



(7^{ème} partie)

PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE

les techniques et les hommes

Le développement de l'exploitation des lignes téléphoniques ne va pas sans entraîner quelques bouleversements dans la société de ce début du siècle, confiante dans l'idée que le bien-être de tous passe par le développement des sciences et de la technologie.

Les projets fous

Le roman populaire s'empare du téléphone après les quelques démonstrations publiques de cet appareil, comme celle de l'exposition internationale qui se déroule à Paris en 1881. A cette occasion, l'ingénieur français Clément ADER effectue une liaison téléphonique entre les scènes de l'Opéra, de la Comédie Française, et les deux salons téléphoniques du Palais de l'Industrie des Champs Élysées. Les visiteurs se pressent alors aux portes de ces attractions qui ne peuvent accueillir que 20 personnes, pour écouter en stéréophonie les premières représentations diffusées par le téléphone. Pour ce faire, chaque paire d'écouteurs est reliée à deux micro-



suite p 24

Un podomètre avec une calculatrice

PAGE 7

On trouve des calculatrices électroniques un peu partout : dans le cartable des écoliers, sur le bureau des étudiants et même au poignet de quelques-uns à côté de l'heure. Mais saviez-vous que la calculatrice la plus ordinaire est capable de compter des impulsions ou mesurer une distance ?

Quelle calculatrice choisir ?

On pourra en principe choisir une calculatrice quelconque, mais un modèle ordinaire acheté à un prix dérisoire dans un supermarché devrait faire l'affaire pour peu qu'il permette l'utilisation d'un facteur constant. On pourra d'ailleurs s'en assurer de la manière suivante :

- mettre en marche par action sur la touche ON, le zéro apparaît à l'écran,
- tapez le chiffre 7 par exemple, qui apparaît à son tour, puis la touche PLUS (+) suivie d'une action sur la

touche EGAL (=), le chiffre 7 est toujours présent à l'écran, - actionnez à présent la touche = et voici le nombre 14 à l'écran qui augmentera de 7 à chaque nouvelle pression sur cette touche =. C'est gagné si votre calculatrice permet cette suite d'actions.

IL était une fois la piézo-électricité

Si l'on exerce une faible pression sur les deux faces d'un cristal de quartz, parallèlement à l'un des axes élec-

triques, on peut observer sur les faces opposées, donc perpendiculairement à l'axe considéré, l'apparition d'une très faible tension électrique. En vertu du phénomène de réversibilité propre à de nombreux phénomènes physiques, si on lui applique une différence de potentiel, le cristal se dilate et se contracte à la même fréquence. On assiste bien à la conversion de l'énergie mécanique en électrique et inversement, dans les matériaux dits *PIEZO-ELECTRIQUES*. Les allumeurs dits piézo pour feux à gaz en sont une application bien connue.

suite p 3

N°7 NOVEMBRE 1998
NOUVELLE SÉRIE

SOMMAIRE

- 1 - PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE
- 2 - ECLAIRAGE DE SECOURS
- 3 - PODOMETRE AVEC CALCULATRICE
- 4 - QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ? CONCEVOIR ET REALISER SON SITE INTERNET
- 6 - DOUBLEUR DE TENSION ET INVERSEUR DE POLARITE
- 9 - COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
- 12 - LE COIN DE LA MESURE UN COMPRESSEUR DE DYNAMIQUE
- 14 - TECHNOLOGIE FILTRES POUR ENCEINTES ACOUSTIQUES
- 15 - CONSTRUIRE UN MINI-LABO UN MINI AMPLI BF
- 16 - GENERATION INTERNET
- 18 - DECOUVREZ L'ANGLAIS TECHNIQUE REGULATEUR DE TENSION AJUSTABLE AVEC LM317
- 20 - INVERSEUR CYCLIQUE
- 22 - J'EXPERIMENTE LE TELEGRAPHE AUTOGRAPHIQUE

Generation

ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD
S.A au capital de 5 160 000 F
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.42.41.89.40
Télex : 220 409 F
Principaux actionnaires :
M. Jean-Pierre VENTILLARD
Mme Paule VENTILLARD

Membres du comité de direction :
Madame Paule RAFINI épouse VENTILLARD
Président Directeur Général
Monsieur Jean-Pierre VENTILLARD
Vice-président
Madame Jacqueline LEFEBVRE
Administrateur

Directeur général adjoint
Jean-Louis PARBOT
Directeur de la rédaction
Bernard FIGHIERA (84.65)

Comité pédagogique :
G. Isabel, P. Rytter, F. Jongbloet,
E. Félicie, B. Andriot
Maquette et illustrations :
R. MARAI

Marketing :
Corinne RILHAC (84.52)
Ventes :
Sylvain BERNARD (84.54)

Département publicité :
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60

Directeur commercial
Jean-Pierre REITER (84.87)
Chef de publicité
Pascal DECLERCK (84.92)
Assisté de
Karine JEUFRFAULT (84.57)

Abonnement
Anne CORNET (85.16)
Voir tarifs et conditions p.23
Prix de vente au numéro : 20 F
Commission paritaire N° 0699174699
Membre inscrit à Diffusion Contrôle (OJD)

« Loi N° 49 956 du juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse » mai 1998.

Un éclairage de secours

Qui ne connaît pas ces éclairages de secours qui s'allument automatiquement en cas de coupure de courant. Nous vous proposons une réalisation de ce type.

Les escaliers, les caves ou les parkings sont parsemés de lampes de secours destinées à prévenir tout risque de panique lors d'une panne d'alimentation électrique. La lumière qu'elles diffusent, bien que faible, est suffisante pour éviter de se trouver dans l'obscurité totale. Le petit montage que nous vous proposons ici répond à cette fonction. Cependant, dans un but d'économie et comme les pannes de courant restent, somme toute, peu fréquentes, nous avons prévu qu'il puisse fonctionner aussi bien à partir de trois piles types R6 que d'accumulateurs. Chacune de ces sources d'énergie auxiliaire possède ses avantages mais, également, ses points faibles. Les piles ont pour elles l'avantage du prix. Cependant il faudra régulièrement veiller à leur bonne charge. Les accumulateurs, eux, ne demandent aucune surveillance : le montage maintient leur charge. En revanche, ils sont plus chers à l'achat.

Le principe

Notre montage, par l'intermédiaire de son adaptateur, détecte en permanence la présence du secteur. Tant qu'il est alimenté, il reste en mode «veille». La lampe reste éteinte et il fournit un courant de maintien aux batteries si cette option a été retenue. En revanche, dès la disparition du 220V, le montage «basculé» et allume l'ampoule. Dans ce mode de fonctionnement, l'énergie «auxiliaire» provient des batteries ou des piles. Deux transistors utilisés en commutation, c'est à dire en tant que relais, assure ce basculement. Dès le retour du secteur, le pontage passe de nouveau en veille.

Comment ça marche ?

Tant que la tension de 6V, provenant de l'adaptateur secteur, par-

vient au montage, la base de T1 reçoit une tension positive par l'intermédiaire des résistances R1 et R2 montées en diviseur de tension. Notons qu'ici les valeurs respectives de ces deux résistances ne sont pas destinées à porter la base de T1 à un potentiel précis mais, simplement, à lui fournir un courant suffisant pour obtenir sa saturation. En théorie, une résistance unique aurait suffi mais comme les adaptateurs secteur possèdent un condensateur de sortie de valeur élevée, sa présence retarde le déclenchement de l'illumination de l'ampoule. Le jeu de résistances R1-R2 permet simplement d'accélérer la décharge du condensateur et, par voie de conséquence, réduit le délai à l'allumage.

Comme T1 est saturé, la base de T2 se trouve à un potentiel proche de 0V. Ce second transistor est donc bloqué : aucun courant ne parcourt le circuit de son collecteur. Aucun courant ne circule donc dans l'ampoule qui reste ainsi éteinte.

Néanmoins la tension de 6V est présente sur le montage jusqu'à la cathode de la diode D2. Lors de l'utilisation de piles, l'inverseur K1 doit rester en position «ouvert». Ainsi D2 s'oppose au passage d'un courant inverse dans les piles ce qui nuirait à leur durée de vie. A l'opposée, si des batteries équipent le montage, K1 doit être en position fermée. Dans ce cas R4 applique aux accumulateurs un courant d'environ 10 mA. Celui-ci fait office de courant de charge lente et de maintien.

Lors de l'interruption du secteur, le diviseur de tension R1/R2 n'est plus alimenté. En effet, la présence de D1 s'oppose à ce que la tension provenant des batteries ou des piles lui parvienne. Le potentiel de la base de T1 tombe à 0. Dès lors T1 passe de l'état saturé à l'état bloqué. La base de T2 passe aussitôt à un potentiel positif grâce à la présence de R3. De plus, le courant que fournit R3 est suffisant pour assurer la saturation de T2. Son courant de collecteur s'établit alors et l'ampoule s'allume.

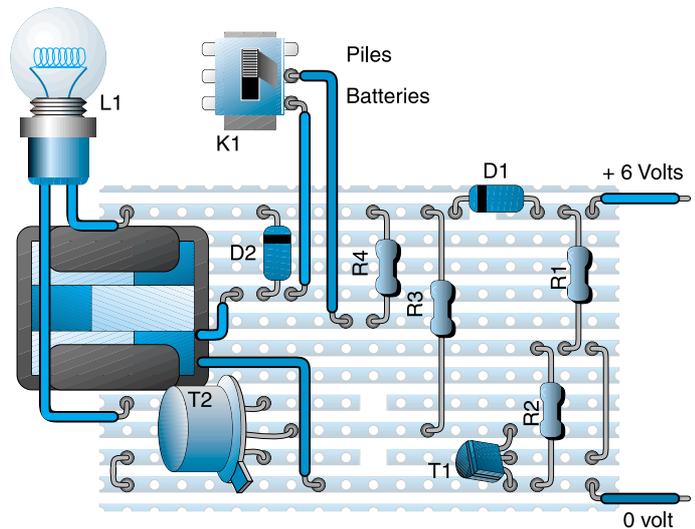


Fig 3

Implantation des éléments

Le câblage

Comme toujours, ce montage est réalisé sur une petite plaquette d'essai pré-perforée et munie de bandes conductrices. Le câblage commencera par la préparation de cette plaquette. Il faut reporter les interruptions de bandes conformément au schéma proposé. Rappelons-le, la méthode la plus simple pour réaliser ces interruptions de bandes est d'utiliser un foret à métal de 6mm de diamètre. Il suffit de l'appliquer fermement sur le trou où doit s'effectuer l'interruption de bande et de le tourner doucement à la main tout en appuyant. Après chaque coupure il est bon de vérifier la bonne qualité de l'interruption de la continuité électrique et qu'aucun copeau ne risque d'établir un contact parasite entre deux bandes adjacentes.

Une fois la totalité des interruptions

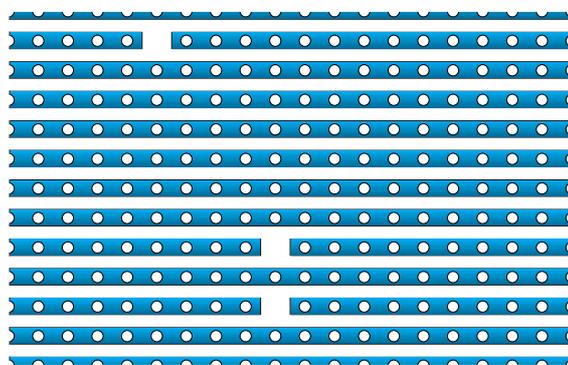


Fig 2

Préparation de la plaquette

de bande reportées, l'implantation et le soudage des composants peut débuter. Il faut prendre soin de respecter le brochage des transistors. Un méplat repère celui du 2N3904. Lorsque l'on tient ce composant méplat vers soi et pattes orientées vers le bas, elles correspondent respectivement à l'émetteur, à la base et au collecteur du transistor. Attention : cet ordre de brochage n'est pas systématique sur les transistors dont le boîtier comporte un méplat. Si vous choisissez un équivalent, il est donc conseillé de faire préciser son brochage par le vendeur. Sur le 2N1711, un ergot signale l'émetteur. Le fil central correspond à la base et le troisième au collecteur. Sur les diodes, une bague mentionne la cathode. Il faut donc veiller à leur bonne orientation. Les résistances, quant à elles, ne possèdent pas de polarité particulière. Leur câblage peut donc s'effectuer dans un sens ou dans l'autre. Sur les coupleurs pour accumula-

teurs ou piles, le fil rouge repère le «+». Il faut donc le connecter vers D2. Le second fil, généralement noir, concerne le 0V.

L'utilisation

Il faut bien respecter la polarité de sortie de l'adaptateur secteur lors de son raccordement au montage. Néanmoins, la présence de D1 «limite les dégâts» en cas d'inversion accidentelle. Au pire l'ampoule reste éclairée en permanence. Si des piles équipent cette réalisation, il faut vérifier que K1 est bien dans la bonne position. Il en est de même pour l'utilisation d'accumulateurs. Notons à ce propos que les accumulateurs Ni-Cd sont généralement vendus avec une charge dite de maintien. Il ne faut donc pas s'étonner, lors des premiers essais, de voir la luminosité de l'ampoule faiblir au bout de quelques secondes d'utilisation. Pour que le montage soit immédiatement opérationnel, le plus simple consiste à charger les batteries avant

leur mise en service. Une autre solution consiste à laisser le montage sous tension durant une cinquantaine d'heures.

NOMENCLATURE

- R1 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge, or)
- R2 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge, or)
- R3 : 470 Ω (jaune, violet, brun, or)
- R4 : 1,5 kΩ (brun, vert, rouge, or)
- T1 : 2N3904 ou équivalent
- T2 : 2N1711
- D1, D2 : 1N4001
- K1 : inverseur
- L1 : ampoule pour lampe de poche 4,5V
- 1 coupleur pour 3 piles 1,5V
- 3 piles 1,5V ou 3 batteries Ni-Cd 1,2V
- 1 adaptateur secteur 6V sous 200mA au moins

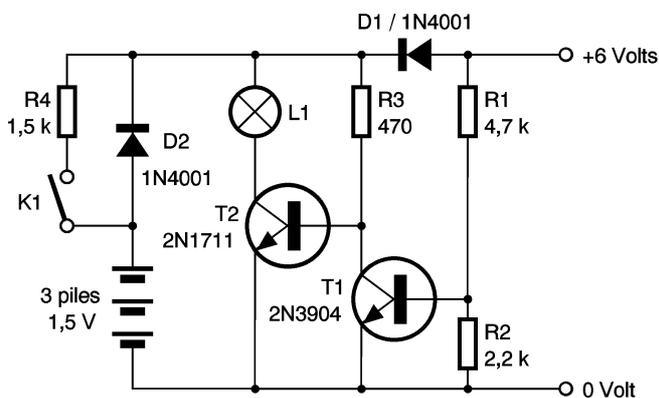


Fig 1

Schéma de principe

Un podomètre avec une calculatrice

Chacun connaît, pour les avoir déjà entendus, les petits résonateurs piézo présents dans bon nombre de petits gadgets actuels. Ce composant bon marché est intéressant car il est facile de comprendre que la déformation de la pastille de laiton produit une modification d'ordre électrique que l'on visualise aisément à l'oscilloscope. En amplifiant sérieusement ce signal et en le filtrant pour en extraire les fréquences les plus basses, on pourra peut-être essayer d'activer notre compteur ou notre podomètre. Nous aurons ainsi construit un genre de détecteur de

R5, C3, R6 et C4. Un étage trigger de SCHMITT suivi d'un bloc d'intégration (C5 + R12) permet de disposer d'un fort beau signal logique directement exploitable. Attention, la capsule piézo est un composant polarisé, respectez donc la couleur de ses fils de connexion.

Construire le podomètre

Les adeptes de la course à pied seront comblés car ils pourront faire

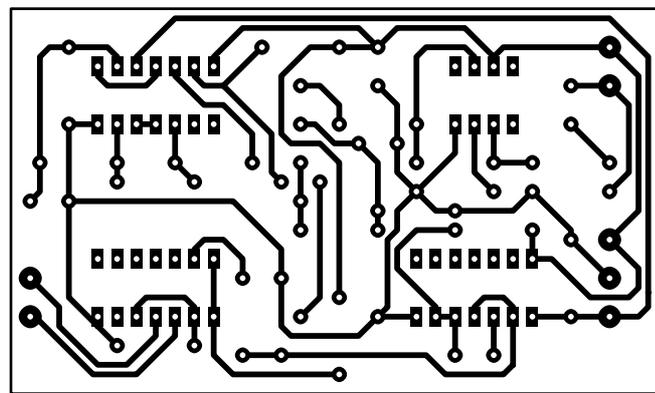


Fig 2

Impression

Tracé du circuit imprimé

commencer la course. C'est tout ! L'impulsion positive disponible à la sortie de l'étage trigger sera exploitée pour activer la bascule monostable construite autour de 2 portes NOR du circuit IC3, un classique circuit CMOS 4001. Le bref signal positif produit est utilisé pour commander un premier interrupteur

commander par le passage d'un petit aimant.

Attention de ne pas perdre l'information sur l'écran LCD de la calculatrice, si celle-ci procède après un certain temps à une extinction automatique, par pure mesure d'économie. On sera sinon condamné à courir sans arrêt sans faire de pause ou à mémoriser l'information par les touches mémoire.

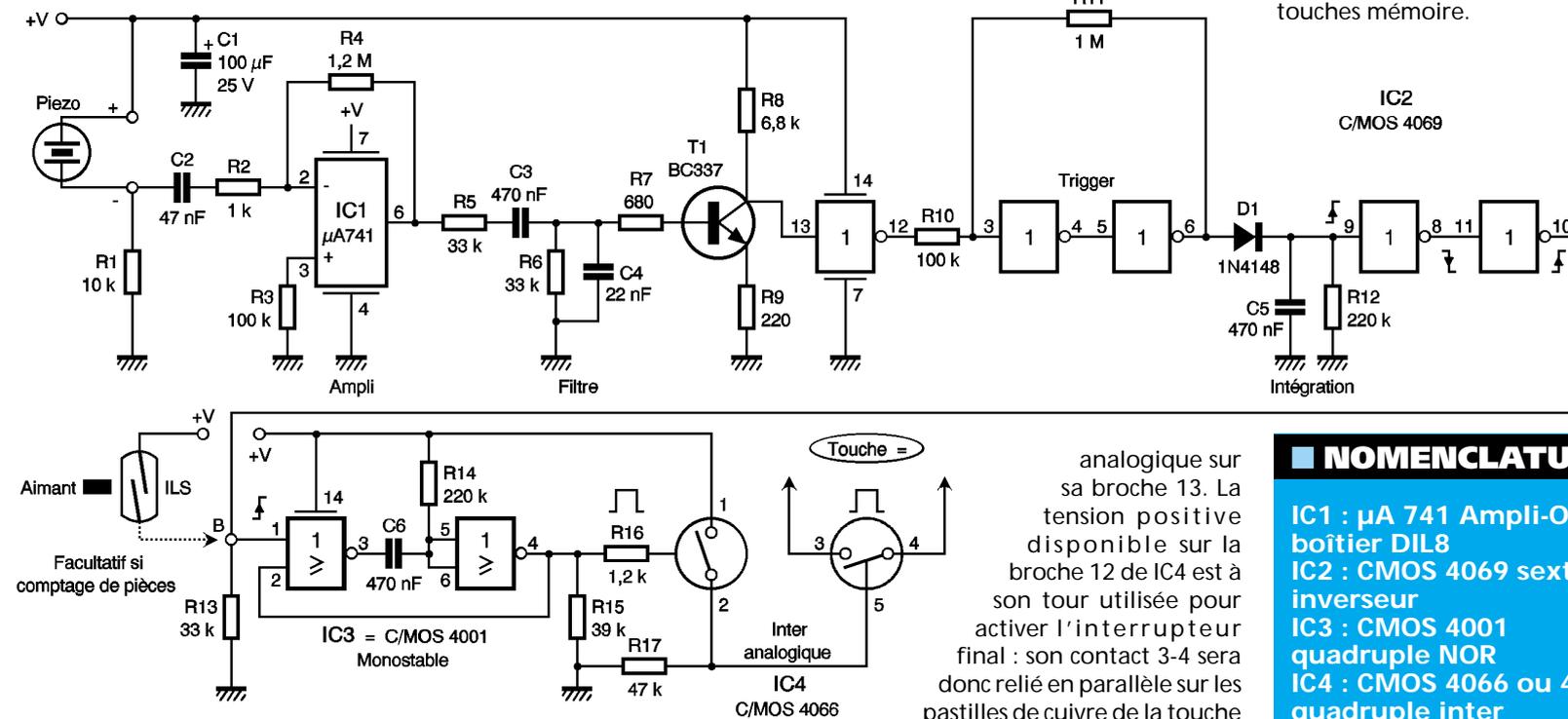


Fig 1

Schéma de principe

chocs. Des vibrations rapides et prolongées comme celles produites par un moteur en marche, génèrent sur la sonde piézo des signaux électriques quasi-permanents, qu'il suffira d'amener à un niveau correct pour attaquer la suite du montage construit autour d'une calculatrice selon le principe déjà énoncé. On trouvera à la figure 1 un schéma d'application complet, capable d'amener les très faibles vibrations ou chocs captés par la capsule piézo en un front logique d'un niveau exploitable. Un étage amplificateur est construit autour de l'Ampli-OP IC1, suivi d'un filtre sommaire avec

apparaître sur l'écran LCD de leur calculatrice le total des kilomètres parcourus lors de leur jogging hebdomadaire.

En chargeant la pastille de laiton du capteur d'une pièce métallique lourde, comme écrou ou aimant, on pourra constater qu'à chaque pas la masse rapportée s'en ira appuyer sur la surface sensible du capteur et, puisque notre calculatrice ne sait compter que des impulsions, il va falloir lui introduire en facteur constant la distance parcourue à chaque foulée. Si par exemple le pas moyen est de 1,25 mètres, il suffira d'introduire cette valeur au compteur avant de

analogique sur sa broche 13. La tension positive disponible sur la broche 12 de IC4 est à son tour utilisée pour activer l'interrupteur final : son contact 3-4 sera donc relié en parallèle sur les pastilles de cuivre de la touche EGAL de la calculatrice choisie.

Réalisation - Réglages

Une petite plaquette de cuivre sera nécessaire pour regrouper l'essentiel des composants. Le tracé des pistes est donné à la figure 2. On pourra monter les divers circuits intégrés sur des supports de qualité. Attention de bien penser à mettre en place le seul strap situé SOUS la résistance R9. La pastille piézo sera chargée d'une masse compacte qu'il est très simple de fixer par collage. En pratique, chaque utilisateur devra régler le podomètre à sa « taille » : il lui suffira de parcourir une distance connue en ayant soin de régler le facteur constant sur la valeur 1 ; il ne reste plus ensuite qu'à diviser la distance parcourue par le nombre de pas indiqué par la calculatrice, puis enfin d'introduire la valeur calculée avant de se lancer dans la course. On alimentera ce montage par une simple pile de 9V en prévoyant éventuellement un interrupteur général. Pour réaliser un simple compteur de pièces, il suffira de brancher au point B du schéma un contact sous verre à lames souples (= ILS) et de le

NOMENCLATURE

- IC1 : µA 741 Ampli-OP boîtier DIL8
- IC2 : CMOS 4069 sextuple inverseur
- IC3 : CMOS 4001 quadruple NOR
- IC4 : CMOS 4066 ou 4016 quadruple inter analogique
- T1 : transistor NPN BC337
- D1 : diode commutation 1N4148
- R1 : 10 kΩ 1/4W
- R2 : 1 kΩ 1/4W
- R3, R10 : 100 kΩ 1/4W
- R4 : 1,2 MΩ 1/4W
- R5, R6, R13 : 33 kΩ 1/4W
- R7 : 680 Ω 1/4W
- R8 : 6,8 kΩ 1/4W
- R9 : 220 Ω 1/4W
- R11 : 1 MΩ 1/4W
- R12, R14 : 220 kΩ 1/4W
- R15 : 39 kΩ 1/4W
- R16 : 1,2 kΩ 1/4W
- R17 : 47 kΩ 1/4W
- C1 : 100 µF/25V chimique vertical
- C2 : 47 nF/63V plastique
- C3 : 470 nF/63V plastique
- C4 : 22 nF/63V plastique
- C5, C6 : 470 nF/63V plastique
- 1 résonateur piézo sans boîtier
- 1 support à souder 8 broches
- 3 supports à souder 14 broches
- Picots à souder
- 1 coupleur pression pour pile 9V
- 1 calculatrice LCD
- 4 opérations (voir texte)

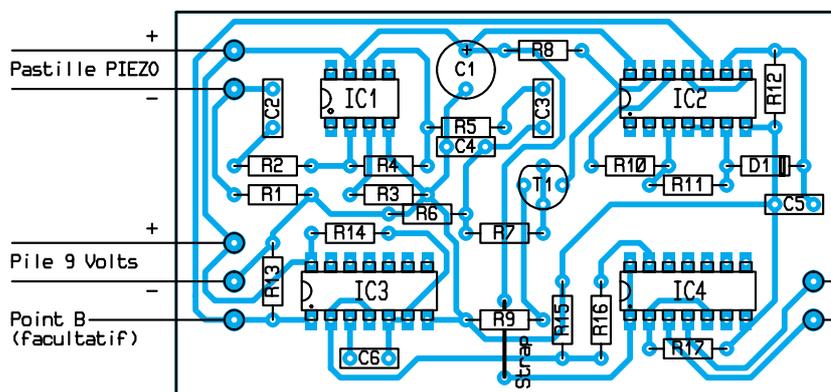


Fig 3

Implantation des éléments



QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?

