

**Inclinomètre  
pour mesure  
de pentes**

**RÉTRO-CIRCUITS**

**Alimentation  
de laboratoire  
à LM 723**

**Travailler utile  
avec KICAD**

**Onduleur  
12 V/230 V  
à commande MLI**

**Bruit en audio  
Normes & Mesure**

**ROBOTIQUE**  
**Explorateur Tractor  
avec tourelle orientable**



L 14377 - 326 - F: 5,00 €



# ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 326 Avril 2008

## Initiation

- 4 Internet pratique
- 8 Travailler utile avec KICAD

## Micro/Robot/Domotique

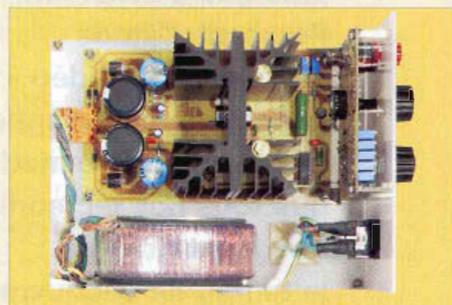
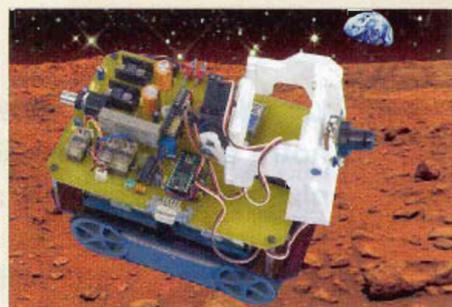
- 14 Robot explorateur « Tractor » avec tourelle
- 28 Inclinomètre - Pente de - 20 % à + 20 %
- 34 Alimentation de laboratoire 0 à 24 V-2,5 A
- 39 Proton DS, suite de développement pour microcontrôleur PIC
- 44 Onduleur 12 V/230 V/50 W

## Audio

- 52 Et si on parlait tubes (cours n°43) : l'ampli Conrad Johnson MV75 (2<sup>e</sup> partie)
- 56 Le bruit en audio - Normes & Mesures

## Divers

- 33 Bulletin d'abonnement
- 43 Vente au numéro *Electronique Pratique*
- 51 Hors-série Audio 1 & 2
- 65 Vente au numéro *Led*
- 66 Petites annonces



Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC SAS** au capital de 574 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90

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

Secrétaire de rédaction : Elsa Sepulveda - Couverture : Dominique Dumas - Illustrations : Alain Bouteville Sanders

Photos : Isabelle Garrigou - Avec la participation de : R. Bassil, G. Guiheneuf, R. Knoerr, G. Kossmann, Y. Mergy, P. Morin, P. Oguic, J-L Vandersleyen

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

DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - PUBLICITÉ : À la revue, e-mail : [pubep@fr.oleane.com](mailto:pubep@fr.oleane.com)

I.S.S.N. 0243 4911 - N° Commission paritaire : 0909 T 85322 - Distribution : MLP - Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : MAULDE & RENOU AISNE 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : AVRIL 2008 - Copyright © 2008 - TRANSOCEANIC

ABONNEMENTS : 18-24, quai de la Marne - 75164 Paris Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16 - Fax : 01 42 00 56 92 - Préciser sur l'enveloppe « Service Abonnements »

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.

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

TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 € • DOM Surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF • Portugal continent : 5,60 €

Belgique : 5,50 € • Espagne : 5,60 € • Grèce 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 6,60 \$ CAN

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

LE PROCHAIN NUMÉRO D'ELECTRONIQUE PRATIQUE SERA EN KIOSQUE LE 3 MAI 2008

La vidéo fait partie de notre quotidien depuis plusieurs décennies, si bien que, sur un plan technique, on n'y prête plus guère attention. Pourtant l'étude des signaux « vidéo » constitue un pan entier de l'électronique moderne que tous nos lecteurs devraient prendre le temps de découvrir, tant les petits montages associés à ce domaine sont nombreux.

Il va de soi que ce thème est largement couvert sur Internet. Sans plus attendre, nous vous proposons de découvrir les quelques sites traitant ce sujet que nous avons sélectionnés ce mois-ci.

Le premier site que nous visiterons en guise d'introduction se situe à l'adresse [http://f5ad.free.fr/ATV-QSP\\_F5AD\\_Le\\_signal\\_video.htm](http://f5ad.free.fr/ATV-QSP_F5AD_Le_signal_video.htm)

Son intérêt principal est de présenter l'essentiel des notions à connaître pour comprendre comment est constitué un signal vidéo : luminance, chrominance, synchronisation, etc.

Les illustrations, bien que parfaitement justes et appropriées, sont un peu tristes et manquent de couleur. C'est donc tout naturellement que nous vous proposons de visiter un deuxième site comportant des illustrations bien plus chatoyantes :

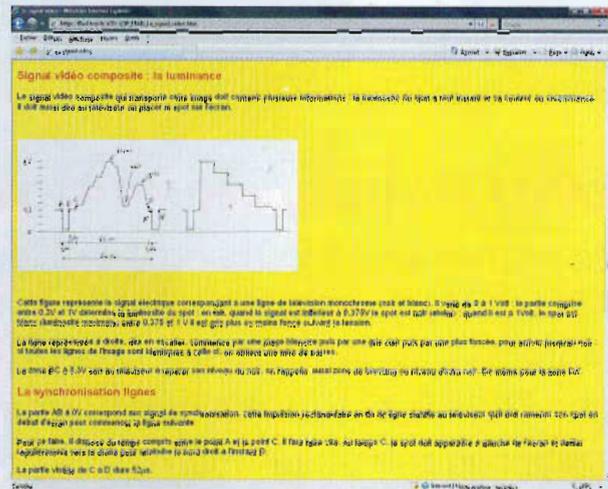
[http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt3.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt3.html)

N'hésitez pas à revenir au menu principal ([http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt0.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt0.html)) pour accéder ensuite aux autres pages très intéressantes qu'il contient.

D'ailleurs, il propose de télécharger un document complet de trente-six pages (format PDF) qui reprend l'ensemble des explications abordées.

Certaines informations, un petit peu éloignées de notre sujet principal, sont intéressantes également. Citons, par exemple, en page 9, les explica-

# internet PR@TIQUE

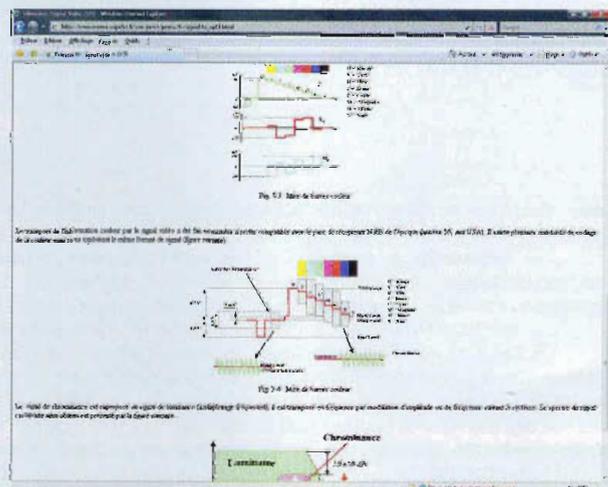


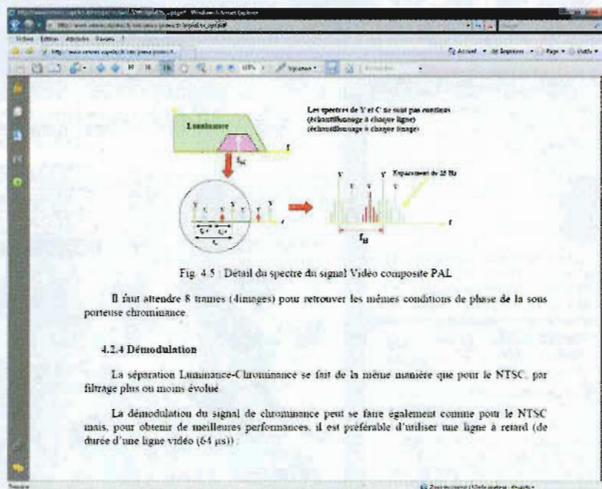
**1** [http://f5ad.free.fr/ATV-QSP\\_F5AD\\_Le\\_signal\\_video.htm](http://f5ad.free.fr/ATV-QSP_F5AD_Le_signal_video.htm)

tions à propos de la corrélation qui existe entre l'acuité visuelle de l'œil humain, la définition de l'image et la distance optimale du téléspectateur vis-à-vis de l'écran. Ces explications vous seront peut être utiles si vous envisagez de vous équiper d'un téléviseur « Full-HD » de grandes dimensions (à défaut d'agrandir ou de réorganiser votre salon, vous pourrez au moins savoir de quelle résolution réelle vous avez effectivement besoin). Le document à télécharger se trouve

à l'adresse [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt.pdf](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt.pdf). Vous trouverez un lien direct d'accès au téléchargement sur la page d'accueil : [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt0.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt0.html). Un autre site que nous vous invitons également à consulter se situe à l'adresse : <http://pages.videotron.com/danjean>. Il se démarque des deux précédents par le fait qu'il aborde la description des signaux vidéo numériques.

**2** [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt3.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt3.html)





Transform) fort utile au codage MPEG.

Lors de nos recherches, nous avons découvert de nombreux documents intéressants à télécharger au sujet des signaux « vidéo ». Bien entendu, nous ne vous les présentons pas tous puisque vous en trouverez les références dans la liste des liens de ce dossier.

Nous vous invitons tout de même à télécharger le document à l'adresse [http://electronique.marcel.free.fr/Video\\_Television/Docs/Signal\\_Video\\_NB\\_et\\_composite.pdf](http://electronique.marcel.free.fr/Video_Television/Docs/Signal_Video_NB_et_composite.pdf)

Il nous a séduits avant tout par ses illustrations qui mettent en relation quelques exemples de signaux « vidéo » avec les images affichées correspondantes. Cette approche nous a semblé assez didactique pour être mentionnée.

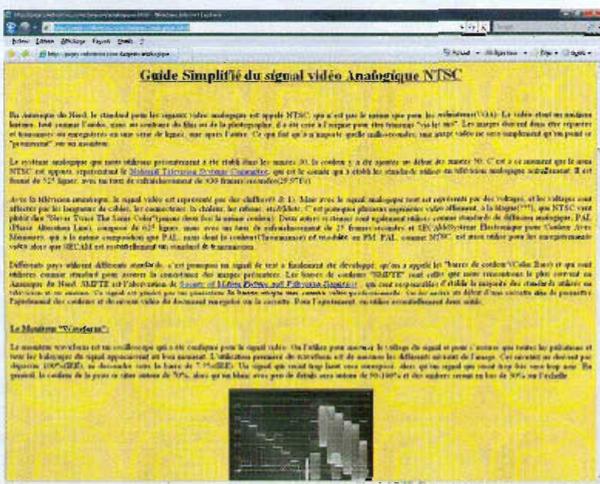
P. MORIN

### 3 [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt.pdf](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt.pdf)

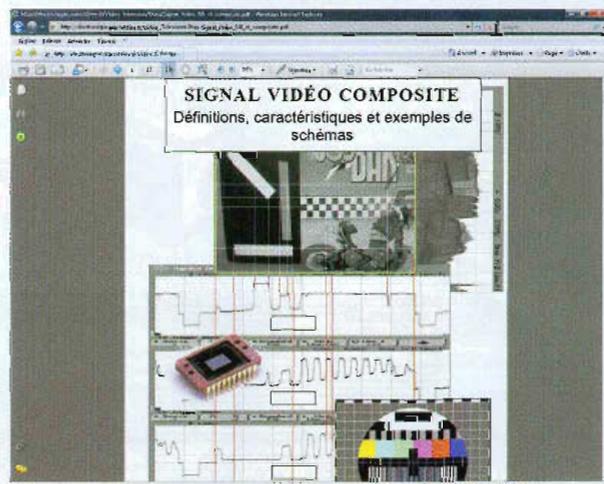
Comme à chaque fois qu'il est question de « vidéo » numérique, il est nécessaire d'aborder également l'encodage MPEG et ses nombreuses variantes.

Ce site n'échappe pas à cette règle. Il aborde, par exemple, des notions fondamentales telle que la fameuse « Transformée Cosinus Discrète » (aussi appelée DCT, *Discrete Cosine*

### 4 <http://pages.videotron.com/danjean/analogique.html>



### 5 [http://electronique.marcel.free.fr/Video\\_Television/Docs/Signal\\_Video\\_NB\\_et\\_composite.pdf](http://electronique.marcel.free.fr/Video_Television/Docs/Signal_Video_NB_et_composite.pdf)



- [http://f5ad.free.fr/ATV-QSP\\_F5AD\\_Le\\_signal\\_video.htm](http://f5ad.free.fr/ATV-QSP_F5AD_Le_signal_video.htm)
- [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt0.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt0.html)
- [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt3.html](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt3.html)
- [http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv\\_opt.pdf](http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/jweiss/tv/signal/tv_opt.pdf)
- <http://pages.videotron.com/danjean/Transmission%20DVB.html>
- [http://electronique.marcel.free.fr/Video\\_Television/Docs/Signal\\_Video\\_NB\\_et\\_composite.pdf](http://electronique.marcel.free.fr/Video_Television/Docs/Signal_Video_NB_et_composite.pdf)
- [http://www.ac-creteil.fr/physique/DOCGRISP/signal\\_video/video.pdf](http://www.ac-creteil.fr/physique/DOCGRISP/signal_video/video.pdf)
- <http://www.lagis.univ-lille1.fr/~bonnet/image/video.pdf>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Vid%C3%A9o>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Vid%C3%A9o\\_composite](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vid%C3%A9o_composite)
- [http://www.system-cfg.com/pages/tech\\_video.php](http://www.system-cfg.com/pages/tech_video.php)
- <http://www.montefiore.ulg.ac.be/services/acous/STSI/file/NotesSurLaCompressionDeSignauxVideo.pdf>
- <http://webtab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/STAGES/TV1.htm>

#### Liste des liens

# Travailler utile avec KICAD

**Kicad, logiciel libre pour la réalisation de schémas et circuits imprimés, a suscité un certain intérêt parmi nos lecteurs. Fort de cette première expérience (cf. *Electronique Pratique* n°314), nous vous proposons d'examiner en détail les nombreuses fonctionnalités de cette intéressante suite de DAO tout en travaillant utile.**

**C**ette initiation a pour objectif d'aboutir au projet de réalisation complète d'une alimentation symétrique de qualité pour alimenter des circuits audio performants à venir ou en remplacement de montages plus ou moins médiocres. Comme chacun le sait, la meilleure des formations passe par la pratique et c'est ce à quoi nous allons nous employer.

Kicad est un logiciel puissant offrant de nombreuses fonctionnalités contenues dans plusieurs modules logiciels. Ceux-ci représentent chacun une étape de la conception et de la réalisation d'un circuit imprimé simple face, double faces ou multicouches. Il faut l'appréhender avec méthode, selon une certaine logique.

La suite Kicad couvre un ensemble de techniques, comme le dessin, la schématisation, la technologie des composants, que tous les amateurs ne maîtrisent pas forcément, mais pas de panique, la suite Kicad, malgré les apparences, n'est pas compliquée.

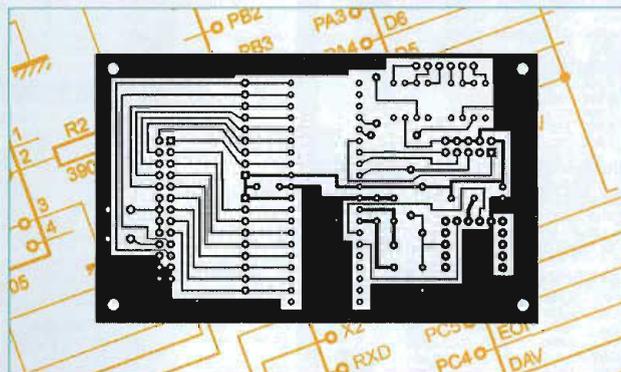
Les électroniciens sont déjà rompus à ces différentes techniques.

En revanche, il faut savoir que cette initiation progressive représente un investissement temps qu'il ne faut pas occulter. Mais, à la fin de ce parcours initiatique, vous serez capable de réaliser avec succès vos projets électroniques à partir de vos schémas théoriques.

## La méthode

En premier, nous explorerons toutes les fonctionnalités de chaque module. Pour nous aider à découvrir les commandes et les possibilités de chaque programme, nous avons rassemblé dans un ensemble exhaustif de tableaux synthétiques :

- toutes les icônes des boutons de commande des modules logiciels (colonne de gauche);
- l'intitulé des commandes des menus (colonne à fond jaune) de chaque module;



- les commentaires contextuels (colonne de droite sur fond blanc) pour une bonne compréhension des commandes ou des fonctions présentées.

Si vous éprouvez une difficulté sur un intitulé ou une commande, sachez qu'en passant à la pratique, la plupart des points incompris, s'éclairciront d'eux-mêmes, ainsi les zones d'ombre s'estomperont au fur et à mesure des manipulations des commandes.

En revanche, sur le parcours, nous nous attarderons sur certains points précis nécessitant plus de détails afin que la commande ou la fonction concernée soit bien assimilée par tout un chacun.

Nous allons découvrir les fonctions directement sur les modules de la suite Kicad après avoir parcouru les tableaux et les résumés correspondants.

Après avoir ingurgité les termes techniques spécifiques de cette suite Kicad et passé en revue les tableaux de commandes, la deuxième étape consistera à manipuler les menus et les boutons de commandes de chaque module avec quelques ébauches de dessins pour nous familiariser avec la suite Kicad.

Nous utiliserons les commandes une par une, au fur et à mesure des besoins, pour réaliser notre projet concret d'alimentation.

Etes-vous prêts pour l'aventure ? Alors, c'est parti !

## Rappel

Kicad est le programme gestionnaire de projets. C'est donc à partir de ce dernier (point focal de l'application) que nous allons explorer, puis exploiter les différents modules logiciels qui composent la suite. Il s'agit de :

- **Kicad** : le gestionnaire de projets;
- **Eeschema** : la création de schémas;
- **PcbNew** : le logiciel de réalisation de circuits imprimés;
- **Gerbview** : la visualisation des documents générés au format GERBER (documents de photo traçage);
- **Cvpcb** : utilitaire de sélection des empreintes physiques des composants électroniques utilisés dans le schéma.

## Convention

Afin de se familiariser et de repérer aisément tous les noms et expressions utilisés dans cette suite, ceux-ci apparaîtront en gras dans le texte ainsi que les intitulés de commandes et les commandes Windows.

## Avant de commencer

Si vous avez suivi les instructions de la première partie de cette initiation parue dans *Electronique Pratique* (n°314, mars 2007), votre suite **Kicad** est prête à l'emploi sur votre PC puisque vous l'avez installée (depuis quelque temps déjà...). Sinon, reportez-vous audit numéro et procédez à l'installation complète.

Il ne reste plus qu'à lancer le gestionnaire de projets en double-cliquant sur l'icône **Kicad** présente sur le bureau (*figure 1*).

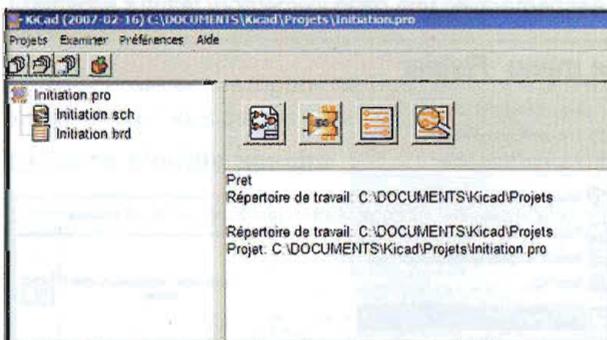
Je recommande de visiter le site internet Kicad pour mettre à jour votre version qui depuis la parution de la première partie a évolué.

## Le module Kicad



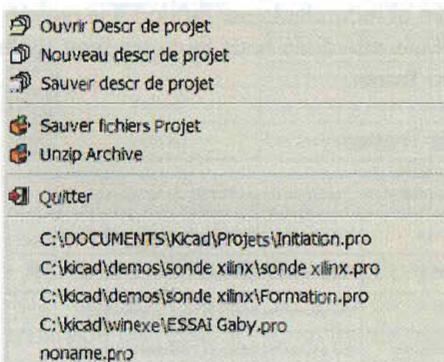
1

La fenêtre **Kicad** s'ouvre et se présente comme en *figure 2*. Commençons par découvrir les fonctionnalités de base du gestionnaire de projets **Kicad** en explorant ensemble les différents modules des menus déroulant et des boutons (icônes) des barres d'outils.



2

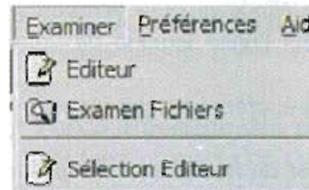
## Le menu « Projets »



3

À première vue, le menu déroulant **Projets** (*figure 3*), les titres sont suffisamment explicites, nul besoin de s'attarder sur ce menu qui ressemble pratiquement à n'importe quel autre menu Fichiers d'applications sous Windows. De toute façon, nous les retrouverons ultérieurement dans les tableaux des icônes de commandes.

## Le menu « Examiner »



4

Parcourons maintenant le contenu du menu **Examiner** (*figure 4*) et des *figures 5* et *6* qui représentent les menus déroulant **Examiner** et **Préférences**.

Commandes menu Examiner de la barre d'outils supérieure Kicad		
	Editeur	Lance l'éditeur de fichier choisi par le menu Sélection Editeur.
	Examen Fichiers	Accès à l'explorateur de fichiers du système d'exploitation pour parcourir l'arborescence et sélectionner les fichiers d'un projet existant
	Sélection Editeur	Sélection de l'éditeur de fichiers préféré, par exemple Notepad de Windows

5

## Le menu Préférences

Détaillé à la *figure 6*, il ne présente pas de difficulté de compréhension.

Commandes menu et sous-menu Préférences de la barre d'outils supérieure Kicad		
	Sélection des Fontes	Menu de sélection de la fonte de caractères par défaut qui sera utilisée par le gestionnaire de projet Kicad
	Visualisateur PDF	Accès au sous-menu visualisateur PDF.
	Langage	Choix du langage du programme (12 langues)
	Visualisateur PDF par défaut	Lance le visualisateur PDF présent par défaut
	Visualisateur PDF préférés	Lance le visualisateur PDF sélectionné.
	Sélection Visualisateur PDF	Sélection du visualisateur PDF préféré.

6

Ensuite, passons en revue les boutons de commandes de la fenêtre générale du module gestionnaire de projets présenté en *figure 7*. On y retrouve certaines commandes du menu fichier. Comme de nombreux logiciels, les commandes des menus déroulants sont doublées par des icônes boutons de commandes.

Commandes par icônes de la barre d'outils Kicad (en haut et à gauche de l'écran)		
	Créer un nouveau descripteur de projet	Création du fichier de configuration pour un nouveau projet. Le fichier modèle kicad\template\kicad.scp, si le il existe, est copié dans le répertoire de travail courant. C'est l'outil qui permet de créer le dossier du projet. Il est recommandé de créer un dossier par projet afin de s'y retrouver facilement car sinon, c'est rapidement le pagaille surtout si on gère plusieurs projets.
	Ouvrir un descripteur de projet existant	Pour ouvrir un projet existant dans le gestionnaire Kicad
	Sauver le descripteur du projet en cours	Sauvegarde les fichiers de projet créés ou modifiés, en cours d'utilisation
	Archiver les fichiers de projet	Outil pour créer une archive compressée (zippée zip) du projet (fichiers schémas, librairie, Rcb).
	Lancement de Eeschema	Prévu pour lancer l'éditeur de schémas de la suite
	Cycpb association composant/module	Permet de compléter un fichier netliste issu du logiciel de schématique en insérant, pour chaque composant de cette netliste, le nom du module (composant) qui le représentera sur l'implantation du circuit imprimé à réaliser.
	Pcbnew	C'est l'éditeur de circuits imprimés
	GerbView	Pour visualiser des fichiers Gerber

7

Hormis quelques termes techniques nouveaux pour certains néophytes, jusqu'ici pas de problème de compréhension. Pour le moment, il suffit de lire attentivement les tableaux. Il est temps de passer à l'action. Intéressons-nous à la pratique de gestionnaire de projets en suivant la liste d'actions ci-après.

- 1 - Créer un répertoire spécifique pour sauvegarder les fichiers des **projets**;
- 2 - A l'aide de l'explorateur de Windows, créer le répertoire de sauvegarde **Kicad** dans l'unité logique de votre choix (C:\ , D:\ ou autres);
- 3 - Dans ce nouveau répertoire, créer un sous-répertoire nommé **Projets**;
- 4 - Cliquer sur le bouton **Créer un nouveau descripteur de projets**;
- 5 - Dans la fenêtre **Créer fichiers projets**, parcourir l'arborescence pour retrouver le répertoire **Kicad** que vous avez précédemment créé;
- 6 - Entrer dans le répertoire, taper le nom **Formation** dans l'espace prévu qui représentera le fichier de notre premier **projet**, puis confirmer par la touche « Entrée » ou un clic sur « **Enregistrer** »;
- 7 - Dans le fichier **Formation.pro** (projet), nous venons de créer les deux sous-fichiers **Formation.sch** (pour le schéma) et **Formation.brd** pour le circuit imprimé;

### Remarque

Vous avez certainement observé que chaque fichier créé est précédé par une icône correspondant à son module logiciel respectif : **Gestionnaire de projets**, **Eeschema** et **Pcbnew**.

Enfin, la fenêtre de droite indique les chemins où se trouvent désormais tous nos fichiers de projets. Sur notre PC, il apparaît les indications suivantes :

### Pret

Répertoire de travail: C:\DOCUMENTS\Kicad\Projets  
Répertoire de travail: C:\DOCUMENTS\Kicad\Projets

- 8 - Maintenant, double-cliquer sur **Formation.sch** présent dans la fenêtre de gauche. Comme prévu, le module **Eeschema** s'ouvre et installe une fenêtre contenant une page vierge de dessin. La commande est identique à celle du bouton **Eeschema** (Éditeur de schématique);
- 9 - Effectuer la même opération en double-cliquant sur le fichier **Formation.pcb**. C'est **Cvpcb** qui s'ouvre sur l'espace de travail du circuit-imprimé. Commande identique en cliquant sur le bouton **Pcbnew** (Éditeur de circuits imprimés);
- 10 - Cliquer sur le bouton **Sauver le descripteur de projets** puis sur **Enregistrer**;
- 11 - Quitter le module **Gestionnaire de projets** par les commandes habituelles de Windows;
- 12 - Lancer à nouveau le **Gestionnaire de projets** en cliquant sur le bouton placé sur le bureau;
- 13 - La fenêtre s'ouvre et vous retrouvez les fichiers du **projet Formation** car **Kicad** a mémorisé la dernière configuration avant de se fermer.
- 14 - Si vous cliquez sur le bouton **Ouvrir un descripteur de projets existant**, tous les **projets** qui auront été sau-

vegardés apparaîtront dans la fenêtre **Ouvrir un projet**. Ensuite, il suffit de sélectionner le fichier désiré pour travailler avec.

15 - Après ces exercices, il n'y a pas beaucoup plus à dire sur ce premier module. Alors passons à l'étape suivante : le module **Eeschema**.

## Le module Eeschema

Avec ce module, nous entrons dans le vif du sujet puisque nous sommes en présence d'un outil logiciel très complet et puissant pour dessiner les schémas qui nous serviront par la suite à concevoir les circuits imprimés. C'est plus qu'un outil de dessin. Il est doté d'intelligence grâce à plusieurs extensions du programme qui exploitent une liste d'informations indispensables au schéma pour permettre un suivi et un contrôle rigoureux des données des composants, des paramètres électriques et les connexions qui les relient.

Maintenant, il vous faut démarrer l'éditeur de schéma. Comme nous l'avons déjà remarqué aux lignes 10 et 11, deux possibilités se présentent :

- 16 - Un double clic sur l'icône du fichier **Formation.sch**
- 17 - Un clic sur le bouton de commande intitulé **Eeschema** (Éditeur de schématique);

### Remarques

- 18 - Lorsque **Eeschema** démarre pour la première fois avec un nouveau projet, un message s'affiche indiquant que le fichier de schéma n'existe pas. Cliquer sur **OK**, c'est tout.
- 19 - Le nouvel écran laisse apparaître la fenêtre globale de **Eeschema** avec une page vierge pour le futur schéma.

## Le menu Fichier



- 20 - Hormis le sous-menu **Tracer** du menu **Fichiers** déroulant (**figure 8**), pas de commentaire particulier. Les intitulés sont clairs et redondants par rapport à la première partie **Kicad**. Mais attardons-nous tout de même sur le contenu du menu **Tracer**.

## Le sous-menu Tracer

Commandes sous-menu <i>Tracer</i> du menu Fichier de <i>Eeschema</i>		
	Tracé Postscript	Pour générer des fichiers de tracé au format Postscript
	Tracé HPGL	Pour générer des fichiers de tracé au format HPGL
	Tracé SVG	Pour générer des fichiers de tracé au format SVG
	Tracé dans Presse-papier	Pour générer des fichiers de tracé dans le Press-papier

C'est le menu (**figure 9**) qui configure le choix entre les trois émulations d'impression. Le bon paramètre dépend essentiellement du type d'imprimante (laser, jet d'encre etc.) et du langage programmé de votre modèle d'imprimante.

L'émulation la plus courante à ce jour est certainement le mode HPGL du constructeur Hewlett Packard. Tous les modèles LaserJet et autres compatibles emploient le mode HPGL. Le Postscript, quant à lui, est utilisé particulièrement par le monde Apple Mac.

Enfin, l'émulation SVG (Scalable Vector Graphics) est un langage qui permet d'écrire des graphiques vectoriels 2D en XML. Il a été inventé en 1998 par un groupe de travail (comprenant Microsoft, Autodesk, Adobe, IBM, Sun, Netscape, Xerox, Apple, Corel, HP, ILOG...) pour répondre à un besoin de graphiques légers, dynamiques et interactifs. On retrouve fréquemment ce langage dans la plupart des éditeurs de chez Adobe. Fermons la parenthèse.

Comme nous sommes équipés d'une imprimante laser de la marque Brother, nous avons choisi le mode HPGL.

Ensuite, le menu déroulant **Préférences** ressemble comme deux gouttes d'eau à celui de **Kicad**. Nous reviendrons plus tard sur ce menu.

## Le menu Préférences

Commandes menu et sous-menu Préférences de la barre d'outils supérieure Kicad		
	<b>Sélection des Fontes</b>	Menu de sélection de la fonte de caractères par défaut qui sera utilisée par le gestionnaire de projet Kicad.
	<b>Visualisateur PDF</b>	Accès au sous-menu visualisateur PDF.
	<b>Langage</b>	Choix du langage du programme (12 langues).
	<b>Visualisateur PDF par défaut</b>	Lance le visualisateur PDF présent par défaut.
	<b>Visualisateur PDF préféré</b>	Lance le visualisateur PDF sélectionné.
	<b>Sélection Visualisateur PDF</b>	Sélection du visualisateur PDF préféré

10

Le menu **Préférences** (**figure 10**) sera développé ultérieurement et fera l'objet de plus de détails au moment opportun.

## La barre d'outils gauche

Commandes par icônes de la barre d'outils Kicad (en haut et à gauche de l'écran)		
	<b>Créer un nouveau descripteur de projet</b>	Création du fichier de configuration pour un nouveau projet. Le fichier modèle <code>kicad.template/kicad.pro</code> (s'il existe) est copié dans le répertoire de travail courant. C'est l'outil qui permet de créer le dossier du projet. Il est recommandé de créer un dossier par projet afin de s'y retrouver facilement car sinon, c'est rapidement la pagaille surtout si on gère plusieurs projets.
	<b>Ouvrir un descripteur de projet existant</b>	Pour ouvrir un projet existant dans le gestionnaire Kicad.
	<b>Sauver le descripteur de projet en cours</b>	Sauvegarde les fichiers de projet créés ou modifiés en cours d'utilisation.
	<b>Archiver les fichiers de projet</b>	Outil pour créer une archive compressée (zippée zip) du projet (fichiers schémas, librairie Pcb).
	<b>Lancement de Eeschema</b>	Prévu pour lancer l'éditeur de schémas de la suite.
	<b>Cvpcb association composant/module</b>	Permet de compléter un fichier <code>netliste</code> issu du logiciel de schématisation en insérant, pour chaque composant de cette netliste, le nom du module (composant) qui le représentera sur l'implantation du circuit imprimé à réaliser.
	<b>Pcbnew</b>	C'est l'éditeur de circuits imprimés.
	<b>GerbView</b>	Pour visualiser des fichiers Gerber.

11

La **figure 11** appelle quelques commentaires et les éclaircissements suivants :

### • Afficher la grille/Grille non montrée

Pour faciliter le dessin, en fond de page on peut faire apparaître une grille à l'écran (quadrillage). Deux options sont possibles : *Afficher la grille* ou *Grille non montrée*;

### • Unités = pouces ou mm

Le curseur de tracé de schéma se déplace sur une grille qui peut être affichée ou non. Par défaut, elle est au pas de 1,27 mm, soit cinquante millièmes de pouce.

On peut utiliser la grille moyenne de vingt millièmes ou plus fine de dix millièmes. Concernant les schémas, aucune importance, en revanche, pour la création de composants, on aura intérêt à utiliser la grille moyenne, voire fine.

### • Sélection de la forme du curseur

N'appelle pas de commentaires, c'est au choix de chacun.

### • Force affichage des pins invisibles

Cette fonction mérite de s'y attarder. Pour ne pas encombrer le schéma, certaines **pins** des composants ne sont pas visibles. Par exemple, il est inutile de faire apparaître les pins NC dites **non connectées** ou bien les pins d'alimentations des circuits digitaux, etc. Cette commande assure l'apparition ou la disparition des pins qui ont été marquées **invisibles** lors de la création du composant. Nous en reparlerons ultérieurement.

### • Tracer traits de direction quelconque

Là encore, pas de commentaire particulier, le tableau est clair, soit on laisse le libre choix au placement des composants et des liaisons, soit on fixe les règles sur le pas du quadrillage configuré.

## La barre générale d'outils

Commandes par icônes de la barre d'outils Eeschema (en haut de l'écran)		
	<b>Nouveau Projet schématique</b>	Création d'un nouveau schéma.
	<b>Ouvrir un Projet schématique</b>	Ouverture d'un ancien schéma.
	<b>Sauver le Projet schématique</b>	Sauvegarde du schéma complet, avec toutes les feuilles de la hiérarchie.
	<b>Ajustage de la feuille de dessin (dimensions, texte)</b>	Sélection de la taille de la feuille de dessin (A4, A3, A2 etc) et modification du contenu du cartouche.
	<b>Appel de l'éditeur de librairies et de composants</b>	Appel de l'éditeur de composants Libedit pour examen, modification, édition des composants en librairie.
	<b>Appel du visualisateur des contenus de librairies</b>	Appel du visualisateur de librairie ViewLibs.
	<b>Navigation dans la hiérarchie</b>	Appel au navigateur permettant la visualisation de l'arborescence de la hiérarchie du schéma (s'il contient des sous-feuilles) et la sélection immédiate de n'importe quel schéma de la hiérarchie.
	<b>Suppression des éléments sélectionnés</b>	Suppression des éléments sélectionnés lors d'un move block.
	<b>Copie des éléments sélectionnés</b>	Copie des éléments sélectionnés lors d'un move block dans une mémoire de sauvegarde.
	<b>Copie des éléments sauvegardés</b>	Copie du dernier élément ou block effacé ou sauvegardé dans le schéma en cours.
	<b>Défait dernière édition</b>	Annulation du dernier effacement (jusqu'à 10 niveaux).
	<b>Refait la dernière commande défaut</b>	Accès au menu de gestion de l'impression des schémas.
	<b>Impression des feuilles de schéma</b>	Appel à CvPcb.
	<b>Appel de CvPcb (gestion des associations composant/module)</b>	Appel à Pcbnew.
	<b>Appel de Pcbnew (éditeur de Circuits imprimés)</b>	Zoom plus et Zoom moins autour du centre de l'écran.
	<b>Zoom + (F4)</b>	Redessin de l'écran et Zoom optimal.
	<b>Zoom - (F2)</b>	Appel au menu de localisation de composants et de textes.
	<b>Redessin (F3)</b>	Création de la netliste (format Pcbnew ou spice).
	<b>Zoom automatique</b>	Auto numérotation des composants.
	<b>Recherche de composants et textes</b>	Pour trouver facilement le ou les composants dans un schéma complexe.
	<b>Génération de la netliste</b>	Génération de la liste des composants et/ou labels hiérarchiques.
	<b>Annoter les composants</b>	Auto numérotation des composants.
	<b>Contrôle des règles électriques</b>	ERC (Electrical Rule Check) : contrôle automatique des connexions électriques.
	<b>Liste des composants et références croisées</b>	Génération de la liste des composants (nomenclature).

12

## La barre d'outils droite

Commandes par icônes de la barre d'outils Eeschema (à droite de l'écran)	
	Reprendre le curseur de la souris Arrêt de la commande en cours, annulation de l'outil en cours.
	Navigaison dans la hiérarchie : permet d'entrer dans une sous-feuille du schéma à afficher (cliquer dans le symbole de cette sous-feuille) ou de remonter d'un niveau dans la hiérarchie (cliquer n'importe où sauf dans un symbole de sous-feuille).
	Ajouter composants Appel au menu de placement d'un composant.
	Add Alims Appel au menu de placement d'alimentations (powers).
	Addition de fils de connexion Placement de fils de connexion (Wires).
	Addition de bus Placement de bus.
	Addition d'entrées de bus (type fil vers bus) Placement de raccords de fils à bus. Ils n'ont qu'un tête décoratif et n'ont pas de pouvoir de connexion, ils ne doivent pas être utilisés pour des connexions entre deux fils.
	Addition d'entrées de bus (type bus vers bus) Placement de raccords de bus à bus. Ils ne peuvent connecter que deux bus entre eux.
	Addition de symbole de non-connexion Placement de symbole de Non-connexion. Ils sont à placer sur des pins de composant que l'on ne veut pas connecter. Sont dans la fonction ERC. Pour vérifier s'il est normal d'avoir une pin non-connectée ou si c'est un oubli.
	Addition de labels sur fils ou bus Placement d'un label (label local). Deux fils peuvent être connectés entre eux par deux labels identiques dans la même feuille. Pour des connexions entre deux feuilles différentes, il faut utiliser des symboles globaux.
	Addition de labels globaux Placement d'un label global. Cela permet d'assurer une connexion entre la sous-feuille où l'on place le label et la feuille racine qui contient le symbole de sous-feuille.
	Addition de jonctions Placement d'une jonction. A placer sur le point d'intersection de deux fils, ou d'un fil et une pin, lorsqu'il faut y avoir ambiguïté, c'est à dire si une extrémité du fil ou de la pin n'est pas raccordée à une des extrémités de l'autre fil.
	Importation de labels globaux et création de pins correspondantes Importation des labels globaux de la sous-feuille pour créer des points de connexion. Cela suppose que l'on a déjà créé dans cette sous-feuille des labels globaux. Pour ce symbole de hiérarchie, les points de connexion créés sont équivalents aux pins d'un composant classique et doivent être connectés par des fils.
	Addition de pins de hiérarchie dans les symboles de hiérarchie Création de labels globaux de la sous-feuille pour créer des points de connexion. C'est une fonction analogue à la précédente qui ne nécessite pas d'avoir créé les symboles globaux définis.
	Addition de lignes ou polygones graphiques Tracé de traits pour encadrements. N'a qu'une valeur décorative et mesure aucune connexion.
	Addition de textes graphiques (commentaires) Placement de textes de commentaire. N'a qu'une valeur décorative.
	Suppression d'éléments Effacement de l'élément schématisé obtenu par le souris. Si plusieurs éléments superposés sont pointés, la priorité est donnée au plus petit (selon l'ordre de priorité décroissante : jonction, Nonconnect, fil, bus, texte, composant). Les feuilles de hiérarchie ne sont pas effacées par cette commande. Remarque : la fonction Undo de la barre d'outil générale permet l'annulation des derniers événements.

13

Les figures 12 et 13 sont suffisamment explicites pour qu'on ne s'y attarde pas. La manipulation du module logiciel sera plus efficace pour la compréhension de la fonction de chaque commande que nous utiliserons au fur et à mesure que nous avancerons dans le schéma. Sachez que des menus **Pop up** contextuels sont disponibles comme raccourcis. Nous les exploiterons aux moments opportuns. Je vous imagine impatient de passer à la pratique. Alors ne boudons pas plus longtemps notre plaisir. Précédemment, à l'étape 20, nous étions restés avec l'affichage de la page vierge pour le tracé du schéma. Commençons par explorer quelques commandes importantes que nous avons volontairement passées sous silence pour les réserver à la phase configuration du module logiciel Eeschema.

