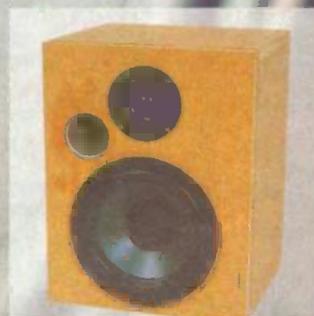
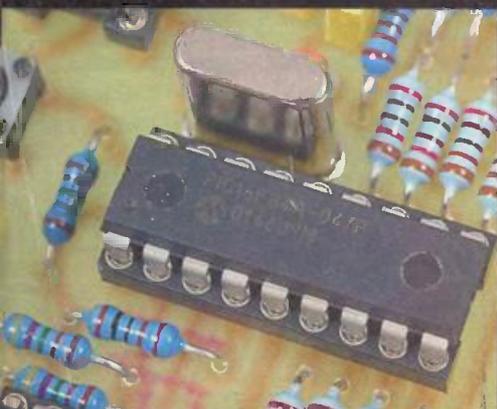
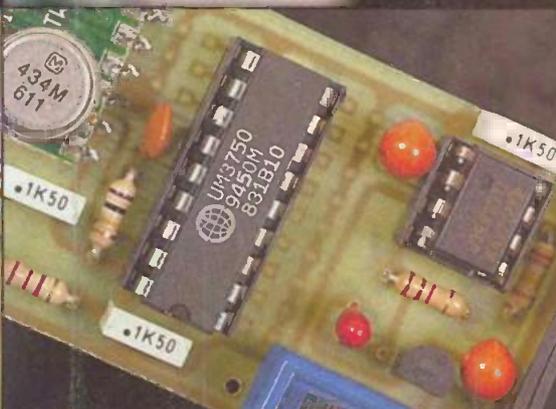


**DOSSIER****CONCEVOIR & RÉALISER  
ses enceintes acoustiques**

Variateur de puissance



Un PIC qui parle



Anti-oubli électronique

Généralités, choix  
des haut-parleurs,  
calcul des filtres,  
utilisation, etc.

**RETROUVEZ AUSSI :**

- ↳ Testeur d'installation Dolby®
- ↳ Filtre électronique

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

T 02437 - 277 - F: 4,50 €



# SOMMAIRE

## ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 277 - SEPTEMBRE 2003  
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 : R. Besson, U. Bouteville,  
M. Couédic, A. Garrigou, B. Lebrun, E. Lèmery,  
P. Morin, P. Oguic, A. Reboux, 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 :  
Bénédicte MOULET Tél. : 01.44.84.84.54  
N° vert réservé aux diffuseurs et dépositaires de presse :  
0800.06.45.12

PGV - Département Publicité :  
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60  
Directeur commercial : Jean-Pierre REITER (84.87)  
Chef de publicité : Pascal DECLERCK (84.92)  
E Mail : [pub@electroniquepratique.com](mailto:pub@electroniquepratique.com)  
Assisté de : Karine JEUFFRAULT (84.57)  
Abonnement/VPC: Voir nos tarifs en page intérieure.  
Préciser sur l'enveloppe «SERVICE ABONNEMENTS»  
Important : Ne pas mentionner notre numéro de compte  
pour les paiements par chèque postal. Les règlements en  
espèces par courrier sont strictement interdits.  
ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliteriez 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 : 4011 boul. 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 \$can 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.  
Imprimé en France.

Ce numéro comporte : un encart broché central de 8 pages  
(I à VIII) pour le client E-44 + un encart "Carte T" Conrad  
broché en P.17, sur tout le tirage hors étranger.



« Ce numéro  
a été tiré  
à 46 600  
exemplaires »



## Réalisez vous-même

- 12 Variateur de vitesse 36V/3A à PIC 16F84
- 48 Un PIC qui parle
- 54 Anti-oubli électronique
- 60 Contrôle d'accès à transpondeur piloté par Bus CAN
- 68 Détecteur de canalisations encastrées
- 72 Journal défilant sur téléviseur
- 82 Microphone indiscret
- 86 Télécommande à accusé de réception

## 18 Dossier spécial « Concevoir et réaliser des enceintes acoustiques »

- I Poser le problème
- II Choisir le ou les haut-parleurs
- III Le calcul des filtres
- IV Les enceintes acoustiques : Généralités, l'en-  
ceinte close, l'enceinte à évent ou Bass reflex
- V Les utilisations des enceintes : En stéréophonie,  
en Home Cinéma, la norme THX, la disposition  
des enceintes
- VI La réalisation des enceintes : Définition des  
enceintes, définition des composants, choisir la  
matière du coffret, établir la découpe des pan-  
neaux, le montage de l'enceinte, amortissement  
de l'enceinte
- 30 Un kit enceinte 5 + 1 HOME 210
- 38 Stéréophoniseur de canaux arrière
- 42 Filtre pour enceintes
- 44 Testeur d'installation Dolby

## 04 Infos OPPORTUNITÉS

## DIVERS

- 10 Internet Pratique



## L'acoustique suédoise fait le mur !

**Vous êtes en butte à des difficultés de « point de vue » concernant l'implantation d'enceintes dans votre salon ? ... Nous avons une solution qui combine esthétique et efficacité.**

Connaissez-vous l'enceinte plate (flat wall speaker) ? Le savoir-faire suédois en matière de haut-parleurs a encore frappé : une enceinte pas plus épaisse qu'un écran de télévision plasma, que vous accrocherez au mur, comme

un tableau.

A base de haut-parleurs Fostex modifiés (bobine plus large sur support Kapton), tweeters refroidis... La gamme d'enceintes plates de Sperrling Audio Co va séduire toute la famille et parfaitement s'intégrer à votre intérieur.

Le petit modèle ne mesure que 220x295mm et pèse 5,5 kg. Ses dimensions réduites n'empêchent pas une efficacité redou-



table : sensibilité 94 dB, 500W PMP, bande passante élargie.

Une gamme de 5 modèles de 220x295 à 625x965mm est disponible en produit fini ou en kit chez le distributeur France.

**E44 - 15 bld René Coty - BP 18805 - 44188 Nantes cedex 04  
Tel : 02.51.80.73.73 - www.e44.com**

## Catalogue général SELECTRONIC 2004



La rentrée de septembre signifie souvent l'aboutissement d'une année de travail et d'effort pour les VPCistes des secteurs de l'électronique.

SELECTRONIC ne déroge pas à la règle et nous livre, ici, la dernière mouture de son catalogue général 2004 !

816 pages en couleurs, plus de 15 000 références réparties en 17 chapitres fortement agrémentés de renseignements techniques, font de cette édition un outil de travail incontournable pour tous les passionnés d'électronique.

A noter, les rubriques Audio (+ 6 pages) et robotiques (+ 12 pages) qui se sont étoffées spectaculairement par rapport à la version précédente.

Disponible dès à présent contre 5 € en timbres poste ou chèque pour envoi par correspondance.

**SELECTRONIC - BP 513 - 59022 LILLE cedex  
Tel : 03.28.55.03.28 - www.selectronic.fr**

## Montez en PUISSANCE avec les nouvelles alimentations ELC : AL 936N & ALR3003D

**ELC, fabricant français, commercialise avec succès, depuis de nombreuses années, l'alimentation triple AL 936 devenue la référence professionnelle.**

Devant l'ampleur de ce succès ELC lance une nouvelle génération d'alimentations dont l'évolution significative se remarque davantage par de réelles performances technologiques que par une modification de design.

En effet, l'AL 936N (200W) est « la Nouvelle Référence Professionnelle » : plus légère, moins encombrante, grâce à son transformateur torique et à sa ventilation contrôlée.

Issue de cette nouveauté, l'ALR3003D (180W) est « la Référence Professionnelle Economique ».

Cette alimentation 2 voies offre, également, un fonctionnement automatique en mode série, séparé et symétrique. Possibilité de mise en parallèle\* (manuel).

2 x 0 - 30V / 2 x 0 - 3A (séparé)  
ou 1 x ±0 - 30V / 0 - 3A (symétrique)  
ou 1 x 0 - 60V / 0 - 3A (série)  
ou 1 x 0 x 30V / 0 - 6A (parallèle\*)



En vente chez votre distributeur conseil habituel au prix de :

**AL 936N : 495 € HT (soit 592,02 € TTC),  
ALR3003D : 420 € HT (soit 502,32 € TTC).**

**ELC - 59, Avenue des Romains - 74000 ANNECY - FRANCE  
Tél : +(33)4 50 57 30 46 - Fax : +(33)4 50 57 45 19 - Email : elc.elc1@libertysurf.fr**

## Nouveau ! Parution du catalogue CONRAD 2004

et voyage au cœur de la rubrique "Haut-parleurs"

### Catalogue général CONRAD 2004

A lire sans modération !

Cette nouvelle édition, livrée à 650 000 exemplaires, offre plus de 17 000 références (environ 610 pages) dont 3000 nouveautés. Les descriptifs des produits détaillés et les nombreux renvois permettent une navigation aisée au travers des 13 secteurs de produits représentés : Alarme et loisirs, Electricité, Informatique, Communication, Hi-Fi vidéo, Sono & lumière, Auto et vélo,

Mesure, Outillage, Kits, Composants, Modélisme, Librairie...

Disponible, à la fois par correspondance (gratuitement pour nos lecteurs) ou en kiosque, au prix de 5,95 €. Les internautes peuvent, dès à présent, profiter de sa mise en ligne sur le site de CONRAD.



### Haut-parleurs Série Alu Cone

Nouvelle série de haut-parleurs avec membrane en aluminium utilisé en aéronautique. Ce matériau extrêmement léger, résistant à la torsion apporte aux châssis un son très puissant, clair et net jusqu'à la puissance maximale. Les vibrations parasites sont réduites au minimum. Suspensions périphériques en caoutchouc longue durée. Supports de bobines résistant à la chaleur. Bobines de grand diamètre. Aimant de haute qualité. Saladier en acier robuste.

Reléguez les basses bourdonnantes au passé ! L'avenir est au "Alu Cone" ! Impédance de tous les châssis : 4  $\Omega$ .



**exemple :**  
Code 36 90 20-33,  
Modèle DS-040,  
Puissance, 60/30 W,  
Bande passante 40-6000 Hz,  
Fréquence de résonance 74 Hz,  
Sensibilité 84 dB, QTS 0,49,  
VAS 1,78,  $\varnothing$  113 mm,  
Prix : 25.00 €  
Série de 6 modèles de 30 à 120W

### Filtres adaptés



Type CHX-2068. 2 voies.  
200/80 W. Fréquence de coupure : 4000 Hz - 6/12 dB. 8  $\Omega$ .  
32 97 46-33 - Le filtre : 12.90 €

### Kit SpeaKa 2 pour enceintes 3 voies

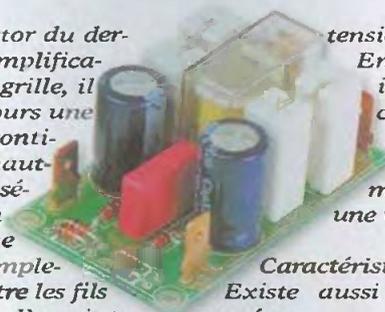
Le boomer de 20 cm vous apporte les basses nécessaires. Logé dans un caisson de 50 litres. Il atteint 35 Hz grâce à un évent bass reflex d'environ 10 cm. La qualité du médium et du tweeter font de ce kit une enceinte Hi-Fi aux aptitudes sonores plus qu'agréables. Caractéristiques : 3 voies. Haut-parleurs : 1 x Speaka 12-14, 1 x Speaka 75-9, 1 x Speaka HT 60-80. Puissance sinus/musicale 100/120 W. Impédance : 8  $\Omega$ . Rendement : 87 dB. Accessoires inclus : filtre, câble, évent  $\varnothing$  50 mm, bornier, vis, laine isolante.  
30 02 90-33 - L'ensemble : 34.90 €



**CONRAD**  
Tel : 0 892 895 555  
(0.34 €/min.)  
[www.conrad.fr](http://www.conrad.fr)

## Dispositif de protection CC pour haut-parleur

Lorsque le transistor du dernier étage d'un amplificateur de puissance grille, il s'en suit presque toujours une dangereuse tension continue aux bornes du haut-parleur avec, pour conséquence, la destruction des haut-parleurs. Une sécurité peut tout simplement être installée entre les fils des haut-parleurs de l'enceinte acoustique, sans alimentation supplémentaire. Elle déconnectera automatiquement les haut-parleurs en cas de



tension continue. En outre, cet interrupteur convient parfaitement pour être monté dans une voiture.

### Caractéristiques

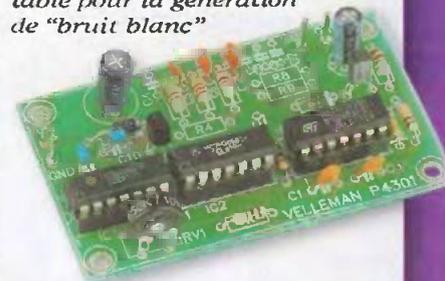
- Existe aussi en versions montées :
- M4701A : Protection CC pour haut-parleur jusqu'à 30W max
  - M4701B : Protection CC pour haut-parleur jusqu'à 300W max

### Spécifications

- tension d'entrée max : 90Vcc
- courant de contact max : 10A
- tension de sécurité minimale : 10Vcc
- alimentation externe non nécessaire
- dimensions : 40x67mm
- boîtier recommandé : G410
- Réf. : K4701 en kit
- Prix : 14,95 €

## Générateur de bruit rose

Pour analyser les propriétés acoustiques d'une pièce (généralement d'une salle de séjour), un bon générateur de bruit rose est indispensable, ainsi qu'un analyseur de spectre. Il faut également disposer d'un microphone ayant une caractéristique de fréquence la plus droite possible (de 20 à 20.000 Hz) et, si on y ajoute encore un égalisateur, il est possible d'effectuer non seulement le contrôle de la restitution, mais également sa correction. Facilement adaptable pour la génération de "bruit blanc"



### Spécifications

- bruit rose numérique
- longueur du registre : 33 bits
- fréquence d'horloge : réglable entre 30 et 100 kHz
- filtre de bruit rose : 3 dB/octave (20 Hz à 20 kHz)
- tension de sortie : 150mVrms
- impédance de sortie : 1 k $\Omega$
- alimentation : 9 - 12Vca ou 12 - 15Vcc / 5mA
- dimensions du circuit imprimé : 72x43mm
- boîtier recommandé : G410
- transformateur recommandé : 1120007M
- adaptateur réseau recommandé : PS1205
- Réf. : K4301 en kit
- Prix : 14,95 €

## Kit de réparation pour haut-parleurs

Un set de réparation pour les boomers sono de marque ZEUZ et autres modèles du marché est distribué par la société Skytronic France (Acceldis). Fort judicieux, cet ensemble se compose d'une bobine de 2", d'une membrane en carton enduit avec suspension tissu, d'un spider,



d'un dôme, de la tresse en cuivre et de joints.

Disponible en 2 versions :

- Réf. : 900.930 pour 12"/300mm au prix de 29,95 € TTC
- Réf. : 900.932 pour 15"/380mm au prix de 32,50 € TTC

Il fallait y penser et souligner l'initiative de ce distributeur qui permettra à tous les « Teufers » de ne pas rester en panne de son ! A noter qu'il existe, aussi, une membrane de remplacement pour moteur à compression, livrée complète pré-montée avec capot, borniers et visserie pour les HP de marque ZEUZ (réf. 900.924) au prix de 55,00 € TTC

## Filtres à 2 voies (modules montés câblés sur circuit imprimé)

Trois filtres à 2 voies d'une impédance de 8  $\Omega$  sont également disponibles



Disponible dans le réseau de distribution

**SKYTRONIC France**  
(Acceldis) au

**01.39.33.03.33** ou

[www.skytronic.com/fr](http://www.skytronic.com/fr)

chez Skytronic France :

- Réf. : 900.586 : fréquence de séparation 3,5 kHz, 100W, 12 dB - Prix : 6,90 €
- Réf. : 900.588 : fréquence de séparation 2,5 kHz, 100W, 6 dB - Prix : 8,25 €
- Réf. : 900.590 : fréquence de séparation 2 / 2,5 / 4 kHz, 250W, 12 dB - Prix : 9,95 €

## Filtre à 3 voies (modules montés câblés sur circuit imprimé)



Pour vos réalisations d'enceintes acoustiques, 3 modèles de filtres 3 voies d'une impédance de 8  $\Omega$  sont également disponibles :

- Réf. : 900.592 : 100W, grave 200 Hz, médium 2000-5000 Hz, aigus 5000 Hz, 12 dB - Prix : 10,90 €
- Réf. : 900.594 : 100 W, grave 800 ou 1600 Hz, médium 800-5000 Hz ou 1600-7000 Hz, aigus 5000 ou 7000 Hz, 6 dB - Prix : 12,90 €
- Réf. : 900.596 : 250W, grave 800 ou 1600 Hz, médium 800-5000 Hz ou 1600-7000 Hz, aigus 5000 ou 7000 Hz, 12 dB - Prix : 15,90 €

**VELLEMAN électronique**  
Tél. : 03 20 15 86 15  
[www.velleman.fr](http://www.velleman.fr)

Les haut-parleurs sont un maillon essentiel de la chaîne de reproduction musicale. Que l'on souhaite les acheter ou les réaliser soi-même, une bonne connaissance des caractéristiques principales des haut-parleurs est préférable. Dans ce domaine, Internet se révèle une aide précieuse en raison des nombreuses informations intéressantes mises à notre disposition.

# internet PR@TIQUE

**L**e premier site que nous vous invitons à visiter se situe à l'adresse :

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Fonctionnement%20du%20%20HP/animhp.htm>.

Vous y découvrirez le principe de fonctionnement des haut-parleurs très bien illustré.

Ce site fournit également des explications précieuses pour bien comprendre comment les haut-parleurs produisent des sons et sur les caractéristiques importantes à prendre en compte lorsque l'on souhaite les comparer.

Ces explications sont visibles à l'adresse suivante :

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Donnees%20abusives/texte%20donnees%20abusives.htm>.

Le site que nous vous invitons ensuite à visiter regorge d'informations très utiles en allant du choix des haut-parleurs à l'installation des baffles dans la pièce d'écoute, en passant par la conception des filtres et d'une enceinte. Vous trouverez toutes ces informations à l'adresse :

[http://members.aol.com/petoin dominique/doc\\_html/table.htm](http://members.aol.com/petoin dominique/doc_html/table.htm).

En ce qui concerne la conception des filtres nécessaires à la fabrication d'une enceinte acoustique, nous vous proposons de revenir sur le 1er site que nous vous avons déjà présenté. Vous y trouverez de nombreux schémas de filtres actifs ou passifs ainsi que des explications détaillées très précieuses. Les pages intéressantes en rapport avec les filtres sont les suivantes :

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Filtres%20actifs%20et%20passifs/filtrage%20actif.htm>,

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Filtres%20actifs%20et%20passifs/filtrage%20passif.htm>,

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Specifica%20filtres/specifica%20filtres.htm>.

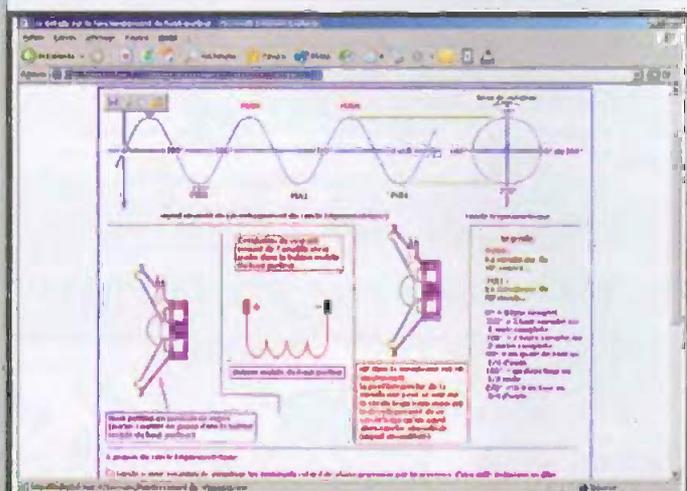
Les haut-parleurs sont des composants relativement fragiles et il n'est pas rare qu'ils soient endommagés suite à un petit accident domestique ou, tout simplement, à cause du temps et de l'usure naturelle des choses. Faut-il les jeter pour autant ? Ce n'est pas une fatalité comme le démontre le site suivant :

<http://www.son-video.com/Conseil-Hifi/Rembrance/Remembrance.html>.

Ce site explique comment changer la membrane d'un haut-parleur.

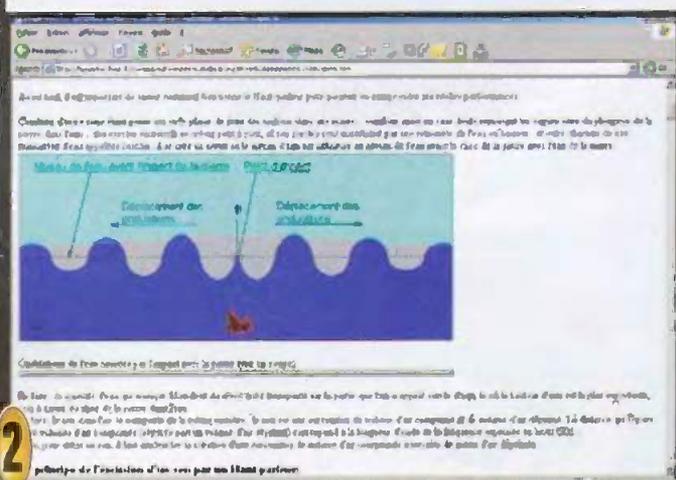
Bien entendu, cette opération n'a de sens que si le haut-parleur à réparer en vaut vraiment la peine (ou bien que l'envie de bricoler est la plus forte).

Enfin, nous terminerons notre navigation sur une note nostalgique en vous invitant à visiter la page située à l'adresse : <http://perso.wanadoo.fr/tsf/tsf/hp.htm>.

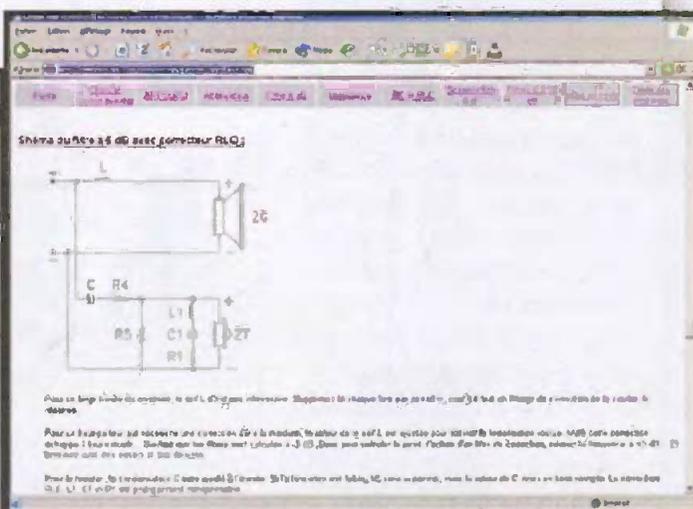
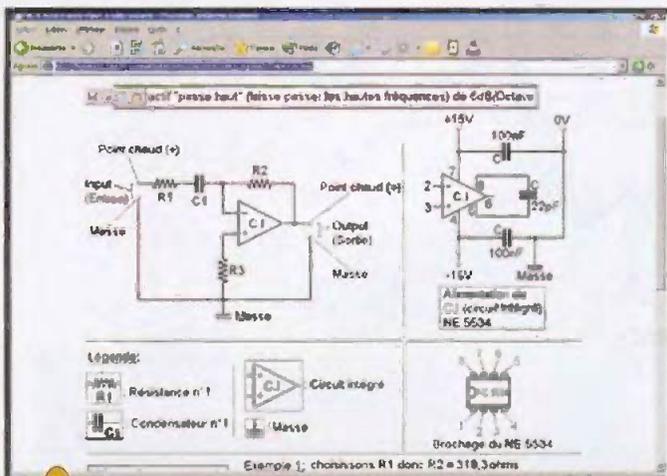


**1** <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Fonctionnement%20du%20%20HP/animhp.htm>

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Donnees%20abusives/texte%20donnees%20abusives.htm>



**2** <http://perso.wanadoo.fr/tsf/tsf/hp.htm>



3

[http://members.aol.com/petoindominique/doc\\_htm/filtre.htm](http://members.aol.com/petoindominique/doc_htm/filtre.htm)

<http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Filtres%20actifs%20et%20passifs/FAPH6dB.htm>

4

### Liste des liens de ce dossier

- <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Fonctionnement%20du%20HP/animhp.htm>
- <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Donnees%20abusives/texte%20donnees%20abusives.htm>
- [http://members.aol.com/petoindominique/doc\\_htm/filtre.htm](http://members.aol.com/petoindominique/doc_htm/filtre.htm)
- <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Filtres%20actifs%20et%20passifs/filtrage%20actif.htm>
- <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Filtres%20actifs%20et%20passifs/filtrage%20passif.htm>
- <http://hyperbol.free.fr/Sommaire/Specifica%20filtres/specifica%20filtres.htm>
- <http://www.son-video.com/Conseil/Hifi/Remembrance/Remembrance.html>
- <http://perso.wanadoo.fr/tsf/tsf/hp.htm>
- [http://members.aol.com/petoindominique/doc\\_htm/real.htm](http://members.aol.com/petoindominique/doc_htm/real.htm)
- <http://users.swing.be/edwipai/enceinte.htm>
- [http://users.swing.be/edwipai/cross\\_over.htm](http://users.swing.be/edwipai/cross_over.htm)
- <http://www.brouchier.com/livre/minienceinte/minienceinte.html>
- <http://www.brouchier.com/livre/livre.html>
- <http://hifi.chez.tiscali.fr/index1.htm>
- <http://pssaudio.com/francais/Car007.htm>
- <http://members.lycos.fr/Lightness1024/hps.html>
- [http://members.aol.com/petoindominique/doc\\_htm/home\\_one.htm](http://members.aol.com/petoindominique/doc_htm/home_one.htm)
- <http://www.fcosinus.com/Dostech/sono/meshp.html>
- <http://www.cem2.univ-montp2.fr/cours/ProjetsUP1/C6/projetenc.html>

Vous y trouverez la présentation de quelques réalisations antiques des premiers haut-parleurs.

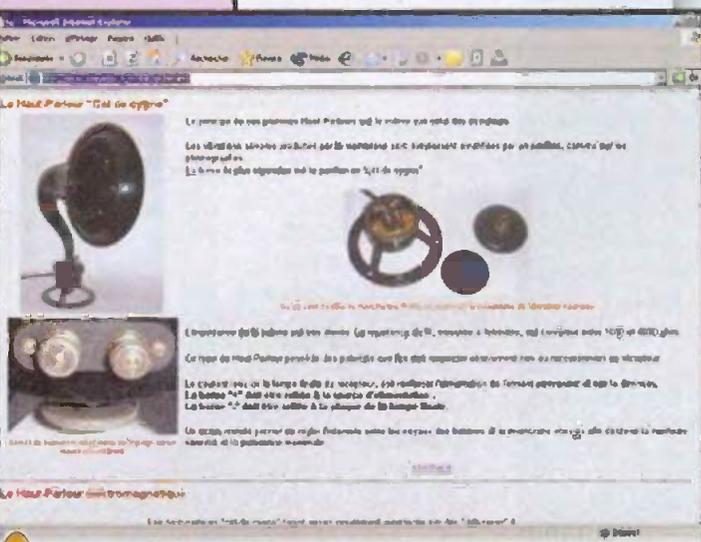
Nos jeunes lecteurs qui visiteront cette page pourront mesurer tout le chemin parcouru par la technique de fabrication des haut-parleurs auxquels on ne fait même plus attention aujourd'hui, tellement ils sont omniprésents dans notre vie (téléviseur, téléphone, autoradio, lecteur MP3, sonorisation des espaces publics, etc.).

A l'issue de cette présentation, nous vous souhaitons une agréable découverte des sites proposés et nous vous donnons rendez-vous le mois prochain pour de nouvelles découvertes.

P. MORIN

5

<http://www.son-video.com/Conseil/Hifi/Remembrance/Remembrance.html>

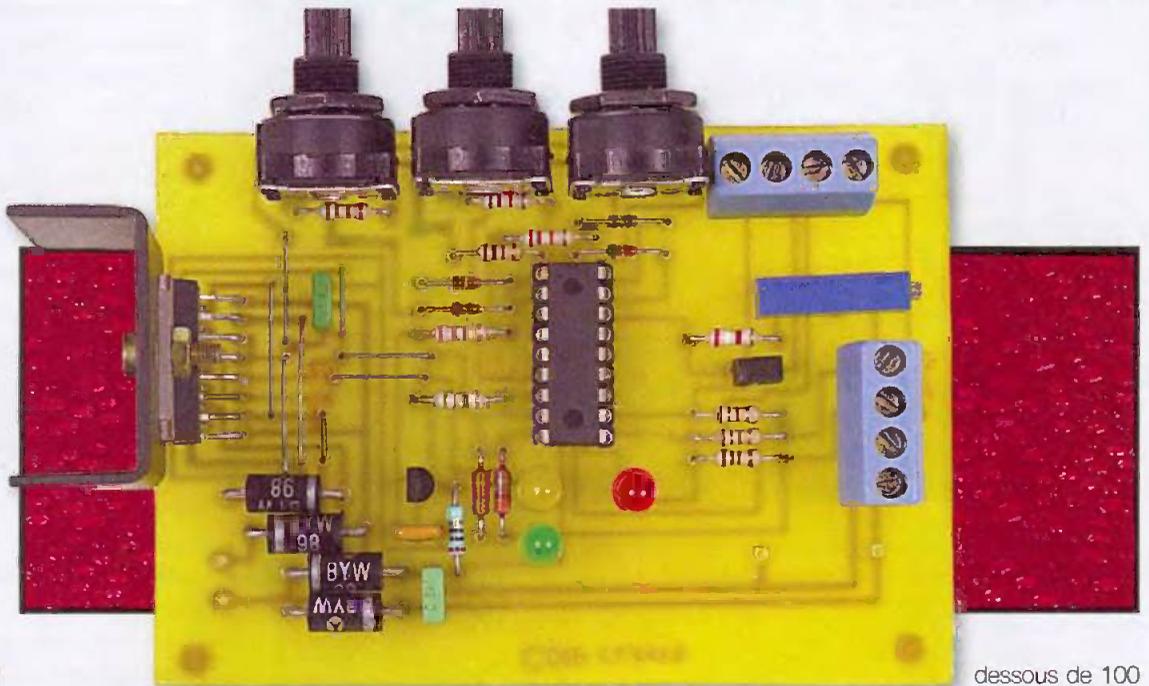


6

<http://perso.wanadoo.fr/tsf/tsf/hp.htm>



# Variateur de vitesse 36V/3A à PIC 16F84



Ce variateur devrait satisfaire nos amis modélistes, bricoleurs ou, même, étudiants. Ses performances lui permettent de faire varier la vitesse de quasiment tous les moteurs à courant continu utilisés en modélisme, dans les jouets ou, encore, dans certaines applications domotiques et ceci sans perte d'énergie importante au contraire des régulateurs linéaires. Grâce à l'utilisation d'un microcontrôleur PIC16F84, vous disposez de réglages séparés pour l'accélération et le ralentissement, ainsi que de 32 vitesses.

## Principe du variateur

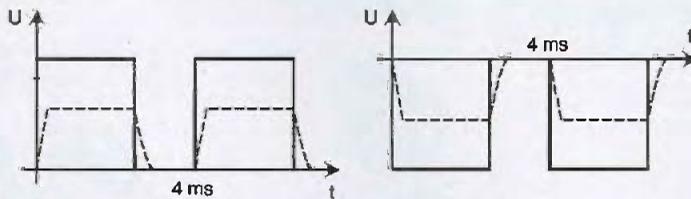
Après ce rapide tour d'horizon, il est indispensable de détailler le fonctionnement de ce variateur pour l'utiliser au mieux. Tout d'abord, examinons la forme de la tension en sortie du variateur. La **figure 1** montre la forme de la tension délivrée au moteur par le L298N pour les deux sens de rotation. La tension est toujours unidirectionnelle, c'est-à-dire qu'elle varie soit uniquement positivement soit unique-

ment négativement. Les tensions bidirectionnelles, comme celles représentées **figure 2**, provoquent un courant bidirectionnel à l'arrêt dont la composante alternative finit par démagnétiser les aimants du moteur. A contrario, la tension délivrée par notre variateur impose un courant unidirectionnel qui, lui, est inoffensif pour vos moteurs. La fréquence de découpage choisie est de 250 Hz. Pourquoi cette fréquence ? Pour deux raisons :

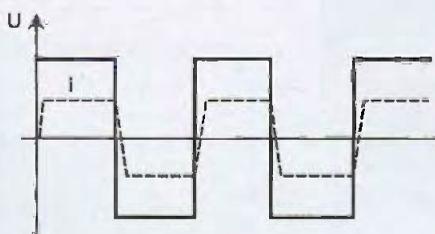
- si la fréquence est trop basse (en

dessous de 100 Hz) les petits moteurs fonctionnent par à-coup, mettant à mal les mécanismes et donnant un effet visuel lamentable,

- si elle est trop haute (au-dessus de 1 kHz), l'inductance parasite du moteur lisse le courant et le micromoteur perd de la puissance ! Ces petits moteurs ont besoin, pour la plupart, de crête de courant provoquant des pointes de couple pour pouvoir vaincre les différents frottements des mécanismes d'entraînement. La bonne plage de fréquence se situant entre 200 et 400 Hz, 250 Hz est une valeur correspondant aux possibilités du PIC16F84 cadencé par un circuit RC. Pour obtenir cette fréquence de découpage, soit vous réglez précisément la fréquence de sortie aux bornes du moteur, à l'aide d'un oscilloscope, en agissant sur la résistance ajustable AJ<sub>1</sub> (schéma **figure 3**) de 20 kΩ ou, si vous ne disposez pas d'oscilloscope, vous remplacez AJ<sub>1</sub> par une résistance de 2,7 kΩ. Dans ce dernier cas, vous disposerez d'une fréquence de 250 Hz ±10%. Dès que l'interrupteur M/A est fermé la LED rouge (D<sub>2</sub>) s'allume et vous pouvez régler la vitesse du moteur à

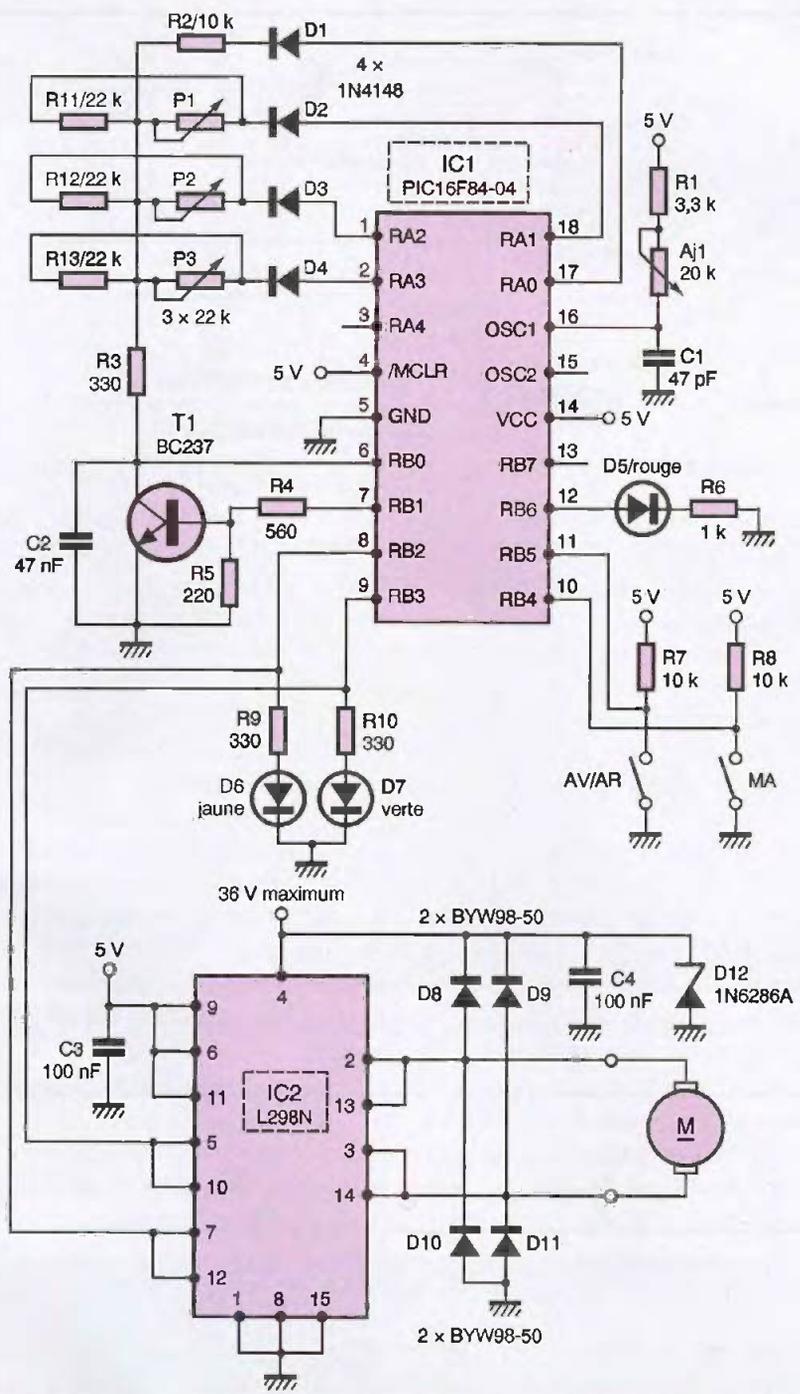


**1** Tensions et courants unidirectionnels délivrés par le variateur au moteur



**2** Tension et courant bidirectionnels à l'arrêt

**Schéma de principe**



l'aide de P<sub>1</sub>. Le moteur accélérera suivant le réglage de P<sub>2</sub>. Lors d'un changement de sens de rotation ou d'un arrêt, il ralentira suivant le réglage de P<sub>3</sub>. Deux diodes (D<sub>6</sub> et D<sub>7</sub>) indiquent le sens de rotation du moteur et s'illuminent au fur et à mesure de l'accélération du moteur. La plage de variation de vitesse va de 8 à 96%, soit de 1 à 11,5V pour une alimentation de 12V. En principe, les micromoteurs ne tournent pas pour une tension de 1V, mais du courant les traverse. Vous entendrez donc ce courant à 250 Hz, car c'est une fréquence audible : ne vous inquiétez pas, c'est normal et votre moteur ne risque rien. Par contre, vous remarquerez que le moteur chauffe, ceci est normal : quand le courant est découpé, sa valeur efficace augmente suivant la racine carrée du rapport cyclique par rapport au courant moyen que vous pouvez mesurer au multimètre en position continue. Cela dit, votre moteur ne risque pas plus que quand il est alimenté sous 3V continus sans tourner. Cet inconvénient sera même utilisé par les modélistes ferroviaires qui pourront utiliser ce créneau de 12V d'amplitude et d'une durée de 0,32ms pour éclairer leur train à l'arrêt, moyennant l'emploi d'un redressement + filtrage embarqué dans les véhicules. Enfin, l'accélération est réglée par P<sub>2</sub> et le ralentissement par P<sub>3</sub>. Leur plage de variation va de 0 à 3 s. Le programme en format hexadécimal du PIC est disponible sur le site Internet de la revue sous le titre VAREP.HEX.

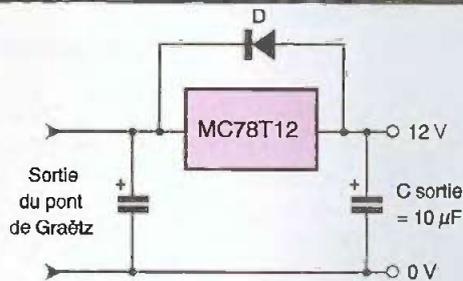
**L'alimentation du montage**

Le variateur nécessite 2 alimentations : Une de 5V pour le microcontrôleur et une autre pour le moteur jusqu'à 36V maximum. Ces 2 alimentations ont leur 0V reliées et elles doivent être positives.

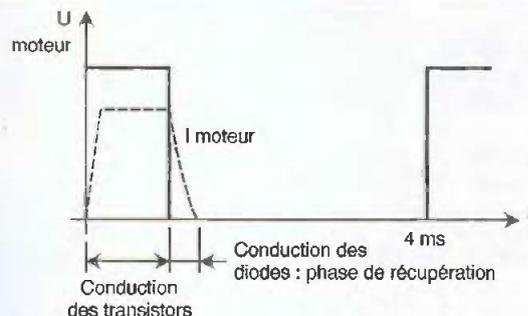
La seule précaution que vous ayez à prendre concerne le L298N. Ce pont de puissance contient deux ponts en H qui, dans notre application, sont reliés en parallèle. Chacun de ces ponts peut délivrer 2A de façon continue et 2,5A en crête. Quand ils sont en parallèle, les performances sont inférieures au double de chacun utilisé individuellement, ceci à cause de la dissymétrie de la conduction



**utilisation impérative de BYW98-50**



**4** Exemple d'alimentation 12V/3A



**5** Illustration de l'effet du moteur sur la conduction des diodes rapides

des transistors bipolaires qui les constituent ; ainsi, le variateur délivre 3A de façon continue et 3,5A en courant crête. C'est pour cette raison que l'alimentation régulée que vous utiliserez devra délivrer, au maximum, 3A de façon continue et 3,5A crête. En pratique, vous utiliserez un régulateur intégré limité à 3A (exemple : MC78T12) avec un condensateur de sortie de 1 à 10 µF AU MAXIMUM. La bonne valeur étant 4,7 µF. Le schéma à utiliser est donné **figure 4**, la diode est à monter impérativement, c'est une BYW98-50 de préférence.

Une autre chose à considérer est que votre variateur alimente un moteur, donc une charge inductive, avec une tension rectan-

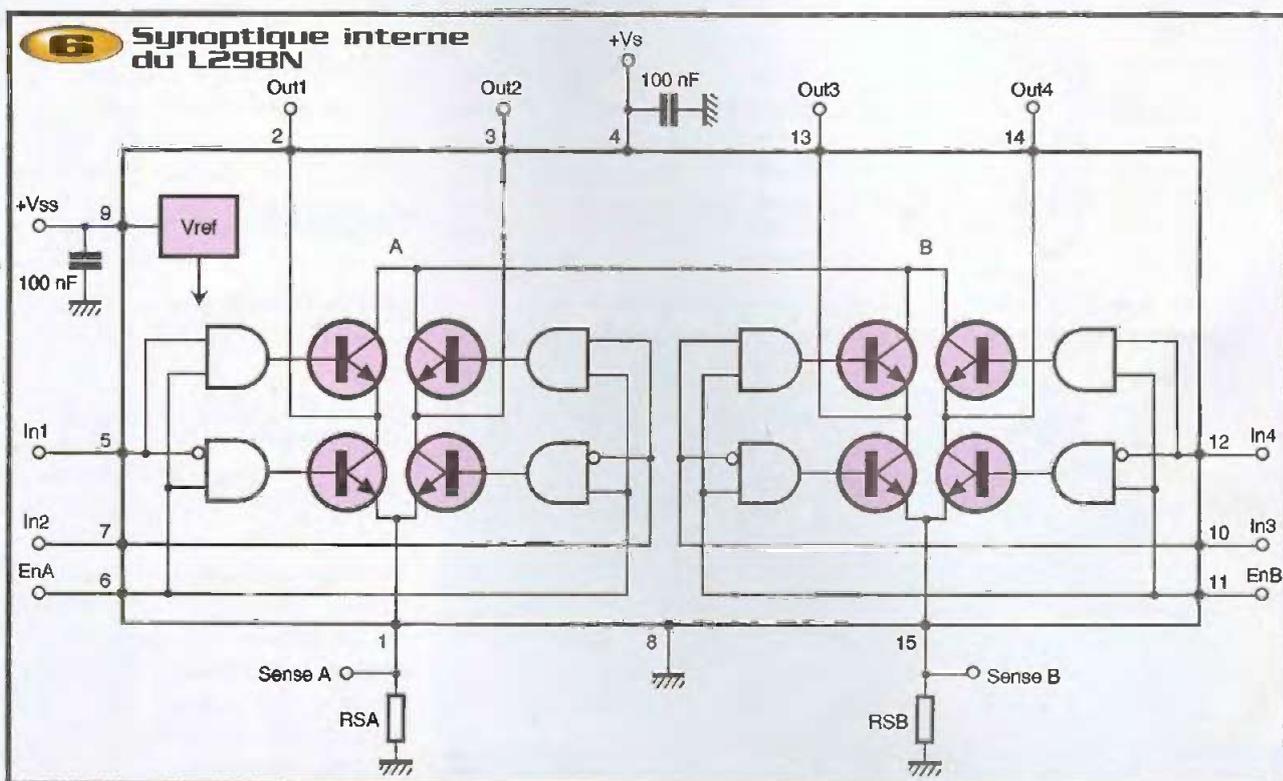
gulaire. Cela impose des phases dites de récupération de courant dans les diodes  $D_8$  à  $D_{11}$ , comme le montre la **figure 5**. Sans ces diodes, il y aurait une surtension aux bornes du moteur qui détruirait le pont L298N. Elles doivent donc être des diodes rapides 3A (BYW98-50) et non pas de redressement comme les BY255, pour protéger efficacement le pont.

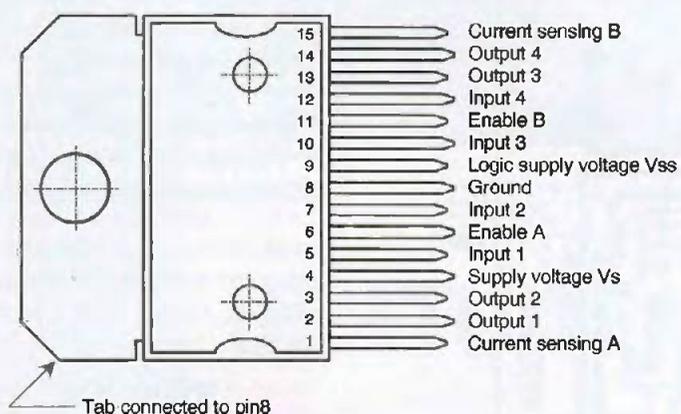
Ce courant conduit par les diodes va charger le condensateur de sortie de votre alimentation régulée, c'est pour cela que la diode  $D_{12}$  est une diode transil : au-delà de sa tension d'avalanche, elle dérive tout le courant.

Elle limite ainsi la tension aux bornes du pont. Suivant la tension d'alimentation du

moteur, vous emploieriez pour  $D_{12}$  une 1N6286A (43V), au-delà de 25V, ou une P6KE33 (33V) en deçà. Pour ces raisons, il est déconseillé de brancher une inductance en série avec votre moteur, quel qu'en soit le motif, car vous risquez de détruire le L298 et le régulateur de votre alimentation quand l'énergie emmagasinée est trop importante.

Afin de documenter ce composant intéressant qu'est le L298N, la **figure 6** donne son synoptique interne, la **figure 7** son brochage et le **tableau 1** les limites absolues d'utilisations, A titre d'information, toutes ses entrées logiques sont prévues pour être utilisées entre 0 et 5V (niveaux TTL).





qués par l'implantation. Le L298N a tout de même besoin d'un dissipateur pour les 6,5W maximum qu'il est susceptible de dissiper. Un dissipateur de 9°C/W maximum lui permet de fonctionner correctement dans une ambiance de 30°C. Bonne réalisation !

