

nº 56

23 FF/168 FB/8.20 FS  
mensuel

## le calcul des composants: la loi de Thévenin

## générateur d'impulsions avec dessin de circuit imprimé

**avec dessin  
de circuit  
imprimé**

**avec dessin de circuit imprimé**

## connaître & utiliser les

# inductances

explorez l'électronique

**M2510 - 56 - 23.00 F**



**PAID INCREASES**



## VIDEO

### CABLE PERITEL PROFESSIONNEL

Ce câble est le seul permettant d'exploiter toutes les possibilités de la prise péritelvision, en particulier sur les magnétoscopes de dernière génération et les lecteurs laser disc vidéo qui sortent en RVB.  
Les coax et blindés sont à blindages séparés  
- 6 coax 75 Ω vidéo  
- 4 blindés BF  
- 4 tensions de commutation

Le mètre 101.3415 37,94F HT 45,00F TTC  
les 10 m 101.3417 303,54F HT 360,00F TTC

### PLUS QUE JAMAIS ETONNIFIANT !

- 1 x quartz 3,2768 MHz - 4 x DL-470  
- 1 x cordon spécial péritelvision - 1 x 68705  
- 1 x alim secteur 12 V - 1 x quartz 4,000 MHz

L'ensemble 101.3298 119,00F TTC  
Par 10 seulement 115,00F TTC

## MESURE

### MULTIMETRES PROFESSIONNELS DE LABO

La haute précision devient vraiment abordable !

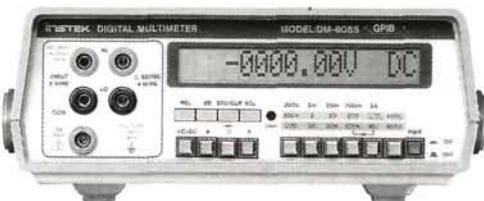
#### DM-8045 G



- 20.000 points / 4 1/2 digits
- \* 6 fonctions : DCV, ACV, DCA, ACA, W, et test de diodes.
- \* Mesures en EFFICACE VRAI (true RMS) en alternatif ou DC+AC
- \* Précision de base : 0,03%
- \* Mesure jusqu'à 1200 V et 20 A
- \* Zéro automatique
- \* Circuit de protection sur toutes les gammes
- \* Haute résolution : 10 µV, 10 nA, et 0,01 Ω
- \* Affichage LED de 13 mm

DM-8045G 101.5580 244,19F HT 2900,00F TTC

#### DM-8055



Multimètre 7 fonctions / 200.000 points (5 1/2 digits) intelligent

- \* Précision de base : 0,006% !
- \* Mesure des résistances en 2 ou 4 fils
- \* Mémoire des MAX / MIN
- \* Mesures automatiques à intervalles programmables
- \* Mesures relatives
- \* Mesure des dBm
- \* Changement de gamme automatique ou manuel
- \* Haute résolution : 1 µV, 1 mΩ, 1 nA
- \* Affichage LCD 13 mm

En option: Interface IEEE-488

DM-8055 101.5582 526,81F HT 6250,00F TTC  
Interface IEEE 101.5583 1475,55F HT 1750,00F TTC

Pour ces 2 appareils, documentation détaillée en français sur simple demande

#### MIC-39



NOUVEAU

TRUE RMS  
696,00F TTC

La version EFFICACE VRAIE du célèbre MIC-37 !  
Mêmes performances et même qualité que notre MIC-37 mais mesures en mode efficace vrai (TRUE RMS) en alternatif.

MIC-39 101.3943 586,85 F HT 696,00 F TTC

## 3616 SELECTRO

Voilà le code d'appel du serveur Minitel SELECTRONIC. Il vous offre :  
- un service d'assistance et de renseignements techniques  
- les dernières nouveautés et promotions  
- des informations, des petites annonces classées Etc...  
- TELECHARGEZ UN ASSEMBLEUR 68705 POUR PC  
- TESTEZ VOS CONNAISSANCES EN ELECTRONIQUE ET GAGNEZ UN SUPERBE MULTIMETRE !



TOUT LE RESTE SE TROUVE DANS LE  
CATALOGUE GENERAL SELECTRONIC 1993  
Envoi contre 25,00 F en timbres-poste

## LA PROMO DU MOIS

### FIATLUX

(Voir notre catalogue page 13/19)

Système miniature d'allumage de lampes à détection de passage infra-rouge, pour minuterics, etc...  
800 W max.

Dimensions : 85x56x35 mm  
Kits fournis avec boîtier percé

Version murale 102.9346 220,00F 165,00 F TTC

Version plafonnier 102.9353 230,00F 172,50 F TTC

### DIODE LASER

TOLD-9200 TOSHIBA

Puissance optique utile : 2 mW / 3 mW max  
Livrée avec fiche individuelle de paramètres.  
Sans optique de collimation.

TOLD-9200 102.7968  
PRIX SPECIAL 379,43F HT 450,00 F TTC

# instek

## ALIMENTATIONS

### ALIMENTATION A DECOUPAGE POUR PC

Superbe bloc d'alimentation de puissance pour PC, CB, ou toute autre utilisation.  
Avec ventilateur de refroidissement et connectique normalisée PC

ENTREE : 115 / 220 V - 50 Hz  
SORTIES : +5 V / 20 A  
+12 V / 12 A  
-12 V / 1 A

Dimensions : 15 x 14 x 24 cm  
Poids : 3 kg

Le bloc 101.4129  
PRIX FOU ! 109,19F HT 129,50F TTC



### ALIMENTATION MULTI-TENSIONS ECONOMIQUE

2 sections variables 1,5 à 15 V / 2,5 A  
1 sortie 5 V / 3 A  
Toutes sorties flottantes permettant la mise en série ou parallèle.  
(30 V / 2,5 A ou 15 V / 5 A)  
De qualité professionnelle et spécialement conçue pour l'enseignement, l'amateur, le labo, etc...

Le kit complet avec face avant autocollante gravée et boîtier 101.7225 666,10 F HT 790,00 F TTC



## ALARME

### MODULES OPTIONNELS POUR TOUT SYSTEME D'ALARME

#### PA-1 EMETTEUR-RECEPTEUR CODE POUR TÉLÉ-ALARME.

- Vous prévient à distance d'une tentative de vol sur votre véhicule (également utilisable sur alarme domestique)
- Utilisable sur toute centrale (pour CA-6000, nous demander le schéma d'adaptation)
- Alimentation : 12 V continus
- Portée : environ 3 km (selon antenne et environnement)

PA-1 101.4470 581,79 F HT 690,00 F TTC



#### ST-1 ANTENNE "STRIP-LINE"

Spécialement étudiée pour le PA-1, si vous n'avez pas ou ne désirez pas utiliser l'antenne de votre auto-radio. Montée sur support auto-collant 3M. Longueur 42 cm

ST-1 101.4510 71,67 F HT 85,00 F TTC

#### CS-01 SIRENE D'HABITACLE MODULEE

- Sirène pour tout véhicule et alarme domestique.
- Auto-alimentée par accu incorporé et auto-protégée.
- Alimentation : 12 V continus
- Se déclenche en même temps que l'alarme principale et sur tentative de sabotage.
- Son très perçant. Niveau sonore : 110 dBA à 1 m
- Dimensions : 11 x 7 x 4 cm

CS-01 101.4512 333,90 F HT 396,00 F TTC



#### MW-100 DETECTEUR HYPER-FREQUENCES

CE QUE VOUS ATTENDEZ  
POUR COMPLETER VOTRE INSTALLATION !

- IDEAL pour protéger les cabriolets, ou pour laisser ouvert une vitre ou votre toit ouvrant en été !
- Le RADAR ne sera pas déclenché par un courant d'air ou un changement de température, mais uniquement par une intrusion !
- Système à codage d'impulsions pour éviter les fausses alarmes.
- Alimentation 12 V continus
- Sortie de déclenchement négative (par mise à la masse)
- Compatible avec toute centrale (pour CA-6000, nous demander le schéma d'adaptation)

MW-100 101.4520 412,31 F HT 489,00 F TTC



# Selectronic

LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE

VENTE PAR CORRESPONDANCE  
B.P. 513 - 59022 LILLE CEDEX - TEL: 20.52.98.52 - FAX: 20.52.12.04



## lecture

Rési & Transi : bande dessinée	4
Bobines et inductances	6
Connaître et utiliser l'oscilloscope	32
« Alors, sagace ? »	36
Elexcuse : a.p.i.	36
Le calcul des composants : suite	42
Astuce : dessouder	45
Petites Annonces Gratuites	60

au sommaire d'elex 56, juin 1993

- 12 un bobinoir électronique  
avec compte-spires  
et dessin de circuit imprimé !
- 20 une alarme domestique  
avec centrale  
et (jusqu'à) 14 postes  
deuxième partie : les capteurs
- 26 un générateur d'impulsions  
(largeur et fréquence variables)  
avec dessin de circuit imprimé !
- 37 un détecteur de métaux  
avec dessin de circuit imprimé !
- 46 un compte-tours pour bicyclette
- 48 un circuit pour surveiller vos plantes
- 53 un mini-chargeur d'accumulateurs
- 54 une alarme tachymétrique pour l'auto  
avec dessin de circuit imprimé !

ne ratez pas,  
le mois prochain,  
la publication du  
**caisson de  
graves actif**  
pour compléter les  
mini-enceintes pour  
baladeur du mois  
dernier

## réalisations

L'auteur du bout-rimé\* du mois dernier  
était, qui l'eût cru, Francis Blanche.  
Faute de savoir s'il y aura, pour Elex,  
un au-delà, buvons du vin ici-bas.

\* figuré dans « Pensées », recueillies par Henri Marc,  
préfacées par Claude Villers et illustrées par Cabu,  
Le cherche midi éditeur, Paris 1984

**Annonces :** AG ELECTRONIQUE p. 19 –  
B.H. ÉLECTRONIQUE p. 19 –  
CENTRAD p. 64 – COMPOSIUM p. 19 –  
ELC p. 64 – ELECTRON SHOP p. 19 – J.REBOUL p. 19 –  
LAYO FRANCE p. 19 – LOISIRS ELECTRONIQUES p. 19 –  
MAGNETIC FRANCE p. 25 – MEDELOR p. 19 – MICROPROCESSOR p. 19 –  
NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 19 –  
PUBLITRONIC pp. 46, 61 et 62 –  
SÉLECTRONIC pp. 2, 59, 61, 62 et 63 –  
TSME p. 19 – URS MEYER ELECTRONIC SA p. 19 –





# LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...

À PROPOS DU FIL DE LITZ, QU'EST-CE QU'IL A DE SPÉCIAL?

IL CONDUIT MIEUX LES COURANTS ALTERNATIFS DE FRÉQUENCES ÉLEVÉES.

MAIS LE CUIVRE, C'EST LE CUIVRE! COMMENT FERA-T-IL LA DIFFÉRENCE ENTRE UNE FRÉQUENCE BASSE ET UNE FRÉQUENCE ÉLEVÉE?

C'EST LE COURANT ALTERNATIF QUI NE SE COMPORTE PAS DE LA MÊME MANIÈRE: LORSQUE LA FRÉQUENCE S'ÉLÈVE, LE COURANT CIRCULE DE MIEUX EN MIEUX À MESURE QUE L'ON S'APPROCHE DES BORDS DU CONDUCTEUR.

TU SAIS QU'EN CIRCULANT DANS UN FIL, LE COURANT DONNE NAÏSSANCE À UN CHAMP MAGNÉTIQUE.

COURANT

MAGNÉTISME

C'EST GA, MAIS LE MAGNÉTISME EXISTE AUSSI DANS LE FIL LUI-MÊME...

LE COURANT QUI CIRCULE DONNE NAÏSSANCE AU MAGNÉTISME ET LE MATÉRIAU NE S'Y OPPOSE PAS.

SI TU AGRANDIS TON DESSIN, GA DONNE QUELQUE CHOSE COMME GA.

MAIS IL FAUT T'IMAGINER DES FLÈCHES EN NOMBRE INFINI, ORIENTÉES DANS LE MÊME SENS, MAIS DISSÉMINÉES DANS LE FIL.

LE COURANT EN GÉNÉRAL, SURTOUT LE CONTINU, CIRCULE BIEN PARTOUT, NON?

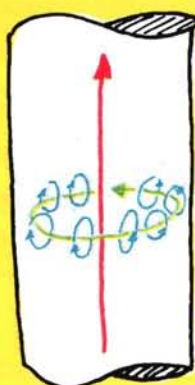
LA PROPAGATION SE FAIT DONC AUSSI SELON UN TRACÉ CIRCULAIRE.

POUR L'ALTERNATIF, C'EST DIFFÉRENT. LE SENS DES FLÈCHES CHANGE TOUT LE TEMPS. LES CHAMPS MAGNÉTIQUES N'ARRÊTENT PAS DE S'ÉLABORER PUIS DE S'EFFONDRE.

ALORS IL Y AURAIT DES DIFFÉRENCES DE POTENTIEL DANS LE CONDUCTEUR LUI-MÊME? C'EST IMPOSSIBLE! LE CUIVRE COURT-CIRCUITE CES TENSIONS!

PAS DE TENSION, EN EFFET, MAIS UN COURANT, NEANMOINS. UN COURANT CIRCULAIRE. REGARDE LE SENS DES FLÈCHES. LE SENS DES COURANTS TOURBILLONNANTS COÏNCIDE AVEC CELUI DU COURANT PRINCIPAL.

IL ME FÎLE LE TOURNIS!

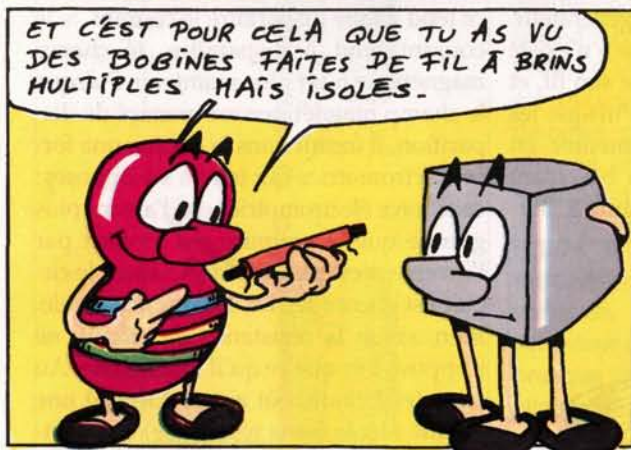




# RESI & TRANS<sup>®</sup>



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.



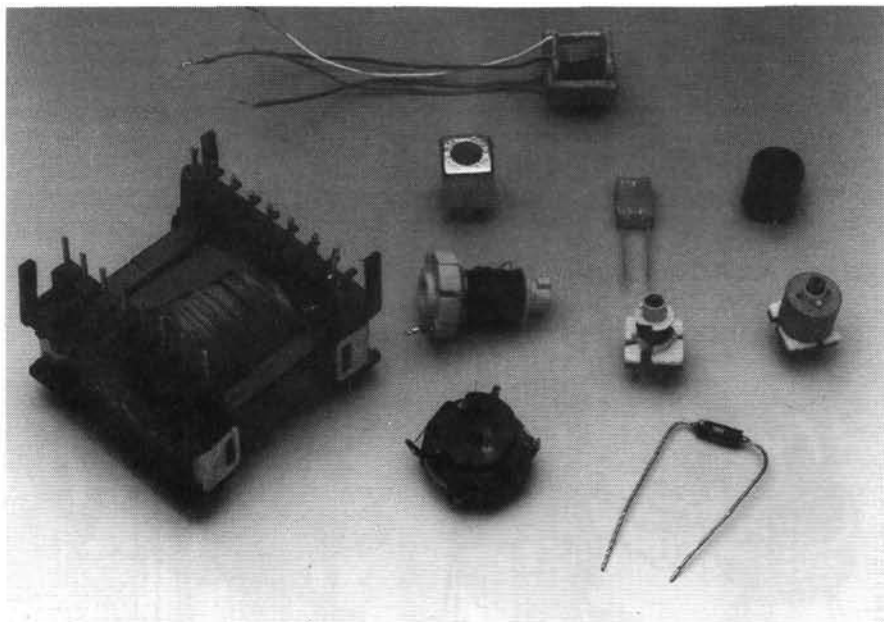


Le condensateur le plus simple est constitué de deux plaques d'un matériau conducteur, la bobine élémentaire est un simple morceau de fil. Le moindre conducteur électrique, s'il est parcouru par un courant, est entouré d'un champ magnétique c'est pourquoi il est soumis aux lois de l'(auto-)induction électromagnétique\*.

Qu'un simple fil soit effectivement une inductance, c'est ce que l'on constate dans les circuits qui fonctionnent aux très hautes fréquences. Si vous en avez l'occasion, jetez un œil à l'intérieur d'un récepteur de télévision ou à la partie HF d'un récepteur de satellites. Vous pourrez souvent y constater qu'une longueur de piste assure les fonctions d'une bobine. Quelle sorte de composant est d'ailleurs une antenne?

Dans la pratique quotidienne, à des fréquences moins élevées, qui réclament donc de plus grandes inductances, les bobines ont un autre aspect. Le fil en est plus long et ce n'est pas uniquement pour des raisons d'encombrement qu'il est bobiné. La figure 1 en donne une illustration.

Bien, ce qui est intéressant ce n'est pas tellement la tête qu'a la bobine mais ce qu'elle produit lorsqu'elle est parcourue par un courant. Sur la figure 2a, le galvanomètre est à 0, il ne se passe rien qu'il puisse mesurer. En 2b, le courant circule, ce dont témoigne l'appareil de mesure, et fait naître dans la bobine un champ magnétique. Nous savons qu'en ce qui concerne l'établissement du courant et de la tension à ses bornes, une bobine se comporte à l'inverse d'un condensateur : à la mise sous tension, l'intensité du courant, d'abord nulle, croît (relativement) lentement pour atteindre un maximum qui n'est limité que par la résistance de son fil et les caractéristiques du générateur. En effet, lorsque le courant commence à circuler, le champ magnétique s'établit progressivement : il varie donc à chaque instant. Or la variation de ce champ magnétique induit dans la bobine une for-



# bobines, selfs, inductances

## du fil rectiligne à la bobine



ce (contre-)électromotrice, donc un (contre-)courant, puisque le circuit est fermé, qui s'oppose par ses effets à sa variation, la cause qui lui a donné naissance : la bobine se comporte comme un générateur en opposition et le courant induit vient en déduction du courant issu du générateur. En régime permanent, la bobine « n'existe plus » que par la résistance de son fil, et par son champ magnétique. Puisque les choses semblent vouloir demeurer en l'état, coupons le courant en basculant l'inverseur vers le bas sur la figure 2. Sur-

prise, la roue continue de tourner ! Quelle roue ? La roue de la machine à cause de son inertie... Pardon, nous voulions parler du courant, le courant continue de circuler dans la bobine malgré le détachement de la source. En effet, la suppression de la source tend à faire disparaître le courant. Si le courant tend à disparaître, le champ magnétique n'est plus maintenu. Puisque le champ magnétique est menacé de disparition, il induit dans la bobine une force électromotrice qui tend à s'y opposer : cette force électromotrice est d'autant plus grande que la coupure du courant par l'inverseur est plus rapide. Comme le circuit est encore fermé, le courant circule. Rien, sinon la résistance du circuit, ne s'oppose à ce que ce qu'il disparaisse. Au reste (et Pylade, eût ajouté Electre) une bobine idéale (sans résistance) en court-circuit, analogue en cela à un condensateur idéal (sans fuite) fermé sur une résistance infinie, pourrait conserver son énergie sous forme électromagnétique, comme le condensateur sous forme électrostatique, indéfiniment. Un champ magnétique est un réservoir d'énergie. Puisque nous en sommes au rayon des analogies, profitons-en pour nous servir :

- Si la tension disponible aux bornes d'un condensateur chargé est aussi grande que celle à laquelle il a été chargé, l'intensité du courant qu'une bobine peut délivrer

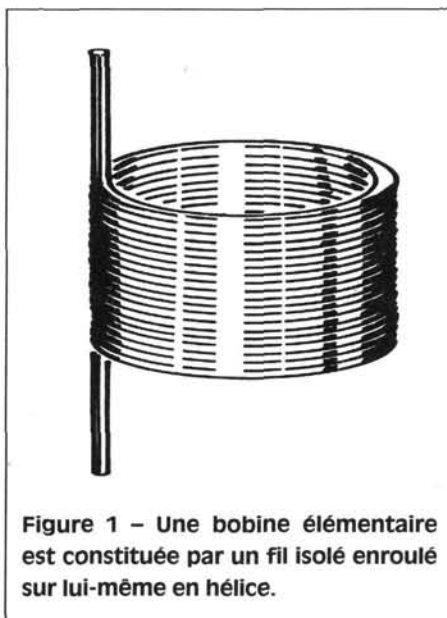
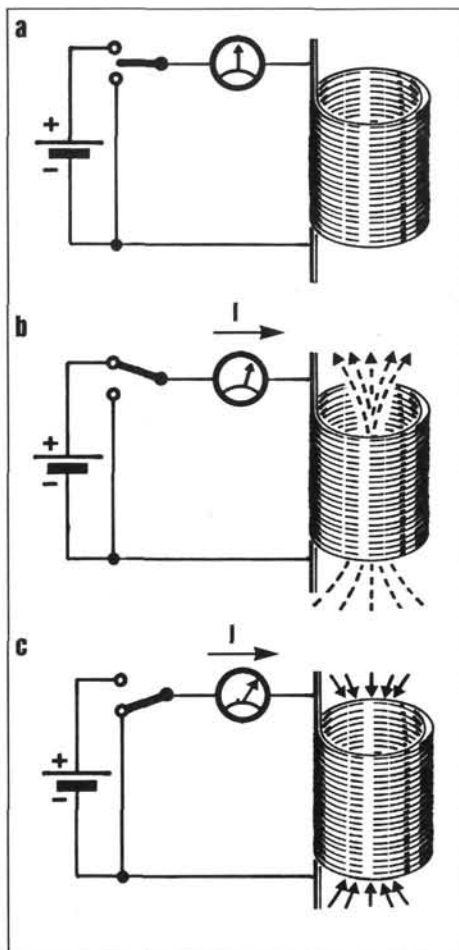


Figure 1 - Une bobine élémentaire est constituée par un fil isolé enroulé sur lui-même en hélice.

\* Cet article n'exige pas du lecteur la connaissance de ces lois.





**Figure 2 - Le courant ne cesse pas immédiatement de circuler dans la bobine si l'on court-circuite ses extrémités après l'avoir alimentée à une source de courant extérieure.**

est celle du courant qui maintenait son champ magnétique.

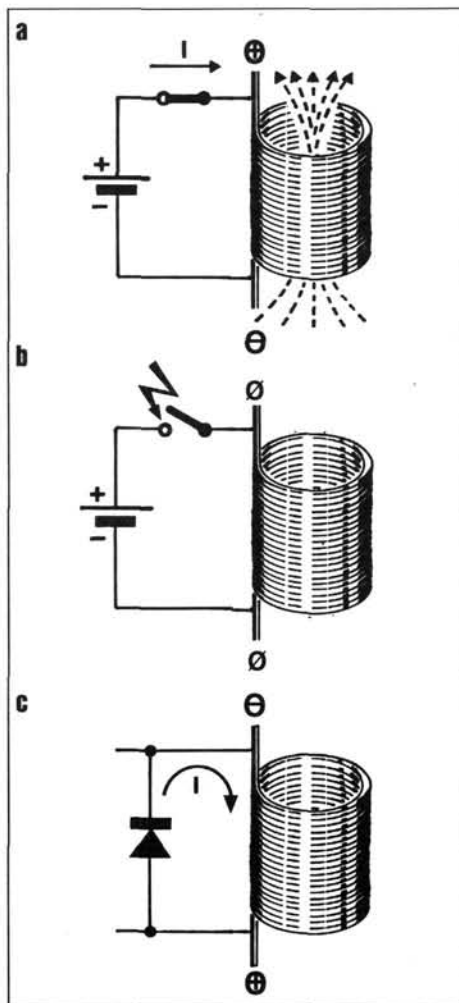
• L'intensité du courant que débite un condensateur chargé ne dépend que de la tension à ses bornes et de la charge sur laquelle il débite. En court-circuit, avec quelques "si" à la clef, l'intensité de ce courant pourrait être pratiquement infinie. De même, la force électromotrice d'auto-induction dépend de la vitesse de variation du courant qui traverse la bobine et de la charge sur laquelle elle débite. Si la bobine n'est pas refermée sur une charge, la différence de potentiel entre ses extrémités peut atteindre des valeurs très élevées qui peuvent être dangereuses pour elle-même (destruction de l'isolant dont sont recouvertes ses spires) ou pour les autres composants.

Voyons ce dernier point sur la **figure 3**. En 3a, la bobine est d'abord chargée. En 3b, à l'ouverture rapide de l'interrupteur, une force électromotrice auto-induite dans la bobine est telle que le courant, qui ne demande qu'à circuler, se crée un passage dans l'air: il y a, au mieux, production d'étincelles de rupture, qui se contentent de détériorer les contacts de l'interrupteur, au pire, formation d'un arc électrique, beaucoup plus destructeur et cause possible d'incendie. Bien sûr, s'il s'agit d'une bobine d'allumage (Delco d'auto), cet effet est souhaité. Les contacts d'interrupteurs, de relais, ou les transistors de commutation, en revanche, ne le supportent pas sans dommage. Pour y remédier, voire

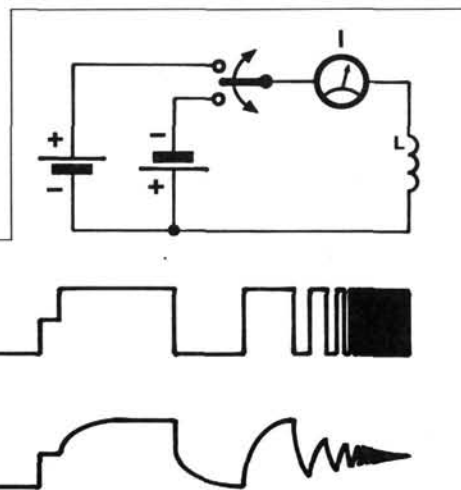
pour empêcher que la tension ne s'élève trop aux bornes de la bobine, les électriciens ont plusieurs solutions: lorsqu'ils ne soufflent pas (magnétiquement) l'arc, ils branchent, en dérivation sur l'interrupteur d'un circuit inductif, un condensateur ou une résistance. On en trouve par exemple sur les interrupteurs placés du côté du primaire des transformateurs secteur. En continu, et en continu seulement, la diode de roue libre offre un chemin au passage du courant induit lors de la mise hors tension. La force électromotrice d'auto-induction est ainsi limitée et l'énergie électromagnétique emmagasinée peut s'écouler sous forme électrocinétique (*cinétique*, en mouvement ou en *courant*).

### résistance au courant alternatif

Il est connu qu'un courant constant ne passe pas s'il trouve un condensateur sur son chemin. Ceux-ci ne laissent "passer" que les courants variables: ils les laissent d'autant mieux passer que leurs variations sont plus rapides ou que leur fréquence est plus élevée. Les inductances (autre nom des bobines que la suite explique), cela ne doit pas surprendre, ont un comportement opposé. Plus la fréquence du courant qui les traverse est élevée, plus elles lui résistent. La **figure 4** montre ce qu'il en est. Nous avons une bobine qu'un commutateur permet d'alimenter alternativement dans un sens puis dans l'autre. Les images dans le temps de l'intensité  $I$  du courant qui la traverse et de la tension variable sous laquelle elle est alimentée sont tracées à côté. Il n'est pas tenu compte des redoutables pointes de tension qui naissent à chaque commutation. Sur la gauche du diagramme, on constate



**Figure 3 - L'induction d'une force électromotrice est due à une brusque variation du champ magnétique à l'intérieur de la bobine provoquée par la brusque coupure du courant à laquelle elle s'oppose.**



**Figure 4 - Augmentez la fréquence de commutation entre l'alimentation négative et l'alimentation positive, l'intensité du courant finira par ne plus avoir le temps d'atteindre son maximum.**



qu'après chaque inversion de la tension, le courant retrouve, sans trop se faire prier, son intensité maximum. Si l'on commute beaucoup plus vite, le courant n'a pas fini de croître, qu'il lui faut déjà décroître : son amplitude devient toujours plus faible. L'atténuation du courant commence à des fréquences d'autant plus basses que la bobine a une inductance plus élevée. Autrement dit, la résistance qu'oppose une bobine au passage du courant alternatif est proportionnelle à son inductance et à la fréquence du courant qui la traverse. Ce qui s'écrit :

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$X_L$  s'exprime en ohms si  $f$  est en hertz et  $L$  en henry. Cette "résistance au passage du courant alternatif" s'appelle plus précisément réactance et la réactance  $X_L$  de la bobine est égale à son impédance si sa résistance en continu est nulle.

### le noyau de la bobine

Si la capacité d'un condensateur est proportionnelle à la surface de ses armatures, à leur distance et à une caractéristique (la permittivité) de l'isolant (diélectrique) qui les sépare, l'inductance d'un bobinage dépend aussi de sa forme géométrique et d'une caractéristique du milieu dans lequel se développe le champ magnétique. Cette caractéristique du milieu intervient dans le calcul sous la forme d'un nombre sans dimensions (sans unités) : sa perméabilité relative, rapport de sa perméabilité absolue à celle du vide. On la note  $\mu_r$  ( $\mu$  se prononce "mu") qui est bien sûr de 1 pour le vide, de presque 1 pour l'air, mais de 15000 pour le fer par exemple. La perméabilité magnétique du vide  $\mu_0$ , qu'on appelle aussi constante magnétique, intervient dans le calcul. Elle est égale à :

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

(henry par mètre : ce n'est pas un nombre sans dimensions puisque c'est une perméabilité absolue). Pour une bobine cylindrique dont la longueur  $l$  (en m) est grande relativement à son diamètre, si le nombre de ses spires de surface  $A$  (en  $\text{m}^2$ ) est  $N$ , son inductance  $L$  en henry est donnée par la relation :

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot (A/l)$$

On le voit, un noyau de fer peut augmenter considérablement l'inductance d'une bobine. Celui d'un électro-aimant par exemple est en fer ou en acier doux. Si la bobine est parcourue par un courant alternatif il faut prendre d'autres phénomènes en considération. Le courant alternatif produit en effet un champ dont le sens varie continuellement. Des tensions sont

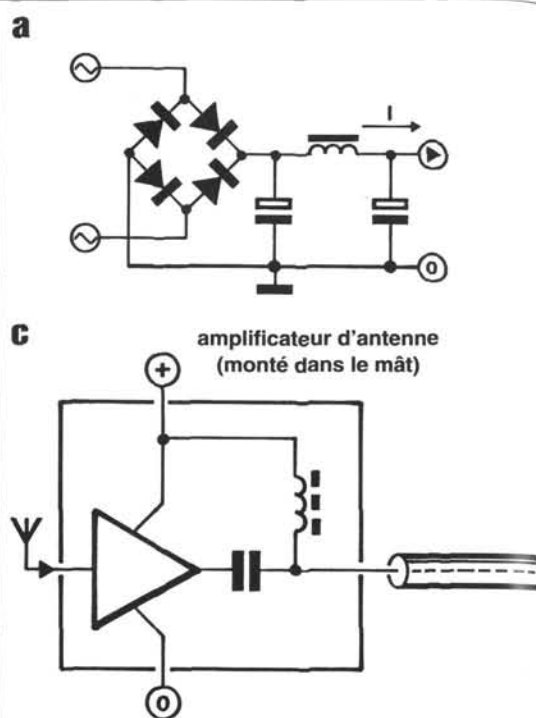
induites dans le noyau et, s'il est fait d'un matériau conducteur, des courants le parcourent. Ces courants parasites ou courants de Foucault n'ont pas d'autres effets (ici) que la production de chaleur et une diminution de l'inductance. Lorsque ces effets sont indésirables, dans les transformateurs par exemple ou les machines, les noyaux sont constitués d'un empilage de tôles isolées entre elles et disposées dans un plan parallèle aux lignes d'induction. De cette façon, les courants sont coupés et les pertes réduites. Dans d'autres cas, celui de certains moteurs que nous voyons plus loin (moteur à cage), la circulation de ces courants est favorisée dans des directions bien déterminées.

En haute fréquence ou lorsque certaines qualités sont exigées des bobines, on utilise des ferrites, oxydes de fer et d'un autre métal, qui ont une perméabilité très grande et présentent l'avantage d'une très mauvaise conductivité électrique qui ne permet pas la circulation des courants de Foucault.

### ballast et selfs de choc

Les bobines ont plusieurs noms suivant les utilisations et les utilisateurs. La plus connue du grand public est le *ballast* des tubes fluorescents. Cette bobine, de dimensions respectables, est utilisée pour son impédance à très basse fréquence : elle a deux rôles que nous avons vus dans le n°48 d'ELEX. Rappelons-les : elle produit la haute tension nécessaire à l'allumage de la lampe lorsque le starter lui coupe brusquement le courant, puis elle limite l'intensité du courant qui traverse le tube une fois qu'il est allumé. Elle est utilisée pour son impédance et les électroniciens l'appellent plus volontiers *self* ou *self de choc* (*self* pour *self-inductance* ou auto-inductance) ou bobine d'arrêt. Dans d'autres cas, l'augmentation de leur impédance (la réactance) avec la fréquence des courants qui les traversent permet aux selfs d'étouffer des perturbations variables sur une ligne parcourue par un courant dont on veut assurer la constance ou de séparer les composantes alternative et continue d'un courant. De telles applications sont illustrées sur la **figure 5**. Voyons-les :

En 5a, la self forme avec les condensateurs un filtre qui atténue les ondulations de la tension de sortie. Compte tenu des qualités des stabilisateurs de tension dont dispose l'électronique moderne, ce genre de filtre est tombé en désuétude.



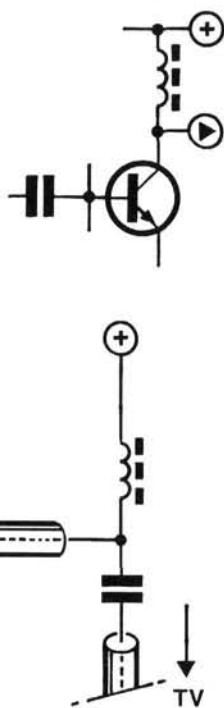
**Figure 5** – Les anciennes alimentations étaient toutes pourvues d'une self de choc destinée à gommer les rapides variations du courant (5a). En haute fréquence, si le courant continu de l'alimentation ne "voit" pas la bobine, il n'en est pas de même de ses variations à haute fréquence pour lesquelles elle représente une charge importante (5b). Courant continu et courant alternatif ne connaissent pas les mêmes "barrages". Condensateurs pour l'un, bobines pour l'autre permettent de les séparer (5c).

La self de 5b permet d'améliorer les performances d'un étage de sortie HF. Cette impédance de collecteur ne s'oppose que très peu au passage du courant continu. La chute de tension variable qu'elle provoque lorsqu'elle est parcourue par les courants HF est en revanche importante. Ce résultat ne peut évidemment pas être obtenu avec une simple résistance.

La figure 5c représente un amplificateur d'antenne à alimentation fantôme. Sur la ligne d'alimentation, les bobines d'arrêt séparent les courants d'alimentation de ceux de haute fréquence. Les condensateurs effectuent le même travail dans l'autre sens, ils bloquent les courants d'alimentation. Soit dit entre parenthèses (mais écrit sans), il est nécessaire que l'amplificateur soit placé aussi près de l'antenne que possible pour ne pas faire profiter de ses services les parasites ramassés par le câble.



b



Pour finir, les perles de ferrite qu'on trouve sur les circuits VHF ou les ordinateurs, sont des selfs d'antiparasitage. Elles évitent aux courants de haute ou très haute fréquence de circuler là où ils n'ont rien à voir, du côté des alimentations par exemple. Pour la petite histoire, dans certaines régions, on appelle *groins de cochon* les perles du type VK200. Cette image vaut une description.

### relais, alternateurs, dynamos

Les bobines ont d'autres emplois qui concernent plus l'électromécanique que l'électronique. Elles ne sont plus alors utilisées pour leur impédance mais pour les champs électromagnétiques qu'elles produisent (ou subissent) à distance et non plus seulement dans leur circuit. Certaines sont des électro-aimants dont l'exemple le plus connu est le relais : la circulation d'un courant d'une intensité suffisante dans sa bobine en aimante le noyau qui mobilise une armature, laquelle commande la fermeture ou l'ouverture d'une ou de plusieurs paires de contact. Les sonnettes traditionnelles en sont un autre exemple du même type, à la différence près qu'ici l'armature est constituée par le marteau qui coupe l'alimentation de la bobine lorsqu'il est attiré, retombe sur la cloche, est rappelé puisque sa chute rétablit le courant dans la bobine, etc. jusqu'à ce que le facteur ait cessé de "sonner". Sonnettes et relais sont en fait des moteurs primitifs, puisqu'ils transforment de l'énergie élec-

trique en énergie mécanique. Nous en verrons d'autres.

Une alternateur fonctionne tout à l'opposé : il ne transforme pas de l'énergie électrique en énergie mécanique mais de l'énergie mécanique en énergie électrique. Il n'y a plus seulement production de champs magnétiques par la circulation de courants dans des conducteurs, c'est la circulation des conducteurs eux-mêmes, leur déplacement dans un champ magnétique (ou le déplacement du champ magnétique), qui fait qu'ils sont le siège de forces électromotrices. Dans le cas le plus simple, celui de l'alternateur magnéto-électrique (la "dynamo" des vélos) le champ magnétique est produit par un aimant permanent, inducteur, qui tourne sur son axe. Autour de lui sont disposés des bobinages dans lesquels les variations du champ magnétique, dues à la rotation de l'aimant, induisent (ces bobinages forment ici l'induit) une force électromotrice variable. La tension disponible aux bornes du bobinage est alternative. Si au lieu de l'aimant c'est le bobinage qui tourne dans son champ, entre ses deux pôles, on mesure entre deux anneaux (collecteurs) sur lesquels chacune des extrémités du bobinage est fixée une différence de potentiel alternative. L'idée de Gramme (physicien belge), auquel on demandait de produire une tension redressée, fut de remplacer les deux anneaux par deux demi-bagues sur lesquels frottaient deux balais (les charbons) fixes : les balais étaient disposés de telle manière que chaque fois que la tension s'annulait pour s'inverser sur une demi-bague, celle-ci venait en contact avec l'autre balai. Au moment où elle change de polarité, chaque demi-bague change de balai. De cette façon, la polarité de chaque balai était toujours la même et la différence de potentiel entre les deux, même si elle n'était pas constante, avait toujours le même signe. Pour obtenir une tension plus constante, il suffisait d'augmenter le nombre des bobines de l'induit et de diviser le collecteur, les deux demi-bagues isolées, en autant de paires de lames qu'il y avait de bobines. Sur la figure 6 vous remarquerez que s'il n'y a qu'un bobinage, le collecteur semble en concerner deux : c'est possible. Il est aussi possible que la machine qui correspondrait exactement à ce "dessin d'artiste" ne produise pas le courant désiré si on la faisait tourner : cherchez les erreurs !

Il est possible, et on ne s'en prive pas, de remplacer les aimants permanents excitateurs par des électro-aimants. Dans le cas

de la dynamo, ces électro-aimants forment l'inducteur et c'est l'induit que l'on fait tourner, à cause du problème posé par le collecteur, comme nous venons de le voir. Dans le cas des alternateurs, les électro-aimants forment le rotor de la génératrice et induisent (ils sont alors inducteurs) une force électromotrice dans des enroulements fixes qui les encadrent, les enroulements du stator (qui ici forment l'induit). C'est aux bornes de ces enroulements du stator qu'une tension alternative est disponible. La liaison électrique entre l'inducteur et la source de courant, dite excitatrice qui l'alimente, est assurée par les contacts glissants de balais sur les lames du collecteur du rotor. Il est, dans de nombreux cas, plus judicieux de faire tourner l'inducteur qui nécessite moins de puissance électrique pour ses électro-aimants que n'en produit l'induit. Le gros avantage des électro-aimants sur les aimants permanents est, qu'à poids égal, ils permettent de produire des champs magnétiques beaucoup plus intenses. Les alternateurs des véhicules automobiles sont de ce type.

Il n'est pas toujours indispensable de disposer d'une source extérieure pour alimenter l'électro-aimant du rotor. En effet, comme la puissance nécessaire à l'excitation est faible devant la puissance utile (le courant et la tension disponible aux bornes de la génératrice), Werner von Siemens, un ingénieur allemand, en vint à

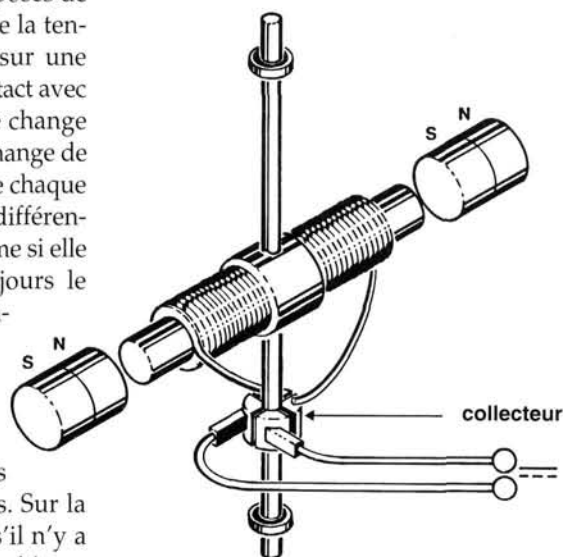


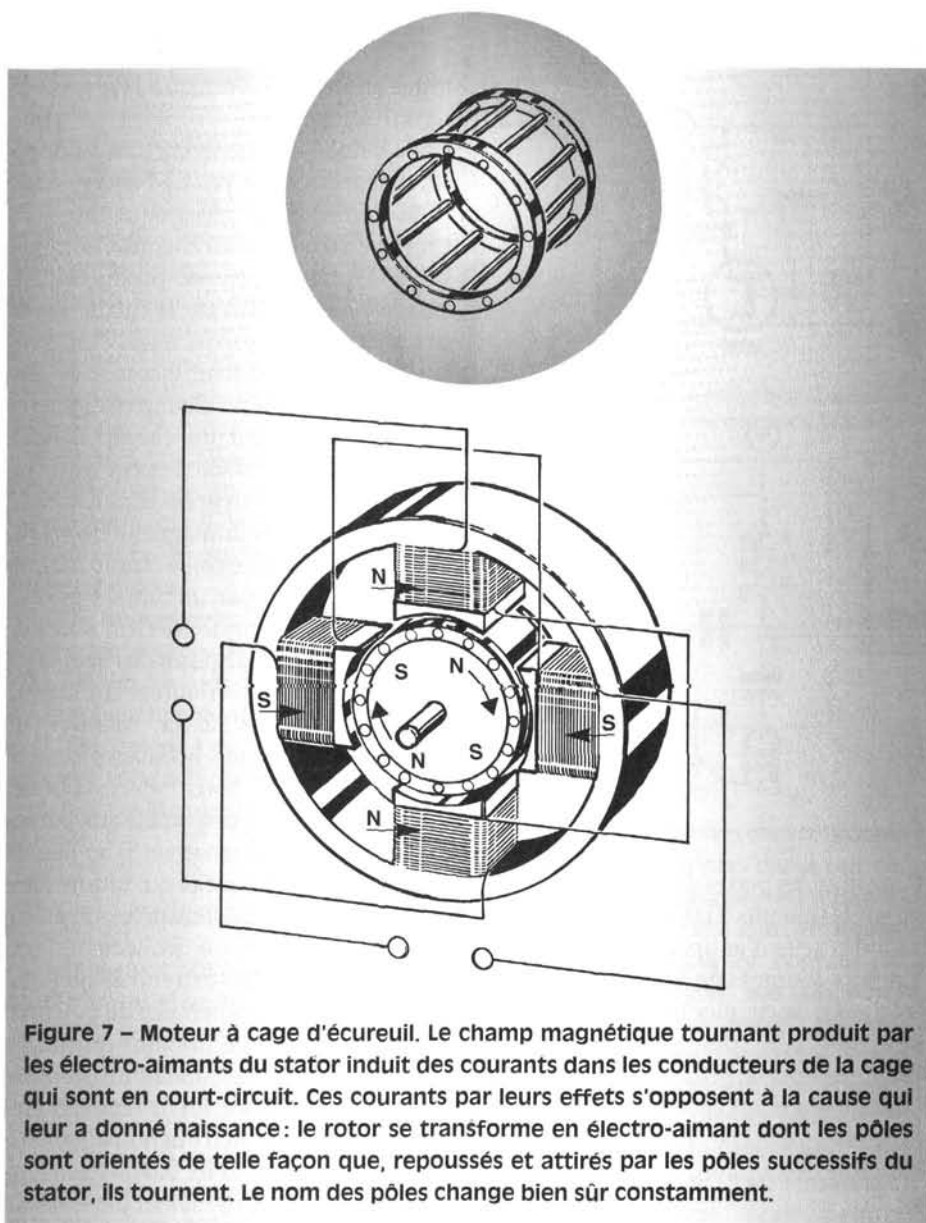
Figure 6 – Si l'on fait tourner la bobine sur son axe dans le champ magnétique des aimants, on a une dynamo. Si on l'alimente, elle tourne en moteur. C'est ce que prétend l'artiste. « En vrai » cela marcherait-il ? Nous invitons les amateurs d'énigmes à le discuter.



proposer, à la fin du siècle dernier, d'alimenter les électro-aimants avec le courant produit par la machine elle-même. Idée géniale, mais qui doit faire sursauter : si c'est la machine qui produit le courant nécessaire à la production du courant par la machine, il lui faut, pour s'amorcer, une source d'excitation extérieure. Elle est parfois nécessaire, aux alternateurs de voiture notamment, lorsque l'aimantation rémanente de la carcasse de l'inducteur n'est pas suffisante. La carcasse d'un électro-aimant reste en effet un peu aimantée lorsque le courant a cessé de circuler dans ses enroulements. Cet aimant est parfois suffisant pour l'auto-amorçage de l'alternateur ou de la dynamo : lorsque le rotor commence à tourner, ces restes d'aimantation induisent (dans l'induit) une petite force électromotrice qui permet la production d'un petit courant d'excitation, puisque le courant d'induit alimente les bobines de l'inducteur (le rotor). Ce petit courant dans les enroulements des électro-aimants de l'inducteur a pour effet d'augmenter l'intensité du champ magnétique, donc la force électromotrice induite et, en conséquence, l'intensité du courant d'excitation : le champ magnétique augmente ainsi de proche en proche et la génératrice finit par donner son maximum. Nous ne nous étendons pas plus sur les avantages et les inconvénients respectifs des alternateurs à auto-excitation, à excitation indépendante ou à excitation composée, ni sur ceux de l'alternateur vis-à-vis de la dynamo, pour passer à un autre domaine d'application des bobinages, celui des moteurs.