Concevoir et réaliser son site Internet (suite)

Voilà, votre projet de site est prêt, il ne vous reste plus qu'à transcrire son contenu sous une forme de pages consultables afin de juger de leur effet sur votre navigateur préféré.

■ Le choix de l'éditeur

Construire un site en écrivant toutes les instructions de description des pages avec le langage HTML peut constituer un objectif de travail au niveau d'un groupe d'élèves. Mais il ne pourra porter ses fruits qu'à condition de limiter le site à deux ou trois pages, lesquelles doivent tenir dans l'espace d'une fenêtre affichée sur l'écran, sous peine d'entraîner des lenteurs et un certain découragement dans le cadre d'une initiation. Pour une production plus conséquente, choisissez un éditeur visuel prenant en charge la traduction au format HTML, ce qui vous

de notre site avec Word 97, car ce dernier présente l'avantage d'être parmi les plus utilisés par les services administratifs des collèges et lycées.

■ Commencer l'écriture

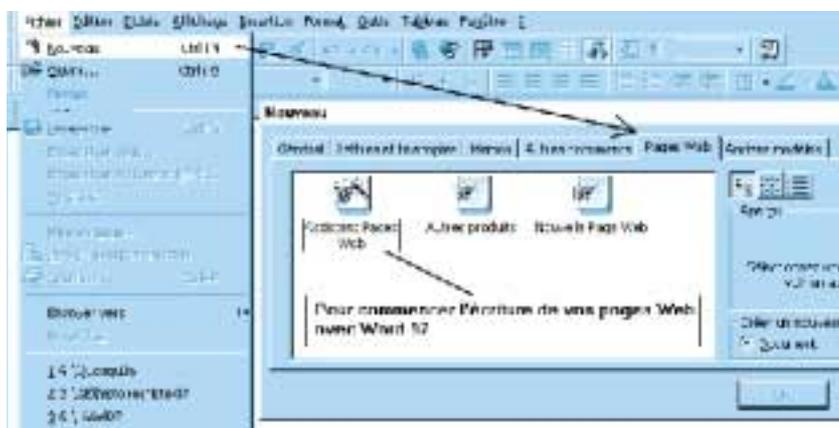
Écrivez le contenu de vos pages à l'aide du traitement de texte comme s'il s'agissait d'un document papier, en prenant soin d'utiliser une police de caractères standard. Toujours pour des raisons de confort visuel, ne multipliez pas le nombre des polices (2 sont un maximum) en conservant si possible une taille

mum le recours aux ascenseurs lors d'une lecture. Pour cet exemple nous avons choisi de n'afficher que du texte, par conséquent il suffit d'enregistrer le document (après la correction) sur votre traitement de textes habituel.

Cette méthode de travail permet de disposer de l'ensemble du texte à afficher sur le site, parfaitement découpé, ce qui facilite les échanges entre les intervenants sur le projet ainsi que la répartition du travail lors de la mise à jour ou des corrections.



faut cependant définir le type de mise en page et le style que vous désirez donner au site. En sélectionnant une mise en page simple et un style 'élégant' (écran 2), vous pouvez commencer votre écriture direc-



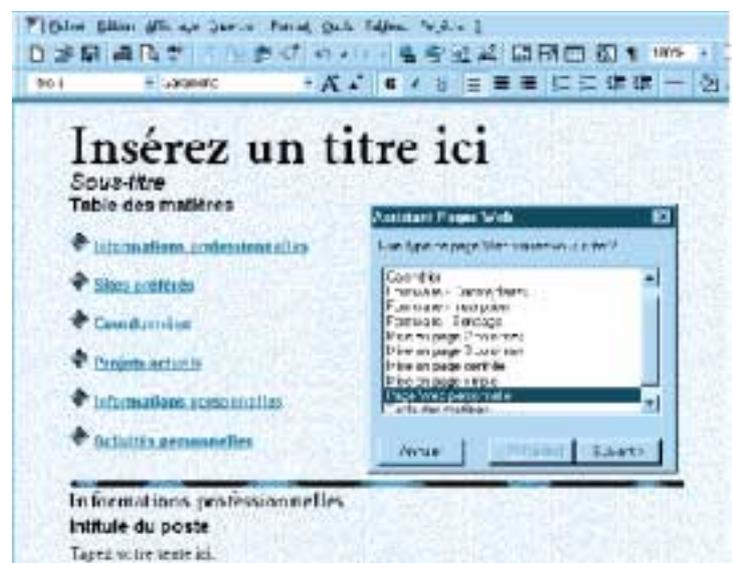
écran 1

offre la même souplesse qu'un traitement de textes, avec cependant des degrés de sophistication très variables (prise en charges de l'interactivité au niveau des animations ou des réponses d'utilisateurs, points chauds, tableaux, bases de données, etc...). Des logiciels spécialisés dans la création des sites sont disponibles en librairie, en shareware, sur le Net et dans les magazines qui s'y rapportent (HotDog, WebEdit, Microsoft Front Page ou encore WebExpert pour ne citer que les plus connus parmi tous ces logiciels).

Sachez cependant que des outils de création de pages HTML sont inclus dans les versions 97 d'outils bureautique comme Word 97, Publisher 97, Lotus SmartSuite 97 et PowerPoint 97. Vérifiez donc si votre établissement a fait l'acquisition d'une mise à jour de l'un de ces logiciels avec sa licence pour plusieurs utilisateurs avant de lancer une commande.

Pour notre part, nous nous sommes contentés de développer les pages

comprise entre de 10 et 12, sauf pour les titres. Utilisez le fait que la fenêtre active sur laquelle s'affiche ce que vous tapez correspond à peu de choses près à la surface de la page disponible sur l'explorateur. Ainsi, le découpage du texte est facilité si vous souhaitez respecter cette règle simple qui consiste à éviter au maxi-



écran 3

■ Préparer ses pages

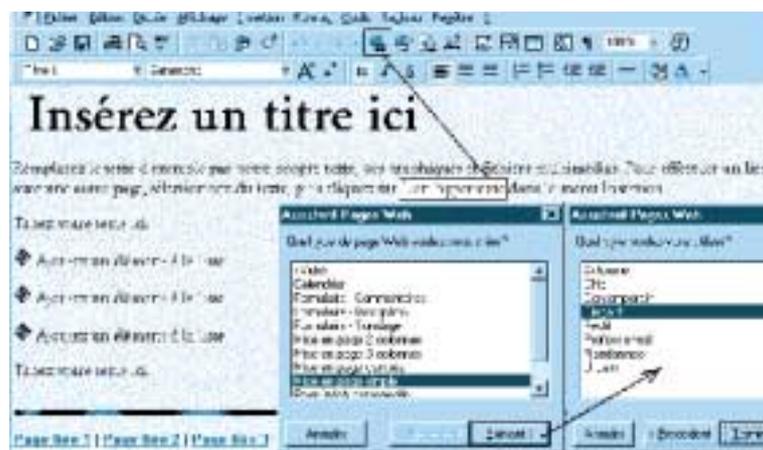
Vous disposez maintenant du scénario du mode de navigation que vous souhaitez pour ce site (voir le G.E. précédent) et du contenu de chaque page. Il ne reste donc plus qu'à faire coïncider le tout, grâce à l'éditeur de pages Web.

Avec Word 97, sélectionnez 'Fichier' dans la barre d'outils puis 'Nouveau' dans la fenêtre qui s'affiche. Cliquez sur l'onglet 'Pages Web', ce qui vous donne accès à divers assistants, dont celui de création de pages Web (écran 1). En choisissant cette fenêtre, vous affichez une page d'accueil pré-formatée pour laquelle il suffit de remplacer les éléments affichés par votre propre texte. Il

telement pour une structure linéaire. Effacez 'Insérez un titre ici' pour le remplacer par votre propre titre puis insérez les parties du texte aux endroits indiqués. Si les pages sont déjà prêtes, il suffit d'effectuer des Copier-Coller aux bons emplacements, ainsi la mise en forme de l'ensemble du texte n'excédera pas une heure. Pour insérer des liens hypertexte avec une page, sélectionnez l'icône relative à cette action après le choix du mot effectuant cette liaison.

■ Notre exemple de site

Pour illustrer cette seconde partie relative à la réalisation de pages Web, nous avons choisi de reprendre le contenu d'un article relatif à une expérimentation afin de simuler la présentation d'un compte rendu d'expérience tel qu'il serait envisageable par un groupe d'élèves travaillant sur un projet technologique. Pour construire rapidement l'arborescence, nous cliquons sur l'option 'Page Web personnelle' dans la fenêtre de l'Assistant Pages Web (écran 3), car sa présentation se prête facilement au mode de déplacement souhaité. Il s'agit en effet de présenter une expérimentation rela-



écran 2



écran 4

tive au microphone à charbon avec un mode de navigation relativement simple : Une page d'accueil comportant un résumé du contenu du site affiche une table des matières en 6 points. Chaque point (Introduction, Le microphone de Hughes, etc...) correspond à une page de texte (écran 4). La navigation entre les pages se déroule linéairement (d'une page à l'autre) ou par accès direct à partir de la page d'accueil. Des liens hypertextes sont envisageables afin de renvoyer le lecteur vers une partie précise du document au cours de la lecture, ce que nous avons évité dans le cas présent afin de ne pas compliquer inutilement la lecture. Pour mémoire, la qualité d'un site ne se mesure pas d'après les prouesses qu'il affiche,

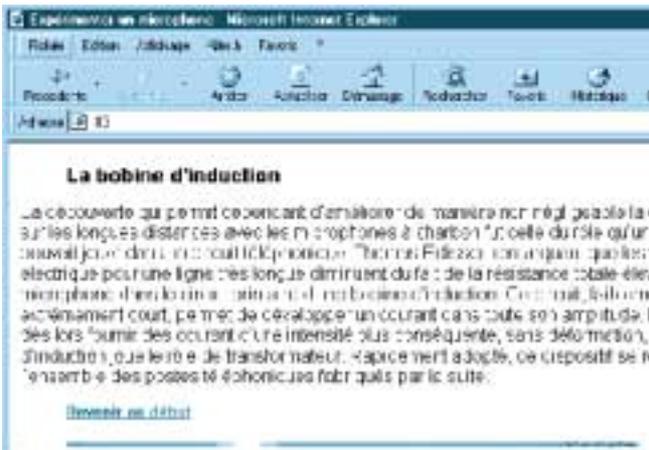
■ L'implantation des pages

Le contenu des pages est implanté à l'aide d'une succession de couper-coller avec le texte déjà préparé. Chaque titre de page est remplacé par l'en-tête défini dans la table des matières (écran 5). Ce remplacement s'effectue simplement avec la fonction de recherche et de remplacement disponible à partir de la fenêtre du même nom (écran 6).

Ce processus est répété pour chaque page puis il suffit d'enregistrer le tout au format HTML et d'effectuer un test du fonctionnement du site à partir du navigateur.

Ce type de production ne pose aucun problème puisqu'il s'agit de

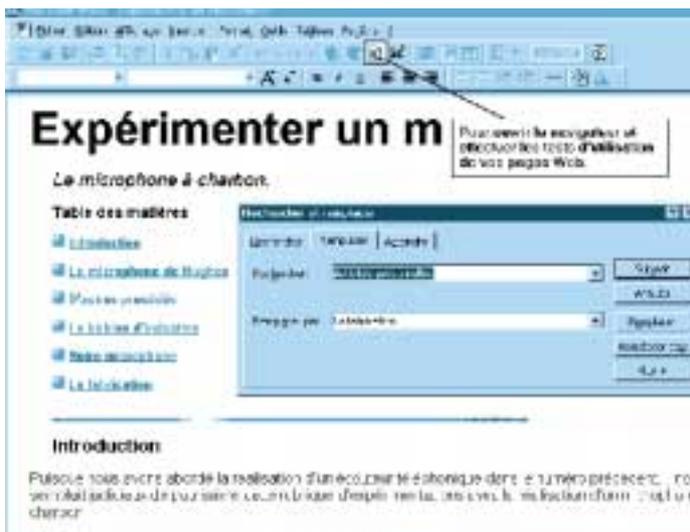
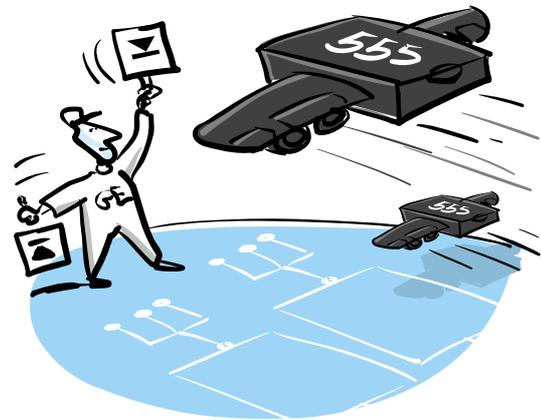
CE SONT
LES NUMÉROS
DU LOTO.?



écran 5

mais à son contenu et au confort de navigation, lesquels doivent rester vos objectifs principaux (un site qui multiplie les animations graphiques n'ayant pour seule fonction que d'enjoliver les pages connaît de sérieux ralentissements lors d'une consultation, d'où un manque de confort certain pour votre lecteur).

pages de texte sans illustration ni animation. Donc, si vous envisagez de réaliser des pages qui comportent des graphiques animés (ce qui sera abordé le mois prochain sous cette rubrique), assurez-vous que votre navigateur supporte ce type d'application.



écran 6



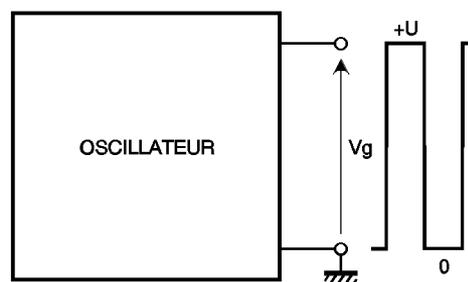
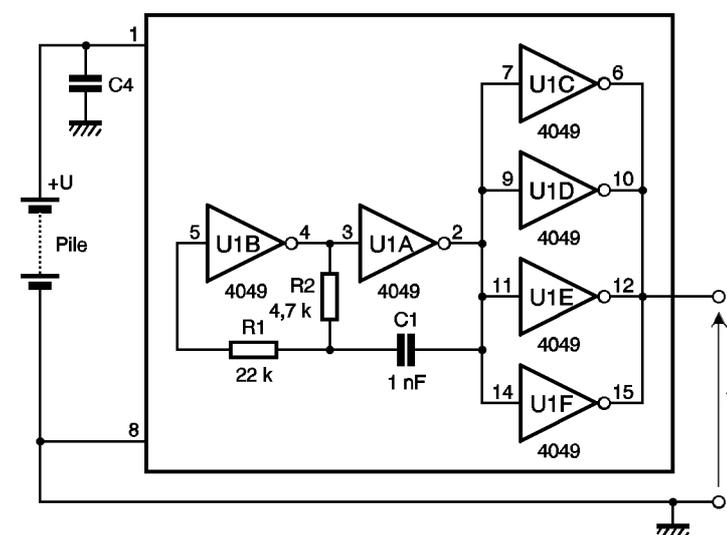
Doubleur de tension et inverseur de polarité

Il est fréquent qu'un sous-ensemble d'un montage électronique nécessite une tension positive supérieure à celle que demande le reste du montage ou qu'il soit nécessaire d'alimenter un AOP de façon symétrique alors qu'on ne dispose que d'une source de tension positive. Certains fabricants de composants, comme MAXIM, se sont penchés sur ce problème, ce qui les a conduit à mettre au point des circuits intégrés spécifiquement dédiés à cette fonction. Si ces circuits existent bien, il arrive cependant que l'amateur en ignore l'existence ou que les revendeurs ne se soient pas encore approvisionnés ou ne puissent le faire, parce que le nombre d'exemplaires qu'ils pourraient vendre est insuffisant pour justifier une commande. Pour remédier à ce problème, nous proposons de réaliser et d'étudier les fonctions envisagées en utilisant des composants très courants comme vous allez pouvoir le constater.

Principe de fonctionnement

Quand les courants débités n'excèdent pas quelques dizaines de mil-

ampères, on fait appel aux pompes de charge pour réaliser les fonctions envisagées. Ce terme qui s'appuie sur l'analogie hydraulique que l'on peut faire au niveau du principe de fonctionnement de ces systèmes, sera justifié un peu plus loin dans cet exposé. Ces montages sont aussi connus sous la dénomination de convertisseurs DC-DC (DC pour courant continu) puisqu'ils transforment une source d'énergie continue en une autre de valeur différente, mais toujours continue.



Réalisation du générateur de signaux carrés

liampères, on fait appel aux pompes de charge pour réaliser les fonctions envisagées. Ce terme qui s'appuie sur l'analogie hydraulique que l'on peut faire au niveau du principe de fonctionnement de ces systèmes, sera justifié un peu plus loin dans cet exposé. Ces montages sont aussi connus sous la dénomination de convertisseurs DC-DC (DC pour courant continu) puisqu'ils transforment une source d'énergie continue en une autre de valeur différente, mais toujours continue. Sur le plan électronique, ces montages nécessitent un générateur de signaux carrés et des interrupteurs (ou des inverseurs) électroniques ou, comme c'est le cas pour la solution que nous envisagerons, des diodes dont le comportement peut, en première approximation, être assimilé à celui d'interrupteurs ouverts ou fermés.

La fréquence d'oscillation F est approximativement égale à $1/(1,4 \times R2C1)$. Les 4 autres portes que contient le boîtier sont associées en parallèle afin d'augmenter la valeur du courant disponible en sortie. Vu de sa sortie V_g , ce montage délivre des signaux carrés, de fréquence F , d'amplitude U égale à la tension d'alimentation (à condition que le courant de sortie ne soit pas trop élevé). On notera au passage que la fonction générateur de signaux carrés nécessaire au fonctionnement des montages étudiés aurait très bien pu être réalisée à partir de circuits intégrés différents comme le 4011 ou le 4001 en restant dans la famille CMOS, mais aussi en utilisant un astable à 555 qui est cependant un peu plus gourmand que le circuit préconisé et abaisse le rendement du montage.

Le générateur de signaux carrés

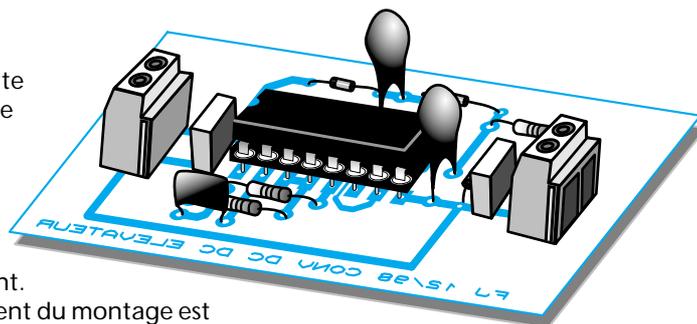
Pour fixer les esprits et aussi parce que ce montage est utilisé dans les deux modules que nous proposons

Le doubleur positif

Le schéma de celui-ci est présenté à la figure 2. Comme on le constate

aisément sur cette figure, celui-ci ne comporte que 4 composants, en dehors du générateur précédent bien évidemment.

Le fonctionnement du montage est assez simple à comprendre si l'on se réfère aux figures 2b et 2c qui correspondent respectivement aux schémas équivalents du montage que l'on peut tracer quand la sortie V_g de l'oscillateur est à l'état bas ($V_g=0$) et à l'état haut ($V_g=+U$).
- Quand V_g est à l'état bas, l'alimentation du montage charge le condensateur $C2$ sous la tension $+U$ à travers la diode $D1$. Pendant cette phase, la tension aux bornes de $C2$ atteint la valeur $V_{c2}=U-V_d1$. Si nous considérons le montage au moment de la mise sous tension, la tension aux bornes de $C3$ vaut $V_{c3}=U-2V_d$.
- Quand V_g passe à l'état haut, on voit sur la figure 2c que les tensions $V_g=U$ et V_{c2} sont dans le même sens. On retrouve par conséquent la somme de ces 2 tensions (au seuil de



$D2$ près) aux bornes de $C3$, soit une valeur $V_{c3}=2U-2V_d$. Si la valeur de V_d (de l'ordre de 0,6V pour une diode au silicium) peut être négligée, on voit que $V_{c3} \approx 2U$ d'où la dénomination de doubleur.

- Lorsque V_g repasse à zéro, la diode $D2$ se trouve bloquée car sa cathode est portée au potentiel V_{c3} qui est supérieur à celui de son anode qui vaut $U-V_d1$. Seul le condensateur $C2$ se recharge maintenant alors qu'au moment de la mise sous tension $C2$ et $C3$ s'étaient chargés en même temps. Quand une charge R_c est connectée aux bornes de $C3$, une partie de l'énergie emmagasinée par $C3$ passe dans celle-ci et la tension V_{c3} diminue. Quand V_g repasse à l'état haut $C3$ se recharge à travers $D2$ sous la tension $2U-2V_d$ ce qui permet de compenser les pertes éventuellement survenues du fait de la présence de R_c . Ces explications justifient la forme de la tension V_{c3} présentée à la figure 2d en présence et en l'absence de charge.

Dans ce fonctionnement, le condensateur $C3$ joue le rôle d'un réservoir R_d (de liquide) que l'on remplirait en adoptant le principe des vases communicants, grâce au réservoir R_g

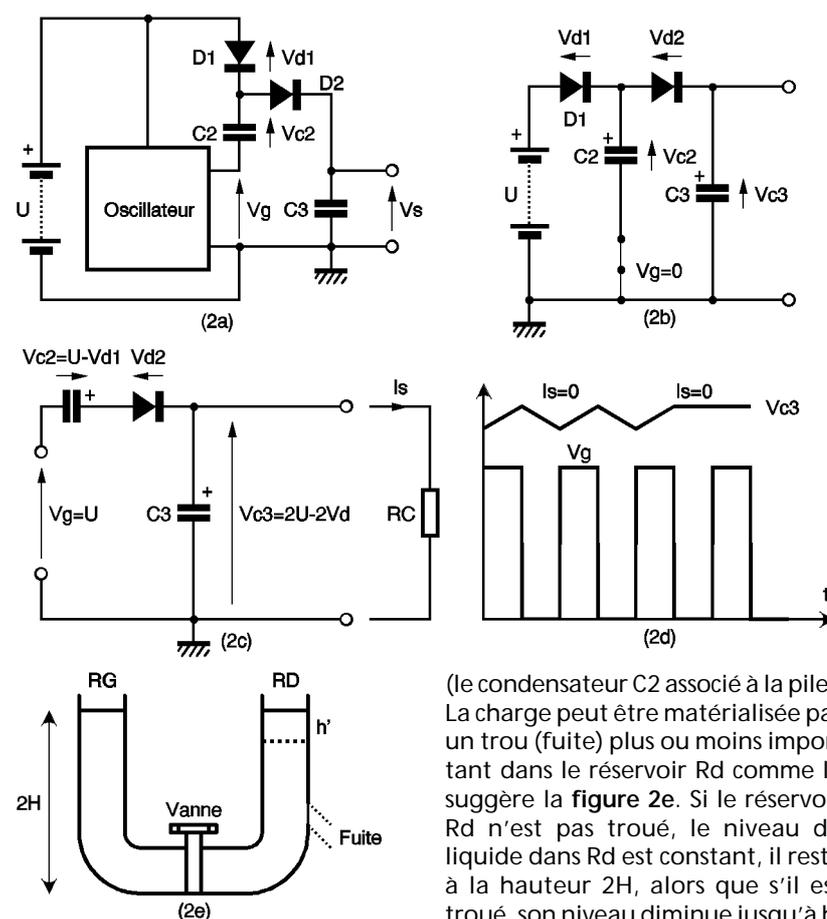
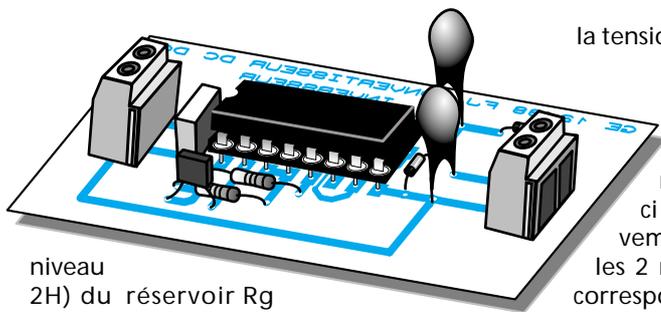


Fig 2 Réalisation et fonctionnement

(le condensateur $C2$ associé à la pile). La charge peut être matérialisée par un trou (fuite) plus ou moins important dans le réservoir R_d comme le suggère la figure 2e. Si le réservoir R_d n'est pas troué, le niveau du liquide dans R_d est constant, il reste à la hauteur $2H$, alors que s'il est troué, son niveau diminue jusqu'à h' entre 2 remplissages commandés par la vanne. Le remplissage (au



niveau 2H) du réservoir Rg s'effectue pendant que la vanne est fermée grâce à un autre réservoir de capacité infinie (la pile du montage) non représenté sur ce dessin.