M. COUËDIC

**7 Brochage du L298N**

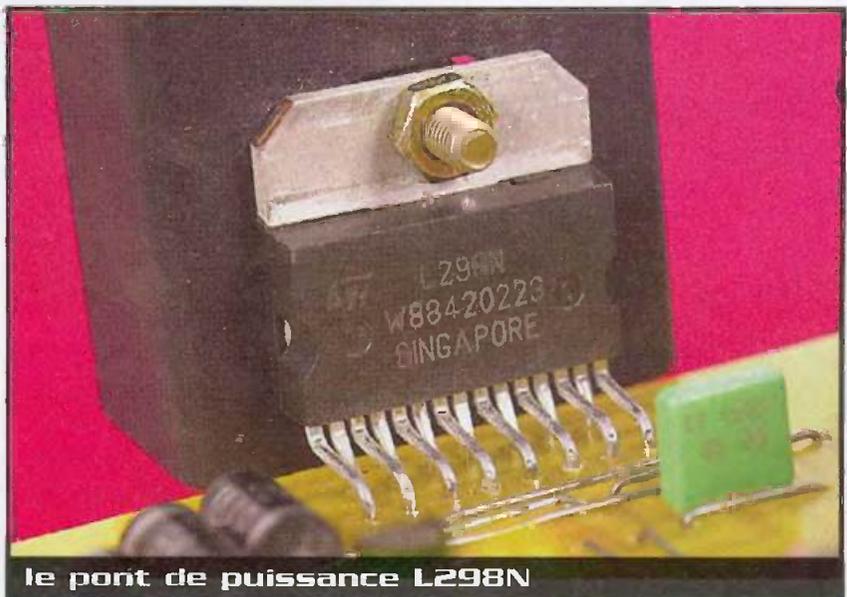
Paramètres	Valeurs	Unité
Vs : tension d'alimentation	50	V
Vss : tension d'alimentation logique	7	V
Vi, Ven : tension d'entrée et de validation	-0,3 à 7	V
Io : Courant crête de sortie (chaque pont)		
- Accidentel (100µs)	3	A
- répétitif (T= 10ms ton=8ms)	2,5	A
- Permanent	2	A
Vsens : tension de mesure	-1 à 2,3	V
Ptot : Puissance totale dissipable	25	W
Tj : température de jonction maximum	150	°C
Rthj-case : résistance thermique jonction/boîtier	3	°C/W

**Limites absolues d'utilisation du L298N**

**Réalisation**

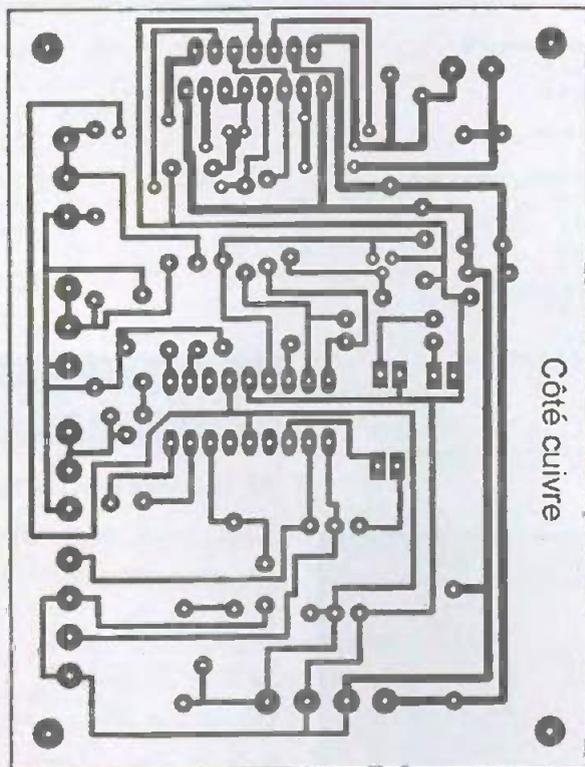
Le plan des pistes du circuit imprimé est donné **figure 8**. L'implantation des composants est donnée **figure 9**. Mis à part

l'implantation du L298N (IC<sub>2</sub>), pour lequel il faut faire pénétrer soigneusement toutes les broches simultanément du boîtier Multi-Watt, il n'y a pas de difficultés particulières. Il suffit de prêter attention aux repères indi-

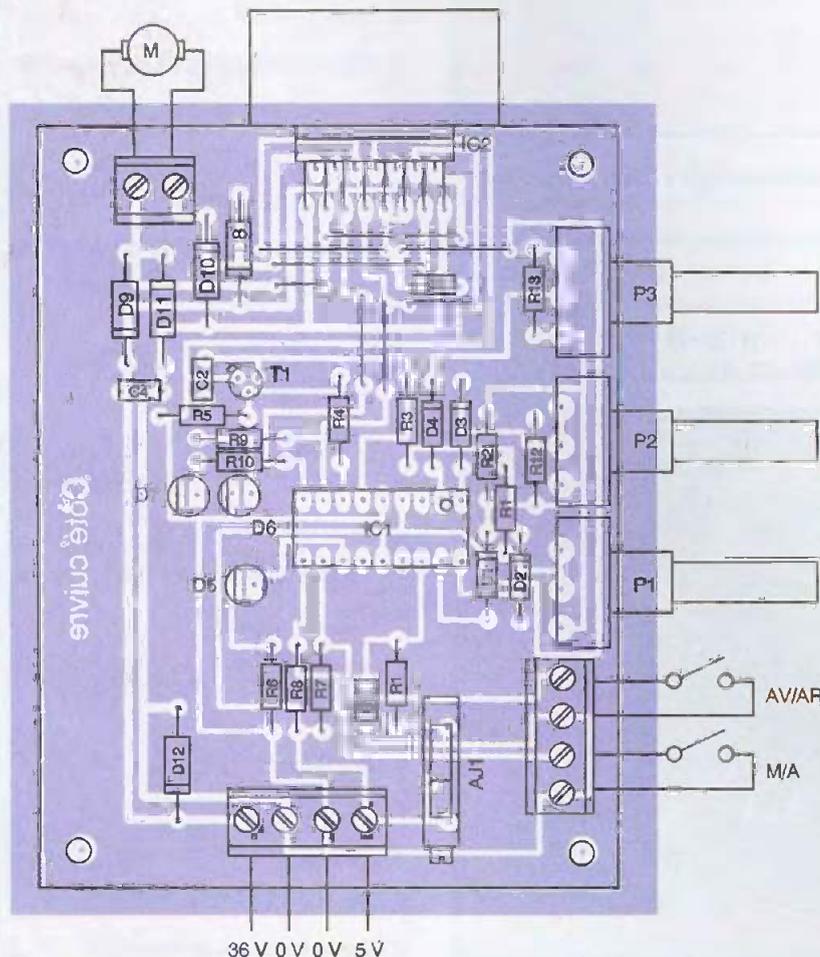


**Nomenclature**

- AJ<sub>1</sub> : ajustable 20 kΩ ou résistance de 2,7 kΩ (rouge, violet, rouge) voir texte
- R<sub>1</sub> : 3,3 kΩ 1/4W (orange, orange, rouge)
- R<sub>2</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub> : 10 kΩ 1/4W (marron, noir, orange)
- R<sub>3</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub> : 330 Ω 1/4W (orange, orange, marron)
- R<sub>4</sub> : 560 Ω 1/4W (vert, bleu, marron)
- R<sub>5</sub> : 220 Ω 1/4W (rouge, rouge, marron)
- R<sub>6</sub> : 1 kΩ 1/4W (marron, noir, rouge)
- R<sub>11</sub> à R<sub>13</sub> : 22 kΩ 1/4W (rouge, rouge, orange)
- P<sub>1</sub> à P<sub>3</sub> : potentiomètres linéaires 22 kΩ
- T<sub>1</sub> : BC237 ou 2N2222
- D<sub>1</sub> à D<sub>4</sub> : 1N4148
- D<sub>5</sub> : LED rouge
- D<sub>6</sub> : LED jaune
- D<sub>7</sub> : LED verte
- D<sub>8</sub> à D<sub>11</sub> : BYW 98-50
- D<sub>12</sub> : diode transil 1N6286A (43V) ou P6KE33 (33V) voir texte
- C<sub>1</sub> : 47 pF 5%
- C<sub>2</sub> : 47 nF
- C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 100 nF
- IC<sub>1</sub> : PIC16F84-04
- IC<sub>2</sub> : L298N
- Dissipateur : WA200 ou tout autre possédant une résistance thermique de 9°C/W maximum



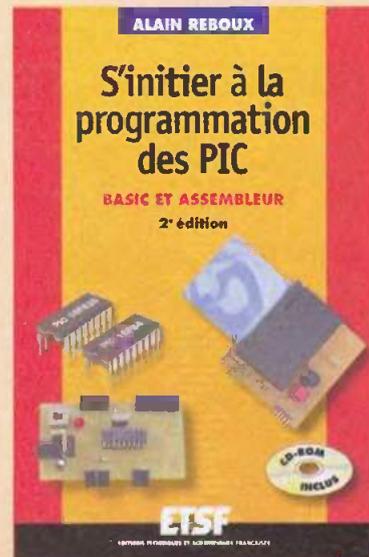
**8** Tracé du circuit imprimé



**9** Implantation des composants

## S'initier à la programmation des PIC BASIC et assembleur 2ème édition

Vous permettre de maîtriser les bases de l'électronique programmable, telle est l'ambition de ce livre.



Nous avons choisi de nous appuyer sur les fameux et universels microcontrôleurs PIC avec lesquels on "fait" de l'électronique sans s'embarrasser de schémas complexes. Les modèles retenus ici sont les 16F84 et 16F628 au rapport performances/prix sans égal sur le marché.

Cet apprentissage, nous l'avons voulu progressif au travers de montages simples et ludiques, basés sur des applications actuelles comme les cartes à puce, la télévision ou les robots. Ainsi, vous explorerez les immenses possibilités de cette électronique moderne en BASIC, assistés des logiciels BASIC F84 et F84+ développés pour vous par l'auteur, puis en assembleur. Bien plus qu'un manuel technique et qu'un simple ouvrage de programmation, ce guide est une véritable porte ouverte sur le monde de l'électronique numérique.

CD-ROM inclus

A. REBOUX - ETSF/OLINDO

224 pages - 35 €

# Concevoir et réaliser des enceintes acoustiques



**Audio :** il s'agit de couvrir au mieux la gamme 16 Hz - 20 kHz, c'est la plage couverte par la meilleure oreille qui n'est pas linéaire, ni en fréquence, ni en sensibilité (à 1000 Hz =  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa à 16 Hz et à 20 kHz = baisse de 60 dB). Il faut définir la puissance du ou des amplificateurs pour obtenir le niveau acoustique désiré en tenant compte de l'efficacité (dB) des haut-parleurs et de l'enceinte. Puis choisir les haut-parleurs qui conviennent et le type d'enceintes selon l'application en stéréo ou en Dolby digital 5.1.

Enfin, procéder à la fabrication des enceintes choisies, c'est ce que nous voulons faire dans cet article.

## Choisir le ou les haut-parleurs

### Caractéristiques principales

Diamètre, puissance nominale, impédance de la bobine

Fréquence de résonance de l'équipage mobile, sensibilité (dB)

Ces caractéristiques sont données sur la courbe donnant la plage en fréquence couverte

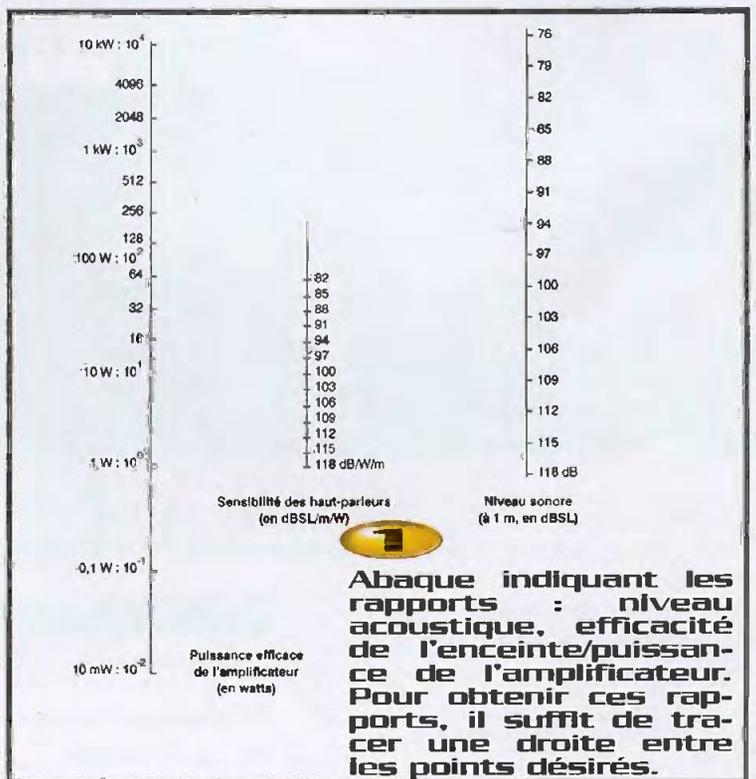
Les choix technologiques = matière de la membrane, bobine, aimant, etc. varient en fonction de la fréquence de la puissance.

### Importance de la sensibilité des haut-parleurs

La sensibilité c'est l'efficacité du haut-parleur ou de l'enceinte. Elle donne le niveau de pression acoustique en dB obtenu avec une puissance électrique de 1W à 1 mètre. On sait que 0 dB correspond au seuil d'audibilité ( $2 \cdot 10^{-5}$  Pa) et que 134 dB est le seuil de douleur (100 Pa). Elle conditionne la puissance de l'amplificateur

pour obtenir un niveau acoustique désiré. L'abaque de la **figure 1** indique les rapports : niveau acoustique, efficacité de l'enceinte, puissance de l'amplificateur.

Il s'agit de sa puissance efficace. Cependant, il faut tenir compte de la dynamique de la musique, entre 40 et 60 dB, pour déterminer la puissance crête que l'amplificateur doit fournir pendant de brefs instants.



On voit l'importance du niveau de l'efficacité, sur la puissance de l'amplificateur. Par exemple, pour obtenir un niveau de 106 dB avec une enceinte de 97 dB, il faut un amplificateur de 10W.

Pour le même niveau acoustique et une enceinte de 85 dB l'amplificateur doit avoir une puissance efficace de 100 W, avec une puissance crête instantanée d'environ 300W.

### Les différents types de haut-parleurs

Couvrir efficacement et avec une réelle qualité sonore toute la gamme audio avec un seul haut-parleur est pratiquement impossible. Les enceintes une voie avec un seul haut-parleur sont surtout destinées aux applications spéciales et aux satellites. Les enceintes deux voies avec deux haut-parleurs sont les plus courantes et les enceintes trois voies offrent la meilleure qualité.

#### Haut-parleur large bande (Full Range)

Courbes caractéristiques (figure 2).

Elles sont relevées avec le haut-parleur monté sur le baffle normalisé CEI.

- Plage de fréquences à 85 dB de sensibilité entre 90 Hz et 4000 Hz. Elle peut être étendue dans les graves grâce à l'enceinte (50 Hz à 6 dB)

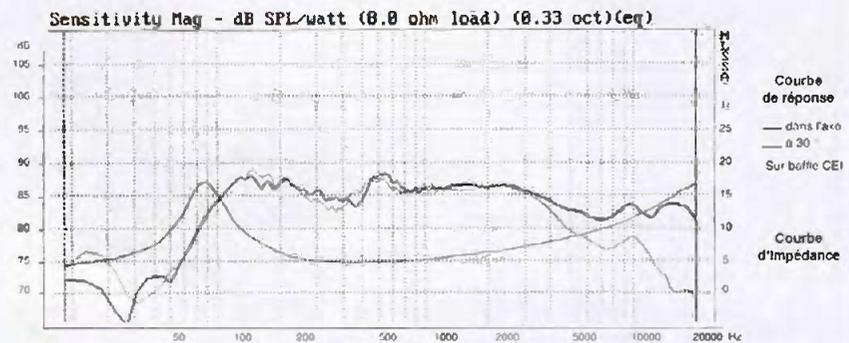
- Fréquence de résonance = 80 Hz - Impédance nominale = 8 Ω - Impédance minimale = 5 Ω - Puissance = 20W - Diamètre = 80mm.

Ce type de haut-parleur est souvent équipé d'une membrane en papier traité permettant une grande excursion avec une suspension très souple, ainsi qu'une bobine à haute température. Il est destiné aux satellites, particulièrement en 5-1. A noter sa sensibilité très moyenne.

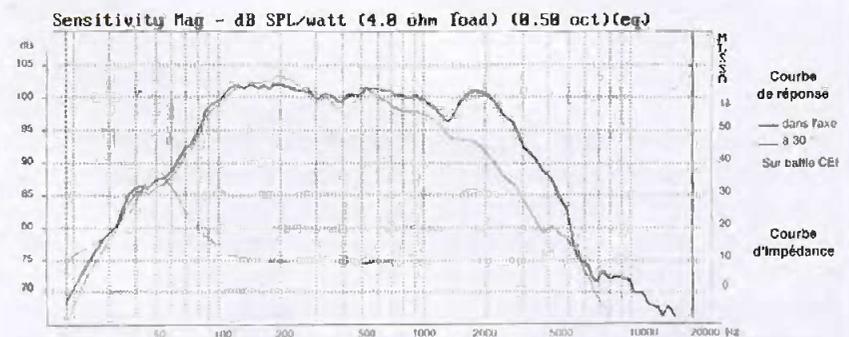
#### Haut-parleur de graves (Woofer)

Gamme de 240 à 380mm - Puissance = de 80 à 350W - Impédance = 8 Ω - Sensibilité entre 97 et 101 dB, très bon rendement - Plage de fréquences à 100 dB de 100 à 2000 Hz, à 85 dB de 40 à 5000 Hz - Destiné surtout au caisson de graves Dolby 5-1 et aux enceintes trois voies. La figure 3 donne les courbes du modèle 350W - 380mm de diamètre.

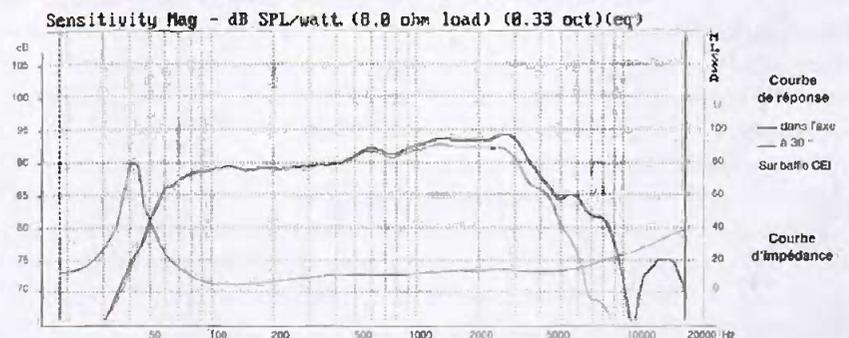
Ces haut-parleurs doivent disposer d'un



**2** Courbes caractéristiques d'un haut-parleur large bande de 80mm de diamètre pour satellites.



**3** Courbes caractéristiques d'un haut-parleur de graves (Woofer) de 380mm, 350W, sensibilité 100 dB, impédance 8 Ω.



**4** Courbes caractéristiques d'un haut-parleur Bass médium de 170mm, 60W, sensibilité 91 dB.

équipage mobile (membrane et bobine) ultra-léger, ultra-rigide, parfaitement amorti, avec une grande élévation possible. La bobine mobile de 100mm de diamètre est en Kapton renforcé, fibres de verre.

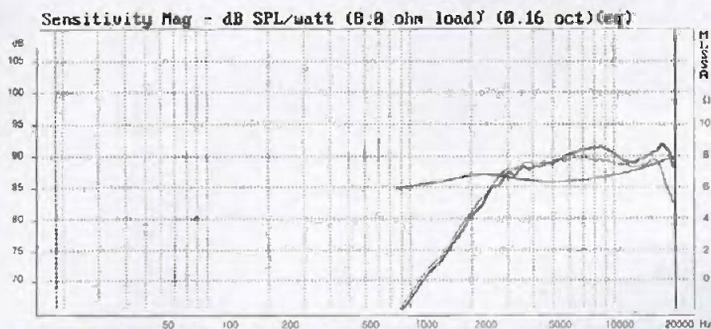
#### Haut-parleur graves/médium (Bass/médium)

Il en existe de nombreuses gammes de 100 à 240mm de diamètre, puissance de 40 à 80W, avec une sensibilité aux environs de 90 dB. Impédance = 8 Ω - Plage de fréquences de 50 à 5000 Hz avec une légère atténuation en bout de gamme (environ 85 dB) (figure 4).

Ce type de haut-parleurs est destiné à équiper les enceintes deux voies ou des satellites haut de gamme, est doté d'un cône ultra-rigide et très léger, souvent en fibres de carbone, associé à une suspension très amortie. La bobine mobile est en Kapton renforcé en fibre de verre. Le noyau du circuit magnétique est ventilé.

#### Haut-parleur des aigus (Tweeter)

Il existe une grande variété de modèles entre 10mm de cône et 75mm, pour une puissance entre 25 et 80W. Le haut-parleur est donc petit, le dôme est fixé sur la bobine mobile de même dia-



**5** Tweeter à dôme de 10mm, puissance 25W, sensibilité 90 dB (catalogue AUDAX).

mètre. Il est soumis à une puissance importante qui l'échauffe ; il convient de prendre des dispositions pour refroidir la bobine mobile.

**Tweeters ferrofluides :** Il s'agit d'une huile de viscosité contrôlée chargée de paillettes de fer. Elle est injectée dans l'entrefer ; elle est prisonnière entre la plaque de champ et le dôme ; de plus, elle est maintenue en place par l'aimantation des paillettes de fer. Cette huile ne freine pas les faibles elongations de la bobine à ces fréquences et elle procure une certaine dissipation des calories.

**Noyau ventilé :** le noyau du circuit magnétique est percé de façon à créer un mouvement d'air qui le refroidit. De plus, il réduit la pression induite sous le dôme.

**Dômes :** il existe une grande variété de modèles de dômes. On relève, dans les catalogues, les dômes en polymère, en titane, néodyum doré, aluminium, fibre de verre, textile et papier.

En général, les modèles à dômes de 10mm admettent 25W, ceux de 14mm 45W, les 25mm supportent 70W, enfin les 75mm sont prévus pour 80W. Leur efficacité est de l'ordre de 80 dB. Leur plage de fréquence s'étend de 3000 à 20000 Hz. La **figure 5** donne les courbes d'un modèle à dôme de 10mm, impédance 8 Ω, fréquence de résonance 3000 Hz. Ces modèles équipent les enceintes acoustiques deux voies et trois voies.

### III) Le calcul des filtres

La liaison entre l'amplificateur et le ou les haut-parleurs nécessite la présence de filtres pour délivrer à chaque haut-parleur la plage des fréquences qui lui convient.

Une enceinte une voie, si elle est prévue

pour couvrir la bande de fréquences la plus large, n'a pas besoin de filtre. Par contre, si c'est un caisson de graves, un filtre coupe toutes les autres fréquences.

Une enceinte deux voies est munie d'un filtre qui sépare les graves/médium d'avec les aigus.

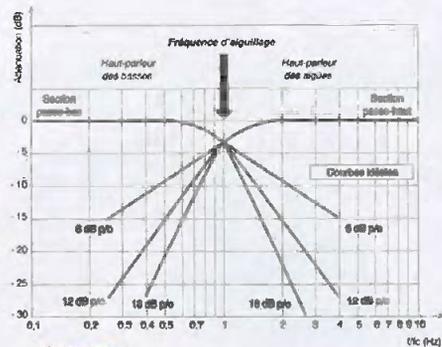
Une enceinte trois voies dispose de deux filtres pour obtenir séparément les graves, le médium et les aigus.

**Pente :** les filtres peuvent être prévus pour avoir une pente de 6 dB/octave, 12 dB/octave ou 18 dB/octave.

La **figure 6** donne les courbes de réponse d'un filtre deux voies avec une pente de 6 dB/o, 12 dB/o et 18 dB/o. On note une atténuation de 3 dB à la fréquence d'aiguillage

#### Déphasage

**Filtre 6 dB/o,** il comprend un élément LC qui procure un déphasage de 90° de la modulation entre les deux haut-parleurs.



**6** Courbes de réponse en fréquence d'un filtre deux voies avec trois pentes : 6, 12 et 18 dB/octave.

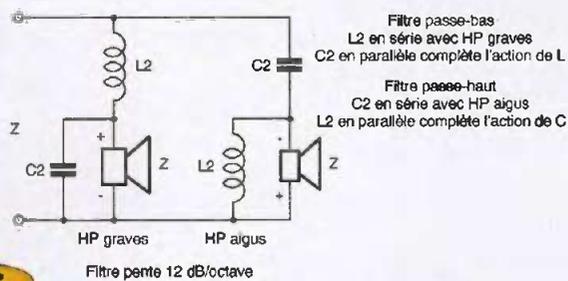
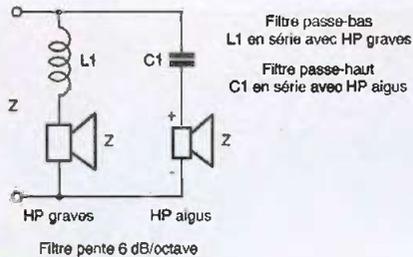
On sait qu'il est préférable que les haut-parleurs soient en phase pour obtenir une bonne musicalité. On peut considérer que le rendement du haut-parleur des aigus est faible au-dessous de 3000 Hz. De ce fait, on néglige ce déphasage et on monte les deux haut-parleurs sur le même plan dans l'enceinte.

**Filtre 12 dB/o,** il dispose de deux composants LC donnant un déphasage de 180°. Il suffit d'inverser la polarité des sorties du haut-parleur des aigus par rapport à celles du haut-parleur des graves pour se retrouver en phase.

**Filtre 18 dB/o,** il est équipé de trois éléments LC, ce qui provoque un déphasage de 270°. On est revenu au même problème que pour un filtre de 6 dB/o, avec les mêmes solutions. Certaines enceintes, haut de gamme, prévoient de reculer le



**bobines à air pour ces filtres CONRAD**



**7** Filtre 6 dB/octave deux voies. **8** Filtre 12 dB/octave deux voies.

haut-parleur des aigus de 8cm par rapport à celui des graves dans l'enceinte,

**Technologie**

**Self-induction L**

Le plus souvent elle est à air, avec un fil de cuivre émaillé de section suffisante en fonction de la puissance. La densité de courant ne doit pas dépasser 2A/mm<sup>2</sup>. De la sortie de l'amplificateur jusqu'à la bobine du haut-parleur, en passant par le filtre, on ne doit pas avoir une résistance supérieure à 1 Ω.

**Condensateur C**

C'est le condensateur au polypropylène métallisé qui donne les meilleurs résultats avec une tg de l'angle de pertes très faible.

**Résistance R**

Sur certains schémas, on utilise des résis-

tances de puissance à couche métallique de 10W entre 1 et 27 Ω.

**Châssis**

Il est conseillé de choisir une plaquette phénolique XXXP de 1,2mm d'épaisseur. Le câblage est effectué avec un fil de cuivre émaillé de 1,5mm de diamètre. Il est déconseillé d'utiliser un circuit imprimé car, avec une densité de 2A/mm<sup>2</sup>, la métallisation des connexions serait vite fondue.

**Liaison amplificateur, filtre, enceinte**

C'est le câble scindex à brins multiples de 2x1,5mm<sup>2</sup> qui est le plus employé pour des puissances jusqu'à 100W.

Il existe des câbles spéciaux, multibrins, à faible résistance et à capacité répartie réduite pour les enceintes haut de gamme.

**Le calcul des filtres**

**Filtres deux voies**

- Pente 6 dB/octave (figure 7)

Plage couverte :

Haut-parleur Bass/médium : 100 à 6000 Hz

Haut-parleur aigus : 3000 à 20000 Hz

Fréquence du filtre d'aiguillage : 4000 à 5000 Hz

Calcul L C :  $L = 159Z / f_0$  mH ;

$C = 159000 / f_0Z$  μF

Z = impédance de l'amplificateur, du filtre et du haut-parleur en ohms.

F<sub>0</sub> = fréquence de coupure choisie.

Dans les magasins, on trouve des bobines entre 0,1 et 8 mH et des condensateurs de 1 à 180 μF en gamme de valeurs E12 et 150Vac.

- Pente 12 dB/octave (figure 8)

Les deux inductances L et les deux capa-

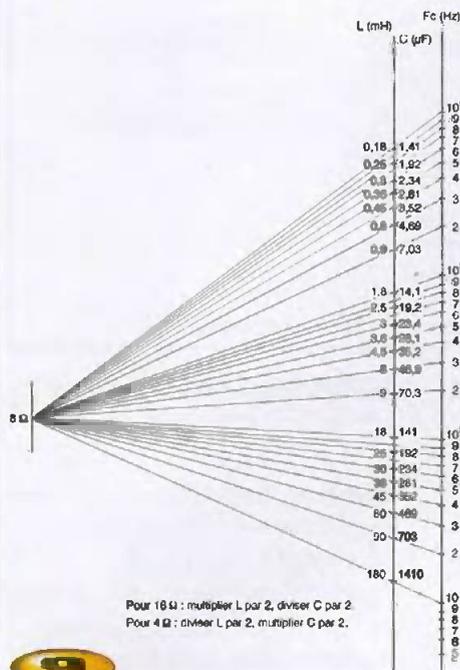
**Tableau des valeurs de L et de C pour différentes fréquences d'aiguillage et pour les filtres à pente de 6, 12 et 18 dB/octave**

Fréquence d'aiguillage (Hz)	6 dB/octave		12 dB/octave		18 dB/octave					
	C1	L1	C2	L2	C3	C4	C5	L3	L4	L5
100	199	12,7	141	18	398	124	199	20,3	12,7	6,37
200	99,5	6,37	70,3	9	199	62,1	99,4	10,1	6,37	3,18
300	66,3	4,24	46,9	8	133	41,4	66,3	6,79	4,24	2,12
400	49,7	3,18	35,2	4,5	99,4	31	49,7	5,09	3,18	1,59
500	39,8	2,55	28,1	3,6	79,5	24,8	39,7	4,07	2,55	1,27
600	33,2	2,12	23,4	3	66,3	20,7	33,1	3,4	2,12	1,06
750	26,5	1,70	18,8	2,4	53	16,5	26,5	2,72	1,7	0,85
1000	19,9	1,27	14,1	1,8	39,7	12,4	19,9	2,04	1,27	0,64
1250	15,9	1,02	11,3	1,44	31,8	9,95	15,9	1,63	1,02	0,50
1500	13,3	0,85	9,38	1,2	26,5	8,29	13,2	1,36	0,85	0,42
2000	9,95	0,64	7,03	0,9	19,9	6,22	9,95	1,02	0,64	0,32
2500	7,96	0,51	5,63	0,72	15,9	4,97	7,96	0,82	0,50	0,25
3000	6,63	0,43	4,69	0,6	13,2	4,14	6,63	0,68	0,42	0,21
3500	5,68	0,36	4,02	0,51	11,3	3,55	5,68	0,58	0,36	0,18
4000	4,97	0,32	3,52	0,45	9,95	3,11	4,97	0,51	0,32	0,16
5000	3,98	0,25	2,81	0,36	7,96	2,49	3,98	0,41	0,25	0,13
6000	3,32	0,21	2,34	0,3	6,63	2,07	3,32	0,34	0,22	0,11
7500	2,65	0,17	1,88	0,24	5,31	1,66	2,65	0,27	0,17	0,08
10000	1,99	0,13	1,41	0,18	3,98	1,24	1,99	0,20	0,13	0,06

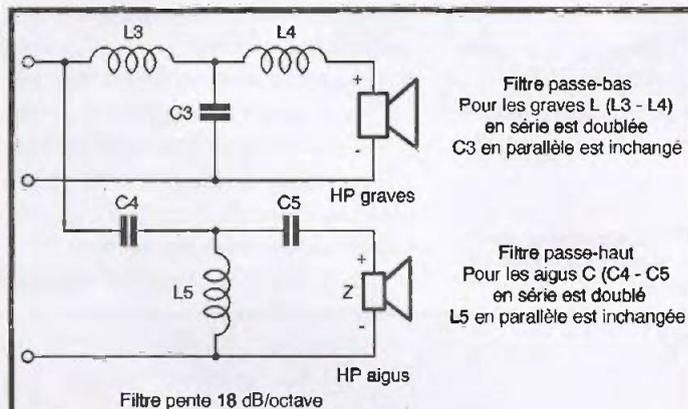
figure 7

figure 8

figure 9



**9**  
filtre 12 dB à impédance constante, montage parallèle.



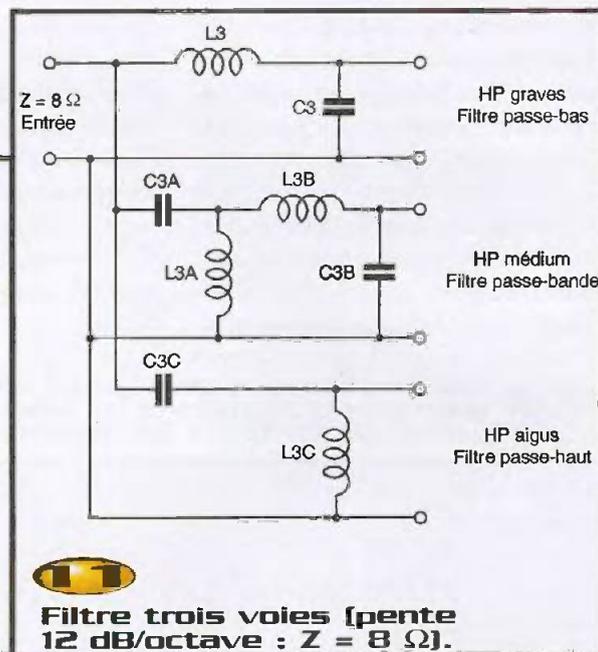
**10**  
Filtre 18 dB/octave deux voies.

cités C ont respectivement la même valeur :  
 $L = 225Z / f_0$  mH ;  $C = 112000 / f_0Z$  µF  
L'abaque **figure 9** permet de trouver les valeurs de L et de C en fonction de la fréquence de coupure choisie et pour des impédances de 4, 8 et 16 Ω. En définitive, il faut prendre en magasin les valeurs normalisées pour L et pour C.

- Pente 18 dB/octave (**figure 10**)  
Le **tableau T1** donne les valeurs de L et de C pour différentes fréquences d'aiguillage et pour les filtres à pente de 6, 12 et 18 dB/octave.

**Filtres trois voies**

Les filtres trois voies ont, en plus des filtres deux voies, un filtre médium passe-bande



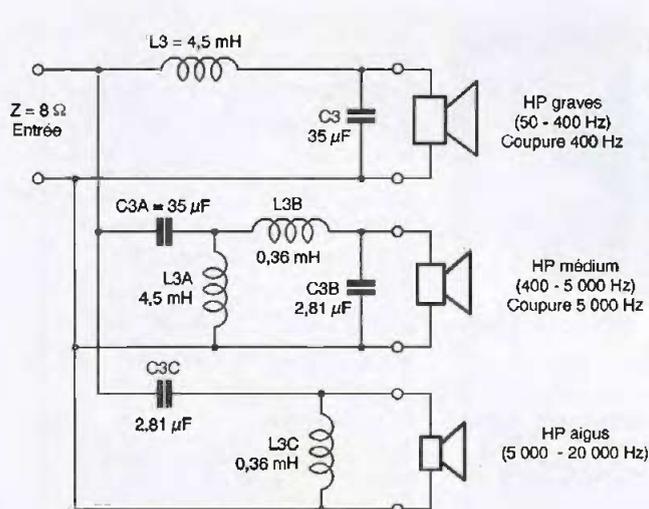
entre celui des graves et celui des aigus. Il est constitué par un filtre passe-bas (L3B et C3B) et par un filtre passe haut (L3A et C3A). Un exemple pour une pente de 12 dB/octave est donné sur la **figure 11**. Pour le calcul d'un tel filtre, il convient de définir les valeurs de la section passe-bas (L3-C3). Les éléments L3A et C3A d'un filtre médium doivent être calculés pour couper à la même fréquence que celle du passe-bas. De ce fait, ils ont les mêmes valeurs que L3 et C3. De même L3B et C3B ont les mêmes valeurs que L3C et C3C.

La **figure 12** donne un exemple chiffré pour un filtre trois voies et 12 dB/octave de pente, avec des fréquences de coupure à

400 Hz et à 5 000 Hz.  
On calcule les valeurs de L3 et de C3 pour 400 Hz grâce au tableau, ou à l'abaque, soit 4,5 mH et 35 µF. On reporte ces valeurs pour L3A et C3A du filtre médium pour couper également à 400 Hz à l'entrée du filtre, soit L3A = 4,5 mH et C3A = 35 µF. On calcule la valeur de L3C et de C3C pour la coupure à 5 000 Hz du filtre des aigus, soit L3C = 0,36 mH et C3C = 2,81 µF. On reporte ces valeurs pour L3B et C3B pour la coupure supérieure du filtre du médium.

**Filtres divers**

Il est possible de prévoir une pente différente pour les graves, le médium et les aigus dans une enceinte trois voies. La



**12** Exemple chiffré d'un filtre trois voies, pente 12 dB/octave,  $Z = 8 \Omega$ .

figure 13 donne un tel exemple chiffré respectivement en pentes 6 dB/octave pour les graves, 12 dB/octave pour le médium et 18 dB/octave pour les aigus.

### IV) Les enceintes acoustiques

#### Généralités

On a vu qu'un haut-parleur ne pouvait être utilisé seul à cause du court-circuit acoustique entre l'avant et l'arrière de la membrane. Il faut le monter, soit sur un baffle, soit dans un coffret pour bénéficier de la plage de fréquences qu'il produit. Les principaux coffrets employés sont :

- L'enceinte close,
- L'enceinte à évent.

#### L'enceinte close

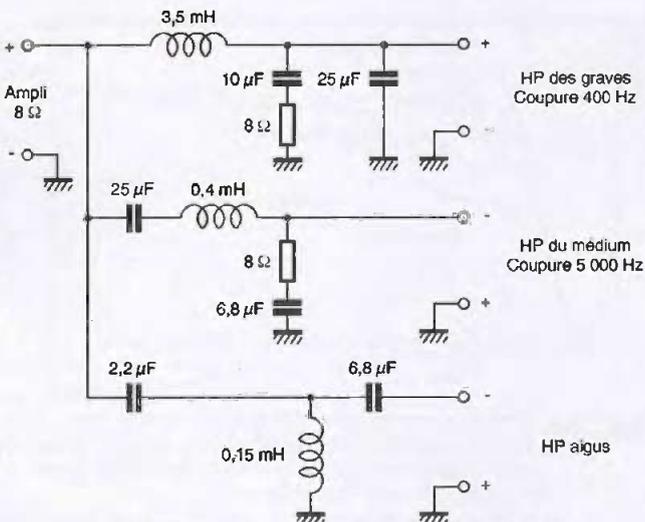
Ce type d'enceinte supprime radicalement le court-circuit acoustique l'ace avant, face arrière de la membrane. Il est intéressant car il ne nécessite aucun réglage. Cependant, sa réalisation est délicate, car son étanchéité doit être absolue et ses résonances internes parfaitement amorties. A pleine puissance, on ne doit pas sentir vibrer le coffret. Le fait que le coffret soit clos provoque l'élévation de la fréquence de résonance du haut-parleur de près d'une octave, d'où la nécessité de faire appel à un haut-parleur à fréquence de résonance très basse. Egalement, il ne faut pas trop réduire le volume du coffret.

L'onde arrière de la membrane doit être entièrement absorbée, elle ne peut être utilisée. De ce fait, le rendement de ce type

d'enceinte est inférieur à celui des enceintes à évent. Pour conserver un bon rendement dans les graves, il faut choisir un haut-parleur dont la membrane est soumise à une grande elongation. La limite inférieure dans les graves est aussi fonction du volume du coffret. On ne peut avoir des basses correctes avec un petit haut-parleur dans un coffret de dimensions réduites. On obtient la relation suivante entre le volume du coffret et la fréquence limite dans les graves :

$$5 \text{ dm}^3 = 200 \text{ Hz}, 10 \text{ dm}^3 = 100 \text{ Hz}, 15 \text{ dm}^3 = 120 \text{ Hz}, 25 \text{ dm}^3 = 90 \text{ Hz}, 50 \text{ dm}^3 = 60 \text{ Hz}, 100 \text{ dm}^3 = 40 \text{ Hz}$$

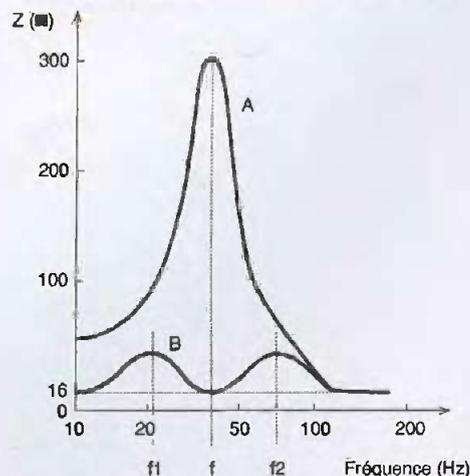
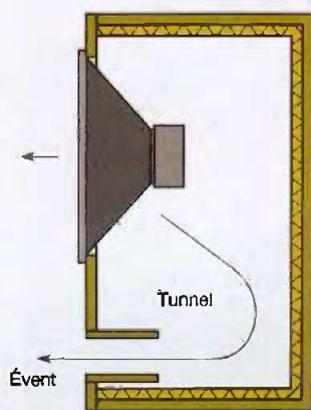
Sur la face avant de l'enceinte close, on monte les haut-parleurs graves, médium et aigus.



**13** Filtre 6 dB/octave pour les graves, 12 dB/octave pour le médium et 18 dB/octave pour les aigus

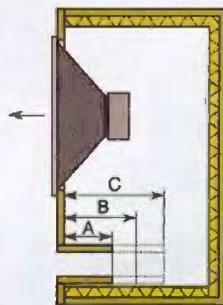
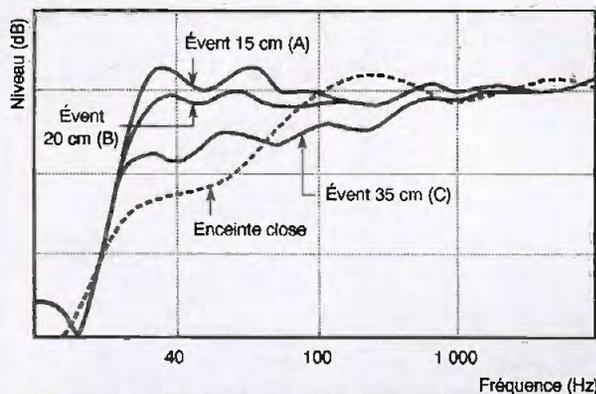
#### L'enceinte à évent ou Bass reflex

Leur principe repose sur le résonateur de Helmholtz. Lorsqu'une cavité communique avec l'atmosphère par une petite ouverture, ou évent, il existe une fréquence pour laquelle la masse de l'air poussée au travers de l'évent entre en résonance avec les forces élastiques de l'air enfermé dans la cavité. On peut donc améliorer ainsi le rendement du haut-parleur aux fréquences graves, en faisant résonner l'enceinte sur la fréquence de résonance du haut-parleur. Sa membrane étant fortement chargée, ses vibrations sont réduites, ainsi que les distorsions tandis que l'énergie sonore émane principalement de l'évent. La figure 14 montre le principe de cette enceinte et son action sur la fréquence propre du haut-parleur. La brusque pointe d'impédance (A) est supprimée, (B) et le ren-



**14**

enceinte résonnante à évent et son influence sur la courbe d'impédance du haut-parleur, lorsque l'enceinte et le haut-parleur sont accordés sur la même fréquence.



**15 Influence de la profondeur de l'évent sur la courbe amplitude (dB) fréquence (Hz) de l'enceinte Bass reflex par rapport à l'enceinte close.**

dement dans les graves est amélioré. Ce type d'enceinte nécessite le calcul et le réglage du diamètre et de la profondeur de l'évent pour obtenir le rendement maximal dans les graves (figure 15) et, ce, pour le type de haut-parleur des graves adopté. Le coffret doit être amorti afin d'éviter les oscillations parasites. Son volume peut difficilement être réduit. Son rendement est supérieur à celui de l'enceinte close, puisqu'une partie de l'énergie produite par la face arrière de la membrane est restituée par l'évent en phase avec l'énergie de la

face avant. La face avant du coffret reçoit les haut-parleurs des graves, du médium et des aigus, ainsi que l'orifice de l'évent.

**Courbes de réponse basses et basses-médiums en enceintes**

AUDAX fournit, pour chaque haut-parleur de ces types, cinq courbes de réponse de 20 à 200 Hz, en fonction du volume de l'enceinte et des dimensions de l'évent. Un exemple est donné sur la figure 16 pour le haut-parleur Bass médium de 210 mm de diamètre, puissance 70W, impédance 8 Ω :

- Petit volume Vb2 : il correspond à la taille minimale de l'enceinte dans laquelle le haut-parleur peut fonctionner en fournissant un niveau de graves satisfaisant.

- Event court (courbe Vb2 trait plein) : il est calculé pour fournir une courbe de réponse dont l'atténuation commence à la plus basse fréquence possible.

- Event long (courbe Vb2 pointillée) : il est calculé pour améliorer l'étendue du registre musical dans les graves, aux prix d'une perte de niveau.

Ces courbes sont souvent très proches.

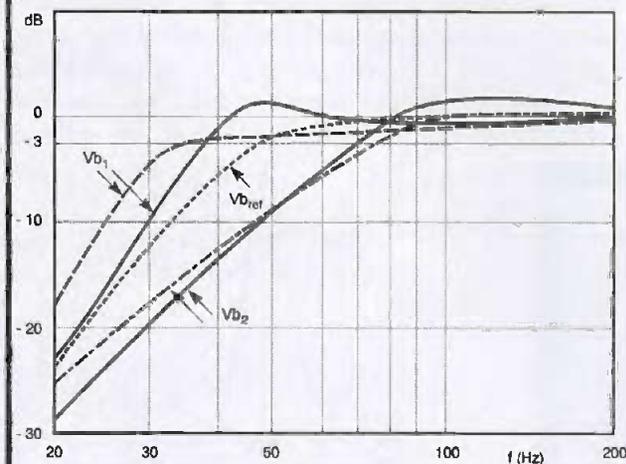
- Grand volume Vb1 : Il augmente le niveau des graves jusqu'à un certain volume qu'il est inutile de dépasser.

- Event court (courbe Vb1 trait plein) : il permet d'obtenir plus de niveau dans les graves que l'évent long, mais il provoque une légère chute ensuite.

- Event long (courbe Vb1 pointillée) : il permet d'aller jusqu'à l'extrême grave.

- Volume moyen (courbe Vbref pointillé court) : c'est le caisson de référence aux mesures des haut-parleurs. L'évent est calculé pour fournir un compromis satisfaisant entre le rendu des graves et de l'extrême grave.

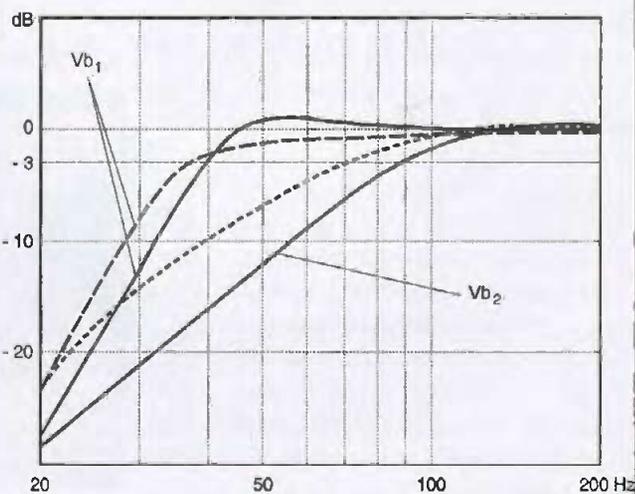
**16 Courbes en basse fréquence du haut-parleur AUDAX HM 210 ZO de 210mm de diamètre, puissance 70W, en fonction du volume du coffret et des dimensions de l'évent.**



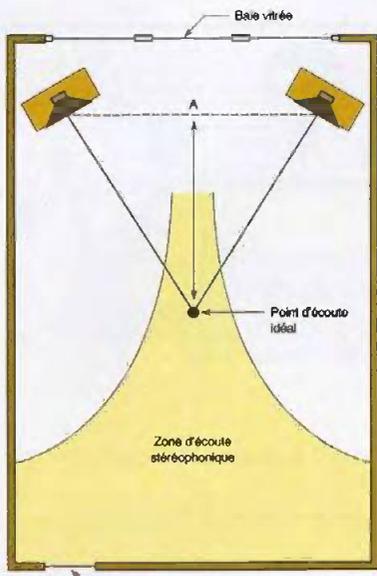
	Vb	Fp	Dp	Lp
Vb <sub>1</sub> (trait plein)	75	40	7,5	3,6
Vb <sub>1</sub> (trait pointillé)	75	32	7,5	8
Vb <sub>ref</sub> (trait pointillé court)	35	40	5	4,6
Vb <sub>2</sub> (trait plein)	15	50	5	8,3
Vb <sub>2</sub> (trait pointillé)	15	36	5	18,5

Vb = volume du coffret en dm<sup>3</sup>  
 Dp = diamètre de l'évent en cm  
 Fp = fréquence de résonance en Hz  
 Lp = longueur de l'évent en cm

**17 Courbes en basse fréquence du haut-parleur AUDAX HM 170 ZO de 170mm de diamètre, puissance 60W, monté en enceinte close ou en enceinte à évent.**



	Vb	Fb	Dp	Lp
Vb <sub>1</sub> (trait plein)	45	45	7,5	6,1
Vb <sub>1</sub> (trait pointillé)	45	38	5	3,6
Vb <sub>ref</sub> (trait pointillé court)	15	38	3,2	6
Vb <sub>2</sub> (trait plein)	8	-	-	Closed box



18

**Disposition des enceintes dans une salle de séjour.**

**Comparaison enceinte close / enceinte à évent**

La figure 17 donne les courbes en basse fréquence d'un haut-parleur de 170 mm de diamètre, puissance 60W pour les basses, monté en enceinte close et en enceinte à évent.

La courbe Vb2 donne la réponse aux fréquences basses du haut-parleur dans une enceinte close de 8 dm<sup>3</sup>, l'atténuation à -3 dB se situe à 90 Hz.

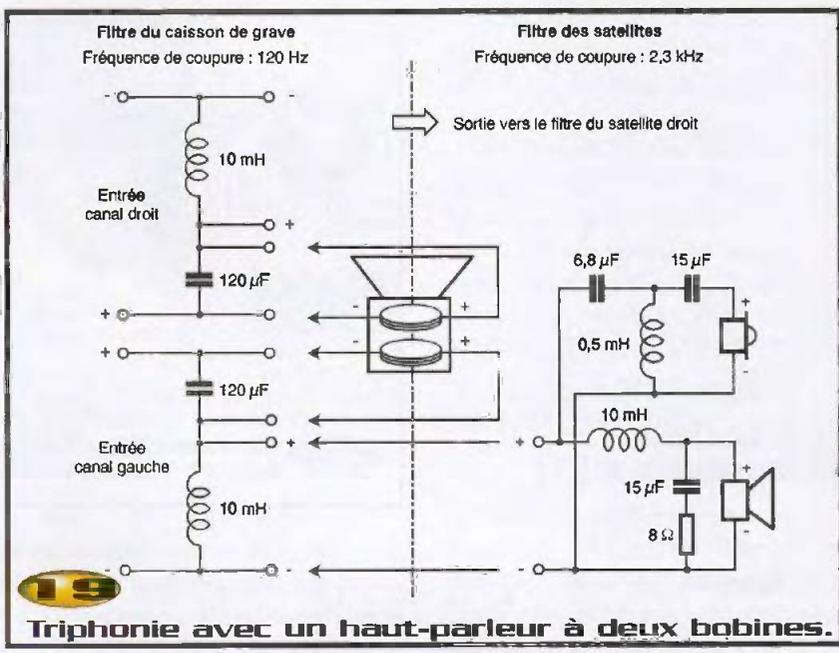
Les courbes Vb1 montrent le gain que l'on peut obtenir dans les graves avec le même haut-parleur monté dans une enceinte à évent. L'atténuation à -3 dB est obtenue pour 40 Hz quelle que soit la longueur de l'évent.

**V) Les utilisations des enceintes**

**En stéréophonie**

Les deux enceintes identiques sont placées dans la salle de séjour pour une audition stéréophonique (figure 18). On détermine leur espacement de façon à obtenir le triangle équilatéral qui donne le point d'écoute idéal et la zone d'écoute stéréophonique.

Les enceintes peuvent être des deux ou trois voies, c'est à l'écoute que l'utilisateur fera son choix. Il existe des deux voies de haute qualité et des trois voies décevantes. En général les deux voies ont une meilleure



19

**Triphonie avec un haut-parleur à deux bobines.**

mise en phase des haut-parleurs, des filtres plus simples et une meilleure directivité.

