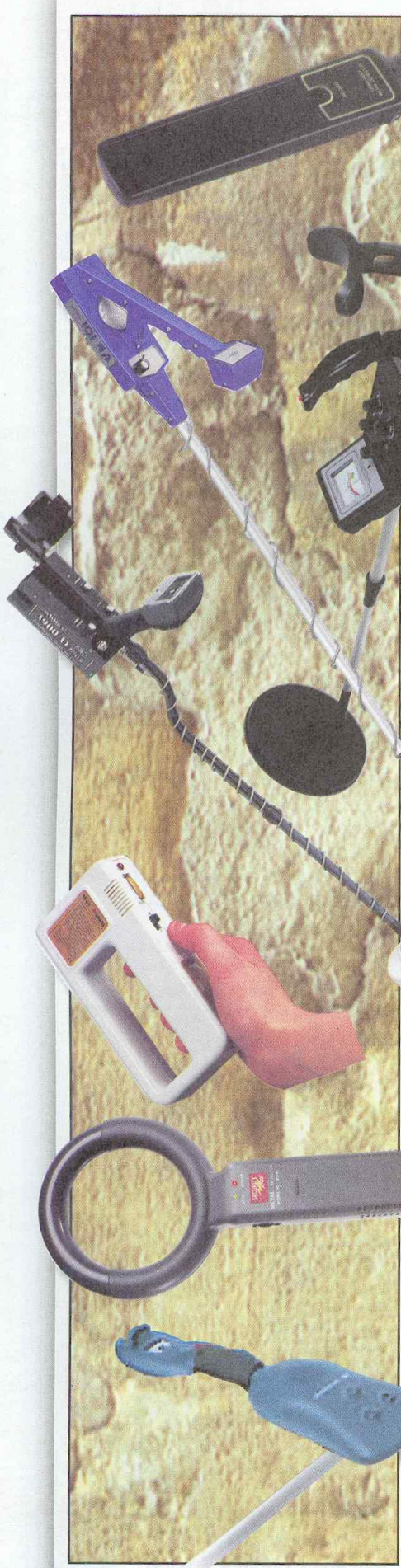
**Son prix : 1400,00 € T.T.C.**

- fréquence des impulsions réglable,
- affichage bien lisible de l'intensité du signal,
- indicateur de l'état de charge de la batterie,
- haut-parleur incorporé, sortie casque, entrée pour chargeur,
- modèle léger mais robuste,

**Son prix : 1040,00 € T.T.C.**

- de la batterie,
- alimentation par huit piles LR6, basse consommation,
- casque d'écoute léger et étanche,
- montage léger avec tige en fibre de verre facile à nettoyer,
- tête rigide avec une flottabilité légèrement négative,
- canne/poignée et écrous de fixation en acier inox,
- compartiments complètement séparés pour les batteries et les composants électroniques,
- flottabilité de l'appareil légèrement positive dans sa totalité,
- basse consommation de courant,
- alimentation par 8 batteries LR6 non incluses,

**Son prix : 1480,00 € T.T.C.**



La société **VELLEMAN** propose également un détecteur de métaux pour l'industrie de la protection.

Le **CS10MD** est un détecteur de métaux de haute qualité dont les applications typiques sont le contrôle des personnes et de leurs bagages (possession d'armes offensives), la protection des frontières et des aéroports, le contrôle des lettres et des colis et, en général, fouiller tout endroit où il faut dépister

des métaux.  
 Ses caractéristiques sont les suivantes :  
 - fréquence de travail de 22 kHz,  
 - alimentation par une pile 9V non incluse,  
 - tension de travail comprise entre 7V et 9V,  
 - courant de travail inférieur à 50 mA,  
 - température de fonctionnement comprise entre -5°C et +55°C,  
 - poids de 280 grammes,  
 - dimensions : 395x68x32 mm,  
**Son prix : 45,00 € T.T.C.**

Une autre société, **CONRAD**, propose également plusieurs modèles de détecteurs de métaux non moins performants. Le premier est un modèle de base avec discriminateur (référence **7211 570-31**). Il détecte les pièces, les bijoux, l'or et l'argent dans presque tous les types de sous-sols. Ses

caractéristiques :  
 - discrimination audio à trois tonalités,  
 - sortie casque, - vumètre,  
 - tête de détection étanche Ø 20 cm,  
 - tige réglable,  
 - alimentation par 3 piles de 9V non incluses,  
**Son prix : 84,90 € T.T.C.**

Le **WHITE'SAF 101** est un détecteur de métaux proposé à un prix intéressant, utilisé pour le repérage de pièces de monnaie et bijoux perdus. Ses caractéristiques :  
 - tige télescopique,  
 - sonde de détection étanche Ø 15 cm,  
 - haut-parleur,

- sortie casque,  
 - alimentation par 6 piles de 1,5V qu'une pile de 9V non incluses,  
 - poids de 1 kilogramme,  
 - profondeur de détection de 60 cm maximum et de 12 cm pour une pièce de monnaie seule,  
**Son prix : 175,00 € T.T.C.**

Le **3900 PRO** qui a fait ses preuves dans le monde entier. Il est doté du système ALL-METAL/DISC qui est un filtrage non gradué des pièces métalliques de petite et de moyenne taille. Ses caractéristiques :  
 - afficheur avec voyant de contrôle des piles,

- haut-parleur,  
 - sortie écouteurs,  
 - 2 tiges télescopiques,  
 - canne/poignée,  
 - sonde étanche Ø 21 cm ,  
 - profondeur de détection maximum de 140 cm,  
 - alimentation par 6 piles de 1,5V,  
**Son prix : 469,90 € T.T.C.**

La société **CONRAD** propose également un détecteur de métal et de tension, le modèle **MV9**. Il permet de localiser des pièces métalliques et des câbles cachés dans les murs. Il est équipé de deux réglages : en position M, l'appareil cherche des pièces

métalliques ferreuses mais également des métaux non ferreux ; en position S, seuls les câbles sous tension sont signalés. Son alimentation nécessite une pile de 9V qui est fournie.  
**Son prix : 23,90 € T.T.C.**

Détecteur de métaux "**SECURITY PLUS**"  
 Ce détecteur portable à haute sensibilité se destine à la détection des objets métalliques et des objets conducteur d'électricité. Ergonomique et léger, il s'adresse particuliè-

rement aux services de sécurité, qui ont à opérer des fouilles au corps, et aux entrepreneurs des bâtiments puisque ce modèle détecte les câbles électriques emmurés.  
**Son prix : 29,90 € T.T.C.** (livré sans piles)

Le **PROSPECTOR 100**  
 Cet appareil, proposé par **ACCELdis**, est un nouveau détecteur de métaux très sensible et sophistiqué qui peut détecter des métaux ferreux et non-ferreux. Il est étanche pour des recherches sous l'eau. Très léger et maniable, son nouveau

design permet une utilisation facile et sans fatigue. Il comprend un écran avec aiguille, un pupitre avec 6 rangées de témoins lumineux de détection et 3 niveaux sonores de détection  
 Référencé : 499.901  
**Son prix : 98 € TTC**

Comme on le constate, il existe sur le marché une multitude de modèles de détecteurs de métaux, commercialisés à des prix, somme toute, abordables. Tout dépend de l'utilisation à laquelle l'acheteur destine son appareil... **Attention : respectez la loi n° 89-900 de 18 décembre 1989 relative à l'utilisation des détecteurs de métaux.**



## 3ème concours de robotique



Le robot "Miam Miam Shots" et son concepteur, vainqueur de l'édition 2001

Les magazines "Électronique Pratique" et "MICROS & ROBOTS", organisateurs de leur 3ème concours de Robotique dans le cadre du Salon EDUCATEC, invitent leurs aimables lecteurs à assister à l'édition 2002 qui se déroulera le

**samedi 23 novembre  
de 12h30 à 17h**

**à Paris/Porte de Versailles - Hall 7/1 -  
Salon Educatec - Agora 1.**

Vous pouvez également venir rencontrer les membres de l'équipe de votre magazine sur son stand situé : Educatec - Allée G - stand 303  
À très bientôt

*\* voir l'invitation gratuite page 80 de ce magazine vous donnant l'accès libre au salon*

## Concours de Robotique 2002, 3ème édition Compléments

Suite aux interrogations légitimes des participants au prochain concours de robotique Electronique Pratique / MICROS & ROBOTS, voici quelques compléments qui précisent certains points de détails.

### Le départ

Le départ se fait devant chaque enclos, en dehors de celui-ci, mais plaqué contre lui et à cheval sur la ligne noire.

Il n'est donc pas nécessaire de sauter la barrière de l'enclos de départ.

### Les balles

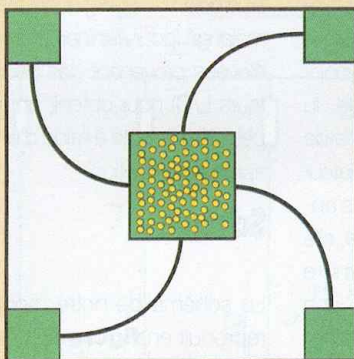
Les balles sont de couleur orange et blanche et leur diamètre sera de 38mm et 40mm. Le nombre de balles sera suffisant pour presque remplir l'enclos central.

### Les inscriptions

Il est possible de s'inscrire dans les deux catégories à la fois mais une

seule fois, soit deux robots au maximum.

D'autre part, il est possible de s'inscrire dans la catégorie des robots marcheurs [B] avec un système non programmable.



### Les balises (catégorie B)

Les balises seront placées par chaque participant avant le début de la partie. La balise placée dans l'enclos central ne devra pas perturber

les autres robots. En conséquence de quoi, l'arbitre, après discussions avec tous les participants de la rencontre, pourra demander de déplacer la balise.

### Les couleurs

L'aire de jeu, l'enclos central et les quatre enclos sur les côtés sont peints en blanc. Les quatre pistes sont réalisées avec de l'adhésif noir de 19mm de large. Les balles de ping-pong sont de deux couleurs : orange et blanche.

Le règlement et la fiche d'inscription ainsi que les dates et le lieu de déroulement du concours peuvent être trouvés et téléchargés sur notre site internet :

[www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com),  
rubrique Micro&Robots

F. GIAMARCHI  
[giamarchi@iut-nimes.fr](mailto:giamarchi@iut-nimes.fr)

# Mini détecteur de métaux



Sans vouloir rivaliser avec les équipements du commerce, il est possible de fabriquer soi-même un petit détecteur de métaux permettant de s'initier à la chasse aux trésors à moindre frais. Le montage que nous vous proposons ici ne nécessite que quelques composants très courants, que vous avez sûrement déjà dans vos fonds de tiroir, moyennant d'accepter l'idée de réaliser deux bobines.

La première des bobines à réaliser est, bien évidemment, celle qui servira d'antenne à notre détecteur, tandis que la seconde servira à l'accord de la fréquence de référence. Ne vous laissez pas rebuter par la réalisation des bobines car, comme nous le verrons un peu plus loin, le montage est assez tolérant. D'ailleurs, il n'y a qu'à regarder les photos pour s'en convaincre (on ne peut pas dire que l'auteur se soit beaucoup cassé la tête pour réaliser la bobine d'accord).

Le principe retenu pour notre détecteur de métaux est des plus classiques, comme le démontre le synoptique de la **figure 1**. L'antenne du détecteur détermine la fréquence de fonctionnement d'un banal oscillateur L/C. Si une masse métallique s'approche de la bobine de l'antenne, elle modifie l'impédance de cette dernière entraînant, du même coup, une modification plus ou moins importante de la fréquence d'accord de l'oscillateur L/C. Un deuxième oscillateur L/C est accordé à une fréquence très proche de celle du premier oscillateur lorsque l'antenne est dans l'air et suffisamment éloignée de toute masse métallique. Si l'on mélange les

signaux produits par les deux oscillateurs L/C, on obtient un signal dont le spectre contient la fréquence de battement des deux oscillateurs. Si l'antenne passe à proximité d'une masse métallique, la fréquence d'accord de l'oscillateur principal va changer, entraînant une variation de la fréquence de battement du signal mélangé. Tout le but du jeu consiste à accorder le deuxième oscillateur de telle sorte que la fréquence de battement obtenue se situe dans la partie audible du spectre. Ensuite, il ne reste plus qu'à filtrer énergiquement le signal mélangé (pour éliminer les fréquences élevées provenant des deux oscillateurs L/C) pour obtenir un signal qui peut être écouté à l'aide d'un casque après amplification.