### les moteurs

À l'opposé des alternateurs et des dynamos, les moteurs transforment de l'énergie électrique en énergie mécanique. Les machines à courant continu sont, de ce point de vue, exemplaires puisque leur réversibilité est totale. Comment fonctionnent-ils en moteur ? On leur fournit de l'énergie électrique et ils restituent de l'énergie mécanique. En effet, un conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force électromécanique qui tend à le faire se déplacer : certaines autres conditions doivent être remplies, nous y reviendrons. Si l'on alimente le bobinage de la figure 6 avec un courant continu d'intensité suffisante, il doit (peut-être) se mettre à tourner. Il est, ici aussi, possible de remplacer les aimants permanents par des électro-aimants câblés en série avec



**Figure 7 – Moteur à cage d'écureuil. Le champ magnétique tournant produit par les électro-aimants du stator induit des courants dans les conducteurs de la cage qui sont en court-circuit. Ces courants par leurs effets s'opposent à la cause qui leur a donné naissance : le rotor se transforme en électro-aimant dont les pôles sont orientés de telle façon que, repoussés et attirés par les pôles successifs du stator, ils tournent. Le nom des pôles change bien sûr constamment.**

l'enroulement du rotor, pour obtenir un moteur-série ou moteur universel. C'est le moteur des appareils ménagers (aspirateurs et autres sèche-cheveux) ou des outils tournants des ateliers de bricolage (perceuses, ponceuses) dont le fonctionnement est d'autant meilleur que la fréquence du courant est plus basse : ils fonctionneraient donc avec un meilleur rendement en continu que sur le secteur (à cause de la réactance de leurs enroulements) c'est pourquoi leur puissance est limitée à 1 kW. L'inversion du sens de rotation est obtenue par celle du branchement de l'un des deux enroulements. Lorsque des puissances supérieures sont demandées ou pour une utilisation plus intensive – le collecteur et les balais du moteur série le rendent fragile – le moteur le plus utilisé est celui représenté sur la figure 7. C'est un moteur dont le rotor est dit en cage d'écureuil ou en court-circuit. Les enroulements du stator, alimentés en alternatif, induisent dans les conducteurs de la cage des courants : soumis aux

champs magnétiques produits par le stator, les conducteurs parcourus par des courants du rotor se déplacent. Ces moteurs robustes, faciles à fabriquer, donc bon marché ne nécessitent que peu d'entretien. On les trouve, entre autres, dans les machines à laver, un grand nombre de pompes ou les compresseurs des réfrigérateurs.





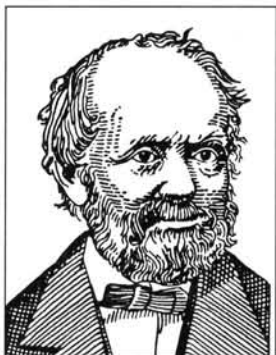
Werner von Siemens  
(1816-1892)



Nicola Tesla  
(1856-1936)



Wilhelm Weber  
(1804-1891)



Carl Friedrich Gauss  
(1777-1855)



À côté des moteurs électriques dont il vient d'être question, il en existe beaucoup d'autres dont le plus spectaculaire est le moteur linéaire. Un moteur linéaire est quelque chose comme un moteur électrique déroulé dont le rotor, au lieu de tourner, se déplace dans le plan (ce serait donc un "translator"). Le plus connu (ou le plus méconnu) des moteurs linéaires est le haut-parleur dynamique où un bobinage alimenté se déplace devant un aimant; le plus avancé est celui des trains *maglev* (ou Levmag, à lévitation magnétique). Ces trains futuristes, mais que le futur ne verra peut-être pas, se déplacent au-dessus de leur voie, qui leur sert de stator, sous les effets (forces) de champs électromagnétiques. Des moteurs linéaires sont aussi utilisés pour positionner les têtes de lecture de certains disques magnétiques ou optiques à la vitesse de l'éclair.

### les transformateurs

Les transformateurs font aussi un large usage des bobinages. Un transformateur abaisse ou élève une tension (et élève ou abaisse le courant correspondant) dans un rapport fixe sans changer sa fréquence: ils ne transforment que des tensions (et des courants) variables. Un transformateur est constitué d'un minimum de deux enroulements qui peuvent n'être pas séparés dans le cas de l'auto-transformateur.

Les transformateurs les plus connus sont certainement ceux qui abaissent la tension du secteur. Prévus pour des tensions alternatives de 50 à 60 Hz ils sont relativement volumineux et lourds compte tenu de leurs performances (ils le sont beaucoup moins à 400 Hz fréquence des "réseaux" sur les avions). On en trouve d'autres: transformateurs audiofréquence de sortie des push-pull parallèles, exceptionnels dans les amplificateurs à transistors, ils ne manquaient jamais chez leurs ancêtres à tubes; transformateurs de certaines alimentations à découpage. Ces transformateurs sont beaucoup plus légers puisqu'ils travaillent à des fréquences beaucoup plus élevées que celle du secteur (20 kHz par exemple pour une alimentation à découpage). Certains transformateurs n'ont pas d'autre rôle que d'isoler galvaniquement l'utilisateur du secteur, pour des raisons de sécurité. On les rencontre aussi bien dans les laboratoires, les ateliers ou les salles de bain. Leur rapport de transformation est la plupart du temps de 1:1. Ils n'abaissent donc ni n'élèvent la tension, ce qui n'est pas le cas des transformateurs

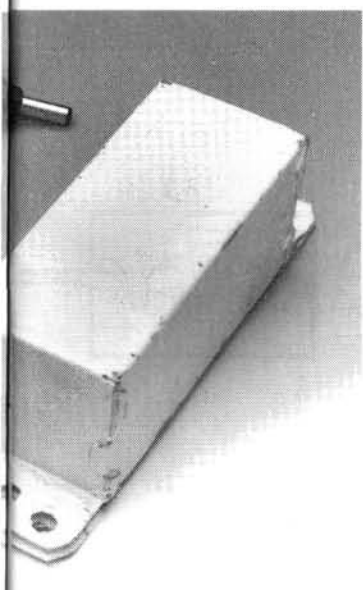
dits "haute tension", bobine d'allumage des voitures ou transformateur THT (Très Haute Tension) des téléviseurs qui délivre 25 kV (sous 1 mA) à l'anode du tube cathodique. Nous n'avons pas parlé des petits transformateurs à noyau mobile dont sont truffés nos récepteurs de radio ni de ceux sans lesquels nous n'aurions plus de jus (lire "tension") ou un jus trop corsé sur nos prises: n'en parlons pas.

### Tesla, Weber, Gauss...

Un bref rappel des unités adaptées à la mesure des grandeurs qui concernent les champs magnétiques: régions de l'espace dans lesquelles aimants ou conducteurs parcourus par des courants font ressentir leur influence. On dit qu'un champ est uniforme lorsque cette influence est la même en tous les points du champ. Cette influence, nous pouvons la reconnaître à l'aide d'une aiguille de boussole ou d'un conducteur parcouru par un courant qui, placés dans le champ dans certaine direction, seront soumis à une certaine force. Le tesla (T) est l'unité de champ magnétique: ce peut être l'intensité d'un champ magnétique qui, perpendiculaire à un fil de 1m de longueur parcouru par un courant de 1 A, le soumet à une force de 1 newton. C'est très grand, raison pour laquelle on préférerait autrefois (on s'est depuis fait une raison) utiliser le gauss (G) dix mille fois ( $10^4$ ) plus petit. Si vous préférez la définition légale: « Le tesla est l'intensité d'un champ magnétique uniforme, qui, réparti normalement [=perpendiculairement] à une surface de 1 m<sup>2</sup> produit à travers cette surface un flux magnétique total de 1 Wb ». On l'appelait autrefois le weber par mètre carré (Wb/m<sup>2</sup>). Le weber est à son tour la variation uniforme d'un flux magnétique sur un intervalle de 1 s qui induit dans le circuit qu'il traverse une force électromotrice de 1 V. Si vous avez saisi ce qu'est le champ magnétique et son intensité, le flux magnétique et ses variations ne peuvent vous échapper: si vous approchez un pôle d'un aimant très gros qui crée à son voisinage un champ d'intensité B d'une spire de surface S (façon d'obtenir un champ uniforme), perpendiculairement à la surface de la spire, vous modifiez le flux magnétique à l'intérieur de la spire. En conséquence, un courant est induit dans celle-ci (si elle est fermée) tel qu'il provoque une variation du flux qui s'oppose à l'approche de l'aimant: la spire se transforme en aimant. Le flux, dans les deux cas, est proportionnel à l'intensité du champ et à la surface que lui offre la spire.

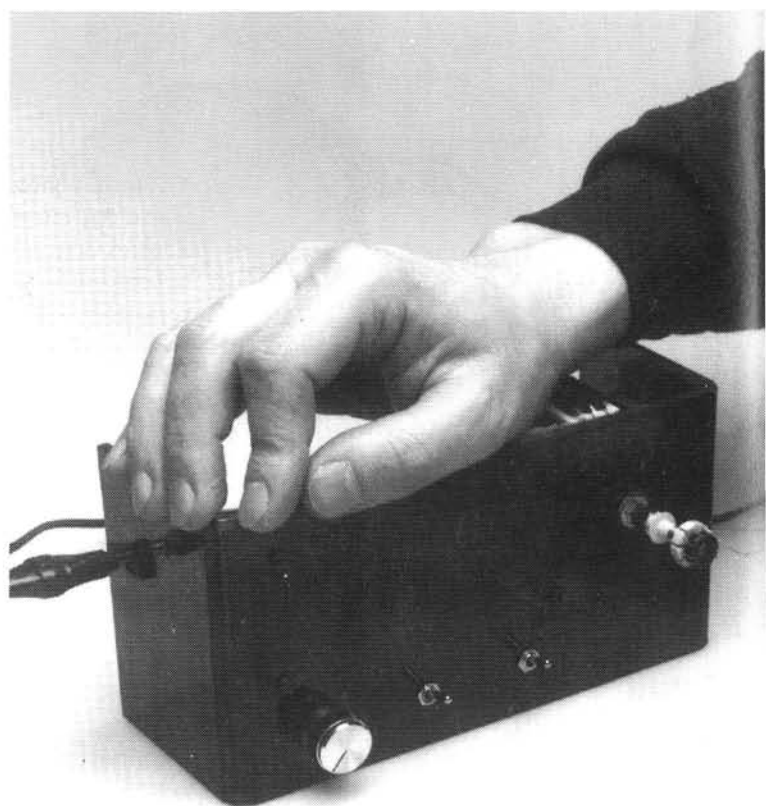
916055

Que MM. Ampère, Faraday, Gramme, Laplace, Lenz, Oersted et les autres veuillent nous pardonner de les avoir oubliés dans cette galerie de portraits.





**Les bobines** utilisées en ondes courtes ou en UHF n'ont que quelques spires et peuvent être roulées à la main. Pour d'autres, selfs qui travaillent en basse fréquence, en grandes et en petites ondes, une seule tête et dix doigts ont fort à faire, sans parler du temps que prend cette tâche fastidieuse. L'appareil que nous vous proposons ici ne se contentera pas de tourner pour vous, il vous informera, au dixième de tour près, du nombre de spires qu'il aura enroulées ou du nombre qu'il reste à dérouler, puisqu'il fonctionne dans les deux sens. Le dispositif qu'il contient peut bien sûr avoir d'autres applications.



## Bobinoir électrique et compteur de spires

Il est difficile, lorsque l'on a plus de cinquante spires à bobiner de ne pas se perdre dans leur compte si l'on procède à la main. Tous les radioamateurs savent à quelles mésaventures ils faut s'attendre lorsqu'on entreprend de fabriquer une bobine pour grandes ondes de quelques centaines de spires : sans parler des importuns – qui ne l'est pas dans ces moments-là ? – qui profitent de l'occasion pour s'annoncer à la porte d'entrée, la liste est longue des distractions qui amènent à perdre le fil. Pour se simplifier la tâche, il faut bien sûr un appareil, pourvu d'un compteur, c'est le moins qu'on puisse lui demander.

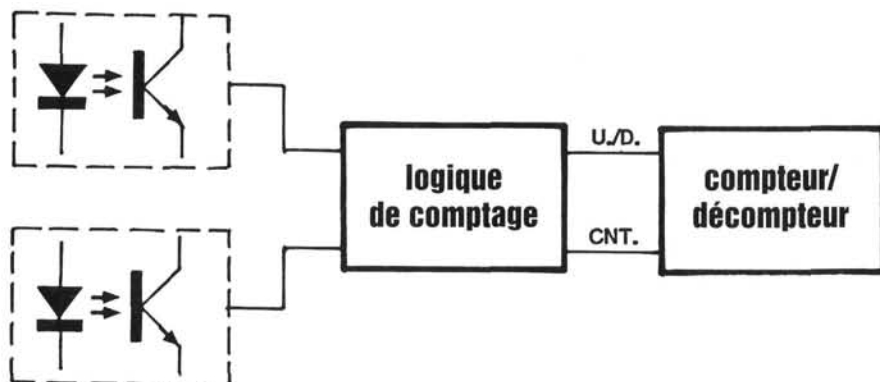
En plus de l'enregistrement, exact, du nombre de tours qu'il effectue, un appareil a d'autres avantages : il permet d'aller beaucoup plus vite et sans nuire à la précision, bien au contraire.

Que faut-il pour fabriquer un tel appareil ? Un compteur enregistreur de tours (le terme "compte-tours" est réservé à l'appareil qui mesure des vitesses de rotation), précis, et qui sache aussi bien compter à l'endroit qu'à rebours : l'appareil décrit ici en comporte un, à quatre chiffres, qui enregistre jusqu'au dixième de tour et peut donc compter de 0,0 à 999,9 tours. Ensuite, un moteur électrique dont la vitesse soit réglable et sur l'axe duquel on

puisse fixer, sans trop de difficultés, les noyaux des selfs à bobiner. Une liaison doit en outre être établie, d'une façon ou d'une autre, entre l'axe du moteur et le compteur enregistreur.

Dans le cas présent, il n'est pas indispensable que l'appareil soit doté de son propre moteur : le compteur est fait pour s'adapter à pratiquement n'importe quel moteur ordinaire. On peut par exemple se servir, pour bobiner, d'un petit tour d'atelier ou d'une perceuse fixée sur un support. Bien que le prototype décrit utilise pour sa part un petit moteur électrique semblable à ceux dont on se sert pour certains modèles réduits, vous n'aurez aucu-

**Figure 1** – Seule manque dans ce synoptique la commande, facultative, du moteur. Les deux capteurs optiques, à gauche, produisent des impulsions dont le nombre et le décalage dans le temps, exploités par la logique de comptage, informent le compteur du nombre de (dixièmes de) tours accomplis par le moteur et de son sens de rotation. Le compteur commande à son tour une série de quatre afficheurs à sept segments.







## permettra à ceux qui bobinaient leurs selfs à la main de se tourner les pouces

ne difficulté à l'adapter à l'une ou l'autre  
de vos machines tournantes.

### synoptique

Le circuit n'est pas aussi compliqué qu'on  
pouvait peut-être se l'imaginer: c'est ce  
que montre le synoptique de la **figure 1**.  
Le dispositif de réglage de la vitesse de  
rotation du moteur n'y est pas représenté.  
Nous verrons d'ailleurs qu'il est aussi  
d'une grande simplicité. Le circuit n'est  
pas compliqué parce qu'il utilise une uni-  
té de comptage à l'endroit et à l'envers  
(*up/down*) intégrée capable de communi-  
quer le résultat de ses opérations, sans

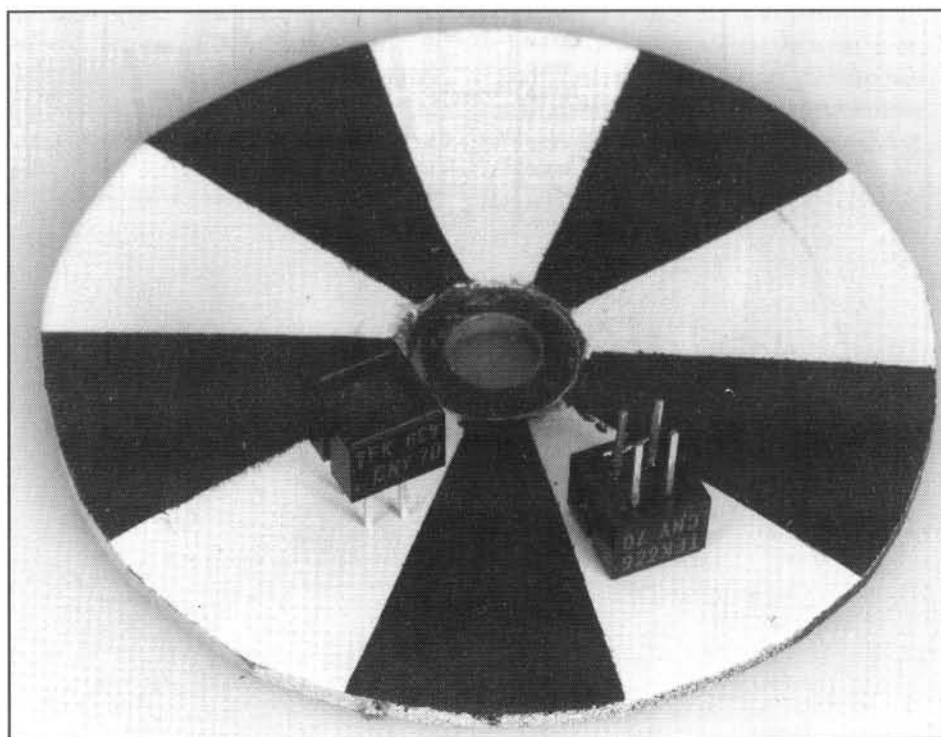


autre intermédiaire, à un ensemble de  
quatre afficheurs à sept segments. Il  
compte des impulsions électriques qu'il  
reçoit sur son entrée de comptage (CNT  
pour *count*) en fonction de l'ordre, un  
niveau de tension, qui lui est transmis sur  
une autre ligne, de compter (*up*) ou de  
décompter (*down*). Les impulsions à  
compter sont mises en forme par un  
ensemble de composants regroupés sous  
le titre "logique de comptage" qui informe  
aussi le compteur du sens dans lequel il  
doit progresser. Ces impulsions provien-  
nent d'une sorte de lecteur optique consti-  
tué de deux cellules à réflexion. Ces  
photocoupleurs contiennent un projec-  
teur, une LED émettrice d'infrarouges et  
un "œil", un phototransistor qui réagit au  
rayonnement, réfléchi ou non par la sur-  
face que la LED éclaire. Cette surface,  
dans le cas présent, est celle d'un disque  
divisé en dix secteurs, alternativement  
blancs et noirs, que le moteur fait tourner  
devant les capteurs. Le disque et les cap-  
teurs sont représentés sur la **figure 2**.

### commande du moteur

Les deux parties du montage dont il vient  
d'être question sont détaillées sur la **figu-  
re 3** (il faut tourner la page). La troisième  
partie, en haut sur le même schéma, ne

concerne que le moteur et sa vitesse de  
rotation. Cette vitesse est fonction de la  
tension à ses bornes, qui dépend elle-  
même de la plus ou moins grande ouver-  
ture d'un darlington. Le darlington PNP,  
T1, sur la ligne de masse de l'alimentation  
du moteur, s'ouvre ou se ferme en fonc-  
tion de son courant de base dont l'intensi-  
té est réglée par un potentiomètre, P1.  
Lorsque le curseur du potentiomètre est  
au plus bas, le transistor se bloque  
puisque sa base est court-circuitée à la  
masse: le circuit est ouvert et le moteur  
s'arrête. Sa vitesse est en revanche maxi-  
male lorsque le curseur de P1 est au plus  
haut: le darlington, alors saturé, n'oppose  
plus au passage du courant qu'une faible  
résistance. Il n'est possible de mettre le  
curseur de P1 en butée haute que parce  
qu'une résistance de protection, R12, limi-  
te l'intensité du courant de base de T1 à  
une valeur inoffensive. Ce n'est pas la seu-  
le mesure de protection prévue: on sait  
que plus la charge du moteur est impor-  
tante plus le courant qui le traverse est  
intense. On trouve donc, en série avec lui,  
une autre résistance de limitation de cou-  
rant, R13 qui lui évitera de chauffer s'il est  
par trop freiné. En effet, si un moteur à  
courant continu s'arrête sous l'effet d'une  
charge trop importante, il ne limite plus  
l'intensité que par la résistance de ses  
enroulements (celle que mesure l'ohm-



**Figure 2** – Deux photocoupleurs réflexifs à infrarouge détectent les secteurs blancs et noirs du disque entraîné par le moteur. Un seul eût suffi pour compter le nombre de (dixièmes de) tours effectués par le moteur, avec deux, il est possible d'en déterminer le sens de rotation.



**Figure 3 – Schéma de détail de l'appareil.** La partie supérieure à gauche n'existe que s'il est doté de son propre moteur, commandé par T1. L'alimentation stabilisée, en haut à droite, concerne le circuit de comptage à proprement parler: le compteur IC2 et les quatre afficheurs à sept segments qu'il pilote sans intermédiaire; les photocoupleurs IC4 et IC5, et la logique de comptage, autour d'IC3, qui informent le compteur de la rotation du moteur par deux types d'impulsions, celles que le moteur compte et celles qui l'informent du sens dans lequel il doit compter.

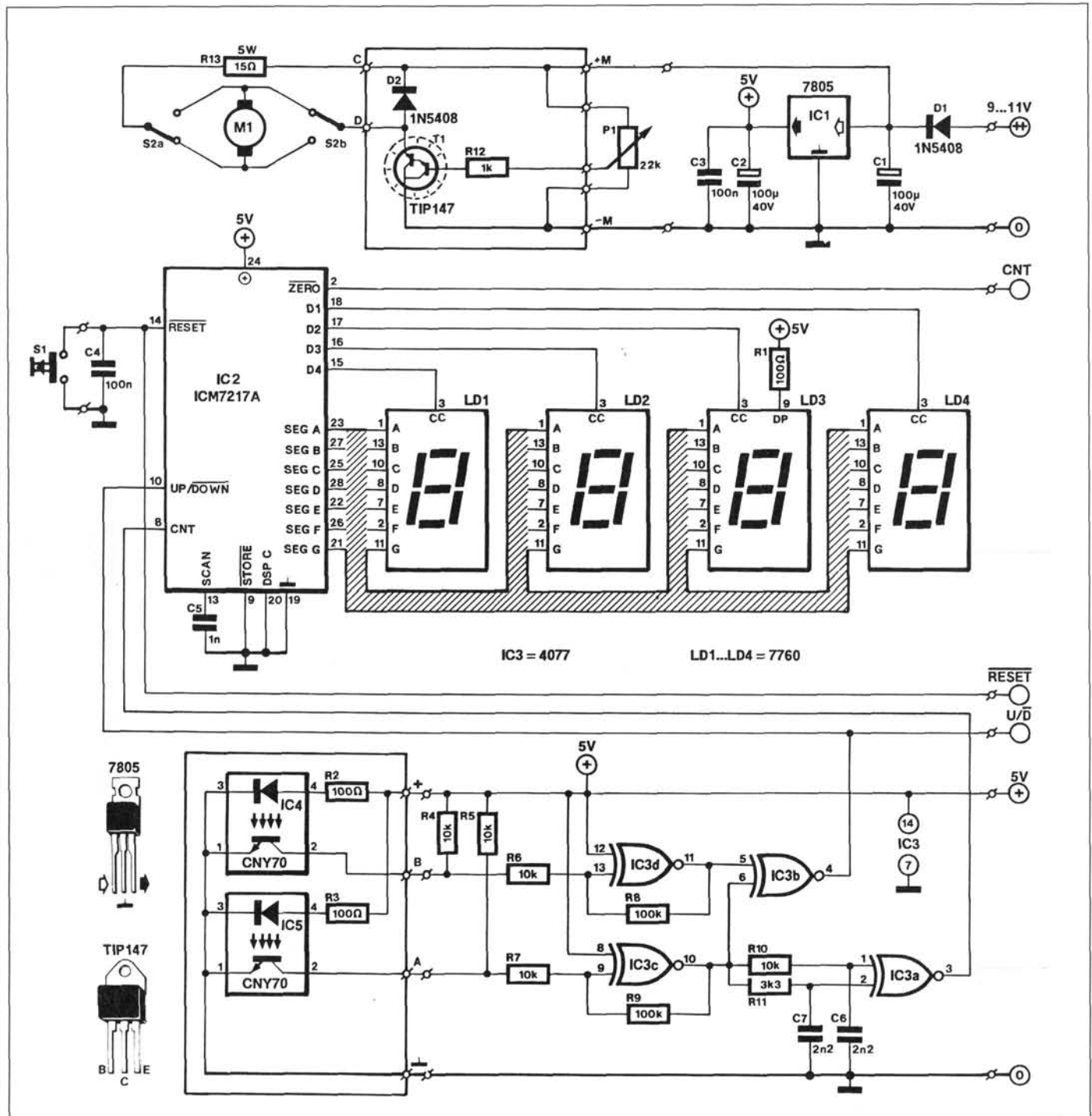
mètre). Comme elle est en général très petite, R13 peut lui éviter de griller. Le transistor de son côté, s'il est bien refroidi, peut supporter des courants d'au moins 5 A, il n'y a guère de souci à se faire pour lui. Autre protection, la diode D2 qui court-circuite les pointes de tension produites par le moteur.

Le moteur peut tourner dans les deux sens grâce à un inverseur bipolaire (S2) qui permet d'inverser, c'est le moins qu'on puisse lui demander, la polarité de la tension à ses bornes. Il est nécessaire que le moteur puisse tourner dans les deux sens pour permettre de dérouler quelques spires si l'on est allé trop loin. La diode D1

évite que cette inversion se produise au branchement de l'alimentation si celui-ci était fait à l'envers: c'est une protection contre la maladresse de l'utilisateur. Le transistor les supporterait mais pas le stabilisateur de tension IC1 responsable avec les condensateurs C1 à C3 de l'alimentation des autres composants. Il leur fournit, sous 5 V débarrassés de parasites, du courant à la demande.

## le compteur

Le compteur à proprement parler est contenu en entier dans un seul circuit intégré, IC2 qui commande quatre afficheurs





à sept segments, LD1 à LD4. Comme pour beaucoup d'afficheurs la commande de ceux-ci est multiplexée pour en simplifier le câblage. Un afficheur contient sept segments (sept LED), les anodes homologues des quatre afficheurs sont reliées à une même piste d'un « bus de données » qui en comprend sept: les anodes des segments A sont reliées à la piste A du bus, celles des segments B à la piste B etc. Si maintenant IC2 met toutes les lignes du bus à un (5 V) les sept segments des quatre afficheurs s'allumeront et nous pourrions lire "8888", à condition que les cathodes soient alors à zéro. Ce n'est pas ainsi que cela fonctionne. Si les cathodes de chaque segment d'un même afficheur sont effectivement reliées ensemble (cathode commune), elles aboutissent aux quatre lignes d'un « bus d'adresses », une par afficheur, commandées séparément. Ces quatre lignes ne sont jamais à zéro en même temps, mais chacune à tour de rôle: les chiffres dessinés (prévus) par l'état des lignes de données n'apparaissent que successivement, lorsque les lignes d'adresses correspondantes passent à zéro. Autrement dit: le premier chiffre est formé par la mise à un de certaines lignes de données, l'application d'un zéro sur la ligne d'adresse qui correspond au premier afficheur le fait apparaître. Les autres lignes d'adresses sont à un et les LED des autres afficheurs restent éteintes. Le second chiffre est ensuite activé de la même façon: mise à un des lignes de données qui lui correspondent, puis mise à zéro de la ligne d'adresse du second afficheur. Pendant ce temps-là, le premier, le troisième et le quatrième afficheurs sont éteints. Les cathodes de chaque afficheur passent ainsi à zéro lorsque le bon chiffre est formé sur les lignes de données. L'œil de l'observateur (un observateur est toujours borgne) voit quatre chiffres (*digit* disent les anglophones) briller en même temps à cause de la persistance de la sensation lumineuse: il n'a pas le temps de voir un afficheur s'éteindre qu'il est déjà rallumé. Quel bénéfice peut-on tirer d'une telle "prestidigitation"? Un seul afficheur est commandé à la fois, cela représente déjà une petite économie d'énergie. Ensuite, il ne faut que onze pistes pour alimenter les quatre afficheurs au lieu de quatre fois sept, pour les anodes, et quatre, pour les cathodes, soit trente-deux, auxquelles autant de broches d'IC2 auraient dû faire face. Quel est le prix à payer? Celui d'un condensateur, C5, qui détermine la fréquence de multiplexage, autrement dit la durée pendant laquelle un afficheur est

alimenté et celle pendant laquelle il reste éteint.

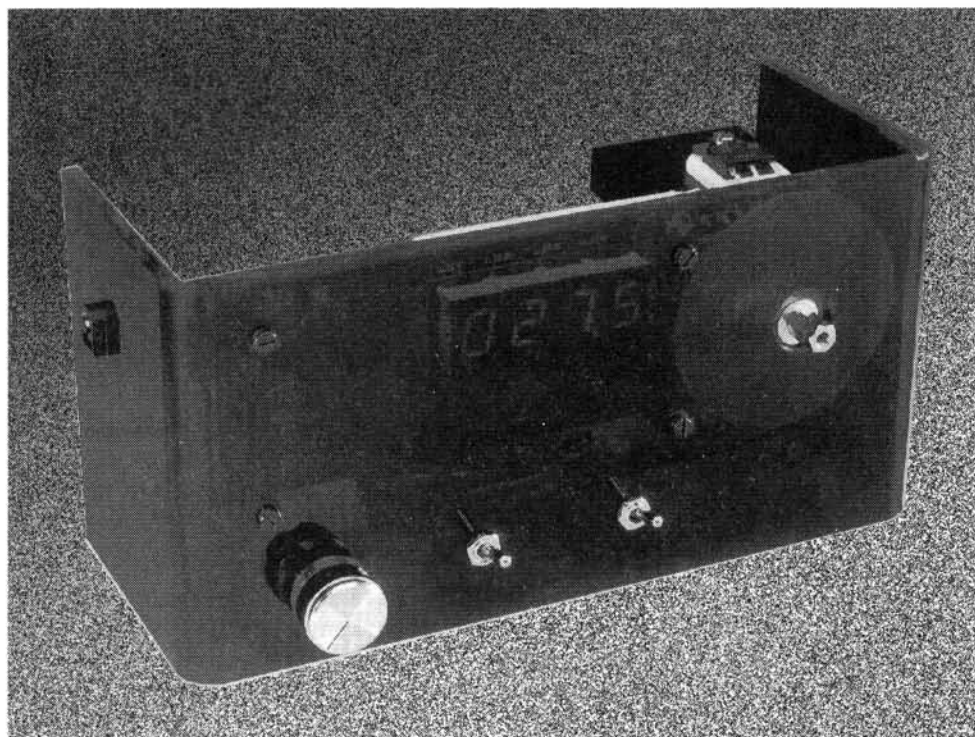
Le problème de l'affichage ainsi réglé, nous pouvons remettre le compteur à zéro puisque cette fonction existe: elle est automatique à la mise sous tension, grâce à C4, qui présente à ce moment-là une différence de potentiel nulle à ses bornes et applique un zéro fugitif sur la broche 14 d'IC2; elle est manuelle si S1 est mobilisé, puisque ce bouton poussoir permet de court-circuiter la dite broche à la masse. Les entrées vues sur le synoptique sont évidemment présentes: celle qui reçoit les impulsions à compter, la broche 8 (CNT); celle dont l'état décide du sens de comptage, à l'endroit, état haut (*Up*), ou à rebours (*Down*), état bas, accessible sur la broche 10.

### logique de comptage

Si le compteur tourne tout seul et affiche le résultat de ses opérations (additions ou soustractions de 1) encore faut-il lui fournir les 1 qui le feront tourner. C'est ce dont s'occupe le premier étage du schéma (figure 3). Il n'est pas compliqué malgré les apparences. Nous en connaissons déjà une portion, les deux photocoupleurs réflexifs: les LED émettrices d'infrarouges, constamment alimentées, sont pourvues de leurs résistances "talon", R2 et R3 qui adaptent l'intensité du courant à leur besoins. Si une LED éclaire une surface réfléchissante (blanche) correctement orientée, le phototransistor contenu dans le même emballage (IC4 ou IC5) recevra sa dose de

photons (infrarouges) qui auront le même effet que le courant de base dans un transistor ordinaire: il se débloquera. S'il se débloque suffisamment, la différence de potentiel entre son collecteur (points A ou B) et la masse tombera au voisinage de 0 V. Cette différence de potentiel est pratiquement égale à 5 V lorsqu'il n'est pas éclairé par suffisamment de "bons" photons, ceux qu'émet sa commère LED, puisqu'alors il conduit trop peu pour que la chute de tension sur R4 ou R5 soit significative. Significative pour qui? Pour les opérateurs logiques que contient IC3.

Ces portes, avec les composants qui les entourent, sont chargées d'interpréter les niveaux de tension qu'elles perçoivent aux points A et B. Qu'en font-elles? D'une part, des impulsions de comptage, de l'autre, des niveaux hauts ou bas pour l'entrée de sélection du sens de comptage croissant/décroissant. Ces opérateurs logiques sont des NON OU EXCLUSIFS à deux entrées. La sortie d'un OU EXCLUSIF est à un si une de ses entrées et une seule est à un, celle de la porte complémentaire NON OU EXCLUSIVE sera à un si toutes ses entrées sont dans le même état. Deux des quatre portes, IC3c et IC3d sont câblées en trigger de Schmitt non inverseurs. L'une de leurs entrées (broches 8 et 12) est constamment à 5 V si bien que l'état que connaît l'autre détermine celui de la sortie: IC3c et IC3d sont transparents, mais transparents seulement à des niveaux de tension bien déterminés, d'autant mieux déterminés que leur sortie est bouclée sur leur entrée par l'intermédiaire d'une résistance (R8 et





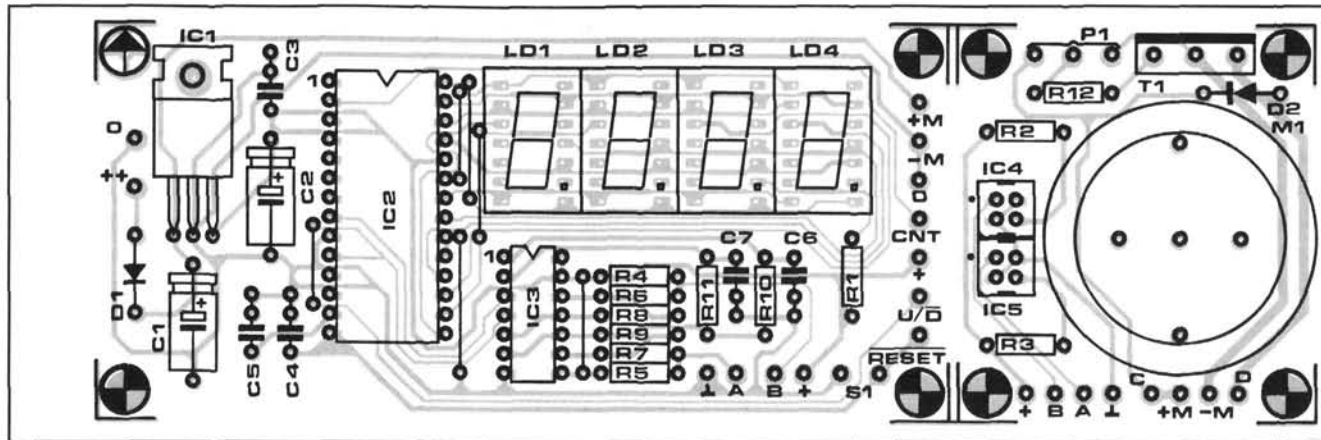


Figure 4 – Circuit imprimé et implantation des composants. Si le moteur n'est pas installé à demeure, il est possible de séparer à la scie la partie de la platine qui le concerne, en bas, de l'autre. Notez qu'ici c'est la broche 13 d'IC3d qui est reliée au (+) de l'alimentation, petite différence avec le schéma qui (ne) méritait peut-être (pas) d'être notée.

R9). Grâce à ces résistances, les portes ne prennent en compte ni les impulsions parasites ni la "grisaille", due à la lumière extérieure (dont il faut cependant limiter les effets) ou à des taches sans signification que les capteurs peuvent percevoir. Les sorties des deux portes ne basculent que lorsque les LED émettrices éclairent des secteurs blancs ou noirs.

Nous constatons ensuite sur la figure 3 que les impulsions à compter ne proviennent que d'IC5. Quel est alors le rôle d'IC4? Tout simplement de produire d'autres impulsions qui, avec celles d'IC5, informeront le compteur du sens dans lequel il doit fonctionner, comptage croissant ou décroissant.

### impulsions de comptage

Le disque fixé sur l'axe du moteur est divisé en dix secteurs alternativement blancs et noirs. Les impulsions de comptage sont produites aussi bien sur des transitions blanc-noir que noir-blanc. Un tour de roue, donc une spire, correspond à dix impulsions et une impulsion à 1/10 de tour, donc à 1/10 de spire. Le dernier étage de mise en forme des impulsions est constitué par IC3a et les composants qui le précèdent. Au nœud R10/R11 le niveau logique est haut ou bas selon qu'IC5 voit un secteur noir ou blanc. En l'absence de C6 et C7, les deux entrées d'IC3a sont toujours dans le même état, "haut-haut" ou "bas-bas", si bien que la sortie de cet opérateur reste suspendue au niveau haut: le compteur ne reçoit pas d'impulsions.

À l'aide de R10 et R11, les deux condensateurs C6 et C7 apportent un certain retard à la transmission du niveau de la tension présente à la sortie d'IC3c. Ce retard est plus long pour la broche 1 que pour la broche 2 puisque la constante de

temps  $R10 \cdot C6$  est supérieure à la constante de temps  $R11 \cdot C7$ . Les deux broches ne changent donc pas d'état en même temps. Ce décalage fait que lorsque IC5 perçoit une transition blanc-noir ou noir-blanc, nous avons sur les entrées d'IC3a la combinaison "haut-bas" ou "bas-haut". La sortie de l'opérateur passe donc à zéro pendant une brève durée et l'impulsion très pointue qui en résulte active le compteur.

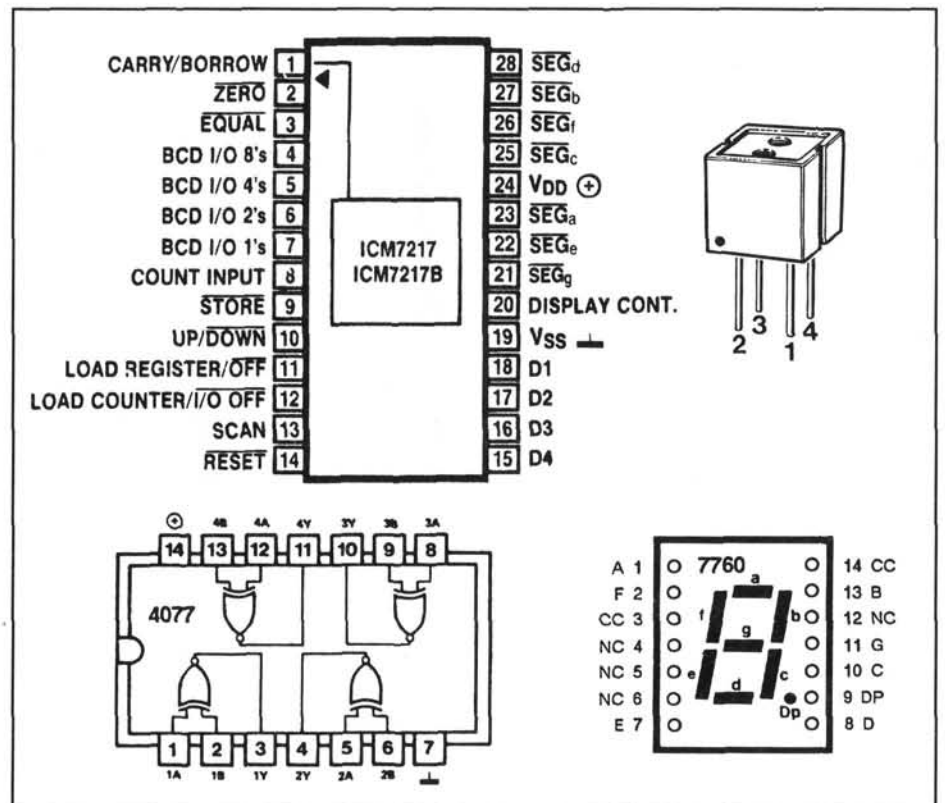
### comptage croissant ou décroissant

Le compteur ne sait cependant toujours pas dans quel sens il doit procéder. La fabrication de l'information qui lui manque, un niveau de tension haut ou bas, est le fruit de la coopération des deux

• Tableau 1 –

Sens positif				Sens négatif			
A	B	IC3b	IC3a	A	B	IC3b	IC3a
0	1	0		1	0	0	x
1	1	1	x	1	1	1	
1	0	0		0	1	0	x
0	0	1	x	0	0	1	
0	1	0		1	0	0	x
1	1	1	x	1	1	1	
1	0	0		0	1	0	x
0	0	1	x	0	0	1	

Figure 5 – Brochage des circuits intégrés et des photocoupleurs.





