

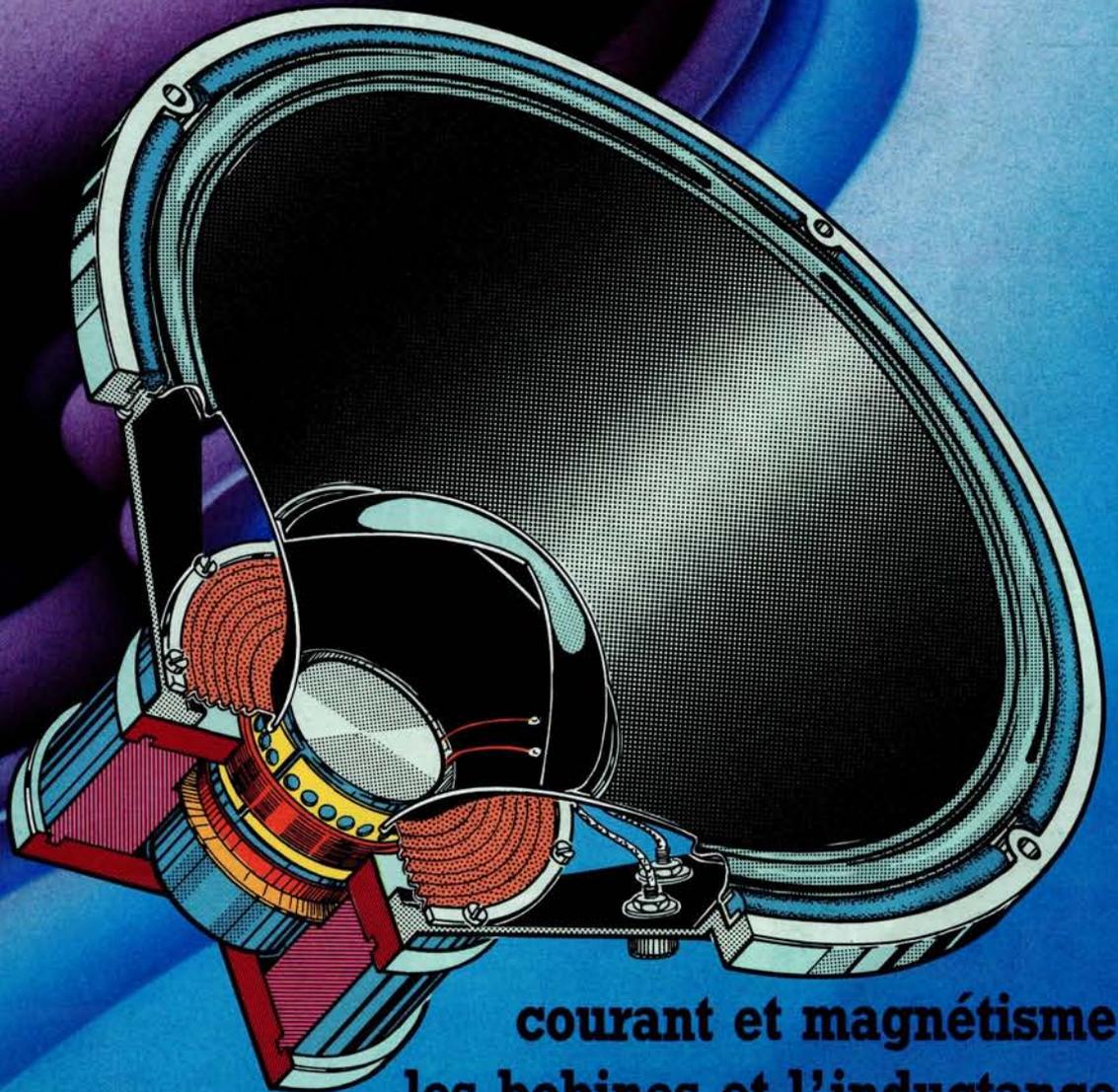
électronique

ep

n° 4
octobre 1988
146 FB/7,80 FS
mensuel

**mini-amplificateur
compte-tours pour moto
mini-enceintes acoustiques**

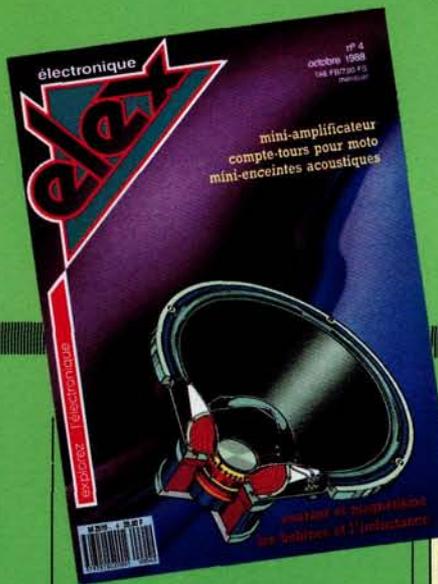
explorez l'électronique



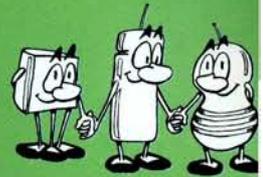
**courant et magnétisme
les bobines et l'inductance**

M 2510 - 4 - 20,00 F



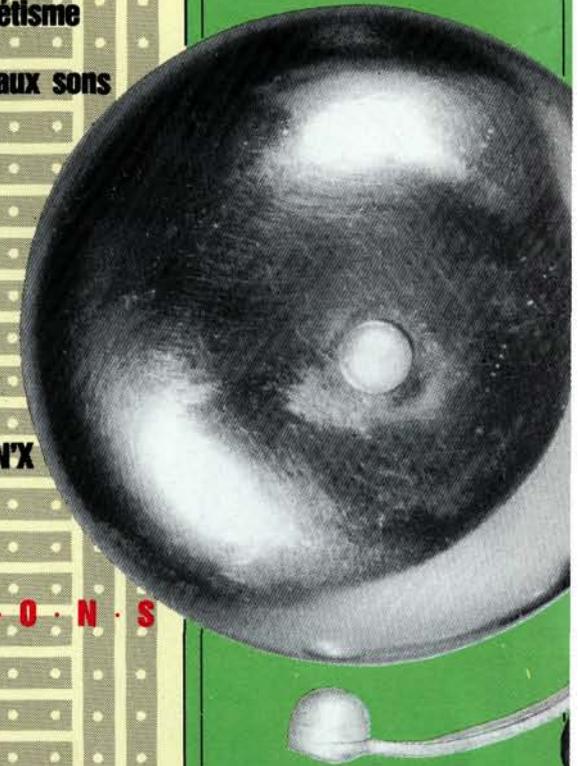
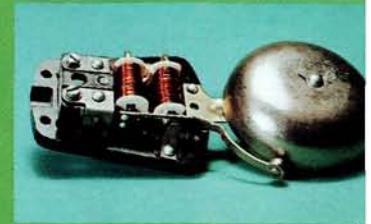
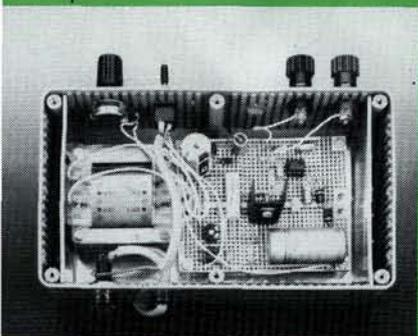
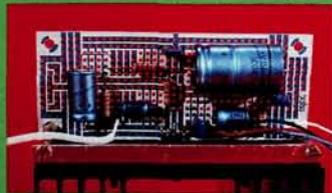


E · L · E · X
BP 53
59270 BAILLEUL



(abonnements : voir cartes en encart à la fin de ce numéro)

SOMMAIRE ELEX N°4



R · U · B · R · I · Q · U · E · S

- 3 · éditorial
- 4 · courrier des lecteurs
- platines d'expérimentation
- 32 · élixir
- 44 · des coffrets robustes à faire soi-même
- RÉSI et TRANSI**
- 14 · dis donc : inductance et magnétisme
- 5 · les haut-parleurs : du courant aux sons
- 8 · magnétogrammes
- 10 · balançoire électro-magnétique
- 34 · étincelle de rupture
- 41 · courants forts
- 42 · relais
- 58 · la logique sans hic 4^{ème} partie

PÉRISCOPE

- 24 · lampes torches UCAR
- contrôleur universel en kit MAN'X
- 39 · terminal de poignet SEIKO

R · E · A · L · I · S · A · T · I · O · N · S

POUR MIEUX DÉPANNER :

- 13 · témoin de fusible

POUR MIEUX ÉCOUTER :

- 17 · mini-enceintes
- 36 · mini-amplificateur

POUR MIEUX BRICOLER :

- 46 · régulateur de vitesse pour mini-perceuse

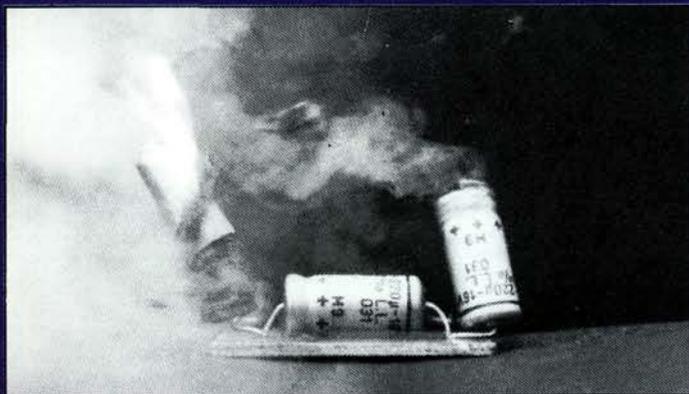
POUR FRIMER EN MOB :

- 51 · compte-tours pour petite cylindrée

POUR S'AMUSER :

- 27 · pendule électronique





Allez, la cadence est prise maintenant. Voici déjà le quatrième numéro de ce magazine lancé au printemps dernier pour le plaisir d'un nombre sans cesse croissant de lecteurs. D'après vos lettres, vous avez en commun quelques traits de caractère bien sympathiques: jeunes vous l'êtes tous en électronique, avec ou sans tempes grisonnantes. Enthousiastes, vous l'êtes au point qu'après trois numéros nous attendons toujours la première lettre de l'inévitable mais non moins sympathique râleur.

Remarquez dans ce numéro l'absence de la rubrique "composants" pourtant conçue pour durer; elle a disparu pour laisser la place à d'autres informations. Vous pouvez la retrouver, si vous en éprouvez le besoin, soit par MINITEL sur notre serveur (36 15 code ELEX), soit dans les numéros 1 à 3. Remarquez aussi la présence du pendule électronique qui a ceci de particulier qu'il est disponible dans le commerce sous la forme d'un kit complet, ce qui n'est pas (encore ?) le cas des autres schémas publiés dans ELEX.

Pour le reste, les bonnes habitudes restent inchangées, avec un dosage aussi équilibré que possible de concret et d'abstrait. Aux sujets mystérieux explorés jusqu'à présent (la tension, le courant, la résistance, la capacité, l'alternatif et le continu, ...) nous ajoutons ce mois-ci le magnétisme et l'inductance.

Le mois prochain nous attaquons les semi-conducteurs actifs, avec notamment les transistors. Vous savez bien, ce sont ces composants que l'on dope pour qu'ils se surpassent. Ô vertu de l'impureté. Vous voyez bien, avec ce qui est arrivé à Ben dans le 100 m que ce n'était pas idiot du tout de placer le précédent numéro d'ELEX sous le signe olympique... A propos de capacités explosives, merci à tous ceux qui nous ont envoyé rapidement leur légende drôle pour la photo saignante de l'attentat au condensateur publiée dans le n°3 (on remet ça ce mois-ci, mais on prend son temps!).

Le choix n'a pas été facile, car vous avez le sens du calembour, largement influencé d'ailleurs par le style de la pub TV. Il y en aurait bien une dizaine à publier dans le genre EL CONDO(R) (TRÉ) PA(S)SA et autres ELEXPLSION, mais vous voyez bien que j'en suis déjà au bas de cette demi-page, alors il ne me reste qu'à féliciter Monsieur SCHWARTZ de SURESNES pour son dialogue narquois entre Rési&Transi, qui même s'il n'est pas génialement drôle, a le double mérite d'être dans le ton de la revue - notamment de la BD- et de rendre compte de l'esprit souvent caustique des nombreuses propositions que nous avons reçues.

T : Lui au moins il s'éclate
R : Pas étonnant, survolté comme il était

mb: le prochain numéro d'ELEX paraîtra à la mi-novembre

NOUVEAU

Composants électroniques professionnels.

disponible!

88-89



88-89
Tarif au 1/08/88

BP 513 - 59022 Lille Cedex - Tél: 20.52.98.52

Le grand spécialiste de l'électronique 15F

Le grand spécialiste de l'électronique par correspondance

Tiré à plus de 40.000 exemplaires, le catalogue Selectronic, vous présente toute l'électronique rassemblée dans 256 pages.

Vous y trouverez toutes les nouveautés, c'est une véritable garantie de qualité! Une sélection de produits de qualité professionnelle

■ **La qualité du stock Selectronic**

Un des stocks, les plus importants de FRANCE permet à Selectronic une disponibilité immédiate des produits.

■ **Le service Selectronic**

Selectronic est ouvert 6 jours sur 7, 12 mois par an. Vos commandes sont prises par téléphone au 20.52.98.52.

De vrais professionnels de l'électronique sont à votre écoute et à votre disposition pour répondre à tous les besoins.

■ **La garantie Selectronic**

Les techniciens de SELECTRONIC sélectionnent et testent rigoureusement tous les composants électroniques du catalogue.

■ **La rapidité Selectronic**

Le stock très important de Selectronic permet une livraison RAPIDE de vos commandes.



Retourner le bon ci-dessous à
Selectronic BP 513 59022 LILLE CEDEX



OUI, je désire recevoir le nouveau Catalogue

Selectronic

Nb d'exemplaires...

Je joins: x 15F = F: en timbres-poste

Mon n° de client est

NOM: PRÉNOM:

SOCIÉTÉ:

ADRESSE:

CODE POSTAL: VILLE:

EX TÉL.: POSTE:

elexprime



Cette rubrique à géométrie variable ne prétend pas donner des cours particuliers d'électronique. Fayots s'abstenir ! Sa fonction est plutôt de donner à ses lecteurs l'occasion d'exprimer ce qui leur tient à cœur, et de refléter l'humeur de ceux qui se donnent le mal de nous écrire. Même s'il nous est impossible de répondre de façon circonstanciée à chacun, nous nous efforcerons non seulement de tenir compte de vos suggestions, mais aussi de répondre à vos questions, et ceci non pas par des réponses individuelles, mais par le contenu même de ce numéro d'ELEX et des suivants.

Je construis avec mes élèves des classes de seconde des postes de TSF à modulation d'amplitude et j'utilise pour cela une bobine d'accord dite nid d'abeille P.O. G.O. (ferrite amovible avec 2 bobines coaxiales en fil de cuivre isolé par de la soie); ce composant est merveilleux et malgré toutes mes recherches sur Lille et sur Paris, je n'arrive plus à me le procurer. Pouvez-vous m'indiquer une ou plusieurs adresses qui me permettraient de continuer mes recherches avec une chance de succès ? Où pourrait-on en faire construire ?