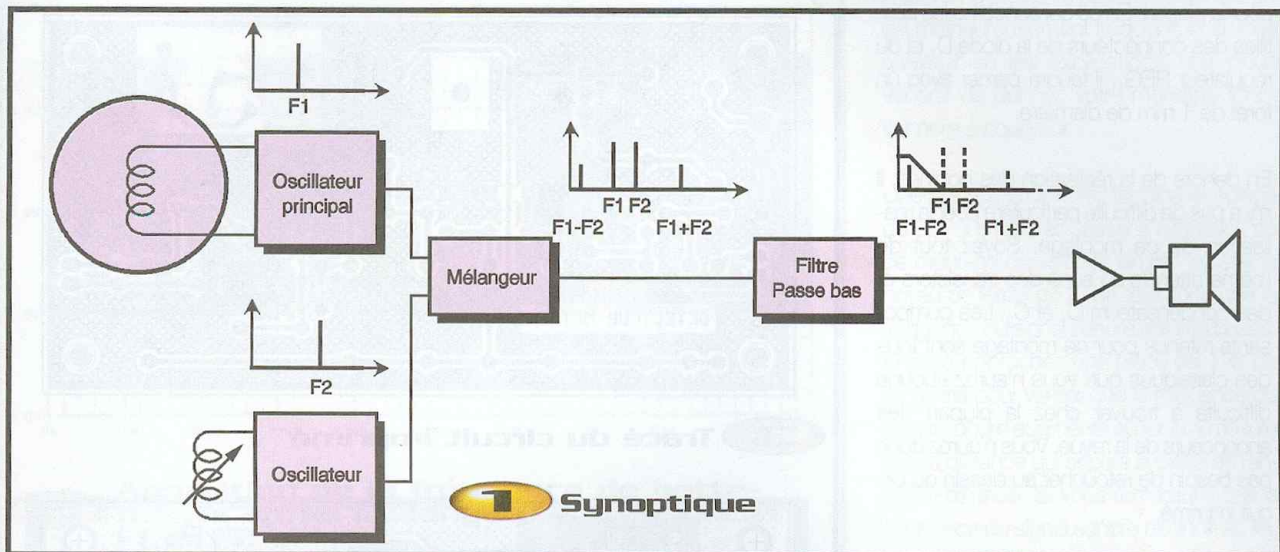
## Schéma

Le schéma de notre montage est reproduit en **figure 2**. L'oscillateur principal est articulé autour du transistor  $T_1$ . La fréquence de travail de cet oscillateur ( $F_1$ ) est imposée par  $C_3$ ,  $C_5$  et l'antenne qui sera raccordé à  $CN_2$ . Quant à l'oscillateur secondaire (fréquence  $F_2$ ), il est articulé autour de  $T_2$ . Les deux oscillateurs

vont être accordés à une fréquence proche de 120 kHz. Les résistances  $R_{10}$  et  $R_{11}$  permettent de prélever les signaux produits par les deux oscillateurs afin de procéder au mélange via le courant de base injecté dans  $T_6$ .

La tension qui apparaît aux bornes de  $R_3$  est donc l'image des deux signaux mélangés. Si vous observez le signal obtenu à l'aide d'un oscilloscope, vous pourrez apercevoir un signal d'une fréquence de 120 kHz modulé en amplitude à la fréquence de battement ( $F_3 = |F_1 - F_2|$ ). Les condensateurs  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  et  $C_{12}$  vont filtrer fortement la fréquence principale du signal (120 kHz) pour ne laisser finalement apparaître aux bornes de  $R_6$  que la partie basse du spectre qui le compose.

A ce niveau, le signal obtenu est un signal audible qu'il ne reste plus qu'à amplifier grâce aux transistors  $T_3$  et  $T_4$ . Le signal amplifié servira à attaquer un casque audio équipé de petits haut-parleurs de  $32 \Omega$ , via  $CN_3$ . La résistance  $R_5$  sert à limiter le niveau sonore du signal imposé aux écouteurs. Nous n'avons pas prévu de réglage du niveau sonore pour ce montage, mais si vous le souhaitez,



**1 Synoptique**

vous pourrez remplacer  $R_9$  par une résistance de  $100 \Omega$  après quoi vous n'aurez plus qu'à monter un potentiomètre de  $10 \text{ k}\Omega$  en série avec  $CN_3$ .

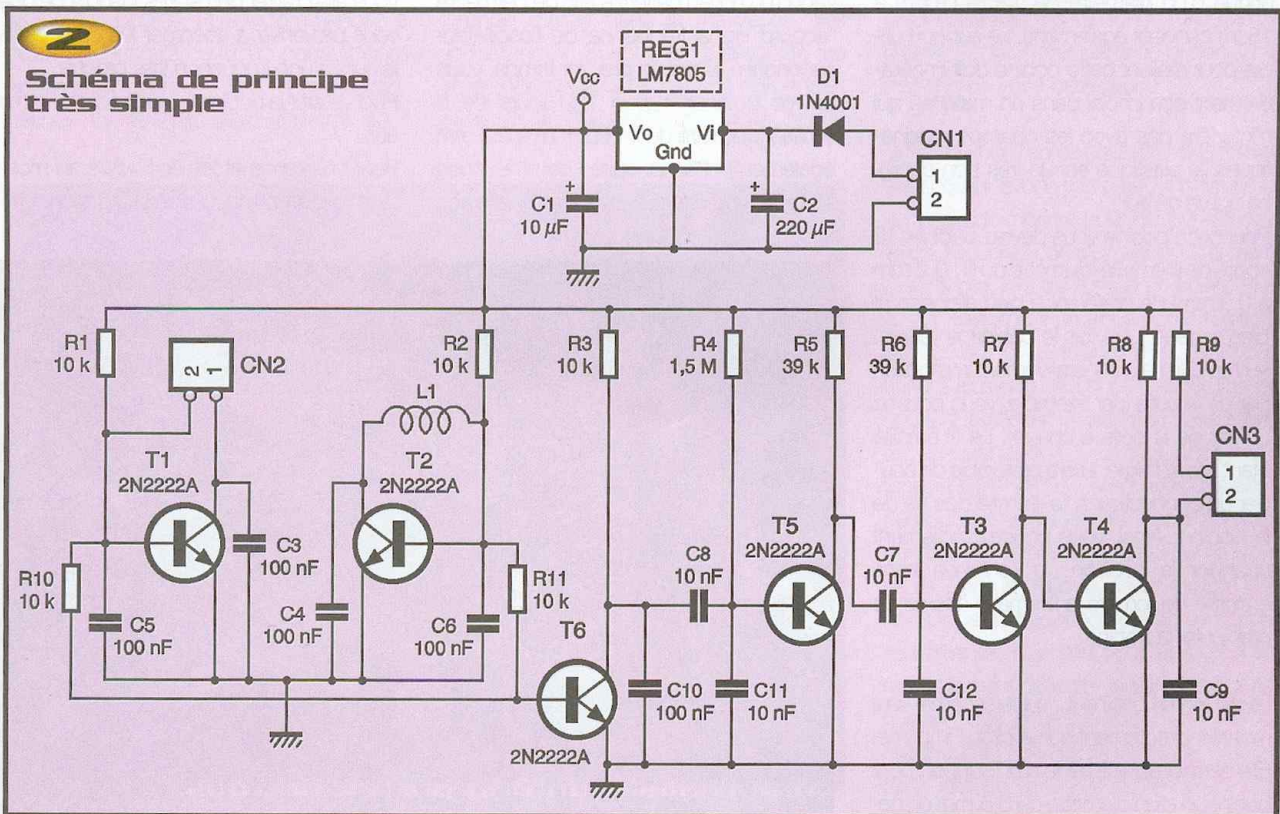
Ce montage sera alimenté par une petite pile de 9VDC connectée sur  $CN_1$ . La diode  $D_1$  permet de protéger le montage contre les inversions du connecteur d'alimentation. Le fonctionnement de ce montage est particulièrement sensible aux variations de la tension d'alimentation. En effet, la fréquence d'accord des deux oscillateurs L/C varie légèrement avec la tension d'alimen-

tation ce qui, à priori, ne semble pas très grave. Cependant, puisque le fonctionnement de notre montage repose sur l'analyse de la différence de fréquence des deux oscillateurs, la moindre variation se fera tout de suite entendre, ce qui pourrait être confondu avec la détection d'une masse métallique. Nous avons donc fait appel à un régulateur LM7805 pour vous épargner ce genre de désagréments. Il existe, cependant, une deuxième source importante de dérive de la fréquence de battement. Il s'agit des conditions d'environnement de l'inductance  $L_1$  qui sert à accorder

l'oscillateur secondaire. En effet, l'impédance de cette inductance est, elle aussi, sensible aux champs magnétiques et il faudra prendre des précautions particulières lors de sa mise en œuvre, comme nous le verrons un peu plus loin.

**Réalisation**

Le dessin du circuit imprimé de ce montage est visible en **figure 3**. La vue d'implantation associée est reproduite en **figure 4**. Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre,



**2 Schéma de principe très simple**

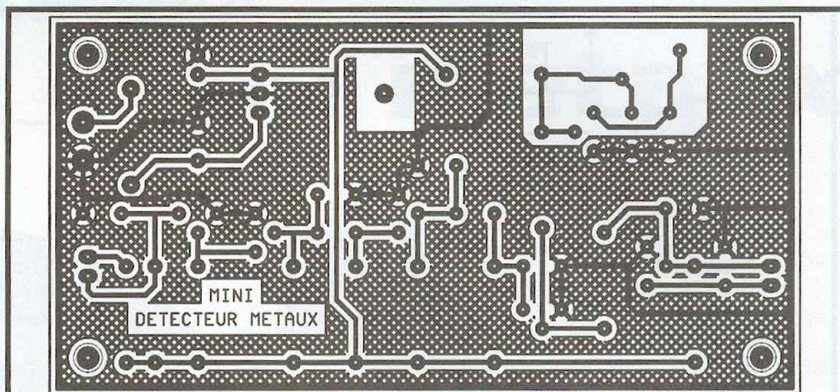
pour la plupart. En ce qui concerne les pastilles des connecteurs de la diode  $D_1$ , et du régulateur  $REG_1$ , il faudra percer avec un foret de 1 mm de diamètre.

En dehors de la réalisation des bobines, il n'y a pas de difficulté particulière pour la réalisation de ce montage. Soyez tout de même attentifs au sens des transistors et des condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ . Les composants retenus pour ce montage sont tous des classiques que vous n'aurez aucune difficulté à trouver chez la plupart des annonceurs de la revue. Vous n'aurez donc pas besoin de retoucher au dessin du circuit imprimé.

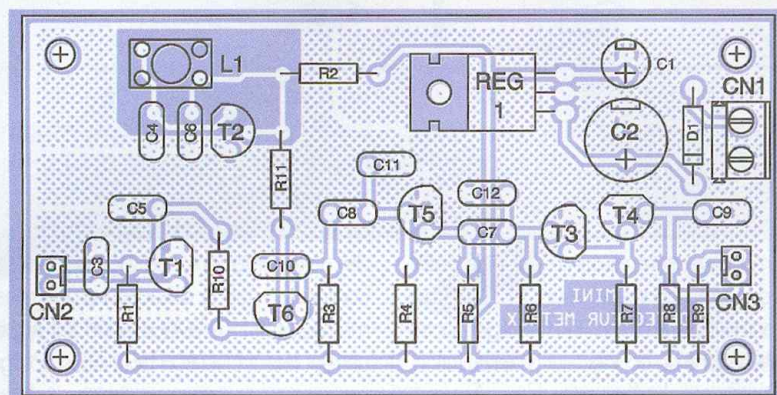
Venons-en maintenant à la réalisation des bobines. La bobine de l'antenne doit être réalisée avec le plus grand soin car c'est de ces caractéristiques que dépend la sensibilité du montage. Nous avons longtemps hésité quant au choix du support à utiliser pour réaliser cette bobine. Dans notre cas, nous avons finalement opté pour le fond d'une boîte de CD vierges (boîte de 25, disponible dans plusieurs marques). Bien entendu, si vous n'avez pas l'usage des CD vierges, vous n'allez pas acheter une boîte juste pour réaliser la bobine de ce montage. Il vous faudra donc trouver un support cylindrique d'un diamètre de 12cm (10cm à 15cm convient également). Le support utilisé pour réaliser cette bobine doit impérativement être choisi dans un matériau qui n'interfère pas avec les champs magnétiques (le plastique est un très bon choix), ce qui va de soi.