## Les options du menu Préférences

21 - Sélectionner le menu **Préférences**, puis **Libs** et **Rep** la figure 14 apparaît.

Cette fenêtre représente les paramètres de configuration qui sont essentiellement :

- La définition du chemin automatique pour les librairies de composants;
- La liste visible des librairies de composants avec les outils pour supprimer, ajouter et insérer un composant ou une librairie;

14



14

- Le format des **netlistes** générées, avec la possibilité d'en importer des logiciels OrCAD, Cadstar ou Spice.

### Remarques

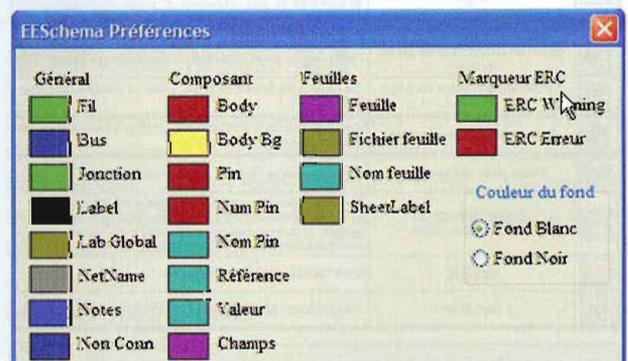
- Tous les paramètres de cette configuration sont mémorisés dans le fichier **projet.pro**. Pour notre cas, c'est **Formation.pro**;

- On peut avoir différents fichiers de configurations, dans différents répertoires de travail.

Eeschema recherche et utilise par ordre de priorité décroissante :

1. le fichier de configuration **projet.pro** dans le répertoire courant;
2. le fichier de configuration **kicad.pro** dans le répertoire **template** de l'arborescence **kicad**. Ce fichier peut donc être une configuration par défaut;
3. des valeurs par défaut si aucun fichier n'est trouvé. Il faudra au moins alors remplir la liste des librairies à charger et à sauver la configuration.

22 - Sélectionner le menu **Préférences**, puis **Couleurs**. La figure 15 apparaît.

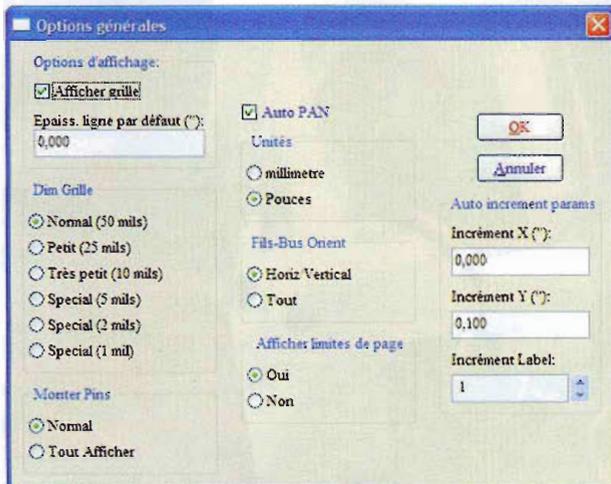


15

C'est à partir de cette fenêtre que chacun pourra à souhait personnaliser les couleurs des divers éléments de dessin et celle du fond d'écran (blanc ou noir uniquement). Comme la préconfiguration nous convient, nous ne changeons rien. Chacun fera comme il le souhaite.

**23** - En sélectionnant le menu **Préférences**, puis **Options**, la **figure 16** apparaît avec elle aussi sa pré-configuration de base. On y retrouve une partie des paramètres déjà vus précédemment.

**24** - Attardons-nous quelques instants sur certains paramètres nouveaux indiqués en **figure 17**. Là encore, la configuration par défaut nous convient, c'est pourquoi nous ne changeons rien.



16

Le menu Options générales de EESchema	
Afficher Grille	Si actif = affichage de la grille de travail
Dim Grille	Pour travailler au pas de la grille normale (0,050 pouce ou 1,27 mm) Les grilles plus fines sont utiles pour la construction de composants de bibliothèque
Monter Pins	Si actif sur tout à afficher = affichage des pins normalement invisibles (permet de visualiser les pins d'alimentations par exemple) Sur Normal = les pins déclarés invisibles, disparaissent
Unités	Sélection de l'unité d'affichage des coordonnées en X et en Y du curseur (Inches ou millimètres)
Fil-Bus orient	Si Horiz/vertical est actif = on ne peut tracer que des traits horizontaux ou verticaux Si sur Tout = on peut tracer des traits d'inclinaison quelconque
Auto Pan	Si actif = recadrage automatique si le curseur sort de la fenêtre, en tracé de fils ou en déplacement d'éléments
Incrément X	Valeur du décalage selon l'axe X lors de la duplication de l'élément (valeur usuelle 0)
Incrément Y	Valeur du décalage selon l'axe Y lors de la duplication de l'élément (valeur usuelle 0,100 pouce ou 2,54 mm)
Incrément Label	Valeur de l'incrément de texte pour duplication de textes terminés par un nombre, tels que membres de Bus (valeur usuelle 1 ou -1)

17

## Le menu Sélection Fonte

ab fonte pour boîtes de dialogue  
ab fonte pour affichage infos  
ab fonte pour ligne d'état

18

Le menu de la **figure 18** ne réclame pas de commentaire particulier. Ce sera au choix de chacun, selon ses goûts et préférences. Comme précédemment, la pré-configuration nous convient, alors nous la conservons.

## Le menu Langage

Par défaut, c'est le français qui a été choisi, cela tombe bien, donc rien à ajouter.

### Remarques

Si vous changez de langage, il sera nécessaire de relancer **EESchema** pour la prise en compte du langage choisi.

## Le menu Sauver EESchema Options

Comme son nom l'indique, c'est la commande qui assure

la sauvegarde des paramètres des options dans le fichier avec l'extension **.pro**, exemple **Formation.pro**.

## Le menu Lire configuration

L'inverse du précédent menu, pour lire les configurations des options sauvegardées dans le fichier **.pro**.

## Outils de la barre générale

### • Gestion de la feuille de tracé



**25** - Cliquer sur l'icône de commande pour ouvrir la fenêtre **Choix de la page**. Les fonctions de cette commande ont été expliquées précédemment (voir « La barre générale d'outils » et la figure 12). Maintenant il est temps de renseigner le cartouche de la feuille de tracé qui est ouverte.

**26** - Si ce n'est pas déjà effectué, sélectionnons le format de la page en cliquant sur le bouton **Taille A4**;

**27** - Dans le champ **Révision**

taper **1**;

**28** - Dans le champ **Titre**,

taper **Formation à la suite Kicad**;

**29** - Dans le champ **Société**

taper **Electronique Pratique** ;

**30** - Dans le champ **Commentaire 1** :

taper **Prise en main du module logiciel EESchema**;

**31** - Dans le champ **Commentaire 2** :

taper **Manipulation de la librairie** ;

**32** - Dans le champ **Commentaire 3** :

taper **Création d'une Netliste** ;

**33** - Dans le champ **Commentaire 4** :

taper **Création de symboles** ;

**34** - Le paramètre **Exporter vers une autre feuille** sert à renseigner tous les cartouches des autres feuilles si le dessin du tracé utilise plusieurs feuilles de dessin dans un même projet.

**35** - Cliquer sur **OK**, on constate que tous les champs du cartouche sont renseignés, que la date et le nombre de pages sont inscrits automatiquement et que la version du module logiciel **EESchema** est visible.

**36** - Les autres commandes des barres d'outils seront décrites tout au long de la phase de tracé, lorsque nous les utiliserons.

Ainsi se termine cette partie. Dans notre prochain numéro, nous traiterons de la création et de l'édition d'un schéma, lequel nécessitera souvent plusieurs feuilles, l'ensemble de ces feuilles constituant pour EESchema un « projet ».

à suivre

G. KOSSMANN

gabriel.kossmann@wanadoo.fr

## Bibliographie et documentation

• KiCad Tutoriel Pas à Pas

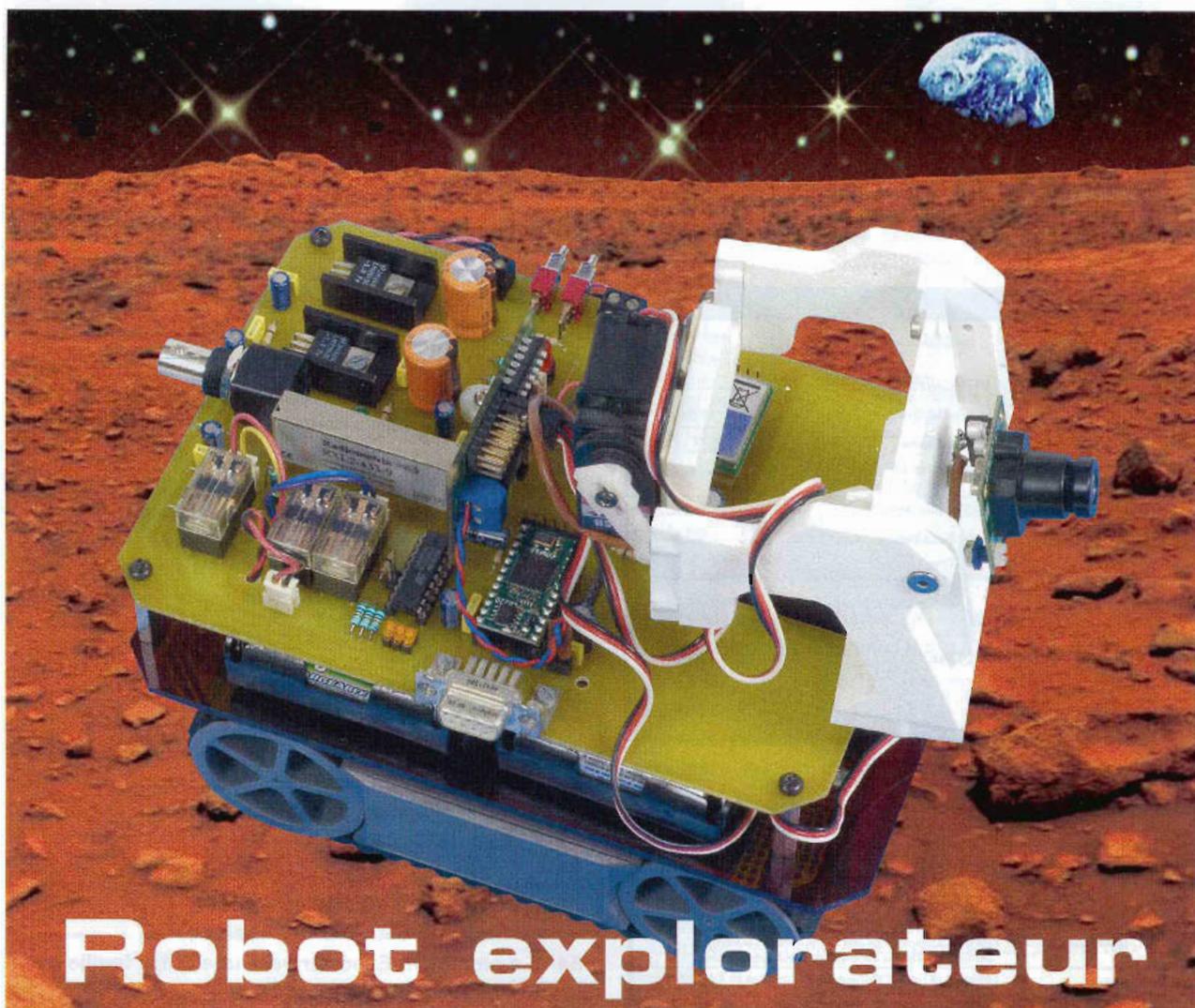
© 2006 David Jahshan: kicad at iridec.com.au

Traduction française : Sébastien Celles (s.c/s at laposte.net)

• KiCad EESchema

Jean-Pierre Charras

Version programme : juillet 2005



## Robot explorateur

La robotique « ludique » est en plein essor. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder le rayon « jouets » de pratiquement tous les magasins, en particulier au moment de Noël. Les robots attirent aussi bien les petits que les grands. Cependant, utiliser un produit fini ne procure pas le même plaisir que construire son propre modèle. C'est pourquoi nous vous proposons aussi souvent que possible des réalisations dans ce domaine.

**T**ractor, le robot que nous décrivons dans ces pages, est un modèle relativement simple qui possède une fonction de base : il est doté d'une caméra permettant de le piloter dans des endroits où il n'est pas visible par l'utilisateur.

Ce robot est également évolutif car nous avons laissé « libres » plusieurs ports d'entrées/sorties permettant la commande de divers systèmes tels des capteurs infrarouges ou ultrasons, des télémètres, des servomoteurs, etc.

La réalisation de « Tractor » est relativement aisée car nous avons fait appel à plusieurs sous-ensembles qui simplifient notablement la mise au point de l'électronique et des logiciels.

Le prix de revient s'en ressent quelque peu, mais la reproductibilité est assurée et l'on obtient immédiatement un fonctionnement correct.

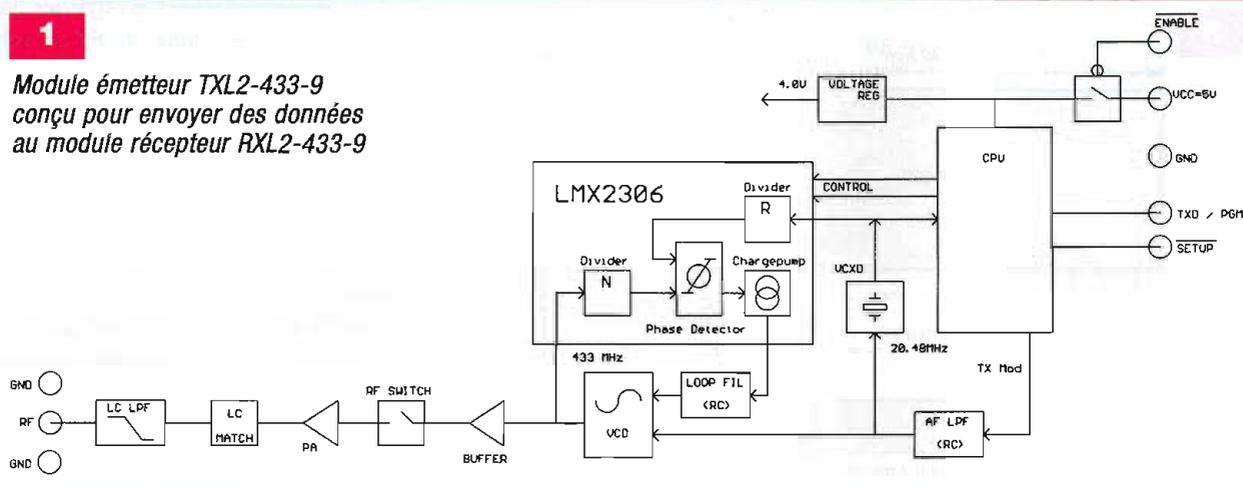
### Caractéristiques générales

Les caractéristiques du robot sont les suivantes :

- le châssis est un modèle à chenilles, mues par deux moteurs CC
- une tourelle sur laquelle est fixée une caméra est orientable au moyen de deux servomoteurs suivant les axes X et Y
- un module récepteur intégré (bande des 433 MHz) reçoit les ordres permettant de piloter le mobile dans toutes les directions, ainsi que d'orienter la caméra
- un émetteur vidéo/audio intégré (bande des 2,4 GHz) émet le signal vidéo issu de la caméra
- les servomoteurs sont commandés par un module, au moyen d'ordres très simples. Ce module peut piloter jusqu'à huit servomoteurs
- Cinq sorties pour servomoteurs

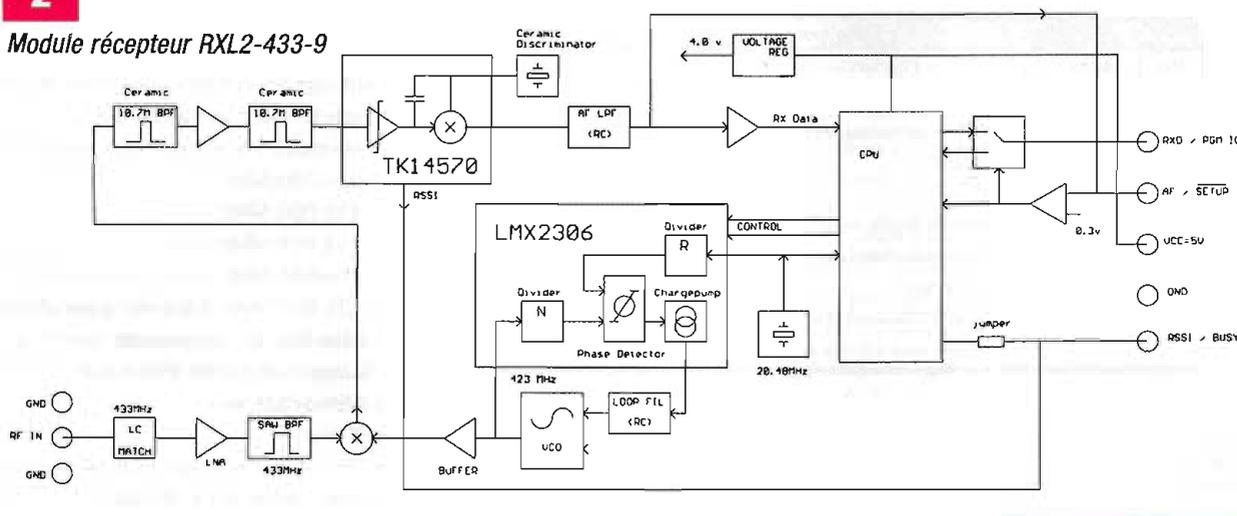
1

**Module émetteur TXL2-433-9**  
conçu pour envoyer des données  
au module récepteur RXL2-433-9



2

**Module récepteur RXL2-433-9**



supplémentaires sont laissées « libres » et peuvent être utilisées par le réalisateur

- la télécommande est équipée d'un module émetteur intégré et d'un récepteur vidéo/audio pouvant être raccordé à n'importe quel moniteur ou téléviseur disposant d'une entrée vidéo (1 V, 75 Ω)

- Onze ports d'entrées/sorties supplémentaires du microcontrôleur sont accessibles sur des connecteurs pour des applications futures.

L'un d'eux est un port de puissance permettant de disposer d'un niveau de 5 V sous 200 mA

## Les modules 433 MHz

Les modules utilisés pour la télécommande de « Tractor » sont les nouveaux émetteurs et récepteurs de la gamme Radiometrix. Ces deux modules sont en fait un modem TLD2A-433 bidirectionnel qui a été

séparé en deux parties : la partie émettrice et la partie réceptrice.

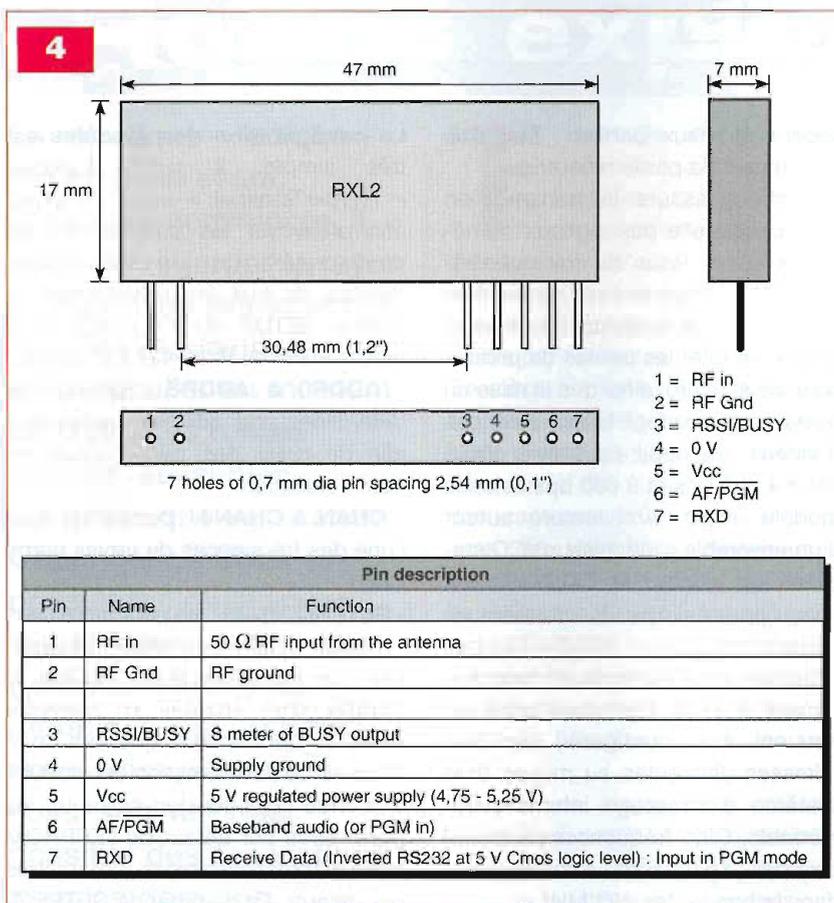
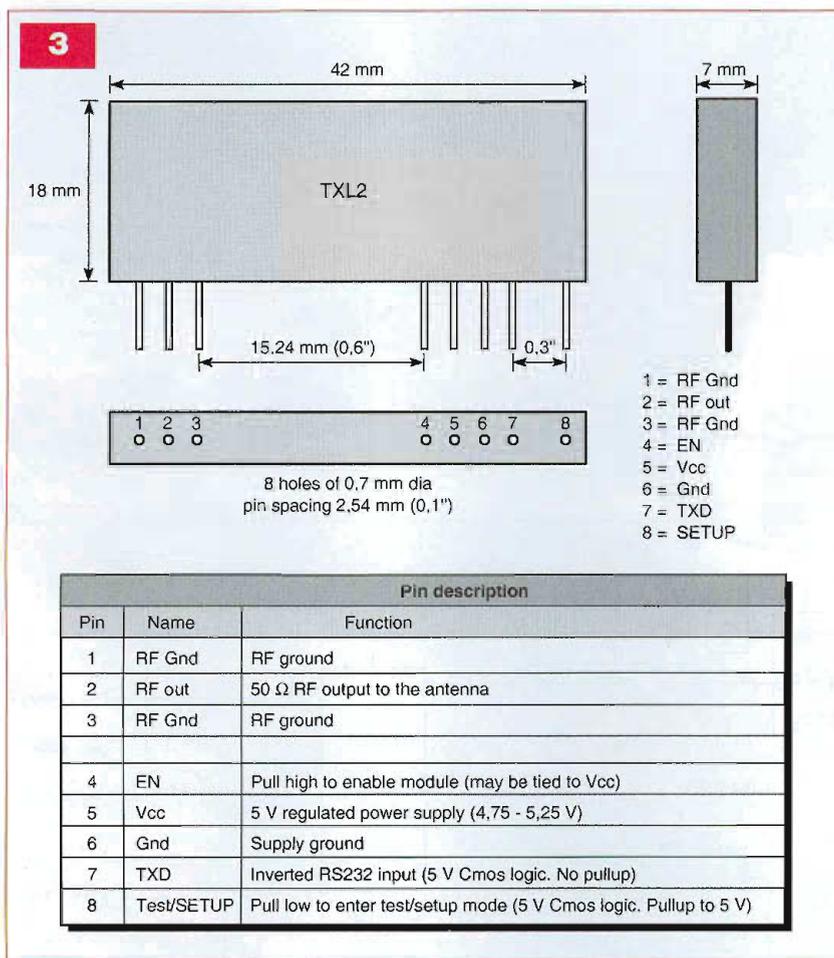
L'émetteur assure la transmission unidirectionnelle des signaux numériques séries issus du microcontrôleur de la télécommande de manière totalement transparente. Le module génère en effet les trames de préambule, de synchro, ainsi que la mise en packets et le codage Manchester des données. Le débit peut être choisi entre 4 800 bps et 9 600 bps selon le modèle utilisé. Architecturé autour d'un ensemble synthétiseur/VCO stabilisé par quartz, le TXL2-433 est conçu pour envoyer des données au module récepteur RXL2-433. Les schémas internes sont donnés aux figures 1 et 2. Ces deux modules peuvent être configurés sur huit adresses différentes au moyen d'un système d'adressage interne paramétrable. Cinq fréquences de travail peuvent également être choisies dans la bande des 433 MHz.

**La configuration des modules** est très simple. Il suffit d'utiliser « l'HyperTerminal » sous Windows afin d'envoyer les commandes de configuration qui ne sont qu'un nombre de huit (en positionnant la broche SETUP du TXL2-433 et la broche PGM/ du RXL2-433 à la masse) :

- **ADDR0 à ADDR8** : permet de déterminer une adresse particulière afin de créer des mini-réseaux de communication

- **CHAN à CHAN4** : permet de fixer l'une des fréquences de travail parmi cinq

- **SETPROGRAM** : les paramètres des adresses et des fréquences déterminés par les instructions ADDR<sub>x</sub> et CHAN<sub>x</sub> sont stockés en mémoire RAM, ce qui implique que lors de la coupure de l'alimentation du module, à la mise sous tension suivante, les paramètres par défaut de l'EEPROM interne seront rechargés (paramètres par défaut). La commande SETPRO-



GRAM permet de sauvegarder les valeurs écrites dans la RAM vers l'EEPROM

- **NOTONE** : destiné à la réalisation de tests; émission d'une trame non modulée

- **LFTONE** : destiné à la réalisation de tests; émission d'une trame modulée par un signal carré d'une fréquence de 8 kHz

- **HFTONE** : destiné à la réalisation de tests; émission d'une trame modulée par un signal carré d'une fréquence de 16 kHz

- # : stoppe la transmission HF

## Les modules TXL2-433 et RXL2-433

Les caractéristiques électriques des modules sont les suivantes :

- **Fréquences - 5 canaux au choix :**

- 434,245 MHz
- 433,285 MHz
- 433,605 MHz
- 434,565 MHz
- 433,925 MHz (fréquence par défaut)

- **Stabilité en fréquence :** +/- 10 kHz

- **Largeur de bande d'un canal :** 320 kHz

- **Alimentation :**

- 5 Vcc
- 25 mA en émission et 8mA en mode « idle » pour le TXL2-433
- Puissance d'émission de 10 mW (+10 dBm)
- 22 mA en réception et en mode « idle » (sommeil) pour le RXL2-433
- -107dBm de sensibilité du récepteur RXL2-433

- **Dimensions :**

- 43 x 19 x 7 mm pour le TXL2-433
- 33 x 23 x 7 mm pour le RXL2-433

Le brochage des deux modules est donné aux **figures 3 et 4**.

Le TXL2-433 dispose d'une broche (EN) qui peut être utilisée, en la connectant à la masse, pour arrêter le fonctionnement de l'émetteur.

Le RXL2-433 possède une broche RSSI qui indique l'amplitude du signal reçu et qui peut également servir à visualiser, via un transistor et une led, la réception d'une donnée.

Plusieurs types d'antennes peuvent être utilisés selon la portée désirée. Le **figure 5** représente les trois principaux : hélicoïdale, boucle (circuit imprimé) et brin. L'antenne la plus

efficace est l'antenne « brin » qui permet la portée maximale.

## La commande des servomoteurs

Bien que le microcontrôleur CB220 que nous avons utilisé pour le robot puisse commander trois servomoteurs, nous avons préféré employer une platine additionnelle dédiée, la SMCpro (commercialisée par la société Lextronic).

Cette façon de procéder simplifie notablement la programmation du  $\mu C$  et permet également, le robot devant être évolutif, de disposer de six sorties supplémentaires.

La SMCpro permet en effet la commande de huit servomoteurs. Le dessin publié en **figure 6** montre l'aspect physique et la fonction de chacun des composants de la platine.

Les caractéristiques de la SMCpro sont données ci-dessous :

- alimentation sous 5V (faire très attention à la polarité, le module n'étant pas protégé)
- huit SMCpro peuvent être connectés ensemble au moyen du port du bus d'extension. On peut ainsi commander jusqu'à 256 servomoteurs
- le module peut être piloté par le port série d'un PC
- le module peut être piloté par l'interface série d'un microcontrôleur (niveaux TTL)
- le débit de la communication est, au choix, de 4 800 bps ou 9 600 bps
- l'angle et la vitesse de déplacement peuvent être réglés séparément pour chacun des servomoteurs.

Les **figures 7** et **8** donnent respectivement le brochage des divers connecteurs et la fonction du DIP Switch.

La programmation de la platine SMCpro est très simple puisqu'il suffit de lui envoyer une série de trois données numériques.

Cette série se décompose ainsi :

Format de la donnée : [Numéro du servomoteur], [Message], [Donnée] où :

- **Numéro du servomoteur** entre 0 et 7
- **Message** : 0 si la donnée suivante concerne la vitesse ou 1 si la donnée concerne l'angle de déplacement
- **Donnée** : 0 à 255 pour la vitesse et 0 à 180 pour l'angle.

5

**a) Helical antenna**  
0,5 mm enameled copper wire  
close wound on 3,2 mm diameter former  
433 MHz = 24 turns

**b) Loop antenna**  
Feed point 15 % to total loop length  
track width = 1 mm  
4 to 10 cm<sup>2</sup> inside area

**c) Whip antenna**  
16,4 cm  
Wire, rod, PCB-track or a combination of these three  
433 MHz = 16,4 cm total from RF pin.

6

DIP Switch  
Port du bus d'extension  
Port de connexion au PICBASIC  
Port de connexion au PC  
Connexions des servomoteurs  
Alimentation + 5 V  
Reset

7

**1. RS232 (PC)**  
GND  
PC TXD  
PC RXD

**2. Port RS232 (PICBasic)**  
5V  
GND  
TXD  
RXD

8

**3. Port d'extension pour la connexion de plusieurs modules SMCpro**

DIP Switch  
ON  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
Déterminent l'adresse de base  
ON = 9 600 bauds  
OFF = 4 800 bauds

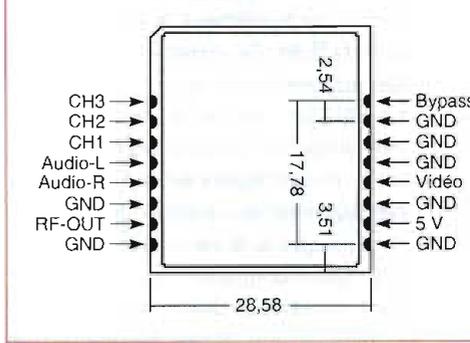
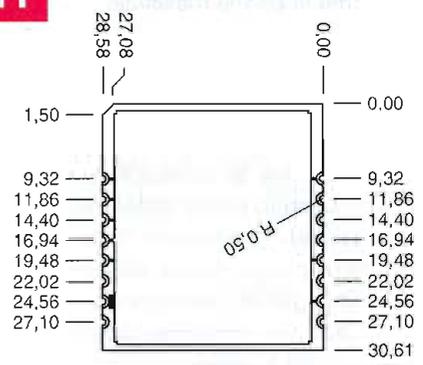


Bande de fréquence	2400 ~ 2483 MHz
Principe de canalisation	Synthétiseur PLL
Canaux sélectionnables (*)	CH1 : 2414 MHz, CH2 : 2432 MHz, CH3 : 2450 MHz, CH4 : 2468 MHz
Modulation/démodulation vidéo-audio	FM-FM
Tension d'alimentation	+5 Vcc (± 2 %)
Consommation	55 mA typ.
Puissance RF	10 dBm ± 1 dBm
Précision fréquence 2,4 GHz	± 100 kHz, typ.
Sortie antenne	50 Ω
Impédance entrée vidéo	75 Ω
Niveau d'entrée vidéo	1 V <sub>p-p</sub> , typ.
Niveau d'entrée audio	3 V <sub>p-p</sub> , max.
Gamme de température d'utilisation	+ 10 à + 50 °C

**9**

Bande de fréquence	2400 - 2483 MHz
Principe de canalisation	Synthétiseur PLL
Canaux sélectionnables (*)	CH1 : 2414 MHz, CH2 : 2432 MHz, CH3 : 2450 MHz, CH4 : 2468 MHz
Modulation/démodulation vidéo-audio	FM-FM
Tension d'alimentation	+5 Vcc (± 2 %)
Consommation	140 à 180 mA typ.
Imput signal range	- 85 - - 10 dBm
Niveau de sortie vidéo	1 V <sub>p-p</sub> , typ. (± 0,2 Volt)
Réponse en fréquence	± 5 dB, max. 50 Hz ~ 5,5 MHz
Rapport S/B (100 kHz, 1 V <sub>p-p</sub> Sine Wave)	40 dB, min.
Plage de fréquence en sortie	50 Hz ~ 20 kHz
Niveau du signal de sortie (modulation signal sinusoïdale 50 Hz à 15 kHz)	3 V <sub>p-p</sub> , typ. (± 0,3 Volt)
Réponse fréquence audio	50 Hz ~ 15 kHz (- 3 dB Bandwidth)
Rapport S/B (50 Hz ~ 15 kHz)	50 dB, typ. (± 3 dB)
Gamme de température d'utilisation	+ 10 à + 50 °C

**11**



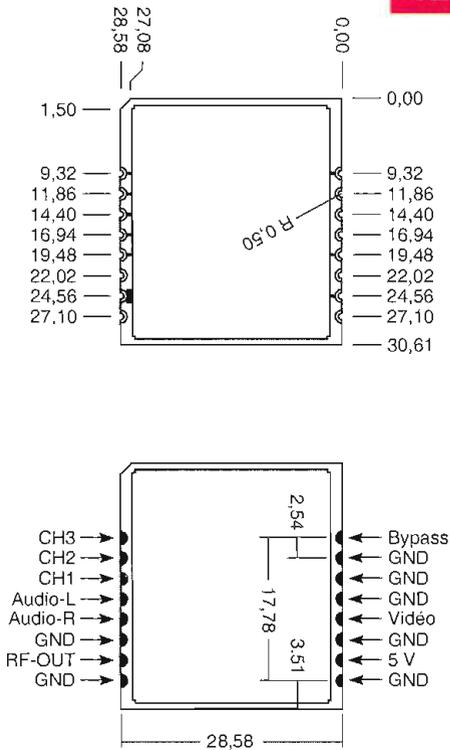
**10**

Par exemple, le CUBLOC enverra Putstr 1, 0, 0, 255 et Putstr 1, 0, 1, 90. La première instruction envoie par le port série 1, un ordre au servomoteur, 0 lui indiquant la vitesse maximale. La seconde instruction envoie par le port série 1, un ordre au servomoteur, 0 lui indiquant de prendre la position neutre (90°).

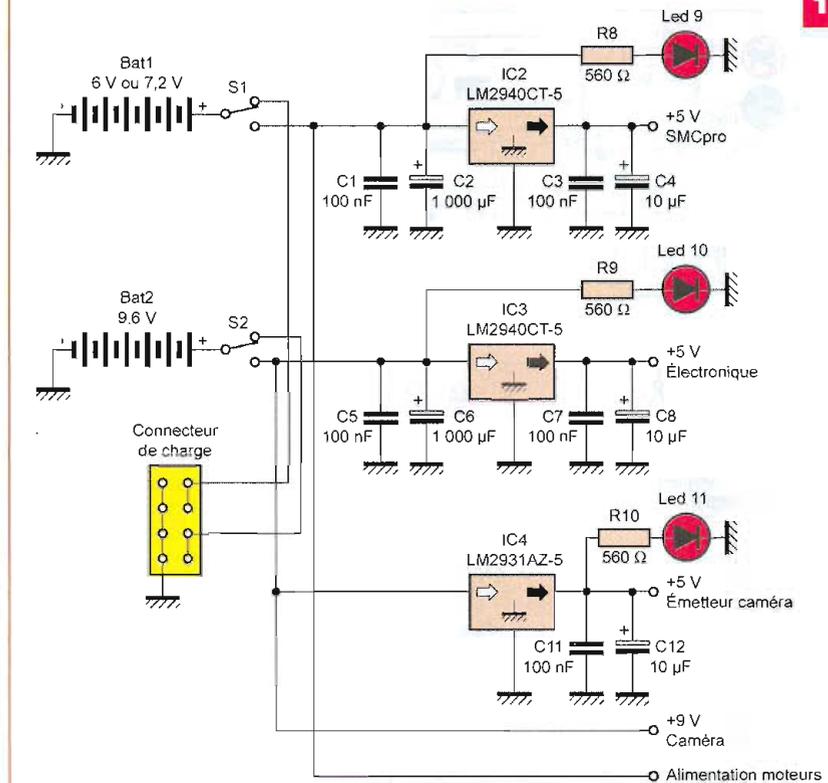
## Les modules vidéo 2,4 GHz

La transmission et la réception vidéo (et audio optionnelle) sont assurées par les modules AJV24r et AJV24e. Ces modules, distribués par la société Lextronic, sont connus de certains de nos lecteurs car nous les avons utilisés dans une précédente réalisation. Les tableaux donnés aux figures 9 et 10 indiquent les caractéristiques électriques de chacun des modules. Quant aux brochages et dimensions, ils sont représentés par les figures 11 et 12. Cet ensemble E/R dispose de quatre fréquences de travail sélectionnables au moyen de petits commutateurs. Plusieurs modules peuvent alors être utilisés dans le même espace. Un point important est à signaler : l'émetteur ne doit absolument pas

12



13a



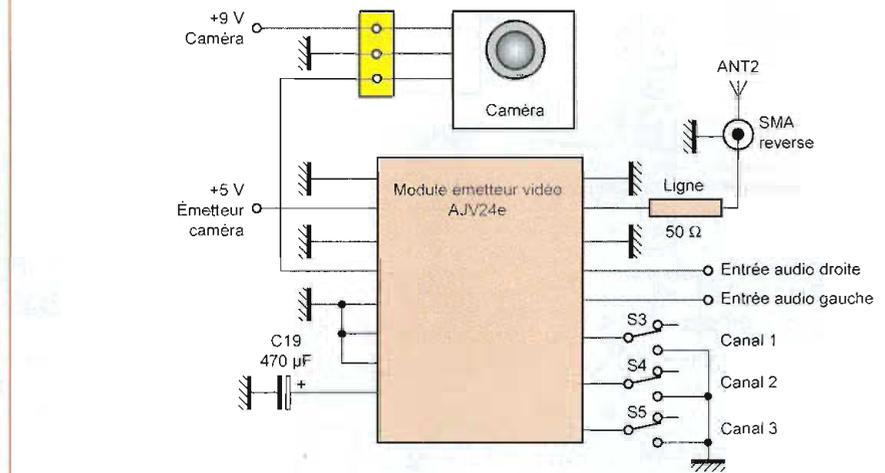
être mis sous tension sans antenne, ce qui pourrait occasionner sa destruction.

## Principe de « Tractor »

Le schéma de principe du robot est donné en figures 13a et 13b. Son alimentation est assurée par deux packs de batteries NiMh : l'un fournit une tension de 9,6 V et présente une capacité de 1000 mAh à 1500 mAh, tandis que l'autre doit fournir une tension de 6 V à 7,2 V et disposer d'une capacité de 2000 mAh minimum.

C'est ce dernier qui est chargé d'alimenter les moteurs de propulsion, les relais et les servomoteurs (photo A). Trois régulateurs de tension à faible tension de déchet sont utilisés. Deux sont de type LM2940CT-5 et un de type LM2931AZ-5. Les deux premiers peuvent fournir un courant de 1 A et sont chargés d'alimenter l'électronique et les servomoteurs, tandis que le dernier, ne pouvant débiter qu'un courant de 100 mA, n'alimente que l'émetteur vidéo.

Cette façon de procéder, en séparant les alimentations, permet de s'affranchir au maximum des parasites électriques occasionnés par le fonction-



nement des moteurs de propulsion. Ces derniers sont, malgré tout, très largement antiparasités au moyen de deux selfs et d'un condensateur.

La réception des ordres, via le module récepteur RXL2-433, émanant de la télécommande et leur interprétation, ainsi que la commande des relais et de la platine SMCpro, sont confiées à un microcontrôleur de type CB220.