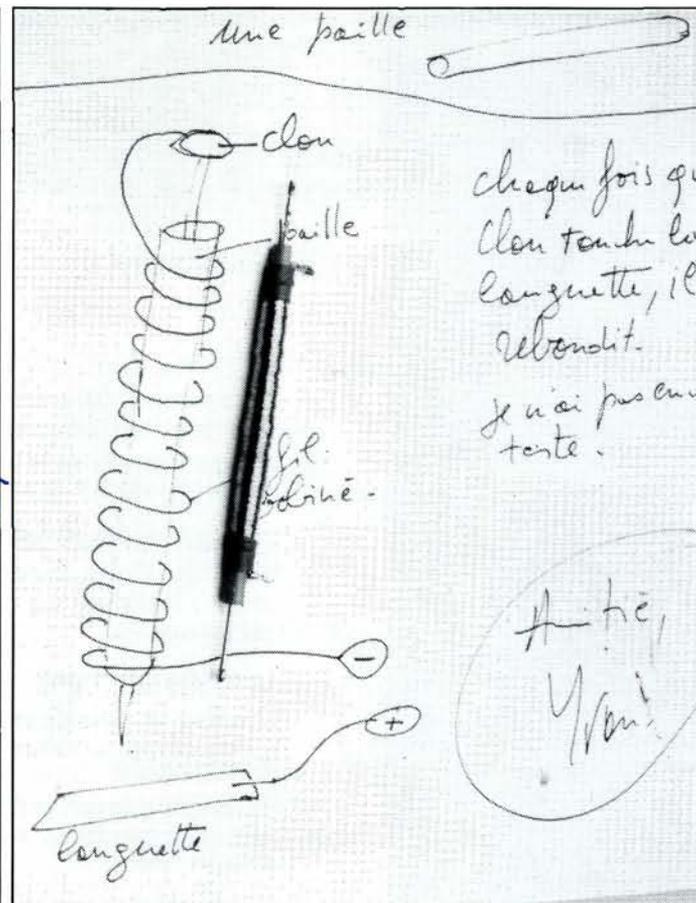
**A. Stockman, Lépine
62170 MONTREUIL/MEB**

Nous ne disposons pas pour l'instant de la réponse à cette question, mais nous sommes persuadés que dans le large cercle des lecteurs d'ELEX (avez-vous pensé au serveur ?) il se trouvera quelqu'un qui puisse vous aider.

Inspiré par les schémas de votre revue (qui reste à mon niveau zéro ou presque) et que j'apprécie particulièrement, j'ai voulu transposer votre alimentation stabilisée (ELEX n°1, page 38) avec les éléments que je possède, c'est-à-dire [. . .]. Je n'arrive pas à une variation de 0 à 24 V. La valeur des composants est-elle en cause. Merci de vos conseils. . . Quant à moi, je ne peux que vous encourager (sic) dans votre revue ELLEX (re-sic).

**Guy Grépin
62217 Achicourt**

D'abord merci pour le niveau zéro, avec trois fois rien on peut déjà faire quelque chose ! Nous espérons que votre bonne impression durera, mais nous n'avons pas l'intention d'en rester là. Pour ce qui est de transformer les schémas publiés, ce n'est pas aussi simple que ça, surtout si un schéma doit se plier aux exigences d'un ensemble de composants disparates.



Enfin, puisqu'il s'agit d'expérimenter, et de s'initier par la pratique, soit. Bidouillez, mais alors prenez vos responsabilités. . . et les cordons de mesure de votre multimètre. Mesurez, cherchez, analysez, calculez. Ne vous contentez pas de constater. Face à un circuit, ne vous arrêtez pas aux relevés de tension, mais poussez l'investigation jusqu'à mesurer les courants. Dès lors vous pourrez faire appel à la loi d'Ohm pour déterminer la valeur des composants ($U = RTI$ ou $R = U/I$ ou $I = U/R$). Dans le cas qui vous préoccupe, sachez toutefois qu'avec un transfo de 24 V et une diode zener de 27 V, la résistance R1 sera de 1 k et P1 de 10 k. La tension de service des condensateurs passe à 40 V au moins (au lieu de 25 V) et T1 devra être un transistor darlington avec radiateur, par exemple un BD679.

Étant nouveau lecteur de votre revue et amateur d'électronique, elle m'apporte énormément de choses. Merci. Puis-je me permettre de vous poser une question ? J'ai acheté un lecteur de disquette EPSON que je voudrais adapter à mon CPC464. D'après le vendeur, il suffisait de le brancher [. . .] L'ordinateur refuse absolument de reconnaître le lecteur. J'ai contacté le vendeur, mais comme c'est un magasin de soldes, il ne s'occupe pas de l'après-vente. Pourriez-vous m'aider pour la mise en route ?

**Christian Landy
62370 Audrincy**

Oui, nous voudrions vous aider, mais comment ? Vous écrivez dans votre lettre que vous avez vérifié la fonctionnement du lecteur en y appliquant les signaux

MOTOR ON et DRIVE SELECT. C'est formidable, vous faites preuve d'une logique et d'un bon sens qu'il faut maintenant pousser un peu plus loin. Et vous comprendrez que même si nous détenions instantanément la réponse à votre question (ce qui n'est pas le cas) il faudrait probablement l'équivalent de cette page pour vous la transmettre. En tant que magazine d'initiation à l'électronique, ELEX peut toutefois mettre à la disposition de ses lecteurs un outil de communication et d'assistance mutuelle sous la forme d'un forum télématique. Posez vos questions par MINITEL à d'autres lecteurs sur le forum d'ELEX. Au passage, vous pourrez peut-être vous-même répondre, ne serait-ce que partiellement, à l'une ou l'autre question posée par d'autres lecteurs.

Notre ami Yvon Doffagne, qui dessine Rési&Trans, ne se contente pas de nous livrer ses deux planches mensuelles, ni de poser en souriant avec les maquettes de ses personnages comme il l'a fait le mois dernier (ELEX n°3 page 48, c'est lui le D'Artagnan en lunettes noires), mais il bidouille à qui mieux-mieux. Voici sa contribution au thème « bobines et champs magnétiques » qui domine ce numéro 4 d'ELEX : **LE CLOU QUI SAUTE**.

Nous avons essayé le truc, ça marche, bien sûr. Une paille (ou de la gaine isolante), un mètre de fil de cuivre isolé (ou tout simplement une bobine récupérée sur un relais), un clou ou un morceau de fil de fer, et une source de tension d'une bonne trentaine de volts, protégée contre les courts-circuits, et capable de fournir un ampère ou deux. Et que ça saute ! Merci Yvon. Un clou chasse l'autre : dans un prochain numéro d'ELEX, nous vous présenterons une application amusante et instructive de cette manip. . .

DU COURANT AUX SONS



Figure 1 - Voici un petit échantillonnage de haut-parleurs électrodynamiques de différents diamètres.

les chants magnétiques

VOICI COMMENT FONCTIONNE UN HAUT-PARLEUR

La plus belle fille au monde ne peut donner que ce qu'elle a, comme dit le prophète... Il en est de même d'un amplificateur, aussi puissant et fidèle soit-il; jamais un son n'en sortira s'il n'est pas branché à un haut-parleur de qualité au moins équivalente.

UNE ESPECE D'ENTONNOIR EN CARTON

Comment l'assemblage d'une espèce d'entonnoir en carton, d'un saladier en métal et d'un gros aimant peut-il transformer en sons agréables à l'oreille les variations d'un courant? La réponse à cette question intéresse certainement plus d'un lecteur d'ELEX, d'autant plus que nous consacrons ce mois-ci un long article à la construction d'une mini-enceinte de maxi-qualité. Les haut-parleurs sont des transducteurs électro-

mécaniques: ils transforment un phénomène électrique en un phénomène mécanique; la force mise en oeuvre pour cela est magnétique.

La plupart des haut-parleurs sont de type électrodynamique, ou plus simplement, dynamique (du grec *dynamis* force). Cette appellation suggère déjà leur principe de fonctionnement: le courant fourni par l'étage de puissance de l'amplificateur traverse une bobine mobile dont les déplacements sont communiqués à une membrane rigide qui fait vibrer (une partie de) la masse d'air (environnante). La taille et la forme des haut-parleurs dynamiques sont variées (figure 1).

La vue en coupe de la figure 2 montre clairement la façon dont est conçu un haut-parleur dynamique. On peut remarquer que le principe de la construction n'est pas compliqué. La pièce la

plus importante est l'aimant permanent de forme annulaire. Comme tout aimant, il possède un pôle nord et un pôle sud. Certains constructeurs donnent d'autres formes que celle d'un anneau à cet aimant permanent. C'est pourtant rare et c'est uniquement le cas pour certains haut-parleurs spéciaux.

LES HAUT-PARLEURS SONT DES TRANSDUCTEURS ÉLECTRO-MÉCANIQUES: ILS TRANSFORMENT UN PHÉNOMÈNE ÉLECTRIQUE (COURANT) EN UN PHÉNOMÈNE MÉCANIQUE (VIBRATION DE L'AIR)

La fonction des plaques de champ (ou pièces polaires) placées aux extrémités de l'aimant permanent est de réduire la dispersion du

champ magnétique (si en approchant un objet métallique de l'aimant d'un haut-parleur vous constatez que celui-ci n'est attiré que faiblement, cela n'indique pas forcément que l'aimant est mauvais, mais plutôt que les plaques de champ sont efficaces et vraisemblablement encapsulées de surcroît dans un capot). La plaque de champ inférieure est surmontée d'un noyau magnétique cylindrique qui occupe tout l'espace intérieur de l'aimant. La plaque de champ supérieure est percée d'une ouverture circulaire. L'espace compris entre le noyau magnétique et les bords de l'ouverture circulaire de la plaque de champ supérieure s'appelle entrefer. *Le champ magnétique qui règne dans l'entrefer est d'autant plus intense que l'entrefer est plus étroit.* La vue en coupe de la figure 3 représente schématiquement les lignes de force de ce champ magnétique.

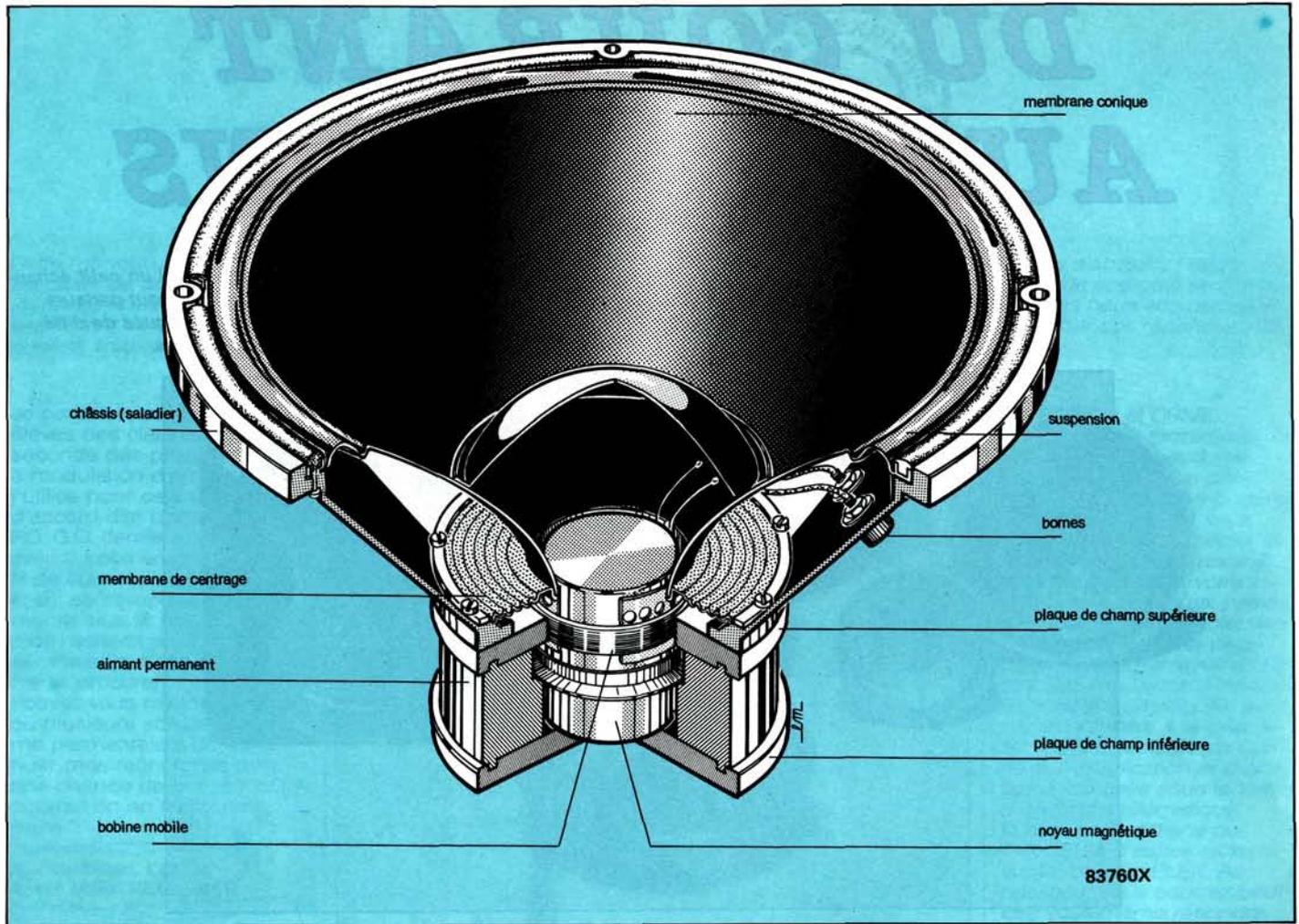


Figure 2 - La construction d'un haut-parleur semble être simple. Cela n'est vrai qu'en principe, car la fabrication demande beaucoup de soin. Si la dimension de l'entrefer est (parfois) de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres, il n'est pas difficile d'imaginer les problèmes de centrage et de précision d'usinage qui peuvent surgir.

LE VA-ET-VIENT DE LA BOBINE EN FIL DE CUIVRE ENTRAÎNE LE CÔNE EN CARTON

Dans l'entrefer coulisse une bobine mobile collée sur un fin cylindre en carton ou en aluminium. Le cône rigide, ou membrane, fait de carton ou de matière composite, est solidaire du support de la bobine mobile. Son bord supérieur évasé est fixé au châssis (ou saladier) du haut-parleur par l'intermédiaire d'un anneau souple (caoutchouc ou tissu) qui assure le centrage latéral et la suspension du cône.

La partie inférieure étroite du cône est maintenue en place par une **membrane de centrage**. Elle a pour fonction d'empêcher le contact entre le support de la bobine mobile et les parois de l'entrefer. Elle maintient également la membrane dans sa position de repos lorsqu'aucun courant ne parcourt la bobine mobile. Le centrage de cette membrane doit être précis car l'**entrefer est très étroit** (parfois de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre).