L'inverseur de polarité

La pompe de charge proprement dite ne comporte, ici encore, que 4 composants, les mêmes que pour le montage précédent, mais disposés différemment (figure 3a).

En régime établi, quand Vg est à l'état haut (figure 3b), le condensateur C2 se charge sous la tension $V_{c2}=U-V_{d1}$. La cathode de D2 étant plus positive que son anode, cette diode (bloquée) se comporte comme un interrupteur ouvert. Quand Vg passe à l'état bas, l'armature supérieure de C2 se trouve réunie à la masse (figure 3c), ce qui

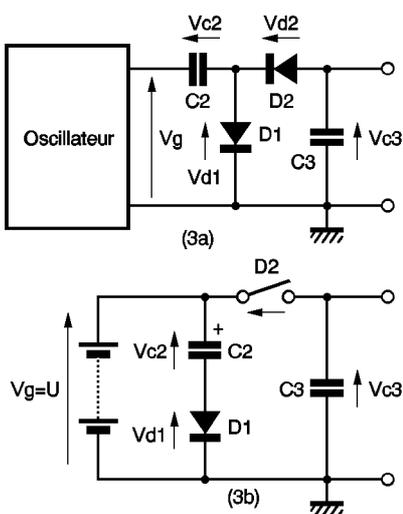


Fig 3 Réalisation et fonctionnement de l'inverseur de polarité

occasionne le blocage de D1 mais autorise le déblocage de D2 et entraîne un transfert de charge de C2 vers C3 dont la tension atteint (en l'absence de charge Rc) la valeur $V_{c3} = -U + 2V_{d1}$. Si une charge résistive est connectée aux bornes de C3, la tension V_{c3} ondule entre 2 charges successives comme pour le doubleur.

Performances des montages

Pour étudier les performances de ces circuits, on utilise le montage proposé à la figure 4 qui nécessite côté sortie, un ampèremètre, un voltmètre et une charge variable qui est ici un simple potentiomètre de 5000Ω (ou $4,7 \text{ k}\Omega$). Les relevées concernent la tension U_s et le courant I_s afin de tracer la caractéristique de sortie ($U_s=f(I_s)$) des générateurs. Les résultats sont proposés figures 5 et 6. Pour $I_s=0$ on obtient

la tension à vide alors que la pente de la courbe donne la résistance interne de l'alimentation. Celle-ci vaut approximativement 160Ω pour les 2 montages, ce qui correspond à une baisse de 1V chaque fois que le

courant débité augmente de 6mA. Cette résistance interne est en fait celle des diodes et des transistors de sortie des portes logiques utilisées. Même à vide, on constate que la tension délivrée par le doubleur n'est pas exactement le double de la tension d'alimentation du montage. Il faut en effet tenir compte du seuil des deux diodes qui vaut 0,5V pour un débit nul, soit une chute globale de 1V. En charge, la chute de tension des diodes est supérieure et peut monter à 0,7V. C'est pour cette raison que la caractéristique de sortie de ces alimentations présente un coude au voisinage de l'axe vertical. Pour améliorer les performances de ce type de convertisseur, on peut utiliser des diodes dont le seuil de conduction est inférieur à celui des diodes au silicium traditionnelles. En remplaçant des 1N4148 par des diodes Schottky (BAT42) la tension

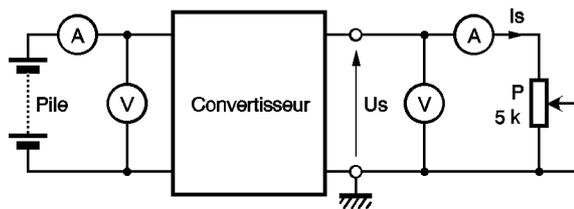
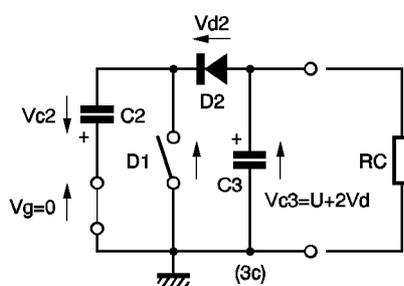


Fig 4 Montage permettant de relever les caractéristiques $U_s=f(I_s)$ d'un convertisseur



à vide passe de 17V à 18V, soit un gain de 1V qui se réduit à 0,7V pour $I_s=5\text{mA}$ et à 0,5V pour $I_s=15\text{mA}$. Le gain est identique pour l'inverseur de polarité, mais l'écart est plus visible sur les courbes, puisque la valeur absolue de la tension de sortie est plus faible.

Certaines applications nécessitant une tension plus stable que celle qu'offre nos deux montages, nous avons muni le doubleur d'un étage stabilisateur à zéner représenté à la figure 7. Ce montage s'interpose entre la sortie du générateur et sa charge. On peut éventuellement découpler la zéner par une capacité (C5), cette option n'offrant un intérêt que pour les variations du courant débité. La variation de la tension de sortie n'est que de 0,7V lorsque le courant débité passe de 0 à 20mA ce qui correspond à une résistance interne de 35Ω qui est donc 5 fois plus faible que celle de l'alimentation initiale. Pour compléter l'étude de ces

pompes de charge, il est intéressant d'en connaître le rendement (R%). Celui-ci correspond au rapport de la puissance de sortie ($P_s=U_s \times I_s$) et de la puissance fournie par la pile ($P_e=U \times I_e$) au montage : $R(\%)=100P_s/P_e$. Pour effectuer cette mesure, il convient de placer un tandem ampèremètre-voltmètre côté entrée et

tue le courant nominal de ce type de montage. Cela ne veut pas dire que l'on ne puisse pas l'utiliser pour d'autres débits, mais c'est pour cette valeur que les pertes sont les plus faibles. Des résultats analogues peuvent être établis pour l'inverseur de polarité. Un dernier paramètre peut interve-

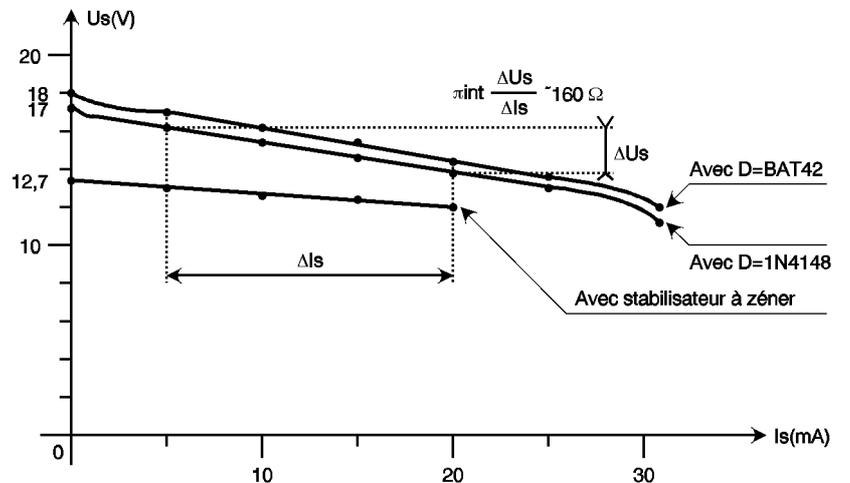


Fig 5 Doubleur positif

côté sortie. La courbe de la figure 8 correspond au doubleur. Elle représente les variations du rendement en fonction du courant I_s débité (sans le circuit stabilisateur à zéner).

nir sur le rendement de la conversion et sur les performances du montage. Il s'agit de la fréquence F de l'oscillateur utilisé qui cadence le rythme des recharges de C3. Une fréquence trop faible favorise un taux d'ondulation important pour la tension de sortie (le réservoir C3 se vide trop entre 2 remplissages), alors qu'avec une fréquence trop grande, C3 comme C2 risque de ne pas avoir le temps de se remplir complètement car la charge de ces condensateurs n'est pas instantanée. La résistance interne des diodes et celle des transistors de sortie des portes, associées à la valeur de C, introduisent une constante de temps qui peut être supérieure à la période $T=1/F$. Ce phénomène est identique à celui que l'on observe en hydraulique, car la vitesse de remplissage des réservoirs dépend de la section des tuyaux d'alimentation. Sur le plan pratique, la valeur de F doit être d'autant plus élevée que le débit (I_s) est important. De plus, si le montage alimenté par de tels convertisseurs travaille sur des signaux de fréquence maximale F_s ,

Son étude montre que le rendement est maximum lorsque le courant débité n'est que de 10mA et que celui-ci atteint 78,2%. Ce résultat est modeste quand on le compare aux 98% atteints par certaines pompes de charge se présentant sous forme

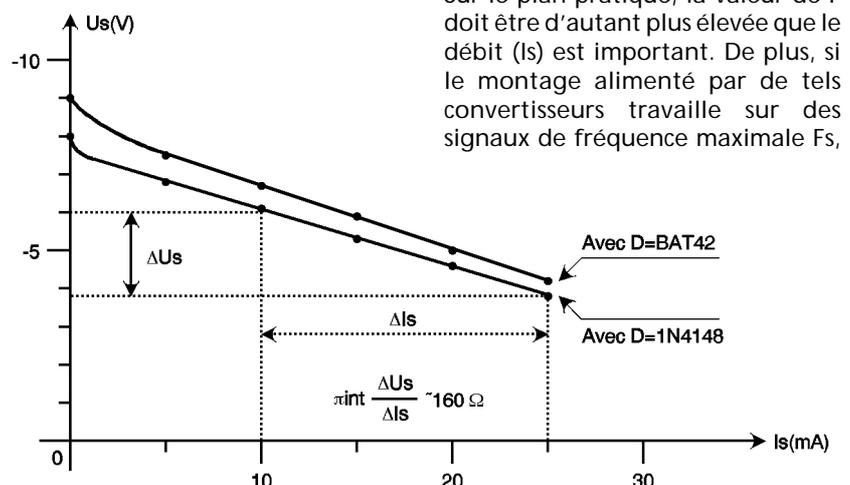


Fig 6 Inverseur de polarité

de circuits intégrés, mais il est néanmoins suffisamment honnête pour que l'on utilise ce type de convertisseur sans état d'âme. Pour information, avec un étage oscillateur à base de 555, travaillant à la même fréquence, le rendement est nettement moins bon qu'avec un 4049 puisque celui-ci chute aux environs de 50%. Le courant I_s pour lequel le rendement présente un maximum, consti-

on aura tout intérêt à travailler avec une fréquence $F > F_s$ (en dehors de la

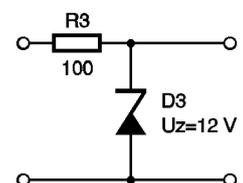


Fig 7 Stabilisateur à diode Zéner

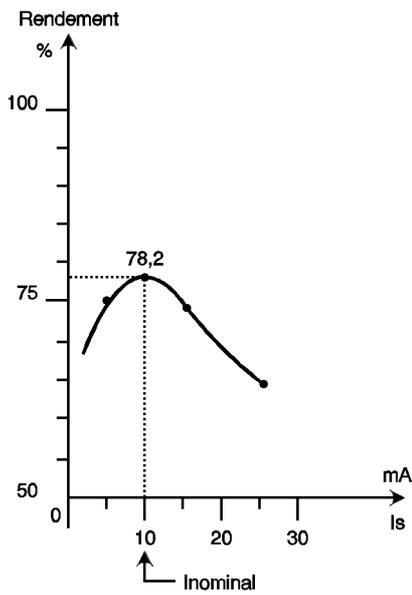


Fig 8 Rendement

bande passante du montage) surtout si le montage est un amplificateur BF sinon, on pourrait entendre un léger sifflement de fréquence F dans le haut-parleur du montage ce qu'il faut bien entendu éviter. Des

valeurs de F allant de quelques kHz à quelques centaines de kHz conviennent parfaitement. Pour les montages que nous vous proposons, les fréquences de travail essayées, allaient de 4 kHz pour C1= 22 nF à 75 kHz pour 1 nF.

Réalisation pratique

Les figures 9 et 10 proposent les typons des deux montages étudiés avec l'option stabilisateur à zéner

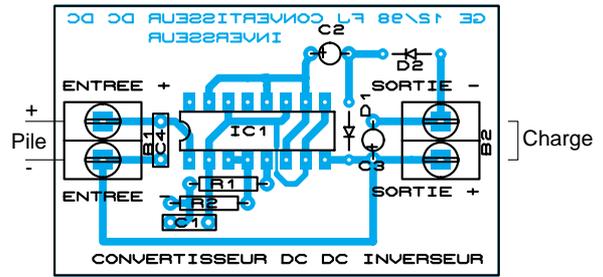


Fig 12

Implantation des éléments

pour le doubleur positif. Les composants seront implantés comme le suggèrent les figures 11 et 12 en respectant scrupuleusement l'orienta-

tion des diodes et des condensateurs au tantale. Bien que les performances de ces montages soient satisfaisantes pour des tensions d'alimentation de 4,5V, les résultats sont plus probants, dès que celle-ci dépasse 5 ou 6V.

F. JONGBLOEËT

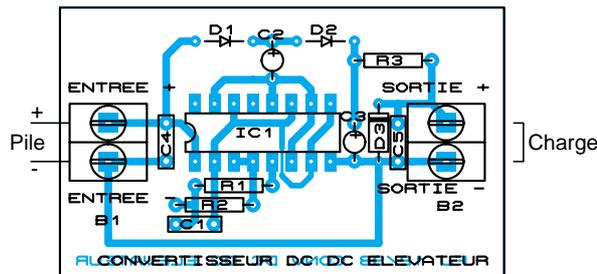


Fig 11

Implantation des éléments

NOMENCLATURE

- R1 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
- R2 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
- R3 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- C1 : 1 à 22 nF/63V Milfeuil (voir texte)
- C2, C3 : 10 µF/35V tantale goutte
- C4, C5 : 100 nF/63V Milfeuil
- D1, D2 : 1N4148 ou BAT42
- D3 : zéner 12V/0,5W
- IC1 : CD ou HEF 4049BP
- B1, B2 : borniers à souder sur CI 2 plots

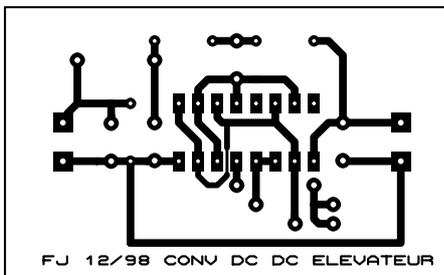


Fig 9 Impression Tracé du circuit imprimé

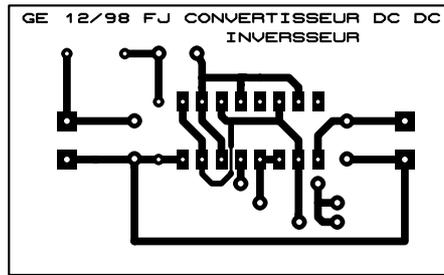


Fig 10 Impression Tracé du circuit imprimé

A CHAQUE NUMÉRO, RETROUVEZ LES PRINCIPALES RUBRIQUES DE



TECHNOLOGIE :
les afficheurs à cristaux liquides



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
tous les conseils,
toutes les valeurs des composants



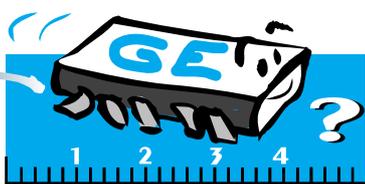
QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?
la photo numérique



GÉNÉRATION INTERNET :
les sites qui vous concernent



LE COIN DE LA MESURE :
de véritables outils de travail



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

7° partie

Si les régulateurs intégrés "trois pattes", que vous devez savoir parfaitement utiliser aujourd'hui, sont à même de répondre à de nombreux problèmes d'alimentation, ils ne suffisent pas toujours à couvrir nos besoins. Deux situations courantes peuvent en effet se présenter : celle où l'on souhaite disposer d'une tension qui n'existe pas parmi les valeurs standards proposées et celle où l'on a besoin d'un courant de sortie plus important que les valeurs maxima permises. Nous allons voir aujourd'hui comment résoudre ces problèmes de deux façons différentes : avec "les moyens du bord" puis avec des circuits intégrés spécifiques. Mais avant cela il nous faut revenir sur un problème évoqué le mois dernier, problème auquel nous allons, comme à notre habitude, apporter un remède miracle (ou presque !).

Les régulateurs "low drop"

Nous avons vu le mois dernier que pour qu'un régulateur intégré classique de la série 78XX ou 79XX puisse fonctionner correctement il fallait qu'une différence de potentiel d'au moins 2V soit disponible entre son entrée et sa sortie. Dans certaines situations, il n'est pas possible de garantir une telle valeur et l'utilisation de régulateurs de ce type est alors inutile puisque la stabilité de la tension de sortie ne peut pas être assurée. Jusqu'à ces dernières années, ce problème n'avait pas de solution, sous forme intégrée tout au moins. Ce n'est plus le cas aujourd'hui avec la commercialisation de toute une gamme de régulateurs baptisés régulateurs "low drop" ce qui veut dire mot à mot à faible chute. Ces régulateurs, dont les plus célèbres sont ceux de la série LM2940 de National Semiconductor, ont le même aspect et s'utilisent de la même façon que les 78XX mais n'ont besoin que de 0,5V entre leur entrée et leur sortie pour fonctionner correctement.

Ils existent à l'heure actuelle pour des tensions de 5, 8, 9, 10, 12 et 15V sous les références LM 2940TXX où XX est la valeur de la tension désirée. Comme les 78XX, ils peuvent débiter un courant de 1A et sont

permanente maximum n'est que de 26V. Leur prix étant à peine plus élevé que celui des régulateurs 78XX il ne faut donc pas hésiter à y faire appel dès qu'un problème de différence de potentiel entrée - sortie risque de se poser. Les LM 2940 existent aussi en version "négative" sous la référence LM2990 mais la gamme de tension est un peu moins large : -5, -5,2, -12 et -15V seulement. Par ailleurs, la protection contre l'inversion de polarité d'entrée et de brochage n'existe pas sur ces circuits. Cette parenthèse étant refermée, revenons à nos problèmes de tension pour lesquels d'ailleurs les solutions que nous allons proposer sont applicables également aux LM2940 et LM2990.

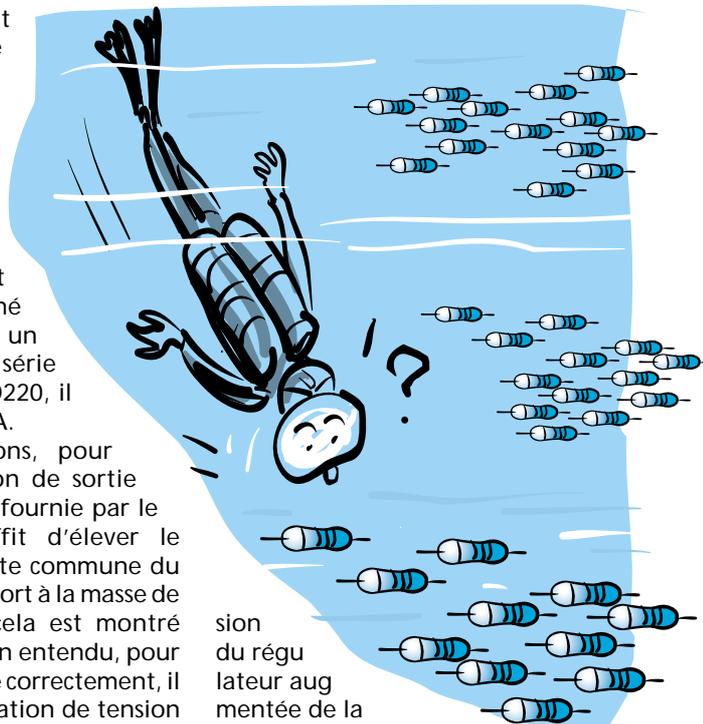


Des diodes et des zéners à notre secours

Lorsque la tension d'alimentation dont on a besoin ne correspond à aucune de celles fournies par des régulateurs intégrés, deux solutions nous sont offertes : soit faire appel à une alimentation stabilisée ajustable, soit modifier la tension de sortie d'un régulateur "trois pattes" grâce à divers artifices. Voyons tout

ce qui ne veut rien dire, mais entre sa patte de sortie et sa patte commune, - que le courant circulant dans cette patte commune est assez faible et relativement indépendant de celui consommé par la charge. Pour un régulateur de la série 78XX en boîtier TO220, il est environ de 4 mA.

Dans ces conditions, pour obtenir une tension de sortie différente de celle fournie par le régulateur, il suffit d'élever le potentiel de la patte commune du régulateur par rapport à la masse de la sortie comme cela est montré figure 1b. Mais, bien entendu, pour que cela fonctionne correctement, il faut que cette élévation de tension soit stable sinon la tension de sortie variera à son rythme. C'est ce qui conduit aux deux schémas classiques présentés figures 2a et 2b. En figure 2a, on fait appel à une ou plusieurs diodes au silicium classiques. Vous savez en effet que ces diodes présentent à leurs bornes, dans le sens passant, une tension dite de seuil de



tion du régu- lateur aug- mentée de la tension de zéner. Même si ces deux solutions fonctionnent, elles doivent toutefois être considérées comme des pis aller car elles dégradent assez fortement les excellentes caractéristiques des régulateurs. La tension de sortie dépend en effet de la stabilité des deux éléments de régulation utilisés

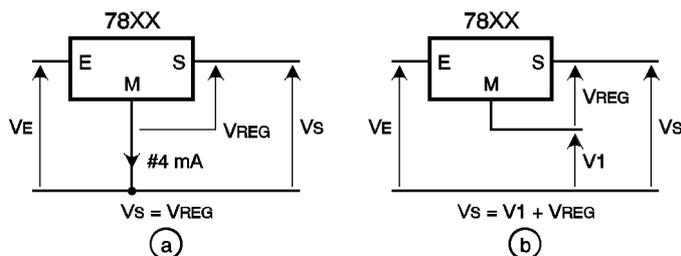


Fig 1 Comment modifier la tension de sortie d'un régulateur intégré en théorie...

protégés contre les courts-circuits et les échauffements excessifs. En outre, ils supportent une inversion accidentelle de la polarité de la tension d'entrée et une inversion momentanée des broches d'entrée et de sortie (en cas d'erreur de brochage lors du câblage par exemple). Par contre, leur tension d'entrée

d'abord cette dernière solution. Pour comprendre comment une telle modification est possible il faut garder présent à l'esprit les deux principes présentés figure 1a à savoir : - que le régulateur intégré maintient une tension constante, non pas entre sortie et masse de l'alimenta-

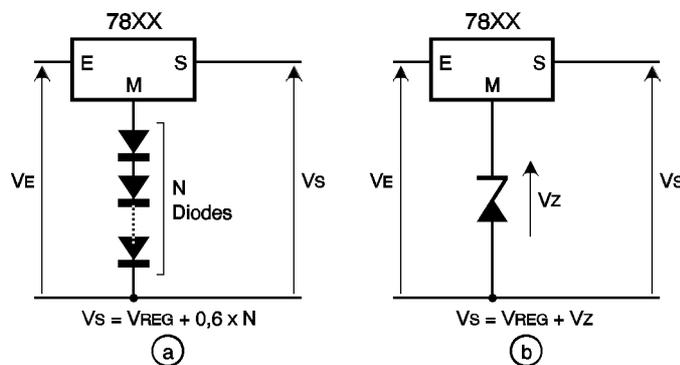


Fig 2 ... et en pratique

l'ordre de 0,6V. Cette solution est donc utilisée lorsque l'on a besoin d'une tension qui diffère assez peu de celle d'un régulateur standard. Pour faire du 13,8V avec un régulateur 12V par exemple, on utilisera ainsi trois diodes en série ($12 + 3 \times 0,6 = 13,8$).