Seulement cinq ports du µC sont utilisés pour la gestion du robot : les ports TX et RX et les ports P12, P13 et P14. Un circuit intégré ULN2803A

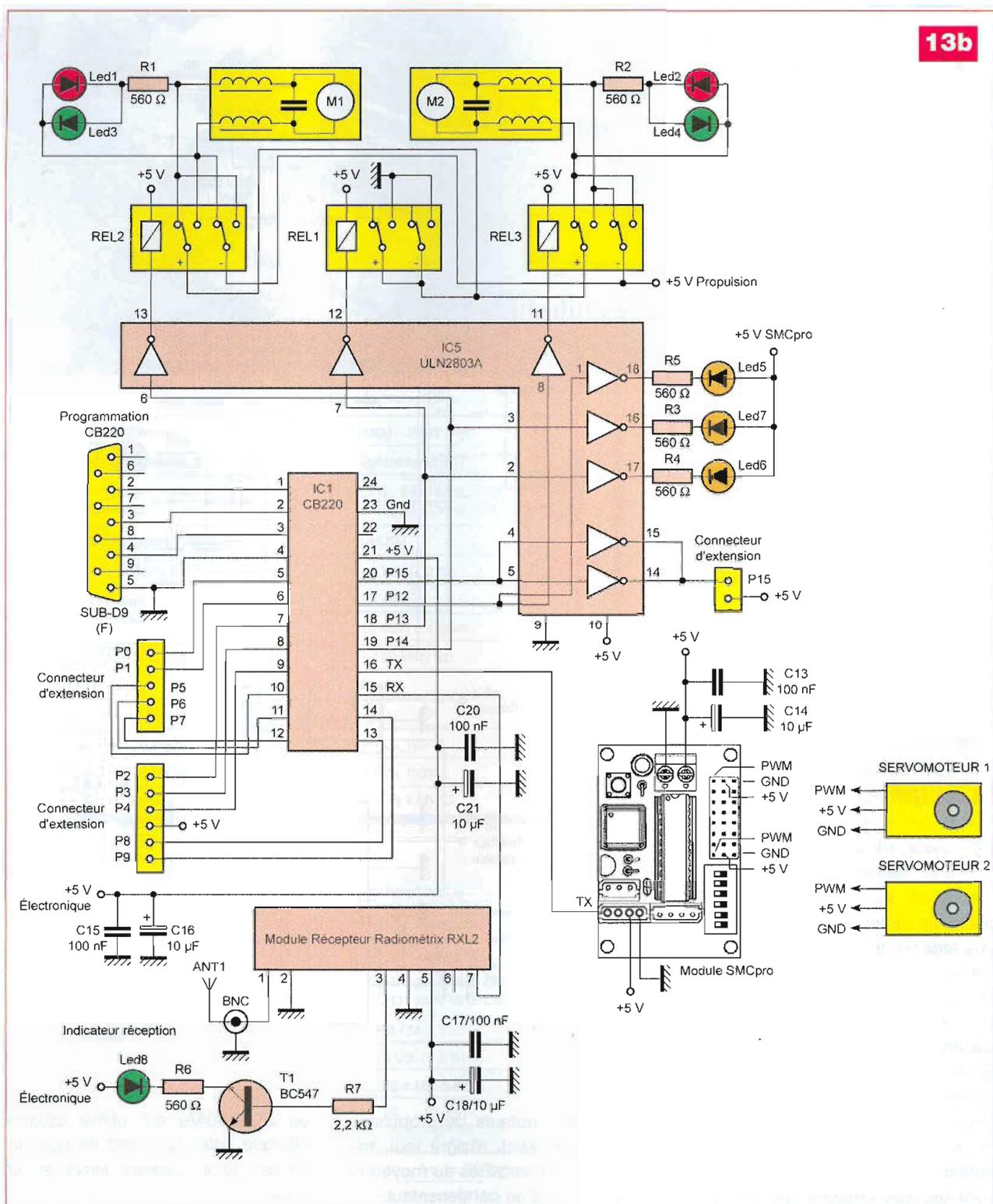
(ou ULN2804A) est utilisé comme interface entre les ports ne pouvant débiter qu'un courant faible et les relais.

Tous les autres ports sont laissés libres d'utilisation afin de pouvoir éventuellement équiper le mobile de détecteurs supplémentaires.

Le port P15 est relié à l'interface de puissance et permet de disposer d'une sortie 5 V pouvant débiter un courant de 200 mA.

La platine SMCpro ne pilote que deux servomoteurs.

Six sorties sont donc libres.



Trois leds indiquent l'alimentation des relais. Quatre autres diodes, connectées deux par deux aux bornes des moteurs de propulsion, en indiquent le sens de rotation.

La sortie RSSI du récepteur RXL2-433 commande un transistor alimentant une led.

Cette dernière permet ainsi de visualiser la réception d'un ordre par une

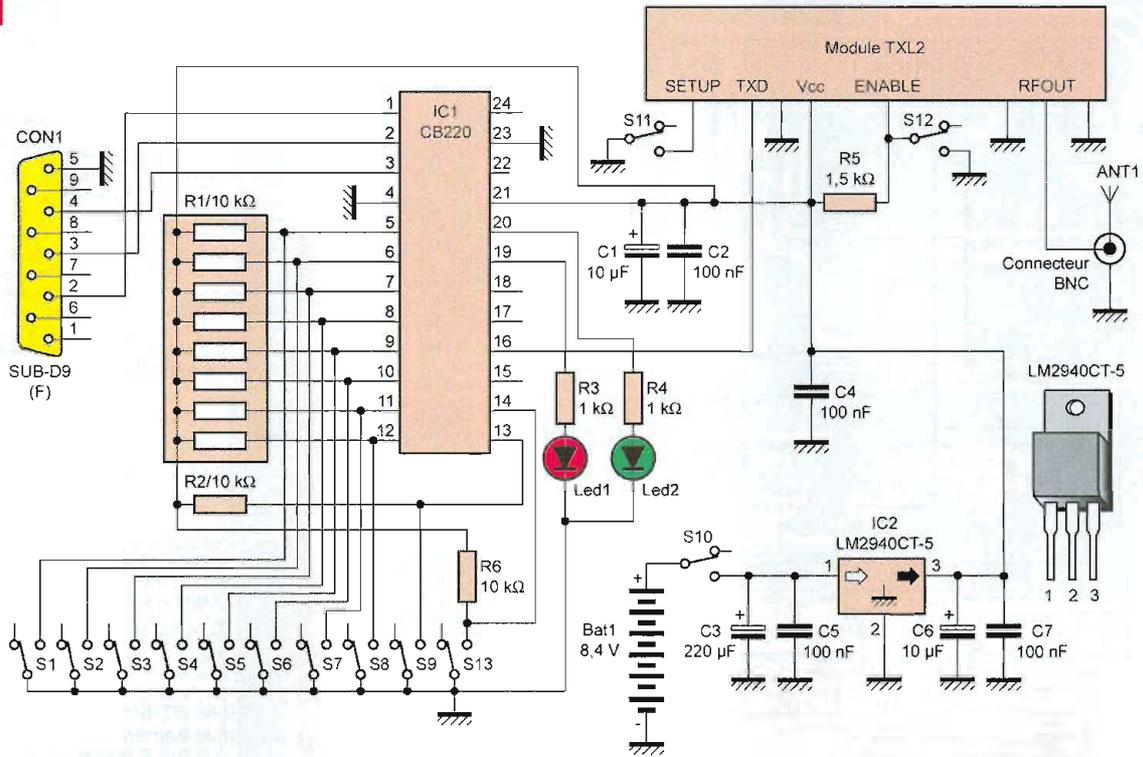
brève illumination. L'entrée du signal RF s'effectue sur un connecteur BNC.

Le signal vidéo (et éventuellement audio) issu de la caméra est traité par le module AJV24e et envoyé au récepteur via une antenne accordée dans la bande des 2,4 GHz, raccordée à la platine via un connecteur SMA reverse.

Une série de picots permet de déterminer l'une des quatre fréquences d'émission. Sur ces derniers, sont distribués également les entrées « audio » droite et gauche, ainsi qu'une tension continue de 9,6 V, toujours dans un souci d'évolution.

Un connecteur SUB-D femelle permet le chargement du programme dans le microcontrôleur.

14



## La télécommande

Le schéma de principe de la télécommande est donné en **figure 14**.

Le centre du montage est encore un microcontrôleur CUBLOC CB220.

Sa fonction est d'envoyer, au moyen du module émetteur TXL2-433, des ordres séries. Les ordres sont déterminés par une pression sur l'un des dix boutons poussoirs (**photo B**).

Un programme très simple, dont une partie est donnée ci-dessous, gère l'activation des commutateurs en renvoyant le déroulement du programme principal à des sous-programmes générant les données séries envoyées.

```

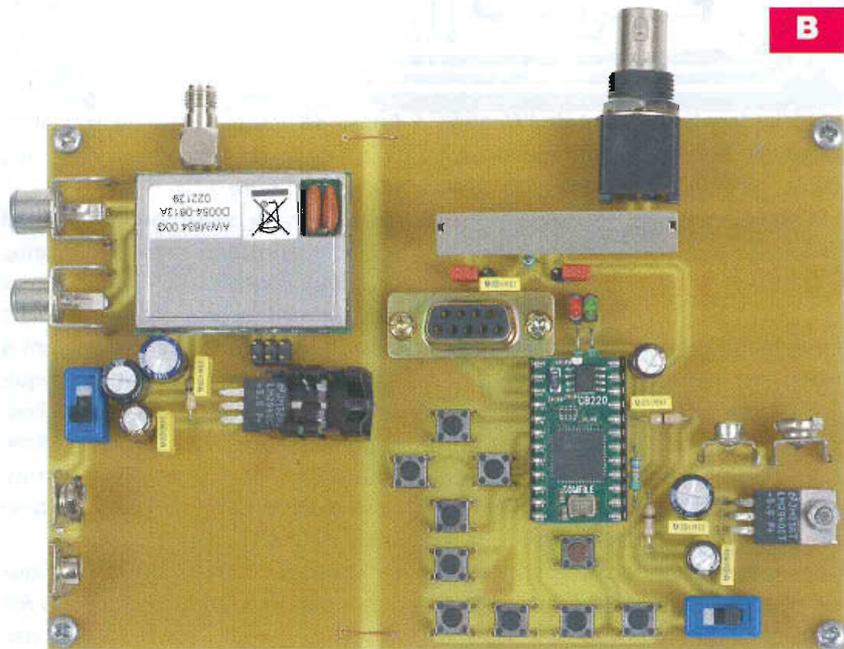
Opencom 1, 9600, 3, 40, 40
Do
Gosub led_P14
A=Keyin (0,10)
If A=0 Then Gosub avant
B=Keyin (1,10)
If B=0 Then Gosub droite
C=Keyin (2,10)
If C=0 Then Gosub gauche
D=Keyin (3,10)
If D=0 Then Gosub arriere
E=Keyin (4,10)
If E=0 Then Gosub stop
F=Keyin (5,10)
    
```

```

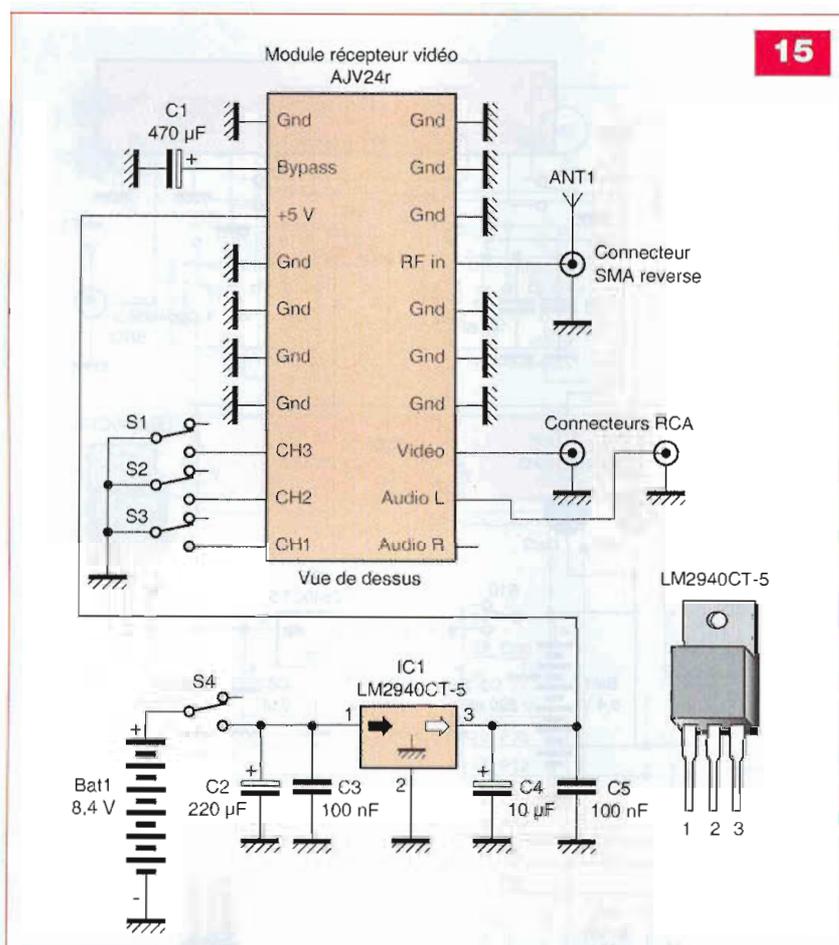
If F=0 Then Gosub gauche_cam
G=Keyin (6,10)
If G=0 Then Gosub droite_cam
H=Keyin (7,10)
If H=0 Then Gosub haut_cam
I=Keyin (8,10)
If I=0 Then Gosub bas_cam
J=Keyin (9,10)
If J=0 Then Gosub mediane_cam
Loop
.....
    
```

Ce programme est donc facilement modifiable si l'on souhaite ajouter des fonctions supplémentaires. Deux leds sont connectées à deux des ports du µC. L'une indique par un clignotement permanent le bon déroulement du programme, tandis que l'autre s'illumine lors de l'envoi d'un ordre.

La platine est alimentée par une batterie NiMh de 8,4 V. Le +5 V néces-



B



15

## Nomenclature

### LE ROBOT

**Résistances**  
 R1, R2, R3, R4, R5, R6, R8, R9, R10 : 560 Ω (vert, bleu, marron)  
 R7 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)

**Condensateurs**  
 C1, C3, C5, C7, C11, C13, C15, C17 : 100 nF  
 C2, C6 : 1000 µF/16 V  
 C4, C8, C12, C14, C16, C18 : 10 µF/16 V  
 C19 : 470 µF/16 V

**Semiconducteurs**  
 T1 : BC547  
 LED1 à LED7 : led miniature au pas de 2,54 mm.  
 LED8 à LED11 : led ø 5 mm.  
 IC1 : CB220 (Lextronic)  
 IC2, IC3 : LM2940CT-5  
 IC4 : LM2931AZ-5  
 IC5 : ULN2803A ou ULN2804A

**Divers**  
 1 module émetteur AJV24e (Lextronic)  
 1 module caméra couleur ou N & B  
 1 module récepteur Radiometrix RXL2-433 (Lextronic)  
 1 module SMCpro (Lextronic)  
 2 servomoteurs  
 1 tourelle pour caméra (voir texte)  
 1 caméra couleur ou N & B  
 1 connecteur BNC coudé 90° pour circuit imprimé  
 1 connecteur SMA reverse coudé 90° pour circuit imprimé  
 1 antenne 433 MHz  
 1 antenne 2,4 GHz  
 2 interrupteurs inverseurs miniatures pour circuit imprimé  
 3 relais HB2 bobine 5V  
 1 châssis « Tractor » (Lextronic)  
 1 barrette « sécable » de supports tulipe  
 1 barrette « sécable » de picots  
 3 cavaliers  
 1 connecteur SUB-D 9 broches femelle coudé 90° pour circuit imprimé  
 1 support pour circuit intégré 18 broches  
 1 support pour circuit intégré 24 broches

saire au fonctionnement de l'électronique est délivré par un régulateur à faible tension de déchet (de type LM2940CT-5).

### Le récepteur vidéo

Le schéma de principe du récepteur vidéo est représenté en **figure 15**. Très simple, il ne nécessite que peu de commentaires puisqu'il ne s'agit que de la note d'application du module AJV24r. L'antenne est reliée à un connecteur SMA reverse. Deux connecteurs RCA femelle permettent de disposer du signal vidéo et éventuellement du signal « audio » gauche. Une batterie NiMh alimente un régulateur à faible tension de déchet qui génère le +5 V. La fréquence du canal de réception est déterminée par le positionnement (ou l'absence) d'un cavalier sur deux barrettes de trois picots.

### Réalisation du robot

Le tracé du circuit imprimé de la platine de « Tractor » est représenté en

**figure 16**, tandis celui de la platine adaptatrice de l'émetteur vidéo est donné en **figure 17**.

On utilisera le dessin de la **figure 18** pour l'implantation des composants. Le circuit imprimé de « Tractor » est de taille relativement imposante, mais ne présente pas de difficulté quant à sa reproduction sur une plaque époxy, aucune piste n'étant très fine. Il présente, par contre, une forme particulière due à une échancrure rendue nécessaire au passage d'un servomoteur.

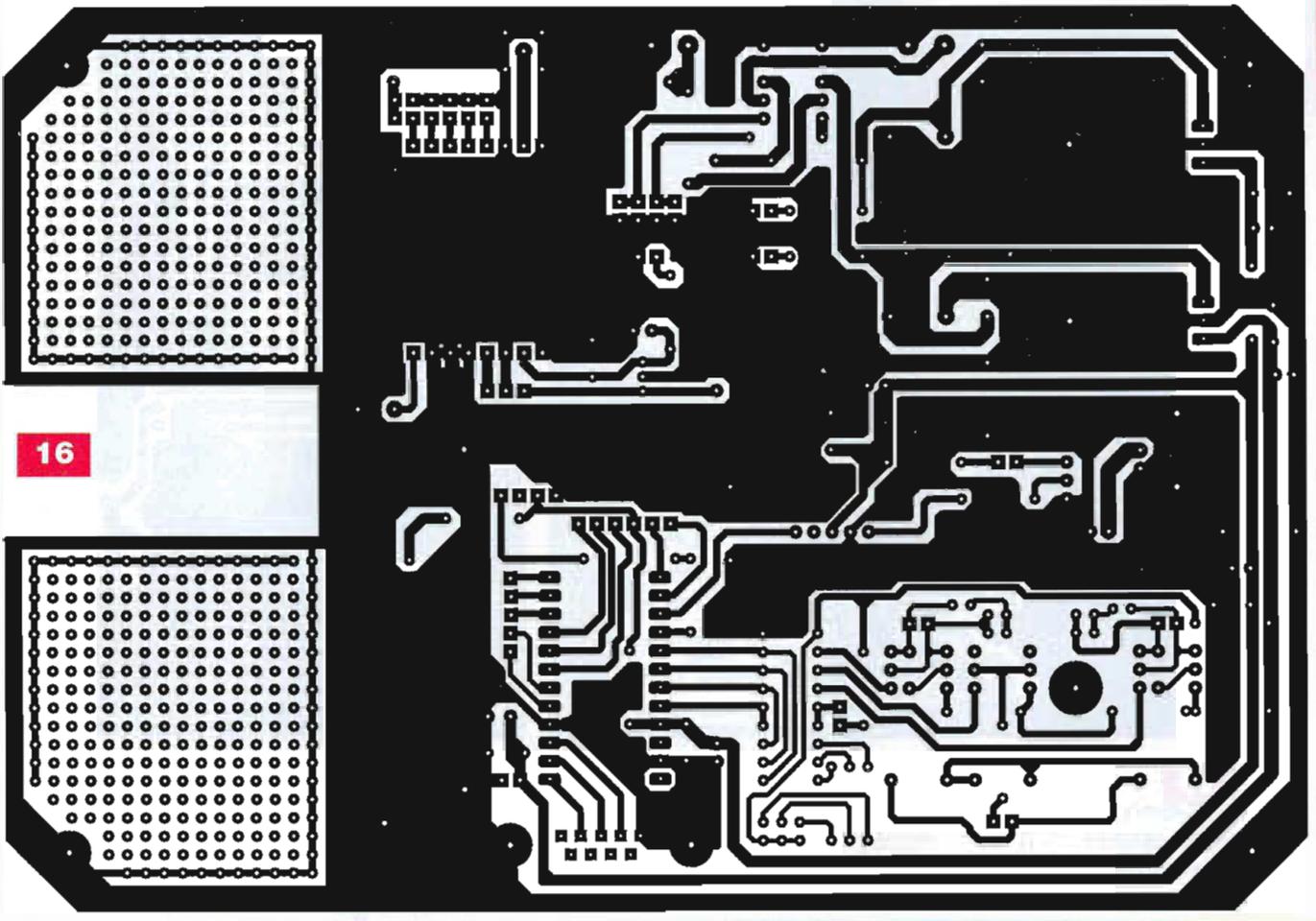
Le câblage commence obligatoirement par l'implantation de tous les straps, puis des résistances et des condensateurs. On soude ensuite les supports des circuits intégrés et tous les connecteurs. Ces derniers sont constitués pour les ports supplémentaires, la sélection du canal vidéo d'émission et de charge des accumulateurs de morceaux de barrette « sécable » de picots.

Les deux régulateurs de tensions en boîtier TO220 sont fixés sur des petits dissipateurs thermiques. Deux borniers à vis à deux points

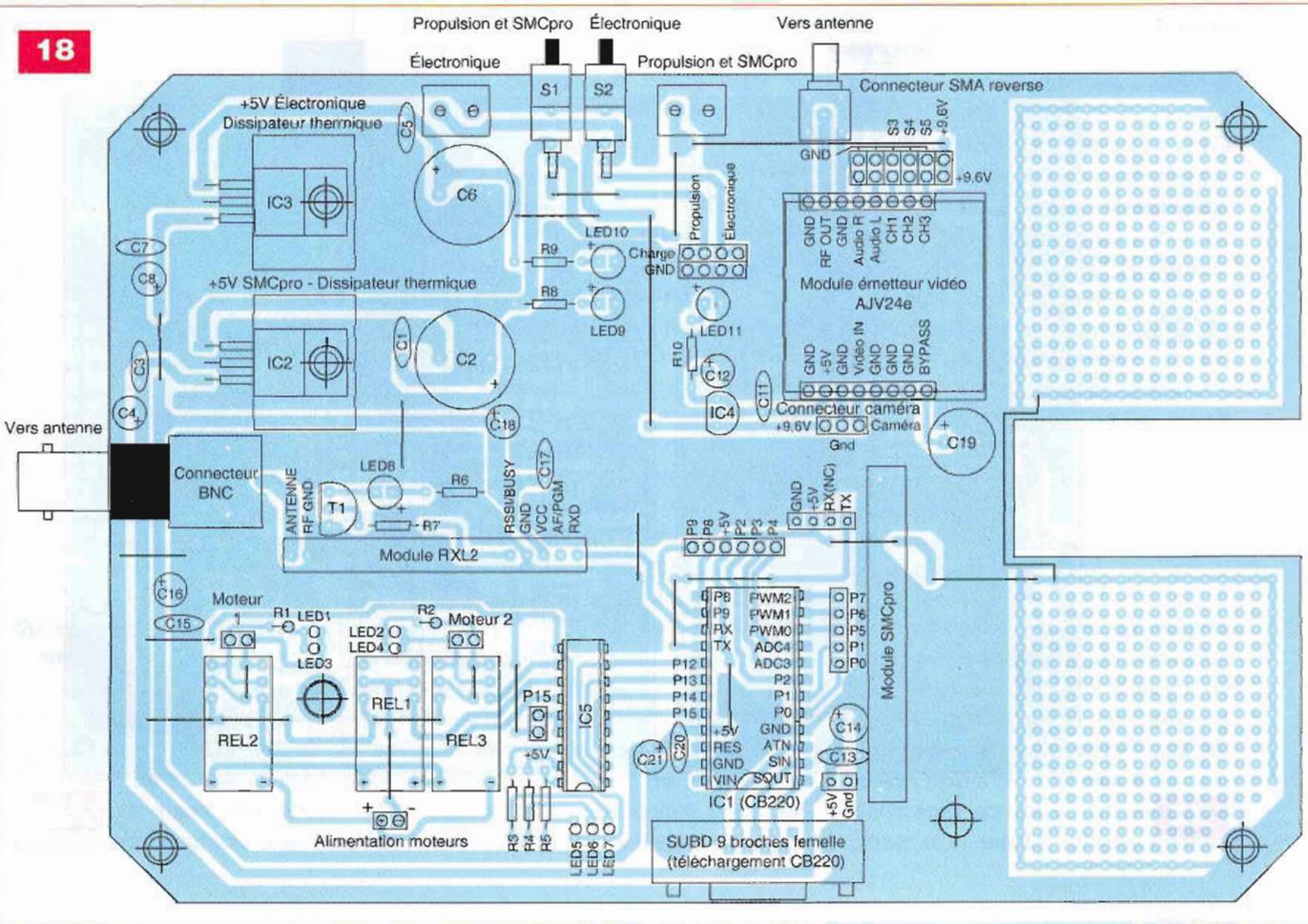


17

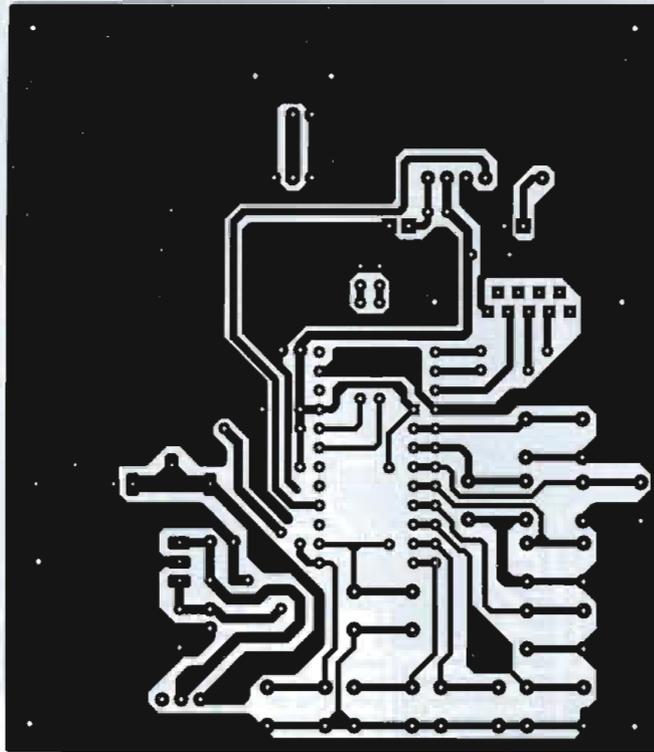
permettent le raccordement des batteries à la platine. On achève le câblage par l'implantation des connecteurs BNC et SMA, des deux interrupteurs, des relais et



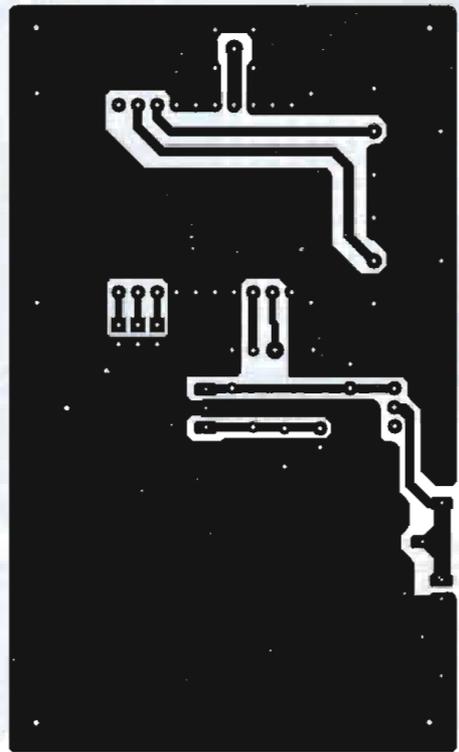
16



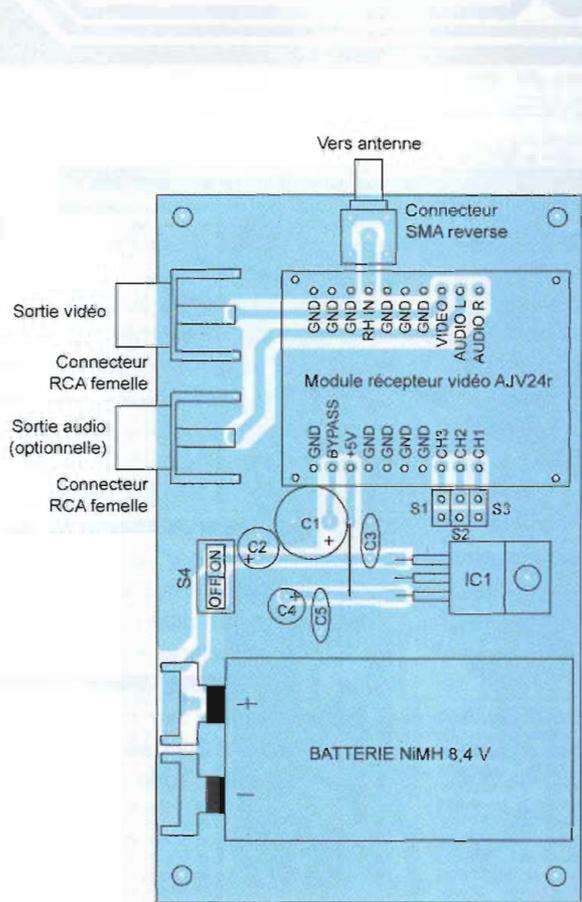
18



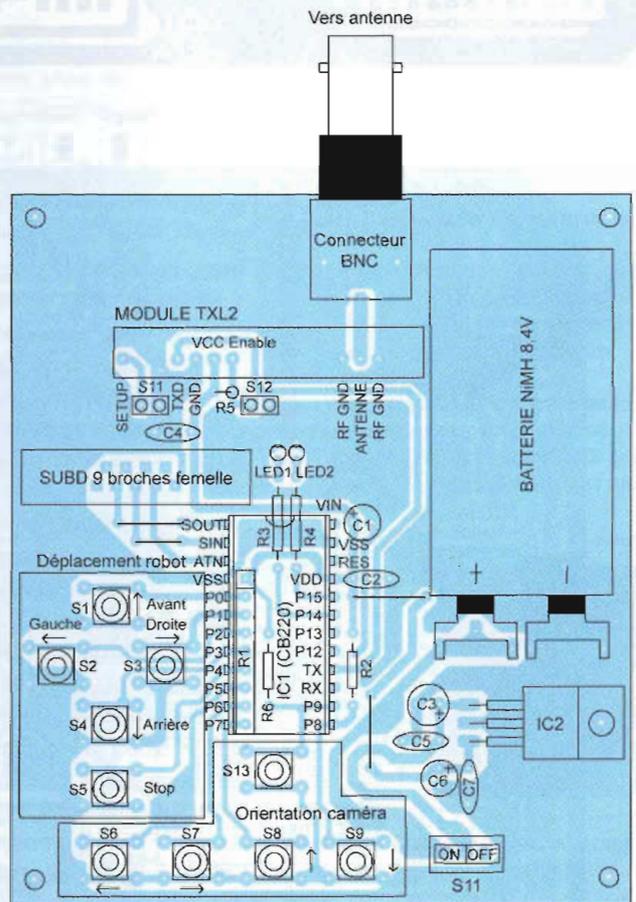
19



20



22



21

## Nomenclature

### LA TÉLÉCOMMANDE

#### Résistances

R1 : réseau de huit résistances 10 k $\Omega$   
 R2, R6 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 R3, R4 : 1 k $\Omega$  (marron, noir rouge)  
 R5 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)

#### Condensateurs

C1, C6 : 10  $\mu$ F/16 V  
 C2, C4, C5, C7 : 100nF  
 C3 : 220  $\mu$ F/16 V

#### Semiconducteurs

1 led rouge (miniature au pas de 2,54 mm)  
 1 led verte (miniature au pas de 2,54 mm)  
 IC1 : CB220 (Lextronic)  
 IC2 : LM2940CT-5

#### Divers

1 module émetteur Radiometrix  
 TXL2-433 (Lextronic)  
 1 antenne 433MHz  
 1 connecteur SUB-D 9 broches femelle  
 coudé 90° pour circuit imprimé  
 1 support pour circuit intégré 24 broches  
 10 boutons poussoir miniatures pour  
 circuit imprimé  
 2 x 2 picots au pas de 2,54 mm  
 2 cavaliers  
 1 connecteur SUB-D 9 broches femelle  
 droit 90° pour circuit imprimé  
 2 clips pour pile 9V (mâle et femelle)

### LE RÉCEPTEUR VIDÉO

#### Condensateurs

C1 : 470  $\mu$ F/16 V  
 C2 : 220  $\mu$ F/16 V  
 C3, C5 : 100 nF  
 C4 : 10  $\mu$ F/16 V

#### Circuits intégrés

IC1 : LM2940CT-5

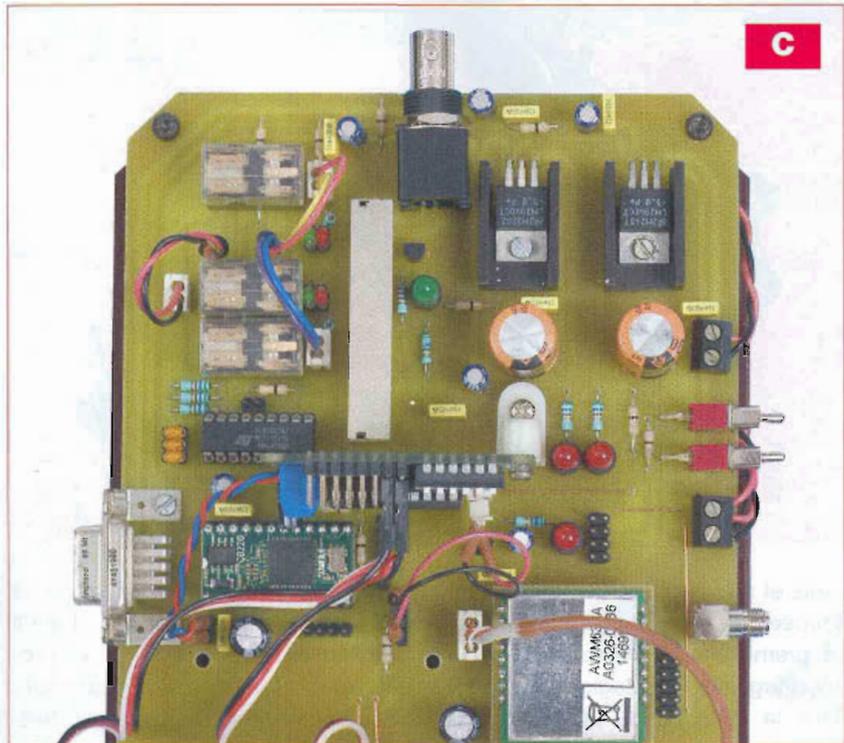
#### Divers

1 module récepteur AJV24r (Lextronic)  
 2 connecteurs RCA femelle  
 pour circuit imprimé  
 1 connecteur SMA reverse coudé 90°  
 pour circuit imprimé  
 1 antenne 2,4 GHz  
 1 interrupteur miniature  
 pour circuit imprimé  
 2 clips pour pile 9V (mâle et femelle)  
 3 x 2 picots au pas de 2,54 mm  
 3 cavaliers

du connecteur SUB-D 9 broches  
 « femelle ».

Le module SMCpro est fixé sur la platine à l'aide d'une petite équerre en nylon.

Au moyen de fils de câblage et de connecteurs, il sera ensuite relié à la platine au connecteur d'alimentation



« +5 V, GND » et à celui de transmission des données « GND, +5V, RX (N.C.), TX ». Seules les connexions « TX » et « GND » doivent être réalisées.

La platine adaptatrice de l'émetteur vidéo reçoit deux rangées de barrette « sécable » de picots à huit points. Les picots sont soudés au verso, puis on positionne l'émetteur sur le recto de la platine. On soude alors les extrémités des picots sur le circuit imprimé de l'émetteur.

Nous avons utilisé, pour la mécanique du robot, un châssis commercialisé appelé Tractor (d'où le nom de notre mobile). Il est livré prêt à l'emploi pour un prix avantageux.

La seule partie à fabriquer est la platine (en plexiglas de 3 mm. d'épaisseur maximum) qui sera vissée sur le châssis. Les trous sont déjà pratiqués. Cette platine est de dimensions telles qu'elle doit légèrement dépasser des chenilles en largeur et au minimum de deux centimètres la longueur du circuit imprimé. Le servomoteur supportant la tourelle est fixé à la platine de plexiglas en utilisant les quatre vis de son boîtier.

**Note.** La tourelle que nous avons utilisée n'est, semble-t-il, plus commercialisée. On pourra la remplacer par un autre modèle de dimensions approchantes (disponible chez Lextronic), soit la fabriquer soi-même.

### La télécommande et le récepteur vidéo

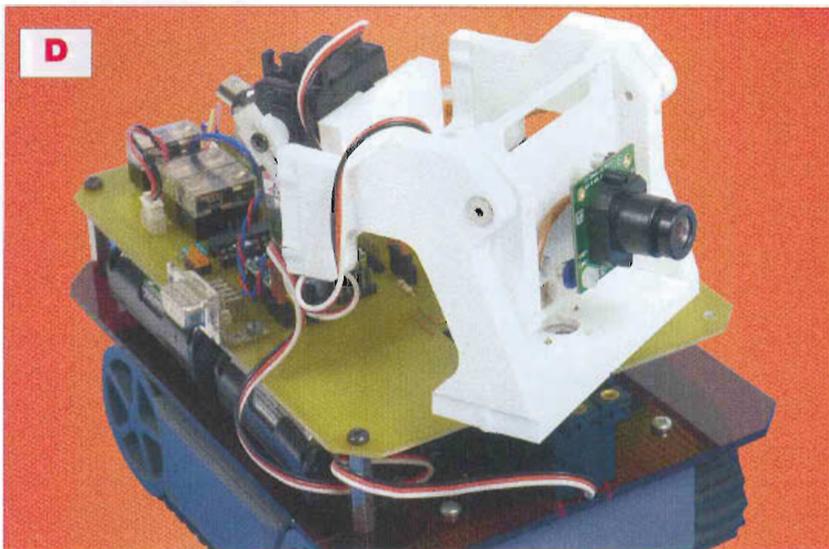
Les tracés des circuits imprimés de la télécommande et du récepteur vidéo sont représentés respectivement en figures 19 et 20.

Les dessins des implantations des composants sont donnés en figures 21 et 22.

Le câblage de ces platines s'effectue de la manière que nous avons vue précédemment. Un seul point est à signaler : le réseau de résistances est situé sous le  $\mu$ C CB220. Il est nécessaire d'utiliser, comme support pour celui-ci, des morceaux de barrette « sécable » de support tulipe, puis d'y insérer un autre support DIL 24 broches afin de surélever le  $\mu$ C (photo B). Les deux circuits imprimés peuvent être gravés sur la même plaque et laissés tels quels. Dans ce cas, deux straps devront relier les plans de masse.

### Les essais

Avant d'insérer les circuits intégrés dans leurs supports et de connecter les différents modules, il convient de vérifier que toutes les tensions nécessaires sont disponibles aux différents points des platines. Si les tensions sont correctes, on peut alors placer et connecter tous les compo-



sants et modules (l'alimentation étant coupée).

La première chose à réaliser est le téléchargement du logiciel du robot dans la mémoire du  $\mu\text{C}$ , ainsi que celui de la télécommande. Pour cela, il convient de disposer du logiciel Cubloc Studio disponible en téléchargement sur les sites internet <http://cubloc.com/data/01.php> et

<http://www.lextronic.fr/produit.php?id=10>  
Après installation du logiciel, il suffit de télécharger sur notre site les programmes *Tractor.cul*, *Tractor.cub*, télécommande *Tractor.cul* et télécommande *Tractor.cub*.

Pour finir, en lançant le logiciel Cubloc Studio et en chargeant les programmes (.cul) dans l'éditeur, on peut télécharger les programmes

dans les  $\mu\text{C}$  après avoir connecté les platines au port série du PC.

On peut alors passer à la phase des essais en reliant le récepteur vidéo à l'entrée d'un téléviseur ou d'un moniteur. Ensuite, on vérifie que la pression sur chacun des poussoirs a pour résultat la réception d'un ordre par le robot. Si le déplacement de celui-ci ne correspond pas aux touches pressées, il convient de vérifier la polarité des moteurs.

**Note.** À la mise sous tension, le module SMCpro positionne tous les servomoteurs au neutre. Nous avons constaté, sur notre prototype, que le servo qui supporte la tourelle « frétille » autour du neutre. Il suffit de le toucher pour que cesse cette anomalie. Si cela se produisait sur votre réalisation, il suffirait de coller un morceau de mousse assez dure sur la platine époxy et ce, de chaque côté du servomoteur afin que la base de la tourelle frotte légèrement dessus (photo D).