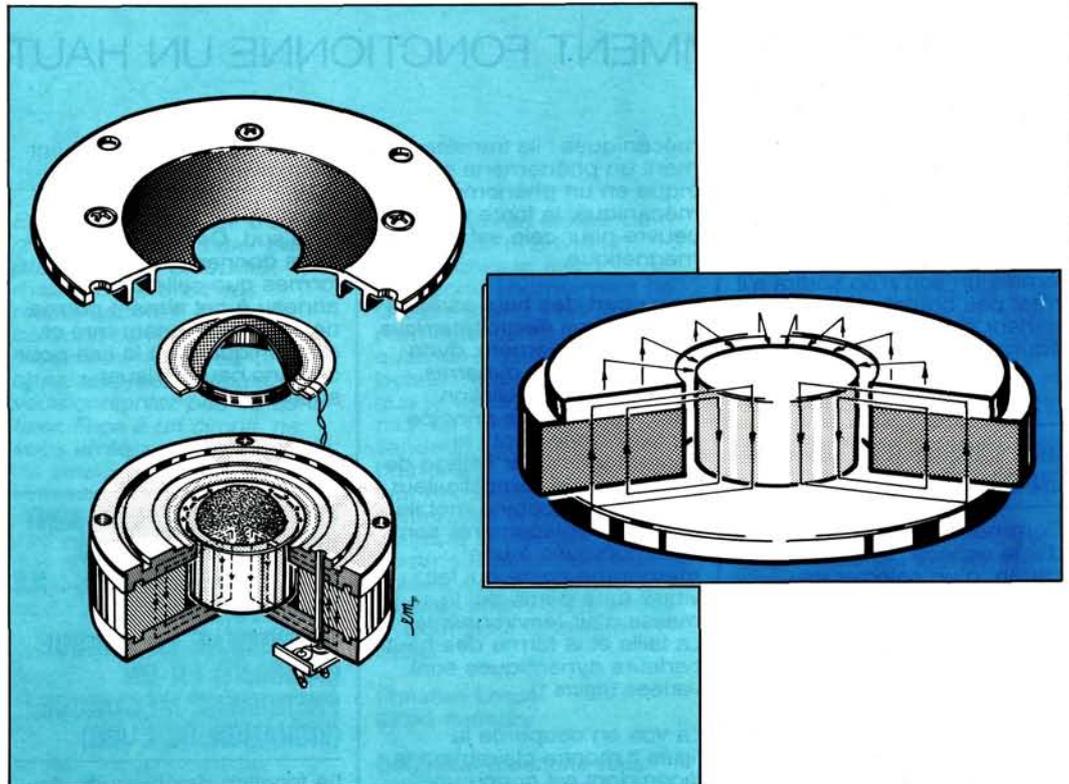


Figure 3 - La pièce maîtresse du haut-parleur est son aimant. Remarquez les lignes de force du champ magnétique dans lequel est plongée la bobine mobile.

Les extrémités de la bobine mobile sont raccordées à deux cosses à souder par de fins fils flexibles. Si on connecte la bobine mobile à un amplificateur, le signal alternatif injecté dans la bobine provoque le va-et-vient du cône. Même un signal continu provoque un déplacement, mais dans un seul sens : soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur. Ceci est facile à vérifier au moyen d'un vieux haut-parleur en état de fonctionner dont on raccorde les pôles à ceux d'une pile de 1,5 V. Au moment de l'établissement du contact, on constate le déplacement du cône. Invertis les connexions et nous verrons le cône se déplacer dans l'autre sens.

QU'EST-CE QUI FAIT BOUGER LA BOBINE ?

C'est le courant circulant à travers la bobine mobile qui est la cause de ce déplacement. Un courant de forte intensité provoquera un déplacement plus important qu'un courant de faible intensité. On aurait tort de sous-estimer l'intensité du courant à fournir par un amplificateur pour que les déplacements du cône du haut-parleur atteignent l'amplitude voulue.

Ceci dit, nous ne savons toujours pas pourquoi la bobine parcourue par le courant se déplace...

Le phénomène électrique qui est mis à profit dans les haut-parleurs est également à la base d'innombrables applications en électricité industrielle. On constate en effet que si on déplace un conducteur électrique dans un champ magnétique, ce conducteur est parcouru par un courant électrique engendré par le déplacement dans le champ.

Inversement, si on injecte un courant dans un conducteur électrique placé dans un champ magnétique, ce conducteur subit un déplacement perpendiculaire au sens

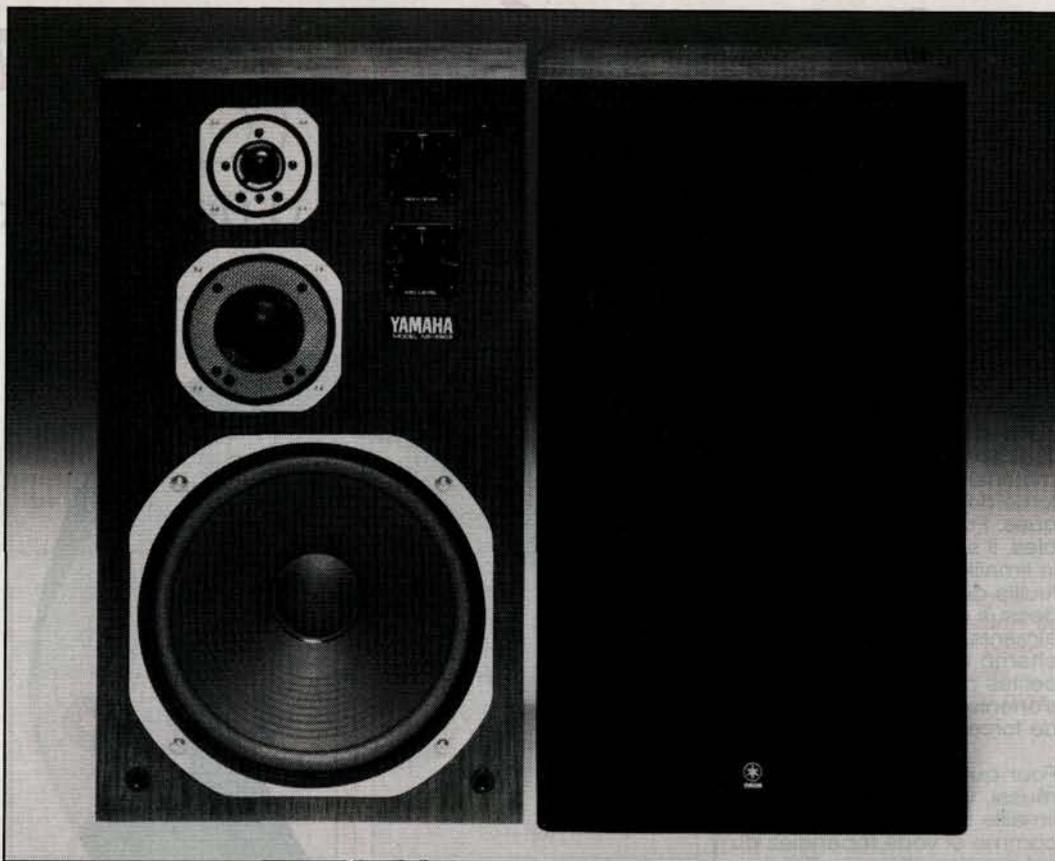


Figure 4 - Qui trop embrasse, mal étirent ! C'est vrai aussi pour un haut-parleur. On ne lui confie donc que les sons qu'il est capable de restituer à peu près convenablement. C'est la raison pour laquelle une enceinte acoustique comporte généralement trois haut-parleurs.

du courant et au champ magnétique. Vous avez sans doute deviné que le champ environnant et le champ engendré par le passage du courant se repoussent mutuellement. De cette force de répulsion naît le mouvement.

Dans un haut-parleur, il ne s'agit pas d'un simple conducteur, mais d'un certain nombre de spires logées dans l'entrefer étroit d'un puissant aimant permanent. Si un courant parcourt cette bobine, elle se déplace vers l'extérieur ou vers l'intérieur, d'après le sens du courant qui la parcourt.

Le cône rigide est solidaire du support de la bobine mobile. Il est donc obligé de suivre ses déplacements. La

suspension du cône contrarie toutefois ces déplacements et en limite l'amplitude. L'intensité du courant qui parcourt la bobine mobile détermine l'amplitude des mouvements du cône. Les mouvements du cône rigide sont transmis à l'air environnant et le font vibrer à la fréquence du signal électrique alternatif issu de l'amplificateur.

La plupart des enceintes acoustiques contiennent plusieurs haut-parleurs de taille différente. Un seul haut-parleur n'est pas capable de restituer correctement l'ensemble des fréquences audibles en raison de leur complexité. Le cône d'un grand haut-parleur est sensiblement plus lourd que celui d'un petit, que sa légèreté

rend apte à suivre les mouvements rapides qui produiront les fréquences aiguës.

Les fréquences graves seront mieux restituées par un haut-parleur à cône rigide de grand diamètre, capable de produire la pression acoustique appropriée.

Il existe d'autres types de haut-parleurs, que les haut-parleurs électrodynamiques. Citons par exemple les haut-parleurs électro-statiques, ioniques, à ruban et piézo-électriques... Le plus utilisé reste le haut-parleur électrodynamique. C'est celui que vous trouvez dans la plupart des téléviseurs, radios et chaînes stéréo.

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 **43 79 39 88**
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.

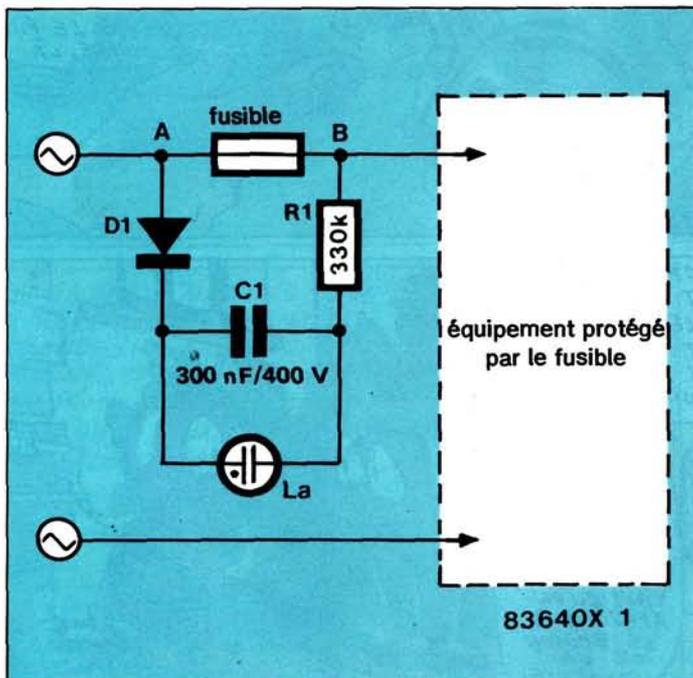
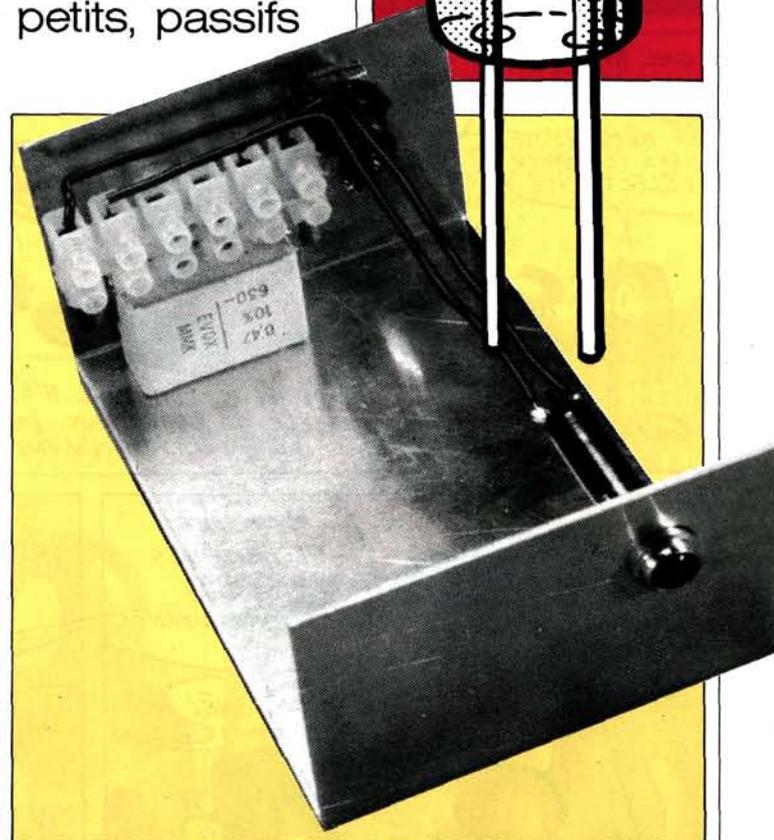
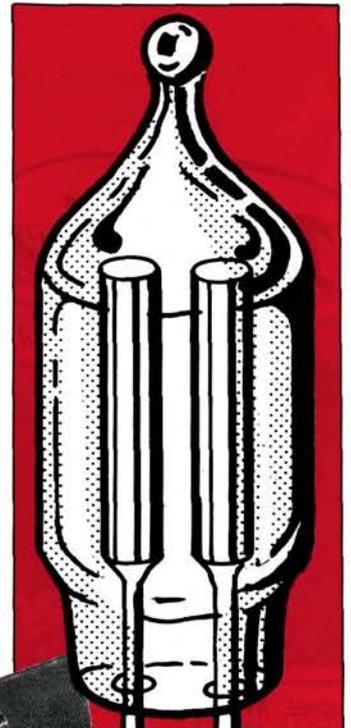
une lampe témoin pour les fusibles grillés

Voici un montage très simple dont la lampe témoin clignotera si le fusible de votre chaîne stéréo ou de votre sono préférée venait à griller. Non seulement un tel indicateur en met plein la vue, mais il est aussi très utile. Tous les appareils alimentés par le secteur peuvent en être équipés.

La recette ? Quatre composants : petits, passifs et pas chers!

Notre circuit miniature est raccordé de part et d'autre du fusible (points A et B de la **figure 1**). Tant que le fusible est intact, il court-circuite l'indicateur et celui-ci reste inactif. Le fusible vient-il à griller, la tension du secteur apparaît aux bornes du circuit (moins la petite chute de tension causée par l'impédance de l'appareil protégé par le fusible). Le courant qui parcourt D 1 et R 1 charge le condensateur C 1 : durant l'alternance positive, la diode D 1 est conductrice, elle est bloquée pendant l'alternance négative et empêche ainsi le condensateur de perdre la charge déjà acquise. La tension aux bornes de ce condensateur va donc croître progressivement.

Jusqu'à présent aucun courant ne parcourt la lampe témoin. La car elle est dépourvue de filament. Elle possède en revanche deux électrodes (**figure 3**) et elle est remplie d'un gaz (du néon) non conducteur dans l'état où il est. Sous l'effet de la tension, ce gaz s'ionise, et devient conducteur, quand la tension entre les deux électrodes atteint une valeur critique appelée tension d'amorçage (80 V environ). Dès ce moment un courant fourni par le condensateur circule dans le voyant "néon" dont le gaz ionisé devient lumineux. Le phénomène prend fin quand la tension retombe à environ 60 V. Le condensateur se recharge, le cycle se répète et donc... la lampe clignote.



LE CLIGNOTEMENT

Le rythme du clignotement peut être modifié si nécessaire en donnant d'autres valeurs à R 1 et C 1 :

- on augmente la valeur de R 1, le courant de charge diminue et l'intervalle de temps entre deux amorçages du témoin s'allonge.
- on augmente la valeur de C 1 la durée de sa charge et de sa décharge augmentent car sa charge électrique sera plus grande

Les voyants "néon" utilisés en 220 V sont pourvus d'une résistance incorporée. Pour notre voyant "hors service" nous utiliserons un modèle

sans résistance incorporée. Le condensateur C 1 est soumis à la tension du secteur et doit être d'un modèle approprié (au moins 250 V ~/400 V=).

Le montage devra être très soigné car il fonctionnera sous 220 V. Pas de bricolage hâtif! **Les platines d'expérimentation ELEX ne conviennent pas pour cette réalisation** car la distance entre les pistes est inférieure à trois millimètres. La **photo** illustre un montage solide réalisé à l'aide d'une réglette de six raccords à vis. C'est une solution fiable, bon marché, rapide et nécessitant peu de soudures : qui dit mieux ?