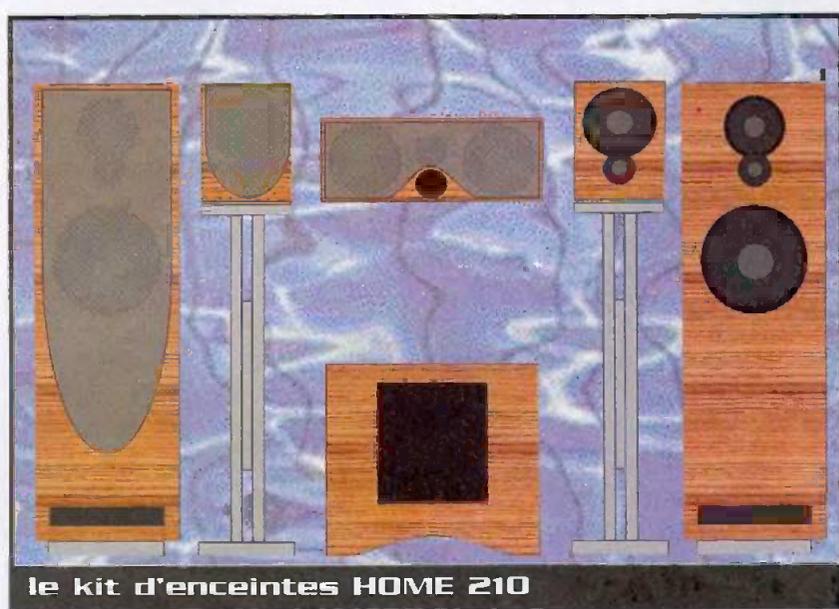
Par contre, les trois voies disposent d'une meilleure puissance électrique admissible, de plus de graves et d'une meilleure spécialisation des haut-parleurs. Elles sont plus chères.

Les principaux critères à prendre en considération sont : le rendement ou efficacité des enceintes qui conditionne la puissance de l'amplificateur, la bande passante mesurée à -3 dB. L'idéal est d'avoir une enceinte qui couvre de 40 Hz à 20 kHz la puissance admissible et l'impédance. C'est à l'écoute que l'utilisateur fera la différence en « passant » son disque préféré.

**Les enceintes triphoniques**

L'expérience a montré que deux enceintes classiques et normalement puissantes ne donnaient pas une qualité optimale de l'écoute dans un local trop petit, en dessous de 30 m<sup>2</sup> avec une hauteur de plafond de 2,75 m. C'est pour ces locaux que la triphonie a été mise au point (figure 19). L'amplificateur stéréophonique alimente, d'une part les satellites médium - aigus, gauche et droite, d'autre part un caisson unique pour les deux canaux et réservé aux graves.

Le caisson peut comporter deux compartiments, chacun contient un haut-parleur relié aux canaux gauche - droite de l'amplificateur.



**le kit d'enceintes HOME 210**

Le caisson peut recevoir un seul haut-parleur équipé de deux bobines mobiles recevant chacune les modulations droite ou gauche. Le mélange s'effectue à la sortie du caisson par voie aérienne. Le caisson couvre la plage de 40 à 200 Hz. Il peut être positionné de façon indifférente à l'intérieur du local, car ces fréquences ne sont pas directives. De plus, l'effet stéréophonique n'est pas altéré, car il n'est pas perceptible dans les graves. Il se situe surtout dans le médium et dans les aigus.

## En home cinéma (Dolby numérique 5.1)

La disposition des enceintes est donnée sur la **figure 20**. Elles sont au nombre de six :

- Enceintes principales, gauche et droite (2)
- Enceinte centrale (1)
- Satellites Surround, gauche et droite (2)
- Caisson des graves (Subwoofer) (1)

Il y a bien lieu d'examiner les caractéristiques de ces enceintes,

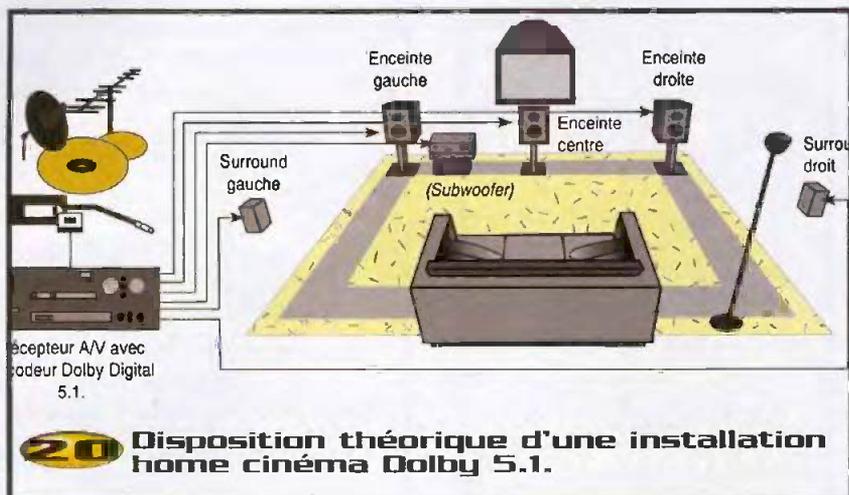
### Les enceintes principales, gauche et droite

Ce sont des colonnes importantes et de haute qualité. Etant donné la présence du caisson de graves dans l'installation, une enceinte deux voies est suffisante. Elles contiennent chacune un haut-parleur basse - médium et un tweeter permettant de couvrir la plage 100 Hz à 20 kHz, puissance entre 75 et 150W, impédance 8 Ω.

### L'enceinte centrale

Cette enceinte élargit la stéréophonie pour les spectateurs, elle élimine le trou central si les enceintes principales sont très éloignées l'une de l'autre. On dit que l'enceinte centrale reproduit principalement le dialogue et les bruits. C'est inexact, en Dolby digital 5.1 car elle reproduit 1/3 de la musique d'égalité avec les enceintes principales. Il n'est donc nécessaire de disposer d'une enceinte de même qualité que celle des principales, avec le même timbre. Ainsi un acteur passant de droite à gauche sur l'image, son dialogue doit être entendu avec la même puissance et le même timbre tout au long de son parcours.

Cette enceinte est souvent placée très près du téléviseur. Dans ce cas, les haut-parleurs de cette enceinte doivent être blindés



de façon que leur circuit magnétique ne vienne pas perturber la géométrie de l'image sur le tube. Cette enceinte est souvent une deux voies close, ou à évent, couvrant la plage 100 Hz à 20 kHz. Sa puissance est comprise entre 75 et 150W.

### Les enceintes arrière

Il est vrai que les effets arrière sont soumis avec une bande passante réduite en Prologie à 7 kHz. Par contre, le Dolby 5.1, le DTS ou le MPEG2 transmettent les effets arrière en pleine bande de 100 Hz à 20 kHz. C'est pourquoi les enceintes arrière doivent avoir la même qualité que les enceintes avant. Elles sont à deux voies avec une puissance de 75 à 100W.

### Le caisson des graves (Subwoofer)

Il s'agit de reproduire la plage 20 à 120 Hz avec la puissance maximale. Dans cette plage, on couvre les graves mais, aussi, les infra sons de certains films catastrophe. Ainsi, les haut-parleurs doivent avoir une grande membrane avec une élévation importante. Dans le caisson, on peut aussi placer deux haut-parleurs plus petits en montage symétrique ou push-pull. Le rendement dépend du volume d'air déplacé par la membrane, de sa fréquence de résonance et de sa masse. Le caisson reçoit l'ensemble des signaux du message situés dans cette plage de fréquences. Il peut être passif recevant le signal à sa puissance nominale par l'amplificateur principal. Il peut aussi être actif et disposer de son propre amplificateur incorporé. Il reçoit la modulation de l'amplificateur principal. Caisson une voie, puissance 75 à 200W.

Un réglage de phase est généralement

prévu : soit à deux position 0 et 180°, soit continu entre 0 et 180°. Il faut, en effet, que les graves soient en phase avec la modulation des autres fréquences des diverses enceintes.

On sait que théoriquement les graves ne sont pas localisables et que l'emplacement de l'enceinte peut être quelconque. Pourtant, les graves ne se répartissent pas équitablement dans la pièce à cause des ondes stationnaires qui sont produites par les dimensions de la pièce, des revêtements et du mobilier. Déplacez le caisson pour trouver l'endroit dans la pièce où les graves sont les plus « propres », les mieux rendus et les plus réguliers en puissance.

### Vérification de la phase électrique de l'installation

Ce test s'effectue lorsque les enceintes sont câblées et l'amplificateur en ordre de marche.

Se munir d'une pile de 4 ou 6V, débrancher un câble d'enceinte sur l'amplificateur et placer la pile entre les deux conducteurs, observer le haut-parleur des graves de l'enceinte en essai, la membrane se déplace vers l'avant ou vers l'arrière.

Le plus de l'enceinte correspond au plus de la pile, lorsque la membrane va vers l'avant, le brancher sur le plus de l'amplificateur, généralement rouge.

Recommencer l'opération pour les autres enceintes, elles seront en phase. On suppose que l'enceinte a bien été câblée à la fabrication et que les voies sont en phase.

### La norme THX

La norme THX prescrit un certain nombre

de caractéristiques pour les amplificateurs, les enceintes et les circuits de façon à obtenir une qualité et des performances professionnelles.

### Les enceintes THX

Elles ont une directivité verticale importante. Le son va directement vers les spectateurs et évite les réflexions acoustiques avec le sol et le plafond. La directivité horizontale est très large, pour garantir une bonne qualité avec un public en largeur. Les enceintes sont souvent en configuration Appollo, c'est-à-dire sur la face avant de l'enceinte on trouve deux haut-parleurs médium en haut et en bas, avec entre eux le tweeter. Elles ne descendent pas au-dessous de 80 Hz, par conséquent le caisson de graves est obligatoire. Les enceintes arrière sont dipolaires au-dessus de 400 Hz pour une meilleure immersion des spectateurs. Une enceinte dipolaire présente un haut-parleur sur chacune des faces opposées du coffret, en opposition de phase. Ces enceintes sont de chaque côté des spectateurs. Sur chacune, un haut-parleur diffuse vers l'avant et l'autre vers l'arrière, en opposition de phase. Les signaux directs enceinte/auditeur sont réduits à cause de l'opposition de phase. L'auditeur entend surtout le son venant des murs de la pièce. Le champ sonore est plus diffus.

Le montage et les enceintes THX sont intéressants pour l'audition des films, des DVD et de la télévision. Cet intérêt est très limité lors de la reproduction stéréophonique de musique classique.

### La disposition des enceintes

Comment disposer les enceintes dans la pièce pour obtenir la meilleure audition ?

C'est un sujet très vaste qui tient compte :

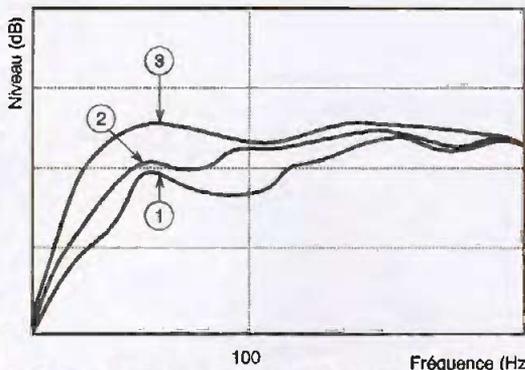
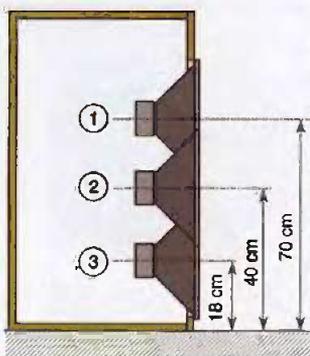
- Des dimensions et du volume de la pièce
- De la nature du revêtement des murs et du sol

- Du mobilier dans la pièce

- De la disposition des enceintes et des auditeurs.

Il n'est pas question de traiter ici l'ensemble de ces très vastes problèmes. On se contentera de donner quelques règles essentielles qui permettront d'obtenir une audition très correcte.

Les enceintes principales droite et gauche. Leur écartement en stéréo peut se faire par des essais successifs, sans trop se rap-



**21** Effet de sol d'une enceinte en fonction de la hauteur du haut-parleur des graves.

procher des murs latéraux (entre 1m et 50cm) de façon à obtenir une bonne audition pour les spectateurs prévus en face. Avec une enceinte centrale en 5.1, on ne doit pas craindre le trou au centre, même si les enceintes principales sont très écartées. Il n'en est pas de même en stéréo, trouver un compromis. Ces enceintes ne doivent être plaquées contre le mur arrière, laisser au moins 50cm.

### L'enceinte centrale

Elle doit être alignée avec les enceintes principales, à la même distance du mur.

### Les enceintes arrière

Il faut les placer pas trop près des auditeurs. La pire est d'avoir l'impression que les enceintes arrière sont très près des oreilles. Il faut déplacer, avancer ou reculer les enceintes par rapport aux auditeurs jusqu'à obtenir l'impression d'un enveloppement total, de baigner dans le son. Parfois, pour obtenir ce résultat, il faut diriger les enceintes vers le mur ou vers le plafond avec, éventuellement, les enceintes placées en hauteur. Ces solutions ont été testées avec succès.

Attention : les enceintes à sortie de l'événement à l'arrière du coffret doivent être éloignées du mur d'environ 1m. Toujours préférer les enceintes à événement sur l'avant du coffret.

### Position en hauteur des enceintes

#### (figure 21)

Les haut-parleurs du médium et des aigus au rayonnement assez directif devraient être placés à la hauteur des oreilles de l'auditeur.

Les enceintes importantes sont souvent posées sur le sol de la pièce. Elles devraient être inclinées de 20 à 30° de façon à orienter l'énergie acoustique vers les oreilles de l'auditeur.

Selon la hauteur du haut-parleur des graves par rapport au sol, on bénéficie d'un effet de sol qui remonte le niveau des graves. Cependant, cet avantage doit être mis en balance avec la nécessité d'avoir un son aérien.

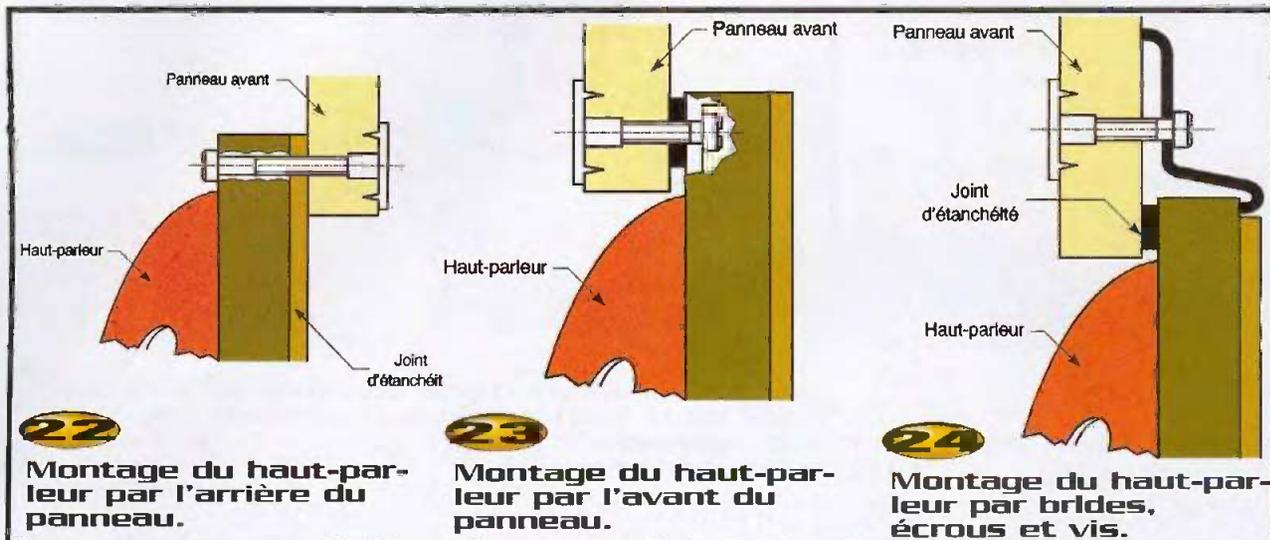
## VI) la réalisation des enceintes

### Définition des enceintes

- Puissance de l'amplificateur et sa sensibilité
- Choix des haut-parleurs : basse, médium, aigus
- Quel type d'enceintes ?
  - . Enceinte close, enceinte à événement
  - . Pente du filtre : 6, 12 ou 18 dB
  - . Enceinte deux ou trois voies
  - . Eventuellement un caisson de graves séparé
  - . Importance de l'enceinte en fonction de la place disponible et de sa fonction particulièrement en 5.1 : principale, satellite, caisson
  - . Finition de l'enceinte : économique ou luxueuse.

### Définition des composants

- Tracé du schéma électrique : filtre, câblage, sorties
- Caractéristiques des composants, établir leur liste. Ces renseignements sont à multiplier par deux pour les enceintes stéréophoniques. Pour les Dolby 5.1 les enceintes sont différentes selon leur emplacement.



**Choisir la matière du coffret**

*L'aggloméré* type CTHB en 19 ou 22mm d'épaisseur. Le médium est un aggloméré à haute densité très stable. C'est un bon isolant acoustique utilisé surtout pour les enceintes bas de gamme. Il est plus facile de poncer, enduire et peindre avec une laque satinée une enceinte en agglomérée que de plaquer les deux faces des panneaux.

*La médite* se présente sous la forme de panneaux de 275x153cm, soit 4.21m<sup>2</sup>, épaisseur 19 et 22mm. Sa finition est en noyer ou en acajou. Avec une découpe à 45°, on obtient un aspect impeccable du coffret.

Les tasseaux de renfort du coffret sont en bois dur de 20x20mm. Ils sont collés à la

collé à bois vinylique blanche et vissés sur les panneaux.

**Etablir le plan de découpe des panneaux**

*Volume et dimensions de l'enceinte*  
Eviter les ondes stationnaires. Le rapport des dimensions du coffret ne doit pas donner un nombre premier. Ce rapport est le plus souvent compris entre 2 et 3. Aucune dimension ne doit être supérieure au triple de l'autre.

La profondeur de d'enceinte doit être suffisante de façon à reproduire correctement les graves. L'amortissement interne de l'enceinte est également important dans ce domaine.

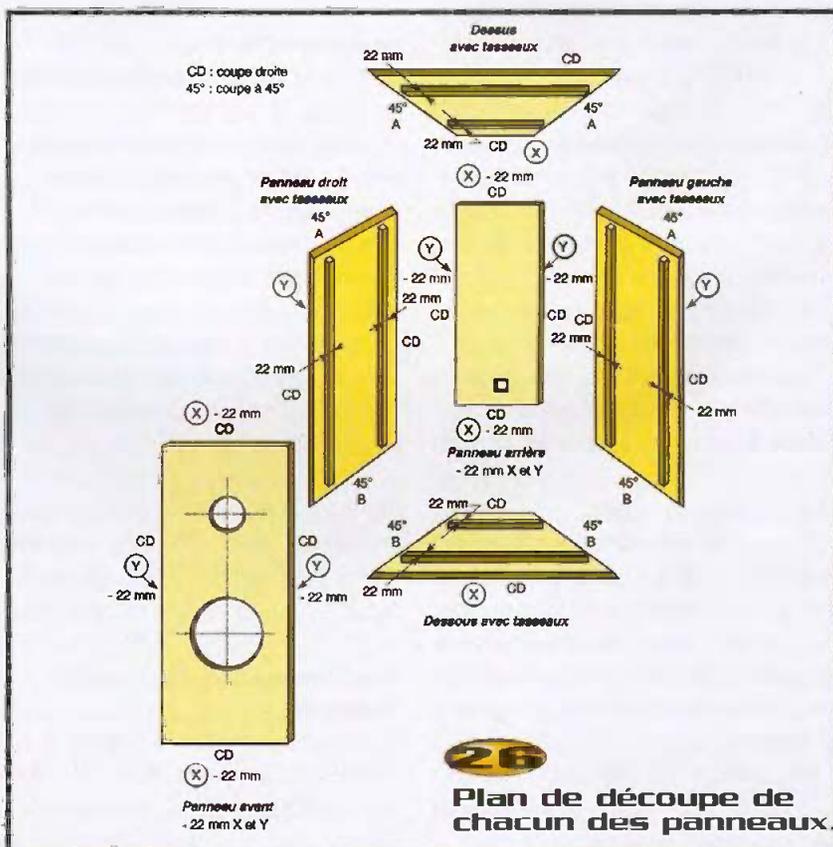
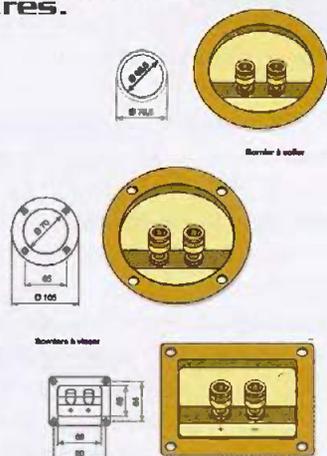
**Plan de découpe**

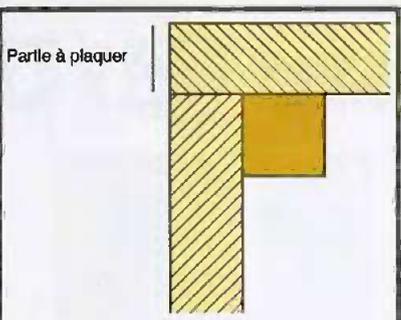
*Le panneau avant*

Il reçoit les haut-parleurs et l'orifice éventuel de l'évent. Ils peuvent être montés de trois façons différentes :  
- Montage arrière (**figure 22**) : En utilisant

**25**

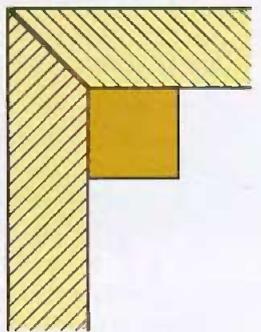
**Détail des différents types de bormiers : à coller ou visser, circulaires ou rectangulaires.**





27

**Coupe droite et assemblage des panneaux avec tasseaux de renfort.**



28

**Coupe à 45°, assemblage des panneaux avec tasseau de renfort.**

le saladier du haut-parleur comme gabarit, percer le panneau avant de façon à recevoir les vis de fixations avec écrous à griffes, vis six pans, 4, 5 ou 6mm de diamètre.

- Montage avant (figure 23) : Le diamètre

de la découpe est légèrement plus important que pour le montage arrière. Ce montage permet de sortir le haut-parleur sans avoir à démonter le panneau arrière.

- Montage avec kits spécialisés (figure 24) : ils sont constitués de brides avec écrous et vis. L'important c'est que les vis soient bien serrées de façon qu'aucune fuite d'air ne puisse se produire entre le haut-parleur et le panneau avant.

- Le tweeter nécessite une petite découpe. Il se monte par l'avant et est fixé par vis et écrous.

- Constitution de l'évent : on trouve dans les magasins spécialisés des tubes de 50, 70 et 100mm de diamètre, en 100mm de longueur. Le trou à percer est respectivement de 53, 73 et 103mm de diamètre. Le tube est collé dans l'orifice après avoir été scié à la longueur voulue.

- Le panneau arrière reçoit la platine du filtre et l'orifice de sortie. La platine du filtre est montée avec des entretoises et des vis fixées sur le panneau arrière. L'orifice de sortie est découpé en fonction des dimensions du bormier choisi (figure 25). Ce dernier peut être collé ou vissé. Il peut recevoir des câbles jusqu'à 4 et 6mm.

La figure 26 donne un exemple de plan de découpe.

**La découpe des panneaux**

Elle doit être exécutée par un menuisier disposant de l'outillage nécessaire et respectant les cotes et les modalités de découpe. Il existe deux types de découpe :

- La coupe droite (figure 27) est généra-

lement adoptée pour l'aggloméré. La tranche du panneau est visible, il doit être peint ou plaqué.

- La coupe à 45° (figure 28) permet une meilleure finition du coffret. Il n'y a pas de placage à prévoir.

- Coffret classique (figure 29) : les panneaux avant et arrière sont encastrés dans le coffret. Si le médiate adopté est du 22mm, ces panneaux doivent avoir 22mm de moins sur chacune des quatre faces pour pouvoir être encastrés. Les tasseaux de renfort sont vissés à 22mm du bord pour recevoir les panneaux avant et arrière.

**Le montage des enceintes**

Effectuez un premier montage à blanc du coffret en se servant de ruban adhésif pour vérifier que la découpe a bien été exécutée. Puis procédez à l'assemblage des panneaux qui sont collés, sauf le panneau arrière. Le coffret est mis sous presse pour le séchage.

**Finition des panneaux**

Ils sont tout d'abord ponçés avec un papier de verre très fin (triple ou quadruple zéro). Puis, passage d'une éponge humide pour enlever la poussière. Enfin, la surface est traitée au vernis cellulosique pour lui donner son aspect définitif.

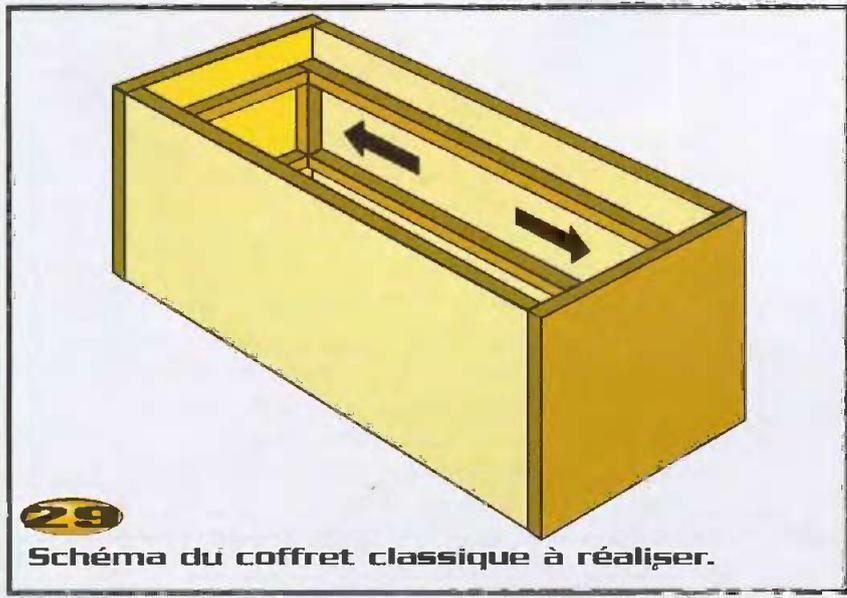
Généralement, on désire masquer les haut-parleurs par un tissu à mailles non serrées. Il existe des modèles dans les magasins spécialisés. Le tissu est découpé et collé sur une bande Velcro qui s'accroche sur la face avant.

**Amortissement de l'enceinte**

- Enceinte close : généralement, on remplit l'enceinte de laine de roche non tassée et ne venant pas au contact de la membrane des haut-parleurs.

- Enceinte à évent : la laine de roche est livrée en large rouleaux protégés par deux bande de papier. Découper la surface nécessaire pour couvrir tout le panneau arrière sur lequel elle est agrafée. Puis on traite les panneaux latéraux selon les conseils donnés pour chaque réalisation. Enfin, on visse le panneau arrière en évitant toute fuite.

On branche les enceintes sur l'amplificateur et on peut procéder aux essais.

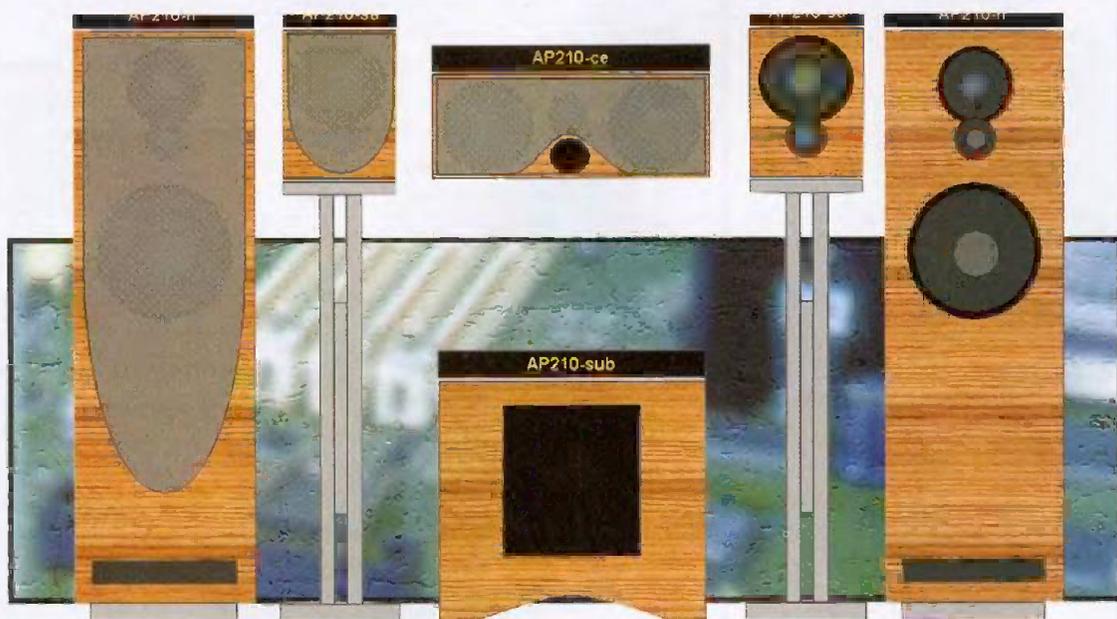


29

**Schéma du coffret classique à réaliser.**

R. BESSON

# Un kit enceinte 5+1 : Home 210



**AUDAX vous propose un kit home cinéma / stéréo de haute qualité à un coût concurrentiel. Face à la diversité de CD audio et à l'arrivée de disques vidéo aux bandes sonores de qualité élevée, dolby, prologic, DTS, ACS, NICAM ... l'amateur recherche aujourd'hui un système polyvalent. La plupart des systèmes Home Cinéma actuels sont destinés exclusivement à la reproduction de bandes sonores de films mais se révèlent insuffisants pour de l'écoute stéréophonique.**

Le plus souvent, l'utilisateur doit : soit faire un choix d'écoute (HiFi ou Home Cinéma), soit grever son budget pour disposer d'une paire d'enceintes HiFi supplémentaire.

## Home Cinéma et HiFi est-ce possible ?

Ce constat effectué, l'auteur a recherché une solution techniquement adaptée à tous en conservant un objectif de coût modéré. Il a ainsi sélectionné des haut-parleurs de la gamme « Classic » de AUDAX pour leur grand rapport qualité/prix et vous propose aujourd'hui un système polyvalent qui vous plongera aussi bien dans l'univers du Home Cinéma que dans un auditorium HiFi.

Le budget de ce système Home Cinéma 5 enceintes est inférieur à 600 euros, auquel on pourra adjoindre, si on le souhaite, un caisson de basse pour les amateurs de films d'action (coût supplémentaire de 400 € en version amplifiée, 140 € en mode passif)

### Le matériel nécessaire

L'auteur a prévu deux modes de fabrications : avec ou sans défonçage.

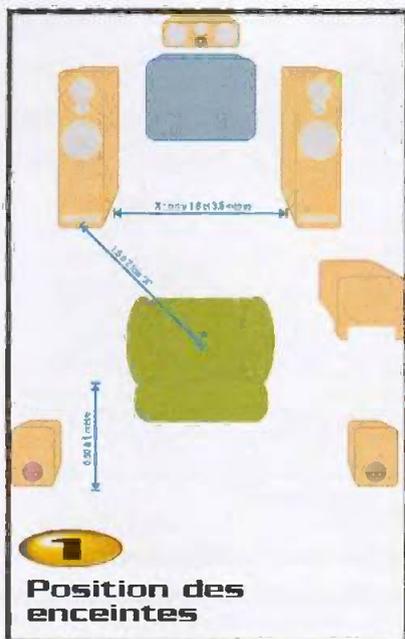
Par conséquent, la fabrication de ces enceintes est réalisable avec un matériel minimum : une scie sauteuse, une perceuse avec forets à bois, un pistolet à colle, un fer à souder, équerre/règle/compas ... et un minimum d'huile de coude. Pour ceux qui disposent d'une défonceuse, il faudra ajouter une mèche droite et une mèche 1/4 tour de 20mm de diamètre.

### Les conseils de montage

Réalisés en panneaux agglomérés très haute densité (médium), vous monterez ces kits en utilisant des vis et une colle blanche à bois. Une fois la colle sèche (24 h), vous retirerez les vis et comblerez les trous par un enduit de rebouchage (mastic+durcisseur). Vous prendrez soin également de jointer toutes les arêtes internes des coffrets avec du mastic acrylique (type maçonnerie). Pour fixer les composants de filtrage, on utilisera une chute de plaque de bois (par exemple la découpe du boomer). Cette patte sera percée de manière à y passer les pattes de composants et réaliser les soudures « en l'air » au dos de la plaque. Pour éviter toute résonance physique des

composants, on pourra les fixer sur la plaque à l'aide d'un pistolet à colle et la plaque sera solidement fixée dans le caisson de grave juste derrière le boomer. Le câblage des haut-parleurs et du bornier sera effectué avec un câble scindex de section minimale de 2,5mm<sup>2</sup>. L'amortissant (feutre acoustique) sera placé par dessus les filtres.

Pour vos panneaux de bois, vous trouverez sans problème ces modèles dans vos magasins de bricolage habituels. Certains pourront vous proposer la découpe des panneaux (et parfois même les découpes rondes). Une fois les panneaux découpés (hors perçages), vous prendrez soin d'effectuer tous vos tracés au crayon et de « simuler » le montage de vos haut-parleurs (en les plaçant à l'envers sur la plaque) pour vous assurer de la cohérence avec le plan. Le tracé des perçages se fera au compas, puis vous effectuerez avec un foret bois un trou de départ (dans la surface) et achèverez la découpe à la scie sauteuse. (Veillez à disposer de lames de scie en bon état : le médium est un bois très dur qui use beaucoup les outils).



**1**  
Position des enceintes

**Finitions**

Nous vous laissons toute latitude dans la « décoration » de votre enceinte. Un conseil toutefois : éviter d'utiliser des textures trop « grumeleuses » pour la face avant, de manière à ne pas perturber les ondes harmoniques du tweeter. Vous pourrez également réaliser des cadres bois avec tissus acoustiques à clipser sur vos faces avant :

cela protégera les haut-parleurs de doigts indécidés des jeunes enfants.

En prévoyant quatre trous à bonne dimension au dos de l'enceinte, le cache pourra facilement être clipsé sur l'arrière pendant l'écoute HiFi.

**Écoute et conclusion**

Les enceintes de façade sont placées en configuration standard (**figure 1**) : par rapport à votre point d'écoute, vous formez un triangle dont la distance entre vous et une enceinte est égale à environ deux fois celle séparant les enceintes. Ces dernières seront orientées dans l'axe de votre point d'écoute.

L'enceinte centrale sera de préférence placée au-dessus de l'écran, avec un léger angle bas pour rapprocher son axe de votre point d'écoute. L'évent étant placé en façade, vous n'aurez pas de distance à respecter par rapport au mur et pourrez également intégrer ce module dans un meuble. Les satellites seront placés à environ un mètre derrière le point d'écoute et un mètre au-dessus de ce dernier. Pour une configuration idéale, on pourra orienter ces enceintes vers le point d'écoute à l'aide de supports sur pied ou supports muraux.

Le caisson de basse (optionnel) sera de préférence placé entre l'image et votre point d'écoute, mais décalé de cet axe (à 50 cm d'un mur par exemple). Le but étant de ne pas pouvoir le « localiser » acoustiquement. Pendant l'utilisation « Home Cinéma » nous vous conseillons d'atténuer légèrement les enceintes avant de -3 dB (réglage généralement accessible depuis le menu de votre ampli Home Cinéma), afin d'obtenir un même niveau d'écoute sur tous les canaux.

A l'écoute stéréophonique, ce système bénéficie d'une bonne présence et d'une dynamique intéressante. Comme toujours, faites confiance à vos oreilles avant tout : vous pouvez venir écouter ce kit dans l'auditorium du distributeur France de AUDAX à Nantes. Pensez à emporter vos DVD et disques audio. Une installation semblable en produit fini coûterait environ 1800 euros. On appréciera le gain réalisé par quelques heures « d'huile de coude » ainsi que la possibilité de réaliser les enceintes « petit à petit » ; certains même s'arrêtant aux seules enceintes de façade.

S. Landerretche / S. Knauf

# AP210FR : Enceintes avant polyvalentes



Conçue dans le cadre du Home Cinéma, le but était de pouvoir uti-

liser ces enceintes en paires acoustiques seules : objectif atteint !

**Fiche technique**

Principe : Trois voies trois transducteurs  
 Raccordement : Bornes vissantes ou banane 4mm  
 Puissance : 70Wrms, 300W admissible max  
 Efficacité : 90 dB (moyenne sur la bande)  
 Bande passante : 50 à 20 000 Hz dans l'axe (80 à 15000 Hz à 30°)

Dimensions : 900x250x280mm

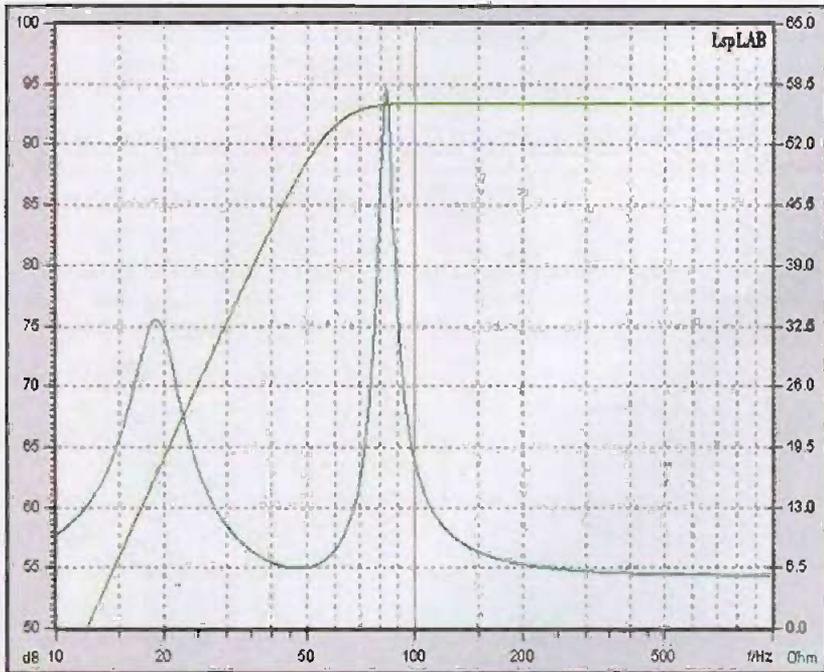
Conception : Sébastien Knauf

Tarif conseillé : 129,40 € TTC l'unité (hors ébénisterie)

Distributeur : Tout revendeur AUDAX

Plans : Disponibles sur le site du distributeur France sur simple demande ou à : <http://www.e44.com>.

Très appréciée des amateurs de haute-fidélité, le système 3 voies 3 haut-parleurs est une conception acoustique classique. Destinée à une large clientèle et pour répondre aux attentes actuelles, cette enceinte dispose d'une réponse « graves » légèrement accentuée.



### 1 Réponse acoustique

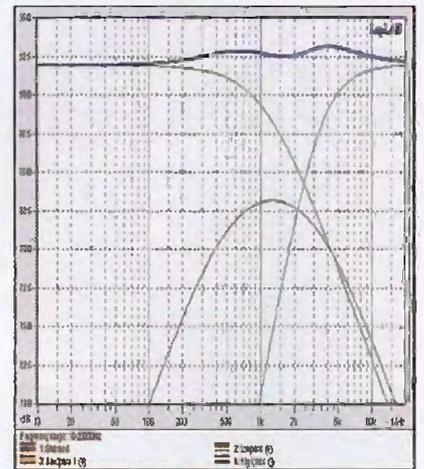
#### Technique acoustique

L'unité de grave est réalisée à l'aide d'un 21cm antimagnétique avec châssis polymère et membrane papier traité. Monté en charge bass-reflex dans un volume de 21 litres, accordée à 47 Hz et disposant d'un grand évent laminaire, le boomer explore la bande jusqu'à 850 Hz puis est filtré à 6 dB par octave (type Butterworth 1er ordre). Le tweeter de conception néodyme (donc antimagnétique) dispose d'un dôme textile imprégné sur bobine de 25mm. Il exploite le spectre à partir de 3000 Hz à partir d'un filtrage à 12 dB/octave (type Butterworth

2nd ordre). Le médium de 10cm, de même technologie que le boomer, est chargé dans un volume clos de 4,5 litres et réajuste le niveau dans la bande d'atténuation (figure 2). L'usage de haut-parleurs de la gamme classique combiné à des composants de qualité audiophile et une façade de 38mm confère à cette enceinte une très bonne qualité et une réponse acoustique parfaitement adaptée à une utilisation HIFI (figure 1)

#### Mise en œuvre

Le plan fourni par l'auteur (figure 3) pro-

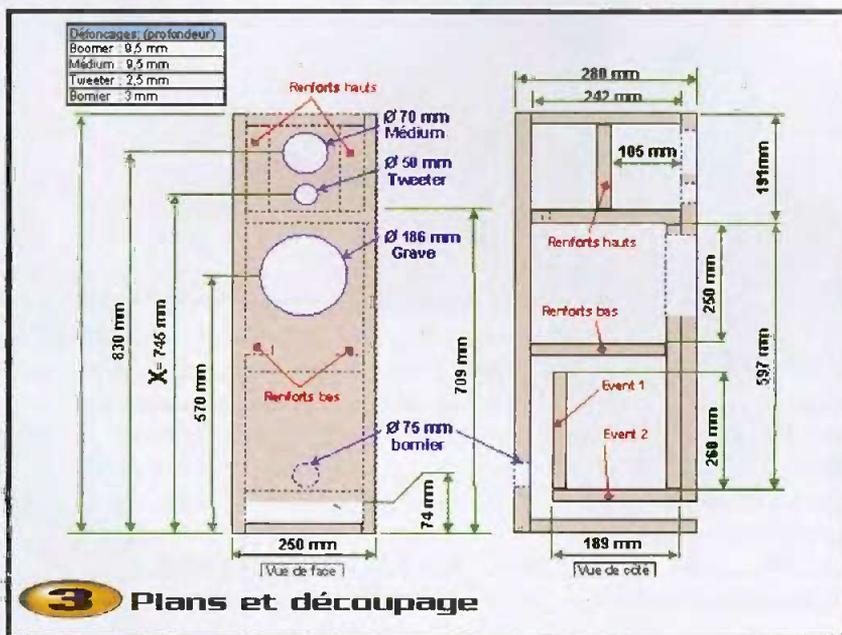


### 2 Bande d'atténuation

pose deux configurations. L'une avec défonçage de la façade (voir photo) pour rapprocher les centres émissifs des médiums/tweeters, l'autre sans défonçage (on utilisera alors  $X = 735\text{mm}$ ).

Un amorti de type feutre est utilisé pour amortir de façon légère les ondes du registre médium émis par le haut-parleur de grave. Ce feutre acoustique sera placé sur le fond et les côtés de l'enceinte sur toute sa hauteur. Pour le fond, vous arrêterez le feutre à 5cm du haut de l'évent puis ajouterez du feutre dans la cavité basse, à revenir sur la façade. De même, le caisson de médium a été complètement amorti d'une part avec du papier bulle et d'autre part par un feutre acoustique (voir photo)

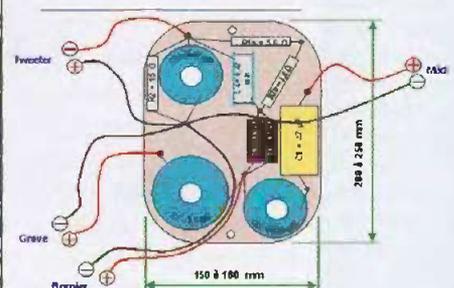
Le filtre (figure 4) sera simplement monté sur une plaque de bois et placé sur la face arrière face au boomer.



### 3 Plans et découpage

#### Configuration et installation

Cette enceinte peut être équipée de pointes de découpage afin d'assainir la réponse dans le grave. De même, pour



### 4 Montage du filtre

atténuer les effets de bords -néfastes- du tweeter, on pourra procéder à un arrondi de

Ø 20mm sur une hauteur de 190mm de part et d'autre de la face avant en haut.



## Nomenclature

### Nomenclature pour une enceinte inclus dans le kit AP210FR

Transducteurs (Audax)

Tweeter : TM025F1

Médium : AP100G0

Boomer : AP210G6

Résistances cémentées (RF)

R<sub>1</sub> : 15 Ω 9W

R<sub>2</sub> : 5,6 Ω 5W

R<sub>3</sub> : 1,8 Ω 5W

Résistances cémentées

R<sub>1</sub> : 5,6 et 1,8 Ω 5W en série

R<sub>2</sub> : 15 Ω 9W

### Selfs à air (LSA)

L<sub>1</sub> : 1,5 mH 10/10°

L<sub>2</sub> : 0,33 mH 10/10°

L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> : 0,47 mH 10/10°

Condensateurs chimiques non polarisés (CHNP)

C<sub>1</sub> : 47 µF/100V

C<sub>2</sub> : 4,7 µF/100V

C<sub>3</sub> : 1,5 µF/100V

A prévoir en sus

1 bornier à bornes vissantes et banane 4mm (SK480)

4 panneaux de feutre acoustique

330x630x35mm (MDM2)

1 panneau de papier bullé (type colis fragiles) 200x300mm

1m de câble Scindex 2x 2,5mm<sup>2</sup> (FS250C)

Panneau de bois en médium 1500x1000mm épaisseur 19mm

Colle blanche à bois, Vis à bois 3,5x25mm

Bâton de collage à chaud

Eventuellement

1 barre de 2,5m de tasseau bois 15x15mm

1m de tissus acoustique

## AP210CE : Une voie centrale très « présente »



### Fiche technique

Principe : Deux voies 1/2 avec trois transducteurs

Raccordement : Bornes vissantes ou banane 4mm

Puissance : 50Wrms, 150W admissible max

Efficacité : 87 dB (moyenne sur la bande)

Bande passante : 80 à 20 000 Hz dans l'axe

Dimensions : 420x180x210mm

Conception : Sébastien Knauf

Tarif conseillé : 122 € TTC l'unité (hors ébénisterie)

Distributeur : Tout revendeur AUDAX

Plans : Disponibles sur le site du distributeur France sur simple demande ou à <http://www.e44.com>

### Technique acoustique

L'unité de grave est réalisée à l'aide de deux 13cm antimagnétique avec châssis polymère et membrane papier traité.

Montés en charge bass-reflex dans un volume de 8,7 litres, accordés à 60Hz et disposant d'un évent tubulaire de 45mm, ces haut-parleurs explorent la bande jusqu'à 400 Hz puis est filtré à 6 dB/octave (type Butterworth 1er ordre).

L'un des deux 13cm continue d'explorer la bande jusqu'à 4000 Hz puis subit une atténuation de 12 dB/octave (en plus de sa pente naturelle).

Le tweeter de conception néodyme (donc antimagnétique) dispose d'un dôme textile imprégné sur bobine de 25mm.

Il exploite le spectre à partir de 4000 Hz à partir d'un filtrage à 12dB/octave (type Butterworth 2nd ordre).

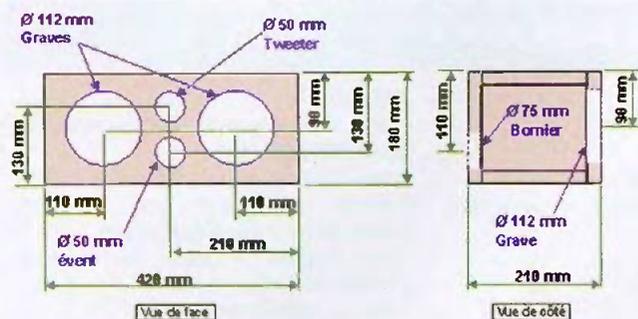
### Mise en oeuvre

Un amorti de type feutre est utilisé pour amortir les ondes du registre médium émises par le boomer. Ce feutre sera placé sur le fond, les faces latérales et le dessus/dessous. En ce qui concerne le coffret, il est constitué de panneaux en médium de 16mm d'épaisseur et ne nécessite pas de renfort (sa taille réduite n'engendre pas de vibrations de coffret). Les défonçages (qui peuvent être omis le

Défonçages:
Boomer: 7 mm
Tweeter: 2,5 mm
Bornier: 3 mm



## Plan de montage



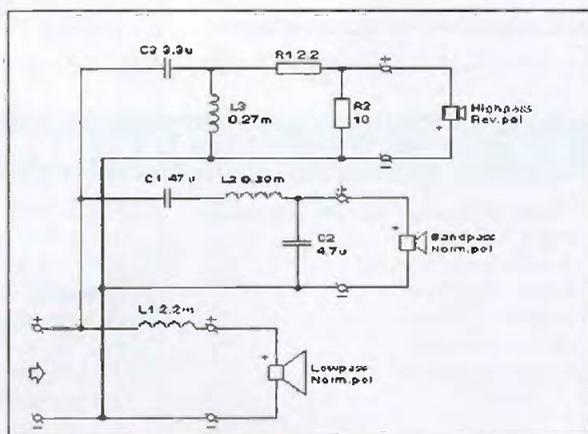
cas échéant) sont spécifiés dans le plan (figure 1) Tous les composants de filtres (figure 2) sont simplement montés sur une planche de bois et soudés

« en l'air »!

Si vous décidez de réaliser un cache avant, nous vous invitons à ne pas couvrir l'évent (voir croquis)



## Implantation des composants



## Nomenclature

(Inclus dans le kit)

Transducteurs (Audax)

Boomer/médium : 2x AP130G2

Tweeter : TM025F1

Résistances cémentées (RF)

R<sub>1</sub> : 2,2 Ω 5W

R<sub>2</sub> : 10 Ω 5W

Selfs à air (LSA)

L<sub>1</sub> : 2,2 mH 10/10°

L<sub>2</sub> : 0,39 mH 10/10°

L<sub>3</sub> : 0,27 mH 10/10°

Condensateurs chimiques non polarisés

C<sub>1</sub> : 47 µF/100V

C<sub>2</sub> : 4,7 µF/100V

C<sub>3</sub> : 3,3 µF/100V

A prévoir en sus

1 bornier à bornes vissantes et banane

4mm (SK480)

1 panneau de feutre acoustique 330x630x35mm (MDM2)

1m de câble scindex 2x 2,5mm<sup>2</sup> (FS250C)

Panneau de bois en médium épaisseur 16mm

Colle blanche à bois

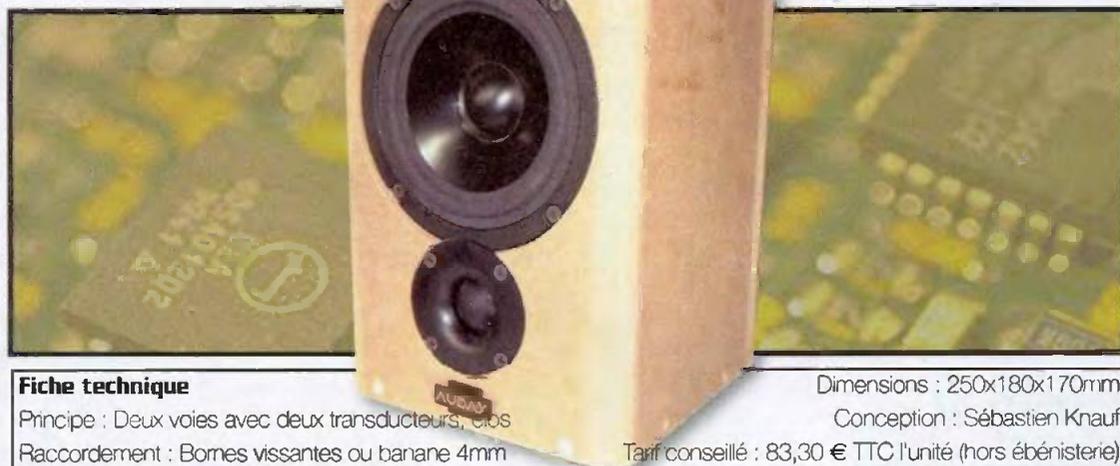
Vis à bois 3,5x25mm

Bâton de colle à chaud

# AP2105A :

## Un petit satellite pour vos effets

Ses dimensions réduites (250x180x170mm) lui permettront de s'intégrer aisément à votre salon sans provoquer la foudre de votre entourage familial.



