

électronique

n°51

janvier 1993  
23 FF/168 FB/8,20 FS  
mensuel

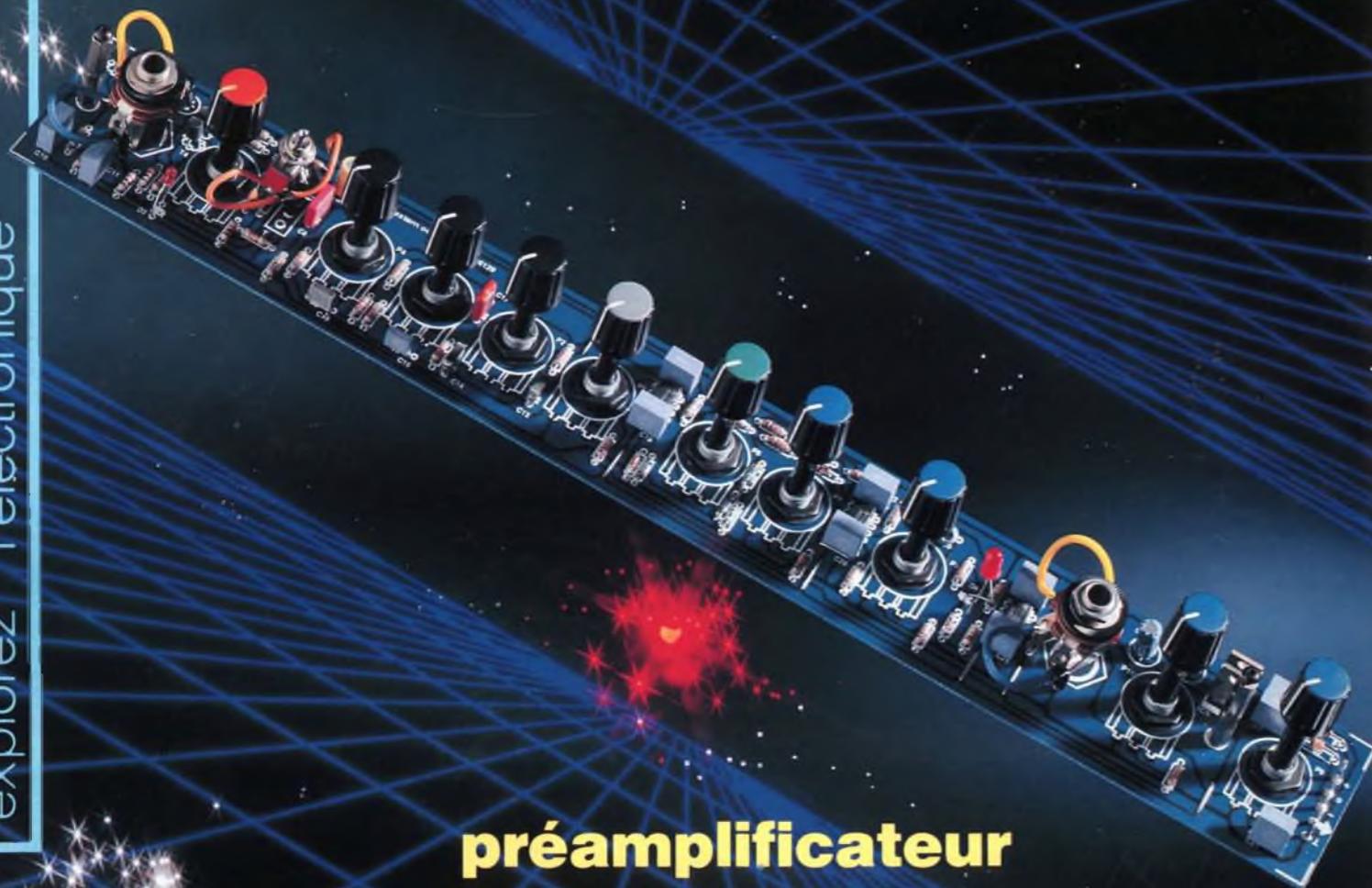
# elet

**chargeur rapide  
pour accumulateurs Cad-Ni**

**niveau "à bulle" électronique**

**indicateur de puissance BF  
avec dessins de circuits imprimés**

explorez l'électronique



**préamplificateur  
pour guitare  
avec effets spéciaux  
et dessin de circuit imprimé**

M2510 - 51 - 23,00 F



PHOTO STUDIO REMI - METZ

Rési & Transi : bande dessinée 4  
 L'art de protéger les circuits contre les inversions de polarité 6  
 Comment travailler le plexiglas 17  
 Astuce : un diffuseur pour LED 51  
 Visualiser des signaux audio sur un écran de TV 56  
 Petites Annonces Gratuites 60



- 10 un niveau à bulle sans bulle avec dessin de circuit imprimé
- 13 un chargeur rapide pour accumulateurs cad-ni avec dessin de circuit imprimé
- 21 (encore) une temporisation
- 26 un amplificateur pour guitare avec dessin de circuit imprimé
- 35 un circuit de mise en relief de la stéréophonie
- 38 un wattmètre audio avec dessin de circuit imprimé
- 42 un régulateur pour fer à souder
- 44 un télérupteur commandé par une touche à effleurement
- 46 un testeur de FET
- 52 un sablier électronique avec dessin de circuit imprimé



Annonceurs : ARQUIE COMPOSANTS p. 25 - BERIC p. 51 -  
 B.H. ÉLECTRONIQUE p. 25 - CIF pp. 61 et 62 -  
 COMPOSANTS DIFFUSION p. 24 - COMPOSIUM p. 25 -  
 ELECTRON SHOP p. 25 - EURO COMPOSANTS p. 25 -  
 HB COMPOSANTS p. 25 - JACKSON DIFFUSION ELECTRONIQUE p. 25 -  
 J.REBOUL p. 25 - LAYO FRANCE p. 25 - LOISIRS ELECTRONIQUES p. 24 -  
 MAGNETIC FRANCE p. 15 - MICROPROCESSOR p. 25 -  
 PUBLITRONIC pp. 51, 55, 61, 62 et 64 - SELECTRONIC pp. 2, 59, 61 et 62 -  
 SPESYS p. 24 - SVE ELECTRONIC p. 25 - TSME p. 24 -  
 URS MEYER ELECTRONIC SA p. 25 -

**L** ne reste plus qu'à tester... Après quelques soirées passées à souder. Le rouge est au "plus", le noir à la masse, on met l'alimentation sous tension et « Vlaf ! », rien ne va plus, la roue ne tourne pas, les jeux sont faits. « Zut ! », une inversion de fils, une confusion de couleurs ou de bornes ont fait rendre l'âme au circuit. L'expérimentateur avait pourtant pris toutes ses précautions – moins une.

Au moment de mettre sous tension, une seconde d'inattention fait confondre le "plus" et le "moins". C'est ce qu'on appelle un acte manqué ("trompage" ?) Pour peu que l'appareil contienne quelques transistors rares et coûteux, quelques circuits sophistiqués, point de pardon : encore un coup de Murphy\*. Le plus navrant dans ce genre d'affaire est que la prévention est facile : il suffit de faire attention, de vérifier avant d'envoyer la sauce que tout est en ordre, de... Est-ce une infirmité ? Le courrier des lecteurs nous rassure : ça arrive aussi aux autres. Que faire ? Consulter ? On sait ce que cela coûte ! Non. Les appareils du commerce sont le plus souvent pourvus de protections contre ce genre d'incidents. Pourquoi pas les vôtres ?

### une diode, tout simplement

S'il y a confusion entre le "plus" et le "moins", le courant circule bien sûr en sens interdit. En l'absence de signalisation, il n'y a pas de raison qu'il se gêne. – Avec quoi le bloquer ? Avec le composant dont c'est la spécialité : une diode. Une diode en série avec la borne "plus" du circuit, comme sur la **figure 1**, ne permet au courant de circuler que si la polarité de l'alimentation est bonne. Pour que les choses

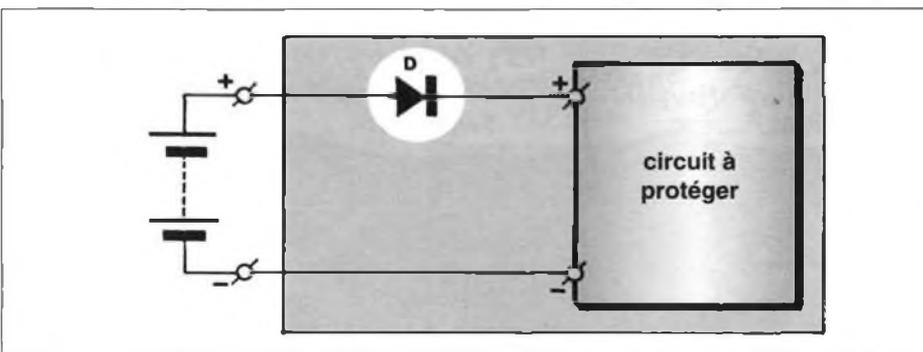
## expérimentation sans problème

soient claires : la figure représente un appareil alimenté par une source de tension continue externe (pile, accumulateur, bloc secteur etc...) Une diode y est insérée entre la borne d'alimentation positive et le circuit. Si cette diode prévient bien des ennuis, sa présence perturbe obligatoirement. La tension disponible à l'entrée du circuit est ainsi amputée d'un peu moins d'un volt. Dans de



nombreux cas, ça n'est pas un problème, mais il arrive que des circuits soient très critiques vis à vis de leur tension d'alimentation : ceux de la série 74xx par exemple. Pour ces circuits logiques, la tension d'alimentation ne doit pas descendre au-dessous de 4,75 V. La diode voit d'autre part passer tout le courant consommé par le circuit : s'il est gourmand, un gros modèle, dont il faut éventuellement prévoir le refroidissement, est nécessaire.

Quel modèle donc ? De ce qui précède nous pouvons dire que jusqu'à 1 A et pour des tensions d'alimentation inférieures à 50 V, une diode 1N4001 fera l'affaire. Si la tension dépasse 50 V, vous avez le choix, de 1N4002 à 1N4007. Pour des courants n'excédant pas 3 A, la série 1N5400 a réponse à tout, à condition de tenir compte des tensions inverses maximales. Si l'appareil consomme plus, cette méthode de protection est déconseillée, ne serait-ce



\* Si un circuit peut se détraquer, il ne manque pas de le faire.

Figure 1 – Une simple diode à l'entrée du circuit en assure la protection : si l'alimentation est branchée à l'envers, le courant ne circule pas.

# ANTI INVERSION DE POLARITÉ

qu'à cause du dispositif de refroidissement que peut nécessiter alors le semiconducteur. Il faut envisager d'autres solutions.

## *une polarité toujours bonne*

Il existe des appareils dans lesquels les effets d'une inversion de polarité de l'alimentation ne se font pas immédiatement sentir. Les circuits de temporisation et autres minuterics en sont un exemple. Il faut un certain temps avant qu'on ne se rende compte qu'ils ne tiennent pas compte du temps qui passe. La diode sur la ligne "plus" de l'alimentation en protège assurément les composants mais on ne remarque rien de leur non-fonctionnement. La **figure 2** représente une solution de ce problème. Il s'agit d'un pont redresseur qui autorise l'alternance : un coup à l'envers un coup à l'endroit, il y a réversibilité. C'est un dispositif qui permet de ne pas s'occuper de la polarité de la source : quel que soit le sens de branchement du générateur, le circuit est toujours alimenté de la même façon. La tension présente au nœud marqué "plus" est toujours supérieure à la tension présente au nœud marqué "moins", peu importe la polarisation du générateur branché aux bornes du pont. La seule différence est que le courant n'emprunte pas le même chemin. L'appareil fonctionne donc dans tous les cas. Les défauts de ce disposi-

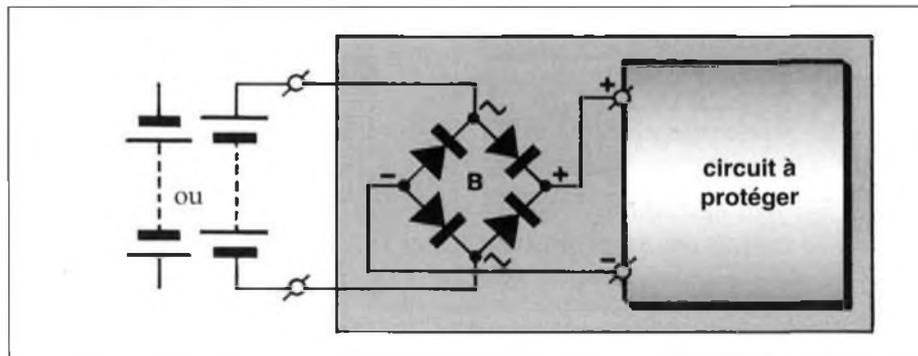


Figure 2 - De quelque façon que soit branchée l'alimentation, le pont de diodes assure le passage du courant dans le bon sens et permet le fonctionnement de l'appareil.

tif ont été vus au paragraphe précédent. Ils sont même aggravés, puisque la chute de tension est ici provoquée par deux diodes, avec un dégagement de chaleur double : parfaits lorsque la consommation des appareils protégés est réduite, les deux dispositifs, à diode unique ou à pont, ne sont plus très adaptés aux circuits de "puissance". Il faut trouver autre chose.

## *sans chute de tension*

La chute de tension provoquée par le dispositif de protection augmente avec la consommation de l'appareil, puisque le même courant le traverse. Si la mise sous tension était effectuée indirectement par l'intermédiaire d'un relais, comme sur la **figure 3**, le problème serait évacué. Le pouvoir de coupure du relais doit bien sûr correspondre au courant circulant dans le circuit alimenté. La consommation de l'interrupteur est ici non seulement constante mais réduite de telle sorte

qu'il n'est pas nécessaire que la diode de protection (D1) soit un "gros modèle". Une 1N4001 convient parfaitement dans la plupart des cas. L'inévitable diode de **roue libre** D2 permet, lors de la coupure de l'alimentation, à l'énergie emmagasinée dans la bobine de "s'épuiser" en toute sécurité pour le reste du circuit.

