

PETITE HISTOIRE DE L'ATOME

(6e partie)

C'est à partir des années 20 que l'idée d'utiliser cette formidable énergie contenue au sein des noyaux d'atomes prit une certaine consistance pour quelques physiciens, bien qu'on ne sût pas vraiment comment l'extraire et la domestiquer.

LE NEUTRON

En Angleterre, avec Rutherford et James Chadwick, qui était alors son assistant, ainsi qu'aux Etats-Unis (Harkins) et en Australie (Orme Masson), les chercheurs tentaient de mettre en évidence la présence d'une particule neutre qu'ils supposaient formée par l'association d'un électron (charge négative) et d'un proton (charge positive). S'ils ne purent former cette particule neutre en combinant protons et électrons, ils firent des observations surprenantes en bombardant différentes matières avec des particules alpha. En effet, apparurent dans certains cas des radiations extrêmement pénétrantes que James Chadwick finit par présenter en 1932 comme constituées d'un courant de particules dénuées de toute charge électrique mais dont la masse était équivalente à celle du proton.

Cette nouvelle particule, déjà baptisée Neutron par Harkins, en 1921, alors qu'il ébauchait ses hypothèses, permit d'élaborer une nouvelle représentation de l'atome.

Celui-ci pu, être représenté comme constitué d'électrons tournoyant autour d'un noyau, lui-même composé de protons et de neutrons.

A LA RECHERCHE DE LA MASSE PERDUE



suite p 24

TECHNO-BADGES

PAGE 3

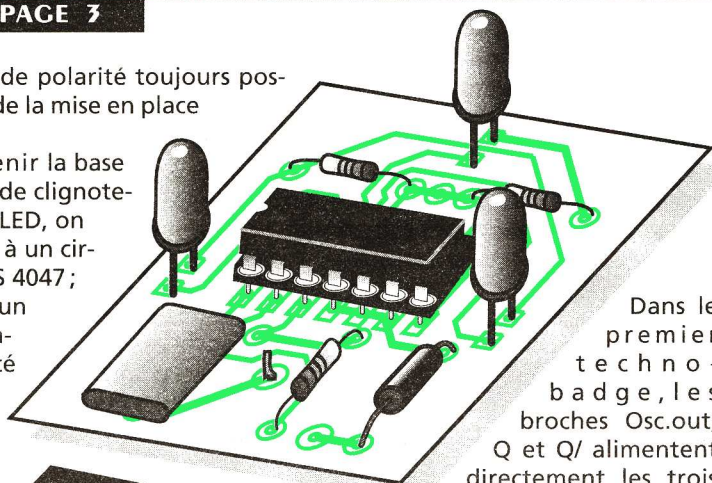
Pour briller en société, rien ne vaut un électronicien lumineux: pour ce faire, nous vous proposons de réaliser les techno-badges. Ces deux petits badges lumineux, à la fois simples et astucieux, vous permettront d'ajouter une touche d'originalité à vos talents d'électronicien.

LES SCHEMAS

L'énergie nécessaire au fonctionnement des techno-badges est fournie par deux piles au lithium de 3V montées en série dans le connecteur. On trouve ensuite sur le pôle positif un interrupteur, celui-ci est en fait réalisé par l'épingle à nourrice séparée en deux parties, ce qui permet un gain de place appréciable sur le montage. La diode D₁ placée en série dans l'alimentation prévient contre toute

inversion de polarité toujours possible lors de la mise en place des piles.

Pour obtenir la base de temps de clignotement des LED, on fait appel à un circuit CMOS 4047; il s'agit d'un multivibrateur monté



Dans le premier techno-badge, les broches Osc.out, Q et Q/ alimentent directement les trois LED (la sortie Osc.out fournit une fréquence double des sorties Q et Q/). Les résistances R₂ et R₃ déterminent le courant dans les LED.

Pour le second techno-badge, le 4047 sert de circuit d'horloge pour le compteur décimal 4017. Pour des raisons de place sur le circuit imprimé, les sorties de ce dernier ne sont pas toutes utilisées, ce qui réalise aussi une certaine économie d'énergie. On trouve donc huit LED D₂ à D₉ dont le courant est limité par R₂.

en stable dont la fréquence est déterminée par R₁ et C₁, la période se calcule par $T = 4,4 \times R_1 \times C_1$.

suite p 3

N° 16 FEVRIER 1995

SOMMAIRE

- 1 - PETITE HISTOIRE DE L'ATOME
- 2 - J'EXPERIMENTE : L'ELECTRICITE DYNAMIQUE
- 3 - TECHNO-BADGES
- 4 - QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ? LES SCANNERS
- 6 - TECHNOLOGIE : LES TETES MAGNETIQUES
- 7 - UN INTERPHONE MOTO
- 8 - LES CALCULATRICES
- 10 - UNE FLECHE ANIMEE
- 12 - LOGIQUE 16
- 14 - UN DETECTEUR DE DEBOREMENT
- 15 - LES AOP
- 18 - UN TESTEUR DE PORTES MOS
- 21 - COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
- 23 - ABONNEMENTS

Generation ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD
S.A. au capital de 5 160 000 F
2 à 12, rue Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 44.84.84.84 - Fax : 42.41.89.40 Télex : 220 409 F

Principaux actionnaires
M. Jean-Pierre VENTILLARD
Mme Paule VENTILLARD

Comité de Direction :
Jean-Pierre VENTILLARD, Président
Jacqueline LEFEVRE, Administrateur
Jean-Claude NOTTIN, Administrateur

Président-Directeur Général
Directeur de la Publication :
Jean-Pierre VENTILLARD
Directeur de la Rédaction :
Bernard FIGHIERA
Comité de Rédaction :
R. KNOERR, G. ISABEL, P. RYTER,
M. DELEPIERRE, A. BOUTEVILLE, A. SOROKINE
Maquette : R. MARAI

Marketing/Ventes : Jean-Louis PARBOT
Tél. : 44.84.84.84

Inspection des Ventes :
Société PROMEVENTE, M. Michel IATCA
11, rue de Wattignies, 75012 PARIS
Tél. : 43.44.77.77 - Fax : 43.44.82.14

Publicité : Société Auxiliaire de Publicité
70, rue Compans, 75019 PARIS
Tél. : 44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60
FAX : 42.41.89.40

Directeur général : Jean-Pierre REITER
Chef de publicité : Pascal DECLERCK
Assisté de : Karine JEUFFRAULT

Abonnement : Marie-Christine TOUSSAINT
Voir nos tarifs en dernière page

Préciser sur l'enveloppe
"SERVICE ABONNEMENTS" MENSUEL
Tél. : 44.84.85.16

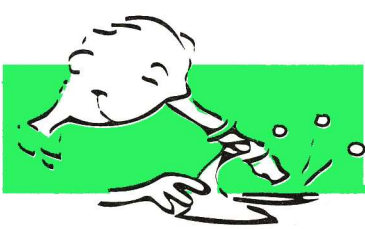
Prix de vente au numéro : 15 F
Commission paritaire n° 74699
Membre inscrit à DIFFUSION CONTROLÉ (OJD)
Distribution : Transport Presse
I.S.S.N. 1248 1130

« Loi n° 49-956 du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse. » Février 1995.



T 1767 - 16 - 15,00 F





L'ELECTRICITE DYNAMIQUE (suite)

Les expériences effectuées sur les solénoïdes (du grec solé, qui signifie tuyau, et eidos, la forme) qu'Ampère imagina furent à l'origine des constatations qui l'amènèrent à formuler sa théorie au moyen de laquelle les phénomènes magnétiques prennent leur place dans l'électrodynamique.

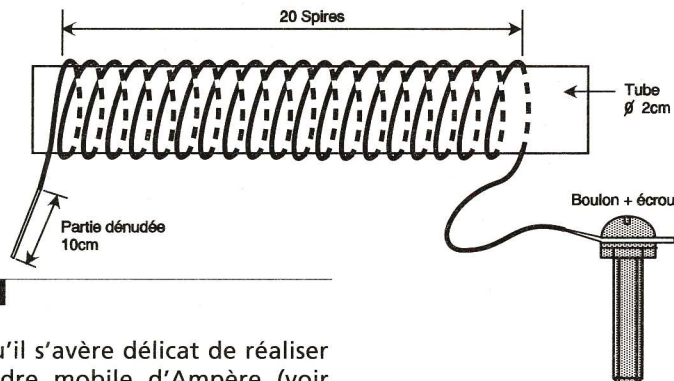


Fig 1

Puisqu'il s'avère délicat de réaliser un cadre mobile d'Ampère (voir « J'expérimente » du numéro précédent), nous vous proposons une série d'expériences permettant des observations concluantes tout en ayant recours à un dispositif simple à mettre en œuvre.

LE SOLÉNOÏDE MOBILE

Pour réaliser ce solénoïde mobile, vous devez réunir un saladier en matière plastique, du sel, un morceau carré de polystyrène, une vis en acier zingué avec son écrou et du fil de cuivre rigide.

PRINCIPE

Notre solénoïde mobile utilise un dispositif semblable à la pile à couronne de Volta en guise d'alimentation. L'une de ses extrémités en cuivre plonge directement dans la solution saline alors que l'autre est mise en contact avec une vis en acier zingué qui, baignant dans la même solution, constituera la seconde électrode.

Le solénoïde fermant le circuit de cette pile, vous pourrez constater les effets du courant le traversant en approchant un autre solénoïde ou un aimant.

FABRICATION

Après avoir coupé un fil électrique rigide d'environ 2 mètres, dénudez

l'une de ses extrémités sur 10 cm. Enroulez-le ensuite autour d'un morceau de tube quelconque d'un diamètre d'environ 2 cm (fig. 1). Après avoir formé une vingtaine de spires, retirez le tube puis fixez l'une des extrémités du solénoïde sur la vis en acier zingué grâce à l'écrou. Traversez ensuite la plaque de polystyrène en laissant dépasser la vis et l'autre extrémité du solénoïde en cuivre que vous pliez comme indiqué (fig. 2).

Remplissez le saladier ou le bassin avec de l'eau tiède puis versez deux cuillerées à soupe de sel que vous pourrez dissoudre et mélanger avec la cuillère.

Finalement, posez votre solénoïde mobile à la surface de la solution : il générera automatiquement un champ électromagnétique. N'étant pas posé sur un plan fixe mais sur un liquide, le solénoïde s'orientera en fonction des champs magnétiques l'environnant.

OBSERVATIONS

1° Avec un aimant

Avant tout, repérez les pôles Nord et Sud de l'aimant grâce à un point de couleur placé sur l'une de ses extrémités.

Placez le solénoïde au milieu du saladier puis approchez le pôle d'un aimant de l'une de ses extrémités (fig. 3). Selon que l'extrémité du solénoïde sera d'un pôle identique ou contraire au pôle de l'aimant,

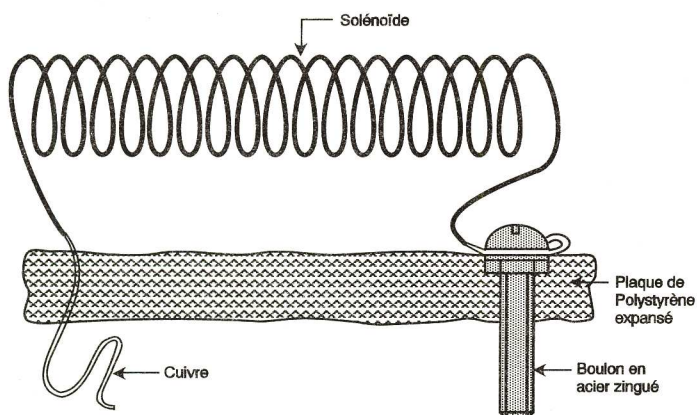


Fig 2

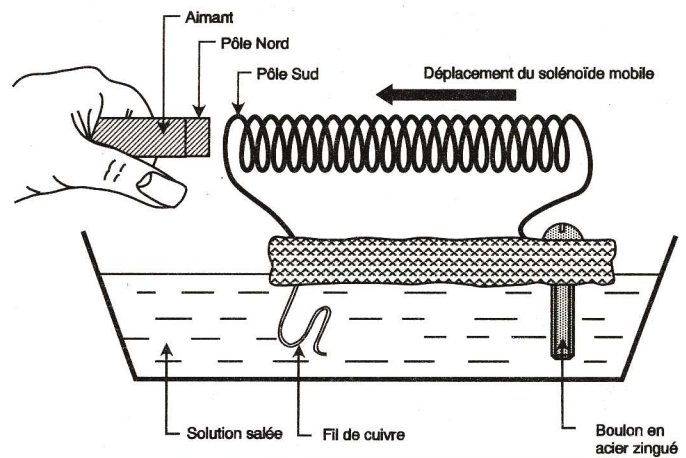


Fig 3

vous constaterez qu'ils se rapprochent ou s'éloignent. Vous pourrez alors placer un point de couleur sur l'extrémité du solénoïde qui est repoussée par l'aimant (pôles identiques).

différents. Le second solénoïde se comporte donc comme l'aimant utilisé pour la première observation.

P. RYTTER

2° Avec deux solénoïdes

Fabriquez un second solénoïde en tout point semblable au premier. Procédez à la première observation afin de vous assurer de son bon fonctionnement et repérez ses pôles en posant là aussi un point de couleur. Placez les deux solénoïdes dans un bassin suffisamment grand pour leur permettre de se mouvoir librement. Chaque solénoïde se comportant comme un aimant, vous observerez qu'en approchant des pôles identiques ceux-ci se repoussent. Pour qu'ils s'attirent, approchez des pôles

MATERIEL

- Deux longueurs de 2 mètres de fil de cuivre rigide (diamètre 1,5)
- Deux boulons en acier zingué de 5 x 40 mm avec leur écrou
- Deux plaques de polystyrène de 5 x 10 cm
- Un barreau aimanté ou un aimant circulaire
- Du sel
- Un bassin ou un grand saladier.

Numéro spécial ELECTRONIQUE PRATIQUE

132 PAGES D'ELECTRONIQUE PASSION

montages périphériques pour GB



Améliorez les performances de vos appareils CB avec

ELECTRONIQUE PRATIQUE

EN VENTE CHEZ TOUS LES MARCHANDS DE JOURNAUX

REALISATION PRATIQUE

Bien que d'une extrême simplicité, la réalisation des techno-badges demandera une certaine application pour obtenir un résultat suffisamment esthétique.

Les circuits imprimés sont donnés à l'échelle.

La réalisation des CI par insolation aux UV est recommandée, étant donné la finesse de certaines pistes. Après la gravure, on percera toutes les pastilles à 0,8 mm, les pastilles de la diode D₁ seront agrandies à 1 mm

intégrés, les résistances, la diode D₁ et les LED. Ensuite, le condensateur C₁ sera implanté couché sur le côté pour ne pas créer de sur-épaisseur. Ne pas oublier sur le badge N2 de placer le strap représenté par un petit trait sous la broche 6 du 4017. On peut maintenant passer à la mise en place du connecteur de piles, celle-ci diffère selon le modèle :

■ Badge N1 : commencer par supprimer au cutter les trois petites cales moulées sous le connecteur, mettre en place ce dernier. Sou-

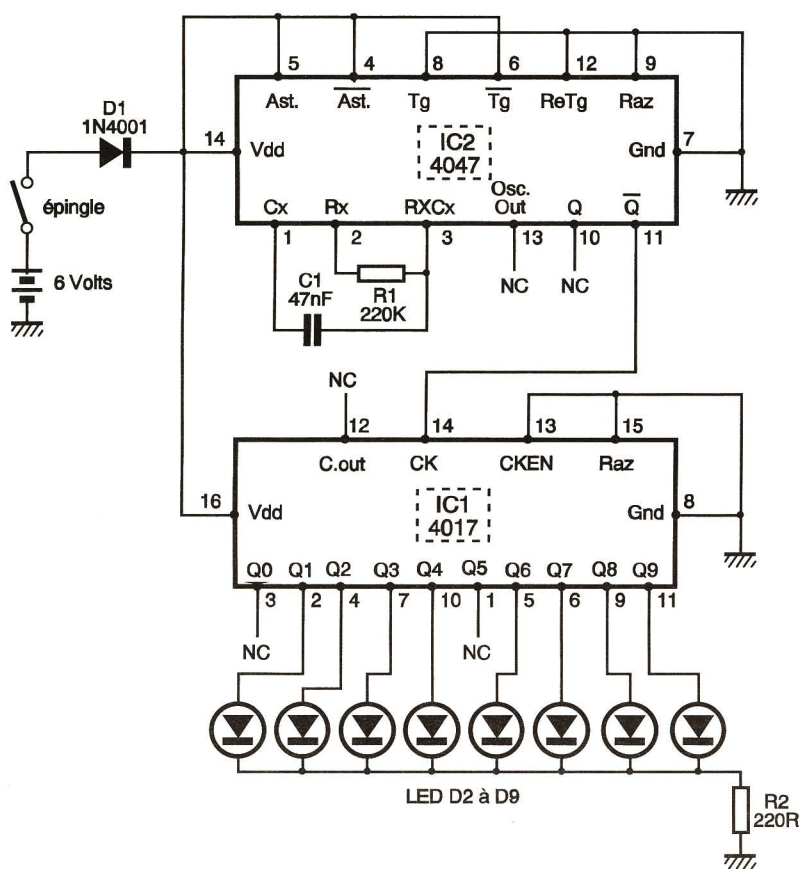


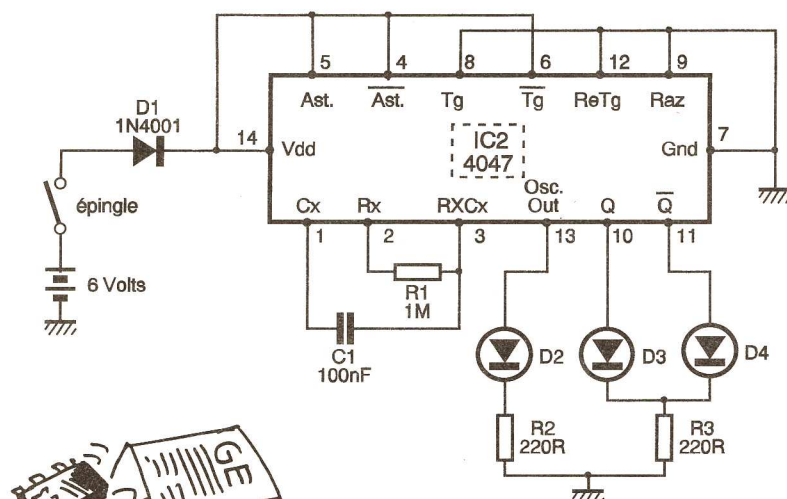
Schéma de principe du badge N2

Fig 1

et celles du connecteur de piles à 1,2 mm.