**P. OGUIC**

[p.oguic@gmail.com](mailto:p.oguic@gmail.com)

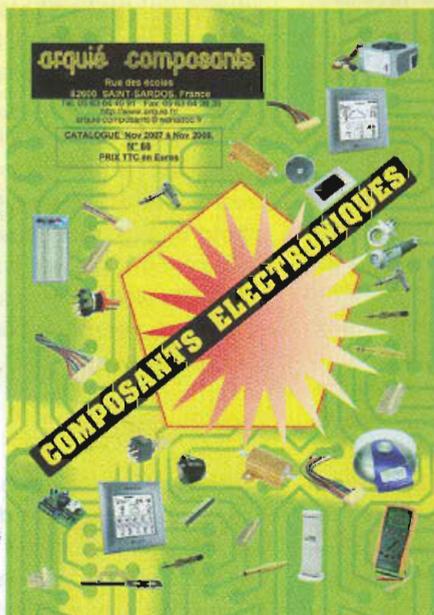
## arquié composants

4 Rue de écoles 82600 Saint-Sardos France  
Tél. 05 63 64 46 91 Fax 05 63 64 38 39  
SUR INTERNET <http://www.arquie.fr/>  
e-mail : [arquie-composants@wanadoo.fr](mailto:arquie-composants@wanadoo.fr)

### Catalogue N°66

Afficheurs. Alimentations.  
Caméras. Capteurs.  
Cartes à puces. Circuits  
imprimés. Circuits intégrés.  
Coffrets. Condensateurs.  
Cellules solaires.  
Connectique. Diodes. Fers à  
solder. Interrupteurs. Kits.  
LEDs. LEDs Luxeon. Multimè-  
tres. Oscilloscopes.  
Outils. Programmateurs.  
Quartz. Relais. Résistances.  
Transformateurs. Transis-  
tors. Visserie.  
Etc...

Passez vos commandes  
sur notre site:  
[www.arquie.fr](http://www.arquie.fr)



**BON pour CATALOGUE papier FRANCE: GRATUIT** (3,00 € pour DOM, TOM, UE et autres pays)

Nom: ..... Prénom: .....

Adresse: .....

Code Postal: ..... Ville: .....

## 1<sup>er</sup> AMPLIFICATEUR A TUBES

SANS CONCURRENCES LIVE SOUND

### LE SCHUMANN

Une commutation à l'arrière de notre amplificateur permet de sélectionner des tubes de technologie différente  
**(TRIODES-PENTODES-TETRODE), 300B-300BMR-KT90-KT88-KT66-6550-6B4G-EL34-6L6-R120-2A3.**  
Tous ces tubes ayant une impédance très semblable, il suffit d'ajuster le courant pour chaque tube employé, une molette facilement accessible permet d'ajuster la polarisation et de régler le courant visible sur le milli-ampèremètre en façade.  
Le courant de chaque tube est inscrit à l'arrière de l'amplificateur.  
Le transformateur de sortie est de très grandes dimensions poids 4kg, pas moins de 18 couches sandwich  
Temps de montée 4,5µs - puissance 6 à 15 watts selon tubes  
Band passante 20 Hz - 20kHz plus ou moins 0,4 dB à 1 vent  
Distorsions 0,4% à 5w 1000Hz pour 300B ou 6B4G  
Signal/bruit - 96 Db  
Ampil mono équipé d'un tube au choix capot supérieur en inox poli ou noire prix **1450 euros.**  
Ampil mono pouvant utiliser tous les tubes énumérés équipé d'une 300B seulement prix **1825 euros.**

OPERATION PORTE OUVERTE  
LIVE SOUND  
LE 26/27 AVRIL



Venez écouter  
le Schumann à l'occasion d'une  
**EXPO ARTISTIQUE**

Foyer rural  
Cormeilles-en-Vexin 95  
A15, sortie 10, direction Marines  
9h00 - 18h00 sans interruption

**TSM - Fabricant depuis 1960**  
Tél. : 01 30 76 91 07 - [www.audiotub.fr](http://www.audiotub.fr)

# Inclinomètre

Cet appareil de mesure indique la valeur d'une pente, exprimée en pourcentage, par rapport à l'horizontale. Il fonctionne dans une plage allant de - 20 % à + 20 %. Il est donc adapté aux profils usuels des tracés routiers.

**E**n considérant un triangle rectangle (**figure 1**) dont le côté « a » est assimilé à la verticale tandis que le côté « b » correspond à une direction horizontale, la pente est définie par la relation :

$$\text{Pente (\%)} = \frac{a}{b} \times 100$$

Si «  $\alpha$  » est l'angle aigu opposé au côté « a » du triangle rectangle précédemment défini, on peut aussi écrire l'égalité :

$$\text{tg} = \frac{a}{b}$$

D'où Pente (%) = 100 tg  $\alpha$  et

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{P}{100}$$

## Principe de mesure adopté

Le principe retenu est la mesure de l'angle que forme une tige articulée autour d'un point fixe O (à l'extrémité de laquelle est fixée une masselotte), avec la perpendiculaire au plan oblique dont on veut connaître la pente. Étant donné la gravité, la tige prend une orientation verticale.

En vertu de l'égalité des angles dont les côtés sont perpendiculaires, la tige forme alors, avec cette perpendiculaire, l'angle  $\alpha$  défini ci-dessus.

La mise en évidence de l'angle  $\alpha$  est réalisée par la mesure de la variation de la résistance d'un potentiomètre dont l'axe de commande constitue l'axe de rotation autour du point fixe O. En effet, en utilisant un potentiomètre

à variation linéaire, la résistance varie proportionnellement avec l'angle de rotation du curseur :

$$R = k \cdot \alpha$$

Mais notre problème consiste à mesurer une pente et non un angle.

En examinant le graphe de la **figure 2**, on observe la non linéarité existant entre les variations de l'angle  $\alpha$  et la pente correspondante. Cependant, cette divergence devient surtout importante vers les valeurs les plus élevées de  $\alpha$ .

Pour une pente de 20 %, valeur limi-

te de mesure de notre appareil, l'angle  $\alpha$  correspondant s'exprime par la relation :

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{20}{100} = 11,31 \text{ degrés}$$

Pour cet angle, retenons que notre inclinomètre affichera, de par son tarage, la valeur 20.

Pour un angle égal à zéro, la valeur affichée est naturellement nulle.

A mi-chemin, c'est-à-dire pour un angle de 5,65 degrés, la différence, entre la valeur théorique de pente et celle qui est effectivement affichée



(soit 10), est la plus importante. Calculons-la.  
 Pente 5,65 deg =  $100 \times \text{tg } 5,65 \text{ deg}$   
 soit 9,902 %  
 L'erreur ainsi réalisée est donc de :  
 $10 - 9,902$  soit 0,098  
 Cela correspond à une erreur relative de :

$$\frac{0,098}{10} \times 100 \text{ soit } 0,98 \%$$

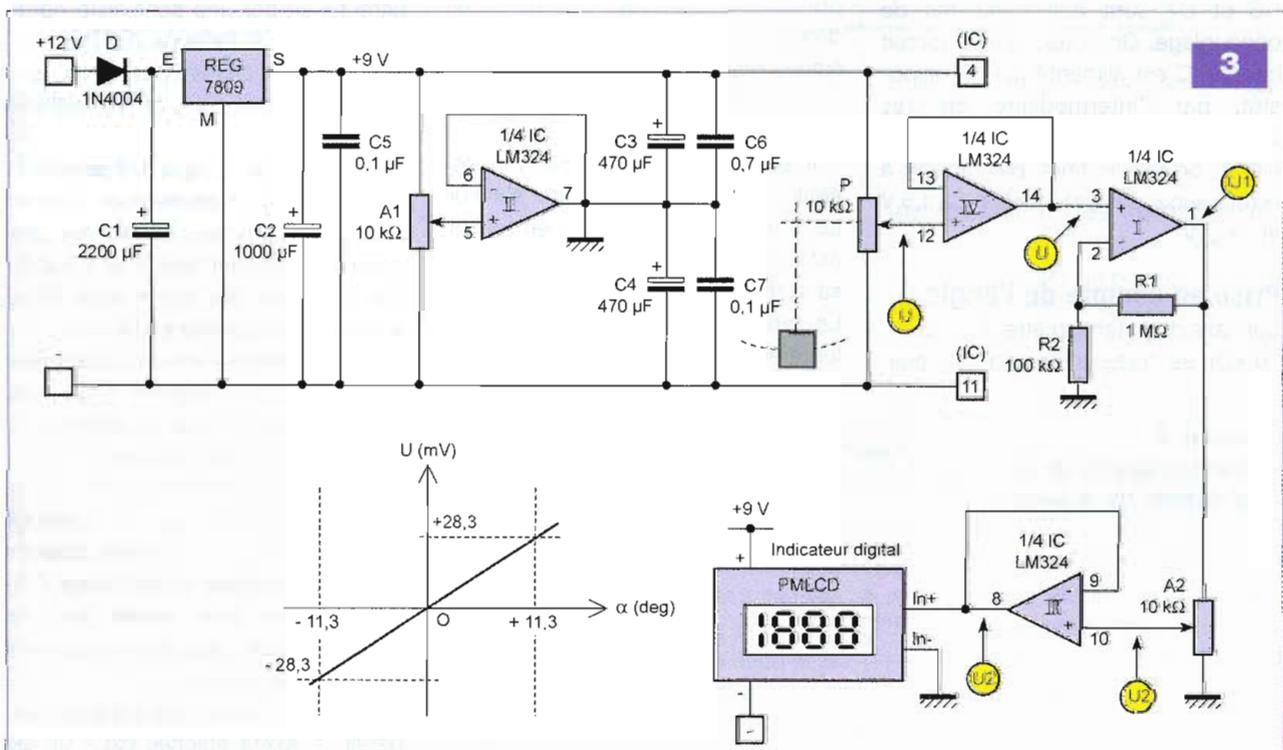
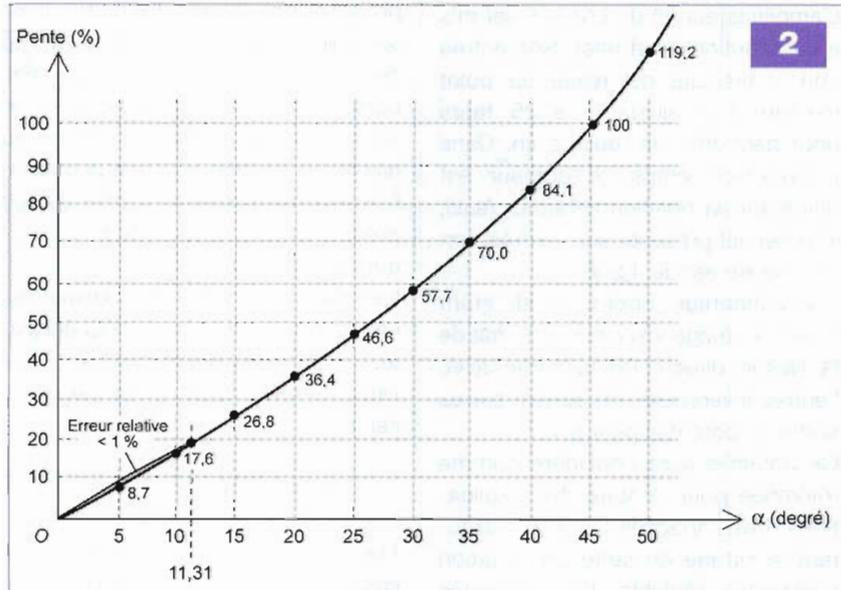
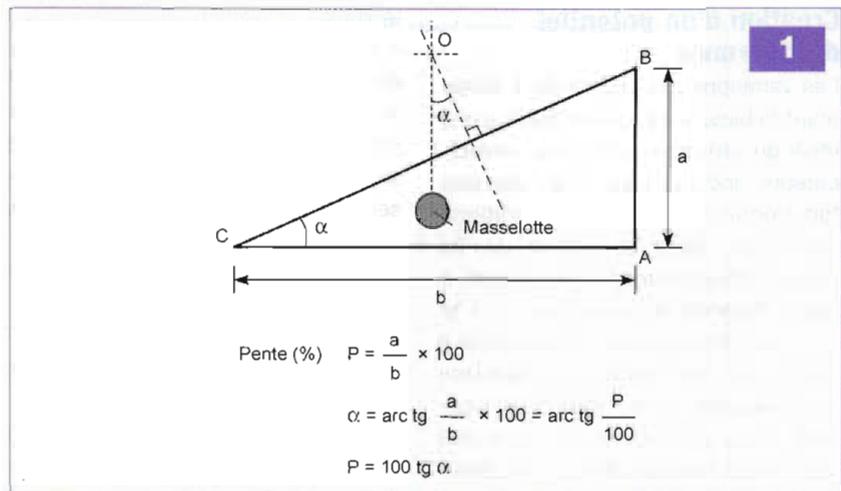
L'erreur reste inférieure à 1 %, ce qui est tout à fait acceptable.

## Fonctionnement de l'inclinomètre

### Alimentation

L'énergie provient d'une source extérieure de 12 V qui peut, par exemple, être la batterie de la voiture dans laquelle est installé l'inclinomètre. La diode D fait office de détrompeur de polarité, tandis que la capacité C1 réalise le filtrage de ce potentiel qui est légèrement ondulé à cause de l'alternateur chargeant la batterie (figure 3).

Sur la sortie du régulateur 7809, on obtient un potentiel stabilisé à 9 V auquel C2 apporte un complément de filtrage. Enfin, le condensateur C5 découple le montage aval de l'alimentation dont la consommation est de l'ordre de 10 mA.



## Création d'un potentiel de référence

Les variations des potentiels à traiter étant faibles, le circuit est basé sur la mise en œuvre de différents amplificateurs opérationnels. Ces derniers fonctionnent dans des conditions optimales dans la mesure où les valeurs déterminantes se situent à égale distance des polarités « + » et « - » de l'alimentation. Cela revient à créer une alimentation symétrique dans laquelle il est cependant possible d'agir sur le point zéro pour des raisons de réglage dont nous parlerons ultérieurement.

L'amplificateur (II) du LM 324 est mis à contribution à cet effet. Son entrée non inverseuse est reliée au point médian d'un ajustable à 25 tours pour permettre un réglage fin. Dans un premier temps, le curseur est placé sur sa position centrale. Ainsi, le potentiel présenté sur l'entrée non inverseuse est de 4,5 V.

L'amplificateur opérationnel étant monté en étage « suiveur », du fait de la liaison directe de la sortie avec l'entrée inverseuse, on obtient sur sa sortie un potentiel de 4,5 V.

Ce potentiel sera considéré comme référence pour la suite des explications. Les capacités C3 et C4 assurent le filtrage de cette alimentation symétrique réglable. Les capacités C6 et C7 sont des capacités de découplage. On notera que le circuit intégré IC est alimenté par ce dispositif, par l'intermédiaire de ses broches 4 (+) et 11 (-). Sur ces dernières, on relève alors, par rapport à la référence, des potentiels de + 4,5 V et - 4,5 V.

## Prise en compte de l'angle $\alpha$

Sur l'axe du potentiomètre P (10 tours, 10 k $\Omega$ ), est fixée une tige à l'extrémi-

té de laquelle se trouve une masse-lotte de 250 à 300 g. Avant la fixation de la tige sur l'axe du potentiomètre, ce dernier a été placé en position médiane. Ainsi, lorsque la tige prend sa position verticale de repos imposée par la pesanteur, on relève au niveau de la sortie médiane un potentiel nul par rapport au potentiel de référence évoqué ci-dessus.

Le potentiomètre retenu, indépendamment de sa grande faculté de résolution, se caractérise par un très faible couple résistant de rotation. Cette qualité provient en partie de la démultiplication mécanique interne propre aux multitours. De ce fait, il est sensible à la moindre variation de déclivité par rapport au plan horizontal. Lorsque cette déclivité varie dans un sens ou dans l'autre, on relève, au niveau de la sortie médiane du potentiomètre, un potentiel U directement proportionnel à l'angle  $\alpha$  ayant provoqué la rotation du curseur.

La valeur de U peut être positive ou négative suivant le sens de la déclivité. On peut d'ailleurs calculer cette valeur U en fonction de la valeur de l'angle  $\alpha$ .

$$U = \frac{\alpha}{360 \times 10} \times 9 \text{ volts} = \frac{\alpha}{400} \text{ volts} = 2,5 \alpha \text{ (mV)}$$

Étant donné que l'inclinomètre a une capacité maximale de mesure correspondant à un angle  $\alpha$  de 11,31 degrés, U peut évoluer entre deux limites égales à :

$$U = \pm \frac{11,31}{3600} \times 9 \text{ soit } \pm 28,3 \text{ mV}$$

L'amplificateur opérationnel (IV) est également monté en étage suiveur. Le potentiel U précédemment défini, est donc directement disponible sur sa sortie.

Le **tableau A** indique quelques valeurs de U en fonction de la pente.

**Tableau A**  
Quelques valeurs de U en fonction de la pente

Pente (%)	$\alpha$ (deg)	U (mV)
0	0	0
1	0,57	1,43
5	2,86	7,16
10	5,71	14,28
15	8,53	21,33
20	11,31	28,27

## Amplification

L'amplificateur opérationnel (I) de IC est monté en amplificateur non inverseur. Rappelons que, dans un tel montage, le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée. L'impédance d'entrée est énorme étant donné qu'elle est égale à celle de l'amplificateur lui-même. Le gain de cet étage s'exprime par la relation :

$$\text{Gain} = 1 + \frac{R1}{R2} \text{ soit } 1 + 10 = 11$$

En conséquence, sur la sortie et suivant la valeur de  $\alpha$ , on relève un potentiel  $U1 = 11 U$

Grâce à l'ajustable A2, il est possible de prélever une fraction plus ou moins importante de la valeur de  $U1$ , suivant la position angulaire du curseur. La valeur de la fraction prélevée doit être telle que pour la valeur maximale de  $U1$ , c'est-à-dire :

$$28,27 \text{ mV} \times 11 = 310,97 \text{ mV}$$

on obtienne une valeur de  $U2$  de 200 mV. Cette valeur correspond à la sensibilité nominale du voltmètre à affichage numérique.

Enfin, l'amplificateur opérationnel (III) de IC, monté en étage suiveur, présente ce même potentiel  $U2$  sur l'entrée « IN + » du voltmètre.

## Affichage du résultat

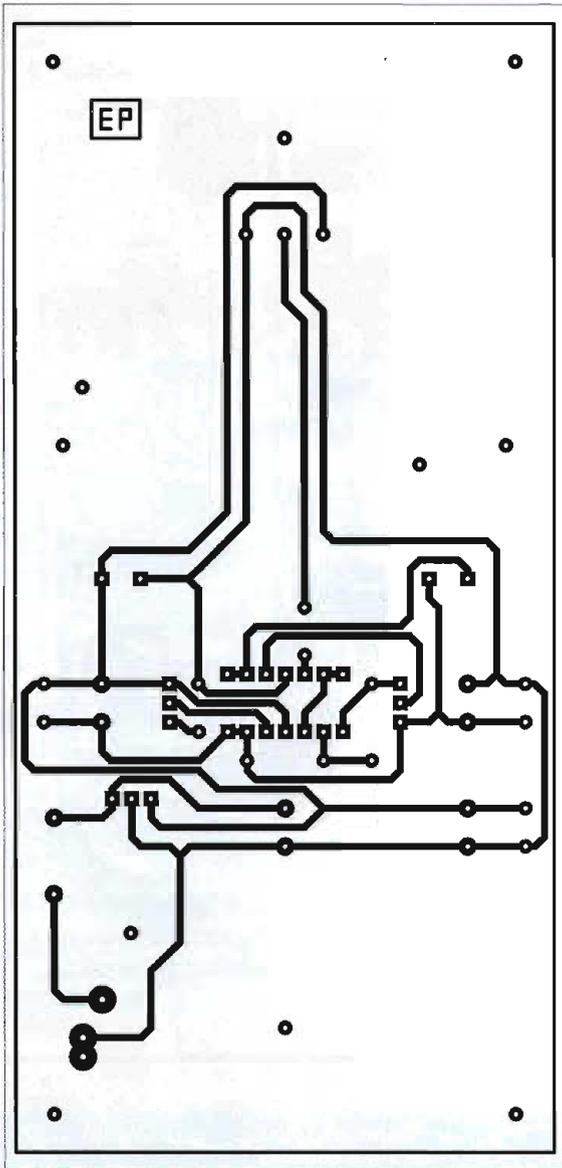
Le voltmètre numérique à cristaux liquides PMCLD de Velleman se caractérise par une sensibilité nominale à pleine échelle de 200 mV.

Sa tension d'alimentation peut aller de 7 à 11 V. Les digits présentent une hauteur de 13 mm.

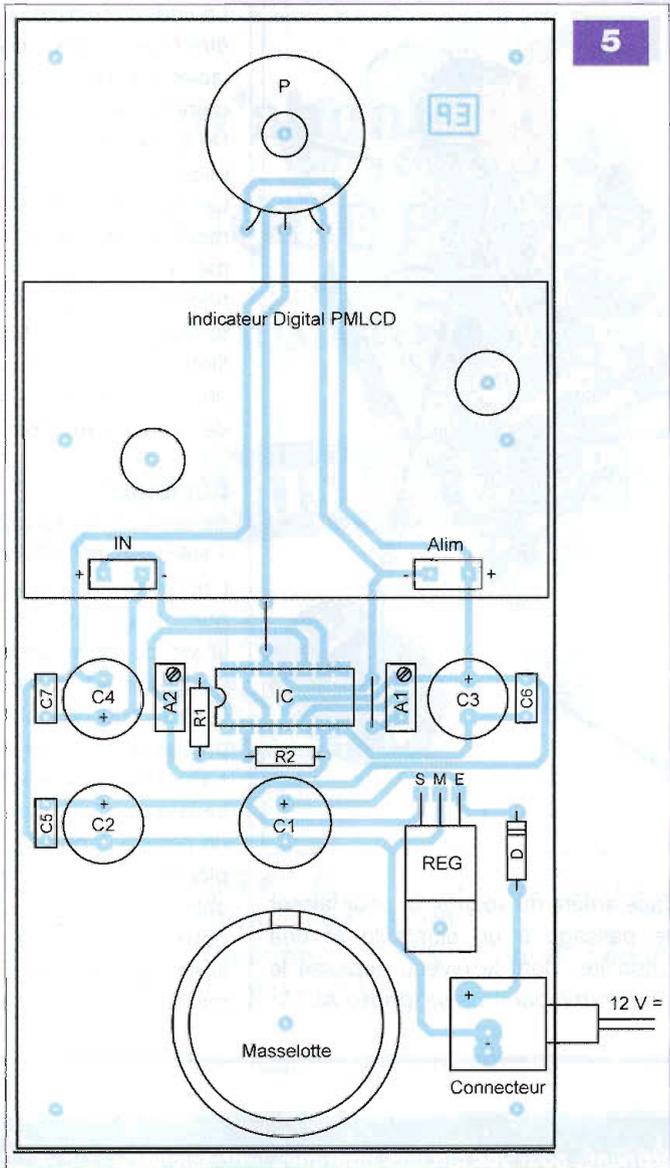
L'affichage sur 3 digits 1/2 comporte également un indicateur de polarité (+ ou -). La valeur maximale affichable est donc 1 999. Il se caractérise par une très haute impédance d'entrée : supérieure à 100 M $\Omega$ .

En cas de dépassement de la valeur maximale, l'affichage « 1 » apparaît. La mesure périodique du potentiel se produit deux à trois fois par seconde. La précision de l'appareil est de +/- 0,5%. La consommation est de quelques milliampères. Le voltmètre dispose de quatre entrées : deux pour l'alimentation et deux autres pour les mesures. Enfin, ses dimensions sont de 68 mm x 44 mm.

Compte tenu de la sensibilité de l'appareil, la valeur affichée est à diviser



4



5

## Nomenclature

- 2 straps
- R1 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
- R2 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- A1, A2 : ajustable 10 kΩ (vertical, 25 tours)
- P : Potentiomètre 10 kΩ (linéaire, Vishay Spectrol, 10 tours)
- D : Diode 1N 4004
- C1 : 2200 μF/16 V
- C2 : 1000 μF/16 V
- C3, C4 : 470 μF/16 V
- C5, C6, C7 : 0,1 μF
- IC : LM 324
- Support 14 broches
- REG : 7809
- Appareil de tableau avec afficheur LCD, 3 1/2 digits, PMLCD (Velleman)
- Connecteur femelle (alimentation 12 V)

par 10. Ainsi, une pente de 12 % s'affichera par exemple 120.3. Les zéros non significatifs ne s'affichent pas. Une pente de 2 % s'affichera, par exemple, 20.2.

## Réalisation pratique

### Circuit imprimé

Le circuit imprimé (figure 4) ne comporte aucune difficulté particulière. Il est cependant conseillé de se procurer auparavant les différents composants nécessaires à cette réalisation avant de passer à son tracé. Cette remarque vaut plus particulièrement pour le connecteur femelle. Une fois gravé, les pistes sont à rincer abondamment à l'eau tiède et les pastilles à percer à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains trous sont à agrandir à 1 mm,

voire 1,3 mm, afin de les adapter aux diamètres des connexions des composants les plus volumineux.

### Implantation des composants

Après la mise en place des deux straps de liaisons, implanter les résistances, la diode, le support du circuit intégré, pour finir avec les capacités et les autres éléments du module. Attention au respect de l'orientation des composants polarisés tels que les capacités électrolytiques (figure 5). Les deux ajustables A1 et A2 auront leur curseur placé en position médiane avant implantation. S'agissant d'ajustables à 25 tours, cette opération est à réaliser à l'aide d'un ohmmètre. La même remarque s'applique au potentiomètre P. Des découpes circulaires sont à pratiquer dans le module en regard de la



face arrière du voltmètre, pour laisser le passage à un ajustable et une capacité dont le niveau dépasse le plan formé par l'assise (photo A).

La tige supportant la masselotte peut être fixée et collée dans un trou préalablement réalisé dans le bouton de commande du potentiomètre.

De même en ce qui concerne l'immobilisation de la masselotte sur la tige. Le module a été relié à un second module en matière plastique, de mêmes dimensions, au moyen de tiges filetées de  $\varnothing 3$  mm et d'écrous formant des entretoises. Deux tiges filetées supplémentaires constituent une limite physique de débattement de la tige (photo B).

## Réglages

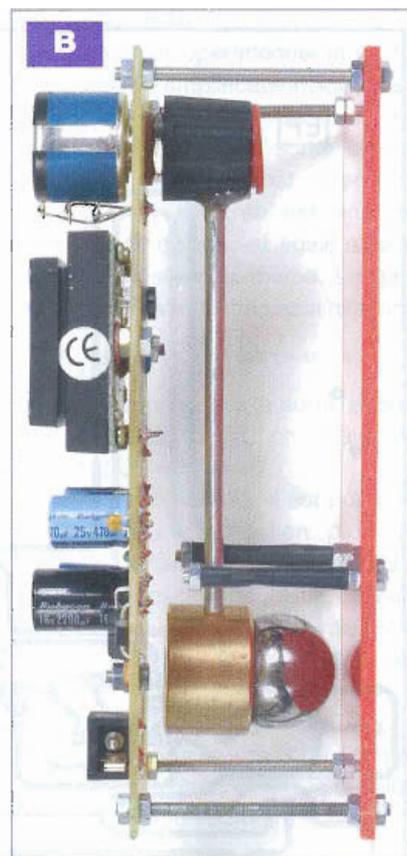
Simple, ils se réalisent en deux temps.

### • Réglage de l'affichage zéro

L'appareil est à poser sur un plan horizontal. Il convient alors de tourner la vis de commande du curseur de l'ajustable A1, dans un sens ou dans l'autre, pour aboutir à un affichage proche de la valeur zéro.

### • Réglage de l'affichage maximal

La largeur du module étant de 70 mm, on posera l'appareil, d'un côté, sur le plan horizontal et, de l'autre, sur une cale de 14 mm d'épaisseur. On obtient ainsi une pente de 20 %. Par la suite, on agira sur la vis de commande du curseur de l'ajustable A2



de manière à obtenir la limite de l'affichage 1.999 et 1 qui correspond à la sensibilité maximale de l'appareil.

R. KNOERR

L'offre pertinente pour vos Circuits Imprimés professionnels

**EURO**  
CIRCUITS

On-line: calculez vos prix  
On-line: passez vos commandes  
On-line: suivez vos commandes  
On-line: 24H/24 & 7J/7

**Pas de minimum de commande !  
Pas de frais d'outillages !**

Une équipe novatrice à votre écoute: +33 (0)3 86 87 07 85

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

Verified

- "Standard pooling" à prix très attractifs
- de 1 à 6 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

A la carte

- "Technologie pooling" à prix attractifs
- de 1 à 8 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

On demand

- "Technologie particulière" au juste prix
- de 1 à 16 couches
- de 1 pièce à la moyenne série
- délais à partir de 3 jours ouvrés

# Stereo & Image

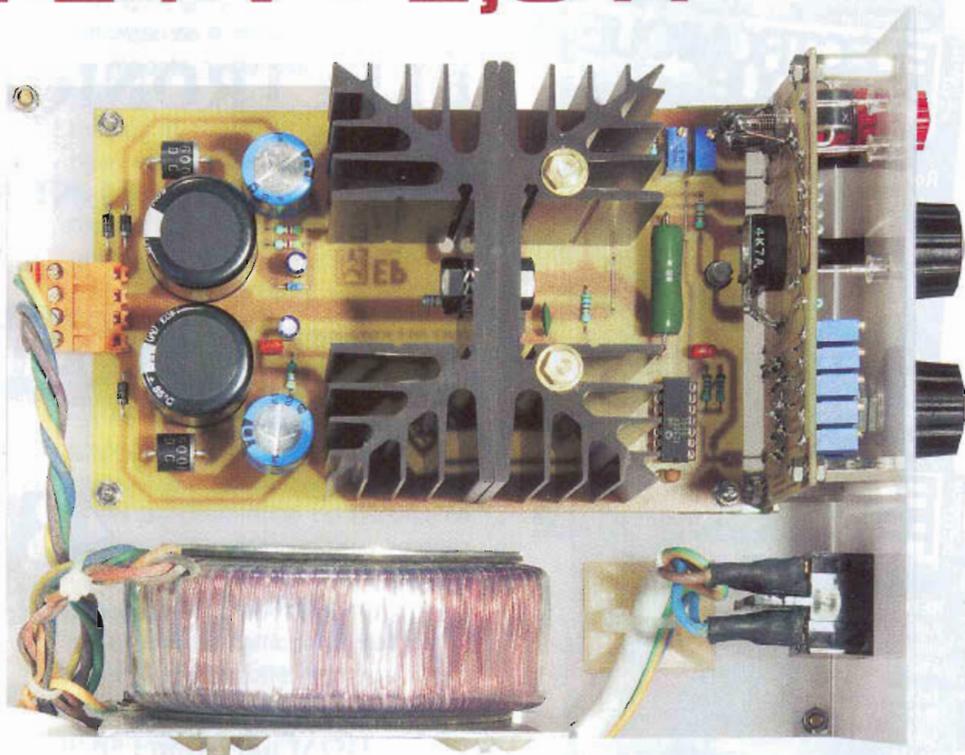
Nouvelle approche de la Haute Fidélité Musicale & de la Haute Définition Vidéo

**CHAQUE MOIS CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX**

TRANSOCÉANIC - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France - Tél. : 33 (0)1 44 65 80 80

# Alimentation de laboratoire 0 à 24 V - 2,5 A

Nous avons choisi de faire entrer dans la rubrique « Rétro-Circuit » un composant encore d'actualité et pourtant très ancien. Sa célébrité et sa fiabilité font qu'il mérite une réalisation de choix au sein de notre magazine. Ce composant est le LM723.



Le LM723 intègre tous les circuits nécessaires, y compris le disjoncteur électronique. D'un coût dérisoire, il est d'ailleurs couramment employé dans les alimentations industrielles. Comme d'habitude, vous pouvez vous le procurer auprès de Lextronic et de Saint Quentin Radio, mais également chez la plupart des revendeurs. La figure 1 montre son schéma interne. De nombreux montages élaborés à partir de ce composant, ne descen-

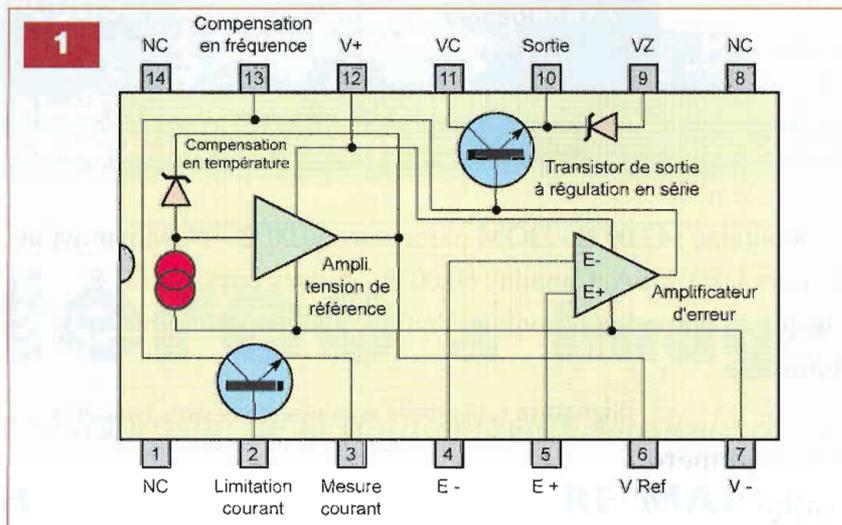
dent pas à 0 V ou proposent purement et simplement une tension fixe. Nous vous présentons une alimentation de laboratoire performante, offrant une tension variable comprise entre 0 et 24 V sous un courant maximal de 2,5 A, en utilisant un simple transformateur traditionnel à double enroulement. De plus, elle est munie d'une protection contre les surcharges et les courts-circuits et possède cinq tensions commutables, présélectionnées par vos soins en fonction de vos besoins.

## Schéma de principe

Le schéma de la figure 2 permet de suivre cette étude. Un seul transformateur d'alimentation de 100 VA comportant deux enroulements identiques de 22 V, reliés en leur point milieu, fournit les trois tensions nécessaires.

La première s'élève à +26 V et délivre plus de 2,5 A. Elle s'obtient en effectuant un redressement à « double alternance » par les diodes D1 et D2, capables de supporter 6 A et un filtrage efficace par la mise en parallèle des deux condensateurs C1 et C2 de 4700 µF. La Del1, limitée en courant par les résistances R12 et R13, visualise cette tension.

La seconde, de même polarité, de même valeur mais limitée en puissance par la résistance R1, alimente C11 : le circuit LM723. La diode D4 redresse une alternance positive, le condensateur C3 filtre cette tension et le circuit constitué de R1, C5 et C7 la découple. Pour obtenir une tension de sortie capable de descendre à 0 V, il est nécessaire de fausser la tension de référence interne de C11 en reliant



cette dernière non pas à la masse, mais à une tension auxiliaire négative stabilisée. Nous la produisons par un redressement à double alternance négative au moyen des diodes D5 et D6 et par filtrage (C4). La diode zéner D7 effectue l'indispensable stabilisation à 4,7V. Les résistances R2 et R3, câblées en parallèle afin de supporter plus de puissance, remplacent l'habituelle résistance accompagnant une diode zéner. Le condensateur C6 filtre cette tension.

Le circuit LM723 génère une tension de référence de +7,15 V disponible sur sa broche (6). Le pont diviseur constitué par R4 et R5 la divise par deux pour une future comparaison au moyen de l'amplificateur d'erreur interne.

Nous alimentons les circuits internes du LM723 avec une partie de la tension négative de 4,7 V produite ci-dessus et prélevée au niveau du curseur de la résistance ajustable AJ1. La résistance R6 sert de butée afin de limiter l'excursion en tension. Le circuit voit alors, sur son entrée non inverseuse, la tension de référence de 0 V. Le condensateur C8 découple cette tension le plus près possible de la broche (7) de C11.

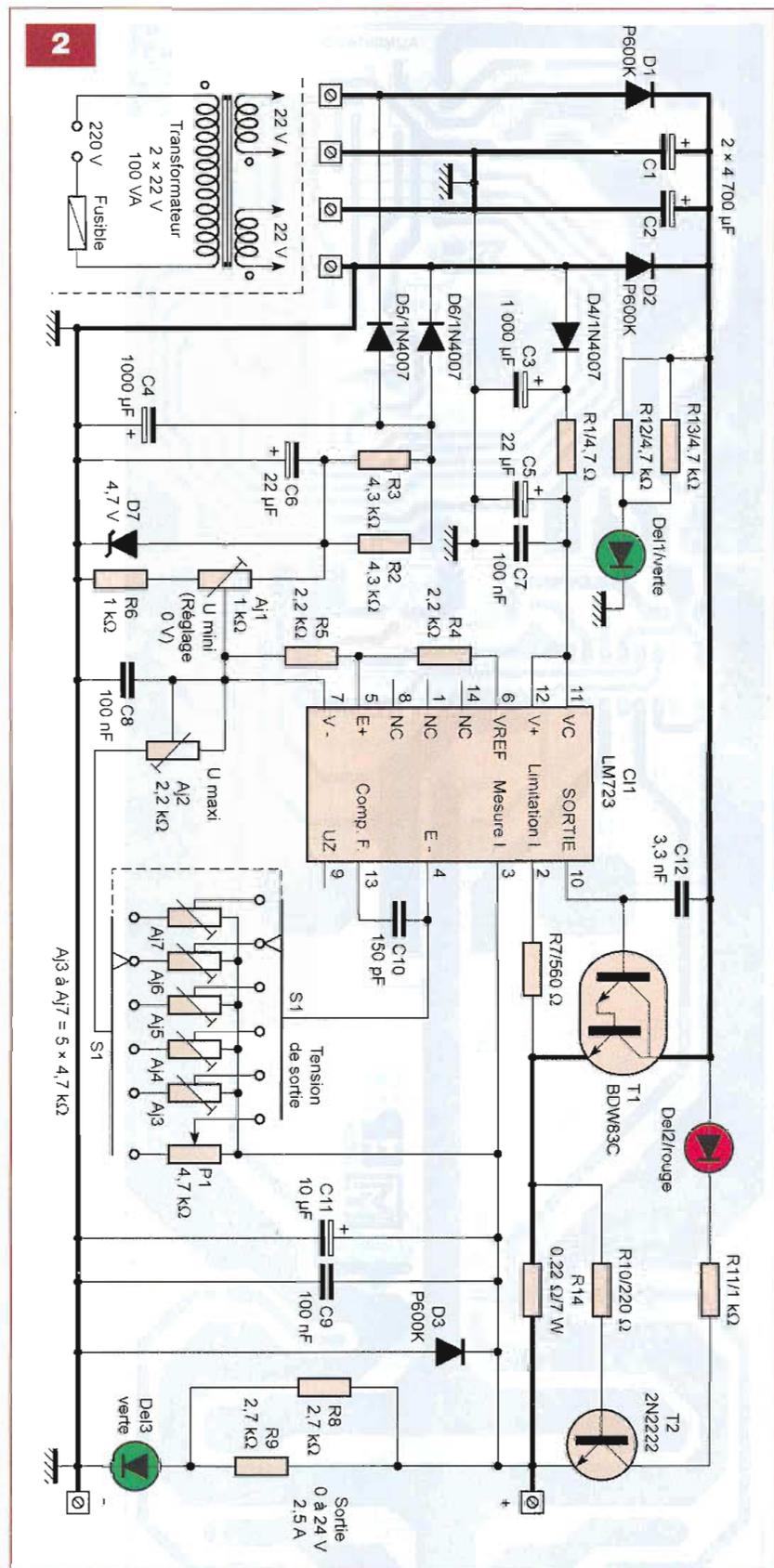
Le commutateur rotatif S1, comportant deux circuits à six positions, permet de sélectionner soit le potentiomètre P1, soit l'une des cinq résistances ajustables AJ3 à AJ7 pour déterminer la tension de sortie en effectuant une contre-réaction de cette dernière avec l'entrée inverseuse du LM723.

La comparaison entre les entrées « E+ » (broche 5) et « V- » (broche 7) permet de commander de manière proportionnelle le transistor de puissance Darlington T1.

R7 est la résistance de base et de limitation du transistor intégré à C11 et le condensateur C12 évite une oscillation parasite de T1. La résistance ajustable AJ2 sert de butée et fixe la tension maximale en sortie.