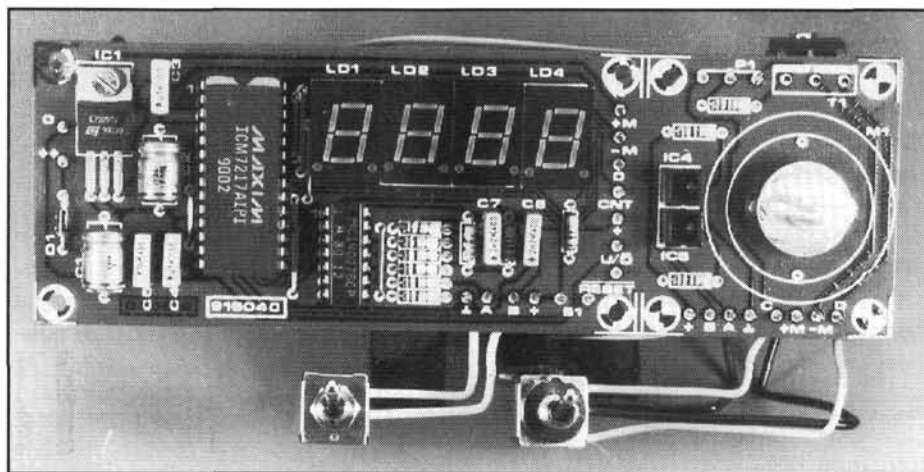
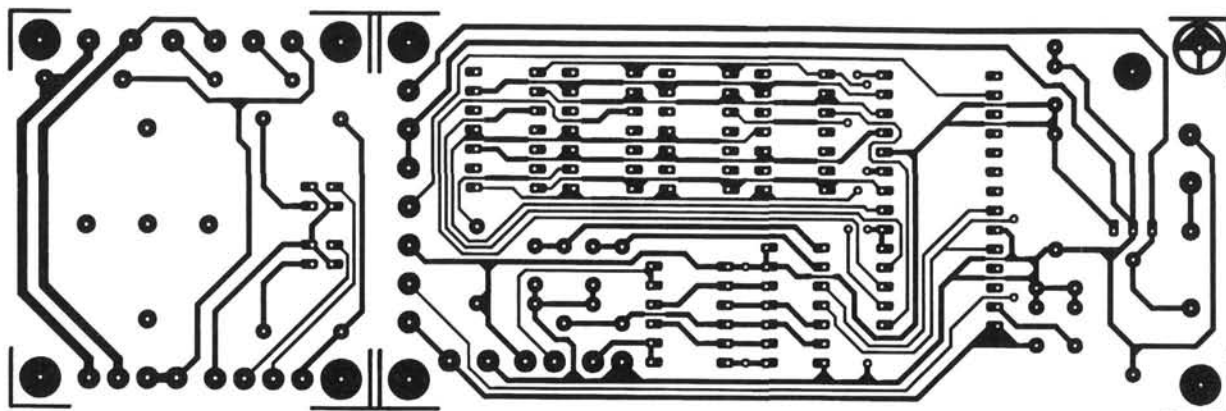


Figure 6 – Vue de la platine du prototype: le moteur y est fixé, à droite, par deux vis, les deux capteurs sont sur sa gauche.

capteurs (IC4 et IC5) avec quelques circuits logiques. Il est nécessaire, pour commencer, de connaître les positions respectives des capteurs face au disque: un demi-secteur les sépare. Lorsque l'un voit le rayon du disque qui sépare deux secteurs, l'autre est en face de celui, non tracé, qui sépare le secteur qui précède ou qui suit en deux demi-secteurs. Si nous comparons, à l'oscilloscope, les signaux qui résultent de la rotation du disque, aux points A et B, nous constatons que l'un est décalé par rapport à l'autre d'un demi-crêteau, soit d'un quart de période, si nous prenons pour période la durée d'un état haut et d'un état bas successifs. Nous les retrouvons à l'entrée d'IC3b dont la sortie change d'état chaque fois que l'un des capteurs voit une transition noir-blanc ou blanc-noir. Ces résultats sont présentés sur le tableau 1, voyons-les plus en détail.

Le tableau est en deux parties qui correspondent chacune à un sens de rotation du disque. Dans chaque partie sont notés les niveaux logiques aux sorties des capteurs et à la sortie (broche 4) d'IC3b. Nous savons d'autre part qu'une impulsion se forme à la sortie d'IC3a (broche 3) chaque fois que le capteur IC5 voit une transition

noir-blanc ou blanc-noir du disque, donc chaque fois qu'au point A le niveau de la tension change significativement (ce que décide, rappelons-le, IC3c). Cette impulsion ne se forme cependant qu'un peu après ce passage de 0 à 1 ou de 1 à 0 et sa durée est très brève: nous l'avons marquée d'un x. Qu'avons-nous obtenu? À la sortie d'IC3b, une tension en créneaux dont la fréquence est double de celle des tensions mesurées en A et B. On ne peut pas dire que son niveau dépend du sens de rotation du disque! En revanche, à la sortie d'IC3a les impulsions très brèves

Figure 7 – Si le dessin est trop petit, une photocopieuse peut permettre de l'agrandir. Ce n'est pas si facile avec la règle et le compas de diviser un cercle en dix secteurs, autant que possible égaux.

## liste des composants

R1 à R3 = 100  $\Omega$   
R4 à R7, R10 = 10 k $\Omega$   
R8, R9 = 100 k $\Omega$   
R11 = 3,3 k $\Omega$   
R12 = 1 k $\Omega$   
R13 = 15  $\Omega$ /5 W

P1 = 22 k $\Omega$  variable

C1, C2 = 100  $\mu$ F/40 V  
C3, C4 = 100 nF  
C5 = 1 nF  
C6, C7 = 2,2 nF

T1 = TIP147  
D1, D2 = 1N5408

IC1 = 7805

régulateur de tension

IC2 = ICM7217AIP1 (Intersil)

IC3 = 4077 quadruple opérateur  
NON OU EXCLUSIF

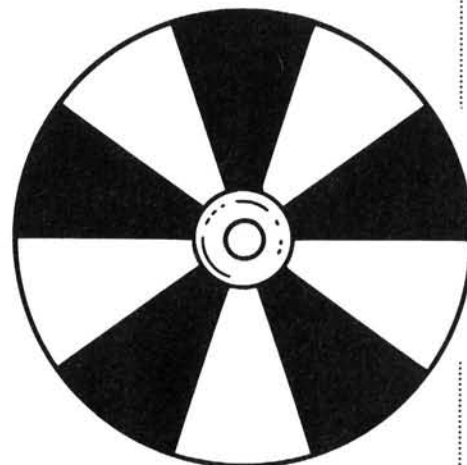
IC4, IC5 = CNY70  
LD1, LD4 = 7760

S1 = bouton poussoir  
ouvert au repos

S2 = inverseur bipolaire

M1 = moteur RS385SH  
(Mabuchi)\*

Radiateur pour T1





que le compteur dénombre sont contemporaines d'un instant auquel la tension à la sortie d'IC3b change de niveau. Elles sont en fait un peu postérieures à ce changement de niveau et nous constatons que, pour le sens de rotation que nous avons noté positif, elles se forment lorsque la sortie d'IC3b vient de passer à 1, pour l'autre sens, lorsque la sortie d'IC3b vient de retomber à 0. C'est ainsi qu'IC2 est informé du sens de rotation du disque et de la bobine : lorsque le moteur tourne dans un sens, sa broche 10 est à 1 lorsque sa broche 8 reçoit une impulsion, ou à 0, lorsque le moteur tourne dans l'autre sens.

### construction

La construction de l'appareil, on pouvait s'en douter, fait autant appel à des talents de mécanicien que d'électronicien. L'électronique et le moteur peuvent se monter sur la même platine dont nous vous proposons le dessin et l'implantation sur la figure 4. Il est possible que notre service des platines vous le propose prochainement mais rien ne vous empêche bien sûr de la graver ou de la faire graver vous-même. Si la partie "moteur" ne vous intéresse pas – parce que vous désirez utiliser votre perceuse par exemple pour bobiner – il vous suffira de la scier et de l'adapter à votre engin. La figure 5 donne le brochage des circuits intégrés, des capteurs et d'un afficheur. Pour celui des autres composants, se reporter à la figure 3.

Comme d'habitude on termine le câblage par les semi-conducteurs et les circuits intégrés qui, de cette façon auront moins à craindre surchauffe et décharges électrostatiques qui pourraient les endommager. Il est aussi recommandé de prévoir des supports pour IC2 et IC3 et un radiateur pour T1.

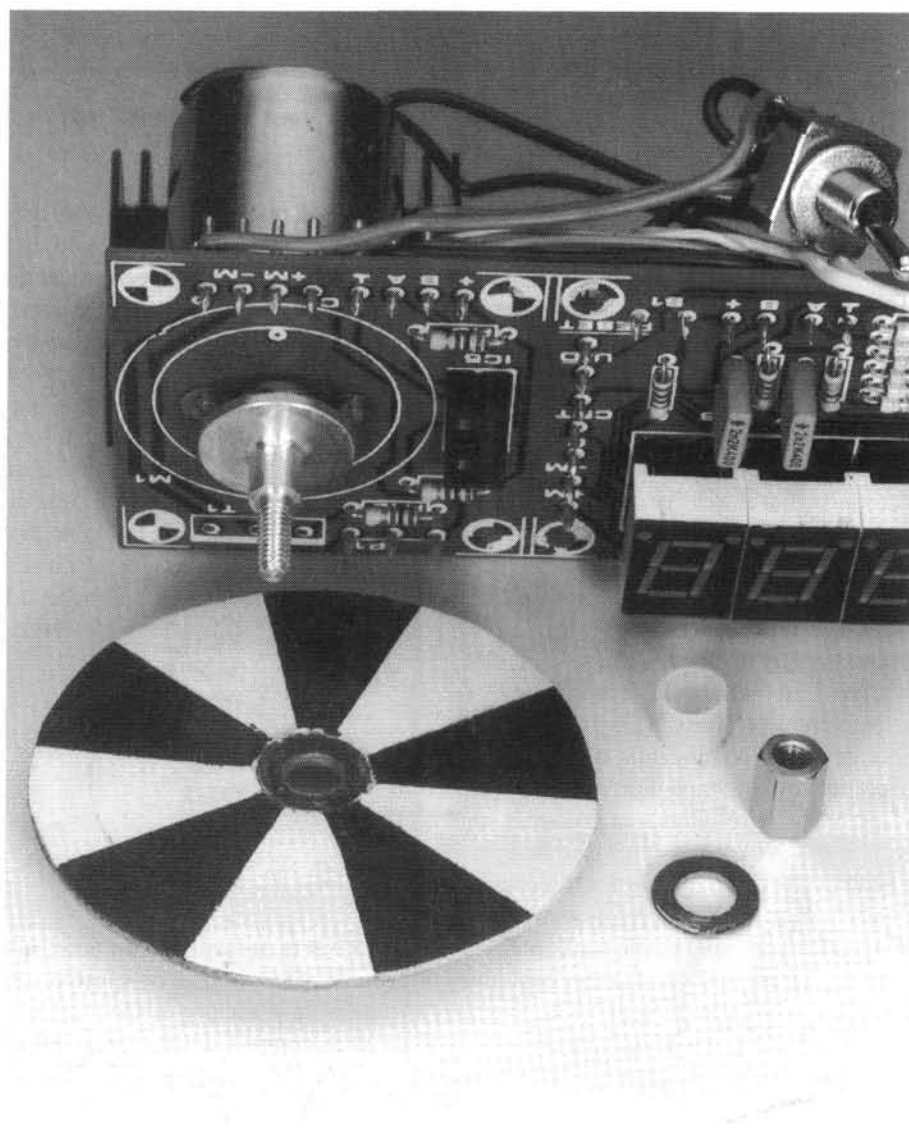
Vous constatez sur les différents clichés que le prototype est équipé d'un moteur. Le choix de celui-ci est le résultat d'un compromis : si l'on a à bobiner de nombreuses spires de fil fin, un moteur rapide est plus indiqué. En revanche, un moteur lent convient mieux au bobinage de gros fil. Il est possible, bien que nous ayons pour notre part adopté un moteur direct, de prendre un modèle pourvu d'un moto-réducteur. Si l'on utilise une perceuse, les capteurs et le disque sont bien sûr montés sur l'axe de la machine, dans un boîtier qui les isole de la lumière extérieure : il est important que celle-ci ne vienne pas interférer avec celle produite par les LED. La

distance entre les capteurs et le circuit de comptage oblige encore à d'autres précautions : il est indispensable de prendre du câble blindé pour assurer les liaisons avec les alimentations et les points A et B de façon à limiter autant que possible l'influence des parasites. La fabrication du disque nécessite le plus grand soin. On le découpe dans un matériau rigide, une plaque de bakélite ou d'époxy par exemple. On y colle ensuite une copie du dessin de la figure 7, éventuellement agrandi. On peut aussi sortir pour l'occasion sa boîte de couleurs : qu'elles soient alors bien mates pour éviter les reflets parasites. Il reste à fixer le disque sur l'axe du moteur, à l'intérieur d'un coffret étanche à la lumière, au moins pour cette partie-là du montage. Il ne faut pas que le disque vibre ni qu'il frotte contre l'une ou l'autre des parties qui sont à son voisina-

ge. Il tourne en face des capteurs, à une distance de ceux-ci d'environ 2 mm qu'on peut régler avec des rondelles. Pour le prototype, nous avons fixé comme tambour sur l'axe du moteur un composant de modèle réduit destiné à recevoir une hélice et terminé par une longueur de tige filetée. Il est ainsi possible de maintenir le disque à l'aide d'un écrou. Les quelques centimètres de tige qui restent, reçoivent le noyau de la bobine (figure 8). D'autres solutions sont bien sûr envisageables. Le moteur est lui-même solidaire de la platine pourvue de trous destinés à recevoir ses vis. Prêts pour le tournage ? Silence ! Moteur !

916040

**Figure 8 – La rallonge d'axe du moteur était prévue à l'origine pour porter l'hélice d'un modèle réduit. Elle permet de régler, à l'aide de quelques rondelles, la distance optimale du disque aux capteurs (à droite de l'axe). Sa longueur est telle qu'elle peut en outre supporter le noyau de la self.**







Composants électroniques  
Dépositaire de grandes marques  
Professionnel et grand public

RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

**B.H. ÉLECTRONIQUE**

164 à 166, av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX  
Tél. (1) 46 64 21 59 • Fax (1) 45 36 07 08

**SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS**

plus de 20 ans à votre service

Des milliers d'ingénieurs et de professeurs considèrent le tandem de PCAO logique et d'autoroutage

## Schéma III - Layol

Comme étant le meilleur sur le marché.

Pour vous permettre de les maîtriser à cent pour cent nous vous proposons une K7 d'apprentissage pas à pas.  
Prix : Layo I E : 180 F, schéma III E : 255 F, K7 vidéo 275 F.

Toutes ces versions sont opérationnelles à 100 %.

Layo France, Château Garamache-Sauvebonne,  
83400 Hyères

Tél. : 94 28 22 59, Fax : 94 48 22 16,

Minitel 3617 code LAYO

## AG Composants Electroniques LYON



Professionnel  
et  
Grand Public

51, Cours de la Liberté  
13, Bld des Brotteaux  
Fax : 78 71 76 00

Vente Comptoir et Correspondance

Composants Japonais, Radio TV, Vidéo, kits, Mesure,  
Outils, Accessoires, Sono, Hauts-Parleurs  
Lyon 3<sup>ème</sup> 78 62 94 34  
Lyon 6<sup>ème</sup> 78 52 43 90

## COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX  
6, rue Nantaise 16, rue Gambetta  
Tél. 41.58.63.64 Tél. 98.88.60.53  
Fax 41.58.21.14 Fax 98.63.84.55

VANNES QUIMPER  
35, Rue De La Fontaine 33, rue Régulière  
Tél. 97.47.46.35 Tél. 98.95.23.48  
Fax 97.47.55.46 Fax 98.95.91.29

4 SPÉCIALISTES PRÊTS À SE METTRE  
EN 4 POUR VOUS SERVIR  
GRAND PUBLIC AU PROFESSIONNEL

Des Kits simples et complexes  
Des composants disponibles  
Des offres temporaires  
Des prix intéressants  
Des expéditions rapides

Nos catalogues (1 et 2)  
vos seront adressés  
contre 5 F en timbres

MEDELOR  
42800 Tartaras

Téléphone  
77 75 80 56

Composants électroniques/Micro-Informatique



PLACE DU MARCHÉ (29, RUE DE BOUCHERIES)

25000 BESANÇON/FRANCE

TÉL. : 81.81.02.19

FAX : 81.82.16.79

MAGASIN INDUSTRIE : 72, RUE TRÉPILLOT

BP 1525 BESANÇON

TÉL. : 81.50.14.85 - FAX : 81.53.28.00

# LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATÉRIEL

## à BESANÇON

### NOUVELLE ADRESSE

29, Bd J.F. Kennedy

Tél. : 81 80 72 13 - Fax : 81 80 72 24

**P microprocessor**

Composants Electroniques  
Point traçage CIAO-LABOTEC - Perçage

## ELECTRON SHOP

20-23, avenue de la République

63100 CLERMOND-FERRAND

- Etude et réalisation de circuits imprimés
- Composants électroniques
- CB et accessoires
- Antennes paraboliques
- Les kits
- La sono et la lumière
- Les appareils de mesure
- La vidéo Surveillance

TÉL. : 73 90 86 11 (BUREAU)

73 92 73 11 (COMPOSANTS)

73 90 99 93 (SONO)

## TSME

Z.A. DES GROSSINES  
17320 MARENNES  
TÉL. : 46 85 37 60  
FAX : 46 85 20 02

VENTE COMPTOIR ET  
CORRESPONDANCE

KITS ELECTRONIQUES TSM  
COMPOSANTS ACTIFS/PASSIFS  
MESURES - LIBRAIRIE  
OUTILLAGE - PRODUITS CIF  
CATALOGUE 148 PAGES  
CONTRE  
30,00 F EN CHÈQUE

## Nice COMPOSANTS DIFFUSION JEAMCO

12, rue Tonduti de l'Escarène 06000 NICE  
Tél. 93.85.83.78 - Fax 93 85 83 89

KITS - COMPOSANTS - OPTO  
CAPTEURS - RELAIS - CONNECTIQUE  
COFFRETS - SONO - ALARMES  
OUTILLAGE - MESURE - ETC...

PROMOTIONS PERMANENTES

Liste contre enveloppe timbrée à 4,00 F  
avec votre nom

## À GENÈVE

Loisirs électroniques

Servette  LES A S.A.

composants, Instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENÈVE

Tél. 022/734 29 30 - Fax 022/733 10 41

PRINTS ELEKTOR EPS - LIVRES  
SOFTWARE ESS - REVUES - CASSETTES DE  
RANGEMENT - JEUX DE COMPOSANTS

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES - HP VISATON  
KITS VELLEMAN OUTILLAGE - MESURE -  
LITTÉRATURE - CB - RÉCEPTEURS

**URS MEYER ELECTRONIC SA**

Avenue Robert 12

CH - 2052 FONTAINEMELON

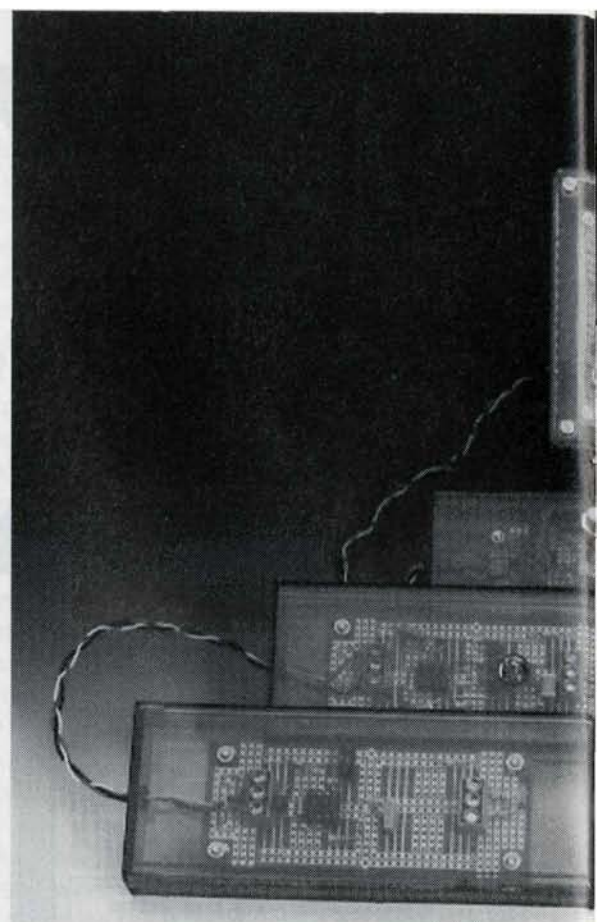
Tél : 038 / 53 43 43

**URS MEYER ELECTRONIC**



Le dernier numéro d'ELEX vous a présenté une centrale d'alarme universelle qui permet le raccordement de 14 capteurs. Nous allons nous attaquer à la description des capteurs et vous entretenir de la façon de réunir ces morceaux en un ensemble qui fonctionne.

# centrale d'alarme universelle



## deuxième partie : les capteurs

Le premier article n'a fait que donner une liste des types de capteurs prévus. Voici une description plus détaillée de leurs caractéristiques.

- Contact à ouverture ou à fermeture  
Comme son nom l'indique, ce capteur déclenche l'alarme dès qu'un contact s'ouvre ou se ferme.

- Contact à ouverture ou à fermeture, avec mémoire

Ce capteur est identique au précédent, mais il s'en distingue par une bascule bistable qui garde la mémoire d'une détection brève et provoque l'allumage permanent d'une LED.

- Capteur de température

Suivant que vous craignez le gel ou le feu à un endroit donné, ce capteur donne l'alarme quand la température passe au-dessous ou au-dessus d'un seuil réglé préalablement.

- Capteur acoustique

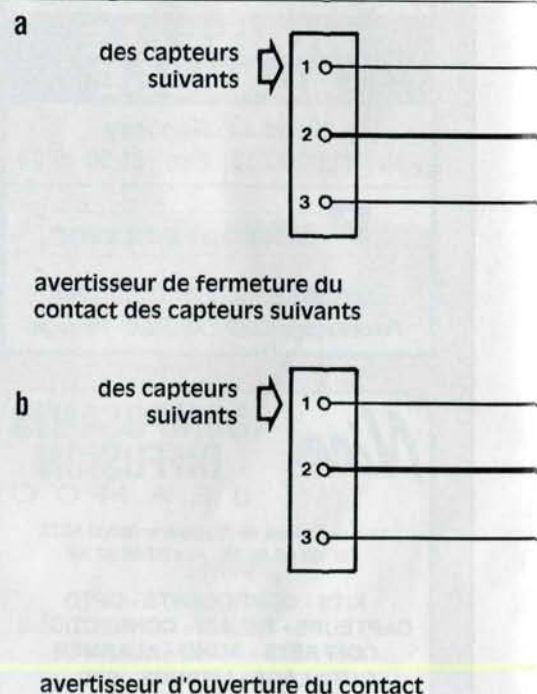
Comme son nom l'indique, ce capteur donne l'alarme dès que le bruit ambiant dépasse un niveau donné.

### le capteur à contact

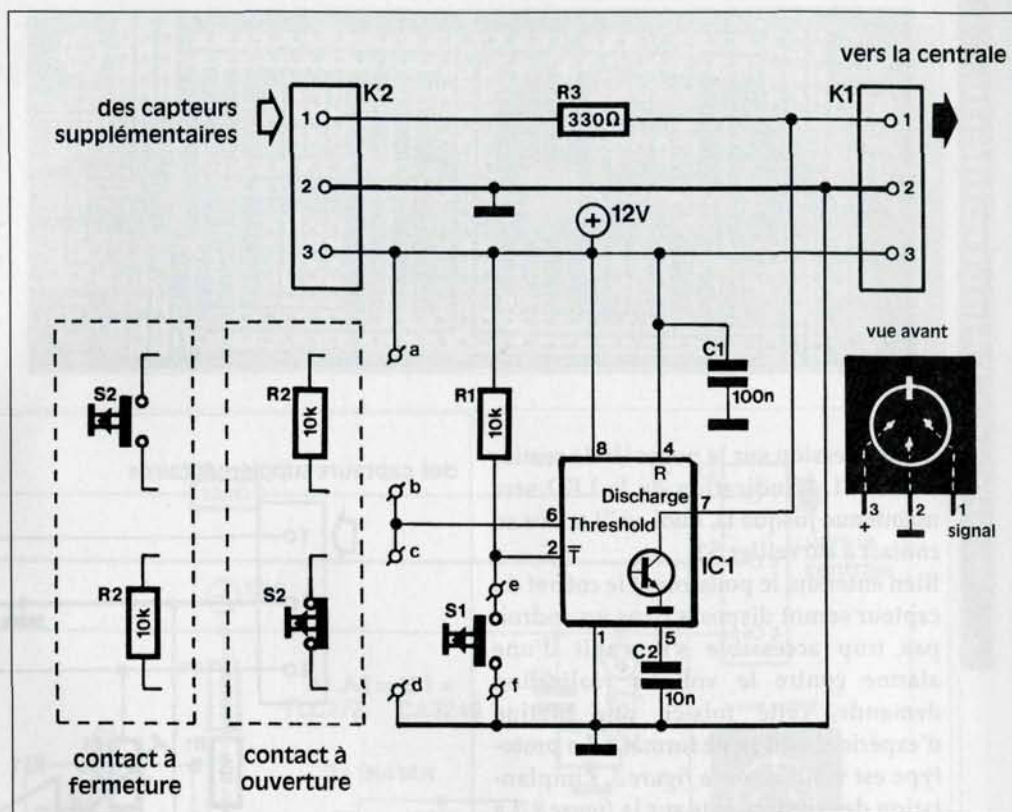
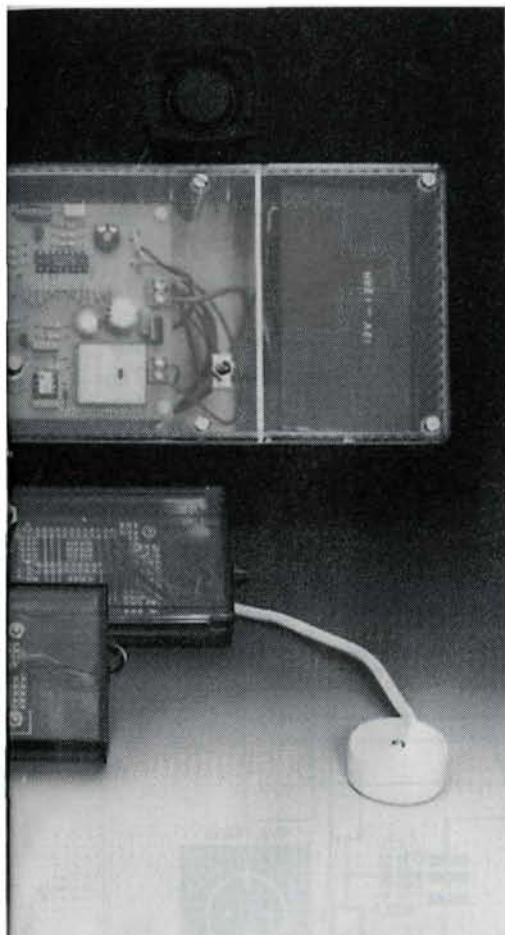
Ce capteur, avec contact à ouverture ou à fermeture, est le plus simple de tous. Tout ce qu'il a à faire est de détecter si une porte, une fenêtre, un tiroir ou quelque chose du même genre est ouvert ou fermé. La figure 1 montre que la réalisation est aussi simple que le principe. Dans le premier cas, celui du contact à

fermeture (figure 1a), il suffit d'un interrupteur ou d'un poussoir. Dans le deuxième cas, il suffit d'un transistor et d'une résistance en plus. Comme le fonctionnement du contact à fermeture est évident, nous passons au petit circuit du contact à ouverture de la figure 1b. Rappelons à tout hasard que, des trois conducteurs du bus, le fil n°3 sert seulement à fournir aux différents capteurs la tension d'alimentation positive. Le fil n°2 est à la fois la masse de l'alimentation et le commun de la boucle de détection. Comme nous l'avons vu dans le premier article, les capteurs actifs court-circuitent à la masse, ligne 2, la ligne de détection, n°1. C'est ce qui se produit, tout simplement, quand l'ouverture de la porte à surveiller ferme le contact de la figure 1a. Venons-en au contact à ouverture de la figure 1b. Le circuit n'est guère différent de celui de la figure 1a. La différence essentielle est que le contact de masse est établi par le transistor T1 : dès que le contact à surveiller s'ouvre, la base du transistor, au lieu d'être court-circuitée à la masse, se trouve alimentée par la résistance R1. Le transistor T1 n'en demande pas tant pour être saturé : il suffirait qu'il ait un gain en courant de 30 pour que la tension aux bornes de sa résistance de collecteur (330  $\Omega$ ) soit égale à la tension aux bornes de sa résistance de base (R1 de 10 k $\Omega$ ). Autrement dit, le transistor T1 (dont le gain est au moins de 100) se comporte, si le contact à sur-

Figure 1 – La figure 1a montre le capteur le plus simple possible, la figure 1b est presque aussi simple, au transistor inverseur près.







veiller est ouvert, comme un interrupteur fermé entre la ligne de détection et la masse. Le contact, à ouverture ou à fermeture, doit être monté sur la fenêtre ou la porte à surveiller, de façon à ne pas être remarqué par l'intrus éventuel. Vous pouvez bricoler des contacts avec des poussoirs et des bouts de ficelle, mais la

meilleure solution est d'utiliser des contacts de porte du commerce, soit des micro-rupteurs, soit des interrupteurs à lame souple (ILS ou ampoules Reed) et des aimants. Les micro-rupteurs possèdent en général un contact inverseur, c'est-à-dire à la fois à fermeture et à ouverture ; les ILS sont rarement inverseurs, ils sont le plus souvent à fermeture, quelquefois à ouverture.

Les deux montages sont assez simples pour être montés « en l'air », autour des trois morceaux de fil de cuivre rigide qui relieront les deux embases DIN entre elles.

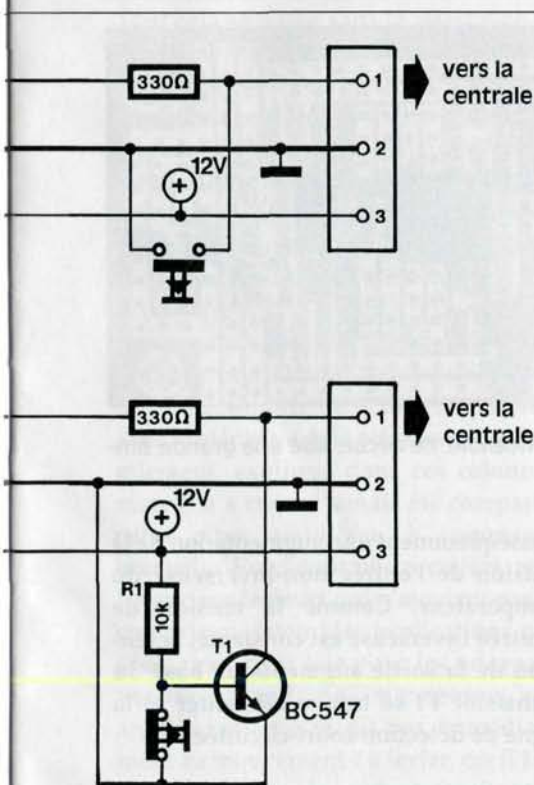
### capteur à contact à mémoire

Les capteurs qui viennent d'être décrits présentent un seul petit inconvénient : les contacts déclenchent l'alarme comme prévu, mais la signalisation par la LED correspondante disparaît aussitôt que l'intrus a refermé la fenêtre ou la porte. Vous entendez l'alarme, mais l'indicateur à LED ne vous en montre pas l'origine comme il devrait le faire. Le circuit de la figure 2 propose une solution à ce problème (qui n'en est pas un dans toutes les applications). Le court-circuit entre la boucle de détection (ligne 1) et la masse (ligne 2) est réalisé par un transistor interne du circuit intégré 555. Ce transistor devient conducteur aussitôt que la broche 6 est portée au niveau « haut »,

Figure 2 - La bascule de ce montage permet à la LED correspondante de la centrale d'alarme de rester allumée, même après une ouverture (ou une fermeture) fugitive du contact, de garder une alarme en mémoire.

d'une manière ou de l'autre. La première manière est celle du contact à fermeture, à gauche du schéma : la broche de déclenchement est maintenue au niveau de la masse par la résistance R2 de 10 kΩ, ou portée au potentiel de l'alimentation par la fermeture du contact S2. La deuxième manière est celle du contact à ouverture : la broche 6 est maintenue au potentiel de la masse par le contact S2 fermé au repos, ou « rappelée » au potentiel de l'alimentation par la résistance R2 quand le contact s'ouvre.

Dans l'un et l'autre cas, la logique interne du 555 considère que le condensateur qui fait partie de tous les montages multivibrateurs (astables ou monostables) est suffisamment chargé pour atteindre le seuil (threshold), en conséquence de quoi elle active le transistor de décharge (discharge). Le collecteur de ce transistor de décharge (le drain du transistor à effet de champ dans les versions CMOS) est accessible par la broche 7. Nous raccordons la broche de décharge à la ligne de détection ; le passage du transistor à l'état conducteur peut être considéré comme définitif : il ne repassera à l'état bloqué que lors





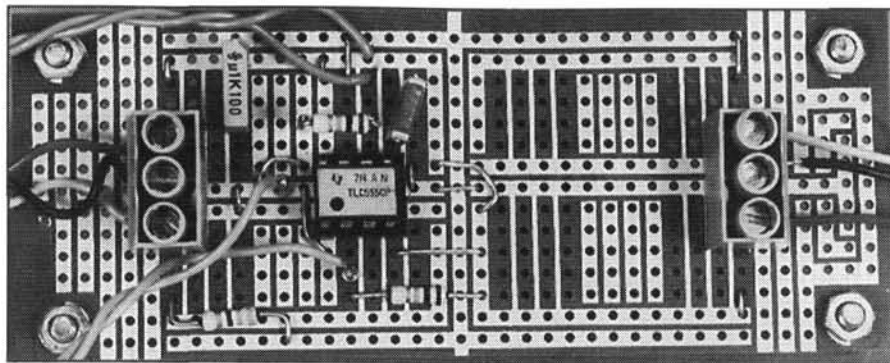


Figure 3 – Le prototype du capteur à mémoire. Les borniers à vis peuvent naturellement être remplacés par des embases DIN.

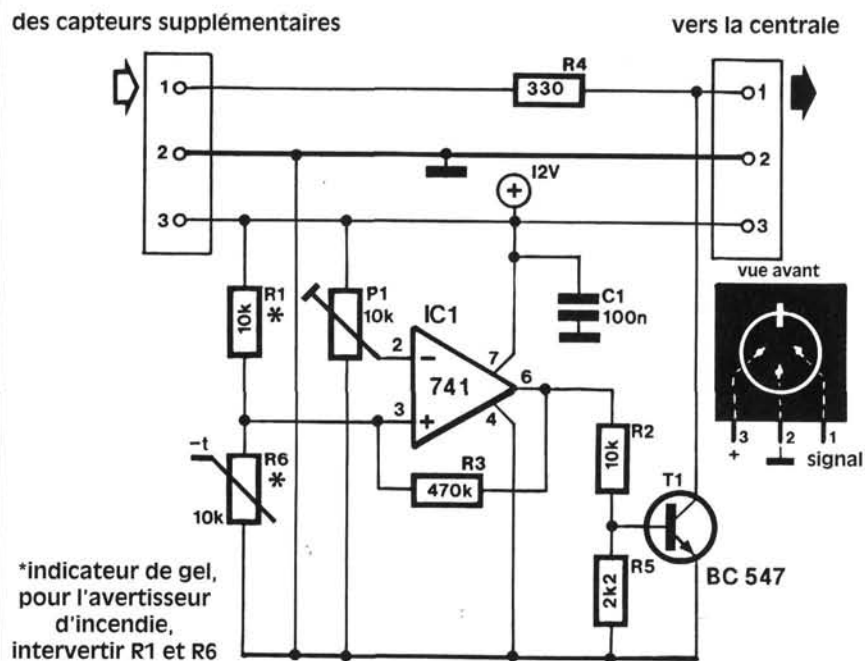
Figure 4 – Le capteur de température, monté suivant ce schéma, sera un avertisseur de gel. Il suffit de changer la position des résistances R1 et R6 (la thermistance) pour le transformer, comme par magie, en détecteur d'incendie.

d'une pression sur le poussoir de remise à zéro S1. L'indication de la LED sera maintenue jusqu'à là, quoi qu'il arrive au contact à surveiller S2.

Bien entendu, le poussoir et le coffret du capteur seront disposés dans un endroit pas trop accessible s'il s'agit d'une alarme contre le vol. La réalisation demande, cette fois-ci, une platine d'expérimentation de format 1. Le prototype est visible sur la figure 3, l'implantation des composants sur la figure 8. La réalisation définitive est équipée d'embases DIN qui permettent de continuer la boucle.

### la capteur de température

La circuit représenté par le schéma de la figure 4 peut servir aussi bien d'avertisseur de gel que d'avertisseur d'incendie. Comme dans le schéma de la figure 1b, c'est un transistor qui ferme le circuit en cas d'alarme. Pour cela il faut qu'il soit conducteur, c'est-à-dire que sa base soit alimentée à travers la résistance R2, donc que la sortie (broche 6) de l'amplificateur opérationnel IC1 passe au niveau « haut ». Ce circuit intégré est monté en comparateur avec hystérésis. Si nous supprimons la résistance de réaction R3, il s'agit d'un comparateur simple. Le potentiomètre P1 est réglé pour fixer la tension de l'entrée inverseuse (broche 2) à la moitié de la tension d'alimentation ; nous supposons que la thermistance R6 a la même valeur que la résistance fixe R1. Dans ces conditions, la tension de l'entrée non-inverseuse (broche 3) est égale, elle aussi, à la moitié de la tension d'alimentation. Du fait du gain énorme de l'amplificateur, la sortie sera « haute » ou « basse », suivant la polarité de la différence de tension minimale qui subsiste en pratique entre les deux entrées. Le potentiel de l'entrée inverseuse est déterminé par le réglage du potentiomètre, suivant le niveau auquel on voudra que l'alarme réagisse. Le potentiel de l'entrée



\*indicateur de gel, pour l'avertisseur d'incendie, intervertir R1 et R6

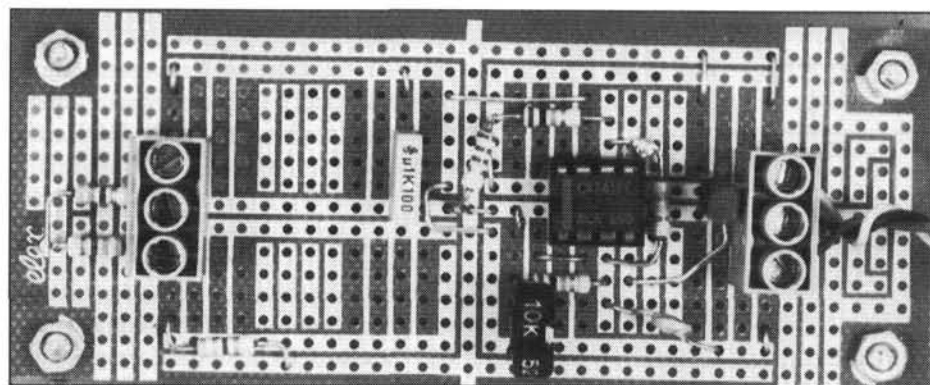


Figure 5 – Le prototype du capteur de gel et d'incendie. Ce circuit allie une grande simplicité à un large champ d'application.

non-inverseuse est déterminé par la tension d'alimentation (qui est fixe) et le rapport entre R1 et R6. Ce rapport, lui, dépend de la température. Supposons que nous voulons utiliser le capteur comme détecteur de gel et que, pour ce faire\*, nous avons disposé R1 et R6 comme sur la figure 4. Une baisse de température provoquera une augmentation de la valeur de la thermistance R6 et

conséquemment une augmentation de la tension de l'entrée non-inverseuse du comparateur. Comme la tension de l'entrée inverseuse est constante, la tension de la sortie augmente, la base du transistor T1 se trouve alimentée et la ligne de détection court-circuitée.

\*Le verre est solitaire, mais le fer est salutaire.





tif) ; il est représenté sur la figure 6. Vous y reconnaissez à l'extrême droite le transistor, devenu habituel, qui fait office de contact à fermeture. À sa gauche figure un multivibrateur monostable un peu inhabituel, puisqu'il est construit autour de l'amplificateur opérationnel A2. L'extrême gauche, enfin, montre un microphone à électret avec son amplificateur. Cette dernière partie est de conception très simple. Le microphone à électret reçoit sa tension d'alimentation par l'intermédiaire des résistances R1 et R2. Le condensateur C1 empêche que des perturbations éventuelles de la tension d'alimentation parviennent au circuit du microphone, en les court-circuitant à la masse. Le condensateur de couplage C2 conduit à l'amplificateur A1 le signal audio provenant du microphone. Cet amplificateur opérationnel amplifie environ 50 fois le signal du microphone. Le condensateur C3 empêche que des résidus de signaux parasites à haute fréquence soient amplifiés et provoquent des déclenchements intempestifs de l'alarme. En pratique, il se comporte

comme un court-circuit pour les fréquences les plus hautes, ce qui fait que le gain de l'amplificateur diminue quand la fréquence du signal augmente. Le deuxième amplificateur, A2, sert à la fois de comparateur et de multivibrateur monostable. Comme dans le circuit précédent, la polarité de la tension qui règne entre les deux entrées détermine si la sortie (broche 7) est « haute » ou « basse ». Le condensateur C4 ressemble au premier abord à un condensateur de réaction, mais la présence des diodes D1 et D2 lui donne une fonction tout autre. Avec les diodes et la résistance R5, il transforme l'amplificateur opérationnel en multivibrateur monostable. Supprimons tout d'abord, mentalement, la diode D2. Il est évident qu'alors une impulsion positive à la sortie de l'amplificateur opérationnel parviendra via C4 et D1 à l'entrée non-inverseuse (+). Comme dans le circuit précédent, une impulsion de faible amplitude se transforme en un basculement franc de la sortie jusqu'à un niveau proche de la tension d'alimentation. Cet effet n'est pas permanent car la résis-

tance de réaction du circuit précédent est remplacée dans ce montage par une diode et un condensateur (C4 et D1). Aussitôt que la sortie a atteint son niveau positif maximal, le condensateur commence à se charger. L'armature reliée à la diode va devenir progressivement de plus en plus négative par rapport à l'autre, reliée à la broche 7 de l'amplificateur opérationnel. Le courant de charge circule à travers la diode D1 et la résistance R5, dont l'extrémité est au potentiel de la masse. Une fois le condensateur chargé, il ne subsiste pas de différence de tension aux bornes de R5, la tension de l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel A2 reprend une valeur inférieure à celle de l'entrée inverseuse, et la sortie bascule à nouveau vers le potentiel de la masse. Le circuit ne connaît donc qu'un état stable : la sortie au niveau bas. Le montage n'est dans l'autre état, instable, que quand le microphone capte des sons. L'impulsion brève de la sortie (broche 7) met en conduction le transistor chaque fois que quelqu'un fait du bruit.

Figure 8 - L'implantation des composants du capteur à mémoire sur une platine d'expérimentation de format 1. Le brochage des embases DIN est le même pour tous les capteurs qui se raccordent sur le bus. Celle du haut est raccordée à la centrale, celle du bas au capteur suivant.

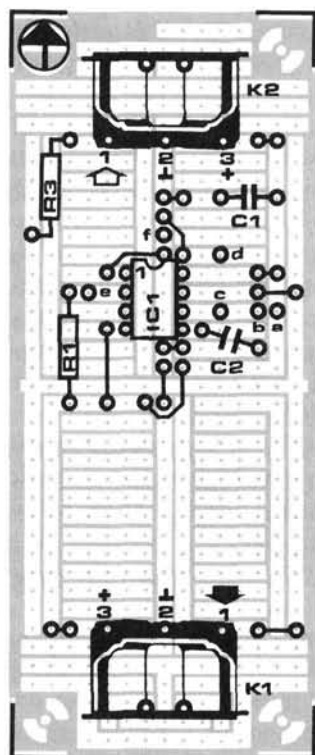


Figure 9 - Pas de problème particulier pour l'avertisseur de gel (représenté ici) ou d'incendie. La place n'est pas mesurée.

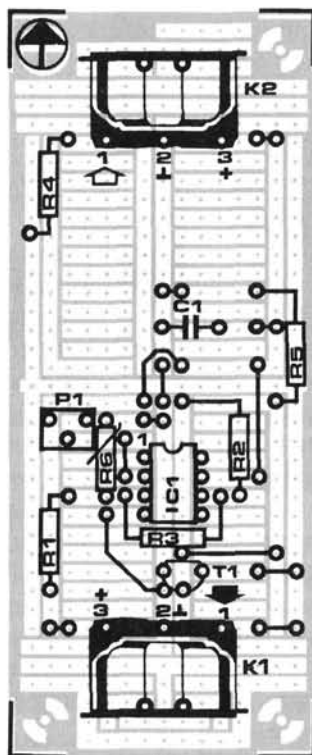
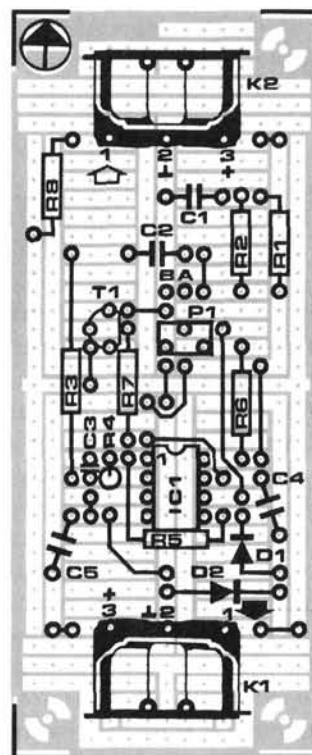


Figure 10 - Des différents types de capteurs décrits, c'est le capteur acoustique qui compte le plus grand nombre de composants. Malgré cela il tient à l'aise sur la platine d'expérimentation de petit format.