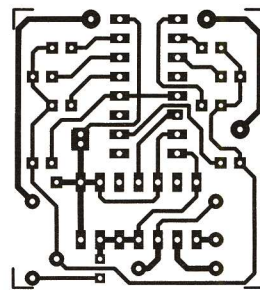
Après avoir vérifié l'absence de courts-circuits et de microcoupures sur le CI, on commencera par implanter dans l'ordre : les circuits

der le pôle négatif du côté composants avec les pattes de R₂ et R₃ qui sont juste à côté. Souder ensuite le pôle positif du côté cuivre (la panne du fer à souder doit être suffisamment fine).



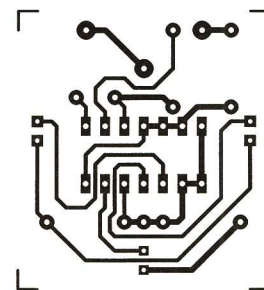
Badge N1

Fig 2



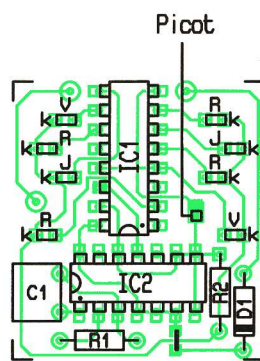
Circuit imprimé badge N2

Fig 3



Circuit imprimé badge N1

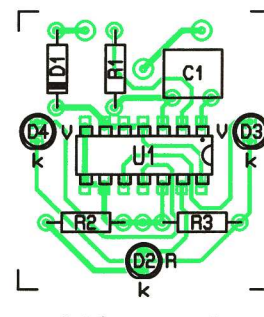
Fig 6



Coté composants

Implantation badge N2

Fig 4



Coté composants

Implantation badge N1

Fig 7

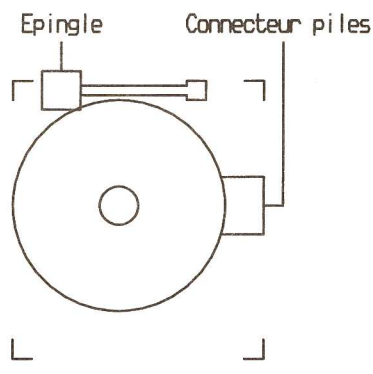
■ Badge N2 : avant la mise en place du connecteur, il faut souder un picot réalisé avec une patte de composant coupée à l'endroit indiqué sur le plan. Il devra dépasser d'environ 2 mm du côté composants.

Couper les trois cales du connecteur comme pour le badge N1, le mettre en place et souder le pôle négatif du côté composants avec le picot, souder ensuite le pôle positif du côté cuivre.

La dernière étape consiste à mettre en place l'épingle à nourrice. Il faut la séparer en deux en coupant la tige commune à la tête et au ressort en son milieu. On doit ensuite tordre à 90 degrés les deux moitiés de tige au raz de la tête et du ressort.

Il ne reste plus qu'à souder ces deux moitiés sur le badge côté cuivre, les redresser éventuellement pour obtenir une fermeture correcte de l'épingle.

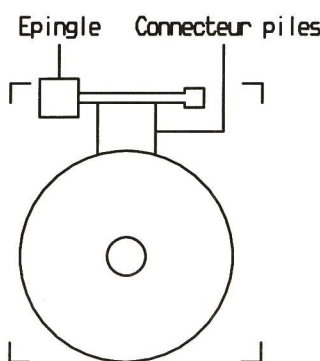
Après la mise en place des piles l'une sur l'autre, le techno-badge doit clignoter ; si ce n'est pas le cas, vérifier l'absence de faux contacts au niveau de l'épingle (gratter et nettoyer éventuellement au niveau du contact). La durée de vie des piles peut être estimée à 50 heures minimum.



Coté soudure

Connecteur de piles

Fig 5



Coté soudure

Connecteur de piles

Fig 8

NOMENCLATURE

Badge N1
 R₁ : 1 MΩ (marron, noir, vert)
 R₂, R₃ : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
 C₁ : 100 nF
 D₁ : 1N4001
 D₂ à D₉ : LED rouges 5 mm
 D₃, D₄ : LED vertes 5 mm
 IC₁ : CD4017

Badge N2
 R₁ : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)
 R₂ : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
 C₁ : 47 nF
 D₁ : 1N4001
 D₂ à D₉ : LED miniatures (1,5 mm) ou 3 mm ; 2 jaunes, 2 vertes, 4 rouges
 IC₁ : CD4017
 IC₂ : CD4047

Divers
 2 piles lithium CR2016
 Connecteur Keystone 106 (pour 2 x CR2016)
 Épingle à nourrice métallique, longueur 24 mm



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

LES SCANNERS

L'affichage de photos ou d'images sur l'écran d'un micro-ordinateur nécessite l'emploi d'un périphérique de numérisation : le scanner.

I - LA NUMERISATION

Cette opération consiste à transformer une image en une série de valeurs numériques. Ces nombres, qui seront par la suite stockés sur un support (CD ROM, disquette ou disque dur), représentent donc des points, la définition d'une image s'exprimant en fonction du nombre de points par pouce (ppp).

Le fait de transformer une image en une suite de 0 et de 1 offre un certain nombre d'avantages :

- elle se conserve sans que ses couleurs soient altérées ;
- les logiciels de retouche permettent d'en améliorer la qualité ou

l'écran, en laissant de côté les ciseaux et la colle.

Il subsiste cependant un inconvénient de taille : le coût que représente le matériel nécessaire pour la stocker, la travailler ou la visionner.

II - PRINCIPE DU SCANNER

Un scanner effectue sa numérisation ligne après ligne.

Une source lumineuse diffuse pour cela sa lumière au travers d'une

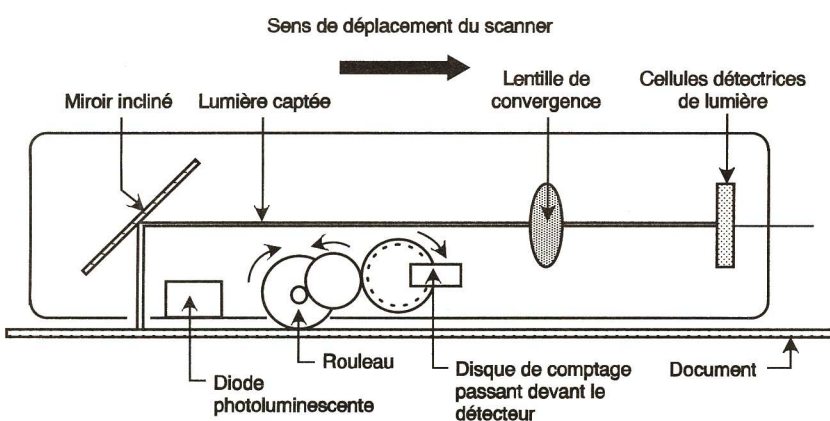


Fig 1

de la modifier en lui faisant subir des transformations impensables pour une photo sur papier ;

- il devient possible de l'inclure dans un texte directement à

mince fente rectangulaire vers le document dont les zones sombres absorbent la lumière alors qu'elle se réfléchit sur les zones claires.

Un miroir placé sous la zone éclairée va diriger le pinceau de lumière

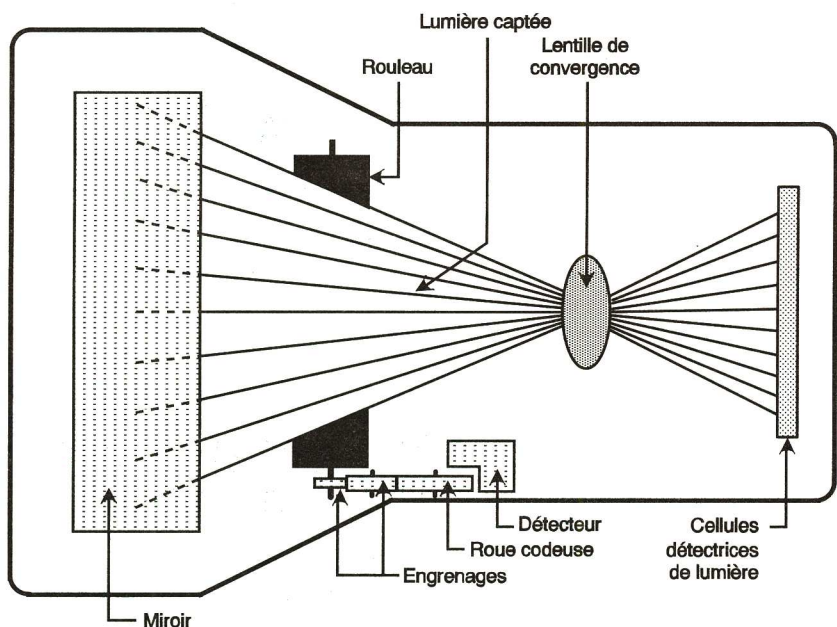
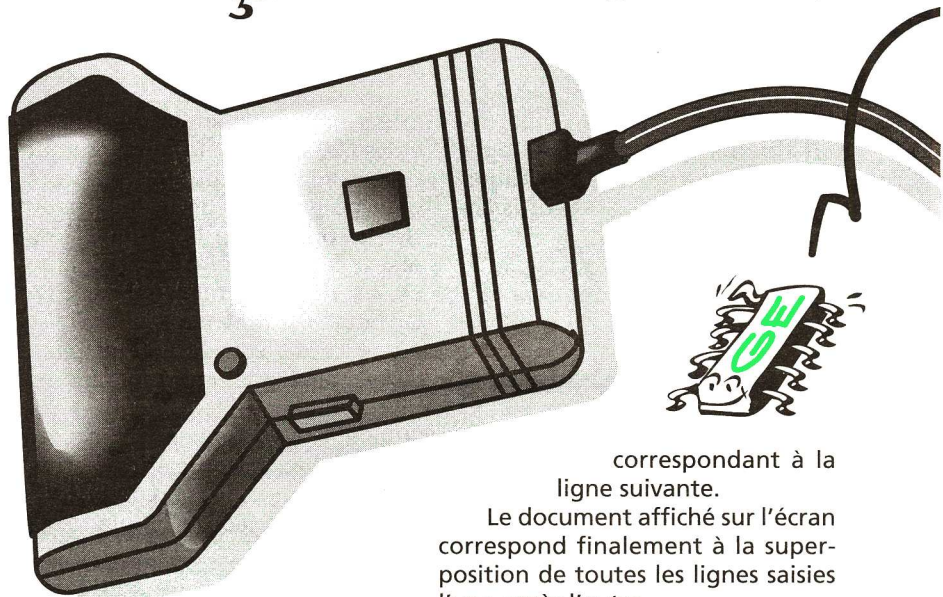


Fig 2



correspondant à la ligne suivante.

Le document affiché sur l'écran correspond finalement à la superposition de toutes les lignes saisies l'une après l'autre.

III - LE SCANNER A MAIN

Il permet de numériser des documents sur un support quelconque : livre, revue, photo, papier dessin, etc.

Sa fenêtre de numérisation qui est réduite doit posséder au moins une largeur de 10,5 cm afin de permettre la saisie d'un document d'une largeur de 21 cm (format A4) en deux parties qui seront par la suite rassemblées par le logiciel.

Le fait que ce type de scanner soit très rarement motorisé implique que son déplacement sera contrôlé

résultante vers une optique de concentration. Des cellules réceptrices disposées en ligne convertissent la lumière reçue en tension pour chaque point de la ligne (sur un scanner à plat permettant de numériser des documents au format A4 - 21 x 29,7 cm -, on trouve environ 3 400 cellules).

L'étape suivante consiste alors à transformer les tensions de chaque point en valeurs numériques grâce à un convertisseur analogique-numérique.

Si le scanner fonctionne en noir et blanc, le convertisseur affecte la valeur 0 ou 1 sur un seul bit.

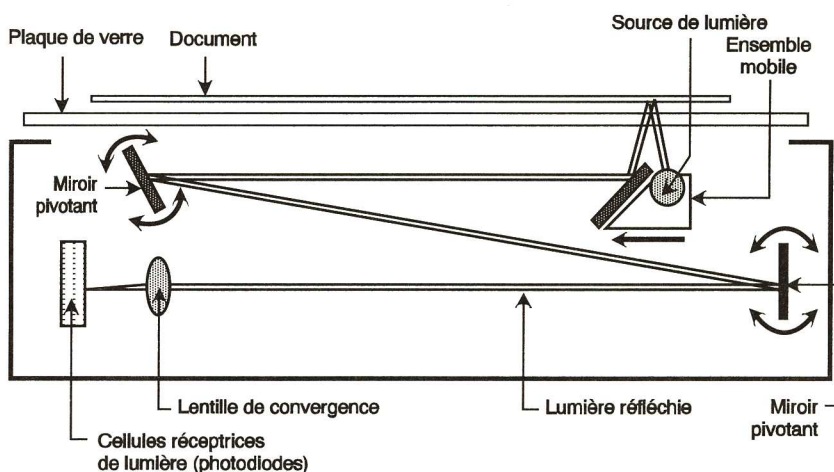


Fig 3

Si, en revanche, il fonctionne avec des niveaux de gris (16, 32, 64 ou 256), le codage s'effectue sur 8 bits. Afin d'augmenter la définition de l'image, certains scanners effectuent un second passage sur la même ligne en décalant la position de l'optique d'une demi-cellule réceptrice afin de récupérer les valeurs correspondant aux espaces qui séparent chacune d'elles.

Un autre procédé, appelé interpolation, consiste à calculer la moyenne des valeurs sur les points qui correspondent à l'espace situé entre chaque cellule.

Une fois la conversion de la ligne terminée, un moteur pas à pas ou l'opérateur déplace le scanner d'un pas

par la main de l'opérateur afin qu'il reste suffisamment lent et constant pour que chaque ligne soit saisie dans son intégralité.

En guise de système de contrôle, ce type de scanner dispose d'une petite diode électroluminescente située sous la fenêtre qui clignote si le déplacement est trop rapide.

La lumière éclaire la fenêtre dès que le logiciel active la phase de numérisation. La capture ligne après ligne est contrôlée grâce à la rotation du disque de comptage qui est entraîné en rotation par la série d'engrenages solidaires d'un rouleau dont le revêtement en caoutchouc assure une adhérence parfaite, sans glissements.

Son optique est relativement simple puisqu'elle comporte un miroir incliné qui renvoie la lumière captée vers une lentille de convergence (fig. 1 et 2).

La lumière qui est focalisée sur les cellules détectrices de lumière est alors transformée en niveaux électriques qui seront à leur tour convertis en valeurs numériques.

■ IV - LE SCANNER A PLAT

Son principal avantage réside dans le fait qu'il permet de numériser en une fois des documents jusqu'au format A4. Il faut cependant qu'ils soient disposés bien à plat sur la vitre pour éviter les problèmes de déformation d'image, ce qui limite la numérisation des ouvrages reliés (fig. 3 et 4).

Son fonctionnement s'avère un peu complexe dans la mesure où la fenêtre d'émission de lumière et le miroir incliné sont montés sur un chariot mobile entraîné par un moteur pas à pas.

Le moteur crée donc un déplacement du chariot correspondant à la valeur de la résolution du scanner. Si la résolution est de 400 ppp (points par pouce), le déplacement sera de 1/400 de pouce.

Dès que la phase de numérisation est amorcée, le chariot se positionne sur la première ligne et diffuse une lumière vers le document.

La lumière qu'il renvoie est dirigée vers un premier miroir pivotant grâce au miroir incliné. Le second miroir pivotant va diriger la lumière vers une lentille de convergence chargée de la focaliser sur les capteurs placés en ligne.

Le nombre de ces capteurs sur une ligne dépend de la résolution. Un scanner à plat de 400 ppp comportera 400 minuscules capteurs par pouce (1 pouce = 2,54 cm), soit environ 3 400 cellules sur une largeur correspondant au format A4 (21 cm).

Dès que la conversion en valeurs numériques de la ligne est terminée, le moteur pas à pas déplace le cha-

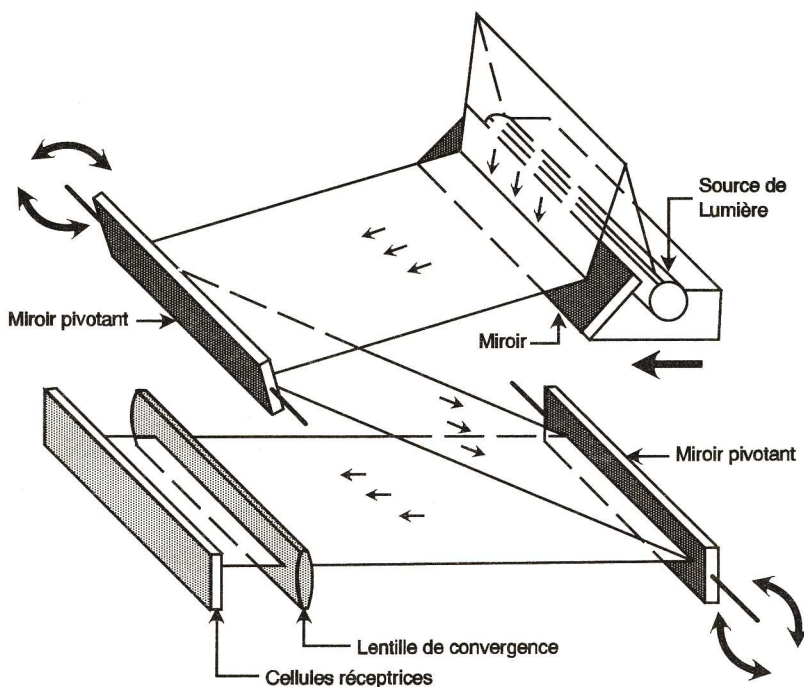


Fig 4

riot sur la ligne suivante. Les miroirs pivotants s'inclinent alors d'une valeur angulaire telle que la lumière puisse être dirigée vers la lentille de convergence (fig. 5). Ces opérations se répètent jusqu'à ce que le chariot ait atteint la dernière ligne.

■ V - LE SCANNER A ROULEAU

Un scanner à rouleau est un peu particulier dans la mesure où il ne permet de numériser que des documents présentés sous la forme de feuilles simples.

Celles-ci sont entraînées par des rouleaux, la tête de numérisation se déplaçant sur la largeur de la feuille comme le ferait la tête d'une imprimante.

■ VI - LES SCANNERS MOTORISES

Ces scanners reprennent le principe de fonctionnement des scanners à

main si ce n'est que leur déplacement sur le document est assuré par un moteur qui lui est incorporé.