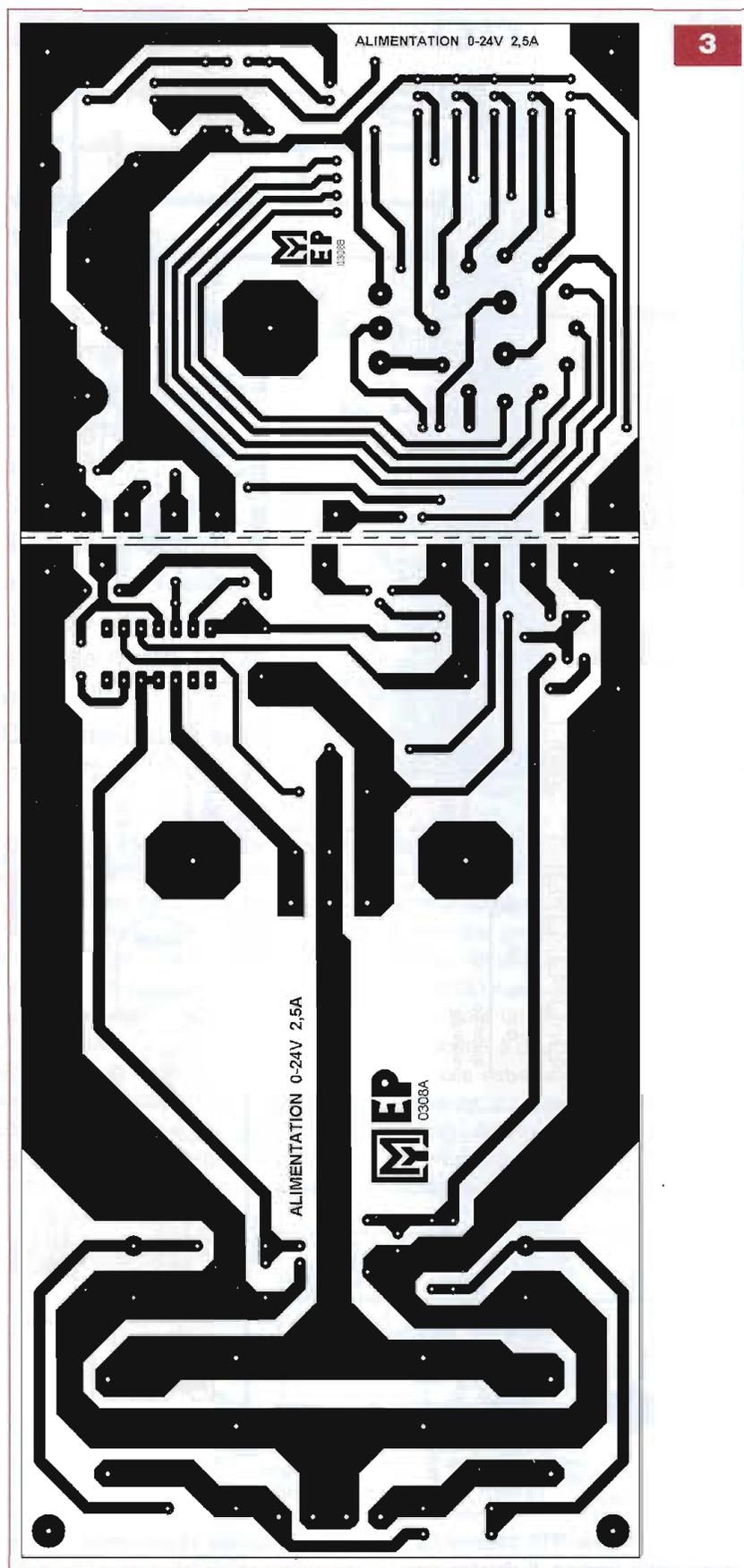
Lorsque le courant de sortie monte à 2,7 A, la différence de potentiel aux bornes de la résistance R14 atteint le seuil de conduction (0,6 V) du limiteur interne chargé de bloquer l'étage de puissance.

Parallèlement, le transistor T2, via sa



résistance de base R10, mesure également cette tension. Il devient passant dans les mêmes conditions pour alimenter la Del2, limitée en courant par la résistance R11. Cette information visuelle du défaut est indispen-

sable et manque fréquemment sur les alimentations de laboratoire de réalisation personnelle. Il convient d'accorder une attention toute particulière au choix du transistor de puissance T1. Hormis le cou-



rant maximal de 2,5 A qu'il doit supporter, celui-ci doit dissiper toute la puissance lorsque la tension de sortie est faible ou en cas de surcharge.

Prenons un exemple. La tension en charge (sous 2,5 A) aux bornes des condensateurs C1 et C2 atteint environ 26 V. D'après la loi d'Ohm, si nous

demandons une tension de sortie de 1 V sous cette même valeur de courant, le transistor T1 doit dissiper en pur effet joule :

$$(26 - 1) \times 2,5 = 62,5 \text{ W}$$

Lors d'un court-circuit, cette puissance atteint 70 W. Il en découle qu'un dissipateur de bonne taille est indispensable. Pour T1, nous avons opté pour le transistor Darlington : le BDW83. Ce dernier supporte un courant de 15 A. Avec un dissipateur adéquat, il peut évacuer 150 W. Si vous devez choisir un équivalent, assurez-vous de ses caractéristiques et de son brochage.

Les condensateurs C9 et C11 filtrent la tension de sortie visualisée par la Del3 accompagnée de ses résistances R8 et R9. La diode de « roue libre » D3 se charge de la protection contre les courants de retour en sortie.

## Réalisation

Le typon nécessaire à la gravure du circuit imprimé est donné à la **figure 3**. Afin de respecter la largeur des pistes, nous vous recommandons la méthode de réalisation par photographie.

Le circuit imprimé est double, il comprend la platine de puissance et le circuit de commande. Il convient, après gravure et perçages, de les séparer.

En dernier lieu, la platine de commande est montée verticalement et reliée à celle de puissance à l'aide de six morceaux de fils rigides (pattes de composants de forte section).

Les circuits imprimés supportent tous les composants, à l'exception du transformateur d'alimentation de 100 VA et de son fusible.

Avant de percer les trous, nous vous conseillons de rassembler toutes les pièces afin de déterminer les diamètres de perçages. Commencer avec un foret de  $\varnothing 0,8$  mm, puis aléser certains trous à un diamètre supérieur en fonction de la section des pattes. Ne pas oublier les fixations du dissipateur thermique à  $\varnothing 4$  mm. Le potentiomètre est monté verticalement et vissé sur la platine, il lui faut un perçage à l'aide d'un foret de  $\varnothing 10$  mm.

Commencer le câblage en soudant

## Nomenclature

### Résistances $\pm 5\%$

R1 : 4,7  $\Omega$  (jaune, violet, or, or)  
 R2, R3 : 4,3 k $\Omega$  (jaune, orange, rouge)  
 R4, R5 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)  
 R6, R11 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R7 : 560  $\Omega$  (vert, bleu, marron)  
 R8, R9 : 2,7 k $\Omega$  (rouge, violet, rouge)  
 R10 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 R12, R13 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 R14 : 0,22  $\Omega/7$  W vitrifiée  
 AJ1 : Résistance ajustable verticale de  
 1 k $\Omega/25$  tours  
 AJ2 : Résistance ajustable verticale de  
 2,2 k $\Omega/25$  tours  
 AJ3 à AJ7 : Résistance ajustable verti-  
 cale de 4,7 k $\Omega/25$  tours  
 P1 : Pot linéaire de 4,7 k $\Omega$  (axe  $\varnothing$  6 mm)

### Condensateurs

C1, C2 : 4700  $\mu$ F/63 V  
 C3, C4 : 1000  $\mu$ F/63 V  
 C5, C6 : 22  $\mu$ F/63 V  
 C7, C8, C9 : 100 nF  
 C10 : 150 pF  
 C11 : 10 à 22  $\mu$ F/63 V  
 C12 : 3,3 nF

### Semiconducteurs

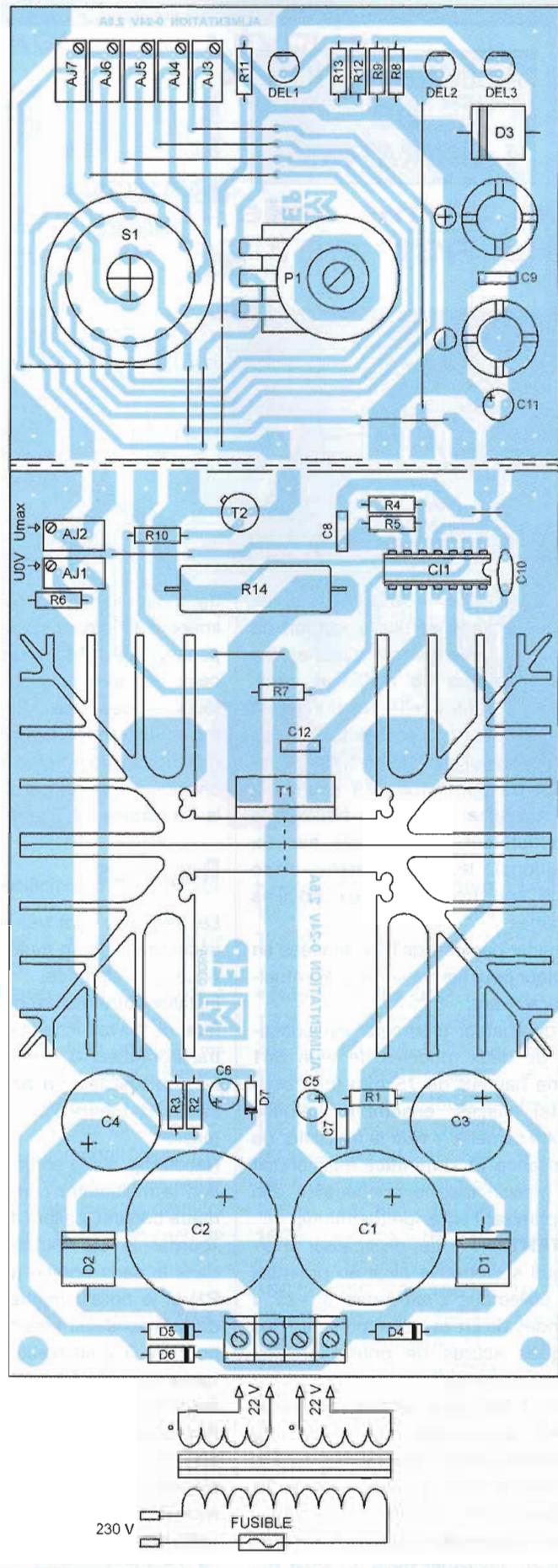
D1 à D3 : P600K  
 D4, D5, D6 : 1N4007  
 D7 : zéner 4,7 V de 0,25 W ou 1,3 W  
 DEL1, DEL3 : Diode électroluminescente  
 verte  $\varnothing$  5 mm  
 DEL2 : Diode électroluminescente  
 rouge  $\varnothing$  5 mm  
 T1 : BDW83C ou D  
 T2 : 2N2222  
 CI1 : LM723

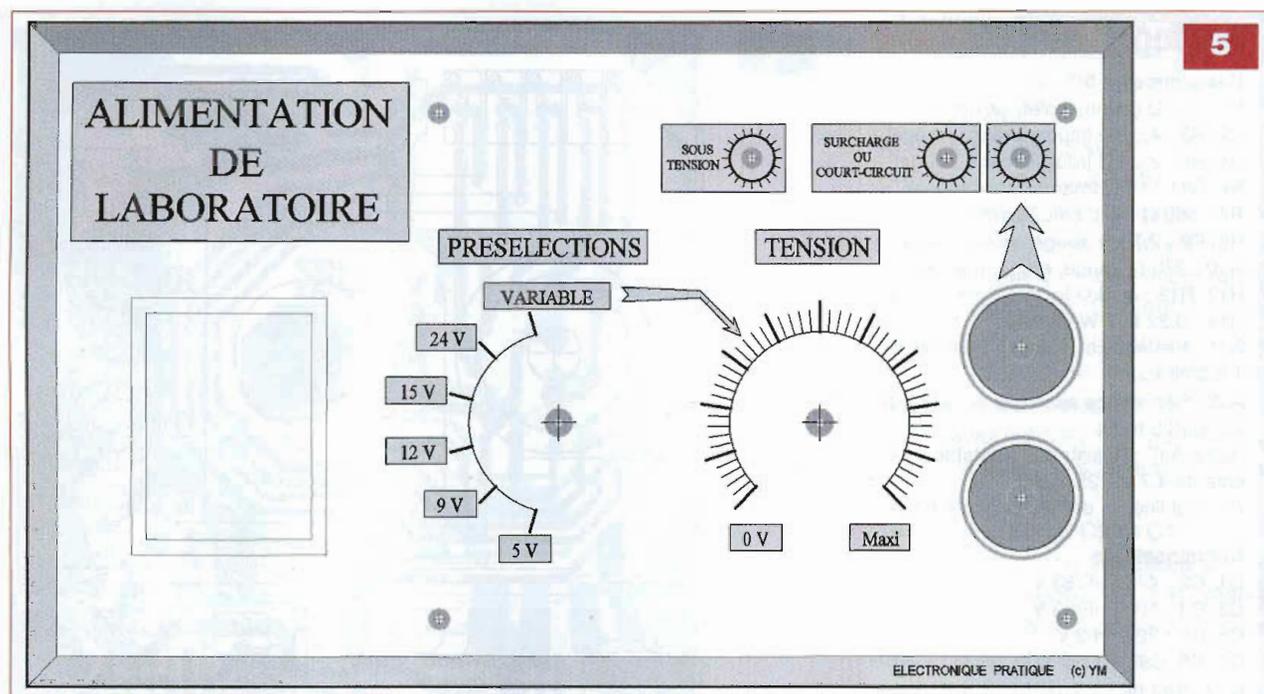
### Divers

1 transformateur 2 x 22 V, 100 VA  
 (torique de préférence)  
 1 support de circuit intégré à 14 broches  
 1 commutateur rotatif 2 x 6 positions  
 pour CI  
 2 boutons pour axes de 6 mm  
 1 bornier à 4 vis au pas de 5,08 mm  
 2 douilles « banane »  
 2 dissipateurs thermiques type S41  
 (longueur 75 mm)  
 Graisse thermo conductrice  
 1 boîtier isolant (plastique), fusible 1 A  
 et porte fusible  
 Visserie  $\varnothing$  3 mm et  $\varnothing$  4 mm  
 (vis, écrous, rondelles, équerres, etc.)

les trois ponts de liaisons (straps) du  
 circuit de puissance et les dix de celui  
 de commande (c'est le prix à payer  
 pour une bonne disposition des  
 organes de commandes en évitant  
 les câblages externes). Les compo-  
 sants s'implantent ensuite par ordre  
 de taille et de fragilité en câblant  
 simultanément les deux platines.  
 Suivre le plan d'implantation des  
 composants de la **figure 4**.

4





Débuter par les résistances et les diodes. Poursuivre par le support de circuit intégré à quatorze broches, les condensateurs au mylar et céramique, le transistor T2, les borniers à vis, les résistances ajustables, les condensateurs chimiques, la résistance de puissance R14 soudée à environ 10 à 15 mm de hauteur, le commutateur rotatif (réglé sur six positions), le potentiomètre vissé dans son trou, les deux douilles bananes

Terminer par les leds bien alignées en hauteur pour figurer sur une éventuelle face avant.

Le dissipateur thermique est constitué de deux modèles de type S41 d'une hauteur de 75 mm (très courants) vissés ensemble semelle contre semelle. Y fixer le transistor de puissance T1 **sans mica** mais enduit de graisse thermo conductrice afin d'optimiser l'échange thermique.

**ATTENTION !** Le dissipateur thermique se retrouve ainsi au potentiel du collecteur, c'est-à-dire à +25 V (anodes de D1 et D2) et présente des risques accrus de courts-circuits. Soyez prudents !

Monter les deux platines verticalement, assemblées au moyen de petites équerres métalliques et reliées entre-elles avec six morceaux de fils rigides.

Avant la première mise sous tension, se livrer aux vérifications d'usage afin

de traquer la défaillance sur le circuit imprimé. Contrôler la valeur des composants mais également le sens de ceux qui sont polarisés (condensateurs, diodes, leds). Si un transistor meurt en silence, il n'en va pas de même pour un condensateur électrochimique qui explose et peut blesser le « maladroit » !

## Réglages

Les réglages sont très simples et ne nécessitent qu'un multimètre, numérique de préférence.

Installer votre réalisation sur une surface de travail isolante, raccorder le transformateur d'alimentation équipé de son fusible à la platine de puissance et mettre l'alimentation sous tension.

Raccorder, sur la sortie de l'alimentation le multimètre commuté en voltmètre continu, calibre 100 ou 200 V.

Tourner le commutateur en butée dans le sens horaire (positionné sur P1) et le potentiomètre P1 en butée dans le sens anti-horaire. Ajuster AJ1 pour lire 0 V en sortie. Affiner éventuellement le réglage en descendant sur le calibre 20 V continus.

Raccorder en sortie et en parallèle avec le multimètre une charge supportant au moins 24 V sous 1 A à 1,5 A en sortie. Tourner P1 en butée dans le sens horaire et ajuster AJ2 pour lire 24 V sur le voltmètre.

Tourner le commutateur S1 sur les cinq autres positions en réglant pour chacune d'elles la résistance ajustable correspondante (AJ3 à AJ7) à la valeur de la tension choisie. Pour notre maquette, nous avons sélectionné les tensions suivantes : 5 V, 9 V, 12 V, 15 V et 24 V (**figure 5**).

En cas de court-circuit « franc » ou de surcharge atteignant 2,5 A, le limiteur interne fera son office et la Del2 s'illuminera. Ne pas maintenir inutilement cet état car un échauffement exagéré du dissipateur thermique peut nuire aux composants.

**ATTENTION !** Cette réalisation étant soumise à la tension du secteur, prendre les indispensables précautions d'isolement avant de se servir de cet appareil (boîtier plastique fermé et vissé pour votre protection et celle de vos enfants).

Y. MERGY

## Pour aller plus loin...

Mergy, Yves, *Réalisez vos alimentations électroniques*. Éditions Dunod ETSF

Ouvrage entièrement consacré à l'étude théorique et à la réalisation de nombreuses alimentations électroniques de toutes puissances et de toutes technologies (avec et sans transformateur, linéaires et à courant pulsé, analogiques et numériques à commande par microcontrôleur). Tous les aspects techniques sont détaillés.

## SUITE DE DÉVELOPPEMENT POUR MICROCONTRÔLEUR PIC EN LANGAGE BASIC ÉVOLUÉ

# PROTON DS

**Programmer efficacement et simplement la plupart des microcontrôleurs PIC 16F, 18F, etc.**

Il existe un vaste choix de compilateurs Basic pour PIC. L'auteur de ces lignes en a utilisé et testé plusieurs. Il en ressort que la suite de développement PROTON DS de la société Crownhill Associates reste la plus performante. Cette suite est une évolution du célèbre logiciel « Let Pic Basic Plus », certainement connu de bon nombre de nos lecteurs, car souvent cité et utilisé par plusieurs de nos auteurs.



**C**e compilateur présente une excellente compatibilité avec les modules BasicStamp de la société Parallax. Le code généré peut directement servir à la simulation sous le logiciel Proteus VSM Isis, de la société Labcenter Electronics, distribué en France par Multipower, d'ailleurs intégré à la suite de développement PROTON DS pour sa fonction de simulation virtuelle.

Nous allons, au cours de cet article, vous décrire les puissantes fonctions du compilateur et vous montrer la convivialité de l'interface d'édition.

### La suite logicielle

De nombreux lecteurs travaillent sur les microcontrôleurs PIC de Microchip. La plupart ont commencé avec le 16F84 et sont passés aux 16F876 et 16F877.

À chaque fois, des problèmes se posent lorsqu'il faut se mettre à jour

avec les spécificités des nouveaux composants.

Si vous utilisez la suite logicielle de développement PROTON, vous ne serez pratiquement plus confronté à ces problèmes puisque tout est géré en interne et que vous programmez sous un très puissant BASIC. Passez facilement au 18F452 d'un abord plus rébarbatif ! Voyez l'impressionnante liste de microcontrôleurs PIC supportés par PROTON DS et notez au passage la présence des derniers microcontrôleurs à mémoire flash en 16 bits.

### Liste des PIC supportés

#### • Noyau 12-bits OTP

12C508, 12C509, 12C508A, 12C509A, 12CE518, 12CE519, 16C54, 16C54A, 16C54B, 16C55, 16C55A, 16C56, 16C56A, 16CR56, 16C57, 16C57C, 16CR57A, 16CR57B, 16C58, 16C58A, 16CR58A, 16CR58B, 16CR58C, RF509AF, RF509AG

#### • Noyau 12-bit à mémoire FLASH

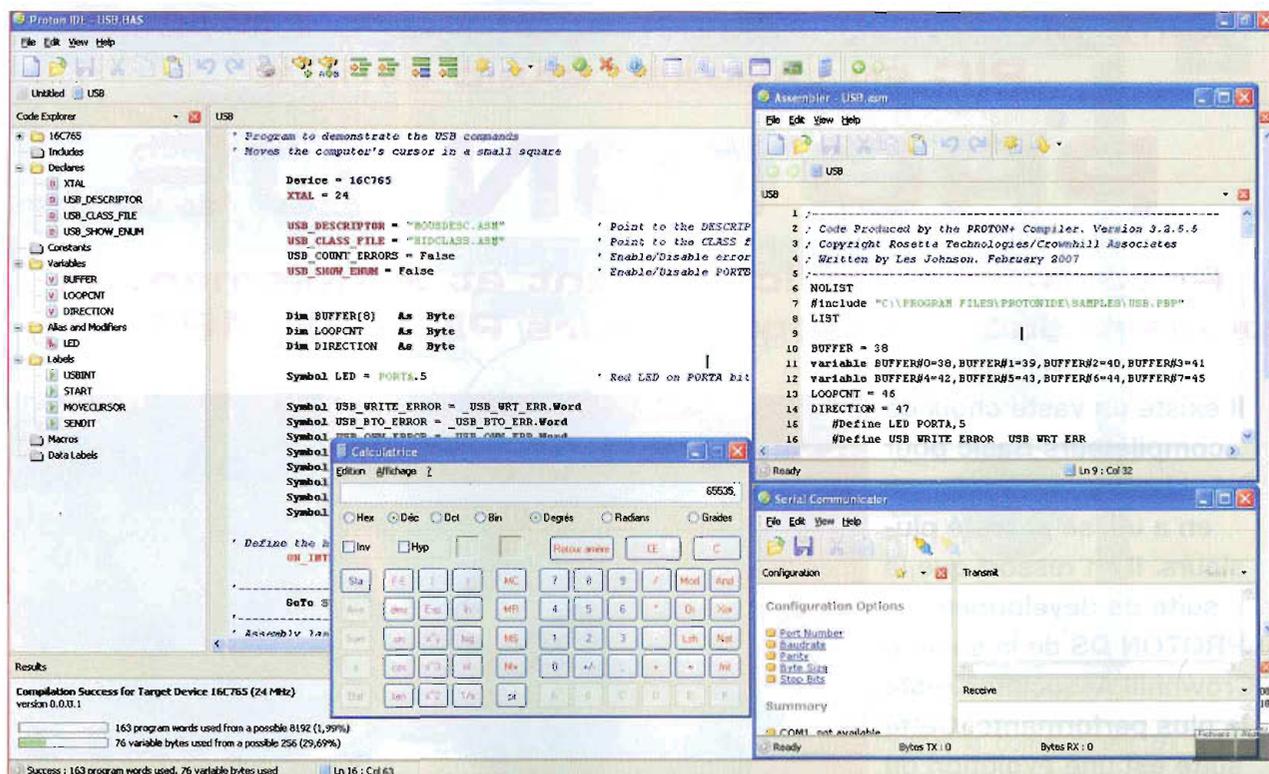
10F200, 10F202, 10F204, 10F206, 12F508, 12F509, 16F54, 16F57

#### • Noyau 14-bits OTP

12C671, 12C672, 12CE673, 12CE674, 16C505, 16C554, 16C554A, 16C558, 16C558A, 16C61, 16C62, 16C620, 16C620A, 16C621, 16C621A, 16C622, 16C622A, 16C62A, 16C62B, 16C63, 16C63A, 16C64, 16C641, 16C642, 16C64A, 16C65, 16C65A, 16C65B, 16C66, 16C661, 16C662, 16C67, 16C67, 16C71, 16C710, 16C711, 16C712, 16C715, 16C716, 16C71A, 16C72, 16C72A, 16C73, 16C73A, 16C73B, 16C73C, 16C74, 16C745, 16C74A, 16C7616C765, 16C77, 16C770, 16C771, 16C773, 16C774, 16CE625, 16CR56, 16CR57A, 16CR57B, 16CR58A, 16CR58B, 16CR58C, 16CR620A

#### • Noyau 14-bits à mémoire FLASH

12F629, 12F635, 12F675, 12RF675, 12F683, 16C84, 16CR84, 16F627,



## 1 La fenêtre principale et quelques fenêtres complémentaires

16F627A, 16F628, 16F628A, 16F630, 16F648A, 16F676, 16F684, 16F685, 16F688, 16F688, 16F689, 16F690, 16F72, 16F73, 16F737, 16F74, 16F747, 16F76, 16F767, 16F77, 16F777, 16F785, 16F818, 16F819, 16F83, 16F84, 16F84A, 16F87, 16F870, 16F871, 16F872, 16F873, 16F873A, 16F874, 16F874A, 16F876, 16F876A, 16F877, 16F877A, 16F88, 16F913, 16F914, 16F916, 16F917

### • Noyau 16-bits OTP

18C242, 18C252, 18C442, 18C452, 18C658, 18C858

### • Noyau 16-bits à mémoire FLASH

18F1220, 18F1320, 18F2220, 18F2320, 18F2331, 18F2410, 18F242, 18F2431, 18F2439, 18F248, 18F2455, 18F2510, 18F2515, 18F252, 18F2520, 18F2525, 18F2539, 18F258, 18F2550, 18F2585, 18F2610, 18F2620, 18F2680, 18F4220, 18F4320, 18F4331, 18F4410, 18F442, 18F4431, 18F4439, 18F448, 18F4439, 18F4455, 18F4510, 18F4515, 18F452, 18F4520, 18F4525, 18F4539, 18F4550, 18F458, 18F4585, 18F4610, 18F4620, 18F4680, 18F6585, 18F6620, 18F6680, 18F6720, 18F8585, 18F8620, 18F8680, 18F8720

## L'éditeur de code

Vous travaillez, évidemment, sous Windows dans une fenêtre principale visible à la **figure 1**. Elle est prévue pour supporter l'ouverture simultanée de plusieurs fenêtres « filles », pour le « bootloader » (principe de téléchargement rapide du programme en mémoire), le code assemblé, la communication série, la programmation traditionnelle du composant, etc.

La partie gauche accueille un explorateur de code, bien pratique pour connaître les variables, constantes, labels, déclarations, fichiers inclus, etc., liés au programme en cours de développement.

L'éditeur de code à proprement parler se situe sur la partie principale de l'écran, à droite. Notez les différences de couleurs permettant de se repérer au sein même du code en BASIC. Les bandeaux supérieurs intègrent les menus et les icônes facilitant l'accès aux différentes fonctions. Les cadres inférieurs donnent les indications précises sur le résultat de la compilation et sur les caractéristiques de l'édition (ligne, colonne, etc.)

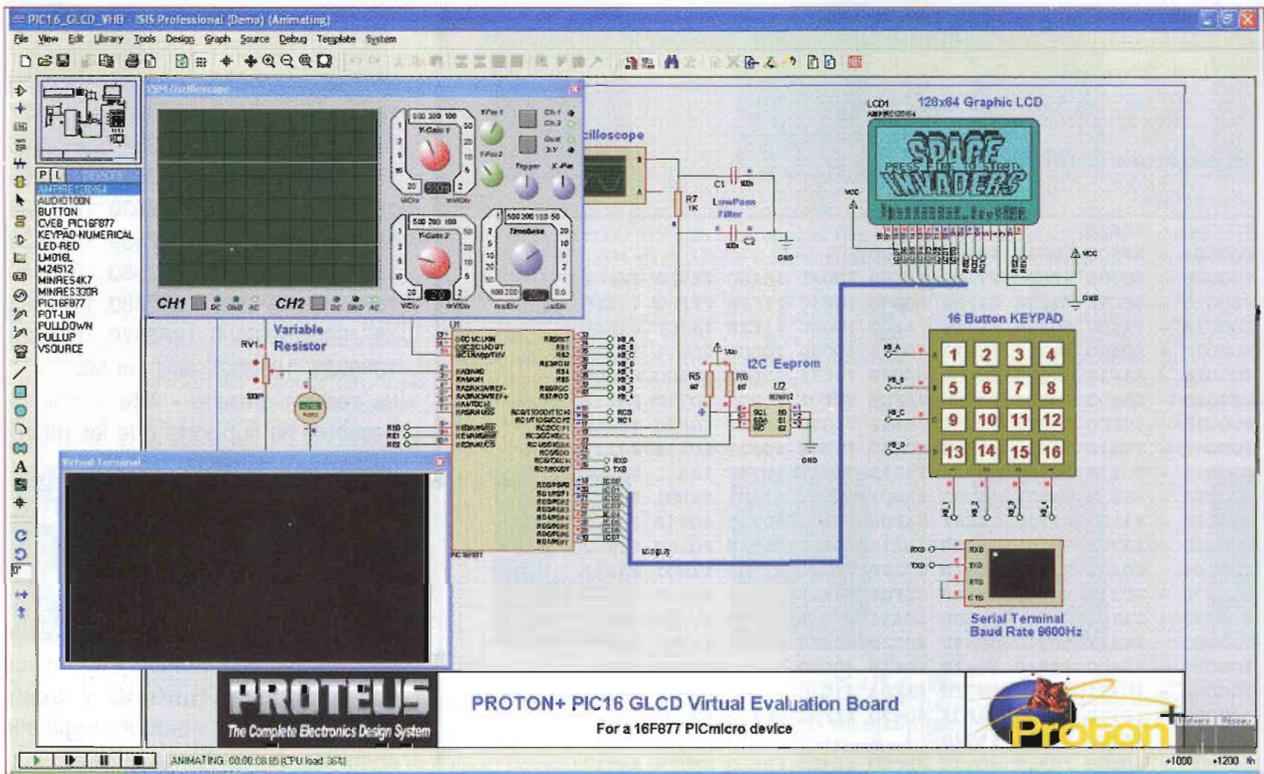
La protection a également évolué.

Auparavant, il fallait demander, par Internet, un numéro de validation tenant compte de nombreux paramètres liés à la configuration logicielle et électronique de la machine. Cette requête était nécessaire, par exemple, à chaque formatage du disque dur ! Impossible, de ce fait, de travailler sur votre ordinateur de bureau et sur votre portable.

Aujourd'hui, PROTON DS est livré avec une clé de protection USB (un « dongle ») requis pour la compilation, la programmation et les mises à jour, mais non pour l'édition simple. Rien n'empêche d'installer le logiciel sur vos deux ordinateurs, il vous suffit d'insérer le « dongle » pour travailler.

Les mises à jour gratuites de la suite logicielle s'effectuent en ligne, par Internet. Il suffit de les demander par le biais du sous menu « Online Updates... », du menu « View » et de placer le « dongle » de protection. Une boîte de dialogue s'ouvre alors, vous proposant le téléchargement et l'installation automatique des éventuelles mises à jour, ou le retour vers PROTON DS.

Les concepteurs de PROTON DS ont pensé aux personnes habituées à tra-



**2** La simulation virtuelle avec Proteus VSM intégré

vailler sous MPLAB (la suite de développement de la société Microchip). Ils ont prévu de l'y intégrer comme un outil d'origine et fournissent tous les fichiers et l'aide nécessaire à cette configuration.

**Le simulateur virtuel**

La simulation virtuelle est tout simplement magnifique !

La **figure 2** montre une vue d'écran plutôt alléchante. Constatez la présence, entre autres, d'un terminal sériel et d'un oscilloscope virtuel où tous les réglages sont permis après lancement de la simulation.

Avec la version standard, vous possédez six modèles virtuels.

- Un 12F675 PICmicro (8 broches, noyau 14 bits)
- Un 16F628A PICmicro (16 broches, noyau 14 bits)
- Un 16F877 PICmicro avec afficheur LCD alphanumérique (40 broches, noyau 14 bits)
- Un 16F877 PICmicro avec afficheur LCD graphique (40 broches, noyau 14 bits)
- Un 18F452 PICmicro avec afficheur LCD alphanumérique

- (40 broches, noyau 16 bits)
- Un 18F452 PICmicro avec afficheur LCD graphique

(40 broches, noyau 16 bits)  
Les connexions sont figées, mais permettent de tester vos programmes en respectant les liaisons établies. Vous disposez malgré tout, en plus des afficheurs LCD, d'un clavier matricé à seize touches, de quatre DELs, d'un potentiomètre, d'un voltmètre, d'une mémoire PC M24512, d'une sonde de température DS1620, et d'une horloge en temps réel DS1302.

Si vous souhaitez modifier le câblage virtuel des circuits du simulateur, vous devrez acquérir la licence complète de Proteus VSM.

**La programmation**

Elle s'effectue sous un BASIC très complet, mais l'insertion de sous programmes en assembleur est permise au sein même du basic. **Vous trouverez, en téléchargement sur notre site internet (www.electroniquepratique.com), la liste au format « pdf » des commandes et directives de ce puissant langage.**

Notez la présence d'instructions destinées à travailler directement avec les afficheurs LCD alphanumériques et graphiques, avec les mémoires PC externes, les servomécanismes, les chaînes de caractères, mais plus fort encore, avec le port USB (si le PIC en est pourvu) et avec les cartes mémoire « Compact Flash » !

**Le compilateur**

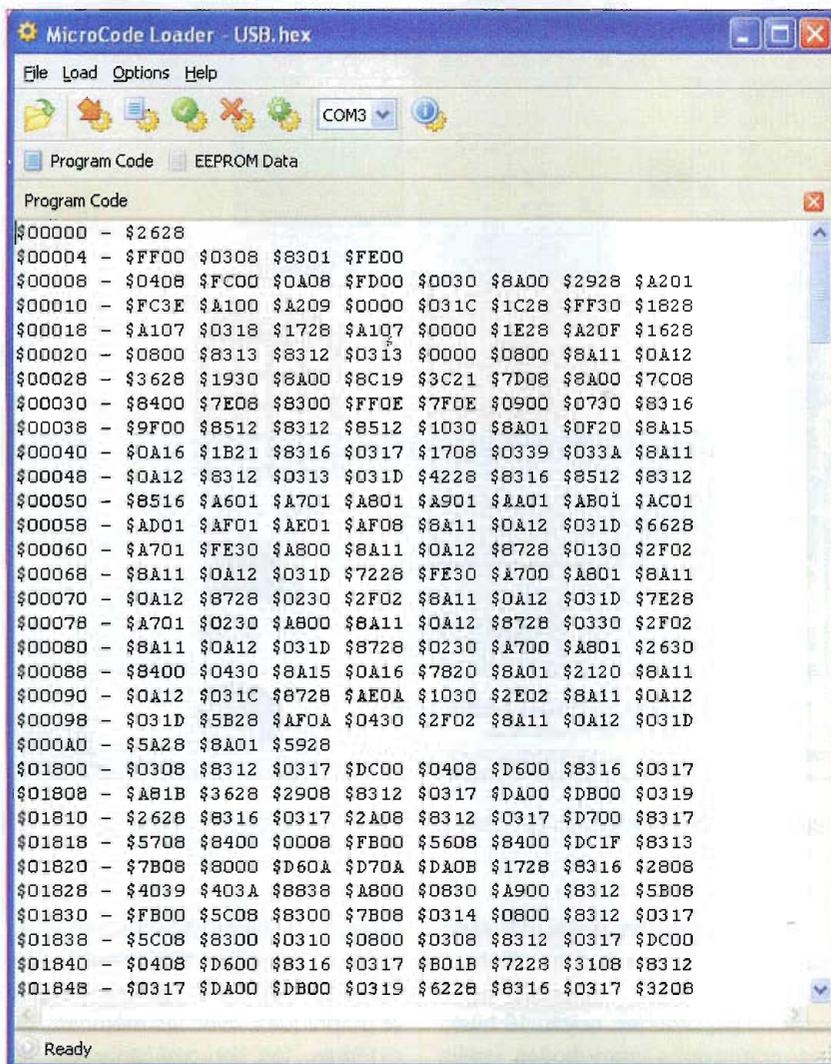
Le compilateur génère, en dernière phase, un code « HEX » très compact et optimisé.

Entre le fichier Basic et le « HEX », vous constaterez que PROTON produit plusieurs fichiers (neuf au total) dont le fichier assembleur (ASM) lisible et même modifiable.

Le compilateur inclut également les lignes d'instructions en Basic dans le code ASM, sous forme de commentaires si vous le souhaitez.

Cette particularité s'avère bien pratique pour faciliter l'apprentissage éventuel de l'assembleur.

Ajoutons que PROTON DS traite les variables en « virgule flottante », les chaînes de caractères, les variables « BIT » (1 bit), « BYTE » (1 octet),



### 3 Le « bootloader » : MicroCode Loader

« WORD » (mot de deux octets), les tableaux de plus de deux cent cinquante six éléments et les tables de données de la meilleure façon qu'il soit.

### Le transfert du programme

Le logiciel de programmation de votre choix devient accessible depuis l'éditeur. Il suffit d'en indiquer le chemin dans les paramètres. Pour notre part, nous utilisons ICPROG, parfaitement reconnu par PROTON DS.

Il convient ensuite de lancer la compilation du programme et si vous le souhaitez, le logiciel de programmation démarre automatiquement.

Nous l'avons évoqué plus haut, la suite PROTON DS intègre également un « bootloader » ; comprenez, en français, « téléchargeur ». Ici, il se nomme « MicroCode Loader », voyez

la copie d'écran de la **figure 3**.

Son principe est simple : vous programmez, traditionnellement, en mémoire « flash » du PIC, un très court programme d'environ 250 octets (fourni avec PROTON DS) à l'aide d'un programmeur habituel.

Ensuite, par un circuit élémentaire à base d'un MAX232 dont le schéma est indiqué dans le fichier d'aide, vous téléchargez le volumineux programme « HEX » que vous avez compilé, en quelques secondes, à l'aide de ce bootloader.

Voici la liste des microcontrôleurs supportés par « MicroCode Loader » : 16F870, 16F871, 16F873(A), 16F874(A), 16F876(A) and 16F877(A) 16F870, 16F871, 16F873(A), 16F874(A), 16F876(A), 16F877(A), 16F87, 16F88, 18F242, 18F248, 18F252, 18F258, 18F442, 18F448, 18F452, 18F458, 18F1220, 18F1320, 18F2220, 18F2320, 18F4220,

18F4320, 18F6620, 18F6720, 18F8620, 18F8720, 18F2331, 18F2431, 18F4331, 18F4431, 18F6585, 18F8585, 18F6680, 18F8680, 18F6627, 18F6722, 18F8627, 18F8722, 18F2525, 18F2620, 18F4525, 18F4620, 18F2455, 18F2550, 18F4455, 18F4550, 18F2420, 18F2520, 18F4420, 18F4520, 18F2439, 18F2539, 18F4439, 18F4539, 18F2480, 18F2580, 18F4480, 18F4580, 18F2585, 18F2680, 18F4585, 18F4680, 18F6520, 18F8520, 18F6525, 18F6621, 18F8525 and 18F8621.

La version gratuite « Lite » (voir ci-dessous) ne supporte que les microcontrôleurs suivants :

16F876, 16F877, 18F252 et 18F452.

### Conclusion

Pour quiconque souhaite travailler avec les microcontrôleurs PIC, novice ou développeur confirmé, il existe maintenant une solution logicielle complète de très haute qualité.

Le seul petit problème à considérer, est la langue anglaise sous laquelle PROTON DS est conçu.

Ce produit est commercialisé chez Sélectronic au prix de 299 €, ce qui ne représente même pas le coût de deux BasicStamps « BS2P40 » !

Les plus fortunés s'offriront, en complément, le logiciel PROTEUS VSM cité au cours de l'article. Ils disposeront ainsi d'un équipement logiciel de haut niveau pour concevoir l'intégralité de leurs projets électroniques.

Nous invitons vivement nos lecteurs à télécharger gratuitement la version de démonstration « lite » de PROTON DS totalement fonctionnelle, limitée à cinquante lignes de Basic, mais non dans le temps.

Voici l'adresse Internet du site de Crownhill Associates :

[http://www.picbasic.org/proton\\_lite.php](http://www.picbasic.org/proton_lite.php)

Pour toute information complémentaire, ou pour l'achat de PROTON DS en ligne, une visite s'impose à l'adresse suivante :

<http://www.picbasic.org>

Il est possible de télécharger gratuitement le manuel complet de « Proton Development Suite » en langue anglaise et au format « pdf » à l'adresse suivante : [http://www.picbasic.it/proton\\_ds\\_userguide.pdf](http://www.picbasic.it/proton_ds_userguide.pdf)

Y. MERGY

# Onduleur 12 V / 230 V / 50 W



À l'heure où développement durable et économies d'énergie se conjuguent dans notre quotidien, il vous est proposé de réaliser un onduleur.

**S**es caractéristiques vous permettront d'alimenter, à partir d'une batterie de 12 V, des récepteurs devenus communs, telles les lampes fluorescentes « basse consommation » et autres lampes à diodes électroluminescentes.

## Principe d'un onduleur

### Réversibilité du transformateur

En règle générale, il est utilisé pour abaisser la tension 230 V du secteur à une valeur plus faible adaptée à l'alimentation d'un récepteur.

Son rapport de transformation désigné par  $m$  est alors inférieur à l'unité (figure 1).

Dans le cas d'un onduleur associé à une batterie produisant une tension continue de 12 V, le transformateur va être mis en œuvre pour élever la tension de la batterie afin d'obtenir une tension de valeur efficace 230 V à la

fréquence de 50 Hz. Le rapport de transformation  $m$  du transformateur est alors supérieur à 1.