### Fiche technique

Principe : Deux voies avec deux transducteurs, bois

Raccordement : Bornes vissantes ou banane 4mm

Puissance : 50Wrms, 100W admissible max

Efficacité : 87 dB (moyenne sur la bande)

Bande passante : 100 à 20 000 Hz dans l'axe

Dimensions : 250x180x170mm

Conception : Sébastien Knauf

Tarif conseillé : 83,30 € TTC l'unité (hors ébénisterie)

Distributeur : Tout revendeur AUDAX

Plans : Disponibles sur le site du distributeur France sur simple demande ou à <http://www.e44.com>

### Technique acoustique

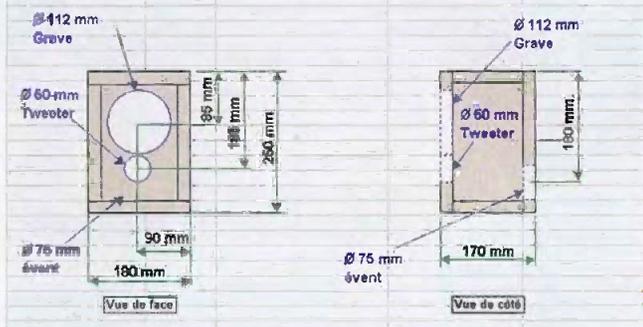
Le spectre du grave est réalisé à l'aide

d'un 13cm antimagnétique avec châssis polymère et membrane

papier traité. Ce dernier est monté en charge close dans un volume utile de

Détails des composants :	
Boomer :	7 mm
Tweeter :	2,5 mm
Bornier :	3 mm

## 1 Plan de montage



3,3 litres, lui autorisant une exploration dans le grave aux alentours de 100 Hz. Cette partie explore la bande jusqu'à environ 2 kHz avant d'accuser une atténuation de 6 dB/octave de type Butterworth 1er ordre. Le tweeter de type dôme textile et structure néodyme se charge de la bande médium/aiguë à partir de 4000 Hz. Un amorti de type feutre acoustique est utilisé pour amortir les ondes du registre médium émises par le haut-parleur de graves.

### Mise en œuvre

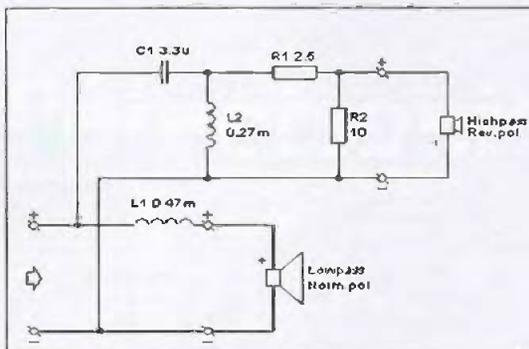
En ce qui concerne le coffret (figure 1), il est constitué de panneaux agglomérés très haute densité (médium) de 16mm d'épaisseur. Ce dernier ne nécessite pas de renfort car sa taille réduite limite les vibrations

de coffret. Le filtrage (figure 2) sera placé sur la face arrière sous l'amorti en feutre.

### Configuration et écoute

Cette enceinte pourra être placée derrière la zone d'écoute du Home Cinéma à environ 1m au-dessus des oreilles de l'auditeur,

ce qui permettra à chaque utilisateur de profiter pleinement des effets Surround du système. L'absence d'évent (enceinte close) permet de fixer les satellites au mur ou de les intégrer dans votre mobilier.



## 2 Implantation des éléments

## Nomenclature

**(Inclus dans le kit, pour une enceinte)**  
 Transducteurs (Audax)  
 Boomer/médium : AP130G2  
 Tweeter : TM025F1  
 Résistances cémentées (RF)  
 R<sub>1</sub> : 2,2 Ω 5W  
 R<sub>2</sub> : 10 Ω 5W  
 Sélfs à air (LSA)  
 L<sub>1</sub> : 0,47 mH 10/10°  
 Condensateurs chimiques non polarisés  
 C<sub>1</sub> : 3,3 μF/100V

**A prévoir en sus**  
 1 bornier à bornes vissantes et banane 4mm (SK480)  
 1 panneau de feutre acoustique 330x630x35mm (MDM2)  
 1m de câble scindex 2x 2,5mm<sup>2</sup> (FS250C)  
 Panneau de bois en médium épaisseur 16mm  
 Colle blanche à bois  
 Vis à bois 3,5x25mm  
 Bâton de colle à chaud

# AP210BA : Un caisson de basse amplifié (option)

Les amateurs de films d'action recherchent souvent à obtenir un meilleur rendu des effets de chocs, vibrations et explosion. Avec ce caisson à dispersion horizontale, vous vivrez ces effets sonores comme si vous y étiez.



### Fiche technique

Principe : Mono voie, bass-reflex à dispersion horizontale  
 Raccordement : RCA et 220V type Europe, passif en bi-câblage vissant

Puissance : 100Wrms, (400W admissible max. en mode passif)

Efficacité : 92 dB

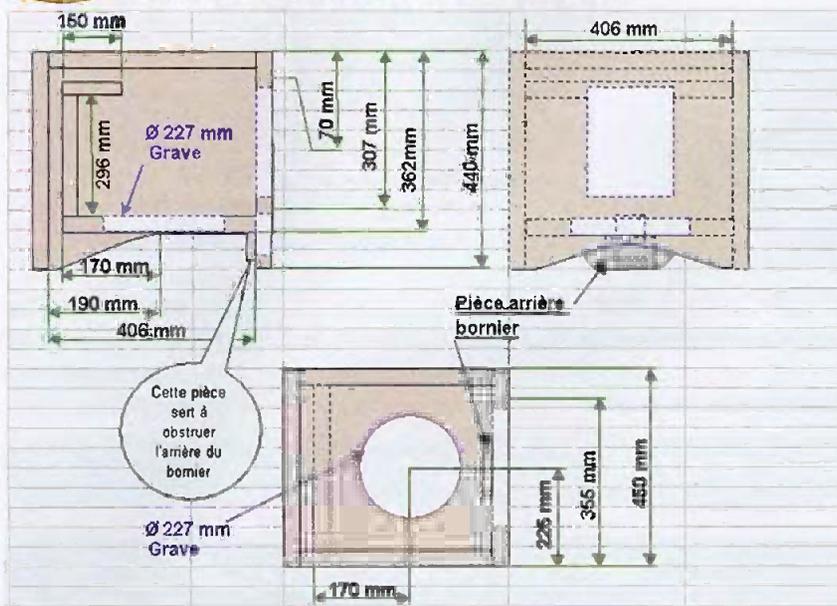
Bande passante : 30 à 200 Hz (réglable en mode actif)

Dimensions : 450x450x440mm

Conception : Sébastien Knauf  
 Tarif conseillé : 365,40 euros TTC l'unité (hors ébénisterie)  
 Incluant le module ampli Advanced Acoustics

Distributeur : Tout revendeur AUDAX  
 Plans : Disponibles sur le site du distributeur France à  
<http://www.e44.com> ou sur simple demande

## 1 Plan et découpes du coffret



### Technique acoustique

Afin de répondre aux recherches de graves puissants, l'auteur est sorti de la gamme « Classic » et a privilégié un haut-parleur de la gamme « Professionnel » : le PR240M6. Ce boomer 24cm dispose d'un châssis en zamack (alliage aluminium) moulé, d'une membrane papier sur suspension souple et d'une bobine 48mm sur support Kapton (haute température) lui permettant de travailler à haute puissance sur une longue durée. Pour « piloter » ce boomer, l'auteur a sélectionné un module amplificateur de

Advanced Acoustics, le SA 100 (voir photo). Disposant d'entrée haut ou bas niveau, ce module permet de régler la puissance de sortie, le niveau de coupure (filtre actif 18 dB/octave intégré) et réalise le mixage des entrées gauche/droite. Alimenté directement par un cordon 220V Europe, la qualité de l'amplificateur permet d'obtenir une distorsion inférieure à 0,1%. D'autre part, il dispose d'une détection de modulation automatique qui permet à l'utilisateur de laisser le caisson en mode veille et ainsi allumer ce dernier par l'ampli Home Cinéma. L'unité de basses est montée en charge

bass-reflex dans un caisson de volume utile de 46 litres accordé à 30 Hz à l'aide d'un évent de grande section de type laminaire. La bande passante peut être étendue jusqu'à 200 Hz environ (réglable par le module ampli). Le haut-parleur, tout comme l'évent, rayonne vers le sol et assure une dispersion uniforme de l'énergie dissipée. Le caisson repose sur trois pieds formés par les parois avant et arrière.

A noter : il est possible de séparer électriquement le haut-parleur de l'amplificateur, par exemple pour alimenter un autre caisson de basse passif ou pour piloter le haut-parleur directement de l'ampli Home Cinéma si ce dernier dispose d'une sortie « Sub » de puissance.

### Mise en œuvre

En ce qui concerne le coffret, il est constitué de panneaux agglomérés de haute densité (médium) d'épaisseur 22mm (figure 1). Ce dernier est renforcé par la présence de l'évent laminaire de grande section, offrant ainsi une grande rigidité aux vues des dimensions relativement réduites.

S. Landernetche / S. Knauf

## Nomenclature

- (Inclus dans le kit)  
 Transducteurs (Audax)  
 Boomer pro : PR240M6  
 Amplificateur  
 Module ampli avec filtre actif intégré  
 Advanced Acoustics SA100  
 A prévoir en sus  
 1 bornier bi-câblage à bornes vissantes et banane 4 mm (SK486)  
 2 panneaux de feutre acoustique 330x630x35mm (MDM2)  
 1m de câble scindex 2x 2.5mm<sup>2</sup> (FS250C)  
 1 cordon d'alimentation type Europe (CSCEE)  
 La connectique RCA vers votre ampli (selon configurations)  
 Panneau de bois en médium épaisseur 22mm  
 Colle blanche à bois  
 Vis à bois 3,5x25mm  
 Bâton de colle à chaud



le très conséquent module ampli  
 Advanced Acoustics

# Stéréophoniseur de canaux arrière



**Le système de décodage de son Surround Dolby Pro-Logic délivre quatre signaux différents : gauche, droit, centre et arrière. On installe deux enceintes à l'arrière mais, en fait, elles délivrent toutes deux le même signal, on a donc un son mono venant de l'arrière, comme généralement il ne s'agit que de sons d'ambiance, ce n'est pas trop gênant... Priorité à l'avant et aux dialogues centraux.**

Le montage que nous vous proposons ici, dérivé de techniques utilisées en télévision, partira du signal Surround monophonique standard pour le spatialiser par le jeu de déphasages décorellant le signal des deux sorties. Pour exploiter ce signal, nous vous proposerons un petit amplificateur qui aura l'originalité d'avoir deux modes de fonctionnement à deux canaux ou à un seul canal.

La **figure 1** donne le schéma de principe du système de synthèse stéréo. Le signal Surround mono arrive sur le connecteur d'entrée et se divise en deux sections. En bas, le signal part directement vers la sortie après un étage inverseur de phase à gain unité construit autour de  $Cl_{2B}$ . Le second chemin assure la modification du signal. Nous avons tout d'abord deux cellules en T, l'une RC et l'autre CR qui joue un rôle de filtre réjecteur de bande. Ce filtre élimine les fréquences dans le médium. Ce signal est additionné sur l'entrée non inverseuse de  $Cl_{2A}$  avec le signal d'un passe-bande constitué de CR,  $R_9$  et  $C_6$ . La sommation donne en sortie de  $Cl_{1A}$  un signal occupant toute la bande passante à un niveau quasi-

ment constant. L'effet stéréophonique vient des différences de phase entre les deux voies, gauche et droite.

Le procédé est parfaitement synthétique et ne peut en aucun cas reproduire fidèlement la répartition spatiale des informations.

On imagine d'ailleurs difficilement comment extraire des informations cachées d'un signal parfaitement monophonique, même si l'oreille perçoit des signaux qui ne se placent pas au centre des sources.

La **figure 2** montre la réponse de chacun des filtres et la somme obtenue en sortie de la voie supérieure. Le montage est alimenté par une tension unique de 12V. Pour l'alimentation des amplificateurs opérationnels, nous utilisons une technique connue, l'ampli opérationnel  $Cl_2$  est monté en suiveur, sa sortie (6) assure la polarisation d'un point à une tension fixée par la valeur des résistances  $R_{13}$  et  $R_{14}$ . Le condensateur  $C_9$  assure un filtrage de l'alimentation et la sortie 6 permet de sortir cette tension sous une très faible impédance.

Nous avons là une masse dite virtuelle, différente de la masse de l'alimentation. On peut aussi utiliser dans ce rôle un excellent composant de

TEXAS Instrument à trois broches baptisé TLE2926 et qui remplace tout ce circuit de polarisation.

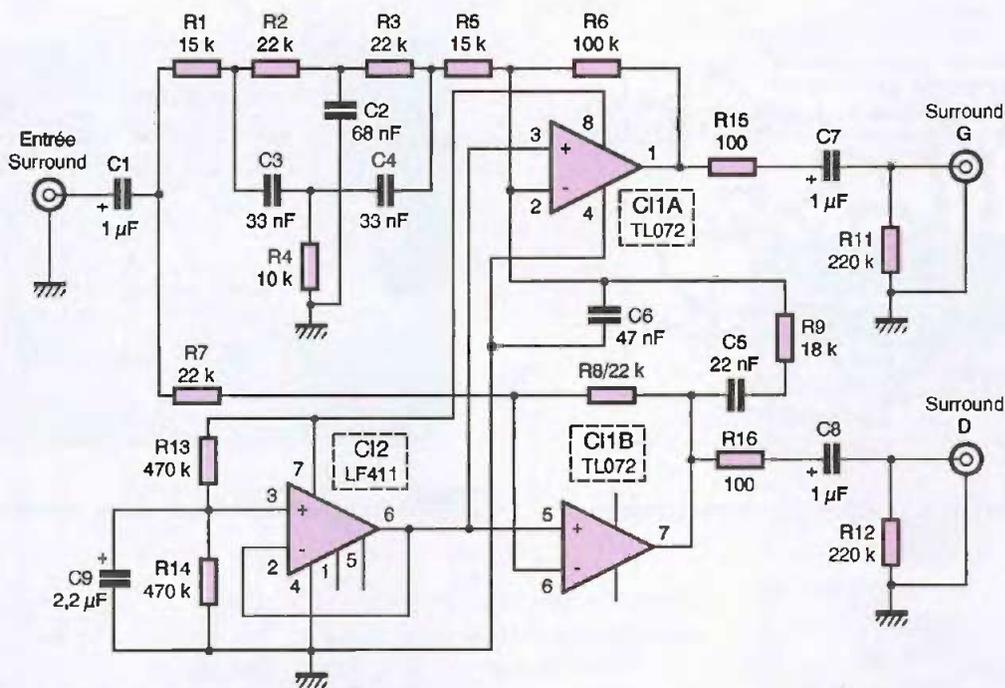
## Concrétisation

La **figure 3** donne le dessin du circuit imprimé que vous réaliserez d'une façon traditionnelle par gravure chimique ou mécanique, à vous de choisir.

Les pastilles des composants sont percées à 0,8 mm de diamètre, pour les connecteurs, on utilisera une fraise de faible diamètre pour allonger les trous, vous pouvez aussi couper les pattes du connecteur et y souder une tige qui sera fixée dans le circuit.

Les composants seront implantés, pour des raisons de facilité, en commençant par les plus bas que l'on pourra souder par groupe (**figure 4**). En retournant le circuit avec ses composants non soudés, tous restent en place. Si on commence par les plus hauts, les plus bas risquent de glisser de leurs trous.

Nous conseillerons de placer les intégrés sur des supports, cette formule rend les opérations plus sûres en permettant un contrôle de l'alimentation avant l'implantation des composants.



## 1 Schéma de principe du système de synthèse stereo

L'inversion d'alimentation d'un ampli opérationnel ne garantit pas sa destruction, mais ce n'est pas une raison pour faire confiance à son branchement.

Le montage se connecte directement à la sortie d'un décodeur Dolby Pro-Logic et travaille au niveau ligne habituel, son gain étant unité.

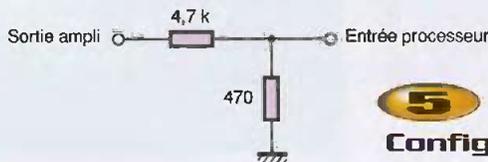
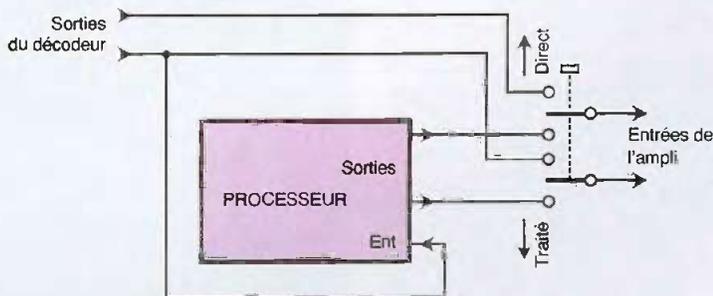
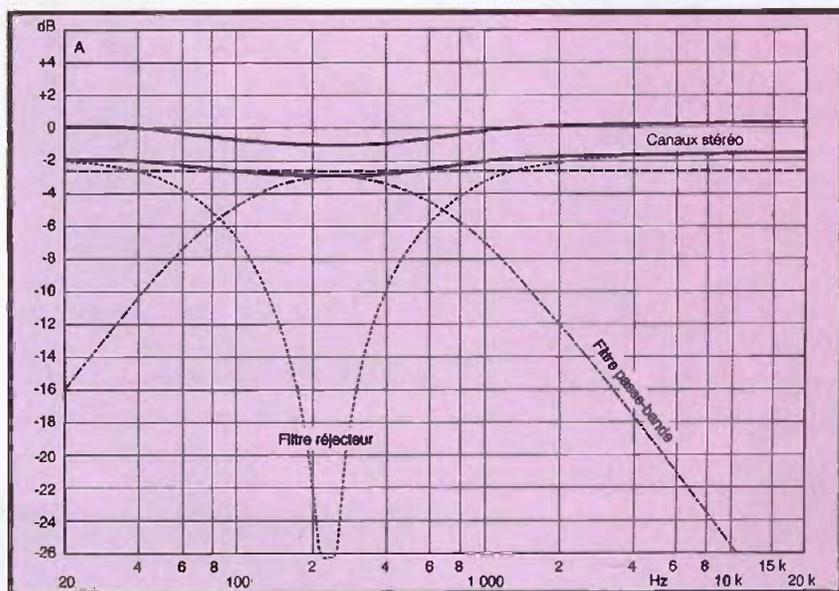
Si vous disposez d'une connexion d'insertion, le montage pourra être inséré dans la chaîne avec un double que vous pourrez ajouter au montage et qui vous permettra soit une connexion directe soit une connexion par le processeur. La **figure 5** montre la configuration correspondant à cette situation.

Si la sortie ligne n'est pas disponible et si vous travaillez directement en sortie d'amplificateur, vous devrez installer un atténuateur du modèle donné figure 5. Avec un tel atténuateur, l'amplificateur débitera pratiquement à vide, ce qui, contrairement à pas mal d'idées reçues, ne perturbe pas son fonctionnement.

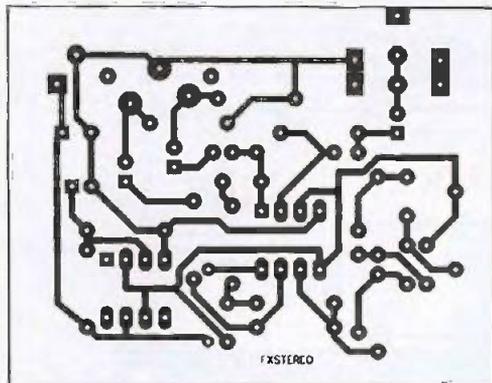
## L'amplificateur additionnel : un ou deux canaux

Si votre décodeur n'a pas de canaux à l'arrière, pourquoi ne pas réaliser votre amplificateur. La version que nous proposons a deux canaux capables de sortir une puis-

## 2 Réponse des filtres



## 5 Configuration



### 3 Tracé du circuit imprimé

sance de 6W chacun, c'est à dire l'équivalent de ce que sort un ampli d'autoradio non ponté... Bien sûr, cette puissance dépendra aussi de l'impédance de l'enceinte, plus cette impédance est basse et plus la puissance sera importante. Les canaux arrière n'ont pas besoin d'une forte puissance, les informations sonores y sont nettement moins puissantes qu'à l'avant et au centre.

Votre décodeur peut avoir ses amplificateurs, mais pour l'arrière, il n'y en a qu'un seul. Dans ce cas, vous pourrez prendre l'amplificateur que nous proposons et l'utiliser en monophonie. Là, on n'utilise pas un seul des canaux, avec une puissance réduite mais on va exploiter les deux canaux stéréo de l'amplificateur en pont grâce à une configuration prévue à la fabrication.

L'amplificateur utilise un circuit intégré classique et assez répandu, un TDA2005 dont on choisira la version avec la terminaison M, une version dont les deux amplificateurs ont une tension de repos de sortie très basse autorisant le montage direct d'un haut-parleur entre les points de sortie, sans interposition de condensateur de liaison. On bénéficie alors d'une bande passante plus étendue.

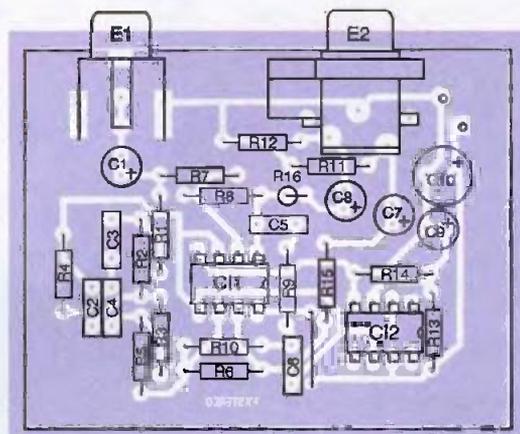
La figure 6 donne le schéma de principe de l'amplificateur. La structure est assez classique et, pour passer l'amplificateur en pont, on installe les deux straps A-B et C-D et la résistance  $R_9$ . Ces trois composants sont repérés Pont. Lorsque l'amplificateur est ponté, le signal entre sur l'amplificateur  $C1_{2A}$ .

Le gain de l'amplificateur, donc sa sensibi-

lité, est définie par la valeur des résistances installées dans le circuit de contre-réaction, ici ce sont les résistances  $R_2$  et  $R_3$  associées aux résistances  $R_3+R_4$  et  $R_6$ . En pont, on modifie la configuration, la résistance  $R_9$  relie la sortie du premier amplificateur à l'entrée inverseuse tandis que l'on court-circuite la résistance  $R_2$ .

La figure 7 donne le dessin du circuit imprimé et la figure 8 l'implantation des composants de l'amplificateur.

La fabrication de l'amplificateur ne pose pas de problème particulier, on adaptera la taille des trous destinés au passage des pattes du circuit intégré. Par ailleurs, on pourra réduire la résistance électrique des pistes d'alimentation en les chargeant de soudure ou en installant un strap dans les pastilles de la piste de la broche 6... On peut aussi doubler les pistes d'alimentation de fil de

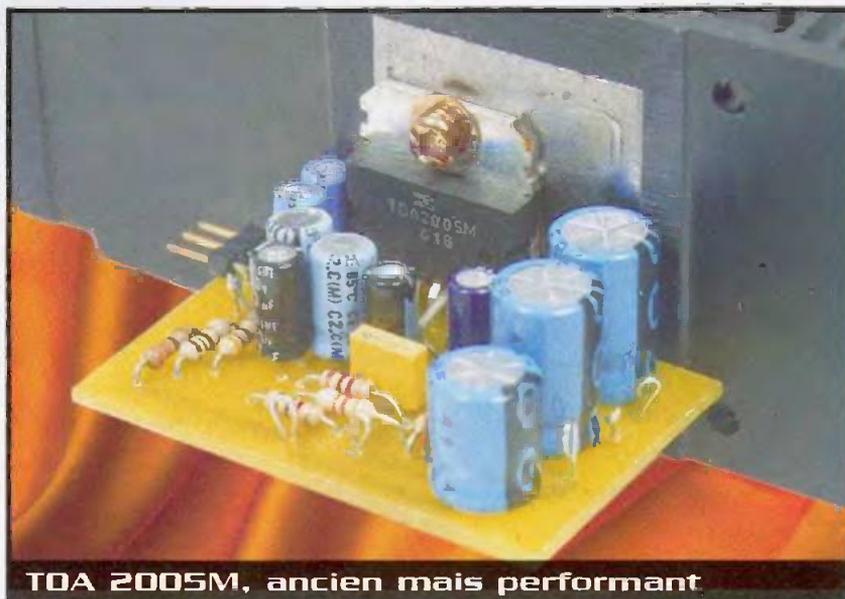


### 4 Implantation des éléments

cuivre soudé directement sur les pistes... Tout amplificateur dissipe de la puissance, vous pourrez, par exemple, utiliser ici un dissipateur récupéré sur un microprocesseur Pentium, on en trouve à des prix défiant toute concurrence avec un ventilateur que l'on pourra alimenter en parallèle sur l'amplificateur : il leur faut une tension de 12V... Si vous êtes gênés par le bruit, vous pourrez leur imaginer un commutateur automatique actionné soit par la température du radiateur, soit par le niveau audio.

Il ne vous reste plus qu'à coupler le tout et à vous baigner dans un environnement un peu plus multi-canal qu'auparavant. Après tout, on a bien rajouté un canal supplémentaire !

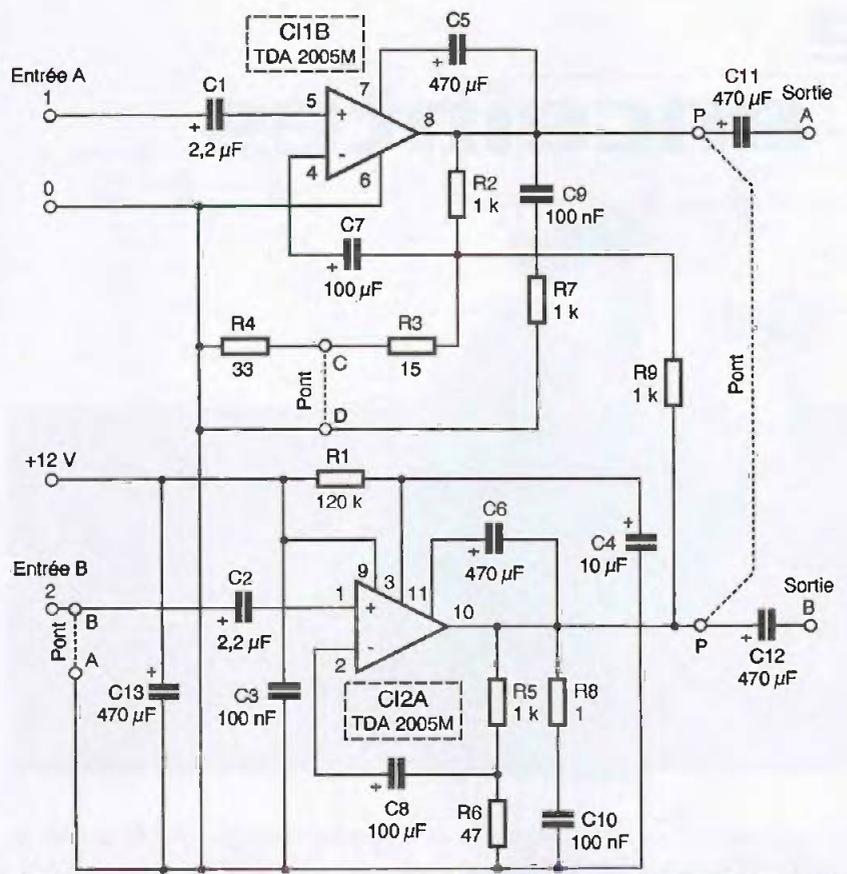
E. LEMERY



TOA 2005M, ancien mais performant

6

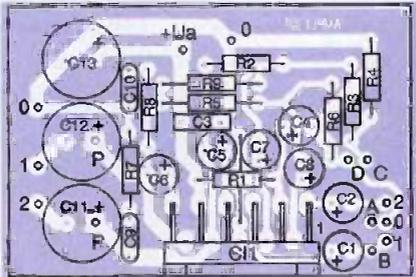
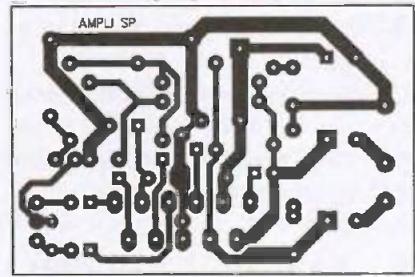
Schéma de principe de l'amplificateur additionnel



Nomenclature

Processeur

- R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> : 15 kΩ 1/4W 5% (marron, vert, orange)
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub>, R<sub>10</sub> : 22 kΩ 1/4W 5% (rouge, rouge, orange)
- R<sub>4</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)
- R<sub>6</sub> : 100 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, jaune)
- R<sub>9</sub> : 18 kΩ 1/4W 5% (marron, gris, orange)
- R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub> : 220 kΩ 1/4W 5% (rouge, rouge, jaune)
- R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> : 470 kΩ 1/4W 5% (jaune, violet, jaune)
- R<sub>15</sub>, R<sub>16</sub> : 100 Ω 1/4W 5% (marron, noir, marron)
- C<sub>1</sub> : 1 μF/16V chimique radial
- C<sub>2</sub> : 68 nF MKT 5mm
- C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 33 nF MKT 5mm
- C<sub>5</sub> : 22 nF
- C<sub>6</sub> : 47 nF MKT 5mm
- C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> : 2,2 μF/16V chimique radial
- C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> : LF 411, TL081
- C<sub>13</sub> : TL072
- Connecteur RCA simple
- Connecteur RCA double



7

Tracé du circuit imprimé

8

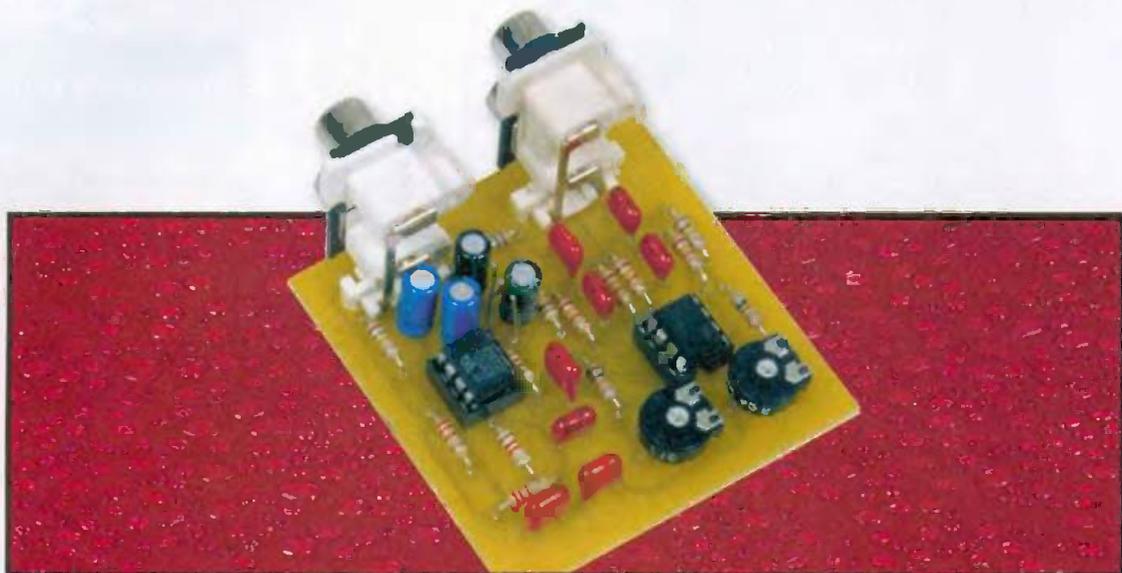
Implantation des éléments



Amplificateur

- R<sub>1</sub> : 120 kΩ 1/4W 5% (marron, rouge, jaune)
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>9</sub> : 1 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, rouge)
- R<sub>3</sub> : 15 Ω 1/4W 5% (marron, vert, noir)
- R<sub>4</sub> : 33 Ω 1/4W 5% (orange, orange, noir)
- R<sub>5</sub> : 47 Ω 1/4W 5% (jaune, violet, noir)
- R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub> : 1 Ω 1/4W 5% (marron, noir, doré)
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> : 2,2 μF/16V chimique radial
- C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>10</sub> : 100 nF MKT 5mm
- C<sub>4</sub> : 10 μF/16V chimique radial
- C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 470 μF/6,3V chimique radial
- C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> : 100 μF/6,3V chimique radial
- C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> : 470 μF/6,3V chimique radial
- C<sub>13</sub> : TDA2005M

# Filtre pour enceintes



L'utilisation de petites enceintes et la présence de signaux de fréquence très basse dans certains disques obligent à prendre quelques précautions concernant principalement le haut-parleur chargé de la reproduction du grave. Il faut éviter, par exemple, d'envoyer un niveau de grave trop important et surtout à une fréquence trop grave. Le débattement de la membrane de grave peut alors le faire sortir de son régime linéaire.

Il en résulte une inter-modulation excessive du médium et de l'aigu par le grave, sans parler des contraintes exercées sur la suspension...

Une bonne solution consiste à filtrer le bas du spectre pour éliminer l'extrême grave.

Par contre, pour accentuer l'impression de grave et compenser l'élimination, rien n'empêche de remonter le grave vers 80 Hz. Nous allons donc vous proposer une telle réalisation, on coupera l'extrême grave avec un filtre du quatrième ordre qui se chargera de remonter légèrement le niveau juste avant la coupure.

## Schéma de principe

Le schéma utilisé associe deux filtres actifs du second ordre montés en série (**figure 1**). Tous deux utilisent une structure dite à source contrôlée ou Sallen et Key avec, toutefois, une différence. Le premier étage utilise une structure permettant de faire varier la forme de la courbe de réponse.

La structure traditionnelle du filtre à source contrôlée correspond à la section construite autour de  $C_{2A}$ . Les deux condensateurs  $C_5$  et  $C_7$

associés aux résistances  $R_{11}$  et  $R_9$  s'associent à un amplificateur monté en suiveur. Les condensateurs empêchent le passage de la composante continue, il n'est donc pas nécessaire d'ajouter de circuit CR destiné à cette fonction.

La résistance  $R_9$  joue un double rôle :

D'une part, elle assure le passage du courant de polarisation, si minime soit-il, dans le cas d'un ampli à FET et, d'autre part, intervient dans la détermination de la fréquence de coupure et, surtout, de la forme de la réponse du filtre. La résistance  $R_{11}$  assure une contre-réaction ou, si vous préférez, une réaction compte tenu de l'effet non inverseur de l'amplificateur opérationnel.

La structure du premier étage diffère légèrement. Nous retrouvons les deux condensateurs en série, les deux résistances tandis que le gain de l'amplificateur est ajusté par une contre-réaction variable appliquée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur  $C_{1A}$  ou  $B$ .

Le **figure 2** montre la courbe de réponse de chacun des filtres ainsi que la réponse globale. On voit, ici, que le potentiomètre permet de faire

varier la réponse globale de près de 10 dB à 8 Hz avec une variation de gain dans la bande de 4 dB seulement.

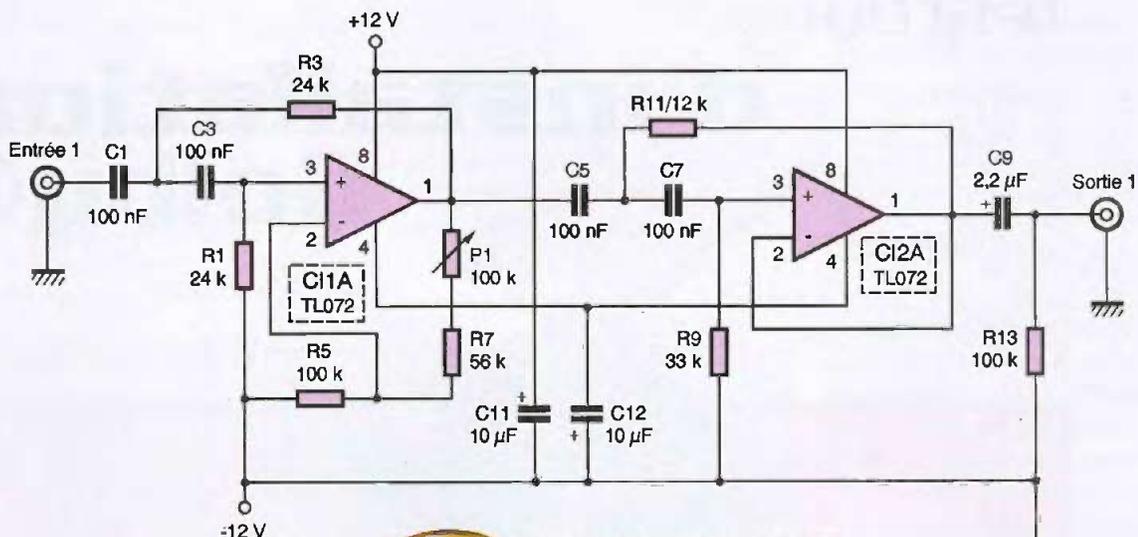
Attention, comme le filtre apporte un gain de 4 à 7 dB, vous pouvez réduire ce gain en installant un atténuateur en amont ou en aval du filtre...

La fréquence d'accord du filtre peut être modifiée, une simple règle de trois appliquée aux résistances permet de faire varier la fréquence. Par exemple, pour descendre d'une octave, il suffit de multiplier par 2 la valeur des résistances  $R_1/R_3$  pour le premier filtre et  $R_{11}/R_9$  pour le second. On aura donc 47 k $\Omega$  pour le premier filtre et 24 et 68 k $\Omega$  pour le second.

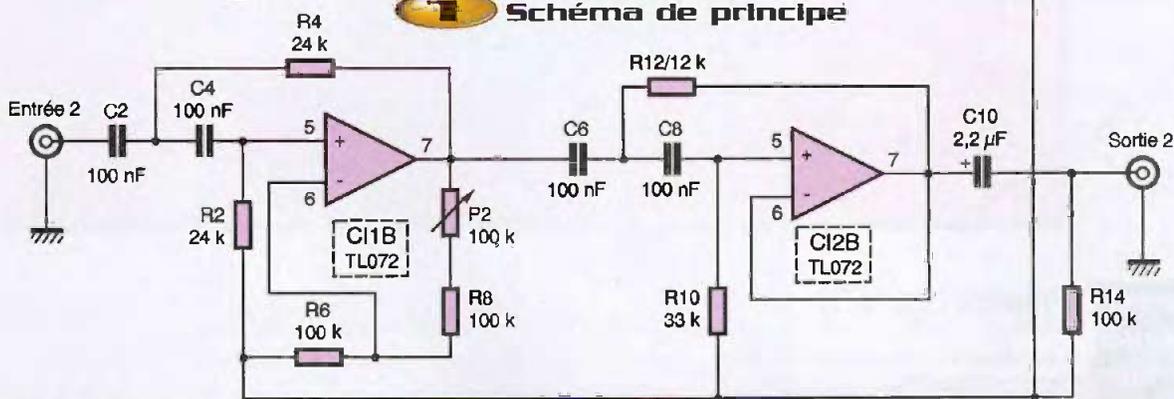
Nous avons choisi les composants dans la série E24 des composants à 5% de tolérances. On ne pourra donc pas obtenir une fréquence de coupure d'une extrême précision, on devra aussi tenir compte des tolérances sur la valeur des condensateurs.

## Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est



**1** Schéma de principe



donné **figure 3**, l'implantation des composants **figure 4**.

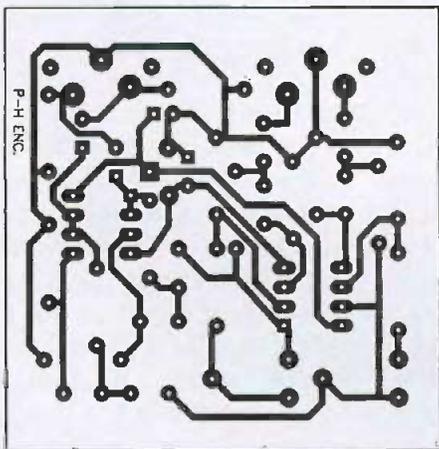
Les trous du circuit seront percés à 0,8mm, on agrandira les trous pour les connecteurs RCA comme pour les potentiomètres ajustables.

Les circuits intégrés seront, de préférence, installés sur des supports. Vous pourrez ainsi vérifier, avant leur installation, que la polarité de l'alimentation est correcte.

Il ne reste plus qu'à les adapter à votre chaîne, ils peuvent s'insérer sans problème sur les prises réservées au magné-

## Nomenclature

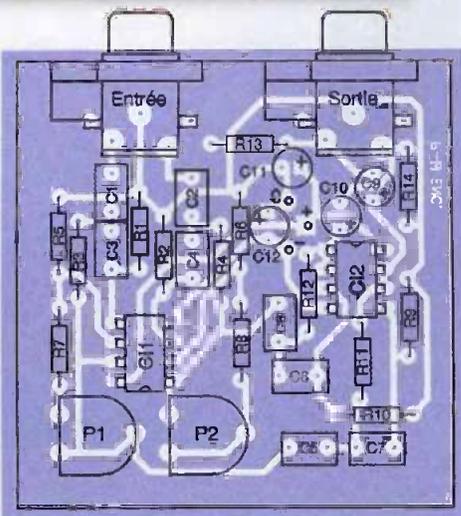
<p><b>R<sub>1</sub> à R<sub>4</sub> :</b> 24 kΩ 1/4W 5% (rouge, jaune, orange)</p> <p><b>R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> :</b> 100 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, jaune)</p> <p><b>R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub> :</b> 56 kΩ 1/4W 5% (vert, bleu, orange)</p> <p><b>R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub> :</b> 33 kΩ 1/4W 5% (orange, orange, orange)</p> <p><b>R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub> :</b> 12 kΩ 1/4W 5%</p>	<p>(marron, rouge, orange)</p> <p><b>C<sub>1</sub> à C<sub>8</sub> :</b> 100 nF MKT 5mm</p> <p><b>C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub> :</b> 2,2 µF/16V chimique radial</p> <p><b>C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> :</b> 10 µF/16V chimique radial</p> <p><b>CI<sub>1</sub>, CI<sub>2</sub> :</b> TL072 ou équivalent</p> <p><b>2 supports de CI 8 broches</b></p> <p><b>P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> :</b> potentiomètres ajustables horizontaux 100 kΩ</p> <p><b>Blocs 2 connecteurs Phono (RCA)</b></p>
--	---



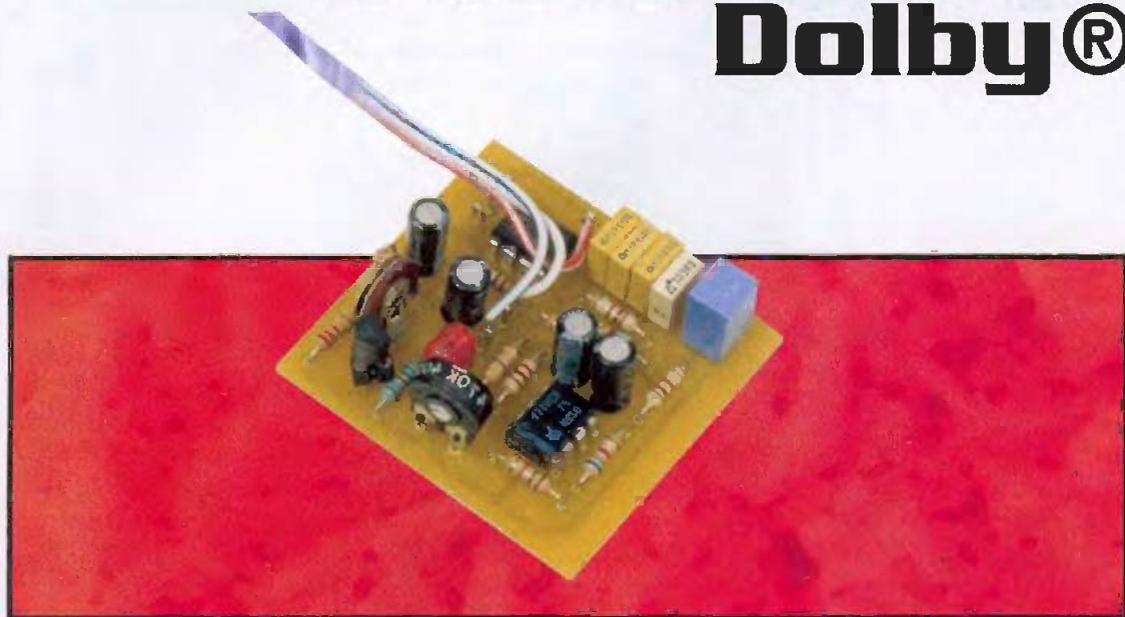
tophone, avec la touche de contrôle du magnétophone, vous mettez ou non le filtre en service... Bonne écoute et bonne protection !

E. LEMERY

- 2** Tracé du circuit imprimé
- 3** Implantation des éléments



Testeur

d'installation  
Dolby®

Ce testeur est destiné à vérifier le bon raccordement d'une installation multi-canal et, notamment, un système de reproduction de Dolby Surround. Il permet, grâce à une technique de sélection automatique des canaux de reproduction par le décodeur, de vérifier le comportement des voies latérales, centrale et Surround, c'est à dire arrière,

## Principe (figure 1)

Le Dolby Surround transmet les informations de ses 4 canaux sur deux canaux audio stéréophoniques. Suivant les relations de phase appliquées aux signaux des deux canaux, le décodeur sélectionnera soit les canaux gauche et droit, soit le canal central, soit les canaux arrière.

Si on envoie un signal sur l'un des quatre canaux, le canal concerné diffuse le signal à un niveau nettement plus important que les autres. Cette séparation sera très importante dans le cas de signaux parfaits, par exemple de test, pour la musique, le décodeur Surround doit adopter un compromis car le signal comporte généralement des signaux sur ses quatre canaux. L'effet de masque joue et donne la priorité aux canaux les plus forts, même si la séparation n'est que de quelques décibels. Le décodeur Dolby Pro-Logic, successeur du Dolby Pro-Logic, améliore cette interdépendance des canaux... Pour votre information, le terme de Pro-Logic n'a concerné que le décodage du signal Surround multiplexé mais, depuis peu, Dolby a travaillé aussi son codage avec, vraisemblablement,

une extension de la bande passante des canaux arrière permettant d'en faire profiter les possesseurs de décodeurs Dolby Pro-Logic II.

Le canal central diffuse des informations nées de la parfaite coïncidence de phase entre les signaux des canaux gauche et droit, cas d'une information en mono. Si on envoie, par conséquent, le même signal à gauche et à droite, sans écart de phase, le canal central diffusera l'intégralité du signal. Les canaux arrière et latéraux ne seront alors pratiquement plus alimentés.

Si, maintenant, on envoie deux signaux identiques mais en opposition de phase (s'ils ne sont pas identiques, on ne peut pas parler d'opposition de phase !), les signaux vont se retrouver sur les deux canaux arrière. Dans un système Dolby Pro-Logic, les deux canaux arrière sont identiques, ce qui n'est plus le cas du Dolby Pro-Logic II. Ce système de test comporte un générateur de bruit que l'on envoie successivement et manuellement, histoire de vous faire travailler, sur la gauche, la droite, sur les deux à la fois et en phase et sur les deux en opposition de phase.

Le schéma se compose de deux parties : un générateur de bruit rose et un amplificateur inverseur de phase. Un sélecteur purement mécanique va alors choisir le mode de sortie des signaux afin de permettre au décodeur de travailler.

Nous avons utilisé, ici, un générateur de bruit simple car constitué d'un transistor dont on utilise la jonction base/émetteur polarisée en inverse pour générer du bruit blanc. Le potentiomètre  $P_1$  applique une polarisation variable, en effet, suivant la tension de polarisation de cette jonction, on obtient un bruit qui peut changer, non seulement de niveau, mais aussi de facteur de crête... En effet, dans certaines conditions, on peut obtenir un bruit très asymétrique et contenant des crêtes de forte amplitude...

Le bruit généré par le transistor a un spectre très proche de celui du bruit blanc, il peut toutefois dépendre du type de transistors. Le transistor est un modèle NPN, on peut éventuellement le remplacer par un PNP à condition d'inverser émetteur et base. Le condensateur  $C_2$  assure la liaison entre le collecteur de  $T_1$  et l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur.

Dernière l'amplificateur, dont on peut faire varier le gain à l'aide de  $P_2$ , nous avons installé un filtre à 3 dB/octave constitué d'une résistance associée à une série de cellules RC série.

Le bruit blanc est un bruit dont l'énergie est constante dans une bande de fréquence donnée. Le bruit rose a son énergie constante dans une bande de fréquence

relative donnée. Autrement dit, pour le bruit blanc, l'énergie dans une bande de fréquence large de 500 Hz est identique à 1000 Hz et à 10000 Hz et, pour le bruit rose, une bande d'une octave (rapport de fréquence de 1 à 2 entre les deux fréquences extrêmes) de large, l'énergie sera la même que la bande, soit à 50 ou à 5000 Hz...