■ VII - LES SCANNERS COULEUR

Un scanner couleur fonctionne comme un scanner à niveaux de gris. La différence réside dans le fait que

la numérisation se fait en trois passes successives pour une ligne. En effet, pour obtenir les trois composantes rouge, verte et bleue d'un point couleur, il faut utiliser les filtres correspondants.

Au cours de la première passe, c'est avec un filtre rouge que la ligne est numérisée. Les seconde puis troisième passes, pour lesquelles on utilise un filtre vert puis un filtre bleu, donnent les valeurs correspondant à ces composantes de chaque point de la ligne. Un codage sur 256 niveaux utilisant 8 bits, un point couleur sera codé sur 24 bits ($3 \times 8 = 24$).

■ VIII - LES MODES DE NUMERISATION

On distingue deux grands modes de numérisation accessibles directement via le commutateur disposé sur les scanners à main.

En mode ligne, le scanner numérise une image avec la résolution maximale. Les tracés sont nets, comme le montre l'exemple 1.

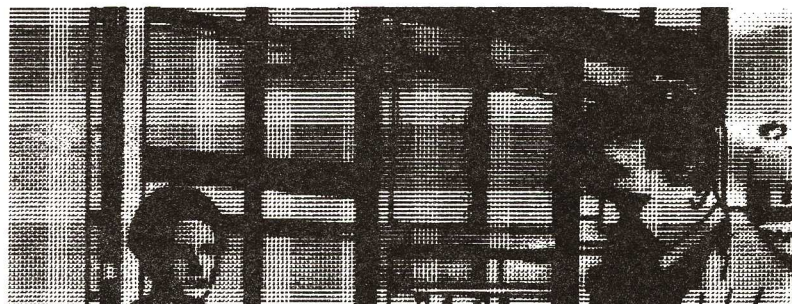
En mode point, on diminue la résolution afin d'obtenir un « tramé » de l'image. Sur les exemples 2 et 3, ce tramé exagéré met en évidence le fait qu'il est possible de jouer sur ce dernier mode afin d'obtenir un nombre de points plus ou moins important sur une image numérisée.

P. RYTTER



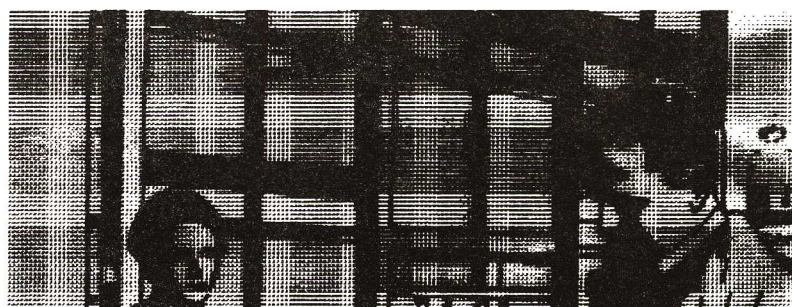
Mode : ligne

Exemple 1



Mode : point maxi

Exemple 2



Mode : point mini

Exemple 3

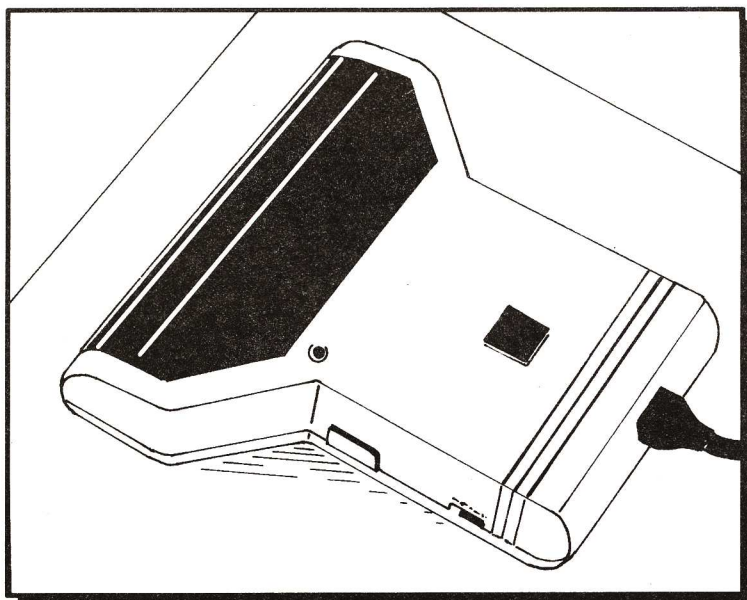


Fig 5



LES TETES MAGNETIQUES

Les têtes magnétiques enregistrent, lisent et effacent la modulation audio ou vidéo, analogique ou numérique sur bandes synthétiques recouvertes d'un enduit magnétique.

PRINCIPE

Une tête est formée par un circuit magnétique en forme de tore et muni d'un entrefer, sur lequel on pose une tension ultra-sonore à bobine un enroulement recevant le signal à enregistrer.

La bande magnétique défile à vitesse constante devant l'entrefer qui lui imprime les variations de champ dues à la modulation du signal appliqué sur le bobinage de la tête.

La figure 1 donne le principe de l'enregistrement et de la lecture d'une bande magnétique.

Si l'on fait défiler devant l'entrefer d'une tête d'enregistrement une bande recouverte d'oxyde de fer, le courant modulé appliqué au bobinage du tore provoque des variations d'aimantation de l'oxyde. La bande conserve cette aimantation.

Si l'on fait passer cette bande devant l'entrefer d'une tête de lecture, on recueille aux bornes de l'enroulement une tension modulée semblable à celle qui a servi à l'enregistrement.

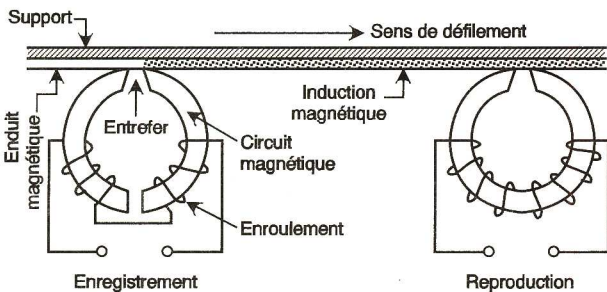


Fig 1 Principe de l'enregistrement et de la lecture sur bande magnétique.

On peut « effacer » une bande dont on ne veut pas conserver l'enregistrement en la faisant défiler devant une tête parcourue par un courant HF interne. L'oxyde de fer est amené à saturation et ramené à la situation normale, ce qui efface toute modulation primitive. La bande peut servir pour un autre enregistrement.

Il existe donc trois types de têtes différents destinés à l'effacement, à l'enregistrement et à la lecture.

La figure 2 montre les états magnétiques d'une bande, avant, pendant et après l'enregistrement. Avant l'enregistrement, il s'agit soit d'une modulation à effacer, soit des inductions de champ parasite. C'est pourquoi la tête d'effacement est placée juste avant la tête d'un enregistrement.

L'enduit magnétique sur la bande doit présenter une rémanence élevée, afin d'obtenir une tension induite élevée à la lecture et une force coercitive faible, afin que l'effacement ne nécessite pas une puissance trop importante. La courbe d'hystérésis présente un coude assez marqué à son origine. Afin d'éviter ce défaut, il convient de déplacer le point de fonctionne-

ment, afin de l'amener sur sa partie rectiligne. C'est pourquoi on superpose une tension ultra-sonore à l'enregistrement.

BANDE DE FREQUENCES ENREGISTREE

La fréquence maximale enregistrée (f) est fonction de la largeur de l'entrefer de la tête (e) et de la vitesse de défilement de la bande (V). La largeur de l'entrefer (e) correspond au pouvoir séparateur du système ou, plus exactement, de la longueur d'onde du signal.

Sur la figure 3, on voit :

- en a : la longueur d'onde du signal est plus petite ou égale à la largeur de l'entrefer ; les deux alternances s'annulent et la tension de sortie est aussi nulle : $\lambda \leq e$.

- en b : la longueur d'onde du signal est égale à deux fois la largeur de l'entrefer, la tension de sortie est maximale $\lambda = 2e$ ou $e/\lambda = 0,5$.

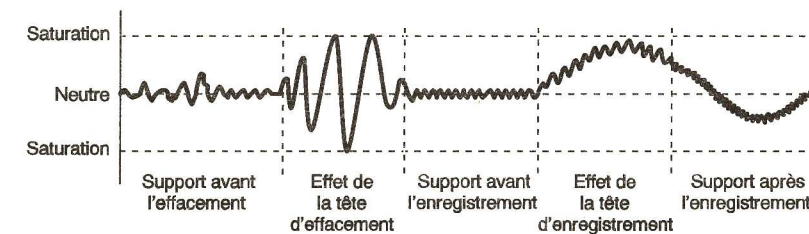
- en c : la longueur d'onde du signal est égale à $4e$, la tension de sortie est faible. Pour passer une large bande de fréquence à vitesse de défilement imposée, il faut des têtes à très petit entrefer.

Pour un enregistrement effectué à courant constant, la tension fournie par la tête lors de la lecture est proportionnelle à la vitesse de variation de flux dans son bobinage. Plus la fréquence diminue, plus la longueur d'onde augmente, la vitesse de variation diminue (fig. 3c).

TROIS TYPES DE TETES

Tête d'effacement

Pour être certain d'avoir un bon effacement (80 dB), la tête est dotée d'un entrefer large (0,1 à 0,3 mm). Le tore à forte résistivité et à perméabilité élevée est en ferrite ou en mumétal. On dispose ainsi d'un champ d'effacement élevé, largement épanoui, sans avoir besoin



Etats magnétiques d'une bande, avant, pendant et après un enregistrement.

d'une puissance ultra-sonore élevée, entre 40 et 200 kHz.

Tête d'enregistrement

Il faut impérativement éviter la saturation du circuit qui provoquerait une distorsion de la modulation. On prévoit donc un entrefer arrière qui augmente la réluctance du circuit ; il peut atteindre une largeur de 0,3 mm. L'entrefer avant qui sert à l'enregistrement a une largeur d'environ 3 μ m, pour la vitesse standard de défilement de 4,75 cm/s.

Le tore est en ferrite ou en mumétal. L'entrefer avant doit être protégé par une couche de plastique ou de verre du risque d'usure provoqué par le frottement de la bande.

Tête de lecture

Il faut un compromis pour l'entrefer ; il doit être large, afin d'obtenir une tension de lecture élevée, et il doit être étroit, afin de reproduire les fréquences élevées.

La largeur retenue se situe vers 3 μ m pour 4,75 cm/s. Afin d'éviter l'action des champs extérieurs, la tête doit être parfaitement blindée.

Le tore est en mumétal. Le niveau de sortie est de l'ordre de 2 à 4 mV pour 4,75 cm/s.

TETE ENREGISTREMENT-LECTURE

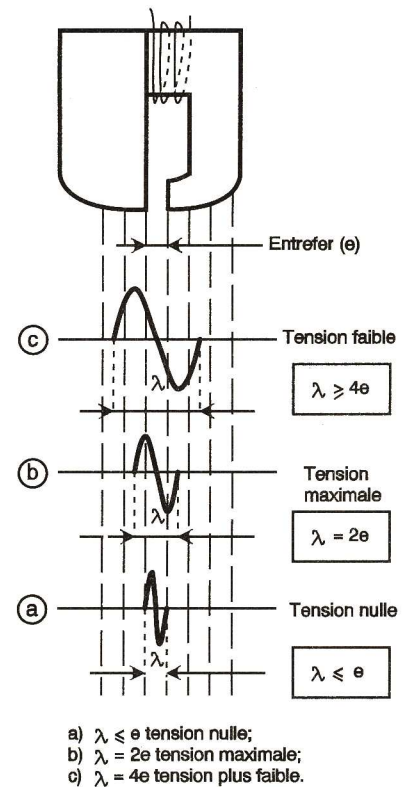
Seuls les appareils haut de gamme sont équipés de trois têtes, les appareils courants n'en ont que deux : effacement et enregistrement-lecture.

Cette tête est donc un compromis. Le circuit magnétique est en ferrite, il comporte un entrefer avant et un entrefer arrière. L'entrefer avant est compris entre 2 et 3 μ m. La fréquence ultra-sonore est comprise entre 40 et 100 kHz. Le courant de modulation est de l'ordre de 50 à 100 μ A. La tension de sortie atteint 2 à 3 mV.

TETE ENREGISTREMENT-LECTURE STEREPHONIQUE

La figure 4 donne les largeurs d'enregistrement-lecture et d'effacement des quatre pistes de la bande 6,25 mm de la cassette classique.

On voit que cette tête est composée de deux circuits superposés dont la largeur d'enregistrement est de 1 mm. La tête d'effacement double a une largeur de 1,2 mm. Evidemment, la tension de lecture fournie par ces têtes est plus faible que celle donnée par les têtes monophoniques.



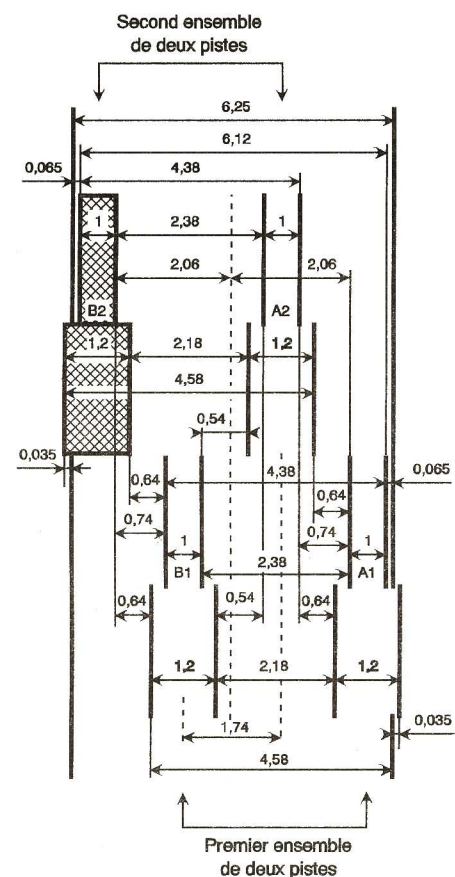
Tension de sortie d'une tête de lecture en fonction du rapport e/λ . Fig 3

VIDEO ET NUMERIQUE

Le principe de l'enregistrement, de la lecture et de l'effacement peut être transposé en vidéo pour les caméscopes et les magnétoscopes. Des dispositions ont dû être prises étant donné les fréquences en jeu. Elles sortent du cadre de cette étude. Il en est de même en numérique avec la cassette DCC. Elle a les mêmes dimensions et la même vitesse de défilement que la cassette audio, mais la disposition des pistes est différente.

Ces deux applications peuvent éventuellement être traitées ultérieurement.

R. BESSON



Dimensions normalisées pour l'effacement et l'enregistrement de quatre pistes sur une bande de 6,25 mm. Fig 4

INTERPHONE MOTO

L'enthousiasme pour les longues promenades à moto en duo est quelque peu voilé par le manque de communication. Un interphone aux caractéristiques judicieuses, implanté dans le casque des adeptes des deux roues, de la vitesse et du plein air, offre la possibilité d'un dialogue en toute sécurité.

INTRODUCTION

Lors de longs trajets, un motard et son passager ne sont pas sans éprouver le besoin ou la nécessité d'échanger des propos. Sans interphone, le dialogue est souvent un dialogue de sourds, sans compter les risques pris pour favoriser la communication. D'autres préféreront parfois ne pas porter de casque, pour faciliter la communication du couple, risquant leur sécurité.

Dès lors, l'avantage d'un interphone entre le passager et le conducteur est indéniable, mais cette liaison doit tenir compte des particularités du contexte. En effet, une moto, même de petite cylindrée, est une source de bruits ambiants impor-

LE SCHEMA

La figure 1 donne le schéma de principe incomplet de l'interphone. En effet, le schéma est double pour la partie audio car identique pour les deux personnes. Pour ne pas surcharger le schéma, cette partie audio est représentée une seule fois. Trois grandes parties apparaissent : le filtre passe bande, l'amplificateur de puissance pour écouteur 8 Ω ou plus et l'alimentation du montage. Le filtre est constitué d'un premier filtre passe-bande actif, suivi d'un second filtre passe-bande passif. Le filtre actif est centré sur 1,5 kHz et il est du premier ordre. Il reçoit le

condensateur C_7 de 10 μF entre les bornes 1 et 8 de IC_2 , ou de 26 dB, soit 20 si C_7 n'est pas connecté. La résistance R_7 en série avec le condensateur C_7 donne une amplification intermédiaire entre 26 et 48 dB. Le gain maximal est ainsi fonction de la valeur de la résistance R_7 . Le signal amplifié par le circuit intégré IC_2 attaque, au travers du condensateur C_{10} , la paire d'écouteurs branchés en parallèle sur cette sortie. En sortie, le réseau série constitué des éléments R_8 et C_8 évite l'entrée en oscillation de la sortie du LM 386 et participe ainsi à la stabilité de ce circuit intégré. L'alimentation du montage est confiée à une pile de 9 V. Une petite particularité réside dans l'établissement de l'alimentation. En effet,

comme dans le cas que les microphones seront placés près de la bouche à l'intérieur du casque, soigneusement enfoncés dans une mousse.