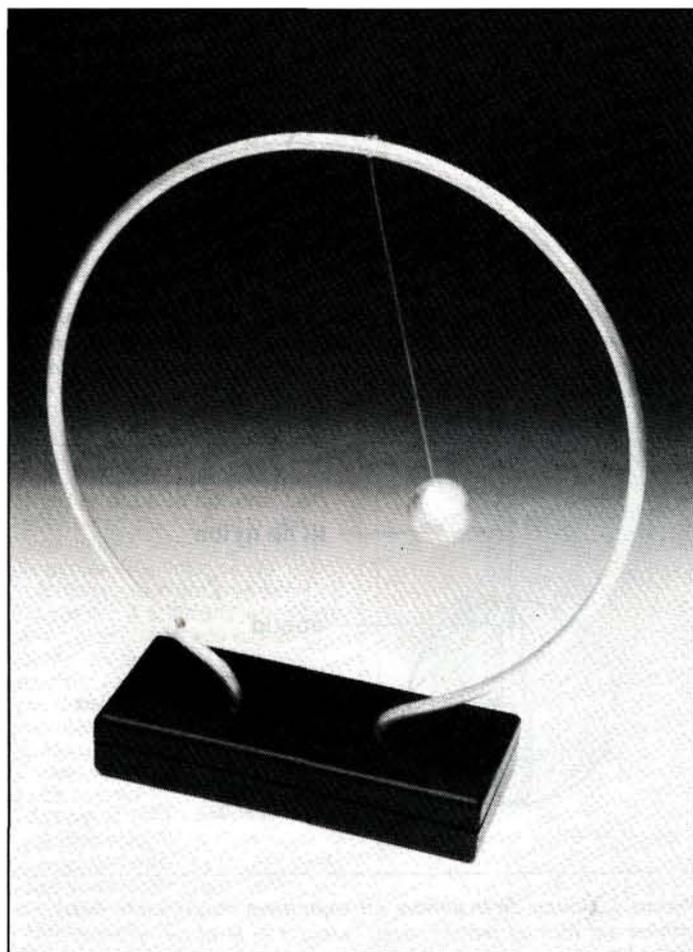
pendule électronique à mouvement perpétuel



Le kit décrit ici vous permet:

- de simuler un mouvement perpétuel avec un circuit électronique très simple
- de réaliser une expérience attrayante d'induction de tension
- de fabriquer un objet agréable à regarder, décoratif, d'une finition parfaite, et d'en faire éventuellement un cadeau original et personnalisé.

Vue sur l'intérieur du socle de la pendule. Les écrous M6 collés au fond permettent de stabiliser l'anneau dont les extrémités sont engagées dans le couvercle du socle.



Le kit KTE présenté ici n'est pas un montage d'ELEX comme les autres; il s'agit d'un kit étonnant à plus d'un égard. D'abord, un pendule (et non UNE pendule), même électronique, c'est déjà un objet bizarre en soi. Il n'en devient que plus intrigant dès que l'on prononce les mots «mouvement perpétuel». Alchimie, magie?...

Et bien non, c'est bel et bien de l'électronique! Seulement l'électronique dont il est question ici se cache dans le socle de l'objet. Rien ne doit trahir sa présence, nous verrons pourquoi dans un instant. Le troisième point important est le fait que ce kit vous est proposé MECANIQUE COMPRISE, ce qui est particulièrement appréciable dans un cas comme celui-ci où l'apparence du montage terminé joue un rôle très important.

ANIMER UN OBJET

L'objet est d'une apparence plutôt insolite. Son socle est formé d'un boîtier en matière plastique moulée, d'un noir mat. Il est surmonté d'un anneau d'aluminium brossé de 5 mm de section. Le

diamètre de cet anneau est d'environ 20 cm. Une sphère d'aluminium massif y est suspendue à un fil de nylon et se balance perpendiculairement au plan de l'anneau. Voilà pour les apparences. Rien d'extraordinaire jusque là.

Donnez un peu d'élan à la sphère et elle se met à se balancer. Une minute plus tard, elle se balance encore, et elle a même amplifié son mouvement. Stupéfaction! Dix minutes plus tard, elle se balance encore et son élan ne diminue toujours pas. C'est le mouvement perpétuel! Montrez cela à vos amis, à vos parents, à vos enfants: ils en resteront bouche bée. Pour le spectateur non averti la vision de cette boule qui défie les lois naturelles les plus élémentaires est fascinante. D'ailleurs même pour celui qui connaît la clé du mystère, le pendule à mouvement (pseudo) perpétuel continue néanmoins d'exercer une force d'attraction qui ne faiblit guère. Ce que le spectateur non initié ignore quand il contemple le mouvement infatigable du pendule, c'est la présence d'un aimant noyé dans la sphère, et bien sûr celle du circuit électronique caché dans le socle.

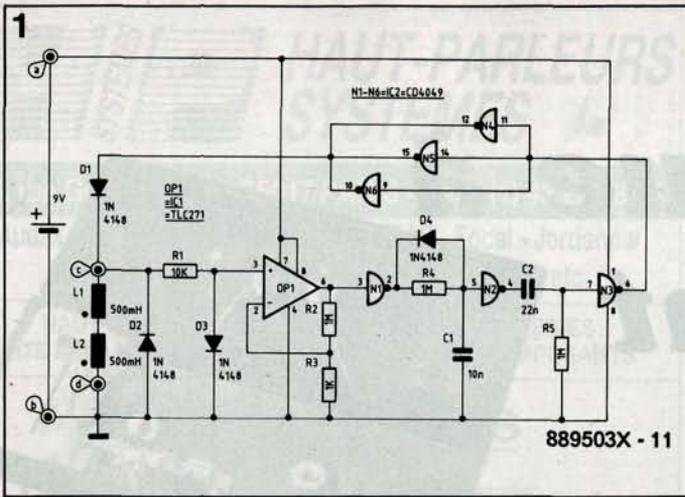


Figure 1. Schéma de l'électronique cachée du pendule à mouvement perpétuel.

Les deux composants essentiels sont les bobines L1 et L2 dans lesquelles le passage de l'aimant induit un courant et qui le repoussent à leur tour sous l'effet d'une impulsion de courant produite par N4, N5 et N6.

LE PASSAGE DE L'AIMANT AU-DESSUS DU SOCLE EXCITE LE CIRCUIT QUI REAGIT AUSSITOT EN ENVOYANT UNE IMPULSION DE COURANT QUI REPOUSSE L'AIMANT ET LUI DONNE DE L'ELAN DANS SON MOUVEMENT. C'est tout!

MOUVEMENT PERPETUEL

Nous savons maintenant que dans la sphère se trouve un aimant caché. De part et d'autre du milieu du socle, collées sous le couvercle, se trouvent deux bobines, L1 et L2, au-dessus et entre lesquelles passe l'aimant en se balançant (figure 2). Tant que la sphère est immobile, l'aimant n'induit aucune tension dans les bobines, et l'entrée (broche 3) de l'amplificateur opérationnel OP1 est forcée à un potentiel à peu près nul par R1 et par la résistance interne des bobines L1 et L2. De ce fait la sortie (broche 6) de cet amplificateur opérationnel est elle aussi à un potentiel proche de 0 V. Du moins en théorie. En pratique, la tension de sortie relevée sur OP1 n'est pas forcément nulle.

En effet, le gain de l'amplificateur opérationnel OP1 est fixé par R2 et R3 à 1000; il est tel que sa tension de sortie au lieu d'être proche de 0 V pourra en fait atteindre 2 V, en fonction de la tension de décalage (offset) du circuit intégré. Dans le schéma qui nous occupe ici, il est inutile de chercher à compenser cette tension de décalage pourtant très gênante en d'autres circonstances. Le détail méritait néanmoins d'être signalé.

Dès que la boule d'aluminium se déplace, le passage de l'aimant entre les deux bobines y induit une tension; celle-ci est négative quand l'aimant s'approche des bobines et elle devient positive au moment où il les dépasse et s'en éloigne. Les tensions positives sont amplifiées par OP1: sur sa broche 6 apparaît une impulsion positive que N1 se charge de mettre en forme et d'inverser. A chaque passage de la sphère à la verticale des bobines, une impulsion négative apparaît à la sortie de N1 (broche 2) dont la tension de sortie passe de 9 V (niveau logique haut) à environ 0 V (niveau logique bas). Le potentiel nul de la sortie de N1 permet au condensateur C1 de se décharger brutalement à travers D4. La sortie de N2 change alors d'état et passe de 0 V à environ 9 V. Le réseau différentiateur formé par C2 et R5 achemine cette impulsion vers l'entrée (broche 7) de N3, de sorte que la sortie de ce troisième inverseur (broche 6) passe à son tour de 9 V à 0 V.

IMPULSION DE COURANT

La sortie des trois tampons inverseurs N4, N5 et N6 montés en parallèle passe de 0 V à 9 V et envoie une impulsion de courant dans les bobines à travers D1. La tension relativement élevée qui en résulte est amplifiée par OP1 dont la sortie est alors en régime de saturation (environ +8 V) grâce à quoi l'état de N1 et de N2 reste inchangé.

Une fois écoulé le temps déterminé par la constante

de temps C2/R5 (ce temps est très court), le potentiel de sortie de l'inverseur N3 repasse à 9 V et la sortie des inverseurs N4, N5 et N6 repasse au niveau bas (0 V). Le courant à travers L1 et L2 disparaît et la tension induite dans ces bobines s'inverse conformément aux lois de l'inductivité. Pour empêcher l'apparition de brèves impulsions en sortie (broche 6) d'OP1 au moment de l'inversion de la tension aux bornes des bobines (en raison du gain élevé de cet amplificateur), on a prévu le réseau de temporisation formé par R4 et C1. Si une brève impulsion positive apparaît à la sortie de N1 (broche 2), elle n'est pas transmise plus loin, car le condensateur C1 n'a pas le temps de se charger en raison de la valeur élevée de R4. Ainsi les bobines L1 et L2 ne reçoivent à chaque passage de la sphère qu'une seule impulsion de courant parfaitement calibrée.

Cette impulsion repousse l'aimant et redonne ainsi de l'élan à la sphère. Le circuit est conçu de telle sorte que la quantité d'énergie nécessaire à entretenir le mouvement du pendule soit faible. Au repos, la consommation du circuit est de 10 µA. A ce compte-là, une pile compacte ordinaire de 9 V pourrait rester en place

pendant plusieurs années. Inutile en tous cas de prévoir un interrupteur marche-arrêt. Quand le pendule est en mouvement, la consommation moyenne est de 0,2 mA, de sorte que la pile pourrait fonctionner 2 ou 3 mois sans interruption.

IMPLANTATION SERREE

A l'exception des deux bobines collées sous le couvercle du socle, tous les composants (hormis la pile) sont logés sur une petite platine dont le dessin apparaît sur la figure 5.

Attention: du fait des faibles dimensions de cette platine, certains composants devront être implantés verticalement; c'est le cas notamment des résistances R1, R3 et R4, et des diodes (dont il faudra soigneusement vérifier la polarité).

On voit sur la figure 2 que la disposition de cette platine au fond du boîtier peut être faite de telle manière qu'elle immobilise la pile compacte de 9 V. Une fois que la colle époxy avec laquelle ont été fixées les deux bobines aura durci, il faudra effectuer le câblage des bobines tel qu'il est décrit sur la figure 3a. La liaison entre les bobines et la platine sera effectuée en fil de câblage isolé.

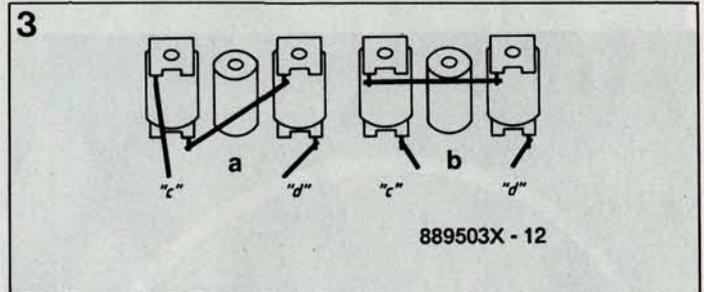


Figure 3. Schémas de connexion des bobines à self-induction L1 et L2. Le plan "b" devra être adopté au cas où le pôle Nord de l'aimant n'a pas été tourné vers le centre de la sphère. Les deux bobines sont fournies dans le kit.

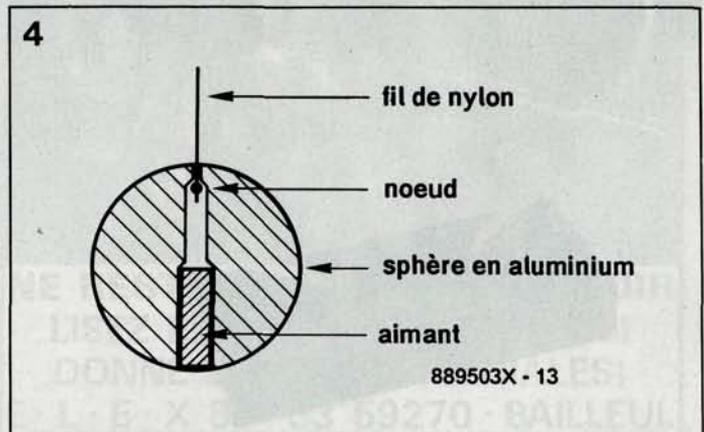


Figure 4. Coupe de la sphère en aluminium du pendule. Cette sphère est fournie percée, avec l'aimant et le fil de nylon qu'il suffit d'assembler.

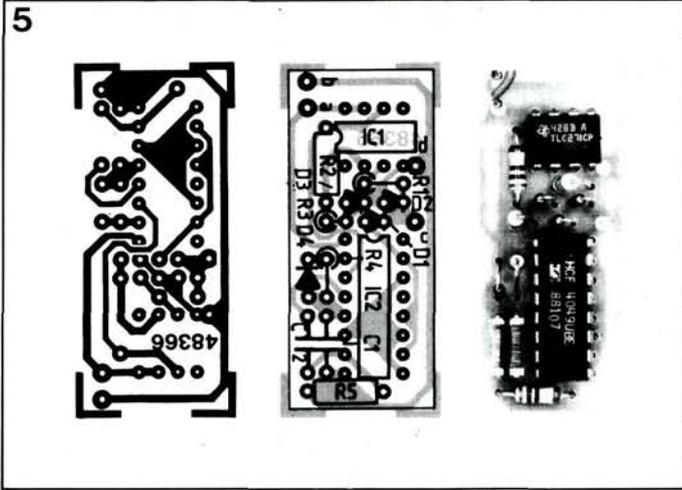


Figure 5. Dessin des pistes du circuit imprimé et plan d'implantation des composants. Le circuit imprimé est fourni dans le kit, mais le plan d'implantation n'y est pas sérigraphié.

Le moment est venu maintenant de percer pour l'anneau deux trous de 5 mm à 5 cm l'un de l'autre, de part et d'autre des deux bobines (voir figure 2). Collez les deux écrous M6 au fond du boîtier, exactement en face des deux trous percés dans le couvercle. Il ne reste plus ensuite qu'à engager dans le couvercle les extrémités coudées de l'anneau, qui dépasseront juste assez pour ne pas toucher le fond du boîtier, mais suffisamment pour tenir dans les deux écrous M6 collés au fond du boîtier pour obtenir une stabilité satisfaisante de l'anneau une fois que le socle sera refermé. Le collage des écrous sera effectué comme le précédent à l'aide d'une colle à durcissement rapide. Il faut veiller à ce que l'anneau d'aluminium soit parfaitement parallèle à l'axe du socle.

Pour suspendre la sphère, on suivra les indications de la figure 4. Enfilez l'extrémité du fil de nylon dans le trou percé dans la sphère, puis faites plusieurs noeuds superposés et tirez sur le fil pour que les noeuds glissent dans l'ouverture prévue pour l'aimant que vous collerez ensuite dans la sphère. Le pôle Nord de l'aimant doit être tourné vers le centre de la sphère. Si vous vous trompez, ce n'est pas bien grave... il suffira d'intervertir les connexions «c» et «d» entre les bobines et la platine. Nous reviendrons sur ce détail. Une fois que la colle sera dure, vous pourrez suspendre la sphère à l'anneau en veillant à ce que l'écart entre la base de la sphère et la surface du socle soit compris entre 4 et 8 mm. Au lieu de nouer le fil de nylon autour du sommet de l'anneau, il est préférable d'y percer un trou d'un millimètre de diamètre pour y

passer l'extrémité du fil. Il reste à vérifier la polarité des bobines et celle de l'aimant. Une fois l'appareil entièrement monté et après avoir dûment vérifié toutes les soudures et les connexions par fil de câblage, donnez un peu d'élan à la sphère, puis observez son balancement: s'il décroît au bout de quelques secondes et que la sphère finit par s'arrêter, intervertissez les connexions des bobines en les câblant comme indiqué sur la figure 3b, puis refaites un essai. Cette fois la sphère doit se balancer en un mouvement (apparemment) perpétuel.