Pour cette bobine vous devrez bobiner 10 spires de fil émaillé (diamètre du fil : 0,2 mm à 0,3 mm) de préférence bien alignées et bien serrées. Une fois le bobinage réalisé, le fil émaillé sera impérativement immobilisé par de la colle (par exemple, vous pourrez utiliser de la colle à chaud). Le fil émaillé étant assez fragile, il sera préférable de souder un connecteur à l'extrémité des fils de la bobine. Ainsi, vous pourrez facilement changer la position de l'antenne sans craindre de rompre le fil émaillé à force de manipuler la bobine.

La deuxième bobine ( $L_2$  sur le schéma) sera montée directement sur le circuit imprimé. Elle sera réalisée à l'aide d'un support pour bobinage d'un diamètre de 6,5 mm dispo-



### 3 Tracé du circuit imprimé



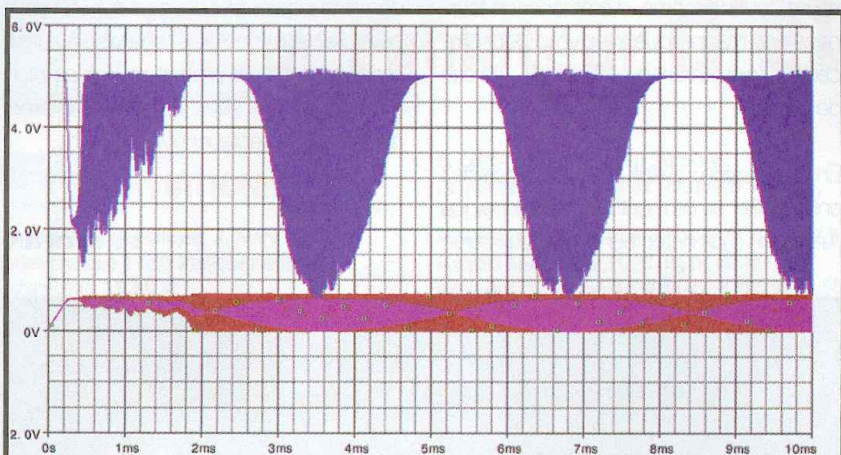
### 4 Implantation des éléments

sant d'un noyau de ferrite afin de permettre l'accord de la fréquence de l'oscillateur secondaire. Dans un premier temps, vous devrez bobiner 120 à 130 tours de fil émaillé (diamètre du fil : 0,2 mm à 0,3 mm également). Par la suite, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant,

vous allez retirer des spires jusqu'à ce que vous parveniez à accorder les deux oscillateurs à une fréquence très proche. Pour ajuster la bobine  $L_1$ , procédez comme suit :  
Reliez l'antenne et les écouteurs au montage et mettez l'appareil sous tension. Pre-



une réalisation à la portée de tous



### 5 Apparition de la fréquence de battements après mélange des fréquences F1 et F2

nez bien soin de placer l'antenne à plus de 50cm de toute masse métallique et de la bobine  $L_1$  pendant toute la phase de réglage. Dans un premier temps, placez le noyau de ferrite de la bobine tout en haut. A l'aide d'un tournevis non magnétique (tournevis entièrement en plastique), faites plonger lentement le noyau de la bobine  $L_1$  au milieu des spires, jusqu'à ce que vous entendiez un signal sonore dans les écouteurs. Si vous n'arrivez pas à obtenir un signal sonore en déplaçant le noyau de la bobine d'une extrémité à l'autre, retirez 10 spires à la bobine. Puis recommencez la procédure jusqu'à ce qu'un signal sonore apparaisse enfin. A titre d'information, sachez que si vous utilisez le même sup-

port d'antenne que l'auteur (10 spires sur un diamètre de 12,5cm), la bobine  $L_1$  devra comporter 100 spires. Une fois que le réglage de  $L_1$  est terminé, vous pourrez immobiliser le fil de la bobine  $L_1$  par de la colle pour figer ses caractéristiques mécaniques.

Ne vous laissez pas impressionner par la réalisation des bobines. Ce montage est très tolérant, car la fréquence de travail des oscillateurs L/C peut s'étendre de 50 kHz à 200 kHz, ce qui laisse une très grande marge dans la réalisation des inductances. Si vous avez respecté les références indiquées dans la nomenclature, si la réalisation de votre circuit

imprimé ne présente pas de défaut (ce qui est malheureusement fréquent) et si vous suivez bien les explications que nous venons de donner, votre montage fonctionnera à coup sûr.

Une fois que vous aurez terminé le réglage de  $L_1$ , vous pourrez passer à l'utilisation de ce montage qui est très simple. Ajuster le noyau de ferrite de  $L_1$  de telle sorte que la fréquence du signal sonore soit très basse. Ensuite approchez une pièce de 1 € de l'antenne pour vérifier que la fréquence du signal sonore augmente au fur et à mesure que la distance qui sépare la pièce de l'antenne diminue. Si vous remarquez que la fréquence du signal sonore diminue au lieu d'augmenter cela signifie simplement que la fréquence d'accord de l'oscillateur secondaire est la plus élevée ( $F1 - F2 < 0$ ). Dans ce cas, il vous suffit de déplacer le noyau magnétique jusqu'à annuler la fréquence de battement, puis à continuer pour que le signal sonore réapparaisse (mais avec  $F1 - F2 > 0$  cette fois ci).

Si vous placez le montage à proximité de l'antenne, il va se produire un couplage magnétique entre l'antenne et  $L_1$ . Veillez donc à maintenir une distance minimum de 20cm entre le montage et l'antenne. Par ailleurs, la position relative du montage et de l'antenne doit être maintenue la plus stable possible. Il sera donc préférable de fixer le montage (mis dans un boîtier) sur la manche de votre détecteur.

Comme vous l'aurez peut être déjà remarqué, nous n'avons pas prévu d'interrupteur sur le circuit imprimé pour couper l'alimentation. N'oubliez pas d'en placer un en série avec la pile, lors de la mise en boîtier. Prévoyez également un accès pour régler la position du noyau de la bobine  $L_1$ , car vous aurez à ajuster la fréquence d'accord assez souvent (pratiquez un petit trou dans le boîtier, au-dessus de  $L_1$ ). En effet, notre montage ne prétend pas rivaliser avec des équipements professionnels et, à ce titre, il reste sensible aux effets de la température extérieure. Dans la pratique, cela n'est pas trop gênant car la fréquence du signal sonore ne dérive pas d'un seul coup et vous pourrez facilement détecter la variation de fréquence due à l'apparition d'une masse métallique à proximité de l'antenne. Cependant, lorsque vous irez sur le terrain, pré-



100 à 120 spires comme le préconise l'auteur

## Nomenclature

**CN<sub>1</sub> : bornier à vis 2 contact, bas profils**

**CN<sub>2</sub>, CN<sub>3</sub> : barrettes mini-KK 2 contacts, sorties coudées, à souder sur circuit imprimé (réf. MOLEX 22-05-7028)**

**C<sub>1</sub> : 10 µF/25V sorties radiales**

**C<sub>2</sub> : 220 µF/25V sorties radiales**

**C<sub>3</sub> à C<sub>6</sub>, C<sub>10</sub> : 100 nF**

**C<sub>7</sub> à C<sub>9</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> : 10 nF**

**D<sub>1</sub> : 1N4001 (diode de redressement 1A/100V)**

**L<sub>1</sub> : bobine de 120 spires sur mandrin 6,5mm (voir le texte)**

**REG<sub>1</sub> : régulateur LM7805 (5V) en boîtier TO220**

**R<sub>1</sub> à R<sub>3</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>9</sub> à R<sub>11</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)**

**R<sub>4</sub> : 1,5 MΩ 1/4W 5%**

**(marron, vert, vert)**

**R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> : 39 kΩ 1/4W 5%**

**(orange, blanc, orange)**

**R<sub>8</sub> : 1 kΩ 1/4W 5%**

**(marron, noir, rouge)**

**T<sub>1</sub> à T<sub>6</sub> : 2N2222A**

voyez, tout de même, d'emmener un tournevis non magnétique avec vous pour procéder à l'ajustement du noyau de L<sub>1</sub> en cas de besoin.

En conclusion, avant que vous puissiez enfin profiter de ce montage, rappelons que l'utilisation d'un détecteur de métaux sur le

domaine public, tout comme sur un terrain privé, est réglementée et soumise à autorisation auprès de la préfecture (voir les informations sur ce sujet sur le site Internet <http://www.detecteur.net/code.htm>).

**P. MORIN**



les spires de fils émaillés seront immobilisées

# www.elecson.com

**Composants**

**Câbles**

**Connectique**

**Vidéo**

**Outillages**

**Alarme**

**Alimentations**

**Mesure**

**Haut-parleurs**

**Convertisseurs**

**Kits (ferroviaires)**

**Place Henry Frenay - 4 rue Jean Bouton  
75012 PARIS**

**Tel : 01 43 40 29 36 - Fax : 01 43 40 37 02**

## HB Composants

**VOTRE SPÉCIALISTE  
EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES**

A 20 minutes de Paris, stationnement facile

**UNE SÉLECTION DE QUALITÉ :**

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

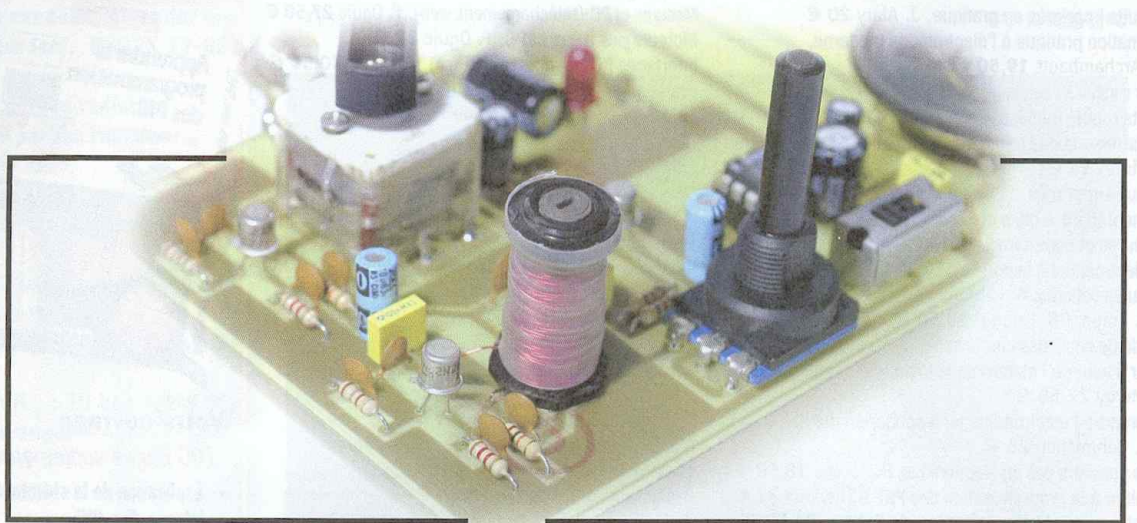
**HB Composants**

## HB Composants

7 bis rue du Dr Morère  
91120 PALAISEAU  
Tél. : 01 69 31 20 37  
Fax : 01 60 14 44 65

Du lundi au samedi de 10h00 à 13h00 et de 14h30 à 19h00

# un détecteur de métaux



**Il est intéressant d'expérimenter des montages simples et qui, de plus, peuvent être utilisés de manière sérieuse ou ludique. Nous vous proposons la réalisation d'un détecteur de métaux qui vous permettra, pourquoi pas, de trouver des objets intéressants enfouis dans le sol...**

Le principe d'un détecteur de métaux est, en soi, d'une relative simplicité. Il est constitué, pour la plupart d'entre eux, de deux oscillateurs dont l'un oscille à une fréquence fixe et l'autre à une fréquence variable. C'est la différence de ces deux fréquences qui permet de détecter des métaux dans le sol ou dans l'eau. Nous allons étudier son schéma qui permettra de mieux comprendre le principe de fonctionnement.

## Le schéma de principe (figure 1)

La partie maîtresse du montage est constituée par les deux étages centrés autour des transistors  $T_1$  et  $T_2$ . Ce sont deux oscillateurs de type Colpitts, oscillateurs présentant une bonne stabilité. Le premier oscille au moyen de la bobine exploratrice, tandis que le second fonctionne à l'aide d'une bobine fixe, ou presque puisqu'elle est dotée d'un noyau qui permet d'en régler la valeur.

Les fréquences de sortie de ces deux oscillateurs sont mélangées afin d'obtenir une fréquence audible. Ainsi, si

on appelle  $F_a$  le signal de sortie de l'oscillateur variable et  $F_b$  celui du second, nous obtiendrons, par mélange (ou par battements), une troisième fréquence appelée  $F_c$  qui sera la différence des deux premières. Le fonctionnement est le même que pour les récepteurs de télécommande ou de radio où la fréquence intermédiaire est souvent de 455 kHz. Donc, même si les fréquences  $F_a$  et  $F_b$  sont très hautes et inaudibles, leur soustraction devient un signal basse fréquence qui pourra être amplifié et entendu par l'oreille humaine.

