

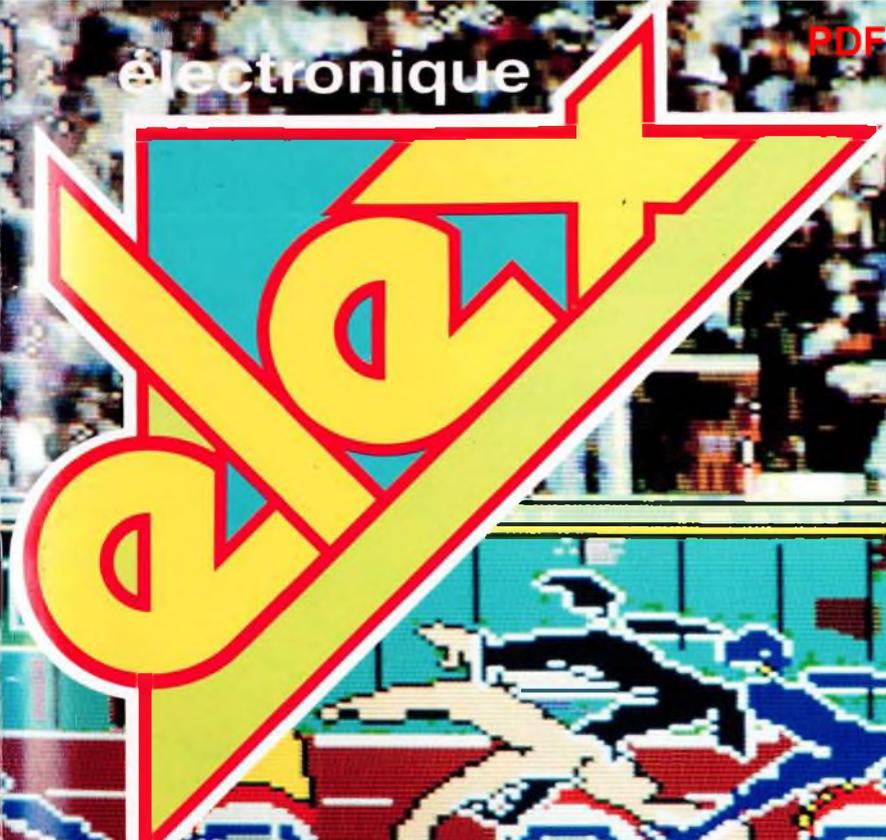
électronique

n°3

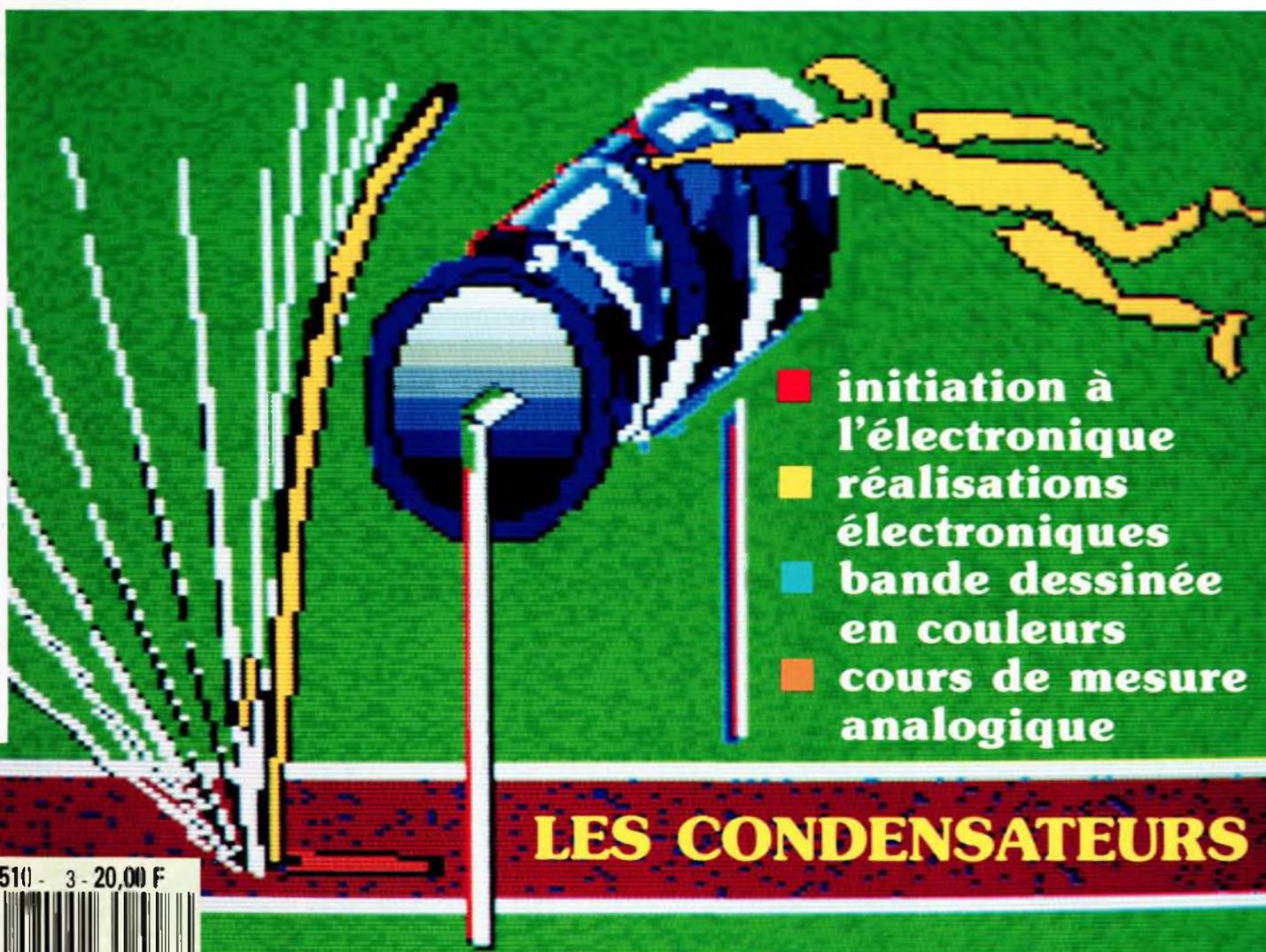
septembre 1988

46 FB/780 FS

mensuel



explorez l'électronique

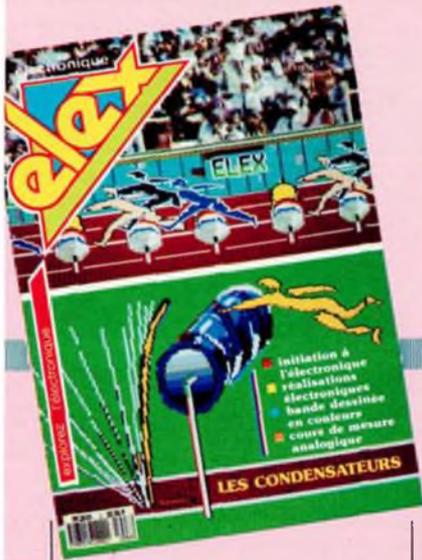


- initiation à l'électronique
- réalisations électroniques
- bande dessinée en couleurs
- cours de mesure analogique

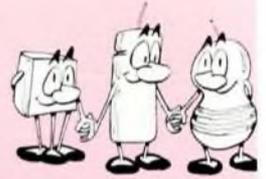
# LES CONDENSATEURS

M 2510 - 3 - 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°3

R · U · B · R · I · Q · U · E · S

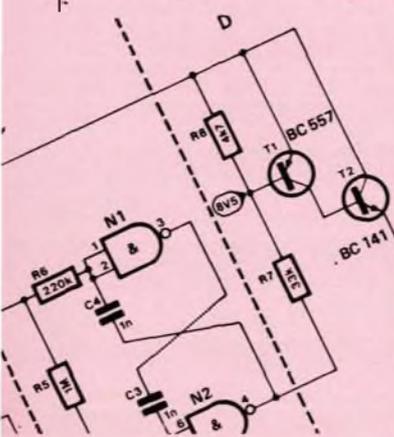
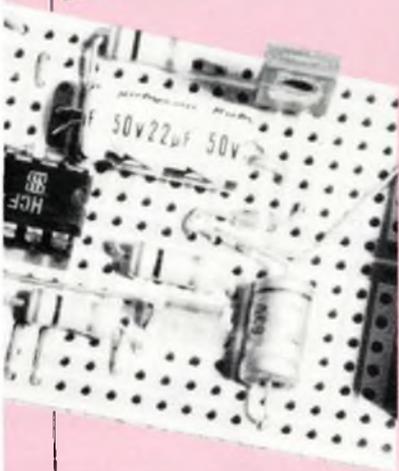
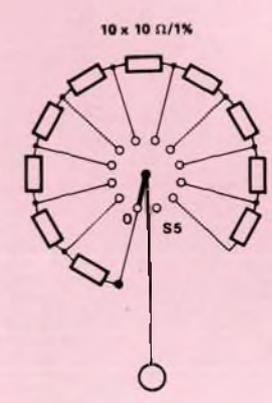
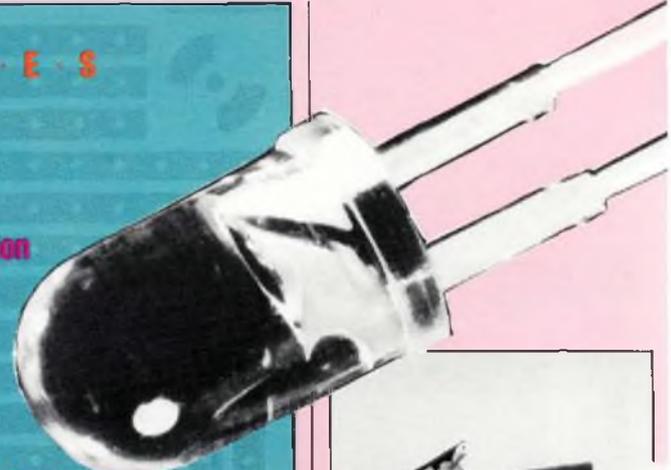
- 3 · éditorial
- 4 · courrier des lecteurs
- 9 · parions de capacité
- 16 · platines d'expérimentation
- 18 · elexcuse
- 26 · composants
- 44 · élexir

RÉSI et TRANSI

- 14 · dis donc : les diodes
- 36 · dis donc : les condensateurs
- 17 · toute la lumière sur les LED
- 32 · il y a condensateur et condensateur
- 43 · résistances en parallèle et en série
- 42 · périscope : boîtiers LAB-ZIF
- 47 · la rencontre de trois braves types
- 48 · le condensateur en régime alternatif
- 30 · la mesure analogique 3<sup>ème</sup> partie
- 57 · la logique sans hic 3<sup>ème</sup> partie

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

- POUR NE PAS PERDRE DE TEMPS :**
- 5 · minuterie électronique universelle
- POUR NE PAS PERDRE LE MORAL :**
- 12 · testeur de polarité
- POUR LE CONFORT DOMESTIQUE :**
- 23 · arrosage automatisé
- POUR MESURER :**
- 37 · thermomètre électronique
- POUR VOTRE LABO :**
- 28 · quintuple décade de résistances
- 54 · quadruple décade de résistance



## éditorial



Ceci est le troisième numéro d'ELEX, le nouveau mensuel d'initiation à l'électronique. Il est placé sous le signe du Condensateur, ascendant Diode, dans la Maison des Jeux Olympiques. Puisse cette conjonction lui être bénéfique, et son contenu répondre à quelques unes des questions que vous vous posez.

La mission d'ELEX est précisément de vous familiariser petit à petit avec tout cela. Le mois prochain, ce sera le phénomène de la self-induction, avec bien entendu des retours sur les résistances, les condensateurs, et toutes les autres connaissances déjà acquises. Nous commencerons aussi à nous intéresser de plus près au transistor. Et ainsi, de proche en proche, nous grignoterons les coins d'ombre qui auparavant vous empêchaient de vous sentir à l'aise en électronique.

En attendant d'atteindre ce nirvâna, nous avons cherché à ménager ici un équilibre entre théorie et pratique. Le sommaire ci-contre témoigne de cet éclectisme. Ne comporte-t-il pas 6 réalisations pratiques et à peu près le même nombre d'articles à caractère plus abstrait ? Sans compter la bande dessinée et les dialogues entre Rési et Transi.

Dans les deux premiers numéros, nous avons défriché le terrain en abordant les résistances, ainsi que les phénomènes de tension et de courant. Ici nous élargissons notre étude des notions de base de l'électronique avec les diodes et les condensateurs, ces composants si déroutants pour les débutants : l'un ne conduit qu'en alternatif, alors que l'autre ne conduit qu'en continu. Et encore...

Dans le même esprit, nous dosons le mieux possible le mélange de circuits logiques (ou numériques) et de circuits purement analogiques. A vous de juger, à vous d'apprécier.

Si ELEX vous a plu, parlez-en à vos amis, à vos élèves, à vos professeurs (barrez la mention inutile)...

Si ELEX vous a déplu, parlez-en à vos ennemis.

A vos fers !

*ps : le prochain numéro d'Elex paraîtra à la mi-octobre*

# NOUVEAU

CATALOGUE GENERAL  
**Selectronic**

composants et matériels électroniques professionnels



88-89  
 Tarif au 1/05/88

BP 513 - 59022 Lille Cedex - Tél. 20 52 98 52

Le grand spécialiste  
 de l'électronique 15F

Composants  
 électroniques  
 professionnels.

*disponible!*

# 88-89

### 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 un chèque de  x 15F =  F : à l'ordre de  
 SELECTRONIC.

Je désire recevoir une facture

NOM : \_\_\_\_\_ PRÉNOM : \_\_\_\_\_

SOCIÉTÉ : \_\_\_\_\_ FONCTION : \_\_\_\_\_

ADRESSE : \_\_\_\_\_

CODE POSTAL : \_\_\_\_\_ VILLE : \_\_\_\_\_

TÉL : \_\_\_\_\_ POSTE : \_\_\_\_\_

# elexprime



Merci à tous ceux qui nous écrivent, notamment pour nous encourager, nous féliciter, voire pour nous remercier. Vous êtes nombreux à nous avoir témoigné votre confiance en vous abonnant dès les deux premiers numéros. ELEX ne s'en portera que mieux.

Il nous est impossible de répondre de façon circonstanciée à chacun. Toutefois nous nous efforcerons non seulement de tenir compte des suggestions que vous avez faites, mais aussi de répondre aux questions qui nous sont posées, et ceci non par des lettres individuelles, mais par le contenu même de ce numéro d'ELEX et des suivants. C'est aussi la raison pour laquelle nous ouvrons à présent cette rubrique "elexprime".

D'autre part, bientôt sur votre MINITEL, vous pourrez communiquer directement entre lecteurs d'ELEX grâce au FORUM du serveur ELEX. Pour cela, rien de plus simple, tapez :

## 3615 ELEX

### Sans à-coups

Ayant découvert par hasard et acheté le n°2 d'ELEX, je vous félicite. En effet, désireux d'apprendre l'électronique PAR LA BASE (souligné trois fois !), je précise, votre revue est claire et explique le début, à savoir à quoi sert tel ou tel composant, avant de commencer à faire des montages. Enfin une revue de vulgarisation qui commence par le commencement. J'ose espérer que cet apprentissage se fera progressivement sans à-coups. A ce titre je vous commande le n°1 déjà paru et attends le n°3 et surtout son contenu avant de vous passer un abonnement.

**Michel Chamsavoire, 77730 St Cyr/Morin**

Voilà une sage décision. Nous espérons vous satisfaire avec ce numéro et vous convaincre que les suivants seront du même acabit.

#### Alors là, chapeau !

Enfin on nous parle un langage que l'on comprend et on n'est pas avare d'explications. Nous sommes une classe d'étudiants en électronique et on a enfin quelqu'un qui pense à nous et se met à notre portée. Vive ELEX, une fois !!!

**Michel Adolffson, 5101 Namur (Belgique)**

### Expliquez les sigles

Je suis enchanté de trouver enfin une revue d'initiation à l'électronique. Vos articles sont nombreux et variés, ce qui laisse bien augurer de l'avenir. Vous pourriez aussi indiquer où se procurer le matériel nécessaire aux montages.

Je pense qu'il serait bon de veiller à expliquer certains termes, expressions ou sigles utilisés. Que peuvent bien signifier ces HC, HCT et LS que vous utilisez dans la

rubrique "la logique sans hic" et surtout TTL ?

**Edwin GLOOR, 25000 Besançon**

Pour ce qui concerne le matériel, veuillez vous reporter aux pages de publicité dans ce magazine. Quant aux sigles, votre remarque est juste, mais il n'est pas possible de tout dire tout de suite. Cela viendra petit à petit. Vous imaginez aisément que nul ne sera plus avancé lorsque nous aurons écrit par exemple que TTL vient de transistor transistor logic, sans autre explication, non ? Une question analogue revient sous la plume de Monsieur Pierre SOGNO (73240 St Genix) qui nous demande si les circuits 74XX du livre DIGIT1 peuvent être remplacés par des 74LS. La réponse est oui, avec quelques précisions supplémentaires dans la rubrique "la logique sans hic" de ce numéro. Il nous demande aussi à propos de DIGIT 1 si le régulateur L129 peut être remplacé par un 7805, et le transformateur par une alimentation de calculatrice. Là encore, la réponse est oui.

### Une bibliothèque de catalogues

Nous avons également reçu l'édition de Juin 1988 (la plus récente) du catalogue général BERIC. Une quarantaine de pages serrées, avec des informations techniques et commerciales variées, et l'accent mis sur tout ce qui concerne la HF. Tout amateur d'électronique sérieux devrait se constituer le plus vite possible une bibliothèque de catalogues comme celui-ci; ce sont des outils indispensables dans un pays comme la France où les magasins de composants électroniques sont semés moins dru que les bistrotts et les débits de tabac. S'informer pour connaître à tout instant la disponibilité de composants,

comparer leur prix... et tirer les conclusions qui s'imposent, voilà à quoi servent les catalogues. Certains marchands se donnent beaucoup de mal pour établir leur catalogue, ils font des efforts louables pour satisfaire une clientèle souvent exigeante, parfois capricieuse, en tenant en stock un nombre élevé de composants différents. Consultez-les, faites leur confiance !



### Editer les profs

Je voudrais vous féliciter pour le 1<sup>er</sup> numéro d'ELEX. Je suis professeur de technologie et j'enseigne principalement l'électronique et la mécanique à des élèves de 4<sup>èmes</sup> et de 3<sup>èmes</sup>. J'estime que ce premier numéro répond au besoin de beaucoup d'enseignants de technologie. Je me permets de vous suggérer la proposition d'éditer des montages faits par des profs de technologie avec leurs élèves.

**Jean-Marie MOSSER, 67120 Molsheim**

Chiche ! Elex attend...