### Principe de base

Le moyen le plus simple pour réaliser un onduleur est d'associer les trois constituants suivants : batterie(s), transistor(s) et transformateur élévateur.

Trois schémas types permettent alors de fabriquer une tension alternative (non sinusoïdale) produite par l'enroulement 230 V du transformateur à partir d'une tension continue, fournie par une batterie de 12 V et appliquée alternativement à l'enroulement 12 V du même transformateur (figure 2).

- **Montage 1.** La conduction alternée des deux transistors soumet l'enroulement 12 V du transformateur 12 V/230 V à une tension alternative, mais il faut disposer de deux batteries !

- **Montage 2.** Avec l'utilisation de quatre transistors, le même principe appliqué ne nécessite plus qu'une seule batterie !

- **Montage 3.** La mise en œuvre d'un transformateur à point milieu (deux enroulements 12 V) permet de retenir la simplicité, par rapport aux deux montages précédents : une seule batterie et seulement deux transistors.

C'est ce dernier montage qui sera à la base de l'onduleur que nous vous proposons de mettre au point.

### Valeur efficace de la tension obtenue

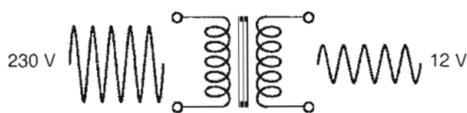
L'onduleur doit produire une tension alternative de valeur efficace 230 V.

À ce sujet, il convient de rappeler la définition théorique de la valeur efficace d'un signal, à savoir : « La valeur efficace d'un signal est la racine carrée de la valeur moyenne de ce signal au carré ».

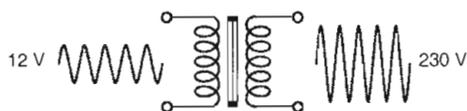
Pour illustrer cette définition, il suffit de vérifier si le montage 2 (figure 2) est capable de fournir cette tension de valeur efficace 230 V à une fré-

1

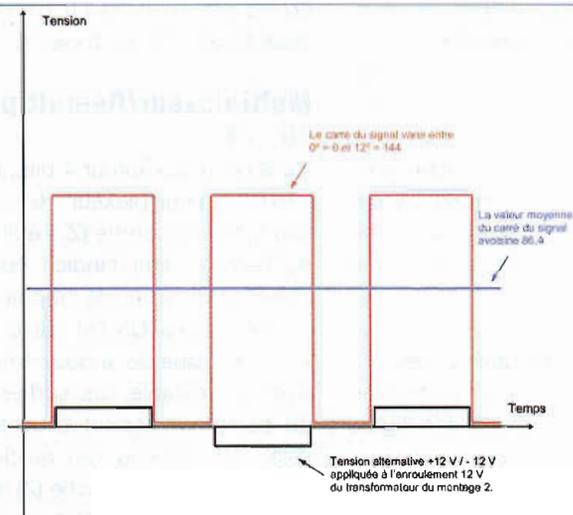
Transformateur ABAISSEUR :  $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $U_2 = 12 \text{ V}$ ,  
Rapport de transformation :  $m = U_2/U_1 = 12/230 = 0,052$



Transformateur ÉLEVATEUR :  $U_1 = 12 \text{ V}$ ,  $U_2 = 230 \text{ V}$ ,  
Rapport de transformation :  $m = U_2/U_1 = 230/12 = 19,16$



3



La valeur efficace de la tension appliquée à l'enroulement secondaire du transformateur du montage 2 vaut la racine carrée de 86,4 soit 9,29 V

quence de 50 Hz.

**Hypothèse.** On envisage de commander les transistors T1, T2, T3 et T4 de façon à ce que la tension appliquée à l'enroulement de 12 V du transformateur s'apparente, dans sa forme, à une tension alternative (figure 3).

Ainsi, les transistors T1 et T4, puis T2 et T3, sont passants toutes les 4 ms pendant une durée de conduction de 6 ms.

Le calcul de la tension efficace reçue par l'enroulement de 12 V du transformateur aboutit à la valeur de 9,29 V (figure 3), valeur qui, par la prise en compte du rapport de transformation du transformateur ( $m = U_2/U_1 = 230/12 = 19,16$ ), conduit à l'obtention d'une

tension de  $9,29 \times 19,16 = 178 \text{ V}$ .

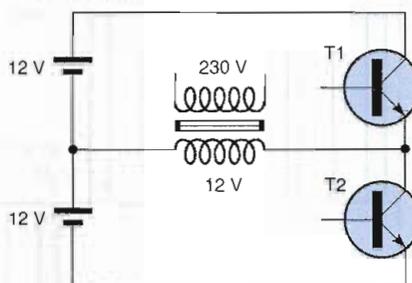
Comme la valeur obtenue est 22 % plus faible que la valeur attendue (230 V), il suffit de prendre un transformateur 9 V/230 V dont le rapport de transformation ( $m = U_2/U_1 = 230/9 = 25,55$ ) permet d'obtenir une tension de  $9,29 \times 25,55 = 237 \text{ V}$ , proche de la tension souhaitée (230 V).

Ainsi, l'onduleur que l'on se propose de réaliser mettra en œuvre un transformateur élévateur de  $2 \times 9 \text{ V}/230 \text{ V}$  et non un  $2 \times 12 \text{ V}/230 \text{ V}$ .

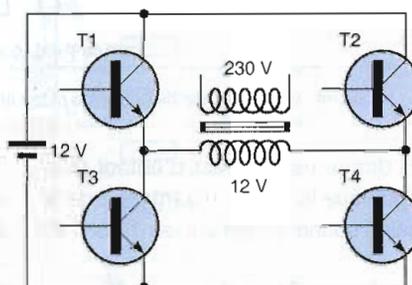
### Commande par Modulation de Largeur d'Impulsions (MLI)

La tension en sortie de l'onduleur n'est pas sinusoïdale car l'enroulement de 9 V du transformateur, ali-

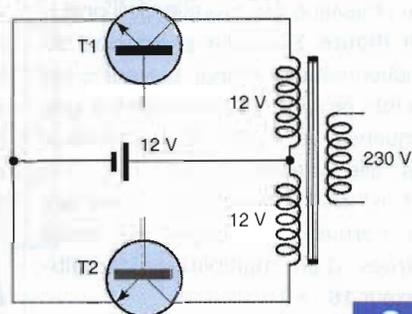
Montage 1 : 2 batteries + 2 transistors de commutation + 1 transformateur élévateur :



Montage 2 : 1 batterie + 4 transistors de commutation + 1 transformateur élévateur :



Montage 3 : 1 batterie + 2 transistors de commutation + 1 transformateur élévateur à 2 enroulements 12 V :



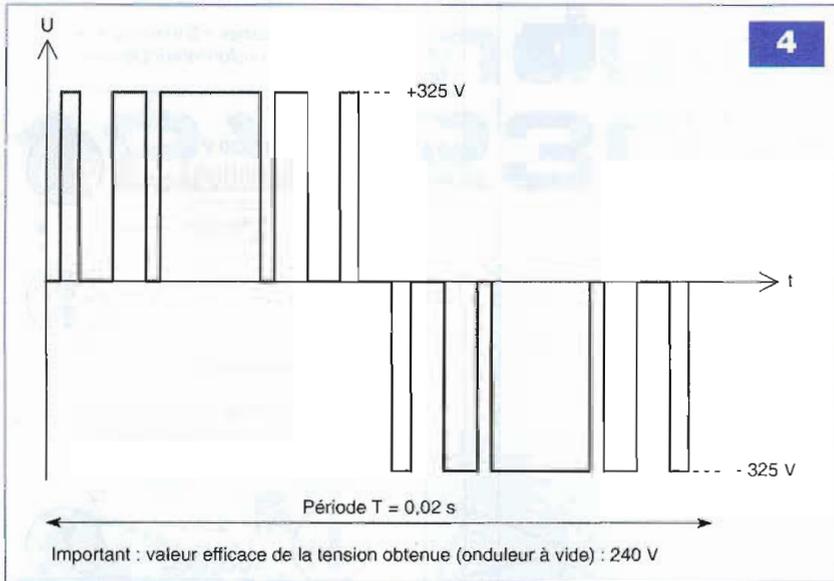
2

menté par la commutation des transistors, est soumis à des créneaux de tension de 12 V.

Cette tension de 237 V non sinusoïdale (voir paragraphe précédent) peut être considérée comme la somme vectorielle d'une tension à une fréquence de 50 Hz (tension souhaitée) et de tensions de fréquences multiples de 50 Hz (tensions non souhaitées) : les harmoniques.

Ces tensions harmoniques provoquent la circulation de courants harmoniques gênants.

Pour limiter ces harmoniques, il convient de gérer les transistors de l'onduleur selon le principe de la commande par modulation de largeur d'impulsions : la durée de la conduc-



tion des transistors est d'autant plus longue que la valeur instantanée de la tension souhaitée est élevée (figure 4).

## Analyse fonctionnelle de l'onduleur

### Synoptique

L'organisation structurelle de l'onduleur (figure 5) justifie le principe du fonctionnement global suivant : un astable produit un signal carré à une fréquence de 1 600 Hz (trente-deux fois celle du réseau EDF).

Cet astable incrémente un compteur qui permet de balayer les seize entrées d'un multiplexeur/démultiplexeur 16 → 1.

Ainsi, les seize états logiques de seize micro-contacts raccordés aux

entrées précitées fixent les niveaux logiques du signal de sortie de l'onduleur sur une demi-période.

Associés à un transformateur torique de 2 x 9 V/230 V à point milieu, quatre transistors répercutent les états logiques des seize micro-contacts, tantôt à un demi-enroulement de 9 V du transformateur, tantôt à l'autre demi-enroulement de 9 V du même transformateur.

En conséquence, le transformateur fournit un signal alternatif de fréquence 50 Hz caractérisé par une tension de valeur efficace 240 V à vide (figure 4).

### Astable 1 600 Hz

Construit autour d'un circuit NE 555 (C11), un astable produit un signal

dont la fréquence est ajustable par la résistance R4 entre 1484 Hz et 1870 Hz (valeurs limites théoriques).

Pour que l'onduleur produise une tension de fréquence 50 Hz, l'astable devra être réglé sur 1600 Hz (figure 6).

### Compteur 4 bits

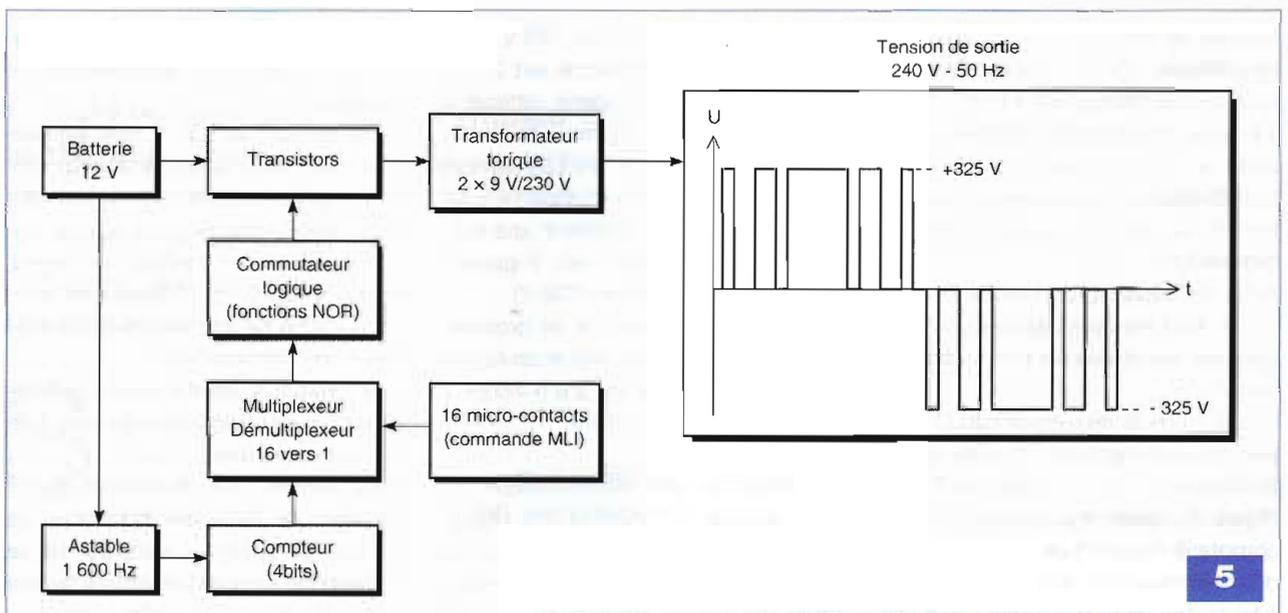
Le signal à 1600 Hz produit par l'astable est appliqué sur l'entrée de comptage du compteur binaire 4024 (C12).

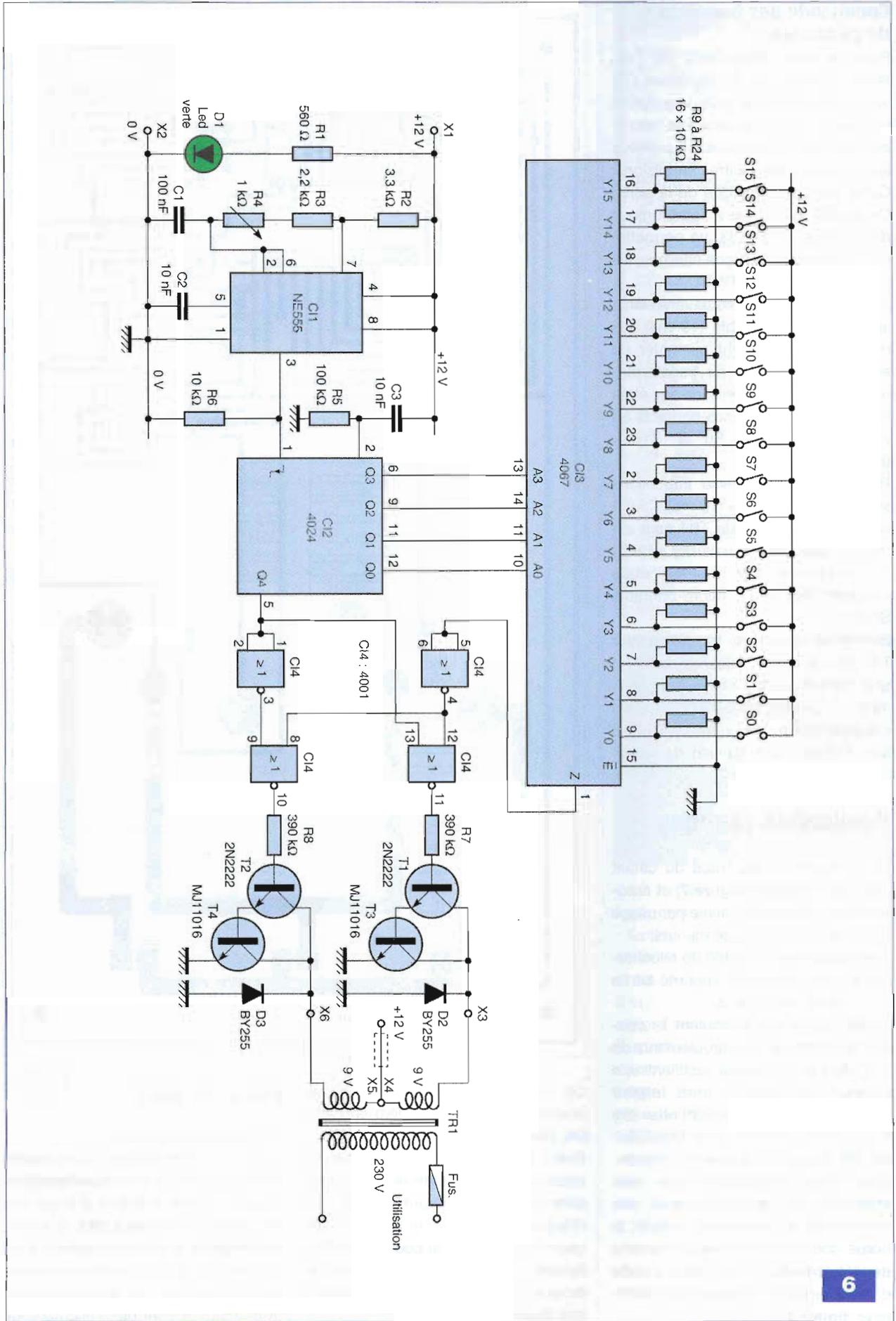
Ainsi, chaque front descendant de l'astable incrémente le compteur dont les sorties reportent, en mode binaire, le code du nombre d'impulsions reçues.

Exemple : après le front descendant de la douzième impulsion reçue, les sorties Q3-Q2-Q1-Q0 valent : Q3 = 1, Q2 = 1, Q1 = 0 et Q0 = 0, car (1100) en base 2 vaut (12) en base 10.

### Multiplexeur/Démultiplexeur 16 → 1

Géré par le compteur 4 bits, le multiplexeur/démultiplexeur 16 → 1 (C13) restitue sur sa sortie (Z) l'état logique de l'entrée dont l'indice numérique correspond au code traduit par les quatre sorties Q3-Q0 du compteur. Ainsi, à l'issue de la douzième impulsion de l'astable, les sorties Q3-Q0 du compteur codent binaires la valeur 12, code qui vaut au circuit C13 de produire sur sa sortie (Z) le niveau logique fixé par l'état logique du micro-contacts S12 raccordé à l'entrée Y12 de C13.





## Commande des transistors de puissance

Pendant seize impulsions de l'astable, la sortie Q4 du compteur CI2 vaut 0. Pendant les seize impulsions suivantes, cette même sortie vaut 1 avant de valoir de nouveau 0 pendant les seize nouvelles autres impulsions. Cette alternance logique de la sortie Q4 de CI2, combinée à l'état logique de la sortie (Z) de CI3, va permettre de commander, de façon alternée, les transistors T1-T3 et T2-T4.

Ainsi, pendant les seize premières impulsions de l'astable (10 ms), les transistors T1-T3 vont alimenter un enroulement de 9 V du transformateur TR1, ceci par référence aux états logiques des seize micro-contacts S0 à S15 (code de S0 à S15 : 0101101111011010).

Puis, pendant les seize impulsions suivantes de l'astable (10 ms), l'autre enroulement de 9 V de TR1 sera alimenté par les transistors T2-T4 conformément aux mêmes états logiques des seize micro-contacts S0-S15.

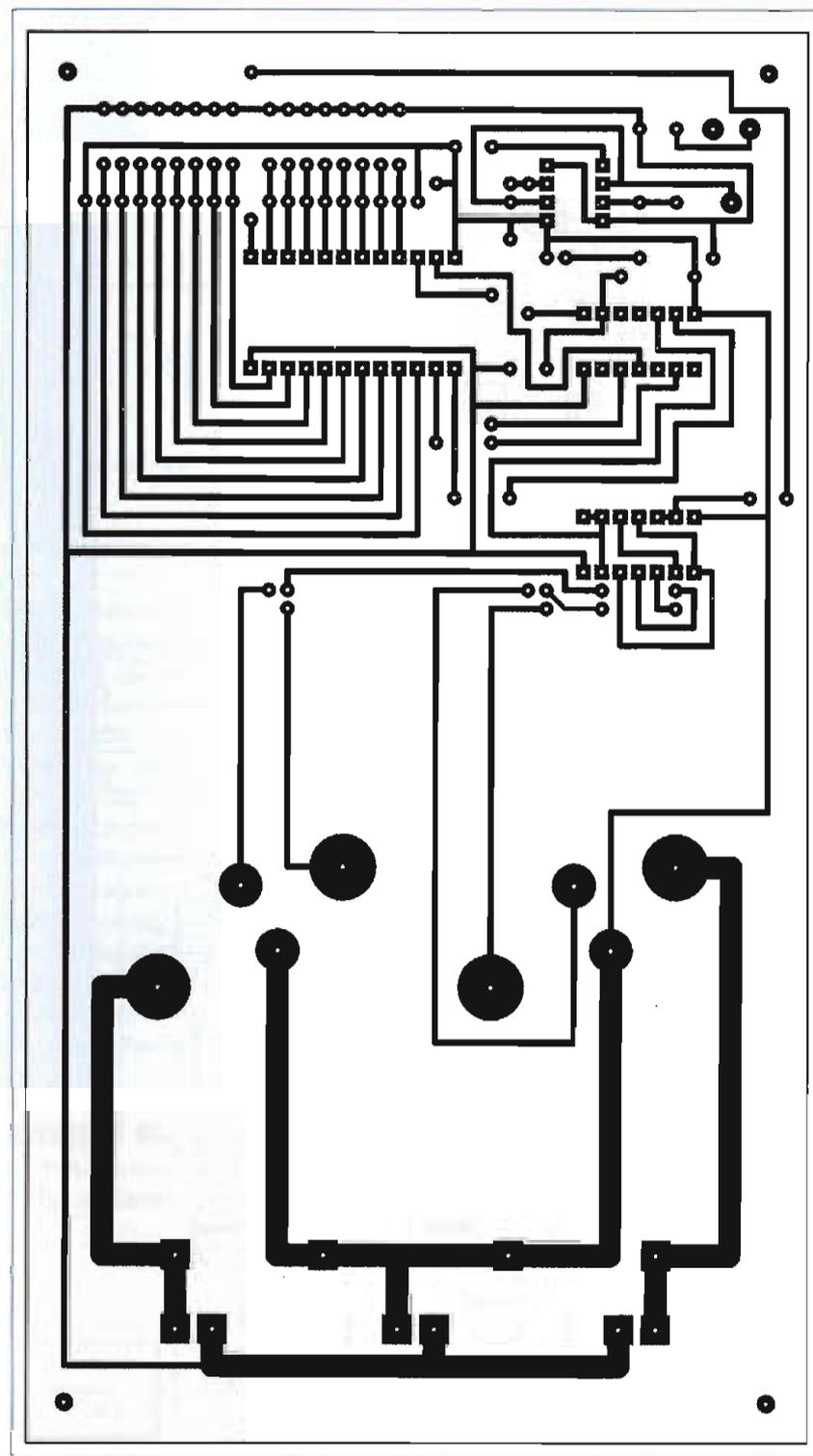
En conséquence, le transformateur TR1 produit à une fréquence de 50 Hz une tension dont l'allure, par alternance, reproduit également les états logiques des micro-contacts S0-S15 afin d'obtenir une tension de valeur efficace 230 V (figure 4).

## Réalisation pratique

La configuration du tracé du circuit imprimé est simple (figure 7) et autorise une reproduction aisée par usage d'un logiciel de routage manuel.

Il est également possible de télécharger le tracé du circuit imprimé sur le site Internet de la revue.

Seules les pistes véhiculant le courant absorbé par les enroulements de 9 V du transformateur justifient une largeur avoisinant 4 mm, largeur adaptée au courant pouvant atteindre 4 A à pleine charge pour l'onduleur (50 W). En ce qui concerne l'implantation des composants, faire bien attention au positionnement des résistances en réseau (R9 à R24), la borne commune de chaque barrette de résistances devra être placée conformément à l'implantation décrite en figure 8.



De même, il faudra être attentif au positionnement des huit micro-contacts DIL (S0 à S15)

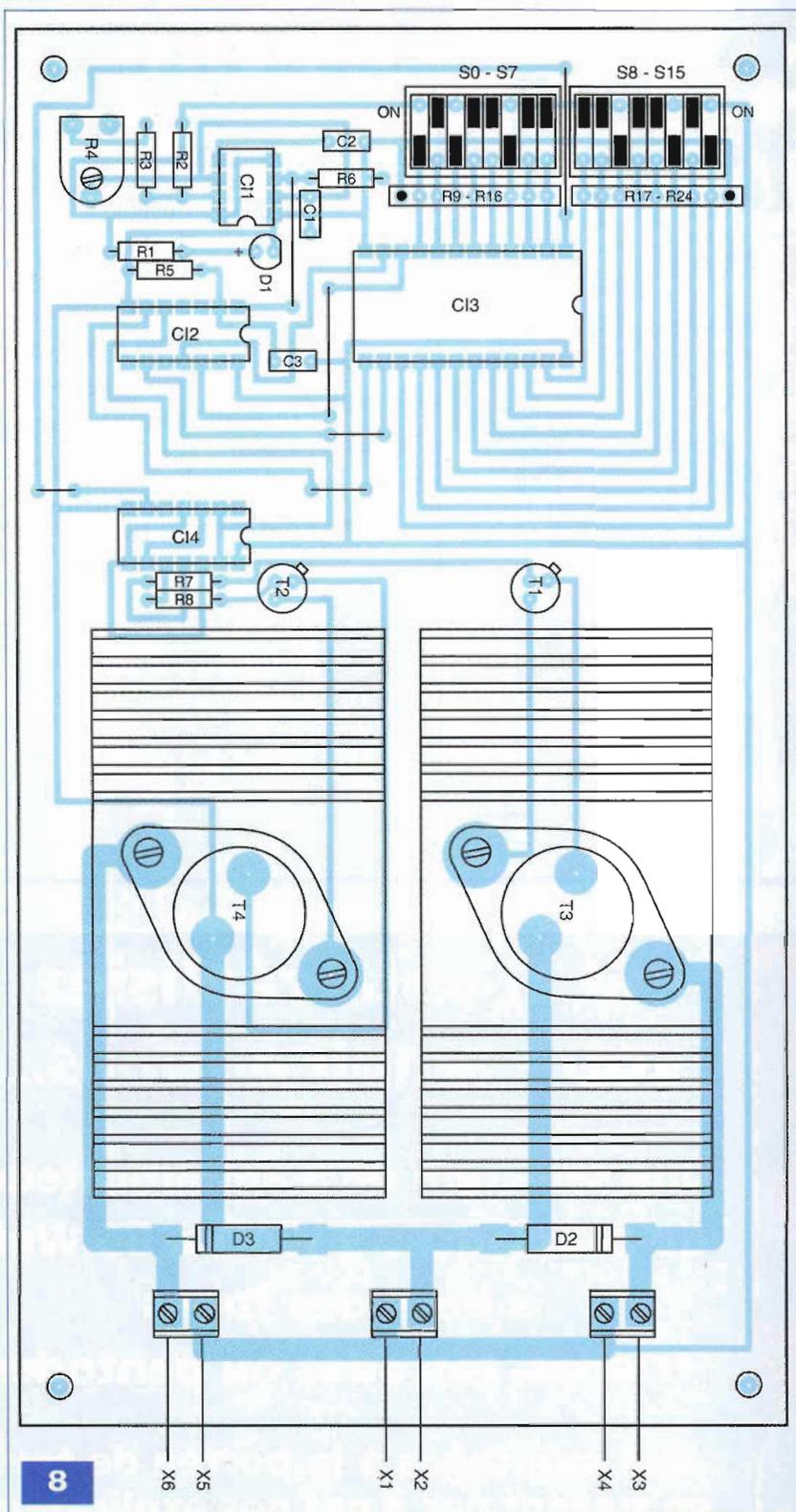
Enfin, la mise en boîtier du circuit imprimé et du transformateur torique sera laissée à l'appréciation de chaque lecteur. Seule la mise en œuvre d'une prise de courant est fortement suggérée pour distribuer la tension de 230 V produite par l'onduleur (figure 9).

## Mise au point

### • Conditions initiales

Aucun circuit intégré n'est inséré dans son support et le transformateur torique de 2 x 9 V/230 V n'est pas raccordé aux bornes X3/X4 et X5/X6.

• **Alimenter le circuit imprimé** sous une tension de 12 V entre les bornes X1 (+ 12 V de la batterie) et X2 (0 V de la batterie) et contrôler l'allumage de



la diode électroluminescente D1.

• **Hors tension, insérer le circuit intégré CI1** dans son support. Mettre sous tension, puis observer, avec un oscilloscope, l'allure du signal à la sortie (3) du circuit CI1 (signal aux bornes de R6) pour régler la fréquence à une valeur de 1600 Hz (période : 0,625 ms).

• **Hors tension, insérer les circuits intégrés CI2, CI3 et CI4** dans leurs supports. Configurer les seize micro-contacts S0-S15 pour obtenir la combinaison : 0101101111011010 (photo A). Raccorder une première résistance de 1 kΩ entre les bornes X3-X4 et une seconde résistance de 1 kΩ entre les bornes X5-X6. Mettre

## Nomenclature

### Résistances 1/4 W

R1 : 560 Ω  
 R2 : 3,3 kΩ  
 R3 : 2,2 kΩ  
 R4 : ajustable 1 kΩ  
 R5 : 100 kΩ  
 R6 : 10 kΩ  
 R7, R8 : 390 kΩ  
 R9 à R16 et R17 à R24 : réseaux 8 x 10 kΩ

### Condensateurs

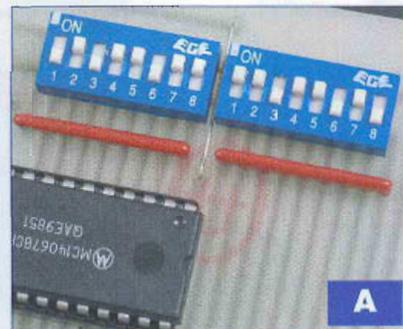
C1 : 100 nF  
 C2, C3 : 10 nF

### Semiconducteurs

D1 : led verte ø 5 mm  
 D2, D3 : BY255  
 T1, T2 : 2N2222  
 T3, T4 : MJ11016 + dissipateur thermique  
 CI1 : NE555 + support  
 CI2 : 4024  
 CI3 : 4067  
 CI4 : 4001

### Divers

TR1 : transformateur torique 230 V/2 x 9 V/50 VA  
 S0 à S7 et S8 à S15 : modules 8 micro-contacts DIP  
 X1-X2, X3-X4, X5-X6 : borniers à souder 2 plots



sous tension. Mesurer, à l'aide d'un voltmètre numérique en position « tension continue » une tension avoisinant 3,75 V entre les bornes X4 (+) et X3 (-) et entre les bornes X6 (+) et X5 (-).

• **Hors tension, raccorder le transformateur** (enroulements secondaires) : un enroulement entre les bornes X3 et X4 et un enroulement entre les bornes X5 et X6 (figure 9). **IMPORTANT** : les deux conducteurs de l'enroulement primaire doivent alors être raccordés à un boîtier « prise de courant » pour utiliser sans danger la tension produite par l'onduleur.

• **Mettre sous tension puis mesurer**, à l'aide d'un voltmètre de type TRMS en position « AC + DC », la valeur de la tension efficace dispo-

# Alimentation

nible entre les bornes de la prise de courant en aval du transformateur TR1. Cette tension doit être comprise entre 230 V et 240 V.

- **Raccorder une douille** équipée d'une lampe fluorescente « basse consommation » aux bornes de la prise de courant alimentée par l'onduleur : la lampe doit normalement s'allumer prouvant ainsi le caractère fonctionnel de la réalisation.

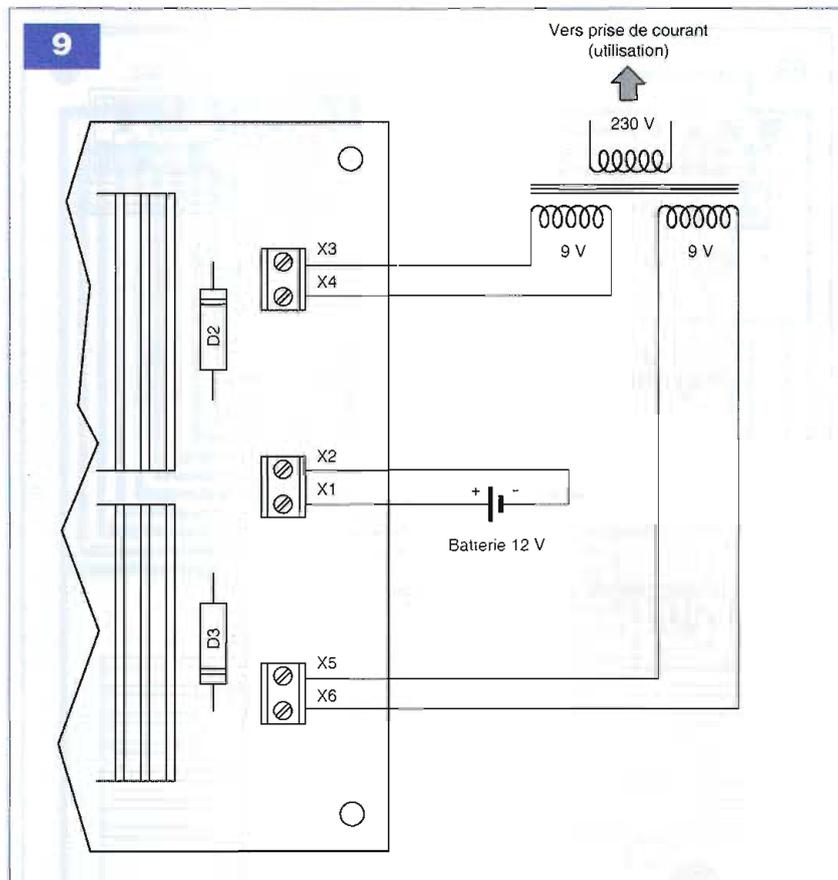
## Conclusion

La fourniture d'une tension de 230 V par l'onduleur ne doit pas faire oublier sa performance limitée en matière de puissance disponible : 50 W.

Aussi, l'usage de cet onduleur sera plus particulièrement réservé à des applications d'éclairage : au plus, trois lampes fluorescentes « basse consommation » de 15 W ou cinquante lampes à diodes électroluminescentes de 1 W.

Un électronicien éclairé en vaut deux !

G. GUIHENEUF



CD-01  
**Led**  
Fichiers PDF - 145 pages

**TRIODES  
TÉTRODES  
PENTODES**

30 €

6L6      6550      845

2A3      845      7189/EL84

6V6      7189/EL84      300B

9 AMPLIFICATEURS  
DE 9 Weff À 65 Weff

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

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

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

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

France : **30 €** Union européenne : **32 €** Autres destinations : **33 €** (frais de port compris)

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

N° : \_\_\_\_\_ Rue : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_

Tél. ou e-mail : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  chèque  virement bancaire (IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)  
A retourner accompagné de votre règlement à : **TRANSOCÉANIC 3**, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

# ANALYSE DES MONTAGES ÉPROUVÉS

## Conrad Johnson Amplificateur MV75



Deuxième partie de notre étude portant sur le MV75 de Conrad Johnson au cours de laquelle nous allons analyser le circuit électronique.

**D**'emblée, il convient de mettre un bémol à toutes les restrictions que nous avons décrites concernant le transformateur de sortie.

De nos jours, les fabricants de transformateurs ultra-linéaires ont parfaitement maîtrisé les problèmes. Vous pouvez donc, en toute confiance, acquérir un transformateur « UL » prévu pour le type de tube que vous utiliserez (EL84, EL34, 6550/KT88, KT66/6LCGC, etc.).

Vous pourrez même certainement l'utiliser tel quel en ignorant les cor-

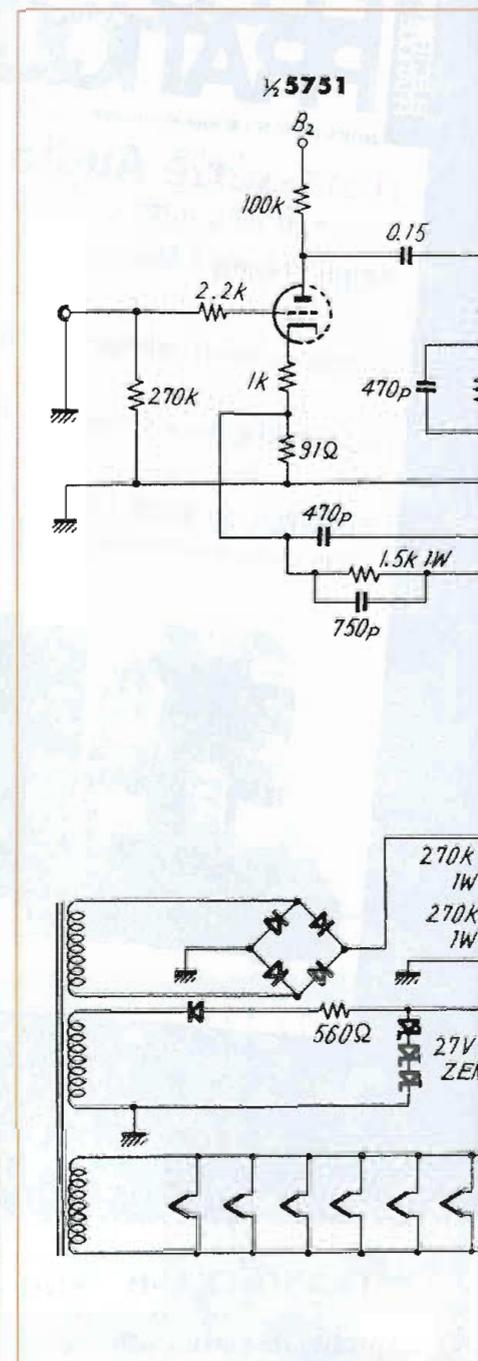
rections de phase introduites dans le schéma du MV75. Cela dit, étudions la bête, voulez-vous ?

### Le circuit MV75

Malgré sa simplicité apparente (figure 7), ce schéma comporte un certain nombre d'astuces destinées à linéariser la courbe de réponse et à éviter les oscillations.

Tout d'abord, l'entrée. La lampe pré-amplificatrice est une 5751 !

Pas de panique, ce n'est qu'une simple 12AX7/ECC83 renforcée.

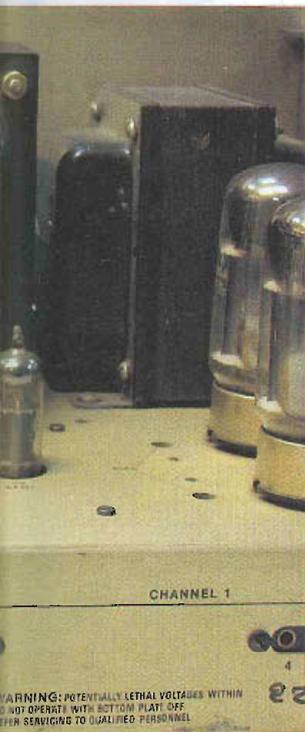


Utilisez une 12AX7S ou une E83CC, les résultats seront identiques.

En sortie du premier étage chargé par une résistance de 100 kΩ, un condensateur de 0,15 μF « attaque » la grille à la 6FQ7/6CG7 (équivalence proche hors le filament alimenté en 12 V, 12BN7, 12AU7/ECC82). Une résistance de 1 MΩ sert de fuite de « grille » à la 6FQ7. Tiens ! Cette résistance est schuntée par un condensateur de 470 pF.

« Ils sont fous ! », va s'écrier celui qui n'a pas lu le début de cet article. En effet, cette cellule amène une atté-

# DES PROUVÉS Johnson ateur 5



## étude portant au cours de laquelle nit électronique.

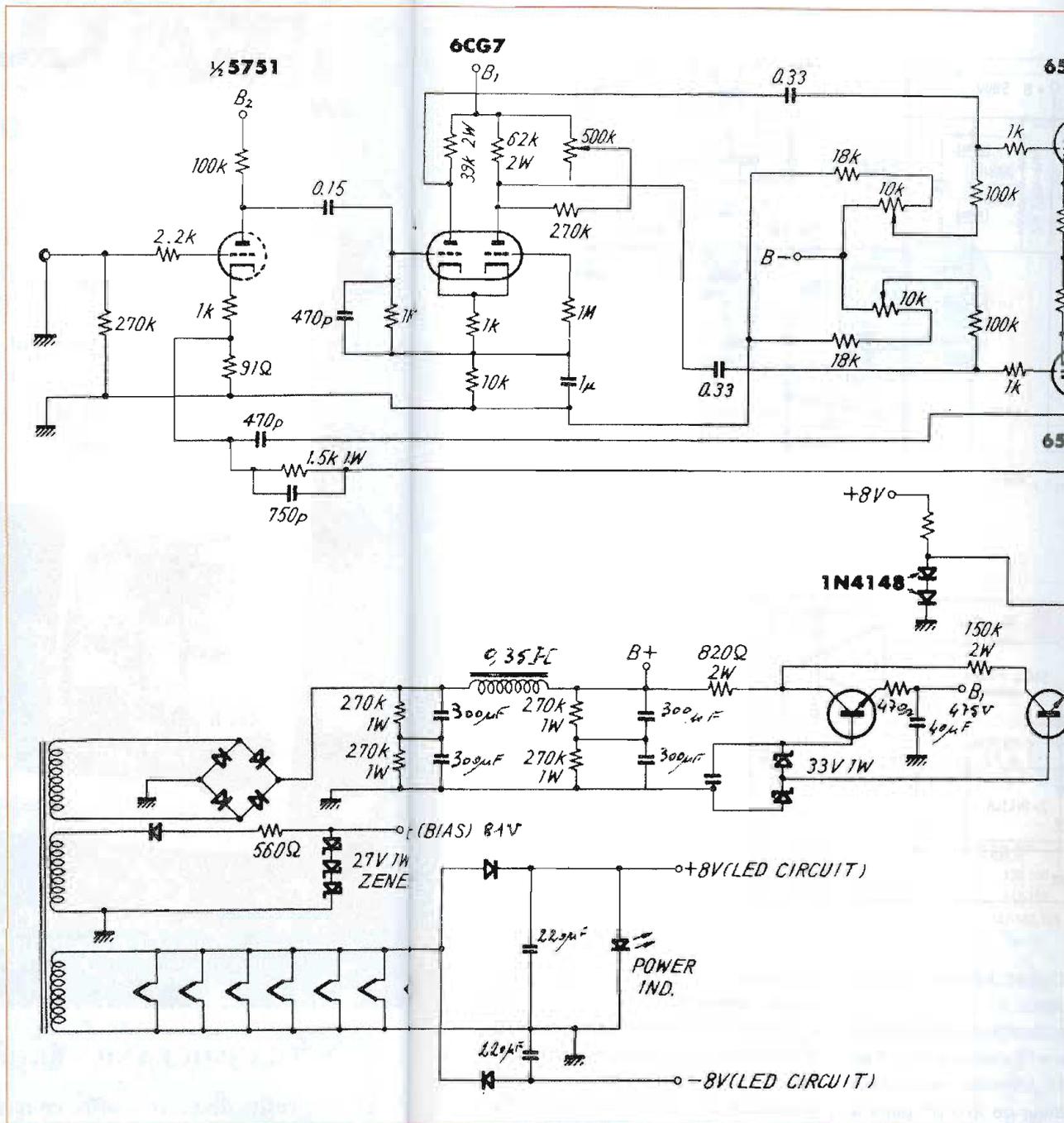
s de phase introduites dans le  
a du MV75. Cela dit, étudions  
vlez-vous ?