Le premier oscillateur peut fournir une fréquence plus haute ou plus basse que celle de l'oscillateur fixe. Tout dépend du métal qui sera approché de la bobine d'exploration : un métal non-ferreux augmentera la fréquence, tandis qu'un métal ferreux la diminuera. Le son devra donc devenir plus grave.

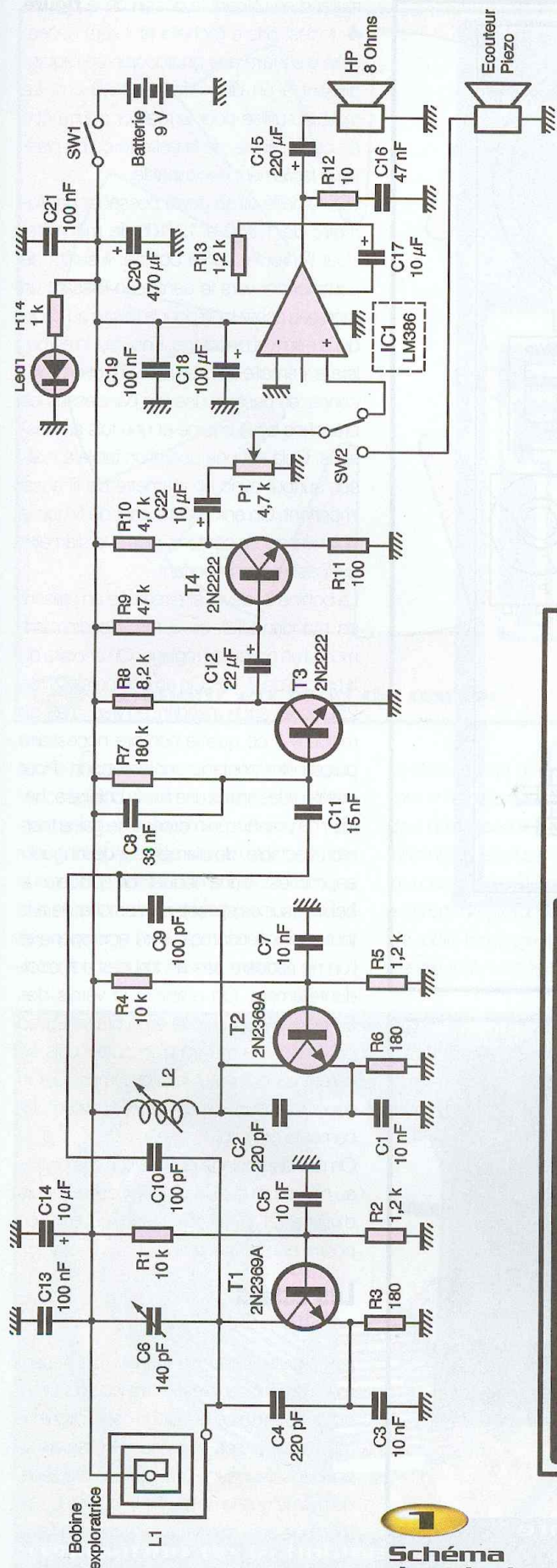
Les deux signaux hautes fréquences sont prélevés sur les collecteurs des transistors  $T_1$  et  $T_2$  au moyen de capacités de petite valeur avant d'aboutir à un troisième condensateur alimentant la base du transistor mélangeur  $T_3$ . Ce dernier a

pour rôle le mélange des fréquences, mais forme également avec l'étage suivant un préamplificateur.

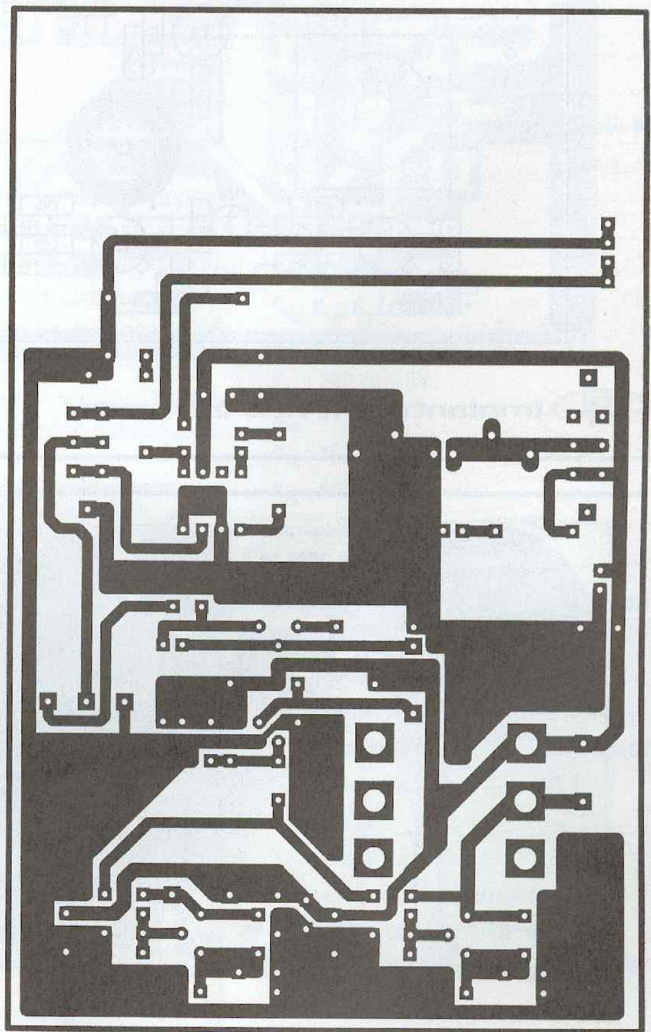
A la sortie du second étage, un inverseur permet de diriger le signal basse fréquence soit vers un amplificateur, soit vers un écouteur haute impédance (écouteur piézo-électrique) qui donne de bons résultats. L'amplificateur de puissance fournit quelques centaines de mW sur une charge de  $8\Omega$ , ce qui est plus que suffisant.

Nous ne nous y attarderons pas, le LM386 ayant été décrit dans un article du même numéro (détecteur de lignes électriques). Le montage est alimenté sous une tension de +9V fournie par une pile ou une batterie. Le filtrage de la ligne d'alimentation est réalisé avec soin et plusieurs capacités sont placées aux endroits sensibles.

Le composant qui devra être réalisé avec beaucoup de soin est la bobine d'exploration. C'est elle qui sera pour beaucoup dans le bon fonctionnement de l'ensemble. Nous avons opté pour une bobine appelée «fond de paniers», relativement facile à exécuter.



**1**  
Schéma de principe



**2**  
Tracé du circuit imprimé

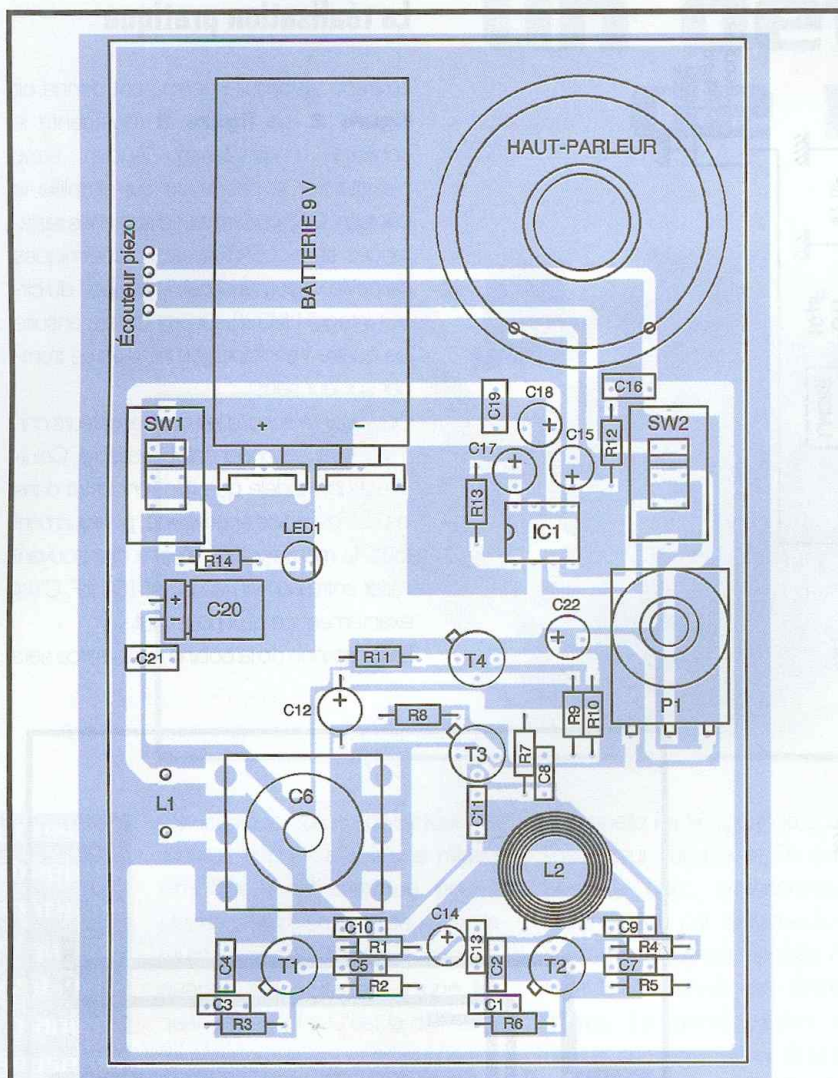
## La réalisation pratique

Le tracé du circuit imprimé est donné en **figure 2**. La **figure 3** représente le schéma d'implantation. Aucun strap n'existe sur la platine ce qui simplifie le câblage. On soudera tout d'abord les résistances et les condensateurs céramiques de petite valeur, ainsi que le support du circuit intégré LM386. On implantera ensuite les quatre transistors (on ne peut se tromper sur leur sens).

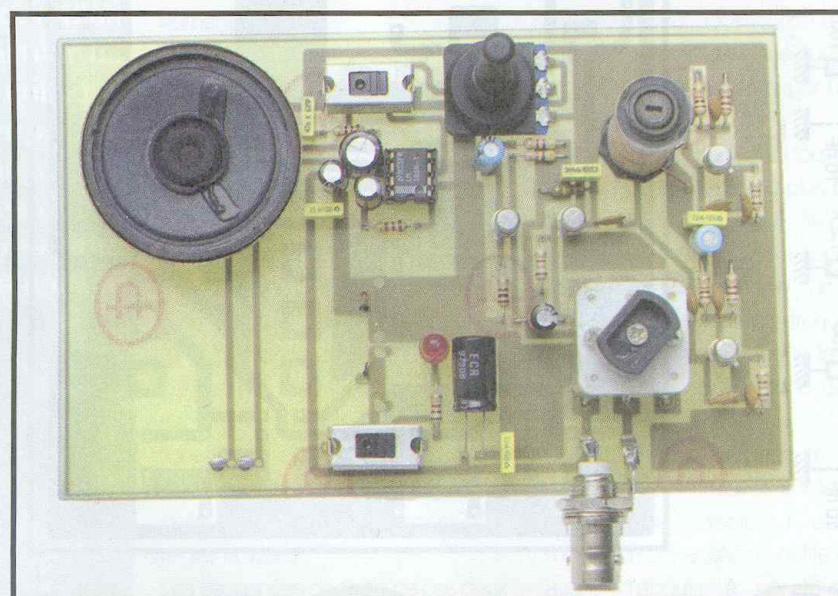
On soudera ensuite les condensateurs chimiques et le condensateur variable. Celui-ci est un modèle que l'on rencontre dans les petites radios et possède, pratiquement tous, la même valeur, c'est à dire pouvant varier entre environ 20 pF et 150 pF. C'est exactement ce qu'il nous faut.

La fabrication de la bobine exploratrice sera





### 3 Implantation des éléments



le haut-parleur fait partie intégrante de la carte

réalisée en utilisant le dessin de la **figure 4**. Il n'est pas à l'échelle et il sera nécessaire d'en faire une photocopie en l'agrandissant à un diamètre de 16,5 cm. Le matériau utilisé pour la réaliser pourra être du carton épais, de la bakélite ou du plastique facilement découpable.