# liste des composants

## capteur à mémoire :

R1,R2 = 10 k $\Omega$   
R3 = 330  $\Omega$   
C1 = 100 nF  
C2 = 10 nF

IC1 = 555

S1 = poussoir à fermeture

## capteur thermique :

R1 = 10 k $\Omega$   
R2 = 10 k $\Omega$   
R3 = 470 k $\Omega$   
R4 = 330  $\Omega$   
R5 = 2,2 k $\Omega$   
R6 = CTN 10 k $\Omega$   
P1 = 10 k $\Omega$

C1 = 100 nF

T1 = BC547

IC1 = 741

## capteur acoustique :

R1,R2 = 15 k $\Omega$   
R3,R7 = 10 k $\Omega$   
R4,R5 = 470 k $\Omega$   
R6 = 100 k $\Omega$   
R8 = 330  $\Omega$   
P1 = 1 k $\Omega$

C1,C4 = 470 nF

C2 = 220 nF

C3 = 47 pF

C5 = 100 nF

T1 = BC547

D1,D2 = 1N4148

IC1 = CA3240 ou TLC272

MIC = microphone à électret 2 fils

La durée (brève) de l'impulsion positive de la sortie d'A2 dépend de la valeur de C4 et de R5. La diode D2, que nous avons repoussée négligemment du pied au début de cette explication, s'emploie dans l'ombre à décharger le condensateur C4 au moment où la sortie de l'amplificateur passe du niveau haut au niveau bas. Sans elle, la tension de l'entrée non-inverseuse plongerait dans des abysses malsaines pour la survie du circuit intégré. Le potentiomètre P2 permet de fixer à volonté le niveau électrique de basculement du comparateur-monostable, donc le niveau sonore de déclenchement de l'alarme. Comme pour les autres capteurs, le prototype est représenté par une illustration au bromure d'argent obtenue par voie optique avec une trame de contact magenta à point elliptique (figure 7), l'implantation est représentée par une oeuvre originale au transfert, à l'encre TT et à la souris à un bouton (figure 10).

Les figures 8 à 10 sont assez explicites pour nous dispenser de longs développements sur l'implantation : commencez par les composants les moins vulnérables, comme les résistances et les condensateurs, et finissez par les plus fragiles, les semi-conducteurs. Prévoyez des coffrets suffisamment étanches et installez-les dans des endroits convenables. Si vous installez un capteur acoustique dans un endroit bruyant par nature, il déclenchera l'alarme en permanence.

## les raccordements

Comme nous l'avons indiqué dans l'article sur la centrale, les capteurs sont montés en série sur le bus à trois fils. Attention ! Sur chaque schéma, comme sur les plans d'implantation, la flèche noire indique le côté de la centrale, la flèche blanche les capteurs supplémentaires. Sur le dernier capteur, le plus éloigné de la centrale, il faut court-circuiter les lignes 1 et 2 du bus. Il faut que le court-circuit soit du bon côté de la résistance de 330  $\Omega$ , du côté du capteur suivant et non du côté de la centrale. Le plus simple et le plus sûr est de faire un « bouchon » avec une fiche DIN à 3 ou 5 broches qui s'enfichera dans l'embase destinée au capteur suivant et pourra être déplacée si l'installation s'agrandit. Une fois les capteurs installés et raccordés, il faut régler le potentiomètre P1 de la centrale de façon à allumer la LED verte.

896014

# MAGNETIC-FRANCE

Circuits intégrés, Analogiques, Régulateurs intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, EPROM et EEPROM, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.  
Et de nombreux KITS.

Bon à découper pour recevoir le catalogue général

Nom .....

Adresse .....

Envoi : Franco 35 F - Vendu également au magasin

11, Place de la Nation, 75011 PARIS

Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h

Fermé le Lundi.

**43793988**

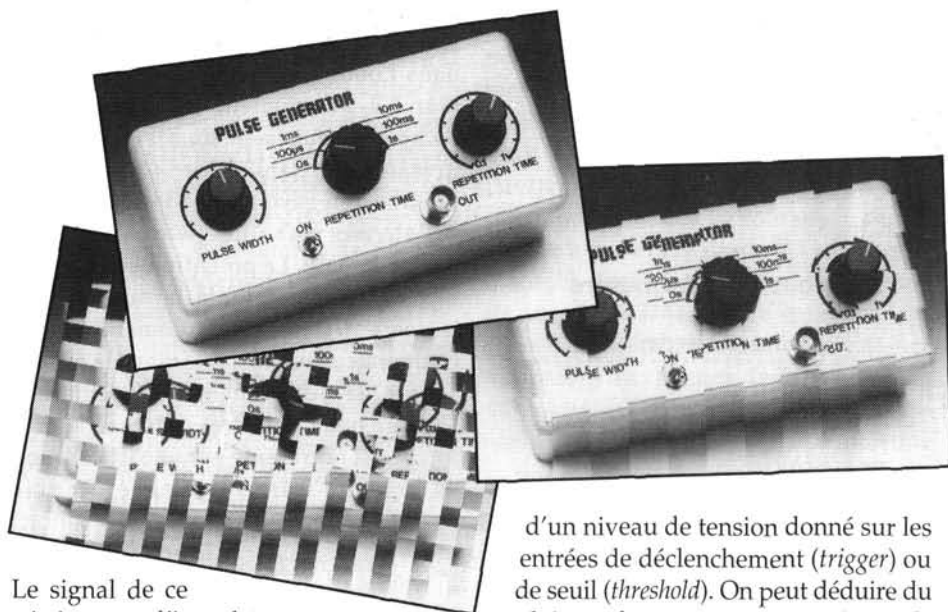
Nous avons décrit récemment un générateur de fonctions capable de produire des ondes carrées, sinusoïdales et triangulaires. Le générateur d'impulsions décrit ici peut être considéré comme un complément utile du générateur à basse fréquence. Non seulement il peut fonctionner à une fréquence beaucoup plus élevée (jusqu'à 100 kHz), mais le rapport cyclique de son signal de sortie peut être réglé en continu de 0 à 100%, sans que cette modification ait d'influence sur la fréquence de répétition. Les générateurs de fonctions et les générateurs d'impulsions trouvent des applications dans deux domaines principaux : les appareils audio (amplificateurs et filtres) et les circuits logiques et numériques.

Un générateur de signaux rectangulaires fournit très souvent le signal d'horloge des circuits numériques. Il permet aussi, en faisant varier la fréquence, de tester la vitesse maximale d'un montage complet. Pour le test d'amplificateurs audio, on applique un signal carré à l'entrée et on vérifie s'il a la même forme à la sortie. Si ce n'est pas le cas, l'amplificateur est défectueux. Un amplificateur qui restitue mal les fréquences les plus hautes du spectre donnera aux créneaux des angles arrondis. Un amplificateur qui ne transmettrait pas du tout les hautes fréquences restituerait les carrés sous une forme proche de la sinusoïde.

Un autre défaut qui peut se manifester dans les amplificateurs BF est la tendance à osciller. Les oscillations se reconnaissent, à l'oscilloscope, au dépassements sinusoïdaux aux angles des créneaux.

Les signaux carrés et les impulsions ont de nombreuses autres applications : la mesure de distance par les ultra-sons ou les ondes radar, la téléphonie optique ou la télécommande par infrarouges. Dans ce dernier cas, les LED émettrices sont alimentées par des impulsions très intenses qui permettent d'obtenir une grande portée tout en gardant raisonnablement basse la consommation moyenne d'énergie.

# générateur de largeur variable,



Le signal de ce générateur d'impulsions peut être utilisé pour commander une lampe par un transistor de puissance ou à effet de champ monté en série, et obtenir un éclairage variable. Bref, il y a une foule d'expérimentations à entreprendre avec ce petit appareil de laboratoire.

d'un niveau de tension donné sur les entrées de déclenchement (*trigger*) ou de seuil (*threshold*). On peut déduire du schéma des comparateurs à quels niveaux de tension les basculements se produisent. L'entrée non-inverseuse (+) du comparateur du bas et l'entrée inverseuse (-) du comparateur du haut voient leur potentiel fixé, au moyen d'un diviseur de tension, respectivement au tiers et aux deux tiers de la tension d'alimentation. De ce fait, les comparateurs basculeront dès que la tension appliquée à leur entrée accessible passera par le seuil. La mise à un (*set*) de la bascule aura lieu au moment où la tension de l'entrée de déclenchement (*trigger*) deviendra inférieure au tiers de la tension d'alimentation. La remise à zéro (*reset*) se fera au moment où la tension de l'entrée de seuil deviendra supérieure aux deux tiers de la tension d'alimentation. Le trait au-dessus du mot *trigger* se lit « barre », comme dans un coup de barre. La barre est le signe de la négation en logique, elle signifie ici que le signal appliqué à l'entrée désignée est actif à l'état bas, ce qui semble concorder avec la description du fonctionnement du comparateur.

Voilà pour les entrées du 555, il reste à voir les sorties, également au nombre de deux. La sortie de décharge (*discharge*) est reliée au collecteur d'un transistor (ou au drain d'un FET) qui peut être saturé ou bloqué, suivant l'état de la sortie Q de la bascule RS. Ici aussi la barre au-dessus de la lettre Q indique que cette sortie prend la valeur opposée à celle de la sortie Q. La sortie Q est dite « vraie », la sortie Q̄ est dite « complémentée ».

## l'intérieur du 555

Le schéma du générateur d'impulsions est représenté par la figure 1. Les deux parties essentielles sont les temporisateurs de type 555. Il s'agit ici de versions CMOS, comme le montre la dénomination : TLC555. Les deux temporisateurs indépendants sont logés dans un unique boîtier de circuit intégré à 14 broches, ce qui permet de faire l'économie de deux broches d'alimentation. La figure 2 montre le synoptique interne d'un temporisateur, avec les numéros de broches de la version simple et la version double. Avant de nous pencher sur le schéma du générateur, il n'est peut-être pas inutile d'examiner le synoptique de la figure 2. Elle renferme un grand nombre d'informations utiles à qui veut bien comprendre le fonctionnement du montage.

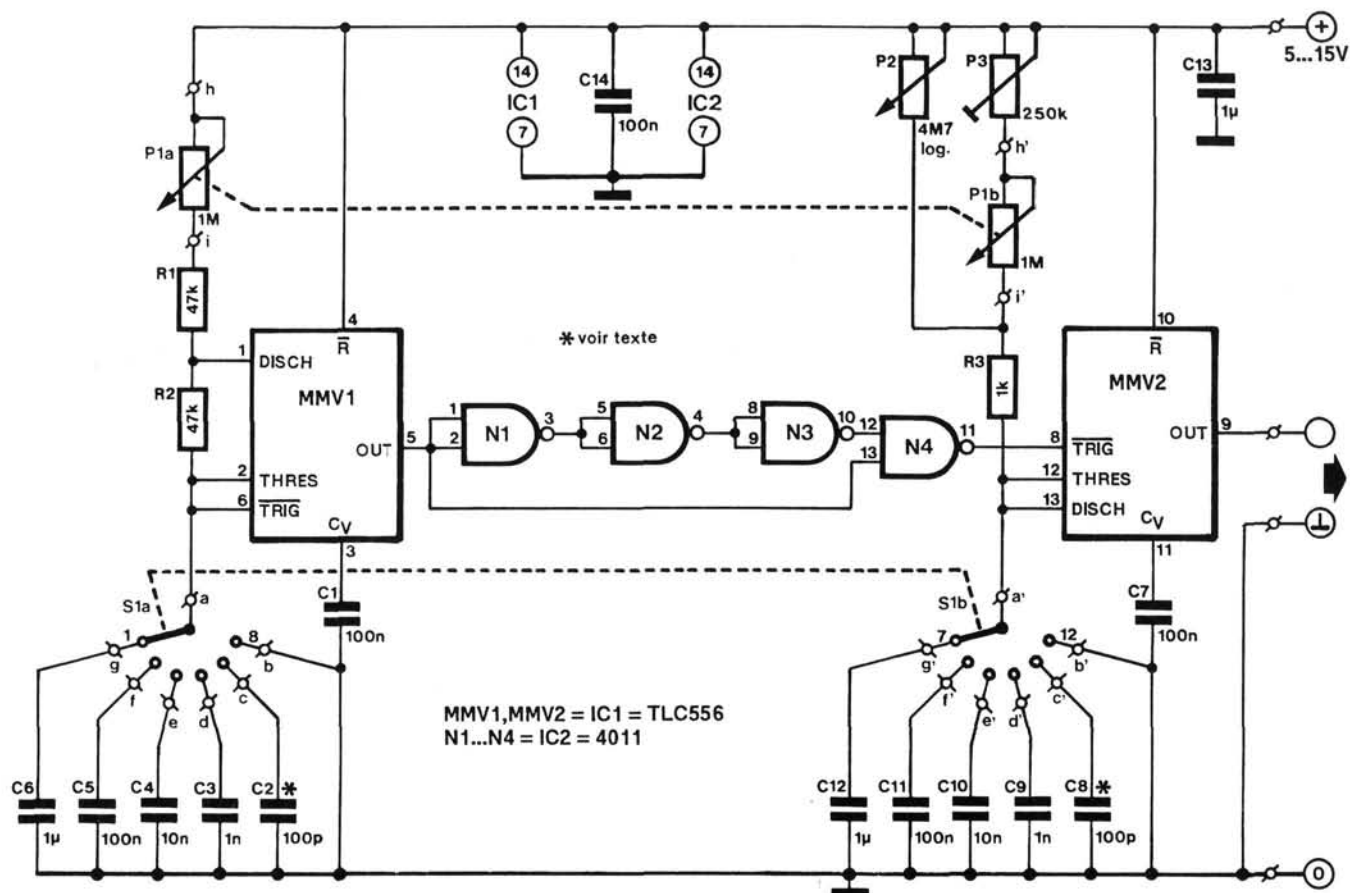
Le centre du synoptique est occupé par un rectangle qui est aussi la pièce maîtresse du fonctionnement du temporisateur : une bascule RS repérée flip-flop. Elle peut être mise à UN (*Set*) ou remise à ZÉRO (*Reset*) par une paire de comparateurs. Ces basculements sont provoqués par l'application



# d'impulsions

## à fréquence variable

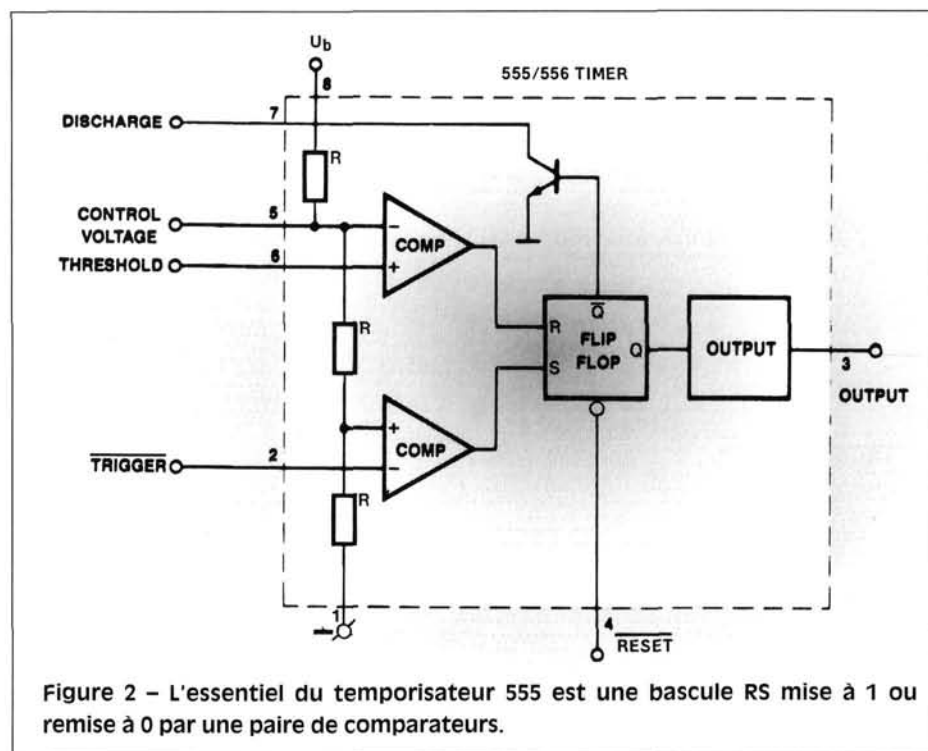
Figure 1 – Le générateur d'impulsions se compose d'un multivibrateur astable (MMV1) et d'un multivibrateur monostable (MMV2). Le premier déclenche le deuxième par l'intermédiaire d'un conformateur « en aiguille » (N1 à N4).



La sortie vraie de la bascule RS est suivie d'un tampon à double effet, une sorte de pouche-pouche, capable de fournir, aussi

bien que de consommer, du courant sous une intensité plus forte que les circuits logiques. Il est important de remarquer

pour la suite que le transistor de décharge est un inverseur, c'est-à-dire que lorsque la sortie du temporisateur (broche 3 pour la version simple) est à zéro, le transistor de décharge est conducteur et son collecteur aussi est à zéro. Au contraire, si la sortie est haute, le collecteur du transistor de décharge est au niveau haut, pour peu qu'une résistance quelconque l'y rappelle. La sortie « normale » et la sortie de décharge sont donc, à peu près, au même niveau de tension.



### multivibrateur astable

Nous venons de voir une bascule RS, qui connaît deux états stables, mais pas encore d'oscillateur, ni de multivibrateur monostable. C'est le câblage extérieur qui fait du temporisateur (MMV1) de gauche un oscillateur astable. Sa sortie (broche 5) délivre un signal rectangulaire dont la fréquence est déterminée par un réseau résistance-condensateur constitué de P1a, R1, R2 et l'un des condensateurs C2 à C6. L'entrée de déclenchement et l'entrée de seuil sont reliées et n'en forment plus

qu'une. Cette entrée surveille la tension du condensateur choisi par le commutateur entre C2 et C6. Le condensateur est chargé, à partir de l'alimentation positive, par les résistances P1a, R1 et R2. Aussitôt que le niveau de la tension atteint les deux tiers de la tension d'alimentation, la bascule RS change d'état et la sortie de décharge devient active : la broche 1 est reliée à la masse, le condensateur cesse de se charger, il se décharge à travers R2. Comme la décharge se produit à travers R2 seulement alors que le courant de charge doit s'appuyer en prime la traversée de P1a et R1, le temps de décharge est plus court que le temps de charge. Cette différence est visible sur l'oscillogramme de la figure 4 qui montre comment évolue la tension aux bornes du condensateur. La valeur du condensateur est constante, donc le rapport entre les deux durées est égal au rapport entre  $P1a+R1+R2$  et R2. Dans ce montage, le rapport des durées n'a pas grande importance car nous n'avons besoin que d'un rectangle à fréquence réglable pour déclencher la multivibrateur monostable. C'est le monostable qui détermine la durée des impulsions du générateur.

Le multivibrateur astable est ainsi nommé parce que, comme le corps électoral, il ne se satisfait jamais de son état et cherche sans cesse à en changer : le condensateur à peine chargé, la décharge commence et vice-versa.

### impulsions en « aiguille »

Bien que la tension sur le condensateur choisi entre C2 à C6 soit en forme de dent de scie, la sortie du multivibrateur astable est rectangulaire, voir la photo 5. Les impulsions négatives sont encore trop longues pour le reste du circuit. Elles sont transformées par les portes N1 à N4 en impulsions très brèves, de 100 ns environ, à peine visibles à l'oscilloscope. Elles sont

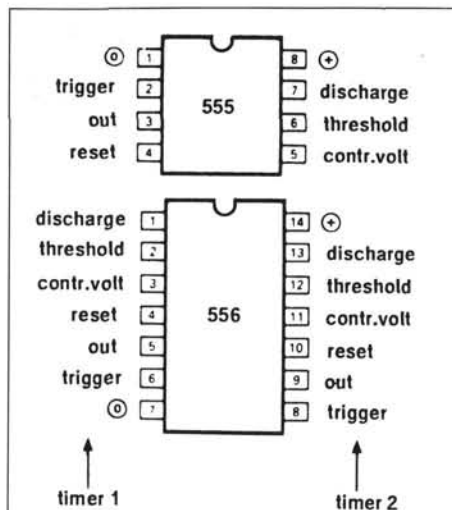


Figure 3 - Le brochage d'un 555 simple et celui d'un modèle double : les broches d'alimentation ne sont pas doublées.

disponibles sur la broche 11 de N4 et servent au déclenchement du multivibrateur monostable MMV2. Le conformateur N1 à N4 exploite le fait que le changement d'état des portes logiques n'est pas instantané, mais subit des retards qu'on appelle temps de propagation. La sortie de N1 ne réagit pas immédiatement à un changement d'état des entrées.

Si nous examinons le câblage de N1 à N3, nous constatons qu'ils sont montés tous les trois en inverseurs. La quatrième porte, N4, est montée comme un ET-NON ordinaire. Abstraction faite des temps de propagation, l'ensemble N1 à N3 peut être considéré comme un simple inverseur, et une seule des portes pourrait faire le même travail. En fait, c'est le temps de propagation qui est exploité ici. Le signal de sortie du multivibrateur monostable parvient par deux voies différentes aux entrées de la porte N4 : directement par un fil de la sortie à l'entrée de la broche 13,

et après un délai très court, par N1 à N3 à l'entrée de la broche 12.

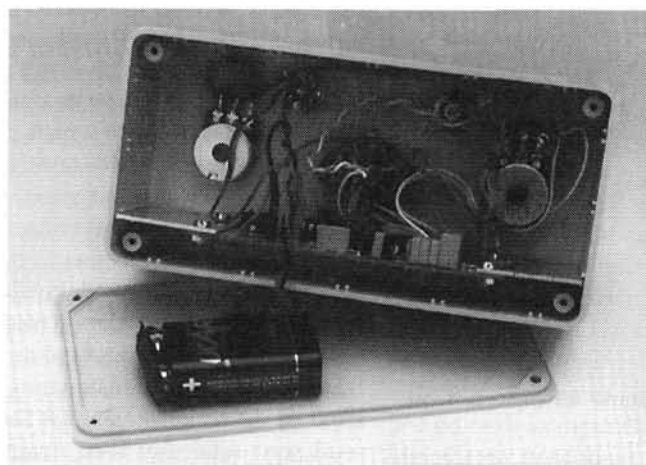
Pour comprendre comment fonctionne la porte N4 avec ces signaux d'entrée décalés, voyons d'abord comment elle fonctionnerait si les portes N1 à N3 étaient parfaites et n'introduisaient aucun retard. Comme les trois portes constituent un inverseur, les signaux sur les deux entrées seraient toujours opposés, si bien que la sortie de la porte NAND ne serait jamais à zéro (puisque'il faut que les deux entrées soient hautes pour que la sortie soit basse). Autrement dit, avec des portes NAND parfaites, le monostable MMV2 ne serait jamais déclenché. À quelque chose malheur est bon : les temps de propagation inhérents aux circuits intégrés nous rendent service ici. Dans la description du fonctionnement avec des portes idéales, nous considérons que la sortie de N4 est toujours à un parce que les niveaux d'entrée sont toujours opposés. Dans la réalité, les signaux d'entrée ne sont pas toujours opposés, il sont identiques pendant les 100 ns du temps de propagation des portes. Cela signifie que pendant ce temps la combinaison binaire 11 se présente aux entrées à la place des combinaisons 10 ou 01. Cette combinaison est nécessaire et suffisante pour faire passer à zéro la sortie de la porte NAND. Passé le délai de 100 ns, l'entrée (broche 12) de N4 voit un zéro et sa sortie repasse au niveau haut.

L'oscillogramme de la figure 6 montre sur sa trace supérieure le front montant des signaux du multivibrateur monostable, sur la trace du milieu la sortie de l'inverseur retardateur N1 à N3, enfin sur la trace inférieure l'impulsion très brève qui déclenche le monostable.

### multivibrateur monostable

Dans le fonctionnement du multivibrateur MMV2, un seul temps nous intéresse, le temps de charge du condensateur. Comme celui du multivibrateur astable, le condensateur se charge à partir de l'alimentation positive, à travers les résistances P2, P3, P1b et R3. La décharge, au contraire, est brutale et rapide, puisqu'elle se fait directement à travers le transistor interne du circuit intégré, sans résistance de limitation d'intensité.

Nous pouvons supposer que le condensateur (choisi par le commutateur S1b) est déchargé puisqu'il n'y a pas encore eu d'impulsion de déclenchement. Le condensateur commence à se charger à travers les résistances, il se trouvera





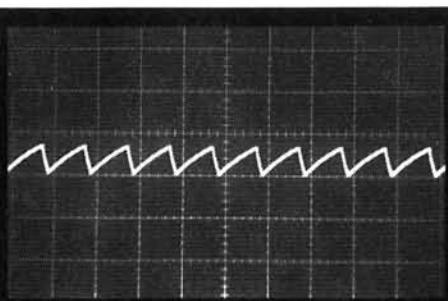


Figure 4 - La tension sur le condensateur prend la forme de dents de scie dont l'amplitude est comprise entre  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{2}{3}$  de la tension d'alimentation. Le technicien était tout disposé à recommencer la manip avec, pour la base de temps et la sensibilité verticale de l'oscilloscope, des réglages différents, qui eussent permis d'exploiter au mieux la surface disponible sur le cliché, pour votre plus grand profit, ô lecteurs zattentifs, mais le photographe voulait rentrer tôt pour voir le match à la télé. Que celui qui n'a jamais achevé un travail en se pressant lui jette le premier ballon.

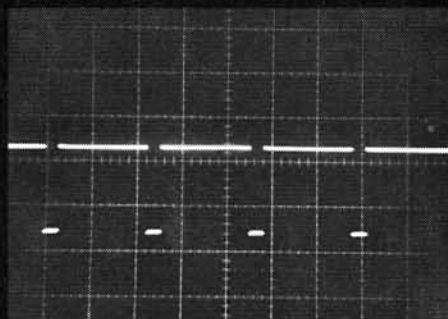


Figure 5 - La tension de sortie du multivibrateur astable MMV1 est rectangulaire. Il s'agit en fait d'impulsions négatives qui, quoique courtes, sont encore trop longues pour le déclenchement du monostable.

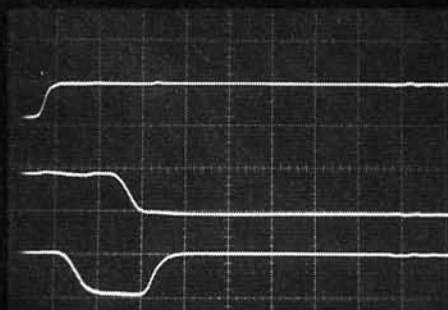


Figure 6 - La trace supérieure montre le front montant de l'impulsion descendante de la figure 5. Ce signal est retardé par le temps de propagation des portes N1 à N4, ce qui produit une impulsion « en aiguille » d'une durée d'un dixième de milliardième de seconde (100 ns, nanosecondes), visible sur la trace inférieure.

déchargé par la sortie *discharge* aussitôt que la tension atteindra le seuil des  $\frac{2}{3}$  de la tension d'alimentation. Dans le multivibrateur astable, le transistor de déchar-

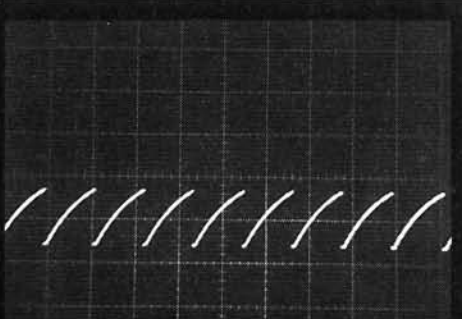


Figure 7 - Le condensateur du multivibrateur monostable n'est pas déchargé par une résistance mais directement par le transistor, d'où la pente plus que raide du front descendant.

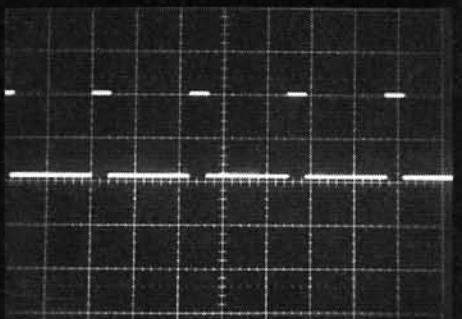


Figure 8 - Le signal de sortie du générateur d'impulsions présente ici un rapport cyclique de 20% environ.

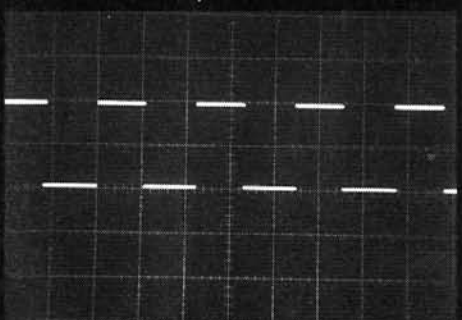


Figure 9 - Rapport cyclique : fifty-fifty ou 50%.

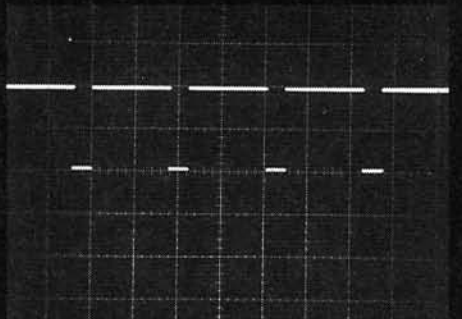


Figure 10 - Le signal ressemble à celui de la figure 8, mais en négatif : rapport cyclique environ 90%.

ge se bloque dès que la tension atteint le seuil inférieur, égal au tiers de la tension d'alimentation. Dans le monostable au contraire, le condensateur n'est pas relié à l'entrée de déclenchement, si bien que la décharge se poursuit jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de tension aux bornes du condensateur. Seul un niveau bas sur l'entrée de déclenchement peut bloquer le transistor de décharge, pour que le condensateur puisse commencer à se recharger. Ainsi, sans impulsion de déclenchement, le multivibrateur reste dans un état stable, celui où le condensateur est déchargé. L'autre état du multivibrateur n'est que temporaire : le condensateur se charge jusqu'au seuil, puis le circuit reprend son état de repos. Faut-il expliquer pourquoi ce multivibrateur est dit monostable ?

Au moment où survient une impulsion de déclenchement, la bascule RS interne du circuit intégré est mise à 1. La conséquence est que le transistor de décharge est bloqué et que le condensateur peut commencer à se charger. Dès que la tension sur le condensateur atteint le seuil des  $\frac{2}{3}$  de la tension d'alimentation, le comparateur bascule et remet la bascule RS à 0, ce qui rend conducteur le transistor de décharge, lequel ramène brusquement à 0 la tension du condensateur. Ensuite le monostable attend une nouvelle impulsion de déclenchement. La pente de décharge est très raide, comme le montre la figure 7. Comparez cette trace à celle de la figure 4 : le condensateur du multivibrateur astable se décharge plus vite qu'il ne se charge, mais moins vite que celui du monostable.

La section du montage qui comporte le multivibrateur monostable détermine la durée des impulsions disponibles sur la broche 9. Comme nous l'avons dit dans la description du circuit intégré, la sortie du multivibrateur est au même niveau que la sortie de décharge. Pour connaître le niveau de la sortie, il suffit de savoir si le transistor de décharge conduit ou non. Il est conducteur tant qu'il n'y a pas d'impulsion de déclenchement. Le niveau de la sortie de décharge est donc bas en temps normal, de même que celui de la sortie du multivibrateur. Lorsque l'impulsion de déclenchement se présente, le transistor de décharge se bloque en même temps que la sortie passe au niveau haut. Cet état est provisoire, il ne dure que jusqu'à ce que le condensateur soit chargé. La largeur de l'impulsion produite en sortie dépend entièrement de la combinaison RC connectée aux broches 12 et 13 du cir-

Figure 11 - Les allergiques au perchlorure pourront copier notre prototype tel quel sur une platine d'expérimentation.

cuit intégré. Elle se calcule suivant la formule :  $t = 1,1 \times R \times C$ .

Le fonctionnement n'est correct que si aucune nouvelle impulsion de déclenchement ne se présente avant que la durée du monostable soit écoulée. Pour cela, le multivibrateur monostable doit toujours être réglé un peu plus rapide que l'astable. Cette condition est remplie par une réaction sur la durée du monostable du réglage par P1a de l'intervalle entre les impulsions. À cet effet, les deux potentiomètres P1a et P1b sont couplés mécaniquement, ils ont un axe commun. Si le monostable est encore occupé à produire l'impulsion de sortie au moment où se présente l'impulsion de déclenchement suivante, il n'y réagit pas. Le résultat est que le monostable divise par 2, voire par 3, la fréquence du multivibrateur astable. Vous pourrez constater cette division en connectant à la sortie un petit haut-parleur en série avec une résistance de 470  $\Omega$ , et en réglant le potentiomètre de largeur d'impulsion un peu au-delà de 100%. La hauteur du son tombe brutalement d'un octave. Le potentiomètre P2 permet de régler la durée des impulsions (voir la série de clichés de 8 à 10) ; quant à P3, il doit être réglé de telle façon que le monostable soit toujours un peu « en avance » sur l'astable.

Avant de passer à la description de la construction du circuit, il faut encore dire quelques mots sur une broche particulière du 555 que nous avons passée sous silence jusqu'ici. Il s'agit de la broche 5 du boîtier à 8 broches, *control voltage*, qui donne accès au point  $\frac{2}{3}$  du diviseur de tension. Il est possible grâce à elle d'influer aussi bien sur l'entrée du comparateur de déclenchement que sur celle du comparateur de seuil. Pour un multivibrateur astable comme MMV1, l'effet est une modification de la fréquence disponible à la sortie (*output*). Pour un multivibrateur monostable comme MMV2, une modification de la tension sur cette broche (11) permet de faire varier la durée de l'impulsion. En d'autres termes, un signal audio appliqué à la broche 3 de MMV1 produit une modulation de fréquence, appliqué à la broche 11 de MMV2, il produit une modulation de la largeur des impulsions. Ces possibilités sont intéressantes pour qui veut expérimenter avec la lumière

## liste des composants

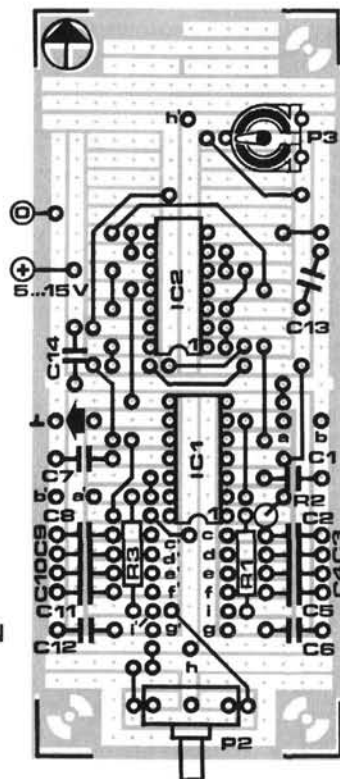
R1, R2 = 47 k $\Omega$   
R3 = 1 k $\Omega$   
P1 = 1 M $\Omega$  stéréophonique  
P2 = 4,7 M $\Omega$  log.  
P3 = 250 k $\Omega$  ajustable

C1, C5, C7,  
C11, C14 = 100 nF  
C2, C8 = 100 pF styroflex  
C3, C9 = 1 nF  
C4, C10 = 10 nF  
C6, C12, C13 = 1  $\mu$ F

IC1 = TLC556  
IC2 = 4011

S1 = commutateur  
2 circuits 6 positions LORLIN  
S2 = interrupteur  
unipolaire marche-arrêt

circuit imprimé, coffret DIPTAL P1367



infra-rouge, les ultra-sons ou les orgues lumineuses. Dans le générateur d'impulsions, les deux entrées sont pourvues d'un condensateur afin de diminuer la sensibilité du montage aux parasites.

## la construction

Le montage trouvera place, au choix, sur une platine d'expérimentation selon le plan de câblage de la figure 11, ou sur le circuit imprimé de la figure 13. Après l'installation des condensateurs et des résistances, c'est au tour des deux circuits intégrés, qui demandent quelques précautions. Il s'agit de circuits CMOS, sensibles aux charges électro-statiques. Il est donc conseillé de toucher du doigt le circuit imprimé et le fer à souder (sadique!),

avant de saisir les circuits intégrés et de les placer sur le circuit imprimé.

Une remarque pour les deux plus petits condensateurs : C2 et C8, de 100 pF. Ils ne sont de 100 pF que sur le circuit imprimé. Si vous montez votre générateur d'impulsions sur une platine d'expérimentation et que vous raccordez le commutateur par un toron de fils, comme sur le cliché ou plus proprement si vous savez le faire, il faudra monter des condensateurs de 82 pF. Grâce aux capacités parasites du 556 et des fils de câblage, la capacité totale est très proche des 100 pF prévus.

La sixième position du commutateur n'est pas utilisée, car il aurait été insensé de monter un condensateur de 10 pF. En effet, la fréquence de fonctionnement maximale du 555 (et du 556) est de 500 kHz. À cette

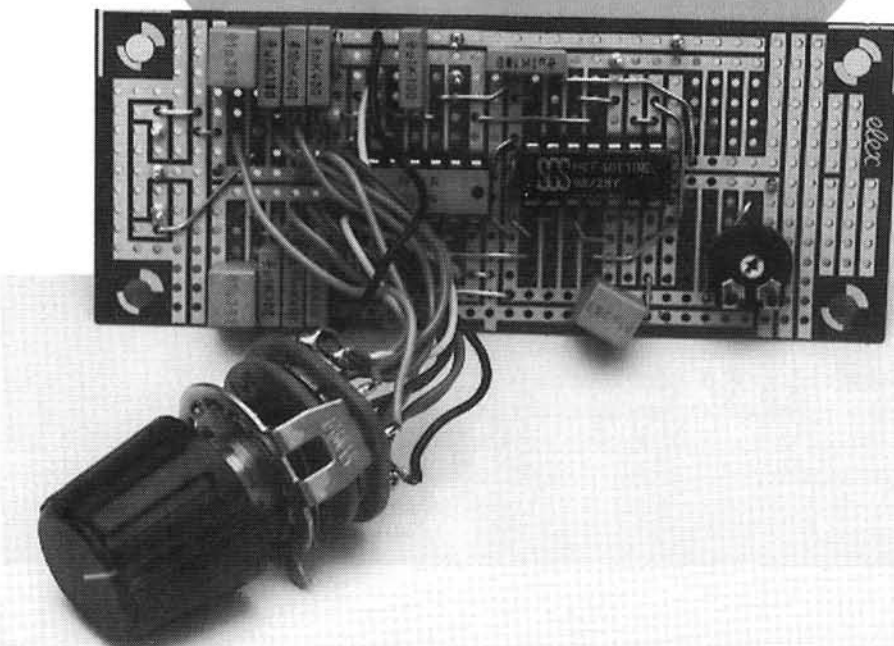
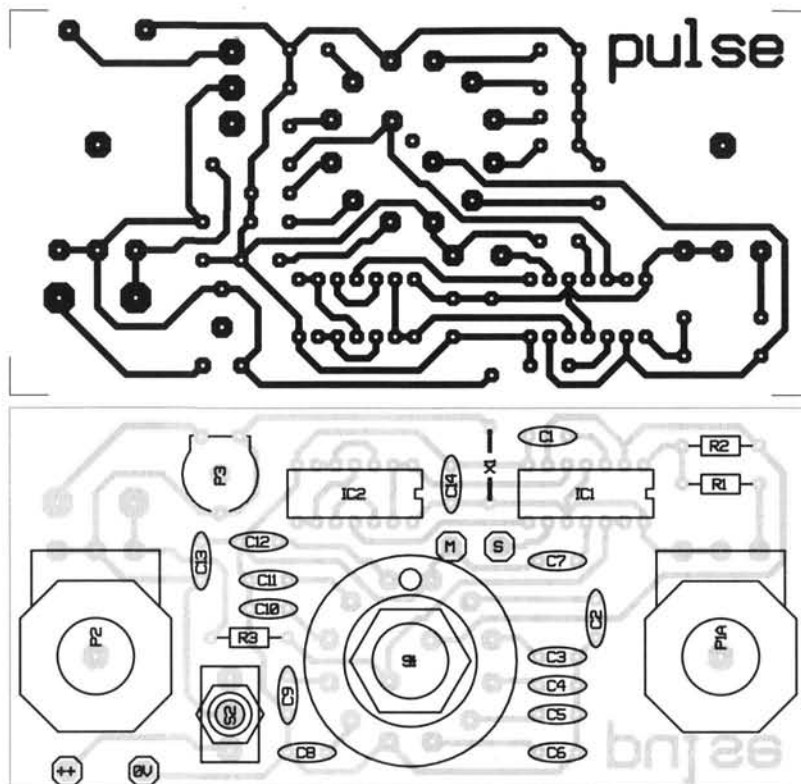




Figure 13 - Les allergiques aux platines d'expérimentation pourront utiliser ce circuit imprimé. L'interrupteur marche-arrêt n'est pas soudé directement mais raccordé par deux fils, parce qu'il est moins haut que le commutateur. Le canon du commutateur est le seul moyen de fixation du circuit imprimé sur le coffret. Les potentiomètres sont montés du côté cuivre de la platine. La deuxième partie (b) de P1 est raccordée par deux petits fils souples isolés aux deux grosses pastilles devant P2. Pour répondre d'avance aux questions et reproches, signalons que la pastille supplémentaire qui rend difficile la lecture de la référence de P3 n'est pas là par hasard, elle marque le centre du trou par où passera le tournevis de réglage une fois le circuit imprimé installé dans le coffret. La pastille au centre de S1 servira au pointage des trous dans le coffret; elle est décalée de 3/10 de mm par rapport aux axes des potentiomètres, ce qui n'a pas d'importance puisque vous percerez, pour le passage des axes de 6 mm, des trous de 7 mm qui seront masqués par les boutons.



fréquence, le circuit intégré se passe d'ailleurs de condensateur extérieur, il a assez de sa capacité interne.

L'énergie nécessaire peut être fournie par un bloc secteur extérieur, une alimentation de laboratoire ou une simple pile de 9 V. La consommation sur une pile de 9 V n'est que de 0,3 mA. Toute tension comprise entre 5 V et 15 V peut convenir. Le coffret peut être quelconque si vous réalisez le montage sur une platine d'expérimentation. Si vous choisissez le circuit imprimé, il est recommandé de l'installer dans le coffret DIPTAL référence P1367 qui semble avoir été fait pour cela. Ses dimensions de 130x58x39 mm conviennent pour loger le circuit imprimé avec son commutateur et ses potentiomètres, et il comporte un logement pour une pile de 9 V.

Le générateur d'impulsions est utilisable pour tester les servomoteurs de radio-commande. Vous l'alimenterez par une tension de 5 V, celle qui servira à alimenter aussi le servo, et vous réglerez la largeur d'impulsion aux alentours du neutre, soit 1,5 ms. La fréquence de répétition des impulsions est d'environ 50 Hz, à vous de calculer l'intervalle et le rapport cyclique. Le servo doit réagir aux variations de largeur entre 1 ms et 2 ms.