### Un grand groupe d'initiés

ELEX sera plus pédagogique et plus abordable qu'ELEKTOR qui se prend tellement au sérieux qu'il finira par concerner un petit groupe d'initiés.

**Daniel Guillermin, 94300 Vincennes**

Le groupe d'initiés va forcément s'élargir, maintenant qu'il y a ELEX.

### Robot, m'entends-tu ?

Je viens de découvrir votre revue et comme j'en suis aux balbutiements en électronique, elle tombe à point. Je suis instituteur et je viens de mettre au point un montage pour faire assimiler aisément les notions d'entrée et de sortie en robotique. Je cherche des adresses d'organismes, d'entreprises, etc susceptibles de me permettre d'exploiter mon idée.

**Bernard Lardeur, 62219 Longuenesse**

### Quel type de boîtier ?

Je viens d'acheter le n°2 d'ELEX, c'est une revue que je trouve très bien. Je pense qu'il serait intéressant que vous précisiez le type de boîtier à employer pour les réalisations que vous publiez. Par contre, il manque une partie de l'article au sujet de l'ohmmètre linéaire, page 29.

**Daniel Mazire, 76590 Belmesnil**

Il ne manque rien, c'est juste le maquettiste un peu facétieux qui a interverti deux pages, ce que le rédacteur, un peu bigleux, n'a pas remarqué. Quant aux types de coffret, on y pensera.

# CAPACITE

La notion de Capacité qui peut paraître évidente au premier abord, peut concerner aussi bien le courant qu'une pile ou un accumulateur est capable de fournir, que la capacité de stockage d'un condensateur que l'on peut aussi se représenter comme un réservoir d'électricité.

Nous allons essayer d'indiquer exactement les différentes significations du mot "Capacité" suivant les éléments auxquels s'applique ce terme.

## ACCUMULATEUR

La capacité d'un accumulateur est la quantité d'électricité stockée (sous forme chimique) dans l'accumulateur et qu'il sera capable de restituer.

On dit par exemple d'un accumulateur de voiture qu'il a une capacité de 44 Ah. Cette unité, l'ampère-heure, est une puissance précise. Si un accumulateur peut fournir un courant de 10 A pendant 4,4 heures (4,4 h = 4 heures et 24 minutes) on pourra dire que sa capacité est de 44 Ah.

Si l'on multiplie la capacité de l'accumulateur (en Ah) par la tension nominale de cet accumulateur, on obtiendra la valeur de la Puissance de l'énergie électrique disponible dans cet accumulateur.

Si notre accumulateur de 44 Ah a une tension de 12 V, la puissance disponible sera d'environ 1/2 kW.

$$12 \text{ V} \times 44 \text{ Ah} = 528 \text{ VAh} = 528 \text{ Wh}$$

## PILE

Une pile n'est pas un réservoir d'électricité, puisqu'on ne la charge ni ne la recharge; elle produit elle-même de l'électricité. On peut néanmoins considérer le temps pendant lequel la pile est capable de fournir un courant, le mesurer et obtenir ainsi une indication de la capacité de la pile. Selon le mode d'utilisation de la pile et de calcul, le résultat (temps x

Arrobe, bock, boujaron, canon, conge, hémine, muid, setier, velte... sont autant de mesures de capacité que vous ne connaissiez sans doute pas toutes. Et le farad? S'il ne vous est pas encore familier, il ne va pas tarder à le devenir, tout comme l'ampère-heure.

courant) ne sera pas toujours le même, car la capacité paraîtra plus grande si on utilise la pile d'une manière intermittente, en la laissant se reposer de temps en temps, plutôt que de l'utiliser d'une manière continue, comme si cette pile se régénérerait un peu pendant les temps d'arrêt. De même si le courant demandé à la pile est faible, elle pourra le fournir pendant un temps plus long.

Ainsi une pile alimentant un récepteur radio à transistors pourra fonctionner pendant 250 heures environ, alors que la même pile alimentant une lampe de poche aura une durée de vie de 23 heures seulement. La lampe de poche consomme donc environ dix fois plus de courant que le récepteur à transistors.

La tension nominale d'un élément de pile à couple Zinc-Charbon est de 1,5 V au début de la période d'utilisation. La tension en fin de période d'utilisation dépend de l'appareil; les uns acceptent une tension de service minimale relativement basse,

alors que d'autres s'arrêtent de fonctionner avec des valeurs de tension de service encore élevées.

Il sera donc nécessaire de prévoir une capacité de pile plus élevée pour la lampe de poche que pour le récepteur à transistors, si l'on veut obtenir une durée de vie normale.

Pour un magnétophone à cassettes, la tension minimale de fonctionnement est de 1 V (par élément de pile bien sûr), donc la durée de fonctionnement ne dépassera pas 16 heures environ. On pourra toujours utiliser dans une lampe de poche une pile devenue trop faible pour le magnétophone à cassettes!

Le **tableau 1** donne les informations sur les conditions d'utilisation des piles standard, miniatures (par élément) et 9 V, en indiquant les impédances approximatives correspondantes aux différents matériels utilisant ces piles.

La dernière colonne du tableau montre que le stockage prolongé des piles empêche celles-ci d'atteindre leur

durée d'utilisation normale et qu'il est préférable d'utiliser des piles de fabrication récente.

## CONDENSATEURS

Lorsque l'on parle de capacité pour un condensateur, il est en règle générale inutile (sauf dans certains cas) de parler de courant de charge ou de tension de charge. Ce n'est donc pas en ampère-heure que sera indiquée la capacité d'un condensateur mais en **farad** (symbole: **F**, en hommage à Mr Faraday, qui habitait dans une fameuse cage, comme chacun sait). Cette unité est définie par "Un Ampère-heure par Volt" suivant la relation :

$$1 \text{ F} = 1/3600 \times 1 \text{ Ah}/1 \text{ V} = 1 \text{ As}/1 \text{ V}$$

(1 ampère-heure = 3600 ampères-seconde; 1 Ah = 3600 As)

Si l'on recherche par exemple la capacité en farad d'une batterie d'automobile 12 V et 44 Ah, on arrivera à la capacité suivante :

$$44 \text{ Ah}/12 \text{ V} = 3,7 \text{ Ah}/\text{V} = 3,7 \times 3600 \text{ As}/\text{V} = 13320 \text{ F}$$

Plus de 13000 farads, ce qui est une capacité énorme. Les valeurs de capacité utilisées principalement en électronique pour les condensateurs sont une minuscule fraction du farad puisqu'elles se nomment picofarad (pF), nanofarad (nF), microfarad ( $\mu\text{F}$ ) et éventuellement le millifarad (mF).

$$1 \text{ pF} = 0,000 \ 000 \ 000 \ 001 \text{ F} \quad (1 \text{ millième de milliardième de farad})$$

$$1 \text{ nF} = 0,000 \ 000 \ 001 \text{ F} \quad (1 \text{ milliardième de farad})$$

$$1 \ \mu\text{F} = 0,000 \ 001 \text{ F} \quad (1 \text{ millionième de farad})$$

$$1 \text{ mF} = 0,001 \text{ F} = 1000 \ \mu\text{F} \quad (1 \text{ millième de farad})$$

Les condensateurs utilisés dans les montages électroniques ont une capacité faible. On les utilise en courant alternatif s'ils ne sont pas polarisés (les condensateurs électrolytiques ne sont utilis-

**PILE 1,5 V/R20/MONO**

Utilisation	Conditions de l'épreuve			Normes	Durée de service	
	Résistance	Durée	Tension fin util.		Fraîche	Après 2 ans de stockage
Radio-transistor	40 Ω	4 h/j	0,9 V	CEI	250 h	225 h
Lampe de poche	5 Ω	30 m/j	0,9 V	CEI	32 h	29 h
Lampe de poche	4 Ω	4 m/j; 8 h/j	0,9 V	CEI	24,2 h	21,8 h
Magnéto-cassette	3,9 Ω	1 h/j	1,0 V	CEI	16 h	14 h
Lampe de poche	3,9 Ω	30 m/j	0,9 V	—	23 h	20,7 h
Jouets	2,2 Ω	1 h/j	0,8 V	CEI	9,5 h	8,3 h
Lampe de poche	2,2 Ω	4 m/j; 8 h/j	0,9 V	—	10,9 h	9,8 h
Rasoir ou brosse à dents	2,2 Ω	5 m/j	0,9 V	CEI	12,8 h	11,5 h

**PILE 1,5 V/R14/BABY**

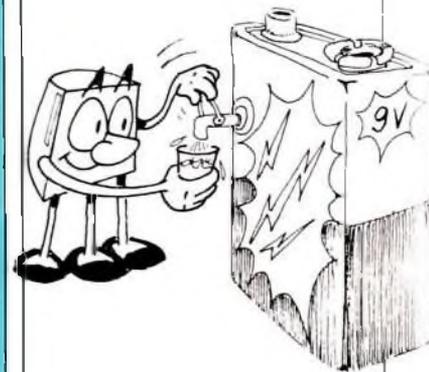
Utilisation	Conditions de l'épreuve			Normes	Durée de service	
	Résistance	Durée	Tension fin util.		Fraîche	Après 2 ans de stockage
Radio-transistor	75 Ω	4 h/j	0,9 V	CEI	190 h	171 h
Radio-transistor	39 Ω	4 h/j	0,9 V	—	86 h	77 h
Magnéto-cassette	6,8 Ω	1 h/j	1,0 V	CEI	11 h	9,9 h
Calculatrice	5,6 Ω	30 m/j	0,9 V	CEI	12 h	10,8 h
Lampe de poche	5 Ω	10 m/j	0,9 V	CEI	14,1 h	12,7 h
Jouets	3,9 Ω	1 h/j	0,8 V	CEI	5,5 h	4,9 h
Lampe de poche	3,9 Ω	10 m/j	0,9 V	—	8,8 h	7,9 h
Rasoir ou brosse à dents	2,2 Ω	5 m/j	0,9 V	CEI	4,6 h	4,1 h

**PILE COMPACTE 9 V**

Utilisation	Conditions de l'épreuve			Normes	Durée de service	
	Résistance	Durée	Tension fin util.		Fraîche	Après 2 ans de stockage
Radio-transistor	900 Ω	4 h/j	5,4 V	CEI	47 h	39,9 h
Radio-transistor	620 Ω	2 h/j	5,4 V	—	30 h	25,5 h
Magnéto-cassette	180 Ω	1 h/j	5,4 V	CEI	5,3 h	4,5 h
Calculatrice	180 Ω	30 m/j	4,8 V	CEI	8,7 h	7,4 h

**Tableau 1 - Ce tableau donne, pour les éléments de piles au Zinc-Charbon, et suivant l'équipement considéré, la résistance équivalente, la durée de décharge par jour (en heure/jour ou en minute/jour), la tension en fin de vie.**

bles qu'en courant continu ou redressé). Dans les circuits électroniques, il faut faire toujours très attention aux caractéristiques inscrites sur les condensateurs et en particulier à la tension maximale admise. Les explosions de condensateurs sont rarement inoffensives et toujours aussi bruyantes que malodorantes.



## Communiqué relatif à l'article "Régénérer des piles"

Dans une lettre qu'il nous adresse, le "Syndicat des fabricants français de piles, boîtiers et appareils d'éclairage électrique portatifs utilisant des piles sèches" nous fait part de son point de vue sur l'article que nous avons publié dans le n°1 d'ELEX, page 25. Voici la position de ce syndicat :

«[...]l'idée de régénérer des piles, malgré la distinction qui est faite à la fin de l'article entre "régénérer des piles", malgré l'avertissement figurant en sous-titre "à condition de s'y prendre bien et au bon moment", paraît dangereuse. Votre article s'adresse, comme vous l'indiquez, aux bricoleurs, à des inventeurs, ainsi tout lecteur de votre revue pourra s'amuser à "bricoler" un dispositif sur lequel sera branché n'importe quel type de pile, s'exposant au risque de voir la pile éclater.

Il est bien entendu que les piles ne sont pas rechargea-

bles. Aussi, nous semble-t-il dangereux d'inciter le grand public à ce genre d'activité. A ce sujet, nous vous rappelons l'existence d'une norme UTE C 59-120 "Conseils pratiques pour l'utilisation des piles électriques", et notamment le 61<sup>ème</sup> alinéa de ses conseils aux utilisateurs. [...]

A bon entendeur, salut !

**SYNDICAT DES FABRICANTS FRANÇAIS DE PILES, BOÎTIERS ET APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE PORTATIFS UTILISANT DES PILES SECHES**  
11, rue Hamelin  
75783 PARIS Cedex 16

### BATTERIES DE PILES MONTÉES

Ces batteries s'emploient pour la recharge des accumulateurs, travaux de laboratoire, et pour actionner des petits moteurs électriques de démonstration.

**505.** Batterie de piles, à 4 éléments, avec récipients verre, vases poreux, charbons en forme, siéga amalgamés dans le massif, canalisation de vidange des liquides épousés. Appareil de montage et descente des zincs, à l'aide d'une manivelle. Modèle convenant pour la recharge simultanée de 2 accumulateurs de 4 volts et pour l'éclairage de lampes de 4 bougies, haut. 50 cm, larg. 25 cm..... 50. »

**506 A.** La même batterie, à 8 éléments, pour la charge de 4 accumulateurs de 8 volts et l'éclairage de lampes de 8 bougies, haut. 50 cm, long. 85 cm, larg. 25 cm..... 63. »

**506 B.** La même batterie, à 8 éléments, pour la charge de 4 accumulateurs de 8 volts et l'éclairage de lampes de 8 bougies, haut. 50 cm, long. 70 cm, larg. 25 cm..... 80. »

# un testeur de polarité indépendant de la tension d'alimentation

L'intérêt de cette réalisation n'est pas seulement pratique, mais aussi théorique, dans la mesure où il constitue un exemple simple d'utilisation d'une source de courant constant.

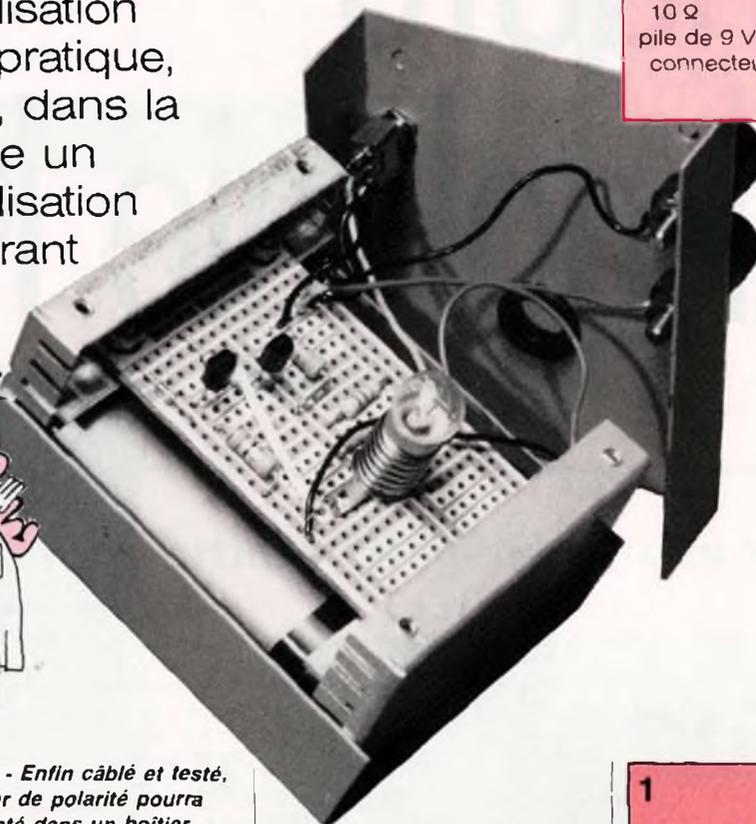


Figure 6 - Enfin câblé et testé, le testeur de polarité pourra être monté dans un boîtier.

## ETUDE DU SCHEMA

Le circuit principal du testeur de polarité de la figure 2 comprend :

- l'ampoule La1
  - le transistor T2
  - la résistance R3 (voir également figure 3)
- L'ampoule La1 s'allume ou s'éteint selon que T2 est conducteur ou non. Le circuit de commande de T1 rend T2 conducteur si la polarité de la tension à tester est correcte. La figure 3, nous montre que la jonction base-émetteur de T1 est alors

polarisée dans le sens passant et permet la circulation du courant de base qui rend T2 conducteur. Simultanément T1 devient lui-même conducteur. Son courant de collecteur est fourni par une pile de 4,5 V à travers la résistance R2 (figure 4).