Nous voudrions, pour finir, attirer votre attention sur le fait que la surface de

l'aluminium s'oxyde si vous ne la protégez pas; c'est pourquoi il est recommandé de la vernir après l'avoir polie avec de la paille de fer très fine ou de la toile émeri à grain fin (200 à 400).

La description de ce kit, notamment de son principe de fonctionnement électronique, fait appel à des notions déjà bien difficiles à assimiler pour un débutant, nous en sommes bien conscients. Il est impossible de tout apprendre tout de suite. Sachant qu'un tiroir ne peut être à la fois ouvert et fermé, il faut donc accepter, quelle que soit l'intensité de la curiosité naturelle d'un lecteur d'ELEX, que certains tiroirs restent fermés pour l'instant. Au fil des prochains numéros de ce magazine, nous aurons bien des occasions de revenir sur des notions fondamentales comme par exemple celle du "réseau différentiateur que forment C2 et R5" afin de les expliquer en détail. En attendant, un débutant peut s'attaquer à des réalisations au-dessus de son niveau, à condition d'y mettre le plus grand soin possible et de demander éventuellement l'aide d'un parent ou d'un ami.

Pendule à mouvement perpétuel

Nomenclature

Résistances:

- R3 = 1 kΩ
- R1 = 10 kΩ
- R2, R4, R5 = 1 MΩ

Condensateurs:

- C1 = 10 nF
- C2 = 22 nF

Semi-conducteurs:

- IC2 = CD 4049
- IC1 = TLC 271
- D1 à D4 = 1N4148

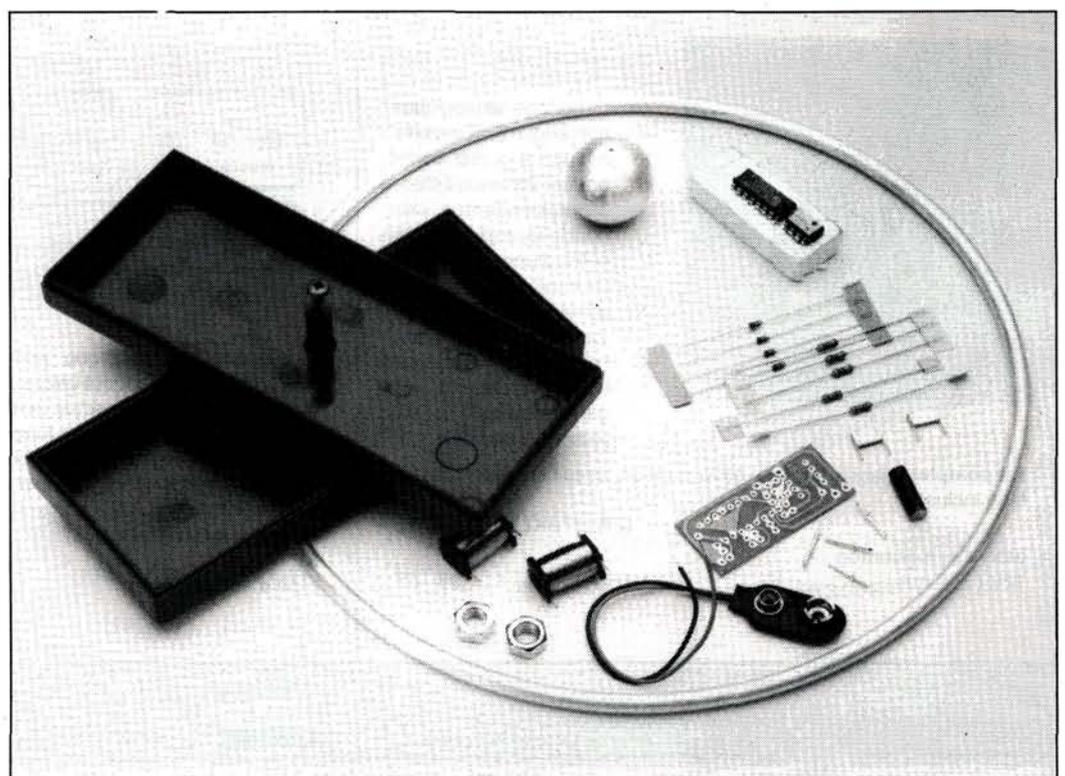
Divers:

- L1, L2 = 500 mH

- 1 connecteur pour batterie de 9 V
- 4 picots à souder

Mécanique:

- fil nylon 20 cm
- sphère en alu Ø 25 mm
- anneau en alu Ø 20 cm
- 1 aimant
- 2 écrous M6



étincelles de rupture

Des étincelles sur une sonnette

Honnêtement, si quelqu'un vous raconte qu'il est capable, avec une simple sonnette domestique, d'obtenir une tension de 200 V, vous le croyez ?

Et bien, je vais sans grande démonstration, vous expliquer comment faire!

Il vous faut :

- 1 sonnette normale
- 1 pile plate de 4,5 V
- 1 diode au silicium 1N4007
- 1 condensateur 220 nF/400 V

Pour tester : un multimètre ou une petite ampoule à incandescence.

La diode et le condensateur sont spéciaux en raison de leur tenue en tension, mais sont toutefois d'un type que l'on trouve dans tout magasin d'électronique. Le schéma apparaît sur la figure 1. La sonnette est connectée à la pile comme on le ferait pour n'importe quel circuit, ce qui entraîne une réaction sonore nettement perceptible. Diode et condensateur, montés en série, sont connectés en parallèle sur la bobine.

Tout d'abord, la diode est polarisée de telle sorte qu'elle s'oppose au passage du courant de la pile, ce qui est le cas lorsqu'elle est orientée comme en figure 1. Mesurons à présent, à l'aide du multimètre, la tension aux bornes du condensateur, en prenant soin de ne pas choisir un calibre de mesure trop faible.

La tension mesurée n'atteint pas toujours 200 V, parfois elle dépasse cette valeur. Cette irrégularité est à mettre au compte de la bobine de la sonnette, et la vitesse à laquelle se succèdent les mises sous tension aux bornes de la pile.

A la place du multimètre vous pouvez aussi utiliser une ampoule témoin au néon. Une ampoule de ce type (décharge électrique dans un gaz) nécessite au moins 80 V pour s'allumer.

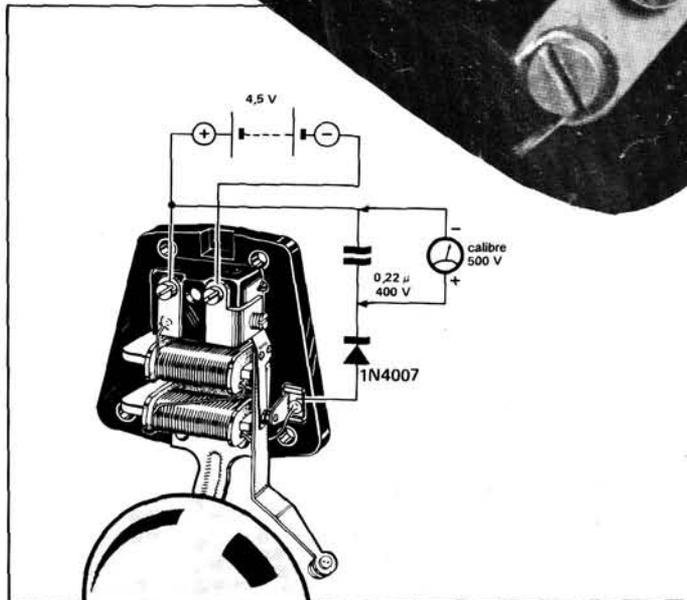


Figure 1 - Montage additionnel sur la sonnette domestique. Le multimètre affiche la haute tension obtenue.

D'où vient cette tension ?

A l'évidence, une question nous interpelle : d'où vient cette haute tension? Tout d'abord, nous devons observer que cette tension n'est pas dangereuse dans ces conditions. Il suffit d'effleurer les broches du condensateur pour que la tension s'effondre. Au repos, le battant de la sonnette établit le contact entre la pile et la bobine. Un courant traverse la bobine et un champ magnétique s'élabore dans le noyau métallique. Une fois qu'il a atteint une intensité suffisante, ce champ attire le battant de la sonnette.

Là où passe un courant, passe aussi de l'énergie (à l'exception des supraconducteurs). Dans notre cas, l'énergie "s'écoule" de la pile vers la bobine, puis en tant qu'énergie magnétique, vers le noyau. En attirant le battant de la sonnette, une partie de l'énergie est consommée (plus exactement transformée en énergie sonore). Le reste se trouve toujours à l'intérieur du noyau, après ouverture du contact.

Ni la bobine ni le noyau ne peuvent la conserver. Elle ne peut pas non plus se transformer en courant, car le contact est à présent ouvert ! Alors ?

Que va devenir cette énergie?

Pour forcer le passage du courant, la tension aux bornes de la bobine va s'élever jusqu'à ce qu'une étincelle jaillisse entre les contacts.

Cette étincelle n'est autre que la matérialisation du passage du courant dans l'air, et elle consomme l'énergie accumulée. La tension de coupure qui entraîne ce mini-éclair, présente, ce qui est remarquable, une polarité opposée à celle de la pile. Les professionnels formulent ceci de façon un peu plus pragmatique : l'effondrement du champ magnétique induit une pointe de tension ou sur-tension.

L'énergie sera ainsi dilapidée sous forme d'étincelle, provoquant, ce qui est moins drôle, des parasites sur les ondes radio. Avec le petit montage décrit ci dessus, l'énergie sera stockée dans le condensateur. La diode empêche simplement qu'un courant issu de la pile ne circule vers le condensateur. L'énergie qui quitte la bobine sous forme d'une forte pointe de tension, il n'est donc pas étonnant que la tension à laquelle est chargé le condensateur soit relativement élevée elle aussi. Mais comme les quantités d'énergie sont très faibles, on pourra difficilement en tirer une quelconque utilisation.

Ne démontez pas totalement le circuit après avoir terminé votre expérience. Laissez la diode connectée sur la sonnette comme indiqué en **figure 2**. La diode s'oppose au courant de la pile, mais elle sera conductrice pour la pointe de tension polarisée en inverse par rapport à la tension de la pile. Dans ce cas, la bobine et la diode constituent un circuit fermé. L'énergie du champ magnétique engendre une boucle de courant. Cependant, au lieu de produire une étincelle, l'énergie est dissipée en chaleur dans le fil de la bobine qui lui oppose aussi une (faible) résistance. En bref, les pointes de tension sont court-circuitées. La sonnette est anti-parasitée et la longévité des contacts est augmentée. Naturellement, tout ceci ne fonctionne que si la sonnette est alimentée en courant continu, alors que la plupart des sonnettes domestiques fonctionnent avec du courant alternatif. Dans ce cas il est possible de se tirer d'affaire en utilisant un pont redresseur connecté entre le transformateur et la sonnette.

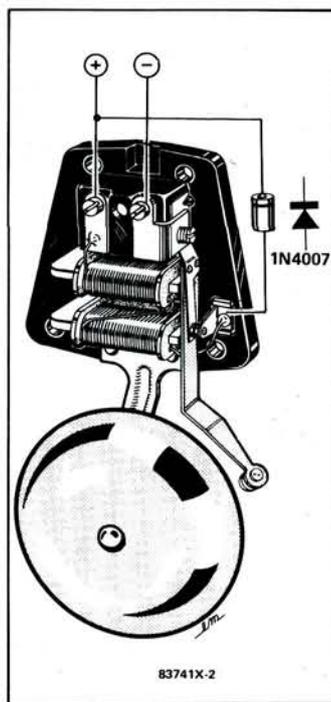


Figure 2 - La diode anti-parasite la sonnette. Elle court-circuite la tension de coupure, si bien qu'il n'y a plus d'étincelle.

car la sur-tension produite par la coupure du courant de la bobine, détruira à coup sûr un transistor courant. Ne perdez pas de vue le fait que la polarité de la tension induite est inversée par rapport à celle de la tension d'alimentation.

Produire une haute tension

Revenons une fois encore sur le principe de base. Une bobine produit une haute tension dite de coupure dès que l'on interrompt le courant qui y circule. Il se conçoit aisément que cet effet puisse être utilisé chaque fois qu'une haute tension est nécessaire. L'exemple le plus courant : l'allumage automobile (**figure 4**). Le rupteur est commandé par un petit arbre à cames qui se trouve en dessous du distributeur. Dès que l'un des cylindres est prêt pour l'allumage (compression), le contact s'ouvre, et une tension de coupure naît aux bornes de la bobine. Cependant, la bobine seule ne peut pas produire la tension de plus

de 10000 V nécessaire pour la bougie. C'est pourquoi les fabricants d'accessoires automobiles, réalisent sous la bobine, un deuxième enroulement qui comporte un nombre de spires beaucoup plus important.

Selon le principe, que plus le nombre de spires d'une bobine est grand, plus la tension est élevée, ces deux enroulements haute tension élèvent la tension de coupure à la valeur nécessaire. La bobine d'allumage est aussi appelée transformateur. La haute tension d'allumage disponible aux bornes de la bobine est transmise à la bougie correspondante par l'intermédiaire du distributeur. Un condensateur en parallèle sur le rupteur empêche l'étincelle de se produire au niveau du contact au lieu de la bougie.

De nombreux autres générateurs de haute tension fonctionnent selon le même principe que l'allumage automobile: les clôtures électriques, les starters de tubes fluorescents ou la T.H.T (très haute tension) dans les postes de télévision par exemple.

Diodes de protection

En électronique, on trouve souvent une diode en parallèle sur les bobines. Ce sont des diodes de protection ou diodes d'étouffement. Elles sont absolument nécessaires chaque fois que l'on commande un relais (Re) (qui est n'est rien de plus qu'une bobine qui commande un contact) à l'aide d'un transistor (T) comme le montre la **figure 3**,

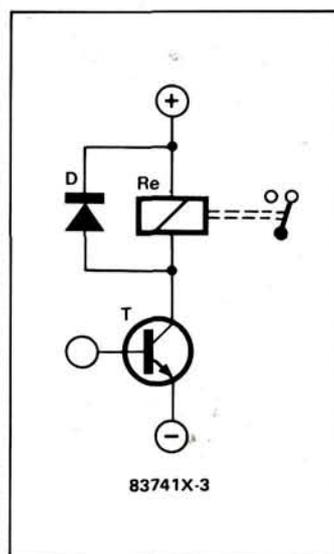


Figure 3 - Le transistor de commande T doit être protégé de la haute tension qui apparaît aux bornes de la bobine du relais. pour ce faire, une diode de protection doit être montée en parallèle sur la bobine.