Si la différence est plus importante, on peut faire appel à une diode zéner selon le montage de la figure 2b. Dans ce cas, la tension de sortie est tout simplement égale à la ten-

et, dans le cas des diodes par exemple, il ne faut pas oublier que le seuil varie de 2 mV par °C, variation qui se trouve donc intégralement répercutée en sortie. Vous ne ferez donc appel à ces méthodes que lorsqu'une parfaite stabilité de la tension de sortie ne sera pas impérative.

Précisons, avant de conclure sur ce thème, que bien que nous ayons présenté des schémas avec des régulateurs positifs, leurs homologues existent évidemment avec les régu-

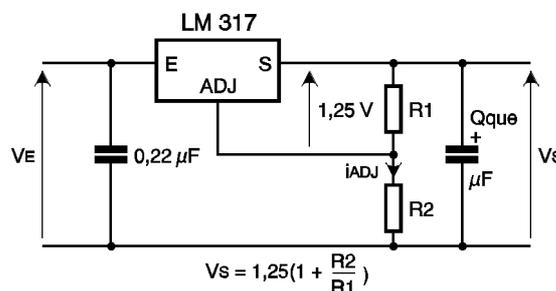


Fig 3 Avec un régulateur spécialement conçu pour cela c'est tout de même mieux

lateurs négatifs. Il suffit juste d'inverser le sens des diodes et de la zéner et de mettre un 79XX dans les schémas précédents.

■ La solution "de luxe"

Lorsque l'on ne peut se satisfaire des méthodes précédentes ou bien encore lorsque l'on souhaite faire varier une tension de façon continue sur une plage donnée, par exemple pour se constituer une petite alimentation de laboratoire, une première solution passe par l'utilisation d'un régulateur intégré ajustable. Deux familles principales se partagent inégalement le marché : la famille des LM317 (tension positive) et LM337 (tension négative) d'une part et le L200 d'autre part. Le LM317 (et son homologue négatif le LM337) est un régulateur intégré trois pattes qui présente de nombreuses similitudes avec les régulateurs fixes que nous avons étudiés mais il permet de réaliser très facilement une alimentation réglable. Il s'utilise comme indiqué **figure 3** et son principe est le suivant.

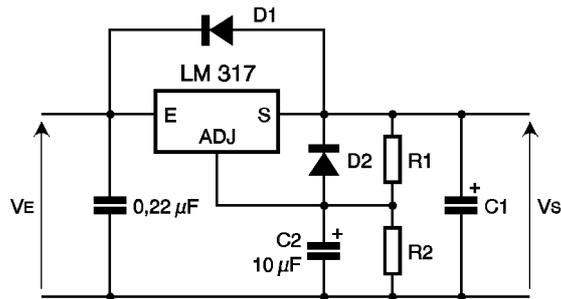


Fig 4 Quelques chimiques sont indispensables à un bon fonctionnement mais parfois aussi des diodes

Ce régulateur est conçu pour maintenir une tension constante de 1,25V entre sa patte de sortie et sa patte appelée ADJ. Dans ces conditions, l'application de la relation du diviseur de tension à résistances au montage de la figure 3 nous montre que la tension de sortie est donnée par la relation :

$$1,25/V_s = R1/(R1 + R2) \text{ soit encore } V_s = 1,25 (1 + R2/R1).$$

En fait, cette relation n'est pas tout à fait exacte car le régulateur consomme un courant, certes faible mais réel, par sa patte ADJ. La relation exacte tenant compte de ce courant est donc, d'après la loi d'Ohm :

$$V_s = 1,25 (1 + R2/R1) + I_{ADJ} \times R2$$

En pratique, on choisit toujours des valeurs de R1 et R2 relativement faibles (de l'ordre du kΩ ou moins) ce qui permet quasiment toujours de négliger le terme $I_{ADJ} \times R2$ d'autant que I_{ADJ} vaut au maximum 100 µA pour un LM317. Un choix judicieux de R1 et R2 permet donc à notre LM317 de délivrer la tension exacte dont nous avons besoin et le remplacement de R2 par un potentiomètre permet de réaliser très facilement une petite alimentation réglable de laboratoire. Notez que celle-ci ne pourra pas fournir de tension inférieure à 1,25V qui est la référence interne du LM317.

Cela n'est qu'exceptionnellement gênant. Comme ses homologues fixes, le LM317 existe en version boîtier TO220 et peut délivrer un courant de 1 A à 1,5 A maximum (selon les fabricants). Il est protégé contre les échauffements excessifs et les courts-circuits en sortie mais, toujours comme ses homologues fixes, il ne supporte pas que l'on dépasse sa tension d'entrée maximum qui est de 40V.

■ Des chimiques et des protections

Pour assurer un fonctionnement optimum d'une alimentation équipée d'un tel régulateur, il faut lui adjoindre deux condensateurs chimiques, hormis bien entendu celui de filtrage qui précède le régulateur sur lequel nous ne reviendrons pas. La **figure 4** montre comment sont mis en place ces condensateurs et laisse apparaître deux diodes dont nous allons voir le rôle.

Le chimique de sortie C1 permet à l'alimentation de réagir correctement aux appels de courant rapides de la charge alimentée. Il fournit en effet pendant un très court instant

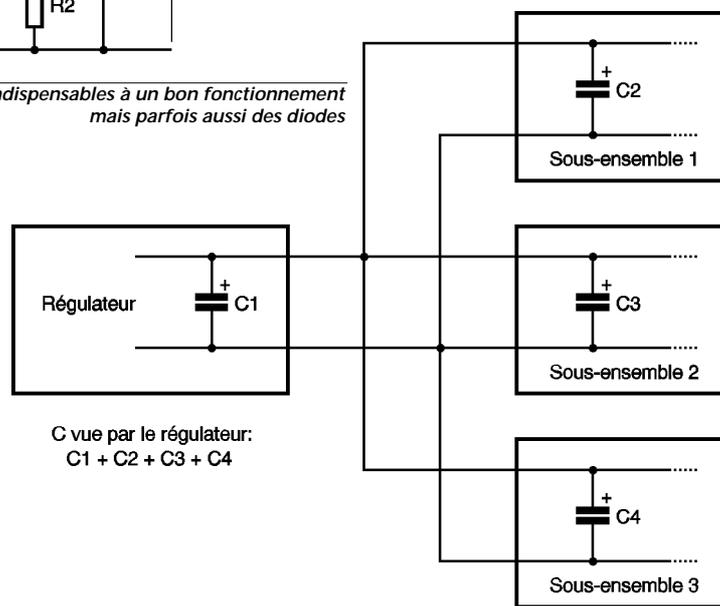


Fig 5

Attention aux chimiques "cachés"

le surcroît de courant demandé, le temps que le régulateur réagisse. Le condensateur C2, quant à lui, élimine tout bruit éventuel pouvant atteindre la patte ADJ, bruit qui se retrouverait évidemment intégralement en sortie et nuirait à la stabilité de l'alimentation.

Les diodes D1 et D2 sont des diodes de protection qui sont facultatives. La diode D1 intervient lorsque, pour une raison quelconque, la tension d'entrée du régulateur est réduite à une valeur très faible, voire nulle (court-circuit, défectuosité d'un composant, etc.). Dans ces conditions, et si la diode est absente, le

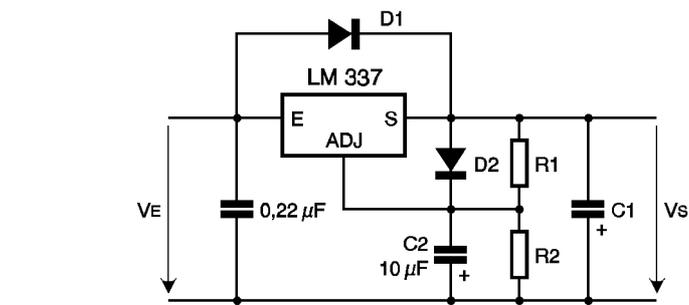


Fig 6

Le LM337 s'utilise comme le LM317 aux polarités des composants près

condensateur C1 se décharge dans la sortie du régulateur qui n'apprécie pas nécessairement. Dans les mêmes conditions, C2 se décharge dans la patte ADJ ce qui est tout aussi désagréable pour notre circuit. Les diodes D1 et D2 permettent à ces condensateurs de se décharger via l'entrée du régulateur et protègent donc ce dernier.

En pratique, et compte tenu des possibilités internes de la jonction du LM317, ces diodes sont inutiles pour des tensions inférieures à 25V et des valeurs de chimiques inférieures à 10 µF. Attention cependant à l'évaluation du chimique C1 ! Sa valeur n'est pas nécessairement celle du composant monté à proximité du régulateur comme le montre l'exemple très réaliste de la **figure 5**. Notre régulateur alimente, en effet ici, divers sous-ensembles et chacun a son chimique de découplage d'alimentation. La capacité vue par le régulateur est donc la somme de toutes ces capacités qui se retrouvent en fait en parallèle.

Avant d'en finir avec le LM317, pré-

tion de courant de sortie. En effet celle proposée est fixe et ne peut évoluer ni dans un sens ni dans l'autre. Une solution simple existe encore avant de devoir recourir à une alimentation faisant appel à de nombreux composants, c'est le L200 de SGS-Thomson ou de ses secondes sources.

Ce circuit intégré logé dans un boîtier similaire au TO220 mais à cinq pattes s'utilise comme indiqué **figure 7**. Pour ce qui est de la régulation de tension, il fonctionne en comparant une fraction de la tension de sortie appliquée à sa patte VREF avec sa tension de référence interne égale à 2,77V. De ce fait, la tension de sortie du montage est donnée par la relation :

$$V_s = 2,77 \times (1 + R1/R2)$$

Mais il dispose en plus d'une limitation de courant intégrée et programmable par le biais de la résistance R3 connectée entre les pattes OUT et CL. Dès que la tension aux bornes de cette résistance atteint 0,45V, le circuit limite progressivement sa tension de sortie afin de maintenir le courant à la valeur limite ainsi fixée. Cette valeur limite est donc donnée par la simple application de la loi d'Ohm à R3 et vaut : $I_{CC} = 0,45/R3$

Le L200 est en outre un peu plus "généreux" que son concurrent le LM317 puisqu'il peut fournir un courant de sortie maximum de 2 A, sous réserve bien sûr de ne pas dépasser sa dissipation de puissance maximum (revoyez notre méthode de calcul des radiateurs dans notre précédent numéro si nécessaire).

Comme pour le LM317, il est évidemment facile de réaliser une alimentation de laboratoire réglable en tension en remplaçant R1 par un potentiomètre. Pour ce qui est du courant, que l'on aime bien également pouvoir limiter à loisir dans une telle alimentation, il n'est pas possible de remplacer R3 par un potentiomètre car il faudrait un modèle de très faible valeur, pouvant être traversé par un courant important de surcroît. On procède donc habituellement par commutation de diverses résistances de faibles valeurs donnant divers courants limités fixes mais attention aux erreurs...

■ Tension et courant ajustables

Bien que ce soit un excellent circuit, le LM317 est parfois pris au dépourvu lorsque l'on souhaite par exemple pouvoir modifier la limita-

■ Des résistances que l'on ne voit pas

Pour rendre le courant maximum de sortie commutable on adopte qua-

siment toujours le schéma de la figure 8 et l'on calcule les résistances avec la relation vue ci-dessus à savoir :

$$I_{cc} = 0,45/R3$$

Si tout se passe bien pour les courants relativement faibles, on a parfois l'impression que cette relation est fautive pour les courants les plus importants. Nous avons ainsi vu une telle alimentation où R3 était une 0,22 Ω et aurait dû permettre la fourniture d'un courant maximum de : 0,45/0,22 soit 2 A alors que l'on n'arrivait pas à dépasser 1,4 A.... Le coupable n'était autre que l'interrupteur S1 de la figure 8, réalisé

linéaires, nous voulons à tout prix parler de la dissipation de puissance car nous avons entendu beaucoup "d'âneries" à ce sujet alors que le simple bon sens permettrait de les éviter.

Examinez le schéma théorique de la figure 9 qui est celui d'une alimentation réglable de laboratoire capable de délivrer de 5 à 30V sous un courant maximum de 1 A. Nous y reconnaissons un LM317 monté conformément aux indications précédentes, les valeurs des résistances ayant été déterminées comme suit. La tension maximum de 30V est obtenue pour P1 à sa valeur maxi-

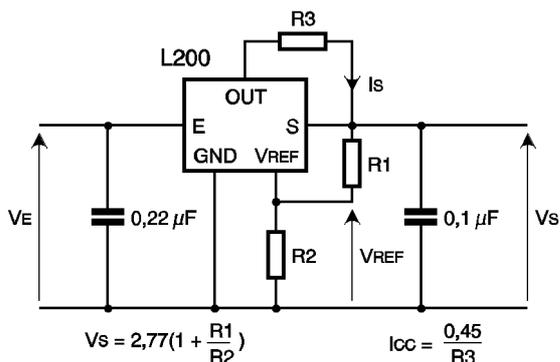


Fig 7

Le L200 permet de régler tension et courant

comme c'est souvent le cas au moyen d'un banal commutateur rotatif. Le problème est que ce commutateur est traversé par l'intégralité du courant de sortie et que la moindre oxydation de ses contacts se traduit par une résistance de passage qui se trouve malheureusement en série avec la résistance de définition du courant de court-circuit.

Dans notre exemple, le courant de 1,4 A correspondait à une résistance R3 réelle de : 0,45/1,4 soit 0,32 Ω et comme R3 mise en place valait 0,22 Ω cela signifiait que la résistance de passage du commutateur était de 0,1 Ω. C'est un très bon chiffre mais qui, dans le cas présent, ne pouvait pas être négligé.

Pour une limitation de courant à 100 mA par exemple, un tel phénomène peut par contre être ignoré puisque l'on arrive à des valeurs de R3 de l'ordre de 4,5 Ω et que nos 0,1 Ω introduisent donc une erreur négligeable.

num ce qui nous donne :
30 = 1,25 (1 + (P1 + R2)/ R1)
La tension minimum de 5V est obtenue pour P1 à sa valeur minimum soit zéro ce qui nous donne :

$$5 = 1,25 (1 + R2/ R1)$$

Ces deux équations et trois inconnues nous laissent un choix que nous avons effectué compte tenu des valeurs normalisées des résistances (mais aussi du contenu de nos tiroirs) pour arriver à :

$$R1 = 120 \Omega$$

$$R2 = 360 \Omega$$

$$P1 = 2200 \Omega$$

Jusqu'à là rien de bien extraordinaire nous direz-vous. Le problème concerne la dissipation de puissance. De nombreuses personnes ont tendance à croire qu'une telle alimentation dissipe le plus de puissance lorsqu'elle est réglée sur sa tension de sortie maximum et qu'elle fournit son courant maximum car elles appliquent alors simplement la relation :

$$P_d = 30 \times 1 \text{ soit } 30 \text{ watts !}$$

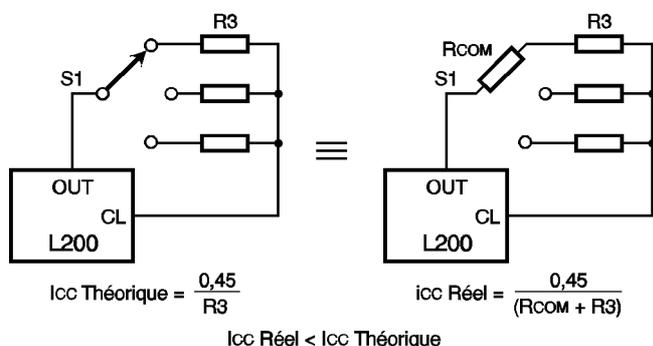


Fig 8

Comment rendre le courant de sortie réglable et... comment se tromper !

Moins ça sort et plus ça chauffe !

Avant de terminer ce sujet consacré aux alimentations réglables

Si cette puissance est bien celle fournie par l'alimentation, ce n'est en aucun cas celle que dissipe notre régulateur, en tout cas pas à cet instant. En effet, lorsque notre alimentation délivre 30V, le régulateur a environ 5V à ses bornes (sa tension d'entrée étant supposée égale à 35V dans cet exemple). Avec un courant de sortie de 1 A, il dissipe donc seulement :

$$P_d = (35 - 30) \times 1 \text{ soit } 5 \text{ watts.}$$

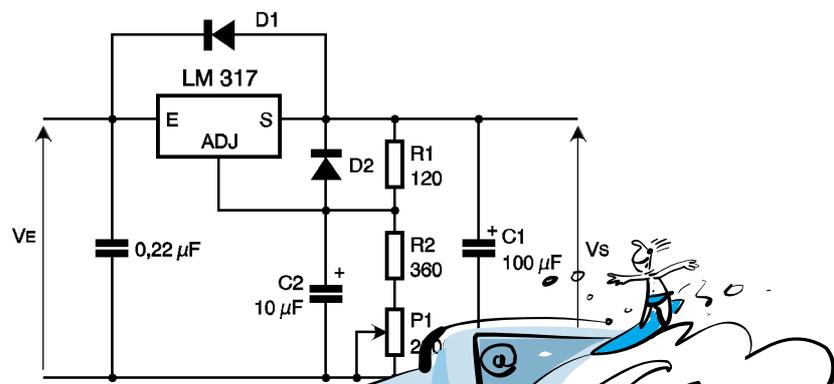


Fig 9

Une alimentation qui dissipe de la puissance

Par contre, lorsque notre alimentation ne délivre plus que 5V en sortie sous ce même courant de 1 A, notre pauvre régulateur se trouve soumis à une différence de potentiel de 30V et dissipe une puissance de :

$$P_d = (35 - 5) \times 1 \text{ soit } 30 \text{ watts.}$$

C'est donc bien lorsque la tension de sortie est la plus basse qu'une alimentation stabilisée réglable dissipe le plus de puissance.

Si, dans l'exemple choisi, cette dissipation reste raisonnable, elle devient vite problématique lorsque l'on veut disposer d'un courant de sortie un peu plus important. Ainsi, une bonne alimentation de laboratoire, réglable de 5 à 30V et capable de délivrer 3 A par exemple dissipe, dans le pire des cas :

$$P_d = (35 - 5) \times 3 \text{ soit } 90 \text{ watts !}$$

Si vous n'avez pas idée de ce que cela représente en chaleur, approchez votre main mais sans la toucher surtout, d'une ampoule de 100 W et vous comprendrez.

Ce problème ne connaît malheureusement que trois solutions très différentes :

- la première passe par une pré-régulation à thyristor ou à commutation de secondaires du transformateur. Cela complique passablement le schéma de l'alimentation et en augmente le coût mais permet de réduire la tension présente à l'entrée du régulateur de façon à ce que la différence avec la tension de sortie reste la plus faible possible.

- La seconde passe par l'utilisation de gros radiateurs, ventilés de surcroît, afin d'éliminer la puissance dissipée en chaleur. C'est évidemment lourd, coûteux, encombrant et... bruyant.

- La troisième enfin passe par l'utilisation d'une alimentation à décou-

pac...
plus...
men...
que...
prés...
l'intér...
tendement...
impres...
tion de...
Le circ...
tation à...
cadre de...
es artie...
ingénier...
nevrone...
nés ne s'y...
pas lorsq...
ce n'est...
pas leur...
spécialité...
Même...
avec nos...
habitudes...
simplificat...
rices, nous...
ne pouvons...
donc pas...
faire de...
miracle...
en ce do...
maine mais...
nous avo...
ns décidé...
d'adopter...
une autre...
approche...
pour vous...
permettre...
tout de...
même de...
faire appel...
à de telles...
alimentations...
lorsque...
vous en...
aurez besoin.

Nous allons donc vous présenter les quelques circuits intégrés actuels qui permettent de réaliser facilement de telles alimentations : circuits intégrés tellement bien conçus que vous aurez l'agréable surprise de constater que les seuls calculs à devoir réaliser ne font appel une fois de plus qu'à la loi d'Ohm !

Le mois prochain

Nous découvrirons donc des circuits peu connus mais en pleine expansion qui permettent de réaliser des alimentations à découpage avec un minimum de calculs, mais aussi et surtout un minimum de composants puisque les plus simples d'entre eux, les "simples switchers" de National Semiconductor s'utilisent presque comme des régulateurs trois pattes classiques.



Un compresseur de dynamique

Un précédent coin de la mesure, consacré au relevé des caractéristiques des transistors à effet de champ, a montré que ceux-ci pouvaient se comporter comme des résistances variables commandées par la tension V_{gs} . Diverses applications découlent de cette propriété, et c'est l'une d'elle que nous vous proposons de réaliser.

Le FET en résistance variable

En régime statique et dans la zone où la tension V_{ds} reste inférieure à la tension de pincement ($V_{p} \approx V_{gsoff}$), le début des caractéristiques $I_d = f(V_{ds})$ possède une pente qui dépend de la tension V_{gs} . Les courbes de la figure 1 ont été tracées pour un transistor FET canal N de type 2N3819, très souvent utilisé dans les montages à base de FET.

La pente des caractéristiques relevées représente l'inverse de la résistance $R_{ds} (= V_{gs}/I_d)$. La courbe de la figure 2 est déduite de la précédente. Elle est beaucoup plus parlante puisqu'elle donne directement $R_{ds} = f(V_{gs})$. Les relevés ont été effectués pour $V_{ds} = 1V$ alors que le V_{gsoff} du 2N3819 étudié est de $-1,5V$. L'examen de cette courbe montre que la résistance R_{ds} augmente très fortement et tend même vers l'infini (puisque I_d s'annule) quand V_{gs} se rapproche de la tension V_{gsoff} , alors que la valeur minimale de R_{ds} (obtenue pour $V_{gs} = 0$) est égale à 208Ω . La plage de variation est donc très importante mais elle n'est pas linéaire et son petit défaut est que R_{ds} ne s'annule pas, ce qui peut être gênant dans certaines applications.

Une autre façon d'utiliser un FET en résistance commandée par la tension V_{gs} concerne le régime

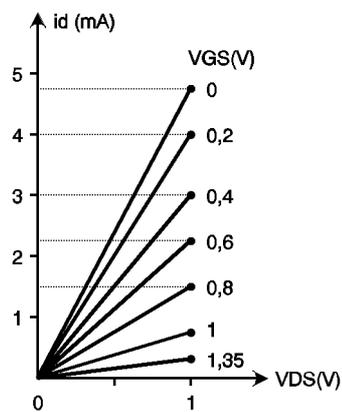


Fig 1 $I_d = 8(V_{gs})$ pour $V_{ds} < 1V$

variable, c'est à dire les montages pour lesquels la tension V_{ds} n'est plus continue. Pour étudier expérimentalement ce comportement (figure 3), on soumet l'espace drain source à une tension sinusoïdale dont l'amplitude ne doit pas dépasser 100 à 200mV pour éviter que des distorsions ne surviennent sur la forme des signaux. Dans cette configuration, le rôle des électrodes drain et source s'inverse en même temps que la polarité du signal qui leur est

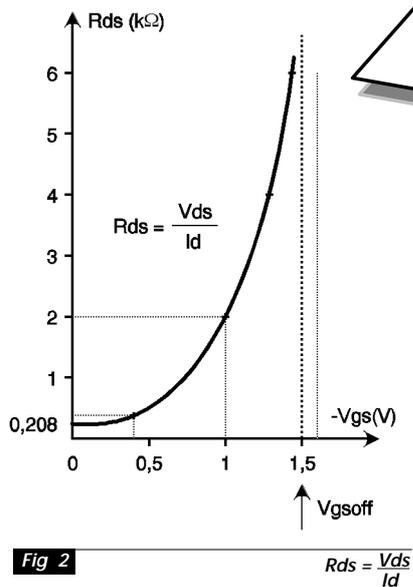


Fig 2 $R_{ds} = \frac{V_{ds}}{I_d}$

appliqué. Ce fonctionnement est rendu possible par la symétrie de la structure du FET que nous avons évoquée le mois dernier. Pour relever la courbe $R_{ds} = f(V_{gs})$, dans ce mode de fonctionnement particulier, on utilise un oscilloscope bicourbe relié, d'une part au drain du FET et, d'autre part à la sortie du GBF qui délivre un signal sinusoïdal de fréquence 1000 Hz et d'amplitude 100mV. Pour différentes valeurs de la résistance R , allant de 220Ω à quelques dizaines de $k\Omega$, on ajuste (et on mesure) la valeur de V_{gs} de telle sorte que la tension V_{ds} soit exactement égale à la moitié de la tension délivrée par le GBF. En plaçant les 2 voies de l'oscilloscope sur 50 mV/div, le signal du GBF possède une amplitude de 2 divisions alors que celle de V_{ds} n'est que de 1 division. Cette méthode, dite de la demi-déviante n'est applicable que pour des résistances. Elle est basée sur le fait que si $r_{ds} = R$, la tension délivrée par le GBF est exactement divisée par 2 au niveau du drain du FET. Cette méthode conduit aux mêmes résultats que ceux obtenus précédemment, mais elle permet parfois de mieux préciser la zone proche de V_{gsoff} .