Le fil émaillé utilisé devra posséder un diamètre de 10/10 à 12/10<sup>e</sup> de millimètre. Pour l'enrouler sur la bobine, il suffira de commencer vers le centre en laissant un morceau assez long pour la liaison au câble qui la reliera au montage. Ensuite, on enroulera le fil émaillé à spires jointives, et en quinconce, en passant une fois par-dessus les branches de la bobine et une fois en dessous. Cela est une opération facile à réaliser, surtout avec un diamètre de fil aussi important. On enroulera autant de fil que la bobine peut en contenir, plus si le diamètre du fil est moins important.

La bobine L<sub>2</sub> devra être réalisée en utilisant un mandrin LIPA de 8 mm de diamètre muni d'un noyau de réglage. On choisira du fil émaillé de 2/10<sup>e</sup>. On en bobinera environ 250 spires sur le mandrin, en vrac, mais de manière à ce que le nombre nécessaire puisse être contenu sur le support. Pour maintenir les spires une fois la bobine achevée, on prendra un morceau de gaine thermorétractable, de diamètre et de longueur appropriés, dans lequel on placera la bobine (sur les spires), puis on chauffera le tout. Ainsi, l'ensemble sera homogène et l'on ne risquera pas de couper le fil accidentellement. On enlèvera le vernis des extrémités du fil émaillé en le grattant avec précaution au moyen d'un cutter puis on collera la bobine sur le circuit imprimé. On soudera ensuite les extrémités aux emplacements prévus.

On reliera la bobine exploratrice à la platine au moyen d'un câble à deux conducteurs d'environ 1,50 m de longueur, puis on pourra passer aux essais.

### Les essais

Avant toute chose, on vérifiera minutieusement le câblage, c'est à dire les soudures, et l'on veillera à ce qu'aucun court-circuit ne relie deux pistes voisines. On réglera le condensateur dans une position médiane, de même que le noyau de la bobine L<sub>2</sub>. Le montage sera mis sous tension et, à l'aide d'un oscilloscope, on constatera la pré-



**4** Gabarit en fond de panier

sence des oscillations sur les deux étages. On réglera sommairement les deux courbes de manière à ce qu'elles soient de même fréquence ou, tout au moins, de fréquence très voisine. Un son devra alors se faire entendre dans le haut-parleur, son qui devra varier si l'on approche un morceau de métal de la bobine exploratrice.

La distance de détection d'un tel appareil varie en fonction de divers facteurs : la grandeur du morceau de métal détecté et la distance à laquelle il est enfoui dans le sol. Il ne faut pas espérer détecter une pièce de 1 € à 50 cm de profondeur.

Ce petit montage fort simple constitue, malgré tout, une approche didactique du



réalisation de la bobine exploratrice

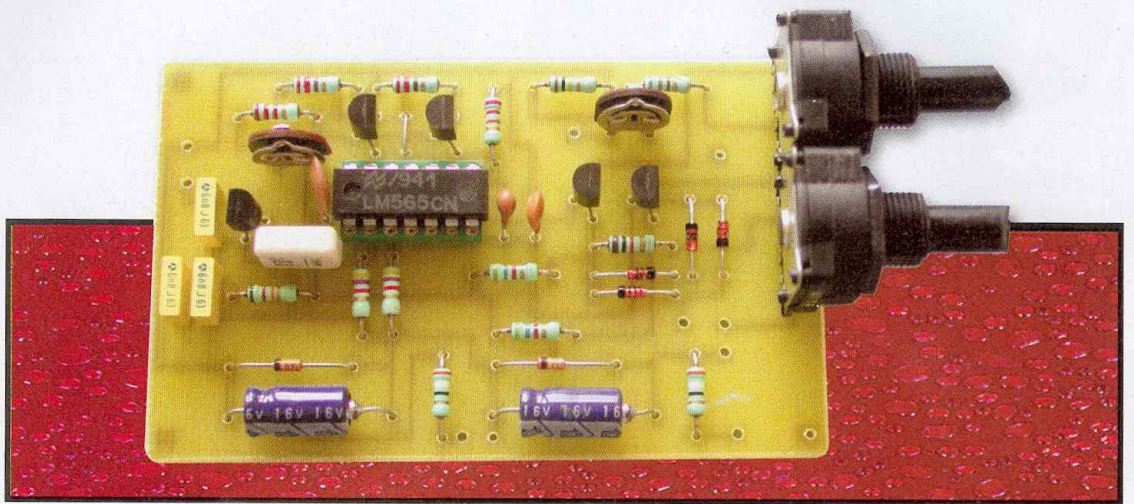
fonctionnement des détecteurs quasi-professionnels, en expliquant le principe des mélanges de fréquence ou la technique des battements.

P. OGUIC

## Nomenclature

- R<sub>1</sub>, R<sub>4</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)**
- R<sub>2</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>13</sub> : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge)**
- R<sub>3</sub>, R<sub>6</sub> : 180 Ω (marron, gris, marron)**
- R<sub>7</sub> : 180 kΩ (marron, gris, jaune)**
- R<sub>8</sub> : 8,2 kΩ (gris, rouge, rouge)**
- R<sub>9</sub> : 47 kΩ (jaune, violet, orange)**
- R<sub>10</sub> : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)**
- R<sub>11</sub> : 100 Ω (marron, noir, marron)**
- R<sub>12</sub> : 10 Ω (marron, noir, noir)**
- R<sub>14</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)**
- P<sub>1</sub> : potentiomètre 10 kΩ**
- C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>7</sub> : 10 nF**
- C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub> : 220 pF**
- C<sub>6</sub> : condensateur variable 20/140 pF**
- C<sub>8</sub> : 33 nF**
- C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub> : 100 pF**
- C<sub>11</sub> : 15 nF**
- C<sub>12</sub> : 22 μF/16V**
- C<sub>13</sub>, C<sub>19</sub>, C<sub>21</sub> : 100 nF**
- C<sub>14</sub>, C<sub>17</sub>, C<sub>22</sub> : 10 μF/16V**
- C<sub>15</sub> : 220 μF/16V**
- C<sub>16</sub> : 47 nF**
- C<sub>18</sub> : 100 μF/16V**
- C<sub>20</sub> : 470 μF/16V**
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : 2N2369A, 2N708, 2N914**
- T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> : 2N2222A**
- LED<sub>1</sub> : diode électroluminescente rouge 5 mm**
- IC<sub>1</sub> : LM386**
- 1 mandrin LIPA avec noyau Ø 8 mm**
- 1 support pour circuit intégré 8 broches**
- 1 interrupteur**
- 1 inverseur**
- 1 haut-parleur 8 Ω**
- 1 écouteur piézo-électrique**
- fil émaillé diamètre 2/10<sup>e</sup> de mm**
- fil émaillé diamètre 10/10 à 12/10<sup>e</sup> de mm**
- 1 connecteur pour pile 6F22**
- matériau pour la construction de la bobine exploratrice**

# Détecteur de métaux à PLL



Comme nous l'avons vu lors de l'étude théorique des détecteurs de métaux, aucune méthode de détection n'est parfaite et toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Nous n'allons donc pas vous proposer ici un quelconque détecteur révolutionnaire mais, au contraire, apporter un côté pratique aux technologies prodiguées en réalisant le détecteur à boucle de verrouillage de phase ou PLL.

Pour ce qui est de la sensibilité, qui est bien souvent le critère principal de choix d'un tel appareil, disons qu'elle se classe dans la partie haute de la gamme mais que, malgré cela, le schéma utilisé reste fort simple et que l'investissement correspondant est donc très faible.

Bien sûr, et comme c'est le cas sur tous les appareils sérieux de ce type, notre montage permet de faire la différence entre métaux ferreux et non ferreux. Il dispose aussi d'un réglage de compensation de l'effet de sol permettant ainsi de réaliser les mesures dans les meilleures conditions possibles.

## Un principe très simple

Comme de nombreux autres détecteurs, notre montage fonctionne sur le principe de la dérive en fréquence d'un oscillateur, dit de mesure, par rapport à un oscillateur de référence. En effet, lorsque la self de l'oscillateur de mesure, qui constitue la tête de détection du montage, est approchée de métaux ferreux ou non ferreux, ses caractéristiques sont modifiées et la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur, dont elle fait partie, augmente ou diminue. On est donc à même, avec ce procédé,

de détecter la présence de métal, mais aussi de savoir s'il est ferreux ou non.

Reste, ensuite, à mettre en évidence cette variation de fréquence de la façon la plus sensible qui soit. Pour cela, nous avons fait appel à une boucle à verrouillage de phase ou PLL (Phase Locked Loop). Rappelons, en effet, qu'une telle boucle est constituée des éléments suivants.

Un oscillateur, dont la fréquence de fonctionnement est contrôlée par des composants passifs, résistances et condensateurs dans notre cas, mais aussi par une tension. C'est ce que l'on appelle un VCO ou Voltage Controlled Oscillator.

Un comparateur de phase et de fréquence qui reçoit en entrée, d'une part le signal de sortie du VCO, d'autre part un signal externe dont la fréquence est proche de celle du VCO. Il délivre alors en sortie une tension, dite tension d'erreur, d'autant plus importante que l'écart entre ces deux fréquences est important.

Dans une vraie boucle à verrouillage de phase, utilisée habituellement pour verrouiller le fonctionnement du VCO sur la fréquence du signal externe, cette tension est appliquée au VCO afin de le forcer à osciller sur la fréquence de ce signal. Dans notre cas,

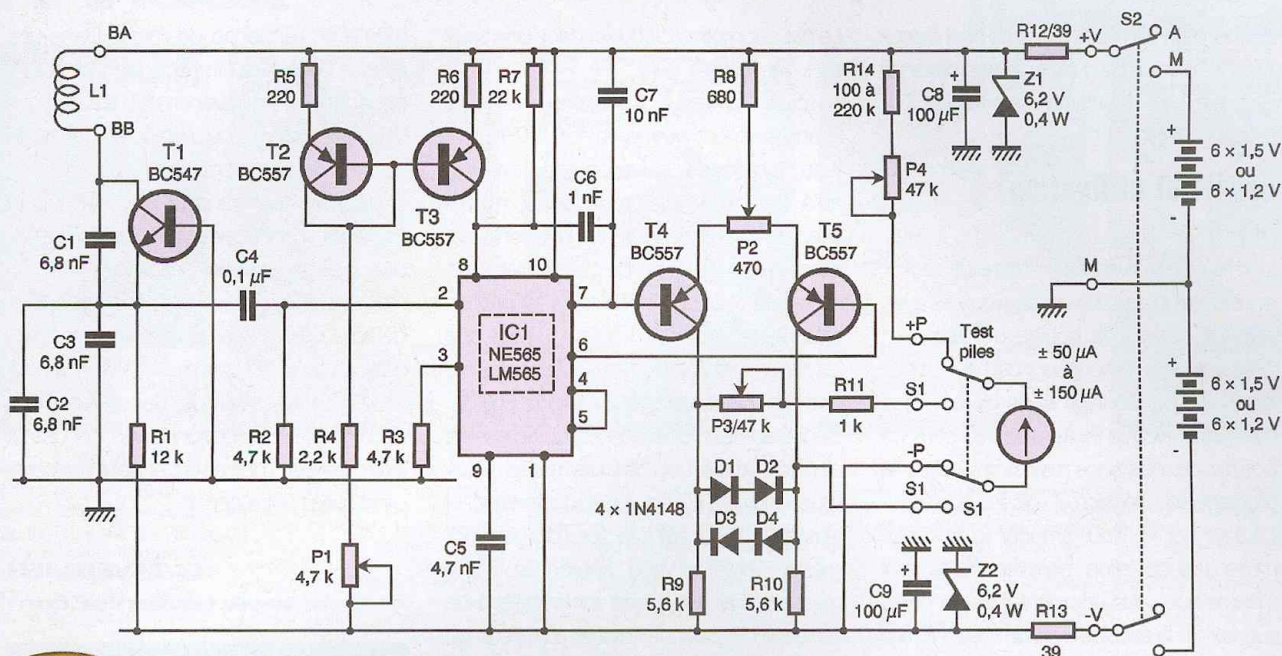
cette tension va être utilisée pour commander un indicateur puisque qu'elle sera d'autant plus importante que la dérive de l'oscillateur de mesure le sera et, donc, qu'il y aura détection de métal.

## Notre schéma

Ceci étant précisé, l'analyse de notre schéma est une simple formalité grâce à l'utilisation d'une boucle à verrouillage de phase contenue dans le seul et unique circuit intégré IC<sub>1</sub>, visible au centre de la **figure 1**.