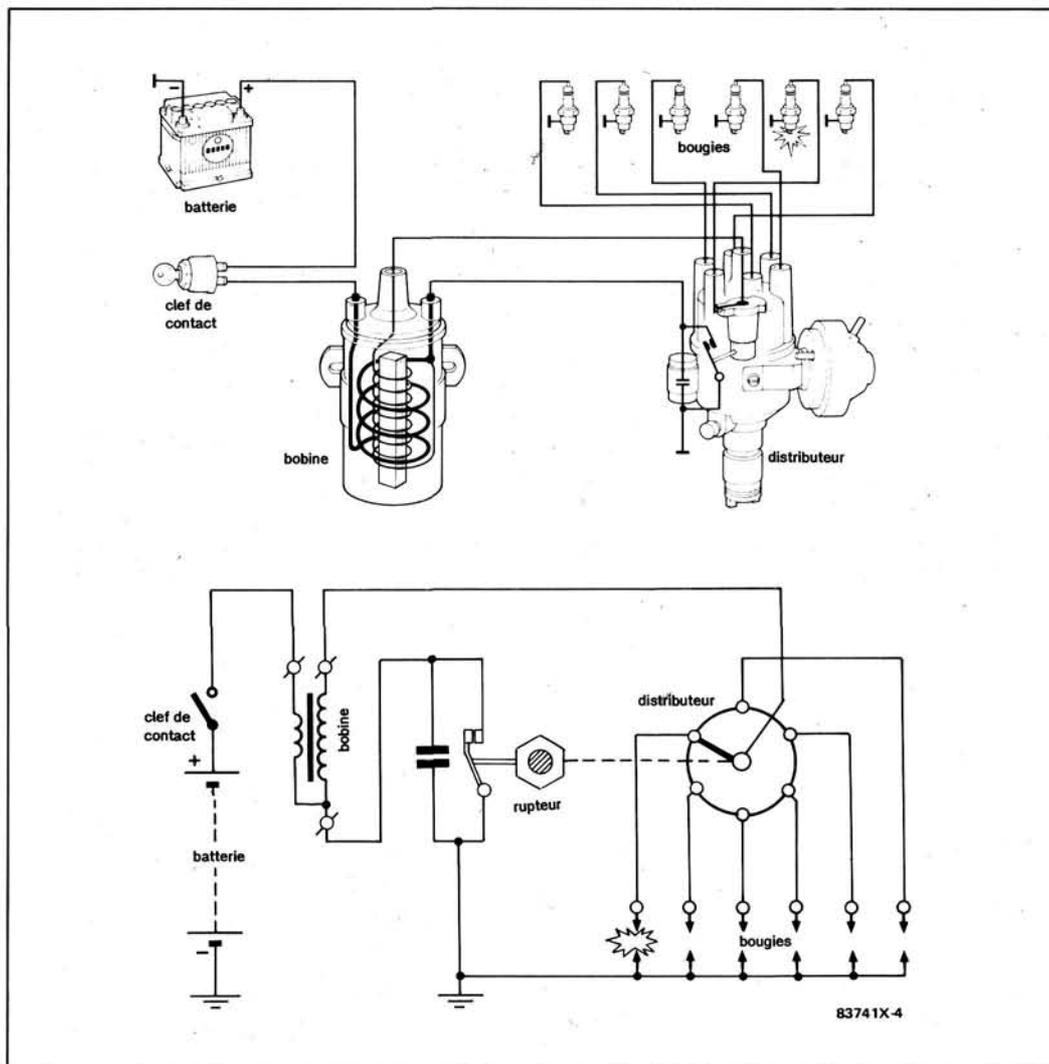


Figure 4 - Un allumage automobile conventionnel. A la suite de l'ouverture du rupteur, la bobine produit une haute tension qui par l'intermédiaire du distributeur va être dirigée vers la bonne bougie.

ELEXPÉRIENCE

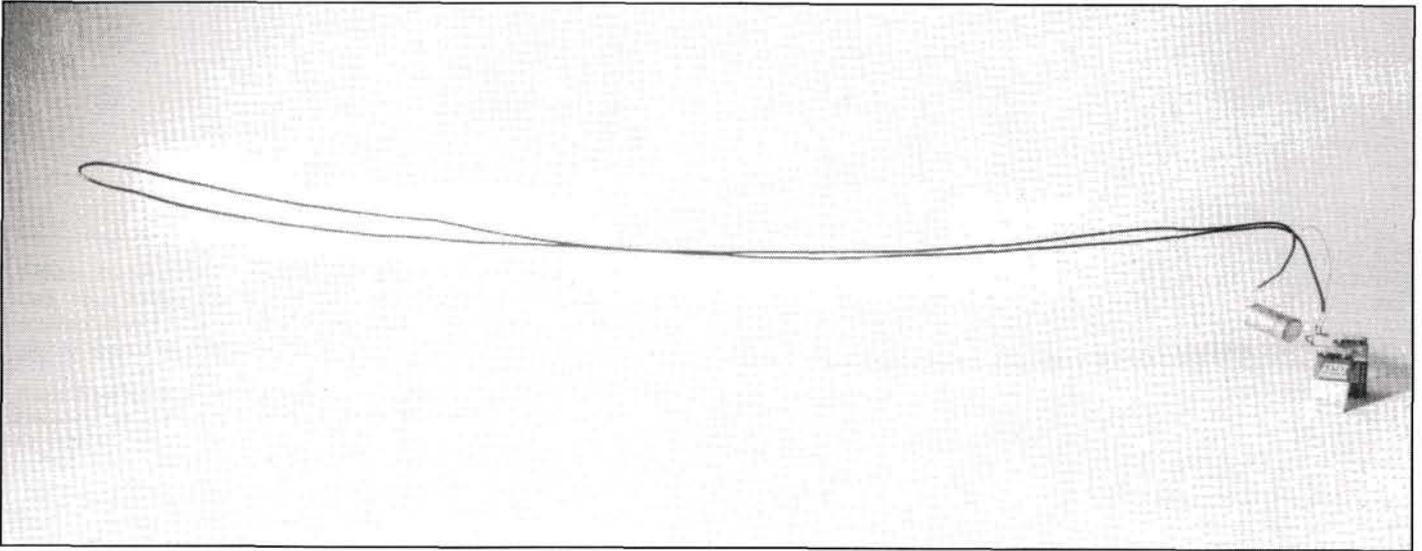


Figure 1 - Les conducteurs doivent pendre légèrement et leur écartement ne doit pas dépasser quelques millimètres. Ils seront parcourus par un courant d'une intensité de 45 ampères qui créera un champ magnétique très intense et très bref qui soulèvera et écartera les deux fils.

COURANTS FORTS

Le courant électrique et le magnétisme sont comme deux larrons en foire : ils vont de pair car **un courant électrique engendre toujours un champ magnétique**. Même autour d'un simple conducteur parcouru par un courant très faible règne un champ magnétique. Pour démontrer l'existence de ce champ magnétique on a recours soit à des instruments extrêmement sensibles, soit à des

courants très forts. Vous allez vous rendre compte qu'il n'est pas difficile de créer de tels courants.

Pour réaliser le montage expérimental qui vous permettra de mettre en évidence la présence d'un champ magnétique, il suffit de disposer d'un bout de fil multibrins de 1,6 m d'une section de 0,15 mm², d'un condensateur électrolytique de

4700 µF/25 V et de deux piles de 9 V. Pliez le fil au milieu et suspendez-le horizontalement sans le tendre, en veillant à ce que l'écart entre les deux conducteurs ne dépasse pas quelques millimètres. Une des extrémités du fil devra être raccordée au pôle négatif du condensateur et au pôle négatif des deux batteries montées en série. Le montage est prêt à fonctionner !

Chargez d'abord le condensateur en mettant son pôle positif en contact avec le pôle positif de la batterie pendant quelques secondes. Puis, d'un mouvement rapide, rompez ce contact et touchez le pôle positif du condensateur avec l'extrémité libre du fil multibrins. Une forte impulsion de courant décharge le condensateur brutalement. Ce courant très fort produit un champ magnétique intense qui relève et écarte brusquement les deux fils l'un de l'autre.

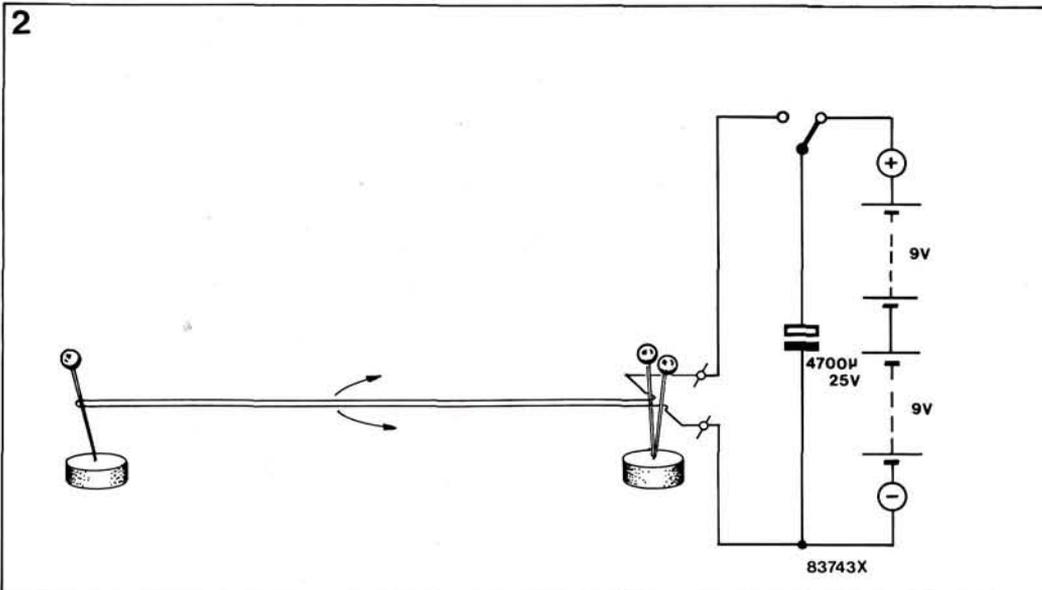


Figure 2 - Voici le schéma du montage. Le condensateur électrolytique est chargé par deux petites batteries de 9 V montées en série. Il sera déchargé à travers le conducteur.

En laboratoire nous avons mesuré la valeur instantanée du courant qui parcourt le fil et nous avons constaté qu'il atteint 45 A (ampères). Sa durée est très brève puisqu'il s'agit du courant de décharge du condensateur. Les fils retombent aussitôt dans leur position de repos, le champ magnétique ayant cessé d'exister. Si le courant intense persistait, les fils resteraient dans leur position soulevée et écartée.

L'expérience est encore plus impressionnante avec des condensateurs de plus grosse capacité et avec des tensions de charge plus élevées. (Ne dépassez pas la tension limite des condensateurs)

Dans beaucoup d'applications de l'électricité, un courant de faible intensité suffit pour donner naissance ou mettre fin à un courant de beaucoup plus forte intensité, par l'intermédiaire d'un relais. Les relais sont des composants électromécaniques, c'est-à-dire qu'ils associent une partie électrique à une partie mécanique. En effet, tout relais comporte en gros deux parties : un électro-aimant et un contact.

Tout comme sur une sonnette domestique, l'aimant est en fait une bobine avec un noyau ferreux qui concentre l'induction magnétique de la bobine. On peut donc également considérer une sonnette comme un relais. C'est ce que montre la figure 1. Le symbole de la bobine d'un relais est un rectangle avec une diagonale.

Actuellement, en électronique, on utilise fréquemment des relais de petite taille, voire de très petite taille. Un relais de ce genre comporte généralement plusieurs contacts inverseurs, c'est-à-dire qu'il établit un contact au repos et en établit un autre au travail. Pour actionner ces inverseurs, la bobine doit délivrer suffisamment de puissance magnétique, laquelle n'est produite

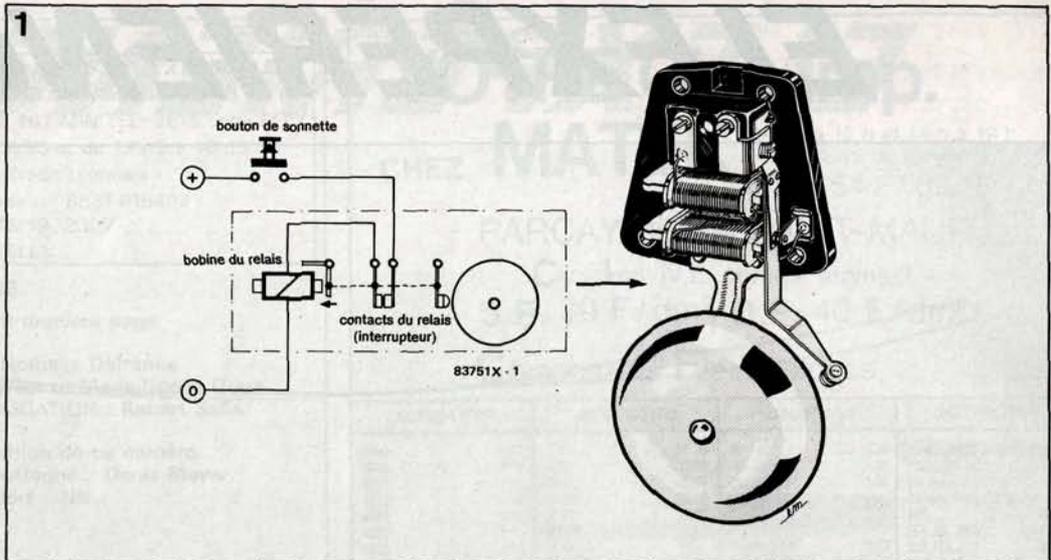


Figure 1 - Puisqu'un électro-aimant qui actionne un levier est appelé un relais, nous pouvons dire aussi d'une sonnette qu'elle est un relais...

RELAIS

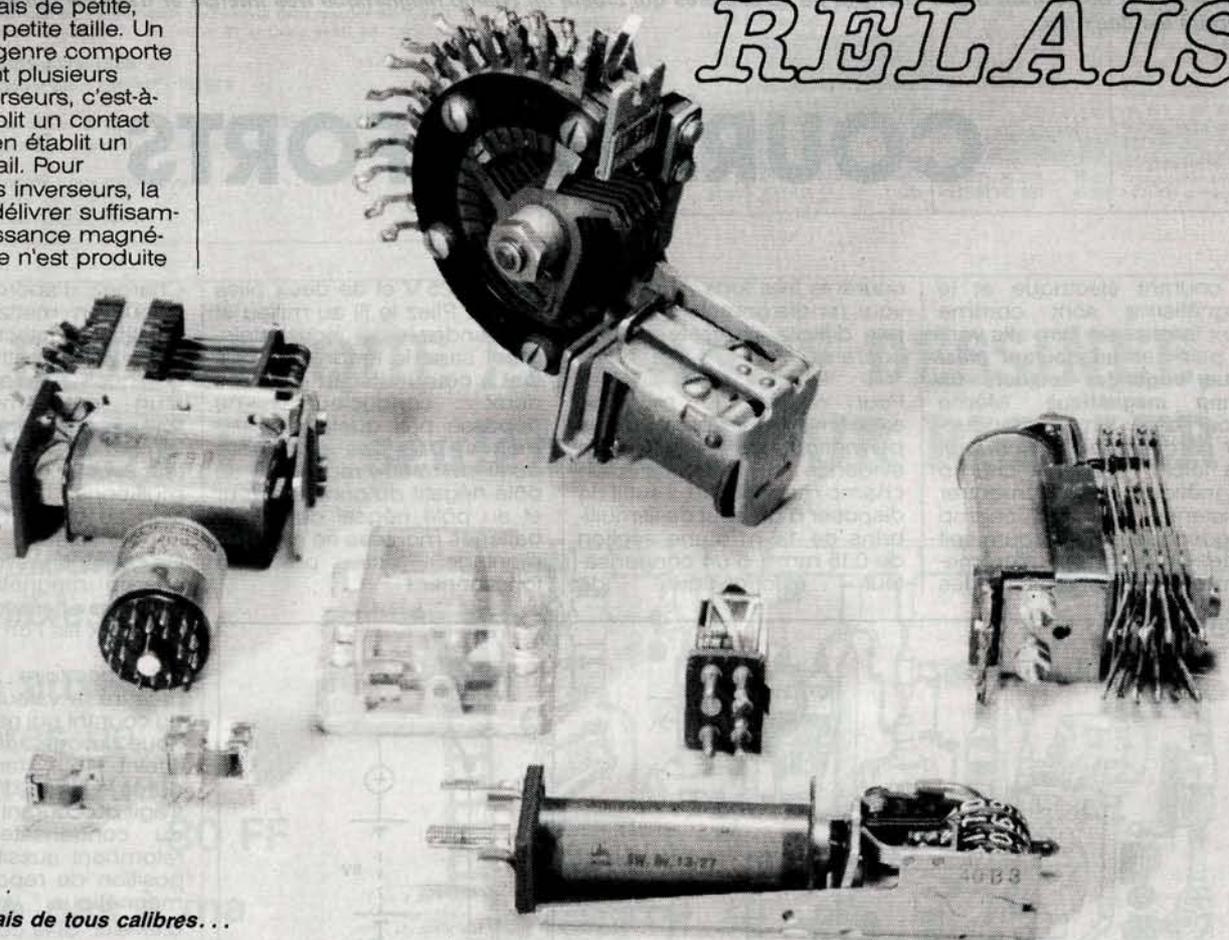


Figure 5 - Relais de tous calibres...

que s'il circule un courant d'intensité assez élevée. Pour de tels relais, l'intensité du **courant d'excitation** est comprise entre 20 et 200 mA.