Le courant issu de l'émetteur de ce transistor se sépare en deux : le courant de base de T2 d'une part et le courant qui traverse les deux diodes D2 et D3 d'autre part. Ces deux diodes laissent passer le courant puisqu'elles sont polarisées en sens direct. La chute de tension aux bornes d'une jonction silicium (une

### Liste des composants

- R1 = 22 k $\Omega$
- R2 = 4,7 k $\Omega$
- R3 = 10  $\Omega$
- D1, D2, D3 = 1N4148
- T1, T2 = BC547B
- La1 = ampoule de 3,7 V/70 mA
- S1 = inverseur unipolaire

### Divers :

- 1 plaquette expérimentale de format 40mm x 100mm
- 1 pile plate de 4,5 V
- 1 douille pour ampoule de lampe de poche
- 1 boîtier
- 2 fiches banane femelles

### Modifications pour la version à LED :

- La1 = LED (couleur au choix)
- R3 = 47  $\Omega$  au lieu de 10  $\Omega$
- pile de 9 V avec connecteur

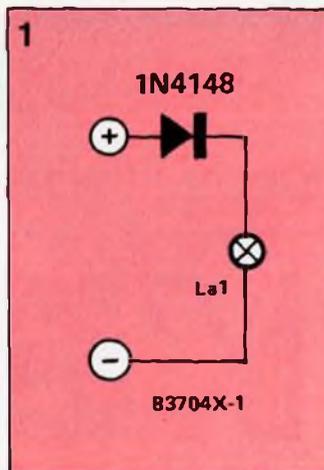


Figure 1 - L'ampoule s'allume quand la polarité de la tension testée est correcte

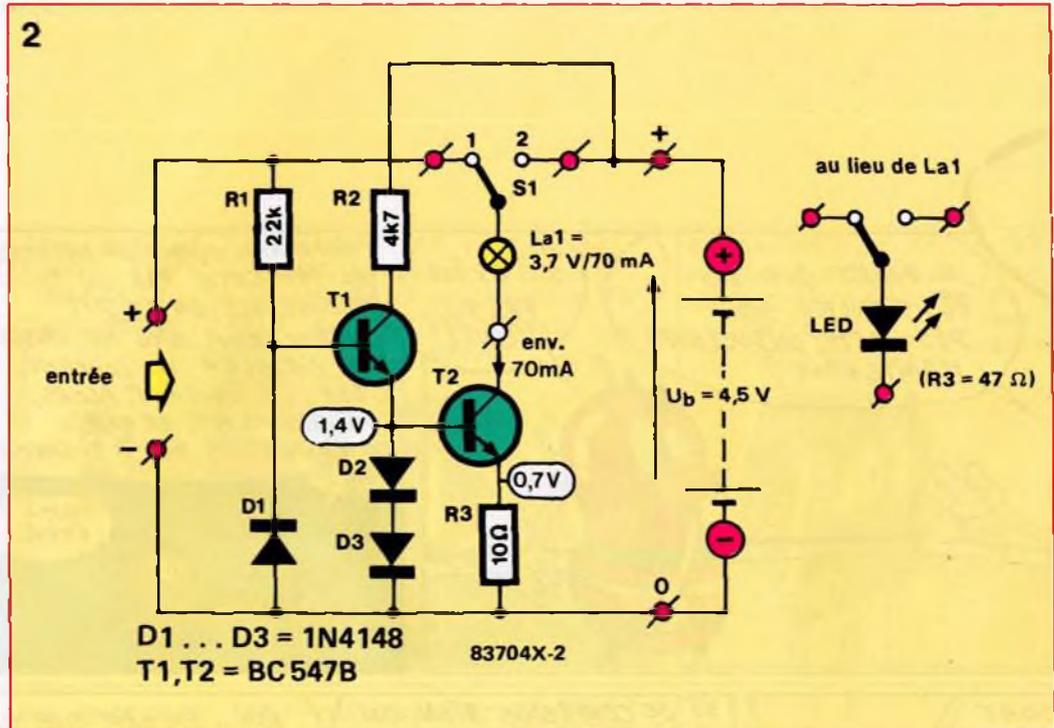


Figure 2 - Schéma complet du testeur de polarité.

diode, ou une jonction base-émetteur par exemple) polarisée en sens direct est toujours de 0,7 V. Par conséquent, la chute de tension aux bornes des deux diodes D2 et D3 maintient la base de T2 à une tension constante égale à 1,4 V (2 x 0,7 V). La tension d'émetteur de T2 sera inférieure de 0,7 V (une jonction) à celle de sa base. La tension aux bornes de R3 sera donc de 0,7 V (1,4 V - 0,7 V), et ce, quelle que soit la tension de l'alimentation. Dès lors, la loi d'Ohm ( $U=R \cdot I$  ou  $I=U/R$ ) nous permet de calculer le courant d'émetteur de T2 qui restera constant lui aussi :  $0,7 \text{ V} / 10 \Omega = 70 \text{ mA}$

Le courant de collecteur et le courant d'émetteur sont pratiquement égaux au courant qui traverse l'ampoule. L'avantage d'un tel circuit que l'on appelle "source de courant constant", tient au fait que le **courant de collecteur ne change pas, même si la tension à l'entrée du montage augmente**. Toute surtension sera absorbée dans le transistor T2 par une augmentation de la tension collecteur-émetteur.

La source de courant constant fonctionne tant que T1 fournit le courant de base nécessaire et que la polarité de la tension d'entrée est correcte. Si l'on inverse la polarité à l'entrée du circuit la diode D1 entre en action. Elle empêche la destruction de T1 par une tension inverse trop élevée. L'inverseur S1 permet d'alimenter éventuellement l'ampoule par la pile de 4,5 V. Dans ce dernier cas, le courant prélevé sur l'entrée ne sera

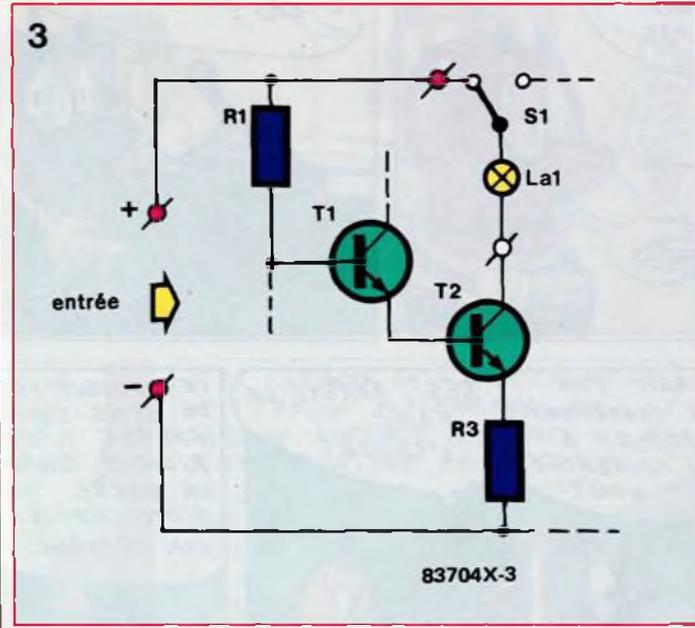


Figure 3 - Cette vue partielle du schéma montre le circuit du courant de l'ampoule.

plus de 70 mA, mais se réduira au très faible courant de base de T1 soit  $5 \mu\text{A}$  ( $1 \mu\text{A} = 1$  millionième d'ampère).

Il est possible de remplacer l'ampoule de lampe de poche par une diode électroluminescente (LED). Dans ce cas il convient de réduire le courant de 70 mA à 15 mA en remplaçant R3 par une résistance de 47 Ω. Pour alimenter cette version du montage, une petite pile 9 V suffira.

En réalisant le montage sur une plaquette expérimentale ELEX de format 1 (40 mm x 100 mm) et en suivant le plan de câblage et d'implantation des composants

**REALISATION**

(figure 5) il y a peu de chances de se tromper. Il convient de faire très attention de ne pas inverser les connexions des diodes, des transistors et de la LED (voir la page "composants"). Le pôle positif de la pile est la languette la plus courte.

Un interrupteur d'alimentation n'est pas nécessaire car au repos le circuit consomme moins de  $1 \mu\text{A}$ , et avec S1 en position 1, quelques nA seulement ( $1 \text{ nA} = 1$  milliardième d'ampère). Pour tester le montage il suffit de relier l'entrée "+" au pôle "+" de la pile.

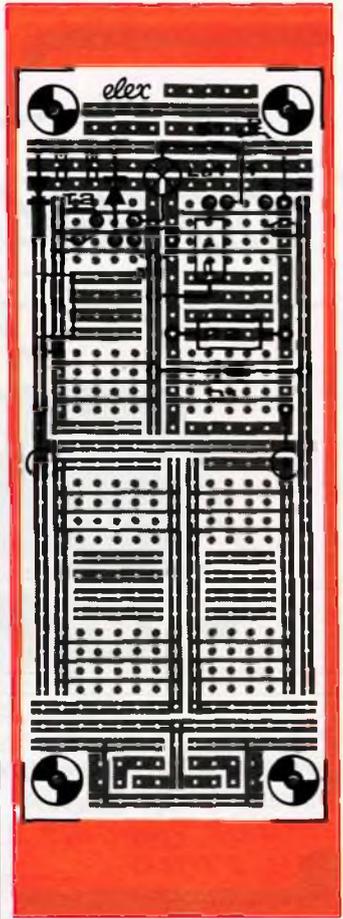


Figure 5 - Le plan d'implantation montre la disposition des composants sur une petite plaquette expérimentale.

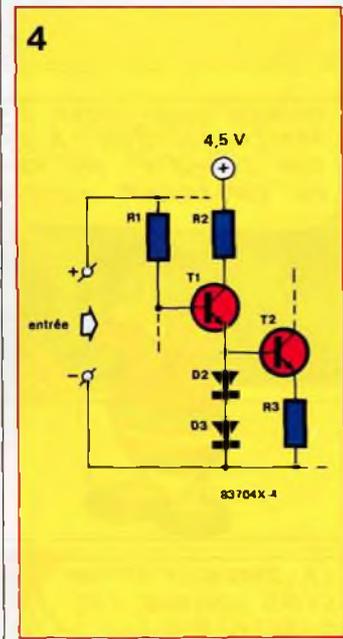


Figure 4 - T2 est monté en source de courant constant, commandé par T1.

L'ampoule ou la LED s'allumeront alors, indiquant que tout est en ordre. Dans le cas contraire, il faudra vérifier les différentes tensions mentionnées dans le schéma. Le testeur de polarité fonctionne de 3 V (1,5 V avec une LED et une pile de 9 V) à 45 V.

Les diodes ne conduisent le courant que dans un sens. Nous avons déjà parlé de cette propriété remarquable du flux de courant dans d'autres articles. Ici nous allons nous intéresser de plus près aux diodes électroluminescentes que nous appellerons "LED" (de *light emitting diode*) comme tout le monde. Sur la **figure 1** sont indiqués le sens passant ou direct, et le sens inverse d'une diode. Les deux connexions des LED s'appellent l'**anode** (où règne un potentiel positif dans le sens passant) et la **cathode** où règne un potentiel négatif dans le sens passant. Sur le composant proprement dit, c'est la cathode que l'on repère par

la mesure du contact d'un interrupteur, c'est bien entendu à la force exercée par le doigt de l'utilisateur à laquelle nous faisons allusion, les diodes consomment elles aussi de l'énergie dans l'état conducteur; il s'agit ici d'énergie électrique. Cette consommation d'énergie se manifeste sous la forme d'une **chute de tension** entre les bornes de la diode.

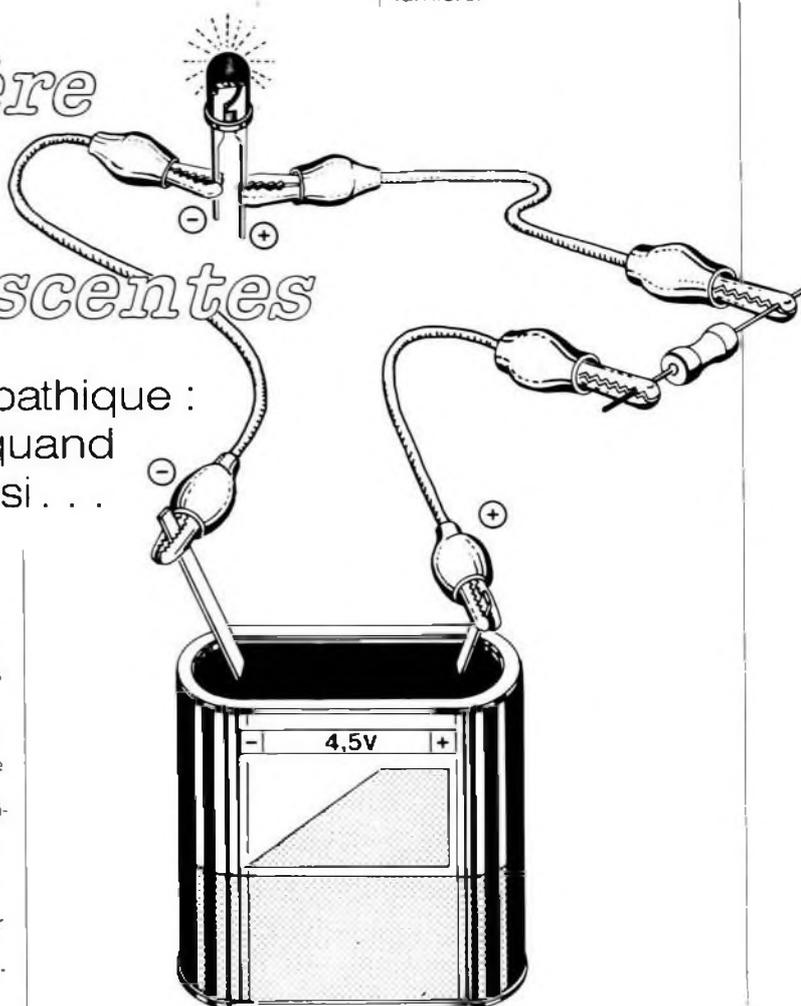
Aux bornes d'un interrupteur fermé, il n'y a pas (en principe du moins) de chute de tension; aux bornes d'une diode en revanche, il y a 0,6 à 0,7 V (pour les diodes au silicium) qui sont pour ainsi dire prélevés d'autorité par la diode sur la différence de

potentiel entre ses bornes. C'est la tension de seuil directe. La tension directe de 0,6 V (cette valeur se situe entre 0,2 V et 0,4 V pour les diodes au germanium beaucoup moins utilisées) ne dépend que dans une faible mesure de l'intensité du courant qui traverse effectivement la diode. C'est pourquoi les concepteurs de circuits électroniques font souvent appel à ce seuil de tension pour obtenir des tensions de référence. Il est important de savoir que la valeur de la tension de seuil des diodes varie fortement en fonction de la température, à tel point que les diodes peuvent faire de très bons capteurs de température...

La **figure 3** montre un circuit qui produit une tension de référence de 0,6 V. La résistance R agit de telle sorte que le courant dans la diode reste limité. Cette résistance R "voit" une différence de potentiel qui est la différence entre la tension d'alimentation et le seuil de 0,6 V. L'énergie nécessaire au fonctionnement de la diode en sens passant **échauffe** son boîtier. Dans le cas de courants élevés, on est même amené à refroidir le boîtier de la diode pour éviter la destruction de la jonction. D'éminents scientifiques ont mis au point une possibilité d'utiliser une partie de l'énergie absorbée par les diodes à une fonction utile pour l'électronique: produire de la lumière!

# toute la lumière sur les diodes électro-luminescentes

La LED est un composant sympathique : quand il marche, ça se voit et quand il ne marche pas ça se voit aussi...



un point, un trait ou un méplat, lequel correspond à la barre dans le symbole de la diode. Pour ne jamais confondre anode et cathode, il y a divers moyens mnémotechniques. En voici un : la cathode se trouve du côté du symbole qui ressemble à une lettre K majuscule, l'anode est du côté du symbole qui ressemble à la lettre A majuscule.

Nous avons déjà comparé les diodes à des interrupteurs qui seraient commandés par la polarité de la tension qu'on leur présente. De la même façon qu'il faut de l'énergie pour obtenir la fer-

potentiel entre ses bornes. C'est la tension de seuil directe. En d'autres termes, la diode commence à fonctionner (c'est-à-dire à conduire) dans le sens passant lorsqu'une tension d'au moins la valeur de sa tension de seuil est présente à ses bornes. Toute tension inférieure à 0,6 V ne donnera lieu à aucune polarisation correcte. On notera que la diode a besoin, pour conduire et rester conductrice, d'une énergie durable, contrairement à l'interrupteur que l'on ne manipule qu'un court instant et qui reste conducteur ensuite sans consommer d'énergie (à moins

de la même façon qu'il faut de l'énergie pour obtenir la fer-

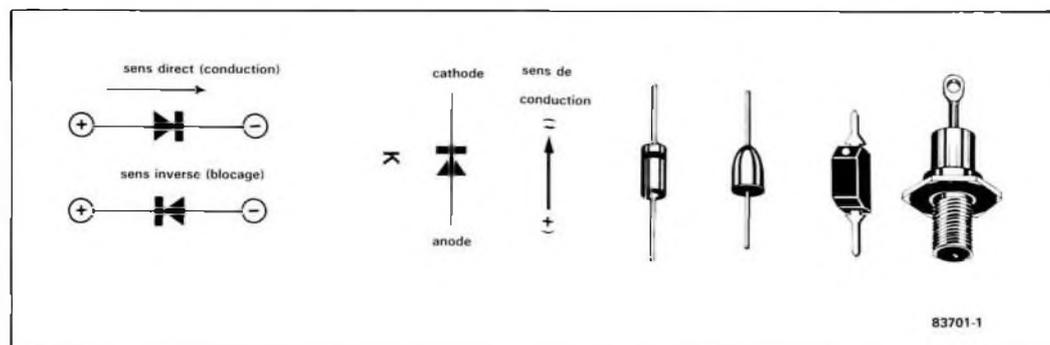


Figure 1 - Sens direct (ou passant) et sens inverse (ou bloquant) pour une diode. La cathode (symbole : K) est la borne négative dans le sens passant; c'est toujours elle qui est repérée sur le boîtier.

## DIODES ÉLECTROLUMINESCENTES

Les diodes électroluminescentes sont faites à base de matériaux spéciaux comme l'**arséniure de gallium** (GaAs) ou le **phosphide de gallium** (GaP) et elles ont alors des couleurs différentes. Les tensions de seuil, également différentes, ont des valeurs comprises entre 1,6 V et 2,2 V (voir tableau 1). La puissance lumineuse dépend de l'intensité du courant à travers la diode: les diodes ordi-

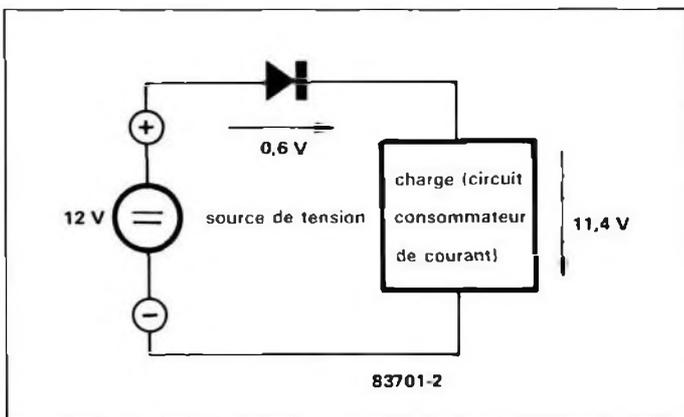


Figure 2 - Une diode présente une différence de potentiel d'environ 0,6 V dans le sens direct. Lorsqu'une diode est placée entre une source de courant et une charge utile, la tension disponible aux bornes de la charge est inférieure de 0,6 V à la tension d'alimentation.

naires supportent jusqu'à 50 mA en continu. Afin de garantir la longévité des diodes que vous mettez en oeuvre, l'intensité du courant de service ne dépassera pas 15 à 30 mA. Pour que l'on ne puisse pas confondre les deux broches des LED, la cathode est (presque) toujours repérée par un méplat sur le corps de la diode. En observant une LED de près, à contre-jour face à une source de lumière assez vive, on reconnaît la cathode qui est nettement plus volumineuse et large que l'anode. Tant que les broches d'une LED n'ont pas été raccourcies, on les distingue aussi grâce à leur différence de longueur: la cathode (du côté du méplat) est plus courte que l'anode.