Hervé CADINOT

NOMENCLATURE

Résistances

- $R_1, R_1', R_6, R_6' : 1 \text{ k}\Omega$ (marron, noir, rouge)
- $R_2, R_2' : 5,6 \text{ k}\Omega$ (vert, bleu, rouge)
- $R_3, R_3', R_4, R_4', R_9 : 100 \text{ k}\Omega$ (marron, noir, jaune)
- $R_5, R_5' : 10 \text{ k}\Omega$ (marron, noir, orange)
- $R_7, R_7' : 470 \Omega$ (jaune, violet, marron)
- $R_8, R_8' : 10 \Omega$ (marron, noir, noir)
- $AJ_1, AJ_1' : 10 \text{ k}\Omega$

Condensateurs

- $C_1, C_1', C_{12} : 100 \text{ nF}$
- $C_2, C_2' : 22 \text{ nF}$
- $C_3, C_3', C_9 : 22 \mu\text{F}/16 \text{ V}$
- $C_4 : 470 \mu\text{F}/16 \text{ V}$
- $C_5, C_5' : 1 \text{ nF}$
- $C_6, C_6' : 220 \text{ nF}$
- $C_7, C_7', C_{11}, C_{11}' : 10 \mu\text{F}$
- $C_8, C_8' : 47 \text{ nF}$
- $C_{10}, C_{10}' : 100 \mu\text{F}/16 \text{ V}$
- $C_{13} : 47 \mu\text{F}/16 \text{ V}$

Semi-conducteurs

- $T_1 : \text{BC557}$
- $T_2 : \text{2N2905}$
- $IC_1, IC_1' : \text{TL062 (NE5534)}$
- $IC_2, IC_2' : \text{LM386}$

Divers

- 2 microphones électrets
- 2 boules écouteurs
- 1 pile 9 V

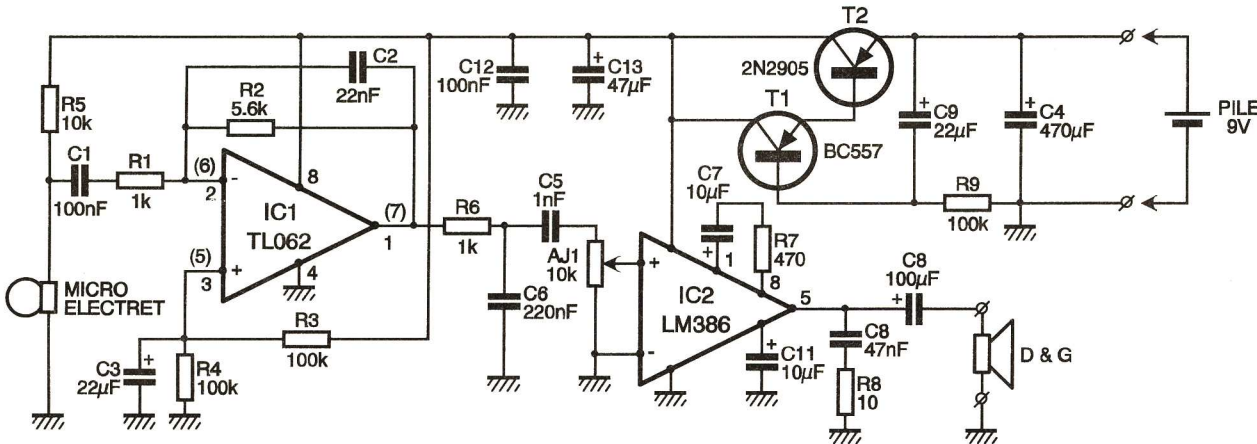


Fig 1

tants, aussi bien dans les graves que dans les aigus dus à l'échappement et au moteur à fort régime.

Afin de ne pas assommer les deux compères par l'amplification de ces bruits, la bande passante de l'interphone doit être étroite mais suffisante pour couvrir le spectre de la voie nécessaire à un dialogue compréhensible.

signal du micro électret, alimenté par la résistance R_5 . Le condensateur C_1 isole les composantes continues entre le microphone et l'amplificateur, construit autour d'un amplificateur opérationnel. Le réseau R_1/C_1 fixe la fréquence de coupure basse du filtre, tandis que le réseau R_2/C_2 fixe la fréquence haute. Pour cette application, ces deux fréquences sont identiques. Puisque l'amplificateur opérationnel est alimenté par une tension unique, son entrée non-inverseuse est polarisée à la moitié de cette tension par le pont de résistances R_3/R_4 . Le condensateur C_3 découple l'entrée non-inverseuse à la masse. Le filtre passif est classique. Ce passe-bande est la juxtaposition d'une cellule passe-bas R_6/C_6 et d'une cellule passe-haut C_3/AJ_1 .

L'amplificateur reçoit le signal audio filtré, prélevé sur la résistance ajustable AJ_1 , qui l'atténue si besoin est. L'amplification est confiée à un LM 386, un amplificateur BF particulièrement économique et peu encombrant. La version LM 386N-1 se contente d'une alimentation comprise entre 4 et 12 V. L'avantage de ce circuit intégré est son faible courant d'alimentation au repos de l'ordre de 4 mA, favorisant l'alimentation par piles.

Le gain en tension de cet amplificateur est de 48 dB, soit 200 avec un

afin d'éviter un clac dans les écouteurs à la mise sous tension, l'alimentation est établie progressivement. Dans ce but, la conduction des transistors T_1 et T_2 est rendue progressive par la charge du condensateur C_4 au travers de la résistance R_9 . Le montage des transistors T_1 et T_2 est un montage Darlington, dont le courant de base nécessaire à une saturation est très faible, ce qui préservera la durée de vie de la pile.

REALISATION

La figure 2 représente le tracé des pistes que vous pourrez reproduire par la méthode de votre choix. L'implantation apparaît en figure 3 et commencera par les résistances, suivront ensuite les circuits intégrés directement soudés sur le circuit imprimé. Pour diminuer le souffle dans les écouteurs, un NE 5534 pourra remplacer le TL 062. Les microphones seront reliés au circuit imprimé d'environ 1 m et 1,50 m. L'une des liaisons comportera un raccord jack entre les deux personnes afin de les séparer lors des arrêts ou pour éviter tout risque lors d'un éventuel accident. Des boules écouteurs seront utilisées

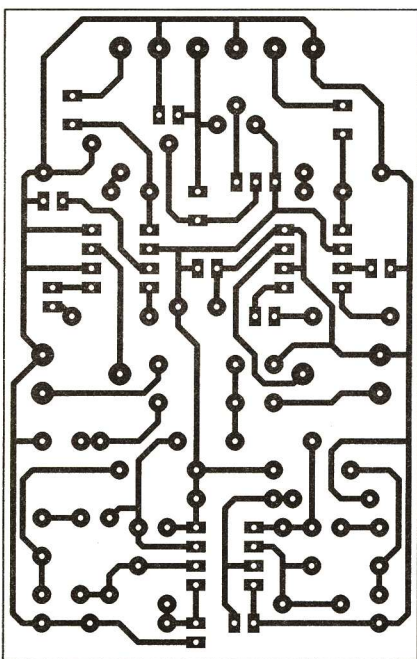


Fig 2

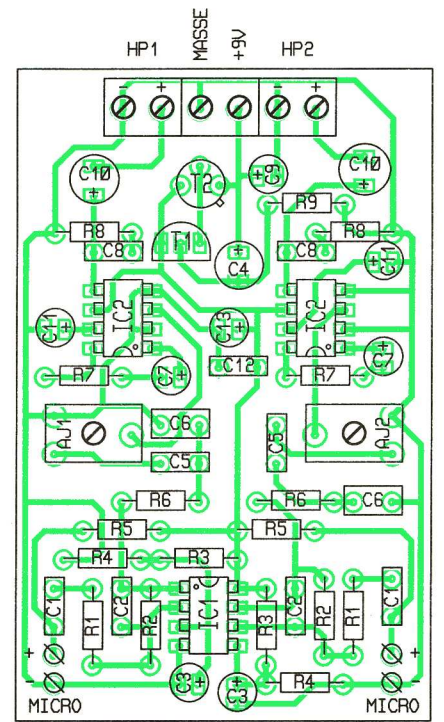


Fig 3



LES CALCULATRICES

Calculatrices : le dessin vectoriel !

L'utilisation du programme de dessin vectoriel FX DRAW que nous vous proposons ce mois-ci vous permettra, non seulement de laisser libre cours à votre imagination, mais aussi de modifier votre création graphique bien que les Casio fx graphiques ne soient pas capables d'effacer un point isolé de leur écran. La calculatrice va mémoriser toutes les étapes de l'élaboration de votre œuvre à partir de figures élémentaires...

Le dessin vectoriel

Les Casio fx sont dépassées disent les possesseurs de TI-82... Elles ne sont même pas capables "d'éteindre" un point isolé de leur écran ! Cette lacune des Casio fx est ici compensée par un procédé de dessin original : la calculatrice mémorise toutes les modifications apportées à la figure en cours d'élaboration par juxtaposition de figures élémentaires.

Avec le mode dit "vectoriel", l'utilisateur ne "peint" plus l'écran comme en "mode point". Il juxtapose des objets qui demeurent des entités à parts entières aux yeux de la machine.

L'avantage saute aux yeux du programmeur sur Casio fx. Alors qu'il est impossible d'effacer un ensemble de points de l'écran sans initialiser tout le contenu de l'écran graphique (fonction CLS, CLear Screen), l'emploi d'un mode de dessin qui permet de décomposer à tous moments une figure complexe en figures élémentaires autorise les corrections.

Le mode vectoriel pose cependant trois problèmes :

- le nombre de figures élémentaires est nécessairement réduit surtout si l'on considère le manque relatif de puissance de nos machines,
- l'utilisation d'un tableau afin de stocker les données est obligatoire,
- le stockage des figures est très gourmand en mémoire.

Pour qui ?

A l'origine, FX DRAW a été conçu pour les fx 8000 et 8500. Cette première version fut publiée en 1992 dans l'ouvrage "Trucs et astuces pour Casio fx" (Dunod). La version que nous vous présentons ce mois-ci est destinée aux fx 7700, 7800, 7900, 8700 et 8800. Des adaptations mineures sont nécessaires pour une utilisation correcte sur fx 9900. FX DRAW est aussi adaptable aux TI-81 et TI-82 en vous référant aux règles d'adaptation vues dans notre article du mois de novembre dernier (GE n°13).

Stockage

Avec FX DRAW :

- le stockage d'un point occupe 24 pas (trois mémoires).
- le stockage d'une autre figure occupe 40 pas (cinq mémoires).

Chaque mémoire créée utilise huit pas de programmation. Pour un fonctionnement correct, chaque sous-programme devra être placé dans la zone de programmation indiquée. Le programme crée 200 mémoires numériques supplémentaires... De quoi stocker 40 figures élémentaires ! Pour augmenter ce nombre, augmentez le paramètre de la fonction DEFM.

Lancement

Saisissez Prog 2 puis appuyez sur [EXE] pour exécuter le programme.

Utilisation du programme

Attention ! Lors de la saisie des coordonnées de points (paramètres de tracé), les abscisses doivent être comprises entre 1 et 95 inclus alors que les ordonnées devront être comprises entre 1 et 63.

Lancez l'exécution du programme puis appuyez sur [EXE]. Le menu principal du programme s'affiche :

```

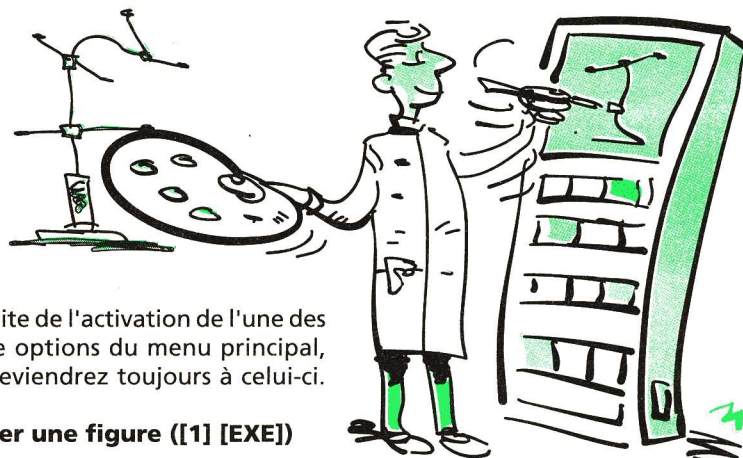
1.PLACER FIG.
2.EFFACER FIG.
3.AFFICHER
4.TOUT EFFACER
?
```

Saisir un nombre compris entre 1 et 4 et valider par [EXE]. Ainsi :

- [1] [EXE] : mettre en place d'une figure,
- [2] [EXE] : effacer une figure,
- [3] [EXE] : afficher le dessin complet,
- [4] [EXE] : initialisation générale.

Attention ! A ce stade, [4] [EXE] provoque la perte du dessin.

Pour afficher le dessin : [3] [EXE].



A la suite de l'activation de l'une des quatre options du menu principal, vous reviendrez toujours à celui-ci.

Placer une figure ([1] [EXE])

Un menu secondaire s'affiche :

```

PLACER FIG.
1.POINT
2.SEGMENT
3.RECTANGLE
4.RECT. PLEIN
5.CERCLE
6.DISQUE
?
```

Saisir un nombre compris entre 1 et 6 et valider par [EXE] :

- [1] [EXE] (point), saisir ensuite :
 - abscisse du point,
 - ordonnée du point,
- [2] [EXE] (segment de droite), saisir ensuite :
 - abscisse extrémité 1,
 - ordonnée extrémité 1,
 - abscisse extrémité 2,
 - ordonnée extrémité 2,
- [3] [EXE] (rectangle), puis saisir :
 - abscisse extrémité 1 d'une diagonale,
 - ordonnée extrémité 1 d'une diagonale,
 - abscisse extrémité 2 d'une diagonale,
 - ordonnée extrémité 2 d'une diagonale,
- [4] [EXE] (rectangle plein) puis saisir :
 - abscisse extrémité "supérieure" d'une diagonale,
 - ordonnée extrémité "supérieure" d'une diagonale,
 - abscisse extrémité "inférieure" d'une diagonale,
 - ordonnée extrémité "inférieure" d'une diagonale,
- [5] [EXE] (cercle), saisir ensuite :
 - abscisse du centre,
 - ordonnée du centre,
 - abscisse d'un point du cercle,
 - ordonnée d'un point du cercle,
- [6] [EXE] (disque), saisir ensuite :
 - abscisse du centre,
 - ordonnée du centre,
 - abscisse d'un point du cercle périphérique,
 - ordonnée d'un point du cercle périphérique.

Effacer une figure ([2] [EXE])

Un menu s'affiche :

```

FIG.A EFFACER
1.POINT
2.SEGMENT
3.RECTANGLE
4.RECT. PLEIN
5.CERCLE
6.DISQUE
?
```

La machine affiche ensuite quatre informations numérotées de 1 à 4 (ne pas tenir compte des deux dernières si vous souhaitez effacer un point). Ces quatre informations correspondent aux quatre données déjà décrites que vous devez saisir pour placer un rectangle, un segment ou un cercle

La machine va faire défiler toutes les figures élémentaires présentes dans sa mémoire qui correspondent au type spécifié.

Pour chacune saisir :

- [1] [EXE] pour l'effacer,
- [2] [EXE] pour ne pas l'effacer.

Note :

Listings

En zone de programmation 1 :

```

Cls:Lbl 0:Prog 3
"1.PLACER FIG."
"2.EFFACER FIG."
"3.AFFICHER"
"4.TOUT EFFACER"
?→A
A=1 →Prog 4
A=2 →Prog D
A=3 →Prog H
A=4 →Mcl
Goto 0
```

En zone de programmation 2 :

```

Range 1,95,0,1,63
Prog 3
"DESSIN SUR CASIO"
"(C) LF 92-94"
Defm 200
Prog 3
Prog 1
```

En zone de programmation 3 :

```

" ":" ":" ":" "
```

En zone de programmation 4 :

```

Prog 3:"PLACER FIG."
Prog 5:1→I:Lbl 0
Z[I]=0 →Goto 1
I>174 →Goto 2
Isz I:Goto 0:Lbl 1
Prog 3
C=1 →Prog 6
C=2 →Prog 9
C=3 →Prog A
C=4 →Prog B
C>5 →Prog C
Goto 3:Lbl 2:Prog 3
"MEMOIRE SATURÉE."
Lbl 3
```


UNE FLECHE ANIMEE

Pour rendre une indication lumineuse encore plus expressive, l'animation apporte un incontestable « plus » grâce au mouvement et à la vie qu'elle suggère : c'est la supériorité du dynamique sur le statique...

Dans cet article, nous vous proposons la réalisation d'une flèche animée qui peut trouver sa place dans mainte application signalétique.

I - LE FONCTIONNEMENT

(fig. 1 et 2)

a) Alimentation

Toute source de courant continu de 9 à 15 V convient. La consommation ne dépasse guère 20 mA. La capacité C₁ découple le montage de l'alimentation.

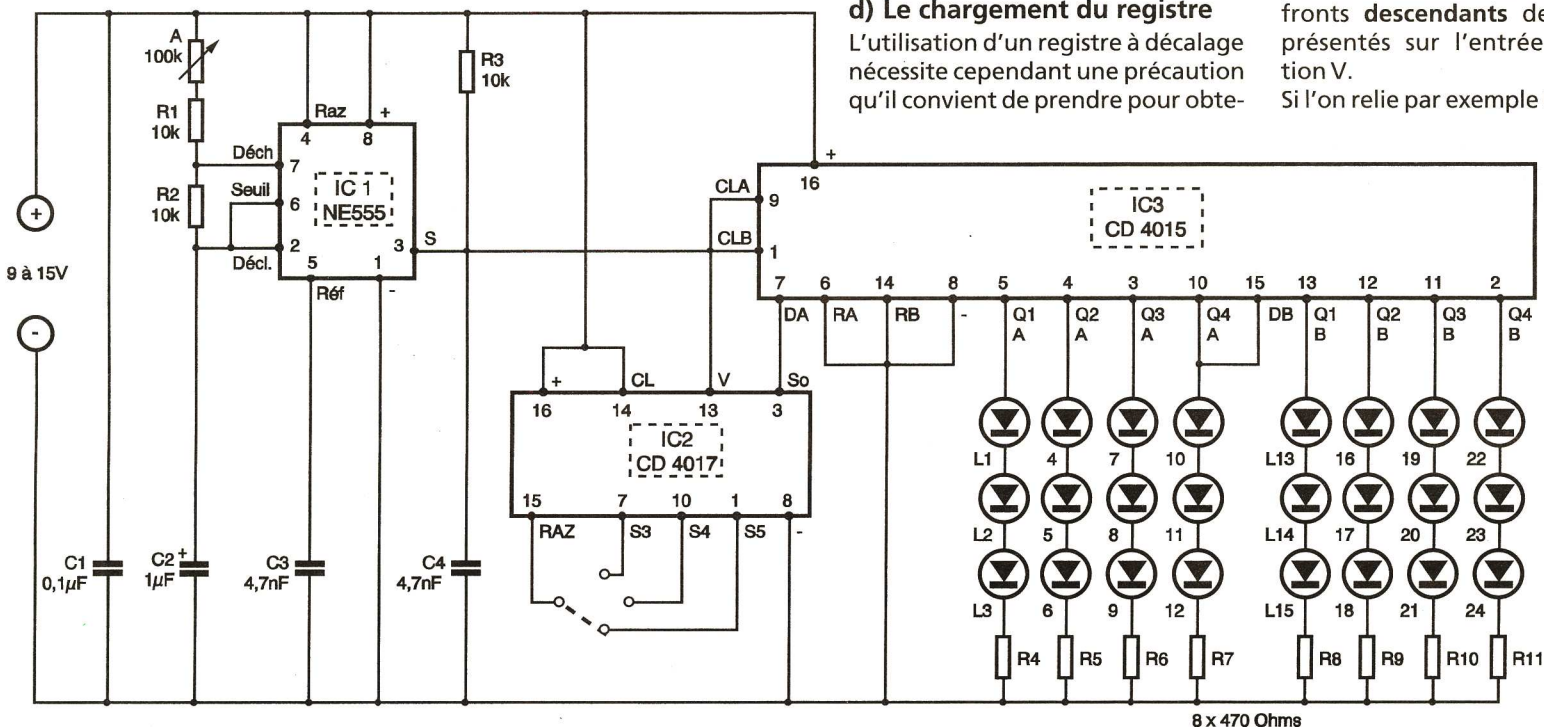


Fig 1 Schéma de principe

b) Base de temps

Le circuit intégré référencé IC₁ est un NE 555. Il s'agit d'un timer très courant qui délivre sur sa sortie des créneaux dont la période est fonction des valeurs de l'ajustable A, des résistors R₁ et R₂ ainsi que de la capacité C₂. La période est déterminée par la relation :

$$T = 0,7 (A + R1 + 2 R2) C2.$$

Grâce au curseur de l'ajustable, il est ainsi possible de régler la valeur de la base de temps au niveau souhaité.