Le plus souvent, c'est la tension (et non le courant) nécessaire à l'excitation du relais qui sera indiquée (6 V, 12 V, 25 V par exemple). D'une manière générale il est admis que plus la tension

Avec un simple bouton, on fait monter un ascenseur, retentir une alarme, démarrer un bateau. Petites causes, grands effets. Grâce à un relais, bien entendu!

2

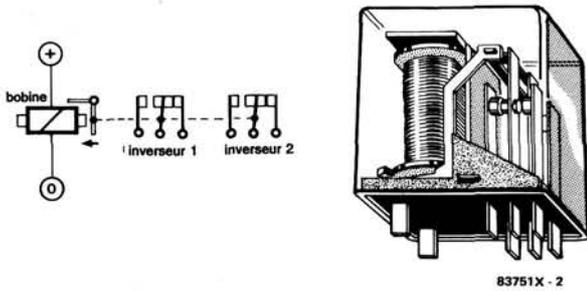


Figure 2 - Un relais à contacts inverseurs et multiples. Dans ce cas, nous avons à faire à deux contacts inverseurs parfaitement indépendants l'un de l'autre (si ce n'est qu'ils sont commandés par le même électro-aimant).

sera élevée, plus le courant nécessaire sera de faible intensité.

plus l'intensité du courant d'excitation sera élevée.

L'étape suivante consiste à observer si les caractéristiques de la bobine sont indiquées dessus. Parfois on trouve les indications du courant ou de la tension, souvent on ne trouve que trois ou quatre chiffres qui indiquent le nombre de spires de la bobine. Plus ce chiffre est élevé, plus grande sera la tension et par conséquent plus petit sera le courant. Il arrive aussi que la bobine ait un ou plusieurs points de branchement. C'est alors un véritable exercice d'investigation qui consiste à faire un test de continuité à l'aide d'un testeur approprié (ou à l'aide d'un multimètre utilisé en ohmmètre, sur un petit calibre). Pour cette dernière étape on connecte une pile (ou mieux une alimentation stabilisée) sur le relais et l'on observe rapidement s'il y a une réaction. Il ne peut rien arriver de fâcheux, car les relais sont des composants robustes.

DES RELAIS VARIÉS

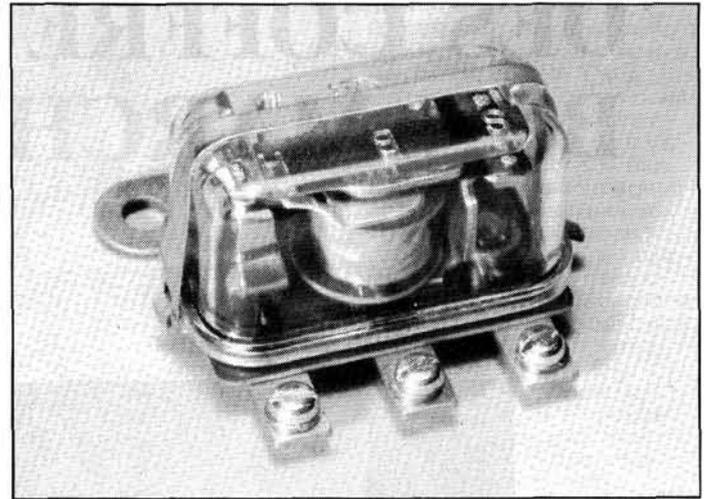
Les relais existent sous des formes variées. Le relais Reed (figure 3) ou interrupteur à lame souple (ILS) (quand il est dépourvu de bobine d'excitation) en est un exemple intéressant. La plupart des relais Reed n'ont qu'un seul contact encapsulé dans un petit tube de verre hermétique. La bobine est enroulée autour de ce tube. Ce type de relais est très sensible : Un courant de faible intensité (de 10 à 20 mA selon le nombre de spires de la bobine) suffit à l'exciter.

Un autre type très commun, est le relais-contacteur (figure 4) utilisé notamment pour commander l'avertisseur sonore des automobiles. Ils sont certes très faciles à trouver mais difficiles à utiliser pour d'autres applications. Nous seulement ils consomment trop de courant (jusqu'à 500 mA), mais de plus l'un des deux contacts est généralement relié à l'une des bornes de la bobine.

On trouve encore bien d'autres types de relais. Les acharnés de la récupération en savent quelque chose. La figure 5 en montre une petite collection. Que faire lorsque l'on tombe sur un exemplaire aux caractéristiques inconnues ? D'abord, il faut l'ouvrir (si nécessaire), puis actionner le levier en appuyant dessus avec un doigt en direction de la bobine. Cette manipulation fournit deux informations fondamentales sur le type de relais : le mode de commutation (le relais établit un contact au repos ou au travail, ou encore dans l'un et l'autre cas), et la force d'attraction nécessaire. Plus la force exercée est grande,

UNE ANGE GARDIEN POUR LE TRANSISTOR

Si l'on veut commander un relais avec un transistor ou avec un circuit intégré, il est prudent (et même indispensable) de connecter une diode en parallèle sur la bobine, en la polarisant en inverse comme indiqué sur la figure 6. Les bobines présentent une self-inductance et ont de ce fait pour caractéristique de s'opposer aux variations du courant. Le courant qui traverse la bobine "vers le bas", va, après blocage du transistor, être réinjecté "vers le haut" par l'intermédiaire de la diode. En l'absence de diode, l'énergie encore accumulée dans la bobine au moment où le transistor se bloque, ne parviendrait pas à s'échapper; elle provoquerait une augmentation de la tension aux bornes de la bobine, à tel point qu'à un



3

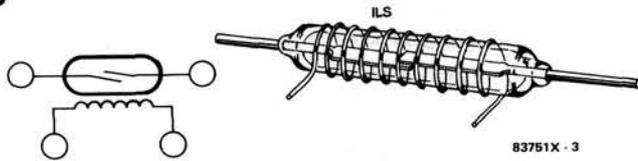


Figure 3 - Le relais Reed composé d'un interrupteur à lame souple autour duquel sont enroulées les quelques spires de la bobine.

4

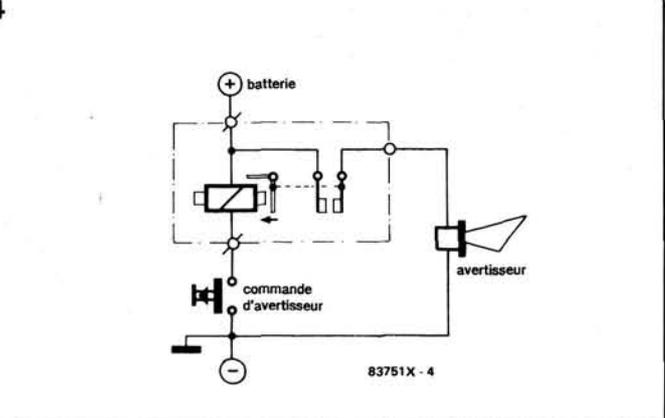


Figure 4 - Les relais contacteurs utilisés pour commander certains accessoires auto présentent parfois la caractéristique d'avoir une liaison entre la bobine et l'un des contacts. Ce sont des relais de puissance qui consomment un courant de forte intensité.

moment donné, le potentiel (c'est-à-dire la tension) de collecteur du transistor devient positif par rapport au potentiel de la ligne d'alimentation. Et c'est là que le transistor s'en irait *ad patres* s'il n'était protégé par la diode, son ange gardien. Grâce à elle, le potentiel à la polarité inverse et dangereuse aux bornes de la bobine s'effondre, et la tension de collecteur du transistor ne dépasse jamais le potentiel d'alimentation de plus de 0,6 V. Et oui, il ne faut pas oublier de prendre en compte le seuil de tension de la diode qui ne se met à conduire qu'une fois que la tension induite dans la bobine a atteint 0,6 V. . .

6

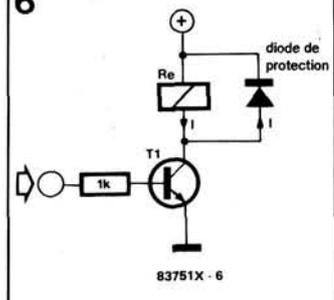
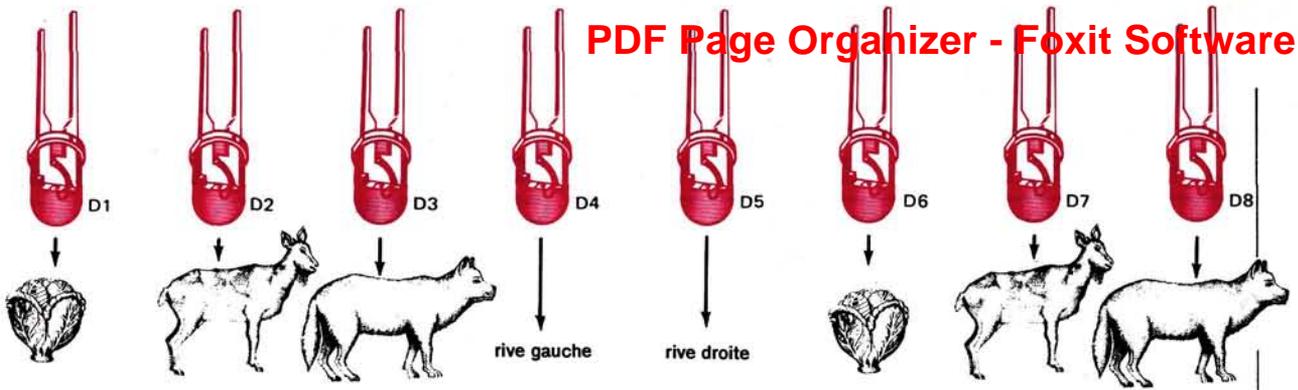


Figure 6 - La diode de protection ou d'étouffement est indispensable aux bornes de la bobine d'un relais chaque fois que celui-ci est commandé par un transistor (ou un circuit intégré).

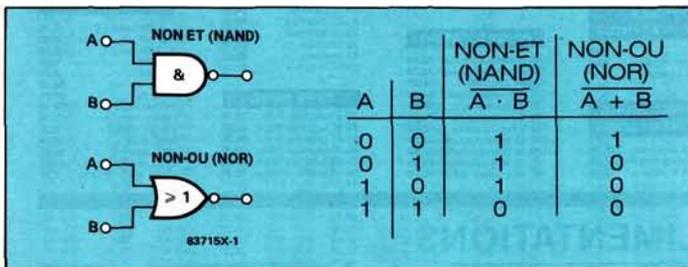


la logique sans hic

4ème partie

ménager la chèvre et le chou, un vieux problème résolu par la logique électronique

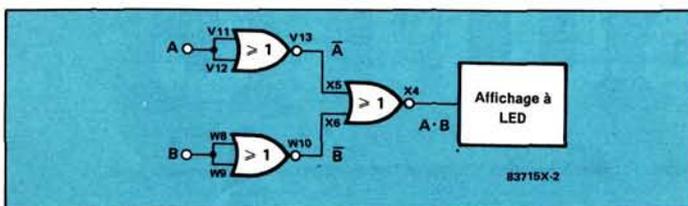
Le mois passé, nous avons reparlé des combinaisons logiques NON-ET (NAND; la sortie est à "1" sauf quand les entrées sont elles-mêmes toutes les deux à "1") et NON-OU (NOR; les sorties ne sont à "1" que lorsque les entrées sont toutes deux à "0"). La nature de ces fonctions rend leur table de vérité assez facile à retenir. Il est temps maintenant de mémoriser ces tables une bonne fois pour toutes.



Ce petit rappel n'est pas tellement innocent puisqu'il nous ramène droit aux deux colles qui vous ont été proposées. Il s'agissait en premier lieu d'établir une fonction ET à l'aide d'opérateurs NON-OU (NOR). La table de vérité de cette combinaison s'écrit comme ceci :

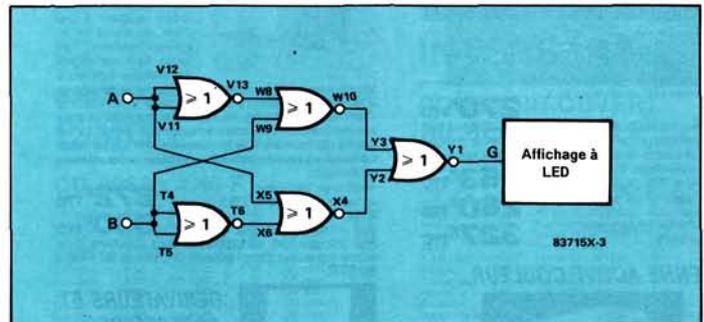
A	B	NON-OU (NOR) $A + B$	ET (AND) $A \cdot B$
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

L'état des entrées doit être inversé, comme nous l'avons déjà fait lorsque nous avons créé la fonction OU à l'aide d'opérateurs logiques NON-ET. Comme inverseurs, nous utiliserons des opérateurs NON-OU dont les entrées seront pontées.



A	B	\bar{A}	\bar{B}	$\bar{A} + \bar{B}$	$\overline{\bar{A} + \bar{B}} = A \cdot B$
0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1

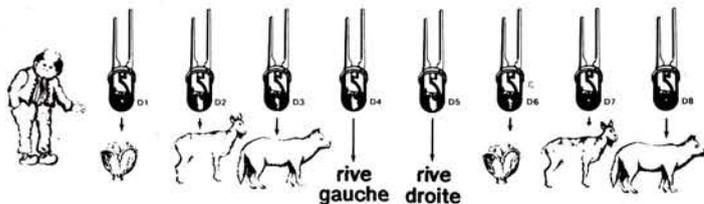
Dans la deuxième colle, il s'agissait de découvrir la nature de la fonction obtenue en réalisant le montage suivant à l'aide d'opérateurs NON-OU.



(L'opérateur V monté en inverseur, est un opérateur NON-ET sur la platine DIGILEX). La solution est très simple. Lorsqu'on essaye le montage, on constate que la sortie indique si les deux entrées sont dans le même état.