## *dispositif efficace mais peu élégant*

La solution proposée sur la **figure 4** semble plus simple. Si l'alimentation est branchée de telle façon que la diode conduise, c'est-à-dire à l'envers, il y a court-circuit. Le courant de court-circuit fait fondre le fusible F qui le coupe : on a sauvé les meubles ! C'est la simplicité même. Pourquoi alors dénigrer ce dispositif en le qualifiant d'inélégant ? Plusieurs raisons à cela. La première est que la diode choisie doit être d'un modèle capable de supporter un courant direct de sur-

Figure 3 - La solution présente est idéale pour les gros consommateurs ou les circuits qui ne souffrent aucune chute de tension parasite. Il faut bien sûr que la tension de bobine du relais corresponde à la tension de fonctionnement du circuit.

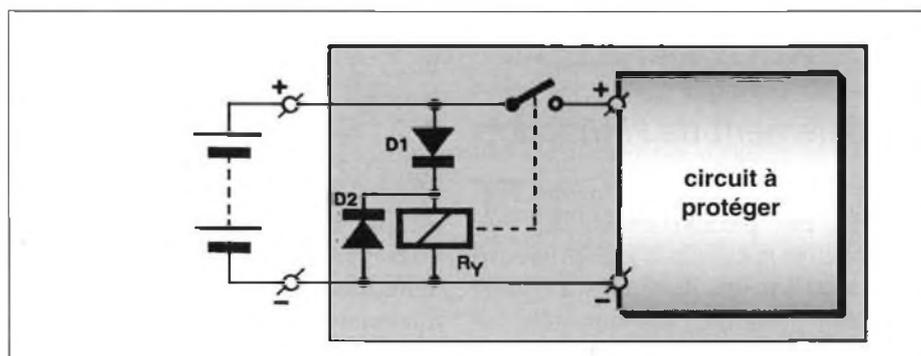


Figure 4 – Cette protection, présente à l'entrée de nombreux autoradios, est efficace mais manque d'élégance.

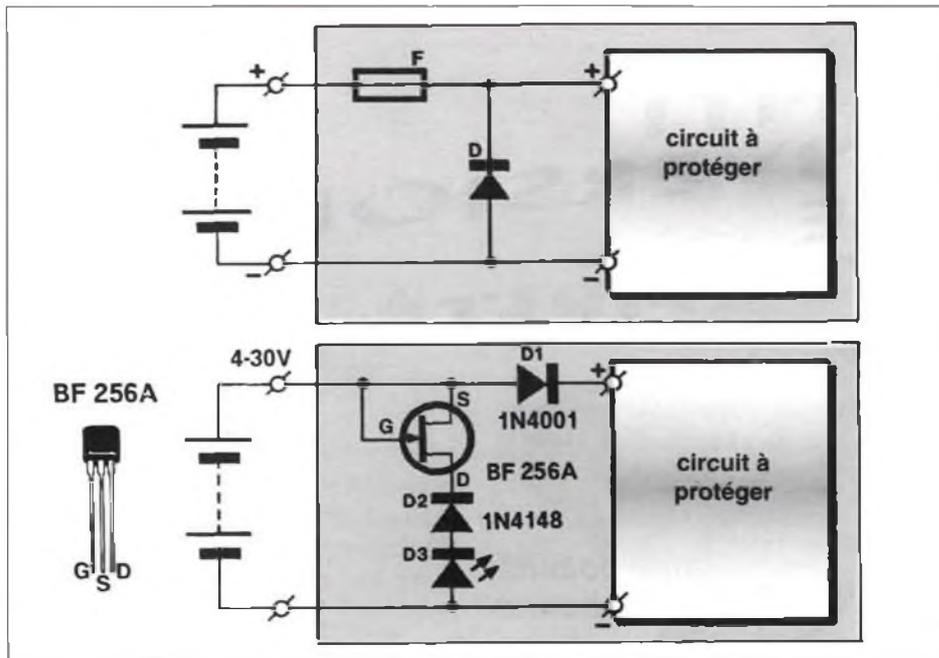


Figure 5 – Même dispositif que sur la figure 1 agrémenté d'une lampe témoin qui s'allume si l'alimentation est branchée à l'envers.

charge très élevé. Si la diode rend l'âme avant le fusible, le circuit peut être alimenté en inverse et sa protection illusoire. Ensuite, un sou est un sou et "le fusible qui saute est toujours celui dont on manque" (loi de Murphy).

Pourquoi présentons-nous un dispositif aussi peu intéressant ? Parce qu'il existe et que de nombreux fournisseurs d'électronique automobile l'ont adopté (le passé témoigne ici de l'optimisme du rédacteur). Vous ne serez donc plus étonné si, lorsque vous intervertissez le "plus" et le "moins" en branchant un autoradio, un fusible dégage. Un réparateur nous racontait dernièrement que lorsqu'il avait à dépanner des autoradios, il commençait par tester cette diode de protection. Le plus souvent, lorsque l'appareil mettait en court-circuit la batterie, c'est parce qu'elle avait rendu l'âme. C'est le type d'accident qui arrive régulièrement aux utilisateurs inconscients ou pressés qui remplacent les fusibles par des modèles un peu particulier du style papier d'aluminium, clou, voire fil destiné à les empêcher de fuser lorsqu'il y a confusion entre le "plus" et le "moins".

### signallement de l'infraction

Nous avons ainsi fait le tour des dispositifs qui permettent de ne pas détruire les appareils à leur première mise sous tension, lorsqu'il y a confusion des pôles de l'alimentation. La sécurité apportée par un pont de

diodes est assurément pratique : elle n'est pas très amusante. Que diriez-vous d'une protection assortie d'une loupote signalant l'incident ? Le plus simplement câblée, en série avec une diode, de telle façon qu'un branchement inversé de l'alimentation en provoque l'allumage (la tension nominale de la lampe correspond bien sûr à celle de l'alimentation). Une LED, associée à une résistance de limitation de courant de bonne dimension est naturellement préférable. Si nous voulons un indicateur qui dépende moins de la tension d'alimentation, le circuit de la figure 5 peut être une solution. C'est un retour à la case départ (figure 1) avec le petit perfectionnement que représente le témoin. Les lecteurs attentifs auront reconnu dans la combinaison D2 - D3 le truc de tout à l'heure : la LED n'éclaire que lorsque l'alimentation est branchée à l'envers. Sa protection est assurée par un FET, source de courant constant lui fournissant environ 10 mA sans qu'on ait à se soucier de la tension aux bornes de l'ensemble (jusqu'à 30 V). La "résistance-talon" de la LED s'adapte aux circonstances.

Vous trouverez sur la figure 6 un exemple de câblage de cet accessoire. Pour l'adapter aux modèles de protection présentés plus haut, il faut remplacer D1, soit par un pont de diodes, soit par l'interrupteur d'un relais. Son intérêt n'est d'ailleurs plus très évident puisque dans un cas, il n'y a plus d'inversion possible, et dans l'autre se pose le problème du courant requis

**elex-abc**

**diode de roue libre**

Un courant électrique parcourant une bobine crée dans celle-ci un champ magnétique. Toute variation du champ magnétique à l'intérieur de la bobine y induit une force électromotrice, donc un courant. Le courant induit tend par ses effets à s'opposer aux causes qui lui donnent naissance. Dans le cas particulier où le courant qui traverse la bobine est coupé, le courant induit s'oppose à cette brusque variation : la tension aux bornes de la bobine, transformée en générateur, peut alors provoquer des dommages au reste du circuit. La diode de roue libre court-circuite ce générateur qui évacue par effet joule l'énergie emmagasinée.

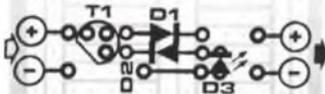


Figure 6 - Disposition des composants de la figure 5 sur une platine.

**liste des composants**

D1 = 1N4001 (1 A) ou 1N5401 (3 A)  
 D2 = 1N4148  
 D3 = LED rouge

T1 = BF256A (Ici le "A" est important)



par la bobine du relais. On peut bien sûr remplacer le FET par une résistance, ce qui ne justifie plus l'utilisation d'une platine, un montage en l'air étant alors préférable. La figure 7 vous en donne un exemple proposé par Monsieur Léveillé, un radioamateur wallon, ami d'ELEX, toujours par monts et par vaux avec du matériel qu'il alimente sur batterie.

**bananes, crocodiles et autres tulipes (RCA ou CINCH)**

La façon la plus simple de prévenir les erreurs de branchement consiste à utiliser des connecteurs spéciaux. Le plus souvent, on se sert de fiches bananes, de pinces crocodiles ou de griffe-fils. Si au lieu de ces outils symétriques et parfaitement interchangeables on en utilise qui sont d'un "genre mécanique" différent, la confusion n'est plus possible au moment du branchement. Voyez sur les illustrations quelques unes des solutions à détrompeur imaginées par les fabricants. Il y en a d'autres, comme les prises *jacks* des baladeurs, radios et autres ordinateurs portables, qui ne sont pas toujours compatibles : même si leurs dimensions sont apparemment les mêmes, il arrive que les polarités soient inversées. Concernant l'alimentation, une règle à respecter : les prises

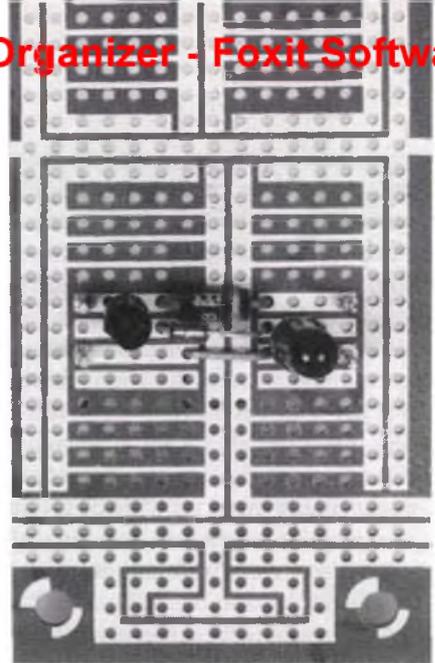


Figure 7 - Protection destinée à être branchée entre une batterie de voiture et un appareil.

de courant doivent être femelles et les parties sous tension inaccessibles. C'est le meilleur moyen d'éviter les accidents. Certains modèles représentés sur la photographie satisfont à cette exigence : la prise femelle de haut-parleur (au milieu) ou la prise de droite, prévue pour la tension du secteur et donc tout à fait apte à servir en très basse tension. Les autres sont spécifiques des appareils auxquels elles correspondent.

**mieux vaut prévenir que dépanner**

Avons-nous réussi à vous convaincre que quelques petits moyens faciles à mettre en œuvre pouvaient éviter de sérieux ennuis ? Lorsque vous expérimentez, soudez provisoirement à l'entrée "plus" de votre circuit une diode à l'anode de laquelle vous raccorderiez l'alimentation. Pour prévenir, prévoyez sur les appareils alimentés en continu de l'extérieur, une protection ou utilisez des connecteurs dissymétriques, toujours les mêmes : les connecteurs à pression pour piles de 9 V par exemple sont tout ce qu'il y a de pratique pour les petits montages.

886006

Figure 8 - Exemples de connecteurs à détrompeur.



Nous avons, à ELEX, une sorte de manie curieuse : inventer des versions électroniques d'appareils, principalement de mesure, qui existent depuis longtemps. Quand il s'agit de thermomètres, d'horloges, de minuteriers, l'électronique peut apporter un confort, une précision supplémentaires, ou des fonctions irréalisables par d'autres moyens. Cette fois-ci, nous nous attaquons à un sujet auquel l'électronique n'apporte pas de précision supplémentaire, ni de principe de mesure nouveau ; pour le sport, en quelque sorte. Au lieu d'envoyer l'apprenti maçon à la quincaillerie chercher une bulle de rechange, on pourra l'envoyer chercher des piles. Tout le monde connaît le niveau à bulle. Il ne s'agit pas d'une désignation fantaisiste du niveau logique bas. Nos recherches archéologiques n'ont pas pu montrer depuis quand il a pris la suite du fil à plomb, mais ce doit être un des outils les plus anciens. Quand l'homme des cavernes a perdu son nom en commençant à construire sa hutte puis sa maison, il n'a pas tardé à constater qu'il valait mieux que les murs soient verticaux ; en effet, il n'avait encore inventé ni le casque lourd, ni le SAMU, mais la loi de Murphy existait déjà avant lui : quand quelque chose peut aller de travers, ça va de travers.

Le premier fil à plomb n'était rien d'autre qu'un bout de ficelle lesté par un poids. La gravité, qui n'avait pas attendu Einstein

pour se manifester, maintenait la ficelle tendue parfaitement à la verticale les jours où le vent ne soufflait pas trop fort. Comme un appareil au point ne demande pas d'amélioration, le fil à plomb reste en usage aujourd'hui encore.

Le niveau à bulle, lui, n'a pas toujours été ce qu'il est. Au début, il s'agissait d'un bac en bois, long et étroit, rempli d'eau. Comme la surface de l'eau, toujours à cause de la gravité, est parfaitement horizontale, deux repères sur le bac suffisent pour vérifier s'il est horizontal lui aussi. Le principe est resté, mais le niveau à eau a changé. Le modèle en usage actuellement est constitué principalement par une règle en bois ou en métal avec, incorporé ou rapporté par-dessus, un tube transparent courbé. Ce tube est presque rempli d'huile ou d'alcool. Lorsqu'il est horizontal, la bulle d'air se trouve précisément entre deux repères gravés dans le verre ou la matière plastique du tube. Il faut naturellement que la position du tube soit parfaitement réglée par rapport au corps du niveau. Cette précision peut justifier le prix d'un bon niveau.

la bulle électronique

Si nous prenons un fil à plomb, que nous plaçons parallèlement à lui la branche verticale d'un « L », il est évident que l'autre branche sera parfaitement horizontale si la pre-

mière est exactement parallèle au fil à plomb et que les deux sont parfaitement perpendiculaires.