En fonctionnement, on fait appel à une **résistance de limitation de courant** mise en série avec une (ou plusieurs) LED. Lorsque l'on calcule la valeur correcte de cette résistance à l'aide de la loi d'Ohm, on doit prendre en compte la tension directe. En voici un exemple : Il s'agit d'alimenter une LED verte (tension directe de 2,2 V environ) à partir d'une source de tension de 12 V; le courant de service doit être de 20 mA (voir figure 5). La tension  $U_R$  aux bornes de la résistance d'élève à :

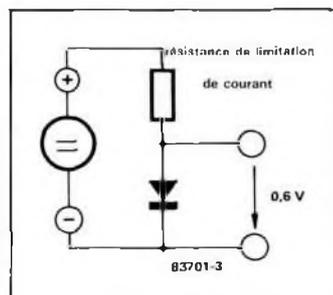


Figure 3 - Grâce à un dispositif comme celui-ci on obtient facilement une tension de référence de 0,6 V à partir d'une source de tension quelconque.

$$U_R = 12 \text{ V} - 2,2 \text{ V} = 9,8 \text{ V}$$

La résistance vaut alors :

$$R = U_R / I = 9,8 \text{ [V]} / 20 \text{ [mA]} = 490 \Omega$$

On adoptera la valeur standardisée la plus proche, à savoir 470  $\Omega$ .

On peut bien entendu utiliser plusieurs diodes électroluminescentes en série. Dans ce cas les tensions directes s'additionnent. Quatre diodes vertes en série nécessitent 8,8 V de telle sorte que la valeur de la résistance-talon n'aura à faire chuter le potentiel que de 3,2 V. Avec une tension d'alimentation de 12 V, on utilisera une résistance de 150  $\Omega$  dans ce cas (faites le calcul pour vérifier!).

Le montage en parallèle de diodes électroluminescentes ne présente pas d'intérêt car les diodes, à courant égal, ne produisent pas une énergie lumineuse égale; la tension directe d'une LED est affectée d'une certaine tolérance, comme le sont d'ailleurs la plupart des caractéristiques de tout semi-conducteur normal.

Les propriétés lumineuses des LED se paient par un comportement médiocre des LED quand elles sont polarisées en sens inverse. Comme elles ne supportent souvent que des tensions inverses inférieures à 3 V, il vaut mieux éviter d'en inverser la polarité par mégarde. De

Tableau 1

Couleur	Luminosité (mcd)	Rayonnement (angle)	Courant (mA)	Tension (V)
rouge	1	90°	20	1,6
rouge (haut rendement)	3	90°	20	2,2
jaune	2,5	90°	20	2,2
verte	2,5	90°	20	2,2

plus, le courant de fuite (en sens inverse) des LED atteint couramment 0,1 mA. A titre de comparaison, la diode 1N4148, archétype de la diode au silicium, ne présente qu'un courant de fuite de 25 nA typique (1 nano-ampère = 1 milliardième d'ampère) pour une tension inverse de 20 V. Comme les LED ne sont utilisées le plus

souvent que polarisées en sens direct, leur faiblesse en matière de blocage du courant en sens inverse n'est guère gênante. Il existe une foule de diodes LED de types, de couleurs, de tailles et de formes différents, chacune parfaitement adaptée à un domaine d'application précis.

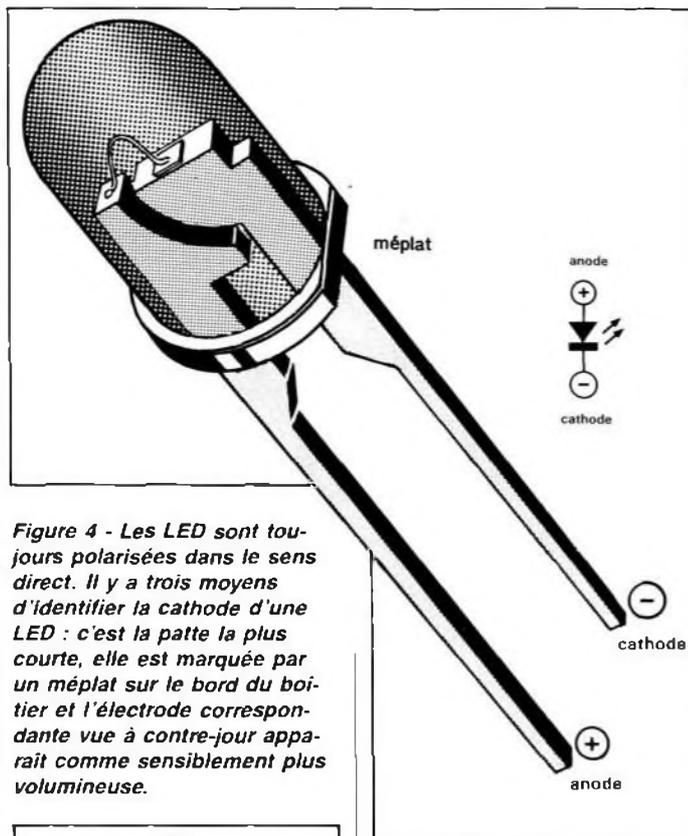


Figure 4 - Les LED sont toujours polarisées dans le sens direct. Il y a trois moyens d'identifier la cathode d'une LED : c'est la patte la plus courte, elle est marquée par un méplat sur le bord du boîtier et l'électrode correspondante vue à contre-jour apparaît comme sensiblement plus volumineuse.

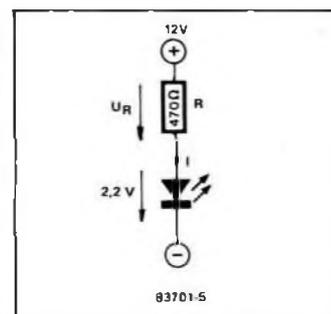


Figure 5 - La résistance-talon prend à son compte la différence de tension entre le potentiel de la source d'alimentation et la tension de la LED. On limite l'intensité du courant qui circule à travers la diode électroluminescente en choisissant la valeur de la résistance-talon en conséquence.

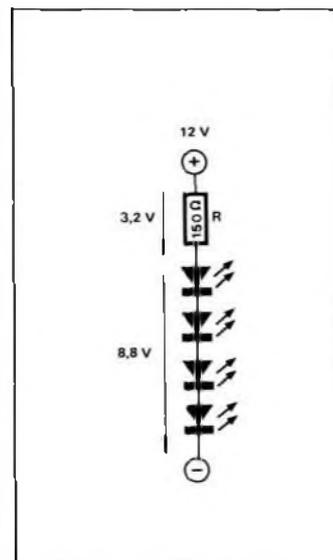


Figure 6 - Lors de la mise en série de plusieurs LED, on additionne les tensions directes; on obtient par exemple 8,8 V pour 5 LED vertes.

Figure 7 - Rondes, carrées ou triangulaires, il existe des LED en tous genres, qui s'adaptent bien à la variété des applications envisageables pour ces indicateurs et lampes-témoin modernes.

elex n°1, avril 1988,  
page 56  
plafonnier automatique

Dans le premier numéro d'ELEX, paru en avril 1988, nous avons publié page 56 une commande temporisée de l'allumage du plafonnier d'une auto. Comme son nom l'indique, la fonction d'un tel circuit est de maintenir le plafonnier allumé pendant quelques secondes après la fermeture des portières, afin de permettre au chauffeur de trouver la serrure et d'y engager la clef de contact.

# ELEXCUSE

En lecteur avisé, Mr Constant de Paris, nous suggère une version simplifiée, mais non moins efficace. L'avantage de ce circuit sur celui que nous avons publié est la disparition du relais. Du coup, le transistor utilisé devra être du type PNP de puissance, car il aura à dissiper la puissance consommée

par la lampe du plafonnier. La diode vous paraît mal polarisée? Non, elle est orientée dans le bon sens, malgré les apparences.

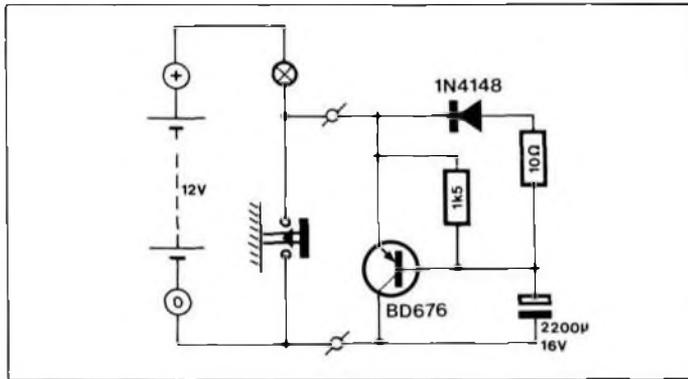
elex n°2, juin 1988,  
page 29  
ohmmètre linéaire

Pour commencer, nous vous prions de nous excuser d'avoir permuté le contenu des pages 28 et 29. Cette intervention n'a heureusement empêché personne de lire et de suivre cet article. Si vous avez construit ce montage, vous avez peut-être remarqué, comme Mr Battet et son fils que lors du réglage de l'ohmmètre équipé d'un bon galvanomètre, c'est-à-dire un instrument de mesure sensible, l'aiguille arivait en bout de course pour des valeurs

inférieures à celles qui sont indiquées dans l'article. Dans ce cas, il suffit d'augmenter la valeur de R6 en la faisant passer à 6k8 voire à 8k2.

elex n°2, juin 1988,  
page 13  
gradateur pour lampe de poche

La brochure "les expériences électriques instructives et amusantes" à 15 F est épuisée depuis belle lurette, pour la bonne et simple et raison... que la vignette que nous avons utilisée pour illustrer l'article mentionné est extraite d'un catalogue Manufacture du début du siècle. Nous remercions les lecteurs qui nous ont adressé des demandes de renseignements et sommes au regret de renvoyer leur chèque à ceux qui avaient déjà passé une commande ferme.



## RADIO LORRAINE

Le spécialiste du transistor

120-124 rue Legendre 75017 PARIS Métro: La Fourche  
Téléphone: 46.27.21.01 lignes groupées - C.C.P. Paris 13.442-20

COMMANDES  
MINIMUM: 100F  
Prix au 01/09/88

### FERS A SOUDER

#### ENGEL

20S 30W 210 F  
50S 35W 315 F  
60W 260 F  
100W 325 F

#### PORTASOL

Le fer à souder au gaz  
Stylo à souder sans contrainte  
- Réglage de la température -  
- Puissance variable de 10 à 60 W  
- Chauffage de la panne par gaz Butane.

245 F Le fer seul  
400 F Le fer et accessoires  
26 F La recharge de gaz

#### JBC

14W 136 F  
30W ou 40 W 125 F

#### Soldermatic:

fer à souder thermostaté  
Contrôle de température  
dans le manche 500 F

#### SEM

Pistolet dessoudeur 340 F

#### POMPE A DESSOUDER

Micro 100 F  
Maxi/mini 120 F  
Maxi/super 170 F

### Boîtes de Connexions sans soudure LAB DEC

LAB DEC pour  
Prototypes, essais etc.  
330 Contacts 75 F  
500 Contacts 99 F  
1000 Contacts 193 F

### CONTROLEURS

#### MT 250 MONACOR

Appareil à aiguille  
20 000 Ohms/Volt  
23 gammes de mesure  
PROMO 200 F

#### DMT 4000 MONACOR

Multimètre Digital  
Afficheurs 3 1/2  
Résistance d'entrée  
10 Mohms 570 F  
VENEZ VOIR AUSSI  
NOS FLUKE ou METRIX

### SOUDURE DECAPANTE PRETE A L'EMPLOI

20 g 8.00 F  
100 g 22.00 F  
500 g 100.00 F

#### TRESSE A DESSOUDER

1 m 20 12 F  
15 m 78 F

### FAIRE UN CIRCUIT, MAIS C'EST TRES SIMPLE

Tout le matériel pour faire un circuit imprimé

- stylo feutre 10 F ou 32 F (dial)
- plaques epoxy
- planche mécanorma 14 F
- rubans mécanorma 19 F
- plaques cuivrées perforées
- perchlorure de fer 22F/L
- étamage à froid 56 F

### PERCEUSE

Perceuse 42/50 Watts - 12V  
vitesse maxi - 18000 t/mn  
livrée en malette avec  
15 accessoires et transformateur  
d'alimentation 320 F  
Support de perceuse 90 F

### COFFRETS

TEKO-ESM-La Tôlerie plastique  
pour petits montages

P/1 15 F  
P/2 22 F  
P/3 35 F  
P/4 52 F  
VD1 15 F

et aussi D50-D60-D70-etc....

### OUTILLAGE SAFICO

#### PINCES ELECTRONIQUES

- 204.00 Pince à becs 1/2 ronds, longs et fins  
long : 135 mm 115 F
- 220.02 Pince coupante diagonale  
long : 140 mm 125 F
- 201.00 Pince coupante diagonale à biseau  
long : 120mm 110 F
- 267.00 Pince à dénuder "Electronique". Permet le dénudage des fils de 0,1 à 2 mm².  
long : 130 mm 146 F
- 203.00 Pince becs plats longs plats et résistants.  
long. 135 mm 95 F
- 615.10 Pince à dénuder de face Auto-ajustable pour dénuder les fils de 0.8 à 2,5 mm². Bec inférieur gradué pour les longueurs de dénudage.

- Long 175 mm 70 F
- 221.00 Pince à dénuder standard. Permet le dénudage des fils courants de 0,4 à 6mm²  
Long 160 mm 125 F

#### BRUCELLES

- 112.00 Becs effilés coudés 45° striés. Revêtement PVC.  
Long : 150 mm 35.40 F
- 135.00 Becs à l'équerre pour l'enlèvement des circuits intégrés. Revêtement PVC.  
Long : 145 mm 47.35 F
- 108.00 Becs effilés droits, striés, revêtement PVC.  
Long : 155 mm 32.70 F
- 110.00 Becs fins autoserrants croisés droits striés. Revêtement PVC.  
Long : 150 mm 42.70 F
- 107.00 Becs très effilés; striés. Antimagnétique.  
Long : 110 mm 36.05 F
- 130.00 Becs effilés striés. Antimagnétique.  
Long : 130 mm 43.00 F
- 123.00 Becs droits effilés. Non striés.  
Long : 120 mm 37.00 F
- 101.00 Becs droits longs. Bouts arrondis striés  
Long.: 165 mm 30.00 F

Tournevis NEW LOOK 9 EBRA Chrome Vanadium antistatique  
Grand choix de semi-conducteurs, circuits intégrés, leds, régulateurs thyristors, triacs, résistances 1/4, 1/2 et 10w, potentiomètres, transfo, fiches, connectique, condensateurs.

Frais de port et d'emballage-Métropole uniquement  
Jusqu'à 500 g: 20 F de 2 kg à 3 kg: 40 F CONTRE REMBOURSEMENT  
de 500 g à 2 kg: 30 F de 3 kg à 5 kg: 50 F en sus 30F

Extrait de notre catalogue  
contre 30 F en timbres

# la mesure analogique

3ème partie

Il existe deux sortes d'erreurs de mesure. Celles qui en sont et celles qui n'en sont pas. Ceci n'est pas une plaisanterie, la suite le démontrera. Lorsque vous lisez une fiche de caractéristiques techniques, avez-vous toujours présent à l'esprit le rôle important que peut jouer la tolérance des valeurs indiquées ?

## TOLERER LES TOLERANCES

Le plus souvent, avouons-le, on n'y pense pas. Et quand on y pense, c'est encore parfois pour minimiser l'importance de la tolérance des caractéristiques des composants sur le fonctionnement des circuits. Si l'on

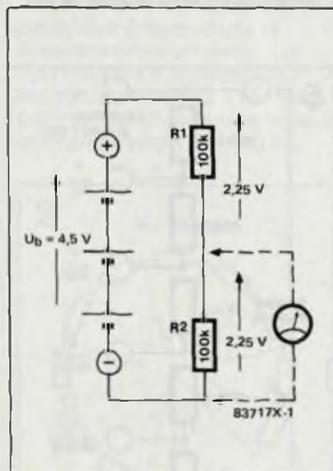


Figure 1 - Un diviseur de tension composé de deux résistances de même valeur divise la tension qui règne à ses bornes en deux moitiés égales, soit 2,25 V si la tension d'alimentation est de 4,5 V.

Les lecteurs d'ELEX qui ont lu les deux premiers numéros de ce magazine savent que nous avons présenté dans ces colonnes un étage d'entrée pour multimètre dont la fonction est fondamentale en électronique, à tel point que nous estimons indispensable d'y revenir ici, le temps d'une troisième leçon de mesure analogique.

vous annonçait, cher ami que votre auto, au lieu de faire 70 kW comme indiqué dans la notice, n'en fait que 63, vous feriez une drôle de tête, non ? Tout comme si vous découvriez à l'improviste que l'amplificateur de votre chaîne stéréo, au lieu d'avoir une puissance de 70 W n'en a que 63. Ce ne sont toujours que 10%...

Nous ne connaissons pas les tolérances de production de l'industrie automobile; en tous cas celles de l'électronique sont telles qu'il faut en tenir compte. Les résistances ordinaires ont, nous l'avons vu dès le premier numéro d'ELEX, une tolérance de 10% le plus souvent, parfois de 5%. Nous avons aussi déjà signalé qu'un condensateur dont la capacité réelle ne déviait que de 10% par rapport à la capacité annoncée pouvait être considéré comme un composant de précision.

A la fin de la chaîne de production, on mesure le facteur d'amplification en courant (le gain ou facteur  $\beta$ ) des transistors pour les classer en différentes catégories. Un chiffre, ou le plus souvent une lettre placée à la suite de la dénomination du type, le C de BC547C par exemple, définit la classe de gain. Ceci n'empêche nullement l'existence de différences qui peuvent aller jusqu'à 30% entre deux transistors d'une même catégorie. Pour le BC457C, le  $\beta$  (prononcer «bêta») peut varier entre 420 et 800.

A quoi vient s'ajouter qu'au cours de sa vie active, un composant «s'use», dans le sens que ses caractéristiques évoluent, et le plus souvent se dégradent. Le

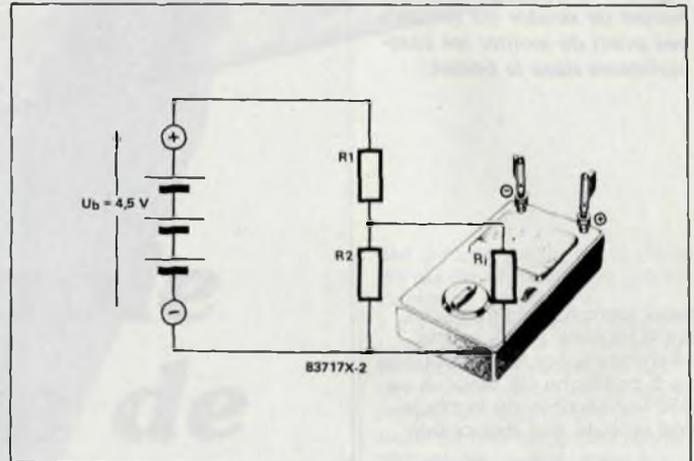


Figure 2 - Il circule un courant à travers l'instrument de mesure qui se comporte ici comme une résistance que l'on désigne par  $R_3$ , parce qu'elle est appelée la résistance interne du voltmètre. Sa présence modifie l'équilibre du pont diviseur, ce dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats.

cas le plus frappant de cette dégradation est celui des condensateurs électrolytiques.