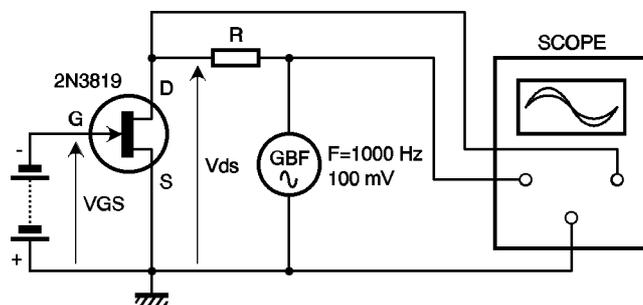
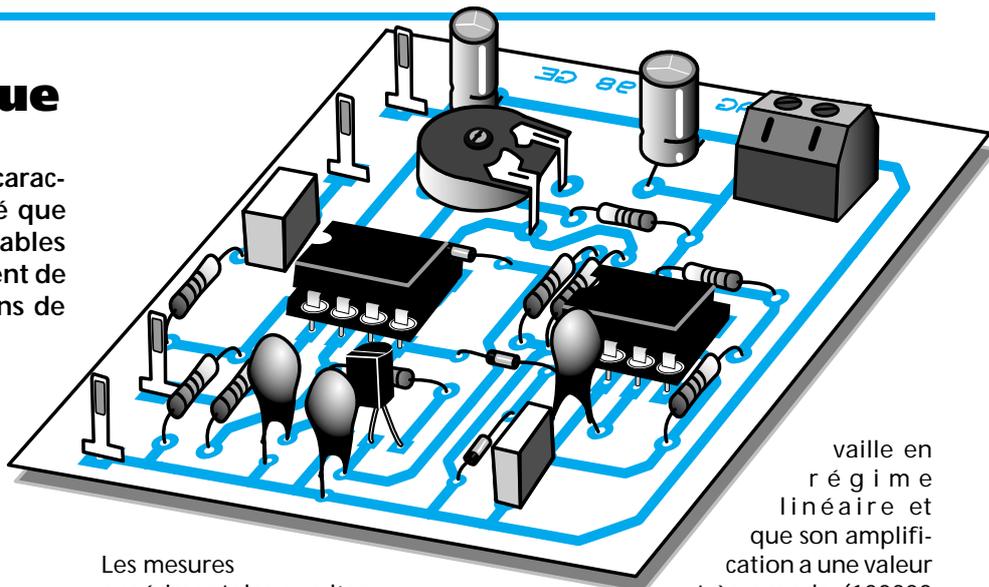


Fig 3 Mesure de R_{ds} en régime sinusoïdal



Les mesures expérimentales que l'on peut faire sur un FET utilisé en résistance variable n'ayant plus aucun secret pour le lecteur, il est normal que nous abordions les applications découlant de ce mode de fonctionnement particulier.

Amplificateur à gain commandé par une tension

Le montage de base est proposé à la figure 4. Il s'agit d'un amplificateur non-inverseur à AOP dans lequel l'un des éléments résistifs qui définissent l'amplification ($A = 1$

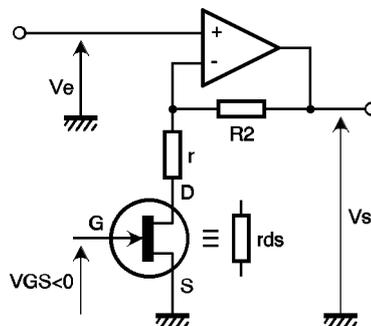


Fig 4 Amplificateur à gain commandé par la tension V_{GS}

+ $R2/(r + r_{ds})$) est la résistance r_{ds} de l'espace drain source d'un FET. Étant donné que r_{ds} dépend de V_{gs} , l'amplification A du montage en dépend, elle aussi. Pour que ce montage fonctionne correctement, il convient de s'assurer que l'amplitude de la tension V_{ds} n'excède pas 100 à 200mV comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe précédent. Si l'on considère que l'AOP est parfait, étant donné que celui-ci tra-

vaille en régime linéaire et que son amplification a une valeur très grande (100000 au moins), nous en

déduisons que la tension différentielle d'entrée est nulle. La tension d'entrée se retrouve donc aussi aux bornes de l'association série ($r_{ds} + r$). La résistance talon r étant généralement de valeur très inférieure à r_{ds} quand on tend vers le blocage du transistor, ces diverses remarques imposent que la tension ve soit d'amplitude inférieure à 200mV si l'on souhaite que le signal de sortie ne soit pas déformé.

Comment choisir les éléments (r , $R2$, V_{gs}) d'un tel montage? Pour fixer les esprits, nous supposons par exemple que le signal d'entrée ve possède une amplitude maximale de 200mV que l'on souhaite amplifier entre 2 et 10 fois en agissant sur la tension V_{gs} . L'amplification maximale $A = 10$ devra être obtenue pour $V_{gs} = 0$. Pour être certain que le FET est utilisé dans de bonnes conditions, nous imposerons à la tension V_{ds} de ne pas excéder 100mV.

Pour le montage proposé, le courant traversant les résistances r , $R2$ et r_{ds} étant le même, puisqu'elles sont en série, les tensions v_e et v_s sont respectivement proportionnelles à $(r + r_{ds})$ et $(R2 + r + r_{ds})$. Pour l'amplification minimale $A = 2$ (soit $r_{ds} = r_{dsmax}$), nous en déduisons que $R2 = (r + r_{dsmax})$, alors que pour l'amplification maximale $A = 10$ nous avons $R2 = 9x(r + r_{dsmin})$. Dans cette situation, pour que l'amplitude de v_{ds} n'excède pas 100mV, la résistance r doit faire chuter l'excédent de 100mV. Cela impose $r = r_{dsmin}$. Comme $r_{dsmin} \approx 200 \Omega$ ($V_{gs} = 0$) pour notre FET, nous prenons la valeur normalisée $r = 220 \Omega$. Partant de là, nous en déduisons la valeur de $R2$ d'après la relation $R2 = 9x(r + r_{dsmin})$ soit une valeur normalisée de 3,9 kΩ. La valeur de $r_{dsmax} = (R2 - r)$ est proche de 3900 Ω, valeur que l'on obtient pour $V_{gs} \approx -1,35V$ d'après la courbe de la figure 2.

Utilisé tel quel, si le réglage de la tension V_{gs} nécessite un potentiomètre actionné par l'opérateur, le montage n'offre pas plus d'intérêt que ce que l'on obtiendrait en remplaçant carrément le FET par un potentiomètre. Par contre, si l'on souhaite qu'un tel montage adapte lui-même son amplification

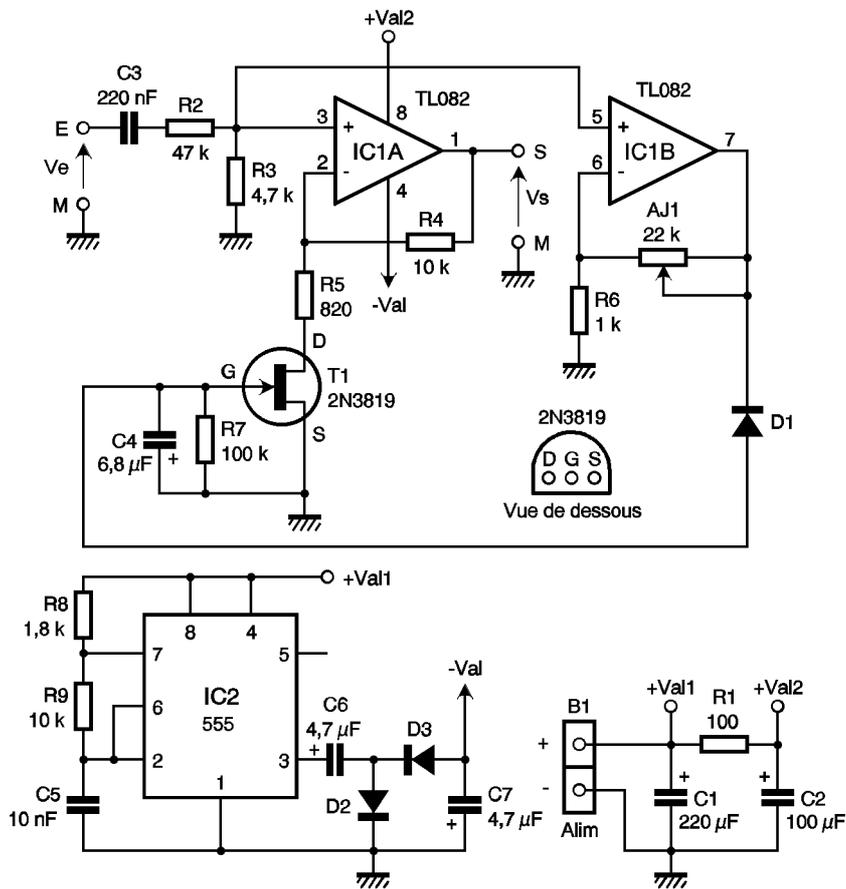


Fig 5 Schéma du compresseur

à l'amplitude des signaux qu'il reçoit, c'est à dire qu'il amplifie fortement les signaux de faible amplitude et beaucoup moins ceux d'amplitude élevée, ce qui constitue une commande automatique de gain (CAG en abrégé), il suffit d'ajouter à ce montage de base un étage supplémentaire ayant pour rôle de transformer l'amplitude des signaux que l'on souhaite amplifier en une tension continue négative proportionnelle, que l'on utilisera pour commander l'espace grille source du FET. En effet, en partant de ce principe, pour les signaux de faible amplitude on a une tension V_{gs} faible, donc une grande amplification, alors que pour des signaux de forte amplitude, la tension V_{gs} de valeur plus élevée entraîne l'augmentation de r_{ds} donc réduit l'amplification du montage. De tels montages sont utilisés dans les étages moyenne fréquence des récepteurs afin que les signaux "forts" ne satureront pas les étages amplificateurs, tout en conservant une grande amplification pour les signaux de faible amplitude. L'utilisation d'une CAG dans un amplificateur BF peut gommer l'augmentation du niveau sonore qui survient à chaque fois qu'un spot de publicité passe à la télévision ou à la radio.

Compresseur de dynamique

Le montage proposé à la figure 5 a été réalisé dans cet esprit. Il est prévu pour fonctionner avec des signaux d'amplitude maximale de 1V. Pour respecter le niveau maximum de 100mV aux bornes de l'espace drain source du FET, on commence par atténuer le signal d'entrée 11 fois ($R3/R3 + R4$). Le

condensateur C3 est destiné à supprimer une éventuelle composante continue. La CAG est bâtie autour de l'AOP IC1a dont l'amplification dépend de la résistance r_{ds} du FET T1. Pour $V_{gs} = 0$, cette amplification ($1 + R4/(R5 + r_{ds})$) vaut environ 11. Compte tenu de la prédivision par 11 du niveau d'entrée, on voit que globalement le signal appliqué à

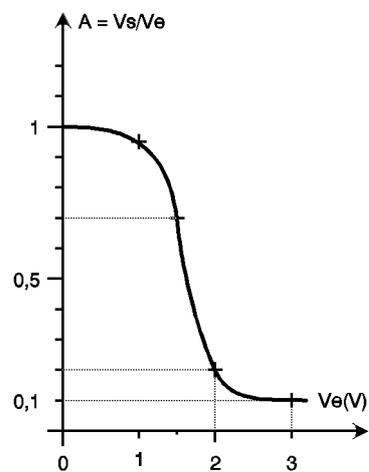


Fig 6 Effet du compresseur

l'entrée du montage ne subit aucune modification. Si par contre la tension V_{gs} se rapproche de V_{gsoff} , l'amplification apportée par IC1 ne vaut plus que 1. Le signal appliqué à l'entrée du montage subit donc globalement une atténuation de 11. La tension continue négative (V_{gs}) image de l'amplitude des signaux d'entrée est obtenue après redressement (D1) des alternances négatives du signal de sortie de IC1b et filtrage par C4-R7. Pour entrer en conduction, la diode D1 nécessite une amplitude de signal dépassant 0,6V. C'est pour cette raison que les signaux pris aux bornes de R3 subissent une amplification par ailleurs ajustable par AJ1. Cela permet de fixer le niveau à partir duquel la CAG sera la plus efficace, en fonction de l'amplitude effective

Impression

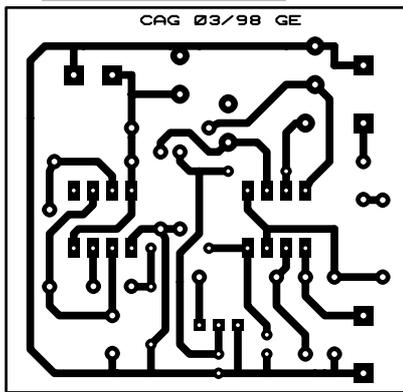


Fig 7 Tracé du circuit imprimé

voire déplacer l'atténuateur R2-R3 à la sortie de IC1a. La double condition à respecter dans une telle éventualité consiste à s'arranger pour que l'amplitude maximale sur la patte 3 de IC1a soit de 100mV et que l'amplification globale du montage soit unitaire quand $V_{gs} = 0$. L'alimentation positive du module pourra provenir du récepteur lui-même, toute valeur comprise entre 9 et 15V convenant parfaitement. Pour régler AJ1, on commence par le mettre en court-circuit et on détermine, à l'oreille, le réglage du potentiomètre de volume qui donne un niveau habituel satisfaisant. Quand un spot publicitaire bruyant

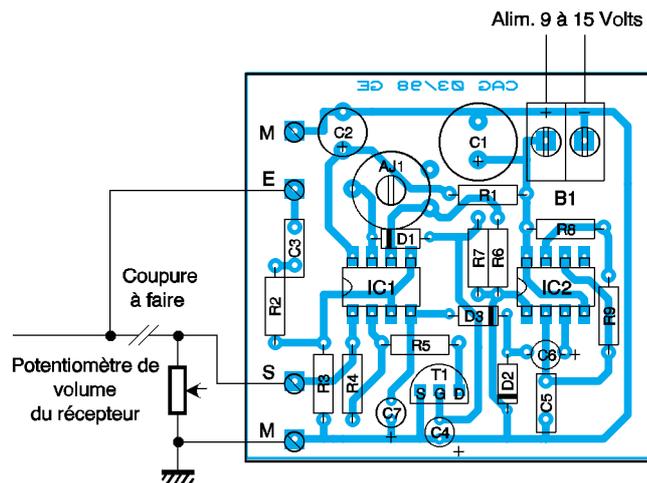


Fig 8 Implantation des éléments

dont on dispose à l'entrée du montage. La figure 6 montre l'effet du compresseur sur des signaux d'amplitude variable. Le réglage de AJ1 est tel que des signaux de 1V d'amplitude ne sont quasiment pas affectés par le compresseur alors qu'à 2V la compression est très nette.

Pour fonctionner correctement, les 2 AOP ont besoin d'une polarisation négative qui n'est pas forcément disponible dans le récepteur que l'on veut asservir. C'est pour cette raison que l'on utilise une pompe de charge basée sur l'oscillateur IC2 et les éléments C6, C7, D2, D3. La tension négative de -5V en charge, AOP IC1 alimenté, est présente aux bornes de C7. Pour éviter que les commutations de IC2 n'induisent des perturbations sur l'alimentation positive de IC1, la cellule R1-C2 assure un filtrage passe bas.

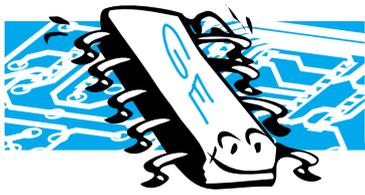
L'ensemble des composants du montage sera disposé sur le circuit imprimé de la figure 7, en respectant le schéma d'implantation de la figure 8. Les seuls risques d'erreurs concernent la polarité des condensateurs chimiques et l'orientation des diodes et des circuits intégrés qu'il convient de respecter à la lettre.

Dans un récepteur, la place idéale pour ce montage se situe en amont du potentiomètre de volume. La mesure préalable du niveau du signal présent aux bornes de ce potentiomètre est souhaitable car le compresseur ne fonctionne correctement que pour un niveau d'entrée moyen de 20 à 30% peut cependant être compensé par l'ajustable AJ1 et le réglage du potentiomètre de volume. Pour des écarts plus importants, il peut être nécessaire de modifier, supprimer,

survient, on agit sur AJ1 pour retrouver un niveau sonore comparable à celui que l'on avait avant sa diffusion.

NOMENCLATURE

- R1 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R2 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
- R3 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
- R4, R9 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R5 : 820 Ω (gris, rouge, marron)
- R6 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- R7 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R8 : 1,8 kΩ (marron, gris, rouge)
- AJ1 : 22 kΩ ajustable horizontal Piher
- C1 : 220 μF/25V chimique radial
- C2 : 100 μF/16V chimique radial
- C3 : 220 nF/63V milfeuille
- C4 : 6,8 μF/16V tantale goutte
- C5 : 10 nF/63V milfeuille
- C6, C7 : 4,7 μF/16V tantale goutte
- D1 : 1N4148
- T1 : 2N3819
- IC1 : TL082
- IC2 : NE555
- B1 : bornier pour CI 2 plots
- 4 plots pour circuit imprimé
- 2 supports pour CI 8 pattes dual in line



Filtres pour enceintes acoustiques

Enceintes acoustiques

On sait qu'un haut-parleur ne peut couvrir toute la plage des fréquences sonores souhaitables de 20 Hz à 20000 Hz. Dans une enceinte acoustique, il faut donc utiliser 2 ou 3 haut-parleurs pour couvrir cette gamme.

Avec 2 haut-parleurs, on obtient :
 - H.P. Basse-médium : plage de 100 Hz à 6000 Hz,
 - H.P. Aigus : plage 3000 Hz à 20000 Hz.
 Fréquence d'aiguillage du filtre : 4000 à 5000 Hz.

Avec 3 haut-parleurs, on obtient :
 - H.P. Basse : plage de 35/50 Hz à 500/800 Hz,
 - H.P. Médium : plage de 500/800 Hz à 4000/5000 Hz,
 - H.P. Aigus : plage de 2000/3000 Hz à 20000 Hz.

Fréquence du premier filtre : 400/600 Hz,
 Fréquence du second filtre : 3000/4000 Hz.

Il faut donc réaliser des filtres passe-bas et passe-haut à pente de 6 dB/octave, 12 dB/octave ou 18 dB/octave pour séparer ces plages de fréquence.

■ Filtres

Filtre passe-bas laisse passer les fréquences inférieures à sa fréquence de coupure. Il est constitué, soit par une bobine en série sur la ligne, soit par un condensateur en parallèle (voir précédent numéro)

Filtre passe-haut transmet les fréquences supérieures à sa fréquence de coupure. Il comprend, soit un condensateur en série sur la ligne, soit une bobine en parallèle.

Filtre passe-bande ne transmet

qu'une bande de fréquence, entre deux fréquences de coupure, avec des bobines et des condensateurs. C'est le cas du filtre qui alimente le haut-parleur médium.

Les filtres simples, ainsi décrits, ont une pente de 6 dB/octave. En additionnant l'effet des bobines et des condensateurs pour chacun des filtres, on obtient des pentes de 12 dB/octave et 18 dB/octave (figure 1).

Déphasage introduit par les filtres

Filtre 6 dB/octave procure un déphasage de 90° entre le haut-parleur des graves et celui des aigus. Ce déphasage est important pour les fréquences inférieures à 3000 Hz. Pour ces fréquences le rendement du haut-parleur des aigus est très faible et peut être négligé. On monte les haut-parleurs sur le même plan et les bobines dans le même sens.

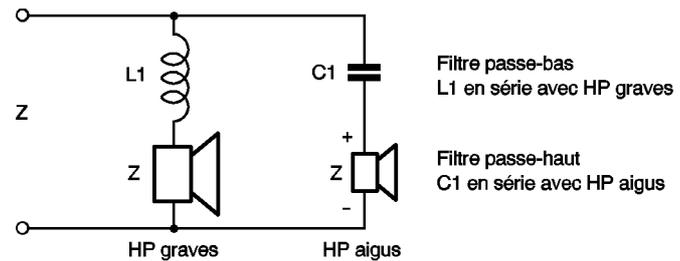
Filtre 12 dB/octave produit un déphasage de 180°, il suffit d'inverser le sens des bobines d'un haut-parleur, par rapport à l'autre, pour que toutes les fréquences soient en phase.

Filtre 18 dB/octave comprend 3 éléments LC et provoque un déphasage de 270°. On est revenu au même problème que pour 6 dB/octave.

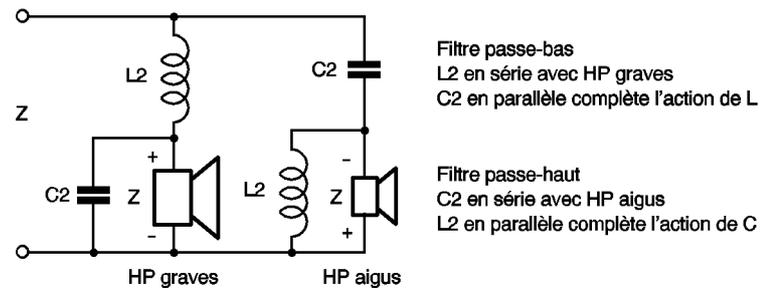
■ Technologie

Bobine

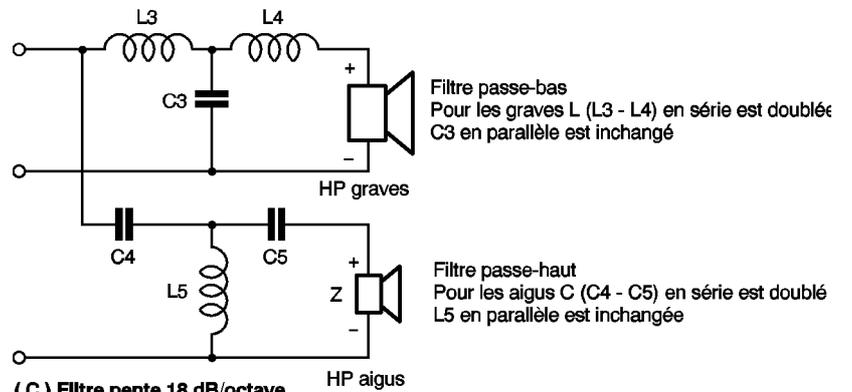
De préférence la bobine est à air, sur un mandrin en bois, ou en plastique, avec un fil de cuivre émaillé de section suffisante. La résistance totale



(A) Filtre pente 6 dB/octave



(B) Filtre pente 12 dB/octave



(C) Filtre pente 18 dB/octave

Fig 2

Filtres deux voies

entre la sortie de l'amplificateur et la bobine mobile du haut-parleur doit être nettement inférieure à 1 Ω. Par exemple, une résistance de 1 Ω, pour une puissance de 150 W provoque une perte de 18,75 W ce qui est loin d'être négligeable. La densité de courant dans le fil ne doit pas dépasser 2 A/mm².

Intensité dans le circuit : $I^2 = P/Z$ (I en ampères, P en Watts, Z impédance de la bobine mobile du haut-parleur).