### circuit MV75

sa simplicité apparente (figu-  
e schéma comporte un certain  
d'astuces destinées à linéari-  
courbe de réponse et à éviter  
illations.

abord, l'entrée. La lampe pré-  
catrice est une 5751 !

panique, ce n'est qu'une  
12AX7/ECC83 renforcée.



Utilisez une 12AX7S ou une E83CC,  
les résultats seront identiques.

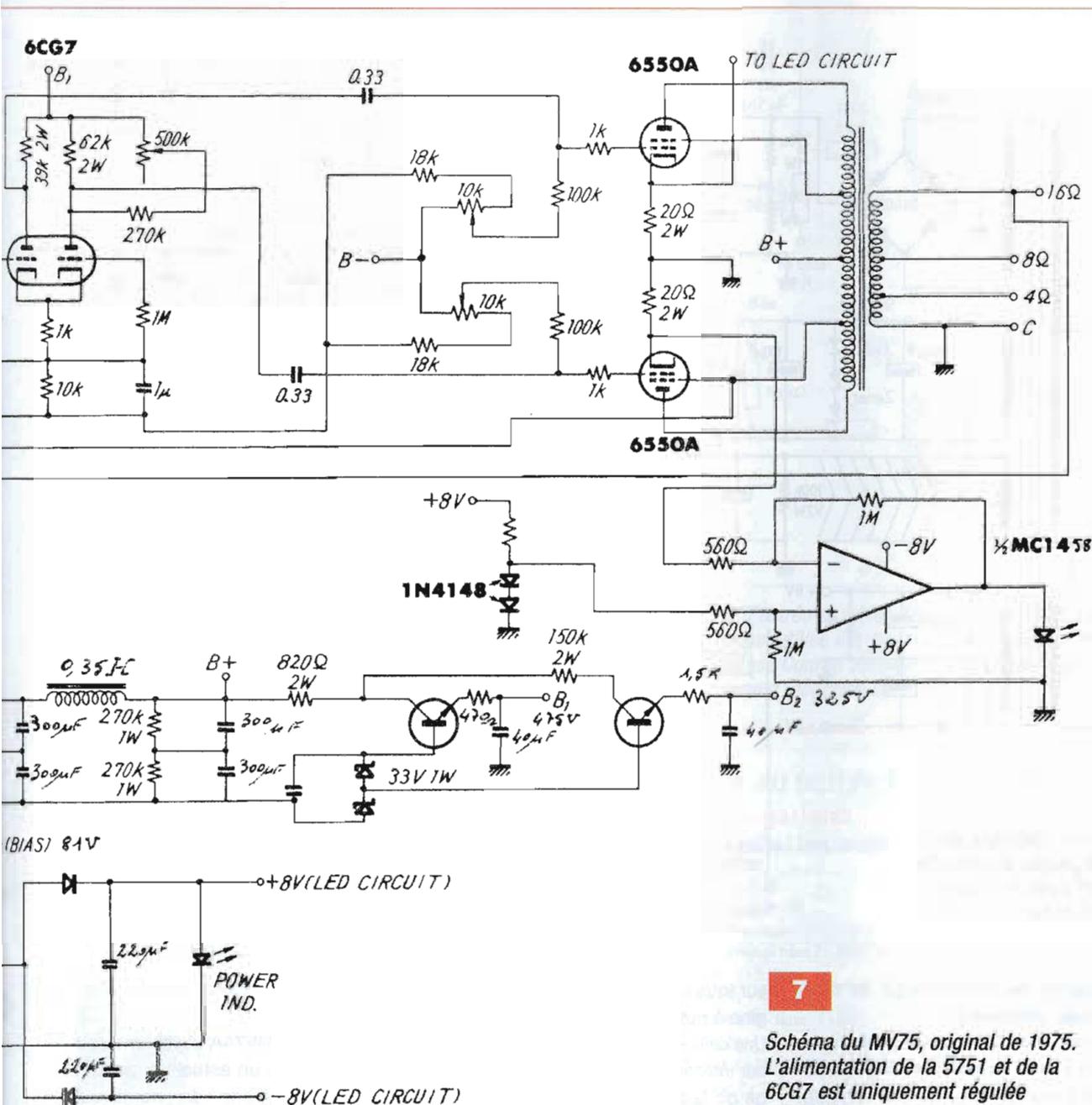
En sortie du premier étage chargé par  
une résistance de 100 kΩ, un  
condensateur de 0,15 μF « attaque »  
la grille à la 6FQ7/6CG7 (équivalence  
proche hors le filament alimenté en  
12 V, 12BN7, 12AU7/ECC82). Une  
résistance de 1 MΩ sert de fuite de  
« grille » à la 6FQ7. Tiens ! Cette  
résistance est schuntée par un  
condensateur de 470 pF.

« Ils sont fous ! », va s'écrier celui qui  
n'a pas lu le début de cet article. En  
effet, cette cellule amène une atté-

nuation monstrueuse du registre aigu  
(à partir de 2000 Hz) et une effarante  
rotation de phase... Eh bien oui, c'est  
fait exprès ! Il s'agit d'une des  
fameuses corrections anti-oscilla-  
tions du circuit ultra-linéaire.

Mais observez bien le schéma. Afin  
de compenser la perte en aigus intro-  
duite par la cellule, vous trouvez un  
autre condensateur de 470 pF relié,  
d'une part, à la résistance de 91 Ω de  
la cathode de la 5751 et, d'autre  
**part, à l'écran d'une des 6550A** de  
sortie. C'est **une réaction** dont la  
phase va varier en fonction de celle

sur l'écran. Il est évident que  
deux condensateurs de  
lule et réaction) doivent  
valeur rigoureusement id  
que cela fonctionne.  
Sur cette même résistan  
est appliquée une con  
classique prise sur le se  
transformateur de sortie  
Elle est contrôlée par un  
de 1,5 kΩ shuntée par un  
teur de 750 pF, selon la  
mule de David Hafler a  
**toute contre-réaction** : le  
condensateur (en μF), mis



nuation monstrueuse du registre aigu (à partir de 2000 Hz) et une effarante rotation de phase... Eh bien oui, c'est fait exprès ! Il s'agit d'une des fameuses corrections anti-oscillations du circuit ultra-linéaire. Mais observez bien le schéma. Afin de compenser la perte en aigus introduite par la cellule, vous trouvez un autre condensateur de 470 pF relié, d'une part, à la résistance de 91 Ω de la cathode de la 5751 et, **d'autre part, à l'écran d'une des 6550A** de sortie. C'est une réaction dont la phase va varier en fonction de celle

sur l'écran. Il est évident que les deux condensateurs de 470 pF (cellule et réaction) doivent être d'une valeur rigoureusement identique pour que cela fonctionne. Sur cette même résistance de 91 Ω, est appliquée une contre-réaction classique prise sur le secondaire du transformateur de sortie (prise 16 Ω). Elle est contrôlée par une résistance de 1,5 kΩ shuntée par un condensateur de 750 pF, selon la célèbre formule de David Hafler applicable à **toute contre-réaction** : le produit du condensateur (en μF), mis en parallèle

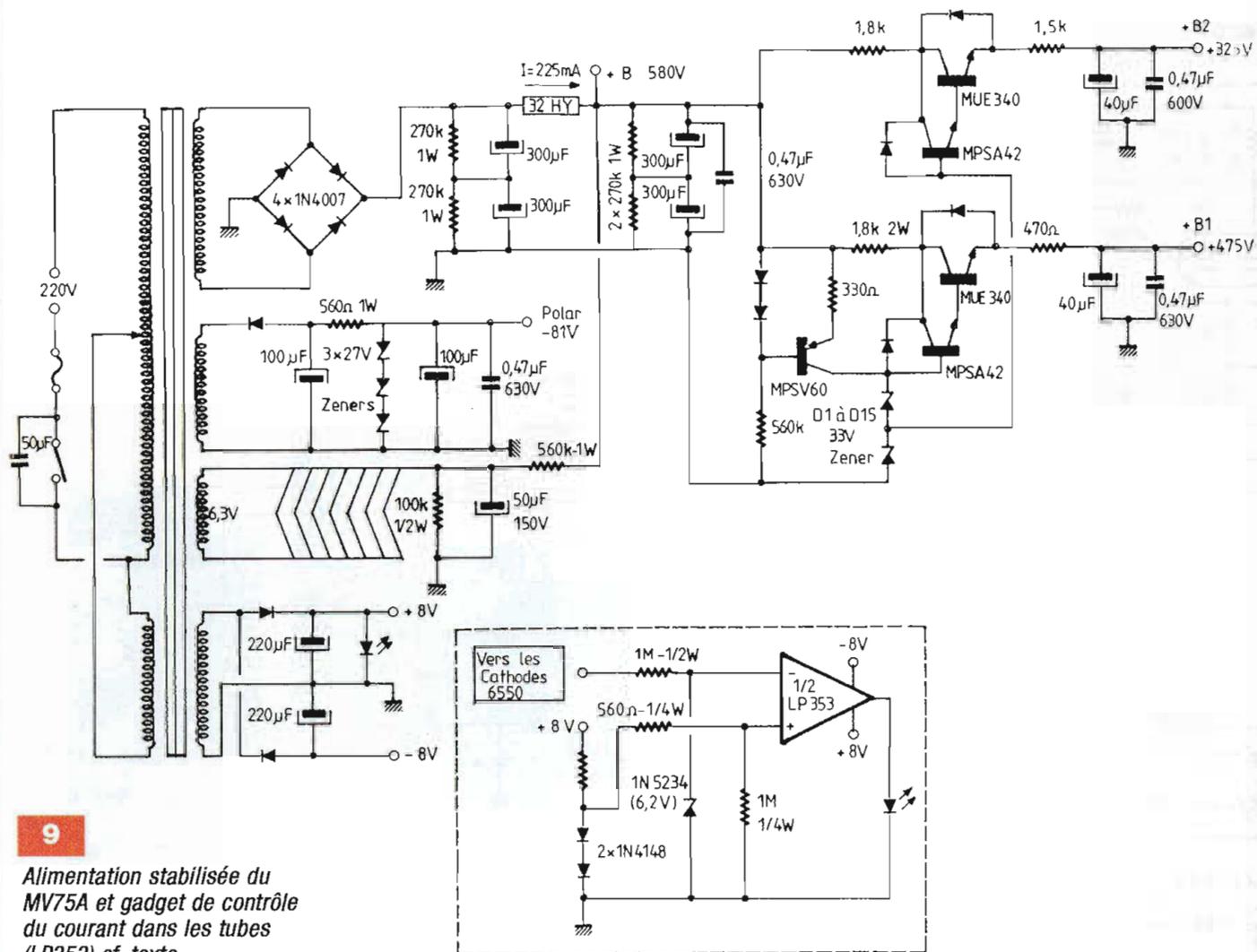
sur la résistance de contre-réaction, doit être égal à environ 1.

$$C (\mu\text{F}) \times R (\Omega) \approx 1$$

Dans le cas du MV75,  
 $C = 750 \text{ pF}$  et  $R = 1500 \Omega$

$$0,000750 \times 1500 = 1,12$$

L'inverseur de phase et driver (6FQ7/6CG7) est un classique inverseur de Schmidt. Le potentiomètre de 500 kΩ permet d'égaliser le niveau du signal pour les deux branches du push-pull. Ce réglage est très pointu en ultra-linéaire. Il doit se faire avec un distorsiomètre connecté en sortie d'amplificateur aux bornes d'une



9

**Alimentation stabilisée du MV75A et gadget de contrôle du courant dans les tubes (LP353) cf. texte**

résistance de charge (réglé au minimum de distorsion).

Le débit d'écran, qui est proportionnel au signal, va en effet influencer directement sur le courant de plaque, donc sur le taux complexe réaction/contre-réaction d'écran.

## Du MV75 (de 1975) au MV75A (de 1976)

Le circuit de base du MV 75, en particulier l'inverseur de phase, fut rapidement modifié car il avait tendance à introduire un léger ronflement sur les modèles d'origine.

De plus, l'idée fut d'ôter une constante de temps en supprimant le condensateur de 0,15 µF et en utilisant une liaison directe entre la 5751 et la première 6FQ7. Le schéma définitif est reproduit en **figure 8**.

Cet inverseur de phase a été utilisé

sur tous les Conrad Johnson, de l'origine à nos jours.

Une cellule de correction (18 kΩ/270 pF) est introduite en parallèle sur la charge de la 5751. Attention, on retrouve un condensateur de 270 pF dans la ligne de réaction écran/cathode de la 5751 afin de compenser la bande passante.

La résistance de 1 MΩ n'est plus la résistance de fuite de la 6FQ7.

Elle ne sert qu'à égaliser la tension positive sur les deux grilles au repos.

Le condensateur de 4,7 µF met à la masse en alternatif la grille de la seconde 6FQ7, comme dans tout Schmidt qui se respecte.

Attention, les charges de la 6FQ7 ont changé, ainsi que la résistance des cathodes (2 x 10 kΩ), ce qui ne peut que parfaire la symétrie du montage.

L'alimentation du MV75A a, elle aussi, évolué. Elle est stabilisée et

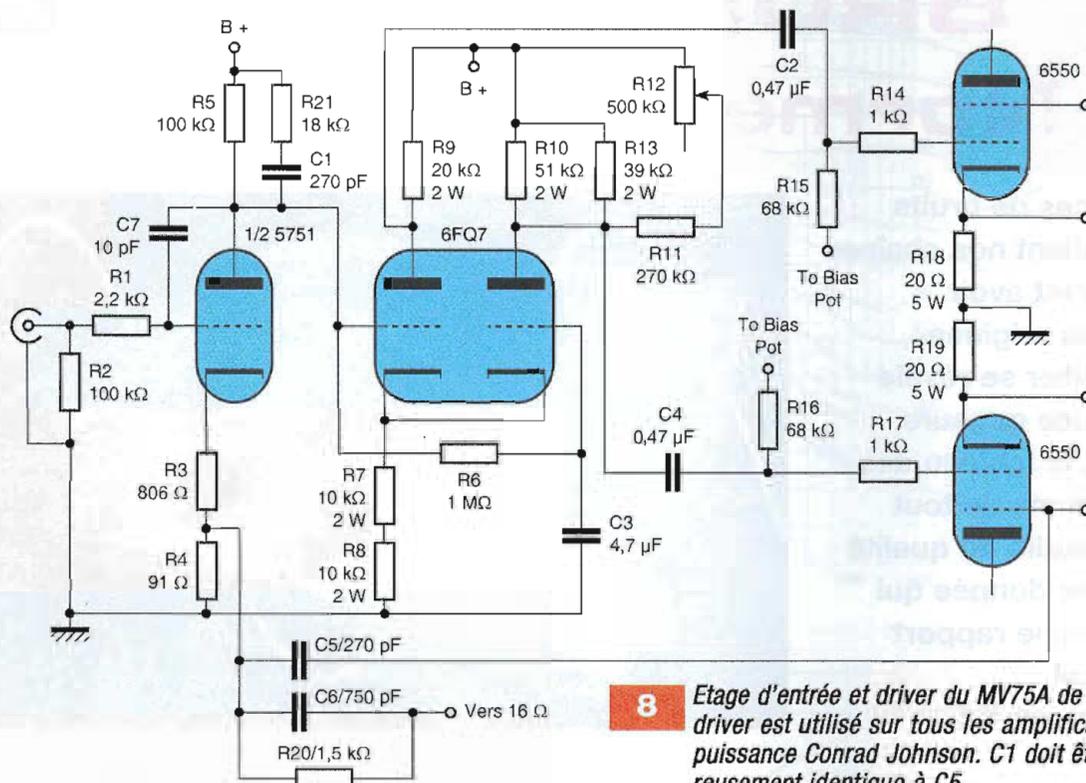
non plus uniquement régulée, luxe oblige (**figure 9**).

Le MV75 et le MV75A utilisèrent pour la première fois un astucieux gadget, repris depuis par de nombreux constructeurs. Un double ampli OP (circuit intégré), MC1558 dans le MV75, LF353 dans le MV75A et TL071 dans les versions actuelles, mesure en permanence le débit des tubes de puissance et signale le courant correct par l'extinction d'une led basique. Très amusant et décoratif !

## De l'art de s'inspirer

Si vous mettez au point un amplificateur ultra-linéaire, inspirez-vous des astuces employées dans le MV75, vous ne serez pas déçu !

À bientôt  
R. Bassi



**8** Etage d'entrée et driver du MV75A de 1976. Le driver est utilisé sur tous les amplificateurs de puissance Conrad Johnson. C1 doit être rigoureusement identique à C5

## LA PERFORMANCE AERONAUTIQUE ET SPATIALE AU SERVICE DE L'AUDIO

### TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Faible induction 1 Tesla - primaire 230V avec écran

LED N°	Secondaires	Prix TTC
136-140	2 x 225V - 2 x 6.3V	84,50 €
146-150	2 x 380V - 2 x 6.3V - 5V	97,00 €
147-148-188	Préampli tubes circuits "C" 2 x 220V - 2 x 6.3V	79,50 €
149-158	ALIM H.T./Préampli tubes 2 x 300V - 2 x 6.3V	82,50 €
152	2 x 300V - 2 x 6.3V	103,00 €
157-180	380V + 6.3v + 4 x 3.15V	96,00 €
161-162-163	Prim. 220V/230V - Ecran - 2 x 330V - 6.3V en cuve	185,50 €
172-173	Sec. 2 x 12V	89,50 €
183	Filtre actif 2 x 240V + 12V	57,00 €
166-170	Ecran - Sec. 2 x 230V + 6.3V - 4.5A	92,00 €
167-169	400V + 6.3V + 4 x 3.15V + 75V	110,00 €
EP 299	340 V - 4 x 3.15 V - 75 V - 6.3 V	87,50 €
EP 305	300 V - 9 V - circuit C	77,00 €
EP HS 11/06	Ampli 300B - 350 V - 75 V - 6.3 V - 4 x 5 V - En cuve	142,00 €

### TRANSFORMATEURS DE SORTIE

LED n°	Imp. Prim	Imp. Sec	Puissance	Prix TTC
138	5000Ω	4/8Ω	5W	55,00 €
140-170-175	1250Ω	8Ω	Single 20W	85,50 €
145	625Ω	4/8Ω	Single 40W	110,00 €
146-150	6600Ω	4/8Ω	50W	110,00 €
152	2,3/2,8/3,5KΩ	4/8/16Ω	30W circuit C en cuve	227,00 €
157-160-169	3800Ω	4/8/16Ω	80W	110,00 €
159-171-173	3500Ω	4/8Ω	15W Circuit C en cuve	150,50 €
161-162	Single 845 - 8000Ω	4/8Ω	60 W - Circuit C en cuve	264,00 €
EP HS 11/06	PP 300B - 3000Ω	4/8Ω	30 W - En cuve	149,50 €

### SUPPORTS

Noval ou octal chassis	4,60 €
Noval CI	3,30 €
Octal CI	4,60 €
4 cosses "300B"	9,90 €
Jumbo 845 arg.	18,00 €
Noval CI 7 broches	3,30 €

### CONDENSATEURS

1500μF 350V	27,40 €
2200μF 450V	53,40 €
470μF 450V	16,00 €
470μF 500V	30,00 €
150000μF 16V	33,50 €
47000μF 16V	15,00 €

Port : 16€ le 1er transfo + 6.00€ par transfo supplémentaire  
Minimum de facturation 50€ TTC sinon frais de traitement 6.50€



6 rue François Verdier  
31830 PLAISANCE DU TOUCH  
Tél 05 61 07 55 77 / Fax 05 61 86 61 89  
E-mail : contactacea@acea-fr.com  
Web : www.acea-fr.com



# PROMOTION

## - 15% SUR LES TUBES

## JUSQU'AU 30 AVRIL 2008

DE NOMBREUX AUTRES PRODUITS SONT DISPONIBLES SUR DEMANDE  
FOURNITURE DE CES PRODUITS EN KITS: Frais de port offert !

### SELF

LED 146-152	EI/10H	58,00 €	LED 161-162 7H	47,50 €
LED 151-170	Circuit C/3H	47,50 €	LED 175 Torique	30,50 €

### LAMPES UNITAIRES

5725 CSF + sup. (par 10 et +)	8,40 €
6005 CSF + sup. (par 10 et +)	15,00 €
ECC81, ECC82, ECC83	10,00 €
EF86	20,00 €
ECF82	15,00 €
EZ81	16,60 €
ECL86 Philips	17,50 €
GZ32	19,00 €

Port lampes de 1 à 4 : 10.00€  
de 5 à 10 : 12.00€

### LAMPES APPAIREES

EL34 Tesla ou EH	35,00 €
845 Chine	110,00 €
300B Sovtek	200,00 €
KT90	120,00 €
KT88 EH	69,00 €
8550 EH	58,00 €
6L6 EH	35,00 €
6V6 EH	27,00 €
6SN7 EH	29,00 €
EL84 EH	26,00 €

# LE BRUIT EN AUDIO

## Normes & Mesure

Les sources de bruits qui parasitent nos chaînes hi-fi peuvent avoir différentes origines. Les identifier se révèle souvent une gageure. Pourtant, le tableau des spécifications de tout appareil audio de qualité fournit une donnée qui caractérise le rapport signal/bruit. De quoi s'agit-il ?



Les lignes qui suivent vont démystifier cette mesure et nous apprendre à la caractériser. Comme souvent, il existe quantité de normes différentes pour spécifier le facteur de bruit.

### Les sources

Les sources possibles de bruits sont multiples. Les principales sont :

- le bruit thermique
- les ronflements issus du secteur,
- les rayonnements et parasites extérieurs
- les bruits microphoniques.

Les étages d'entrée à grand gain sont plus que les autres exposés à ces différentes sources.

Le bruit thermique résulte de l'agitation des atomes et molécules qui composent les éléments. Il est proportionnel à la température.

Comme la température ambiante se situe environ à 300° C au-dessus du minimum absolu, on en conclut que le bruit thermique est présent partout, *a fortiori* dans nos étages d'amplification.

Le **bruit thermique** se subdivise en diverses catégories : bruit blanc, bruit flicker, bruit en grenaille, en créneaux, en avalanche (liste non exhaustive). Une simple résistance – composant

« passif » par excellence – génère du bruit. Son amplitude est définie par la formule :

$$v_b^2 = 4 k_b T R \Delta f$$

dans laquelle :

-  $k_b$  est la constante de Boltzmann qui vaut  $1,38 \times 10^{-23}$

-  $T$  : la température absolue

-  $R$  : la valeur de la résistance

-  $\Delta f$  : la bande passante considérée.

En résolvant cette équation, on obtient, pour une résistance de 100 k $\Omega$  à 27° C et une bande passante de 20 kHz, une tension de 6  $\mu$ V efficace.

C'est un bruit aléatoire qui se traduit après amplification par du souffle. Attention : il s'agit ici du bruit minimal fourni pour un composant parfait, les résistances bobinées donnent les meilleurs résultats, suivies par celles à couche métallique. Les résistances au carbone sont les plus bruyantes. De plus, ce bruit augmente si la résistance est soumise à une tension (AC ou DC). Il en va de même pour les jonctions des semiconducteurs et, *a fortiori*, pour les tubes thermoïoniques. Les capacités ne produisent pas de bruit puisqu'il n'y a pas de continuité électrique.

Les **ronflements** issus du secteur transitent par l'alimentation. Ils sont la conséquence d'un filtrage déficient

ou de retours de masse. Les cas les plus courants sont le positionnement inadéquat du condensateur « tampon », son raccordement par des fils trop longs ou de section insuffisante. Un courant de redressement peut facilement atteindre plusieurs ampères en pointe et développer quelques centaines de millivolts entre deux points d'un châssis. Cette tension, chargée en harmoniques du 100 Hz, est captée par les étages d'entrée et se retrouve dans les haut-parleurs sous la forme d'un grésillement.

Un filtrage insuffisant se traduit par une ronflette sourde à 100 Hz.

Dans les **amplis à tubes**, le ronflement peut être généré par le chauffage des filaments. Un push-pull de EL34 nécessite 6 A sous 6,3 Vac. Ce courant induit dans le câblage des tubes d'entrée une tension de même fréquence qui est à son tour amplifiée... La solution pour réduire ce phénomène est de torsader les fils afin d'en annuler l'induction.

L'autre influence est thermoïonique entre la cathode et le filament. Si la cathode est polarisée positivement par rapport au filament, il se crée un courant « filament-cathode ». Si le courant est alternatif, la cathode se voit modulée par ce même courant, lequel est à son tour amplifié... La

solution consiste à polariser les filaments à une tension nettement supérieure à celle de la cathode afin de créer une barrière électrostatique. C'est la solution utilisée dans les amplificateurs des années 50 et 60. Les données « constructeur » des tubes spécifient la tension maximale  $V_{kf}$  (180 V pour une ECC83). Une autre solution est d'alimenter les tubes d'entrée en courant continu. Les amplis à tubes sont également sensibles au bruit microphonique. Comme les caractéristiques électriques des tubes dépendent des caractéristiques mécaniques, ils vont répercuter dans le signal toute variation mécanique. Il s'agit de craquements dûs à la dilatation des éléments ou de simples chocs sur les tubes d'entrée. La pentode EF86 a été spécialement étudiée pour réduire ce type de bruit. Ce phénomène est surtout présent au niveau des étages d'entrée des préamplificateurs RIAA et microphone. Les **parasites extérieurs** sont une autre source de pollution. Citons rapidement les parasites du secteur générés par les machines, les gradateurs d'éclairages, GSM, ordinateurs, émetteurs radio... Nous ne nous y attarderons pas, car ce type de mesure fait l'objet d'un tout autre domaine : l'immunité aux parasites.

## Le rapport signal/bruit

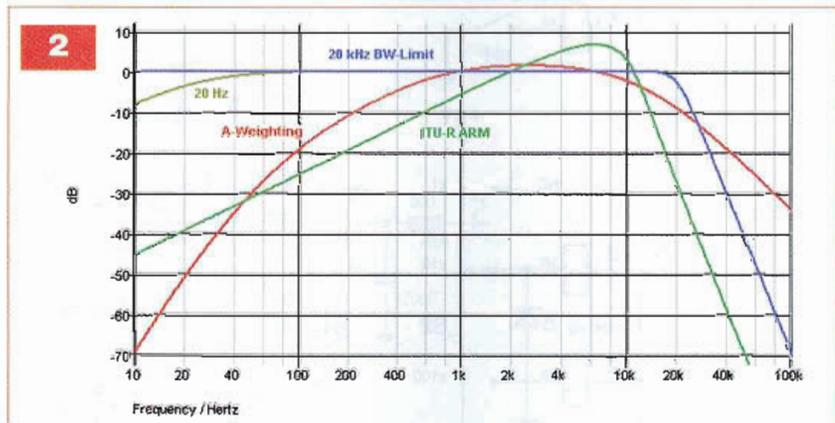
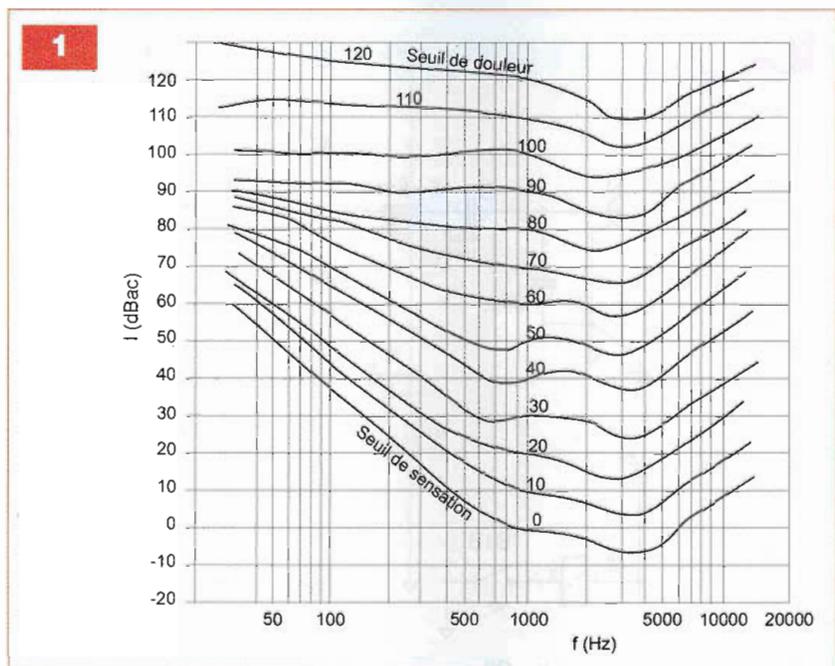
Pour caractériser le bruit d'un amplificateur ou d'un récepteur, les constructeurs publient une spécification nommée le rapport signal/bruit. Par définition, il s'agit du rapport entre la puissance du signal utile et celle du bruit parasite. Ce rapport s'exprime en dB.

SNR (dB) =

$$10 \log_{10} \left( \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{A_{\text{signal}}}{A_{\text{noise}}} \right)$$

En pratique, les spécifications annoncées sont toujours le rapport en tension (signal + bruit)/bruit.

On estime qu'au-dessus de 50 dB de rapport S/B, le bruit n'est plus gênant à l'audition. Il est qualifié d'excellent.



Toutefois, cette mesure cache des non-dits. Il convient, en effet, de considérer la puissance à laquelle cette mesure est faite. Idéalement à 1 W, ce qui permet de comparer différents produits. Or, bien des constructeurs la publient à la puissance nominale : à 100 W, le rapport S/B est supérieur de 20 dB !

Ainsi, un amplificateur, annoncé avec un rapport S/B de 70 dB à 100 W, fera en pratique 50 dB à un niveau d'écoute normal.

Un autre point est à préciser : la mesure publiée est « pondérée », autrement dit elle ne prend pas en considération toutes les fréquences du spectre de la même manière. Cette mesure peut présenter un avantage de 20 dB sur la mesure linéaire, car elle atténue fortement les extrémités du spectre audio. Si vous optez pour un préamplificateur séparé, son bruit propre s'ajoutera à celui de l'ampli,

mais il sera le principal contributeur du bruit final.

## La mesure du rapport S/B

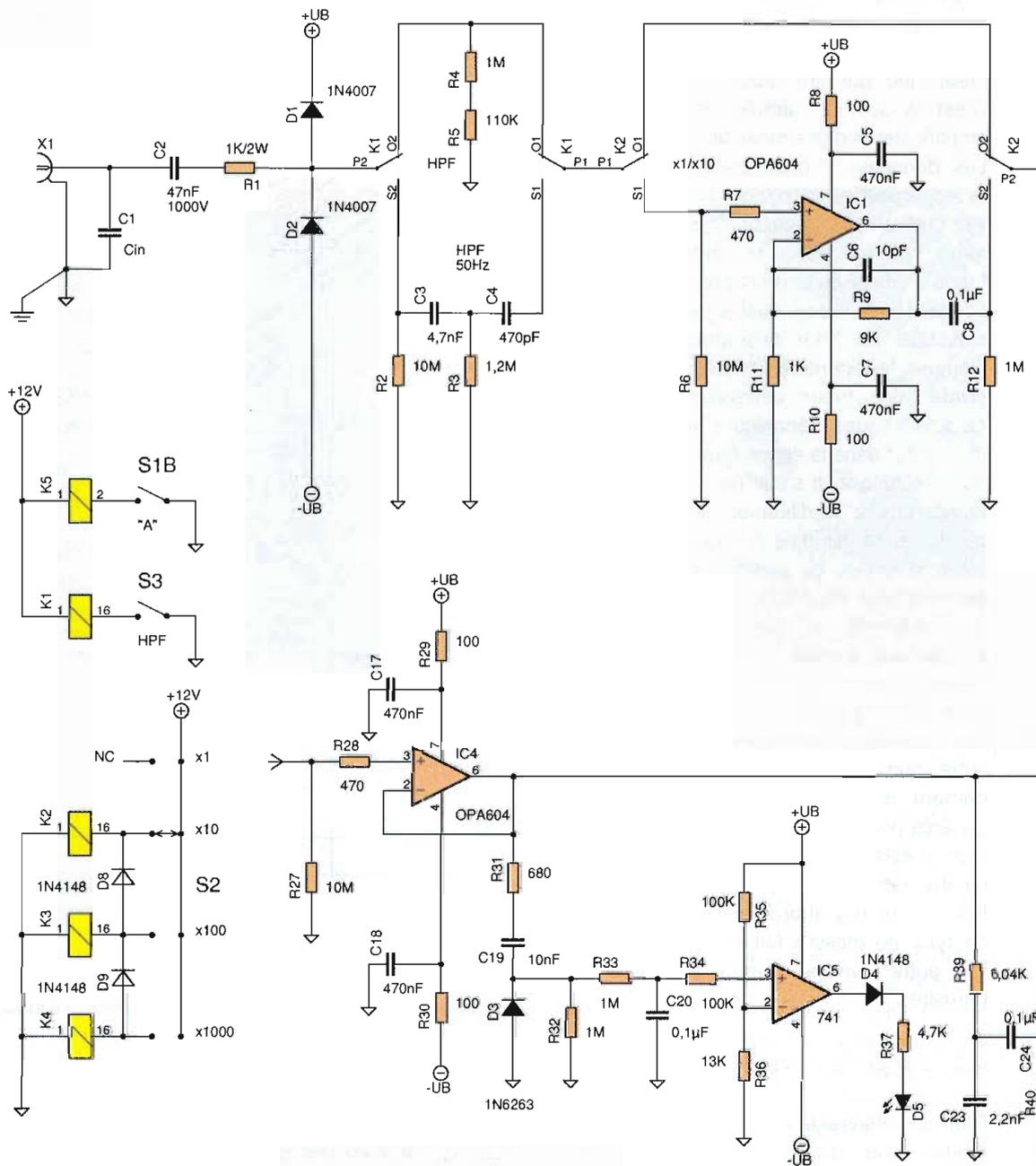
Il existe différentes normes qui caractérisent cette mesure. La plus simple est la mesure linéaire. Elle est mesurée directement à l'aide d'un millivoltmètre AC. Idéalement, la bande passante est limitée à 20 kHz, ce sont les « dB Lin ».

Une autre norme universellement utilisée est la « Pondération A » qui prend en considération la sensibilité relative de l'oreille aux différentes fréquences et amplitudes reprises dans les courbes de Fletcher.

En 1933, H. Fletcher et W.A. Munson ont publié, dans leur étude intitulée *Loudness, its definition, measurement and calculation*, les courbes « Equal-loudness contours » reprises en **figure 1**.

Cette mesure est faite au travers d'un

3



filtre assez complexe et s'exprime en « dBA ». Elle est nettement plus avantageuse que la mesure linéaire puisqu'elle atténue fortement les basses fréquences et présente un maximum à 2,5 kHz. Cette mesure est normalisée sous l'appellation ANSI A-Weighting Filter. Il existe une Pondération B et C et ITU-R 468 (International Telecommunication Union - Radio). La pondération B est obsolète. La Pondération C est une courbe plate comprise entre 31,5 Hz et 8 kHz à -3 dB. Elle caractérise les nuisances sonores à un niveau élevé comme le bruit des machines et des avions.

La courbe ITU-R 468 est utilisée pour le matériel professionnel, comme les centraux téléphoniques et la radio-diffusion (figure 2).

## L'amplificateur de mesure

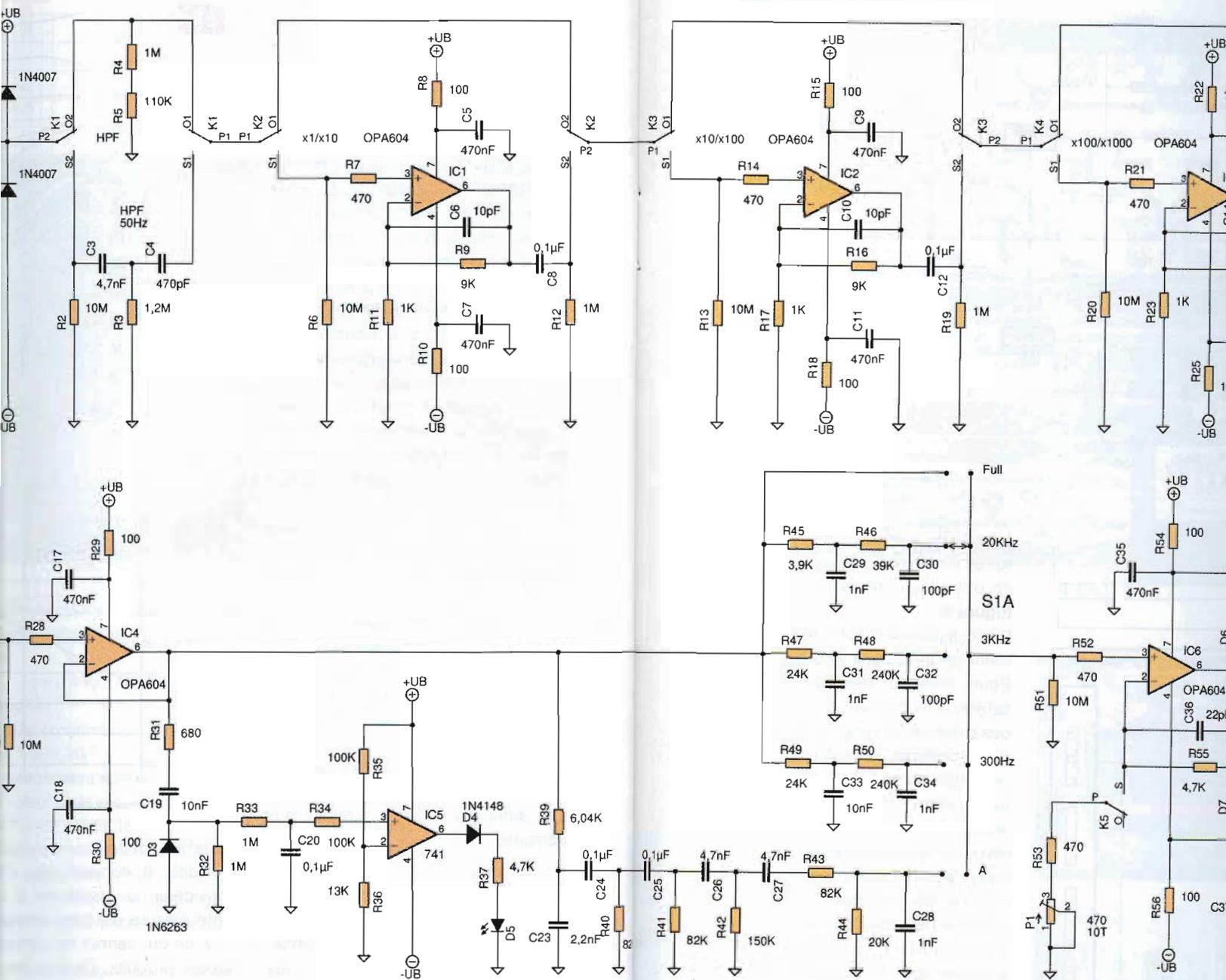
La difficulté, dans la mesure du rapport S/B, réside dans la mesure du bruit. En effet, les tensions sont souvent inférieures à 1 mVac. Un rapport S/B de 80 dB pour 1 W dans 8 Ω représente une tension de 300 μV. Il sera nécessaire d'amplifier ce bruit, sans en ajouter, avant de le mesurer.