Si vous voulez exploiter la possibilité de moduler par une tension extérieure la fréquence ou la largeur d'impulsion, il suffit de ramener au dixième de la valeur prévue la capacité de C1 et C7, et d'appliquer entre la masse et l'entrée *control voltage*, par l'intermédiaire d'un condensateur de

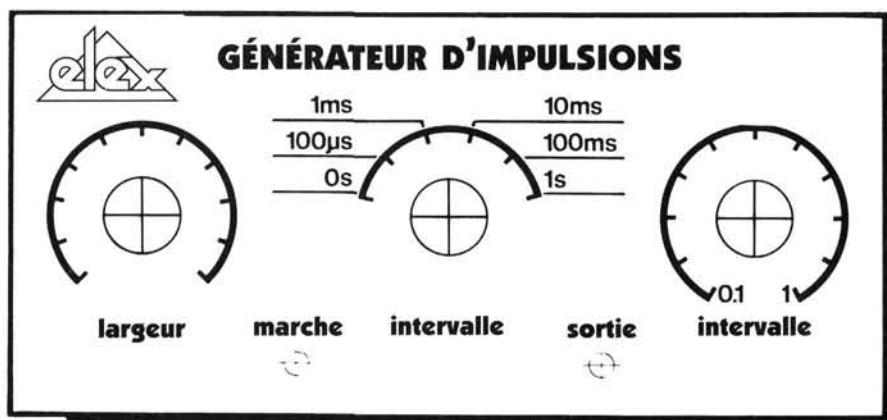
100 nF, le signal issu d'un générateur ou d'une autre source à basse fréquence. Ce genre d'expérimentation sort du cadre de cet article et nous ne nous y étendrons pas. La durée du monostable sera réglée au moyen de P3 à une valeur toujours un peu plus courte que l'intervalle entre deux impulsions de MMV1. Si ce réglage est mal fait, la durée des impulsions risque d'augmenter brusquement quand le potentiomètre de réglage de l'intervalle est tourné trop loin vers les intervalles courts. La vérification de la durée des impulsions se fait, dans l'idéal, à l'oscilloscope, mais elle est possible avec des moyens beaucoup plus simples. Tout d'abord avec un voltmètre continu : pour un rapport cyclique de 50%, même un voltmètre numérique indique une tension égale à la moitié de la tension d'alimenta-

tion. Sur les calibres alternatifs, l'aiguille montre un maximum pour un rapport de 50%, et redescend pour les rapports supérieurs et inférieurs.

Si on intercale en série entre la sortie et le voltmètre alternatif un condensateur assez petit par rapport à la fréquence, on peut faire une mesure approximative de la fréquence. Le condensateur laisse mieux passer les hautes fréquences que les basses, si bien que la mesure de la tension alternative est une indication assez fidèle de la fréquence. Un saut de l'indication est le signe d'un changement brutal du rapport cyclique ; si le réglage du rapport au-delà de 100% provoque une division par 2 de l'indication de fréquence, cela signifie qu'il faut retoucher le réglage du potentiomètre P3.

896099

Figure 12 - La face avant, de dimensions 122 x 50 mm, est dessinée pour le coffret DIPTAL P1367, mais elle conviendra aussi à un coffret plus grand.



# mesures à l'oscilloscope

Un oscilloscope n'est jamais très bon marché.

On le rencontre pourtant dans presque tous les laboratoires d'électroniciens amateurs avertis. Pourquoi ? Tout simplement parce que c'est, des instruments de mesure, le plus universel. Pour en exploiter les étonnantes possibilités, il faut cependant disposer d'un minimum de connaissances sur son fonctionnement, Le

néophyte butera même sur les plus simples des manipulations.

L'appareil a alors bon dos. Si l'on est fortuné, on change, pour un modèle plus cher, plus perfectionné et plus difficile à conduire : les résultats obtenus sont encore plus aléatoires.



première partie : constitution et prise en main

Nous avons hésité avant de vous proposer cette série d'articles, puisqu'un oscilloscope est un appareil cher dont la possession par l'amateur n'est pas tout à fait indispensable, même si elle est souhaitable (et souhaitée). Il en existe cependant qui sont relativement bon marché pour des performances acceptables : simple trace, de 5 MHz (Beckman) à 10 MHz (Torg), modèle dont nous nous sommes servi pour illustrer cet article. Il présente en effet l'avantage d'une face avant qui parle français. Nous devons en outre répondre à un assez grand nombre de lettres de lecteurs préoccupés par le sujet, nous avons donc cédé.

Un oscilloscope (ou un oscillographe) électronique est un instrument qui permet l'étude des variations d'une tension électrique en fonction du temps ou l'étude de tous les phénomènes qu'un transducteur adéquat permet de ramener à une tension. Un voltmètre ordinaire ne donne qu'une caractéristique de cette tension : sa valeur efficace, soit sous forme analogique, déviation d'une aiguille devant un cadran, proportionnelle à la tension, soit sous forme numérique, par l'intermédiaire d'un comp-

teur. Encore faut-il que sa fréquence n'excède pas certaines limites et que sa forme ne soit pas trop tarabiscotée, faute de quoi l'indication donnée peut ne pas correspondre à ce que l'appareil est censé mesurer. Un oscillographe rend en revanche compte de ses variations en fonction du temps et sur des intervalles de temps bien déterminés grâce à la très faible inertie mécanique de son "aiguille", un faisceau (*beam*) d'électrons accélérés. Nous essaierons, puisque la face avant de la plupart des oscilloscopes parle le plus souvent anglais, de donner, quand nous les rencontrerons, le nom anglais de chaque fonction. Nous ne parlons pour l'instant que d'oscilloscopes à simple trace.

## *sous le capot*

Pour exploiter pleinement les possibilités de mesure de l'appareil, il est nécessaire de savoir comment il est constitué et d'être au fait de ses différentes fonctions : si vous n'avez pas la moindre idée de la façon dont une voiture fonctionne il est peu probable que vous sachiez la démarrer et encore moins probable que vous utilisiez la boîte

de vitesses à bon escient. Un oscilloscope ordinaire est constitué comme le montre la figure 1 d'un tube cathodique qui permet de visualiser le signal\*. C'est un tube de verre vidé d'air qui contient, à une extrémité, un canon à électrons (rien ne vous empêche d'appeler le filament d'une lampe à incandescence "canon à photons"), à l'autre un écran recouvert d'un matériau fluorescent et d'une très mince couche d'aluminium (qui permet le retour du courant). L'écran émet de la lumière là où le faisceau d'électrons issu du canon le frappe. Si le faisceau d'électrons - projectiles suffisamment accélérés pour qu'on puisse considérer leur trajet comme rectiligne - n'est pas dévié, il rencontre l'écran en son milieu et y forme une petite tache lumineuse, le spot. Le faisceau d'électrons traverse cependant l'espace compris entre les armatures de deux condensateurs plans, disposées horizontalement et dites pour cela plaques de déviation (ou déflexion) verticale (Y), et verticalement, pour les plaques de déviation horizontale (X). Si entre deux armatures d'un condensateur plan nous établissons une différence de potentiel, nous créons dans l'espace qui les



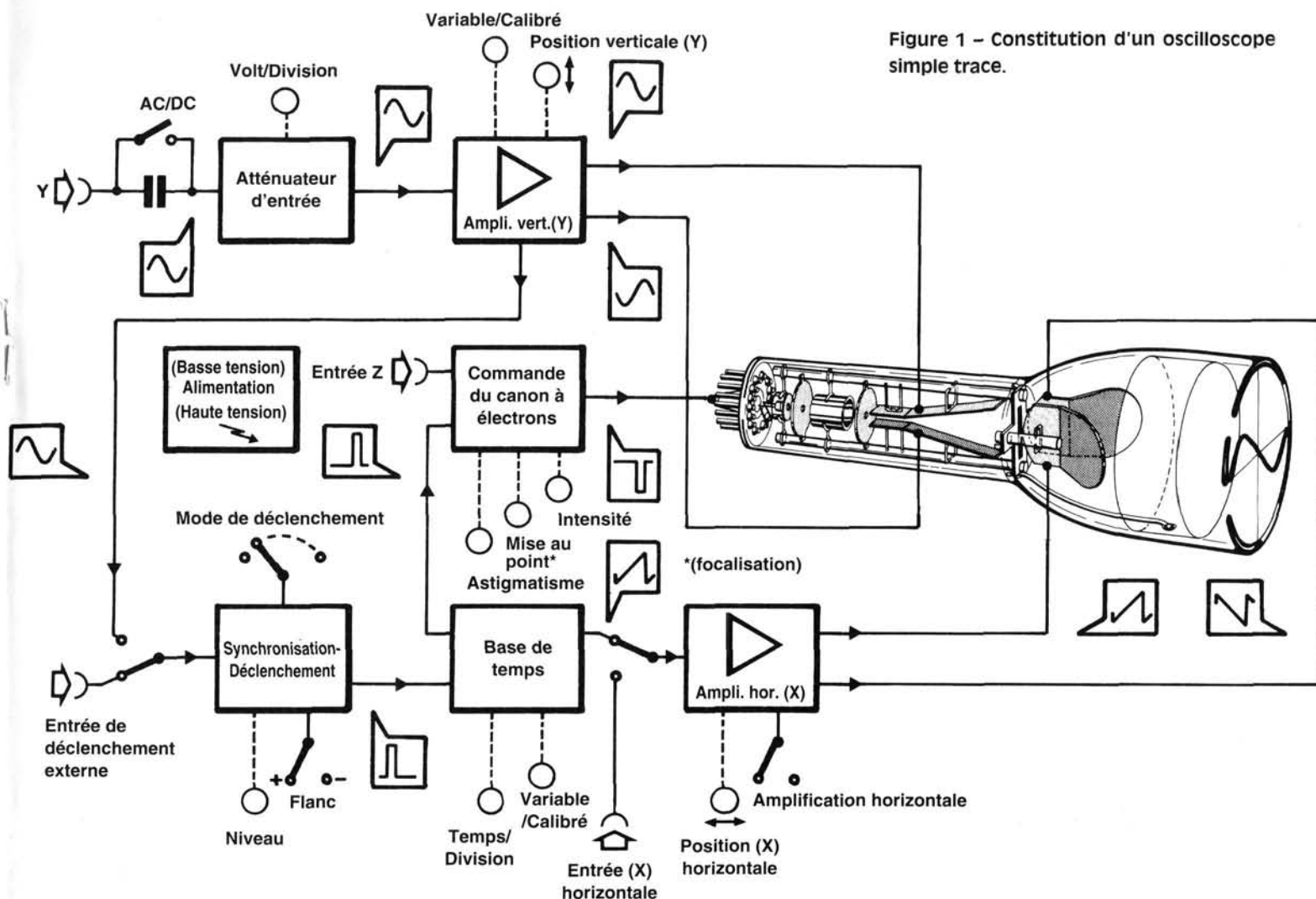


Figure 1 – Constitution d'un oscilloscope simple trace.

sépare un champ électrique. Lorsque les électrons du faisceau traversent le champ électrique, ils sont soumis à des forces électrostatiques qui les font dévier de leur trajectoire: ces déviations sont proportionnelles à l'intensité du champ donc à la différence de potentiel instantanée entre les armatures du condensateur. Si cette différence de potentiel est la tension à étudier appliquée entre les deux plaques Y, la déviation du spot sur l'écran dans un plan vertical, sera d'une longueur proportionnelle à la valeur instantanée de la tension. Si cette tension est variable, le spot tracera sur l'écran des lignes verticales superposées. Une autre tension (produite par l'appareil), dite tension de balayage (*sweep*), appliquée aux plaques (verticales) de déviation horizontale, croissante en fonction du temps, déplace le faisceau dans un plan horizontal: pendant la durée du balayage, il est possible de "voir" (nous verrons plus loin les autres conditions à remplir) la déviation verticale du faisceau qui correspond à chaque instant du balayage, proportionnelle à la tension qui rend compte à chaque instant du signal vertical. Le but de l'électronique de l'oscilloscope

est d'alimenter le canon à électrons et les plaques de déviation en signaux tels que l'image de la tension à étudier soit nette et corresponde bien à ses caractéristiques: forme, amplitude, fréquence, déphasage par rapport à un autre signal etc. Le faisceau pour commencer doit être convenablement "taillé" (à l'image d'un crayon) pour donner un spot aussi ponctuel que possible et suffisamment lumineux pour être aperçu: le bouton marqué *luminosité* (*intensity* ou *brightness*) règle le potentiel, négatif par rapport à la cathode (électrode émettrice d'électrons), auquel est porté une électrode de forme cylindrique (le *wehnelt*) et limite ainsi la quantité d'électrons qui constituent le faisceau, donc la luminosité de la trace jusqu'à la faire disparaître. Un autre bouton *focalisation* ou *concentration* (*focus*) permet de régler l'épaisseur de la trace: il permet de faire converger les rayons du faisceau sur l'écran, plutôt qu'avant ou après. Il le fait

\* Un oscilloscope ne permet pas de visualiser un signal mais trace en fonction du temps sur des intervalles de temps bien déterminés une courbe qui rend compte des variations de la tension qui traduit un signal.

aussi par la commande d'une tension, celle d'une anode dite de concentration, qui se comporte vis à vis du faisceau comme une lentille optique vis à vis d'un rayon lumineux (focalisez la lumière du soleil en un point d'une surface avec une loupe pour avoir une idée de ce qui se passe. Si les rayons convergent avant ou après la surface, le spot manquera de netteté). Les deux réglages dont nous venons de parler sont dépendants: une modification de la luminosité, amène le plus souvent à retoucher la concentration. L'oscilloscope pris en exemple ne possède pas de réglage accessible à l'utilisateur de la forme du faisceau dont la section est en principe cylindrique: le spot est circulaire et de petit diamètre. S'il était ovale ou trop peu "ponctuel", dans certaines circonstances, des détails de la courbe qu'il trace pourraient ne pas apparaître. Quelques oscilloscopes sont donc dotés d'un troisième réglage (*astigmatisme*) qui permet à l'utilisateur de modifier d'une autre façon les caractéristiques géométriques de la trace laissée par le spot. D'autres disposent d'une entrée Z (à l'arrière de l'appareil) sur laquelle il est possible d'appliquer des signaux qui per-

mettent de commander de l'extérieur le canon à électrons : de jouer sur les caractéristiques du faisceau (allumage, extinction, forme etc.) donc de la trace qu'il laisse sur l'écran. Grâce à cette commande, il est par exemple possible de poser des repères sur l'écran sous la forme de points ou de traits qui facilitent les mesures. Un tel dispositif de commande est monté d'origine dans des oscilloscopes de haut de gamme. Laissons de côté cette troisième dimension (dans l'axe Z, perpendiculaire aux axes X et Y donc à l'écran) pour finir la présentation avec la graticulation (dessin d'une grille que certains appellent réticule) composée de onze lignes verticales et neuf lignes horizontales gravées sur l'écran de l'oscilloscope qui servent de référence pour les mesures.

### balayage et base de temps

Nous avons, plus haut, observé une tension sans balayage : les électrons n'étaient pas déviés lors de leur passage entre les plaques X ce qui fait que le spot se déplaçait de haut en bas et de bas en haut si la tension étudiée (appliquée entre les plaques Y) était alternative, ou restait immobile à une certaine hauteur s'il elle était constante. Nous ne pouvions donc mesurer que l'amplitude maximale de la tension (ou la sensibilité de l'oscilloscope) sans avoir aucune idée de sa forme. Il faut, pour voir l'évolution du signal en fonction du temps, que le spot se déplace horizontalement d'un mouvement rectiligne uniforme. On obtient ce mouvement en soumettant les plaques verticales (X) à une tension qui croît aussi linéairement que possible en fonction du temps : en l'absence de signal entre les plaques Y maintenant, le spot se déplace sur une ligne horizontale du bord gauche au bord droit de l'écran. Lorsque la différence de potentiel entre les plaques de déviation horizontale est nulle, le spot est sur le bord gauche de l'écran, lorsqu'elle est maximale, il est sur le bord droit. On s'arrange pour qu'elle retombe alors brusquement à zéro de façon que le spot revienne à son point de départ. La vitesse à laquelle la tension croît et donc la vitesse à laquelle le spot se déplace de la gauche à la droite de l'écran est dite vitesse de balayage. On la mesure en (fractions de) secondes par division de l'écran : une division correspond à la distance entre deux grandes lignes verticales de l'écran. Au niveau de la tension sur les plaques X correspond donc un déplacement du spot. Ce déplacement correspond lui-même à un intervalle de temps qu'il est possible de connaître si la

vitesse du déplacement est elle-même connue.

Cette tension en dents de scie (ou rampe puisque seule la montée en tension présente de l'intérêt) auxquelles sont soumises les plaques X est produite par le générateur de balayage, couramment appelé base de temps, incorporé dans l'appareil. Elle est due en principe à la charge d'un condensateur à courant constant (et non pas à *tension constante*). Le réglage de la vitesse de balayage se fait au moyen d'un commutateur rotatif dont les graduations correspondent à des millisecondes ou des microsecondes (voire des nanosecondes) par division (*time/division*) ou suivant la position *ms* ou  $\mu s$  d'un autre commutateur. Sur d'autres elle est notée en hertz ou en kilohertz\*\*

À côté de ces commandes par bonds successifs de la vitesse de balayage ( $0,2 \mu s$  puis  $0,5 \mu s$  par divisions, etc.), beaucoup d'oscilloscopes offrent la possibilité de la faire varier en continu à l'aide d'un potentiomètre parfois marqué *Var* (*sweep vernier*, *time var.*) : l'inconvénient, pour quelques appareils, est qu'il n'est alors plus possible de savoir à quels intervalles de temps correspondent les divisions de l'écran. On dit que l'appareil n'est plus étalonné (*calibrated*). Ce n'est que lorsque le bouton est dans la position repérée *Cal*, en butée d'un côté ou d'un autre, que les divisions de l'écran correspondent à l'échelle des temps indiquée par la position des commutateurs *temps/division* et *ms/ $\mu s$* . Sur l'oscilloscope cité en exemple, ce bouton n'est pas présent. Il offre cependant la possibilité d'alimenter l'amplificateur de déviation horizontale (ampli-X) avec un générateur de rampe (tension en dents de scie) extérieur, à brancher sur l'entrée X externe accessible à l'arrière du Torg.

Nous avons négligé jusqu'à maintenant le retour du faisceau\*\*\*. Arrivé au bord droit de l'écran le spot doit revenir à gauche pour reprendre sa course. En fait il n'y a plus de spot au retour pour la bonne raison que le générateur de rampe, lorsque la tension est maximale et va redescendre, envoie un signal à l'électronique de commande du canon à électrons qui éteint le faisceau. Le retour est toujours aussi rapide que possible, beaucoup plus court que le temps de montée du signal de balayage.

Figure 2 – L'oscilloscope dont nous nous servons pour cet article est de fabrication russe, ce qui explique son très petit prix et son aspect un peu désuet. Si nous l'avons pris en exemple pour cette initiation, c'est parce que de nombreux lecteurs le possèdent et que c'est un bon appareil de mesure. De plus, il se donne la peine de parler français. Il va de soi que si vous avez dix ou vingt-mille francs à mettre dans le commerce, un gros oscilloscope, triple trace, 50 MHz ou plus, à mémoire vous rendra de plus nombreux services : en aurez-vous l'usage et saurez-vous vous en servir ?

Il est possible de ne faire explorer au faisceau qu'une partie de l'axe des X : de déplacer le spot horizontalement en polarisant en continu les plaques verticales. C'est ce que permet le potentiomètre marqué de deux flèches horizontales (*X-Pos.* qui fait pendant à *Y-Pos.*). Il est aussi possible de supprimer le balayage (commande située ici à l'arrière de l'appareil).

### déclenchement (trigger)

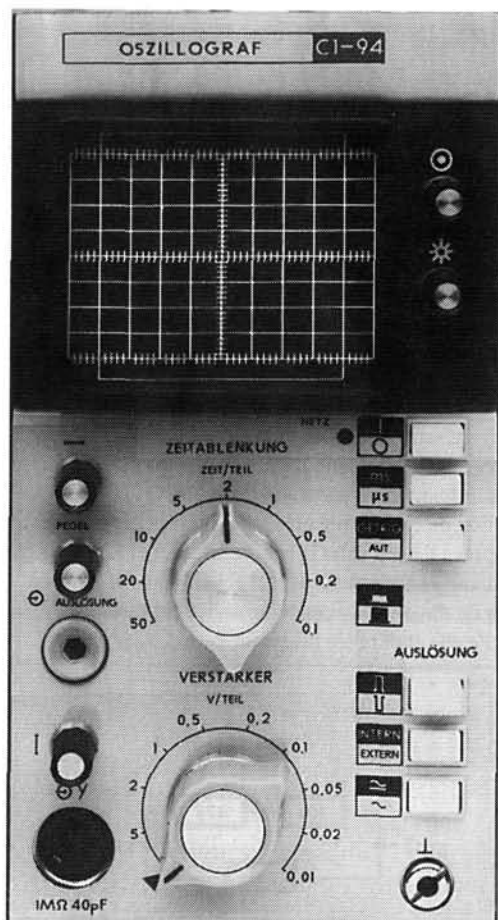
Nous savons maintenant comment se forme une courbe sur l'écran de l'oscilloscope : le champ électrique entre les plaques Y (horizontales) de déviation verticale, proportionnel à la tension à étudier, fait dévier le faisceau verticalement ; les plaques X, soumises à une tension uniformément croissante produite par le générateur de balayage (la base de temps) de l'oscilloscope, le déplacent de gauche à droite en fonction du temps.

Appliquons à l'entrée de l'appareil (en bas et à gauche, entrée Y) une tension sinusoïdale. S'il n'y a pas de synchronisation entre

\*\* Si le phénomène observé est périodique et que sa période corresponde à une (grande) division, sa fréquence est l'inverse de la grandeur indiquée (en temps) par le commutateur. Si la fréquence du phénomène observé était de 1 kHz et qu'une période s'étende sur quatre divisions horizontales, le calibre choisi serait (si ce calibre existait) de  $1/4 \text{ ms} = 0,25 \text{ ms/division}$  ou 4 kHz. Au calibre  $0,1 \mu s/\text{division}$  (période d'un signal qui s'étend sur un carreau) correspond une fréquence de 10 MHz ; à  $50 \text{ ms/division}$  correspond  $1000/50 \text{ Hz}$  soit 20 Hz.

\*\*\* Pas le retour des *beams* suite à celui du *fascio* mais le retour du *beam*.





cette tension et celle de balayage, c'est-à-dire si les périodes des deux signaux ne sont pas dans un rapport simple, nous n'aurons pas sur l'écran une courbe stable. En effet, lorsque le faisceau arrive à droite de l'écran, il a tracé une certaine courbe, il revient à gauche et en trace une autre, décalée par rapport à la première et qui ne commence pas là où la première a commencé : il y a persistance de l'illumination de l'écran et persistance des impressions lumineuses sur la rétine de l'observateur qui voit plusieurs tracés de la même courbe en même temps, décalés les uns par rapport aux autres, ou une seule courbe mais qui semble se déplacer. Pour obtenir une courbe stable, il est nécessaire que le déclenchement (trigger) du balayage soit en relation avec le signal à étudier (synchronisé sur lui). L'oscilloscope contient donc un circuit de synchronisation qui déclenche le balayage lorsque certaines conditions sont remplies : lorsque le signal à étudier atteint par exemple un certain niveau (Level) lorsqu'il croît, sa pente (Slope) est alors positive, ou lorsqu'il décroît, pente négative (si le signal n'atteint jamais ce niveau de déclenchement, il semble évident que l'écran restera vide, ce qui arrive plus souvent qu'on ne le souhaite). Le point de déclenchement est donc défini par son niveau (réglé ici grâce au deuxième poten-

tiomètre à gauche en partant du haut) et par la pente du signal au moment où il atteint ce niveau, sélectionnée grâce à l'inverseur situé à droite sous *Déclenchement* qui correspond sur l'oscilloscope pris en exemple à la pente (Slope) représentée par un créneau positif ou négatif. Ce mode de déclenchement dit normal ou déclenché, est obtenu lorsque le bouton marqué *Décl./Auto* (Trig/Auto, AT/Norm.) est en position *Décl.*, Trig ou Norm. suivant les appareils. Il en existe cependant d'autres. Le mode Auto dont nous avons parlé plus haut sans le nommer où le balayage est automatique (relaxé), dans la mesure cependant où il n'y a pas d'autre signal de déclenchement en jeu : le générateur de balayage attend un signal de déclenchement pendant un certain temps (temps de relaxation), si ce signal ne vient pas, il y a balayage, synchronisé bien sûr sur le signal étudié : les paramètres de déclenchement ne sont alors pas accessibles à l'utilisateur. On commence l'étude du signal avec ce type de déclenchement (automatique), puis on passe en mode normal ou déclenché plus adapté aux signaux complexes ou de fréquence élevée.

En règle générale, l'information de déclenchement (en mode Trig, Décl., Norm.) est tirée du signal étudié lui-même et le point de déclenchement est un point de son évolution, sélectionné par l'utilisateur : un inverseur (*Interne/Externe*) en position *Interne* permet de l'amener d'une sortie de l'amplificateur vertical (Y) au circuit de déclenchement. Il arrive cependant qu'il soit plus intéressant de tirer l'information de déclenchement d'un autre signal que celui que l'on veut étudier. C'est le cas par exemple du signal d'horloge lors de l'étude d'un circuit numérique. On met alors l'inverseur en position *Externe* et l'on applique le signal de déclenchement (signal d'horloge) à l'entrée de déclenchement extérieure (*Ext.*, *Ext. Trig.*). On fixe le niveau et la pente du signal au point de déclenchement (flanc montant ou flanc descendant). Il est encore des cas où l'on désire ne déclencher que sur des signaux de haute fréquence ou de basse fréquence lorsque le signal à étudier est complexe, ce que permettent certains oscilloscopes. Si l'on étudie un phénomène dont la fréquence est liée à celle du secteur (ronflement parasite par exemple) on peut aussi vouloir déclencher sur la tension du secteur, ce que permet la position *Line* de certains oscilloscopes.

## déviations (déflexions) verticales

Nous savons que la tension à étudier est appliquée aux plaques (horizontales) de déviation verticale dites plaques Y. Directement ? Non, par l'intermédiaire d'un atténuateur puis d'un amplificateur d'entrée puisqu'un oscilloscope a heureusement plusieurs calibres. Sur le plus petit calibre (0,01 V/division pour le Torg), les signaux attaquent directement l'amplificateur d'entrée. Sur les autres calibres, ils sont atténués à l'aide d'un diviseur de tension. Un signal d'amplitude crête à crête de 80 mV occupera l'écran sur toute sa hauteur (pleine échelle) si le calibre choisi est de 0,01 V par division. Si nous déplaçons l'index du bouton *V/Div.* sur 0,02 (V/division), il sera atténué de moitié, sur 5, ses ondulations seront à peine visibles et nous aurons l'impression d'un signal à peu près constant mais nous pourrions éventuellement y reconnaître des impulsions parasites de très grande amplitude et peut-être les mesurer si elles sont inférieures à  $\pm 20$  V ou  $+ 40$  V ou  $- 40$  V, à condition qu'elles se répètent très fréquemment. Il nous faudra alors déplacer la courbe vers le bord supérieur ou le bord inférieur de l'écran à l'aide du potentiomètre repéré par une flèche verticale (ou *Y-Pos*). Nous avons encore, en bas et à droite sur la face avant, juste au-dessus d'une borne de masse, un bouton poussoir qui correspond à l'interrupteur marqué AC/DC de la figure 1 : son rôle est évident aux habitués du magazine. Nous en reparlerons cependant dans un prochain article.

## exercice

La prise en main d'un oscilloscope n'est pas aussi simple que celle d'un multimètre ordinaire. Le démarrage n'est cependant pas trop compliqué si l'on a pris soin de vérifier, avant de brancher le câble secteur, que la tension sur laquelle l'appareil est réglé correspond bien à celle que le réseau délivre. On le met ensuite en "marche" (*On* ou *Power On*), les potentiomètres réglés à mi-course : netteté et luminosité du faisceau, position X et Y. Le déclenchement est en position *interne* et *Automatique*. Normalement une trace devrait maintenant apparaître : appuyez-vous d'en diminuer la luminosité si elle vous semble trop brillante ou si vous n'avez qu'une tache, de façon à ne pas brûler la couche dont l'écran est intérieurement revêtu. Si n'apparaît sur l'écran qu'une tache ou un point, l'appareil est sans doute doté d'un bouton marqué "XY" ou "AB" ou ► (oscilloscopes à double trace), ne pas le laisser dans cette

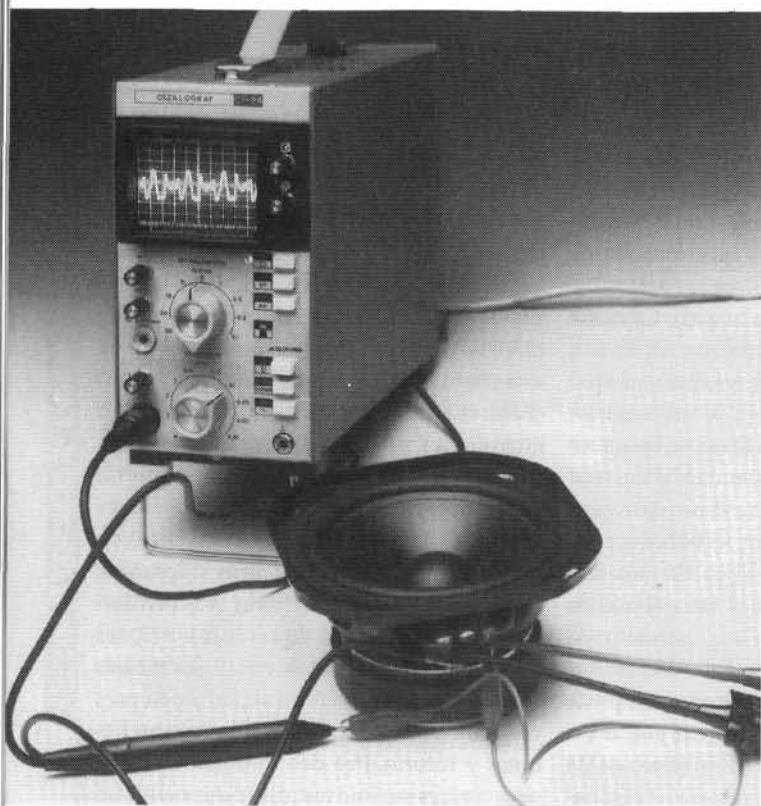


Figure 3 – Une mesure très simple pour commencer : utilisez comme générateur un petit haut-parleur (ou un microphone de téléphone) et mesurez la tension à ses bornes.

position. Comme dans tous les appareils de mesure, on se place sur le calibre le plus grand (sensibilité minimale, ici 5 V/Division). Dans la plupart des cas, en l'absence de signal à l'entrée, on obtient une trace horizontale au milieu de l'écran dont on règle la luminosité et la netteté : il ne faut pas qu'elle soit trop lumineuse pour les raisons évoquées plus haut.

Quel signal allons-nous observer pour commencer ? Des vibrations sonores traduites en variations de tension par un simple haut-parleur. Il suffit de brancher un petit haut-parleur ou un microphone à l'entrée Y de l'oscilloscope. Réfléchissez, avant d'opérer, à la façon dont vous allez régler le déclenchement et la base de temps. Si l'oscilloscope est équipé d'une sonde celle-ci doit être commutée sur 1:1. En jouant sur les différentes commandes de l'appareil vous obtiendrez, plus ou moins rapidement, des résultats. Sifflez devant votre microphone ou faites siffler un récepteur de radio à proximité (en l'accordant sur 87,5 MHz FM par exemple) pour obtenir un signal régulier. Ça n'est pas toujours évident : persévérez, il n'y a pas de raison que vous n'y arriviez pas. Vous pouvez aussi essayer d'observer un signal à la fréquence du secteur : il suffit pour cela de tenir entre deux doigts l'extrémité de la sonde (la masse reste en l'air et vous aussi : vous ne mettez surtout pas les doigts dans la prise !). Comme vous en connaissez la fréquence (50 Hz), vous n'aurez pas trop de difficulté à régler le balayage. Ne jouez cependant pas avec le secteur sans séparation galvanique et sans en abaisser la tension (transformateur). Dans un prochain article, qui sera suivi d'autres, nous parlerons des utilisations de l'oscilloscope. Il va de soi que vous pouvez casser votre tirelire et courir chez vos fournisseurs pour en acheter un, il est peu probable que vous fassiez une mauvaise affaire (chez nos annonceurs en tout cas). Vous pouvez aussi patienter un peu, relire cet article, attendre la suite et vous documenter : « Tout vient à point à qui sait attendre ».

906072

# ELEXcuse

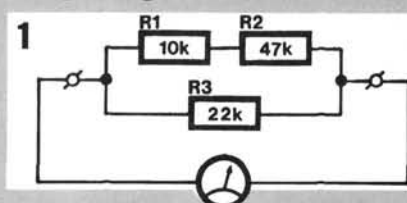
Sur le schéma de l'API, publié en mai 1992, dans le n°44 d'Elex, la résistance R28 a une fonction accessoire : linéariser la courbe de réglage du volume (P1) de telle façon que le son apparaisse progressivement. Pourtant, sur le dessin de circuit imprimé, le branchement de cette résistance paraît plutôt fantasque ! Le potentiomètre P1 est relié à la masse directement – ce qui n'a d'autre effet gênant que l'apparition et la disparition brutales du son en début de course de ce potentiomètre. La résistance R28 n'a donc aucun effet : cette résistance est reliée à la masse d'un côté et à la broche 10 d'IC1 de l'autre. Laquelle broche 10 devrait être reliée à la masse, mais ne l'est pas...

Ce que nos lecteurs ne savent sans doute pas, c'est que cette broche 10 est elle-même reliée à la broche 20 directement dans le boîtier du LM1036, et que ce circuit intégré ne court par conséquent aucun risque.

Pour rétablir la configuration du circuit telle qu'elle est donnée par le schéma, il faut donc interrompre la liaison entre la broche 10 d'IC1 et R28, puis établir une liaison entre d'une part la broche de R28 ainsi libérée et d'autre part l'extrémité de la piste de P1 que l'on aura déconnectée au préalable de la ligne de masse à laquelle elle était reliée jusqu'alors.

## » Alors, sagace ? «

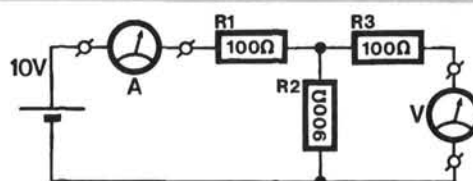
Un lecteur, aussi sage que serviable, nous fait remarquer que l'énoncé du problème posé le mois dernier, ne parlait pas de la précision avec laquelle les résistances (figure 1) étaient connues. Qu'il en soit remercié. Il est vraisemblable que les résistances sont tirées de la série E12. Ceci veut dire que leur valeur n'est connue qu'à 10% près. Une résistance de 10kΩ de la série E12 peut donc mesurer entre 9 et 11kΩ, une résistance de 47kΩ entre 42,7kΩ et 52kΩ. Quelle résistance mesure l'ohmmètre de la figure 1 ? Les deux résistances en série équivalent à une résistance de 57kΩ. Nous avons donc deux résistances en parallèle, une de 57kΩ et une de 22kΩ qui s'offrent au passage du courant. La plus petite offre moins de résis-



tance au passage du courant que la grande, mais la petite et la grande offrent moins de résistance au passage du courant que la petite toute seule. La résistance de leur association ne peut donc être qu'inférieure à la plus petite. De combien ? Un peu de gymnastique peut-être : à vue de nez – et à vue de nez 57kΩ font 60kΩ et 22kΩ, 20kΩ – moins d'un tiers en moins puisque les résistances sont dans le rapport (à vue de nez) de 1 à 3. Un tiers de 22, ou de 21, c'est plus facile, ça fait 7kΩ à retrancher de 22kΩ soit 15kΩ approximativement. Ou si vous préférez :  $R_x = 57 \times 22 / (57 + 22) = 16 \text{ k}\Omega$ . Votre calculette trou-

ve 15873Ω et vous 15,9kΩ ? Que cette précision ne vous fasse pas illusion ! Une autre colle ? Le circuit de la figure 2 est constitué d'un générateur de 10V de force électromotrice, de résistances parfaites et d'excellents instruments de mesure. Vous désirez bien sûr savoir l'intensité I du courant que mesure le milliampèremètre et la différence de potentiel U qu'indique le voltmètre ? Quatre réponses, une seule exacte :  
A I = 10 mA, U = 8 V  
B I = 10 mA, U = 9 V  
C I = 9 mA, U = 10 V  
D I = 9 mA, U = 4,5 V  
Solution dans la minute qui suit ou sinon, dès le prochain numéro.

2





# détecteur de métaux

## simple

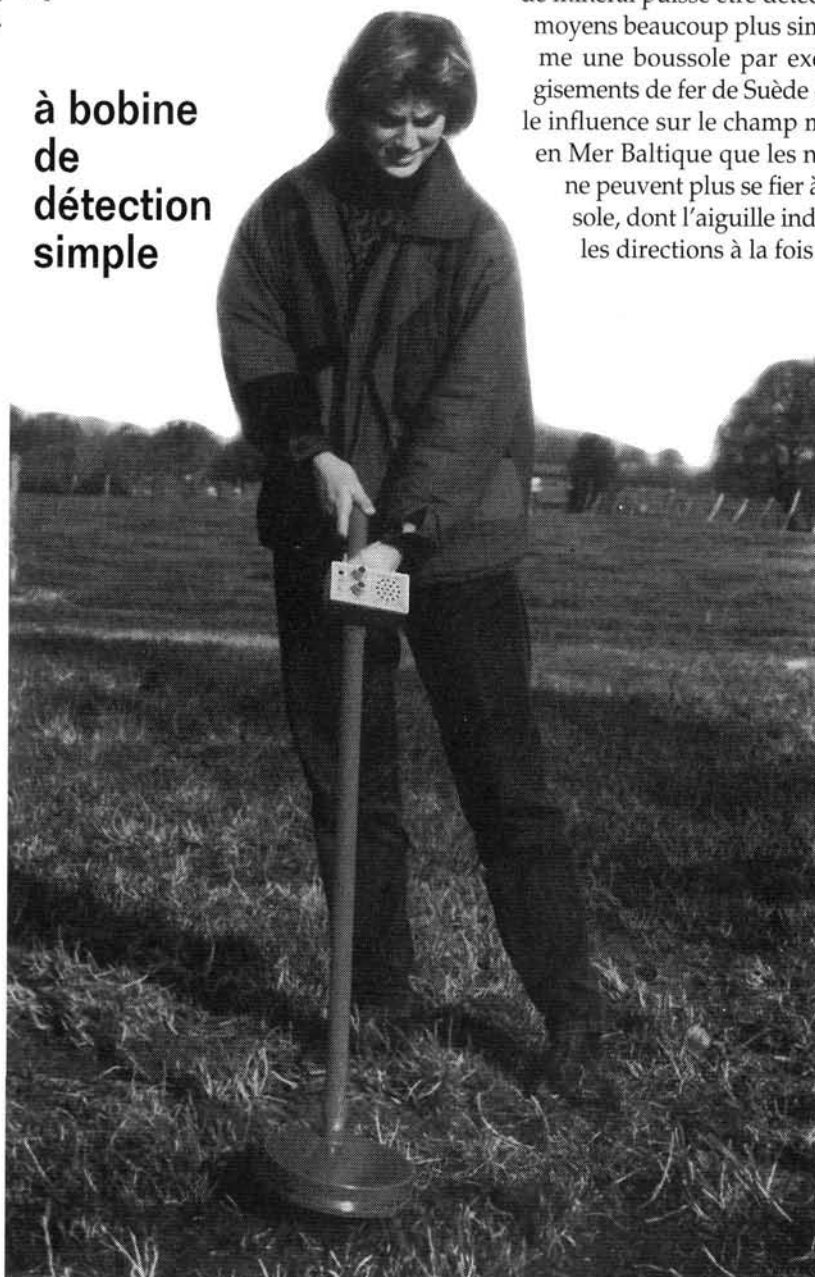
Il est peu probable que vous fassiez fortune dès votre première chasse avec ce détecteur de métaux, mais sans être fasciné par les récits de trésors enfouis, on peut espérer trouver de la menue monnaie, des couteaux de poche ou des voitures miniatures. Une seule *Dinky Toys* pas trop mal conservée et pas trop banale vous remboursera les quelques dizaines de francs que coûte la construction de cette *poêle à frire*. Pendant la mauvaise saison, quand vous bricolerez à la maison, vous pourrez aussi l'utiliser, moyennant une modification simple, pour détecter les conduites avant de percer les murs.

La recherche d'objets métalliques peut se faire de différentes manières. On exploite le plus souvent la propriété qu'ont les corps métalliques de modifier l'intensité ou la direction des champs magnétiques dans lesquels ils sont plongés. Le champ magnétique utilisé peut être aussi bien un champ magnétique permanent, comme celui de la terre, qu'un champ magnétique alternatif. Dans un champ magnétique alternatif, les pôles nord et sud changent sans cesse. Les champs magnétiques alternatifs sont créés, le plus souvent, par des bobines dans lesquelles circule un courant électrique alternatif.

à bobine  
de  
détection  
simple

Les géologues qui recherchent des gisements de minerais utilisent des avions équipés de bobines qui mesurent la direction et la force du champ magnétique (permanent) de la terre. Si une altération est constatée, il est vraisemblable qu'elle est provoquée par un gisement de minerai qui se cache sous la surface. Un principe similaire est utilisé pour détecter la présence de sous-marins.

Il arrive que la présence d'un gisement de minerai puisse être détectée par des moyens beaucoup plus simples, comme une boussole par exemple. Les gisements de fer de Suède ont une telle influence sur le champ magnétique en Mer Baltique que les navigateurs ne peuvent plus se fier à leur boussole, dont l'aiguille indique toutes les directions à la fois.



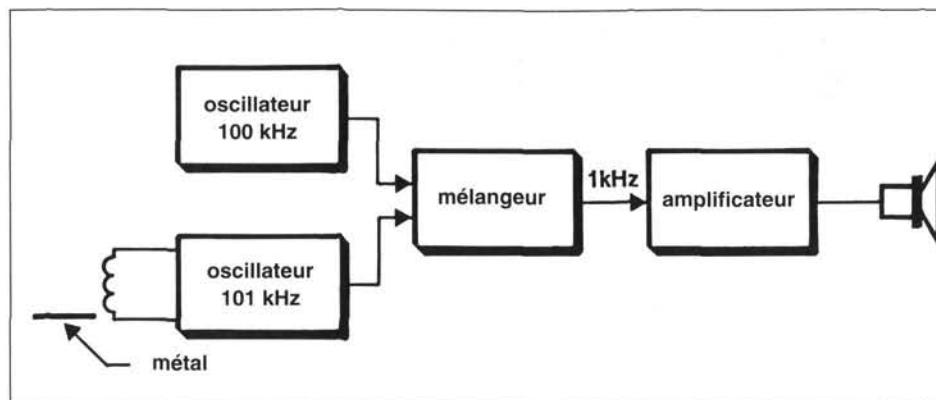


Figure 1 – Les objets métalliques qui approchent la bobine de détection modifient son inductance et la fréquence de l'oscillateur à 101 kHz. Cette fréquence est transposée dans la plage audible (aux environs de 1 kHz) par l'étage mélangeur et appliquée à un haut-parleur après amplification.

Pour la recherche de petits objets métalliques, on n'utilise pas le champ magnétique terrestre mais un champ alternatif produit pour les besoins de la cause par le détecteur lui-même. Le détecteur est à l'affût de tout changement dans la direction ou l'intensité du champ magnétique alternatif qu'il produit. Le résultat est rendu audible par un haut-parleur ou visible par un galvanomètre ou une LED.

Dans le circuit que nous décrivons ici, nous mesurons l'intensité d'un champ magnétique alternatif, non pas par une mesure directe de la tension, mais par le détour d'une mesure des variations d'inductance de la bobine de détection. Le procédé utilise un oscillateur dont la fréquence varie quand l'inductance de la bobine varie.

Le signal de l'oscillateur est mélangé avec celui d'un deuxième oscillateur. Le résultat est un signal à fréquence audible (égale à la différence entre les deux fréquences) appliqué à un petit haut-parleur. Quand la bobine de détection, qui est aussi celle de l'oscillateur, est placée à proximité d'un objet métallique, son inductance change, la fréquence de l'oscillateur change, la différence de fréquence, audible dans le haut-parleur, change.

### le schéma synoptique

La figure 1 représente les différents organes du détecteur. Les deux oscillateurs à l'extrême gauche sont identiques, à ceci près que l'un des deux utilise une bobine extérieure, la bobine de détection. La bobine rayonne autour d'elle un champ magnétique alternatif dont la fréquence est de l'ordre de 101 kHz. Ce champ est altéré par la présence d'objets ferromagnétiques (fer, nickel, cobalt) qui renforcent le champ, para-magnétiques (aluminium, silicium) ou dia-magnétiques (cuivre, argent) qui atténuent le champ. Le métal qui se trouve dans le champ de la bobine se comporte pour elle comme un noyau. Si le matériau de ce noyau est de

type ferromagnétique, l'inductance de la bobine augmente. Dans le cas de matériaux para ou dia-magnétiques, au contraire, l'inductance de la bobine diminue.