Notre niveau électronique fonctionne suivant ce principe, à cette différence près que le fil à plomb est remplacé par un pendule métallique. Pour limiter autant que possible les frottements qui pourraient entraver les mouvements du pendule, sa position est captée par un système optique composé d'une LED et de deux photorésistances (LDR). Toute l'astuce consiste à les monter de telle façon que les deux photorésistances reçoivent, quand la règle est verticale, exactement la même quantité de lumière de la LED. En pratique, la LED, munie d'un petit réflecteur, est montée sur le pendule ; les deux LDR sont disposées côte à côte de part et d'autre de la ligne verticale qui passe par le point d'articulation du pendule. C'est ce qu'illustre la figure 3.

Les deux LDR reçoivent la même quantité de lumière seulement si le pendule est vertical. Pour éviter les effets des sources de lumière parasite (le soleil en est une dans ce cas), l'ensemble optique est installé dans un logement opaque.



une sorte de fil à plomb au sulfure de cadmium

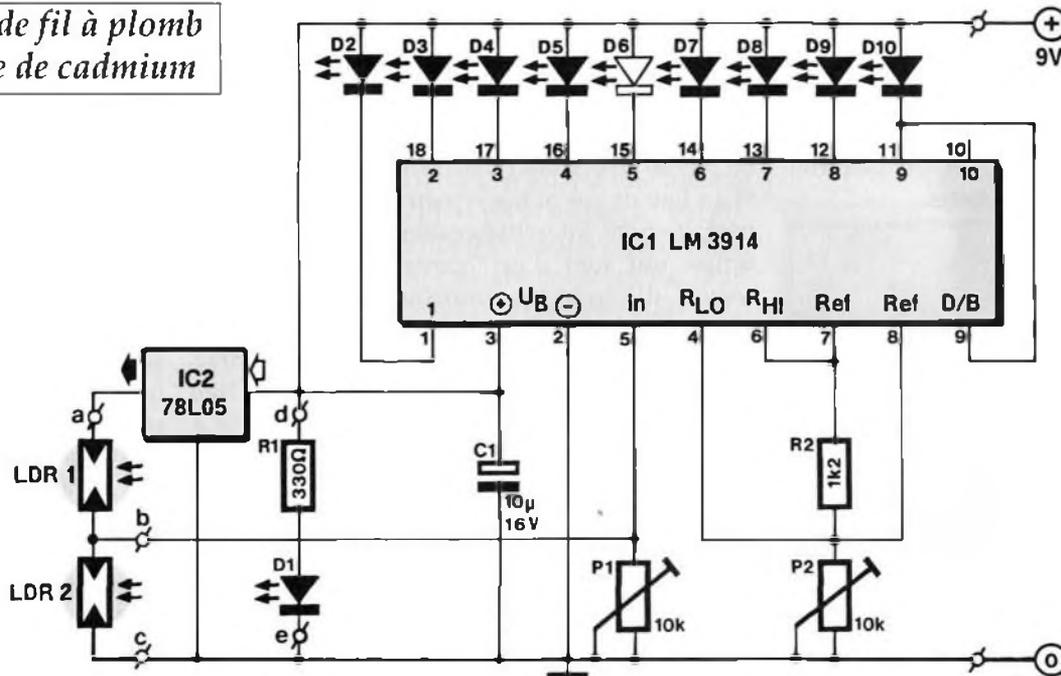


Figure 1 – Encore un détournement réussi : un circuit intégré spécialisé utilisé à tout autre chose que sa destination première.

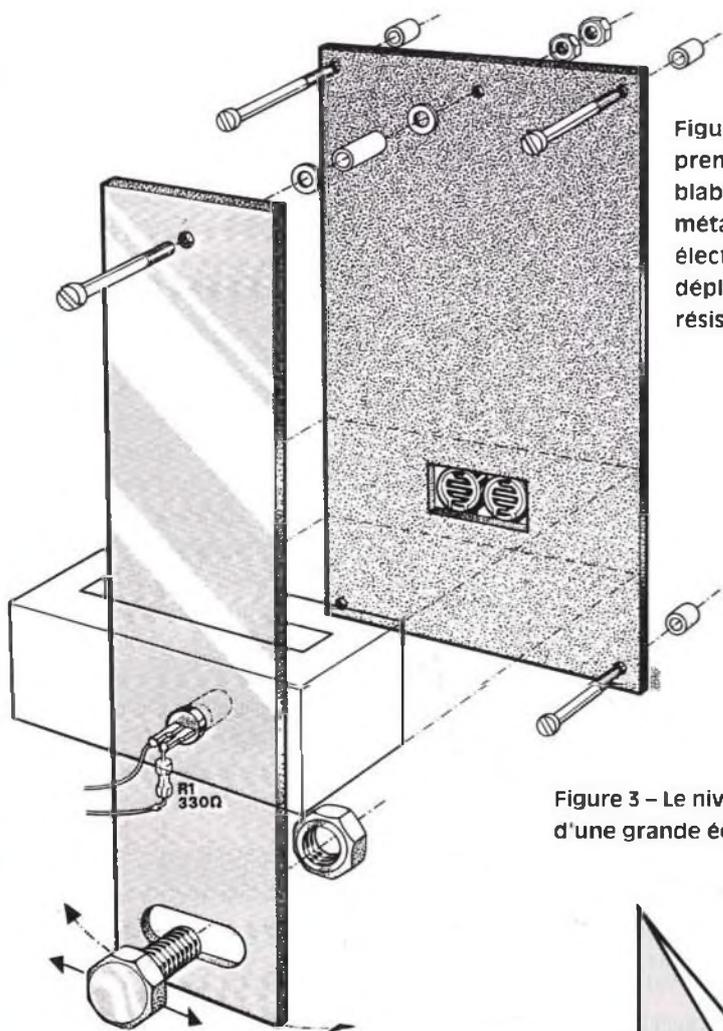


Figure 2 - La capteur peut prendre une forme semblable à celle-ci : un pendule métallique, muni d'une diode électroluminescente, qui se déplace devant deux photo-résistances.

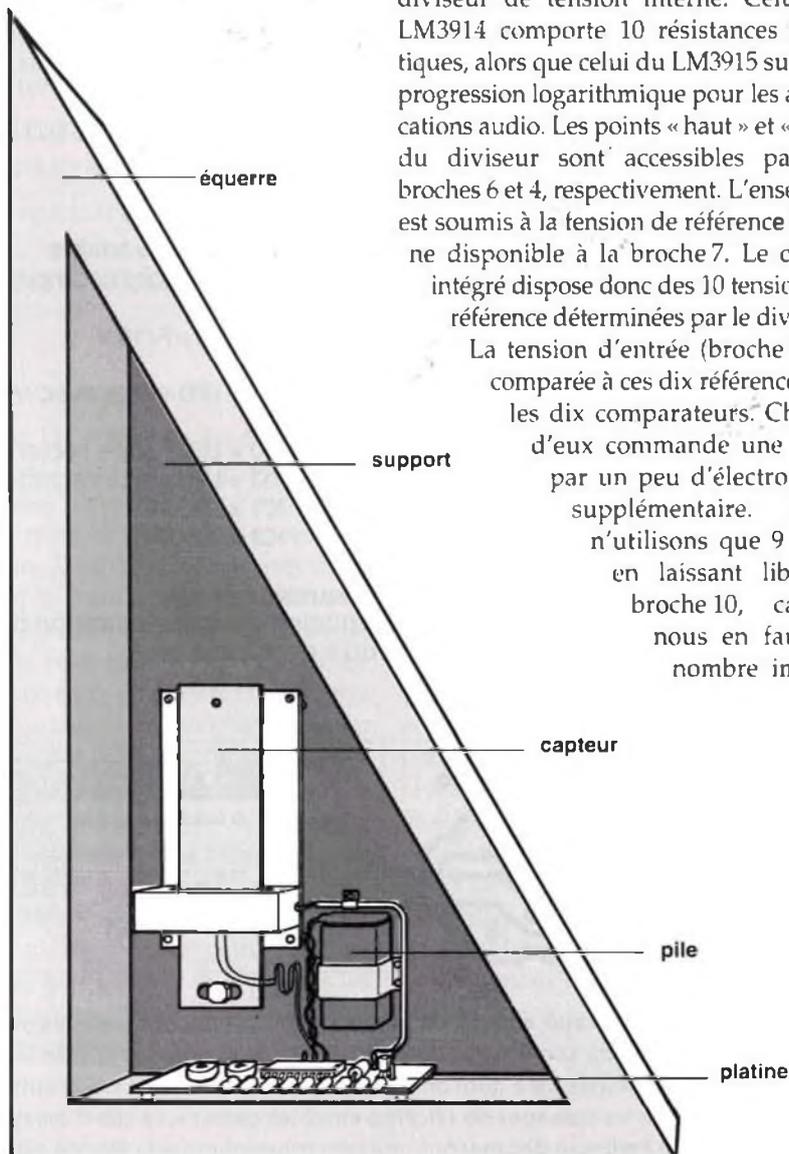
tension est exactement de 2,5 V, c'est la LED du milieu (D6) qui s'allume. Comme sa fonction est particulière (elle indique que le niveau est parfaitement horizontal), nous l'avons choisie de couleur verte alors que les autres sont rouges. Ainsi l'affichage du niveau électronique ressemble à celui du niveau à bulle. Sans le régulateur IC2, il faudrait recommencer l'étalonnage constamment pour compenser la décharge de la pile. L'étalonnage se fait au moyen de P1 et P2. L'électronique ne demande guère plus de commentaires puisque tout se tient dans le circuit intégré IC1. Nous allons nous y intéresser d'un peu plus près.

### incursion dans le circuit intégré

À peu de chose près, le LM3914 est identique au LM3915 que nous avons utilisé dans l'indicateur de puissance présenté ailleurs dans ce numéro. La différence tient à la progression des 10 étages du diviseur de tension interne. Celui du LM3914 comporte 10 résistances identiques, alors que celui du LM3915 suit une progression logarithmique pour les applications audio. Les points « haut » et « bas » du diviseur sont accessibles par les broches 6 et 4, respectivement. L'ensemble est soumis à la tension de référence interne disponible à la broche 7. Le circuit intégré dispose donc des 10 tensions de référence déterminées par le diviseur.

La tension d'entrée (broche 5) est comparée à ces dix références par les dix comparateurs. Chacun d'eux commande une LED, par un peu d'électronique supplémentaire. Nous n'utilisons que 9 LED, en laissant libre la broche 10, car il nous en faut un nombre impair.

Figure 3 - Le niveau entier prend la forme d'une grande équerre.



# électronique

## l'électronique

Voyons maintenant la contribution de l'électronique au fonctionnement de l'appareil. Un coup d'œil au schéma de la figure 1 vous montre que la partie électronique est beaucoup plus simple que la mécanique. Les deux photorésistances à gauche du schéma forment un diviseur de tension. Leur résistance est égale, en théorie, quand elles reçoivent la même quantité de lumière ; de ce fait, la tension à leur point commun est de 2,5 V, puisque le diviseur est soumis à la tension constante de 5 V délivrée par le régulateur IC2. La tension au point nodal du diviseur est appliquée au circuit intégré LM3914, qui contient toute l'électronique nécessaire pour commander un affichage par une rangée de LED, comme on en trouve sur les VUmètres d'appareils audio. Pour cette application, il est utilisé pour afficher un point et non une barre lumineuse. Au fur et à mesure de l'augmentation de la tension, le point lumineux se déplace vers la droite, c'est-à-dire de D2 vers D10. Si la

Le peu d'électronique supplémentaire détermine si l'affichage prend la forme d'un point ou d'une barre : si la broche 9 est portée au potentiel de la tension d'alimentation, le LM3914 affiche un point, une barre si elle est laissée en l'air.

### la construction

Les figures 2 et 3 montrent la conception mécanique du niveau. Le pendule est fait d'une lame d'aluminium de 2 ou 3 mm d'épaisseur. Il comporte dans le bas une lumière dans laquelle peut coulisser un boulon assez lourd (M8x15 par exemple). Un léger décalage de ce poids vers la droite ou vers la gauche permet d'étalonner grossièrement le niveau. Vous voyez aussi que la résistance R1 est montée directement sur la LED. Le raccordement se fait par deux fils multibrins aussi souples que possible, pour éviter de freiner le pendule. Le niveau est monté dans une grosse équerre en bois comme celle de la figure 3. Nous ne donnons pas d'indications plus détaillées car tout ce que vous pouvez imaginer est possible. La construction de la platine d'expérimentation de la figure 4 ou du circuit imprimé de la figure 5 ne pose pas de problème. Commencez par installer le support de circuit intégré à 18 broches et les ponts en fil. Le montage des LED dépend de la façon dont vous comptez installer l'ensemble dans l'équerre : leurs broches seront coudées si vous installez la platine à plat, droites si vous installez la platine verticalement. C'est cette dernière disposition qui est prévue pour le circuit imprimé. Il sera monté verticalement contre la paroi qui ferme le triangle, composants et LED vers la paroi, alors que les LDR, soudées côté cuivre, « regardent » vers l'intérieur ; les potentiomètres sont accessibles à travers le circuit imprimé, par deux trous supplémentaires. Le montage des LED demande un peu de soin : commencez par souder une

des broches en veillant à donner à toutes une longueur identique ; ensuite, corrigez l'alignement avant de souder la deuxième broche.

L'électronique et la mécanique terminées, il reste à passer à l'étalonnage.

### l'étalonnage

Posez le niveau sur une table, mettez sous tension : une seule LED doit s'allumer. Probablement pas la verte, mais ce n'est pas grave pour l'instant. Il faut maintenant mettre le niveau exactement à l'horizontale, avec un bon vieux niveau à bulle ou un fil à plomb. Pour cela, posez-le sur une planche que vous inclinerez plus ou moins, en glissant des morceaux de carton sous une extrémité. Cela fait, réglez grossièrement le pendule en déplaçant le boulon de façon à allumer la LED verte ou une de ses voisines.

Comme deux LDR ne sont jamais exactement identiques, comme la loi de Murphy fait que vous tomberez sur deux exem-

plaires très différents (ce qui ne se voit pas de l'extérieur), le potentiomètre P1 en parallèle sur LDR2 est prévu pour rétablir l'équilibre. Il faut l'amener dans une position telle que la LED verte s'allume ; en pratique, elle reste allumée pour une certaine plage, le curseur doit être placé au milieu de cette plage.