L'oscillateur de mesure est réalisé autour de T<sub>1</sub>, monté en oscillateur Colpitts très classique, et la self de mesure est donc la self L<sub>1</sub>. Le signal de sortie de cet oscillateur est appliqué à la patte 2 de IC<sub>1</sub>, qui est l'entrée du comparateur de phase qu'il contient, comme le montre son synoptique interne visible **figure 2**. L'oscillateur de référence, quant à lui, n'est autre que le VCO contenu également dans IC<sub>1</sub>, dont l'examen du synoptique présenté figure 2 permet de comprendre comment l'ensemble du montage est organisé.

Le condensateur C<sub>5</sub> et la résistance R<sub>7</sub> sont les éléments passifs de détermination de la fréquence de fonctionnement du VCO mais,



## 1 Schéma de notre détecteur

comme il faut pouvoir ajuster cette fréquence pour la rendre égale à celle produite par  $T_1$ , en l'absence de détection, le couple  $T_2/T_3$  permet en outre d'injecter du courant dans la patte 8 de IC, afin de régler précisément cette fréquence sous le contrôle de  $P_1$ .

La sortie du VCO, disponible en patte 4 de IC<sub>1</sub>, est alors envoyée sur l'autre entrée du comparateur de phase disponible en patte 5 comme le montrent bien les figures 1 et

2. Par contre, la tension d'erreur du VCO ne sert pas ici à verrouiller la boucle, mais commande au contraire la base du transistor  $T_4$  qui forme avec  $T_5$  un amplificateur différentiel ; ce dernier étant alimenté par une tension de référence très stable également fournie par IC<sub>1</sub> sur sa patte 6.

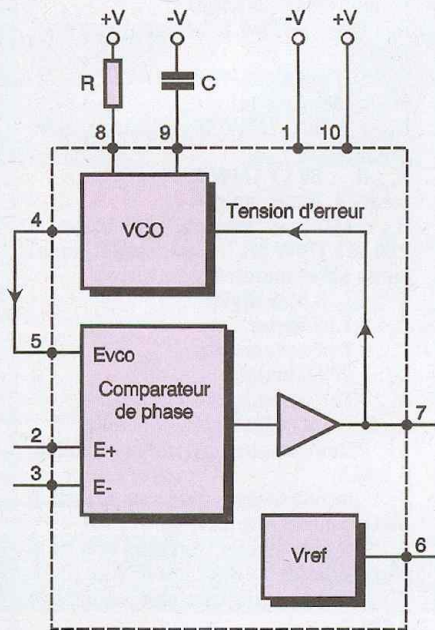
Le galvanomètre à zéro central, connecté entre les collecteurs de ces transistors, dévie donc dans un sens ou dans l'autre en fonction de l'écart entre la fréquence du signal produit par l'oscillateur de mesure et celle du signal produit par le VCO interne à IC<sub>1</sub>. Comme vous l'avez vu dans l'article théorique, la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur de mesure augmente ou diminue selon que le métal détecté est ferreux ou non. Le galvanomètre de notre montage dévie donc dans un sens ou dans l'autre selon la nature de ce métal.

évidemment les mesures délicates.

Le circuit imprimé, dont le tracé vous est proposé **figure 3**, supporte tous les composants à l'exception des interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  et du galvanomètre. Il est prévu pour recevoir à son extrémité  $P_3$ , qui règle la sensibilité, et  $P_2$  qui ajuste le zéro et compense l'effet de sol.

Son câblage ne présente pas de difficulté particulière et doit être réalisé dans l'ordre classique : support de CI, résistances, condensateurs, diodes et transistors. Veillez à bien respecter le sens des condensateurs chimiques et des diodes.

La bobine de détection  $L_1$  doit être réalisée par vos soins en enroulant 30 spires de fil émaillé de 10 à 15/10 de mm de diamètre sur un mandrin cylindrique de 21 cm de diamètre environ. Ce mandrin n'ayant qu'un rôle mécanique de réalisation de la bobine, il peut être réalisé par tout moyen à votre convenance. Le plus simple est encore de planter des clous disposés en cercle dans une plaque de bois de dimensions suffisantes. Cette bobine peut ensuite être maintenue en forme avec des colliers en plastique d'électricien ou bien encore, ce qui est préférable, en la noyant dans de la résine époxy par exemple. Cela présente l'avantage de la rendre étanche ce qui est quasiment indispensable pour un usage sérieux et fiable du détecteur. Elle doit être reliée au montage par un fil blindé dont le blindage est connecté au point BA et l'âme au point BB.



## 2 Synoptique interne de la boucle à verrouillage de phase intégrée dans IC<sub>1</sub>

## Réalisation

L'approvisionnement des composants ne présente aucune difficulté car tous sont très classiques. Si vous éprouvez quelques difficultés à trouver le 565, non pas en raison de sa trop grande nouveauté, mais plutôt en raison du contraire (il a plus de vingt ans d'âge !) sachez qu'il y en a chez CONRAD. En ce qui concerne  $P_2$  et  $P_3$ , nous vous conseillons de choisir des potentiomètres à piste moulée, appelée aussi piste Cermet (céramique / métal), afin que ceux-ci soient exempts de tout crachement qui rendrait

L'alimentation du détecteur fait appel à deux jeux de six piles de 1,5V ou à des batteries cadmium/nickel ou Ni/MH si vous prévoyez un usage intensif.

## Essais et utilisation

Les réglages, avant la première utilisation, sont simples mais doivent être réalisés avec soin. Raccordez la bobine de détection avec son câble de longueur définitive et placez-la loin du montage et de toute masse métallique. Réglez  $P_2$  à mi-course et  $P_3$  en position de résistance maximum. Mettez le montage sous tension et agissez alors doucement sur  $P_1$  pour amener le galvanomètre à sa déviation minimale. Au fur et à mesure que vous approchez de ce point, augmentez la sensibilité en diminuant  $P_3$  afin de parfaire le réglage.

Pendant cette opération, vous pouvez également retoucher délicatement  $P_2$  dont la position médiane peut ne pas être parfaite et faire ainsi dévier le galvanomètre toujours dans le même sens.

Lorsque la déviation minimale est atteinte, le montage est réglé et  $P_1$  n'a plus à être retouché. Pour vérifier son fonctionnement, il vous suffit d'approcher un métal ferreux puis non ferreux de la bobine de détection.

Le galvanomètre doit dévier dans un sens puis dans l'autre.

Le potentiomètre  $P_4$  est à ajuster (ainsi éventuellement que la valeur de  $R_{14}$ ) de façon à ce que le galvanomètre dévie jusqu'à un point que vous aurez repéré lorsque  $S_1$  est basculé en position «test piles» et que la tension de ces dernières est suffisante pour que le montage fonctionne encore correctement. Il suffit pour cela que les zéner  $Z_1$  et  $Z_2$  jouent leur rôle c'est à dire que l'on mesure bien 6,2V à leurs bornes. Ceci étant fait, l'utilisation du détecteur est alors fort simple. Loin de toute masse métallique, tournez  $P_3$  en position médiane et ajustez  $P_2$  pour avoir le zéro du galvanomètre. Lorsque vous approchez d'une masse métallique, jouez sur le réglage de sensibilité  $P_3$  pour déterminer sa taille et/ou sa profondeur d'enfouissement. L'amplitude de déviation du galvanomètre vous donne, en effet, une indication sur ces paramètres tandis que son sens de déviation indique si le métal est ferreux ou non. Outre le fait qu'il règle le zéro du galvanomètre en l'absence de toute détection,  $P_2$  peut également être utilisé pour compenser des effets de sol qui se produisent dans certains cas et conduisent à une déviation permanente du galvanomètre dans un sens ou dans l'autre,

même en l'absence de métal. Dans une telle situation, il suffit alors de jouer sur  $P_2$  pour ramener le galvanomètre à zéro sans que cela n'altère pour autant les capacités de détection du montage.

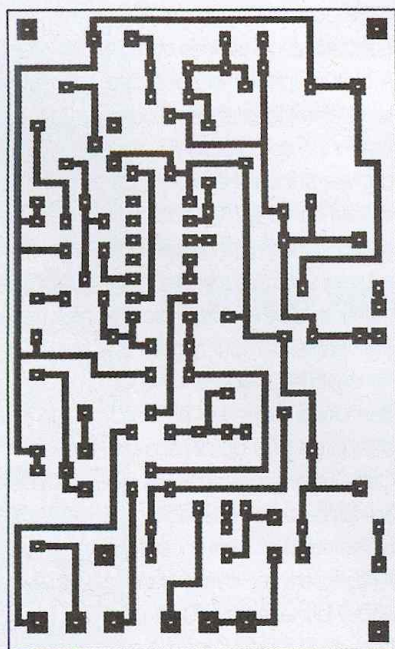
Enfin, mais c'est vrai pour tout détecteur et pas seulement pour notre montage, n'oubliez pas qu'il est conseillé de «se faire la main» afin de savoir comment réagit le détecteur dans telle ou telle situation. Pour cela, enfouissez diverses pièces métalliques, ferreuses ou non, dans le sol à des endroits et à des profondeurs connues et exercez-vous à les détecter pour voir comment réagit votre appareil.

C. TAVERNIER

www.tavernier.com

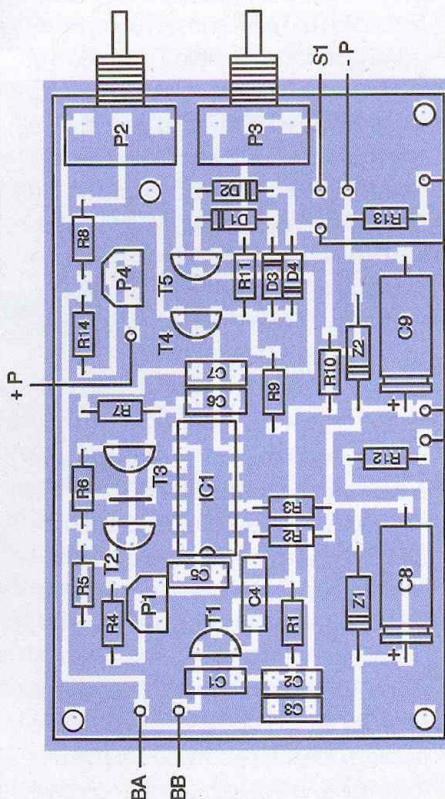
## Nomenclature

- IC<sub>1</sub> : NE565 ou LM565 (CONRAD)
- T<sub>1</sub> : BC547, 548, 549
- T<sub>2</sub> à T<sub>5</sub> : BC557, 558, 559
- D<sub>1</sub> à D<sub>4</sub> : 1N914 ou 1N4148
- Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> : zéners 6,2V/0,4W
- R<sub>1</sub> : 12 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, rouge, orange)
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> : 4,7 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, rouge)
- R<sub>4</sub> : 2,2 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> : 220  $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, marron)
- R<sub>7</sub> : 22 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, orange)
- R<sub>8</sub> : 680  $\Omega$  1/4W 5% (bleu, gris, marron)
- R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub> : 5,6 k $\Omega$  1/4W 5% (vert, bleu, rouge)
- R<sub>11</sub> : 1 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, rouge)
- R<sub>12</sub>, R<sub>13</sub> : 39  $\Omega$  1/4W 5% (orange, blanc, noir)
- R<sub>14</sub> : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune) à 220 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, jaune) selon galvanomètre (voir texte)
- C<sub>1</sub> à C<sub>3</sub> : 6,8 nF Mylar
- C<sub>4</sub> : 0,1  $\mu$ F Mylar
- C<sub>5</sub> : 4,7 nF céramique
- C<sub>6</sub> : 1 nF céramique
- C<sub>7</sub> : 10 nF céramique ou Mylar
- C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> : 100  $\mu$ F/25V chimique axial
- P<sub>1</sub> : potentiomètre ajustable vertical de 4,7 k $\Omega$
- P<sub>2</sub> : potentiomètre linéaire rotatif à piste moulée (Cermet) de 470  $\Omega$
- P<sub>3</sub> : potentiomètre linéaire rotatif à piste moulée (Cermet) de 47 k $\Omega$
- P<sub>4</sub> : potentiomètre ajustable vertical de 47 k $\Omega$
- S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> : interrupteurs 2 circuits 2 positions
- G : galvanomètre à zéro central de  $\pm 50\mu$ A à  $\pm 150\mu$ A 20 mètres de fil émaillé de 10 à 15/10<sup>e</sup> de mm