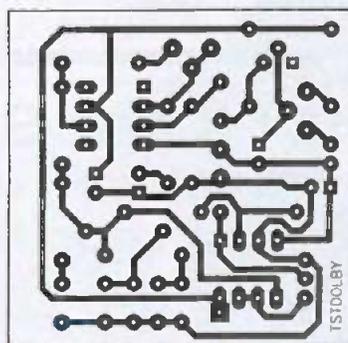
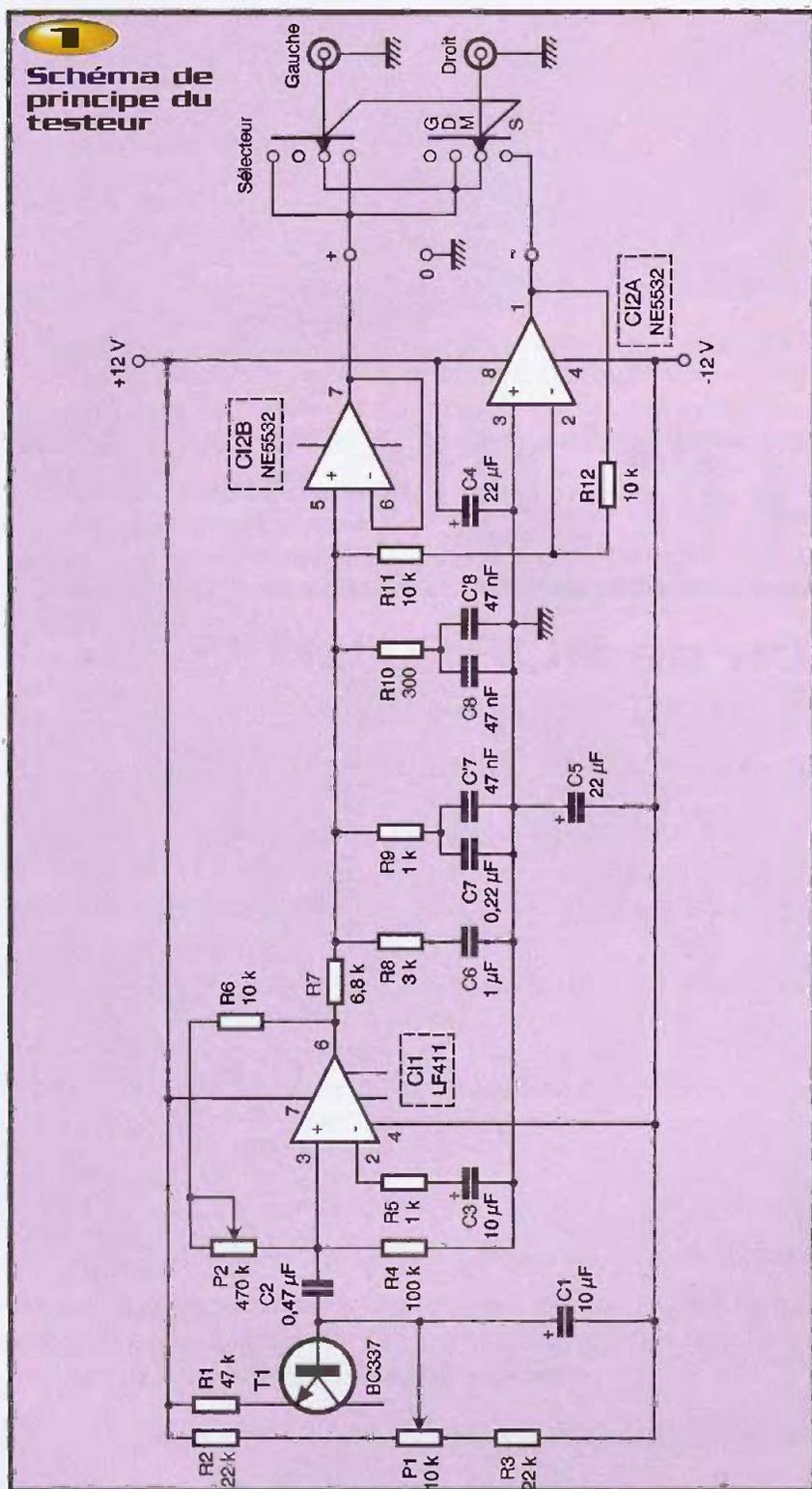
Dernière  $Cl_{2B}$ , le signal part avec la même phase que celle de sortie du conformateur de spectre et, derrière  $Cl_{2A}$ , le signal est inversé.

Le sélecteur va alors se charger de répartir le signal sur les deux sorties audio.

### Réalisation

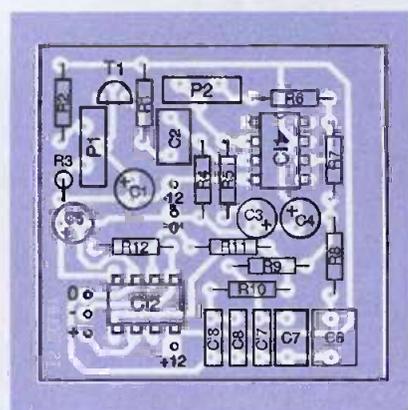
La figure 2 donne le circuit imprimé du testeur. Le montage ne pose que les problèmes habituels de réalisation, les pastilles ne sont pas trop rapprochées, la densité des composants est relativement élevée, pas besoin de vous proposer ici un circuit imprimé d'un décimètre carré pour un montage aussi simple...

Compte tenu de vos fonds de tiroir ou de la disponibilité de divers composants de commutation, nous n'avons pas installé le commutateur sur le circuit imprimé. Il vous faudra donc ajouter un commutateur à quatre positions et deux circuits, il sera câblé en suivant le schéma de principe de la figure 1. Nous avons ajouté, sur les prises, des résistances de 100  $\Omega$ , elles évi-



**2**  
**Circuit imprimé**

**3**  
**Implantation des composants**



tent les oscillations des amplificateurs de  $O_2$  sur charges trop capacitives, c'est à dire sur des câbles de mauvaise qualité ou des circuits présentant une capacité d'entrée trop élevée.

Nous vous conseillons de ne pas souder directement le transistor  $T_1$ , mais de le remplacer par des contacts "tulipe" sécables qui permettront d'essayer le générateur de bruit avec divers transistors. Vous pourrez alors choisir le meilleur, certains ne délivrent en effet qu'un signal de faible amplitude. Nous avons utilisé ici un NPN type BC337-25 de PHILIPS donnant un bon niveau de bruit.

S'agissant des condensateurs  $C_6$  à  $C_8$ , nous avons prévu pour  $C_7$  et  $C_8$  des assemblages,  $C_7$  a une valeur nominale de 0,27  $\mu$ F et C8 94 nF, on peut donc obtenir des valeurs assez proches avec les combinaisons indiquées. Ces valeurs agissent sur la couleur du spectre.

Le montage sera alimenté par une tension symétrique de  $\pm 12$ V générée par un transformateur de 12V à point milieu associé à un pont redresseur, deux condensateurs de filtrage et deux régulateurs de type

78L12 pour la tension positive et 79L12 pour la tension négative, de nombreux schémas sont publiés dans la revue.

Une fois l'appareil terminé et installé dans une belle petite boîte dont nous vous laissons le choix, vous pourrez connecter la sortie à une chaîne, ajuster le niveau de sortie avec  $P_2$ . Vous pourrez alors entendre un joli bruit de souffle, style torrent alpin, dont vous ajusterez le niveau au maximum par  $P_1$ . En changeant le commutateur, vous entendrez le son venir de gauche, de droite, du centre ou de l'arrière...

Accessoirement et si vous disposez d'un analyseur en temps réel type tiers d'octave, vous pourrez effectuer une mesure de la réponse de chacune des enceintes... Nous avons mesuré un spectre linéaire dans environ  $\pm 1,5$  dB, ce qui est bon par rapport aux écarts de linéarité de la réponse en fréquence que vous pourrez constater dans votre salon...

E. LEMERY

## Nomenclature

- $R_1$  : 47 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, orange)
- $R_2, R_3$  : 22 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, orange)
- $R_4$  : 470 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, jaune)
- $R_5, R_6$  : 1 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, rouge)
- $R_7, R_{11}, R_{12}$  : 10 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, orange)
- $R_8$  : 6,8 k $\Omega$  1/4W 5% (bleu, gris, rouge)
- $R_9$  : 3 k $\Omega$  1/4W 5% (orange, noir, rouge)
- $R_{10}$  : 300  $\Omega$  1/4W 5% (orange, noir, marron)
- $C_1, C_3$  : 10  $\mu$ F/16V chimique radial
- $C_2$  : 470 nF MKT 5mm
- $C_4, C_5$  : 22  $\mu$ F/16V chimique radial
- $C_6$  : 1  $\mu$ F MKT 5mm
- $C_7$  : 220 nF MKT 5mm
- $C_7', C_8, C_8'$  : 47 nF MKT 5mm
- $T_1$  : transistor NPN BC337-25
- $Cl_1$  : LF411, TL071
- $Cl_2$  : LF353, TL072
- $P_1$  : potentiomètre ajustable vertical 10 k $\Omega$
- $P_2$  : potentiomètre ajustable vertical 470k $\Omega$
- Commutateur 2 circuits 4 positions, connecteurs Phono (RCA)

# LE 1ER SALON DE ROBOTIQUE

POUR L'ÉDUCATION, LES LOISIRS, LE DOMESTIQUE ET LE JOUET  
 VERRA LE JOUR AU SEIN DE **EDUCATEC** 2003  
L'INNOVATION AU SERVICE DE L'ÉDUCATION  
 du 19 au 22 Novembre

**EDUCATEC**  
 L'INNOVATION AU SERVICE DE L'ÉDUCATION

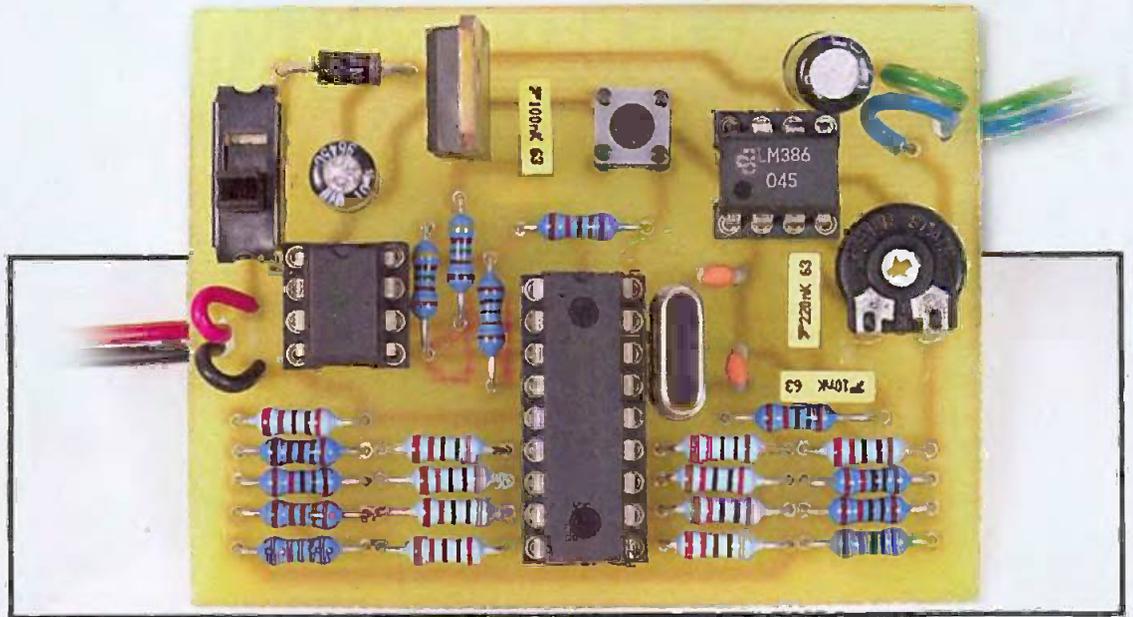


Le magazine Micros & Robots et Tarsus-Groupe MM, organisateur du Salon Educatec, associent leurs compétences mutuelles pour créer le 1er événement attendu par des milliers de passionnés de robotique, amateurs et professionnels. Au sein d'Éducatec, le "carrefour de la robotique" regroupera les acteurs de ce marché émergent et en pleine expansion. Une arène pouvant accueillir plus de 200 personnes servira aux démonstrations qui seront le lot quotidien de dizaines d'applications robotiques proposées pendant ces 4 jours d'exposition. Le public en quête de nouveautés, d'innovations par le monde fascinant qu'est la robotique pourra sans conteste assouvir sa soif de découverte.

Tarsus-Groupe MM - 31/35 rue gambetta - BP 141 - 92154 Suresnes cedex  
 Tél. : 33 (0) 1 41 18 86 18 - web : [www.educatec.com](http://www.educatec.com)

Micros & Robots - 2 à 12 rue de Bellevue - 75940 Paris cedex 19  
 Contact : Pascal Declerck Tél. : 33 (0) 1 44 84 84 92 - web : [www.microsetrobots.com](http://www.microsetrobots.com)

# Un PIC qui parle



## Principe général

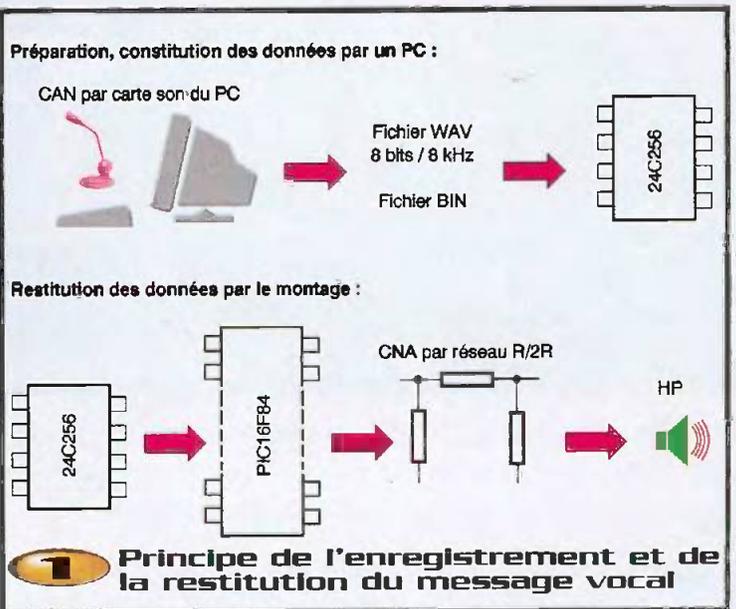
Le principe général d'utilisation de notre montage est décrit **figure 1**. Le message vocal que va répéter le PIC est mémorisé dans une mémoire I2C. Pour cet article et le programme correspondant écrit pour le microcontrôleur, cette mémoire est une EEPROM 24C256 d'une capacité de 32 Ko. Cette capacité de 32 Ko nous permet de stocker un message vocal d'une durée de 4 secondes et échantillonné à la fréquence de 8 kHz. Les données du message vocal à charger dans la mémoire I2C sont extraites d'un fichier son de type WAV créé, par exemple, par le logiciel MAGNETOPHONE, accessoire livré avec WINDOWS. Une fois ces données obtenues, elles sont chargées dans l'EEPROM I2C avec un petit programmeur d'EEPROM comme un de ceux proposés précédemment dans la revue. Pour restituer le son, le PIC va lire une par une les données présentes dans l'EEPROM et les présenter au convertisseur numérique/analogique élémentaire constitué par le réseau R/2R. Puisque le son a été échantillonné par le PC à la fréquence de 8 kHz, le PIC

va envoyer les données au convertisseur à la même fréquence, soit une toutes les 125 ms.

## Schéma électrique

Le schéma électrique du montage est présenté **figure 2**. Il est assez simple, comme c'est souvent le cas dans les montages à base de microcontrôleurs. Au cœur, se trouve le PIC16F84 cadencé par un quartz à 4 MHz. Ce microcontrôleur et l'EE-

PROM sont alimentés par une tension continue de 5V fournie par une pile de 9V et un régulateur 7805. L'amplificateur audio LM386 est, lui, directement alimenté en 9V. L'EEPROM 24C256 est une mémoire de type I2C. Comme pour les autres mémoires, pour y lire ou y écrire une donnée, il faut préciser l'adresse de la donnée et le mode lecture ou écriture. A la différence des mémoires plus classiques à accès parallèle, toutes les informations d'adresse, de don-



**1** Principe de l'enregistrement et de la restitution du message vocal

Ce microcontrôleur d'emploi universel n'a semble-t-il aucune limite : il suffit de relire les anciens numéros pour constater qu'il est présent dans des rôles les plus divers (fréquence-mètre, jeux, alarme, gradateur, télécommande, robot, etc.). Aujourd'hui, nous lui donnons la parole et avec votre propre voix. Et comme souvent, malgré des performances très honorables, le montage qui repose sur un PIC16F84 et son programme reste simple et facilement compréhensible.



le PIC 16F84 sur son support

nées ou de mode sont transmises, ici, en série sur la ligne SDA, la ligne SCL portant un signal d'horloge et assurant la synchro-

nisation des transferts. Cet article n'abordant qu'une utilisation particulière des EEPROM I2C, j'invite les lecteurs désirant

de plus amples informations sur le bus I2C à faire un tour sur le site Internet d'adresse <http://www.aurel32.net/elec/i2c.php> ou sur le site de Pierre COL, d'adresse [http://col2000.free.fr/i2c/protocol/i2c\\_pro.htm](http://col2000.free.fr/i2c/protocol/i2c_pro.htm). Vous y trouverez des explications

sur leur fonctionnement, des schémas de programmeurs d'EEPROM et des programmes d'applications.

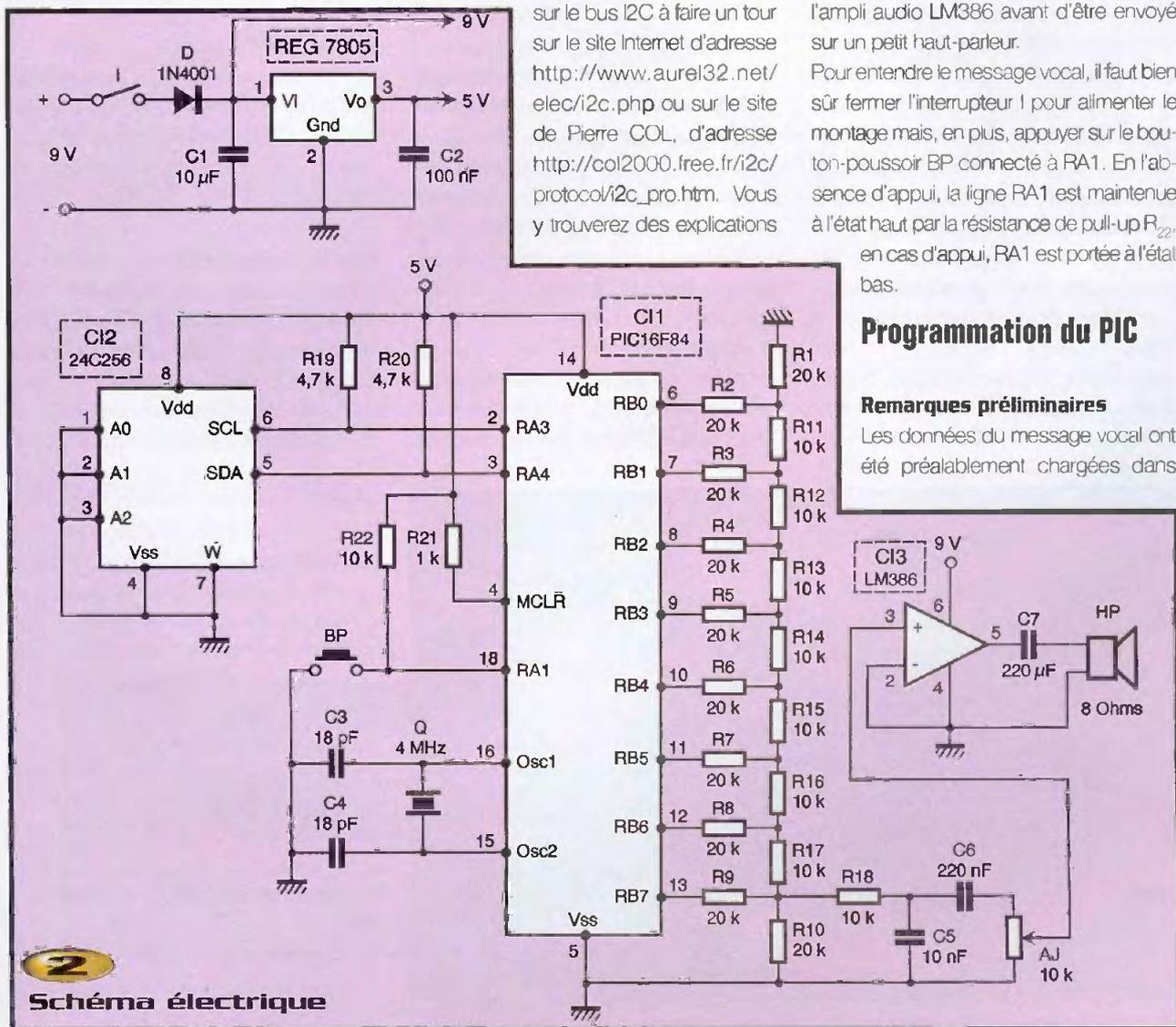
La ligne SDA est reliée à RA4, la ligne SCL à RA3, ces 2 lignes étant maintenues à l'état haut en l'absence de signal par les résistances R<sub>19</sub> et R<sub>20</sub>. L'adresse de cette EEPROM sur le bus I2C, qui ne supporte qu'elle, est tout simplement 0, les broches A0, A1 et A2 étant reliées à la masse.

Le convertisseur numérique/analogique nécessaire à la restitution du son est un classique réseau R-2R. Il peut être assez facilement démontré que la tension VS de sortie du convertisseur dépend des niveaux hauts (1) ou bas (0) présents sur les lignes RB0 à RB7 selon la formule :

$$V_S = 5 \times (B_0/256 + B_1/128 + B_2/64 + B_3/32 + B_4/16 + B_5/8 + B_6/4 + B_7/2), B_0 \text{ à } B_7 \text{ représentant les valeurs 0 ou 1 des broches RB0 à RB7.}$$

Le signal est ensuite filtré puis amplifié par l'ampli audio LM386 avant d'être envoyé sur un petit haut-parleur.

Pour entendre le message vocal, il faut bien sûr fermer l'interrupteur I pour alimenter le montage mais, en plus, appuyer sur le bouton-poussoir BP connecté à RA1. En l'absence d'appui, la ligne RA1 est maintenue à l'état haut par la résistance de pull-up R<sub>22</sub>, en cas d'appui, RA1 est portée à l'état bas.

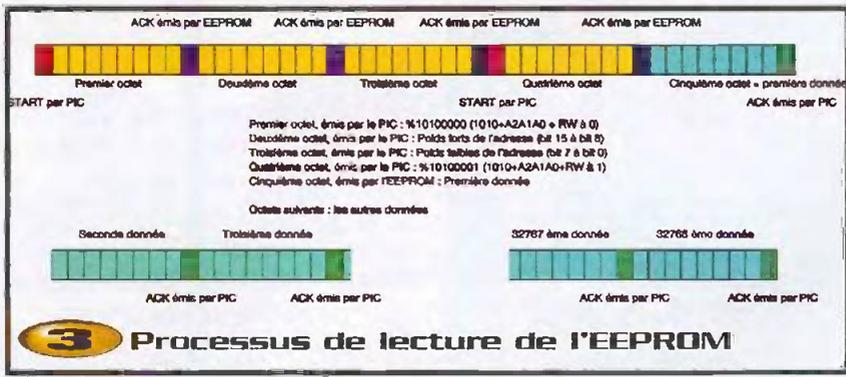


### Programmation du PIC

#### Remarques préliminaires

Les données du message vocal ont été préalablement chargées dans

**2** Schéma électrique



une EEPROM I2C. Le programme consiste à lire ces données les unes après les autres puis à les envoyer sur le port B en vue de la conversion numérique vers analogique. La **figure 3** schématise le protocole de lecture de l'EEPROM I2C utilisé par notre programme. L'adresse de chaque donnée est codée sur 2 octets : l'octet de poids fort ADD\_HAUT et l'octet de poids faible ADD\_BAS, avec adresse= ADD\_HAUT x 256 +ADD\_BAS. Notre message vocal comportant 32768 données, la dernière donnée est située à l'adresse 32767. Sur le schéma de la figure 3, nous remarquons que seule l'adresse de la première donnée (adresse=0), est transmise sur le bus. Après l'envoi de cette première donnée et l'ACK (accusé de réception) du PIC, l'EEPROM continue d'envoyer successivement et automatiquement les données contenues dans les mémoires suivantes à chaque nouvel ACK du PIC. Les variables ADD\_HAUT et ADD\_BAS ne sont donc pas utilisées directement pour dialoguer avec l'EEPROM mais servent de

compteurs. Quand ADD\_HAUT atteint 128 (l'adresse est alors égale à 128 x 256 = 32768), la totalité de l'EEPROM a été lue.

**Détails particuliers du programme**

- 1) déclaration des étiquettes et variables : Les étiquettes SCL, SDA et I2CACK sont utilisées pour rendre plus compréhensible le programme (ainsi BSF PORTA,SDA se comprend mieux que BSF PORTA,4). ADD\_I2C est l'adresse de l'EEPROM sur le bus I2C.
- 2) initialisation : le port B est configuré en sortie (pour le convertisseur numérique analogique) ainsi que toutes les broches du port A sauf RA1 configurée en entrée (pour la prise en compte d'un appui sur le bouton poussoir). Les 2 lignes SDA et SCL sont mises à l'état haut, état normal des lignes d'un bus I2C quand aucun composant n'en a encore pris le contrôle.
- 3) attente d'appui sur le BP : tant que RA1 est au niveau haut, le programme ne quitte pas la boucle PRIN-GOTO PRIN.
- 4) accès à l'EEPROM : pour accéder aux

données contenues dans l'EEPROM, il faut d'abord accéder à l'EEPROM elle-même. La variable ADD\_I2C est initialisée à la valeur %10100000. Les 4 premiers bits 1010 indiquent que le périphérique I2C est une EEPROM, les 3 zéros suivant représentent l'adresse de l'EEPROM, les broches A2, A1, A0 étant reliées à la masse, le dernier zéro est le bit de lecture/écriture, ici en écriture pendant l'initialisation. Le sous-programme ADRESSAGE permet d'envoyer les 3 premiers octets comme précisé dans la figure 3. Ces 3 octets sont précédés par un signal de START et chacun est suivi par un ACK émis par l'EEPROM.

5) envoi de l'ordre de lecture : après l'envoi de ces 3 octets, un nouveau START est envoyé, suivi par l'adresse de l'EEPROM en précisant que nous allons la lire (bit RW à 1). Le PIC attend alors l'accusé de réception de cet ordre de lecture envoyé par l'EEPROM.

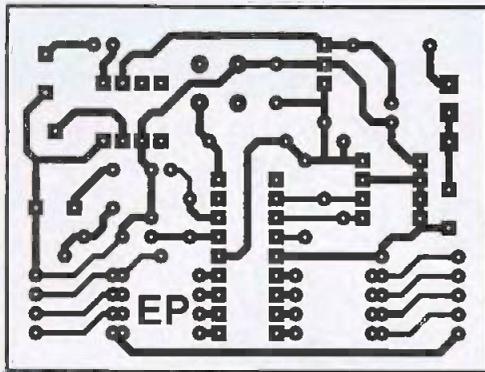
6) le programme principal, la réception des 32768 octets et leur envoi sur le port B : après avoir reçu l'ordre de lecture et envoyé l'ACK, l'EEPROM envoie la première donnée. Le PIC envoie alors un accusé de réception de cette donnée et la place sur le port B. A l'accusé de réception du PIC, l'EEPROM envoie une nouvelle donnée. Ce même processus se répète pour les 32768 données de l'EEPROM et s'arrête donc quand ADD\_HAUT atteint 128, soit le bit 7 de ADD\_HAUT à 1. Lors de la conversion analogique/numérique par le PC du message vocal, la fréquence d'échantillonnage avait été de 8 kHz. Pour restituer un message identique, il est important que la conversion numérique/analogique ait lieu à la même vitesse : les données sont donc envoyées sur le port B toutes les 125 µs. Le nombre de cycles de la boucle principale est donc de 125, quelques NOP ont été ajoutés pour atteindre précisément ce nombre.

7) divers sous-programmes I2C de gestion de l'EEPROM : pour plus de détails, faites un tour sur le site de Pierre Col indiqué précédemment.

**Chargement du programme dans le PIC**

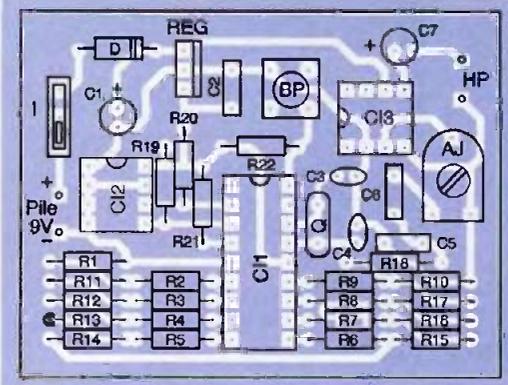
Le programme PICPARL est disponible sur le site Internet d'Electronique Pratique ([www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)) sous 3





4

Tracé du circuit imprimé



5

Implantation des composants

formes : la première est le listing en BASIC F84 présenté dans cet article mais facilement adaptable à d'autres BASIC, la seconde est son fichier assembleur et la troisième son fichier hexadécimal. La configuration n'a pas été précisée dans le fichier hexadécimal et devra être précisée lors de la programmation : -x avec pp, 3FF9 avec FPP, ou XTAL et pas de WATCHDOG avec ICPROG par exemple.

### Réalisation pratique

Le circuit imprimé du montage est présenté **figure 4**. Les composants seront implantés en respectant le dessin de la **figure 5**. On veillera à respecter la bonne orientation des supports et composants polarisés : diode D, condensateur C<sub>1</sub> et C<sub>7</sub>, régulateur 7805, circuits intégrés C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>.

### Préparation et mise en œuvre

Sur le site d'Electronique pratique, vous trouverez un fichier nommé « MSG\_VOC.PIC ». Ce fichier d'exemple

contient les données d'un message vocal à charger dans l'EEPROM 24C256. Pour personnaliser plus tard le montage avec votre propre message sonore, utilisez la méthode décrite dans les lignes suivantes :

#### Etape préparatoire 1 : enregistrement du message vocal

Avec l'accessoire «MAGNETOPHONE» de WINDOWS présenté **figure 6** (ou un autre logiciel équivalent), enregistrez un message vocal de 4 secondes (s'il est plus long, il sera tronqué à 4 secondes). Dans le menu Fichier, sélectionnez Propriétés et dans la nouvelle fenêtre, cliquez sur Convertir maintenant. Les paramètres sont à sélectionner comme indiqué **figure 7**, format PCM et attributs : 8 kHz, mono. Cliquez sur OK puis enregistrez votre fichier son sous le format WAV.

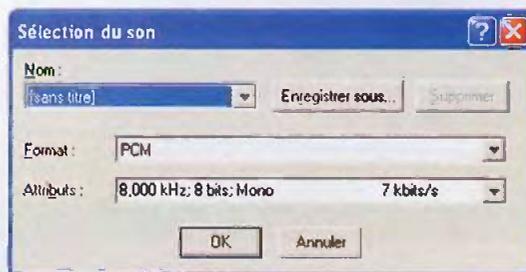
#### Etape préparatoire 2 : modification du fichier WAV

Outre les valeurs des différents échantillons, un fichier son de type WAV comporte un entête de 58 octets. Cet entête contient,

en particulier, les informations permettant à tout PC de restituer correctement un son enregistré auparavant : sont donc précisés les paramètres essentiels comme la fréquence d'échantillonnage, la longueur des données (8 ou 16 bits), etc. Cet entête caractéristique est détaillé dans le livre «Devenez un magicien du numérique» des éditions DUNOD.

Cet entête ne nous est d'aucune utilité dans le cas présent, sa présence est même néfaste : il nous fait perdre 58 octets d'échantillons de son. Utilisez alors le logiciel WAV-BIN disponible sur le site et présenté **figure 8** : il enlève l'entête de tout fichier son WAV échantillonné à 8 kHz et crée un fichier du même nom avec l'extension «.PIC». Si le fichier WAV original comportait plus de 32768 échantillons, il sera tronqué à 32768. Si ce fichier comportait moins de 32768 échantillons, des échantillons complémentaires de valeur 128 seront ajoutés.

#### Etape préparatoire 3 : chargement du fichier binaire dans l'EEPROM I2C

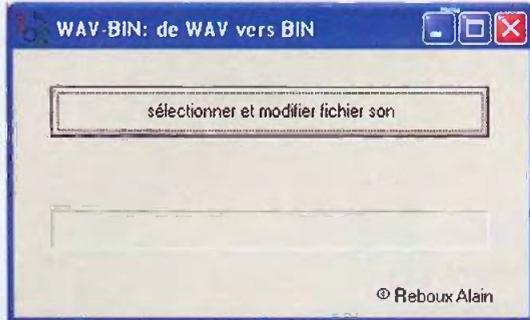


6

Enregistrement avec l'accessoire «MAGNETOPHONE»

7

paramètres de sauvegarde



**8 Le logiciel WAV-BIN**

Le fichier binaire obtenu lors de l'étape 2 contient les données à charger dans l'EEPROM 24C256. Pour cela, utilisez un des programmeurs déjà proposés par la revue ou montez un des programmeurs décrits sur le site de Pierre Col.

**Mise en œuvre**

Le PIC contenant le programme et l'EEPROM contenant les données placées sur leurs supports respectifs, le montage est immédiatement utilisable. Fermez l'interrupteur I et, à chaque appui

sur le bouton-poussoir, vous entendrez le message vocal mémorisé. Les applications de ce montage sont multiples : il suffit de personnaliser le message vocal à son application et éventuellement de remplacer le bouton-poussoir par un autre type d'interrupteur ou un dispositif de détection.

**A. REBOUX**

**Nomenclature**

- R<sub>1</sub> à R<sub>10</sub> : 20 kΩ
- R<sub>11</sub> à R<sub>18</sub>, R<sub>22</sub> : 10 kΩ
- R<sub>19</sub>, R<sub>20</sub> : 4,7 kΩ
- R<sub>21</sub> : 1 kΩ
- C<sub>1</sub> : 10 μF
- C<sub>2</sub> : 100 nF
- C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 18 pF
- C<sub>5</sub> : 10 nF
- C<sub>6</sub> : 220 nF
- C<sub>7</sub> : 220 μF
- Q : quartz 4 MHz
- D : diode 1N4001 (ou 1N400X)
- Cl<sub>1</sub> : PIC16F84 + support 18 broches
- Cl<sub>2</sub> : 24C256 + support 8 broches
- Cl<sub>3</sub> : LM386 + support 8 broches
- REG : 7805
- AJ : ajustable 10 kΩ
- I : Interrupteur
- BP : bouton-poussoir
- HP : haut-parleur 8 Ω
- 1 contact pression 6F22-9V

**816 pages, tout en couleurs**

**NOUVEAU**



**Catalogue Général**

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

**Connectique, Electricité.  
Outillage. Librairie technique.  
Appareils de mesure.  
Robotique. Etc.**

**Plus de 15.000 références**

Envoi contre 5,00€ (10 timbres-poste à 0,50€ ou chèque)

Coupon à retourner à : **Selectronic B.P 513 59022 LILLE Cedex**

OUI, je désire recevoir le **Catalogue Général 2004 Selectronic** à l'adresse suivante (ci-joint 5,00€ en timbres-poste (10 timbres de 0,50€) ou chèque) :

**EP**

Mr. / Mme : ..... Tél : .....  
 N° : ..... Rue : .....  
 Ville : ..... Code postal : .....

"Conformément à la loi informatique et libertés n° 78.17 du 6 janvier 1978, Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant"

# Anti-oubli

# électronique



Ne vous est-il jamais arrivé d'oublier un sac ou un porte-document et de partir en le laissant ? Le petit montage que nous avons élaboré vous permettra de ne plus perdre de temps à revenir chercher ce que vous avez oublié à condition, bien sûr, de ne pas omettre la mise sous tension de cet «anti-oubli» !

Mais alors dans ce cas...

Le principe de ce pense-bête est la réception d'un signal radio émis par un porte-clef qui est attaché ou déposé, par exemple, dans le sac que l'on a avec soi. Ce signal radio est relativement faible et envoie des informations au récepteur qui se trouve dans notre poche. Si pour une raison ou une autre la distance séparant les deux montages devient trop importante, le récepteur signale la cessation de réception des données. Nous savons alors que nous nous trouvons trop loin du sac que nous avons probablement oublié. C'est aussi simple que cela.

## Schéma de principe

### Emetteur

Le schéma de principe de l'émetteur est donné en **figure 1**. Un TLC555, version CMOS du NE555 mais consommant un courant négligeable, qui est monté en multivibrateur astable dont la période présente une durée d'environ quatre secondes, alimente un codeur UM3750 (version 5V du MM53200) et un émetteur de type miniature (MIPOT). Ce type d'émetteur peut être alimenté sous une tension com-

prise entre 4,5V et 12V. Nous avons choisi la tension la plus basse afin de ne disposer que d'une puissance d'émission très faible en sortie. Durant la période de quatre secondes, la sortie Q du TLC555 passe au niveau haut durant environ deux secondes, durée par ailleurs peu critique. Pendant cette durée, l'UM3750, configuré en codeur (broche 15 au +5V), envoie au récepteur, via le module émetteur, un certain nombre de codes. La teneur de ces codes est fonction du positionnement des entrées de codage qui sont soit laissées en l'air, soit reliées à la masse.

Une diode LED signale par son clignotement le bon fonctionnement du système. L'ensemble du montage est alimenté sous une tension de +5V générée par un régulateur intégré de type 78L05 ou mieux, LM2931AZ-5 qui présente une tension de déchet inférieure à 1V. Différentes capacités filtrent et découpent le +5V obtenu.

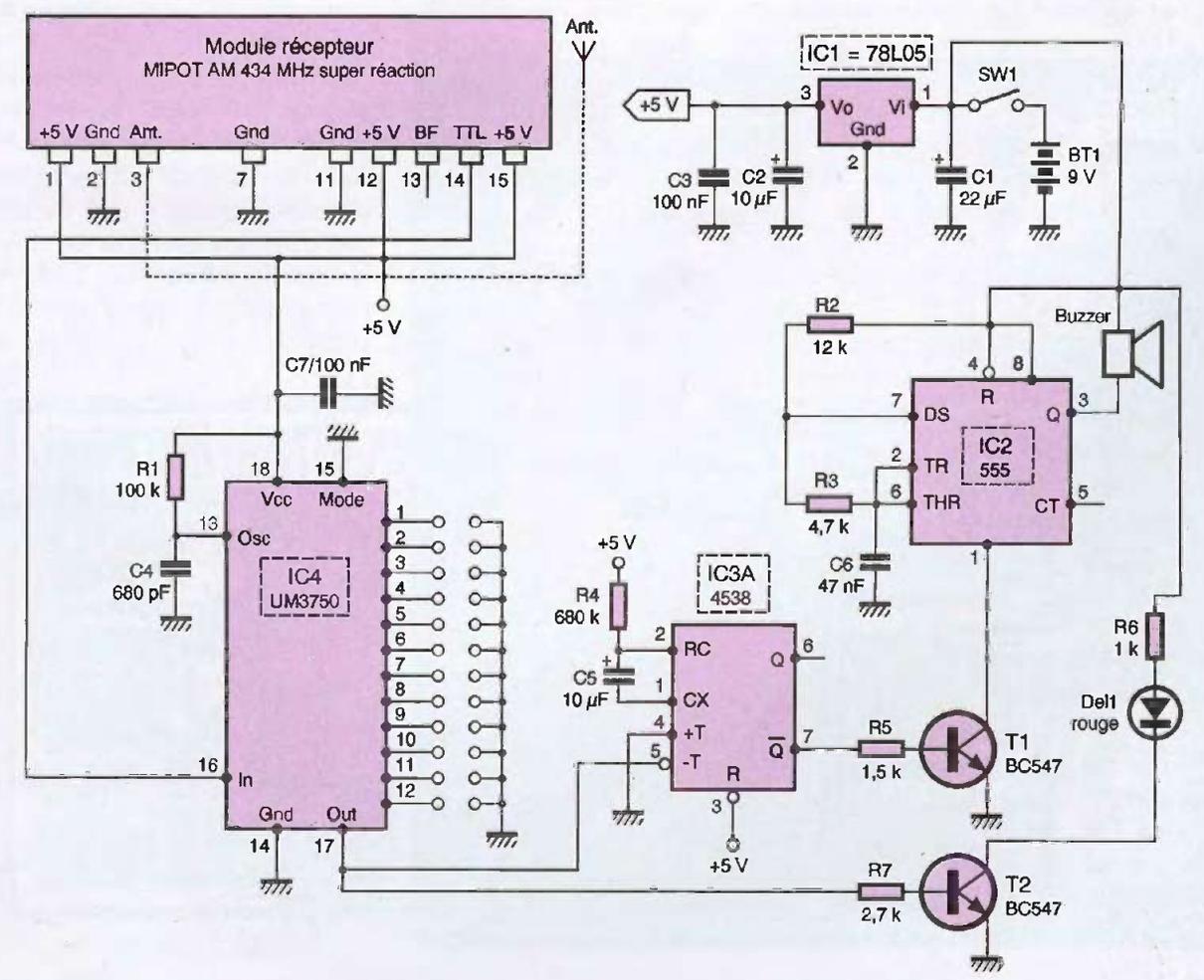
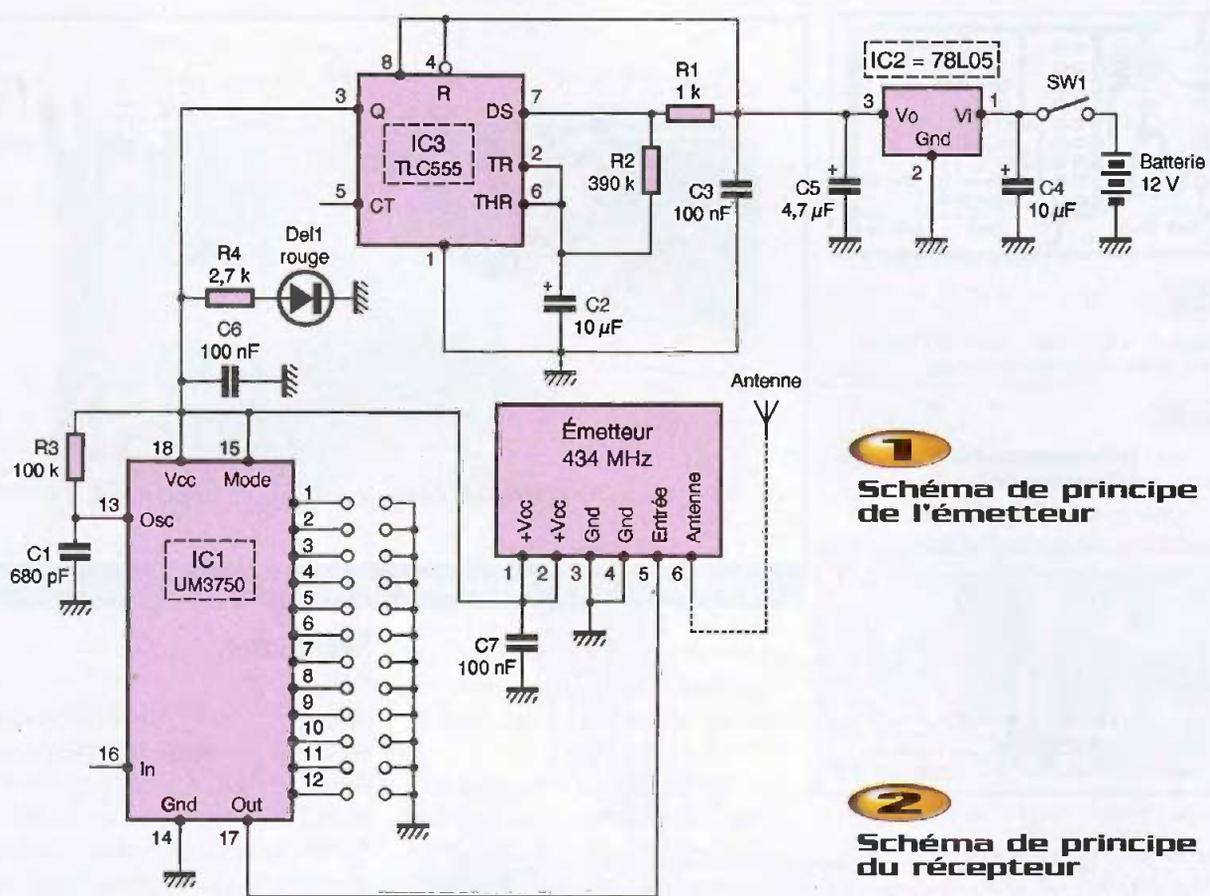
La consommation est inférieure à 10mA durant l'émission, ce qui assurera à la pile miniature de 12V une durée de vie relativement importante.

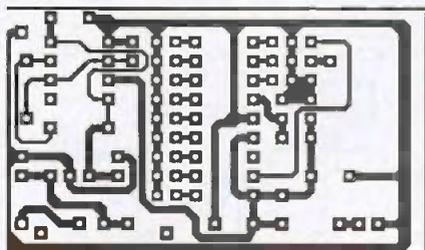
### Récepteur

Le schéma de principe du récepteur est donné en **figure 2**. Le signal généré par l'émetteur est capté par le module récepteur MIPOT de type super réaction. Les trames de codes sont ensuite envoyées au circuit UM3750 configuré en décodeur (broche 15 à la masse). Sa sortie (broche 17) présente alors un niveau bas si les codes consécutifs ont été reconnus.



le boîtier récepteur





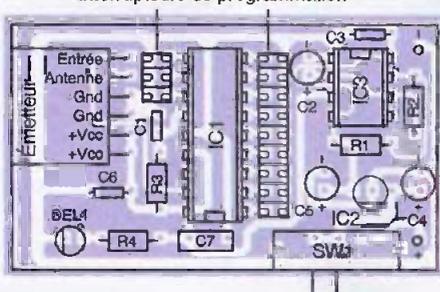
3

Tracé du circuit imprimé de l'émetteur

4

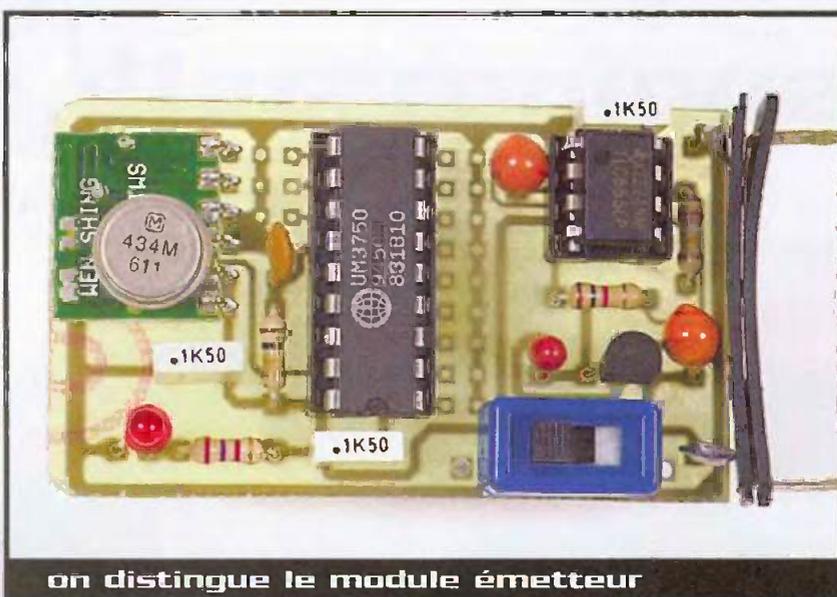
... et implantation des éléments

Interrupteurs de programmation



Pour cela, il convient que les douze entrées de codage (broches 1 à 12) soient configurées de la même manière sur le codeur adjoint à l'émetteur. Le niveau bas présent sur la broche 17 est envoyé, d'une part à un transistor alimentant une diode LED qui s'éteint lorsqu'un signal correct est reçu, et d'autre part à l'entrée d'un monostable retriggerable dont la sortie Q/ présente un niveau bas tant que sur l'entrée T/ sont reçus des flancs descendants.

Ainsi, tant que les signaux émis et qui sont



on distingue le module émetteur

reçus par le récepteur présentent un code correct, le transistor T<sub>1</sub> reste bloqué et ne peut donc alimenter le TLC555.

Au contraire, si les signaux reçus sont incorrects, ce qui arrive à coup sûr si le signal est trop faible, la sortie Q/ du 4538 repasse au niveau haut rendant conducteur T<sub>1</sub> qui peut alors alimenter le TLC555. Un signal émanant du buzzer connecté en sortie de IC<sub>2</sub>, se fait alors entendre, signalant à l'étourdi l'oubli de l'émetteur et de l'objet le contenant.

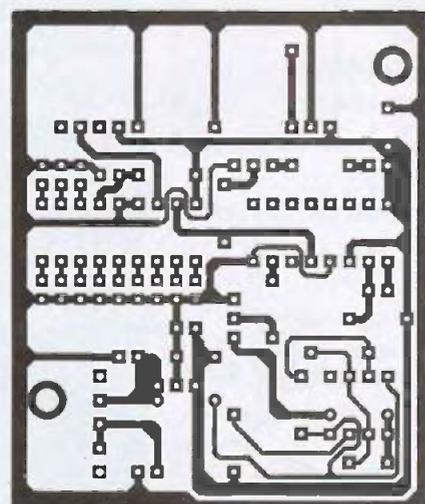
Le récepteur pouvant être plus encombrant que l'émetteur est alimenté par une pile de 9V.

Un régulateur de même type que pour l'émetteur a été utilisé.

Réalisation

Le tracé du circuit imprimé de l'émetteur est donné en figure 3, tandis que la figure 4 représente le dessin de l'implantation des composants. Quant aux dessins du circuit imprimé et du schéma d'implantation du récepteur, ils sont respectivement représentés en figure 5 et figure 6.

On soudera d'abord les straps puis tous les petits composants. On positionnera les circuits intégrés sur des supports. Pour les entrées de codage, on fabriquera des petits cavaliers en fil de cuivre que l'on soudera à demeure si le code ne doit pas être changé. Sinon, on soudera des morceaux de barrettes sécables de picots sur lesquels on enfilera des

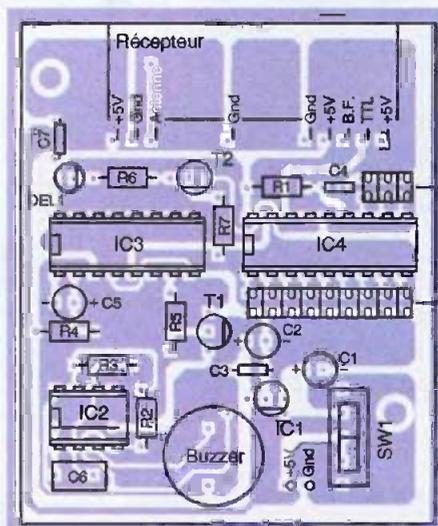


5

Tracé du circuit imprimé du récepteur

6

Implantation de ses éléments



Interrupteurs de programmation

cavaliers de type informatique.