L'effet d'un morceau de métal sur la bobine dépend en grande partie de deux facteurs (au niveau des atomes, dans le morceau de métal, il y a plus de deux facteurs). D'une part la présence ou l'absence de micro-aimants (zones de Weiss) dont l'action s'ajoute au champ magnétique extérieur ; ces micro-aimants se placeront dans le sens correspondant au champ magnétique extérieur (dans une large mesure pour les matériaux ferromagnétiques, presque pas dans les matériaux para-magnétiques). D'autre part, tout corps métallique soumis à un champ magnétique alternatif se comporte comme un enroulement de transformateur en court-circuit (ou comme des milliards d'enroulements microscopiques en court-circuit) et par conséquent atténue le champ à proportion de l'énergie qu'il consomme.

L'effet extérieur de l'un des facteurs (magnétisation) peut être atténué ou annulé par l'autre (les courants de Foucault qui circulent dans les enroulements en court-circuit). L'effet du morceau de métal sur la bobine dépend donc, entre autres, de la nature du métal.

Comme la bobine de détection de notre détecteur de métaux fait partie du circuit accordé de l'oscillateur, un changement de l'inductance provoque un changement de la fréquence d'oscillation. Pour une inductance plus grande, la fréquence diminue, pour une inductance plus faible, la fréquence augmente. Les variations de fréquence doivent être mesurées et affichées d'une façon ou d'une autre. Dans notre montage, le deuxième oscillateur (accordé sur 100 kHz) sert à transposer la haute fréquence en un signal audible. La conversion proprement dite s'effectue dans l'étage mélangeur. Le mélange de deux signaux de fréquence respective 100 kHz

et 101 kHz produit deux fréquences nouvelles : la somme, 201 kHz, qui ne nous intéresse pas ; et la différence, 1 kHz, qui nous intéresse parce qu'elle se situe dans le spectre audible.

Avec un amplificateur et un haut-parleur, nous pouvons écouter le signal rendu audible et, ce faisant\*, déduire de la variation de hauteur du son la présence de métal dans le champ de la bobine.

### des détails ? en voilà !

Le schéma détaillé est celui de la figure 2. Les deux oscillateurs sont reconnaissables, ils utilisent les transistors T1 et T2. La seule différence est la présence du condensateur variable C4 dans le circuit de L2. La bobine de l'oscillateur T1 est placée à l'extérieur du montage pour servir de bobine de détection. La deuxième bobine (L2) est entourée d'un blindage métallique, pas seulement pour la soustraire aux influences extérieures, mais pour une autre raison : si les deux oscillateurs pouvaient se synchroniser, la sensibilité du circuit diminuerait fortement. Les deux oscillateurs doivent être indépendants et ne pas s'influencer mutuellement. Pour cela les bobines L1 et L2 ne doivent avoir aucun contact magnétique, les deux oscillateurs ne doivent subir aucun couplage capacitif, par exemple par les pistes du circuit imprimé.

Les deux oscillateurs ne seront pas couplés non plus par le mélangeur, qui utilise un transistor à effet de champ à double grille (T3). Chaque signal peut ainsi entrer par sa porte particulière, sans bousculer l'autre dans le couloir. Les deux signaux sont mélangés par T3, mais il n'y a aucun couplage entre T1 et T2. La très faible valeur de C6 contribue à cette séparation. Les produits de mélange, à savoir la somme et la différence des fréquences, se retrouvent sur la broche de drain (d) de

\*Si les astuces sur les volatiles et la chasse vous lassent, rassurez-vous, elles lassent aussi la rédaction.



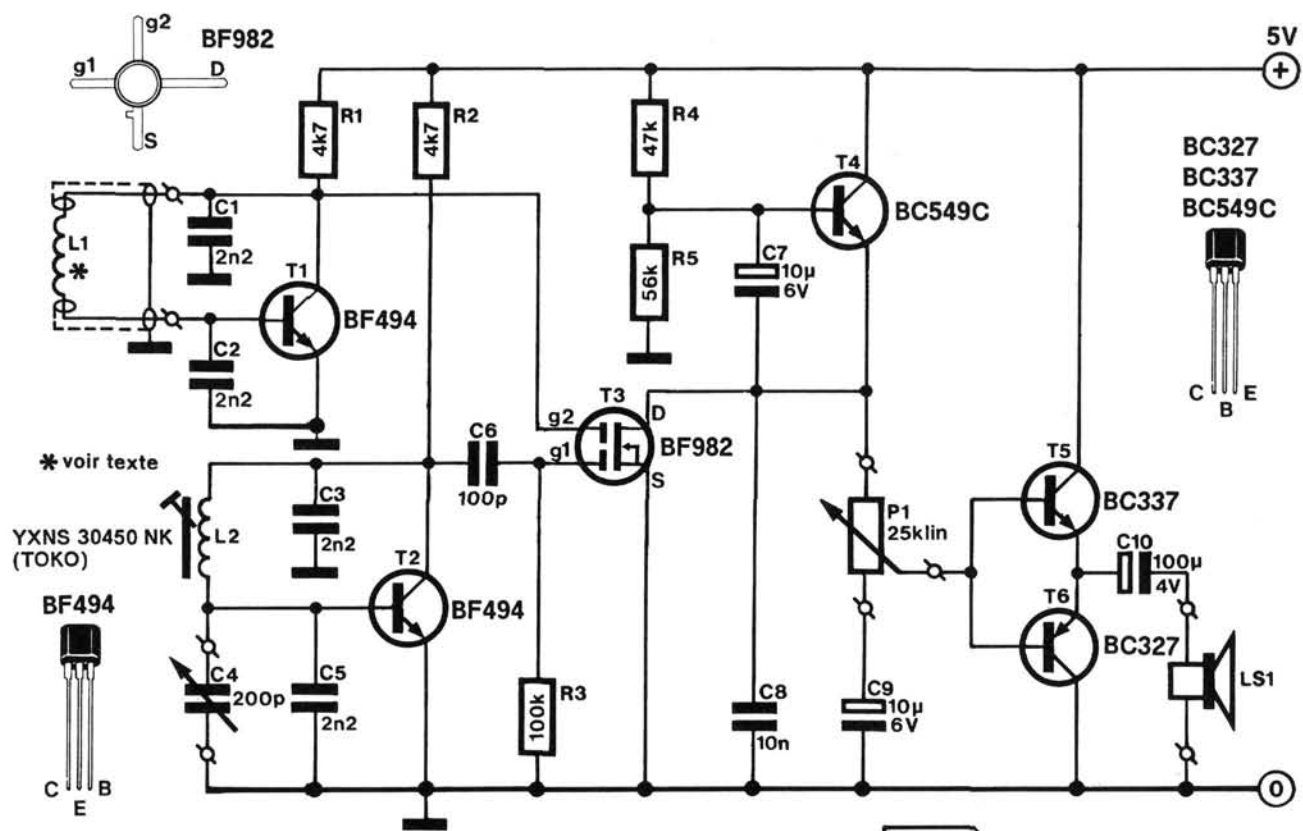


Figure 2 - La bobine de l'un des deux oscillateurs (T1 et T2) est placée à l'extérieur, où elle sert de bobine de détection. Le condensateur variable C4 permet de ramener à la hauteur convenable le son du haut-parleur; le potentiomètre P1 permet de régler le volume.

T3. Le signal somme à 201 kHz, dont nous avons déjà dit qu'il ne nous intéresse pas, est presque totalement court-circuité à la masse par le condensateur C8. Puisqu'il est là, ce condensateur va nous débarrasser aussi des deux fréquences primitives, 100 kHz et 101 kHz, de leurs harmoniques (multiples) et de tout le hochepot de produits de mélange de toutes ces hautes fréquences.

Le transistor (T4) qui est raccordé au drain de T3 n'est pas un amplificateur basse fréquence, mais un diviseur de tension qui constitue la charge de drain. Ce genre de montage est une plaie pour le rédacteur qui veut rester accessible: le concepteur nous a fichu un des circuits à la fois les plus simples et les moins commodes à expliquer, un *convertisseur à immittance négative* ou NIC. Nous nous contenterons de savoir que le condensateur C7 est vu par le transistor T3 comme une inductance et que le niveau continu du drain est environ de la moitié de la tension d'alimentation. Le signal à basse fréquence voit aussi dans l'assemblage C7-T4 une

sorte d'inductance, c'est-à-dire un circuit à haute impédance, et trouve un chemin plus facile par le potentiomètre P1 et le condensateur C9.

Nous revoici en terrain stable: le potentiomètre P1 pilote l'étage pouce-poule T5-T6. La tension continue du drain de T3 (ou de l'émetteur de T4) fixe aussi à 2,5 V la polarisation de base des transistors de sortie. Le signal à basse fréquence aboutit enfin au haut-parleur HP1. Le potentiomètre P1 permet de régler le volume à votre goût pendant la chasse au trésor; vous pouvez le régler au minimum si vous utilisez un casque à la place du haut-parleur.

L'ensemble du montage a besoin d'une tension stable si nous voulons éviter que les appels de courant de l'étage de sortie perturbent les oscillateurs. D'où la présence du régulateur de tension IC1 (figure 2), qui ramène à 5 V la tension de la pile compacte de 9 V. Pour vous éviter d'oublier d'arrêter le détecteur, le régulateur est précédé par une LED (D1) qui indique que le montage est sous tension.

### construction et utilisation

L'implantation des composants sur le circuit imprimé de la figure 3 ne posera pas d'autre problème que celui de l'orientation du transistor T6. Attention pendant la manipulation du MOSFET T3, qui risque de souffrir de l'électricité statique. Le haut-parleur et le condensateur variable, extérieurs, ne sont pas visibles sur la photographie du prototype (figure 4). Le condensateur variable doit avoir une capacité nominale de 200 pF mais un modèle de plus forte capacité (500 pF) peut aussi être monté en série avec un condensateur fixe (par exemple 390 pF). Le condensateur variable d'un poste de radio de poche convient parfaitement: la grande cage a le plus souvent une capacité de 270 pF. Le type de la bobine de détection (figures 5 et 6) dépend de l'utilisation envisagée. Pour la recherche d'objets relativement grands, il faut une grande bobine, comme celle des détecteurs de mines de l'armée. Le prototype de la figure 7 est équipé d'une « poêle à fri-

**liste des composants**  
*liste des composants*

R1, R2 = 4,7 kΩ  
R3 = 100 kΩ  
R4 = 47 kΩ  
R5 = 56 kΩ  
R6 = 560 Ω  
P1 = 25 kΩ linéaire

C1, C2,  
C3, C5 = 2,2 nF  
C4 = 200 pF variable  
C6 = 100 pF  
C7, C9 = 10 μF / 6 V  
C8 = 10 nF  
C10 = 100 μF / 4 V  
C11 = 4,7 μF / 16 V  
C12 = 4,7 μF / 6 V

D1 = LED verte  
T1, T2 = BF494  
T3 = BF982  
T4 = BC549C  
T5 = BC337  
T6 = BC327  
IC1 = 78L05

S1 = interrupteur unipolaire  
marche-arrêt  
HP1 = haut-parleur 8 Ω / 200 mW  
Batt1 = pile compacte 9 V  
ou accumulateur, avec coupleur  
L1 = bobine de détection, voir le texte  
L2 = YXNS 30450NK (Toko)

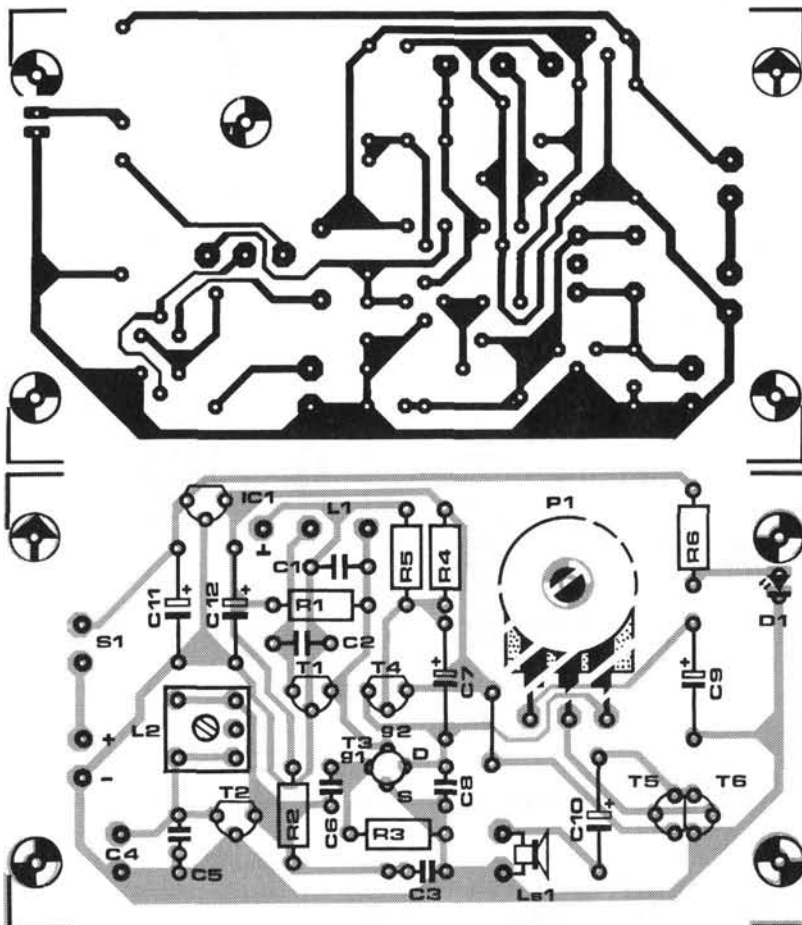


Figure 3 – Pour ce montage qui utilise deux oscillateurs, un circuit imprimé est de loin préférable à une platine d'expérimentation. Attention au moment de passer à la gravure : il est vu par transparence. Le potentiomètre de volume, représenté en pointillés, est monté du côté cuivre. Quand au transistor T6, il est représenté à l'envers et vous devrez lui croiser les pattes avant de l'installer. La connexion de base, au milieu, ne change pas, mais il faut intervertir celles de base et d'émetteur.

re » de ce genre. La bobine comporte 80 spires de fil de cuivre émaillé de 0,25 mm sur un mandrin en PVC de 20 cm de diamètre. Le mandrin est en fait un obturateur de tuyau d'égout.

Si vous voulez utiliser le détecteur pour chercher des conduites dans les murs ou

de petites pièces de monnaie isolées, il vaut mieux utiliser la bobine de la figure 6b. Bobinez pour cela une couche de fil de 0,3 mm de diamètre sur un bâtonnet de ferrite de 10 cm de longueur. Ne bobinez pas directement sur le bâtonnet, mais sur un tube de carton qui puisse coulisser.

Vous vous réservez ainsi la possibilité de déplacer le bobinage sur le noyau pour obtenir la fréquence d'oscillation exacte. De ce fait, le nombre de spires n'est pas rigoureux.

Il se peut tout de même que vous ayez à expérimenter quelque peu pour obtenir la même fréquence des deux oscillateurs. En principe l'action sur le noyau de L2 et le condensateur variable C4 suffit. Sinon, il faut ajouter ou supprimer quelques spires de la bobine L1 (grand modèle) ou faire coulisser le noyau de ferrite (petit modèle).

Encore un petit *truc* pour le réglage : comme les deux oscillateurs travaillent aux environs de 100 kHz, ils produisent aussi des harmoniques sur 200, 300, 400 kHz... À défaut de fréquencemètre ou d'oscilloscope, ces harmoniques peuvent être

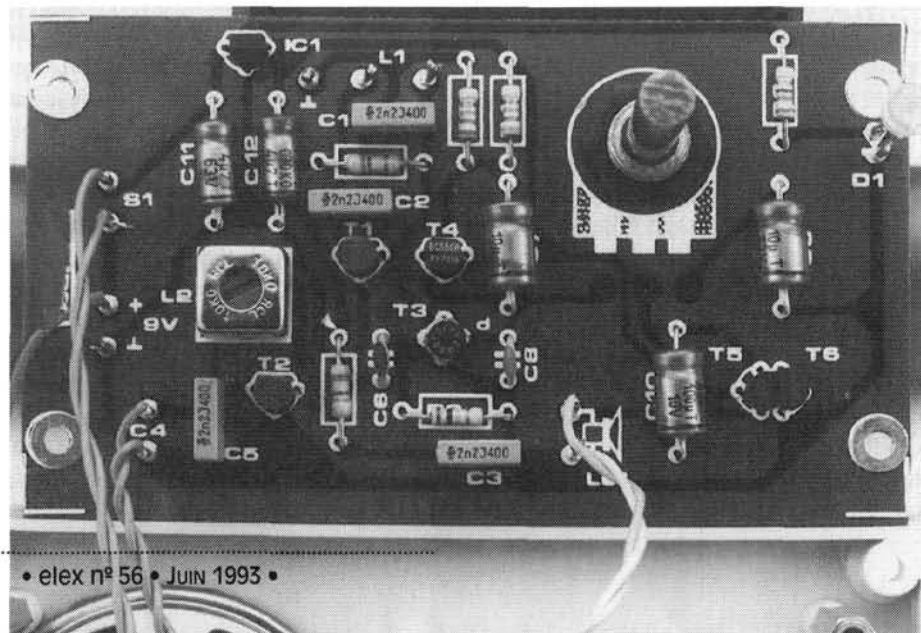


Figure 4 – Notre prototype terminé. Pour le raccordement d'une grande bobine de détection (L1), il faut utiliser du fil blindé.



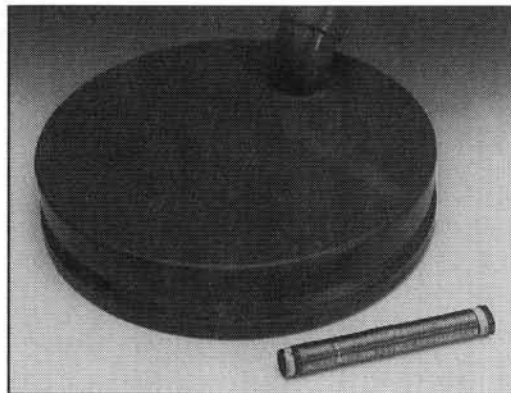


Figure 5 - La grande bobine convient pour le recherche d'objets relativement grands. Pour la détection des conduites dans les murs, il faut utiliser une bobine de petites dimensions, sur un barreau de ferrite.



Figure 6 - La grande bobine (a) est fabriquée à partir d'une pièce en PVC destinée normalement à obturer des conduits d'écoulement. Pendant que vous avez à portée de main la scie à métaux et le tube de colle à PVC, continuez : un tube et un coude à 135° du même métal constituent le manche. La petite bobine (b) est faite sur un bâtonnet de ferrite.

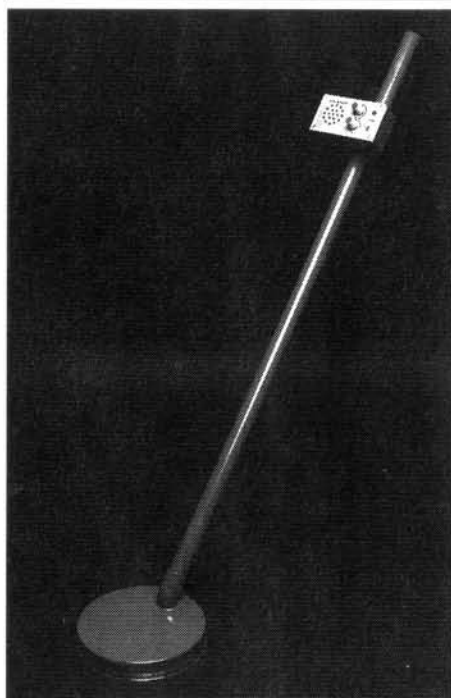


Figure 7 - Un matériau ordinaire pour un objet extra-ordinaire : le mandrin de la bobine et le manche sont en PVC.

écoutés sur un poste de radio (en grandes ondes ou ondes moyennes) disposé à proximité du circuit imprimé. Cela vous permet de situer la fréquence de chaque oscillateur par rapport à l'autre. Si la fréquence de l'oscillateur T1 doit être réduite, il faut ajouter des spires à L1. Si la fréquence est trop basse, il faut supprimer quelques spires ou sortir le noyau. Lorsque les deux fréquences sont à peu près égales, réglez le noyau de L2 de telle façon que le condensateur C4 soit à peu près au milieu de sa plage de réglage. Ainsi le réglage sur le terrain sera possible avec C4, le noyau de L2 n'aura plus à être retouché. Il n'est pas indispensable que la fréquence soit précisément de 100 kHz comme sur notre prototype. Il suffit que la différence entre les deux fréquences soit nettement audible. A l'usage, le condensateur C4 peut être réglé de deux manières. Ou bien vous le réglez pour obtenir une fréquence de différence donnée, 1 kHz par exemple, et vous écoutez les variations ; ou bien vous recherchez le « battement zéro ». Dans ce dernier cas, les deux oscillateurs ont exactement la même fréquence ; la fréquence de battement ne se fait entendre que si un objet métallique est dans le champ de la bobine de détection.

Veillez aussi lors du réglage à donner à L2 une fréquence inférieure à celle de L1. Ainsi une augmentation de la fréquence de différence indique que la fréquence de la bobine de détection augmente. C'est une indication précieuse sur la nature du

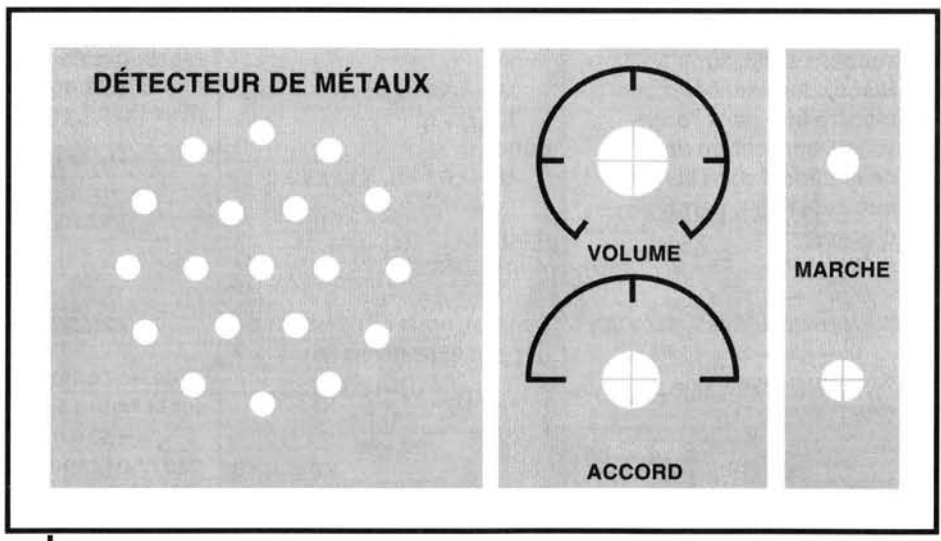


Figure 8 - Le coffret qui contient le circuit imprimé et la pile porte les organes de commande : l'interrupteur marche-arrêt, les réglages de tonalité et de volume du signal.

métal : un métal ferromagnétique fait baisser la fréquence, un métal paramagnétique ou diamagnétique la fait augmenter. Pour utiliser confortablement le détecteur, il faut encore prévoir un manche pour la poêle : ce sera un tube de PVC de 30 (lavabo) ou de 40 mm (égouttoir) de diamètre, suivant la pointure de vos gants. Le coffret sera installé en haut du manche pour que les boutons soient à portée de main de l'utilisateur. Il est indispensable de raccorder la bobine par un câble blindé stéréophonique, chaque fil ayant son blindage. Les deux blindages seront reliés à la masse, mais seulement du côté du circuit imprimé.

La face avant de la figure 9 pourra être copiée et mise à l'échelle avant d'être collée sur le coffret du détecteur. 906129

Figure 9 - Vous pouvez copier cette face avant, éventuellement avec un changement d'échelle, pour agrémenter le coffret du détecteur.



Les lois de Kirchhoff énoncées le mois (et au siècle) dernier permettent la mise en équations des grandeurs caractéristiques des réseaux électroniques constitués de générateurs de force électromotrice constante et de résistances. La résolution des systèmes d'équations est d'autant plus longue et fastidieuse que les réseaux sont compliqués. Elle met cependant en évidence des propriétés très intéressantes qui permettent de simplifier les calculs. C'est ce que nous allons voir.

## bases de calcul ou calculs de base

### théorèmes de superposition et de Thévenin

suite et fin  
du précédent épisode

superposition

Terminons le problème que nous avons laissé en suspens. L'application des lois de Kirchhoff au circuit, à nouveau représenté sur la **figure 3a**, nous avait conduit à écrire le système d'équations suivant :

$$\begin{aligned}U_1 - U_{R1} - U_{R3} &= 0 \\U_2 - U_{R2} - U_{R3} &= 0 \\I_1 + I_2 &= I_3\end{aligned}$$

Le traitement de ces équations, développé dans le **tableau 1**, permet de calculer l'intensité des courants  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  et d'en connaître le sens de circulation : sens supposé (voir le dernier numéro), lorsque le signe du résultat est positif, sens opposé lorsqu'il est négatif ( $I_2 = -30,6$  mA). S'il ne s'était agi que de connaître  $I_3$  nous aurions largement dépassé nos objectifs. Il était pourtant possible de traiter le problème autrement.

Si, au lieu de chercher à calculer les courants, nous avions par exemple exprimé la tension aux bornes de  $R_3$  en fonction de  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ , nous serions arrivé assez rapidement à l'équation suivante :

$$U_{R3} = U_1 (R_2 \cdot R_3) / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3) + U_2 (R_1 \cdot R_3) / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3)$$

Cette somme présente un grand intérêt puisque chacun de ses termes correspond à un circuit dans lequel l'un des générateurs est remplacé par sa résistance intérieure (nulle ici). Nous avons en effet, en l'absence de  $U_2$  :

$$U_{R3} = U_1 (R_2 \cdot R_3) / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3) \quad (a)$$

et en l'absence de  $U_1$  :

$$U_{R3} = U_2 (R_1 \cdot R_3) / (R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3) \quad (b)$$

Par exemple, si  $U_2$  est éteint (seule sa résistance intérieure, nulle, reste en circuit), nous remplaçons  $R_2$  et  $R_3$ , qui sont

alors en parallèle, par leur résistance équivalente, soit  $R_e$ . Aux bornes du diviseur  $R_1/R_e$  nous avons la tension  $U_1$  et la tension de sortie  $U_{R3}$  aux bornes de  $R_e$  est :

$$U_{R3} = U_1 \cdot R_e / (R_e + R_1)$$

c'est la relation (a).

Nous éteignons ensuite  $U_1$  et rallumons  $U_2$ . Nous calculons la résistance équivalente aux deux résistances  $R_3$  et  $R_1$  cette fois, en parallèle, puis la tension  $U_{R3}$  aux bornes de cette nouvelle résistance  $R_e$  en considérant le diviseur  $R_2/R_e$  de la tension  $U_2$ . Nous obtenons ainsi la relation (b). Tout se passe comme si les effets de  $U_1$  et  $U_2$  se superposaient.

Si nous supprimons  $R_3$ , c'est-à-dire si nous ne chargeons pas le réseau, la tension (à vide), appelons-la  $E_{th}$  (nous verrons plus loin pourquoi), à ses bornes (A

**Tableau 1** - Nous avons supposé que  $I_1$  circulait dans le sens des aiguilles d'une montre et  $I_2$  dans l'autre sens. L'application des lois de Kirchhoff dans la maille que parcourt  $I_1$  permet d'écrire :

$$U_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0 \quad (1)$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

Nous remplaçons  $I_3$  dans (1) :

$$U_1 - I_1 R_1 - (I_1 + I_2) R_3 = 0$$

d'où nous tirons une expression de  $I_1$  :

$$I_1 = \frac{U_1 - I_2 R_3}{R_1 + R_3} \quad (2)$$

Dans la seconde maille, nous avons :

$$U_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

donc :

$$U_2 - I_2 R_2 - (I_1 + I_2) R_3 = 0$$

d'où :

$$I_2 = \frac{U_2 - I_1 R_3}{R_2 + R_3} \quad (3)$$

Dans (3), nous remplaçons  $I_1$  par son expression (2) :

$$I_2 = \frac{U_2 - \frac{U_1 - I_2 R_3}{R_1 + R_3} R_3}{R_2 + R_3}$$

tous les termes en  $I_2$  sont regroupés dans le même membre et nous obtenons pour finir :

$$I_2 = \frac{U_2 - U_1 \frac{R_3}{R_1 + R_3}}{R_2 + R_3 - \frac{R_3^2}{R_1 + R_3}}$$

$$I_2 = \frac{U_2 R_1 + U_2 R_3 - U_1 R_3}{R_2 R_1 + R_2 R_3 + R_1 R_3}$$

Avec les composants choisis sur la **figure 3a** :

$$I_2 = -30,6 \text{ mA}$$

que nous reportons en (2) :

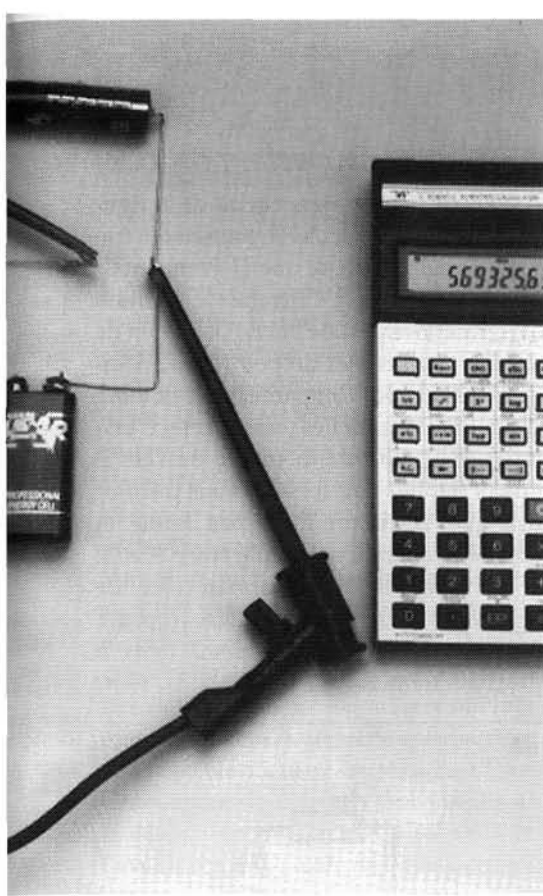
$$\begin{aligned}I_1 &= 32,5 \text{ mA} \\ \text{nous avons donc :} \\ I_3 &= I_1 + I_2 = 1,9 \text{ mA}\end{aligned}$$

Si nous avions choisi différemment le sens de circulation du courant dans la deuxième maille, nous aurions trouvé un courant  $I_2$  positif mais s'éloignant du nœud comme  $I_3$ . Il aurait alors fallu écrire :

$$I_1 = I_2 + I_3$$







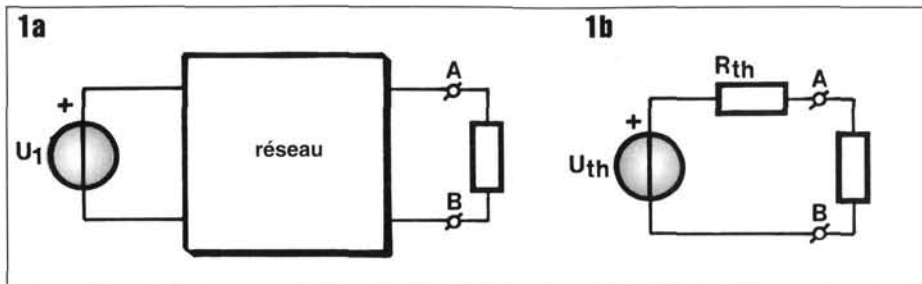
et B) correspond toujours à la superposition de deux états :

$E_{th} = U_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) + U_2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$   
Du théorème de superposition, que vous pouvez énoncer à partir de ce qui vient d'être dit, à celui de Thévenin, il n'y a qu'un pas que nous allons franchir, allègrement comme il se doit.

### thévenin

La démarche de Léon Thévenin (1857-1926) consiste, pour franchir ce pas, à remplacer un réseau électrique, contenant des éléments passifs linéaires et des générateurs de tension, qui présente une différence de potentiel à ses bornes, par un générateur unique de force électromotrice  $E_{th}$  et de résistance intérieure  $R_{th}$ . Nous avons vu comment calculer la force électromotrice équivalente à celle du réseau,  $E_{th}$ . Il suffit d'éteindre tous les générateurs sauf un, de calculer la tension qui règne alors aux bornes du réseau, puis de l'ajouter à la tension, calculée de la même manière, qui règne lorsque le générateur suivant est allumé, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les sources de tension aient été passées en revue. Il suffit donc d'appliquer au réseau, sans charge, le théorème de superposition (la formulation que vous en avez trouvée est-elle bonne ?) comme nous l'avons fait précédemment. Et la

\* Le Dictionnaire de physique de Mathieu, Kastler et Fleury chez Masson et Eyrolles. Voir aussi dans le même ouvrage l'article « Linéaire » si le mot vous pose problème.



résistance intérieure ? C'est la résistance du réseau vue de ses bornes (A et B) lorsque tous les générateurs éteints sont remplacés par leur résistance intérieure. Elle n'est pas difficile à calculer sur la figure 3b électriquement identique à sa voisine, mais sur laquelle on voit mieux que R1 et R2 sont en parallèle lorsque l'on remplace  $U_1$  et  $U_2$  par des courts-circuits. Calculons  $R_{th}$  :

$$R_{th} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

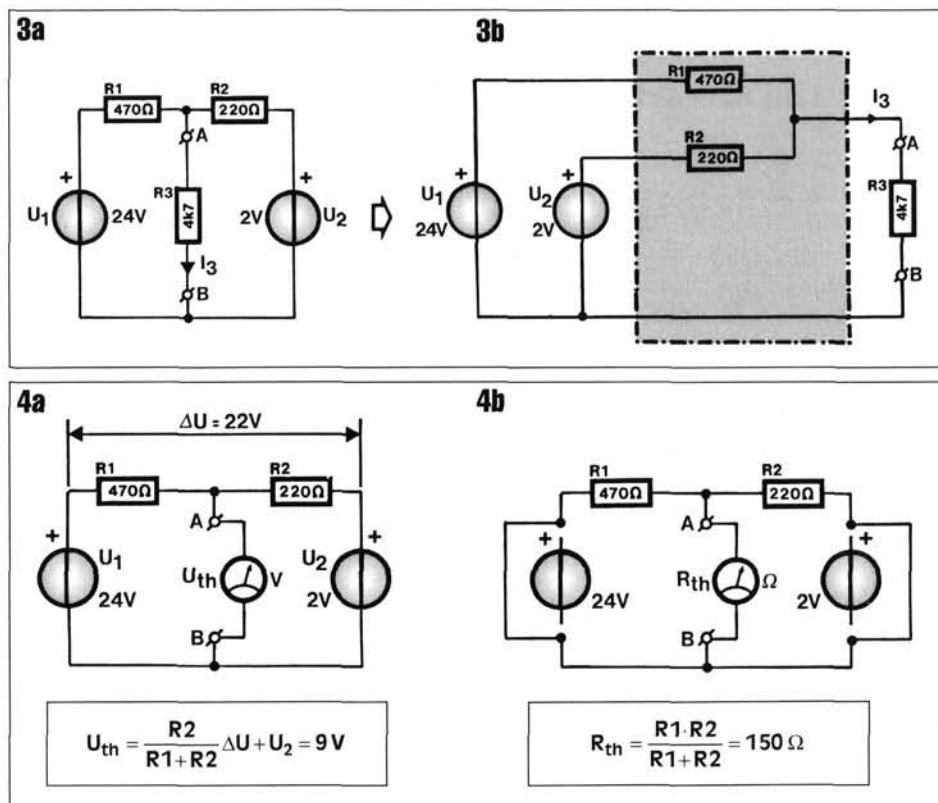
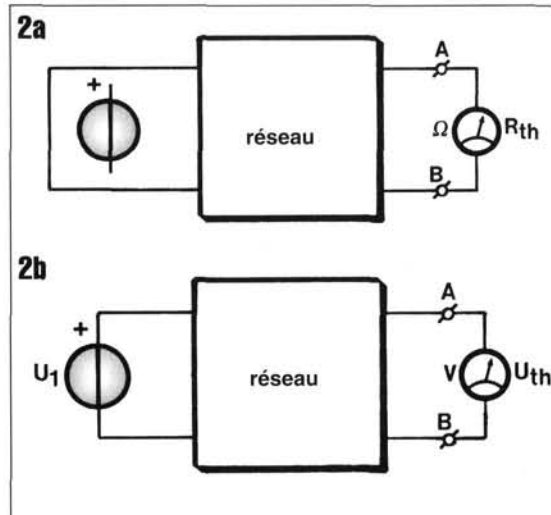
et  $E_{th}$  qui n'a pas changé :

$$E_{th} = U_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) + U_2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

Nous pouvons énoncer le théorème de Thévenin décrit par les figures 1 et 2 tel que le donne le dictionnaire\* : « Tout réseau électrique contenant des éléments passifs linéaires et des générateurs de tension, entre deux points A et B duquel existe une différence de potentiel  $V_A - V_B$  peut être remplacé par un circuit équivalent, contenant en série un générateur de tension de force électromotrice  $E_{th} = V_A - V_B$  et une résistance  $R_{th}$  équivalente à l'ensemble du réseau dans lequel tous les

générateurs sont remplacés par leur résistance intérieure. »

Il existe, pour évaluer  $E_{th}$ , une autre façon de procéder que nous allons appliquer au circuit de la figure 4. Il va de soi qu'il ne s'agit pas de la mesurer comme sur les figures 1 et 2. La tension  $V_A - V_B$  est égale à  $U_2$  augmentée de la chute de tension aux



bornes de la résistance R2. On considère le diviseur de tension constitué par les résistances R1 et R2. La différence de potentiel ( $\Delta U$ , lire "delta U") entre les deux sources de tension qui sont à ses extrémités est égale à :

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

Nous avons donc pour  $E_{th}$  :

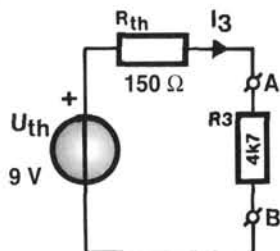
$$E_{th} = \Delta U \cdot R_2 / (R_1 + R_2) + U_2$$

Le premier terme du membre de droite de cette équation exprime la chute de tension sur R2 auquel nous ajoutons  $U_2$ . Ceci nous donne  $E_{th} = 9 \text{ V}$ .

Le calcul de  $R_{th}$  n'est pas différent de celui que nous avons donné plus haut  $R_{th} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 150 \Omega$ . Voyez-le sur la figure 4 à droite où les générateurs ont été court-circuités : les résistances R1 et R2 ont alors les mêmes extrémités A et B. Elles sont donc en parallèle. Il ne reste plus qu'à brancher R3 à la sortie du générateur et à appliquer la loi d'Ohm au circuit ainsi transformé pour connaître l'intensité du courant qui traverse cette résistance :

$$I_3 = E_{th} / (R_{th} + R_3) = 1,9 \text{ mA}$$

5



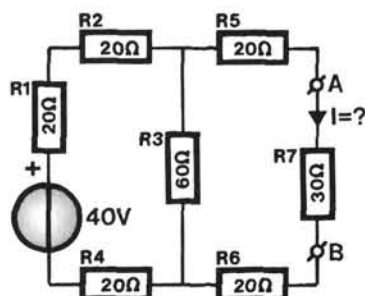
$$I_3 = \frac{U_{th}}{R_{th} + R_3} = 1,9 \text{ mA}$$

au lecteur de jouer

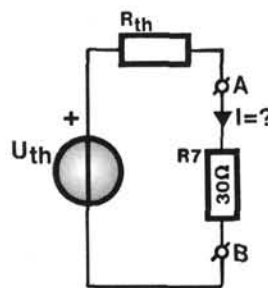
À vous de jouer avec le circuit de la figure 6. Il s'agit d'y calculer le courant qui traverse R7 à l'aide de ce que Thévenin nous a fait découvrir ici. Cherchez la solution avec Kirchhoff, et une bonne provision de papier, si vous êtes un peu rouillé. Évaluez ensuite, par comparaison, le nombre d'erreurs (potentielles) que permet d'éviter l'application du théorème de Thévenin. N'oubliez pas, lorsque vous calculez  $E_{th}$ , que le circuit n'est pas fermé et qu'aucun courant ne circule entre A et B, ce qui n'est plus le cas lors du calcul de  $R_{th}$ . Nous vous en avons déjà trop dit. Solution détaillée du problème dans le prochain numéro !

896112

6a

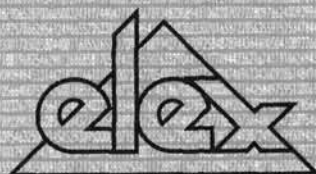


6b



**Pour vous abonner à ELEX, nous ne vous offrons ni porte-clef, ni stylo à bille, ni réveil à quartz...**

**Seulement les 2000 premières décimales de  $\pi$ . Avant de souscrire, vérifiez !**



**Le bulletin d'abonnement est encarté à la fin de ce numéro.**





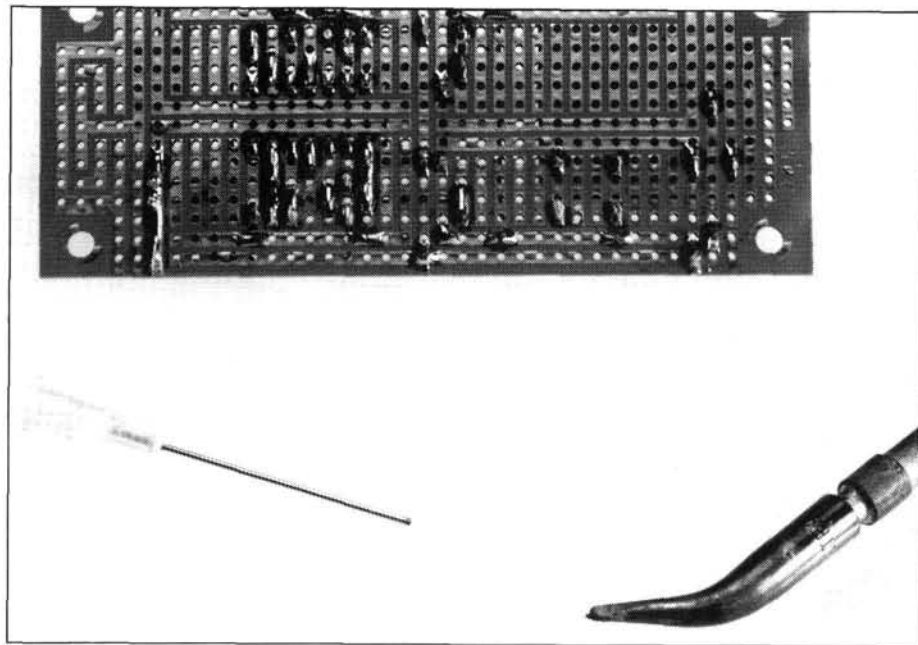
## +dessouder+

### travaux d'aiguille

Un apprenti électronicien, peu argenté, qui avait récupéré quelques cartes (multi-couche), voulut en dessouder les composants avec pour toute pompe une seringue médicale. Que croyez-vous qu'il arriva ? Il en boucha l'aiguille sans grand résultat. Un lecteur plus futé ou plus expérimenté, Monsieur Duchai (Bourguignon d'origine poitevine sans doute), aurait pu le conseiller, lui qui nous fait parvenir une aiguille, sans seringue, avec un mode d'emploi que nous résumons ici. Demandez à votre médecin ou à une infirmière une aiguille à usage unique (avec son tube protecteur) dont le diamètre extérieur soit de 1 mm et le diamètre intérieur de 0,7 mm (type intramusculaire). Il est conseillé de la désinfecter puisqu'elle a été utilisée. Ensuite, limez la pointe de façon à obtenir une canule (définition très intéressante de ce mot dans certaines éditions du *Candida* de Voltaire) aux bords droits et émoussés. Chauffez la broche du circuit intégré ou du composant que vous voulez dessouder, puis poussez l'aiguille émoussée sur cette broche dans l'étain liquide. Tournez-la un peu, le temps que la soudure refroidisse : la broche est libre ! Cette astuce, qui réclame un certain coup de main, voire un coup de main certain, convient à des trous de perçage impeccables de 1 mm. Il va de soi qu'elle ne présente d'intérêt que si vous pouvez récupérer des aiguilles usagées et si vous n'avez rien d'autre sous la main.