Le rôle de P2 est différent : il détermine la sensibilité du niveau, c'est-à-dire l'écart par rapport à la verticale qui provoquera l'extinction de la LED verte et l'allumage de la première LED rouge. Tout dépend de votre goût et de l'utilisation que vous comptez faire du niveau. Attention : le réglage de P2 influe sur celui de P1 et bilatéralement, si bien qu'il faudra un peu de patience et de doigté pour venir à bout de l'étalonnage.

Vous pouvez vous simplifier la tâche en remplaçant le petit capot qui doit protéger les LDR de la lumière ambiante par une deuxième cloison opaque qui fermera le montage par l'arrière.

86819

**Figure 4 – La réussite est garantie si vous faites de bonnes soudures. L'implantation des composants est assez simple pour ne pas poser de problème.**

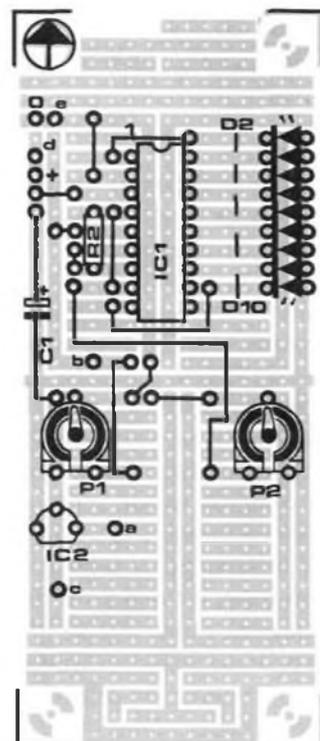
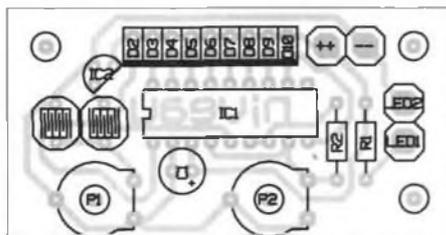
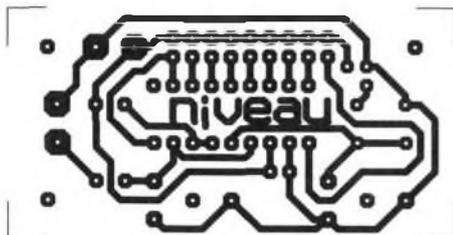
### liste des composants

R1 = 330 Ω  
R2 = 1,2 kΩ  
P1, P2 = 10 kΩ variable  
LDR1, LDR2 = photorésistances (LDR05, LDR07)

C1 = 10 μF/16 V

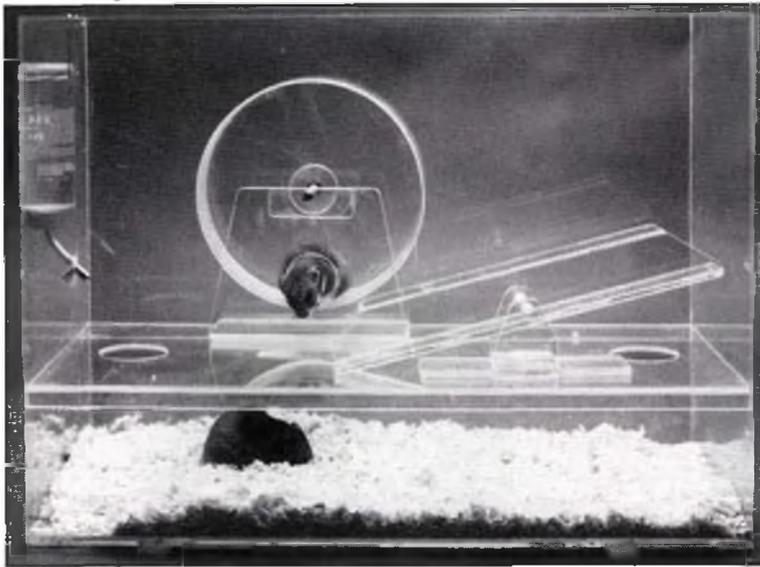
D1 = LED verte avec réflecteur  
D2 à D5,  
D7 à D10 = LED rouge rectangulaire  
D6 = LED verte rectangulaire  
IC1 = LM3914  
IC2 = 78L05

1 coupleur de pile  
1 platine d'expérimentation de format 1  
ou 1 circuit imprimé



**Figure 5 – Le circuit imprimé, comme de nombreux autres depuis quelques mois, n'est pas un ELEX pur jus. Pour distinguer les LAYO des ELEX presque à coup sûr, il suffit de vérifier s'il y a ou non des « prises au vol ». Les différentes normes n'autorisent que les pistes de pastille à pastille, ce à quoi on s'efforce dans les circuits LAYO. D'autre part, les ponts en fil y sont évités autant que possible, de même que les passages de « ficelles entre les pattes ». Le clin d'œil habituel manque sur ce circuit de très petites dimensions, si ce n'est à l'adresse des maçons, qui remarqueront que la platine est fixée par trois points.**

percer, scier, plier :



Pour qui désire travailler dans la transparence, le "plexi" c'est lumineux. Il permet d'enfermer des montages sans en rien celer. Pourquoi cacher les composants si leur implantation touche à l'œuvre d'art ? Si vos torons sont bien tournés et vos soudures apparentes impeccables, si vous êtes fier de votre travail, montrez-le ! Les résines thermoplastiques transparentes sont cependant chères : pour ne pas gaspiller, il est nécessaire de réussir son ouvrage du premier coup, c'est la raison de ces quelques conseils.

# le travail des matériaux poly-acryliques

Nous aurions pu dire *plexiglas* ou *altuglas*, noms déposés depuis 1948 et 1958, ou verre acrylique qui rappelle les propriétés optiques de ce matériaux que l'on classe aussi dans les verres organiques. C'est une résine thermoplastique, qui se laisse donc déformer à des températures relativement peu élevées. À partir de 120°C en effet, le plexiglas, puisque c'est sous ce nom qu'il est le plus connu, se ramollit. C'est une propriété intéressante pour qui veut en faire des coffrets ou des ustensiles de toutes sortes (figure 1). Les noms commerciaux du produit sont aussi nombreux que ses fabricants. À côté du plexiglas, de l'altuglas, on trouve les Delagan, Deglas, Perspex, etc. Les chimistes le connaissent sous celui, plus parlant (à leurs yeux

quand ils ne sont pas sourds) de polyméthacrylate de méthyle (PMAM ou PMMA, mais avec l'accent anglais). Quel que soit son nom, le verre acrylique, très résistant, vieillit plutôt bien ; c'est un bon isolant électrique, dur, relativement léger, qui se colle bien mais non sans problème. Il est aussi transparent que le verre et il n'y a pas de limites à sa coloration.

## usinage

Pour faire dans la transparence, il y a bien le verre, mais son travail est une affaire de spécialiste. S'il est "thermoplastique", c'est à des températures qui ne sont pas aisément accessibles à l'amateur. Son plus grand avan-

tage est son prix\*, mais bon, puisqu'il n'est ni tendre ni incassable, il faut se résoudre à payer assez (voire très) cher un produit plus malléable et moins fragile. Outre son prix, le plexiglas a le défaut de ses qualités : s'il se laisse facilement travailler, à la façon du bois\*\* ou du laiton, il est mauvais conducteur de la chaleur. Lorsqu'on le perce sans précautions, il s'échauffe localement, se ramollit, devient pâteux au voisinage du trou dans les bords duquel le foret finit par s'enfoncer sans discernement. Il se peut aussi, qu'à la fin, la plaque elle-même se fendille. Quelques recettes vont nous éviter ces désordres, la première étant, lorsqu'on a à faire à ce genre de matériaux, de lui conserver son feuillet de protection.

## perçage, taraudage

Partons du principe que vous ne possédez pas d'outillage spécialisé et que vous projetez de percer votre plastique avec les moyens du bord. C'est possible. Prenez un foret à métal en acier super rapide (HSS, le plexiglas use), neuf ou bien affûté, sans négliger aucune des précautions qui suivent : commencez par marquer le centre du trou avec une pointe à tracer, en tournant doucement plutôt qu'en frappant. Bloquez ensuite la plaque, posée de préférence sur un panneau d'aggloméré, puis percez à une vitesse comprise entre 100 et 500 tours/minute. Avancez de 2 à 3 mm, revenez en arrière, laissez refroidir, recommencez.

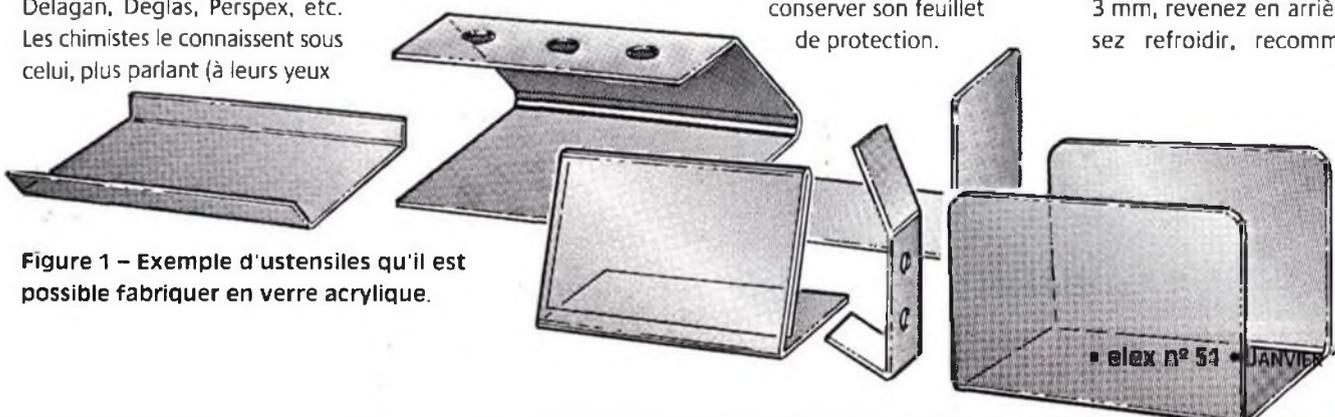
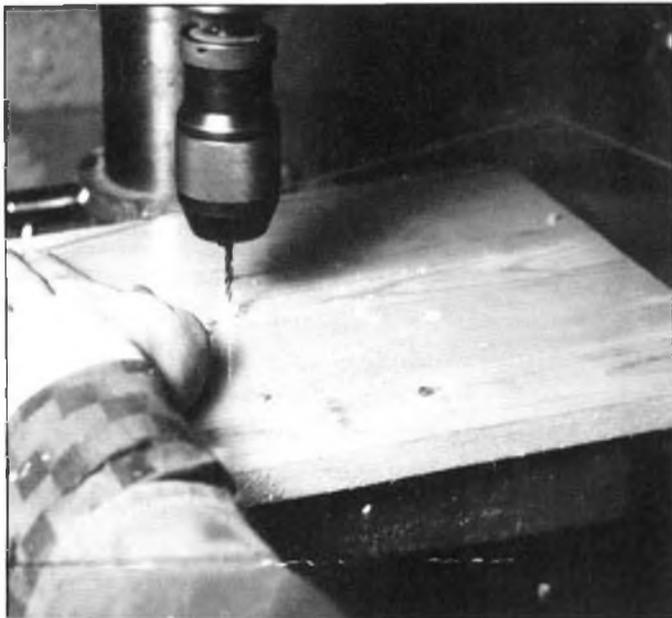


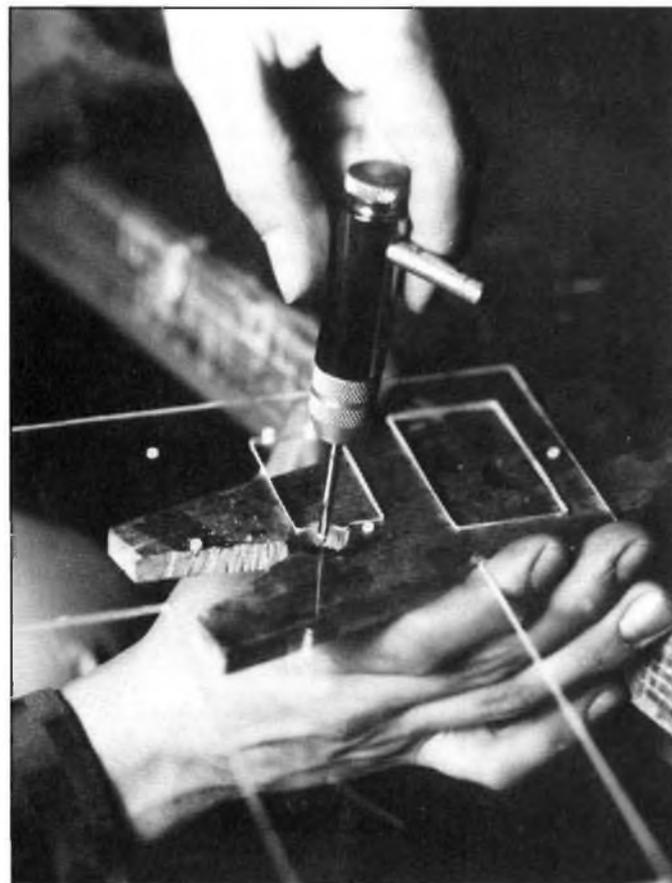
Figure 1 - Exemple d'ustensiles qu'il est possible fabriquer en verre acrylique.



Exercez toujours la même douce pression, sans vous hâter. L'élimination soigneuse des copeaux de l'outil et du trou, après chaque partie de l'opération, peut être suivie d'une durée plus ou moins longue qui permette le refroidissement. Pour les trous de quelque importance, il est bon de procéder par étapes. On creuse un avant-trou à 4 mm, que l'on agrandit à 7 mm, ensuite à 10 mm etc. Les professionnels percent à des vitesses de rotation

très rapides mais limitent l'avance.

Pour le taraudage (filetage des trous), on procède comme pour le métal, avec les mêmes outils. Les diamètres inférieurs à 8 mm se contentent d'un avant-trou. On creuse donc à 3,4 mm par exemple, puis on termine avec un taraud de 4 mm. L'essentiel est de bien nettoyer entre chaque passage, de façon qu'il ne reste aucun copeau.