Les interrupteurs SW<sub>1</sub> seront directement soudés sur les circuits imprimés. Après vérification du câblage, on pourra passer aux essais.

## Les essais

On mettra l'émetteur sous tension. La diode LED doit s'allumer pendant environ deux secondes puis s'éteindre durant à peu près la même durée. Cela prouve le bon fonctionnement du multivibrateur.

On allume ensuite le récepteur dont la diode LED doit suivre le même clignotement que celle de l'émetteur.

On s'éloigne de celui-ci en emportant le récepteur et, arrivé à une certaine distance, sa diode LED doit restée allumée et un son doit sortir du buzzer, ce qui veut dire que la distance maximale est atteinte (quelques mètres). Nous avons procédé à ces essais sans antenne, ni sur l'émetteur, ni sur le récepteur. Si l'on souhaite obtenir une plus grande distance, on pourra munir l'émetteur d'un morceau de câble très court.

Si l'on souhaite utiliser des modules hybrides différents, il suffira de relier leurs broches au moyen de fils très fins aux trous pratiqués dans les circuits imprimés. En effet, le positionnement des broches ne sera sans doute pas concordant entre les différents modèles. Nous donnons en **figure 7** le brochage de quelques modules émetteurs et récepteurs.

P. OGUIC

## Contact

**DUNOD - ETSF**

recherche **AUTEURS**

contacter B. Fighiera,

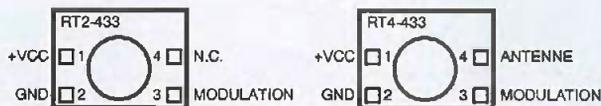
tél: 01 44 84 84 65

Email :

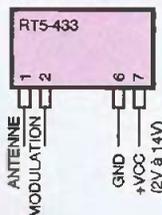
b.fighiera@electroniquepratique.com

ou écrire  
2 à 12 rue de Bellevue  
75019 Paris

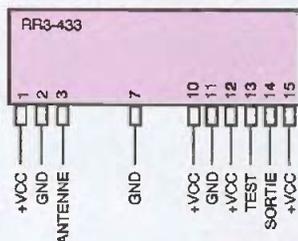
### Émetteurs Télécontrôli



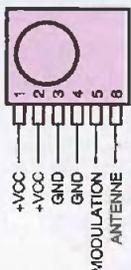
### Émetteur Télécontrôli



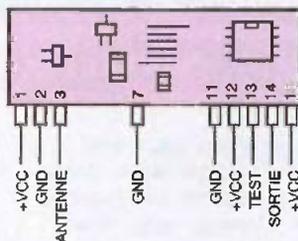
### Récepteur Télécontrôli



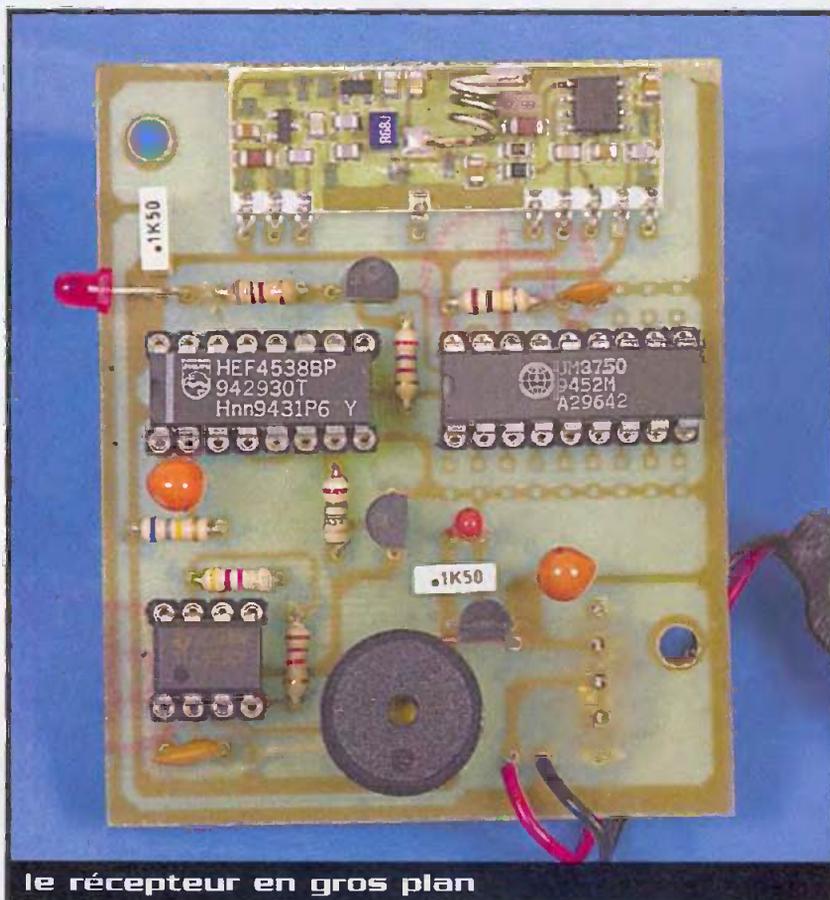
### Émetteur miniature Mipot



### Récepteur super réaction Mipot



## Brochages de quelques modules émetteurs et récepteurs



le récepteur en gros plan



le module émetteur miniature

## Nomenclature

### Emetteur

**R<sub>1</sub>** : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
**R<sub>2</sub>** : 390 kΩ (orange, blanc, jaune)  
**R<sub>3</sub>** : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
**R<sub>4</sub>** : 2,7 kΩ (rouge, violet, rouge)  
**C<sub>1</sub>** : 680 pF  
**C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>** : 10 µF/16V  
**C<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>** : 100 nF  
**C<sub>5</sub>** : 4,7 µF/10V  
**DEL<sub>1</sub>** : diode électroluminescente rouge  
**IC<sub>1</sub>** : UM3750  
**IC<sub>2</sub>** : 78L05 ou LM2937 AZ-5  
**IC<sub>3</sub>** : TLC555  
**SW<sub>1</sub>** : interrupteur miniaturé pour circuit imprimé  
 1 module émetteur miniature MIPOT ou autre  
 1 support pour CI 8 broches  
 1 support pour CI 18 broches  
 1 boîtier en plastique

### Récepteur

**R<sub>1</sub>** : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
**R<sub>2</sub>** : 12 kΩ (marron, rouge, orange)

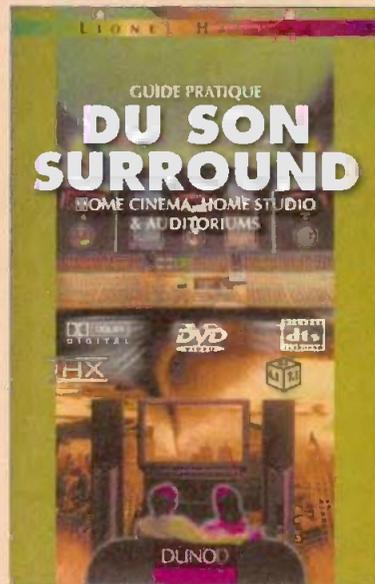
**R<sub>3</sub>** : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)  
**R<sub>4</sub>** : 680 kΩ (bleu, gris, jaune)  
**R<sub>5</sub>** : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge)  
**R<sub>6</sub>** : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
**R<sub>7</sub>** : 2,7 kΩ (rouge, violet, rouge)  
**C<sub>1</sub>** : 22 µF/16V  
**C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>** : 10 µF/10V  
**C<sub>3</sub>, C<sub>7</sub>** : 100 nF  
**C<sub>4</sub>** : 680 pF  
**C<sub>6</sub>** : 47 nF  
**T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>** : BC547  
**DEL<sub>1</sub>** : diode électroluminescente rouge  
**IC<sub>1</sub>** : 78L05 ou LM2931 AZ-5  
**IC<sub>2</sub>** : TLC555  
**IC<sub>3</sub>** : CMOS 4538  
**IC<sub>4</sub>** : UM3750  
 1 support pour CI 8 broches  
 1 support pour CI 16 broches  
 1 support pour CI 18 broches  
 1 module récepteur MIPOT ou autre  
 1 interrupteur miniature pour circuit imprimé  
 1 buzzer



détails du module récepteur

## GUIDE PRATIQUE DU SON SURROUND Home cinéma, home studio & auditoriums

Le terme de surround reste fortement attaché au son diffusé dans les salles de cinéma.

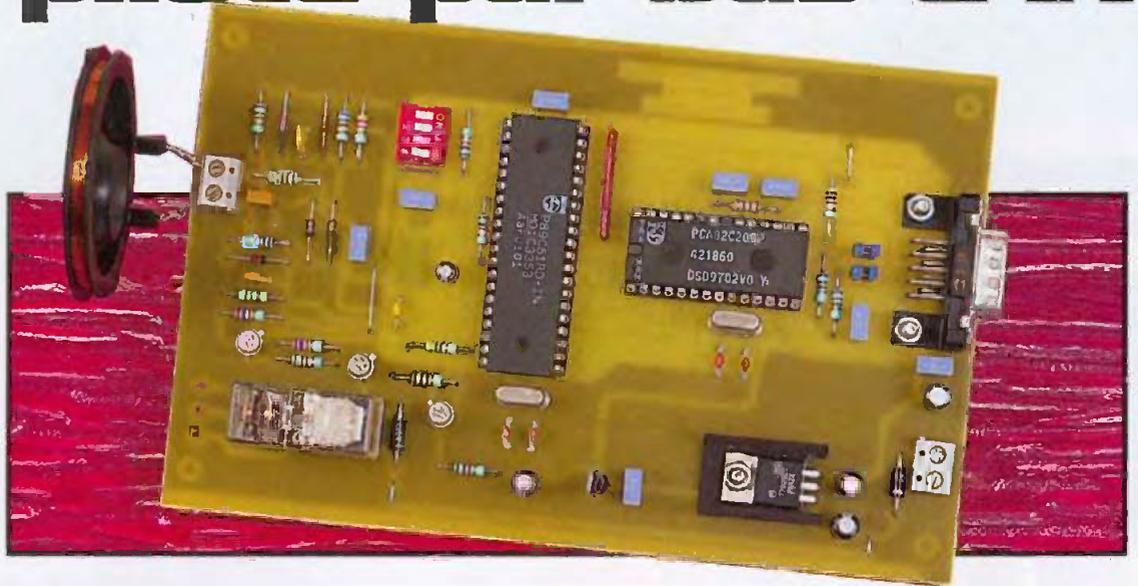


Il est vrai que le surround a été mis au point dans le cadre du septième art et dans le but "d'envelopper" littéralement le public avec le son. Pourtant cette application du surround est loin d'être unique. Ce livre traite des nouvelles technologies de diffusion sonore dans le domaine de l'audiovisuel et plus particulièrement dans celui du home cinéma, des concerts et des enregistrements musicaux. Après un 1er chapitre sur les différents standards, le point est fait sur les aspects matériels liés au surround. Les configurations types d'installations, les réglages et les utilisations de ces matériels dans des applications professionnelles et domestiques constituent la seconde partie du livre. Il s'achève par des exemples de mixage en surround.

L Haidant DUNOD

144 pages - 22,56 €

# Contrôle d'accès à transpondeur piloté par bus CAN



Les transpondeurs ont fait leurs preuves en matière de contrôle d'accès. On les trouve aujourd'hui dans toutes les clés des automobiles et dans la plupart des badges d'accès des entreprises. La difficulté que l'on rencontre lors de l'installation de ce type d'appareil, c'est qu'il faut respecter une distance souvent limitée vis à vis du PC de commande. Notre montage résout ce problème grâce à son interface pour bus CAN.

## Schéma

Les schémas de notre montage sont reproduits en **figures 1** et **2**. Le cœur de ce montage est un microcontrôleur P89C51RD2 que nous avons choisi en raison de la mémoire RAM qu'il intègre (1 K). Il sera couplé avec un circuit spécialisé SJA1000 (ou PCA82C200) qui se chargera de la gestion du bus CAN ainsi qu'avec un circuit U2270B (voir la figure 2) qui s'occupera de gérer le champ magnétique BF (125 kHz) qui permet de dialoguer avec un transpondeur. En ce qui concerne le gestionnaire de protocole CAN, pour assurer l'accès aux registres du circuit SJA1000, l'espace mémoire externe adressé par le microcontrôleur a été décodé de façon très sommaire. En effet, nous avons jugé que dans notre cas de figure, il était inutile d'ajouter une logique complexe. La logique mise en place est donc réduite à sa plus simple expression puisque nous avons simplement utilisé la ligne d'adresse A15 de U<sub>1</sub> pour piloter la broche CS du circuit U<sub>2</sub>. L'horloge interne du microcontrôleur est mise en œuvre au moyen du quartz QZ<sub>1</sub> et des condensateurs C<sub>9</sub> et C<sub>10</sub> qui lui

sont associés. Par souci de simplicité, nous avons préféré utiliser un autre quartz (QZ<sub>1</sub>) pour le circuit U<sub>2</sub>. L'auteur reconnaît que ce n'est pas la solution la plus économique, mais cela lui a permis de reprendre rapidement des fonctions logicielles déjà mises au point, sans avoir à recalculer de nombreuses constantes de temps.

La remise à zéro du montage est confiée à un superviseur d'alimentation MC33164P (U<sub>3</sub>). Le signal -RST issu du circuit U<sub>4</sub> est actif à l'état bas, de sorte qu'il peut piloter directement la ligne de remise à zéro du circuit U<sub>2</sub>. En revanche, le microcontrôleur nécessite un signal de remise à zéro actif à l'état haut. Nous avons donc inversé le signal -RST à l'aide du transistor T<sub>1</sub>.

Les signaux TX0, RX0 et RX1 provenant du circuit SJA1000 sont confiés à un circuit PCA82C250 (U<sub>5</sub>) qui se chargera d'adapter les niveaux afin d'être compatibles avec un bus CAN "High Speed". Ce mode de transmission correspond à celui que nous avons mis en œuvre dans l'interface RS232/Bus CAN que nous vous avons proposé dans le numéro 10 d'Interfaces PC. Comme nous l'avons

déjà expliqué dans ce numéro, bien que le mode "High Speed" soit prévu pour un dialogue à des vitesses élevées, rien n'empêche de l'utiliser à des vitesses plus lentes.

Nous avons choisi d'utiliser les circuits PCA82C250 (ou TJA1050) car ils sont très répandus. Cependant, on ne les trouve qu'en version CMS. C'est pour cela que notre circuit imprimé a été conçu pour accueillir un circuit CMS.

En ce qui concerne la connectique retenue pour le bus CAN (CN<sub>1</sub>), nous avons fait appel à un connecteur SubD 9 points mâle pour être compatible avec les recommandations du groupement CIA (Can in Automation). Les jumpers JP<sub>1</sub> et JP<sub>2</sub> permettent de connecter la terminaison de ligne du bus CAN constituée ici de R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> et C<sub>8</sub>. Rappelons que cette terminaison est nécessaire au bon fonctionnement du bus CAN et que seuls les équipements situés aux extrémités du bus CAN doivent en être équipés. Abordons maintenant la deuxième fonction importante de ce montage : la gestion du dialogue à distance avec un transpondeur dont le schéma est reproduit en figure 2. Pour cela, nous avons fait appel à un

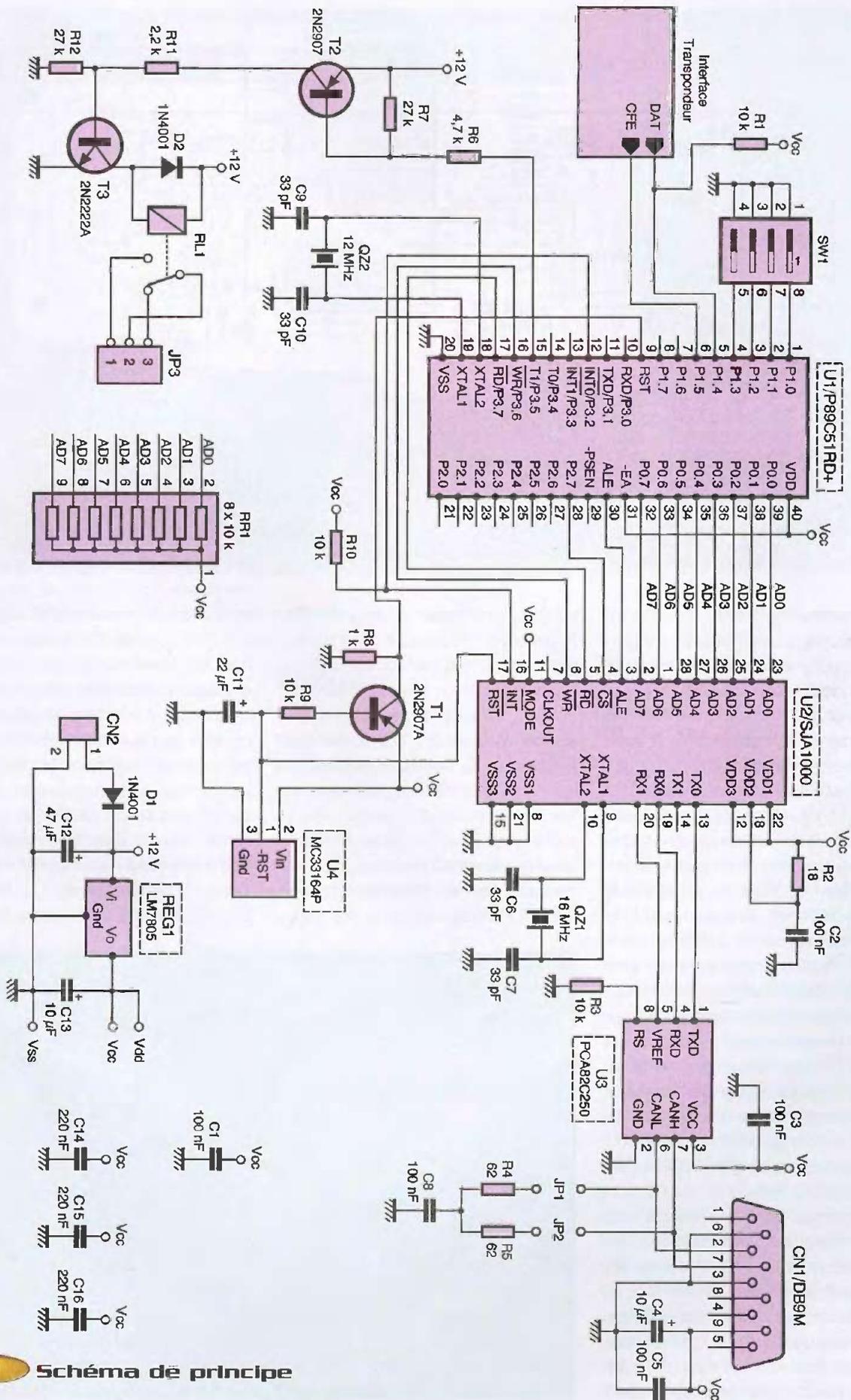
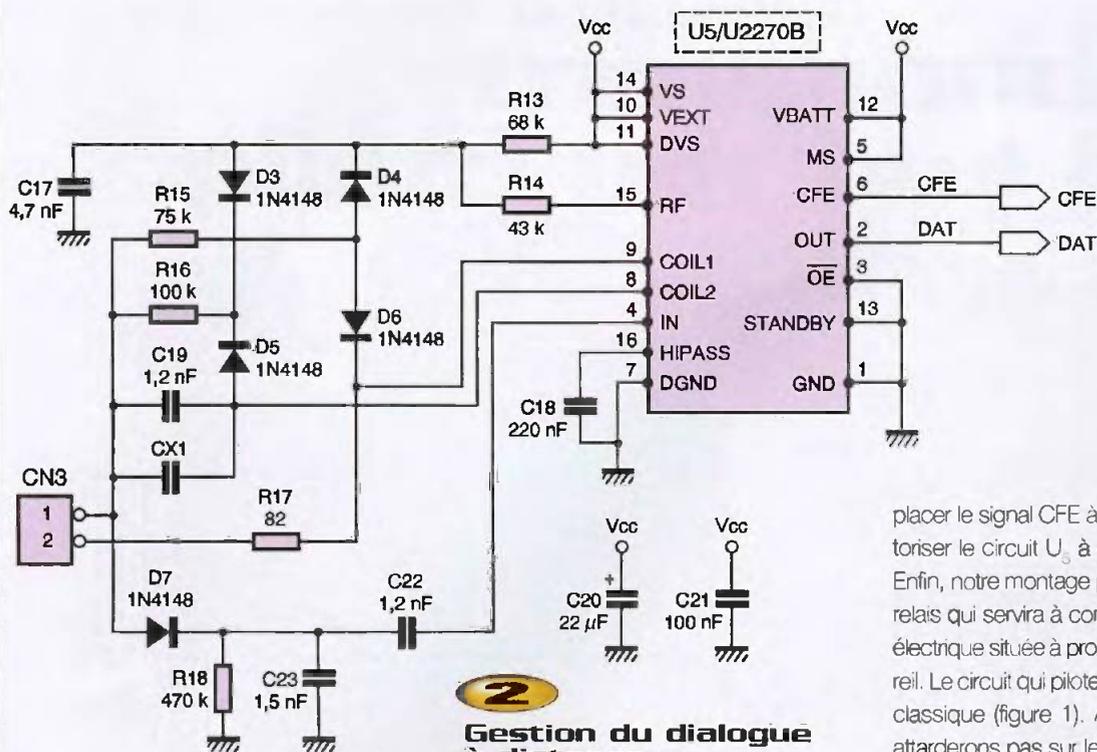


Schéma de principe



**2**

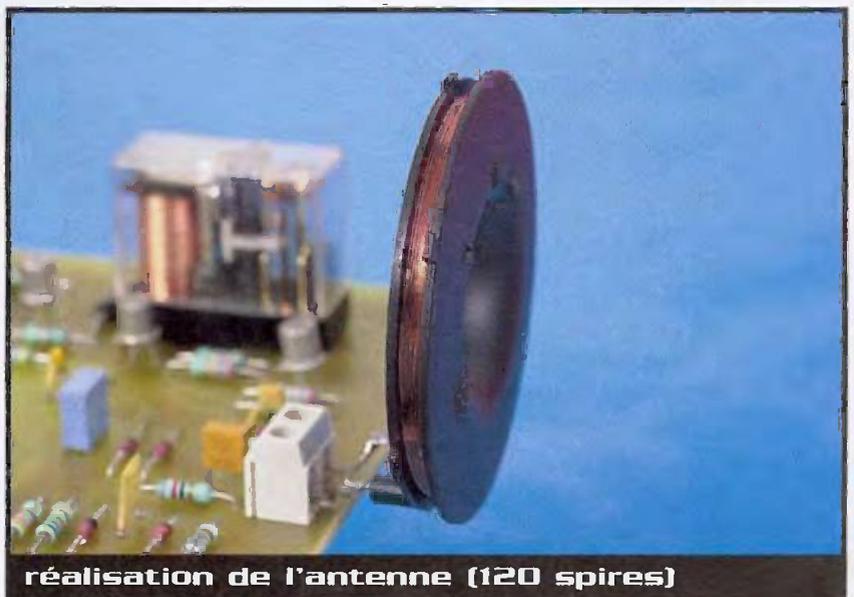
**Gestion du dialogue à distance**

circuit spécialisé U2270B (U<sub>5</sub>). Ce circuit intègre tout ce qui est nécessaire à la gestion du dialogue avec un transpondeur dans un seul boîtier (CMS lui aussi). Pour notre application, nous avons retenu une configuration du circuit avec une alimentation unique de 5VDC. Le circuit U<sub>5</sub> est associé à un réseau constitué des diodes D<sub>3</sub> à D<sub>6</sub> et des résistances R<sub>13</sub> à R<sub>18</sub> destiné au circuit de lui permettre de s'accorder sur la fréquence de résonance de l'antenne. Ceci n'empêche pas qu'il est tout de même préférable de s'assurer que la bobine raccordée sur CN<sub>3</sub> et le condensateur C<sub>19</sub> forme un circuit oscillant accordé sur 125 kHz (±3% maximum). Sinon la lecture des transpondeurs pourrait être impossible ou bien la distance de lecture sera très réduite. Pour permettre d'accorder facilement le montage, nous avons ajouté une empreinte pour un condensateur Cx. Ce dernier viendra en parallèle de C<sub>19</sub> pour ajuster la fréquence d'accord. Nous en reparlerons plus tard.

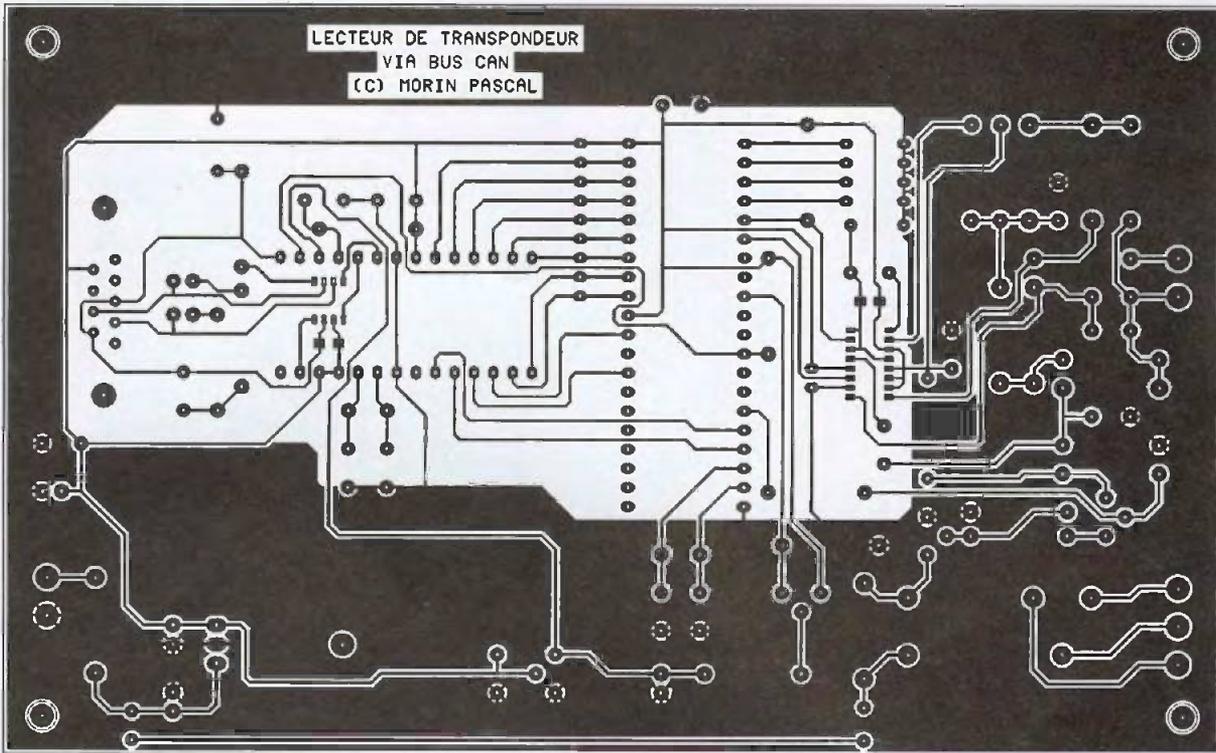
Notre montage se limite à la lecture des transpondeurs standard TK5530-HM-232-PP fabriqués par TEMIC. Ces transpondeurs sont programmés en usine avec un code fixe unique d'une longueur de 64 bits. Pour ce modèle de transpondeur, la vitesse de transmission est de 1/32e de la fréquence de la porteuse et les données sont

transmises selon un code MANCHESTER. Toutes ces conditions déterminent la valeur des composants qui sont associés aux circuits U<sub>5</sub> pour l'étage de mise en forme du signal reçu (R<sub>18</sub>, C<sub>22</sub>, C<sub>23</sub> et C<sub>19</sub>). Le signal de sortie du circuit U<sub>5</sub> (OUT) est relié directement au microcontrôleur qui se chargera de décoder le signal reçu afin de reconstituer le code du transpondeur qui se présente devant l'antenne. Le signal CFE est, lui aussi, relié directement au microcontrôleur, mais il n'est pas utilisé dans notre application. Le microcontrôleur se contera de

placer le signal CFE à l'état haut, afin d'autoriser le circuit U<sub>5</sub> à générer la porteuse. Enfin, notre montage pilote directement un relais qui servira à commander une gâche électrique située à proximité de notre appareil. Le circuit qui pilote le relais est tout à fait classique (figure 1). Aussi nous ne nous attarderons pas sur le sujet. Notez simplement que la commande issue du port P3.5 a été choisie volontairement active à l'état bas. Ainsi, en cas de remise à zéro du montage, le relais ne sera pas actionné par inadvertance (ce qui serait gênant pour une commande d'ouverture de porte). En contre partie, il était nécessaire d'inverser le signal, ce que nous avons fait avec T<sub>2</sub>. Le montage est prévu pour être alimenté par une tension de 12VDC qui n'a pas besoin d'être stabilisée. Cependant, la tension d'alimentation ne devra pas être trop élevée car la bobine du relais est reliée au +12V du montage. Un petit bloc d'alimen-



**réalisation de l'antenne (120 spires)**



**Tracé du circuit imprimé**

tation produisant une tension correctement filtrée fera très bien l'affaire, à condition d'être capable de fournir au moins 250mA. La diode  $D_1$  protège le montage contre les inversions du connecteur d'alimentation, ce qui peut rendre service (surtout en raison du fait que certains composants de ce montage ne sont pas spécialement bon marché).

**Réalisation**

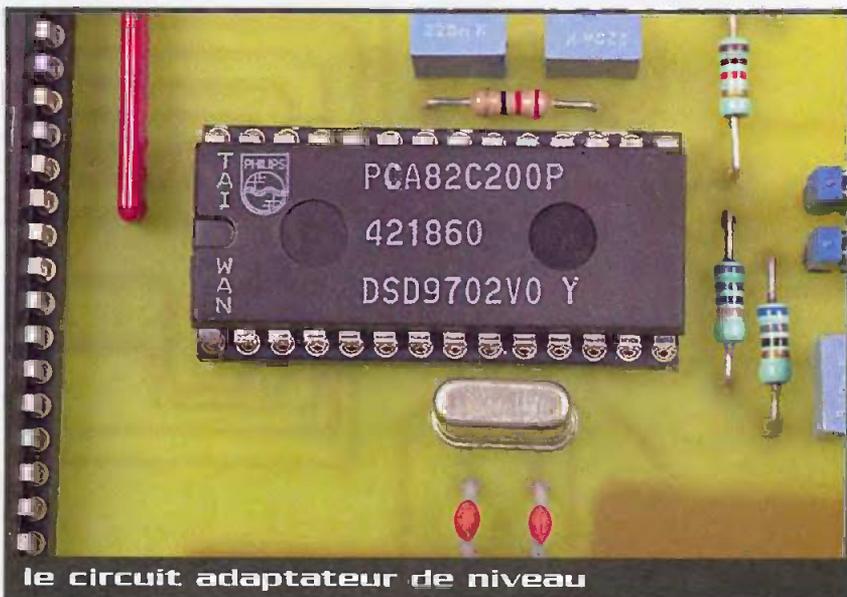
Le dessin du circuit imprimé est visible en **figure 3**. La vue d'implantation associée est reproduite en **figure 4**. Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8mm de diamètre, pour la plupart. En ce qui concerne  $CN_2$ ,  $CN_1$ ,  $JP_3$ ,  $REG_1$ ,  $D_1$  et  $D_2$ , il faudra percer les pastilles avec un foret de 1mm de diamètre. Enfin, en ce qui concerne le relais  $RL_1$ , il faudra percer les

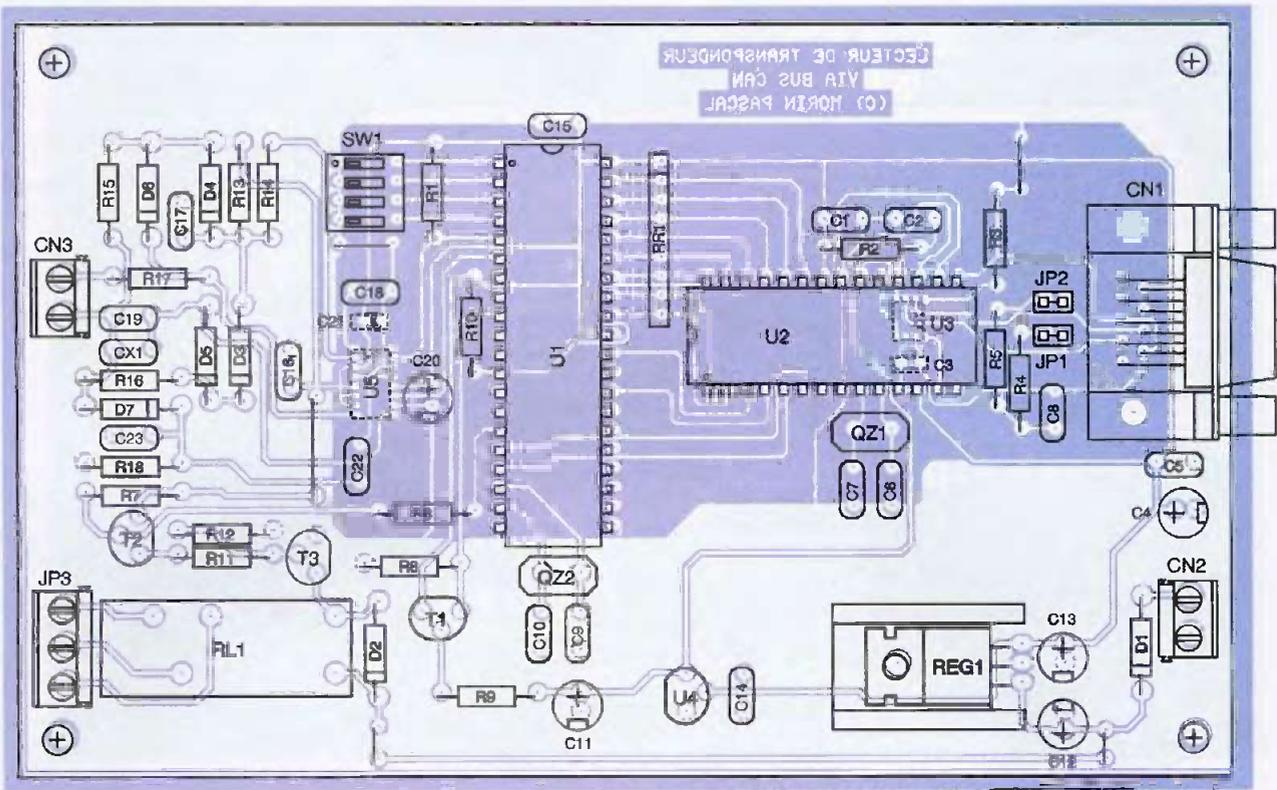
pastilles avec un foret de 1,2mm de diamètre.

Avant de réaliser le circuit imprimé, il est préférable de vous procurer les composants pour vous assurer qu'ils s'implanteront correctement. Vous noterez la présence de 5 straps qu'il est préférable d'implanter en premier pour des raisons de commodité. Les deux circuits intégrés  $U_5$  et  $U_3$  et les deux condensateurs  $C_{21}$  et  $C_3$  sont des modèles CMS. Ces composants viendront prendre place sous le circuit imprimé, du côté cuivre. Pour éviter d'endommager les composants CMS, nous vous conseillons de les implanter en dernier (pour éviter qu'ils ne frottent sur votre plan de travail pendant que vous implanterez les autres composants).

Le régulateur  $REG_1$  sera monté sur un petit dissipateur thermique pour limiter sa température de fonctionnement. Le microcontrôleur sera programmé avec le contenu du fichier CANTRSP.HEX que vous pourrez vous procurer par téléchargement sur le serveur Internet de la revue.

La réalisation de l'antenne demande un peu de patience, puisqu'il faut enrouler 120 spires de fil étamé de 2/10e sur un support de 5cm de diamètre. A titre d'information, l'auteur a déjà utilisé plusieurs fois un petit bout de tube de PCV (destiné à l'évacuation des eaux usées) en guise de support.





(Les composants CMS représentés en pointillés sont montés côté cuivre)

## 4 Implantation des éléments

Vous devrez bobiner 120 spires aussi jointives que possible et sur moins d'un centimètre de large (par exemple, en trois

passes successives de 40 spires). Une fois le bobinage terminé, le fil de cuivre sera immobilisé par un point de colle. Afin

d'augmenter la portée du montage, il est préférable d'accorder la bobine de l'antenne avec le condensateur  $C_{19}$ . Pour cela, constituez un circuit oscillant série (RLC) avec la bobine et un condensateur de 1.2 nF (qui ira en lieu et place de  $C_{19}$  sur le circuit imprimé) montés en série avec une résistance de 100  $\Omega$ . Branchez le circuit sur la sortie d'un générateur BF que vous aurez réglé à 125 kHz précis, en mode sinusoïdal (sans composante continue). Placez une sonde d'oscilloscope aux bornes de la résistance puis montez en parallèle sur  $C_{19}$  des condensateurs de différentes valeurs (27 pF à 100 pF). Essayez, par tâtonnement, d'obtenir l'amplitude maximum (le signal doit être en phase avec le signal du générateur lorsque l'accord est parfait). Prenez ensuite les deux condensateurs qui vous ont servi lors de cette manipulation et implantez-les sur votre montage ( $C_{19}$  et  $C_x$ ). Une fois l'antenne accordée, l'utilisation du montage est très simple. Vous trouverez les explications nécessaires à l'exploitation du montage dans un fichier PDF qui accompagne le programme à télécharger sur notre site.

## Nomenclature

- CN<sub>1</sub> : connecteur SubD 9 points mâle, sorties coudées, à souder sur circuit imprimé (ex. : réf. HARTING 09 66 122 7801)
- CN<sub>2</sub>, CN<sub>3</sub> : borniers de connexion à vis 2 plots au pas de 5,08mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas
- CX<sub>1</sub> : voir le texte
- C<sub>1</sub> à C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 100nF
- C<sub>3</sub>, C<sub>21</sub> : 100 nF CMS (taille 0805)
- C<sub>4</sub>, C<sub>13</sub> : 10  $\mu$ F/25V sorties radiales
- C<sub>5</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub> : 33pF céramique au pas de 5,08mm
- C<sub>11</sub>, C<sub>20</sub> : 22  $\mu$ F
- C<sub>12</sub> : 47  $\mu$ F/25V sorties radiales
- C<sub>14</sub> à C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub> : 220 nF
- C<sub>17</sub> : 4,7 nF
- C<sub>19</sub>, C<sub>22</sub> : 1,2 nF
- C<sub>23</sub> : 1,5 nF
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : 1N4001 (diodes de redressement 1A/100V)
- D<sub>3</sub> à D<sub>7</sub> : 1N4148 (diodes de redressement petits signaux)
- JP<sub>1</sub>, JP<sub>2</sub> : jumpers au pas de 2,54mm
- JP<sub>3</sub> : bornier de connexion à vis 3 plots, au pas de 5,08mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas
- QZ<sub>1</sub> : quartz 16 MHz en boîtier HC49/U
- QZ<sub>2</sub> : quartz 6 MHz en boîtier HC49/U
- REG<sub>1</sub> : régulateur LM7805 (5V) en boîtier TO220 + dissipateur thermique 18°C/W (ex. : SHAFFNER réf. RAWA 400 9P)

- RL<sub>1</sub> : relais 12V 1 contact repos et travail, pouvoir de coupure 10A, à souder sur circuit imprimé, réf. FUJITSU FBR611-DO12 (ou équivalent)
- RR<sub>1</sub> : réseau résistif 8x10 k $\Omega$  en boîtier SIL
- R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub> : 10 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, orange)
- R<sub>2</sub> : 18  $\Omega$  1/4W 5% (marron, gris, noir)
- R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> : 62  $\Omega$  1/4W 5% (bleu, rouge, noir)
- R<sub>6</sub> : 4,7 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, rouge)
- R<sub>7</sub>, R<sub>12</sub> : 27 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, violet, orange)
- R<sub>8</sub> : 1 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, rouge)
- R<sub>11</sub> : 2,2 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>13</sub> : 68 k $\Omega$  1/4W 5% (bleu, gris, orange)
- R<sub>14</sub> : 43 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, orange, orange)
- R<sub>15</sub> : 75 k $\Omega$  1/4W 5% (violet, vert, orange)
- R<sub>16</sub> : 100 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, jaune)
- R<sub>17</sub> : 82  $\Omega$  1/4W 5% (gris, rouge, noir)
- R<sub>18</sub> : 470 k $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, jaune)
- SW<sub>1</sub> : bloc de 4 mini-interrupteurs
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : 2N2907A
- T<sub>3</sub> : 2N2222A
- U<sub>1</sub> : P89C51RC28N ou P89C51RD28N
- U<sub>2</sub> : SJA1000 ou PCA82C200P
- U<sub>3</sub> : PCA82C250 ou TJA1050 ou TJA1040 (en boîtier CMS S08)
- U<sub>4</sub> : MC33164P (en boîtier TO92)
- U<sub>5</sub> : U2270B (en boîtier CMS S014)

P. MORIN

# Détecteur de canalisations encastrées



Quoi de plus anodin que de profiter d'un week-end pluvieux pour installer, par exemple, une étagère sur un mur ? Pourtant, cette opération bénigne peut prendre des allures de cauchemar si, d'aventure, vous décidez de poser une cheville justement là où passe un tuyau d'eau, ou une gaine véhiculant l'énergie destinée à une applique murale.

Le petit montage décrit ci-dessous pourra vous éviter ce genre de déconvenue, pour une dépense très modeste, puisqu'il ne met en œuvre qu'une poignée de composants très courants, ainsi qu'on peut le voir sur le schéma électrique de la **figure 1**.

## Schéma électrique

Le principe de fonctionnement de ce montage n'est pas comparable à celui d'un détecteur de métaux, comme on pourrait le penser, à priori. La détection d'une masse électriquement conductrice est ici basée sur l'absorption de l'énergie fournie par un oscillateur à haute fréquence. Ainsi, le système n'est pas seulement sensible aux masses métalliques, mais aussi, par exemple, à une canalisation en matériau isolant véhiculant de l'eau courante.

L'oscillateur RF, proprement dit, est constitué par un des inverseurs logiques du circuit intégré  $U_1$ , un 74HC14. La fréquence d'oscillation, déterminée par l'inductance  $L_1$  et les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ , se situe autour de 30 MHz, fréquence qui n'est pas loin de la limite maximum

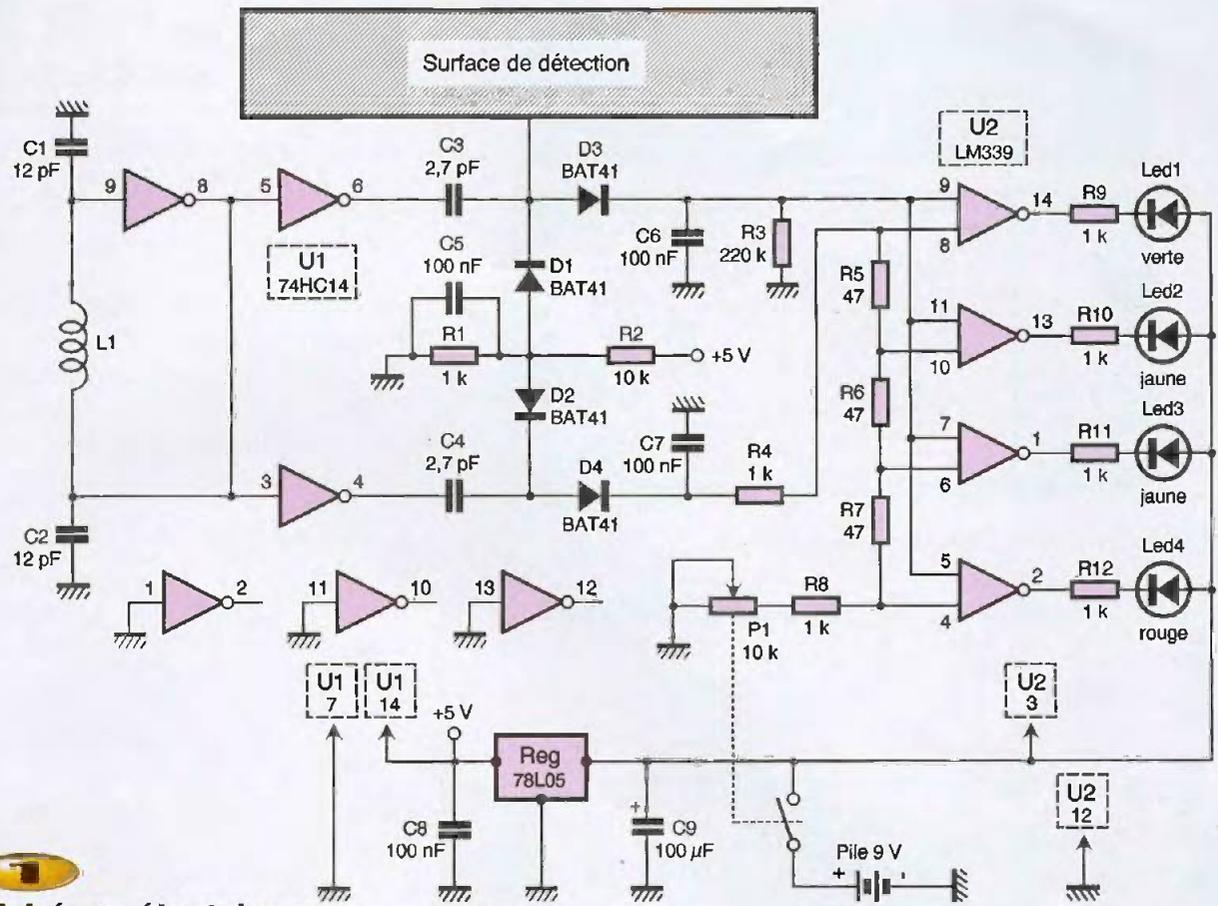
pour la famille HC. Sa valeur précise n'a d'ailleurs que peu d'importance, dans cette application, est d'obtenir une plus grande sensibilité. La sortie de cet oscillateur est dirigée simultanément sur les entrées de deux autres inverseurs logiques de  $U_1$ , en broches 3 et 5. Ces deux inverseurs servent d'étages séparateurs entre l'oscillateur et les sorties utilisées, respectivement en broches 4 et 6. Ainsi, le fonctionnement de l'oscillateur ne peut être perturbé, quelle que soit la charge présentée du côté utilisation.

Chacune des sorties rencontre un détecteur à diodes Schottky ( $D_1$  à  $D_4$ ), polarisées par le pont de résistances  $R_1/R_2$ , et montées en doubleur de tension. On dispose donc de deux tensions continues, aux bornes des condensateurs  $C_5$  et  $C_7$ , proportionnelles à l'amplitude de l'enveloppe RF en sortie de l'oscillateur. La tension détectée, aux bornes de  $C_5$ , est acheminée sur les entrées positives des 4 comparateurs de tension contenus dans un boîtier LM339, noté  $U_2$  sur le schéma. Les entrées négatives de ces comparateurs reçoivent, quant

à elles, une fraction plus ou moins importante de la tension détectée aux bornes de  $C_7$ , par le truchement des résistances  $R_4$  à  $R_8$  et du potentiomètre  $P_1$ .

Par ailleurs, le circuit imprimé comporte une surface de cuivre connectée à la jonction de  $C_3$  et  $D_3$ . C'est cette surface de cuivre qui permettra la détection de l'éventuel obstacle conducteur, par couplage capacitif. En effet, dans une telle situation, le niveau RF détecté par  $D_1/D_3$  devient plus faible que celui détecté par  $D_2/D_4$ , compte tenu de la valeur faible de la capacité de liaison  $C_3$ . On peut considérer que  $C_3$  forme, avec la surface de cuivre imprimée, un diviseur capacitif. La tension RF au point milieu de ce pont capacitif sera donc plus faible à l'approche d'une masse conductrice.

La tension continue détectée, aux bornes de  $C_5$ , aurait pu être comparée à une tension issue d'un simple diviseur à résistances. Elle est ici comparée à la tension fournie par un détecteur identique, ce qui a pour avantage de rendre négligeables les inévitables dérives de l'oscillateur, en



**1**  
**Schéma électrique**

particulier dues aux variations de température. En effet, pour obtenir la sensibilité désirée, le montage doit pouvoir signaler de très faibles variations de la tension détectée.

**Réalisation**

La réalisation du montage ne devrait présenter aucune difficulté. Les dimensions du circuit imprimé sont prévues pour une installation dans un boîtier TEKO, de type P2, mais tout autre coffret peut convenir, pourvu qu'il ne soit pas métallique. Il faudra veiller à bien plaquer le circuit imprimé dans le fond du boîtier, afin de ne pas se pénaliser sur la distance de détection. Deux points de colle permettront une fixation suffisante du circuit imprimé sur le boîtier. La face supérieure du boîtier, en aluminium, recevra le potentiomètre à interrupteur, ainsi que les 4 diodes LED, qu'on aura intérêt à disposer dans l'alignement de la surface de détection imprimée. Ainsi, en cas de détection d'une canalisation, on saura que celle-ci se trouve à la verticale des diodes LED. Le montage sera alimenté par une pile de 9V qu'il faudra disposer le plus loin possible

de la surface de détection, afin de ne pas diminuer la sensibilité de l'appareil.