### pompe, tresse et graphite

Dessouder s'apprend le fer à la main. Dans l'industrie, c'est pour les techniciens stagiaires un véritable supplice et pour un industriel dont l'équipement laisse à désirer (postes dessoudeurs mal entretenus ou absents) une source de perte qui peut être considérable : en temps et en matériel. Quelles sont les règles à suivre ? Qu'on dessoude à la pompe ou à la tresse, il faut que le poste de travail soit éclairé convenablement. On redresse éventuellement les broches. Si l'étain présent au lieu du dessoudage l'est en trop faible quantité, il peut être nécessaire de recharger : on chauffe, ni trop ni trop peu, la piste et les broches du composant tout en rajoutant de l'étain, juste assez. Certains techniciens ne travaillent ensuite qu'à la pompe : ils reprennent chaque soudure, la chauffent, sans excès mais suffisamment, et appliquent la pompe, sans en brûler la buse, sur



le trou. Après quelques dizaines d'exercices on arrive à faire du travail propre que l'on peut éventuellement finir à la tresse à dessouder : on promène assez vite, sans pression excessive, sur les trous ou leurs bords, la tresse au bout du fer.

Le travail à la tresse à dessouder peut paraître plus facile. La tresse faite de fil de cuivre très fin, quelquefois étamé, se comporte comme une éponge vis-à-vis de l'étain en fusion. La différence est qu'on ne peut pas l'essorer, il faut donc, lorsqu'elle est refroidie, en couper le bout qui s'est rigidifié. On chauffe la piste et la broche à dessouder comme précédemment, assez pour que la soudure se liquéfie, la tresse disposée tout près. On approche finalement la tresse et l'on chauffe la soudure à travers elle, la panne du fer à moitié sur la tresse, à moitié sur la broche, à moitié sur la piste (au choix, si le bout de la panne du fer ne comporte que deux moitiés seulement). On tourne un peu la tresse autour de la panne sur laquelle on exerce une pression suffisante mais non excessive (risque d'arrachage des pistes). La soudure monte et se disperse assez dans le réseau formé par les fils de la tresse pour qu'une partie s'en évapore : ceci donne lieu à un petit filet de vapeurs métalliques qu'il n'est pas forcément sain de respirer. En principe, les fumées signa-

lent que l'opération est en bonne voie (on ne parle pas de déraillement en leur absence) c'est vers ce moment-là (un peu après l'apparition du nuage) que l'on peut retirer le fer, la tresse et la broche (libre) du composant. Si l'on ne désire pas récupérer le composant, soit que le traitement subi l'ait rendu impropre à la consommation, soit qu'il ait rendu l'âme avant l'opération, on se facilite la tâche en lui coupant, avec adresse et circonspection, voire avec une pince coupante (dont on a éventuellement mis à la meule les mâchoires aux bonnes dimensions\*) les broches que l'on redresse. Finir le nettoyage des trous métallisés avec une aiguille ou une mine de graphite ne se fait pas en public, au moins dans certaines usines, c'est toléré dans d'autres. Souffler, avec une seringue par exemple, ne permet pas d'obtenir de résultats bien attrayants.

\* Technique Atrak.

Si vous avez une bonne vue, quelqu'adresse, un bon fer doté d'une panne propre (l'éponge humide toujours à sa portée), vous parviendrez vite à de bons résultats. Les premières fois, la réussite n'est pas garantie, il est recommandé de se faire la main sur des cartes et des composants qui ne risquent rien.

Nos lecteurs ont de l'imagination, nous le savions, puisqu'il leur arrive même de nous en faire part. Vous saurez ainsi comment Monsieur Wilms, cycliste-électronicien amateur, eut l'heureuse idée de récupérer une calculette et de la transformer en compteur pour mesurer les distances qu'il parcourait avec sa bicyclette.



« Mens sana in corpore sano », tout le monde connaît la célèbre "maxime" de Juvénal, peu savent dans quelles circonstances il la prononça. Il discutait avec un ami lorsqu'une troupe d'athlètes vint à passer. Son compagnon s'extasia : « Quelle santé ! » s'exclama-t-il, admiratif. Juvénal lui répliqua qu'il fallait au contraire s'attrister de ce que ces gens n'allient pas, à la santé du corps (« corpore sano »), celle de l'esprit (« mens sana »). Les athlètes étaient à l'époque des gens plutôt sots. Il n'en est heureusement plus de même aujourd'hui, puisque dans leur grande majorité, les sportifs amateurs cherchent à développer en harmonie leurs capacités physiques et intellectuelles. Le présent montage est conçu pour ceux d'entre eux qui utilisent une bicyclette (ou un fauteuil roulant, tous les sportifs et tous les lecteurs d'ELEX ne sont pas bipèdes). Il leur permettra plusieurs choses : en premier lieu de sauver de l'oubli une calculette qu'ils n'utilisent plus ; de mesurer ainsi à peu de frais les distances qu'ils parcourront ; de bricoler.

### deux fils à souder

Faire fonctionner une calculette autrement que numériquement (à l'aide du doigt) n'est pas toujours une mince affaire. Certaines extra-plates, dont le clavier est simplement collé par exemple, ne se prêtent à aucun bricolage. Prenez donc une calculette à l'abandon (il n'en ira pas de même pour le vélo !) qui se laisse autant que possible opérer au tournevis et non au scalpel. Il faut en outre qu'elle permette, d'une façon ou d'une autre, que le nombre affiché à l'écran avance d'une unité chaque fois que l'on appuie sur sa touche [=]. Si c'est le cas, on peut l'ouvrir en enle-

vant quelques vis généralement situées sur l'arrière, quelques fois derrière une étiquette (si elle n'est plus sous garantie). Lorsqu'elle est ouverte, on peut parfois constater que les contacts établis par la touche [=], sur lesquels il faut maintenant souder deux fils, ne sont pas directement accessibles, que le circuit imprimé est, par exemple, fixé d'une façon qui ne permet pas d'accéder à sa face clavier. Supposons pourtant que vous les avez débousqués. Soudez alors un fil isolé sur chacun, terminé de préférence par une petite fiche banane, mâle ou femelle. Il n'est pas nécessaire que les fils soient bien longs, les terminer par un connecteur vous permettra d'emmener la calculette lorsque vous abandonnerez momentanément votre véhicule. Le compteur est prêt, il reste à s'occuper maintenant du capteur. Le capteur est un ILS, c'est-à-dire un interrupteur à lame souple enfermé dans une

petite ampoule de verre pourvue de deux broches. Au repos, l'interrupteur est ouvert. Sa fermeture est commandée par un aimant. Quand celui-ci passe au voisinage de l'ampoule le contact s'établit. Commencez par tester la bonne marche du dispositif en reliant les extrémités des fils du compteur aux broches du relais (figure 1). Il faut bien sûr "programmer" la babasse, c'est à dire lancer une opération telle qu'à chaque appui sur la touche [=], donc à chaque fermeture du relais, le nombre affiché augmente d'une unité. Sur certaines calculettes il faut taper la suite de touches : [1][+][=], sur d'autres, ce sera [1][+][+][=] par exemple. Toutes n'offrent pas la possibilité d'un tel comptage, nous vous avons prévenu plus haut. Ensuite, chaque fois que l'aimant passera à proximité de l'ampoule, l'affichage variera (vous pouvez essayer de "décrémenter" (soustraire) au lieu "d'incrémenter"

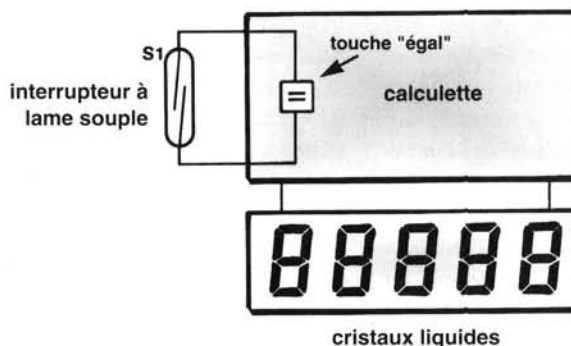
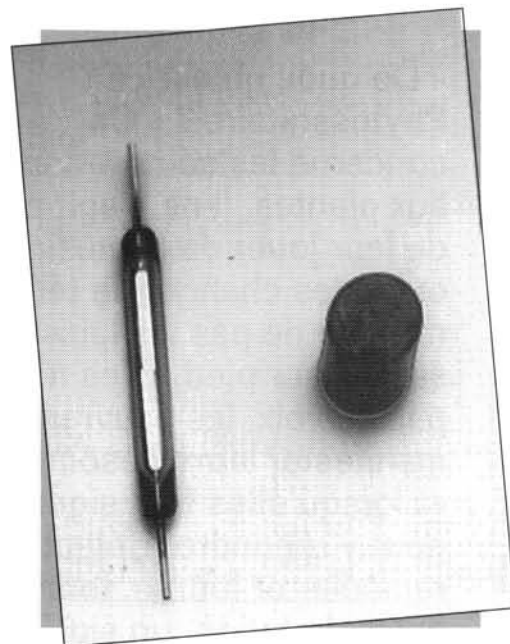
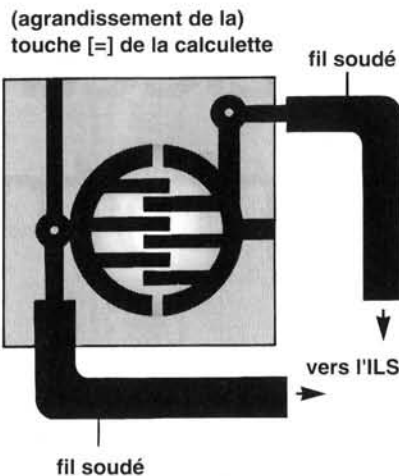
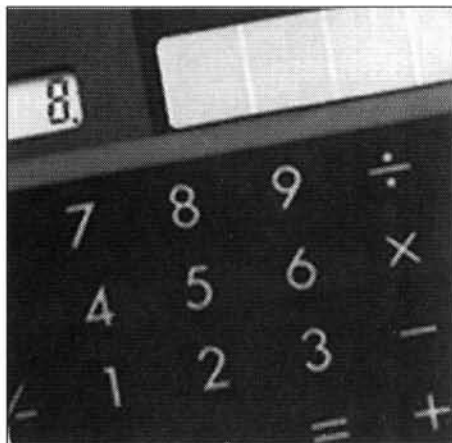


Figure 1 - Ne laissez pas dormir votre vieille calculette au fond d'un tiroir. Si vous êtes cycliste par exemple, un aimant, un relais ILS et quelques mètres de fils vous permettront de la transformer en compteur kilométrique. Avant de commencer, vérifiez qu'elle convient bien à cette application.





ter") d'une unité : au premier passage de l'aimant, l'affichage passe à "2", au second à "3" etc. C'est ce que vous obtenez ? Vous avez donc quasiment terminé. Il n'y a plus qu'à fixer l'aimant sur un rayon de roue, avant ou arrière, l'ampoule sur la fourche correspondante (**figure 2**), reliée à la calculatrice par deux fils pourvus d'une prise (petites fiches banane mâles ou femelles selon ce que vous avez choisi plus haut). Leurs positions respectives seront telles qu'à chaque passage de l'aimant devant l'ampoule, les contacts se fermeront comme lors d'un appui sur la touche [=], et la calculatrice, fixée sur le guidon à la vue du cycliste, comptabilisera les tours de roue qui sont notre unité de longueur.

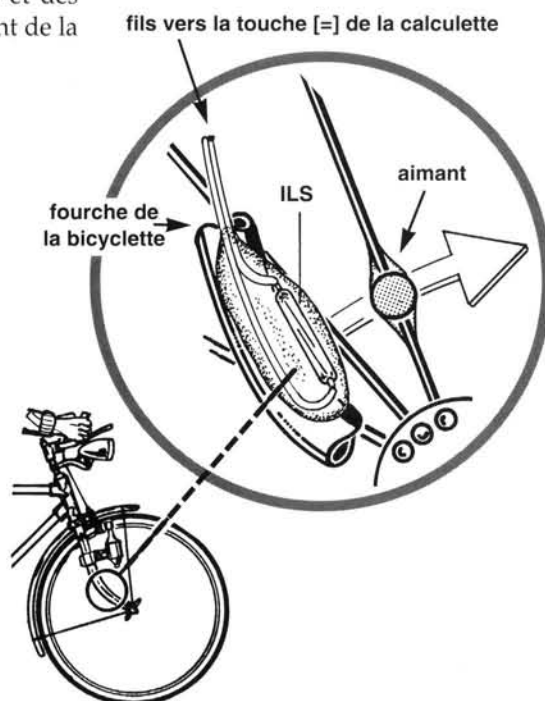
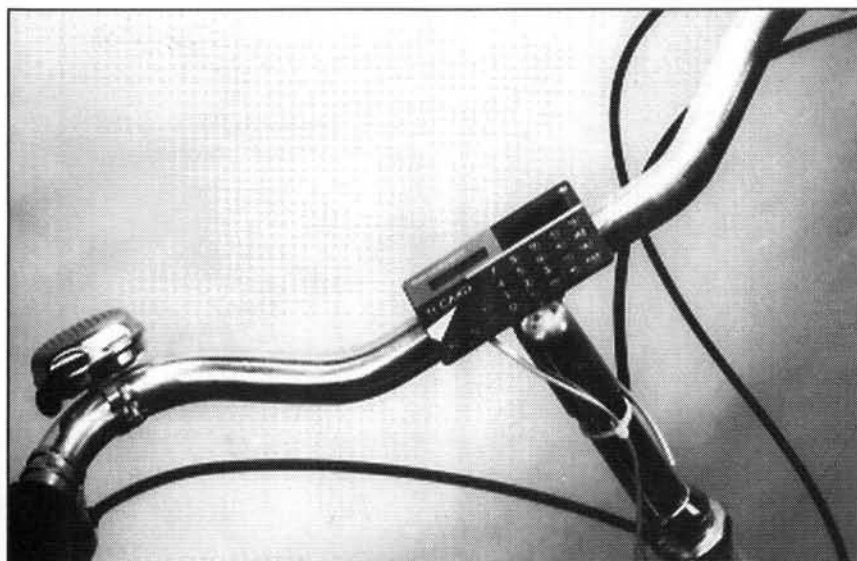
On procède ensuite à la mise sous tension de sa matière grise pour convertir les tours de roue en unités plus usuelles. Oserons-nous vous conseiller une méthode ? Nous oserons, nous vous en proposerons même deux, peut-être en trouverez-vous une troisième, meilleure. Le plus simple

consiste à mesurer la hauteur de la roue, donc son diamètre, que l'on multiplie, en mètres, par 3,14 ou Pi (ou mieux). Si les choses simples vous incommode ou si vous souhaitez une plus grande précision, prenez une craie, faites avancer la bicyclette jusqu'à ce que le compteur affiche une unité de plus : l'aimant est alors devant l'ampoule. Marquez le point de tangence entre la roue et le sol, sur les deux, puis avancez jusqu'à ce que le nombre affiché s'accroisse à nouveau de 1 ; la marque de la roue est à nouveau en contact avec le sol, que vous marquez en face. Si le vélo a été déplacé en ligne droite, la distance entre les deux marques sur le sol correspond à un tour de roue, vous n'avez plus qu'à mesurer. Rentrez le nombre ainsi trouvé, éventuellement divisé par 1000, pour un affichage en kilomètres, le reste dépend de vous et des caractéristiques de fonctionnement de la babasse.

La précision du compteur dépend bien sûr de celle de la mesure de la circonférence de la roue, gonflée à la pression requise. Cette précision se ressentira-t-elle de la façon dont on chargera le véhicule, de la conduite, de la granulométrie du revêtement de la route, de l'altitude et de l'âge du cycliste ? Toutes ces choses ouvrent bien sûr de passionnantes perspectives aux amateurs de calculs... Nous vous souhaitons bonne route et des vents favorables.

886070

**Figure 2 – Pour le montage de l'aimant sur un rayon d'une des roues, il est important de s'assurer que son passage devant le relais est efficace. La distance entre les deux composants ne doit pas être trop grande.**



« De quoi, qu'est-ce ?  
Phytopsanitaire ? » Ça  
concerne les soins à donner  
aux plantes. Il ne s'agit pas  
de leur jouer de la musique  
ou de les changer de terre,  
mais de ne pas les laisser  
sécher sur pied. Elles n'ont  
pas de voix, les pauvres, pour  
manifester leurs besoins en eau  
et lorsqu'elles font signe, il est souvent trop tard  
pour y répondre. L'électronique peut-elle y  
remédier et fournir, lorsqu'elles sont menacées de  
déshydratation, un signal lumineux qui prévienne le  
jardinier qu'un arrosage s'impose ?

# électronique phytopsanitaire



## oxydation

De quoi meurent les plantes d'appartement ? D'un manque d'eau, le plus souvent, d'arrosages excessifs parfois. Il faut donc les arroser régulièrement, certaines à une fréquence assez élevée, d'autres à des intervalles de temps plus longs. Comment savoir si elles ont soif ou non ? La surveillance de la terre qui les nourrit peut donner une idée de leurs besoins, l'expérience permet de déterminer la répartition dans le temps des tournées d'arrosage. Nous n'avons, à la rédaction d'ELEX, qu'une notion très fruste du sujet mais le premier point, la surveillance de la terre des pots, ne nous a pas semblé inaccessible à l'électronique.

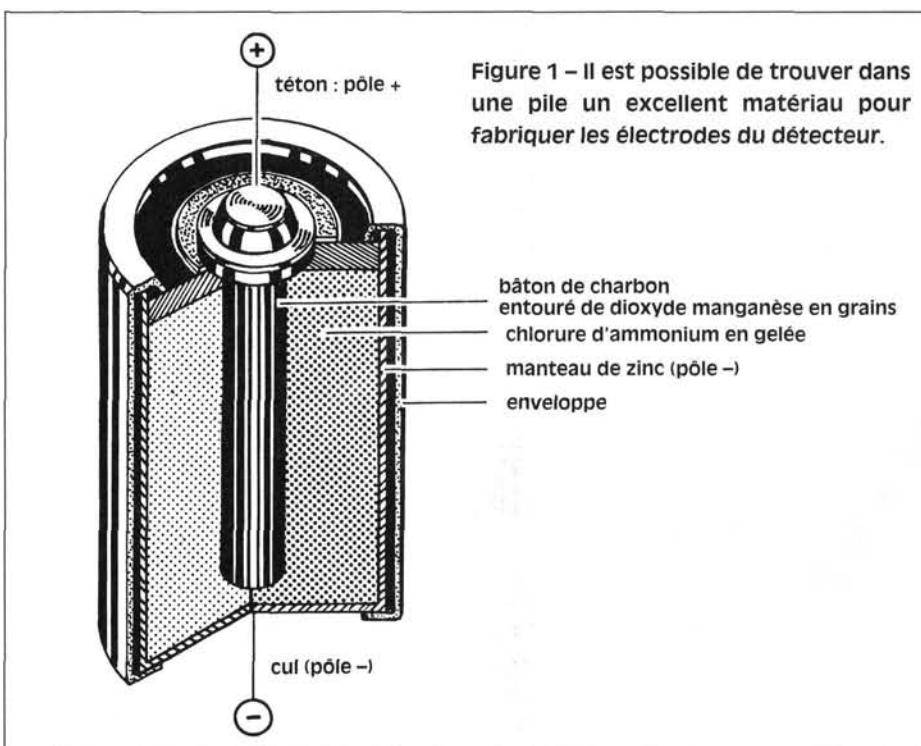
Il n'est bien sûr pas question d'immobiliser un ohmmètre pour cette opération mais de fabriquer un dispositif qui réponde d'une façon ou d'une autre à des variations de conductivité du milieu. Ceci pose le problème du capteur. En effet, la première idée est de plonger dans la terre deux lames de métal et de faire circuler un courant entre elles. La chute de tension, proportionnelle à la résistance du milieu donnera accès à son degré d'humidité. Ça marchera un certain temps au bout duquel les lames du capteur se recouvriront, l'une d'une couche d'oxyde isolante et l'autre d'un dépôt tout aussi peu conducteur. La circulation d'un courant

continu dans cet électrolyte que peut constituer la terre humide ne modifiera pas seulement les électrodes mais sans doute aussi le milieu. Or il est exclu que le dispositif mêle à la terre son grain de sel (métallique) ou en retranche quoi que ce soit. C'est pourquoi nous utiliserons des

## l'humide et le sec

Il est facile électroniquement de déterminer si la terre d'un pot est encore assez humide. Un sol mouillé a en effet la propriété de conduire particulièrement bien le courant. Si, à l'opposé, toute l'eau présente a été utilisée ou s'est évaporée, la conductivité de la terre devient pratiquement nulle. Autrement dit sa résistance devient très grande, de l'ordre de quelques centaines de kilohms. Le problème se ramène donc à une mesure de résistance qu'un ohmmètre permet de réaliser. Faites-en l'expérience avec un pot que menace la sécheresse : plongez les pointes de touche d'un ohmmètre dans sa terre puis arrosez, vous constaterez que la résistance diminue considérablement\*.

\* Ne vous effrayez pas si elle vous semble plus élevée que ne la laissent supposer les résistances du pont diviseur d'entrée du circuit.







Où trouver des bâtonnets de charbon solides et dont la résistance électrique soit acceptable? Il n'y a pas à chercher plus loin que dans les entrailles d'une pile sèche dont la **figure 1** rappelle la constitution. Nous prendrons de préférence des piles cylindriques – usagées, cela va de soi – plus faciles à démonter que les piles plates et dont le bâton de charbon est un

peu plus long et de plus gros diamètre. Le démontage ne doit pas poser de problème puisqu'il suffit de rabattre le rebord et de tirer sur le noyau. Avec un peu de chance, on peut lui conserver la capsule métallique dont il est chapeauté: elle facilitera plus tard la soudure d'un connecteur. Évitez de démonter des piles alcalines dont le contenu est plutôt empoisonnant, pour le sol et les gens.

Maintenant que le principe du dispositif est connu, que le problème des électrodes du capteur est résolu, nous pouvons nous attaquer à l'électronique du montage proprement dite. Comme un intérieur contient en principe plusieurs plantes, le circuit doit être en mesure de surveiller le degré d'humidité de toutes en même temps. Il est donc composé de plusieurs capteurs, un par plante à surveiller, et d'un poste central.

• elex n° 56 • JUIN 1993 • 49



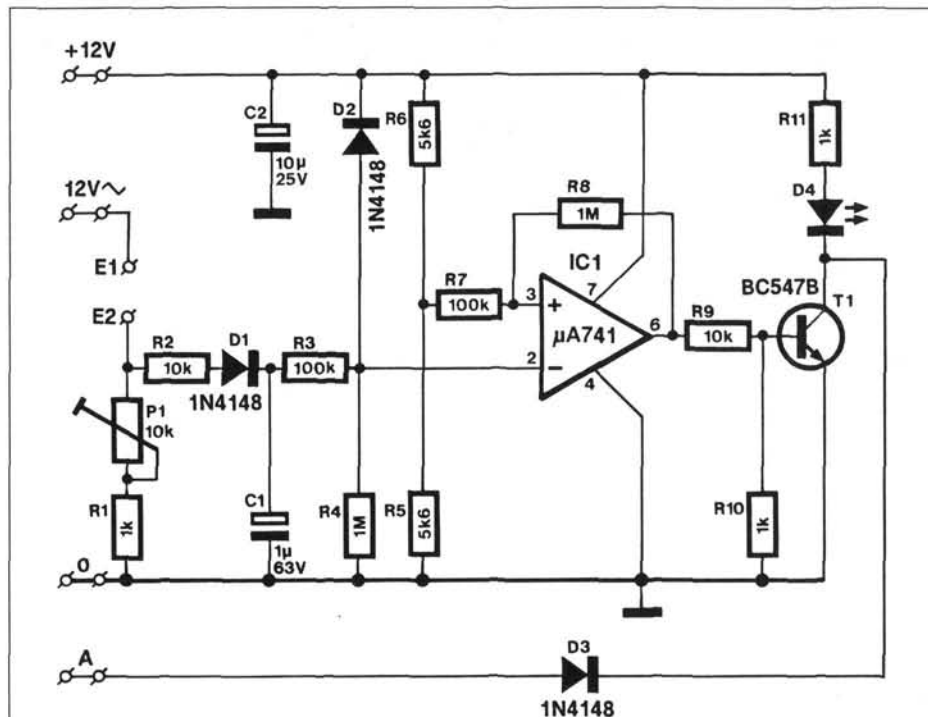
associé à quelques condensateurs, stabilise la tension continue et que la LED D1 lui sert de témoin de fonctionnement.

Passons tout de suite à la **figure 4** qui décrit l'électronique d'un capteur. Un amplificateur opérationnel, IC1, y est câblé en comparateur de tensions : il compare la tension de référence, appliquée à son entrée non inverseuse, à la tension qui règne sur son entrée inverseuse. La tension de référence est fixée à la moitié de la tension d'alimentation par le diviseur R5/R6. Dès que la tension sur l'entrée inverseuse descend en dessous de ces 6 V (environ), la tension à la sortie du comparateur monte, suffisamment pour que le transistor T1 se débouche.

La tension sur l'entrée inverseuse doit dépendre de l'humidité de la terre du pot dont le circuit est chargé. Les entrées E1 et E2 sont donc reliées à deux électrodes, deux charbons, entre lesquelles nous pouvons supposer une résistance variable. Cette résistance forme avec P1 et R1 un pont diviseur et nous sommes sûrs d'avoir aux bornes de P1 et R1 une tension efficace fonction de l'humidité de la terre du pot.

Si une tension alternative évite à la terre du pot des transformations nuisibles elle n'est plus d'aucune utilité pour la suite. Elle est donc redressée et lissée par D1 et C1. La résistance R2 limite le courant de charge de C1 à une valeur supportable par D1 dans le cas où E1 et E2 se trouveraient en court-circuit. Nous avons ensuite un diviseur de tension qui affecte très peu le niveau du signal, compte tenu des valeurs de R4 et R3. Ce n'est donc pas le seul rôle de ces résistances. Celui de R3 est de limiter le courant susceptible de traverser D2. La tension redressée peut en effet s'élever très au-dessus de 12 V, valeur efficace de la tension alternative. Dans ce cas la diode D2 conduit et limite à 12,6 V le niveau sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel. Si le courant variable qui traverse D2 n'était pas limité, il pourrait affecter les composants du circuit alimenté par le stabilisateur de tension : la résistance R3 évite ces débordements qui ne peuvent évidemment survenir que si la résistance du capteur est très faible.

L'autre résistance, R4, intervient en revanche lorsque celle du capteur est très élevée, en cas de sécheresse. La différence de potentiel aux bornes des résistances R1 et P1 tend alors à devenir très faible. La tension sur C1 ne peut suivre que grâce à la présence de R4 qui permet au condensateur de se vider. Cette résistance serait de toute façon indispensable pour éviter que l'entrée inverseuse de l'amplificateur



**Figure 4** – La conductivité de la terre varie avec son humidité : la différence de potentiel alternative aux bornes de la résistance R1/P1 en rend compte. Après redressement, elle est comparée à une tension de référence, qui n'est pas tout à fait la tension de commutation, puisque le comparateur est à hystérésis : il y a donc deux tensions de commutation.

ne se retrouve "en l'air" : elle permet d'établir une liaison électrique continue (et obligatoire) entre la masse et cette entrée. Si le circuit était ouvert entre E1 et E2 par exemple, E2 serait au potentiel de la masse et D1 fermée, n'autoriserait la circulation d'aucun courant entre la masse et l'entrée inverseuse de l'amplificateur. Puisque nous sommes en continu, C1 ouvre le circuit de sorte qu'en l'absence de R4, la broche 2 du 741 n'est reliée à rien : le fonctionnement du circuit intégré est alors tout à fait imprévisible.

Une autre question se pose : pourquoi avoir choisi un courant alternatif pour alimenter les capteurs ? Il n'est pas sûr qu'un courant continu aurait été plus nuisible. Nous pouvons cependant supposer qu'il aurait créé un déséquilibre plus important dans le milieu qu'un courant alternatif et que les effets éventuellement nuisibles de certaines réactions peuvent être de cette façon minimisés si elles sont réversibles. Dans un cas comme dans l'autre, l'intensité limitée à moins de 1 mA et donc la densité de courant très faible (intensité du courant rapportée à la surface active d'une électrode) dans un volume qu'il est même possible de circonscrire, auront moins de conséquence pour les plantes que les sécheresses prolongées auxquelles peuvent donner lieu une surveillance trop lâche. Revenons à l'électronique.

### comparateur à hystérésis

De ce qui précède, on peut conclure que la chute de tension sur la résistance formée par P1 et R1, après avoir été redressée, est comparée à une tension continue de référence fixée par R5 et R6. Un réglage de la tension de mesure est indispensable pour que le dispositif puisse réagir à divers degrés d'humidité c'est pourquoi nous avons inséré un potentiomètre dans le diviseur de tension d'entrée. On peut penser qu'il aurait été judicieux d'introduire de la même façon un réglage de la tension de référence. Nous avons jugé plus pratique de n'en rien faire. Le dispositif ne répond cependant pas à la tension de 6 V précisément, même si vous choisissez pour R5 et R6 des résistances de précision. Les résistances R7 et R8 font que l'amplificateur ne répond pas aux mêmes niveaux lorsque la tension décroît sur son entrée inverseuse que lorsqu'elle croît. L'amplificateur est en effet à **hystérésis** c'est-à-dire qu'il existe un décalage entre les deux niveaux : il faut que la tension sur la broche 2 descende en dessous de 5,5 V ou monte au-dessus de 6,5 V pour que la sortie de l'amplificateur passe, dans un cas, de 1 V à 11 V ou dans l'autre de 11 V à 1 V. La distance établie par l'hystérésis entre les deux points de commutation évite au circuit, lorsque la tension d'entrée est voisine d'un seuil, d'être sensible à de



# LISTE DES COMPOSANTS

## poste central

R1, R2 = 1 k $\Omega$

C1 = 1000  $\mu$ F/40 V

C2, C3 = 100 nF

D1 = LED verte

D2 = LED rouge

D3 = 1N4148

B1 = pont redresseur (B40C1000)

IC1 = 7812 stabilisateur de tension

Tr1 = transformateur surmoulé  
2  $\times$  12 V/180 mA (4,3 à 5 VA)

F1 = fusible temporisé 32 mA  
et son support

K1 = bornier à 3 contacts  
pour circuit imprimé

K2, K3 = bornier à deux contacts  
circuit imprimé pour le transformateur  
platine d'expérimentation de format 1 \*

## capteur

R1, R10,

R11 = 1 k $\Omega$

R2, R9 = 10 k $\Omega$

R3, R7 = 100 k $\Omega$

R4, R8 = 1 M $\Omega$

R5, R6 = 5,6 k $\Omega$

P1 = 10 k $\Omega$ , ajustable

C1 = 1  $\mu$ F/63 V

C2 = 10  $\mu$ F/25 V

D1 à D3 = 1N4148

D4 = LED rouge

T1 = BC547B

IC1 = 741 amplificateur opérationnel  
support de circuit intégré

E1, E2 = bâtonnets de graphite \*

Platine d'expérimentation de format 1 \*(Voir le texte)

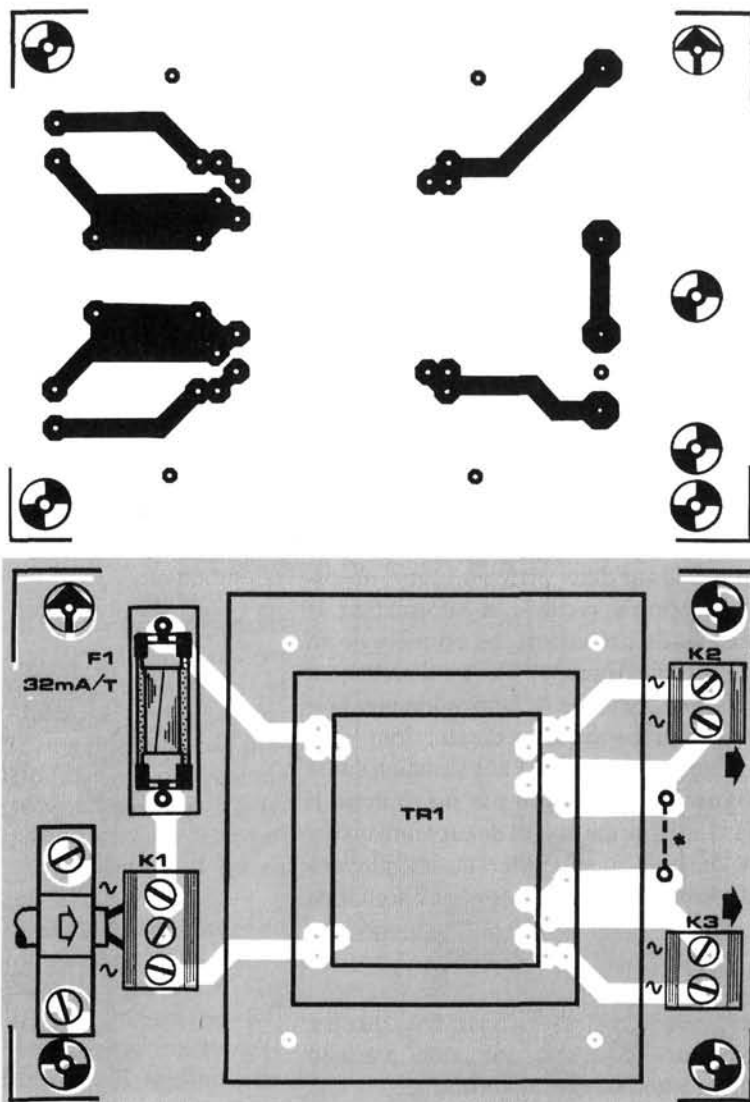


Figure 5 - Un circuit imprimé qui répond pratiquement à tous les brochages de transformateurs moulés utilisables par le montage. Comme il n'est pas distribué, vous devrez le graver ou le faire graver vous-même.

faibles variations de celle-ci. Elle ne fait basculer sa sortie dans un sens que pour une tension bien précise et ne la fait basculer dans l'autre que pour une autre tension assez différente de la première pour éviter la confusion et des changements trop rapprochés du niveau de tension de la sortie.

## commande des LED

Nous avons donc un circuit à la sortie duquel la tension est d'environ 1 V lorsque les plantes ont assez d'eau et de 11 V lorsque le besoin d'arrosage commence à se faire sentir, à condition bien

sûr que P1 soit bien réglé. Nous n'avons pas dit « 0 et 12 V » même à un poil près, puisque lorsque la sortie de l'amplificateur opérationnel est saturée, la différence de potentiel entre celle-ci et la masse est plus proche de 1 V que de 0 V. Comment faire pour signaler la nécessité d'un arrosage ? Il n'est pas conseillé de câbler directement une LED entre la broche 6 du 741 et la masse, pour la raison que nous venons de voir : le risque est grand qu'elle ne s'éteigne jamais. Nous avons donc choisi de la disposer dans le circuit de collecteur d'un transistor. Le pont diviseur R9/R10 est calculé de façon que la tension base-émetteur du transistor soit inférieure

à 0,6 V lorsque la sortie de l'amplificateur est saturée : le transistor est alors bloqué et la LED reste éteinte. Lorsque la sortie de l'amplificateur bascule vers le haut, aux environs de 11 V, la tension sur R10 est suffisante pour que le transistor se débloque et alimente la LED.

## raccordement

Lorsque la terre d'un pot est sèche, la LED correspondante s'allume. Si elle était seule à signaler le fait, nous ne serions guère avancés puisqu'une visite régulière de toutes les plantes s'imposerait encore. Il est donc nécessaire que l'incident soit

signalé au poste central. C'est ici que la LED D2 (figure 3) intervient puisque tous les capteurs disposent d'une sortie qui permet de l'alimenter par l'intermédiaire de D3 (figure 4) dès que T1 est passant. Pourquoi D3 ? Comparez le câblage de D2 à celui de D4 : comme vous le voyez, les deux diodes sont alimentées de la même manière, entre + 12 V et le collecteur du transistor de sortie : tous les témoins sont en parallèle et si un seul transistor de sortie se débloque, il n'y a aucune raison pour qu'ils ne s'allument pas tous. Aucune, sinon D3 qui équipe tous les circuits.

### construction

Il est temps de passer à la pratique, en commençant par le poste central. Celui-ci est câblé sur deux platines. L'une, un circuit imprimé, reçoit le transformateur, le fusible de protection, les borniers et un serre-câble (figure 5). Elle est directement reliée au secteur et sa fabrication mérite le plus grand soin. La seconde, dont vous trouverez le schéma d'implantation sur la figure 6, est partagée par un capteur. Il faut en principe autant de capteurs qu'il y a de pots à surveiller et les platines d'expérimentation de format 2 sont bien

sûr coupées en deux. Il n'est pas non plus interdit de câbler sur des platines de format 4. Chaque circuit trouvera finalement place dans un coffret, étanche de préférence pour les capteurs, en matière isolante pour le transformateur.

### mode d'emploi

Il reste à relier les capteurs à la centrale en suivant le plan de câblage donné sur la figure 7. Utilisez par exemple un câble en nappe à quatre conducteurs, de plusieurs couleurs pour faciliter le repérage. Plantez ensuite dans chaque pot ses deux bâtons de graphite, à une distance de 3 cm l'un de l'autre, reliés à leur platine. On commence par arroser convenablement les plantes. On place ensuite les curseurs des potentiomètres P1 à mi-course puis on met sous tension. Pour tester les deux

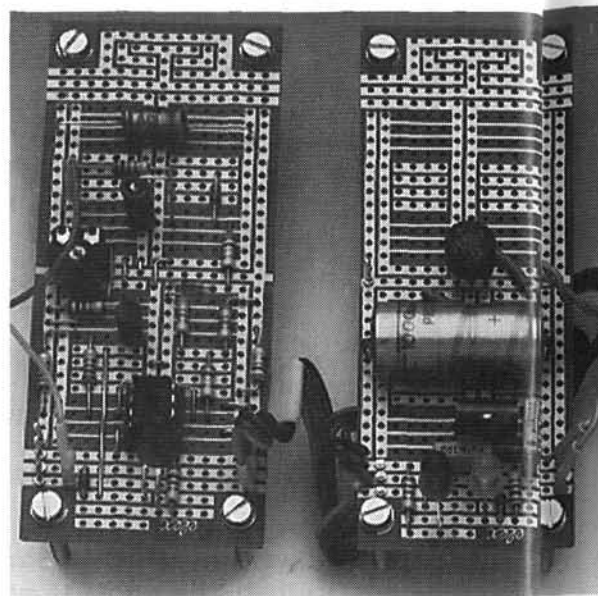


Figure 6 - La centrale aussi bien que les capteurs tiennent sur des platines d'expérimentation de format 1.

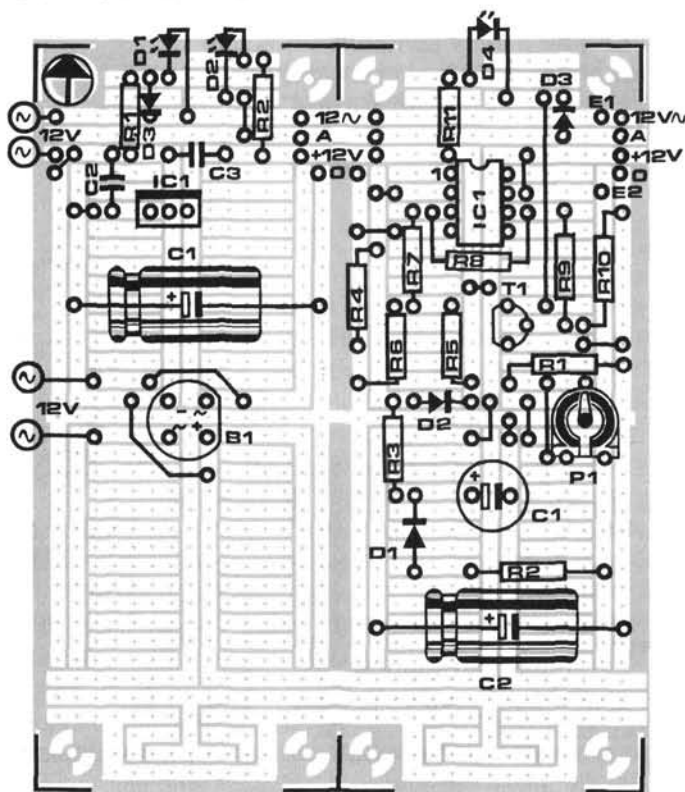
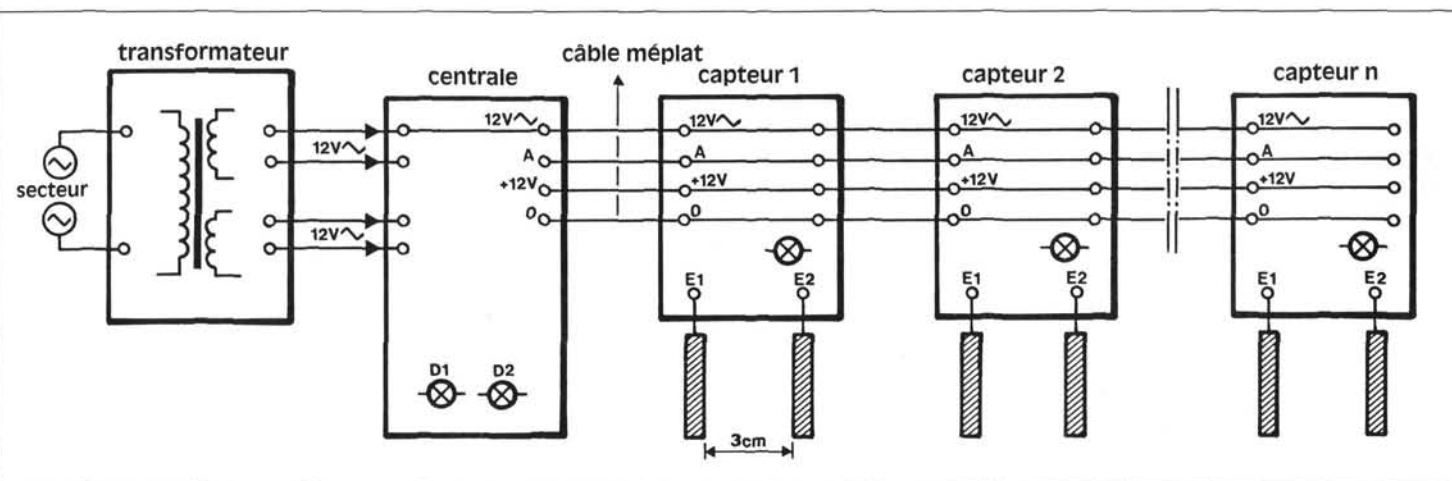
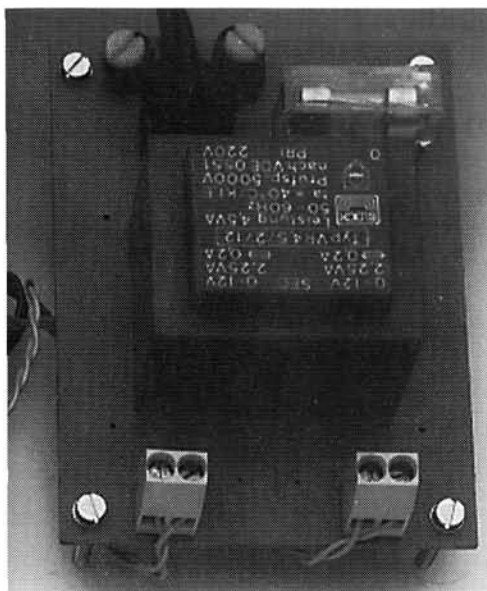


Figure 7 - Un câble méplat relie la centrale à tous les capteurs, disposés à proximité des plantes dont ils ont la charge.





# chargeur d'accumulateurs



points de fonctionnement d'un capteur, il suffit, d'abord, de déconnecter les charbons : la LED du capteur concerné et celle du poste central s'allument alors ; ensuite de les court-circuiter : les LED concernées s'éteignent.