## LA VALEUR DE CHACUN DES COMPOSANTS UTILISES SERA DETERMINEE DE MANIERE A CE QU'ELLE SE SITUE AU MILIEU D'UNE FOURCHETTE DE VALEURS ADMISSIBLES

Les électroniciens ont appris à vivre avec ces tolérances et savent les intégrer dans leurs calculs. Pour qu'un montage soit reproductible sans que la tolérance éventuelle des composants utilisés puisse en perturber le fonctionnement, il faut que la valeur de chacun des composants utilisés soit déterminée de telle manière

qu'elle se situe au milieu d'une fourchette de valeurs admissibles. Dans certains cas, il faut même prévoir des points de réglage.

Si par conséquent, lors de mesures effectuées sur des schémas d'ELEX, vous vous heurtez à des divergences entre les valeurs théoriques indiquées dans le magazine et les valeurs réellement mesurées, cela s'explique partiellement par le phénomène des tolérances. Et ce n'est pas forcément le fait d'une erreur...

Maintenant, à l'aide du schéma de la figure 1, nous allons vous montrer comment on peut faire de vraies erreurs de mesure. L'exemple proposé est facile à reproduire. Le diviseur de tension que constituent les résistances  $R_1$  et  $R_2$  (100 k $\Omega$  chacune) divise la tension

qui règne aux bornes de la pile et en deux moitiés égales. Mesurez la tension sur R2, et vous relèverez une valeur erronée de 1,8 V par exemple. Ceci est dû au multimètre que vous utilisez et dont la résistance interne, bien que forte, permet à un courant de circuler, ce qui abaisse la tension. Le multimètre charge le diviseur de tension de la figure 2 de la même manière qu'une résistance mise en parallèle sur R2.

### LA RESISTANCE INTERNE

La résistance interne du voltmètre est indiquée dessus. Elle est exprimée en  $\Omega/V$ , ce qui va nous permettre de calculer la valeur de  $R_i$  (= résistance interne). C'est en multipliant la valeur indiquée par celle du calibre utilisé que nous obtenons la valeur de la résistance interne. La valeur du calibre est la plus haute valeur mesurable dans le calibre considéré. La résistance interne d'un voltmètre de 20000  $\Omega/V$  utilisé dans le calibre 10 V est de :

$$10 \text{ V} \times 20000 \text{ } \Omega/V = 200 \text{ k}\Omega$$

C'est une valeur de résistance élevée, mais pas assez pour que son effet sur le diviseur de tension puisse être considérée comme négligeable. En effet, si nous mettons en parallèle une résistance de 100 k $\Omega$  (R2) et une résistance de 200 k $\Omega$  (Ri), nous obtenons une résistance équivalente dont la valeur n'est plus que de 67 k $\Omega$ . Le diviseur de tension ainsi réalisé divise la tension de 4,5 V dans le rapport 2,7 V et 1,8 V. S'agit-il d'une erreur de mesure ou pas?

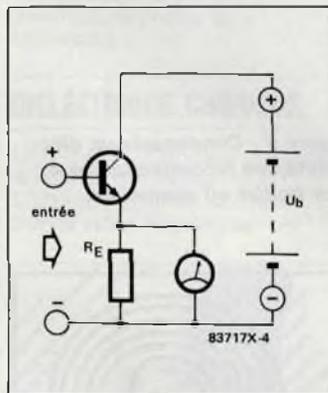


Figure 3 - Lorsque la tension de mesure et la tension de référence sont identiques, il n'y a pas de différence de potentiel entre les bornes du voltmètre à travers lequel il ne circule donc pas de courant. Une graduation de l'axe du potentiomètre peut servir d'échelle de lecture de la valeur de la tension mesurée.

Pour être exact, il faut bien avouer que ce n'est pas une erreur de mesure, puisque la tension mesurée est bien celle qui règne à ce moment là entre les bornes de mesure. On dit qu'il s'agit d'un *artefact* de mesure, car la présence du voltmètre modifie les conditions de la mesure, et fausse le résultat escompté.

Pour se prémunir contre de telles erreurs, qui peuvent d'ailleurs devenir aberrantes dans certains cas, il y a divers moyens.

### UN ARTEFACT DE MESURE EST UNE ALTERATION OU MODIFICATION PRODUITE PAR LE DISPOSITIF DE MESURE

Une première manière de procéder, peut-être un peu dépassée aujourd'hui, est dérivée du principe du pont de mesure. Cette méthode consiste à comparer la tension de mesure à une tension de référence variable. Le schéma de la figure 3 montre comment s'y prendre pour obtenir ce dispositif à l'aide notamment d'un potentiomètre. Lorsque les deux tensions comparées sont rigoureusement identiques, l'instrument de mesure indique zéro. L'intérêt de cette manière de procéder est de supprimer l'effet du courant qui traverse l'appareil de mesure.

Pour étalonner le potentiomètre, il suffit de mesurer la tension relevée sur son curseur. Attention : il faut éviter que la résistance interne du voltmètre utilisé pour cela ne fausse la mesure, comme nous avons vu qu'il le faisait sur le circuit de la figure 2; il suffit d'opter pour un potentiomètre de faible valeur, ce qui rejette la valeur élevée de la résistance interne du voltmètre dans le domaine du négligeable. En effet, une résistance de forte valeur mise en parallèle sur une résistance de faible valeur n'en modifie pas la valeur de façon significative (l'inverse n'est pas vrai!).

### ETAGE D'ENTREE

Un principe plus intéressant, plus moderne et qui ouvre des perspectives plus larges, consiste à faire appel à un étage d'entrée à haute impédance, une sorte de préamplificateur, comme celui que nous avons décrit dans ELEX n°1. Un tel système comporte un amplificateur dont l'entrée se contente d'un courant de très faible intensité et dont la sortie fournit vaillamment le

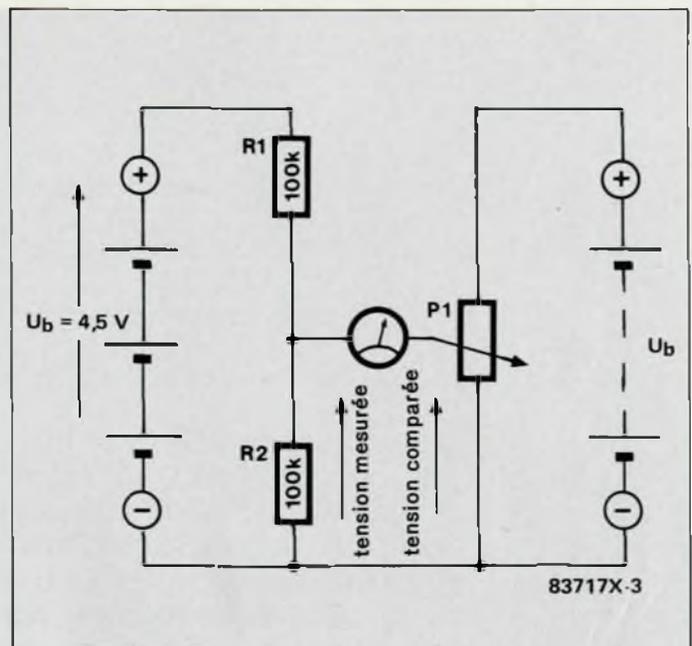
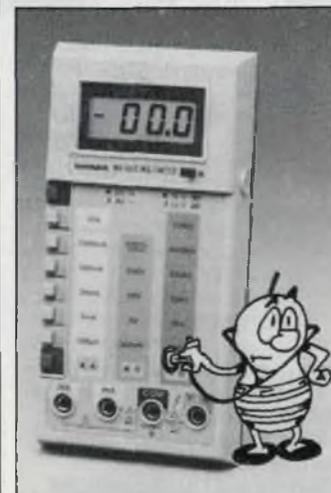


Figure 4 - L'émetteur-suiveur est le circuit adaptateur d'impédance par définition; il s'interpose entre un circuit sensible à la présence d'une charge et cette charge elle-même. Dans la situation envisagée ici, il fait tampon entre un appareil de mesure et une source de tension.

courant nécessaire au circuit de mesure et d'affichage. C'est en quelque sorte un circuit tampon.

Le montage en émetteur suiveur, ou en drain commun lorsqu'il s'agit d'un transistor à effet de champ (FET), est l'un des circuits les plus aptes à remplir cette fonction. S'il n'amplifie pas la tension d'entrée (et c'est bien ainsi!), il ne prélève pas non plus de courant d'intensité significative à la source mesurée. En technique de mesure, on parle d'un circuit à résistance interne élevée.



La valeur de cette résistance  $R_i$  est calculée en multipliant la valeur de la résistance d'émetteur du transistor (soit  $R_E$  en parallèle avec l'appareil de mesure) par le facteur de gain en courant  $\beta$ . Prenons l'exemple d'une résistance d'émetteur de 4,7 k $\Omega$  et un gain de 250. La résistance interne du voltmètre est si élevée par

rapport aux 4,7 k $\Omega$  de la résistance d'émetteur qu'on peut en négliger l'influence ici. Le produit de  $R_E$  par  $\beta$  nous donne 4,7 k $\Omega$   $\times$  250 = 1,18 M $\Omega$ . La charge que représente le transistor pour le circuit de mesure est l'équivalent d'une résistance de 1 M $\Omega$ . C'est encore beaucoup direz-vous, mais c'est déjà beaucoup moins que la charge que représente le voltmètre lui-même.

### PRECISIONS SUR LES CHARGES

A propos de charge, quand on dit qu'elle est plus ou moins forte, ou faible, on s'attend peut-être à ce que la grandeur qui exprime la charge évolue dans le même sens qu'elle : résistance élevée = forte charge, et résistance faible = faible charge. Or ce n'est pas le cas, et ce détail méritait d'être souligné. Lorsqu'on dit qu'une sortie est *moins* chargée par un circuit dont la résistance d'entrée est de 100 k $\Omega$  qu'elle ne le serait par un circuit dont la résistance d'entrée est de 10 k $\Omega$ , c'est juste, malgré l'apparente contradiction entre les chiffres. Une résistance de 10 k $\Omega$  représente bel et bien une charge plus importante, puisqu'il y circule un courant dont l'intensité est plus forte que le courant qui circule à travers une résistance de 100 k $\Omega$ . Nous aurons donc, «résistance élevée = faible charge, et résistance faible = forte charge».

# IL Y A CONDENSATEUR ET CONDENSATEUR...

Lisez bien l'article qui suit; une fois que vous aurez bien compris comment est fait un condensateur, beaucoup de mystères de l'électronique perdront de leur épaisseur. De nombreux amateurs d'électronique ignorent les notions élémentaires énoncées ici, et dès lors l'ensemble de leurs connaissances est comme bâti sur du sable.



Figure 5 - Condensateurs électrolytiques reconnaissables à leur boîtier en aluminium.

Quel que soit le type de condensateur, sa constitution est toujours identique, à savoir: deux armatures métalliques placées vis-à-vis l'une de l'autre et séparées par un isolant. L'isolant placé entre les armatures est appelé le diélectrique. Suivant les matériaux utilisés, les armatures pourront être constituées par un empilage de plaques métalliques dont les plaques paires sont reliées à une des bornes de sortie, et les plaques impaires à l'autre, et bien entendu toutes isolées les unes des autres.

Une autre possibilité consiste à utiliser deux bandes métalliques souples et deux bandes isolantes en matériau synthétique, et à enrouler les quatre bandes l'une sur l'autre pour former un cylindre unique. Cette manière de procéder présente l'avantage d'utiliser **les deux faces de chaque armature**, ce qui revient pratiquement à doubler la capacité. On emploie également des bandes isolantes dont une face est métallisée et que l'on utilise par paire. On peut aussi utiliser comme diélectrique des

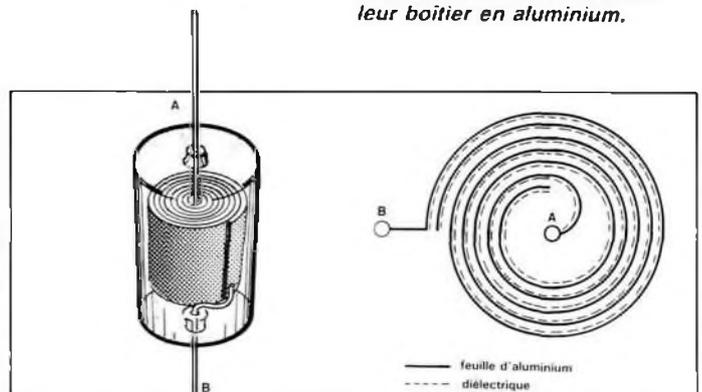


Figure 1 - Deux feuilles d'aluminium séparées par une feuille d'isolant synthétique et enroulées ensemble après interposition d'une seconde feuille d'isolant synthétique pour séparer les spires.

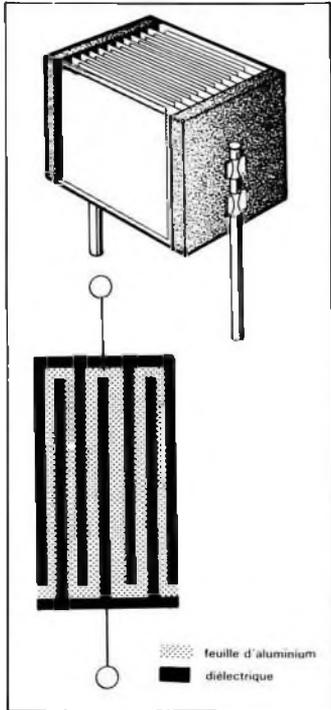
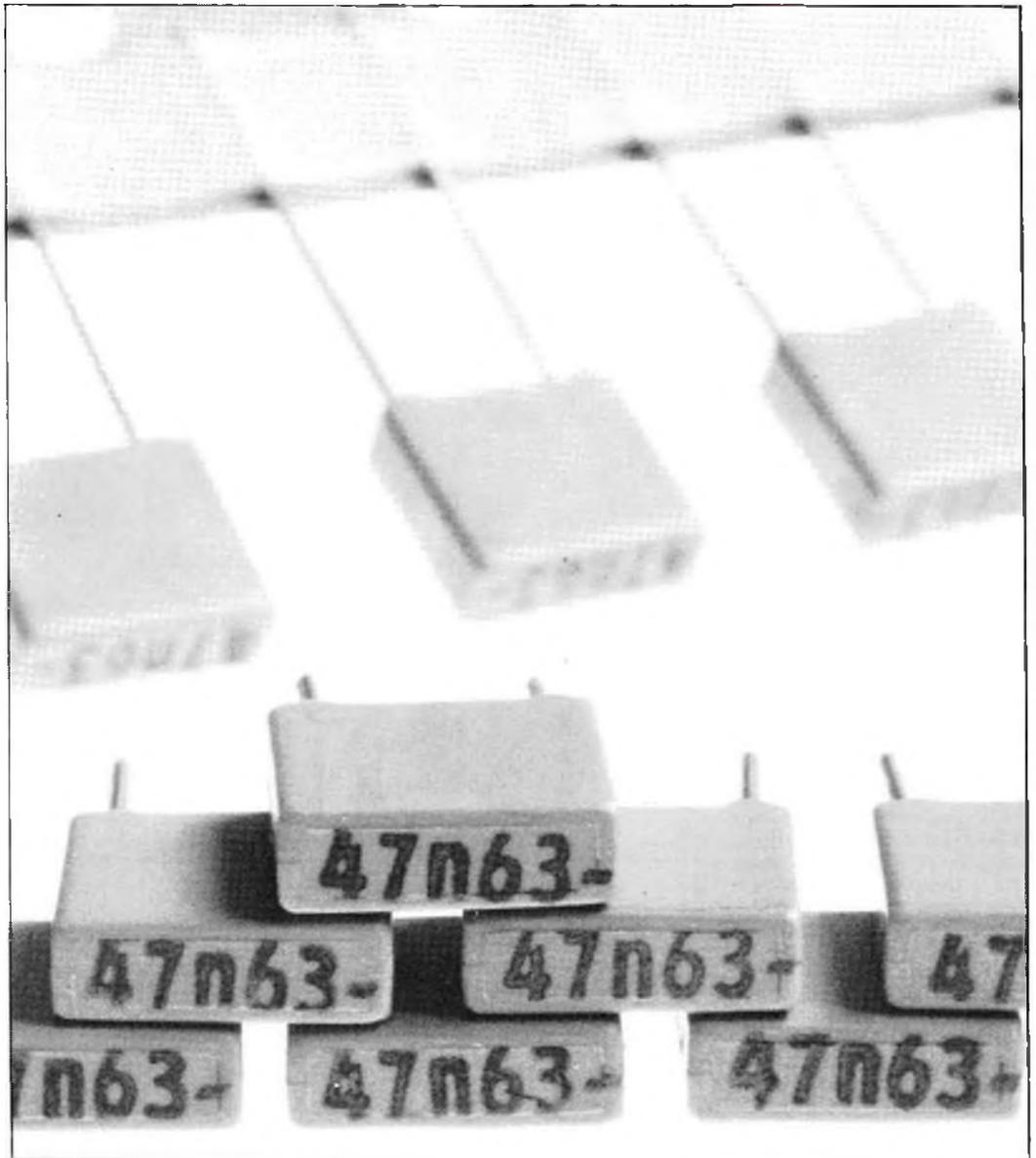


Figure 2 - Un empilage de plaques métalliques séparées par une feuille isolante.

Figure 3 - Ces condensateurs sont constitués d'un empilage de plaques métalliques, le tout enveloppé dans une boîte isolante fermée. Leur dimensions sont si petites que les caractéristiques n'ont pu être inscrites que d'une manière abrégée, leur capacité étant de 47 nF et leur tension maximale d'utilisation de 63 V.



isolants naturels comme la céramique ou le mica, et l'on obtient des condensateurs ayant des qualités adaptées aux techniques hautes-fréquences et utilisés par exemple en radio et en télévision.

### DIELECTRIQUE CHIMIQUE

Une autre technique consiste à utiliser un diélectrique chimique liquide ou électrolyte pour imprégner un

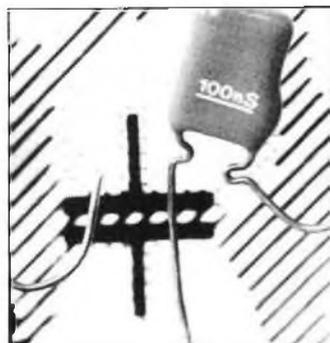


Figure 4 - Condensateurs céramique à enveloppe isolante vernie.

isolant, comme le papier par exemple, lequel est ensuite utilisé de la manière déjà décrite.