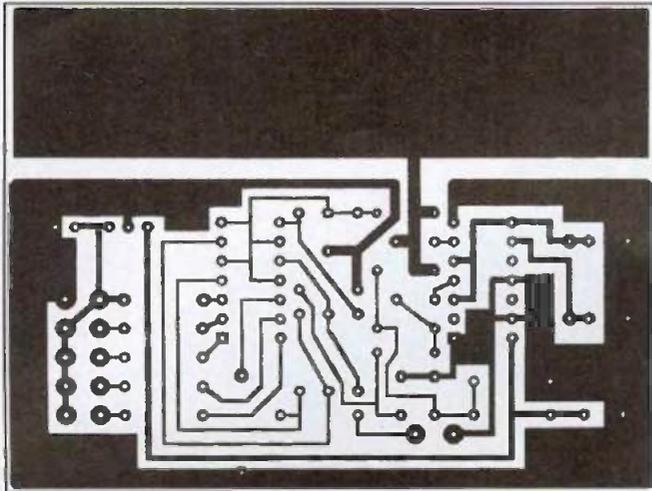
**Utilisation**

Ce montage doit fonctionner du premier coup et son utilisation est fort simple. Il suf-

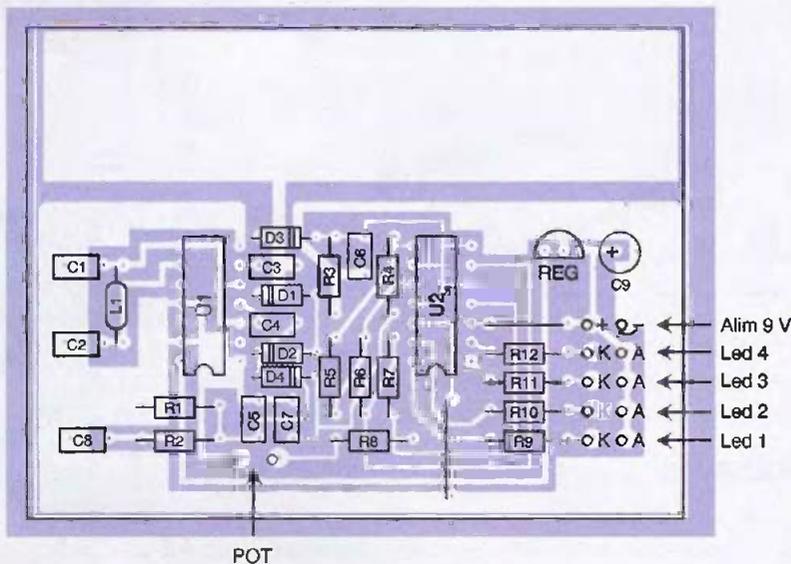
fit de plaquer le boîtier sur le mur à tester, sur un emplacement dont on soit certain qu'il n'abrite pas de masse métallique, puis de mettre sous tension le montage en tournant le potentiomètre P<sub>1</sub>. Continuer à tourner celui-ci de manière à obtenir l'allumage de la diode LED verte et



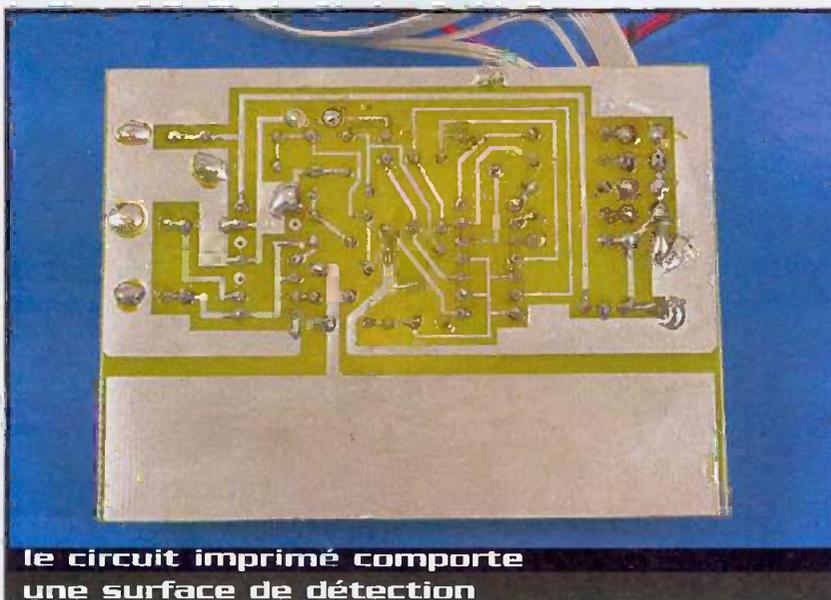
**simplicité de réalisation pour ce module**



## 2 Tracé du circuit imprimé



## 3 Implantation des éléments



le circuit imprimé comporte une surface de détection

seulement de celle-ci. Déplacer ensuite le boîtier sur la zone du mur où l'on envisage d'effectuer les travaux. Au passage à la verticale d'une canalisation, une, deux ou trois LED s'allumeront, suivant l'importance de la masse et sa proximité.

L'autonomie de cet appareil est importante, compte tenu d'une utilisation probablement très occasionnelle et d'une consommation essentiellement due aux seules diodes LED.

De ce fait, il faudra songer à remplacer la pile, de temps à autre, afin qu'elle ne coule pas. On évitera ainsi la dégradation du circuit imprimé et des composants.

## Conclusion

Ce dispositif, sait-on jamais, aura peut-être un jour l'occasion de vous éviter une dépense sans commune mesure avec l'investissement qu'il aura nécessité !

B. LEBRUN

## Nomenclature

$R_1, R_4, R_8 \text{ à } R_{12} : 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 : 10 \text{ k}\Omega$

$R_3 : 220 \text{ k}\Omega$

$R_5 \text{ à } R_7 : 47 \Omega$

$C_1, C_2 : 12 \text{ pF}$

$C_3, C_4 : 2,7 \text{ pF}$

$C_5 \text{ à } C_8 : 100 \text{ nF}$

$C_9 : 100 \mu\text{F}$

$L_1 : \text{inductance } 1 \mu\text{H}$

$P_1 : 10 \text{ k}\Omega \text{ avec interrupteur}$

$D_1 \text{ à } D_4 : \text{BAT41}$

$U_1 : 74HC14$

$U_2 : \text{LM339}$

$\text{Reg} : 78L05$

$\text{LED}_1 : \text{diode verte}$

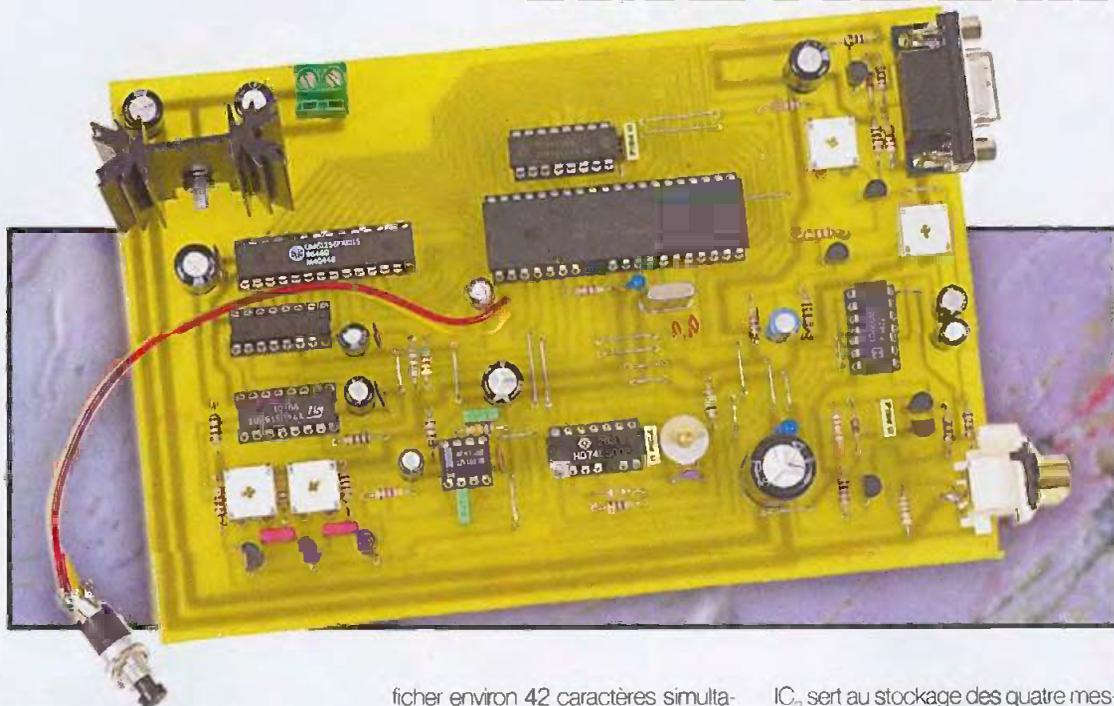
$\text{LED}_2, \text{LED}_3 : \text{diodes jaunes}$

$\text{LED}_4 : \text{diode rouge}$

Boîtier TEKO type P2

Pile 6F22 + connecteur

# Journal défilant sur téléviseur



**Le présent montage incruste un texte défilant dans l'image provenant de toute source vidéo. L'appareil a la capacité de stocker quatre messages différents, téléchargés et sélectionnés par l'intermédiaire du port série d'un ordinateur.**

## Caractéristiques générales

La longueur de chaque message doit être comprise entre 43 et 8000 caractères ; une fois téléchargé, le message tourne en boucle automatiquement. L'envoi d'une commande spécifique permet également de sélectionner un message parmi les quatre déjà stockés en mémoire.

De plus, mais uniquement en PAL, il est possible de faire apparaître le texte sur fond noir ; c'est d'ailleurs cette version du montage qui sera présentée ici ; l'utilisation en SECAM ne demandera de toute façon qu'un très léger aménagement comme cela sera expliqué plus loin.

Si l'on fait abstraction de la bande sombre d'une hauteur de 18 lignes par trame qui réalise (en PAL, donc) la séparation effective entre l'image et le texte superposé afin de lui permettre de rester lisible en toute circonstance, le montage possède une résolution de base de 256 points sur 14 lignes par trame. En définissant les caractères suivant une matrice de 6x14 points, il est alors possible d'af-

ficher environ 42 caractères simultanément à l'écran. Ceux-ci seront d'assez grande taille et leur aspect quelque peu archaïque, mais le résultat est bien lisible. Il est à noter que le lecteur pourra constituer sa propre police de caractères en modifiant le code source qui est disponible avec le fichier HEX de programmation du PIC.

La vitesse de défilement du message n'est pas réglable et correspond, en fait, au déplacement de la largeur d'un seul point vers la gauche par trame (donc 50 fois par seconde) de l'ensemble de l'espace graphique : de ce fait, il faut 5 secondes à un caractère pour parcourir toute la largeur de l'écran.

## Organisation de la mémoire

Le montage utilise une RAM statique 61256 (IC<sub>2</sub>) qui présente le triple avantage d'une grande capacité (32 Ko), d'une grande rapidité d'accès (souvent 15 ns) et d'un très bas prix ; l'inconvénient majeur en étant, par contre, la perte des données à chaque coupure de l'alimentation.

Une part importante de la mémoire

IC<sub>2</sub> sert au stockage des quatre messages ; chaque caractère occupe, dans cette région de la mémoire, un seul un octet sous la forme du code ASCII qui lui correspond.

Une partie plus réduite de cette mémoire IC<sub>2</sub>, large de 512 octets, sert de mémoire graphique ; les premiers 256 octets définissent l'ensemble des huit lignes du haut de la bande défilante et les 256 derniers octets les huit lignes du bas.

On obtient ainsi 16 lignes affichables, mais pour des raisons dues au programme seules 14 seront utilisées, les deux lignes du bas restant toujours vides ; cette caractéristique particulière leur permettra d'ailleurs de servir, en partie, pour la génération de la bande sombre qui masque l'image de fond au niveau du texte.

Dans la mémoire graphique, chaque caractère occupe 2x6 octets puisque sa largeur est de 6 points sur une hauteur de 14 lignes +2 lignes vides soit 16 lignes.

L'adressage de la mémoire IC<sub>2</sub> est un peu délicat car l'accès est, en partie, séquentiel par l'intermédiaire du compteur 8 bits 74HC590 (IC<sub>3</sub>) et en partie aléatoire par le biais des lignes RCO à RC5 et RD7 du PIC (IC<sub>4</sub>).

Les lignes RC5, et surtout RD7, jouent d'ailleurs un rôle à part : dans la mémoire de message, elles servent à sélectionner le message à afficher parmi les quatre disponibles ; dans la mémoire graphique, RD7 valide, selon son état, soit l'affichage des huit lignes hautes de la bande (RD7=0), soit des huit lignes basses (RD7=1).

Le passage d'une mémoire à l'autre est très simple : lorsque RC0 à RC5 sont à l'état bas, c'est la région graphique de la mémoire qui est adressée, dans tous les autres cas c'est la région de stockage des messages.

### Principe de fonctionnement du montage

Chaque cycle de fonctionnement du montage organisé par le PIC (IC<sub>1</sub>) débute par l'attente du signal de synchronisation trame que le PIC reçoit de la broche 3 du LM1881 (IC<sub>2</sub>) à son entrée RA2. Une fois ce signal de départ obtenu, la sortie RA5 passe à l'état haut, ce qui permet aux entrées 1B et 2B du 74LS157 (IC<sub>3</sub>) d'être disponibles en sortie de ce multiplexeur. De fait, le compteur IC<sub>4</sub> est alors sous le contrôle du PIC, son entrée d'horloge connectée à la sortie RA3 et la commande de RESET à la sortie RA4.

Le microcontrôleur valide, après avoir effectué la remise à zéro du compteur, les sorties de la mémoire IC<sub>2</sub> par la ligne OE reliée à la sortie RE0, tout en mettant le port B en mode entrée ; il charge ensuite dans sa propre mémoire RAM les premiers 256 octets de la mémoire graphique qui correspondent, comme nous l'avons vu, aux huit lignes hautes de la bande défilante en incrémentant pas à pas le compteur. Le PIC profite de cette lecture pour charger, également en mémoire, le code ASCII du

caractère qui doit apparaître sur la droite de l'écran, du fait du défilement et dont il possède l'adresse dans la mémoire de message. Pour ce faire, il compare les huit bits de poids faible de cette adresse avec la valeur présente en sortie du compteur IC<sub>4</sub> après chaque incrémentation et, lorsqu'il y a égalité, le PIC met furtivement sur les lignes RC0 à RC5, ainsi que RD7, les bits de poids fort de l'adresse de ce caractère recherché et le conserve en mémoire après lecture ; les lignes RC0 à RC5 et RD7 sont alors toutes ramenées à l'état bas pour poursuivre le chargement déjà commencé de la mémoire graphique. Une fois celui-ci achevé, le PIC invalide les sorties de la mémoire IC<sub>2</sub> en mettant à l'état haut la ligne OE et programme alors le port B en sortie. Le compteur IC<sub>4</sub> est ensuite remis à zéro et le PIC débute le transfert des 255 derniers octets lus dans la même région de la mémoire graphique. Il en résulte un décalage d'une unité puisque le premier octet lu n'est pas réinscrit. La mémoire IC<sub>2</sub> reçoit alors, à chaque pas, l'ordre d'écriture sur son entrée WR par l'intermédiaire de la ligne RE1 du PIC.

Le 256<sup>ième</sup> emplacement est enfin chargé avec une valeur déterminée par deux facteurs : le code ASCII du dernier caractère à afficher à droite de l'écran, qui vient d'être stocké en mémoire interne du PIC, et la colonne de la matrice du caractère à afficher, car chaque caractère est, comme il a été dit précédemment, composé d'une matrice de 6 colonnes sur 14 lignes, le déplacement du texte ne s'opérant que d'une colonne de caractère par trame d'image ; 6 trames successives seront donc nécessaires pour le faire apparaître entièrement.

Une fois ce premier transfert achevé, le

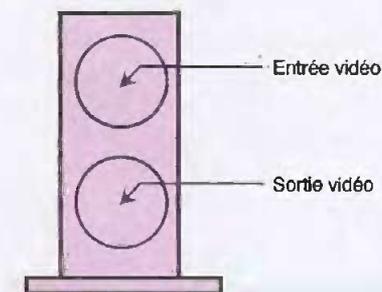
microcontrôleur recommence les mêmes opérations avec la région de la mémoire graphique qui correspond aux huit lignes basses de la bande défilante et qui contient également 256 octets.

La mémoire graphique est alors prête pour générer l'affichage du texte directement à l'écran. Le PIC remet une nouvelle fois le compteur IC<sub>4</sub> à zéro, réinitialise le port B en entrée, valide les sorties de la mémoire IC<sub>2</sub> et se règle, enfin, sur les impulsions de synchronisation ligne qu'il reçoit sur son entrée RA1, depuis la broche 1 du LM1881 (IC<sub>2</sub>), pour débiter un décompte d'une soixantaine de lignes avant de lancer les procédures validant l'apparition du texte à l'écran ; cette temporisation est nécessaire afin que la bande défilante se situe bien en bas de l'écran. Une fois le décompte achevé et au moment de la venue du top de synchronisation ligne, le PIC met à l'état bas sa sortie RA5 qui commande le multiplexeur IC<sub>3</sub> afin de faire passer les lignes Horloge et RESET du compteur IC<sub>4</sub> sous le contrôle direct du signal vidéo. Les lignes RC0 à RC5 sont laissées à l'état bas puisque c'est la mémoire graphique qui doit être lue à cet instant.

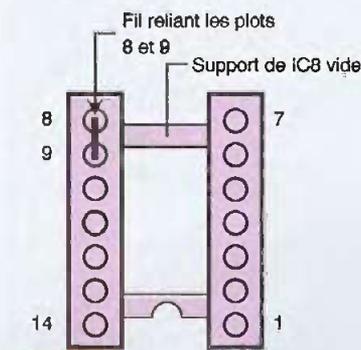
### Génération du signal image à superposer

C'est en sortie Y du multiplexeur 8 voies IC<sub>3</sub> que l'on recueille le signal où figure le texte à afficher ; ce composant est contrôlé par trois sorties du PIC : RD4 à RD6 qui permettent de sélectionner l'entrée X0 à X7 reliée aux sorties D0 à D7 de la mémoire IC<sub>2</sub>, que l'on retrouvera sur la sortie Y précédemment citée. On obtient ainsi la possibilité de commander l'affichage de huit lignes successives, chiffre qui sera doublé par l'utilisation de la sortie RD7 du PIC qui opère le passage entre la région mémoire graphique, dédiée aux huit lignes hautes de la bande défilante et celle dédiée aux huit lignes basses.

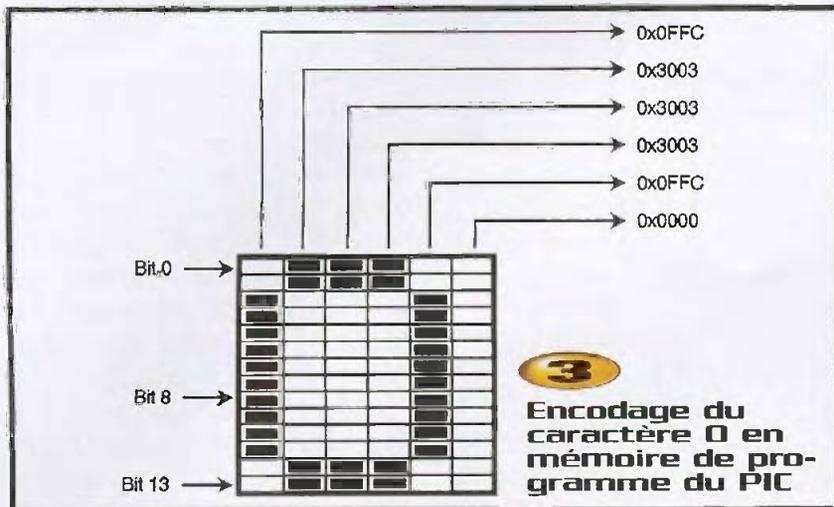
Le multiplexeur IC<sub>3</sub> reçoit, de plus, un autre signal : celui de validation noté validation 1 sur le schéma ; son rôle est d'empêcher la sortie Y d'être active lors du retour ligne du spot du téléviseur, ce qui perturberait grandement la synchronisation et causerait le décrochage de certaines lignes. On utilise pour cela les trois transistors T<sub>1</sub> à T<sub>3</sub> qui produisent, à partir du signal de synchronisa-



**1**  
Embase RCA double



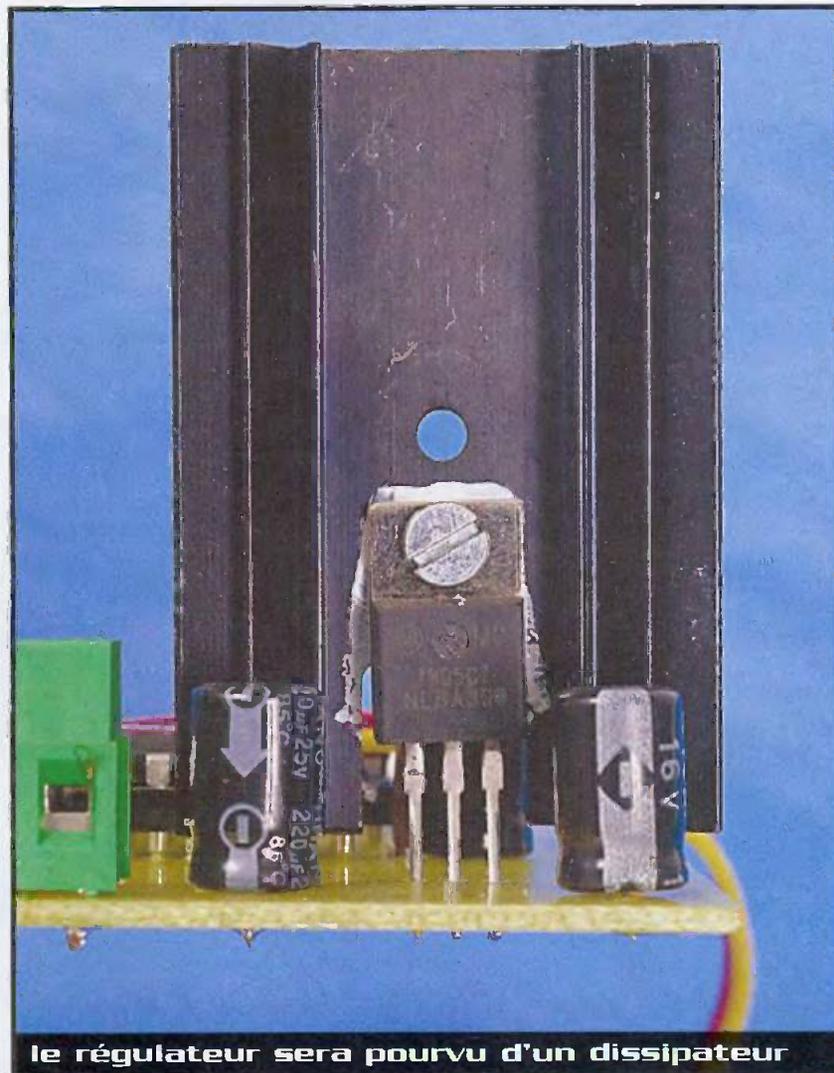
**2**  
Suppression de la bande sombre



tion ligne issu du LM1881 ( $IC_7$ ), une impulsion positive de durée  $L2$  déterminée par  $RV_2$  et décalée par rapport au top de synchronisation ligne d'une durée  $L1$ , réglée, elle, par  $RV_1$ . Pour se conformer à la norme, on devra obtenir après réglage :  $L1=8\mu s$  environ et  $L2=52\mu s$  (voir la section réglage

pour cela). On remarquera que l'on a bien  $L1+L2 < 64\mu s$  qui est la durée totale d'une ligne. La tension prélevée au collecteur de  $T_3$  est d'abord amenée à une porte NAND  $IC_{6D}$  avant de parvenir à l'entrée ENABLE du multiplexeur  $IC_3$  de façon à ce que la sortie

RE2 reliée à l'autre entrée de cette porte NAND puisse commander ou non l'apparition du texte à l'écran, sans avoir à se soucier des problèmes de synchronisation. Lorsque RE2 passe à l'état haut, l'affichage du texte se déroule de manière automatique, ligne après ligne selon le processus suivant : au début de chaque ligne, le signal « burst » issu de la broche 5 du LM1881 (c'est en fait un top de synchronisation ligne décalé de  $4\mu s$ ) remet à zéro le compteur  $IC_4$  et bloque l'oscillateur commandé construit autour de  $IC_{6A}$  et  $IC_{6B}$  (dont la fréquence est de l'ordre de 5 MHz) afin de bien le maintenir en phase avec le signal vidéo d'entrée. Une fois celui-ci passé, le compteur  $IC_4$  débute son compte avec le déclenchement de l'oscillateur  $IC_{6A/B}$ , mais c'est seulement quelques microsecondes plus tard que vient le signal de validation issu de  $IC_{6D}$  qui fait apparaître, en sortie du multiplexeur  $IC_3$ , la suite de bits sélectionnée par RD4/RD7, lue dans la mémoire  $IC_2$ , au rythme de l'oscillateur commandé  $IC_{6A/B}$ . Lorsque le signal de validation repasse à l'état haut, l'affichage est invalidé ; le PIC attend le prochain Top de synchronisation ligne pour incrémenter le compte RD4/RD7 qui permettra de décrire les 16 lignes de la bande défilante, et le cycle recommence ainsi 16 fois, si l'on fait abstraction de la génération de toute la largeur de la bande sombre qui sera évoquée plus loin. Après cela, la sortie RE2 passe à l'état bas et le PIC attend le retour de trame pour reprendre tout le cycle depuis le départ. On peut se demander pourquoi on n'utilise pas le signal de validation issu de  $IC_{6D}$  pour synchroniser le compteur  $IC_4$  par sa commande RESET et l'oscillateur  $IC_{6A/B}$ . En fait, ce signal manque un peu de précision et l'utiliser ainsi engendrerait de légères fluctuations dans l'affichage du texte. La part du texte perdue dans la durée comprise entre le compte 0 de  $IC_4$  et l'arrivée de l'ordre de validation de l'affichage par la sortie de  $IC_{6D}$  est cependant minimisée en utilisant la sortie « burst » du LM1881 qui fournit un signal de synchronisation en retard de  $4\mu s$  sur le signal de retour de ligne habituel. On ne perd ainsi qu'un seul caractère environ.

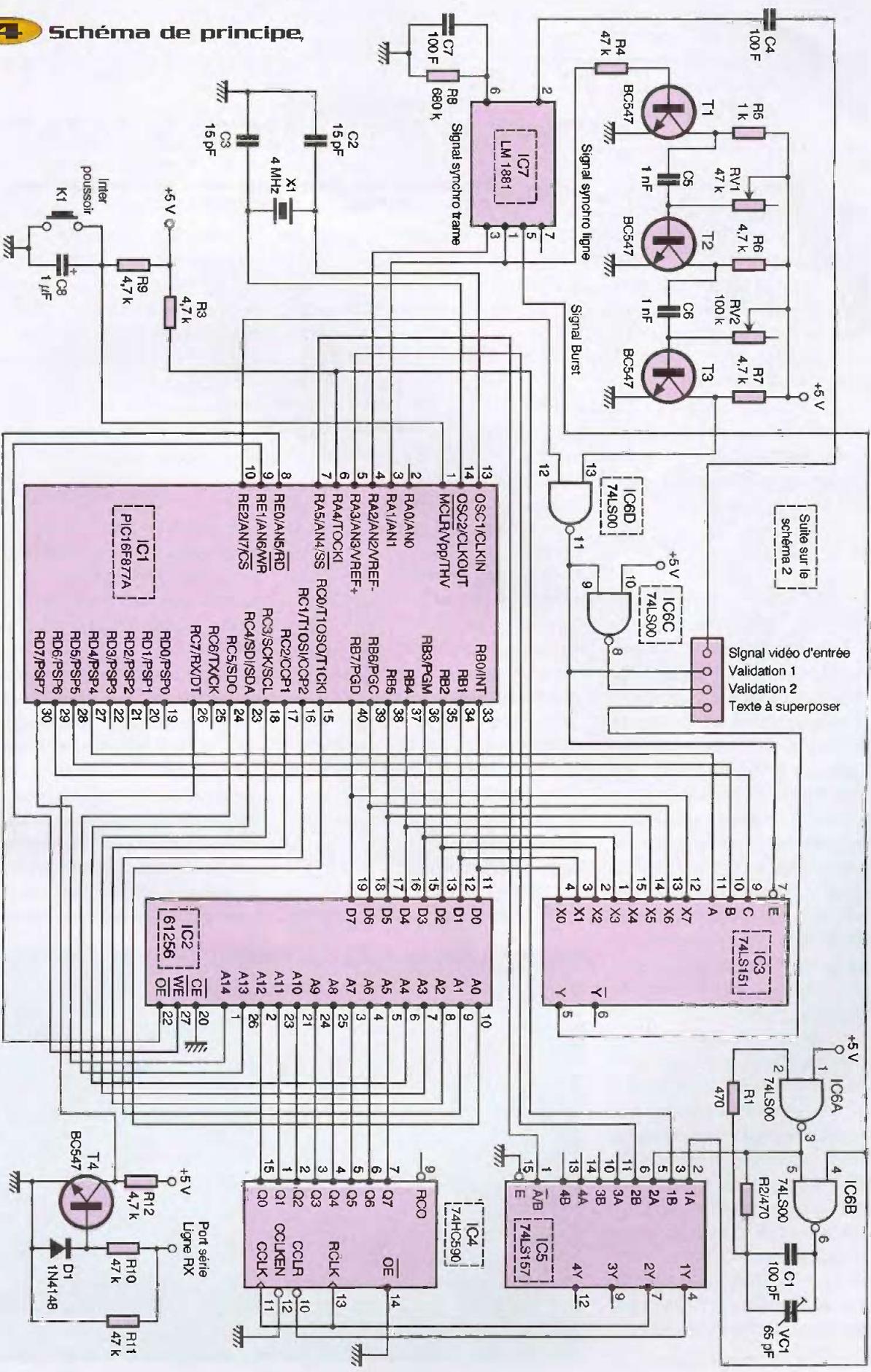


le régulateur sera pourvu d'un dissipateur

### Génération de la bande noire

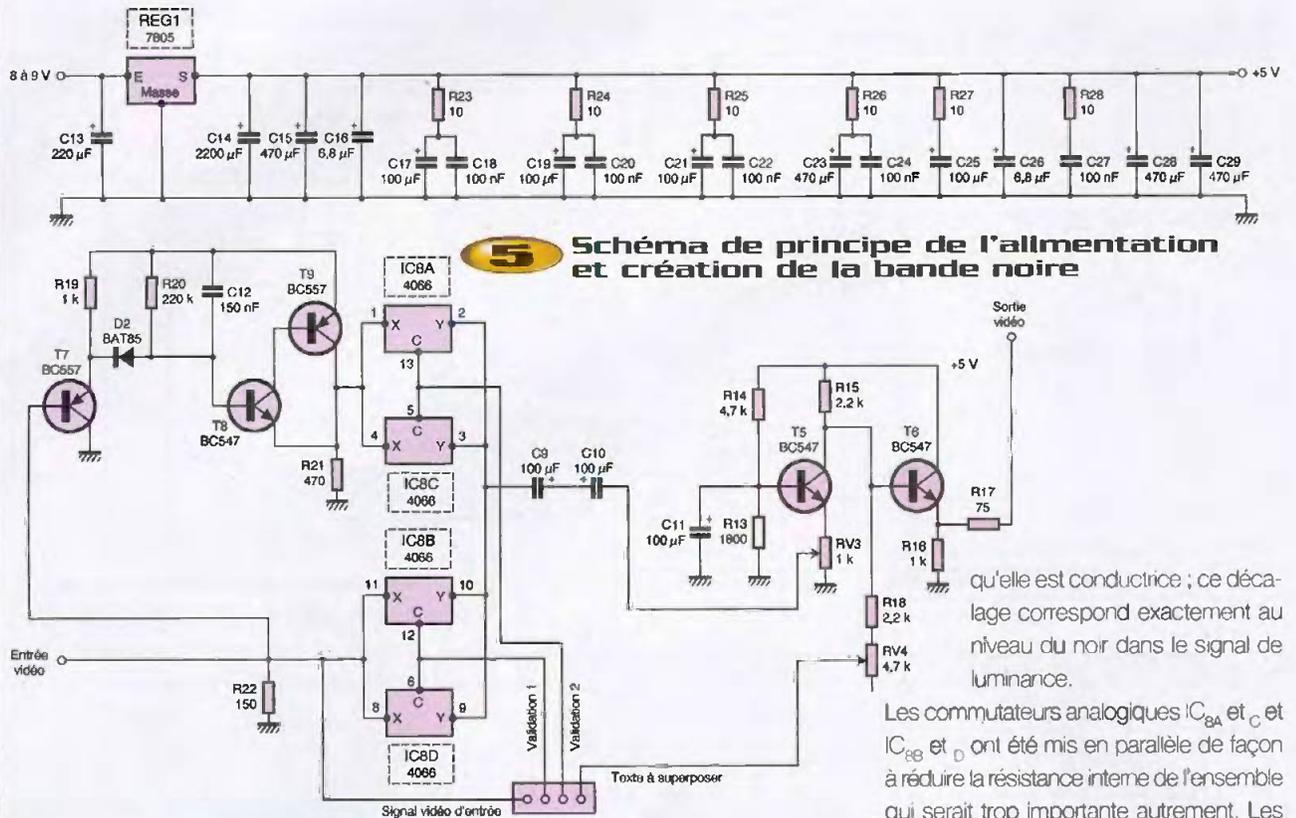
Le principe utilisé pour créer la bande

**4** Schéma de principe



Suite sur le schéma 2

Signal vidéo d'entrée  
Validation 1  
Validation 2  
Texte à superposer



**5 Schéma de principe de l'alimentation et création de la bande noire**

sombre est assez simple : on utilise un commutateur analogique 4066 ( $IC_9$ ) monté en multiplexeur ; la première entrée ( $IC_{8B}$  et  $IC_{8D}$ ) reçoit le signal vidéo composite d'origine, l'autre ( $IC_{8A}$  et  $IC_{8C}$ ) est connectée à un dispositif qui génère une tension continue indexée en permanence sur le niveau bas du signal de synchronisation, afin d'obtenir un palier du noir du signal de luminance toujours identique à celui du signal composite d'origine, condition absolue sans laquelle la bande sombre virerait très souvent au blanc... Pour ce faire, le signal vidéo d'entrée est d'abord amené jusqu'à l'adaptateur d'impédance construit autour de  $T_7$ , qui est un transistor PNP, afin de pouvoir accepter des tensions d'entrées aussi basses que 0V ; une diode relie l'émetteur de  $T_7$  au condensateur  $C_{12}$ , ainsi, celui-ci ne se charge que lorsque des pointes négatives de la tension d'entrée et, donc, lors des tops de synchronisation lignes. La résistance  $R_{20}$ , de forte valeur, décharge en permanence  $C_{12}$  de façon à ce que le potentiel de son armature reliée à la diode  $D_2$  suive exactement les fluctuations du potentiel atteint par le niveau bas des signaux de synchronisation. Comme il est impossible de prélever directement la tension obtenue aux bornes de  $C_{12}$  sans le

décharger, un nouvel adaptateur d'impédance bâti autour de  $T_8$  et  $T_9$  a été interposé entre  $C_{12}$  et les entrées réunies du commutateur analogique  $IC_{8A}$  et  $C$ . On remarquera que la tension base/émetteur de  $T_8$  compense le décalage induit par la tension base/émetteur de  $T_7$  ; de fait, la tension amenée à l'entrée du commutateur analogique sera celle du palier bas du signal de synchronisation d'entrée, augmentée des 0,3 à 0,6V dus à la tension présente aux bornes de la diode  $D_2$  lors-

qu'elle est conductrice ; ce décalage correspond exactement au niveau du noir dans le signal de luminance.

Les commutateurs analogiques  $IC_{8A}$  et  $C$  et  $IC_{8B}$  et  $D$  ont été mis en parallèle de façon à réduire la résistance interne de l'ensemble qui serait trop importante autrement. Les sorties de ces commutateurs sont enfin reliées ensembles.

La commutation entre le signal vidéo composite d'origine et la tension fixe indexée sur le palier de synchronisation et destinée donc à afficher du noir, comme nous l'avons vu, s'effectue juste après le top de synchronisation ligne et juste avant le suivant et, cela, grâce au signal de validation issu de  $IC_{8D}$  que nous avons rencontré précédemment et qui, justement, remplit ces conditions. Le signal de validation, noté 2 sur le schéma, est simplement le complé-



**l'incontournable prise DB9**

mentaire du premier obtenu par l'intermédiaire de la porte NAND IC<sub>6C</sub> et sert à désactiver le commutateur analogique indésirable.

L'utilisation du signal de validation issu de IC<sub>6D</sub> comme commande de ce dispositif fait qu'en présence de ce palier de noir, le signal texte à afficher en sortie Y de IC<sub>3</sub> (74LS151) est actif ; cela peut s'avérer problématique si l'on veut obtenir, comme c'est le cas ici, une bande sombre plus large que le texte lui-même, de façon à bien le séparer de l'image. La difficulté est alors contournée en se servant des deux lignes basses du texte qui sont toujours vides ; le PIC sélectionne ainsi la dernière en mettant les sorties RD4 à RD7 à l'état haut à chaque fois qu'il est nécessaire d'afficher une ligne entièrement sombre.

## Étage de sortie vidéo

L'étage de sortie vidéo est un simple amplificateur à base commune construit autour de T<sub>6</sub> qui reçoit le signal vidéo des sorties interconnectées des commutateurs analogiques de IC<sub>6</sub> par l'intermédiaire des condensateurs C<sub>9</sub> et C<sub>10</sub> (montés en condensateur non polarisé) et de l'ajustable RV<sub>3</sub> qui permet d'en régler le niveau d'amplification. L'ensemble est suivi d'un étage adaptateur d'impédance formé par T<sub>5</sub> monté en collecteur commun, destiné à piloter l'entrée du téléviseur sous une impédance de 75 Ω. C'est au niveau de cet étage qu'est injecté le signal de sortie du multiplexeur 74LS151 (IC<sub>3</sub>) qui contient le texte à superposer à l'image d'origine ; le

niveau d'intensité de cet affichage étant réglable par l'intermédiaire de l'ajustable RV<sub>4</sub>.

## Réception des données

Le montage reçoit les textes à afficher par l'intermédiaire du port série. En fait, seule la ligne RX est utilisée car l'appareil n'est jamais émetteur. Les caractères sont transmis tout simplement sous la forme de leur code ASCII correspondant, la compatibilité étant assurée pour les codes 32 à 127, les autres étant plus problématiques et, tous, non encodés dans la table de correspondance du PIC établie à l'adresse 0x1400. En ce qui concerne l'aspect électronique, l'adaptation des niveaux de la ligne RS232 aux niveaux TTL est réalisée par le simple transistor T<sub>4</sub>, la forte valeur de la résistance R<sub>10</sub> limitant le courant lors des niveaux hauts et la diode D<sub>1</sub> protégeant le transistor lors des niveaux bas négatifs. La résistance R<sub>11</sub> sert, simplement, à maintenir à la masse le potentiel de la base de T<sub>4</sub> lorsque aucune prise n'est branchée au connecteur. On veillera bien à mettre à la masse le blindage de la prise SubD soudée au circuit imprimé, sous peine de voir des parasites perturber le montage lors du branchement et du débranchement d'un câble série au montage. Si cela advient tout de même, le montage se contente de reprendre le défilement du message depuis le départ.

## Réalisation du montage

Le montage est d'une complexité

moyenne ; il utilise également des composants très courants, il ne devrait donc pas y avoir de difficultés d'approvisionnement. On remarquera que de nombreux circuits intégrés possèdent un filtre RC dans leur ligne d'alimentation, cela constitue une bonne précaution contre les parasites et les interactions entre circuits.

Le circuit imprimé comporte peu de pistes étroites afin de faciliter la gravure ; on commencera par souder les ponts de liaison (ne pas oublier les trois ponts situés sous le PIC), les résistances, les diodes, les supports de CI, les transistors, les ajustables et, enfin, les condensateurs, le quartz et le régulateur que l'on munira d'un dissipateur de dimensions convenables.

Le montage sera alimenté sous 8 à 9V et au moins 600mA pour avoir une marge suffisante, sinon les oscillateurs risquent de ne pas démarrer.

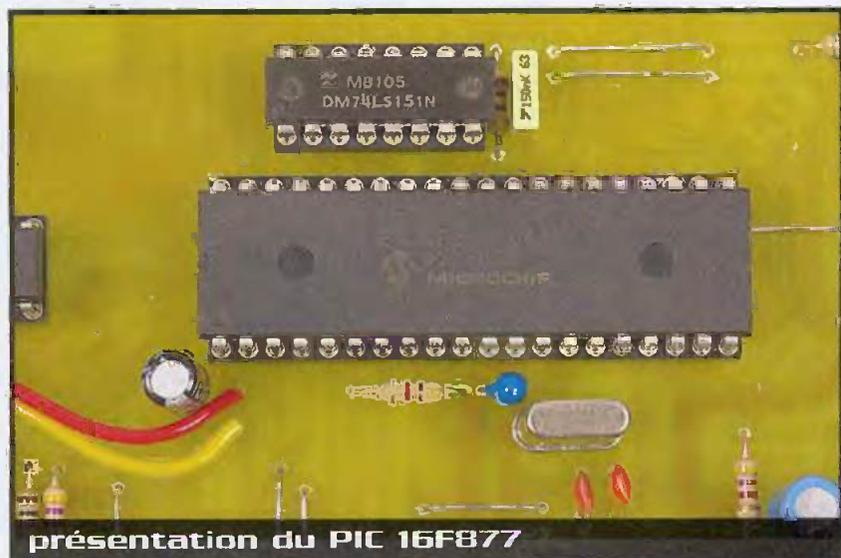
## Réglage

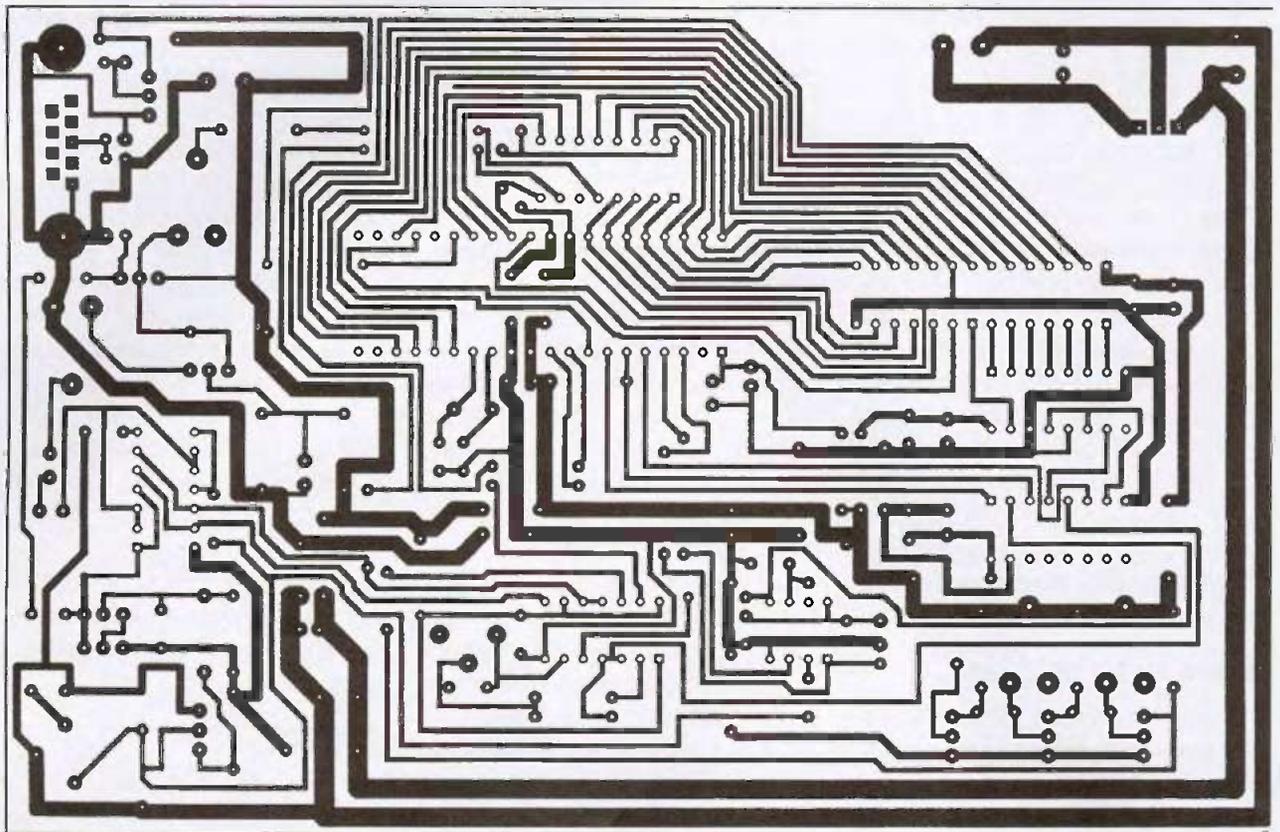
Avant la première mise sous tension, toutes les résistances ajustables RV<sub>1</sub> à RV<sub>4</sub>, ainsi que le condensateur ajustable VC<sub>1</sub>, doivent être réglés à mi-course.

Dès la mise sous tension, l'image d'origine apparaît avec, dans sa région basse, une bande sombre où défile des caractères. Il sera certainement nécessaire d'appuyer sur le poussoir RESET avant que le message de démonstration ne s'affiche correctement (il est d'ailleurs conseillé d'appuyer sur ce poussoir après chaque mise sous tension du montage).

Le réglage s'effectue alors ainsi : On règle RV<sub>1</sub> de façon à amener le bord gauche de la bande défilante juste à la limite gauche de l'écran ; une fois cela fait, on règle RV<sub>2</sub> de façon à ce que la bande défilante couvre juste toute la largeur de l'écran, surtout sans aller au delà. Ensuite, on règle le condensateur ajustable VC<sub>1</sub> afin d'obtenir la résolution maximale admissible sans que le début du message ne réapparaisse à droite, ce qui signifierait alors que la fréquence de l'oscillateur IC<sub>6A/B</sub> est trop élevée. Tous ces réglages sont définitifs.

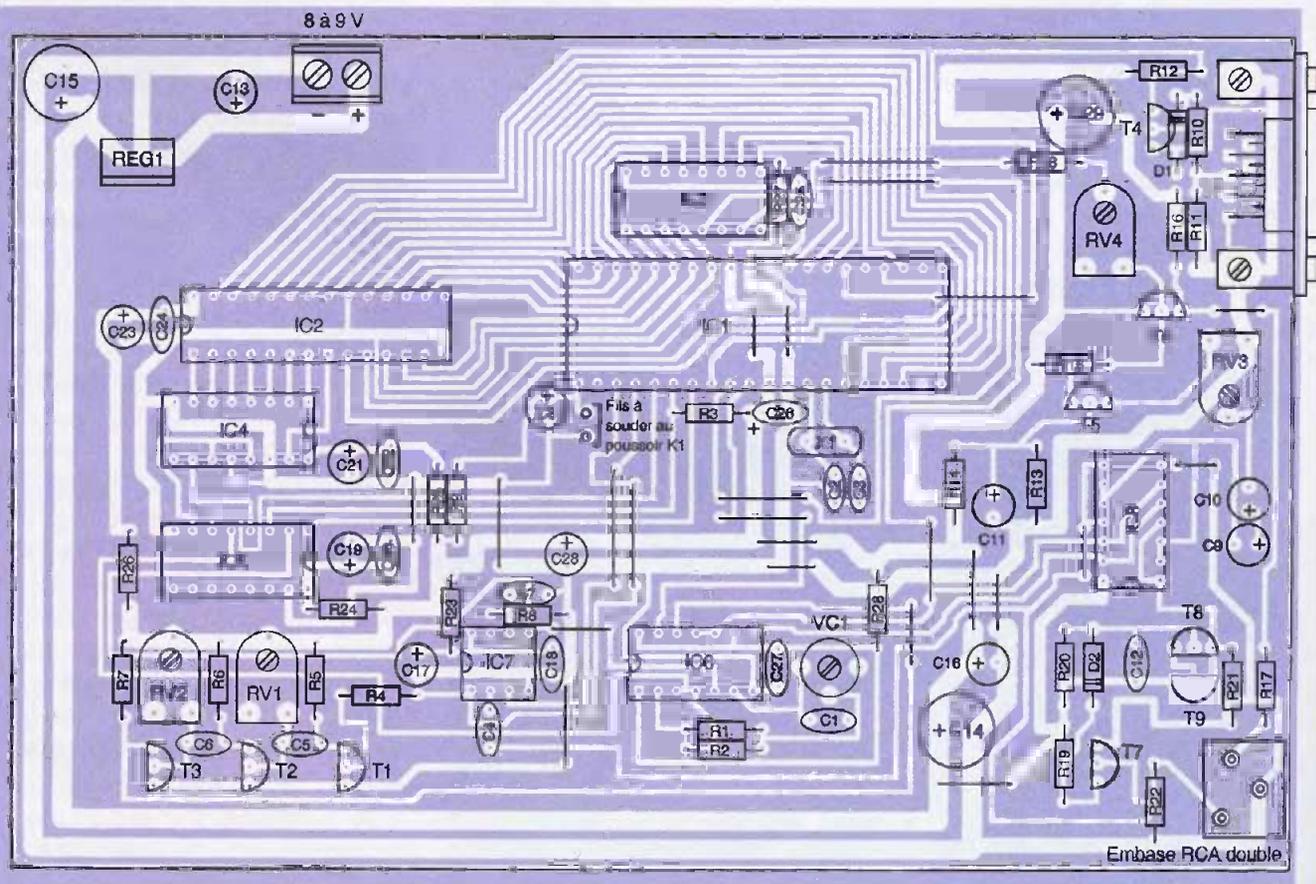
Les ajustables RV<sub>3</sub> et RV<sub>4</sub> servent, respectivement, à déterminer l'intensité de l'image et celle du texte défilant. Il faut noter qu'ils interagissent l'un sur l'autre, il vaudra donc mieux procéder par touches successives.





**6** Tracé du circuit imprimé

**7** Implantation des éléments



## Notes sur le programme et le transfert de données

Le fichier source est disponible afin de pouvoir modifier et compléter la police de caractères fournie à l'origine. La **figure 3** donne, par exemple, l'encodage en mémoire du caractère O.

Le protocole qui permet le transfert des textes est le suivant :

Le premier caractère à transmettre est soit 1, 2, 3 ou 4 selon le numéro que l'on attribue au message et qui permettra de le sélectionner par la suite ; ensuite vient le texte, proprement dit, d'une longueur minimale de 42 caractères et maximale de 8000, puis la transmission s'achève par le caractère « \_ » qui est le marqueur de fin de message. On peut alors effectuer un nouveau transfert suivant le même protocole après une courte pause ; on évitera donc le transfert en bloc des quatre messages.

Par exemple, pour écrire un message de démonstration dans la région mémoire réservée au message n°2, on écrira : 2Electronique pratique, message défilant sur téléviseur \_ (notez la présence d'un espace avant le code de fin du message ( \_ ), car le texte va défilier en boucle). L'ensemble Numéro/message/codefin est facilement écrit grâce au programme Wordpad par exemple, on choisira le format Texte seul (obligatoire).