### limer, tourner, fraiser, raboter

Limer, tout le monde sait le faire, plus ou moins bien. Dans le cas présent, il faut un outil au grain doux, voire très doux et l'on procède à longs traits. Tourner, fraiser, raboter sont déjà des activités moins courantes chez les amateurs, bien que nous comptons quelques mécaniciens parmi nos lecteurs. Pour le tournage, il suffit de savoir que l'on traite le plexiglas comme le laiton (angle de dépouille de 0 à 25 degrés). Pour le fraisage, un outil HSS ou une fraise au carbure conviennent. On pare à l'échauffement en enlevant au maximum 1,5 mm à chaque passe. Le rabotage enfin nécessite des lames de même qualité que celle des fraises, HSS ou carbure. Une remarque importante encore : lorsqu'on travaille le plexiglas, on le fixe bien sûr mais en le protégeant des mors du mandrin ou des mâchoires de l'étau avec du feutre ou un chiffon doux qui lui évite les rayures.

### scier, poncer, polir, meuler

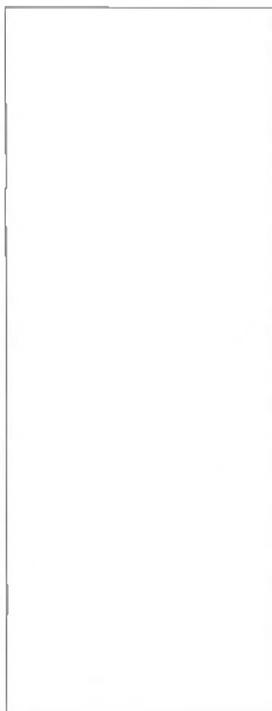
Scier proprement le plexiglas n'est pas une mince affaire et peut poser, même aux professionnels, quelques problèmes, d'affûtage entre autres. En principe, n'importe quelle lame convient si ses dents sont petites, nombreuses et sans avoyage\*\*. Si vous travaillez à la machine, prenez de préférence une lame dite "multiusages" à pastilles de carbure rapportées (60 à 80 dents). Il est possible, si vous sciez à la main, qu'après le passage de la lame, les bords aient une fâcheuse tendance à se ressouder. La température s'élève assez rapidement pour les faire fondre. Comment l'éviter ? Assez simplement, en recouvrant, avant de scier, la ligne de coupe avec un ruban adhésif (transparent !) de faible épaisseur, de chaque côté de la pièce. C'est un truc que les professionnels n'utilisent évidemment pas, puisqu'ils découpent de très grandes longueurs, soit à la scie sauteuse, avec des lames



\* Entre 300 F et 600 F le mètre carré suivant les épaisseurs, les quantités achetées, les fournisseurs...

\*\* Le bois d'arbre ordinaire, pas le bois d'arbre supérieur qui, comme le dit l'Encyclopaedia marchepus « est taillé dans les branches du dessus ».

\*\*\* L'avoyage d'une scie est la torsion de ses dents, alternativement à droite et à gauche, qui peut se faire à la main avec un "tourne-à-gauche" pour lui donner de la "voie".



Δ travailler le plexiglas

de 3 mm d'épaisseur, soit à la scie circulaire. Se posent alors des problèmes d'écaillage dont un défaut d'affûtage peut être la cause.

Le ponçage est un art en soi, que viennent compliquer ici les qualités thermiques du matériau. On y procède manuellement ou avec une machine, à sec avec du papier de 80, 120 et

240, puis en mouillant, à 320, 400 et 500 (si vous savez poncer une carrosserie de voiture, c'est à peu près la même chose). Le ponçage mécanique permet éventuellement de sauter l'une ou l'autre étape. On polit ensuite une fois que l'on a poncé à 500, à la main ou à la machine. Pour le travail à la main, on utilise une pâte à polir spéciale et du coton ou un chiffon doux, il est cependant plus facile d'utiliser, avec une cire spéciale éventuellement, les accessoires de polissage et de lustrage d'une perceuse.

### collage

Les résines poly-acryliques se collent tout à fait bien, si l'on en a l'expérience. Pour des collages en surface, le chloroforme, le dichloréthylène, l'acide acétique cristallisable (glacial) sont particulièrement bien indiqués mais non forcément sans danger pour l'utilisateur ou difficiles à se procurer. Il existe toutefois des colles spécifiques (telles qu'Altufix) qui dissolvent les surfaces en présence, leur permettant d'adhérer l'une à l'autre après

séchage. Les temps de séchage, qui peuvent être longs (dépasser deux heures) sont fonction des produits utilisés et se déterminent expérimentalement s'ils ne sont pas indiqués par le fournisseur. La solidité de la soudure en dépend.

Quelques trucs pour travailler proprement : en recouvrant de ruban adhésif les parties voisines

de la zone à encoller, il sera possible, après séchage, d'éliminer les bavures. On les découpe et elles viennent avec le ruban lorsqu'on l'arrache. On améliore encore le collage en taillant en biseau les surfaces de contact ainsi que le montre la figure 2. La colle ou le solvant est alors introduit dans la rigole formée par les deux pièces.



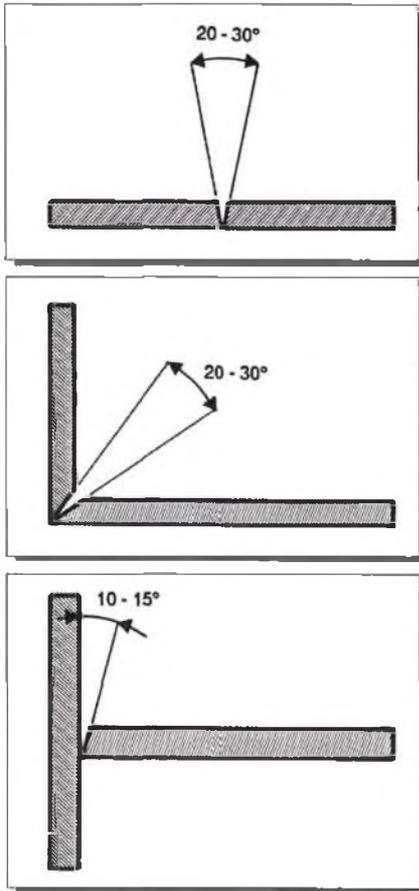


Figure 2 – La préparation des surfaces à coller permet de cacher les coutures sans nuire à la solidité de l'assemblage.

## thermoformage

Nous avons vu les aspects les plus gênants des propriétés thermo-plastiques de la résine acrylique, il est temps d'en voir les avantages, c'est-à-dire les déformations intéressantes du matériaux que permet la chaleur. Les sources de chaleur utilisables sont aussi variées que résistance électrique de radiateur, de plaque de cuisson, de four ou de gril. Une lampe à infrarouges ou le courant d'air brûlant d'un sèche-cheveux un peu amélioré sont moins précis. Il faut que la résine devienne assez molle (entre 165°C et 175°C, quelquefois moins). On commence par délimiter la zone de pliage (1 cm à 2 cm de chaque côté du sommet de l'angle) en protégeant les zones voisines avec de l'amiante ou tout autre isolant (les professionnels disposent leur résistance de chauffe entre deux tubes de refroidissement alimentés en eau dont ils peuvent varier l'écartement). On plie ensuite la plaque suivant la ligne de chauffe, soit en prenant simplement appui sur le bord d'une table, soit en utilisant un gabarit, pour des travaux réclamant plus de précision (figure 3). Une fois refroidi aux environs de 80°C, le verre acrylique conserve la forme qui lui a été imposée.

Dans de nombreux cas, une seule pièce en U suffit pour fabriquer le coffret qui contiendra par exemple un bloc d'expérimentation alimenté sous un maximum de 40 V. Si l'on désire un boîtier en deux parties, on commence par l'élément en forme de U le plus extérieur. Le pliage de cette partie effectué donne la mesure du U intérieur, que l'on ne décou-

Figure 3 – On plie une plaque de plexiglas après l'avoir suffisamment chauffée, soit simplement, sur le bord d'une table, soit sur une forme.

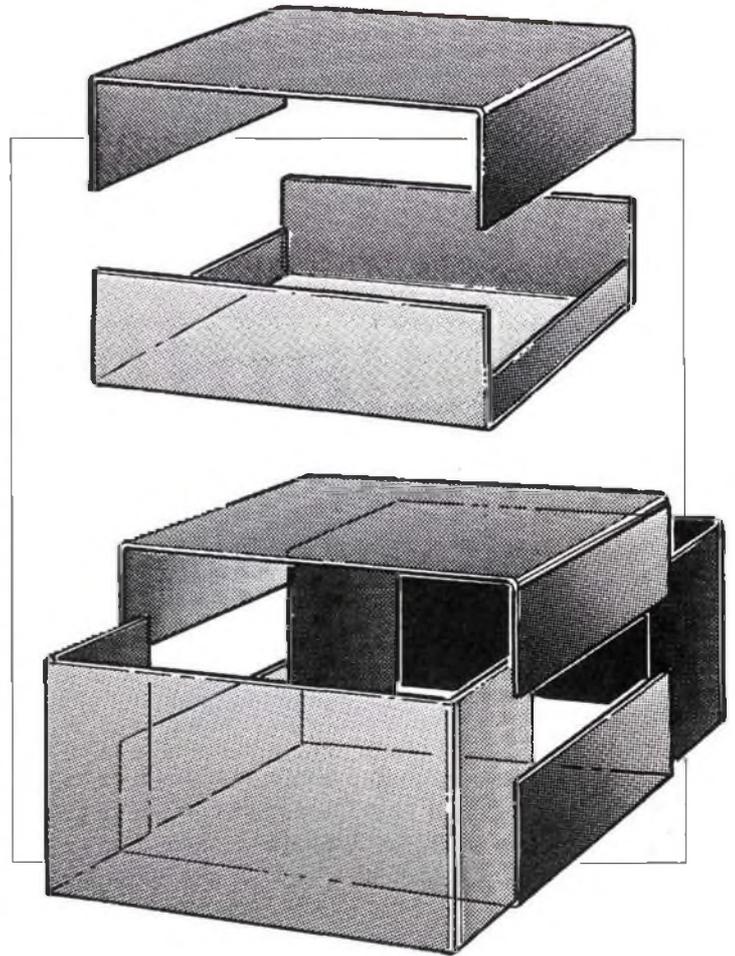
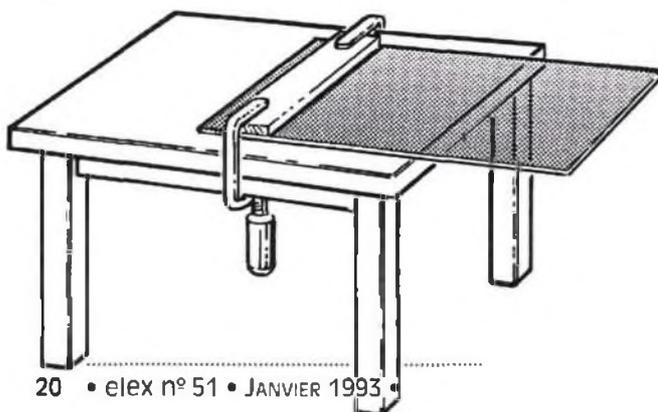
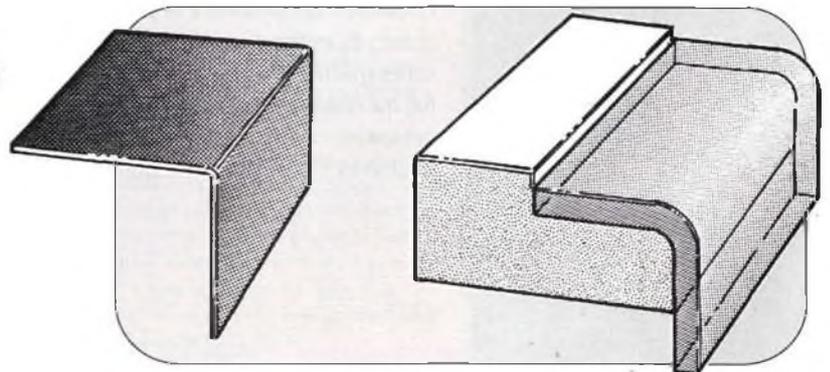


Figure 4 – Exemples de "boîtiers pour électronique" constitués de deux ou quatre plaques pliées en forme de U. On prépare déjà la plaque la plus externe avant de découper les autres.

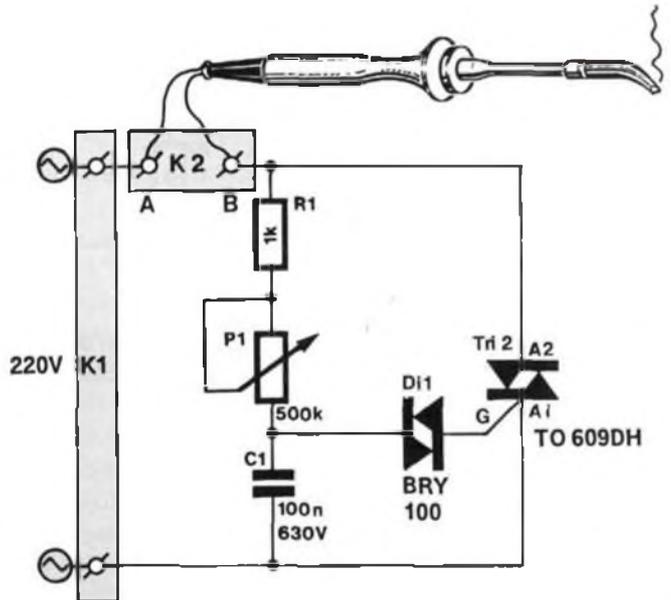
pe qu'à ce moment-là. Pour visser solidement les deux pièces ensemble, on complète le U intérieur par deux petits panneaux, collés sur chacun de ses côtés ouverts, qui accroissent la robustesse de la boîte. On procède de la même manière, en commençant par l'élément le plus extérieur, lorsqu'on veut un coffret en quatre parties (figure 4). Une fois le meuble achevé, il faut penser à son entretien, puisqu'il a la désagréable propriété de se charger électriquement, ce qui attire la poussière. Pour dépoussiérer : de l'eau tiède savonneuse,

c'est ce qui convient le mieux à ces matériaux, un chiffon doux ou une éponge pour frotter et un linge sec, pas trop rugueux pour essuyer après un bon rinçage à l'eau claire. Dans les cas désespérés, les taches grasses d'une certaine épaisseur par exemple partiront à l'alcool (à brûler) répandu parcimonieusement sur un chiffon. En principe toutefois l'alcool est à bannir de ces surfaces, surtout si l'on a la main lourde, le coffret y perdrait son bel aspect.