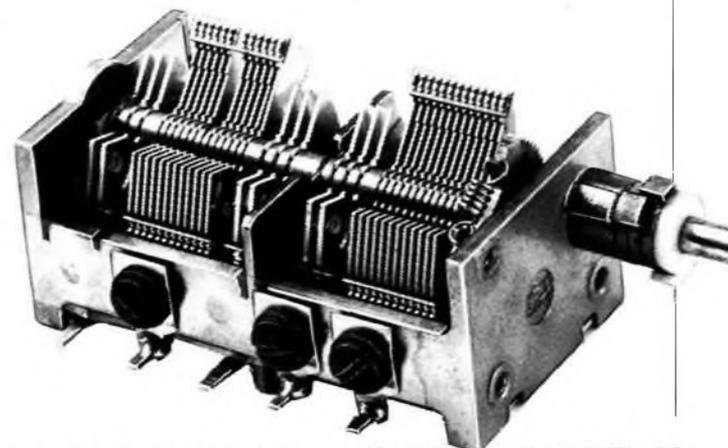
Pour former ensuite le condensateur, on lui applique à un stade ultérieur de la fabrication, une tension électrique appropriée. Ceci engendre, en présence de l'électrolyte légèrement corrosif, une **oxydation superficielle de l'armature positive**. Cette oxydation isole les deux armatures l'une de l'autre. Comme elle est extrêmement mince, l'isolation ainsi obtenue confère aux condensateurs électrolytiques une capacité considérable, jusqu'à 10 000  $\mu$ F. La capacité la plus grande actuellement disponible même dans le commerce de détail est de l'ordre de 1 farad (oui, 1 farad entier, c'est énorme).

### GARE AUX POLES!

En compensation de la valeur élevée de la capacité des condensateurs électrolytiques, il y a une contrainte: ces condensateurs sont pola-

risés, c'est-à-dire que l'on ne peut les utiliser qu'en respectant l'orientation de leur borne positive et de leur borne négative sous peine, en cas d'inversion des pôles, de détruire la couche d'oxyde isolant et, par là le condensateur lui-même. Sur un condensateur électrolytique on trouvera donc, en plus des caractéristiques de tension et de capacité, un signe (+ ou -) indiquant la polarité à respecter sous peine de "claquage" du condensateur.

Plus récents, les condensateurs électrolytiques au tantale sont aussi beaucoup plus petits et ressemblent à des "gouttes" avec deux petites "pattes". Ils sont également polarisés et un signe (+) permet de repérer la borne positive et d'utiliser correctement ces composants. Un des spectacles les plus hilarants auquel il est donné d'assister à un électronicien est celui d'un condensateur au tantale qui se transforme en mini-Stromboli.



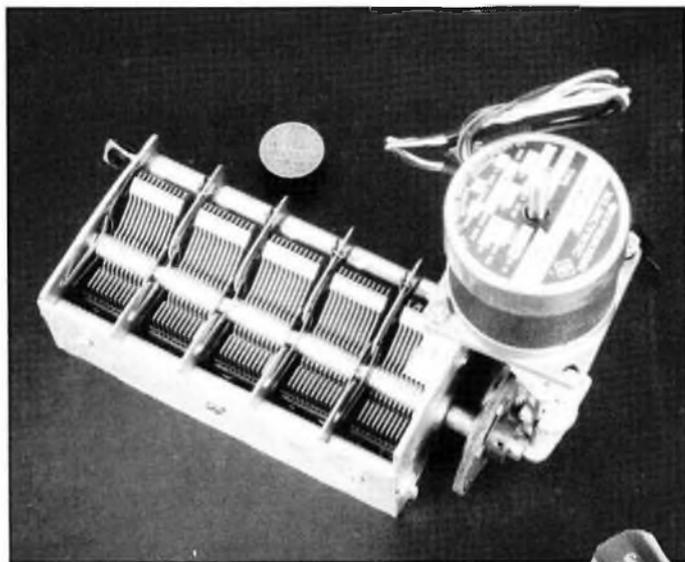


Figure 7 - La pièce de 10 F à l'arrière-plan donne l'échelle de cet énorme condensateur variable du même type que celui de la figure 6 et dont l'arbre est commandé par un moteur pas-à-pas: ce condensateur est utilisé dans un récepteur radio dont la syntonisation (accord) est commandée par un microprocesseur. Entre le moteur pas-à-pas et l'arbre proprement dit se trouve un système de démultiplication mécanique.

Figure 8 - Regardez bien ce qui est imprimé sur le corps des condensateurs de cette photo! Mais non, vous n'avez pas la berlue: l'électrochimique du milieu (dont le diamètre est sensiblement inférieur à celui d'une pièce de dix centimes) a une capacité nominale de 10 farads (dix millions de microfarads) pour une tension de service maximale de 1,8 V. Les électrodes vous en tombent, n'est-ce pas? La tension de service maximale du condensateur de gauche est de 5,5 V, sa capacité de 330 000 microfarads (0,33 F).

## CAPACITE VARIABLE

Les condensateurs variables (en abrégé C.V.) utilisent en principe l'air comme diélectrique. Ils sont constitués de deux plaques séparées par une couche d'air. Comme la capacité d'un tel condensateur à plaque unique serait très faible, on utilise plutôt deux paquets de plaques, les unes fixes et les autres mobiles, séparés par une couche d'air. Les plaques fixes sont isolées du châssis-support, tandis que les plaques mobiles, serties sur l'axe de commande sont reliées au châssis-support. Lorsque les plaques mobiles sont insérées au maximum entre les plaques fixes, la capacité du condensateur atteint sa valeur maximale. Au fur et à mesure que les plaques mobiles sortent des plaques fixes, la surface active des armatures du condensateur diminue, ce qui entraîne une diminution de la capacité.

La fabrication des condensateurs variables miniatures doit être très minutieuse. Pour conserver les caractéristiques propres à ce type de condensateurs, on utilise souvent non pas l'air comme diélectrique, mais de minces feuilles de matière plastique pour séparer les plaques fixes des plaques mobiles. La capacité de ces condensateurs n'est jamais très élevée et est le plus souvent de quelque 100 pF (1 pF = 1 picofarad = 1 millième de

Figure 6 - Condensateur variable à air double. La variation de capacité est obtenue en introduisant plus ou moins le paquet de lames mobiles serties sur l'arbre de commande dans le paquet de lames fixes isolées du châssis-support.

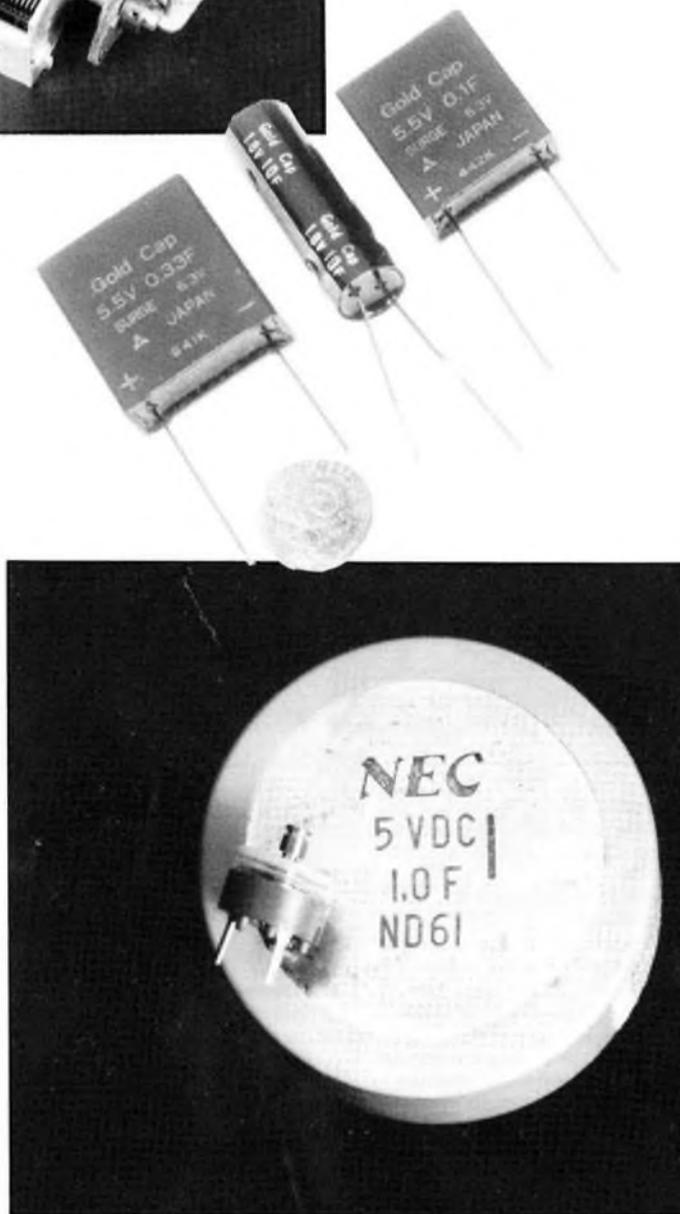
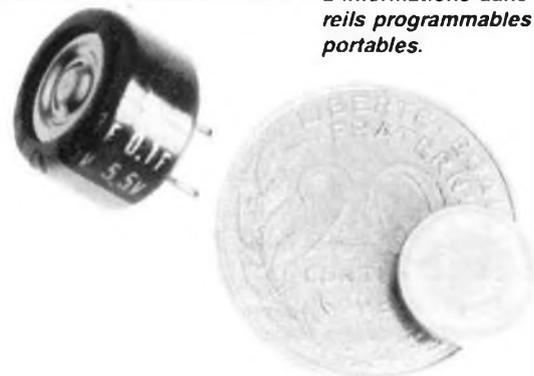


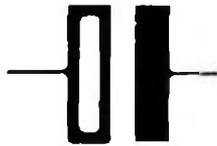
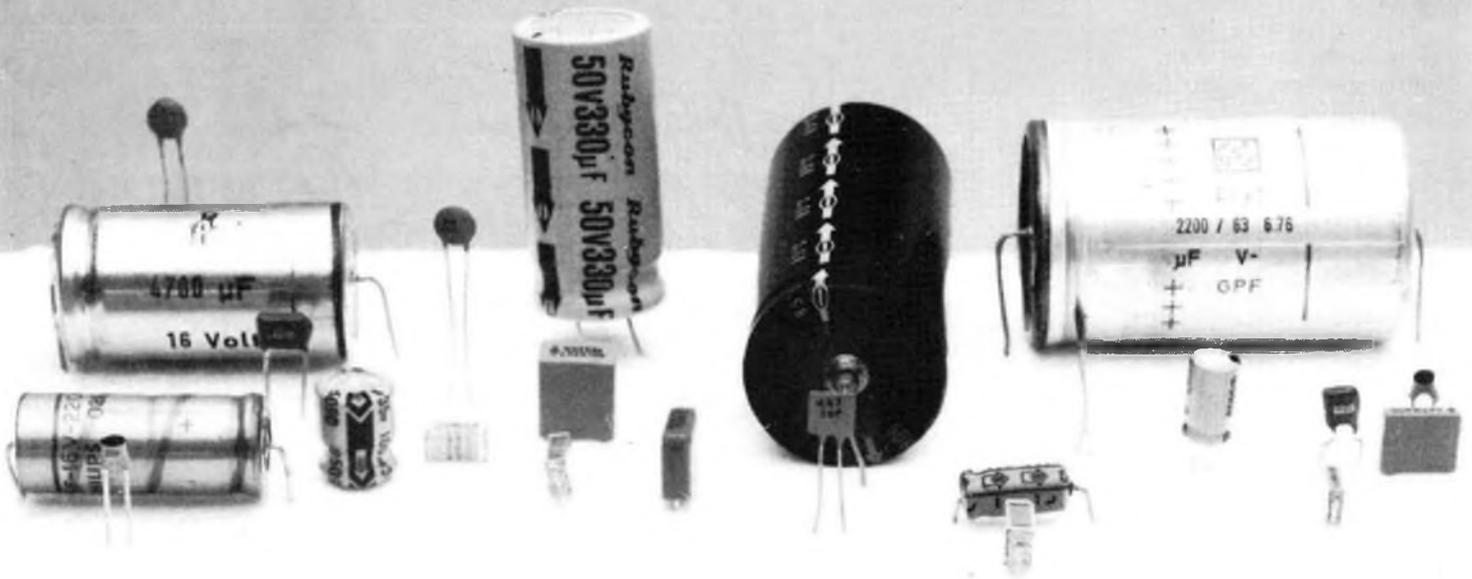
Figure 9 - Le petit condensateur variable de quelques dizaines de pF donne l'échelle d'un modèle déjà relativement ancien (et par conséquent volumineux) de "gros" condensateur de 1 F (tension de service de 5 V).

Figure 10 - La pièce de 20 centimes permet de se faire une idée de la taille du condensateur-bouton ultra-plat, conçu notamment pour les circuits alimentés par cellules solaires. Le nombre de cycles charge-décharge annoncé par le fabricant dépasse les 100 000; sa plage de température est remarquablement vaste puisqu'elle s'étend de -25 °C à +70 °C. La tension de service maximale est de 2,4 V. Les pointes de tension jusqu'à 2,8 V sont admises. Et la capacité? direz-vous...

Et bien elle varie, selon les modèles de 0,33 F à 4,7 F! Incroyable, n'est-ce pas? Du coup le petit condensateur électrolytique noir paraît bien gros à côté, avec son 0,1 F. On aura compris que les condensateurs que l'on aperçoit sur les figures 8 à 10 sont conçus et utilisés essentiellement pour remplacer les piles et les accumulateurs, notamment dans les applications de sauvegarde de données et d'informations dans les appareils programmables et portables.

milliardième de farad). Ces condensateurs variables, très utilisés en radio pour le réglage de la longueur d'onde, commencent à être supplantés, surtout en télévision par des diodes à capacité variable, souvent appelées "diodes varicap". Les applications de ces semi-conducteurs spéciaux reposent sur la variation de capacité d'une jonction P-N résultant d'une variation de la tension appliquée à la jonction.





## Dis donc . . .

T : « . . .c'est quoi ce composant ? On dirait un bonbon. Il vient d'un vieux téléviseur. Quand on y branche l'ohmmètre, il a d'abord une résistance très faible, puis elle augmente très vite. . . »

R : « Ton bonbon, c'est un condensateur. Transi. Fais voir, s'il te plaît. »

T : « Il a l'air d'avoir bien rôti . . . Alors comme ça les condensateurs sont des résistances dont la valeur

augmente quand on la mesure ? »

R : « Niet ! Les condensateurs et les résistances, c'est pas du tout pareil. Les condensateurs sont des réservoirs de courant. Lorsqu'un courant circule dans un condensateur, celui-ci se charge. Il stocke le courant. Ensuite on peut prélever du courant sur cette réserve. »

T : « D'abord ça ressemble à une résistance, et maintenant c'est un accumulateur, comme c'est curieux, Rési ? »

R : « Cette fois tu n'as pas tort : les condos et les accus se ressemblent. Les accumulateurs emmagasinent une quantité de courant énorme par rapport à celle que peut emmagasiner un condensateur. Leur charge dure d'autant plus longtemps, et elle est toujours polarisée dans le même sens, ce qui n'est pas le cas de celle de beaucoup de condensateurs. . . »

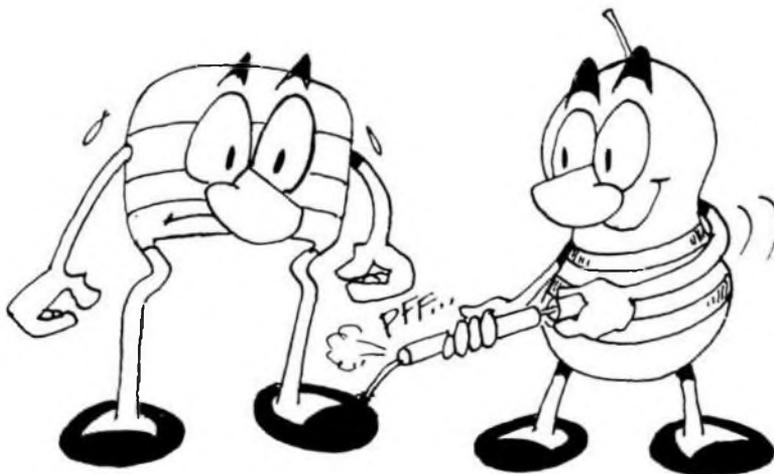
T : « Et je vois que le symbole du condensateur ressemble à celui de la pile ou de l'accumulateur,

puisqu'il comporte aussi des barres parallèles ! »

R : « Lesquelles barres représentent les deux plaques ou armatures qui forment le condensateur. »

T : « Deux plaques capables de stocker de l'énergie, c'est remarquable, ma foi. . . »

R : « Il suffit que les plaques soient assez grandes et proches l'une de l'autre tout en restant isolées. Dans ton bonbon, ce ne sont pas des plaques mais deux feuilles d'aluminium séparées par un isolant qui sont enroulées sur elles-mêmes. Chaque feuille est reliée à l'une des bornes du condensateur. Si



tu scies les extrémités du bonbon, tu pourrais d'ailleurs essayer de dérouler les deux feuilles.»

T : « Tu dis que les deux armatures sont isolées l'une de l'autre ? »

R : « Oui, c'est ça. »

T : « Et comment se fait-il alors que l'aiguille de l'ohmmètre ait commencé par indiquer une faible résistance ? »

R : « Bonne question. En fait, la déviation de l'aiguille d'un ohmmètre relié aux bornes d'un condensateur indique lorsqu'elle est brève, non pas un court-circuit



quantité de courant qui a circulé. Plus il y a eu de courant, plus la tension est élevée.»

T : « Alors la tension est une indication du niveau de charge ? »

R : « Oui, mais il faut tenir compte aussi de la capacité du condensateur; c'est ainsi que l'on appelle sa «contenance». Sur un condensateur à forte capacité, la tension augmente bien plus lentement que sur un condensateur à faible capacité.»

T : « C'est comme quand on remplit un seau d'eau : le niveau augmente beaucoup plus vite que lorsqu'on remplit (à débit égal) une baignoire.»

R : « Bravo. Tu peux aussi comparer le condensateur à une chambre à air de bicyclette. Au début, pour la gonfler, c'est facile, puis cela devient de plus en plus difficile. A chaque coup de pompe... »

T : « Oui, oui! Je te vois venir ! Je sens qu'il y a quelque chose qui va me sauter à la figure... »

R : « C'est vrai, un condensateur peut exploser. Le plus souvent il se contente de claquer sans faire de bruit; c'est ce qui arrive quand on applique une tension trop forte entre ses bornes.»