Pour transmettre effectivement ce fichier texte, on utilise le programme Hyperterminal par l'intermédiaire d'un fichier session, intitulée JOURNAL, fourni avec cet article. Vous lancerez directement la session JOURNAL comme un programme quelconque, vous irez à la rubrique Transfert et choisirez 'Envoyer le fichier texte' ; le texte à transmettre doit être présent dans le même répertoire que le fichier session JOURNAL. Validez enfin, la transmission sera alors immédiate et, si le protocole décrit précédemment a été respecté, le message apparaîtra sur le téléviseur.

Pour basculer d'un message mémorisé à un autre, il suffit de lancer la session JOURNAL et de taper directement au clavier O + le numéro du message à sélectionner ; par exemple, pour sélectionner le message 3, on entrera 03 et le message 3 défilera alors à l'écran.

(Notez qu'il se produit parfois un léger brouillage de la bande défilante lors de ces

transitions, qui disparaît rapidement)

## La question des accents

Quelques caractères accentués sont présents dans la table de caractère du PIC ; la difficulté vient de ce qu'il n'existe aucune normalisation de leur code ASCII. Ainsi, même si l'on choisit la police Courier New dans Wordpad et dans Hyperterminal, les caractères accentués, entrés avec Wordpad, ressortiront sous forme d'autres caractères dans Hyperterminal. Le programme du PIC tient compte de cette modification ; cependant, en cas de non concordance, il vous faudra changer l'adresse des aiguillages dans la table de conversion ASCII/matrices des caractères située à l'adresse 0x1400 dans le code source.

## Le SECAM

La bande sombre ne peut pas être utilisée en SECAM car il se forme, au niveau des caractères affichés, d'envahissantes traînées rouges et bleues (mais, de toute façon, la majorité des appareils, caméras, récepteurs satellites émettent des signaux en PAL). Pour supprimer la bande sombre, afin de pouvoir utiliser le montage avec un signal vidéo SECAM, il suffit de retirer IC<sub>8</sub> de son support (l'alimentation étant, bien entendu, déconnectée) et d'enficher un simple fil dans les plots 8 et 9 du support (voir **figure 2**) afin de relier, directement, le signal vidéo d'entrée à l'entrée de l'amplificateur vidéo de sortie. On réglera, alors, en agissant sur RV<sub>3</sub> et RV<sub>4</sub>, les luminosités respectives de l'image et du texte en n'exagérant surtout pas celle de ce dernier.

## Fichiers et programmation

Le code source s'appelle journal.dat à lire avec Edit.com ; le fichier de programmation a pour nom journal.hex ; on validera l'option PWRT et on invalidera toutes les autres, on choisira ensuite l'horloge XT.

Le fichier session s'appelle journal.ht ; il se lance comme n'importe quel programme en cliquant dessus et comme signalé précédemment, on l'installera dans le dossier où l'on placera les textes à transférer.

## Nomenclature

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>21</sub> : 470 Ω  
R<sub>3</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>14</sub> : 4,7 kΩ  
R<sub>4</sub>, R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub> : 47 kΩ  
R<sub>5</sub>, R<sub>16</sub>, R<sub>19</sub> : 1 kΩ  
R<sub>8</sub> : 680 kΩ  
R<sub>13</sub> : 1,8 kΩ  
R<sub>15</sub>, R<sub>18</sub> : 2,2 kΩ  
R<sub>17</sub> : 75 Ω  
R<sub>20</sub> : 220 kΩ  
R<sub>22</sub> : 150 Ω  
R<sub>23</sub> à R<sub>28</sub> : 10 Ω  
RV<sub>1</sub> : ajustable 47 kΩ  
RV<sub>2</sub> : ajustable 100 kΩ  
RV<sub>3</sub> : ajustable 1 kΩ  
RV<sub>4</sub> : ajustable 4,7 kΩ  
C<sub>1</sub> : 100 pF  
C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> : 15 pF  
C<sub>4</sub>, C<sub>7</sub> : 100 nF  
C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 1 nF  
C<sub>8</sub> : 1 μF  
C<sub>9</sub> à C<sub>11</sub>, C<sub>17</sub>, C<sub>19</sub>, C<sub>21</sub>, C<sub>25</sub> : 100 μF  
C<sub>12</sub> : 150 nF  
C<sub>13</sub> : 220 μF/25V  
C<sub>14</sub> : 2200 μF  
C<sub>15</sub>, C<sub>23</sub>, C<sub>28</sub>, C<sub>29</sub> : 470 μF  
C<sub>16</sub>, C<sub>26</sub> : 6,8 μF tantale  
C<sub>18</sub>, C<sub>20</sub>, C<sub>22</sub>, C<sub>24</sub>, C<sub>27</sub> : 100 nF céramique multicouche  
VC<sub>1</sub> : condensateur ajustable 5 pF/65 pF  
D<sub>1</sub> : diode 1N4148  
D<sub>2</sub> : diode BAT 85  
Reg<sub>1</sub> : régulateur 7805  
T<sub>1</sub> à T<sub>6</sub>, T<sub>8</sub> : transistors BC547  
T<sub>7</sub>, T<sub>9</sub> : transistors BC557  
IC<sub>1</sub> : PIC 16F877A  
IC<sub>2</sub> : mémoire cache 61256  
IC<sub>3</sub> : 74LS151  
IC<sub>4</sub> : 74HC590  
IC<sub>5</sub> : 74LS157  
IC<sub>6</sub> : 74LS00  
IC<sub>7</sub> : LM1881  
IC<sub>8</sub> : CD4066  
X<sub>1</sub> : quartz 4 MHz  
K<sub>1</sub> : poussoir  
Embase RCA double  
(Chez SELECTRONIQUE)  
Embase SubD 9 broches femelle coudée pour CI  
Supports pour circuits intégrés  
Bornier 2 plots  
Un dissipateur

O. VIACAVA

# Un microphone indiscret



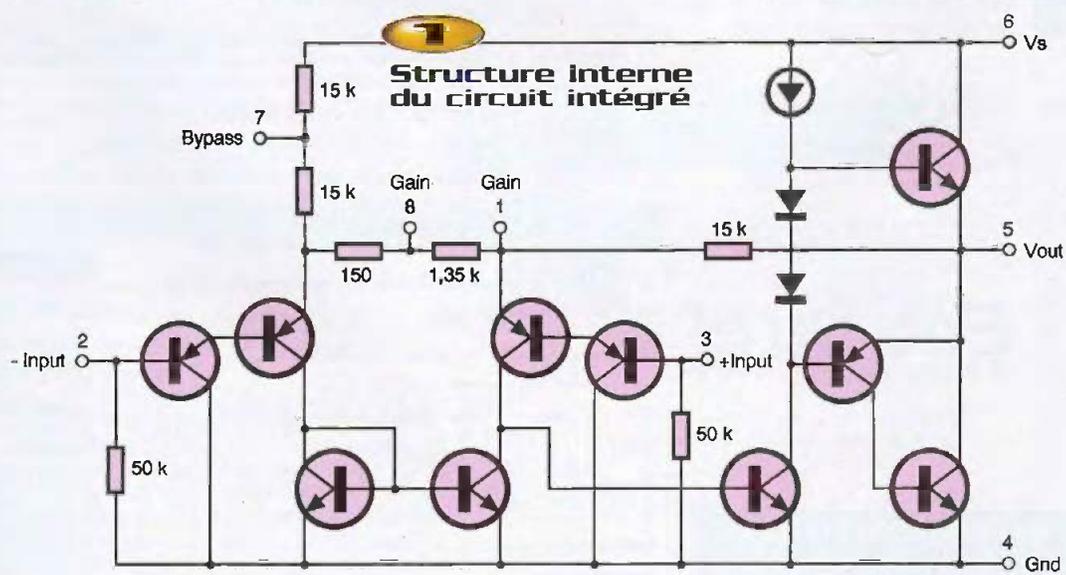
Ce montage est un bel exemple de ce qui peut être réalisé à l'aide de quelques composants très courants. Nous vous proposons d'expérimenter un microphone que l'on peut qualifier d'espion au vu des performances obtenues, surtout au niveau de sa sensibilité.

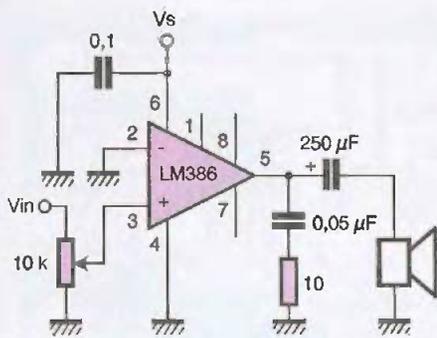
L'amplificateur de microphone que nous proposons présente une sensibilité énorme. C'est pourquoi il convient d'employer un microphone directionnel afin d'entendre des sons générés à plusieurs dizaines de mètres sans être gêné par les bruits ambiants. Ces microphones à électret directionnels et sensibles sont d'un prix de revient élevé. Aussi, peut-on utiliser un microphone à électret normal que l'on munira d'un canon constitué d'un simple tube d'au moins 20 cm de longueur et de diamètre

adapté. La bonne longueur suivant le type de micro sera déterminée par essai. Le cœur du montage est le circuit intégré LM386 dont la structure interne est donnée en **figure 1**. La **figure 2** donne les différentes configurations possibles en fonction du gain souhaité : 20, 50 ou 200. C'est cette dernière possibilité que nous avons employée et qui procure au montage cette extrême sensibilité.

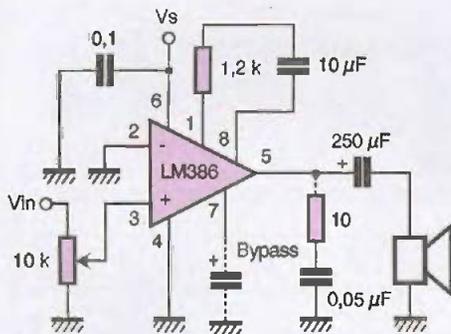
## Le schéma de principe

Le schéma de principe, très simple, est donné en **figure 3**. Le microphone, correctement alimenté par le réseau  $R_2, C_1, R_1$ , attaque un étage préamplificateur à transistor qui apporte un gain conséquent. Le signal issu du préamplificateur est amené à un potentiomètre dont la valeur peut être comprise entre 2,2 k $\Omega$  et 10 k $\Omega$ . Le LM386 vient ensuite et amène un gain de 200. Le nombre de ses com-

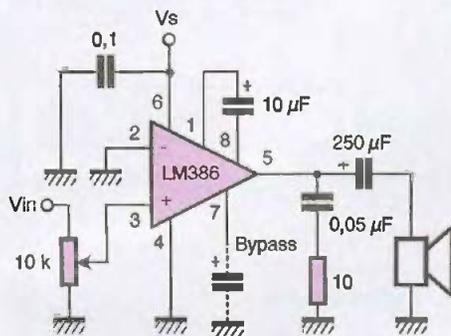




Gain = 20 V/V (26 dB) minimum



Gain = 50 V/V (34 dB)



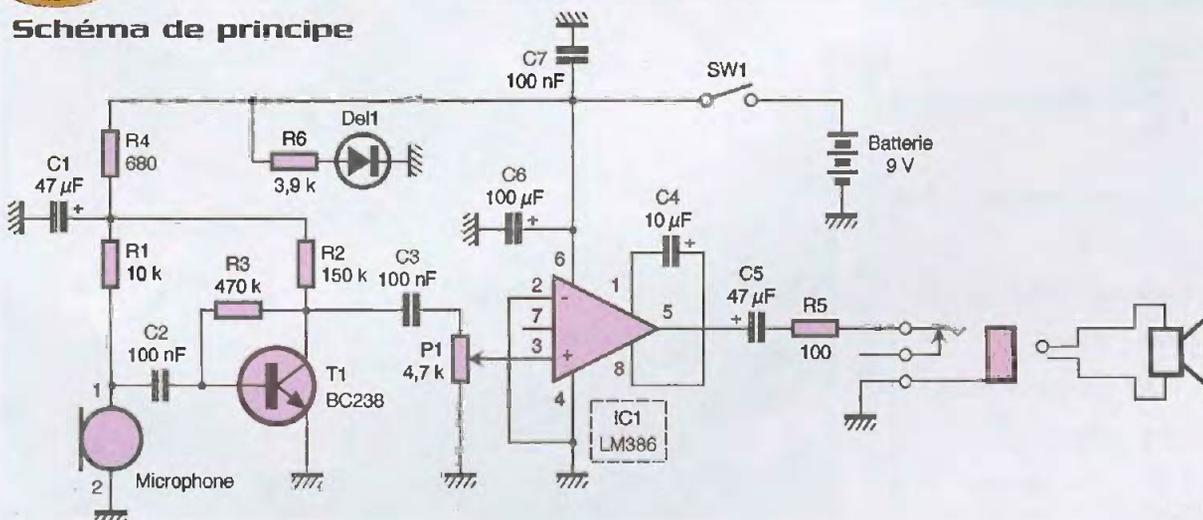
Gain = 200 V/V (46 dB)

2

## Différentes configurations possibles

3

## Schéma de principe



posants périphériques est réduit au strict minimum : 3 condensateurs et 1 résistance. C'est le condensateur  $C_4$ , d'une valeur de  $10 \mu\text{F}$  qui fixe le gain.

L'alimentation du montage est fournie par une pile de 9V ou, mieux, une batterie de type Nickel Métal hybride de 150 mAh qui procure au montage une autonomie bien plus longue. Une LED associée à sa résistance de limitation signale la mise sous tension du montage.

L'écoute se fait au casque d'impédance  $32 \Omega$  (casque de walkman). Le volume devra être réglé très précisément et il conviendra d'éloigner l'amplificateur de celui-ci afin d'éviter le désagréable effet de Larsen. La connexion au casque s'effectue au moyen d'un connecteur femelle pour jack 3,5 mm. Si un casque stéréo est employé, il convient d'utiliser un adaptateur monophonique.

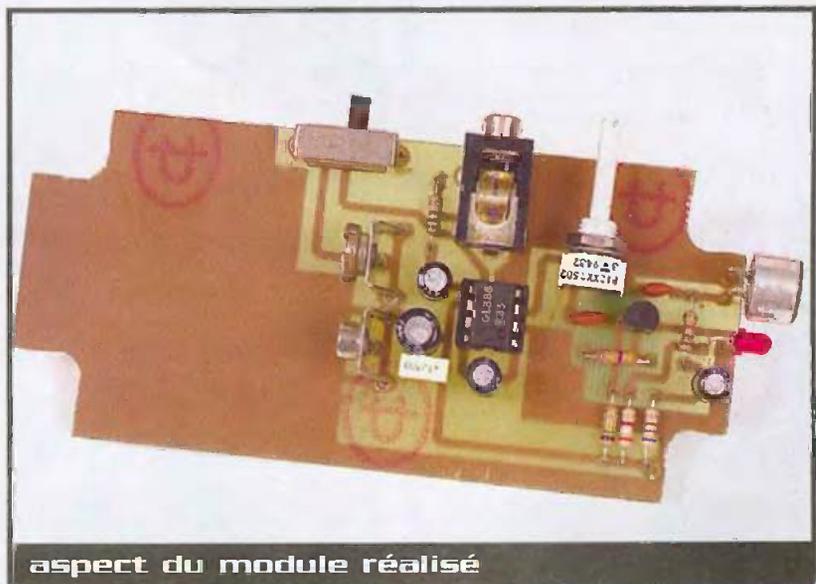
## La réalisation

Le dessin du circuit imprimé est donné en **figure 4**, tandis que le schéma d'implantation est représenté en **figure 5**

Le dessin imprimé a été dessiné en fonction du boîtier utilisé. Nous l'avons choisi de marque VELLEMAN et de type G407. Il est de faibles dimensions, ce qui rend le montage très discret. Il convient de câbler, tout d'abord, les composants les plus petits, puis le support de circuit intégré et, enfin, les composants de taille plus grande.

La pile est directement fixée sur le circuit imprimé au moyen de connecteurs spécifiques facilement approvisionnables. Si, toutefois, vous ne pouvez les trouver, il suffirait d'utiliser un connecteur à fils et de coller la pile sur la platine au moyen d'adhésif double face.

Le circuit sera posé dans le boîtier sans qu'il soit nécessaire de le fixer par vis. Il convien-



aspect du module réalisé

dra de procéder aux découpes et perçages pour positionner les connecteurs, le potentiomètre, la LED et le microphone. Pour les essais, il faut d'abord positionner le potentiomètre au minimum puis augmenter progressivement le volume. Arrivé à un certain stade, l'effet Larsen se fera entendre. Il faudra alors revenir légèrement en arrière. C'est tout. On pourra procéder à des essais avec différentes longueurs de tubes et différents diamètres. L'intérieur pourra également être tapissé de matière absorbante, tel que la feutrine.

P. OGUIC

## Nomenclature

**R<sub>1</sub>** : 10 kΩ (marron, noir, orange)

**R<sub>2</sub>** : 150 kΩ (marron, vert, jaune)

**R<sub>3</sub>** : 470 kΩ (jaune, violet, jaune)

**R<sub>4</sub>** : 680 Ω (bleu, gris, marron)

**R<sub>5</sub>** : 100 Ω (marron, noir, marron)

**R<sub>6</sub>** : 3,9 kΩ (orange, blanc, rouge)

**P<sub>1</sub>** : potentiomètre miniature 2,2 kΩ à 10 kΩ pour circuit imprimé

**C<sub>1</sub>, C<sub>5</sub>** : 47 µF/16V

**C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>7</sub>** : 100 nF

**C<sub>4</sub>** : 10 µF/16V

**C<sub>6</sub>** : 100 µF/16V

**T<sub>1</sub>** : BC238, BC108, 2N2484

**DEL<sub>1</sub>** : diode électroluminescente rouge

**IC<sub>1</sub>** : LM386

1 boîtier plastique VELLEMAN référence G407

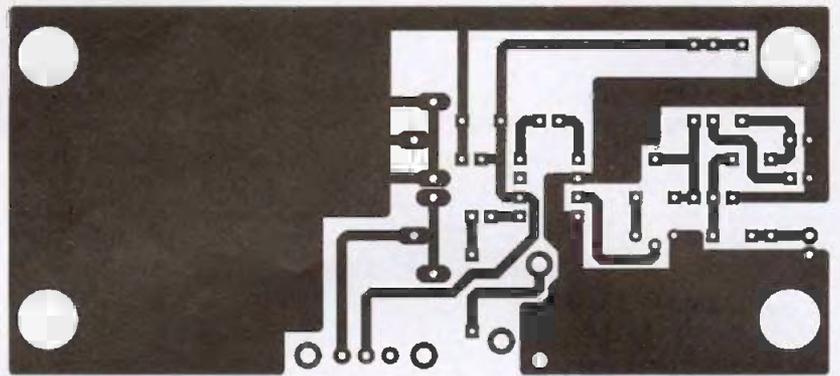
1 connecteur femelle pour jack 3,5 mm pour circuit imprimé

1 interrupteur pour circuit imprimé

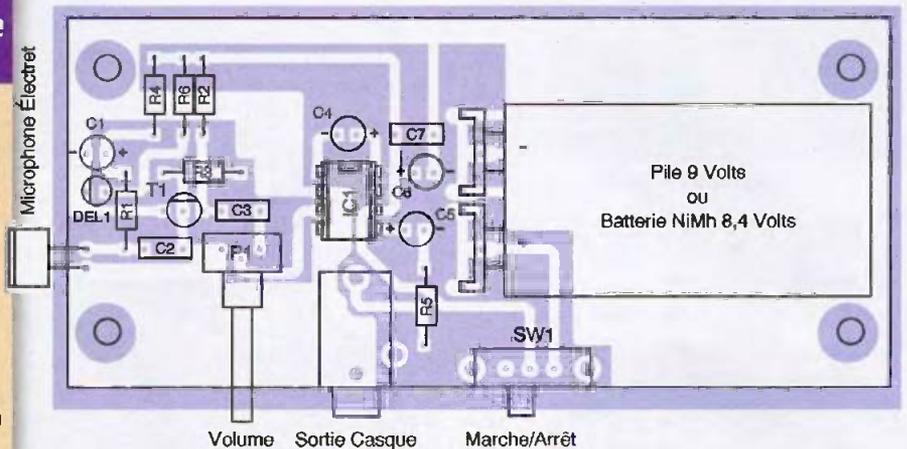
1 microphone à électret

2 connecteurs pour pile 9V pour circuit imprimé ou connecteur à fils

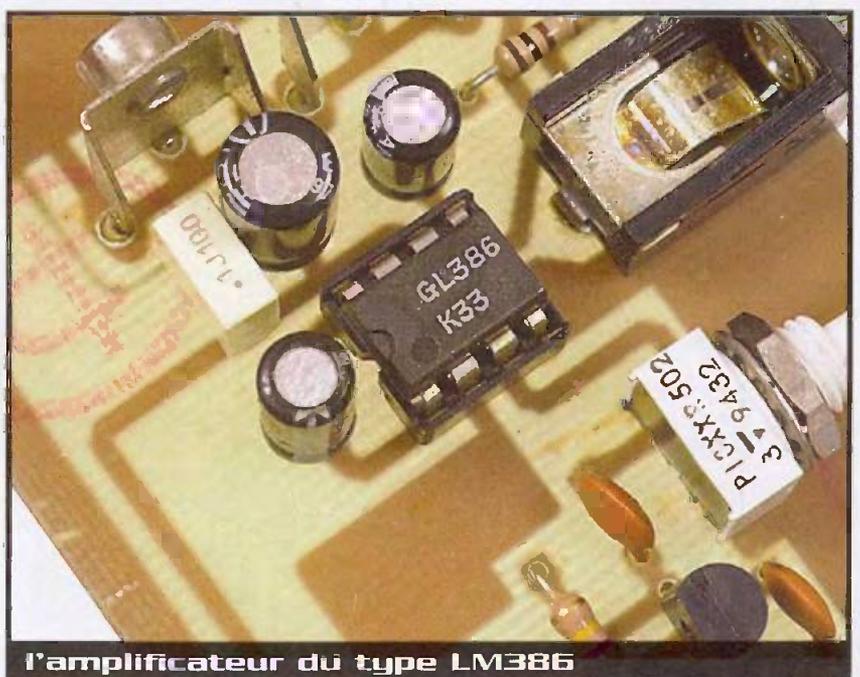
1 casque 32 Ω type walkman



## 4 Tracé du circuit imprimé

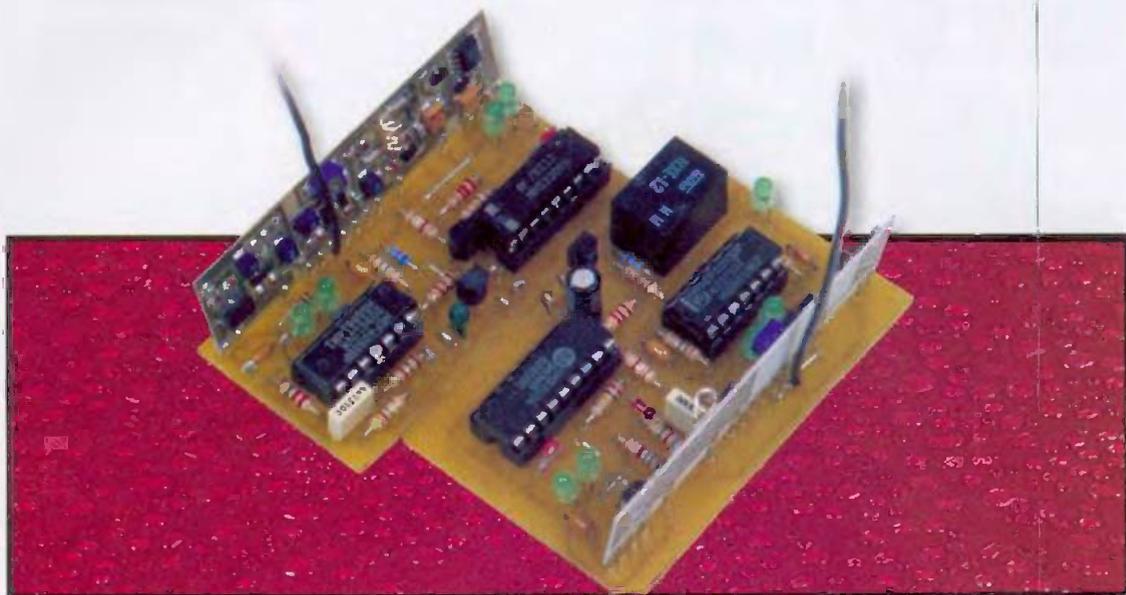


## 5 Implantation des éléments



l'amplificateur du type LM386

# Télécommande à accusé de réception



Comment savoir si un ordre de télécommande a bien été reçu ?

Pour votre téléviseur, le changement de programme s'accompagne d'une action visible et audible. Parfois, une action télécommandée demande une confirmation et c'est ce que nous proposons ici.

Le système n'utilise pas de microcontrôleur. Il n'a donc pas besoin de programmation et demande juste un circuit intégré en plus du codeur traditionnel. Émetteur et récepteur, à quelques composants près, utilisent les mêmes composants.

## Les bases

L'ensemble utilise, pour l'émission comme la réception, un module hybride spécialisé dans l'émission et la réception de données à faible débit. Il comporte, sur le même support, un émetteur et un récepteur associés à un mélangeur. Ainsi, une seule antenne sera nécessaire. Avec des modules séparés, solution possible, on utilise soit deux antennes, soit un coupleur à commutation. Le principe d'émission consiste à émettre un signal codé sur 12 bits pendant un temps supérieur à sa reconnaissance. Une fois le signal transmis, l'émetteur passe en mode réception et attend un signal codé, également sur 12 bits. Pour éviter un débit permanent de la télécommande, le récepteur doit se déconnecter automatiquement au bout d'un temps déterminé. Côté récepteur, nous avons un récepteur placé en veille permanente. Lorsqu'il reçoit la suite de codes correspondant à son propre codage, il délivre un signal commandant un relais. Il passe ensuite en mode transmission, émet le même code et repasse enfin en mode réception, prêt à une nouvelle intervention...

## Schéma de principe de l'émetteur (figure 1)

L'émetteur ne doit consommer d'énergie que pendant un certain temps. La porte à trigger de Schmitt  $Cl_{1B}$  reçoit une polarisation permanente et positive via  $R_2$ . Comme son entrée présente une impédance quasi infinie, la consommation est pratiquement nulle. La sortie de  $Cl_{1B}$  envoie sur le codeur type MM53200 ou UM3750.

Contrairement aux systèmes de codage/décodage type 145026 à 28, le même circuit peut travailler soit en émission, soit en réception. La broche 15 de ce circuit, placée à l'état haut, déclenche la sortie d'un train d'impulsions constitué de plusieurs séries de 12 bits dont la largeur de chacun des bits est fonction du codage des broches du circuit.

En mode émission, l'entrée du signal se met normalement au potentiel de la masse. La **figure 2** donne la configuration du circuit de codage, à gauche en mode émission et à droite en mode réception. La différence réside essentiellement dans la polarisation de la broche 15. Ici, la sortie du

circuit intégré passe à l'état bas au moment de la réception d'une série de bons codes. Les deux circuits comportent une cellule déterminant le débit des impulsions.

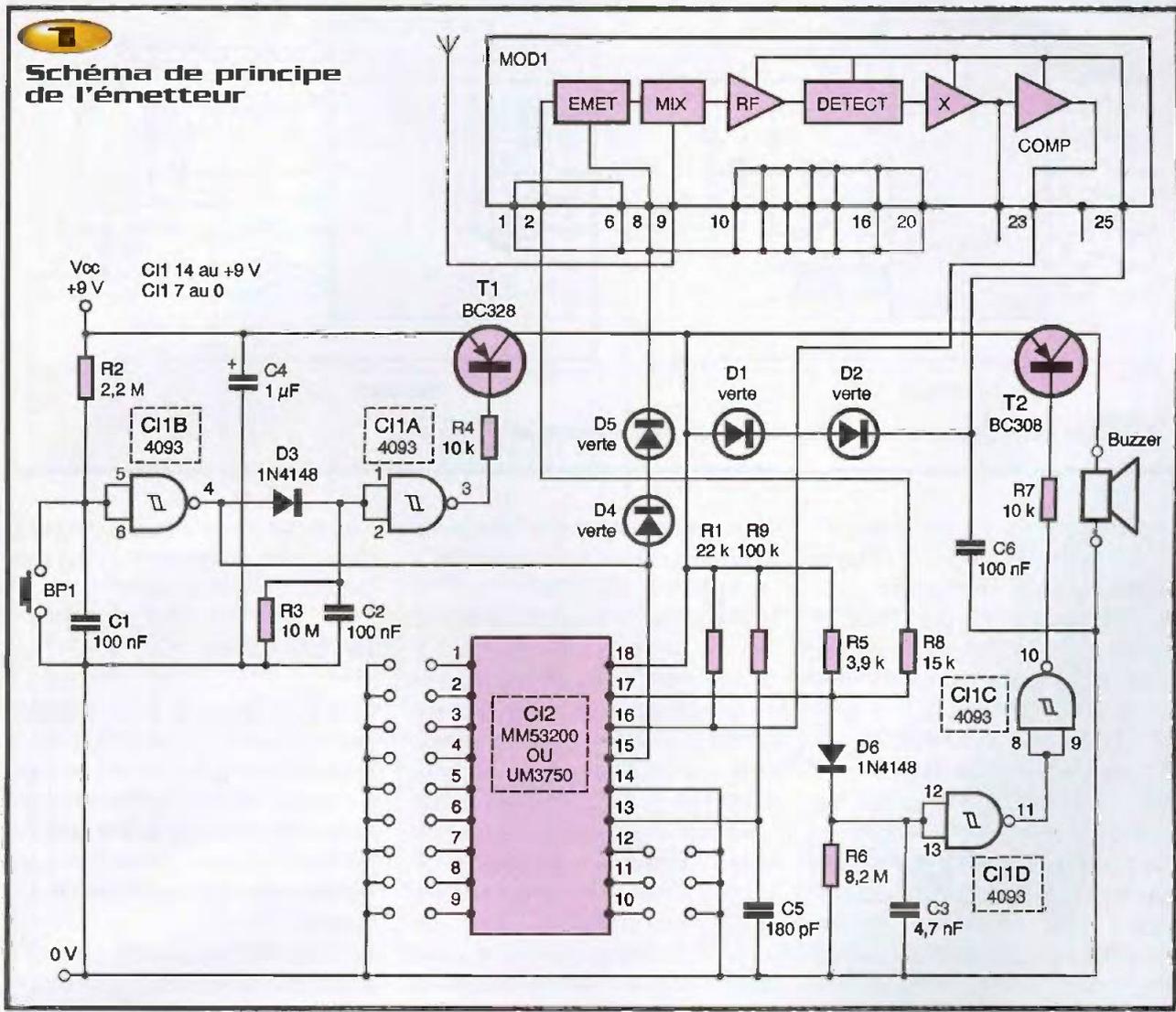
La sortie de la première porte va donc passer le codeur en mode émission pendant sa constante de temps. En même temps, par l'intermédiaire des diodes  $D_4$  et  $D_5$ , elle alimente l'étage d'émission du module transceiver.

En même temps, elle charge le condensateur  $C_2$ .

Une fois le condensateur chargé par la sortie de  $Cl_{1B}$ , la sortie 3  $Cl_{1A}$  passe à zéro et commande, par la résistance  $R_4$ , le passage du courant de base de  $T_1$ , qui se charge de l'alimentation générale du circuit. Une fois le condensateur déchargé, l'alimentation se coupe. L'alimentation permanente du 4093 permet de couper le courant de base.

Lorsque le trigger A est à l'état haut, sa sortie est au potentiel de l'émetteur de  $T_1$ . Il n'y a donc pas de consommation. Avec une alimentation de  $Cl_1$  coupée, un courant circulerait dans la base de  $T_1$  avec une consommation permanente... Nous avons là un piège de conception intéressant à résoudre...

## Schéma de principe de l'émetteur

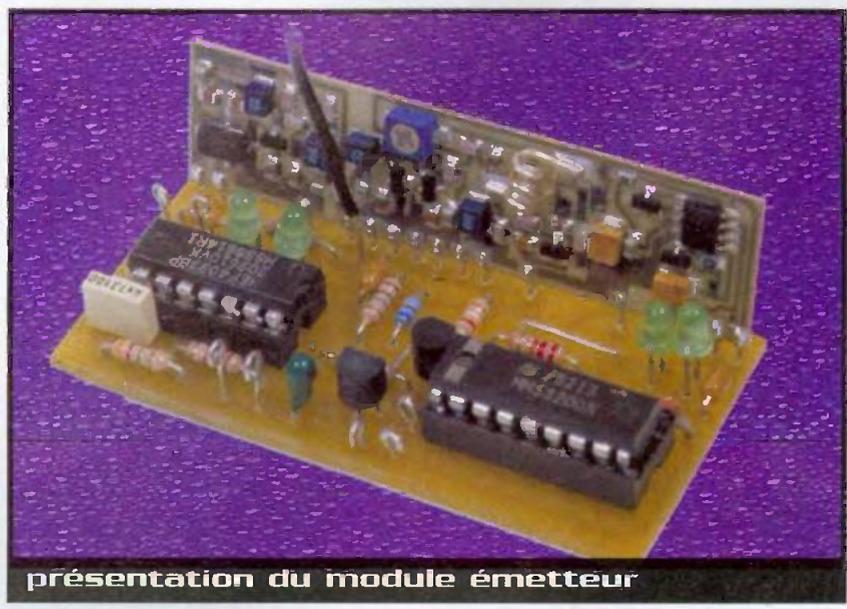


Si un jour vous étudiez un montage à coupure automatique, n'oubliez pas de vérifier que le courant de repos est vraiment nul... L'accusé de réception du signal codé est assuré par un message sonore délivré par un buzzer piézo-électrique à oscillateur intégré. Comme c'est la même sortie du codeur qui délivre les trains de signaux et le signal bas de sortie, il a fallu installer un circuit qui ne réagisse qu'à un signal bas prolongé.

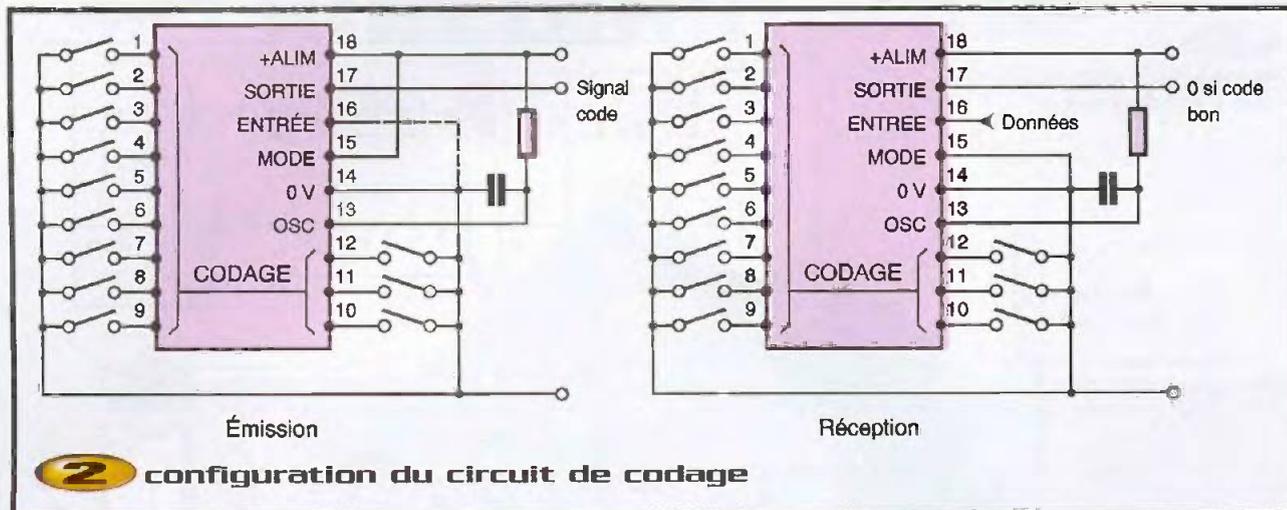
La sortie du codeur (broche 17) est reliée d'un côté à l'entrée de modulation du module émetteur/récepteur et de l'autre à un circuit RC chargé par la diode D<sub>6</sub>. La résistance R<sub>5</sub> sert de résistance de charge au circuit C<sub>1</sub>, ce dernier est, en effet, plus apte à mettre les signaux à la masse qu'à les tirer vers le pôle positif de l'alimentation, comme un étage à émetteur commun chargé par une résistance de forte valeur. En présence des impulsions positives de

l'alimentation, le condensateur C<sub>3</sub> se charge. La résistance R<sub>6</sub> décharge le condensateur entre les impulsions et les

trains d'impulsion, mais sans atteindre le seuil de basculement du trigger C<sub>1D</sub>. Ce n'est que lorsque la sortie passe assez



**présentation du module émetteur**



longtemps à zéro que le condensateur  $C_3$  se déchargera assez pour commander le transistor  $T_2$  et, par suite, le buzzer.

Le circuit émission/réception utilise un module AUREL de transmission de données à cadence lente, les modules "transceiver" rapides de AUREL ou de RADIO-METRIX travaillent en modulation de fréquence et ne sont pas utilisables pour une application de ce genre. En effet, l'espace existant entre deux impulsions et correspondant à une absence de modulation est suffisant pour que le bruit propre à la MF sans porteuse réapparaisse entre deux impulsions et soit considéré par le décodeur comme un signal d'entrée... Le décodeur se retrouve alors avec un signal parfaitement aléatoire qui n'a aucune chance d'être décodé...

Les circuits rapides ne sont pas toujours

adaptés aux débits faibles, à moins de travailler avec une modulation de style FSK, à commutation de fréquence...

Le module s'alimente avec une tension de 5V, nous utilisons donc des diodes LED de couleur verte pour assurer une chute de tension suffisante pour leur fonctionnement. Le récepteur est alimenté en permanence, comme sa tension d'alimentation est inférieure à celle du 53200, nous avons ajouté une résistance au circuit d'entrée du décodeur, elle permet de recaler le signal par rapport aux niveaux d'entrée du circuit. Les amplificateurs simples ne sont pas utilisables ici, en effet, une inversion de phase du signal codé se traduit par l'absence de décodage. Deux étages auraient alors été nécessaires, une formule un peu complexe... Lors de la transmission, le récepteur du module côté émetteur sort les

impulsions d'entrée et les réinjecte dans le codeur, une opération qui n'a pas l'air de perturber son fonctionnement...

## Le récepteur

Le récepteur, **figure 3**, reste connecté en permanence dans l'attente d'un signal. Nous retrouverons ici, comme dans le cas précédent, les diodes électroluminescentes chargées d'abaisser la tension d'alimentation du module. Là encore, le récepteur est toujours prêt pour la réception des signaux.

En mode d'attente, la sortie du codeur est à l'état haut, le condensateur  $C_2$  est chargé. La sortie de  $Cl_{1A}$  est à l'état bas et celle de D à l'état haut. Le transistor  $T_1$  reste bloqué. Le condensateur  $C_4$  est déchargé et la sortie de la porte  $Cl_{1C}$  est à l'état haut. La porte B inverse la phase du signal qui se retrouve à l'état bas et maintient le codeur/décodeur en mode décodeur.

À la réception d'un signal, la sortie 17 de  $Cl_2$  passe à zéro, le condensateur  $C_2$  se décharge et, une fois le seuil atteint, la sortie passe à 1. La porte D commande le transistor  $T_1$  qui ferme le relais de sortie.

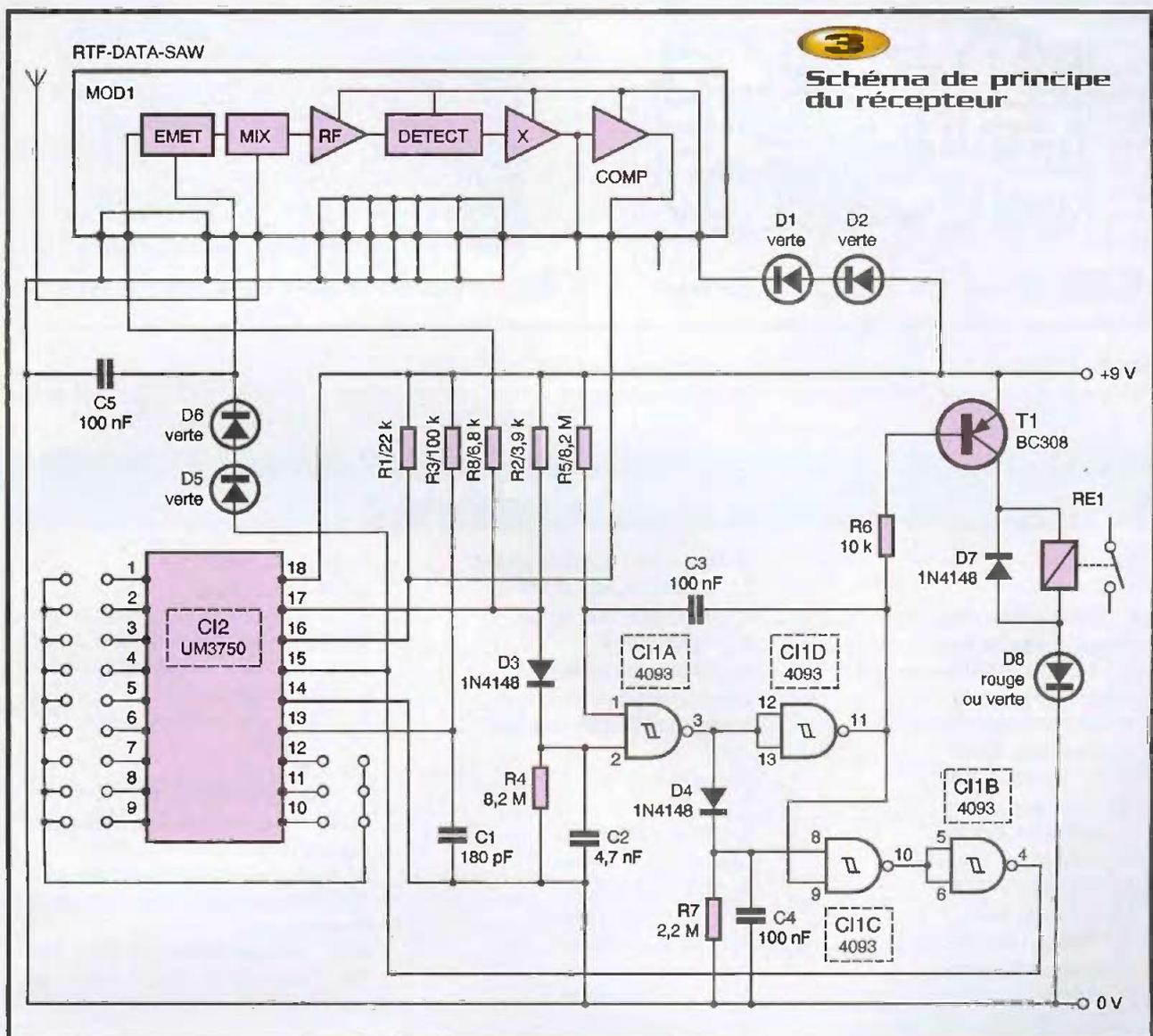
Le condensateur  $C_3$  réinjecte la sortie de D sur l'entrée de A, le système se comporte comme un monostable.

Le condensateur  $C_4$  a été chargé, on retrouve donc une tension positive sur 8 mais l'entrée 9, polarisée par la sortie du monostable, est à zéro et empêche le basculement. Une fois la constante de temps du monostable écoulée, le condensateur  $C_4$  commence à se décharger dans  $R_7$  et la sortie de  $Cl_{1D}$  permet le



3

## Schéma de principe du récepteur



changement d'état de C.

La sortie de B commande donc l'émission du signal, d'une part par l'envoi du code sur l'entrée de modulation du module et, d'autre part, par la commutation de l'entrée de mode de travail de  $CI_2$ .

Si tout se passe bien, le monostable ne se redéclenche pas et les signaux codés sont émis une seule fois.

À noter : la faible valeur de  $C_2$  est volontaire, avec une valeur plus importante, le sortance de  $CI_2$  n'est pas suffisante pour charger assez rapidement le condensateur, si bien que le signal de sortie de  $CI_2$  n'a pas une amplitude suffisante pour moduler convenablement l'émetteur... La charge de  $C_2$  perturbe les premiers bits...

Attention, nous précisons bien, pour ce circuit de réception, l'utilisation d'un circuit intégré type UM3750. Le MM53200, que

vous avez peut-être dans vos tiroirs, n'aime pas trop travailler dans ce mode et, notamment, avec la broche d'entrée des données ouverte.

En effet, les signaux de sortie du MM53200 présentent un état bas assez long, capable de redéclencher le monostable sans qu'il ait réception d'un signal. Certains échantillons peuvent très bien marcher, d'autres pas.

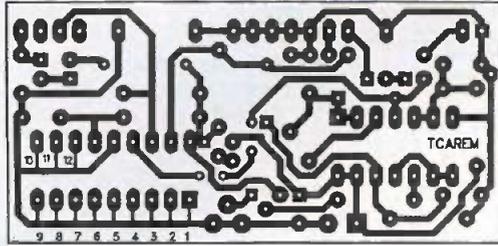
### Réalisation (figures 4 à 7)

La réalisation ne pose pas de problème particulier, les diodes LED sont des modèles sans référence, l'important est leur couleur verte, elle détermine la chute de tension. Des jaunes conviennent également, les bleues et les blanches présentent une chute de tension trop impor-

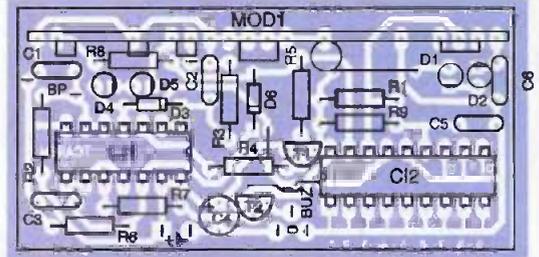
tante alors que les rouges ont une tension directe trop basse.

Attention à leur sens de connexion, la pastille carrée correspond à la cathode, le fil long rentre donc dans la pastille ronde (celle de l'anode). Les diodes et les rares condensateurs chimiques s'orienteront aussi dans le bon sens, de même que les circuits intégrés. Ne pas oublier les straps, ils s'installent en premier, suivis des composants de plus en plus hauts, c'est plus facile pour les soudures. On n'oubliera pas d'installer une antenne quart d'onde de 17cm de long.

La vérification du fonctionnement s'effectuera une fois les deux modules terminés. L'appui sur le bouton d'émission déclenche l'allumage des diodes d'émission, le relais colle, les diodes d'émission du récepteur s'allument à leur tour et, enfin, le bip sonore



**4** Tracé du circuit imprimé



**5** Implantation des éléments

retentit. Le buzzer peut éventuellement demander la mise en parallèle d'un condensateur chimique de faible valeur, 1 à 10  $\mu\text{F}$  par exemple.

E. LEMERY

## Nomenclature

### Émetteur

$R_1$  : 22  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(rouge, rouge, orange)  
 $R_2$  : 2,2  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(rouge, rouge, vert)  
 $R_3$  : 10  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, bleu)  
 $R_4, R_7$  : 10  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, orange)  
 $R_5$  : 3,9  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(orange, blanc, rouge)  
 $R_6$  : 8,2  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(gris, rouge, vert)  
 $R_9$  : 15  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, vert, orange)  
 $R_8$  : 100  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, jaune)  
 $C_1, C_2, C_6$  : 100 nF céramique  
 $C_3$  : 4,7 nF  
 $C_4$  : 1  $\mu\text{F}/10\text{V}$  tantale goutte  
 $C_5$  : 180 pF  
 $D_1, D_2, D_4, D_5$  : diodes électroluminescentes vertes 3mm

$D_3, D_6$  : diodes silicium 1N4148  
 $T_1$  : transistor PNP BC328  
 $T_2$  : transistor PNP BC308  
 $CI_1$  : CMOS 4093  
 $CI_2$  : MM53200 ou UM3750  
Buzzer à oscillateur intégré  
Module AUREL RTF-DATA SAW\*

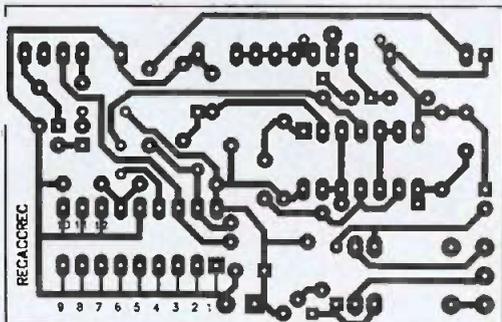
### Récepteur

$R_1$  : 10  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, orange)  
 $R_2$  : 3,9  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(orange, blanc, rouge)  
 $R_3$  : 100  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, jaune)  
 $R_4$  : 8,2  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(gris, rouge, vert)  
 $R_5$  : 1  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, vert)  
 $R_6$  : 10  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(marron, noir, orange)  
 $R_7$  : 4,7  $\text{M}\Omega$  1/4W 5%  
(jaune, violet, vert)

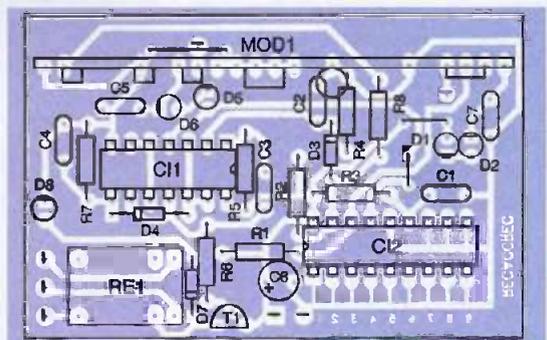
$R_8$  : 6,8  $\text{k}\Omega$  1/4W 5%  
(bleu, gris, rouge)  
 $C_1$  : 180 pF céramique  
 $C_2$  : 4,7 nF céramique ou MKT 5mm  
 $C_3, C_5, C_7$  : 100 nF MKT 5mm  
 $C_4$  : 220 nF céramique  
 $C_6$  : 10  $\mu\text{F}/10\text{V}$  chimique radial  
 $CI_1$  : CD 4093  
 $CI_2$  : UM 3750  
 $T_1$  : transistor PNP BC308  
 $D_1, D_2, D_3, D_6$  : diodes électroluminescentes vertes 3mm  
 $D_3, D_4, D_7$  : diodes silicium 1N4148  
 $D_8$  : diode électroluminescente rouge ou verte 3mm  
MOD<sub>1</sub> : Module AUREL RTF DATA SAW\*  
RE<sub>1</sub> : Relais TAIKO NXE 12 ou équivalent

### \*Importateur :

P2M : 8, Allée des Châtaigniers ZA du Buisson de la Coudre  
78190 Trappes  
Tél. : 01.30.62.64.64  
www.p2m.com



**6** Tracé du circuit imprimé



**7** Implantation des éléments