87646



*S'il est un outil indispensable à l'électronicien, c'est bien le fer à souder. En choisir un modèle équipé d'une régulation de température, n'est pas du luxe : certains composants risquent même de lui en être reconnaissants. Il ne faut donc pas hésiter à y mettre le prix. Vous rechignez à faire un tel investissement parce que votre budget est serré ou que ce poste n'est pas prioritaire : le présent montage vous dépannera, en attendant...*



## réglage de chauffe pour fer à souder

entre demi et pleine puissance

Pour « vendre » un tel accessoire, les arguments sérieux ne manquent pas. Pour commencer, la panne d'un fer thermostaté a une espérance de vie beaucoup plus longue que celle d'un fer qui chauffe continuellement à pleine puissance. Si, pour ménager sa panne, vous débranchez votre fer entre deux soudures un peu éloignées dans le temps, vous devez attendre à chaque remise sous tension qu'il retrouve la "bonne" température : l'impatience aidant, les premières soudures ont des chances d'être ratées, collées par exemple. Le plus grand avantage d'un fer thermostaté reste cependant qu'il fait courir de moins grands

risques aux semi-conducteurs. Si les fabricants de composants donnent des consignes de soudage dans leurs notices d'utilisation – durée de chauffage et température correspondante – ce n'est pas pour rien. N'était leur prix relativement élevé – les bons outils sont rarement bon marché – de tels postes à souder n'auraient de main de maître fait bien sûr de l'aussi bon travail, puisque l'outil vaut ce que vaut son utilisateur (ou l'expérience d'icelui). Il n'est néanmoins pas défendu de le perfectionner, surtout si, comme ici, un peu d'électronique ainsi qu'un maigre investissement, en matériel et en temps, permettent un réglage de chauffe entre demi et pleine puissance.

Figure 1 – Pour maintenir le chauffage de la panne entre certaines limites, on retarde l'allumage d'un triac de 10 à 90°. Attention, ce montage de dépannage n'est pas antiparasité.

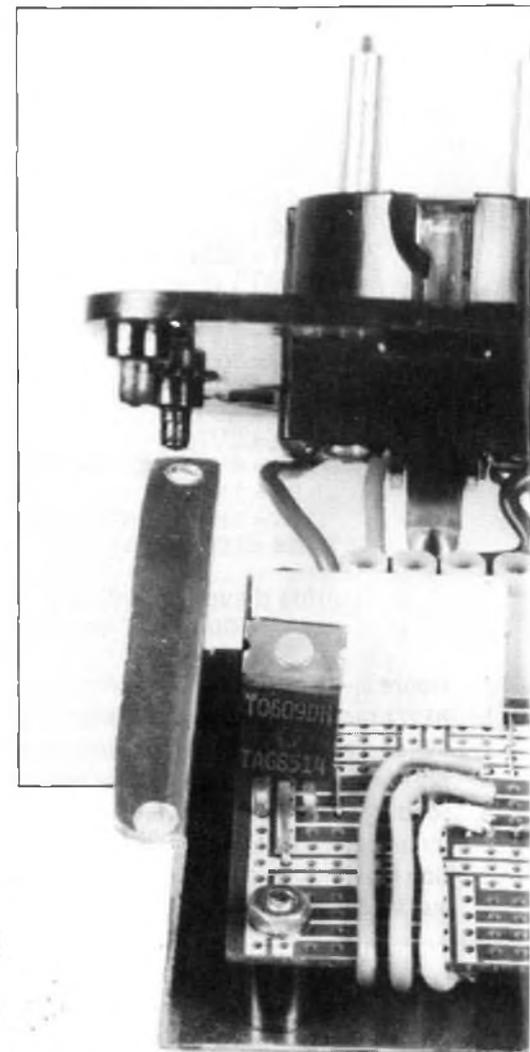
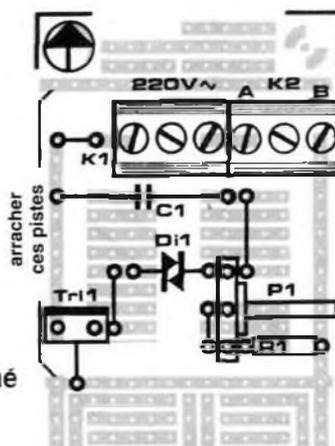


Figure 2 – Les mesures de sécurité à prendre sont celles auxquelles oblige la très grande proximité du secteur. Pour éviter l'amorçage d'un arc entre deux pistes voisines véhiculant la tension du secteur, il est bon de les isoler par des "blancs" dépourvus de cuivre. Ne soudez pas de fils d'arrivée ou de départ directement sur le circuit : utilisez des borniers.

### liste des composants

- R1 = 1 kΩ
- P1 = 250 kΩ
- C1 = 150 nF/630 V
- Di1 = diac DB3 ou BRY100
- Tri1 = triac TO 609DH

K1, K2 = bornier à vis pour circuit imprimé  
coffret secteur à prise moulée  
Platine d'expérimentation de format 1



## cinq composants

Cinq composants en tout et pour tout, c'est ce que le montage nécessite (figure 1). On peut même lui trouver d'autres applications que celle de régler le chauffage d'un fer à souder. La façon dont il fonctionne est identique à celle d'un "gradateur" d'éclairage (*dimmer*). Rien n'empêche de l'utiliser comme "abat-jour" d'une lampe à incandescence par exemple. L'essentiel est que la puissance du dispositif commandé soit comprise entre 8 et 100 W. Son principe est on ne peut plus simple. Le fer, puisque c'est pour lui que nous l'avons prévu, est relié au montage contenu dans un coffret "secteur" avec prise moulée (de préférence), en série avec le triac (Tri1). A chaque alternance du secteur, positive comme négative, le condensateur C1 se charge, à travers R1 et P1, jusqu'à ce que la tension à ses bornes atteigne environ 30 V, tension de déclenchement du diac. Celui-ci conduit alors, de sorte que la gâchette du triac reçoit une impulsion qui le déclenche à son tour. Le triac ne conduit que tant que le courant qui le traverse est supérieur à son courant de maintien. Il se ferme donc au passage du courant chaque fois que celui-ci s'annule pour changer de sens, à la fin de chaque demi-période. L'alternance négative commence alors, le condensateur se charge dans l'autre sens et nous avons le même phénomène, puisqu'il n'importe pas au diac, non polarisé, que la tension à ses bornes soit positive ou négative. Comment s'opère le réglage de la température de la panne à proprement parler? Pour dire les choses simplement, il s'agit de laisser passer plus ou moins longtemps le courant pendant chaque demi-période. On joue sur la valeur efficace du courant qui traverse la charge ou, plus précisément sur l'angle d'amorçage du triac. Expliquons-nous: la tension du secteur est sinusoïdale, comme vous le savez et sa fré-

quence est de 50 Hz. Prenons-la au début d'une alternance positive: le condensateur C1 se charge par l'intermédiaire de la résistance du fer, de R1 et de P1 jusqu'à la tension de déclenchement du diac. La vitesse à laquelle cette charge s'opère est fonction de la position de P1. Plus grande est la résistance, plus lente est la charge du condensateur. Le fer n'a, pendant ce temps-là, qu'une partie négligeable de la tension du secteur à ses bornes tandis que le courant qui le traverse est limité par R1 et P1. Le diac ne se débloque que lorsque le condensateur est chargé à 30 V. Une fois le diac débloqué, le condensateur se décharge et provoque l'amorçage du triac. Pendant cette opération, la tension du secteur a augmenté: elle est en avance sur celle qui règne aux bornes du condensateur. Si la résistance de P1 est maximale, le triac ne laisse passer le courant que pendant une partie minimale de l'alternance. Avec les composants que nous avons choisis, l'amorçage du triac n'a lieu qu'un peu avant que la tension du secteur ait atteint sa valeur crête (90°). Le fer à souder n'a donc à ses bornes la tension du secteur que pendant la demi-alternance qui reste. Nous avons obtenu ce que nous recherchions: si P1 ralentit au maximum la charge du condensateur, le fer est un peu moins chaud. Dans le cas contraire, lorsque P1 est au minimum, la charge du condensateur est assez rapide pour que la sinusoïde ne soit pratiquement pas grignotée, de sorte que le fer chauffe à pleine puissance. Comme nous le disions plus haut, le même phénomène se reproduit lors de l'alternance négative, puisque le diac et le triac sont indifférents au sens de passage du courant.

### fabrication et mise en service

Le dispositif fonctionne directement sur le secteur, ce qui oblige à prendre les précautions habituelles. Il est indispensable, pour commencer, d'arracher certaines pistes de façon à isoler suffisamment celles qui véhiculent la tension du secteur afin d'éviter entre elles l'amorçage d'un arc électrique (figure 2). Ne pas souder les fils d'arrivée ou de départ directement sur la platine, il faut impérativement utiliser des borniers à vis pour circuit imprimé (ou un type de connecteur équivalent). Dans le même ordre d'idées, il est exclu que l'axe du potentiomètre soit métallique.

# elex-abc

## diac

"Diac" est l'acronyme de Diode Alternating Current. C'est donc une sorte de double diode qui ne conduit que lorsque la tension à ses bornes dépasse une certaine valeur (en général 30V). Ce conducteur occasionnel ne le reste que si le courant qui le traverse est supérieur à un minimum dit "courant de maintien". Le sens du courant lui est indifférent puisqu'il est symétrique. Lorsque le diac est passant la tension à ses bornes retombe.

## triac

On peut parler du triac comme d'un relais statique, puisqu'il ferme un circuit (relais), sans pièce mobile (statique). Une tension de gâchette, ou une impulsion de courant (positive ou négative) relativement très petite sur celle-ci, commande l'ouverture au passage d'un courant qui peut être considérable. Ce courant de charge continue de circuler une fois que le triac est déclenché (passant), même en l'absence de courant ou de tension de gâchette, tant que son intensité reste supérieure à un minimum dit "courant de maintien". Un triac permet de commander l'alimentation d'une charge aussi bien en continu qu'en alternatif. Si le courant qui le traverse est continu et supérieur à son courant de maintien, il n'y a aucune chance que le triac se bloque. S'il est alternatif, le blocage a lieu lorsqu'il descend au-dessous du courant de maintien. Dans ce cas, une nouvelle impulsion de gâchette est nécessaire pour le redéclencher.

Dans le meilleur des cas le montage devrait être contenu dans un "coffret" secteur à prise moulée, muni d'un socle femelle pour l'insertion du fer. Nous en avons découvert au dernier salon Expotronic, ce qui veut dire qu'ils existent en France. Si votre détaillant n'en a pas en stock, vous trouverez certainement une autre solution. Dans tous les cas, percez un trou qui laisse le passage à l'axe du potentiomètre - à l'axe, pas à sa fixation: aucune partie métallique telle que vis ou écrou ne doit être accessible de l'extérieur de la boîte. C'est fini? Avez-vous câblé le potentiomètre de telle façon qu'en tournant son bouton dans le sens des aiguilles d'une montre le fer chauffe plus? Si oui, tout est parfait... À moins que... vous ne trouviez que le circuit parasite trop le secteur. Il s'agit d'un montage de dépannage. Nous reviendrons un jour sur les problèmes qu'il peut poser.

886035

Un précédent numéro d'ELEX décrivait un commutateur électronique à huit voies ou plus, un rien encombrant pour de petites applications. Le présent montage ne comporte qu'une sortie et deux touches à effleurement qui remplacent avantageusement un interrupteur à bascule.

# TÉLÉRUPTEUR

## À TOUCHES SENSITIVES

COMMANDE UN RELAIS DU BOUT DU DOIGT

En règle générale, un circuit de commande électronique à relais comporte... oui, oui, un relais (le plus souvent électromécanique) piloté par un transistor. Le transistor fonctionne en commutation sous l'effet d'un courant variable, s'il est bipolaire, d'une tension, s'il est à effet de champ. D'où provient la variation, dépend des objectifs du circuit. S'il s'agit d'un circuit de régulation de température, les ordres sont donnés par un composant sensible aux variations de la température, une thermistance par exemple. Dans ce cas, la commande du relais est "automatique", l'opérateur est électronique. Il arrive cependant que l'on désire faire coller un relais "à la main" : lorsque l'on veut commander

l'ouverture ou la fermeture d'un circuit (de puissance) éloigné, avec une puissance très faible, ou éviter l'emploi d'un commutateur encombrant pour une face avant. On appelle dans ce cas le dispositif "télérupteur", puisque sa fonction est celle d'un interrupteur commandé à distance.

### fonctionnement

Les contacts du relais, dessinés en haut et à droite de la figure 1, ouvrent et ferment le circuit d'alimentation de l'appareil que l'on veut commander. Lorsqu'un courant continu traverse sa bobine, son noyau, sous l'effet du champ électromagnétique qui en résulte, mobilise une armature qui ferme

ses contacts, puisque nous avons choisi ici un relais "à fermeture". La circulation du courant est elle-même gouvernée par un relais statique (il ne met pas de pièce en mouvement), le transistor T3 qui fonctionne en commutation. Ce composant laisse ou non passer le courant suivant la différence de tension qui règne entre sa base et son émetteur. Si cette différence de tension est de 0,6 V ou plus, le courant circule de son collecteur vers son émetteur (c'est un NPN), de sorte que la bobine du relais est suffisamment alimentée pour que celui-ci passe en position de travail. Pour une tension de base inférieure à 0,6 V, le transistor se bloque et le relais se met au repos.

Lorsque la différence de tension entre la base et l'émetteur est suffisante, un courant (très petit relativement au courant de collecteur) traverse la jonction. Ce courant de base, qui fait commuter le transistor, lui est fourni par une bascule bistable.