Ceci nous amène à notre réalisation pratique, à savoir un amplificateur de mesure qui amplifiera d'abord le signal de 0, 20, 40 ou 60 dB avant de transiter par les filtres.

Nous avons prévu les filtres « A-Pondéré », « Lin 20 kHz », « Lin 3 kHz », « Lin 300 Hz » et ... pas de filtre. Cette réalisation permet de mesurer des signaux aussi faibles que 3 μVac.

## Le schéma

Le préamplificateur utilise l'AOP OPA604. Le brochage étant normalisé, il est possible d'essayer bien d'autres circuits, mais l'OPA604



...rbe ITU-R 468 est utilisée pour ...ériel professionnel, comme les ...ux téléphoniques et la radio- ...on (figure 2).

## Amplificateur de mesure

...iculté, dans la mesure du rap- .../B, réside dans la mesure du ... En effet, les tensions sont sou- ...érieures à 1 mVac. Un rapport ...e 80 dB pour 1 W dans 8 Ω ...ente une tension de 300 μV. ...nécessaire d'amplifier ce bruit, ...n ajouter, avant de le mesurer.

Ceci nous amène à notre réalisation pratique, à savoir un amplificateur de mesure qui amplifiera d'abord le signal de 0, 20, 40 ou 60 dB avant de transiter par les filtres.

Nous avons prévu les filtres « A-Pondéré », « Lin 20 kHz », « Lin 3 kHz », « Lin 300 Hz » et ... pas de filtre. Cette réalisation permet de mesurer des signaux aussi faibles que 3 μVac.

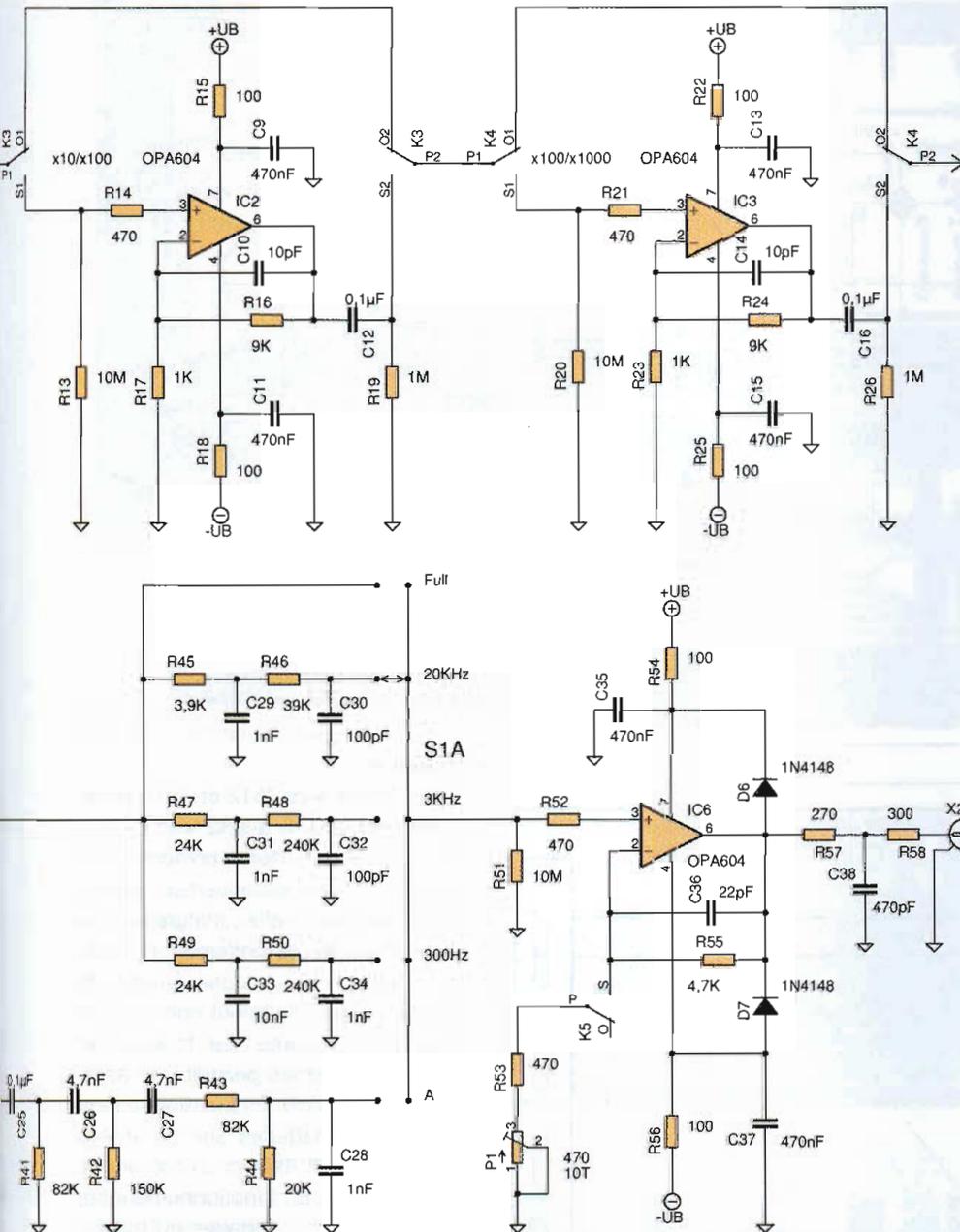
## Le schéma

Le préamplificateur utilise l'AOP OPA604. Le brochage étant normalisé, il est possible d'essayer bien d'autres circuits, mais l'OPA604

donne d'excellents résultats.

Le signal en entrée est isolé par une capacité de 47 nF de 1000 V en série avec une résistance de 1 kΩ (figure 3). Il est limité par les deux diodes D1 et D2, ce qui permet de mesurer des signaux AC superposés à des tensions DC conséquentes. L'impédance d'entrée s'élève à 1 MΩ pour une capacité de 50 pF sur toutes les gammes et accepte l'utilisation d'une sonde d'oscilloscope en portant l'impédance d'entrée à 10 MΩ/6 pF. Un filtre « passe haut » d'une fréquence de coupure de 50 Hz permet la mesure AC superposée à des ten-

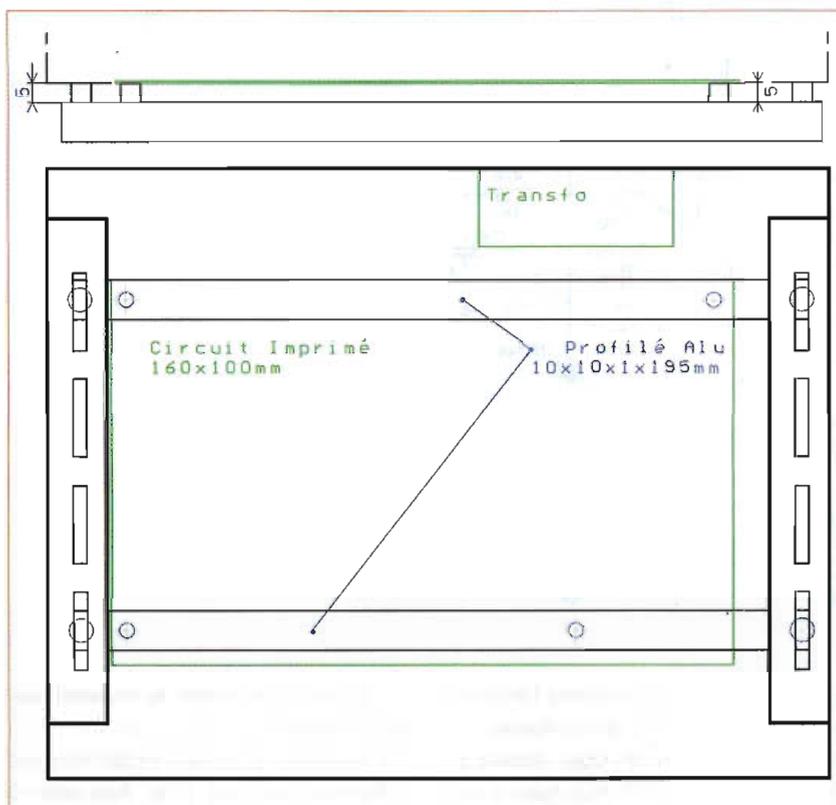
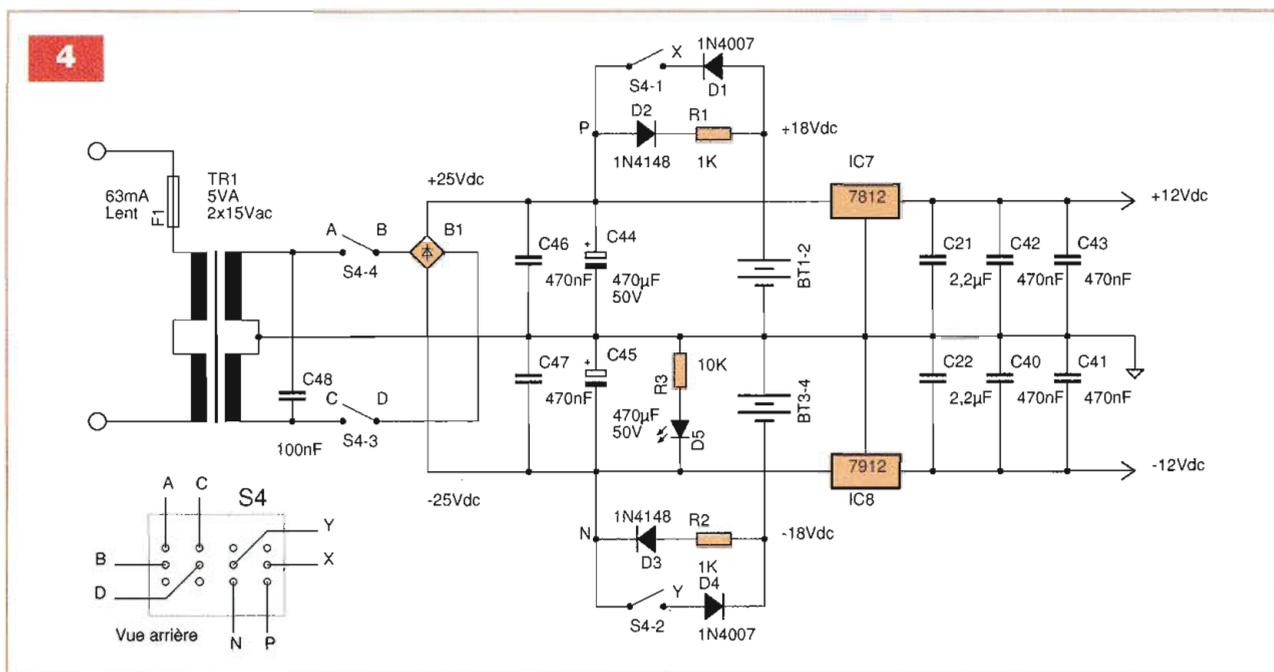
sions DC instables, com- ...tion résiduelle d'une alim- ... Suit une cascade de tro- ...teurs IC1, IC2 et IC3 d'u- ...de 10 fixé par les rési- ... R11. Le routage du sign- ... par les relais K1 à K4. S- ... (x1), le signal est envoy- ... sur IC4 monté en gain u- ... Le signal en sortie de ... redressé et pilote le 741 ... cule quand le signal atte- ... circuit prévient le dépas- ... signal de 1 Vac en sortie ... Bien que le signal maxim- ... atteigne 6 Vac, nous le



donne d'excellents résultats. Le signal en entrée est isolé par une capacité de 47 nF de 1000 V en série avec une résistance de 1 k $\Omega$  (figure 3). Il est limité par les deux diodes D1 et D2, ce qui permet de mesurer des signaux AC superposés à des tensions DC conséquentes. L'impédance d'entrée s'élève à 1 M $\Omega$  pour une capacité de 50 pF sur toutes les gammes et accepte l'utilisation d'une sonde d'oscilloscope en portant l'impédance d'entrée à 10 M $\Omega$ /6 pF. Un filtre « passe haut » d'une fréquence de coupure de 50 Hz permet la mesure AC superposée à des ten-

sions DC instables, comme l'ondulation résiduelle d'une alimentation. Suit une cascade de trois amplificateurs IC1, IC2 et IC3 d'un gain exact de 10 fixé par les résistances R9-R11. Le routage du signal est assuré par les relais K1 à K4. Sur la gamme (x1), le signal est envoyé directement sur IC4 monté en gain unitaire. Le signal en sortie de cet AOP est redressé et pilote le 741 (IC5) qui bascule quand le signal atteint 2 Vp. Ce circuit prévient le dépassement d'un signal de 1 Vac en sortie. Bien que le signal maximal possible atteigne 6 Vac, nous le spécifions à

1 Vac en garantissant la linéarité jusqu'à 500 kHz. La sortie de IC4 pilote également les différents filtres. Le filtre "A-pondéré" est une version simplifiée, mais sa réponse est conforme à +/- 1 dB. Les autres filtres sont réalisés par la mise en cascade de deux filtres du premier ordre. Après sélection par le commutateur, le signal est routé vers IC6 configuré en gain unitaire pour les filtres linéaires et avec un gain de 12 dB pour le filtre « A-pondéré ». Le potentiomètre P1 ajuste l'amplitude de ce filtre à 1kHz. L'impédance de sortie est de 600  $\Omega$ .

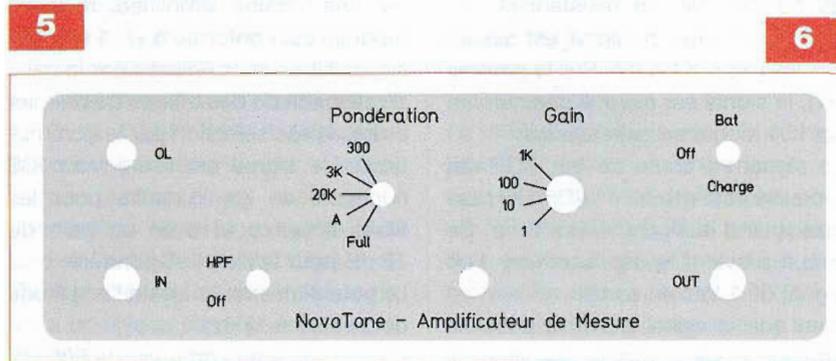


## L'alimentation

Après redressement des 2 x 15 Vac, on obtient une tension de  $\pm 25$  Vdc (figure 4).

Deux régulateurs 7812 et 7912 stabilisent les tensions à  $\pm 12$  Vdc.

Pour mesurer des tensions très faibles, il faut impérativement utiliser des batteries. En effet, malgré un luxe de précautions, le ronflement induit et les courants de « masse » issus du redressement atteignent encore 3  $\mu$ V reportés en entrée. Le fonctionnement sur batteries permet une amélioration de 20 dB. En fonctionnement secteur, les batteries sont chargées via D2-R1 et D3-R2 par un courant de 7 mA environ. En fonctionnement sur batteries, les secondaires du transfo sont mis hors-service et l'alimentation se fait via les diodes D1 et D4. Les batteries ont une capacité de 160 mAh et une autonomie de deux heures. La charge complète prend vingt-quatre heures.

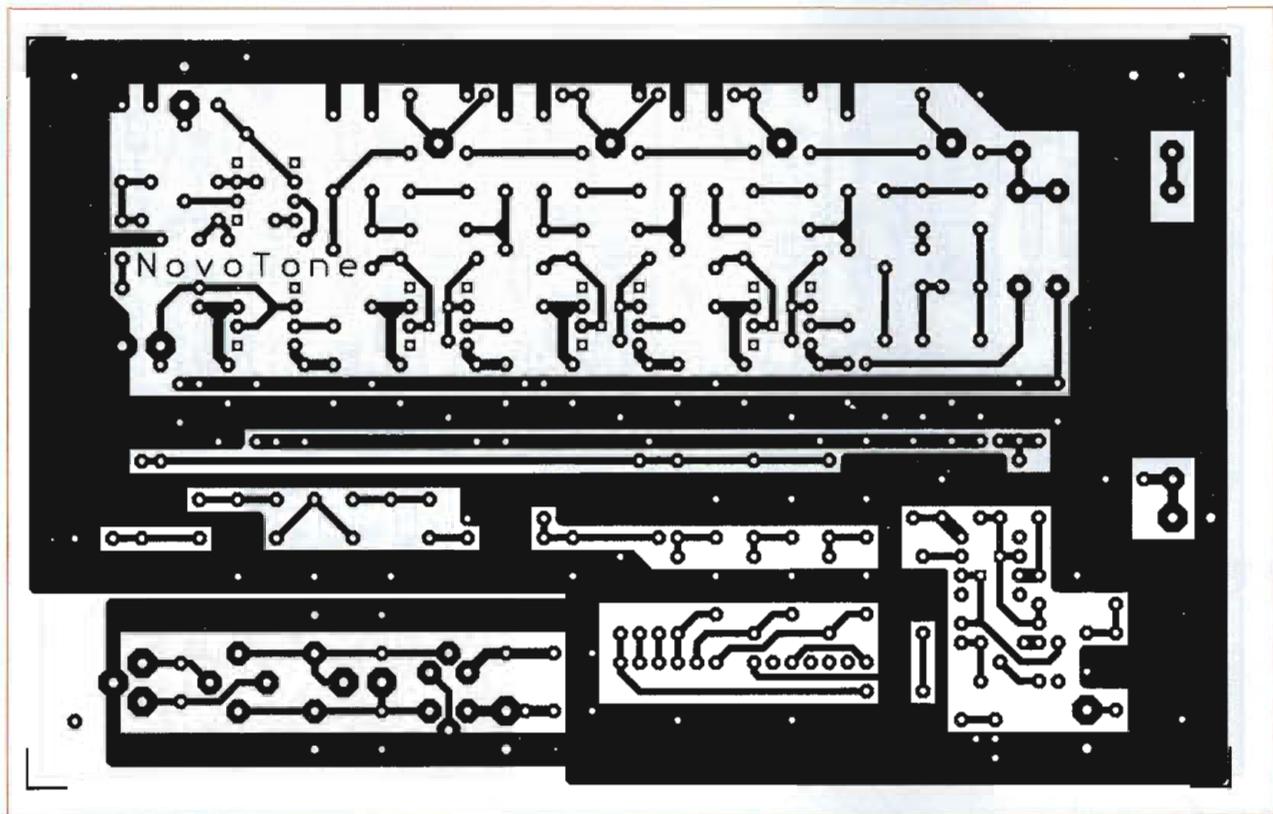


## Mise en œuvre

Le préamplificateur est placé dans un boîtier de dimensions 203 x 178 et 65 mm de haut. Le modèle utilisé est disponible chez Radiospares sous la référence 222-020.

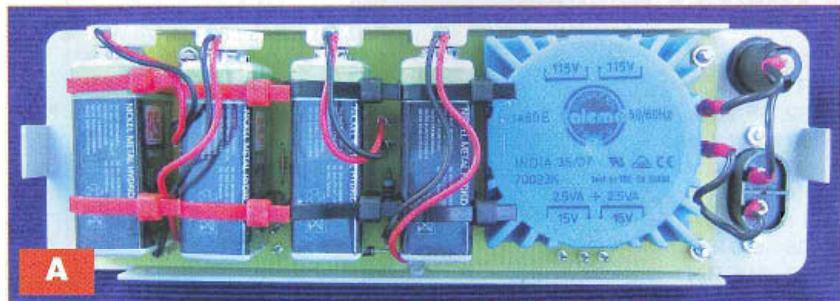
La carte est fixée sur deux profilés « alu » de 10 x 10 x 195 mm.

Il est préférable de réaliser la mécanique à l'aide de la carte non-câblée (figure 5). La position de la carte est



7

solidaire de l'axe du commutateur « Pondération » sur la face avant. Ce perçage sur la face avant (figure 6) ne nécessite que peu de précision, car la carte est ensuite ajustée sur les profilés et les profilés ajustés au châssis. La carte des batteries est fixée sur la face arrière en laissant libre l'emplacement pour le socle secteur et le porte fusible (photo A).

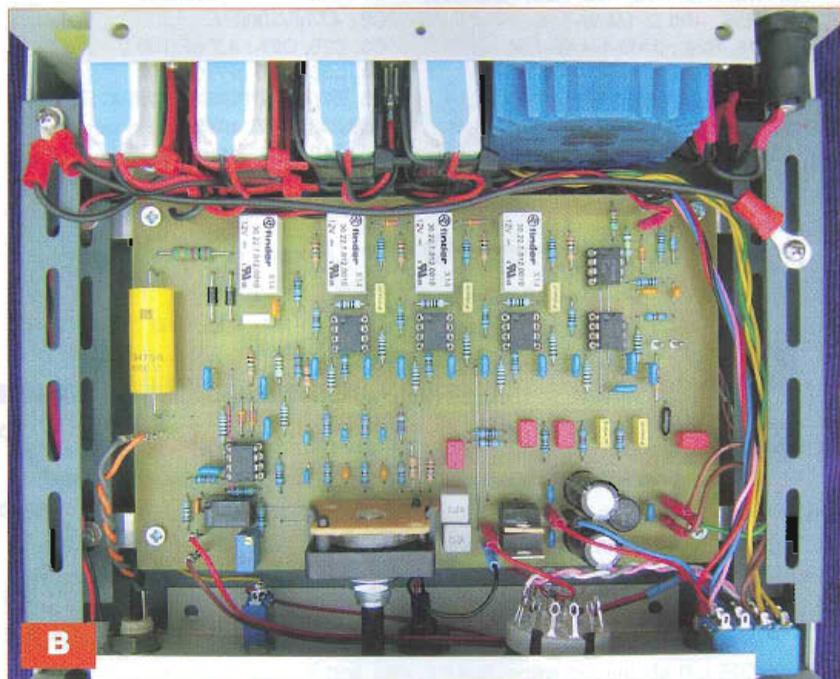


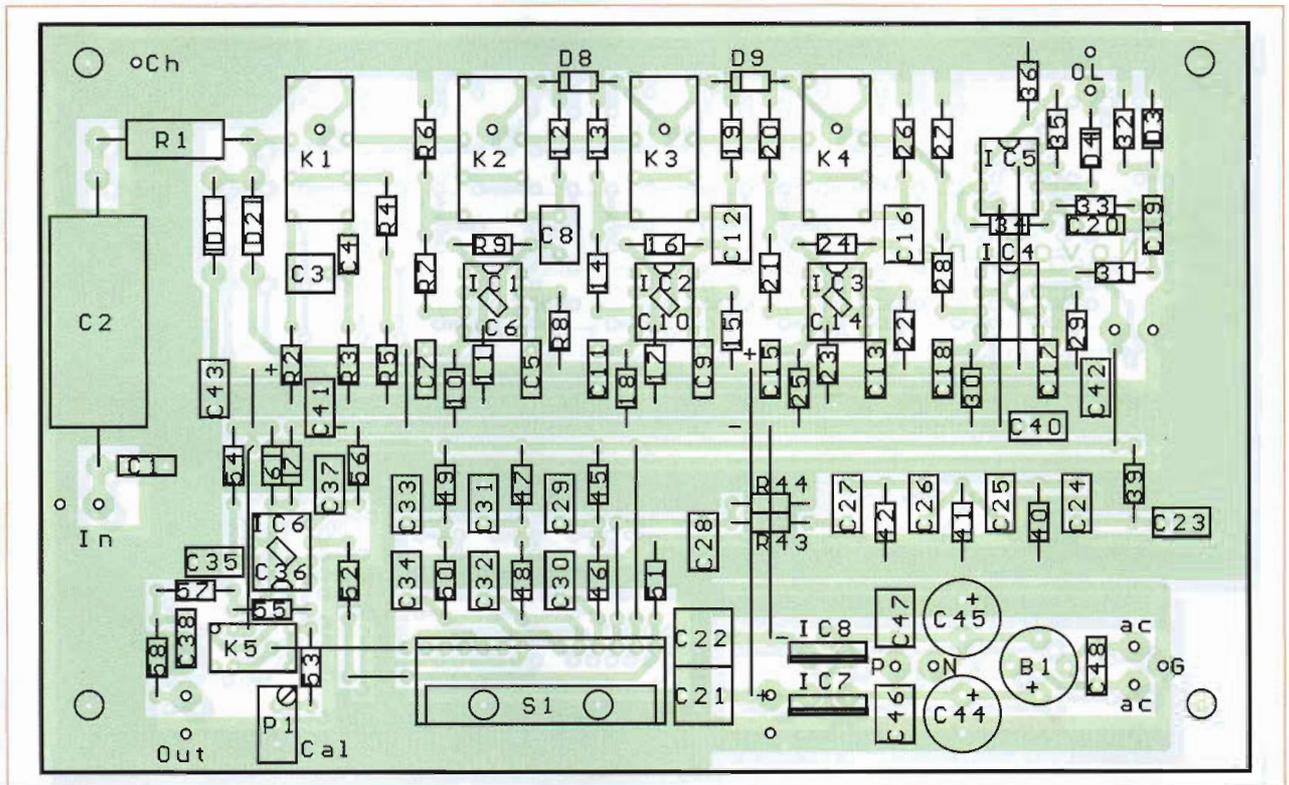
### Les circuits imprimés

La carte « ampli » mesure 100 x 160 mm (figure 7 et photo B). Insérer dans l'ordre : les vingt picots de 1,3 mm, les quatre picots des relais K1 à K4 qui sont placés côté cuivre et arasés côté composants, les douze pontages et les six supports AOP. Le pontage reliant K5 au « + » est isolé (figure 8).

Suivent les composants par ordre de taille, en terminant par le commutateur. Les condensateurs C6, C10, C14 et C36 sont soudés sous les AOP côté cuivre, le condensateur C1 est supprimé.

Tester tout d'abord l'alimentation. La carte non équipée des AOP est mise sous tension et on vérifie la présence des  $\pm 12$  Vdc aux broches (4) et (7) de chaque circuit intégré.





## Nomenclature

### AMPLI DE MESURES

#### Résistances

R1 : 1 k $\Omega$ -2 W-5 %  
 R2, R6, R13, R20, R27, R51 :  
 10 M $\Omega$ -1/4 W-5 %  
 R3 : 1,2 M $\Omega$ -1/4 W-5 %  
 R4, R12, R19, R26, R32, R33 :  
 1 M $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R5 : 110 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R7, R14, R21, R28, R52, R53 :  
 470  $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R8, R10, R15, R18, R22, R25, R29, R30,  
 R54, R56 : 100  $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R9, R16, R24 : 9 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R11, R17, R23 : 1 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R31 : 680  $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R34, R35 : 100 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R36 : 13 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R37, R55 : 4,7 k $\Omega$ -1/4 W-1 %

R39 : 6,04 k $\Omega$ -1/4 W-0,1 %  
 R40, R41, R43 : 82 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R42 : 150 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R44 : 20 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R45 : 3,9 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R46 : 39 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R47, R49 : 24 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R48, R50 : 240 k $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R57 : 270  $\Omega$ -1/4 W-1 %  
 R58 : 300  $\Omega$ -1/4 W-1 %

#### Condensateurs

C1 : Cin/1000 V (facultatif)  
 C2 : 47 nF/1000 V  
 C3, C26, C27 : 4,7 nF/100 V  
 C4, C38 : 470 pF/100 V  
 C5, C7, C9, C11, C13, C15, C17, C18,  
 C35, C37 : 470 nF/50 V  
 C6, C10, C14 : 10 pF/50 V  
 C8, C12, C16, C20, C24, C25 :

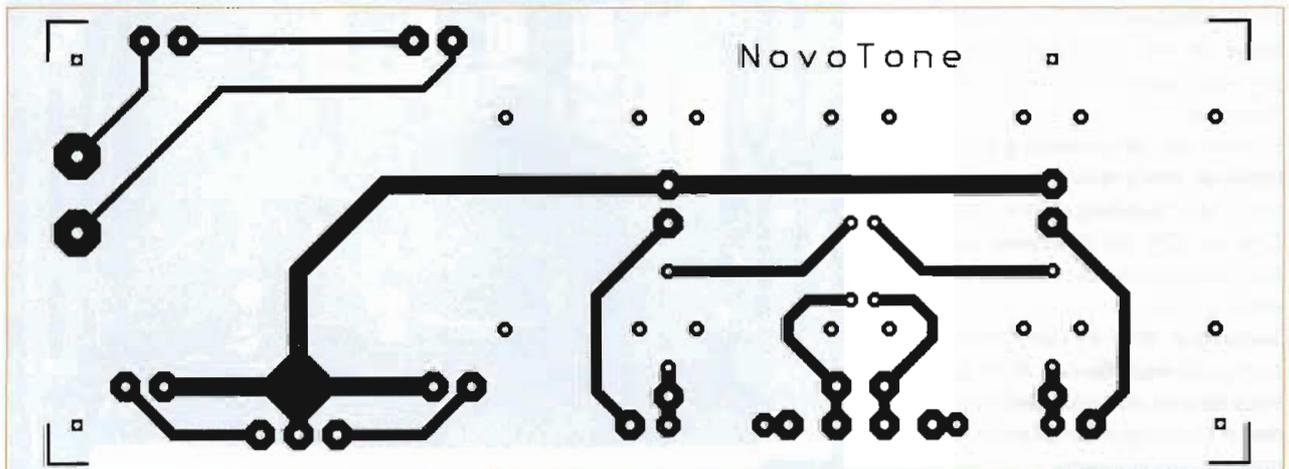
100 nF/100 V  
 C19, C33 : 10 nF/100 V  
 C23 : 2,2 nF/100 V  
 C28, C29, C31, C34 : 1 nF/100 V  
 C30, C32 : 100 pF/100 V  
 C36 : 22 pF/100 V

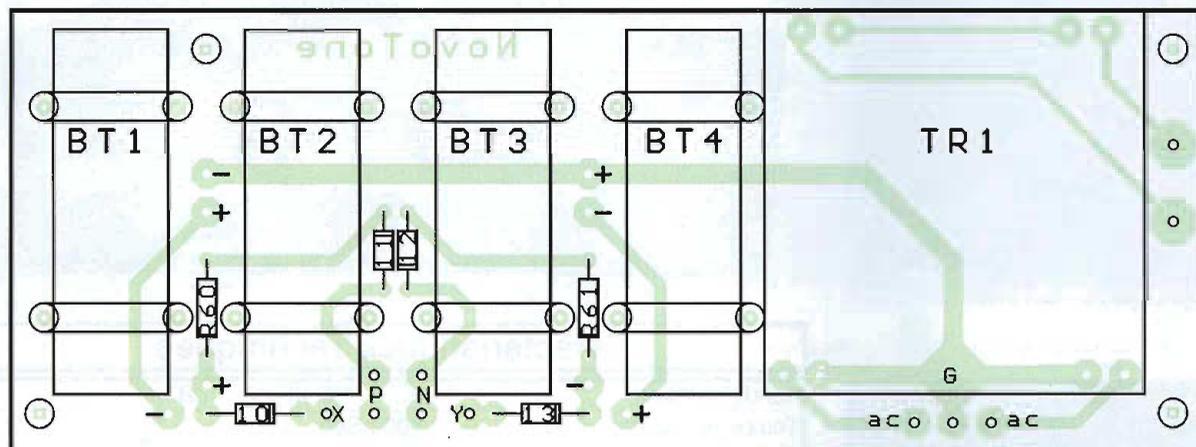
#### Semiconducteurs

D1, D2 : 1N4007  
 D3 : 1N6263  
 D4, D6, D7, D8, D9 : 1N4148  
 D5 : Led rouge (2 mA)  
 IC1, IC2, IC3, IC4, IC6 : OPA604  
 IC5 : LM741

#### Divers

K1, K2, K3, K4 : relais 12 V/700  $\Omega$  (DPDT)  
 K5 : relais 12 V/900  $\Omega$  (SPDT)  
 P1 : 470  $\Omega$ /10 tours  
 S1 : commutateur 2 circuits/5 positions





10

## Nomenclature

### ALIMENTATION

#### Résistances

R1, R2 : 1 k $\Omega$ -1/2 W-5 %  
R3 : 10 k $\Omega$ -1/4 W-5 %

#### Condensateurs

C21, C22 : 2,2  $\mu$ F/50 V  
C40, C41, C42, C43, C46, C47, C48 :  
470 nF/50 V  
C44, C45 : 470  $\mu$ F/50 V

#### Semiconducteurs

IC7 : 7812  
IC8 : 7912  
D1, D4 : 1N4007  
D2, D3 : 1N4148  
D5 : Led verte (2 mA)  
B1 : Pont 40 V/1,5 A

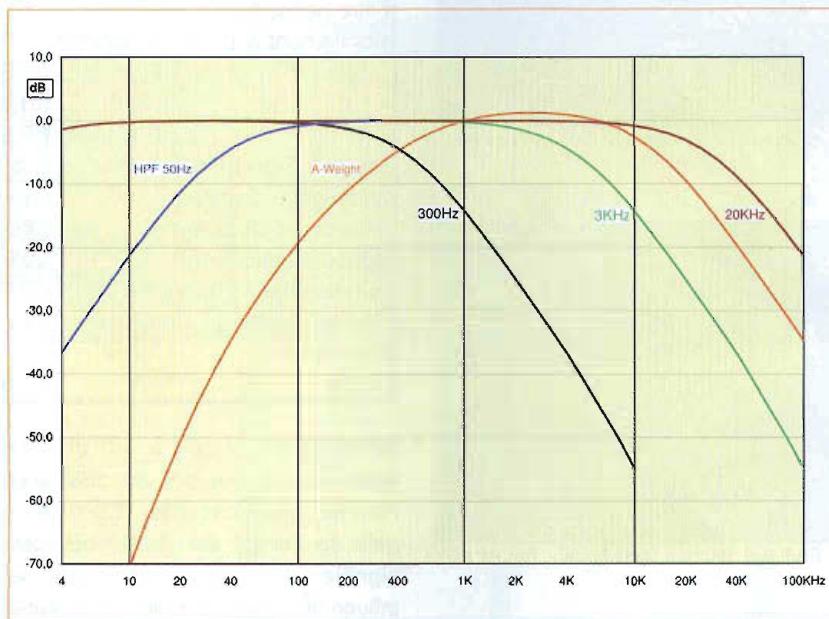
#### Divers

BT1, BT2, BT3, BT4 : 9 V/160 mA (PP3)  
F1 : fusible lent 63 mA  
TR1 : 2 x 15 V/5 VA (Talema 70023K)

### COMPOSANTS SPÉCIFIQUES

- 1 coffret RS222-020
- 2 Profilés alu 195 x 10 x 10 x 1 mm
- K1, K2, K3, K4 : relais Finder, série 30.22
- K5 : relais Omron G5V-1
- 6 supports DIL 8 pour AOP
- 8 entretoises 5 mm M-F/M3
- 1 socle fusible châssis-20 mm
- 2 socles BNC isolés châssis
- 31 picots 1,3 mm
- 31 cosse 1,3 mm
- 1 socle 230 V/1 A pour châssis
- S1 : commut. 5 pos. 2 cir. Lorlin C.I.
- S2 : commut. 5 pos. 2 cir. Lorlin châssis
- S3 : interrupteur - 1 pôle
- S4 : commut. ON-OFF-ON - 4 pôles
- 2 boutons
- 2 socles châssis 8 mm pour leds
- 2 fils + fiches leds

11



Ensuite, après « déchargement » de l'alimentation, insérer les circuits et vérifier après mise sous tension que chaque sortie en broche (6) est bien à 0 V.

La carte alimentation mesure 159 x 58,5 mm. Elle supporte le transformateur, les quatre batteries de 9 V/160 mA et les quelques éléments de charge (figure 9). Monter dans l'ordre : les onze picots, les composants axiaux et le transformateur. Chaque batterie est fixée à l'aide de deux serre-câbles (figure 10). Tester la carte avant toute mise en service afin de s'assurer que les batteries sont bien configurées. La tension entre la masse située au point central des secondaires et le point X doit être

de +18 Vdc et -18 Vdc au point Y.

Au montage final, le raccordement des divers fils aux éléments des faces avant et arrière est réalisé suivant les deux schémas et vérifié méticuleusement avant mise sous tension.

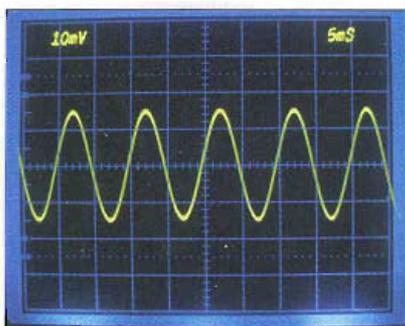
### Quelques mesures

Les mesures sont publiées aux figures 11 et 12.

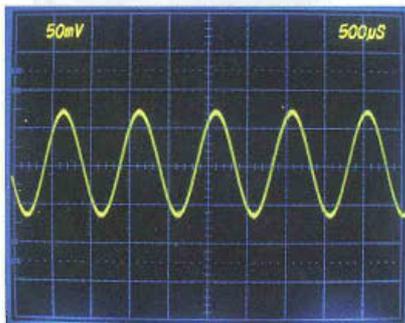
La figure 11 montre les différentes pondérations disponibles.

La figure 12 présente l'oscillogramme d'un signal de 10  $\mu$ V à 100 Hz amplifié mille fois en pondération 300 Hz Lin et un signal de 50  $\mu$ V à 1 kHz en pondération A.

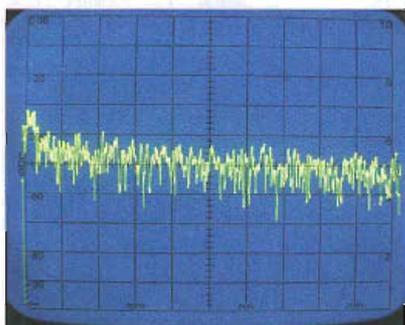
Le spectre couvre de 0 à 500 Hz et la



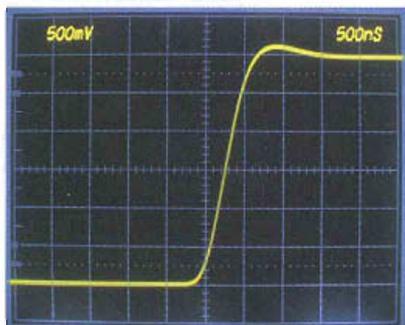
10  $\mu$ Vac - 100 Hz - Gain X1000 - 300Hz Lin



50  $\mu$ Vac - 1 KHz - Gain X1000 - A Pondéré



Bruit 0  $\rightarrow$  500 Hz - Gain X1000 - Réf: 40 dBV



Temps de montée - Gain X1000 - Full



## Caractéristiques Techniques

Bande passante	4 Hz $\rightarrow$ 450 KHz à -1 dB
Temps de montée - Full	< 600 nSec
Gain	x1 - x10 - x100 - x1000
Taux de distorsion	< 0,1%
Pondérations	Full - A - 20 KHz - 3 KHz - 300 Hz
Signal de sortie maximum	6 Vac
Filtre passe haut	50 Hz à -3 dB
Ronflement & Bruit - A Pondéré	1,2 $\mu$ Vac
20 KHz Lin	1,8 $\mu$ Vac
3 KHz Lin	0,9 $\mu$ Vac
300 Hz Lin	0,6 $\mu$ Vac
Rapport Signal/Bruit	> 120 dB pour 1 Vac en sortie
Impédance d'entrée	1 M $\Omega$
Impédance de sortie	600 $\Omega$
Consommation	230 Vac / 18mA / 4VA
Autonomie des batteries	2 heures
Temps de charge	24 heures
Dimensions	203 x 178 x 65 mm
Poids	1,6 Kg

référence est placée à -40 dBV. Le bruit résiduel est de -80 dBV avec l'entrée court-circuitée. Comme le gain de l'ampli est de 60 dB, cela signifie que les ronflements et influences extérieures sont inférieures à -140 dBV (0,1 $\mu$ V !). Le temps de montée mesuré sans filtre s'élève à 550 ns.

## Conclusion

Cet amplificateur de mesure est le **maillon indispensable** pour caractériser les réalisations audio. Il permet la mesure directe selon les deux normes principales : 20 kHz-Lin et A-

pondéré. Son exceptionnelle sensibilité lui autorise la visualisation des signaux d'une amplitude de 10  $\mu$ Vpp. Il fait merveille dans la mise au point des alimentations. Enfin, en utilisant la sonde d'oscilloscope 10/1 d'impédance 10 M $\Omega$ , il se révèle capable d'extraire des signaux très faibles, sans perturber le circuit en test.

J-L VANDERSLEYEN

*Pour les données de fabrication, des cartes imprimées ou quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à contacter l'auteur à l'adresse j.l.vandersleyen@skynet.be ou via son site internet [www.novotone.be/fr](http://www.novotone.be/fr)*

## MONTAGES AUDIO À RÉALISER SOI-MÊME

2 HORS-SÉRIE D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE

Bon de commande en page 51

2 CD DE LED

Bon de commande en pages 27 et 50