à ce moment précis sur l'entrée DATA A. La sortie Q_{2A} présente le niveau logique qui caractérisait auparavant Q_{1A}. La même remarque s'applique à Q_{3A} qui prend le niveau de Q_{2A}. Il en est de même pour Q_{4A} vis-à-vis de Q_{3A}. D'une manière générale, lors du front montant sur l'entrée Clock, une sortie Q_i donnée prend le niveau logique qu'occupait auparavant Q_{i-1}.

En reliant l'entrée DATA B à la sortie Q_{4B}, ce décalage se poursuit à travers le registre B, dont l'entrée Clock B est soumise aux mêmes cré-

neaux que l'entrée Clock A. On a ainsi réalisé un registre à décalage à 8 sorties.

Dans le présent montage, les entrées Reset A et B sont reliées à un état bas permanent ; mais il convient de signaler que

nir un fonctionnement sans problème. En effet, il est absolument indispensable qu'au moment de la transition ascendante du signal Clock, l'entrée DATA se trouve soumise à un niveau logique établi et ne subisse aucune transition au même instant. C'est cette précaution qui a été prise par la mise en œuvre de

c) Registre à décalage

Le CD 4015 comporte deux registres à décalage à quatre sorties chacun et à chargement série. Considérons par exemple le registre noté A. Pour chaque front montant du signal présenté sur l'entrée Clock A, la sortie Q_{1A} prend le niveau logique présent

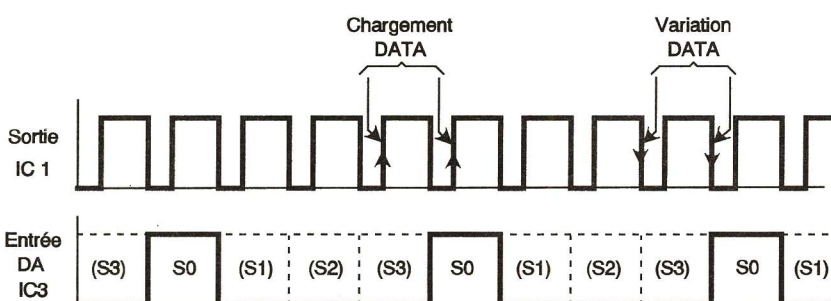
toute impulsion positive, même brève, sur une entrée Reset a pour effet immédiat de faire apparaître un état bas sur toutes les sorties du registre concerné. Vous savez maintenant tout sur le fonctionnement d'un registre à décalage.

d) Le chargement du registre

L'utilisation d'un registre à décalage nécessite cependant une précaution qu'il convient de prendre pour obtenir

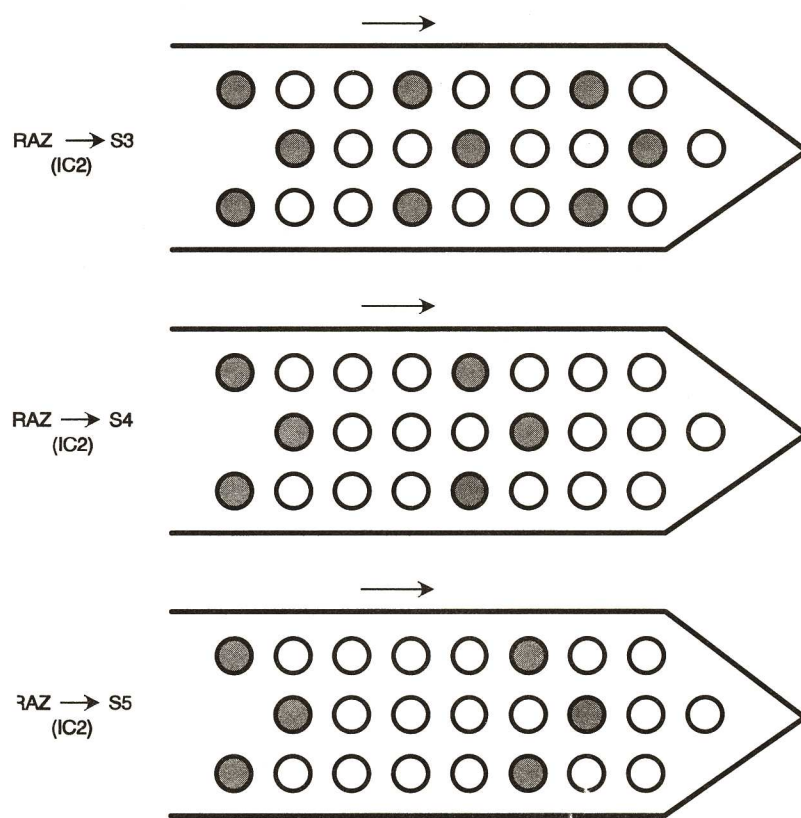
IC₂, qui est un compteur-décodeur décimal, le CD 4017 bien connu de nos lecteurs. En effet, si l'on relie l'entrée Clock d'un tel compteur à un état haut permanent, il avance au rythme des fronts descendants des créneaux présentés sur l'entrée de validation V.

Si l'on relie par exemple l'entrée RAZ



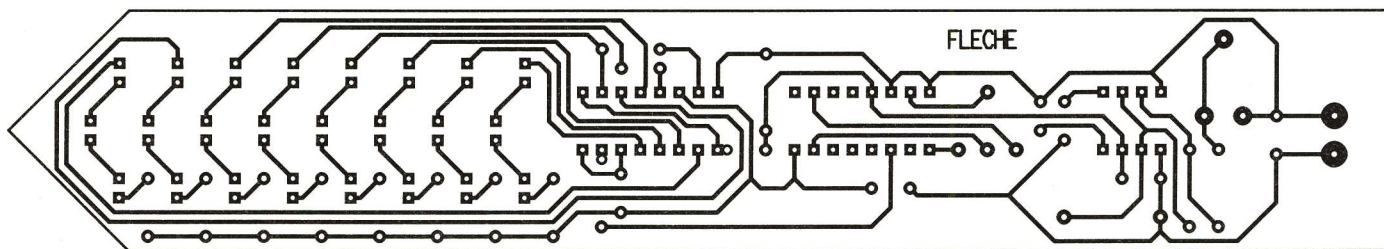
Fonctionnement

Fig 2a



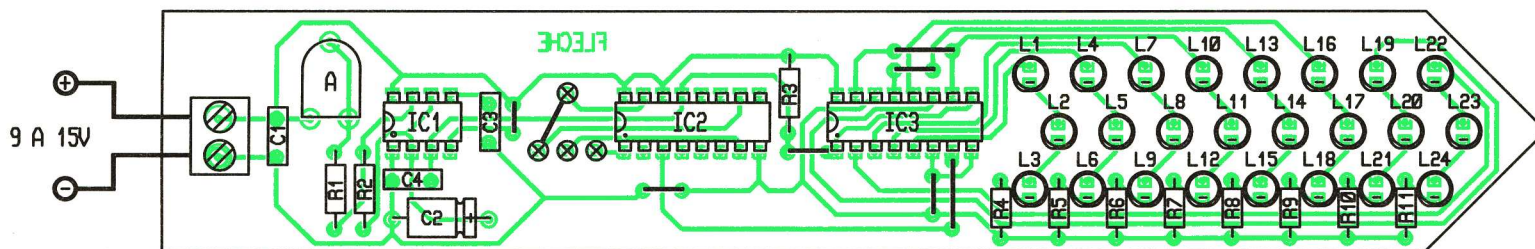
Effets produits

Fig 2b



Tracé du circuit imprimé

Fig. 3



Implantation des éléments

Fig. 4

(remise à zéro) à la sortie S₄, la sortie S₀ présente un état haut toutes les trois impulsions issues de IC₁. Les transitions sur S₀ se produisent en décalé ou plus exactement en avance sur les impulsions de chargement, pour respecter ainsi la règle évoquée au début de ce paragraphe.

e) Les effets obtenus

Les 8 sorties du registre à décalage alimentent chacune une chaîne composée de trois DEL et d'un résistor de limitation du courant. Suivant les liaisons RAZ → S_i réalisées au niveau de IC₂, on obtient alors des effets de défilement de la flèche dont la variable est en somme le pas

exprimé en nombre de DEL, qui sépare l'allumage de deux chaînes consécutives.

La figure 2 illustre les effets produits. Au lecteur-réalisateur de choisir le résultat qui lui convient le mieux.

II - LA REALISATION

La figure 3 fait montre du circuit imprimé tandis que la figure 4 indique l'implantation des composants. Peu de remarques sont à faire si ce n'est l'absolue nécessité de bien respecter l'orientation des compo-

sants polarisés: CI, capacité électrolytique et DEL.

N'oubliez pas la programmation de l'effet désiré par la mise en place de la liaison correspondant au niveau

des picots. La vitesse de défilement sera ensuite réglée à l'aide du curseur de l'ajustable A. Elle augmente si l'on tourne le curseur dans le sens anti-horaire.

NOMENCLATURE

7 straps (4 horizontaux, 3 verticaux)

R₁, R₂, R₃: 3 x 10 kΩ (marron, noir, orange)

R₄ à R₁₁: 8 x 470 Ω (jaune, violet, marron)

A : ajustable 100 kΩ

L₁ à L₂₄: 24 DEL rouges Ø 3

C₁: 0,1 μF milfeuill

C₂: 1 μF/16 V électrolytique

C₃, C₄: 2 x 4,7 nF milfeuill

IC₁: NE555 (timer)

IC₂: CD4017 (compteur-décodeur décimal)

IC₃: CD4015 (double registre à décalage à 4 sorties)

1 support 8 broches

2 supports 16 broches

4 picots

Bornier soudable 2 plots

LE NOUVEAU CATALOGUE GÉNÉRAL DE L'ÉLECTRONIQUE 1995 EST ARRIVÉ !

I. APPLICATIONS DOMESTIQUES

- Alarmes - Indicateurs de maison - Interphones - Eclairage extérieur - Accessoires de maison - Cellules solaires - Éclairage de maison - Luminaire - Outillage ...

II. TECHNIQUES AUDIO / VIDÉO

- Haut-parleurs - Filtres pour HP - Cassettes - Rangement de l'audio - Diamants - Cordons - Micros & casques - La musique - Psychédélique - Caméras - Mixage audio & vidéo ...

III. ÉLECTRONIQUE AUTOMOBILE

- Antennes - Fusibles auto - Chargeurs - Éclairage auto - Boosters - Haut-parleurs - Enceintes - Instrumentation pour auto - Alarmes - L'électronique pour vélo ...

IV. TELECOMMUNICATIONS

- Talkies-walkies - Matériel CB - Antennes CB - Récepteurs radio - Scanners - Satellite - Antennes - Rotors - Connectique - Accessoires téléphones GSM ...

V. TECHNIQUES DE MESURE

- Indicateurs de tableau - Multimètres - Stations de mesure - Générateurs - Appareils de labo - Oscilloscopes - Alimentations de labo - Cordons de mesure ...

VI. COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

- Composants actifs et passifs - Commutation - Connectique - Coffrets - Câbles - Circuits imprimés - Fers à souder - Produits de maintenance ...

VII. MODELISME

- Radiocommandes - Servos - Avions - Bateaux - Voitures - Moteurs - Pièces de radiomodélisme - Décoration - Colles - Batteries & alimentations ...

VIII. INFORMATIQUE

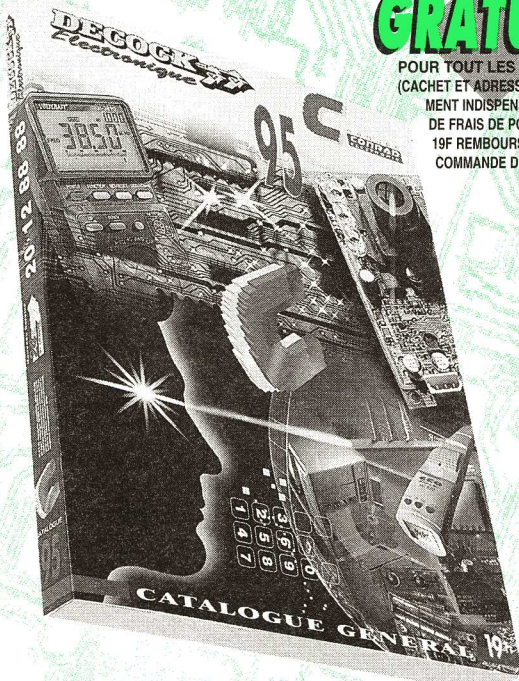
- Configurations informatiques - Périphériques - Écrans - Imprimantes - Alimentations - CD rom - Logiciels - Mémoires - Souris & Scanners - Connectique ...

IX. LA LIBRAIRIE SPÉCIALISÉE

- L'électricité - Théorie - Électronique par la pratique - Utilisation des PC - Le montage - Schémas - L'application électronique - Son & vidéo - Data books ...

GRATUIT !

POUR TOUT LES ENSEIGNANTS (CACHET ET ADRESSE DE L'ÉTABLISSEMENT INDISPENSABLES SINON 19F+10F DE FRAIS DE PORT ET D'EMBALLAGE 19F REMBOURSÉS À LA PREMIÈRE COMMANDE D'UN MINIMUM DE 150F)



PRES DE 500 PAGES !

Avec plus de 15 000 articles !
Toute la sécurité d'un groupe européen :

- garantie 12 mois
- satisfait ou remboursé
- prix compétitifs
- commande facile et rapide

L'Innovation Electronique

VOTRE COMMANDE PAR MINITEL ! **3615 DECOCK**

VOTRE MOT DE PASSE : **49X**

Decock Electronique Groupe CONRAD ELECTRONIC
BP 78 59003 LILLE - TEL : 20 12 88 88 - FAX 20.12.88.99

BON DE COMMANDE :

- CATALOGUE GRATUIT** POUR TOUT LES ENSEIGNANTS (CACHET ET ADRESSE DE L'ÉTABLISSEMENT).
- Je désire le Catalogue Général 95 et je joins un chèque de 29€ (19€+10€ de frais de port et d'emballage) 19€ remboursés à la première commande d'un minimum de 150€.

Etablissement : _____

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Ville : _____

Code Postal : _____ TEL : _____

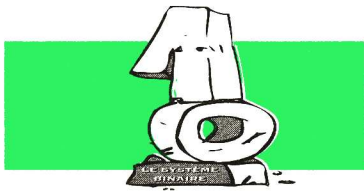
VOTRE FORMULE DE PAIEMENT

- Chèque bancaire ou postal à l'ordre de DECOCK électronique S.A.
- Carte bancaire (CB, VISA, EUROCARD) date de validité : _____ mois - année

Votre Signature X Cachet de l'établissement :

OFFRE SPÉCIALE VALABLE JUSQU'AU 31/07/95



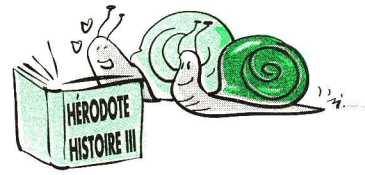
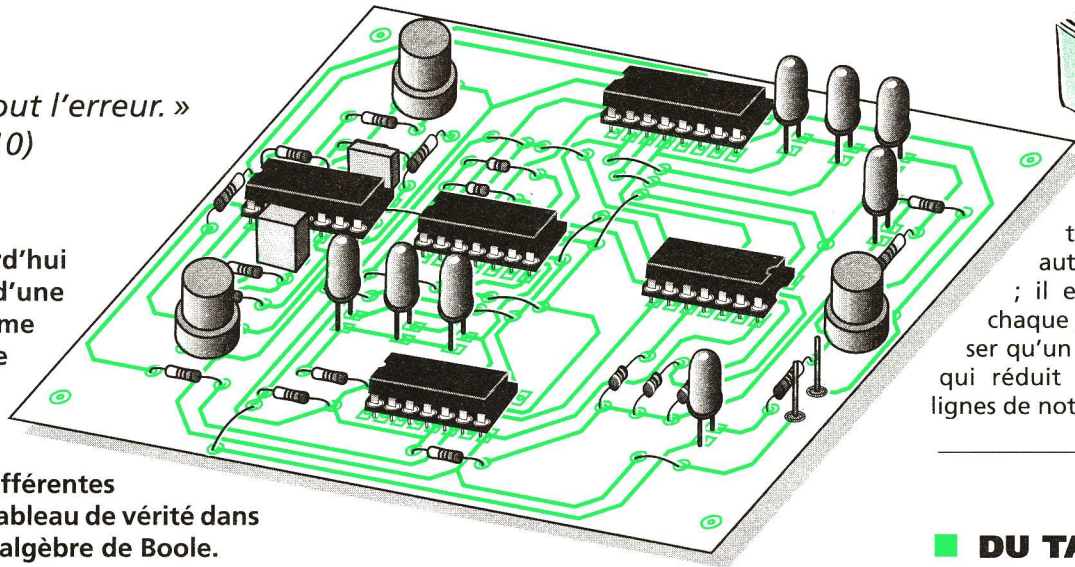


LOGIQUE 16

« La hâte engendre en tout l'erreur. »
(Hérodote, Histoires III, 10)

Notre propos d'aujourd'hui consiste à traiter d'une manière logique un problème donné; il s'agit en somme de compter toutes les variables d'entrée et de sortie, de définir les conventions d'écriture et d'analyser les différentes situations en établissant un tableau de vérité dans le pur respect des règles de l'algèbre de Boole.