Il reste à régler P1 sur chaque circuit à la bonne valeur : pour cela, armer sa main verte d'un peu de patience. On met l'installation en service et on attend qu'une LED s'allume. Lorsqu'une de celles-ci daigne se manifester, on vérifie à l'œil ou au toucher soit que le besoin en eau se fait sentir soit que la terre est encore assez humide. Dans le premier cas, on ramène un peu P1 vers la droite (on diminue sa résistance) puis on abreuve : les LED s'éteignent. On attend qu'elles se rallument et on recommence la procédure. Si la terre est encore humide au moment où les LED sont alimentées, il faut tourner P1 dans l'autre sens jusqu'à ce qu'elles s'éteignent. On poursuit ainsi, pour chaque pot et chaque potentiomètre, jusqu'à ce que l'allumage des LED corresponde à une situation de pré-sécheresse et leur extinction à un arrosage. Cette corvée peut évidemment prendre un certain temps, voire quelques jours, pour être menée à bien. Du soin que vous lui apporterez dépendent la vie des plantes et la paix des ménages.

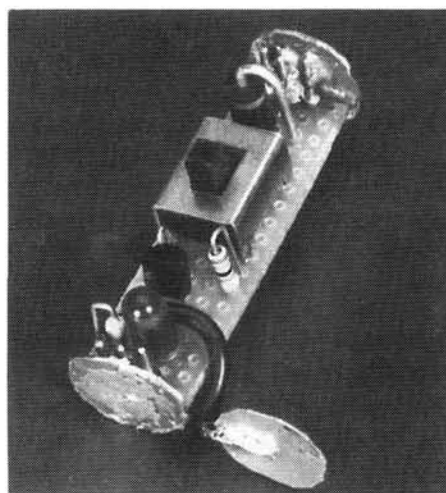
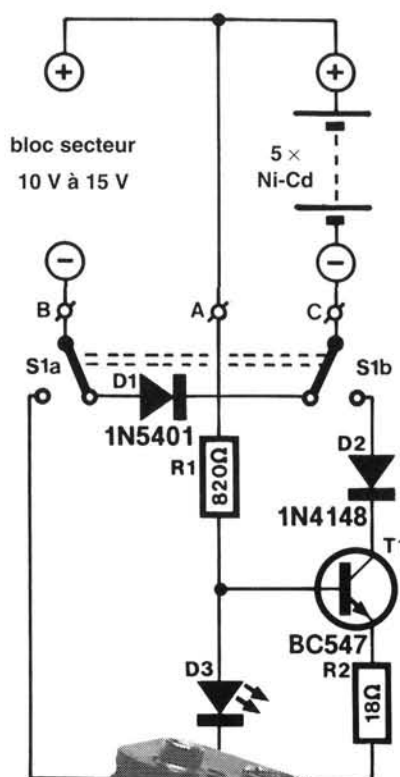
896067

Soit un générateur de 6 V de force électromotrice constitué par quatre piles bâton R6. Quand on (ville de Chine) en a marre de racheter des piles, on peut les remplacer par des accumulateurs au cadmium-nickel de même taille. Attention cependant, puisque si quatre piles de 1,5 V en série font un générateur dont la force électromotrice est de 6 V, on compte cinq accumulateurs de 1,2 V pour un résultat (pas tout à fait) équivalent. Il faut donc aussi remplacer le coupleur par un modèle à six places. Il y en a une de libre, pourquoi ne pas l'occuper avec un chargeur ? Occasion rêvée de fabriquer une source de courant. La liste des composants se limite à un inverseur bipolaire, deux résistances, trois diodes, dont une LED, et un transistor à câbler, suivant le schéma de la figure, sur une languette de plaque pastillée, taillée aux dimensions d'une pile. L'inverseur à glissière à deux pôles permet de commuter sur "charge" ou "décharge". Sur la figure, il est en position "décharge".

En charge, il suffit d'établir aux bornes du circuit une tension continue de 10 à 15 V, délivrée par un simple bloc secteur. La LED D3, protégée par la résistance R1, sert à la fois de témoin de fonctionnement et de stabilisateur de tension (elle maintient la base du transistor à un niveau de tension pratiquement constant). Le courant de collecteur de T1, courant de charge, est fixé par la résistance d'émetteur R2 à 50 mA. C'est tout. La protection du circuit de charge contre une erreur de branchement du bloc secteur est assurée par la diode D2, alors que D1 s'occupe de celle de l'utilisation en décharge si les accumulateurs étaient branchés à l'envers.

Les clichés sont assez nets pour que l'on reconnaisse, aux deux extrémités de la languette pastillée, deux petits disques de fer-blanc soudés à des picots pour circuit imprimé. Les picots sont repérés B et C sur le schéma. Le point A, troisième point de contact est aussi pourvu de son disque, mais indirectement, par l'intermédiaire d'un petit fil de câblage. Une fois le circuit terminé, il suffit de l'installer à la place laissée libre par les piles. Le point B au pôle moins du coupleur (en principe un ressort), le point A, mobile, est glissé entre le pôle plus de l'accumulateur voisin et le dessous de la pression avec laquelle il est normalement en contact.

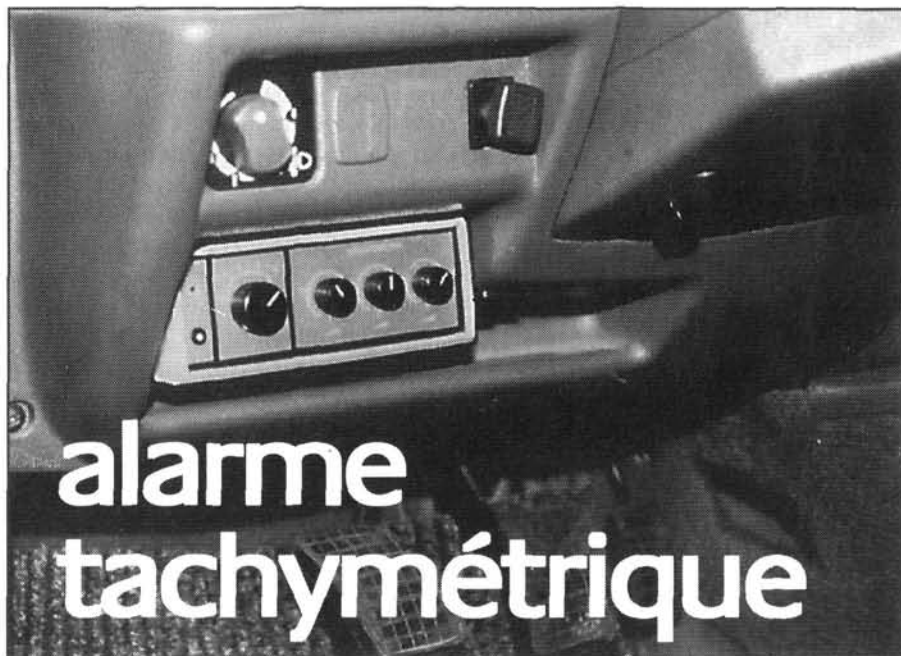
906006



Peu de gens y pensent : pour ne pas être **flashé** par un radar, il suffit de se conformer aux limitations de vitesse ! Une alarme tachymétrique, non contente de préserver le capital de points de votre permis de conduire, améliore la sécurité de la circulation, préserve l'environnement, votre bourse et vos nerfs. Le montage décrit ici donne une alarme acoustique si vous dépassez une vitesse limite choisie préalablement. Le choix est possible entre trois vitesses. L'installation du capteur ne demande aucune intervention mécanique compliquée sur le tachymètre, il suffit d'un capteur électro-magnétique. Les alarmes de vitesse excessive ne sont pas nouvelles. Ces appareils ont été à la mode il y a une vingtaine d'années. À l'époque, avec la crise du pétrole, il ne s'agissait que d'économiser l'essence ; aujourd'hui le permis à points, la répression et les soucis écologiques viennent au premier plan. La mise en vigueur de limitations de plus en plus strictes de la vitesse en ville et sur autoroute oblige périodiquement les conducteurs à changer leurs habitudes.

Le tachymètre du tableau de bord n'est pas l'idéal pour aider l'automobiliste scrupuleux à se conformer aux limitations de vitesse, car il faudrait que ses yeux fassent sans arrêt le va-et-vient entre le cadran et la route. C'est fatigant et cela diminue la vigilance. Il vaut mieux avoir recours à un signal acoustique qui se déclenche à une vitesse prédéterminée, et qui laisse libres les yeux et la cervelle.

Voilà pourquoi nous vous proposons un appareil qui permet de choisir, par un commutateur rotatif, entre trois vitesses différentes. Si la vitesse choisie est dépassée, un résonateur piézo couine. Il n'est pas commode de produire un signal dépendant de la vitesse, il faudrait pour cela un circuit bourré d'astuces et difficile à construire ou bien un capteur spécial et



## anti-radar indétectable et parfaitement légal

### *le principe de fonctionnement*

pas très bon marché sur le tachymètre. Notre circuit, au contraire, exploite les fuites magnétiques du tachymètre, au moyen d'un capteur téléphonique tout ordinaire qui ne coûte que quelques thunes. Le montage est simple à construire, à installer, et de plus il est très bon marché.

L'avertisseur tachymétrique est commandé par le tachymètre du véhicule. Il faut pour cela mesurer d'une façon ou d'une autre la vitesse de rotation du câble qui entraîne le compteur kilométrique et le tachymètre, câble entraîné lui-même par la boîte de vitesses (en principe, le câble

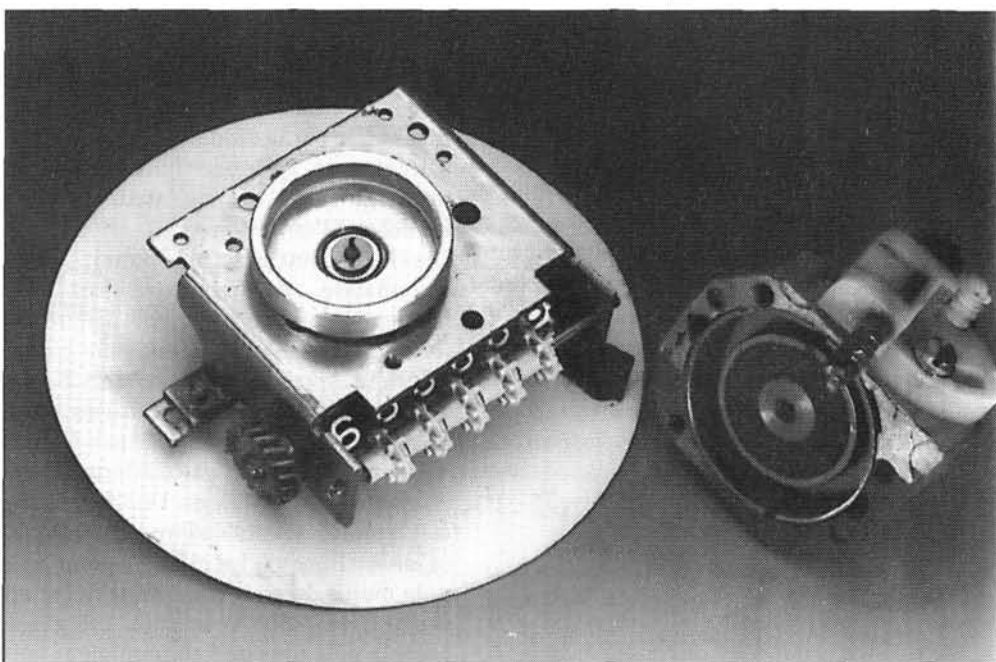


Figure 1 – Le couplage entre le câble et l'aiguille du tachymètre est magnétique, comme le montre cette photo.



fait un tour par mètre parcouru). La déviation de l'aiguille du tachymètre est proportionnelle à la vitesse de rotation du câble. Comment ça marche ? La photo de la **figure 1** permet de le voir assez facilement. Le câble, raccordé à la partie droite, fait tourner la vis sans fin (en nylon blanc, tout en haut à droite) qui entraîne le pignon à denture hélicoïdale (noir, à gauche) du compteur kilométrique. Cette partie ne nous intéresse pas. Ce qui nous intéresse, c'est l'aimant circulaire (en bas à gauche de la partie droite) qui tourne à la même vitesse que le câble. Il se trouve, en marche normale, sous le disque en aluminium de la partie gauche. Ce disque peut tourner avec son axe, auquel est fixée l'aiguille du tachymètre. La rotation de l'aimant produit dans la disque en aluminium des courants de Foucault, lesquels produisent un champ magnétique. Du fait que deux grandeurs, un courant et un champ magnétique, existent, une troisième existe forcément : une force méca-

nique. Cette force mécanique est proportionnelle à la vitesse de rotation du disque aimanté, elle est équilibrée par la déformation d'un ressort en spirale invisible sur la photo. La déviation de l'aiguille est proportionnelle à la vitesse de rotation. Comme l'aimant est relativement puissant et qu'aucune précaution particulière n'est prise, le champ magnétique déborde largement du tachymètre. Puisque l'aimant tourne, les fuites ont la forme d'un champ magnétique alternatif assez puissant pour induire une tension dans un capteur téléphonique. L'électronique nous permet d'exploiter très facilement cette tension dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse du véhicule. Il faut tout d'abord donner une amplitude à peu près constante à la tension alternative induite dont l'amplitude varie avec la vitesse. C'est dans ce but que nous commençons par l'amplifier à un point tel qu'elle devient carrée. À partir de là, nous ne nous occuperons plus que de la fréquence du signal,

que nous transformerons en une tension continue proportionnelle. La troisième étape consiste à comparer cette tension continue à trois tensions de référence. Si la tension mesurée est supérieure à celle du seuil choisi, le vibreur se manifeste.

## les détails

La **figure 2** montre le schéma détaillé. Commençons par l'alimentation : la tension disponible dans une voiture n'est pas un modèle de stabilité. La tension de la batterie varie fortement en fonction de la charge électrique et du régime de l'alternateur, le réseau est soumis à toutes sortes de perturbations, comme des parasites dont l'amplitude est de l'ordre du kilovolt, avec même des inversions momentanées de la polarité. Une tension stable de 8 V est obtenue au moyen de D2, C6, IC1 et C7 à partir de la batterie. Les condensateurs C8 à C11 court-circuitent les parasites à fréquence relativement élevée qui

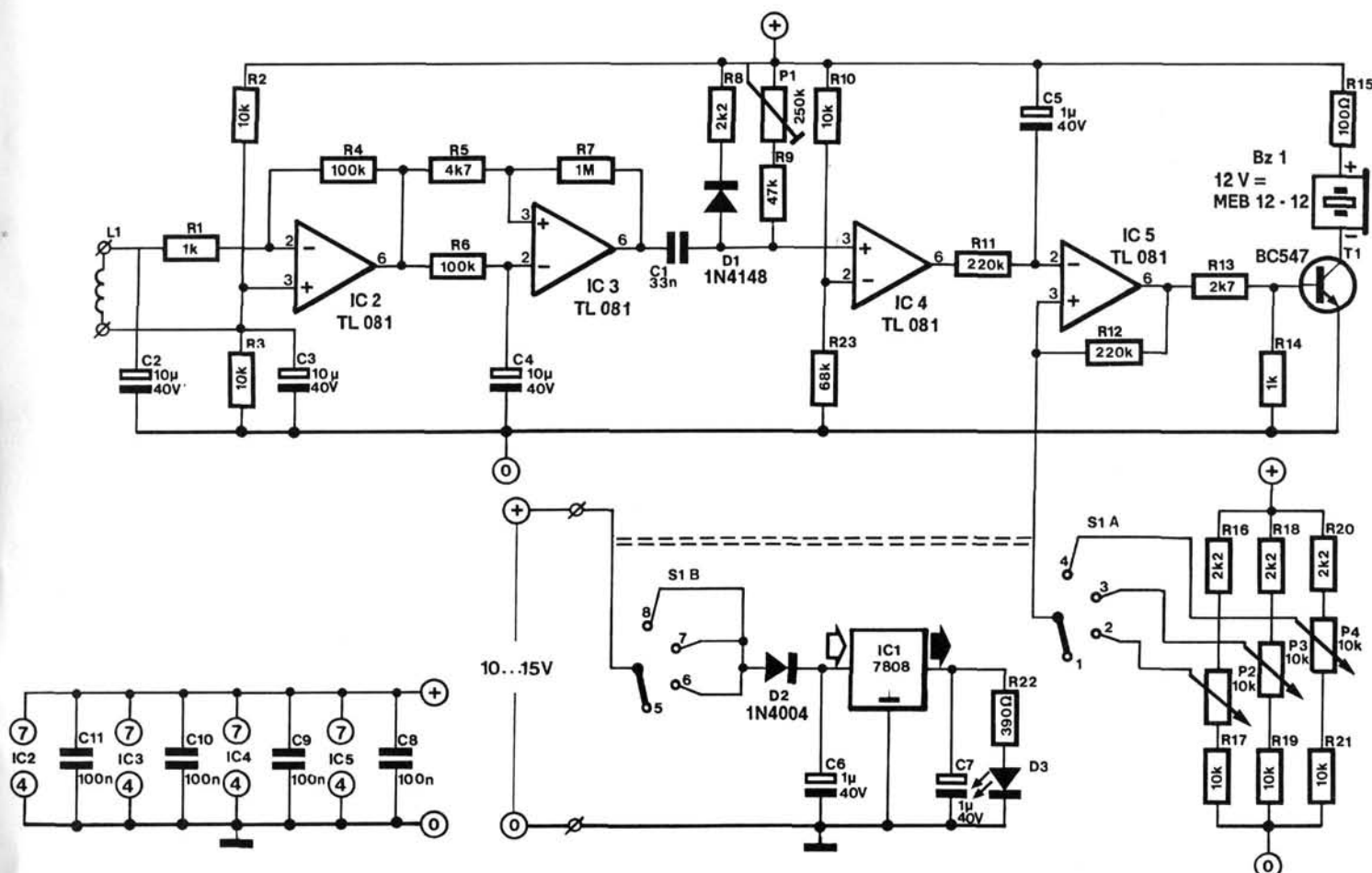
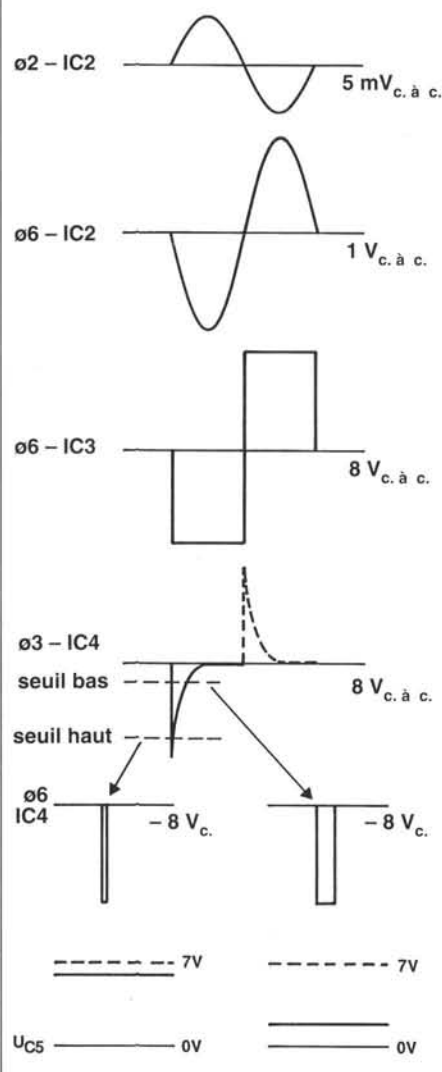


Figure 2 - Le circuit de l'alarme tachymétrique. La tension d'alimentation est stabilisée par IC1. La bobine L1 est un capteur destiné normalement à un amplificateur téléphonique. Elle fournit une faible tension alternative qui se trouve amplifiée par IC2 et transformée en une tension carrée par IC3. Les impulsions disponibles après C1 font basculer le comparateur IC4 pour convertir la fréquence des impulsions en une tension continue. Le vibreur est mis en service si la tension dépasse le seuil choisi par le commutateur S1.

Figure 3 - Le fonctionnement est montré par cette série de courbes. Le signal d'entrée est d'abord amplifié 100 fois, puis transformé en un carré. Seuls les fronts descendant de ce carré sont utilisés. Ils déclenchent des impulsions négatives qui chargent le condensateur C5.,



pour- raient avoir franchi les autres barrages. La LED D3 est un simple témoin de mise sous tension.

La tension alternative de fréquence et d'amplitude variables produite par la bobine L1 doit être transformée en une tension continue proportionnelle à la vitesse du véhicule. La figure 3 montre l'allure de la tension en différents points particuliers du circuit.

Pour commencer, la tension du capteur est débarrassée des signaux à haute fréquence par les condensateurs C2 et C3. Comme L1 ne délivre à la broche 2 de l'amplificateur IC2 que quelques millivolts, le gain de ce dernier est fixé à 100. Quant à IC3, il a un fonctionnement particulier : il est monté en comparateur avec hystérésis, puisque la boucle de réaction est positive, mais les deux entrées sont reliées par R6 (100 kΩ). Le résultat est une sorte de *trigger de Schmidt* non-inverseur, le signal sinusoïdal de 0,5 V (de crête à crête) appliqué à l'entrée (broche 6 d'IC2) est transformé en un créneau de 8 V (broche 6 d'IC3). La fréquence de ce signal carré est limitée à quelques hertz.

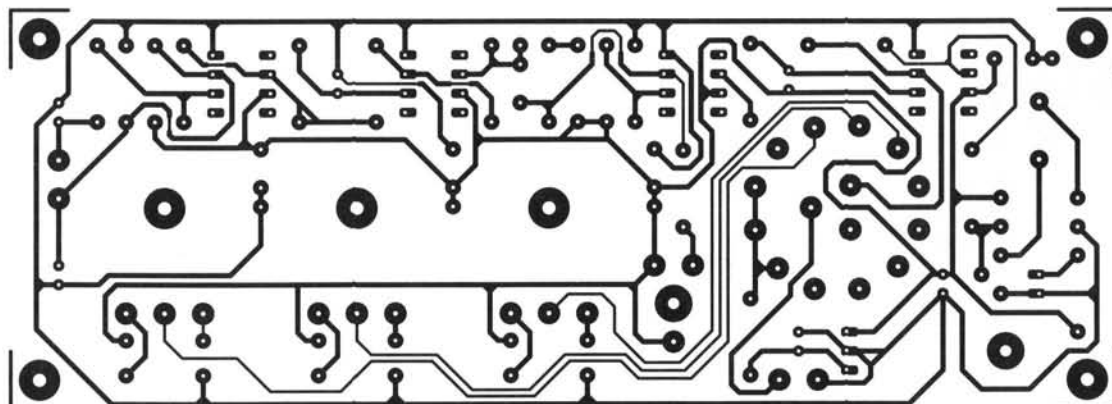
La conversion du signal carré en une tension continue proportionnelle à la fréquence est assurée par IC4, avec C1, D1, R8 à R11 et C5. Seuls les fronts des créneaux sont utilisés : le condensateur C1 transmet à l'entrée non-inverseuse (broche 3) d'IC3 des impulsions positives et négatives. Les impulsions négatives sont court-circuitées au pôle positif de l'alimentation par la diode D1. L'amplificateur opérationnel IC4, monté en comparateur, délivre une impulsion négative en sortie (broche 6) pour chaque impulsion négative en entrée. La durée de ces impulsions dépend du temps de charge de C1, à travers P1 et R9, donc de la valeur de P1. Une valeur faible de P1 produit les impulsions brèves de gauche de la figure 3, une valeur forte produit les impulsions plus longues de droite (pic en pointillé). Le réglage du potentiomètre détermine en fait le seuil de basculement du comparateur.

### des impulsions au continu

Une fois le potentiomètre P1 réglé à une valeur fixe, la largeur des impulsions en sortie du comparateur IC4 est fixe. Leur nombre est proportionnel à la vitesse de rotation du câble, donc à la vitesse de



Figure 4 - Le montage tient sur ce circuit imprimé, à l'exception des potentiomètres, qui se tiennent dessous. Le commutateur est un modèle à trois circuits, mais deux seulement sont utilisés. Il a été choisi pour ses 4 positions. Si vous préférez une réalisation personnelle, le commutateur pourra être à un seul circuit et la mise en service assurée par un interrupteur ordinaire.





**R1, R14 = 1 k $\Omega$**   
**R2, R3,**  
**R10, R17,**  
**R19, R21 = 10 k $\Omega$**   
**R4, R6 = 100 k $\Omega$**   
**R5 = 4,7 k $\Omega$**   
**R7 = 1 M $\Omega$**   
**R8, R16,**  
**R18, R20 = 2,2 k $\Omega$**   
**R9 = 47 k $\Omega$**   
**R13 = 2,7 k $\Omega$**   
**R11, R12 = 220 k $\Omega$**   
**R15 = 100  $\Omega$**   
**R22 = 390  $\Omega$**   
**R23 = 68 k $\Omega$**

**P1 = 250 k $\Omega$  ajustable**  
**P2, P3, P4 = 10 k $\Omega$  linéaire**

**C1 = 33 nF**  
**C2, C3, C4 = 10  $\mu$ F / 40 V**  
**C5, C6, C7 = 1  $\mu$ F / 40 V**  
**C8 à C11 = 100 nF**

**D1 = 1N4148**  
**D2 = 1N4004 à 1N4007**  
**D3 = LED 3 mm jaune**

**T1 = BC547**  
**IC1 = 7808**  
**IC2 à IC5 = TL081**

**Coffret** (par exemple Vero 075-39241E ou 075-38107C.)

**Bz1 = vibreur actif 12 V**

**L1 = capteur téléphonique (Monacor)**

**S1 = commutateur rotatif 3 circuits 4 positions**

translation de la voiture. Le reste du circuit est destiné à mesurer la fréquence de ces impulsions et à déclencher l'alarme si le seuil choisi est dépassé. Le circuit R11/C5 est un intégrateur qui élabore une tension continue proportionnelle à la fréquence des impulsions. Le principe est simple : chaque impulsion négative de la sortie d'IC4 permet la charge de C5 à travers R11. Le condensateur se décharge quand la sortie d'IC4 est au niveau haut, c'est-à-dire en permanence en-dehors des impulsions. Pour une période donnée, plus les impulsions seront nombreuses, plus la tension aux bornes de C5 sera importante. Comme C5 est « raccroché » au pôle positif de l'alimentation, la tension de l'entrée inverseuse d'IC5 diminue, elle s'approche de la masse, quand la vitesse augmente.

Le dernier amplificateur cité, IC5, n'est pas un véritable voltmètre, mais un comparateur avec hystérésis. La tension de référence appliquée à l'entrée non-inverseuse est choisie par le commutateur S1A entre les trois potentiomètre P2 à P4.

Quand la limite de vitesse choisie est atteinte, le comparateur bascule, sa sortie passe du niveau bas au niveau haut et alimente la base du transistor T1 par la résistance R13. Le transistor, devenu conducteur, alimente le vibreur BZ1 pour donner l'alarme. La résistance R15 de 100  $\Omega$  réduit la tension disponible aux bornes du vibreur et le volume sonore. Si le volume est encore trop important pour vos oreilles délicates, vous pouvez doubler la valeur de la résistance ou la remplacer par une diode zener de 2,4 V, ou de 4,7 V. Le vibreur s'arrête dès que votre vitesse repasse en-dessous de la limite.

### la construction

La figure 4 montre le circuit imprimé et l'implantation des composants. Le circuit imprimé est disponible tout prêt aux sources habituelles (Publitrone et les bons revendeurs de composants). Avant de commencer l'implantation, il faut penser aux 3 trous de 10 mm de diamètre pour les potentiomètres P2 à P4, et à un trou de

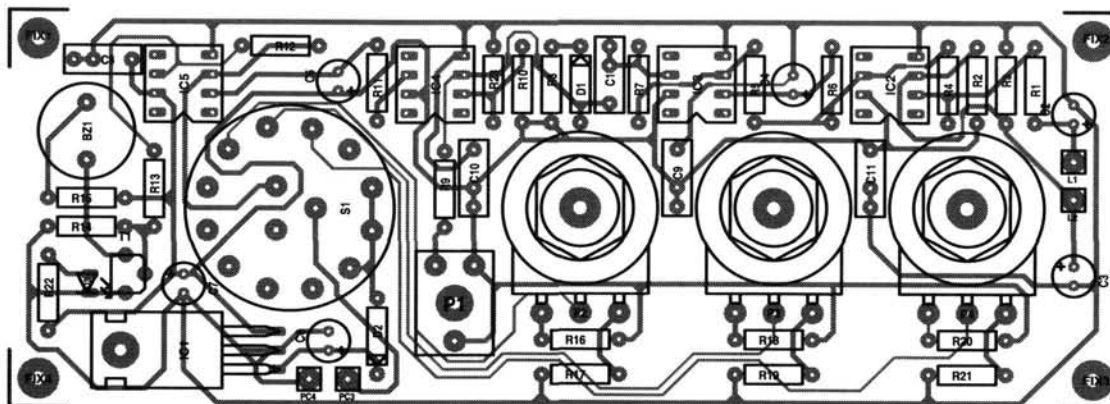
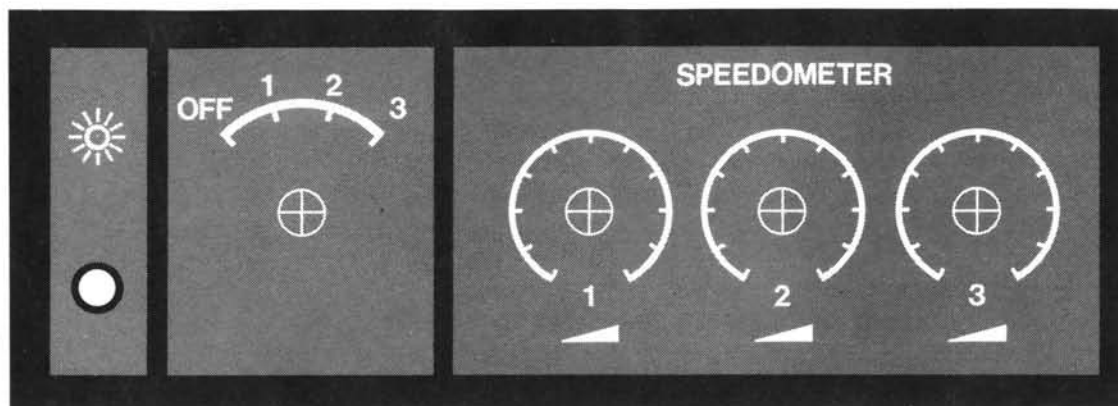


Figure 5 – Un coffret sans face avant ? Vous n'y pensez pas !



4 mm au centre de l'emplacement de P1, pour le réglage par l'envers de la platine. Vous pouvez ensuite procéder comme d'habitude : picots à souder, résistances, condensateurs, et semi-conducteurs pour finir. Il est préférable de souder les circuits intégrés si vous voulez éviter qu'ils se fassent la malle à cause des vibrations. Le régulateur sera monté sans radiateur, car la consommation est très faible. Il sera fixé à la platine par une vis, **avant** la soudure de ses broches.

Attention à la longueur des broches de la LED D3, qui doit traverser la paroi du coffret. Les potentiomètres sont montés du côté cuivre du circuit imprimé et raccordés par de petits morceaux de fil. Tout vibreur convient, pourvu qu'il ait un oscilateur incorporé.

Après le premier test, le circuit imprimé câblé pourra être monté sur le couvercle du coffret par des entretoises de 30 mm et des vis dont la tête fraisée sera cachée par la face avant. Le test consiste à alimenter le montage par une source quelconque, piles ou bloc secteur ou alimentation de laboratoire, de tension comprise entre 10 V et 15 V. L'alimentation sert en même temps de générateur de test : il suffit d'approcher la bobine du transformateur ou de la fiche secteur pour capter un ronflement à 50 Hz. Comme cette fréquence correspond à une vitesse de 180 km/h pour un compteur à 1 mètre par tour, le vibreur **doit** couiner pour les trois positions de S1. Sinon, il faut retoucher la position de P1, ou corriger un défaut de câblage éventuel. Un oscilloscope vous aidera à rechercher aux différents points du circuit les signaux de la figure 3.

### *l'installation et le réglage*

Le réglage proprement dit n'interviendra qu'après l'installation dans la voiture. Une intervention derrière le tableau de bord est nécessaire, pour loger le capteur (figure 6). Certaines voitures ont un tableau de bord électronique qu'on ne peut débran-

cher de son alimentation électrique que sous certaines conditions. Vérifiez si c'est le cas de la vôtre avant d'entreprendre le démontage. Les capteurs sont comme les gens : il en existe de petits qui ne sont pas moins bons que les grands. Choisissez-en de préférence un petit qui sera plus facile à caser et fera le même travail.

Vous prendrez la route avec un copilote qui sait tenir un tournevis ou vous vous ferez voiturier par un pilote qui ne connaît pas l'électronique. Le coffret de l'alarme doit être ouvert pour le réglage du potentiomètre P1. Il permet d'adapter les limites de la plage de mesure aux caractéristiques de la voiture. Il faut que la tension sur C5 varie de 0 à 3,5 V pour une vitesse variant du minimum au maximum. Commencez par placer P2 presque complètement à gauche, S1 en position 1, puis roulez à 30 km/h ou 50 km/h, enfin réglez P1 pour que le vibreur commence à couiner. C'est

tout. Vous pouvez refermer le coffret et le fixer à l'endroit choisi, sous le tableau de bord ou ailleurs.

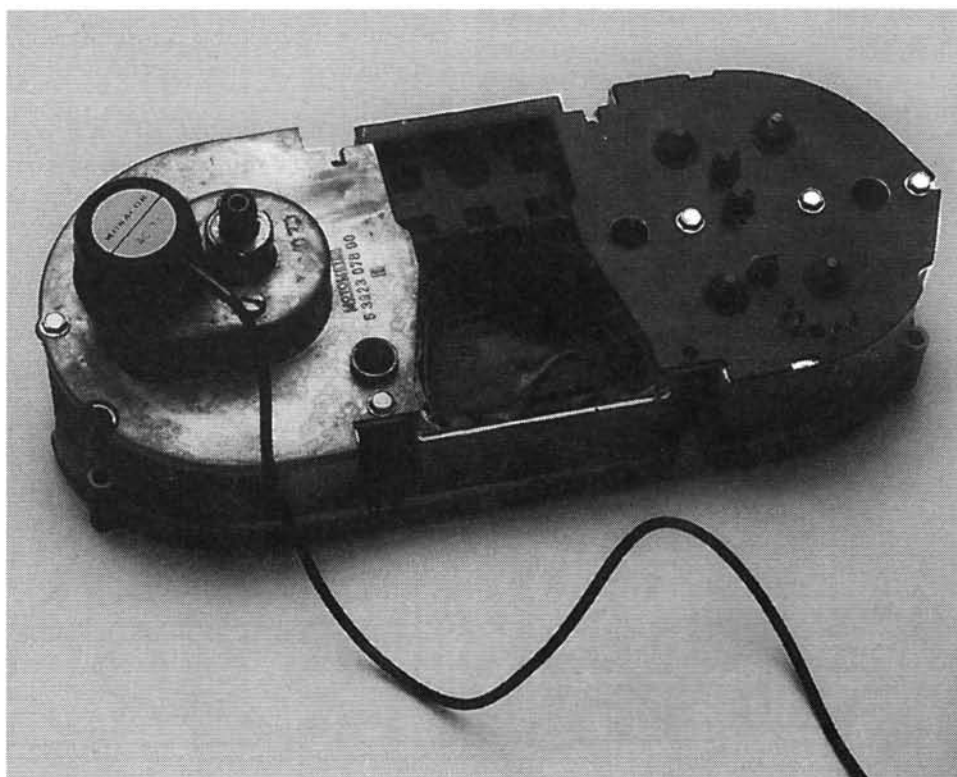
Si le circuit réagit à des impulsions parasites, vous pouvez essayer de connecter un condensateur de 10  $\mu$ F en parallèle sur la bobine du capteur. Vérifiez aussi si la bobine n'est pas placée à proximité de fils parcourus par des courants intenses. La fixation de la bobine par la ventouse d'origine n'est pas suffisante, il faut prévoir un morceau de ruban adhésif double face.

Vous pouvez ensuite régler P3 pour 90 km/h et P4 pour 110 km/h par exemple. Naturellement, il ne faut pas faire cela en ville !

La première position de S1 est la position arrêt, mais il est sage d'alimenter le montage par un fil qui n'est sous tension que quand le contact est mis. Suivant les repères normalisés en Europe, cette ligne porte le numéro 15.

916013

Figure 6 – La position de la bobine du capteur n'est pas critique, car l'aimant du tachymètre est comme un chien boxer, il est trapu et il bave pas mal.





## MESURE

## TOUTES LES NOUVEAUTES

**BI-WAVETEK**

(ex BECKMAN INDUSTRIAL)

DISPONIBLES CHEZ

**Selectronic**MULTIMETRES  
SERIE XT

	DM 23 XT	DM 25 XT	DM 27 XT
Tensions AC/DC	0,1 mV à 750V/1000V	0,1 mV à 750V/1000	0,1 mV à 750V/1000V
Précision en DC	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Intensités AC/DC	10 A	20 A	20 A
Résistances	0,1 $\Omega$ à 2 G $\Omega$	0,1 $\Omega$ à 2 G $\Omega$	0,1 $\Omega$ à 2 G $\Omega$
Capacités		1 pF à 2000 $\mu$ F	1 pF à 2000 $\mu$ F
Inductances			1 $\mu$ H à 20 H
Fréquences		2 kHz	20 MHz
Température	750 °C		
Test de continuité	OUI	OUI	OUI
hFE	OUI	OUI	OUI
Test de diode	OUI	OUI	OUI
Testeur logique	TTL-C-MOS	TTL-C-MOS	TTL-C-MOS
* Afficheur LCD géant			
* Arrêt automatique			

## Fournis avec :

- cordons de test, fusible de rechange, pile 9 V, manuel d'utilisation.
- pinces croco pour DM-25/27 XT
- thermocouple type K pour DM-23 XT

DM-23 XT	101.5593	547,22 F HT	649,00 F TTC
DM-25 XT	101.5594	606,24 F HT	719,00 F TTC
DM-27 XT	101.5595	673,69 F HT	799,00 F TTC

## OSCILLOSCOPE 9016-E 2x60 MHz

NOUVEAU !

Oscilloscope professionnel analogique  
double-trace, double base de temps 60 MHz

- Sensibilité : 1 mV à 5 V / div.
- Base de temps : 50 ns à 0,5 s / div.
- Garantie 2 ans

**BI-WAVETEK**

9016-E 101.5767 6230,19 F HT 7389,00 F TTC

## OSCILLOSCOPE 9020-E

Le célèbre 9020 dans sa NOUVELLE PRESENTATION

9020-E 102.8417 3364,25 F HT 3990,00 F TTC

Chez Selectronic les oscilloscopes sont livrés avec sondes et sont FRANCO de port

BUS I<sup>2</sup>CCARTE INTERFACE BUS-PC POUR PC  
GEREE SOUS WINDOWS™MICROSOFT  
WINDOWS  
COMPATIBLE

Conçue pour répondre aux besoins des bureaux d'études et des industriels de plus en plus nombreux à utiliser le BUS-PC, le bus très performant et économique créé par PHILIPS et adopté par les plus grands fabricants de micro-contrôleurs, cette carte est le complément direct de COMM'net et permet l'exploitation sous WINDOWS du BUS-PC à partir d'un PC. Son intérêt est fondamental puisqu'elle permet depuis un PC de faire tourner des applications graphiques et multi-tâches en recevant des informations ou envoyant des ordres à n'importe quel périphérique se trouvant sur le BUS-PC. Cette INTERFACE BUS-PC est fournie avec une bibliothèque de liens dynamiques (DLL) permettant de développer sous différents langages et avec un logiciel d'émulation et d'évaluation.

La carte PC sous WINDOWS fournie avec logiciel et DLL

101.5930 950,00 F HT 1126,70 F TTC

## NOUVEAU KIT

KIT SONOMETRE LINEAIRE (Décrit dans ELEKTOR n° 179)

TESTEZ VOUS MÊME VOS ENCEINTES !

Un appareil de précision proposé à un prix plus que compétitif quand on sait le prix d'un appareil professionnel...

Équipé d'un micro de mesure MCE-2000, et fourni avec le galva et son échelle spéciale graduée, le boîtier et une face auto-collante gravée

Le kit complet 101.5630 548,06 F HT 650,00 F TTC

## ALARME AUTOMOBILE

## CA-6000 SYSTEME 2 FILS A TELECOMMANDE

Ce nouveau système vient à point nommé pour tous ceux qui veulent équiper eux-même leur véhicule d'une alarme fiable et efficace en un temps record !

Ce petit prodige détectera l'ouverture des portes, capot, coffre et le bris de vitre. SIRENE 115 DB !...  
De plus, des modules additionnels sont disponibles pour interdire l'usage du démarreur, commander le verrouillage des portes, et mettre en fonction les clignotants en cas d'alarme.

Pour tout cela, vous n'avez que 2 fils à installer.

Documentation détaillée sur simple demande



## MODULES OPTIONNELS

RK-1 : Inhibition du démarreur PL-1 : Activation des clignotants DL-1 S : Télécommande des portes

CA-6000	101.3480	476,39 F HT	565,00 F TTC	RK-1	101.3481	67,45 F HT	80,00 F TTC
PL-1	101.3482	84,32 F HT	100,00 F TTC	DL-1 S	101.3484	185,50 F HT	220,00 F TTC
Emetteur supplémentaire 6000-T		101.3495	168,63 F HT	200,00 F TTC			

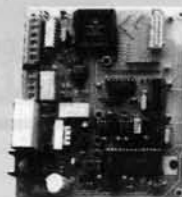
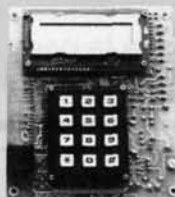
COMMENT CONCILIER  
VIDEO - MULTIMEDIA - TELETEXTE  
SATELLITE - Etc... et DOMOTIQUE ?  
LA SOLUTION BIENTÔT DISPONIBLE  
CHEZ **Selectronic**

A SUIVRE...

## ALTEL

EXCLUSIVITE **Selectronic**

LE TRANSMETTEUR TELEPHONIQUE INTELLIGENT QUE VOUS ATTENDIEZ !



Ce nouveau transmetteur "HIGH-TEC" offre une qualité de conception, de fabrication et des fonctionnalités qui le rendent professionnel et unique en son genre :

- Système à synthèse vocale de dernière génération
- Choix de 1 ou 2 entrées de surveillance avec message enregistré de 1 x 16 s ou 2 x 8 s
- Système d'enregistrement des messages incorporé
- Mémoire de 6 numéros de téléphone de 16 chiffres max. en mode décimal ou fréquences vocales
- Choix des n° en fonction du type d'alerte
- Programmation à partir d'un clavier 12 touches de type professionnel
- Affichage des données par menu sur afficheur LCD 2 x 16 c.
- Nombreux niveaux de protection
- Sauvegarde absolue des données en cas de rupture d'alimentation
- Alimentation : 12 à 15 V à partir d'une centrale d'alarme ou de notre carte alimentation (en option)
- Etc....

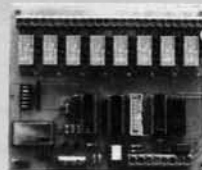
Ceci n'est qu'un aperçu de ses possibilités qui en font le dispositif rêvé pour tout système d'alarme, télé-surveillance d'automatismes, etc...

De plus, 2 options complètent idéalement l'ALTEL :

## CARTE INTERFACE DE PUISSANCE A RELAIS

A 8 voies indépendantes, cette carte, prolongement de l'ALTEL, peut être pilotée :

- par programmation depuis l'ALTEL, devenant ainsi un programmeur domestique
- à distance par téléphone
- par télécommande infra-rouge RC-5



## CARTE MICROPHONE

Cette carte de petites dimensions intègre un microphone à électret de haute qualité et un ampli de ligne. Elle permet d'exercer une écoute de surveillance de votre habitation à distance par le biais du téléphone

L'ALTEL en kit complet avec boîtier	101.5770	1222,60 F HT	1450,00 F TTC
Boîtier spécial ALTEL	101.5907	EN PREPARATION	
Carte INTERFACE DE PUISSANCE en kit	101.5771	337,27 F HT	400,00 F TTC
Carte alimentation pour d° en Kit	101.5902	122,26 F HT	145,00 F TTC
Carte OPTION MICRO en Kit	101.5772	105,40 F HT	125,00 F TTC

Pour de plus amples informations sur le système ALTEL, n'hésitez pas à demander notre documentation détaillée.

## CONDITIONS GENERALES DE VENTE

REGLEMENT A LA COMMANDE : Forfait port et emballage 28<sup>00</sup> TTCFRANCO à partir de 700<sup>00</sup>

CONTRE-REMBOURSEMENT : Frais en sus selon la taxe en vigueur.

Pour faciliter le traitement de votre commande, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



**Selectronic**  
LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE





**COMMANDEZ AUSSI PAR MINITEL**  
**3615 + ELEX**