Celle-ci n'est pas tout à fait classique, puisqu'elle comporte trois transistors au lieu des deux habituellement utilisés : le transistor de commande du relais en

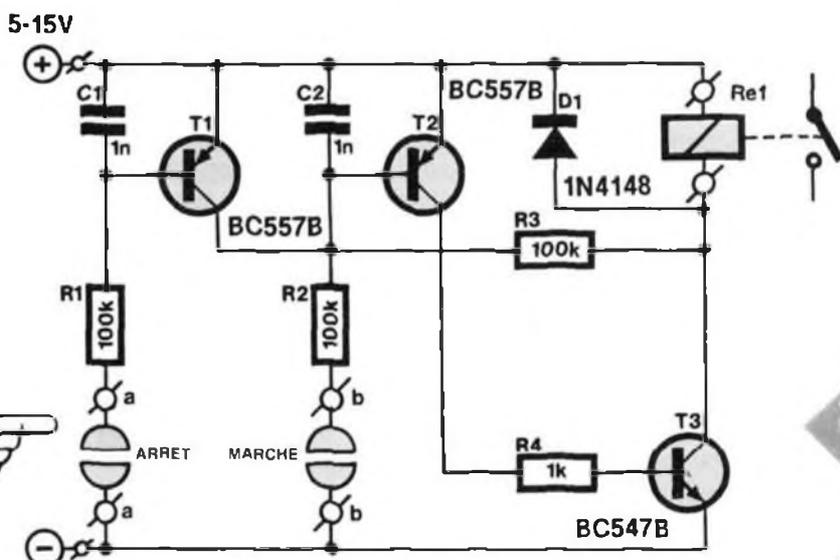
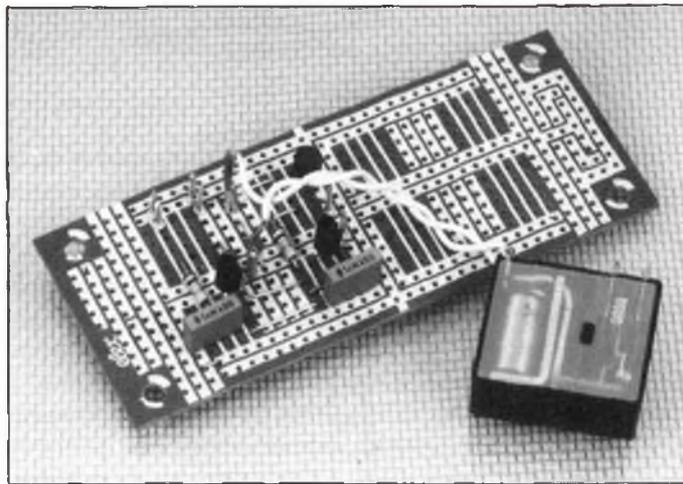


Figure 1 - La commande du relais s'effectue au doigt sur les touches marquées "marche" ou "arrêt". L'ordre donné par le doigt, qui autorise le passage d'un courant, même très petit, est relayé par les transistors T1 et T2 auxquels T3 obéit, dans un cas pour se bloquer, dans l'autre pour laisser passer le courant qui alimente la bobine du relais électromagnétique.

fait en effet partie. Les touches sensibles, dont le rôle est évident, contribuent aussi à son originalité. Le fonctionnement du circuit n'est compréhensible que si l'on garde présent à l'esprit que T1 et T2 sont des transistors PNP alors que T3 est un NPN : ils travaillent avec des tensions de signe opposé. Si nous laissons de côté la façon dont les collecteurs de T1 et T2 sont câblés, il est clair que ces transistors conduisent, l'un lorsque la touche "a" est fermée, même transitoirement, l'autre lorsque c'est la touche "b". Leurs bases sont alors reliées au pôle moins de l'alimentation, par l'intermédiaire des résistances R1 ou R2, suivant les cas. Le circuit a d'autre part été conçu de telle façon que les transistors ne puissent pas conduire simultanément, conséquence du fait qu'ils forment avec T3 une bascule.

Voyons les choses en détail en supposant, pour commencer, que le circuit est en position "marche". Ceci veut dire que T3 conduit : la tension entre son émetteur et son collecteur est pratiquement nulle. Si T3 conduit, sa base est alimentée par T2. Ce dernier transistor est aussi passant, puisque sa base est reliée par l'intermédiaire de R3 (et T3 qui fait quasiment court-circuit) au pôle moins de l'alimentation. Le collecteur de T1 est bien sûr au même potentiel, bien que ce transistor ne conduise pas, puisque sa base est pratiquement en l'air (en continu, le condensateur C1 se comporte comme un coupe-circuit). Pour résumer, nous pouvons dire qu'en l'absence de C1, T1 et R1, le circuit, en position "marche" est dans un état stable : la conduction de T3 entraîne celle de T2, puisque le premier transistor, par l'intermédiaire de R3, maintient la liaison entre la base du second et le pôle moins de l'alimentation. Réciproquement, si T2 est passant, il relie la base de T3 au pôle plus de l'alimentation, par l'intermédiaire de R4. Les deux transistors se maintiennent réciproquement passants et la situation n'évolue plus.

Pour que cette stabilité cesse, il faudrait que la différence de tension entre la base et l'émetteur de l'un ou de l'autre transistor soit réduite, même de façon fugitive, à moins de 0,6 V – par un court-circuit

base-émetteur par exemple. C'est là que T1 intervient. Si ce transistor conduit, il ramène la différence de tension entre la base et l'émetteur de T2 à presque rien. Encore faut-il qu'il conduise. Vous voyez comment ? C'est facile, on court-circuite avec le doigt – c'est un court-circuit un peu "long" mais suffisant – les deux bords de la touche marquée "arrêt". Cette opération – digitale\*, c'est le moment de le dire – relie, via R1, la base de T1 au pôle moins de l'alimentation. Puisque T1 conduit, son collecteur, au même potentiel que la base de T2, est quasiment en court-circuit avec son émetteur. Comme les émetteurs de T1 et T2 sont reliés au pôle plus de l'alimentation, T2 se bloque entraînant le blocage de T3, donc l'ouverture du relais qui n'est plus alimenté.

Posons le doigt sur la touche "marche" pour que l'opération inverse ait lieu : on relie ainsi la base de T2 au moins de l'ali-

mentation, via R2 et le bout du doigt. Ce transistor conduit, sa conduction entraînant celle de T1 donc la fermeture du relais (suite plus haut).

Pour terminer, un mot sur les événements qui se produisent à la mise sous tension du circuit : à cet instant précis, la tension aux bornes des condensateurs C1 et C2 est nulle. Les bases des transistors T1 et T2 sont donc au potentiel du pôle plus de l'alimentation de sorte qu'en bons PNP ils restent bloqués. Si T2 est bloqué, T3 ne peut pas conduire et le relais ne bouge pas.

### construction

La simplicité du schéma ne nous a pas encouragés à vous proposer un circuit imprimé, nous n'avons câblé que sur une platine d'expérimentation (figure 2). Le circuit imprimé d'un tel accessoire est en outre fonction de la place que laisse le montage dans lequel on désire l'intégrer. N'oubliez jamais de câbler aux bornes de la bobine du relais la diode de roue libre D1. En son absence, T3 risque de ne se bloquer qu'une fois, puisqu'à ce moment-là le transistor de commande a, à ses bornes, la tension d'induction élevée que la variation de flux magnétique engendre dans la bobine lorsqu'on fait varier brutalement le courant qui la traverse.

À propos de tension, il nous faut dire deux mots sur l'alimentation : entre 5 et 15 V l'on sur le schéma, suivant le relais utilisé. Le choix de la tension dépend de sa sensibilité et de la résistance de sa bobine au courant continu. Vérifiez à l'usage que T3 ne chauffe pas trop. Vous limiterez d'ailleurs la puissance dissipée par ce transistor en choisissant la tension la plus basse à laquelle la réponse du relais est encore correcte. Reste un petit problème mécanique à régler.

Quelles touches en effet pour ce montage ? Il est possible de se les fabriquer en modifiant des fiches RCA ou CINCH, comme on en utilise en audio. On en scie la broche centrale au ras du blindage périphérique ; on ajuste éventuellement à la lime sans oublier d'ébavurer soigneusement. Fixés à l'intérieur d'un boîtier, ne dépassant que ce qu'il faut, ces touches dureront, et pour un prix dérisoire, plus longtemps que le plus fiable de vos appareils. 886010

### liste des composants

R1, R2, R3 = 100 kΩ  
R4 = 1 kΩ

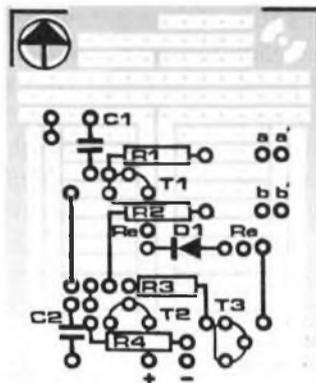
C1, C2 = 1 nF

T1, T2 = BC557B  
T3 = BC547B  
D1 = 1N4148

Re1 = relais (voir le texte)

Platine d'expérimentation de format 1

Figure 2 – C'est le genre de platine qu'il faut câbler pour procéder à des essais. On lui donne ensuite une forme plus compacte, ou on dessine le circuit imprimé qui convient le mieux à l'application dans laquelle l'accessoire est placé.



\* Nous aurions dû dire "numérique" pour donner un coup de pouce à ce mot comme le suggère l'Absurdictionnaire des principaux termes du jargon informatique de François J. Bayard (Alliage, 78 route de Saint Pierre de Féric – 06000 Nice).

chaque type de transistors, qu'un montage universel. Pour les JFET à canal P, le changement consiste à retourner tous les composants polarisés. Il suffit donc de souder les diodes D1 à D5 ainsi que les connecteurs de la pile dans l'autre sens, le support de test et les broches du transistor gardant la même place.

Pour les MOSFET, la figure 5 montre comment modifier le circuit de base. Lorsque S2 est fermé, une tension

positive, réglable avec P1, s'établit sur la grille du transistor. Le courant de drain est fonction de cette tension de grille et des caractéristiques du composant. En l'absence de courant de fuite, donc si le MOSFET est sain, l'ouverture de S2 ne modifie pas la tension de grille : le courant de drain reste égal à lui-même. Le circuit de la figure 5 permet de tester tous les FET à enrichissement, comme le BS170 dont la caractéristique est donnée sur

la figure 6 : il s'agit d'un MOSFET à canal N. Pour le transistor complémentaire à canal P, le BS250, tous les composants polarisés doivent être retournés, comme précédemment.

Notez maintenant que le circuit ne convient pas à la vérification des MOSFET à appauvrissement. Il ne serait pas non plus facile de l'adapter à ces sortes de clients, souvent pourvus d'une double grille : ils nécessitent un montage un peu plus élaboré.

## les FET et leurs propriétés

Les FET se classent grossièrement en deux groupes principaux : les transistors à jonction PN (JFET, qui ne peuvent être qu'à appauvrissement) et les transistors à grille isolée (MOSFET, Metal Oxide Semiconductor). Ce second groupe se divise à son tour en FET à appauvrissement (*depletion* en anglais) et sur les catalogues) et FET à enrichissement (*enhancement*), suivant que les transistors conduisent, même en l'absence de tension de commande, ou ne conduisent que si une tension positive déterminée est disponible sur leur grille. Ces distinctions correspondent bien sûr à des propriétés différentes. Les FET fonctionnent cependant toujours selon le même principe : dans tous les cas, les transistors à effet de champ sont constitués d'un barreau de matériau semiconducteur dopé N ou P, le **canal** dont on fait varier la conductibilité par application d'un champ électrique transversal au moyen d'une électrode, la **grille**. Les extrémités respectives du barreau sont le **drain** et la **source**, par rapport à laquelle les tensions sont référencées.

### étranglement

Lorsque le barreau est de type P, le FET est dit à canal P, et à canal N dans le cas

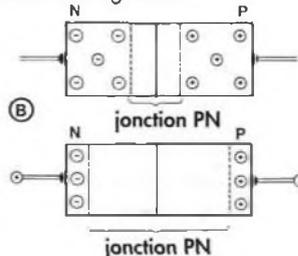
où le barreau est de type N. Le dernier FET, à canal N donc, le plus fréquemment utilisé, comparable au NPN, nous servira d'exemple dans cet exposé. Le canal est donc traversé par un courant, dit  $I_D$ , que l'on veut pouvoir accroître ou diminuer. Dans le cas d'un transistor bipolaire, pour modifier le courant de collecteur, on joue sur le courant de base. Dans le cas du FET, c'est la **tension de grille** qui donne la mesure du courant de drain : attention, dans un cas (transistor bipolaire), c'est le courant de base qui commande, dans l'autre (FET), c'est la tension de grille, et non plus le courant.

Quel est le rôle de la tension de grille ? Tout se passe comme si elle modifiait la section du canal. Modifier les dimensions d'un conducteur, c'est en affecter la résistance. C'est ainsi que la résistance du canal augmente ou diminue en fonction de la tension de grille. Une image hydraulique permet de mieux comprendre : la figure A représente un modèle de FET à eau dans lequel le courant est un courant d'eau et la tension de grille une pression. Le drain et la source sont reliés

par un petit tuyau flexible dont le diamètre est réduit si une pression est exercée par la "grille" : le courant d'eau diminue lorsque la pression augmente. Il n'y a évidemment pas de "tuyaux" dans nos transistors mais ce modèle illustre assez bien le fonctionnement d'un FET. Nous allons voir plus en détail maintenant les FET à jonction dits JFET, puis nous parlerons des MOSFET.

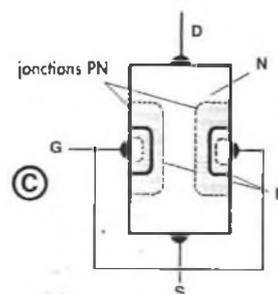
### JFET

Entre drain et source, un canal permet la circulation du courant ; entre la grille et le canal, une jonction PN, donc une diode, mais polarisée en inverse. Il n'est possible de jouer sur la "section électrique" du canal qu'en l'**appauvrissant** en porteurs de charge comme le montre la figure B.