Dans celle-ci apparaîtront les états binaires des variables et le résultat de leurs combinaisons binaires. L'étape suivante consistera à tracer le ou les logigrammes à l'aide des symboles logiques normalisés, ainsi que les équations du problème selon les règles habituellement enseignées. Il ne restera plus qu'à simplifier l'écriture et le tracé du schéma logique pour parvenir, à l'aide de quelques portes logiques, à réaliser un schéma électronique satisfaisant au cahier des charges initial. Cette démarche est rappelée en figure 1.



Le tableau de vérité résume à lui seul toutes les possibilités autorisées et intéressantes; il est clair en effet que chaque joueur ne peut proposer qu'un seul choix à la fois, ce qui réduit considérablement les lignes de notre tableau de vérité.

| LIGNES | PROPOSITIONS DES JOUEURS | | | | | | RESULTAT | | |
|--------|--------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------|-------------|-----|
| | CERVEAU = 2 | | | JOUEUR = 1 | | | GAGNANT | | NUL |
| | Ciseau CI2 | Caillou CA2 | Papier PA2 | Ciseau CI1 | Caillou CA1 | Papier PA1 | Cerveau 2 | Joueur 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |

Fig 3

DU TABLEAU DE VERITE AUX EQUATIONS

Un rapide coup d'œil dans les colonnes des gagnants nous montre que chaque joueur présente trois situations où il peut être vainqueur et que quatre combinaisons aboutissent à un score nul. En fait, la ligne 1 est facultative, car elle correspond à l'absence de proposition pour chaque participant et peut de ce fait être omise. Analysons une autre ligne en détail, par exemple la ligne 5 :

■ le joueur 1 propose caillou alors que le joueur 2 annonce papier. C'est bien sûr le 2 qui l'emporte selon les règles fixées précédemment. L'équation logique correspondant à cette ligne peut s'énoncer de la manière suivante :

$$2 = CA1 \text{ et } PA2 \text{ ou encore } = CA1 \cdot PA2$$

LE PROBLEME A RESOUDRE

Sans doute en famille ou entre amis vous êtes-vous déjà livré au célèbre jeu de mains nommé « Ciseaux Caillou Papier » ? Cet amusement populaire n'exige aucun matériel ou

local particulier, et pour cause, il se pratique entre deux joueurs à l'aide simplement de la main de chacun, qui symbolise tour à tour l'une des trois possibilités. Il est aisé de concevoir une version électronique de ce petit divertissement, qui permettra à chacun de jouer contre un circuit électronique, représentant ici à la fois l'adversaire et l'arbitre ! Nous rappelons, ici, les règles de ce jeu. A l'aide d'une main cachée dans le

■ les ciseaux coupent le papier ;
■ le papier enveloppe le caillou ;
■ le caillou casse les ciseaux.
Bien entendu, deux symboles identiques s'annulent et donnent l'égalité.

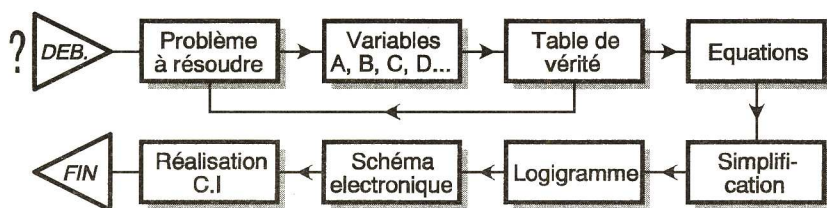


Fig 1

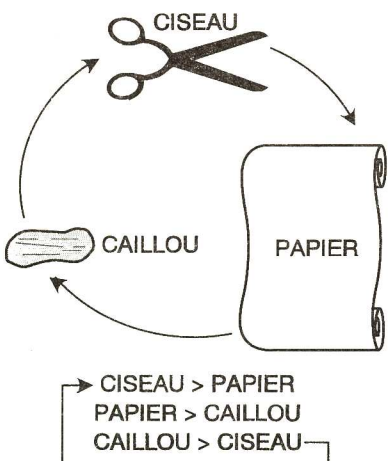


Fig 2

dos, tout d'abord, on formera l'une des trois propositions :

- la paire de ciseaux à l'aide de l'index et du majeur ;
- le caillou est obtenu simplement à l'aide du poing fermé ;
- le papier pourra, avec un peu d'imagination il est vrai, être simulé avec la main ouverte à plat.

Au signal donné, les deux joueurs en présence opposent leur symbole respectif, le vainqueur étant celui dont le symbole est prédominant, selon les règles suivantes :

DU PROBLEME A LA TABLE DE VERITE

En admettant que le cerveau électronique (un bien grand mot pour qualifier une poignée de composants bien loin de faire concurrence au plus débile des microprocesseurs) porte l'indice 2, nous pouvons définir comme suit ses variables :

$$CERVEAU = 2 \quad PAPIER = PA2 \\ CISEAUX = CI2 \quad CAILLOU = CA2$$

De même, le joueur prendra l'indice 1, et les variables représentant son choix seront :

$$JOUEUR = 1 \quad PAPIER = PA1 \\ CISEAUX = CI1 \quad CAILLOU = CA1$$

Le choix sera validé par la présence d'un niveau 1 dans les cases correspondantes du tableau de vérité (voir fig. 3). De même, le vainqueur sera désigné par un niveau haut dans l'une des cases en sortie 1 ou sortie 2.

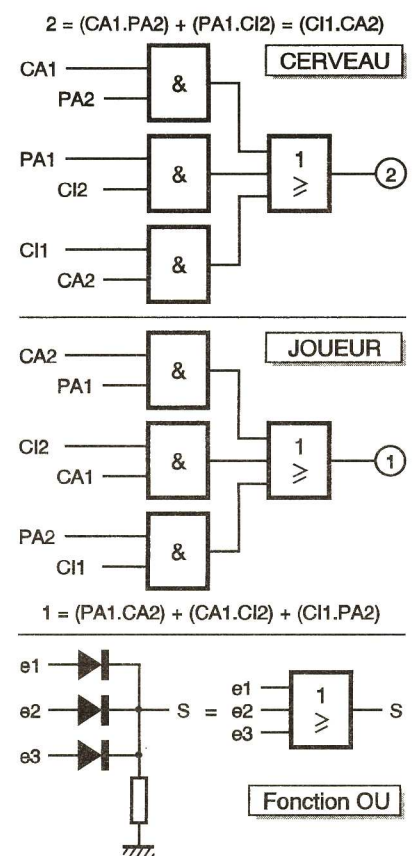


Fig 4

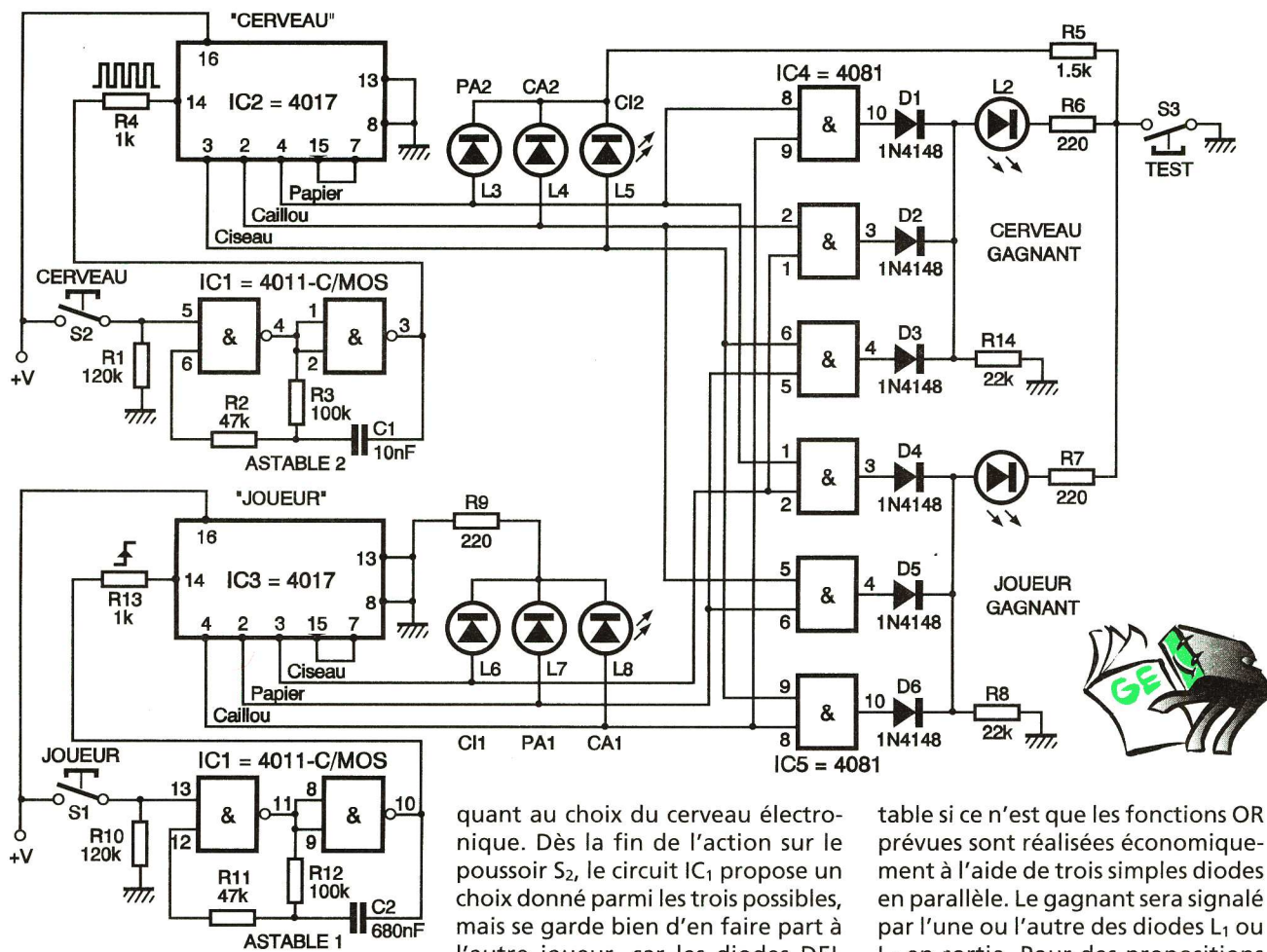


Fig 5

On trouvera de la même manière les lignes 4 et 9 qui aboutissent au même vainqueur.

$2 = PA1 \text{ et } CI2 = PA1 \cdot CI2$.

$2 = CI1 \text{ et } CA2 = CI1 \cdot CA2$.

Il y a donc bien trois manières de faire gagner le joueur 2, ce qui peut s'énoncer de la façon suivante :

$2 = CA1 \cdot PA2 + PA1 \cdot CI2 + CI1 \cdot CA2$.

Avec un raisonnement identique, on trouve l'équation qui régit le sort du joueur 1 :

$1 = PA1 \cdot CA2 + CA1 \cdot CI2 + CI1 \cdot PA2$.

A l'aide de quelques fonctions AND et OR, il est aisé de trouver les logigrammes correspondants donnés à la figure 4.

■ DU LOGIGRAMME AU SCHEMA ELECTRONIQUE

La difficulté principale consiste à trouver les composants électroniques capables de restituer parfaitement le fonctionnement théorique du logigramme. S'il n'y a guère de problème pour les fonctions AND ou OR, il n'en va pas de même avec le circuit chargé de simuler le « cerveau électronique ». Pour ce faire, nous avons mis en œuvre le célèbre compteur décimal CMOS 4017, chargé ici de compter jusqu'à 3 seulement, moyennant quelques impulsions très rapides sur son entrée horloge 14.

Il verra sa borne 7 = 4^e impulsion reliée directement à la broche de mise à zéro 15. L'astable 2 génère donc une fréquence très rapide de quelques kilohertz, garantissant l'effet de surprise et l'impartialité

quant au choix du cerveau électronique. Dès la fin de l'action sur le poussoir S_2 , le circuit IC_1 propose un choix donné parmi les trois possibles, mais se garde bien d'en faire part à l'autre joueur, car les diodes DEL témoins (L_3 , L_4 ou L_5) ne s'allument qu'après le choix du joueur et par une action sur le poussoir S_3 noté Test. Notre schéma est donné à la figure 5 où apparaissent distinctement les différents blocs logiques. On trouve pour le joueur le même principe, à la différence près que c'est le joueur qui devra actionner le poussoir S_1 pour valider son choix, toujours à l'aide d'un compteur 4017, en l'occurrence, ici, IC_3 . A noter encore que l'astable 1 aura une fréquence bien plus basse, afin de permettre au joueur de sélectionner d'une manière rapide et sûre son symbole. Sa sélection s'affichera sur l'une des trois DEL L_6 , L_7 ou L_8 . Le contrôle logique des propositions ne pose aucun problème insurmon-

table si ce n'est que les fonctions OR prévues sont réalisées économiquement à l'aide de trois simples diodes en parallèle. Le gagnant sera signalé par l'une ou l'autre des diodes L_1 ou L_2 en sortie. Pour des propositions identiques, il n'y a bien sûr aucun gagnant, puisque les mêmes DEL s'allument de part et d'autre.

■ DU SCHEMA AU CIRCUIT IMPRIME

Si cette étude vous a intéressé, nous allons encore conclure en vous proposant le tracé des pistes de cuivre correspondant exactement au schéma de la figure 5. Les poussoirs S_1 , S_2 et Test sont montés directement sur la petite carte, ainsi que

toutes les diodes électroluminescentes, afin de disposer d'un ensemble compact, avec un minimum de câblage. Une simple pile de 9 V pourra donner vie à cette petite « console » de jeu fort économique.

Guy ISABEL

■ NOMENCLATURE

- IC_1 : quadruple NAND CMOS 4011
- IC_2, IC_3 : compteur décimal CMOS 4017
- IC_4, IC_5 : quadruple AND CMOS 4081
- D_1 à D_6 : diodes commutation 1N4148
- L_3, L_7 : diodes DEL 5 mm, cristal, verte = papier
- L_4, L_8 : diodes DEL 5 mm, cristal, jaune = caillou
- L_5, L_6 : diode DEL 5 mm, cristal, rouge = ciseaux
- L_1 : diode DEL 5 mm, rouge
- L_2 : diode DEL 5 mm, verte
- R_1, R_{10} : 120 k Ω (marron, rouge, jaune)
- R_2, R_{11} : 47 k Ω (jaune, violet, orange)
- R_3, R_{12} : 100 k Ω (marron, noir, jaune)
- R_4, R_{13} : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- R_5 : 1,5 k Ω (marron, vert, rouge)
- R_6, R_7, R_9 : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
- R_8, R_{14} : 22 k Ω (rouge, rouge, orange)
- C_1 : 10 nF/63 V plastique
- C_2 : 680 nF/63 V
- 2 supports à souder
- 16 broches
- 3 supports à souder
- 14 broches
- 3 poussoirs à fermeture pour CI
- Picots à souder
- Coupleur pression pile 9 V

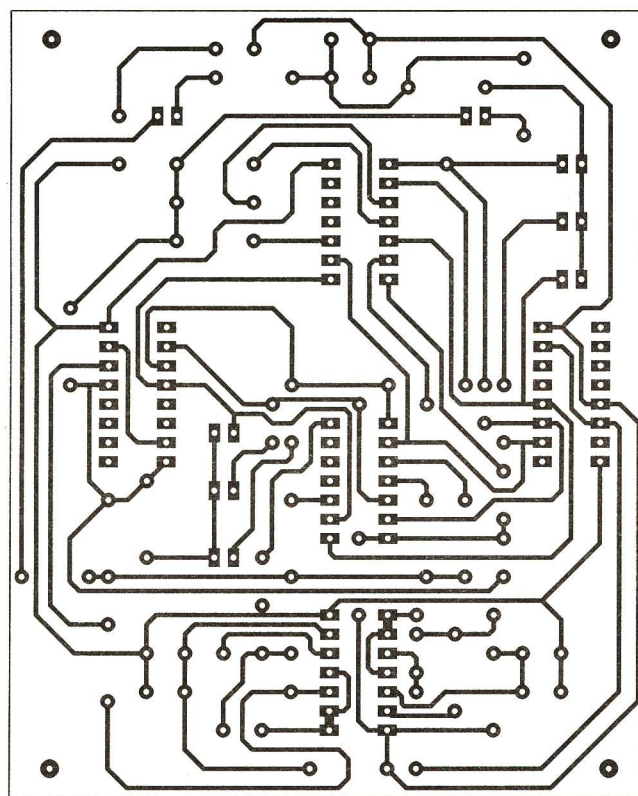


Fig 6

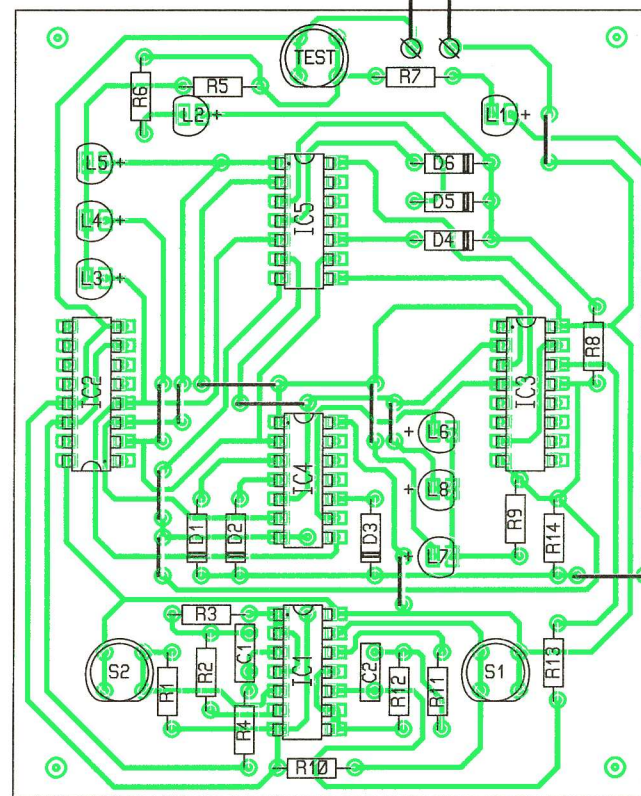
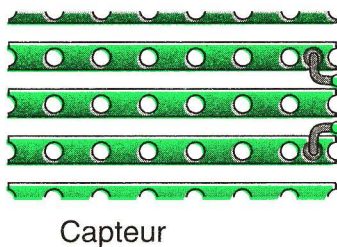


Fig 7

UN DETECTEUR DE DEBORDEMENT

Un robinet oublié ouvert ou un écoulement bouché, un petit malheur peut vite arriver.