Bobine dans le commerce : 0,10 mH à 8 mH en fil de 1,5 mm² et 0,8 mm². Au-dessus de 8 mH, le bobinage est effectué sur un mandrin à faibles pertes en ferrite qu'il ne faut pas saturer.

Condensateur

C'est le condensateur au polypropylène métallisé qui donne le meilleur résultat. Valeurs entre 1 μF et 180 μF isolés à 150 Vac en gamme de valeurs E12.

Liaison amplificateur/enceinte

- câble scinder à brins multiples de 2 x 1,5 mm² jusqu'à 100 W, résistance inférieure à 0,1 Ω/m,

- câbles spéciaux à grand nombre de brins pour enceintes haut de gamme et de puissance importante, jusqu'à : câble 2,5 mm² à 512 brins.

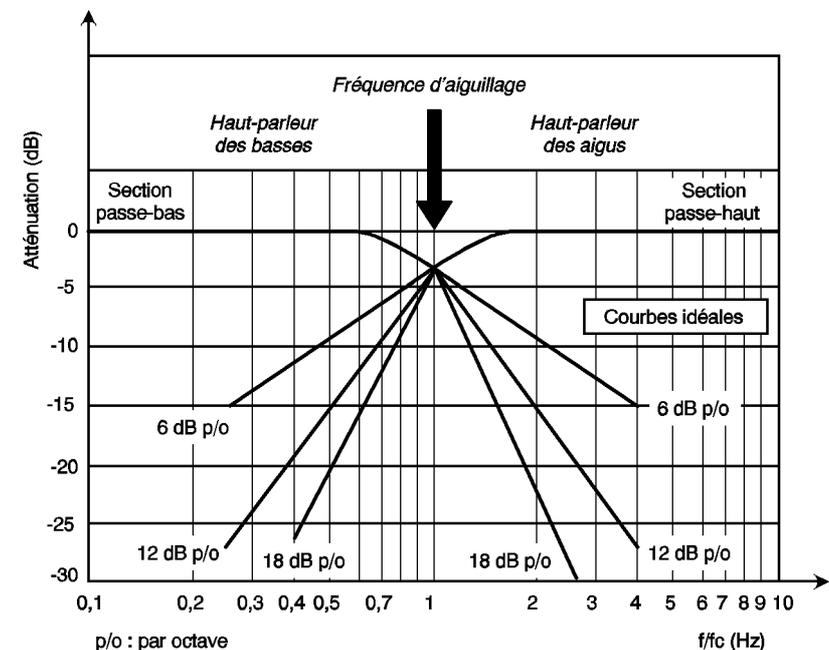


Fig 1

Courbe de réponse en fréquence

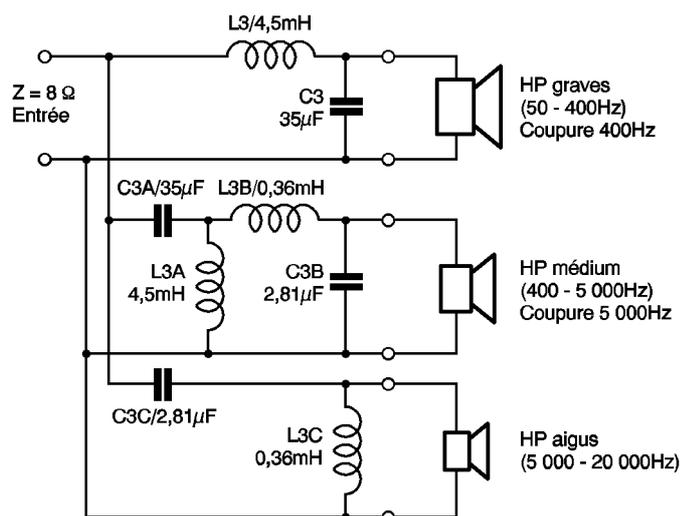


Fig 3

Filtres trois voies

(Suite page 19)

TECHNOLOGIE (suite de la page 14)

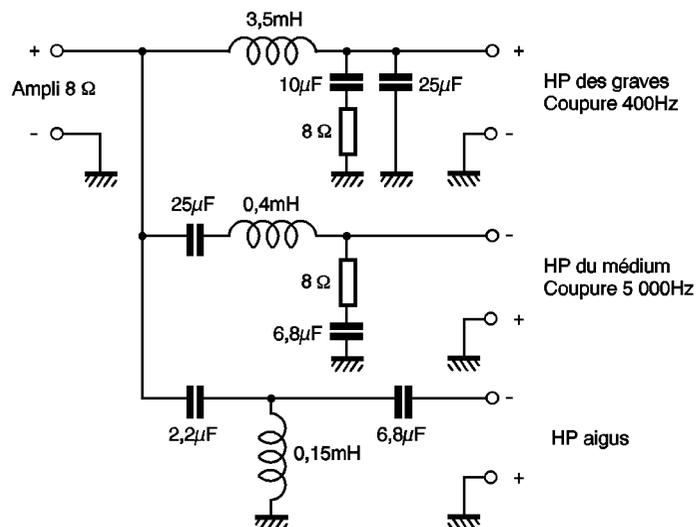


Fig 4

■ Filtres deux voies

Pente 6 dB/octave (figure 2A)

Calcul simplifié :

$$L = \frac{159 Z}{f_0} \text{ mH} - C = \frac{159000}{f_0 z} \mu\text{F}$$

Z : impédance de la ligne, f_0 : fréquence de coupure.

Pente 12 dB/octave (figure 2B)

Les deux condensateurs et les deux inductances ont respectivement la même valeur :

$$L = \frac{225 Z}{f_0} \text{ mH} - C = \frac{112000}{f_0 z} \mu\text{F}$$

Pour les valeurs de L et de C, prendre les valeurs catalogues les plus proches.

Pente 18 dB/octave (figure 2C)

Pour les graves, deux bobines (L3-L4) sont en série. Pour les aigus, ce sont deux condensateurs (C4-C5) qui sont en série sur la ligne.

■ Filtres trois voies

Ces filtres comprennent, en plus, un filtre passe-bande entre celui des graves et celui des aigus. Ces filtres ont majoritairement une pente de 12 dB/octave (figure 3). Le filtre médium passe-bande est constitué par un filtre passe-bas (L3B et C3B) et par un filtre passe-haut (L3A et C3A).

Certains filtres trois voies n'ont pas la même pente pour toutes les fréquences. La figure 4 donne un exemple avec, 6 dB/octave pour les graves, 12 dB/octave pour le médium et 18 dB/octave pour les aigus.



Construire un mini-labo électronique

(module 6)

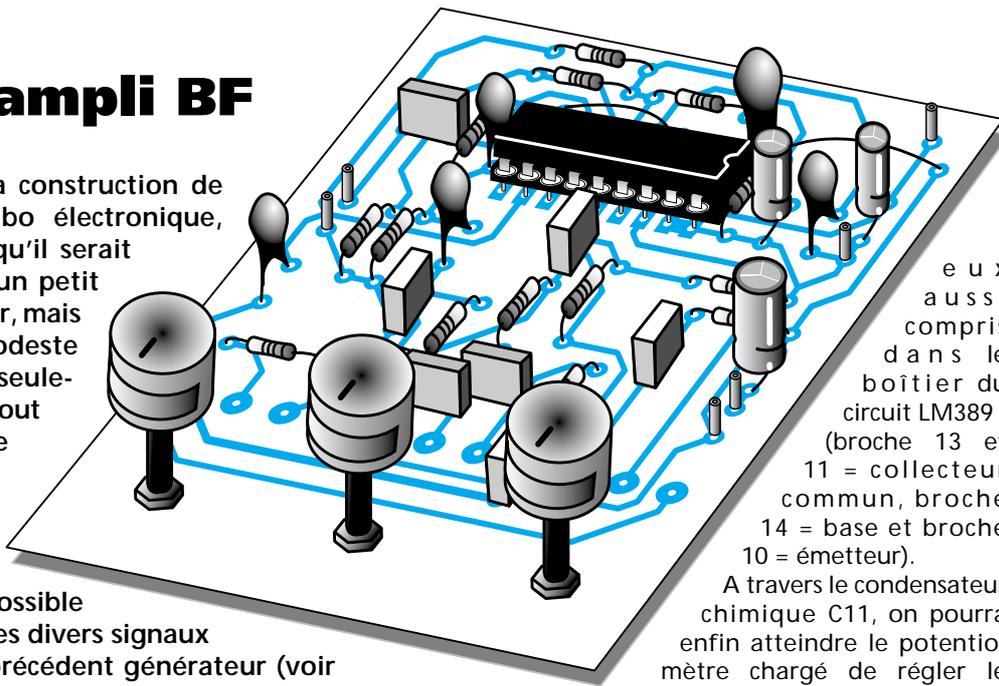
Un mini ampli BF

Pour achever la construction de notre mini labo électronique, nous avons pensé qu'il serait utile d'y adjoindre un petit module amplificateur, mais d'une puissance modeste de l'ordre de 0,5W seulement. Il comportera tout de même un réglage passif de tonalité selon la disposition classique du correcteur BAXANDALL. Il sera ainsi possible de rendre audibles les divers signaux générés par notre précédent générateur (voir G.E. n°5, sept. 1998), ou encore d'y connecter en entrée un petit micro à électret. Ce schéma fort simple pourra être adapté pour toute application nécessitant de produire un signal audible sur un haut-parleur de faible puissance, comme pour un petit système d'alarme ou une écoute téléphonique amplifiée. Mais cette réalisation ne sera jamais un équipement haute fidélité, loin s'en faut !

Analyse du schéma électronique

Il est proposé à la figure 1 et mérite un coup d'œil attentif ; en effet, le cœur de notre réalisation est le circuit intégré noté IC1, seul composant actif de ce mini ampli. Il s'agit d'un composant très bon marché, en boîtier DIL18 produit par NS et portant la référence LM389N. Sur le schéma, ce circuit est en fait représenté par deux blocs distincts repérés IC1a pour le plus grand et IC1b pour le préamplificateur. Le signal présenté à l'entrée sur le condensateur C3 est traité par un étage émetteur suiveur NPN, construit autour d'un transistor... inclus dans le boîtier de IC1. Ne cherchez pas, il s'agit bien du bloc IC1b avec sa base en broche 7, le collec-

teur en broche 6 et l'émetteur sur la broche 8. Cet étage travaille en adaptateur pour obtenir en sortie une impédance plus faible. Le signal à traiter est ensuite acheminé à travers le condensateur chimique C5 vers un très classique réseau RC reconstituant notre correcteur de tonalité passif. Les potentiomètres GRAVES et AIGUS ont la même valeur et on peut aisément remarquer une relative symétrie sur les résistances R3 et R4, R5 et R6 et sur les condensateurs C9 et C10. Le signal issu du correcteur de tonalité est acheminé vers la broche 14 de IC1a, à travers le condensateur C8. L'affaiblissement du signal sera compensé par l'amplification apportée par deux autres transistors individuels, montés ici en Darlington pour un grand gain. Ils sont bien entendu



eux aussi compris dans le boîtier du circuit LM389 (broche 13 et 11 = collecteur commun, broche 14 = base et broche 10 = émetteur).

A travers le condensateur chimique C11, on pourra enfin atteindre le potentiomètre chargé de régler le volume, à savoir P3 sur le schéma. Son curseur est relié sur l'entrée non-inverseuse de notre mini amplificateur final. La puissance de sortie comme nous le disions est fort modeste, puisqu'elle ne dépasse pas

500 mW sous une impédance de charge de 8 Ω. Il pourra s'agir d'un petit haut-parleur miniature ou d'une résistance fixe de la même valeur. La distorsion est relativement importante mais la qualité HI-FI n'est pas l'objectif premier de cet amplificateur d'appoint.

Le gain de l'étage de sortie est en principe fixé à 20 lorsque les broches 4 et 12 sont laissées en l'air, comme c'est d'ailleurs le cas sur notre prototype. En montant un condensateur chimique de 10 μF entre ces bornes, on pourra faire passer le gain final à 200 ; dans ce cas, le pôle négatif sera relié à la broche 4.

Réalisation pratique

Nous avons regroupé tous les composants sur la plaquette de cuivre dont le tracé à l'échelle est donné à la figure 2. L'insolation d'un morceau d'époxy présensibilisé est la meilleure solution en raison de la relative densité des pistes. Le circuit IC1 est monté sur un support tulipe de bonne qualité de manière à lui éviter tout excès de chaleur et pour faciliter une éventuelle maintenance. Trois straps en fil nu tendu sont nécessaires pour éviter d'avoir recours au circuit double face. Les potentiomètres de réglage GRAVES, AIGUS et VOLUME sont fixés à travers la plaquette, alors que leurs trois broches de connexion seront pliées à angle droit avant d'être soudées sur les pastilles réservées à cet effet. On veillera particulièrement à la bonne implantation des condensateurs chimiques ou tantale polarisés.

Il est possible d'alimenter cette réalisation sous une

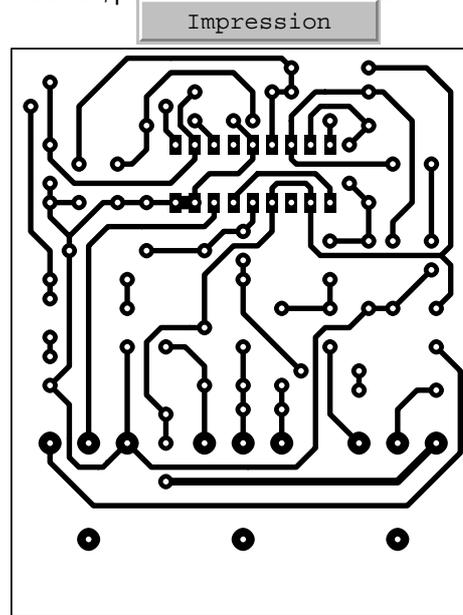


Fig 2 Tracé du circuit imprimé

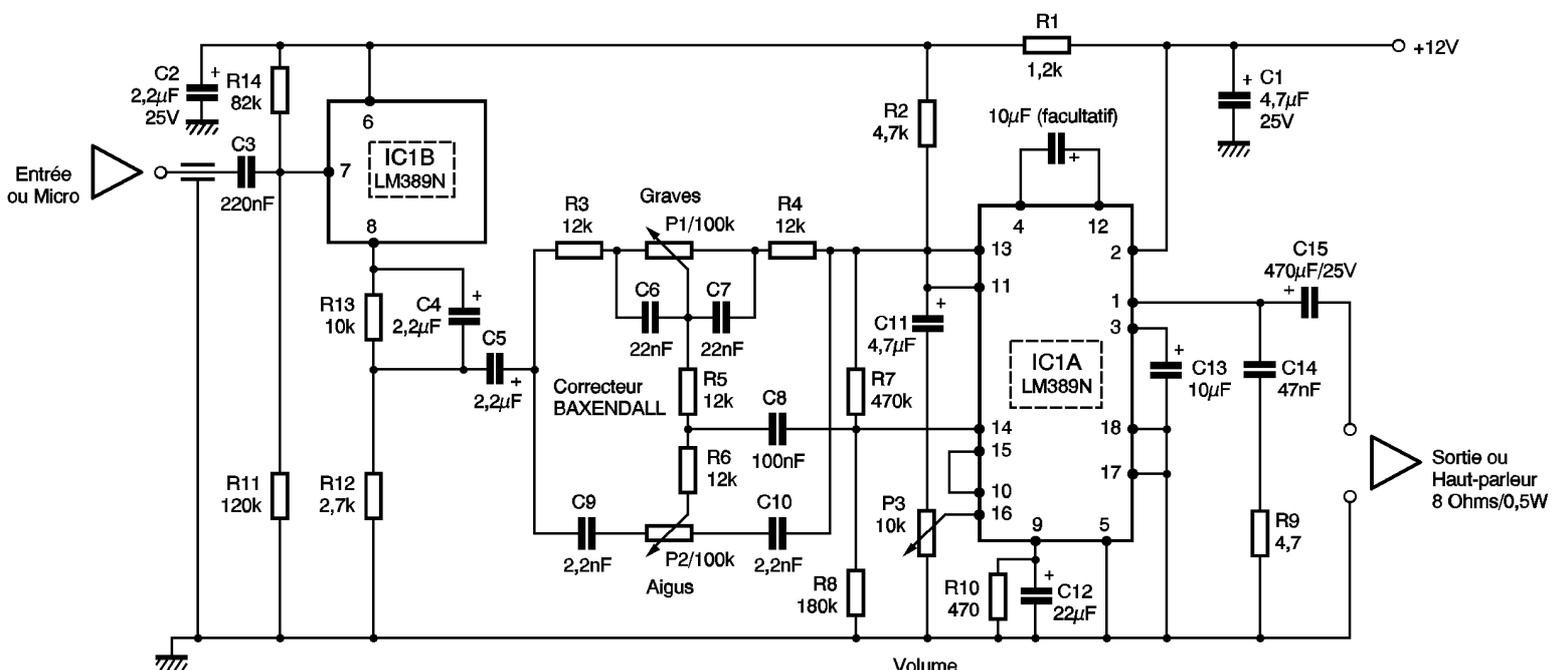


Fig 1

Schéma de principe

(Suite page 17)

Construire un mini-labo électronique

(suite de la page 15)

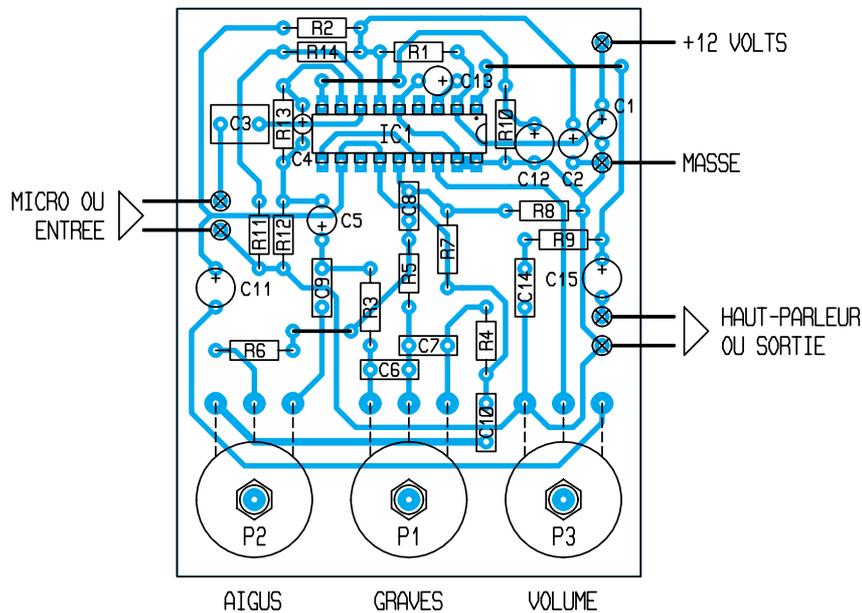


Fig 3

Implantation des éléments

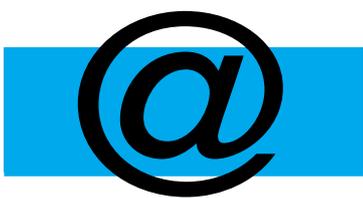
tension de 12V continus déjà produite par un module précédent du labo. Le haut-parleur d'une puissance de quelques centaines de mW gagnera à être inséré dans un boîtier faisant office de caisse de résonance. Avec cette réalisation nous achevons notre série mini-labo. Nous vous proposerons prochaine-

ment de découvrir d'une manière très didactique les mystères de l'électronique de puissance, omniprésente dans les applications industrielles modernes, comme la traction électrique avec le TGV, la variation de vitesse des moteurs asynchrones ou la régulation de la température des fours.

■ NOMENCLATURE

IC1 : LM389N (ampli BF 0,5W de National Signetics) en boîtier DIL18
 R1 : 1,2 k Ω 1/4W (marron, rouge, rouge)
 R2 : 4,7 k Ω 1/4W (jaune, violet, rouge)
 R3 à R6 : 12 k Ω 1/4W (marron, rouge, orange)
 R7 : 470 k Ω 1/4W (jaune, violet, jaune)
 R8 : 180 k Ω 1/4W (marron, gris, jaune)
 R9 : 4,7 Ω 1/4W (jaune, violet, or)
 R10 : 470 Ω 1/4W (jaune, violet, marron)
 R11 : 120 k Ω 1/4W (marron, rouge, jaune)
 R12 : 2,7 k Ω 1/4W (rouge, violet, rouge)
 R13 : 10 k Ω 1/4W (marron, noir, orange)
 R14 : 82 k Ω 1/4W (gris, rouge, orange)

P1, P2 : potentiomètres 100 k Ω
 P3 : potentiomètre 10 k Ω
 C1 : 4,7 μ F/25V chimique vertical
 C2 : 2,2 μ F/35V tantale
 C3 : 220 nF/63V plastique
 C4, C5 : 2,2 μ F/35V tantale
 C6, C7 : 22 nF/63V plastique
 C8 : 100 nF/63V plastique
 C9, C10 : 2,2 nF/63V plastique
 C11 : 4,7 μ F/35V tantale
 C12 : 22 μ F/25V chimique vertical
 C13 : 10 μ F/35V tantale
 C14 : 47 nF/63V plastique
 C15 : 470 μ F/25V chimique vertical
 1 haut-parleur miniature 300mW/8 Ω
 1 support à souder
 18 broches tulipe
 Picots à souder



GÉNÉRATION INTERNET

UN SITE CONSEIL.

Certains fabricants et distributeurs d'équipements et de fournitures pour l'électronique ne présentent pas seulement des informations commerciales sur leur site Internet, mais aussi des conseils et savoirs-faire liés au domaine qui nous est cher. Circuit Imprimé Français, vous connaissez ? Cette société propose un certain nombre de produits pour l'électronique : logiciels, insoleuses, graveuses, matériel didactique pour la formation et autres. Spécialiste dans la fabrication du circuit imprimé, C.I.F. fournit sur son site, des conseils pour la réalisation du wrapping. Avis aux amateurs !

■ Quelques conseils pour le wrapping.

La réalisation des montages et prototypes en électronique est bien souvent obtenue à partir de la fabrication d'un circuit imprimé. Dans ce cas, il est nécessaire d'être équipé du matériel adapté pour l'insolation, la révélation et le gravage des plaques pré-sensibilisées pour concrétiser cette réalisation.

Une technique, fiable en terme de qualité de contact et relativement simple à mettre en œuvre, appelée le **wrapping** permet de produire des montages évolutifs grâce aux possibilités d'assemblage et de désassemblage des composants sur le support wrappé.

Si vous n'êtes pas un adepte de cette technique, laissez vous séduire par le wrapping, grâce aux conseils disponibles sur le **site Internet de C.I.F.** : <http://www.cif.fr>.

■ Introduction.

En raison des progrès techniques de l'industrie électronique, une méthode plus rapide, plus fiable et moins coûteuse de réalisation des connexions est devenue une nécessité.

Auparavant, la plupart des connexions pouvaient s'effectuer par soudure car d'une part les points à connecter étaient suffisamment écartés et d'autre part leur nombre était faible par rapport à celui que nous connaissons aujourd'hui. L'équipement électronique actuel est beaucoup plus complexe, ce qui entraîne une forte augmentation du nombre des contacts. La tâche est compliquée par la miniaturisation des équipements. Finalement on a beaucoup plus de points à connecter, et ceci dans un espace plus exigu.

Pour résoudre ce problème l'industrie a dû s'adapter à un type de connexion entièrement nouveau. La connexion "wrappée" sans soudure est maintenant une technique

standard de connexion des broches des équipements électroniques compacts.

■ La technologie du wrapping.

Une connexion "wrappée" s'obtient en enroulant un fil tendu autour d'une broche possédant des arêtes vives. Cette méthode de connexion a été mise au point par la Société BELL TELEPHONE, filiale de WESTERN ELECTRIC.

L'intérêt du contact métal / métal. En tordant le fil autour de l'arête vive de la broche, la couche d'oxyde tant de la broche que du fil est pulvérisé ou arrachée. Un contact métal contre métal net et sans trace d'oxyde est ainsi réalisé.

Une grande pression de contact. La tension du fil entraîne le vrillage

de la broche. En utilisant une broche et un fil en caoutchouc, on accentue la tension pour mettre en évidence l'effet de vrillage.

Broches utilisables pour les connexions wrappées. Une broche doit présenter deux arêtes vives au minimum.

■ Les différents types d'outils à wrapper.