T : « Le bonbon se transforme en pétard. Non merci ! »

entre les armatures, mais au contraire l'absence de court-circuit... »

T : « Mais quand la déviation persiste, c'est un signe que les plaques se touchent. »

R : « Oui, cela s'explique par le courant d'intensité relativement élevée qui circule au début, QUAND LE CONDENSATEUR SE CHARGE. En fait, tout se passe comme lorsque l'on recharge une batterie de voiture, mais en accéléré. »

T : « Et quelle est la tension des condensateurs ? »

R : « Là je ne te comprends

pas. Comment veux-tu qu'ils aient une tension ? »

T : « Et bien 1,2 V comme les accumulateurs Cad-Ni rechargeables par exemple... Je vois ici «400 V» sur ce condensateur, c'est de la folie ! »

R : « Ah, d'accord! Je vois. Les condensateurs n'ont pas une tension fixe. Lorsqu'ils sont déchargés, la tension qui règne à leurs bornes est... »

T : « Nulle! »

R : « Oui, et quand ils sont chargés, cela dépend de la

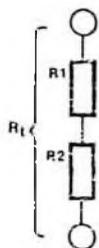


LA DÉCHARGE DU CONDENSATEUR

# Résistances en série et résistances en parallèle

Deux résistances en série agissent plus "intensément" que chacune d'entre elles prise séparément. On peut imaginer cet effet puisque le courant doit vaincre la résistance de deux "éléments de freinage". Les physiciens ont traduit ce phénomène en formules à partir d'un principe basé sur le bon sens : on peut attribuer une valeur équivalente unique à n'importe quel assemblage de résistances.

La résistance équivalente d'un montage en série vaut :  $R_g = R_1 + R_2$

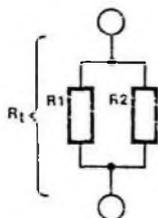


Dans notre exemple, la résistance équivalente a une valeur de :  $100 \Omega + 220 \Omega = 320 \Omega$

Les effets du montage de deux résistances en parallèle sont un peu plus difficiles à imaginer. Ici on trouve également plusieurs "éléments de freinage", mais le courant qui les traverse est plus fort que si le circuit ne comportait qu'une seule résistance. Voici une comparaison qui vous fera comprendre pourquoi les choses se passent ainsi. Il y a cent ans, le trafic routier était composé de voitures attelées à des chevaux. Les grandes routes avaient deux voies de circulation : une voie pour chaque sens. Avec le développement de l'automobile et l'augmentation incessante du trafic routier, beaucoup de routes à double sens se sont révélées trop étroites. Aux grandes routes nationales on a ajouté une troisième voie, puis une quatrième, mais comme ces routes opposaient encore trop de "résistance" au trafic, on a construit des autoroutes à deux, à trois ou à quatre voies dans chaque sens de circulation.

Ainsi, de même que les voies de circulation parallèles facilitent le passage du trafic routier, les résistances placées en parallèle facilitent le passage du courant électrique. La formule donnant la valeur de la résistance équivalente à celle de deux résistances mises en parallèle est la suivante :

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Par transformation, cette formule devient plus maniable sous cette forme-ci :

$$R_g = \frac{(R_1 \times R_2)}{(R_1 + R_2)}$$

La résistance équivalente de notre exemple vaut donc

$$R_g = \frac{(100 \Omega \times 220 \Omega)}{(100 \Omega + 220 \Omega)} = 68,8 \Omega$$

Comme on peut le constater, la résistance équivalente de deux résistances placées en série a une valeur plus grande que celle de la plus grande des résistances d'origine tandis que la résistance équivalente de deux résistances placées en parallèle a une valeur plus petite que celle de la plus petite des résistances d'origine.

(\*) Cette formule est plus simple pour le calcul écrit. Si on dispose d'une calculatrice pourvue de la fonction "valeur inverse", la première formule est plus rapide. Voici la manière d'effectuer ce calcul à l'aide d'une calculatrice du type TI-SR 50 :

100  
1/X  
+  
220  
1/X  
+

## Plein les pochettes !

La pochette : 30 F (+ 5 F de port) - Par 5 pochettes et plus : 30 F (franco) - Par 10 et plus : 25 F (franco) - Commande et chèque adressés au magasin de votre choix.

- Pochettes DIODES GERMANIUM OA, AA, etc. (50 pièces)
- Poch. DIODES DE COMMUTATION 1N4148 et BAX13 (100 pièces)
- Poch. DIODES 1N4001 à 1N4007 1 A (50 pièces)
- Poch. DIODES 3 et 6 A, 100 V, BY 251, BY 255, BY 214 (15 pièces)
- Poch. DIODES DIVERSES, 1N..., BY..., OA..., etc. (50 pièces)
- Poch. DIODES ZENER, 3 à 50 V, 0,5 à 10 W, (40 pièces)
- Poch. LED Ø 5 mm, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. LED Ø 3 mm, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. INFRA-ROUGE, 3 émetteurs + 3 récepteurs
- Poch. PONTS DE DIODES, 1 à 10 A, (5 pièces)
- Poch. TRANSISTORS, BC..., 237..., 327..., 550... (50 pièces)
- Poch. TRANSISTORS DE PUISSANCE, 2 N..., TIP..., BD..., (15 pièces)
- Poch. TRIACS, 4 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. THYRISTORS, 0,8 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. DTCOUPLEURS, TL111 et équiv (5 pièces)
- Poch. REGULATEURS, 78... et 79... (10 pièces)
- Poch. LM 741, (8 p), 10 pièces
- Poch. LM 555, (8 p), 10 pièces
- Poch. LM 709, (14 p), 10 pièces
- Poch. LM 747, (14 p), 5 pièces
- Poch. LM 324, (14 p), 5 pièces
- Poch. RESISTANCES 1/4 et 1/2 W, 10 Ω à 1 MΩ (300 pièces)
- Poch. RESISTANCES 1 à 3 W, 1 Ω à 1 MΩ, (100 pièces)
- Poch. RESISTANCES 3 à 10 W, 1 Ω à 1 MΩ (50 pièces)
- Poch. AJUSTABLES MINIATURES CERMET (30 pièces)
- Poch. POTENTIOMETRES et AJUSTABLES DIVERS (25 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS CERAMIQUES, 1 pF à 0,1 μF, (100 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS MINIATURES, MKH, MKT, L.C.C., (pas de 5,08), (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS PLAQUETTES, 100 pF à 2,2 μF, (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS AXIAUX, 100 pF à 1 μF, 63 à 400 V, (100 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS HAUTE TENSION, 1 pF à 1 μF, 400 à 6 000 V, (25 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS au TANTALE, 0,1 μF à 100 μF, (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS CHIMIQUES, 1 μF à 4 700 μF (50 pièces)
- Poch. COND pour FILTRE H.P., 1 μF à 68 μF, N.P., (10 pièces)
- Poch. COND. AJUSTABLES et VARIABLES, (10 pièces)
- Poch. C.T.N., V.D.R., parafoudre, antiparasites, etc... (20 pièces)
- Poch. FUSIBLES, (20 pièces) et portefusibles, (10 pièces)
- Poch. MICAS et CANONS, pour transistors, TO220, TO3, TO66, etc... (100 pièces)
- Poch. SUPPORTS de C. INT., 6 à 40 p, (20 pièces)
- Poch. RADIATEURS, TO5, TO220, TO3, profilés (10 pièces)
- Poch. PRISES, DIN, JACK, RCA, etc., (20 pièces)
- Poch. BORNIERES et CONNECTEURS (appariés), (10 pièces)
- Poch. VOYANTS, LED, CLIPS, NEONS, LUCIOLES...
- Poch. INTER COMMUT, clavier, etc. (25 pièces)
- Poch. COMMUT. ROTATIFS, 1 c. 12 p., 2 c. 6 p., etc. (5 pièces)
- Poch. FILS ET CABLES, blindés, nappe, cablage, (couleurs assorties) (50 m)
- Poch. GAINE, thermo, souplesse, manchons, etc.
- Poch. FIL EMAILLE Ø 0,1 mm à 1,5 mm, (100 m)
- Poch. VISSERIE MINIATURE, Ø 1,5, 2 et 2,5 mm (300 pièces)
- Poch. VISSERIE, Ø 3 mm, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. VISSERIE, Ø 4 mm, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. VISSERIE et cosses diverses, (500 pièces)
- Poch. MATERIEL ELECTRIQUE, prises, inter, triplète, etc.
- Poch. RELAIS, 12 V. REED, etc. (5 pièces)
- Poch. BOBINAGES, F.I., pots ferrite, mandrins, etc. (20 pièces)
- Poch. BOUTONS POUR POTENTIOMETRES, axe Ø 6, glissière, auto-radio, etc. (25 pièces)
- Poch. CORDONS hi-fi, d'alim., etc. (5 pièces)
- Poch. TRANSFO D'IMPEDANCE, 8 Ω / 2 x 8 Ω, 3 W sourmoulé, (2 pièces)
- Poch. 2 H.P., 4 Ω, Ø 10 cm, 2 W
- Poch. 2 H.P., 4 Ω, Ø 17 cm, 5 W
- Poch. 2 H.P., 8 Ω, 8 cm x 20 cm, 5 W
- Poch. MICRO ELECTRET, dynamique, écouteur, etc. (5 pièces)
- Poch. GRIP-FILS, 14 cm, 1 rouge + 1 noir
- Poch. jeux de CORDONS DE MESURE, (R + N) + 2 mini grip-fils
- Poch. COSSAS A SERTIR (assorties, 100 pièces)
- Poch. 3 COFFRETS, plastique noir, 85 x 55 x 35 mm
- Poch. 2 COFFRETS, plastique noir, 110 x 70 x 45 mm
- Poch. 1 COFFRET, plastique noir, 155 x 90 x 50 mm
- Poch. CIRCUIT IMPRIME, epoxy et bakélite, (10 dm<sup>2</sup>)
- Poch. PERCHLO (pour 1 l) + FEUTRE SPECIAL C.I. + plaque C.I.
- Poch. GRADATEUR EN KIT, 220 V, 800 W, avec circuit imprimé
- Poch. VOIE INVERSE POUR MODULATEUR, 200 V, 800 W avec circuit imprimé

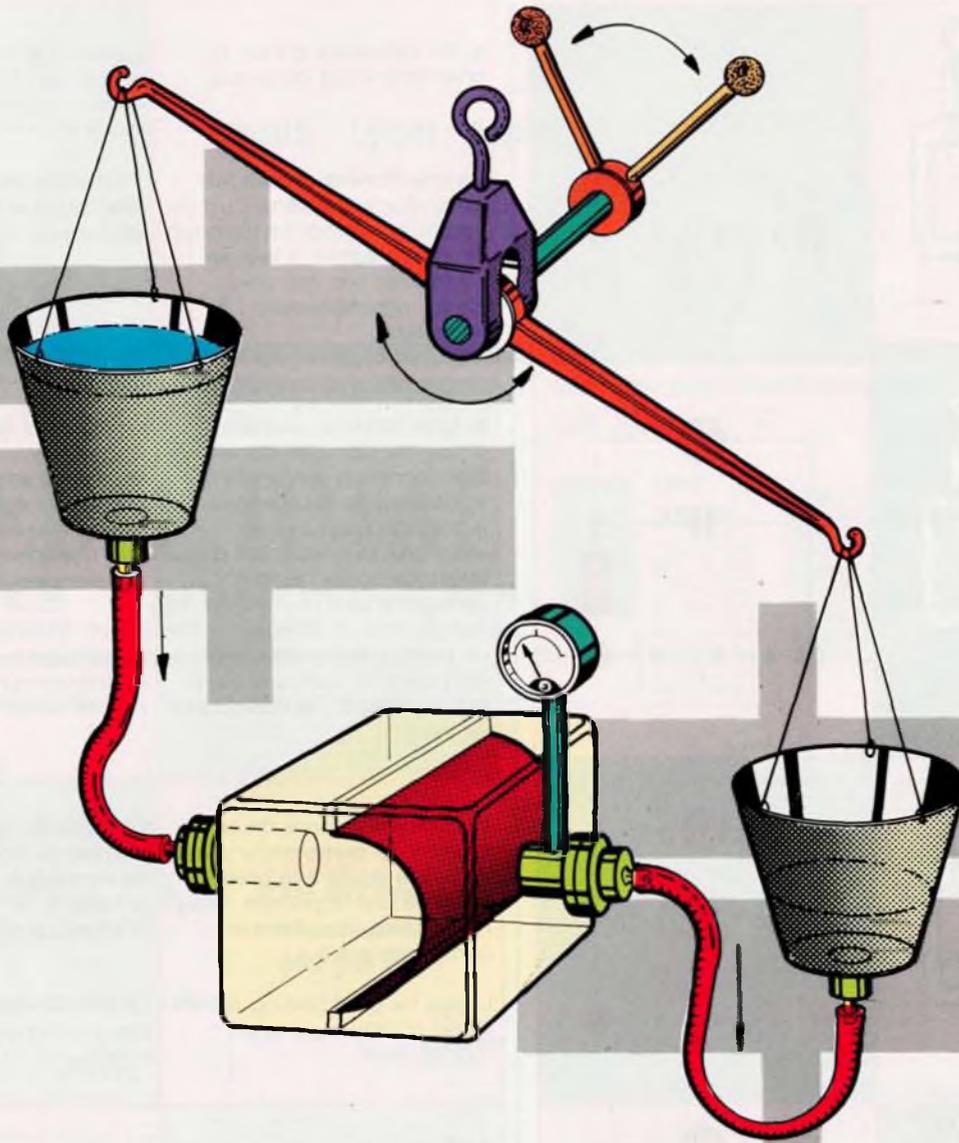
**E.44** 65 quai de la Fosse  
44100 NANTES - 40.73.53.75

**E.17** 2 rue des Frères Prêcheurs  
17000 LA ROCHELLE - 46.41.09.42

**E.79** 59 rue d'Alsace Lorraine  
79000 NIORT - 49.24.69.16

**E.C.E.L.I.** 17 rue du Petit Change  
28000 CHARTRES - 37.21.45.97

**E.85** 8 bis, rue du 93<sup>e</sup> R.I.  
85000 LA ROCHE-SUR-YON - 51.62.64.82



# le condensateur en régime alternatif

La comparaison entre d'une part des phénomènes électroniques complexes et abstraits et d'autre part des phénomènes physiques simples ou du moins familiers met en évidence des analogies frappantes qui permettent à notre imagination de mieux saisir les notions abstraites. Les phénomènes physiques simples constituent en quelque sorte des **modèles** auxquels nous pouvons nous référer facilement. C'est ainsi que la fonction d'un condensateur est souvent comparée à celle d'une baignoire ou à celle d'une chambre à air. Ces deux modèles n'expliquent cependant que quelques aspects limités du condensateur.

Un autre modèle, celui de la membrane, nous permet de mieux comprendre son fonctionnement. Imaginons une conduite d'eau séparée en deux compartiments par une membrane. Ces compartiments représentent les deux plaques du condensateur, tandis que le déplacement de l'eau y figure le courant électrique. Dans ce modèle, le déplacement de l'eau est provoqué par une pompe, alors que dans la pratique c'est une batterie et une résistance talon qui assurent l'alimentation électrique du condensateur. *Le rôle de la résistance talon est de limiter le courant de charge du condensateur. Tant qu'il est déchargé, celui-ci a (pour une tension alternative) le*

*même effet qu'un court-circuit. La résistance maintient donc une différence de potentiel dans le circuit durant la charge du condensateur.*

## CONCLUSIONS DU TABLEAU COMPARATIF

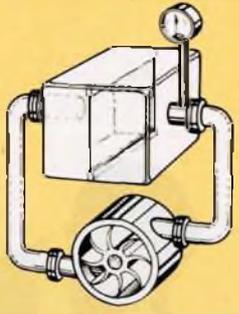
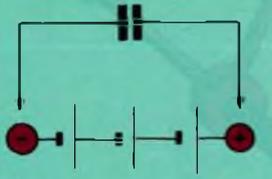
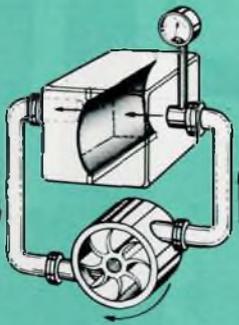
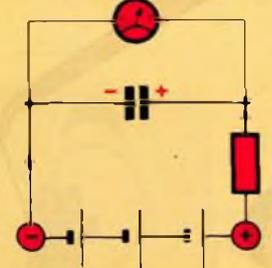
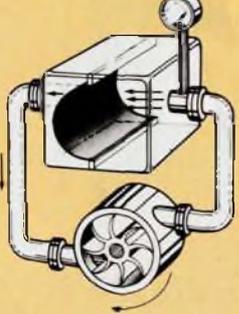
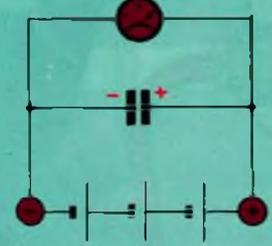
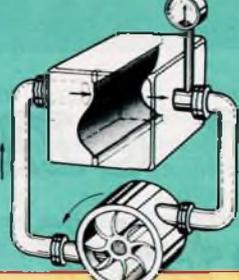
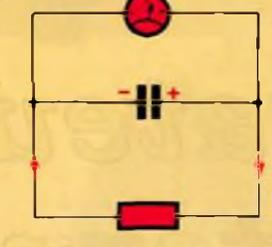
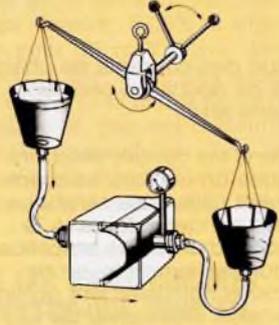
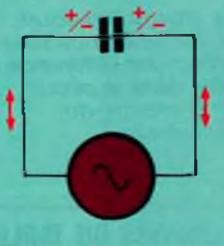
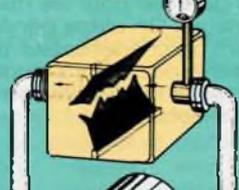
**Le condensateur bloque le courant continu mais il laisse passer le courant alternatif.**

Cet effet est difficile à comprendre puisqu'il y a un isolant (diélectrique) entre les deux électrodes du condensateur. Un courant alternatif charge et décharge tour à tour le condensateur, si bien

que des courants de charge et de décharge circulent sans arrêt.

Dans les circuits électroniques on exploite fréquemment cette caractéristique des condensateurs. A la sortie d'un étage amplificateur par exemple, on ne trouve normalement qu'une tension alternative. La présence d'une éventuelle tension continue serait dangereuse pour les haut-parleurs. On utilise généralement un condensateur pour séparer ces deux composantes et bloquer la composante continue.