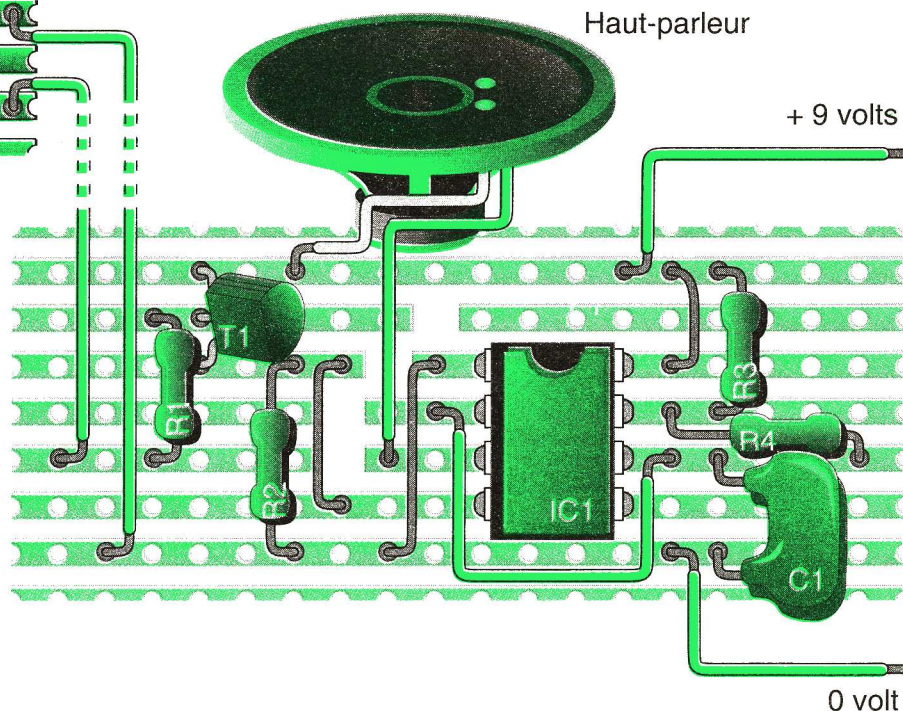
Le petit montage que nous vous proposons a pour vocation d'éviter aux « étourdis du matin » de transformer leur salle de bains en piscine. Il s'agit d'un détecteur d'eau. Fixé sur le rebord d'un lavabo, par exemple, il avertira, par un bip sonore, son utilisateur que le niveau d'eau monte dangereusement. Si ce type de montage constitue l'un des grands classiques de l'électronique de base, il présente néanmoins l'avantage d'être extrêmement simple à réaliser et donc tout particulièrement destiné aux débutants.



provoquerait la destruction immédiate du transistor. Cette amplification de courant réalisée, reste à générer le bip sonore. Pour cela, il faut disposer d'un petit oscillateur. C'est à un NE 555 que cette fonction est confiée. Ce circuit intégré est, en effet, parfaitement adapté à la réalisation de petits oscillateurs audio-fréquence à bon marché.

De plus, le nombre de composants dont il doit être accompagné pour fonctionner est relativement faible ce qui, dans notre cas, permet de simplifier le câblage. La fréquence du bip émis est fixée par les valeurs de C_1 , R_3 et R_4 .

Si vous souhaitez modifier cette fréquence, il est possible, par exemple, de modifier la valeur de R_3 . Dans ce cas, plus on augmente la valeur de cette résistance, plus la fréquence du bip baisse. Inversement, en réduisant la valeur de R_3 , le son monte



COMMENT ÇA MARCHE ?

L'eau du robinet n'est jamais parfaitement pure. Les corps dissous qu'elle contient : sels minéraux, agents désinfectants, etc., la rendent légèrement conductrice de l'électricité. Dans notre cas, pour détecter sa présence dans l'eau, il nous suffit de détecter le passage d'un courant.

En fait, le « détecteur », élément sensible de notre montage, est donc tout simplement constitué par deux électrodes. Dans notre cas, pour réa-

liser ces électrodes, le plus simple est d'utiliser une chute de plaquette de câblage. Deux bandes adjacentes sont utilisées et dès que l'eau vient établir un contact entre elles, il est possible de détecter le passage du courant.

parleur. Ce dernier est connecté entre la sortie (patte 3) du NE 555 et le + 9V. Cette disposition permet d'éviter d'employer un condensateur en sortie. En effet, lorsque le NE 555 est « en veille », sa sortie se bloque à la tension d'alimentation. Dans ce cas, aucun courant ne traverse donc le haut-parleur. En cas contraire, si le haut-parleur était raccordé vers le 0V, un courant le traverserait en permanence, ce qui aurait pour effet, d'une part, d'user prématurément la pile et, d'autre part, de provoquer une surchauffe du circuit intégré.

plaquette pré-perforée munie de bandes conductrices au pas de 2,54 mm. La figure 2 propose les emplacements de rupture des bandes conductrices.

On pratique ces coupures à l'aide d'un forêt de 6 mm de Ø. Une fois la plaquette préparée, le soudage des composants peut commencer. Sur notre dessin, afin de vous guider dans le positionnement des divers éléments, nous avons représenté les bandes comme si elles étaient vues par transparence.

La mise en service de ce détecteur est extrêmement simple. Lors de sa mise sous tension, le haut-parleur doit rester muet. En revanche, dès que le capteur est trempé dans l'eau, un « bip » doit retentir. Il est souvent nécessaire de bien essayer le capteur pour que le bip s'interrompe.

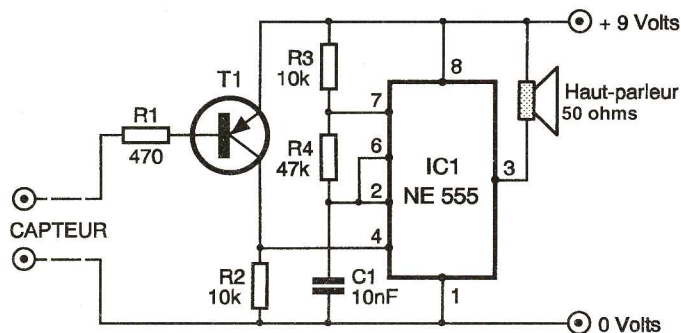


Fig 1

LA REALISATION PRATIQUE

Comme toujours, nous vous proposons de réaliser le câblage sur une



liser ces électrodes, le plus simple est d'utiliser une chute de plaquette de câblage. Deux bandes adjacentes sont utilisées et dès que l'eau vient établir un contact entre elles, il est possible de détecter le passage du courant.

Comme l'intensité de ce dernier reste relativement faible, un transistor est utilisé pour l'amplifier. Une résistance (R_1) est intercalée entre le capteur et la base du transistor. Le but de celle-ci est de protéger le transistor en cas de court-circuit accidentel des électrodes, par contact avec un objet métallique par exemple. Sans sa présence, en cas de court-circuit, la jonction base-émetteur du transistor se trouverait directement reliée aux bornes de l'alimentation. Dans ce cas, une forte augmentation du courant de base

vers les aigus. Le courant issu du transistor, quant à lui, est appliqué à la broche 4 du NE 555. Il s'agit de son entrée commande. Il n'oscille que lorsque celle-ci est portée à une tension proche de celle de l'alimentation.

Au total, au niveau de cette broche et grâce à la présence de R_2 , lorsque aucun courant ne circule (pas d'eau sur la sonde), le potentiel reste proche de 0V et, inversement, dès apparition du courant issu de T_1 , la tension monte à une valeur proche de celle de l'alimentation. Il y a donc bien déclenchement du NE 555 dès que de l'eau vient établir un contact entre les électrodes du capteur.

Pour transformer le signal électrique alternatif du NE 555 en un bip sonore, il suffit d'utiliser un haut-

NOMENCLATURE

R_1 : 470 Ω (jaune, violet, brun)
 R_2 , R_3 : 10 k Ω (brun, noir, orange)
 R_4 : 47 k Ω (jaune, violet, orange)

C_1 : 10 nF
 IC_1 : NE 555
 T_1 : 2N3906 ou équivalent
 Haut-parleur diamètre 50 mm 50 Ω
 1 coupleur pour pile 9 V

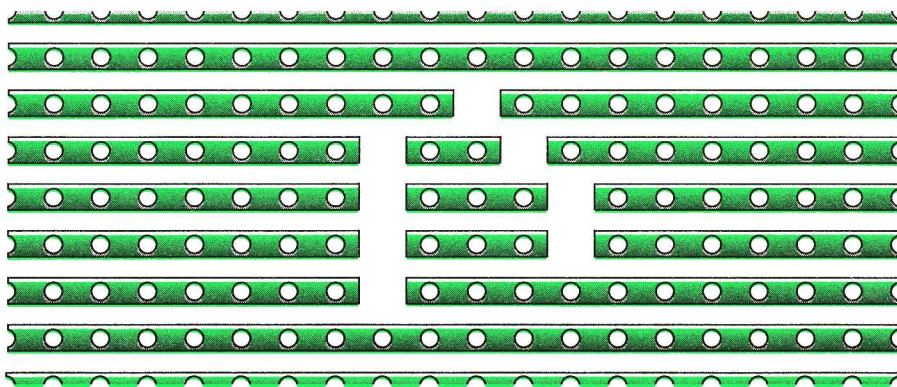
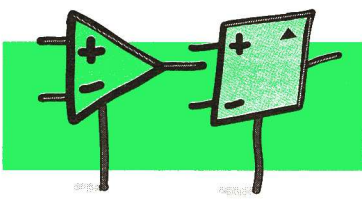


Fig 2



LES AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

(6^e partie)

Notre étude des différentes applications des amplificateurs opérationnels va nous conduire aujourd'hui dans le domaine des oscillateurs sinusoïdaux. Bien que les fréquences maximales atteintes soient sans comparaison avec celles que permettent les montages à transistors, leurs performances sont très largement suffisantes pour couvrir la gamme audio et même beaucoup plus. Les trois structures que nous étudierons vous feront découvrir les principes généraux de fonctionnement de cette branche de l'électronique.

I - LES OSCILLATEURS SINUSOÏDAUX

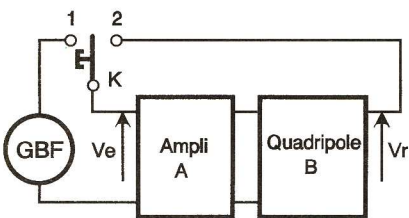
On peut grossièrement classer les oscillateurs sinusoïdaux en deux catégories. Dans la première, nous mettrons les systèmes bouclés et, dans la seconde, ceux qui ne le sont pas.

A) Systèmes bouclés

1^o Condition d'oscillation

Le schéma de principe de ce type d'oscillateur est représenté à la figure 1. On y reconnaît un amplificateur A associé à un quadripôle B dit de réaction. La nature de ce quadripôle de réaction peut être très variée : en basse fréquence, on trouve le plus souvent des circuits R-C alors qu'en HF on rencontre plus particulièrement des circuits L-C (inductance capacité).

Lorsque le montage est en boucle ouverte (inverseur K ouvert, c'est-à-dire sortie et entrée non réunies), la tension de sortie V_r est égale à ABV_e . Si pour une fréquence F_0 le produit AB vaut 1, la tension V_r devient alors égale à V_e . En supposant que cette condition soit vérifiée et que l'on reboucle le montage sur lui-même en fermant l'inverseur K, tout en prenant soin de supprimer le générateur de signaux, les signaux qui étaient présents en V_s jouent le rôle de ceux que délivrait le géné-



Oscillateur à boucle de réaction

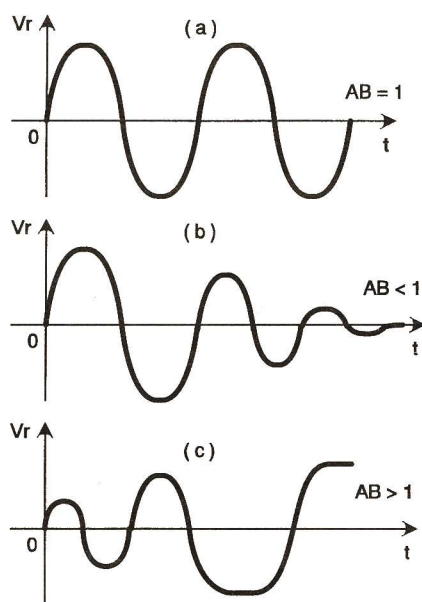
Oscillateur à boucle de réaction. Fig 1

rateur. Le système peut alors continuer de fonctionner, on a réalisé un oscillateur.

La condition qui permet au système d'osciller en boucle fermée est donc $V_r = ABV_e$, soit $AB = 1$ puisque, pour ce mode de bouclage, V_e et V_r ne forment plus qu'une seule et même tension. L'indissociabilité des tensions V_e et V_r en boucle fermée étant difficile à maîtriser pour le

débutant, on étudie généralement les oscillateurs en boucle ouverte, situation dans laquelle les tensions V_e et V_r sont bien distinctes, ce qui facilite l'analyse du montage et sa mise en équation.

La condition d'oscillation « $AB = 1$ » concernant des grandeurs sinusoïdales, celle-ci se traduit en fait par deux conditions. La première porte sur l'amplitude des signaux V_e et V_r ,



Forme des signaux suivant la valeur de AB

Forme des signaux suivant la valeur de AB Fig 2

la seconde concerne leur phase. Dans les deux cas, l'égalité doit être parfaite si l'on veut que le montage oscille de façon sinusoïdale (fig. 2a). Sur le plan pratique, on peut considérer que l'amplificateur A compense à la fois l'atténuation et le déphasage introduits par le quadripôle B en puisant son énergie sur la source d'alimentation continue. Que se passe-t-il lorsque la condition $AB = 1$ n'est pas complètement respectée ?

En supposant que les signaux V_e et V_r soient en phase mais que, sur le plan des amplitudes, celle de V_r soit légèrement inférieure à celle de V_e ($AB < 1$), lorsque le système est bouclé (K fermé), si des oscillations apparaissent dans le montage, alors qu'on est en train de le régler, celles-

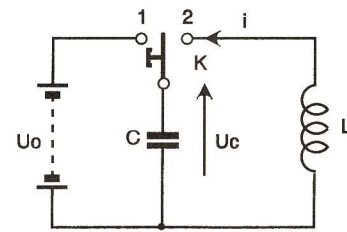
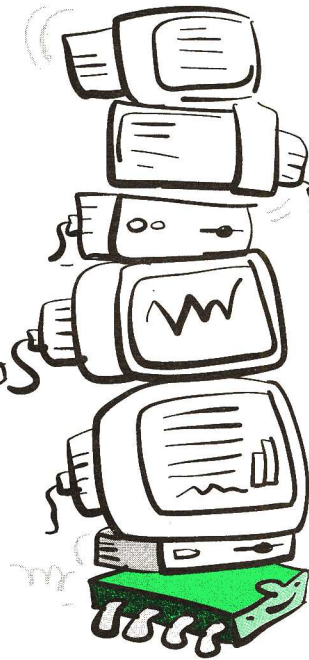


Fig 3A

ci disparaissent assez rapidement (fig. 2b).

D'un autre côté, si $AB > 1$, l'amplitude des signaux augmente de plus en plus. L'amplitude ne pouvant dépasser la valeur des tensions d'alimentation, les signaux sont alors écrêtés et n'ont plus rien à voir avec des sinusoïdes (fig. 2c).

2^o Démarrage

On peut se demander comment les oscillations s'amorcent au démarrage étant donné qu'il ne serait pas sérieux d'avoir recours à un autre générateur pour faire démarrer tout nouvel oscillateur que l'on voudrait réaliser. En fait, une fois que la condition $AB = 1$ est respectée et que le système est bouclé sur lui-même, lorsqu'on met le montage sous tension, les « perturbations » qui en résultent, en particulier à son entrée, et les caractéristiques de sélectivité du quadripôle de réaction sont suffisantes pour favoriser l'apparition du signal de fréquence F_0 et uniquement celui-là, puisque c'est pour cette seule fréquence que la condition $AB = 1$ est vérifiée. En imaginant que d'autres signaux (de fréquence différente de F_0) apparaissent à un moment donné, la condition $AB = 1$ n'étant pas vérifiée pour eux, ceux-ci sont progressivement atténués et disparaissent pour ne laisser la place qu'à ceux de fréquence F_0 . Cette explication peut paraître un peu simpliste, mais les phénomènes mis en jeux sont assez complexes et leur analyse rigou-

reuse sortirait du cadre de cette étude, aussi nous limiterons-nous à cette approche.

B) Les circuits oscillants

Cette deuxième catégorie d'oscillateur comporte généralement un circuit oscillant de type L-C que nous supposons parfait (sans terme résistif, donc sans perte) pour commencer. Si l'on prend soin de charger le condensateur C sous une tension constante U_0 (position 1 de l'inverseur de la figure 3a), lorsqu'on bascule l'inverseur en position 2, l'énergie emmagasinée par le condensateur passe dans l'inductance pour y revenir ensuite, puis repasser dans l'inductance L et ainsi de suite, à une cadence F_0 appelée fréquence d'oscillation du circuit. Lors de ces échanges, la tension aux bornes du circuit ainsi que le courant qui le traverse varient sinusoïdalement (amplitude U_0 et fréquence F_0 figure 3b). C'est pour cette raison qu'un circuit L-C est très souvent qualifié de circuit oscillant.

Dans la pratique, le circuit L-C est en fait un circuit R-L-C. La résistance du fil constituant l'inductance crée un obstacle au mouvement des électrons qui provoque une réduction

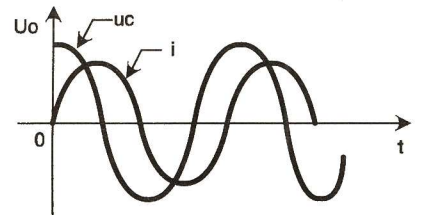
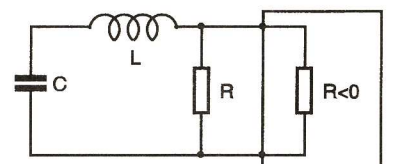


Fig 3B

progressive de l'amplitude de la tension aux bornes du montage.