- Les outils pneumatiques ont été adoptés pour les grandes séries.
- Si l'on ne dispose pas d'air comprimé, les outils électriques sont recommandés.
- Les outils fonctionnant sur batterie et les outils à main sont utilisés pour la maintenance et les réparations.



■ Facilités de déconnexion.

Un avantage caractéristique du wrapping est la facilité avec laquelle le fil peut-être déconnecté de la borne pour remédier à une erreur ou effectuer une modification du câblage. Un outil à dérouler est coiffé sur la broche et prend celle-ci sur la première spire. En faisant tourner l'outil la connexion est défaite en quelques secondes sans abîmer la broche.



Fig 1

Tous les conseils pour le Wrapping

■ Le fil.

Le fil à utiliser pour les connexions wrappées doit être monobrin. Le fil de cuivre est le plus utilisé. L'allongement minimal exigé est de 15 % pour les jauges 24 à 30 (diamètre 0,25 à 0,50 mm) et de 20 % pour les fils de plus grand diamètre.

■ Contrôle de qualité.

Les cotes de fabricants des outils OK-Machine font l'objet d'un contrôle permanent. Chaque enrouleur est soumis à une série de contrôle de réception. Ces essais consistent à wrapper un certain nombre de broches d'essai de différents types. Les connexions sont alors soumises à un test d'arrachement pour savoir si le serrage est correct. Des tests de déroulement sont également effectués qui permettent de se prémunir contre le " surserrage " .



■ Le type de connexion.

On distingue deux types de connexions enroulées :

- Classe A : la première spire et demi comporte de l'isolant, ceci améliore considérablement la résistance aux vibrations.
- Classe B : les spires sont constituées uniquement de fil dénudé.

■ Résistance mécanique.

La solidité de la connexion wrappée est très supérieure à celle de la soudure. Elle est moins facile à arracher de la broche et le risque de cassure est plus faible.

■ Contacts étanches au gaz.

Les zones de contacts d'une connexion wrappée restent étanches au gaz même en cas de vibrations thermiques, d'atmo-

sphères corrosives ou humides et résistent parfaitement aux vibrations.

Eric FELICE.

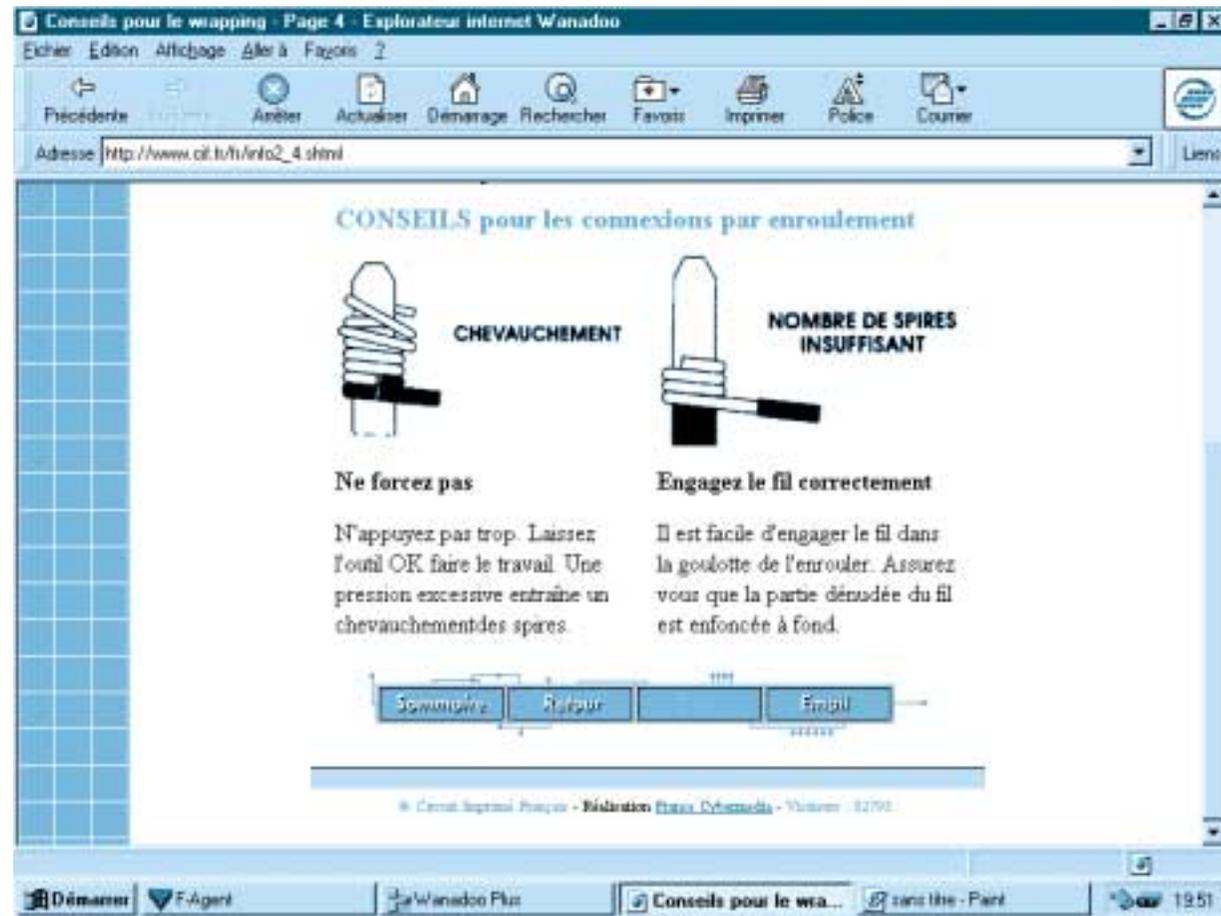


Fig 2

Réalisations des connexions

Régulateur de tension ajustable avec LM317

Les circuits intégrés régulateurs de tension ajustables à trois broches sont très pratiques. Le LM317 est un circuit intégré ajustable pouvant fournir un courant de 1,5A pour une tension de sortie allant de 1,2 à 40V avec seulement deux résistances externes. De plus, des améliorations ont été effectuées au niveau des performances par rapport aux anciens régulateurs. La charge et la régulation de la ligne ont été augmentées d'un facteur 10 comparées aux régulateurs précédents. La plage de la tension d'entrée a été relevée jusqu'à 40V et les caractéristiques de sortie ont été spécifiées dans leur totalité pour une charge équivalente à un courant de 1,5A. La fiabilité a été améliorée par un nouveau circuit de protection.

Le circuit de protection contre la surcharge du LM317 inclut une limitation en courant, une zone de sécurité de protection pour le transistor

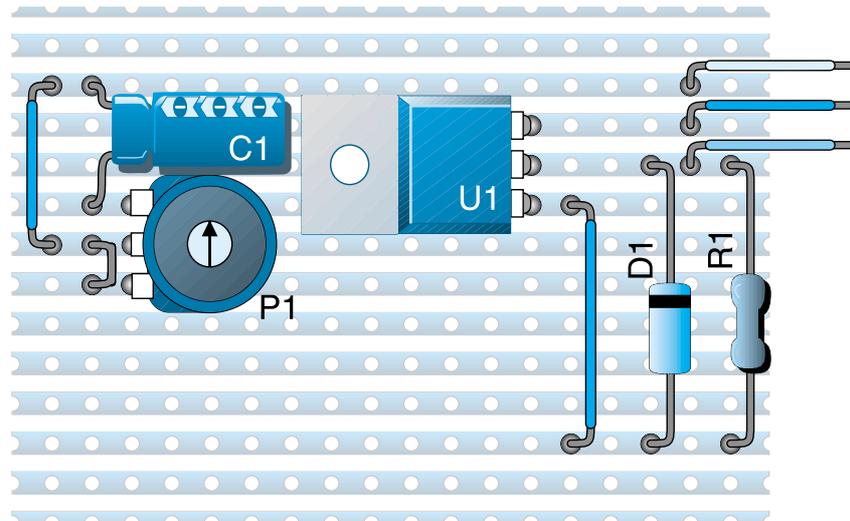


Fig 3 la plaque ne demande pas de préparation il suffit de placer les éléments

entre entrée et sortie de 15V et, même avec 40V, 400 mA sont approximativement disponibles. Avec certains régulateurs, la sortie chute complètement quand la différence des tensions entre entrée et sortie dépasse 30V, peut-être bien causée par des problèmes de démarrage. Finalement, la limitation thermique est toujours active et protégera le dispositif même si la borne d'ajustage est accidentellement déconnectée. Puisque le LM317 est un régulateur en tension flottante, il voit seulement la différence des tensions entre entrée et sortie. Ceci est bénéfique, particulièrement à forte tension de sortie. Par exemple, un régulateur positionné pour 30V nominal fonctionnant avec une entrée de 38V peut avoir une transition en entrée montant à 70V avant que l'indice entrée-sortie de 40V du LM317 ne soit dépassé. La façon dont un régulateur à trois broches est ajusté peut être facilement comprise en se référant à la

figure 1, qui montre le schéma fonctionnel interne du LM317. Un amplificateur opérationnel, connecté comme un étage tampon avec un gain unitaire, commande un transistor Darlington. L'amplificateur opérationnel, et le circuit de polarisation pour le régulateur, est disposé de telle sorte que tout le courant de polarisation est délivré à la sortie du régulateur plutôt que vers la masse, éliminant le besoin d'une broche séparée pour la masse. De plus, tout le circuit est conçu pour fonctionner sur une différence des tensions entre entrée et sortie du

régulateur allant de 2V à 40V. Une tension de référence de 1,2V apparaît insérée entre l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel et la broche d'ajustage. Environ 50 µA sont nécessaires pour polariser la référence et ce courant sort de la broche d'ajustage. En fonctionnement, la tension de sortie du régulateur est égale à la tension de la broche d'ajustage plus 1,2V. Si la broche d'ajustage est mise à la masse, le circuit agit comme un régulateur 1,2V. Pour des tensions de sortie plus élevées, un diviseur de tension R1-P1 est connecté entre la sortie et la masse comme le montre le schéma de notre montage représenté à la figure 2. La référence de 1,2V aux bornes de la résistance R1 force un courant de 10 mA à traverser. Ce courant de 10 mA traverse ensuite P1, augmentant la tension sur la broche d'ajustage et, par conséquent, sur la tension de sortie. La valeur de la tension de sortie est donnée par :

$$V_{\text{sortie}} = (1,2V \times (1 + P1/R1)) + (10 \text{ mA} \times P1)$$

Le courant de polarisation de 50 µA est petit comparé aux 10 mA et cause seulement une petite erreur dans les tensions de sortie actuelles. De plus, le LM317 est extrêmement bien régulé contre les tensions de ligne ou les changements de la charge en courant si bien qu'il

Masse
Entrée
Sortie

contribue virtuellement à produire aucune erreur dans la régulation dynamique. Bien sûr, des courants programmables autres que 10 mA peuvent être utilisés, suivant l'application. Puisque le régulateur est flottant, tout le courant de repos doit être absorbé par la charge. Avec une charge trop légère, la régulation est altérée. Habituellement, un courant programmable de 5 mA est suffisant ; cependant, le plus mauvais cas de charge minimale pour une pièce de classe commerciale demande une charge équivalente à 10 mA. La charge équivalente en courant minimale peut être comparée au courant de polarisation des régulateurs standards. Notre circuit a une plage de tension de sortie allant de 1,2V à 25V. Un courant programmable de 10 mA est réglé par R1 tandis que la tension de sortie est réglée par P1. La capacité C1 est optionnelle pour améliorer la réjection des ondulations si bien que les 80 dB sont obtenus pour n'importe quelle tension de sortie. La diode, bien que non nécessaire dans ce circuit puisque la sortie est limitée à 25V, est exigée pour se protéger contre la décharge des capacités à travers des nœuds à faibles courants dans le LM317 quand l'entrée et la sortie sont court-circuitées. Le courant programmable est constant et peut être utilisé pour polariser d'autres circuits, tandis que le régulateur est utilisé pour fournir l'alimentation au système.

M. LAURY

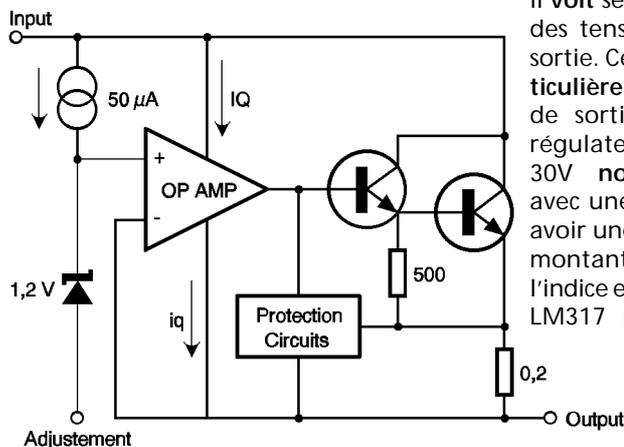


Fig 1 Schéma fonctionnel interne du LM317

de puissance interne et une limitation thermique. Le courant limite est réglé à 2,2A et, contrairement aux régulateurs positifs actuellement disponibles, le LM317 reste relativement constant en température ; sur la plage allant de -55°C à +150°C, le courant limite dérive de seulement 10% environ. A des différences de tensions entre entrée et sortie élevées, la zone de sécurité de protection fait diminuer le courant limite. Avec le LM317, le courant complet de sortie est disponible pour une différence des tensions

NOMENCLATURE

- U1 : LM317
- C1 : 10 µF/16V
- R1 : 120 Ω 1/4 W (marron, rouge, marron)
- P1 : potentiomètre 3 kΩ
- D1 : diode 1N4002
- 4 connecteurs 2 points

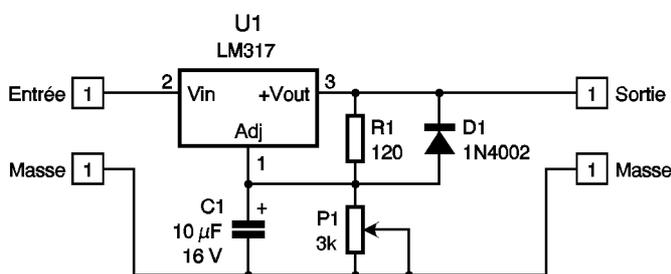


Fig 2 Schéma de principe

Découvrez l'anglais technique

Glossaire Français-Anglais

- Circuit intégré : Integrated circuit
- Régulateur de tension ajustable : Adjustable power regulator
- Broche : Terminal
- Résoudre : To resolve
- Nombreux : Many
- Problème : Problem
- Associé : Associated



- Plus anciens : Older
- Fournir : To supply
- Courant : Current
- Entrée : Input
- Sortie : Output
- Allant de : From
- Résistance : Resistor
- Externe : External

- De plus : **Further**
- Amélioration : **Improvement**
- Effectuer : **To make**
- Performance : **Performance**
- Par rapport : **Over**
- Charge : **Charge**
- Régulation de la ligne : **Line regulation**
- Augmenter : **To increase**
- Facteur : **Factor**
- Comparer : **To compare**
- Précédent : **Previous**
- Plage : **Range**
- Caractéristique : **Characteristic**
- Spécifier : **To specify**
- Totalité : **Totality**
- Charge : **Charge**
- Fiabilité : **Reliability**
- Nouveau : **New**
- Circuit de protection contre la surcharge : **Overload protection circuitry**
- Inclure : **To include**
- Limitation en courant : **Current limiting**
- Zone de sécurité de protection : **Safe-area protection**
- Transistor de puissance : **Power transistor**
- Interne : **Internal**
- Limitation thermique : **Thermal limiting**
- Régler : **To set**
- Contrairement : **Unlike**
- Actuellement : **Presently**
- Disponible : **Available**
- Rester : **To remain**
- Température : **Temperature**
- Limite : **Limit**

- Seulement : **Only**
- Environ : **About**
- Différences de tensions entre entrée et sortie : **Input-to-output voltage differentials**
- Élevé : **High**
- Courant complet de sortie : **Full output current**
- Même : **Even**
- Approximativement : **Approximately**
- Certains : **Some**
- Chuter : **To shut**
- Complètement : **Complètement**
- Dépasser : **To go above**
- Peut-être : **possibly**
- Causé : **Causing**
- Problème : **Problem**
- Démarrage : **Start-up**
- Finalement : **Finally**
- La borne d'ajustage : **Adjustment terminal**
- Accidentellement : **Accidentally**
- Déconnecter : **To disconnect**
- Puisque : **Since**
- Régulateur en tension flottant : **Floating voltage regulator**
- Voir : **To see**
- Bénéfique : **Benefit**
- Particulièrement : **Especially**
- Exemple : **Example**
- Nominal : **Nominally**
- Fonctionner : **To operate**
- Transition : **Transient**
- Dépasser : **To exceed**
- Façon : **Operating**
- Facilement : **Easily**

- Comprendre : **To understand**
- Se référer : **To refer**
- Montrer : **To show**
- Schéma fonctionnel : **Functional schematic**
- Amplificateur opérationnel : **Operational amplifier**
- Connecter : **To connect**
- Étage tampon : **Buffer stage**
- Gain unitaire : **Unity gain**
- Commander : **To drive**
- Circuit de polarisation : **Biasing circuitry**
- Disposer : **To arrange**
- De telle sorte : **So that**
- Délivrer : **To deliver**
- Plutôt que : **Rather than**
- Masse : **Ground**
- Éliminer : **To eliminate**
- Besoin : **Need**
- Séparée : **Separated**
- Allant de : **Over**
- Apparaître : **To appear**
- Insérer : **To insert**
- Non-inverseuse : **Non-inverting**
- Mettre à la masse : **To ground**
- Agir : **To act**
- Diviseur : **Divider**
- Forcer : **To force**
- Traverser : **To flow**
- Par conséquent : **Therefore**
- Comparer : **To compare**
- Erreur : **Error**
- Actuel : **Actual**
- Extrêmement : **Extremely**
- Tension de ligne : **Line voltage**
- Charge en courant : **Load current**

- Virtuellement : **Virtually**
- Produire : **To produce**
- Régulation dynamique : **Dynamic regulation**
- Bien sûr : **Of course**
- Courant programmable : **Programming current**
- Application : **Application**
- Repos : **Quiescent**
- Absorber : **To absorb**
- Légère : **Light**
- Altérer : **To impair**
- Habituellement : **Usually**
- Suffisant : **Enough**
- Cependant : **However**
- Pièce : **Part**
- Classe commerciale : **Commercial grade**
- Capacité : **Capacitor**
- Optionnelle : **Optional**
- Améliorer : **To improve**
- Réjection : **Rejection**
- Ondulation : **Ripple**
- Si bien : **So that**
- Obtenir : **To obtain**
- Diode : **Diode**
- Bien que : **Although**
- Nécessaire : **Necessary**
- Puisque : **Since**
- Exiger : **To need**
- Se protéger contre : **To protect against**
- Décharger : **To discharge**
- Nœud : **Node**
- Court-circuit : **Short circuit**
- Alimentation : **Power supply**
- Système : **System**



ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à

Génération ELECTRONIQUE

En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : **Génération Electronique**, Service Abonnements 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 N° d'abonné à Génération Electronique :

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 Jé désire m'abonner à partir du N° : (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de **148 F**
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
 - 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de **192 F**
- Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire mandat-lettre carte bleue
- signature : _____
- date d'expiration
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration

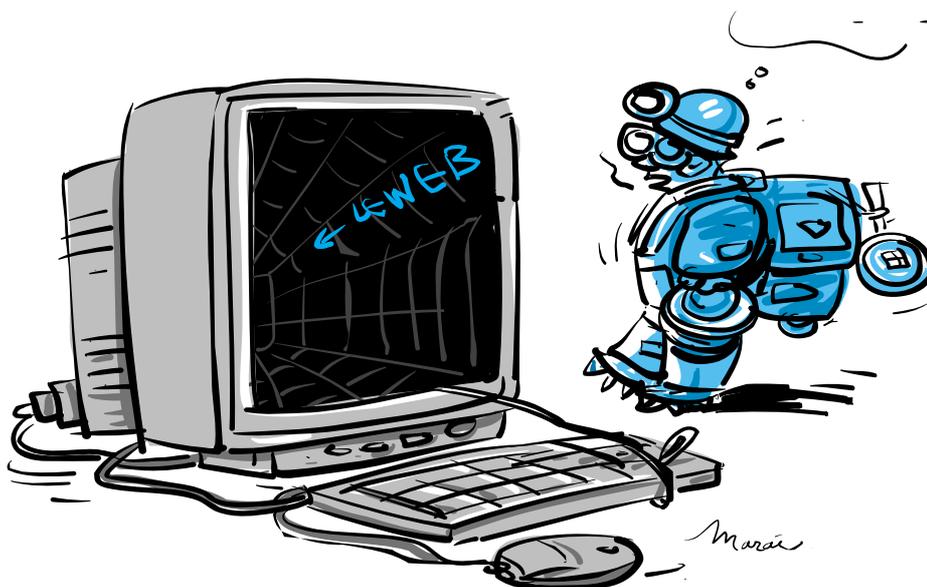
ABONNEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 Jé désire m'abonner à partir du N° : (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de **148 F**
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
 - 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de **192 F**
- Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire mandat-lettre carte bleue
- signature : _____
- date d'expiration
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration



Un inverseur cyclique

A quoi ça sert ?

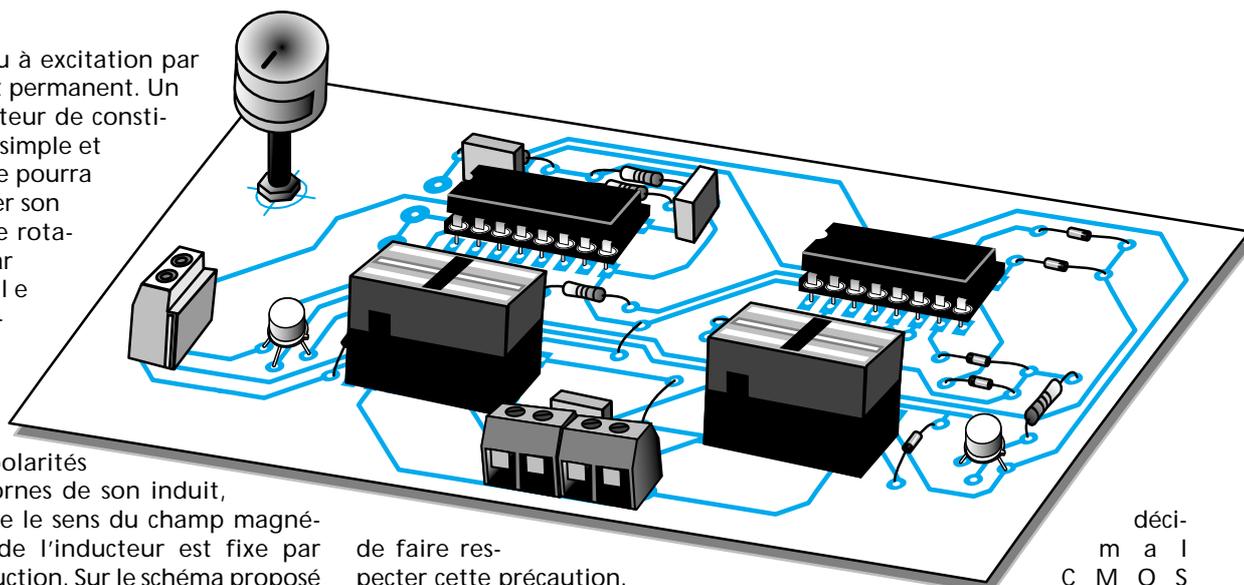
Les parties de barbecue estivales seront bientôt remplacées, autonome oblige, par des grillades au coin du feu. Pour vous permettre de profiter davantage de vos journées de détente, nous vous proposons de réaliser un dispositif électronique spécialement conçu pour commander le tourne broche à votre place, tantôt à droite, tantôt à gauche, avec une régularité parfaite simplement ponctuée par quelques courtes pauses.