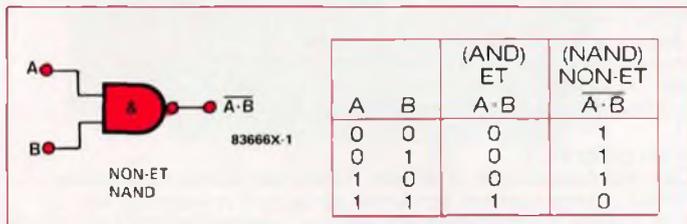
(voir tableau page suivante)

<p><b>a</b></p> 		<p><b>a.</b> En l'absence d'eau, la membrane est détendue.</p> <p>La membrane sépare les deux compartiments l'un de l'autre et fonctionne comme un diaphragme. Il faut se l'imaginer comme une cloison rigoureusement hermétique.</p>	<p>Lorsque le condensateur n'est pas chargé, la différence de potentiel entre ses deux électrodes est de 0 V.</p> <p>Il n'existe aucun contact électrique entre les deux armatures du condensateur.</p>
<p><b>b</b></p> 		<p><b>b.</b> Une certaine quantité d'eau est pompée dans l'un des compartiments, et appuie sur le diaphragme : le «condensateur» est «chargé». Une quantité d'eau <b>identique</b> quitte l'autre compartiment.</p> <p>La pompe fait croître la pression dans le compartiment qui se remplit : la membrane se tend.</p>	<p>Un courant électrique apporte une charge à l'une des électrodes. Une charge électrique équivalente quitte l'autre électrode et retourne à la batterie. On dit que le condensateur «se charge».</p> <p>La tension aux bornes du condensateur augmente en même temps que la charge.</p>
<p><b>c</b></p> 		<p><b>c.</b> Lorsque la force de la tension de la membrane est devenue égale à la pression exercée par la pompe, l'eau ne pénètre plus dans le compartiment.</p> <p>L'eau ne peut pas couler de façon continue dans un même sens.</p>	<p>Dès que la tension aux bornes du condensateur devient égale à la tension de la batterie, le courant de charge s'arrête.</p> <p>Le condensateur ne laisse pas passer de courant continu.</p>
<p><b>d</b></p> 		<p><b>d.</b> Quand l'eau reflue, elle coule dans le sens opposé à celui dans lequel la pompe l'avait chassée.</p> <p>L'eau qui reflue cède son énergie : elle entraîne la rotation de la pompe.</p>	<p>Le sens du courant de décharge est opposé au sens du courant de charge.</p> <p>Le courant de décharge restitue l'énergie accumulée.</p>
<p><b>e</b></p> 		<p><b>e.</b> Lorsque l'eau est alternativement introduite dans un compartiment et chassée de l'autre, la membrane <b>oscille</b> de part et d'autre de sa position de repos.</p> <p>Dans les conduites d'eau, l'eau coule sans arrêt, en alternant de sens.</p>	<p>La polarité de la tension aux bornes d'un condensateur tour à tour chargé puis déchargé, change alternativement (tension alternative).</p> <p>Les pattes du condensateur sont parcourues en permanence par un courant alternatif. En résumé : <b>un condensateur soumis à une tension alternative voit circuler un courant alternatif.</b></p>
<p><b>f</b></p> 		<p><b>f.</b> Si la pression devient trop forte, la membrane éclate : les deux compartiments sont alors en communication.</p>	<p>Une tension trop élevée fait "claquer" le condensateur : un contact électrique est établi entre les deux électrodes et le condensateur devient inutilisable.</p>

# La logique sans hic

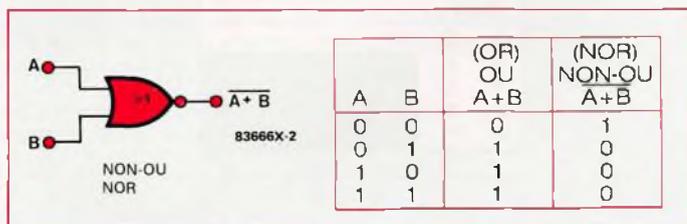
## 3<sup>ème</sup> partie: de nouveaux opérateurs logiques

Nous avons déjà parlé au cours de la dernière séance de *logique sans hic* (voir ELEX n° 2 page 65) d'opérateurs NON-ET (NAND) et NON-OU (NOR); et nous avons vu que ces fonctions logiques étaient composées, c'est-à-dire qu'elles sont obtenues par combinaison des opérations NON et ET ou NON et OU... (répétez cela à haute voix, pour voir...).



Vous retrouvez ci-dessus le symbole de l'opérateur NON-ET (NAND) avec sa table de vérité. Celle-ci montre comment la sortie de l'opérateur répond aux quatre combinaisons possibles des deux entrées. La formule qui résume cette table s'écrit  $\overline{A \cdot B}$ . Les niveaux logiques sont symbolisés par les chiffres 0 (bas) et 1 (haut), ce qui correspond respectivement à une tension de 0 V ou de 5 V environ. Sur la platine d'expérimentation logique DIGILEX que nous vous avons proposée dans le précédent numéro d'ELEX, le niveau logique bas est obtenu par une liaison effectuée entre l'entrée concernée et le rail 0 V, et le niveau logique haut est obtenu par une liaison effectuée entre l'entrée concernée et le rail 5 V. Les niveaux de sortie sont visualisés par une des diodes électro-luminescentes de la platine DIGILEX, c'est pourquoi il faut établir une liaison entre la sortie concernée et l'un des points A à H.

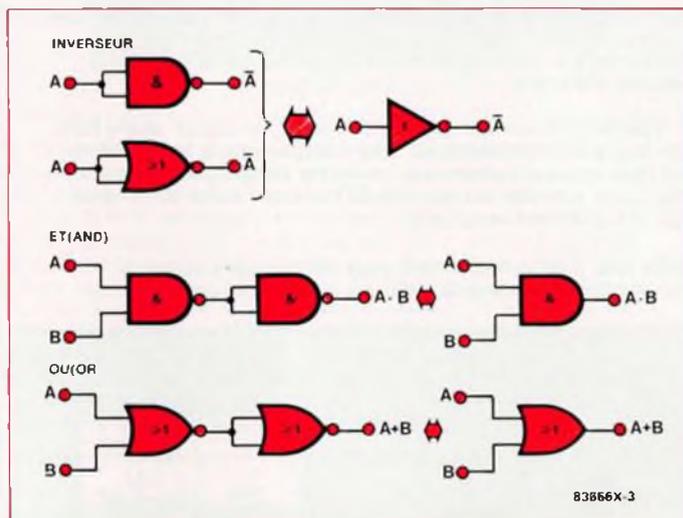
Pour simplifier les choses, nous les avons représentées sous une forme plus compliquée que nécessaire ! La colonne centrale ET dans la table de vérité n'est pas indispensable, mais elle vous permettra de mieux décomposer la fonction NON-ET (NAND) en une fonction NON et une fonction ET. Il en va de même d'ailleurs pour la table de vérité de l'opérateur NON-OU (NOR) ci-dessous. Sa table de vérité comporte aussi une colonne OU (OR) qui n'est pas indispensable.



Lorsque vous manipulez des opérateurs logiques, essayez de vous référer, surtout au début, à des notions concrètes et tangibles, susceptibles de matérialiser pour vous la fonction logique dans un exemple facile à comprendre. Par exemple, « Jacques **ne** prend son vélo pour aller à l'école **que** lorsqu'il fait **ni** froid, **ni** humide. » Cette phrase comporte la même combinaison logique que la table de vérité de l'opérateur NON-OU (**ni** l'un, **ni** l'autre). Si l'entrée A est à 1 quand il pleut et à 0 quand il fait sec, tandis que l'entrée B est à 1 quand il fait froid et à 0 quand il fait chaud, la sortie indique en étant à 1 si Jacques prend son vélo, ou pas (0).

Les opérateurs NON-ET (NAND) et NON-OU (NOR) sont universels. On peut en combiner les entrées par exemple, ce qui en fait des inverseurs (opérateurs NON). Dès lors il ne reste plus des tables de vérité que la première et la dernière ligne (dans lesquelles les deux entrées sont au même niveau).

On rencontre aussi des opérateurs NON-ET (NAND) ou NON-OU (NOR) suivis par un inverseur (NON), de sorte que l'on obtient de nouveau l'opérateur ET ou OU original, puisque les deux inversions s'annulent (hou hou!).



On peut même s'amuser à créer une fonction OU à l'aide d'opérateurs NON-ET (NAND). Voici la table de vérité du curieux opérateur, où l'on retrouve du NON- $\overline{A \cdot B}$  et de l'OU :

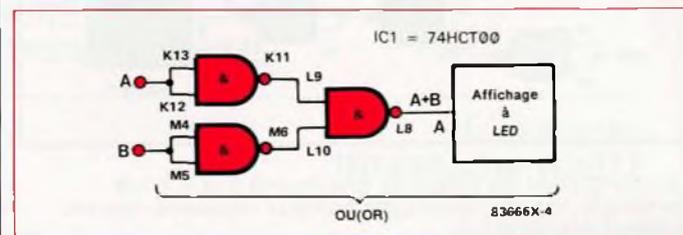
A	B	(NAND) NON-ET $\overline{A \cdot B}$	(AND) ET A+B
0	0	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1

La solution du problème paraît fort simple, puisqu'il semble suffire de mettre les deux colonnes de gauche (les entrées) cul par dessus tête. Mais comment ? En inversant A et B, bien sûr ! Vous l'aviez deviné...

Une fois inversées, les entrées sont combinées par un opérateur NON-ET (NAND)

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

Et le circuit correspondant ? Il est très simple...



Les lettres et les chiffres renvoient aux points de connexion du même nom sur la platine d'expérimentation logique DIGILEX. Vous pouvez bien entendu essayer d'autres combinaisons équivalentes.

On peut aussi s'amuser à faire un opérateur ET à l'aide d'opérateurs NON-OU (NOR). Comment ? Cherchez donc, ce n'est pas difficile. Et si vous n'y arrivez pas tout seul, consolez-vous, car vous trouverez la réponse dans le prochain numéro d'ELEX.

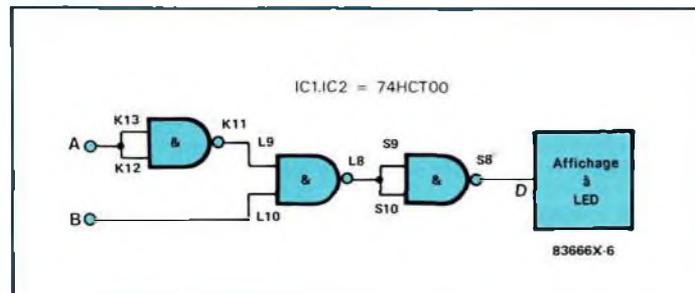
A quoi bon, direz-vous, construire avec trois opérateurs ce que l'on peut faire avec un seul ? D'abord, pour le plaisir d'apprendre en combinant les opérateurs, puis parce qu'en pratique il arrive que l'on ne dispose pas des opérateurs du type recherché, mais il arrive fréquemment qu'il reste deux ou trois opérateurs d'un autre type, apparemment incompatible avec la fonction logique à réaliser. Un électronicien habile et économe ne rajoutera pas un circuit intégré en fait inutile, mais s'efforcera de résoudre le problème par des astuces du genre de celle que nous venons d'étudier.

Et maintenant voici Mister EXOR, le OU exclusif, autre fonction logique fondamentale. Elle s'apparente à la fonction OU que nous connaissons, mais ne réagit que si l'une des deux entrées est au niveau haut et l'autre au niveau bas (d'où le mot «exclusif»).

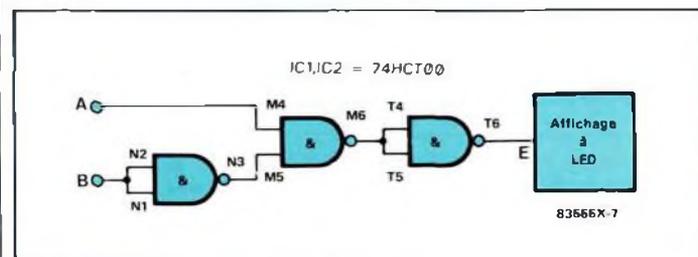
Cette fois, il sera nettement plus difficile de trouver le circuit correspondant à cette nouvelle fonction :

A	B	(EXOR) OU exclusif A≠B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

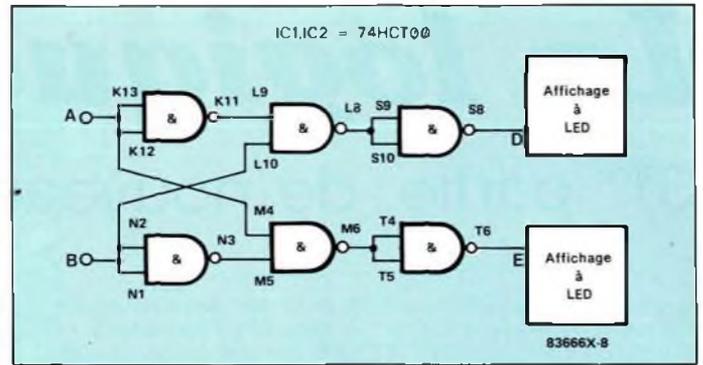
La sortie ne passe au niveau 1 que si A = 0 et B = 1. Sur la platine DIGILEX, il faut monter la combinaison suivante, pour remplacer l'inverseur et l'opérateur ET :



Maintenant que nous avons de quoi réaliser la combinaison de la deuxième ligne de la table de vérité, il suffit de permuter les entrées de cette combinaison pour obtenir la troisième ligne de la table de vérité (c'est l'entrée B qui est inversée au lieu de l'entrée A) :

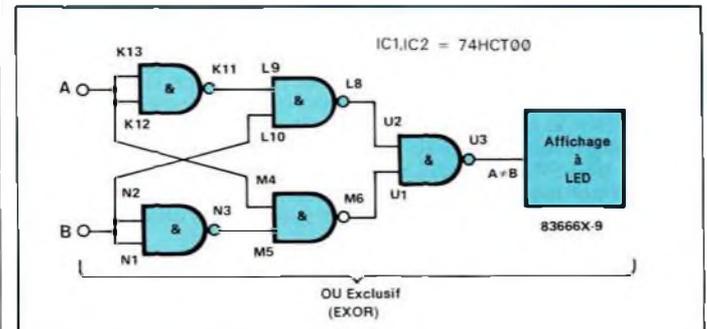


Et en combinant les schémas des figures 6 et 7, nous obtenons le circuit suivant (attention aux nouvelles liaisons câblées à implanter) :



La sortie du haut passe à 1 quand la combinaison d'entrée est A = 0 et B = 1, et l'autre quand A = 1 et B = 0. C'est un opérateur OU (OR) qui va combiner les deux sorties pour n'en former qu'une seule. Nous disposons de notre pseudo circuit OU de la figure 4, réalisé avec trois portes NON-ET (NAND); utilisons-le. Il se trouve que les sorties du circuit de la figure 8 sont déjà inversées, nous pourrions donc omettre les deux inverseurs d'entrée du circuit de la figure 4.

Vous grognez ? Ce n'est pas simple, d'accord. Mais essayez sur la platine DIGILEX, recopiez les schémas en autant d'exemplaires qu'il y a de combinaisons possibles, notez sur chaque schéma les 1 et les 0 en fonction des tables de vérité, et vous vous y ferez rapidement . . .



Si l'on réalise le même circuit avec des opérateurs NON-OU (NOR) on obtient . . . Allons! Prenez votre papier, votre crayon, recopiez le schéma ci-dessous en quatre exemplaires, et placez les 1 et les 0 aux entrées et aux sorties en vous conformant à la table de vérité des opérateurs NON-OU (NOR) employés. Et vous arriverez au résultat en quelques minutes . . .

A	B	?
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Sur la platine DIGILEX nous n'avons que quatre opérateurs NON-OU. Il suffit en fait de réaliser l'inverseur de l'entrée A de la figure 10 non pas avec un opérateur NON-OU (NOR) comme indiqué, mais à l'aide d'un opérateur NON-ET (NAND). En tous cas, nous espérons vous retrouver le mois prochain pour la suite (et la réponse aux questions posées).

# AU SECOURS:

## 74XX/74LSXX/74HCXX/74HCTXX

Suite aux nombreuses lettres que nous avons reçues concernant cette rubrique, nous voudrions apporter quelques éléments de réponse aux questions qui nous ont été posées, car il est impossible de répondre à chacun individuellement. Les circuits intégrés logiques des familles 74XY sont nombreux et répartis en catégories plus ou moins compatibles.



Il existe l'ancienne famille TTL (7474 par exemple, ou 7413) dont les références ne comportent aucune lettre. Hormis les circuits intégrés de récupération qui traînent dans les tiroirs ici ou là, ces circuits ont aujourd'hui complètement disparu. Si vous en avez, vous pouvez les utiliser dans le cadre limité de la platine d'expérimentation. Cela vous fait l'économie de circuits neufs (pièce économie, en fait, car les circuits logiques ne sont pas onéreux dans l'ensemble).



Relégués depuis moins longtemps, les circuits de la famille LS (74LS74 par exemple) se trouvent encore couramment. **Vous pouvez les utiliser sur la platine DIGILEX** (car les schémas sont simples et ont été conçus pour la famille LS) ainsi que sur la plupart des circuits publiés dans ELEX (le cas échéant une mention explicite en sera faite). Ce sont néanmoins des composants que l'on considère aujourd'hui comme dépassés pour les applications d'un certain niveau, car ils sont trop voraces, trop lents et plus sensibles aux parasites que les familles modernes qui ont nom 74HC et 74HCT.

Les schémas bien calculés pour des composants LS peuvent recevoir sans difficulté des circuits intégrés HCT.



On retiendra donc que pour DIGILEX et l'ensemble des circuits logiques, que de la même manière que les circuits 74LS ont remplacé les circuits TTL ordinaires (74), les circuits 74HCT remplacent maintenant les circuits 74LS. Les schémas conçus en leur temps pour des circuits intégrés 74 ont pu être équipés de circuits intégrés 74LS. De même les schémas conçus en leur temps pour des circuits LS pourront recevoir des circuits HCT. **Les différences essentielles résident dans le courant consommé qui devient de plus en plus faible, la vitesse qui devient de plus en plus grande, et la sensibilité aux bruits et aux parasites qui elle s'amenuise.** D'où il résulte, pour simplifier fortement, que  $LS \approx HCT$ .



Un montage à la limite du bon fonctionnement en LS (mal calculé, emploi de ruses peu orthodoxes, etc) peut faire des difficultés en HCT. Un schéma conçu pour des circuits intégrés HCT risque fort de faire des difficultés, notamment s'il comporte des signaux dont la chronologie est calculée avec précision. Le courant absorbé par une entrée LS est beaucoup plus élevé que celui d'une entrée HCT, et ceci fausse bien entendu les calculs. Au niveau où nous en sommes dans ELEX, tout ceci ne peut pas encore avoir de conséquences fâcheuses, mais il importe d'être vigilant. Quant aux circuits de la famille HC, du fait de leur incompatibilité relative, nous vous recommandons de les proscrire, du moins pour l'instant.

## Ets. MAJCHRZAK J.F.

### COMPOSANTS ELECTRONIQUES

SEMI-CONDUCTEURS ACTIFS/PASSIFS

MESURE

TOUT POUR LE CIRCUIT IMPRIMÉ

107, rue Paul Guieysse  
56100 LORIENT

TÉL. 97 21 37 03.  
TÉLEX MAJCOMP 950017 F