Cet opérateur est appelé OU inclusif, ou NON-OU exclusif (cette fonction est donc l'inverse de la fonction OU exclusif; la sortie n'est à "1" que lorsque les entrées sont au même niveau haut ou bas). On lui donne aussi le nom de fonction d'équivalence dont voici la table de vérité :

A	B	\bar{A} (V13)	\bar{B} (T6)	$\bar{A} + \bar{B}$ (W10)	$A + \bar{B}$ (X4)	Y1
0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1



LE LOUP, LA CHEVRE ET LE CHOU

Et maintenant voici notre petit problème de logique. Un paysan arrive sur la berge d'un rivière. Il veut la traverser dans sa petite barque, mais se trouve confront   à un problème ardu, car il doit emmener trois compagnons : un loup, une chèvre et un chou. Or la barque est trop petite pour tout ce monde, au point qu'il ne peut embarquer qu'un seul de ses compagnons à la fois. Il devra donc faire plusieurs voyages. Mais que va-t-il se passer s'il abandonne le chou à la convoitise de la chèvre, sur la même rive, alors qu'il traverse la rivière avec le loup; ou s'il livre la chèvre aux crocs du loup pendant qu'il traverse avec le chou ?

L'électronique vous permet de résoudre ce problème, en faisant appel aux 12 opérateurs logiques de la platine DIGILEX et moyennant l'établissement de 28 liaisons câblées. Le circuit indiquera sur quelle rive se trouvent les animaux et le chou, mais aussi s'il y a danger pour le chou **ou** pour la chèvre (dans cette histoire le loup ne risque rien).

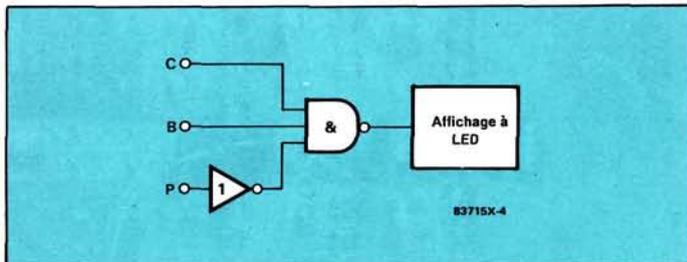
DEFINITIONS

Avant de se mettre au travail, il est nécessaire de définir clairement les conventions. Pour les opérateurs logiques intégrés, la tension de 5 V correspond à l'état logique 1, et la tension de 0 V à l'état logique 0. L'utilisateur, c'est-à-dire vous, devra informer son circuit de l'endroit où se trouvent les quatre acteurs : le loup, la chèvre, le chou et le paysan. Pour cela on attribue une entrée à chacun des personnages. **Celui dont l'entrée est à l'état logique "0", se trouve sur la rive droite. Une entrée à l'état "1" indique que le personnage correspondant est sur la rive gauche.** Les trois premières LED indiquent si le chou (D1, point de connexion A), la chèvre (D2, point de connexion B), ou le loup (D3, point de connexion C) se trouvent sur la rive gauche. Les LED D6 (F), D7 (G), D8 (H) indiquent qu'ils se trouvent sur la rive droite. Les LED D4 (D) et D5 (E) s'allument s'il y a danger respectivement sur la rive gauche **ou** sur la rive droite. (Installez votre platine DIGILEX le long du bord supérieur de cette page, et profitez ainsi de l'illustration correspondant à la signification des différentes LED). Les quatre entrées du circuit seront pourvues chacune d'un fil permettant de les mettre à l'état "0" ou "1". Le point de connexion K13 est l'entrée du chou (C = chou), L10 celle de la chèvre (B = bique), M4 celle du loup (L = loup) et N2 celle du paysan (P = paysan).

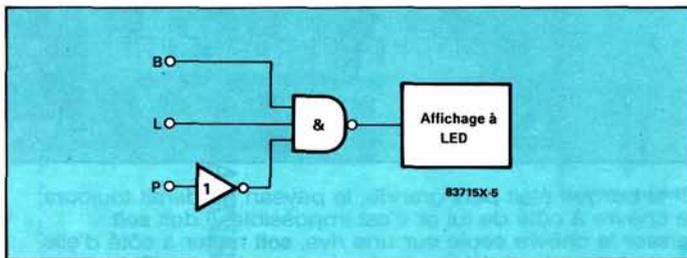
LE CIRCUIT

Installez d'abord le câblage des LED. Les trois LED de gauche doivent s'allumer si les entrées correspondantes sont au niveau logique "1". Pour vérifier, il suffit d'installer les connexions A-K13, B-L10 et C-M4. On n'a pas prévu de LED pour le paysan puisqu'il pilote la barque. Les trois LED de droite doivent s'allumer si les entrées correspondantes sont raccordées à la piste "0". Il faut pour cela, placer des inverseurs entre les entrées et les sorties. A cette fin vous utiliserez des opérateurs NON-ET (NAND) dont une entrée restera "en l'air". Le circuit intégré interprète cela comme un état logique "1". Vous établirez donc les connexions : F-K11, G-L8 et H-M6.

Il est néanmoins préférable soit d'interconnecter les deux entrées des opérateurs utilisés en inverseurs, soit de forcer l'entrée inutilisée au niveau "1" en la portant au potentiel de la tension d'alimentation par un câblage approprié. Il reste à mettre en place le dispositif d'alarme (LED D et E) pour les cas où la chèvre **et** le chou, ou bien le loup **et** la chèvre se trouveraient seuls sur une rive en l'absence du paysan. Le circuit comporte donc deux parties pour chaque rive. Commençons par celui de la rive gauche. Il y a danger si nous nous trouvons dans la situation suivante : C="1", B="1" et P="0", c'est-à-dire quand chèvre et chou sont seuls. Dans ce cas la LED D doit s'allumer. Le circuit logique qui réalise cette situation est simple :



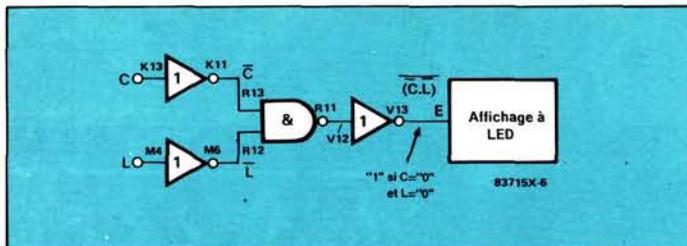
L'autre situation dangereuse (loup et chèvre seuls) s'écrit : B="1", L="1" et P="0". Tout comme pour la première situation, le circuit adéquat est un opérateur logique ET à trois entrées :



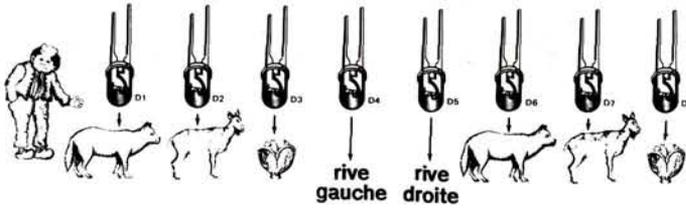
Il n'existe malheureusement pas d'opérateur ET à trois entrées sur notre platine. Il faut donc trouver une autre solution, sans toutefois avoir recours aux solutions mathématiques qui nécessiteraient une connaissance d j   approfondie de l'algèbre de Boole. Contournons le problème en nous posant la question inverse : *quand n'y a-t-il pas de danger ?* La réponse à cette question est plus facile à obtenir avec les moyens dont nous disposons. Une fois le problème résolu, il suffit d'inverser le résultat obtenu, afin de donner l'alarme en cas de danger. Cette inversion est possible avec les opérateurs que nous utilisons puisqu'ils sont tous pourvus d'un inverseur.

Il suffit à présent de combiner les deux circuits (chèvre-chou et chèvre-loup) avec un opérateur OU pour former le circuit d'alarme complet d'une rive.

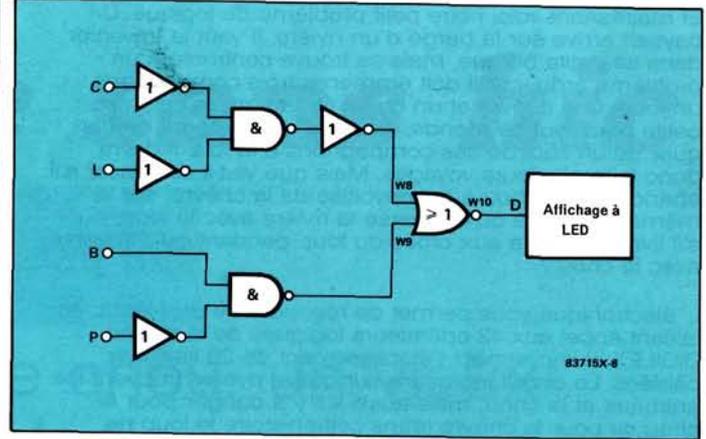
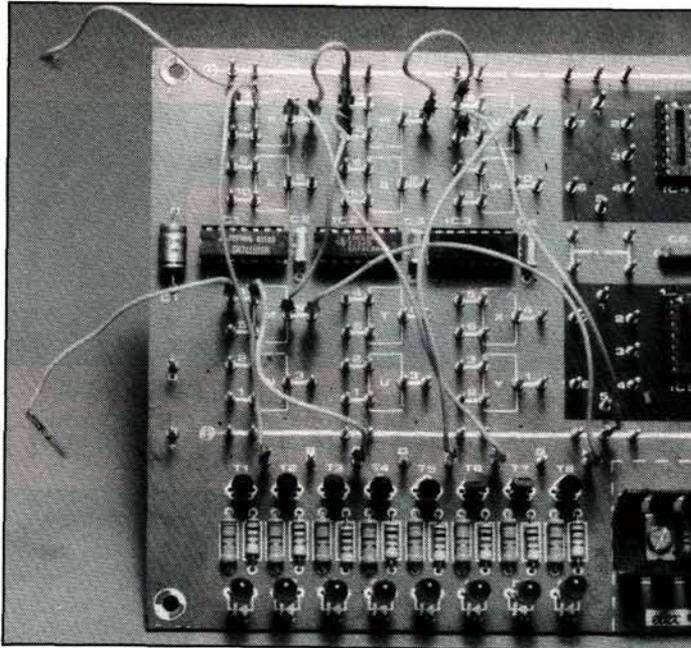
Remarquez que la chèvre joue un rôle essentiel dans ce problème puisqu'à la fois, elle convoite le chou et elle est convoitée par le loup. Le paysan n'a vraiment la paix que si la chèvre se trouve seule sur une rive, les deux autres acteurs étant sur l'autre rive. Dans cette situation, les entrées C et L sont simultanément au niveau logique "0" : la sortie du circuit ci-dessous se trouve alors au niveau "1".



Puisque nous avons d j installé des inverseurs aux entrées C et L, le câblage sera très simple. L'opérateur logique R réalise la fonction NON-ET (NAND) et l'opérateur NON-OU V (NOR), sert d'inverseur. Voici le câblage à installer : K11-R13, M6-R12, R11-V12 et V13-0. Pour faire un essai, établissez la liaison V13-E (indicateur).



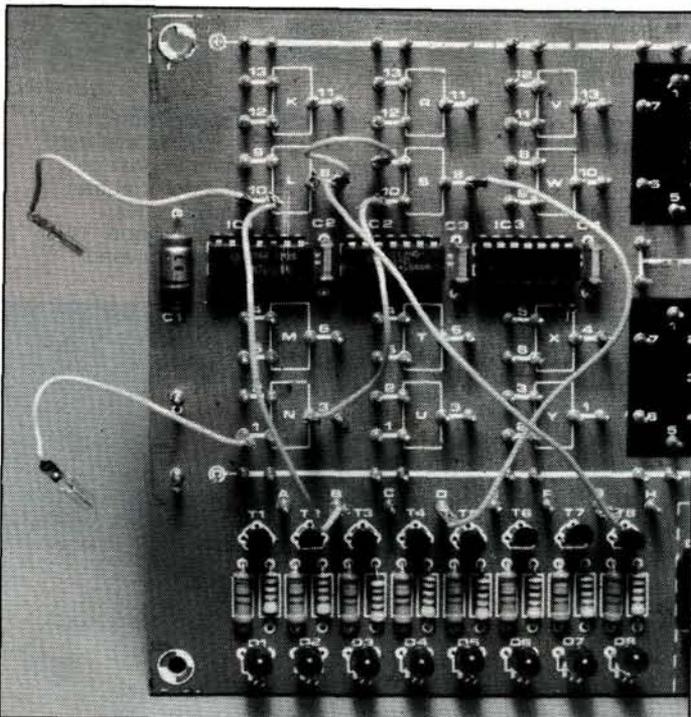
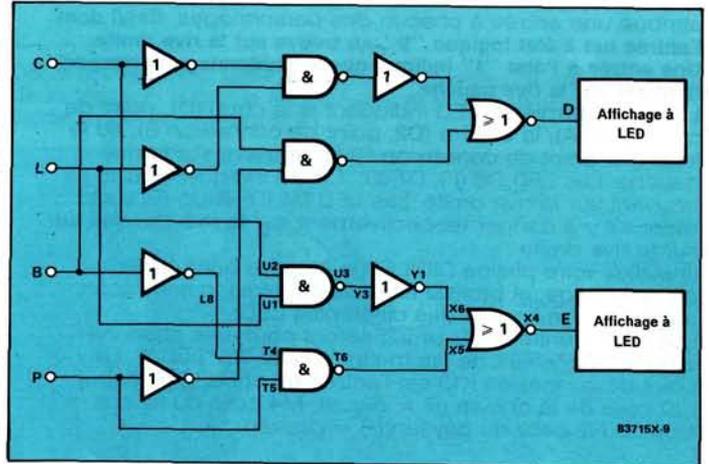
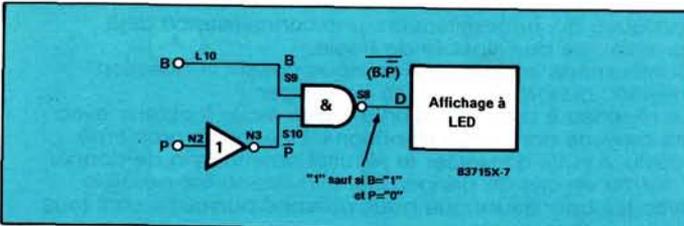
Voici le câblage de ce circuit :
 L10-S9 (il faut au préalable modifier B-L10 en B-S9),
 N3-S10 et
 S8-D.
 Cette liaison sert au test du circuit. Les deux circuits partiels étudiés ci-dessus "savent" quand les biens du paysan sont en sécurité. Puisqu'il suffit que l'un des deux circuits d'alarme soit activé, on les combine avec un opérateur NON-OU (NOR) W. La fonction OU (OR) de l'opérateur NON-OU (NOR) signale si l'une **ou** l'autre condition de sécurité est remplie. L'inverseur inverse le niveau de sortie de la fonction OU, afin que la LED D s'allume s'il y a danger sur la rive gauche.



Le câblage est le suivant :
 enlever S8-D et V13-E,
 puis placer S8-W9,
 V13-W8 et
 W10-D.

Si la barque était plus grande, le paysan garderait toujours la chèvre à côté de lui or c'est impossible. Il doit **soit** laisser la chèvre seule sur une rive, **soit** rester à côté d'elle lorsqu'elle est en présence du chou **ou** du loup. Si la sécurité est assurée de cette façon, la sortie du circuit ci-dessous est au niveau "1".

La sécurité de la rive gauche est donc assurée. Pour la rive droite, le circuit est conçu de façon identique. Ici c'est un niveau "0" et non un niveau "1" qui signale la présence d'un personnage sur la rive. Le circuit pour la rive droite est par conséquent le même que celui de la rive gauche, mais le niveau des entrées est inversé.



Il faut donc réaliser le câblage suivant :
 K13-U2 (modifier d'abord K13-A en A-U2),
 M4-U1 (modifier d'abord M4-C en U1-C),
 U3-Y3,
 Y2-O,
 Y1-X6,
 L8-T4 (modifier d'abord L8-G en T4-G),
 N2-T5,
 T6-X5,
 X4-E.

La LED E s'allume si la chèvre **ou** le chou courent un danger sur la rive gauche.
 Bonne chance, et ne vous faites pas dévorer !