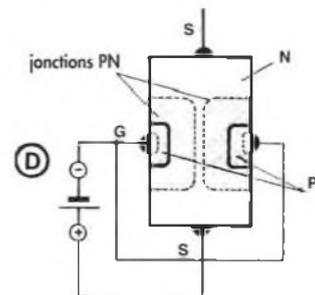


Dans une jonction bloquée en effet, les régions N et P sont séparées par une zone neutre, exempte de porteurs, une zone isolante donc. Plus la tension

augmente, plus cette zone, dite de **déplétion** ou d'**appauvrissement** s'élargit. Un JFET à canal N se présente comme sur la figure C.



Lorsque la jonction n'est pas polarisée, les porteurs se tiennent dans le canal : la zone d'appauvrissement est pratiquement inexistante, donc le courant est maximum. À l'opposé, sur la figure D,

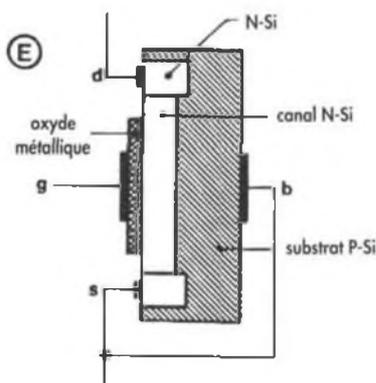


la jonction est plus large et le courant trouve de moins en moins de porteurs au fur et à mesure qu'augmente, en valeur absolue, la tension de polarisation de la grille, négative par rapport à la source. Comme la diode située entre grille et source est polarisée en inverse, il n'y a pratiquement pas de courant

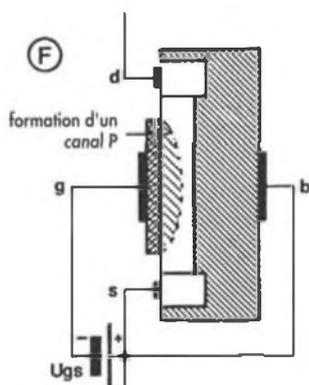
de grille. La résistance d'entrée d'un FET est donc très grande si bien qu'un FET ne représente aucune charge pour la partie du circuit située en amont. Ceci n'est pas absolument vrai puisque dire qu'il n'y a pratiquement pas de courant, c'est laisser entendre qu'il y a quand même un courant, le courant de fuite.

### MOSFET

En ce qui concerne le courant de fuite, le MOSFET fait encore mieux que le FET à jonction. Ceci vient de la présence entre grille et canal d'une couche d'oxyde métallique isolante qui n'en laisse rien passer. Le fonctionnement du transistor est aussi tout à fait différent, même si le principe en reste le même : il s'agit toujours de modifier la conductance du barreau semi-conducteur situé entre drain et source à l'aide de la tension de grille. Comment cela fonctionne-t-il ? Pour répondre à cette question, regardons la figure E

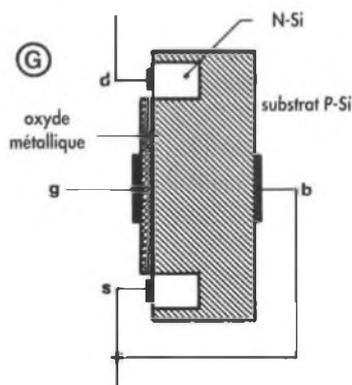


qui représente schématiquement un MOSFET à **appauvrissement**. Comme vous pouvez le constater, le transistor n'a plus trois mais quatre électrodes. Dans la plupart des cas cependant, l'électrode marquée b (comme *bulk*, substrat, c'est un support semi-conducteur dopé N ou P), reliée à la source, est inaccessible de l'extérieur. En l'absence de tension de grille, le courant de drain qui circule dès qu'une tension est établie entre drain et source, n'est limité que par la résistance du canal. Si maintenant la grille est portée à un potentiel négatif, elle repousse les électrons comme l'armature négative d'un condensateur : à son voisinage se forme une zone appauvrie en porteurs de charge. Les électrons en provenance de la source (puisque le courant circule conventionnellement du drain vers la source) sont repoussés lorsqu'ils arrivent à sa hauteur (figure F) :



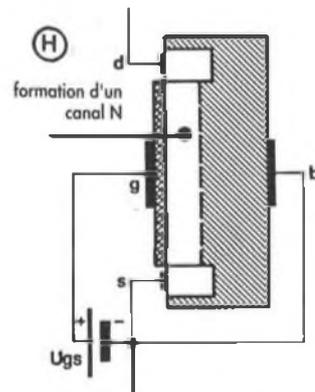
ils ne peuvent plus circuler que dans la partie droite du canal. La grille dévie les électrons à son voisinage. Plus la tension appliquée devient négative par rapport à la source, plus la force de répulsion exercée par la grille sur les électrons devient importante, plus le canal s'**appauvrit** à son voisinage en porteurs de charges.

De ce qui précède, concernant les MOSFET à appauvrissement, vous pouvez conclure que si le FET est à **enrichissement** (ce n'est donc jamais un FET à jonction), sa commande accroît la quantité d'électrons libres dans le canal, améliorant la circulation du courant (il s'agit ici d'un transport, les porteurs améliorent la circulation, contrairement à ce qui se passe sur nos autoroutes). C'est ce que permet de constater la figure G.



À la différence des FET vus jusqu'ici, ceux-ci ont le canal "bouché" en l'absence de tension de grille. On peut même dire qu'il n'y a pas de canal entre drain et source. Pour qu'il y ait formation d'un canal, il faut que la grille soit portée à un potentiel positif (toujours par rapport à la source). Si la grille est positive, elle attire les électrons, qui lui viennent du substrat. Il se forme ainsi au voisinage de la grille, entre drain et source, un

amas d'électrons libres propice au transport du courant. La quantité de porteurs disponibles est fonction du niveau de tension de la grille dont dépend donc l'intensité du courant de drain.

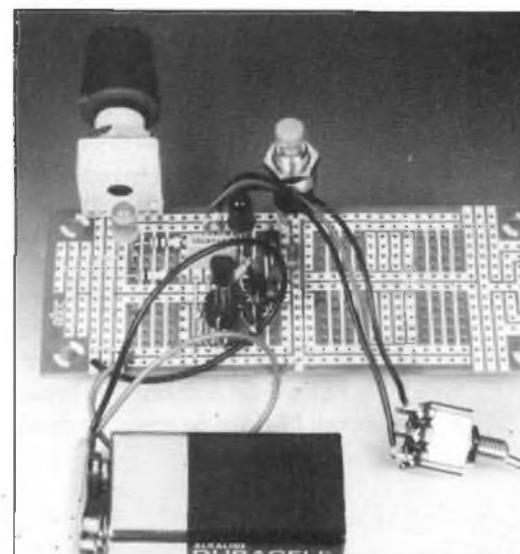


### conclusion

De ce bref exposé nous pouvons conclure qu'un transistor à effet de champ est une sorte de résistance variable commandée en **tension** par sa grille. Le transistor peut être à canal N ou à canal P. Dans le premier cas (canal N), pour le premier type, le JFET (il n'en existe qu'à appauvrissement), cette tension est négative ; pour le FET à enrichissement (qui n'est donc jamais un FET à jonction) elle est positive ; pour le FET à appauvrissement (MOS), elle peut être positive ou négative, le courant de drain étant minimum dans ce dernier cas (tension négative). Dans le second cas, canal P, les mêmes choses sont vraies dans leurs grandes lignes si l'on change seulement le signe des tensions.

Comme nous l'avons dit au début, les JFET à canal N sont de loin les plus utilisés en technologie discrète : en pratique, on n'en rencontre guère d'autres. Les "chips" par contre font grand usage de la technologie MOS qui permet une plus grande densité et une plus grande facilité d'intégration.

88605



**BERIC**

43 rue Victor-Hugo  
92240 MALAKOFF  
Tél. 46 57 68 33  
FAX 46.57.27.40  
Métro: Porte de Vanves

**UN CHOIX EXTRAORDINAIRE D'APPAREILS DE MESURE de SURPLUS**

**OSCILLOSCOPE PORTABLE CRC SCHLUMBERGER OCT 468 FA double trace 2 x 25 MHz.**

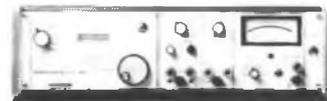


OCT 468 FA

Prix ..... 1 200 F  
 Prix avec sondes ..... 1 600 F  
 Module d'analyse de modulation  
 Fonctionne avec l'oscilloscope ci-dessus et permet la représentation de l'enveloppe de modulation d'un émetteur UHF 200-400 MHz.  
 Prix ..... 80 F

**GENERATEUR BF C903 T (Férisol ou Schlumberger)**

Appareil moderne couvre de 10 Hz à 1 MHz



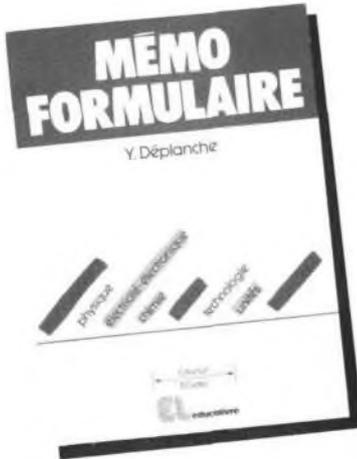
C903 T

Prix ..... 1 000 F

Liste d'appareils de mesure contre E.T.S.A.

**CONDITIONS DE VENTE:** Règlement à la commande du matériel. Expédition facturée suivant port réel à l'arrivée au transporteur. Commande minimum 100 F (+ port) \* BP 4 MALAKOFF \* Fermé dimanche et lundi - Heures d'ouverture: 9h - 12h30 / 14h - 19h, sauf samedi: 9h - 12h30 / 14h - 17h30 \* Tous nos prix s'entendent TTC mais port en sus \* CCP PARIS 16578.99

**Hé oui !!!  
encore moins cher !!!  
MEMO FORMULAIRE**



En 8 chapitres, allant de la biologie à la vie pratique en passant, dans l'ordre alphabétique, par la chimie, l'électricité-électronique, les mathématiques, la physique, la technologie et les unités, cet ouvrage constitue une mine inépuisable de renseignements.

Bien que plus spécialement destiné aux élèves des lycées et aux étudiants, ce formulaire, d'une conception inédite et originale, intéressera cependant sans aucun doute de nombreux lecteurs d'Elex, auxquels il servira bien souvent de référence.

Vous êtes-vous jamais demandé quelle était bien... cette "maudite" formule de développement, l'aire d'un secteur sphérique, la signification des différents facteurs d'une transformée de

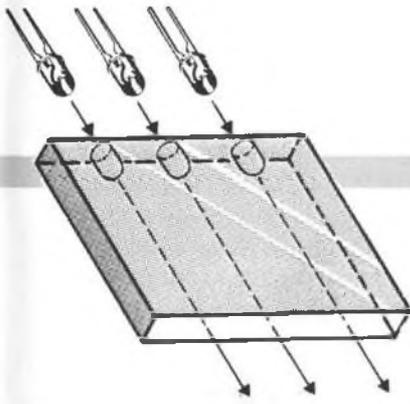
Laplace et bien d'autres choses tout aussi intrigantes...? Si la réponse à cette question est affirmative, voici le livre qu'il vous faut.

Il regroupe pas moins de 2 000 formules, 400 figures et schémas, 100 tableaux dont 14 inédits de l'auteur, donne toutes les unités de mesure et comporte un index de 1 200 entrées.

En résumé, une véritable banque de données organisées par discipline et classées par ordre de difficulté croissante, un ouvrage indispensable pendant tout le cycle d'études... et bien après. Une référence solide...

**Et tout cela pour 62 FF seulement!!!**

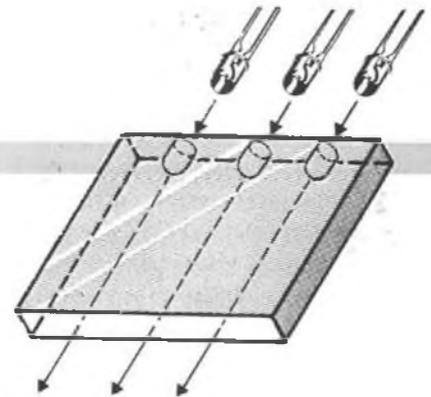
**Diffusé par PUBLITRONIC**



**astuce**



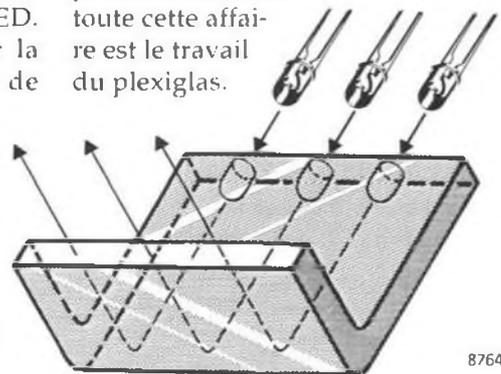
**diffuseur pour LED**



Les LED remplacent avantageusement les petites lampes à incandescence dans leur fonction de voyant lumineux. Plus pratiques, consommant peu, de plus longue durée de vie, elles posent cependant des problèmes à qui veut éclairer une surface tant soit peu importante. La solution viendra un jour de LED de très grande taille, qui existent déjà en laboratoire mais sont encore trop

fragiles pour en sortir\*. Nous nous contenterons pour l'instant d'un diffuseur, fabriqué à l'aide d'une chute de plexiglas, et de plusieurs LED. Il est même possible d'utiliser la propriété qu'a ce matériau de conduire la lumière pour guider le faisceau. La figure vous dit tout du procédé. En prenant des LED de même couleur, on obtient une sorte de super LED

monochrome, ou polychrome si les LED sont de couleurs différentes. Le plus difficile dans toute cette affaire est le travail du plexiglas.



\* Pour ceux qui veulent qu'on leur dise tout : dépôt d'un dérivé de polyaniline pour l'électrode positive sur un feuillet transparent de polyéthylène, substitué de Poly-p-phénylvinyle pour la couche luminescente, et dépôt de calcium métallique pour l'électrode négative. Cette LED de grande surface n'aura d'avenir que si les scientifiques arrivent à résoudre les problèmes de corrosion qui limitent sa durée de vie à peu de chose.

87649