3

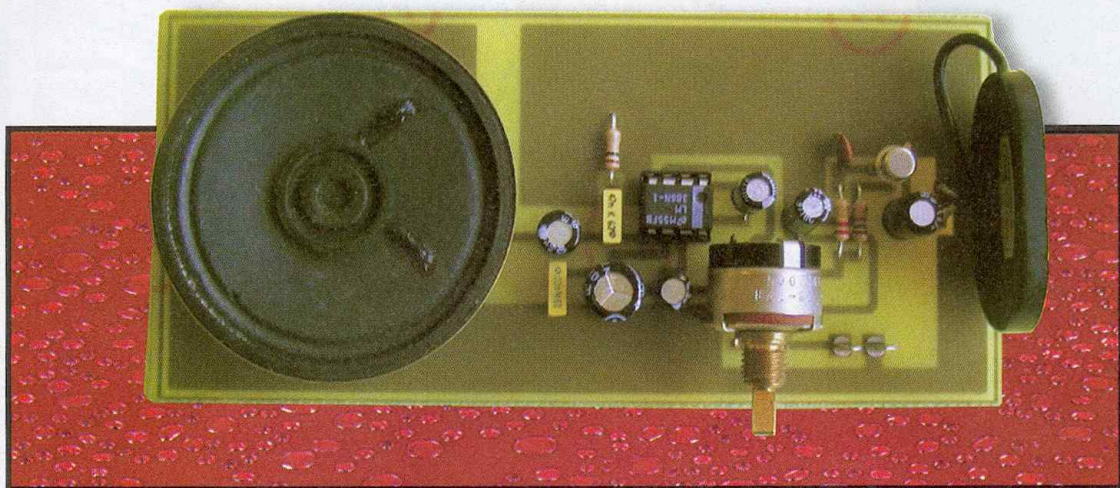
Tracé du circuit imprimé



4

Implantation des composants

# Détecteur de lignes électriques



**Le détecteur de lignes électriques proposé dans le présent article est d'une grande simplicité, ce qui ne l'empêchera pas d'éviter de sectionner une gaine présente dans un mur lorsque l'on veut y percer un trou ou tout simplement y enfoncer un clou. Cela évitera la disjonction de toute l'installation électrique ou, pire encore, un risque d'électrocution**

Comme chacun le sait, nous sommes entourés par un réseau de câbles électroniques qui émettent des «ondes» et nous sommes des récepteurs de celles-ci. Il suffit pour s'en convaincre de toucher du doigt l'entrée d'un amplificateur basse fréquence et l'on entend un doux ronronnement d'une fréquence de 50 Hz dans les enceintes acoustiques. Les appareils électriques réagissent, si l'on peut dire, de la même manière et nous allons mettre à profit cette émission d'ondes électromagnétiques. L'appareil que nous vous proposons de réaliser n'est, plus ni moins, qu'un récepteur rustique qui permet de déceler un générateur d'ondes à quelques dizaines de centimètres.

## Le schéma de principe

Le schéma de principe est donné en **figure 1**. Le composant principal du montage est le capteur qui est constitué, dans la plupart des cas, d'un nombre important de spires de fil émaillé bobinées sur un noyau en ferrite. Pour notre part, nous avons utilisé un capteur d'amplificateur téléphonique, ce qui a notablement simplifié la chose. Si vous décidez de le réali-

ser vous-même, il suffit de se procurer un morceau de bâtonnet de ferrite de 2 cm de longueur et d'un diamètre de 1 cm. On réalise ensuite deux joues de 2 cm de diamètre dans un matériau tel que du carton rigide que l'on colle sur les deux faces du bâtonnet de ferrite au moyen de colle super-glu. Il ne reste plus qu'à s'armer de patience et de bobiner autant de spires de fil émaillé de 2/10<sup>e</sup> de millimètre que la bobine peut en contenir. Lorsque la bobine sera achevée, il ne suffira plus que de maintenir les spires à l'aide d'un morceau de scotch utilisé en électricité. Le début et la fin de la bobine seront réalisés en fil isolé souple afin de ne pas risquer le sectionnement du fil émaillé.

Passons au schéma électronique. Afin d'obtenir une amplification importante des quelques mV fournis par le capteur, nous avons fait précéder l'amplificateur de puissance par un étage préamplificateur constitué d'un seul transistor. La liaison au capteur est capacitive. L'amplificateur de puissance est un LM386 qui peut fonctionner sous une large gamme de valeurs de la tension d'alimentation puisqu'il est encore opé-

rationnel sous 4V et peut être alimenté en 12V.

Deux broches permettent de fixer le gain de l'amplificateur : les broches 1 et 8. Si ces deux broches sont laissées «en l'air», la résistance interne de 1,35 k $\Omega$  fixe le gain à 20 (26dB). Si une capacité relie ces deux entrées, le gain avoisine les 200 (46dB). Enfin, la capacité externe peut être placée en série avec une résistance et le gain variera alors entre une valeur de 20 et 200.

La sortie de l'amplificateur s'effectue au moyen d'une capacité de 220  $\mu$ F et le haut-parleur (d'impédance comprise entre 4 et 8  $\Omega$ ) est connecté entre cette capacité et la masse. Un bon filtrage de la ligne d'alimentation doit être fait, en l'occurrence par une capacité chimique et un condensateur plastique.

Nous avons choisi le gain le plus élevé mais, alors, il peut se produire des mises en oscillations si le signal d'entrée est trop important. Dans ce cas, il conviendra de rectifier le gain comme nous l'avons expliqué plus haut. Le condensateur  $C_6$  de 47  $\mu$ F est facultatif et peut être ignoré. La consommation étant peu élevée et l'usage de l'appareil peu fréquent, une

simple pile de 9V pourra alimenter le montage. Une LED rouge, associée à sa résistance de limitation, pourra indiquer la mise sous tension de la platine.

## La réalisation pratique

Le dessin du circuit imprimé est représenté en **figure 2**, tandis que la figure 3 donne le schéma de l'implantation des composants que l'on utilisera lors du câblage de la platine.

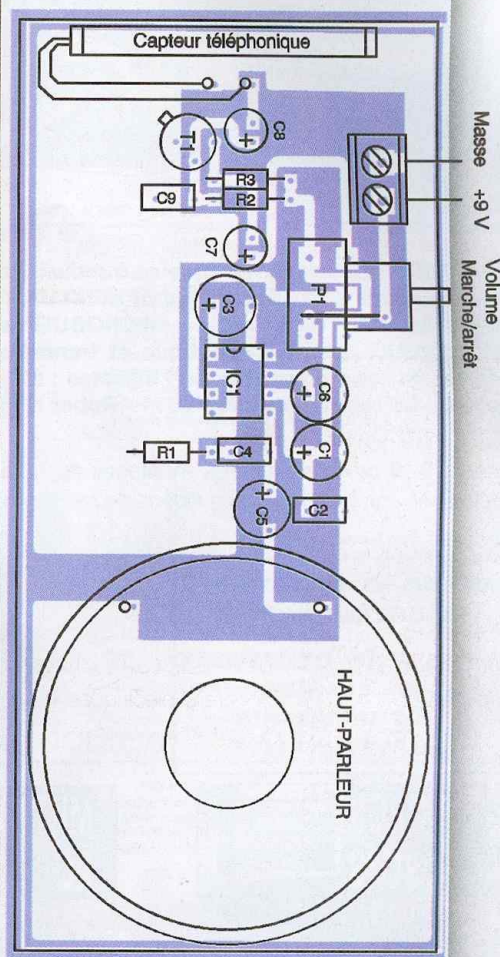
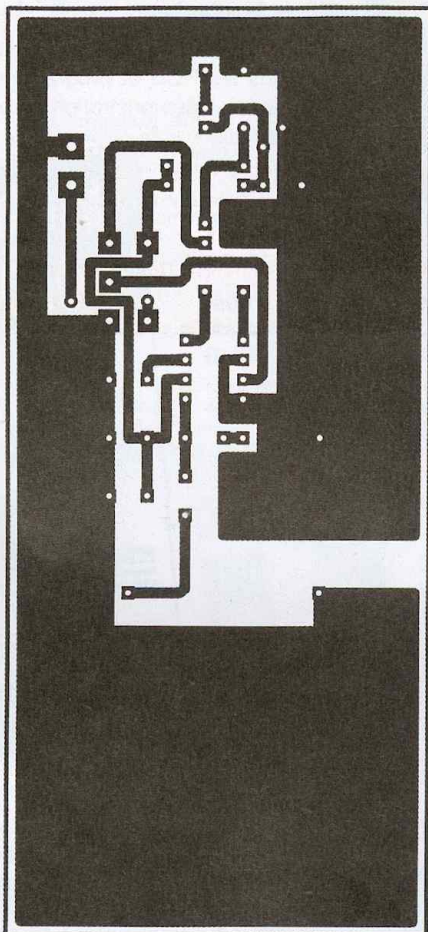
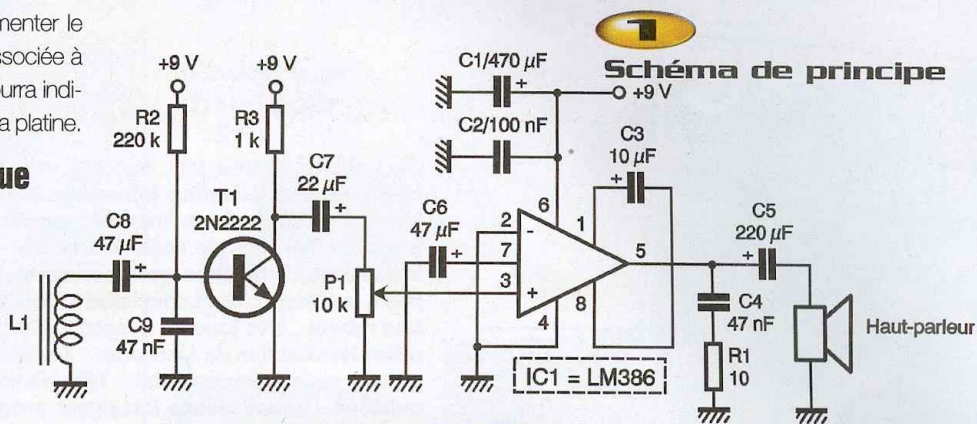
Le tracé du circuit imprimé est très simple et nous aurions même pu simplement utiliser une platine à trou VEROBOARD, ce qui pourra être fait par les lecteurs que la réalisation des circuits imprimés rebute. On implantera d'abord l'unique strap, puisqu'il passe sous le potentiomètre de volume et de mise en ou hors tension du montage. On soudera, ensuite, tous les petits composants tels que les résistances et les condensateurs. Le LM386 sera placé sur un support. Un bomier à vis est utilisé pour le branchement de la pile ou de la batterie 9V. Pour notre part, ayant utilisé un capteur téléphonique plat, nous l'avons directement collé sur le circuit imprimé. De même pour le haut-parleur de petit diamètre, ce qui évite un enchevêtrement de fils et simplifie la mise en coffret.

## Les essais

Avant de passer aux essais, on vérifiera les soudures (attention aux soudures collées) et l'on veillera à l'absence de tout court-circuit. On placera le LM386 dans son support et l'on vérifiera la tension d'alimentation. La platine sera mise sous tension. Immédiatement un léger souffle ou, même, un bourdonnement doit se faire entendre dans le haut-parleur, surtout si le capteur se trouve à proximité d'un transformateur sous tension. Si l'on entend un sifflement strident, on procédera comme expliqué plus haut.

Voilà, il ne reste plus qu'à faire des essais en passant le capteur sur les murs où il est supposé se trouver des conduits électriques.