Il existe dans le commerce un appareil constitué d'un micro-moteur comportant un carré d'entraînement dont la vitesse est fortement réduite pour entraîner puissamment mais à très faible allure la broche garnie de la viande choisie. Certains moteurs possèdent même un inverseur manuel du sens de rotation. Notre réalisation fera bien mieux, car elle se chargera seule de cette inversion périodique, ponctuée de quelques pauses très courtes. Nous pourrions bien entendu procéder au réglage du rythme de l'inversion, en fonction du travail à accomplir. La tension d'alimentation du moteur commandé pourra être différente de celle du circuit électronique le pilotant.

continu à excitation par aimant permanent. Un tel moteur de constitution simple et robuste pourra changer son sens de rotation par simple inversion

des polarités aux bornes de son induit, puisque le sens du champ magnétique de l'inducteur est fixe par construction. Sur le schéma proposé à la figure 1, on pourra découvrir le principe de fonctionnement de cette inversion qui nécessite deux contacts à fermeture par sens de rotation, notés AV et AR sur le schéma. Nous avons utilisé pour la tension d'alimentation du moteur le repère +V2, mais il va sans dire qu'il est possible de confondre les tensions +V1 et +V2 si les caractéristiques des composants choisis s'y prêtent.

En commandant le relais AV par exemple, il est clair que le moteur à C.C. tournera dans un sens précis, ne dépendant que des polarités appliquées. La masse commune est présente sur tout le schéma proposé. Il est bien évident qu'il faut absolument éviter de fermer simultanément les deux relais AV & AR sous peine de provoquer un court-circuit fatal entre +V2 et la masse. La logique de commande se chargera



de faire respecter cette précaution. Le condensateur C3 aux bornes du moteur atténue quelque peu les parasites occasionnés par le collecteur grossier du moteur. Pour piloter la bobine de chaque relais DIL, nous allons une fois de plus faire appel au célèbre compteur

décimal CMOS 4017. Il possède 10 sorties différentes, mais dont une seule à la fois peut être au niveau haut. A la mise sous tension du montage, le condensateur C2 se comporte comme un bref court-circuit et envoie une courte impulsion positive de remise

Comment ça marche ?

Le micro-moteur utilisé est en principe souvent du type courant

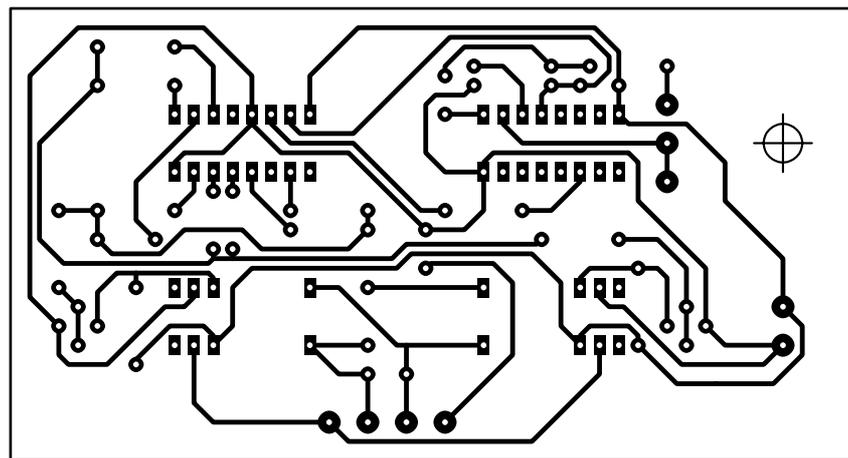


Fig 2

Impression

Tracé du circuit imprimé

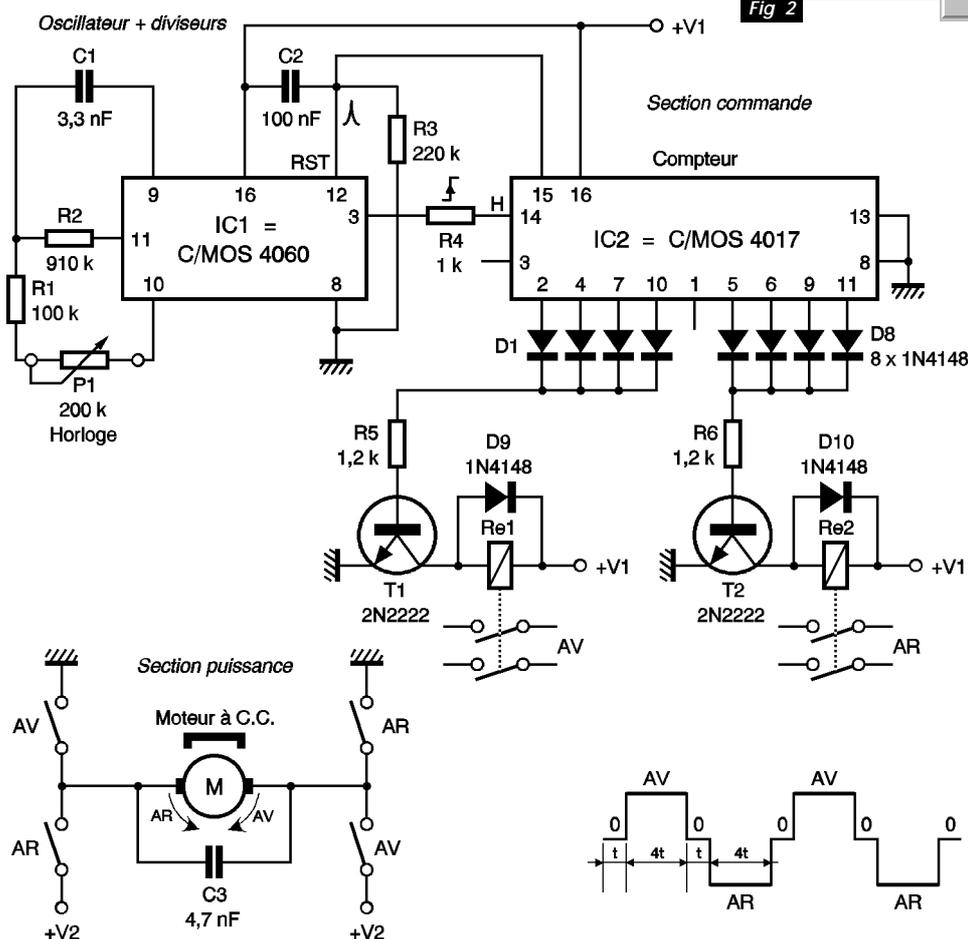


Fig 1

Schéma de principe et chronogramme

à zéro sur les circuits IC1 et IC2, notre compteur, qui mettra au niveau 1 sa sortie 3 inutilisée ici. Le cycle débute donc par la mise au repos des deux relais (voir chronogramme). La fréquence de comptage est appliquée sur la broche 14 de IC2 et c'est l'intervalle entre deux fronts positifs qui détermine le temps t de base de tout le système. Les quatre impulsions positives suivantes valideront successivement les sorties 2, 4, 7 et 10 du compteur et, grâce aux diodes D1 à D4 qui forment une fonction OU à 4 entrées, nous pourrions piloter la marche AV via le transistor T1. La cinquième impulsion de commande active la broche 1 de IC2, inutilisée elle aussi. Ce sera donc une période de repos avant l'inversion du sens de marche ; les sorties 5, 6, 9 et 11 suivantes pilotent à leur tour le relais AR dont les contacts de puissance assurent l'inversion de polarité +V2. Et le cycle se poursuit ainsi puisque le compteur 4017 se renouvelle sans arrêt, du moins tant qu'une impulsion de commande lui parvient sur son entrée horloge et que la broche d'inhibition 13 reste reliée à la masse. Pour générer un signal régulier et réglable, rien de plus simple que de faire appel au cir-



Le télégraphe autographique de Charles CROS

Le fait d'envoyer des signaux codés en morse sur des lignes télégraphiques permet de faire circuler l'information. Il reste cependant que le monde des affaires déjà friand des nouvelles techniques de transmission des cotations boursières et autres données numériques, a constitué dès l'avènement du télégraphe la cible privilégiée des inventeurs qui s'attaquent au problème du "fac simulé", l'ancêtre du Fax.

■ Première étape : le mélophone

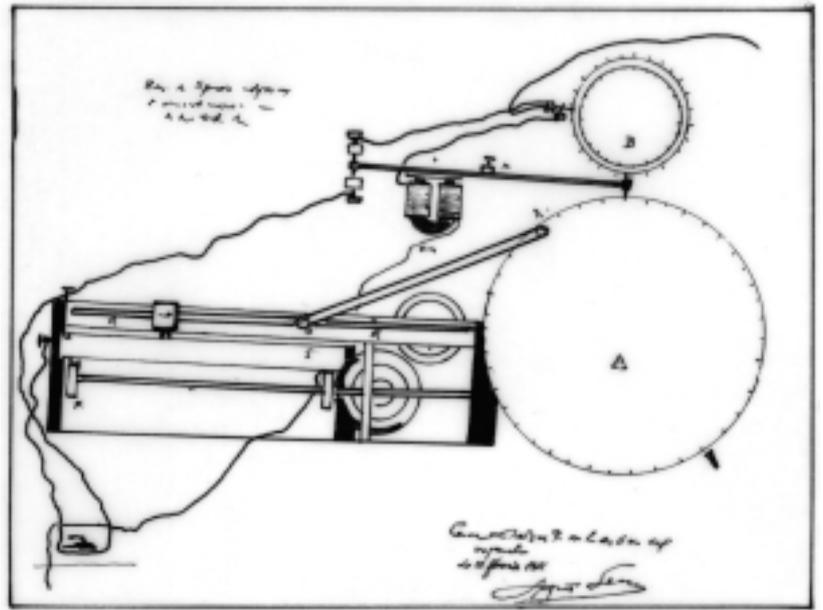
Charles CROS est né le premier octobre 1842 à Fabrezan, dans l'Aude. Deux ans plus tard, il vient à Paris où son père prend en charge une institution privée, au sein de laquelle il reçoit son éducation. C'est dans sa jeunesse et sous l'influence de ses frères aînés qu'il développe à la fois un goût pour les arts et une imagination fertile. C'est ainsi qu'avec Antoine, il décide de réaliser un appareil capable d'enregistrer les mélodies que ce dernier improvise à l'occasion, afin d'en conserver une trace moins fugitive que de vagues souvenirs. Antoine, rapportant cet épisode dans ses mémoires écrira que "Nous pensions, à tort, l'idée absolument neuve... Quelques mois passés, on nous détourna de continuer, le résultat industriel ne promettant pas de rémunération suffisante".

Charles CROS conserve cependant l'idée de cet appareil jusqu'à sa rencontre avec Jules CARPENTIER, le constructeur des appareils Baudot. Il en résulte alors la fabrication en 1881 d'un prototype de "sténographe musical", présenté au cours de l'exposition internationale d'électricité. La description qu'en donne Charles CROS est la suivante : "Une petite boîte parallélépipédique, fermée de toutes parts; à l'intérieur, sous le couvercle, juxtaposées, trois petites hanches d'harmonium, bien mignonnes, tenant peu de place et fixées de manière ordinaire; sous chaque anche, une mortaise pratiquée dans le sommier commun, et servant de chambre de vibration : au fond de chaque mortaise, un petit orifice débouchant à l'extérieur sur le couvercle. Sur un côté de la boîte, un tube permettant d'y pousser du vent à l'aide d'une soufflerie quelconque... Quoi qu'il en soit, en possession de mon mélophone, je dus songer à la confection des bandes... Je m'aperçus promptement que cet exercice était long et fastidieux... Je combinai un mélanographe destiné à sténographier les morceaux joués sur un instrument à clavier, mais employant

les caractères que savait lire mon mélophone, c'est à dire en perforant du papier".

■ Seconde étape : le télégraphe autographique

Fort de l'expérience acquise au cours de la fabrication de son piano mécanique à bandes perforées, Charles CROS se lance dans l'étude d'un appareil de transmission de documents via les lignes télégraphiques après son renvoi en 1863 (pour ses absences et un comportement jugé trop fantaisiste) de l'Institution des sourds et muets de Paris où il travaillait en tant qu'orthophoniste. Le Comte de TREVELEC va alors l'aider dans le financement de ses travaux, jusqu'au dépôt du brevet N° 70.451, le 21 février 1866, pour une "Description d'un nouveau télégraphe autographique à mouvements conjugués non indépendants et à un seul fil de ligne". Le principe de cet appareil est relativement simple puisqu'il consiste en un cylindre sur lequel on fixe le courrier à transmettre; lequel est rédigé avec une encre isolante couchée sur un papier recouvert d'une couche conductrice (papier argenté). Il suffisait alors de déplacer une tête constituée d'une pointe métallique sur la surface de ce papier, ligne après ligne, pour reproduire, via la ligne télégraphique, le dessin des écritures sur une machine identique mais munie d'un papier rendu sensible au courant électrique après un traitement chimique. Au moment du dépôt de ce brevet, Charles CROS n'a pas encore réalisé cet appareil. Il en confie la réalisation à Louis BREGUET, l'auteur du télégraphe à cadran. Cette collaboration aboutit au dépôt d'un certificat d'addition à son brevet, le 2 mars 1867, avec des modifications importantes du système de correction destiné à maintenir le synchronisme des appareils émetteurs et récepteurs. : "La première disposition, qui consistait en un mouve-



Télégraphe autographique de Charles Cros (extrait du brevet déposé le 21 février 1866)

ment alternatif rectiligne, est défectueuse en ce que les erreurs de vitesse se font tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, ce qui produit un dédoublement de l'image, ou tout au moins une grande confusion dans l'autographe...". Il remédie à cela en multipliant le nombre de pointes de balayage par trois, avec pour effet une plus grande vitesse de balayage de la feuille. Malgré tout, cet appareil restera trop lent pour permettre une exploitation commerciale du procédé, d'autant que l'essai du dispositif en situation réelle entre Paris et Marseille se solde par un échec.

■ Ses travaux, de la chimie à la reproduction des sons

Pour fabriquer un papier sensible au courant électrique, Charles CROS effectue de nombreuses recherches sur les propriétés des liquides destinés à imprégner les feuilles des récepteurs. Son travail dans ce domaine lui sera fort utile car, après l'abandon de son appareil de transmission, il se reportera sur la fabrication d'un système de reproduction d'images en couleurs selon un procédé photographique de séparation. Il s'intéressera ensuite à l'enregistrement des sons, par diverses techniques de gravure ou érosion chimique, mais ne verra jamais son

travail récompensé par un réel succès, même s'il a apporté sa modeste contribution au développement d'idées originales et novatrices dans les divers domaines qu'il a explorés.

■ Notre expérimentation

Il serait très difficile de fabriquer un fax dans le cadre de cette rubrique, mais nous pouvons au moins procéder à quelques expériences qui améliorent la compréhension des procédés employés pour la reproduction des documents. La première consiste à vérifier que le papier utilisé est bien un papier traité afin de réagir chimiquement à la chaleur que dégage une électrode parcourue par un courant. Il vous suffit pour cela d'approcher une source de chaleur comme celle d'une petite lampe de chevet à proximité de la feuille de papier.

Reproduisez ensuite l'expérience avec divers tickets de caisse, que constatez-vous?

Pour éviter l'utilisation de produits chimiques, vous pouvez écrire un mot sur une feuille de papier aluminium avec le pinceau d'un vernis à ongles. Branchez ensuite une diode électroluminescente reliée à une pile de 4,5 Volts et protégée par une résistance de 330 ohms, afin que le circuit soit fermé au contact de l'aluminium. En promenant la broche libre de la diode sur la feuille, vous obtiendrez l'équivalent électrique du balayage de l'appareil de Charles CROS.

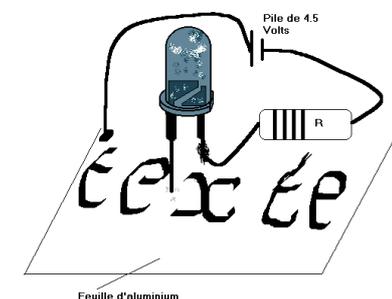


Fig 1 Expérimentation

■ NOMENCLATURE

- 1 diode électroluminescente
- 1 pile de 4,5 Volts
- 1 résistance de 330 ohms
- Une feuille d'aluminium
- Du vernis à ongles



Affiche publicitaire pour le théatrophone

phones à charbon, l'un à droite et l'autre à gauche de chaque scène. Le temps d'audition est cependant fort limité puisqu'il est restreint à 2 minutes, ceci afin de permettre à chacun de se rendre compte des possibilités qu'offre cet équipement.

Le succès de cette démonstration est tel qu'on transfère les installations d'écoute au Musée Grévin nouvellement créé par le dessinateur Alfred GREVIN, qui relie les microphones au café-concert de l'Eldorado, certes moins prestigieux que l'Opéra, mais offrant l'avantage d'être à la portée de toutes les bourses.

■ Le théatrophone

C'est pour l'Exposition Universelle de 1889 au pied de la tour Eiffel qu'il est offert au public d'écouter les représentations théâtrales qui se déroulent sur plusieurs scènes parisiennes. Pour l'occasion, ADER utilise des appareils dont les brevets ont bénéficié de quelques mises à jour, comme par exemple le casque d'écoute stéréophonique muni de ses deux écouteurs. Il utilise en outre des lignes de transmission connectées à un système de commutation polarisé qui prévient l'auditeur du commencement d'un entracte ou de la fin du spectacle par l'envoi d'un courant d'appel vers les récepteurs. En outre, des attentes musicales sont prévues entre chaque représentation grâce à un piano mécanique qui délivre une mélodie enregistrée sur des bandes perforées.

Le nouveau succès que remportent ces présentations du « théâtre à domicile », conduit ses concepteurs à créer une société baptisée *Compagnie du théatrophone* en 1890. Les quelques heureux possesseurs d'un téléphone qui ont déjà bénéficié de ce nouveau service lors de l'Exposition, vont donc dès lors être en mesure de prendre des abonnements pour des représentations

théâtrales, sans aucune obligation de sortir de chez eux.

Mais ce ne sont pas les seuls particuliers qui sont visés par la Société du théatrophone. Des récepteurs téléphoniques munis d'encaisseurs automatiques sont installés dans différents lieux publics, comme les cafés ou les hôtels, afin de permettre au plus grand nombre d'écouter les quelques pièces diffusées chaque jour par ce moyen. Chaque poste public est muni d'un système d'affichage composé d'un sélecteur rotatif actionné grâce à un électroaimant. La sélection d'un lieu (théâtre, salle de concert, etc.) s'effectue en envoyant des impulsions électriques sur l'électroaimant, lequel fait tourner une roue à rochet solidaire du cadran d'affichage. L'auditeur voit donc dans la fenêtre du poste, l'intitulé de ce à quoi il est relié. En glissant une pièce de 50 centimes, il dispose de 5 minutes, ou 10 minutes pour 1 franc. Le temps restant s'affiche par le biais de l'aiguille d'une minuterie mécanique, située à droite de l'appareil. L'ensemble des installations est géré par l'intermédiaire d'un tableau répartiteur tout à fait semblable aux centraux téléphoniques installés dans les divers points de la Capitale. Situé au 23 de la rue Louis le Grand, il se compose d'une rosace de connexion sur laquelle sont connectés les abonnés au théatrophone. L'opératrice, assise devant le tableau, effectue les liaisons entre les lignes des téléphones des abonnés et les microphones disposés sur une rampe au devant de chaque scène. Elle doit en outre mettre à jour les afficheurs des encaisseurs automatiques en leur faisant parvenir les impulsions électriques.

La qualité de l'écoute reste cependant des plus variable du fait d'un affaiblissement du signal auquel il reste difficile de remédier. De plus, les particuliers ne bénéficient pas de la stéréophonie sur leur poste classique muni d'un microphone et d'un seul écouteur. Ce n'est qu'à partir de 1910 que l'introduction du relais Brown améliore sensiblement la qualité sonore, même si elle ne peut satisfaire les mélomanes les plus exigeants. Il faut attendre la fin de la première guerre mondiale pour que soit installé un microphone de type « Paris-Rome » (appelés ainsi parce qu'ils équipent les opératrices chargées des communications à longue distance) sur la rampe des théâtres concernés par les diffusions téléphoniques. Le « hic » provient cependant du fait qu'un, et un seul auditeur, peut bénéficier du son de meilleure qualité produit par ce microphone, ce qui implique une rotation journalière des heureux bénéficiaires de ce dispositif. En 1923, les amplificateurs à lampe résolvent définitivement ce problème et dès lors toutes les lignes bénéficient d'une écoute amplifiée de qualité. C'est finalement en 1932 que disparaît la compagnie du théatrophone forte d'environ 300 abonnés, la radiodiffusion venant supplanter ce moyen de divertissement.

trophone forte d'environ 300 abonnés, la radiodiffusion venant supplanter ce moyen de divertissement.

■ Deviner le futur

Il est indiscutable que des applications comme le théatrophone qui frappe l'imagination des spectateurs au cours des diverses expositions, laissent entrevoir les rêves les plus fous, notamment aux écrivains de ce qui ne s'appelle pas encore de la « science fiction ».

Jules Vernes fait intervenir le téléphone dans son récit *Les cinq cents millions de la Begum*, trois ans à peine après la présentation de cette invention par Graham Bell. Il lui prête alors des usages qui appartiennent à notre quotidien, comme la téléconférence. L'imagination ne connaissant aucune limite, l'image vient s'ajouter aux sons dans son roman *Le château des Carpates* ou encore dans *La journée d'un journaliste américain en 2889*, qu'il fait paraître en 1892.

Albert ROBIDA, un autre auteur réputé pour ses récits d'anticipation, fait la part belle aux systèmes de communication, comme son téléphonoscope constitué d'un grand écran de cristal sur lequel on voit son interlocuteur, ce qui permet en outre de suivre les informations d'un journal téléphonoscopique ou des spectacles diffusés par le même procédé.

D'autres auteurs, comme Ernest d'HERVILLY, ont déjà publié en 1883 des récits qui mettent en scène des apprentis sorciers de la technique, lesquels finissent par ne plus constituer qu'un rouage des machines (toujours électriques) qu'ils réalisent. Mais le phénomène le plus marquant de cette période reste l'apparition d'une nouvelle caste, celle des techniciens qui, s'ils ne bénéficient pas de l'aura du savant, n'en restent pas moins détenteurs de connaissances qui échappent au commun des mortels.

■ De nouvelles habitudes

Les nouveaux usages du téléphone ne se limitent pas aux œuvres de fiction, mais s'étendent aux domaines les plus divers, privés ou professionnels.

Une publicité pour le téléphone de New Haven souligne que : « *Votre femme peut passer commande de votre dîner, d'un taxi ou demander au médecin de venir... tout cela par le téléphone, sans avoir à sortir de chez soi...* », une suggestion reprise massivement dès le début des années 20 dans une Amérique dont l'équipement est, quantitativement parlant, tout à fait remarquable. Les grands magasins avec leur slogan « *phone for food* (appelez-nous pour commander vos denrées) », incitent leurs clients à faire usage de leur téléphone et font progresser le nombre des communications à près

d'un milliard et demi. En Europe, ce type d'usage se développe bien plus lentement du fait d'un équipement des foyers insuffisant et de la persistance d'habitudes plus conviviales qui privilégient des relations directes avec les commerçants.

De son côté, l'administration des P.T.T. cherche à inculquer les règles d'utilisation du téléphone à ses usagers en distribuant des notices explicatives : « *Pour faire un appel, décrochez le récepteur, portez-le à l'oreille et attendez la réponse de la téléphoniste sans agiter le crochet. Le téléphoniste répond j'écoute. Aussitôt, sans parole superflue, faites votre appel... le téléphoniste doit répéter le numéro que vous demandez, écoutez attentivement cette répétition.* » (Secrétariat général des P.T.T., à Paris en 1927).

■ La naissance d'un syndicat

Les services télégraphiques et téléphoniques, publics depuis leur nationalisation, regroupent différentes catégories de personnels dont les qualifications et l'origine sociale semblent parfois très éloignées. Les femmes, qui entrent massivement dans cette administration



Une cabine téléphonoscopique, d'après ROBIDA

des télégraphes et téléphones qui ont fusionné en 1878, subissent un peu plus les inégalités entre catégories de personnel, qu'elles soient standardistes, dames-commis ou employées, car à diplôme égal elles sont payées bien moins que leurs collègues masculins. La stagnation des salaires, entre 1889 et 1910, contribue de même à faire monter le mécontentement. Bien que la loi de 1884 qui autorise les syndicats ne s'applique pas aux fonctionnaires, les ouvriers des P.T.T. s'organisent et déposent les statuts d'un syndicat dont la reconnaissance n'intervient qu'en 1889, le Syndicat national des ouvriers des P.T.T. Le conflit qui oppose les ouvriers des téléphones et leur administration au mois de mars 1909 contribue à une prise de conscience de l'importance de ce nouveau moyen de communication et de son impact sur la société en général. Le téléphone n'est plus une simple « curiosité » capable de frapper l'imagination, mais un des outils nécessaires au développement des relations commerciales.

P. RYTTER