P. OGUIC



2/3

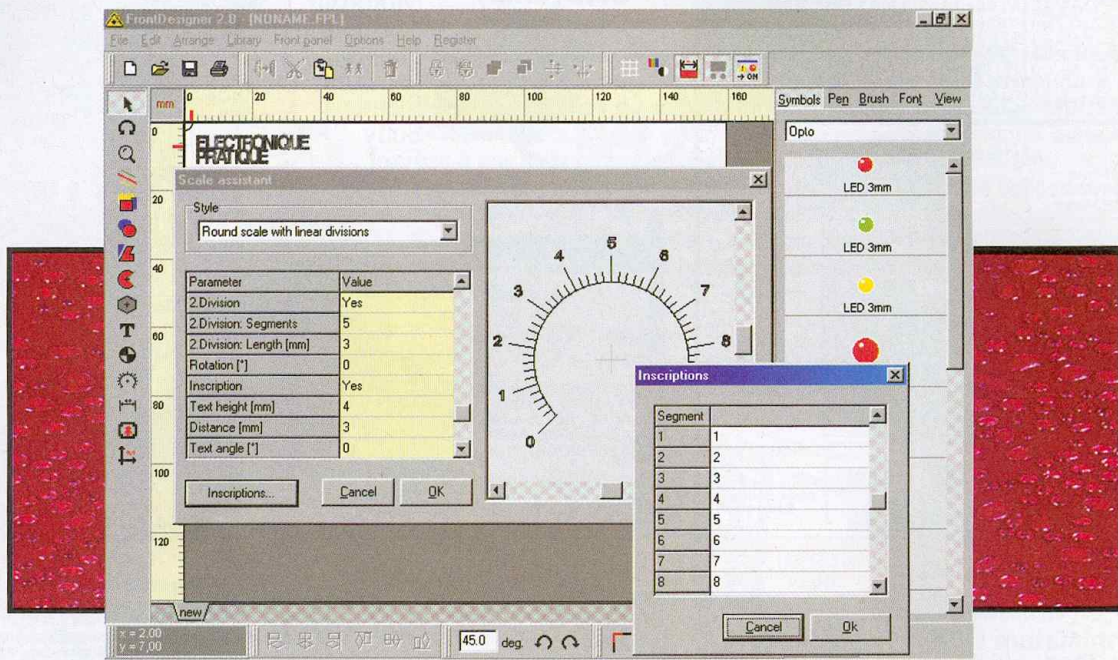
## Tracé du circuit imprimé et implantation des éléments

## Nomenclature

**R<sub>1</sub>** : 10 Ω (marron, noir, noir)  
**R<sub>2</sub>** : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)  
**R<sub>3</sub>** : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
**P<sub>1</sub>** : potentiomètre avec interrupteur 10 kΩ  
**C<sub>1</sub>** : 470 μF  
**C<sub>2</sub>** : 100 nF  
**C<sub>3</sub>** : 10 μF  
**C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>9</sub>** : 47 nF

**C<sub>5</sub>** : 220 μF  
**C<sub>7</sub>** : 22 μF  
**C<sub>8</sub>** : 47 μF  
**T<sub>1</sub>** : 2N2222  
**IC<sub>1</sub>** : LM386  
**L<sub>1</sub>** : capteur d'amplificateur téléphonique ou voir texte  
**Haut-parleur** : 4 à 8 Ω

# Réaliser ses faces avant avec **FRONT DESIGNER**



Il est loin le temps où les passionnés d'électronique se devaient de fabriquer eux-mêmes leurs propres boîtiers, une fois le montage réalisé : de nombreux fabricants proposent maintenant des coffrets de toutes tailles, en plastique ou en métal, avec ou sans logement pour piles, ouverture pour écran LCD etc. Et c'est là qu'arrive à point nommé le logiciel Front Designer que nous avons eu la chance de tester pour vous.

Ce logiciel, de conception allemande (ABACOM), est distribué en France par la société LEXTRONIC.

Après insertion du CD-ROM et lancement du fichier start.exe (qui se lance seul si l'autorun est actif), on nous propose le choix entre la langue allemande et la langue anglaise. Ensuite, un menu nous propose d'installer le logiciel ou bien de prendre connaissance des autres produits proposés par ABACOM avec, en particulier, la possibilité de tester des démos fonctionnelles mais limitées des logiciels.

Lors de l'installation de Front Designer, on acceptera certainement le répertoire suggéré par défaut. Lors de nos essais, l'installation s'est déroulée sans problème mais le logiciel ne s'est correctement comporté qu'après réinitialisation du PC.

Au cours du lancement, Front Designer charge automatiquement le dernier projet sur lequel on travaillait. Au premier lancement, il charge un projet d'exemples constitué de plusieurs feuilles différentes qui montrent quelques-unes des possibilités du logiciel.

L'interface visuelle du programme est

## De nombreux réglages sont offerts...

conviviale et assez intuitive, ce qui fait que l'on n'aura pas besoin de naviguer trop souvent dans l'aide en ligne. Lorsque l'on démarre un nouveau projet, une boîte de dialogue s'ouvre pour proposer une feuille de dimensions 100x100 mm. Ces dimensions sont modifiables, bien sûr, ainsi que le nom de la feuille et sa couleur de fond. Ce premier réglage n'est pas critique : on pourra à tout moment revenir par la suite sur l'une ou l'autre des valeurs choisies, simplement par un clic droit dans la feuille de travail puis sur le menu "propriétés".

Sur la droite de cette feuille se trouve une boîte à onglets pour le choix de symboles, du crayon et du pinceau dont on pourra régler le style, la largeur ou la couleur ou, encore, de la police de caractère utilisée. Dans la boîte symboles, on trouve plus d'une trentaine de bibliothèques différentes comportant chacune des symboles prêts à l'emploi.

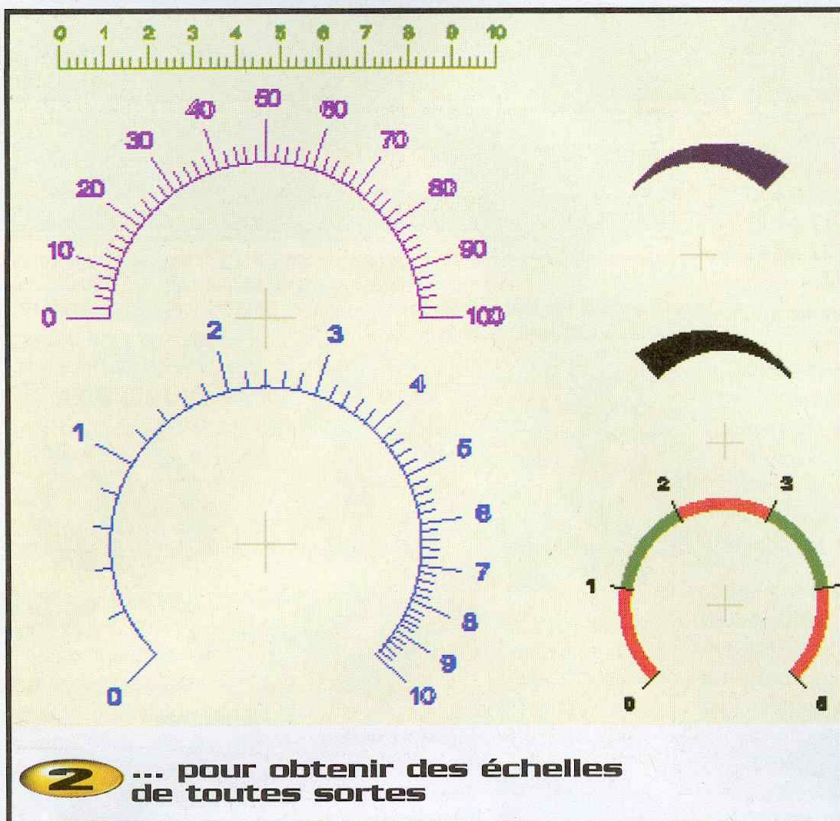
Un grand nombre de symboles est lié à l'électronique ou à des domaines qui s'y affèrent (audio, vidéo ou automobile, par exemple). Ces bibliothèques ne

sont pas figées puisque l'utilisateur pourra les modifier ou en créer de nouvelles. On regrettera l'absence d'une bibliothèque consacrée aux boutons de potentiomètres et que celle consacrée aux interrupteurs ne soit pas mieux fournie : cela aurait permis de générer, en plus du typon de perçage, l'aspect visuel définitif qu'aura la face avant.

Des bibliothèques consacrées à d'autres domaines sont également présentes (organigrammes, drapeaux, panneaux de circulation, etc.) ce qui fait que l'on pourra utiliser Front Designer dans d'autres circonstances que la seule création de faces (avant ou arrière) de boîtier électronique.

Sur la partie gauche du logiciel se trouve un certain nombre de fonctions classiques dans les logiciels de dessin courants : sélection, rotation, loupe, trait, rectangle, cercle, polygone, arc de cercle. Mais on trouve des fonctions plus spécifiques telles que perçage, tracé de cotes, choix de l'origine et, surtout, un "assistant" fabuleux pour créer toutes sortes de graduations et d'échelles : échelles





**2 ... pour obtenir des échelles de toutes sortes**

droites ou circulaires à graduation linéaire ou logarithmique ; arcs de cercles s'épaississant pour les boutons de niveau ou de volume par exemple, etc. Pour chacun de ces types d'échelles, de nombreux paramètres sont éditables à volonté : dimensions, nombre de graduations et leur taille,

les inscriptions sur la graduation avec l'orientation...

C'est une fois posé sur le schéma que l'on pourra modifier la couleur avec l'onglet crayon.

Front Designer travaille de façon vectorielle ce qui permet de sélectionner, d'agrandir

ou de diminuer tout objet déposé sur la feuille.

En bas de l'écran on trouve plusieurs barres qui permettent des modifications sur un objet ou un groupe d'objets sélectionnés : alignements divers, rotation dans le sens ou non des aiguilles d'une montre et, ce, avec un angle que l'on peut choisir, réalisation de chanfrein ou d'arrondis...

Notons également la possibilité d'importer des schémas, en particulier au format bitmap : cette possibilité n'échappera pas aux sociétés qui veulent insérer leur logo sur la face avant de l'appareil : sur l'exemple que nous avons réalisé (GBF 001), on a inséré le logo Electronique Pratique par cette méthode.

On pourra également exporter les schémas réalisés sous Front Designer vers les formats bmp, emf et wmf.

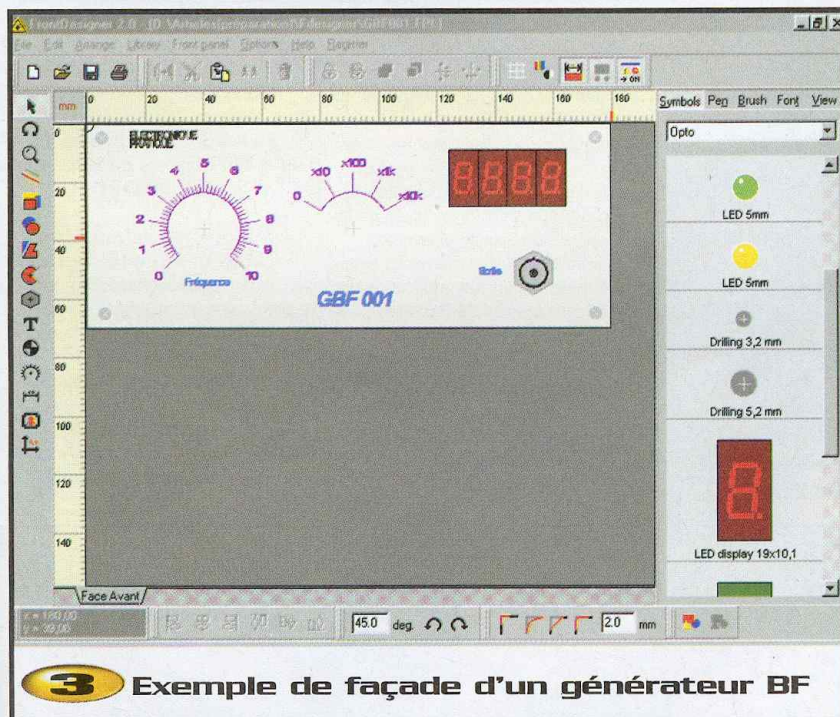
L'étape finale d'un projet passe par l'impression de la ou des feuilles qui le constituent. Là aussi nous avons été agréablement surpris par les nombreuses options disponibles : on pourra indépendamment sélectionner le fond de la feuille, le tour, les règles verticale et horizontale, les informations relatives au fichier, les objets et symboles dessinés, les cotes et, enfin, les trous de perçage.

On pourra de plus faire une impression en miroir. L'intérêt de cette option est le suivant : on colle sur la façade du boîtier un double-face. Sur ce double-face on vient poser un transparent sur lequel on a imprimé, en miroir, la face avant. C'est donc la face imprimée qui se retrouve sur la colle du double-face. La face non imprimée du transparent se retrouve à l'extérieur protégeant ainsi l'impression.

Signalons, enfin, que les imprimantes couleur récentes peuvent faire des merveilles en qualité photo fournissant ainsi, à votre travail, un fini professionnel.

Front Designer est un logiciel qui, par ses nombreuses ressources et qualités, va vite devenir indispensable sur les disques durs des électroniciens. On pourra regretter l'absence (provisoire ?) d'une version française. Son prix est par ailleurs tout à fait attractif : à l'heure où ces lignes sont écrites, il est proposé par LEXTRONIC au tarif de 42,20 € (environ 277 FF) !

Bons designs !



**3 Exemple de façade d'un générateur BF**

V. LE MIEUX