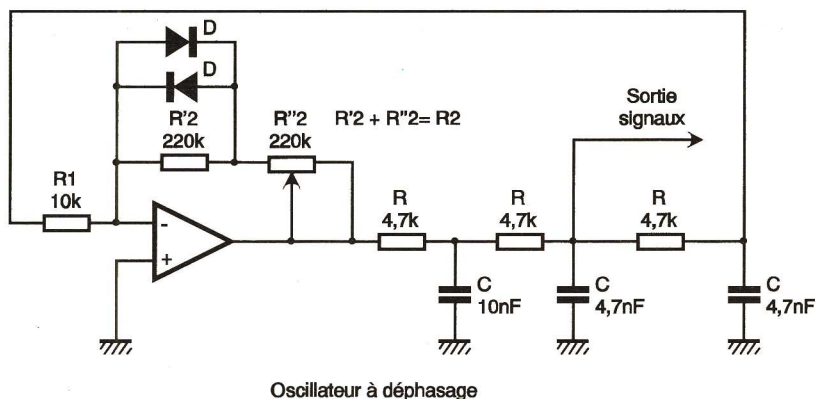
Pour que les oscillations gardent une amplitude constante, on supprime l'élément parasite « R » en lui associant une résistance négative R_0



Annulation de la résistance parasite R par une résistance négative

Annulation de la résistance parasite R par une résistance négative. Fig 3C

$= -R$ qui rend le montage sans perte ($R - R = 0$, fig. 3c). On peut aussi voir le problème d'une autre façon en considérant qu'à chaque période le système électronique associé au circuit oscillant L-C lui redonne l'énergie qu'il a perdue au cours de l'échange, ce qui maintient artificiellement l'amplitude des oscillations à un niveau constant. On peut rapprocher ce comportement de celui du balancier d'une



Oscillateur à déphasage

Oscillateur à déphasage.

Fig 4

horloge qui, après avoir été écarté de sa position d'équilibre, oscille avec une amplitude de plus en plus réduite du fait de l'existence de frottements mécaniques. Pour que les oscillations gardent une amplitude constante, un dispositif mécanique ou électromécanique lui redonne « un petit coup de pouce » à chaque période.

II - OSCILLATEUR A BOUCLE DE REACTION

A) Oscillateur à déphasage

1° Le montage

Le schéma de cet oscillateur est représenté à la figure 4. L'AOP utilisé fonctionne en amplificateur inverseur de gain $(-R_2/R_1)$. Le déphasage introduit par celui-ci est donc égal à 180° .

Le quadripôle de réaction est constitué de trois circuits R-C identiques en cascade. Pour que les signaux traversant les trois cellules R-C identiques montées en cascade se retrouvent en phase avec ceux présents à l'entrée de l'amplificateur, celles-ci doivent introduire elles aussi un déphasage global de 180° , ce qui fait un total de 360° . Ce retard de 360° est équivalent à un déphasage nul puisque cela correspond à un retard rigoureusement égal à une période.

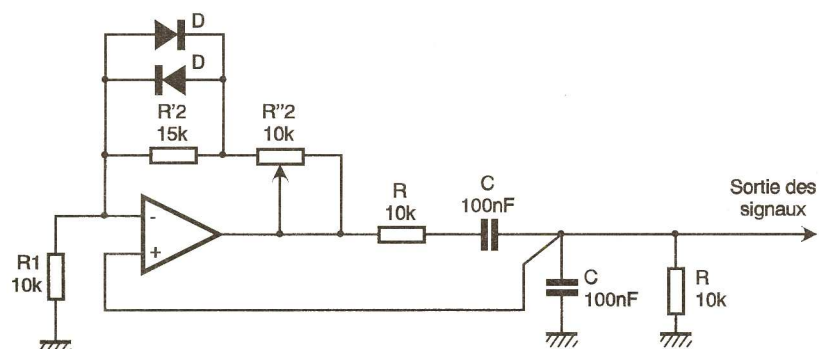
Des calculs assez longs montrent que la fréquence pour laquelle on obtient ce déphasage vaut $F_0 = \sqrt{6}/2 \pi RC = 0,4/RC$. Or, pour cette fréquence, l'amplitude des signaux de sortie du quadripôle est 29 fois plus faible que celle d'entrée. Pour

que l'oscillateur fonctionne, il faut donc s'arranger pour que $R_2/R_1 = 29$. Compte tenu de la tolérance des composants, il convient de prévoir une marge de réglage substantielle. La résistance de réaction R_2 sera donc constituée par la mise en série d'une résistance fixe de $220 \text{ k}\Omega$ et d'un ajustable de même valeur.

2° Amélioration et mise au point

Pour que le réglage de R_2 soit moins délicat à réaliser et aussi pour assurer une stabilité de fonctionnement indépendante des variations de température auxquelles ce générateur sera inévitablement soumis au cours de son utilisation, on ajoute en parallèle sur la partie fixe de R_2 , deux diodes de type 1N4148 montées tête-bêche. Cette modification transforme l'amplificateur linéaire de gain $(-R_2/R_1)$ en un amplificateur dont le gain dépend du niveau des signaux, comme nous l'avons expliqué dans notre précédent exposé. Le réglage de l'amplificateur devient beaucoup moins pointu et sa stabilité s'en trouve nettement accrue. Comme pour tous les oscillateurs, on devra toujours s'arranger pour se placer au plus près de la condition d'oscillation afin que la forme des signaux soit et reste bien sinusoïdale. Pour cela, on tourne l'ajustable R_2 jusqu'à ce que les oscillations apparaissent et on dépasse très légèrement cette position.

La tension de sortie de cet oscillateur peut être récupérée en différents points du montage, comme par exemple à la sortie de l'AOP, ou mieux, à la sortie de la 2^e cellule R-C. En choisissant cette solution, l'amplitude des signaux est plus faible qu'à la sortie de l'amplificateur opérationnel, mais leur forme est bien sinusoïdale, vu que les cellules R-C constituent un filtre qui atténue fortement les harmoniques



Oscillateur à pont de Wien

Oscillateur à pont de Wien

Fig 5

des signaux présents à son entrée. On a tout intérêt à suivre ce conseil lorsque la condition d'oscillation n'est pas correctement respectée ($AB > 1$) et que le signal de sortie de l'AOP s'apparente plus à un signal carré qu'à un signal sinusoïdal. Nous ne conseillons pas de prélever les signaux à la sortie de la 3^e cellule R-C qui est aussi l'entrée de l'amplificateur, y est très réduite et éventuellement entachée de bruit.

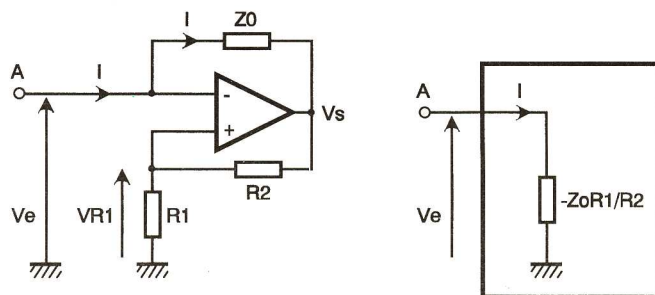
Avec les valeurs données sur le schéma, la fréquence d'oscillations vaut 9 kHz et, à la sortie de la 2^e cellule R-C, l'amplitude est proche d'une cinquantaine de millivolts. Un amplificateur peut amener cette amplitude à la valeur souhaitée par l'utilisateur.

On notera que la structure du réseau déphaseur utilisé se prête mal à une possibilité de réglage de la fréquence d'oscillation. Cet oscillateur sera réservé aux applications travaillant à fréquence fixe.

B) Oscillateur à pont de Wien

1° Le montage (fig. 5)

On reconnaît ce type d'oscillateur à la structure de sa boucle de réaction (de laquelle il tire son nom) constituée de deux circuits R-C, l'un étant une association série, l'autre parallèle. Pour cette configuration, les calculs montrent que le rapport $B = V_r/V_s$ vaut $1/3$ pour la fréquence $F_0 = 1/6,28 RC$, et que les tensions V_r et V_s sont en phase pour cette fréquence. Pour que le montage puisse donner des oscillations en boucle fermée, il faut donc que l'amplifica-



Convertisseur d'impédance négative

Convertisseur d'impédance négative.

tion V_s/V_r de l'amplificateur soit égale à 3 et que celui-ci n'introduise aucun déphasage. L'amplificateur non-inverseur utilisé respecte cette condition quand $R_2 = 2 R_1$, car son amplification vaut $A = 1 + R_2/R_1$, ce qui donne la valeur 3 requise.

2° Réalisation, mise au point

Comme dans le cas précédent, on prévoit un ajustage du gain en décomposant R_2 en deux morceaux, l'un fixe de $15 \text{ k}\Omega$ shunté par deux diodes montées tête-bêche et l'autre ajustable de $10 \text{ k}\Omega$.

Avec les composants utilisés, on récupère au niveau de la sortie de l'AOP une tension de 3 V crête de fréquence 170 Hz . Dans l'éventualité où la condition d'oscillation ne serait pas rigoureusement respectée ($AB > 1$), ce qui peut provoquer une

légère distorsion du signal V_s , en prélevant le signal en V_r , on s'assure d'une meilleure qualité pour la sinusoïde qui est filtrée par le pont de Wien, mais on perd un coefficient 3 en amplitude.

Le nombre de circuits R-C utilisés ne dépassant pas 2, en remplaçant les deux résistances R par un potentiomètre double, il devient possible de faire varier la fréquence d'oscillation dans de larges proportions. On prévoit généralement une résistance talon R_t en série avec les potentiomètres pour éviter le décrochage de l'oscillateur lorsque les portions de résistances des potentiomètres tendent vers 0. Si, en plus, on s'arrange pour modifier la valeur des condensateurs à l'aide d'un commutateur à deux circuits, on peut couvrir plusieurs gammes de fréquences et réaliser un générateur sinusoïdal à peu de frais.

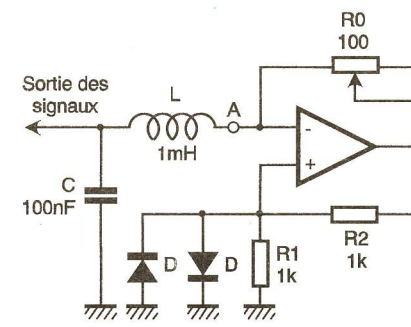
III - OSCILLATEUR A RESISTANCE NEGATIVE

A) Obtention d'une résistance négative

L'intérêt du montage de la figure 6 réside dans sa capacité à changer le signe et éventuellement la valeur de la résistance ou de l'impédance que l'on connecte en Z_0 .

L'AOP utilisé travaillant en régime linéaire, les tensions sur les entrées e^+ et e^- sont égales, soit $V_{R1} = V_e$. En passant par le diviseur résistif R_1 ,

R_2 , on en tire l'expression de la tension V_s : $V_s = V_e (R_2 + R_1)/R_1$. Le courant I qui circule dans Z_0 vaut par conséquent: $I = (V_e - V_s)/Z_0 = -V_e R_2/R_1 Z_0$. Le calcul de l'impédance d'entrée du montage définie



Réalisation de l'oscillateur à résistance négative

Réalisation de l'oscillateur à résistance négative.

Fig 7

par $Z_e = V_e/I$ donne $Z_e = -Z_{oR_1/R_2}$. Ce résultat prouve que l'impédance Z_o subit un changement de signe ainsi qu'une multiplication par le coefficient R_1/R_2 si ces deux composants n'ont pas la même valeur.

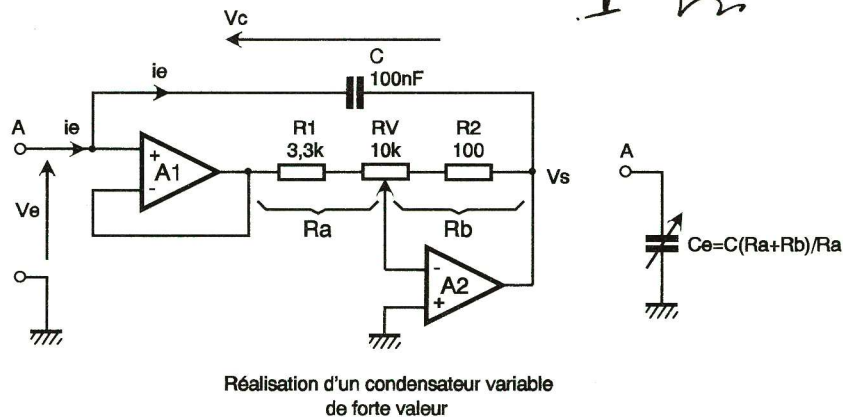
Ce montage a de multiples applications parmi lesquelles nous citerons la réalisation d'inductances simulées à partir de condensateurs, mais il permet, dans le cas qui nous intéresse ici, de réaliser des résistances négatives, lorsque Z_o est une résistance R_o .

Qu'on ne se y trompe pas, le montage n'est pas un composant physique possédant une résistance négative mais son comportement (entre ses bornes d'entrée) est identique à celui qu'aurait une résistance négative.

B) L'oscillateur à résistance négative (fig. 7)

Celui-ci fait intervenir une inductance L et un condensateur C que nous avons associés en série avec le montage de la figure 6 fonctionnant en résistance négative. La place des éléments L et C est indifférente et on peut prélever le signal en différents points du montage, mais le mieux est de prélever celui-ci aux bornes du condensateur afin de bénéficier de l'effet filtrage passe-bas du circuit en respectant le schéma de la figure 7.

Dans la pratique, lorsqu'on prélève le signal, tout se passe comme si une



Réalisation d'un condensateur variable de forte valeur.

Fig 8

résistance supplémentaire venait atténuer les oscillations. Le montage équivalent à une résistance négative doit donc compenser cette perte supplémentaire et c'est l'une des raisons pour lesquelles il faut aussi prévoir une marge de réglage pour R_o et non tenir compte uniquement de l'aspect résistif de l'inductance.

C) Performances et améliorations

La fréquence d'oscillation dont l'expression est

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ne dépend que des éléments L et C . Avec les valeurs préconisées, L est une inductance moulée de 1 mH et C un condensateur de 100 nF, on obtient une fréquence de 15,9 kHz. Compte tenu de la technologie uti-

lisée pour réaliser ce type d'inductance, sa résistance est de l'ordre d'une dizaine d'ohms. Pour annuler celle-ci, on prend une résistance R_o ajustable afin de compenser les dispersions. Pour faciliter la mise au point, on dispose deux diodes tête-bêche en parallèle sur R_1 . Sans cette précaution, le réglage est très pointu et l'oscillateur réalisé a tendance à décrocher.

Ce montage, comme le premier que nous vous avons proposé, est plus particulièrement destiné à la réalisation de générateurs travaillant à fréquence fixe. Pour faire varier la fréquence F_o , il faut utiliser un condensateur variable. Malheureusement pour nous, la plage de variation de ces éléments ajustables est trop restreinte pour l'application envisagée, surtout si l'on veut obtenir des fréquences assez basses. La

solution donnée à la figure 8 permet de réaliser un condensateur variable de forte valeur.

Dans ce montage, on peut remarquer que le premier AOP fonctionne en suiveur alors que le second travaille en amplificateur inverseur dont la sortie vaut par conséquent $V_o = -R_b/R_a V_e$. La différence de potentiel V_c aux bornes du condensateur vaut par conséquent $V_c = V_e - (-V_e R_b/R_a) = V_e (R_a + R_b)/R_a$, soit un courant $i_e = V_c/Z_c = V_e (R_a + R_b)/Z_c R_a$. L'impédance d'entrée du montage valant $Z_e = V_e/i_e$, celle-ci correspond à celle d'un condensateur de valeur : $C_e = C (R_a + R_b)/R_a$ qui, de toute évidence, est supérieure à celle de C et est ajustable de surcroît par le réglage de R_v .

Avec les valeurs proposées, on peut faire varier C dans un rapport de 1 à 4, soit pour F_o , une plage de fréquences allant du simple au double sans que l'oscillateur ne décroche.

Remarques

Toutes les diodes utilisées dans les schémas sont des modèles 1N4148. Comme pour tous les montages décrits dans cette série d'articles consacrée aux AOP, les oscillateurs proposés ont tous été testés sur plaque de connexions. Le lecteur pourra par conséquent vérifier et retrouver expérimentalement les résultats annoncés et se familiariser avec ce domaine particulier de l'électronique.

SOLISELEC

GENTILLY SA
137, avenue Paul Vaillant Couturier
94250 GENTILLY
Téléphone : (1) 47 35 19 30
Fax : (1) 49 85 91 78

Horaires d'ouverture
Du mardi au samedi inclus
de 10h à 13h et de 14h à 19h

NECESSAIRE DE L'ETUDIANT

- 1 fer à souder 40 W
- 100 g de soudure
- 1 pompe à dessouder
- 1 embout de rechange
- 1,5 m de tresse à dessouder
- 1 coffret de 6 petits tournevis
- 2 pinces isolées (coupante et bec rond)
- 1 pince à dénuder
- 200 F**

OUTILLAGE/SOUDAGE

- Pince coupante 32 F
- Pince à bec rond 30 F
- Pince à bec courbe 32 F
- Pince multifonction (fais, seris, coupe, dénuder) 46 F
- Fer à souder 30 W éco. 220 V 45 F
- Pompe à dessouder chauffante 220 F
- Coffret fer à souder à gaz Portafast 320 F
- Fer à souder 30 W panne long, durée 70 F
- Station de soudage 31 20 thermostat 150 à 450 °C 24 V / 48 W dim. 220 V 600 F
- Pompe à dessouder 30 F
- Bisteur à tournevis 3 axes et 3 plats de différents long. et diam. 85 F
- Tresse à dessouder 1,5 M 14 F
- Soudure 60 o/a/50 10 g 10 F
- Soudure 60 o/a/10/10 100 g 19 F
- Grasse compound transistors seringue 20 g 32 F
- Sachet 5 batons de colle à chaud diam. 12 L. 300 10 F
- Mini perceuse él. 12 V avec 2 mandrins, 1 foret et 2 limes 110 F
- Support à fer à souder avec éponge 30 F
- Coffret de 21 petits outils de précision 50 F
- Pince à dénuder automatique 25 F

MINI-POCHETTES SOLISELEC

| | | |
|---|--|--|
| 5 leds rouge 10 mm 15 F | 5 L.C. LM 741 16 F | 15 supports de IC 2 x 7 br 15 F |
| 5 leds verte 10 mm 15 F | 5 L.C. NE 555 15 F | 13 supports de IC 2 x 8 br 15 F |
| 5 leds jaune 10 mm 15 F | 6 L.C. CD 4011 10 F | 12 supports de IC 2 x 9 br 15 F |
| 20 leds rouge 5 mm 10 F | 5 triacs 6A 400 V 20 F | 11 supports de IC 2 x 10 br 15 F |
| 20 leds verte 5 mm 10 F | 5 régulateurs 7805 TO220 25 F | 10 supports de IC 2 x 11 br 17 F |
| 20 leds jaune 5 mm 10 F | 5 régulateurs 7806 TO220 25 F | 10 supports de IC 2 x 12 br 18 F |
| 20 leds bleus 5 mm 10 F | 5 régulateurs 7808 TO220 25 F | 10 supports de IC 2 x 14 br 20 F |
| 20 leds rouge 3 mm 10 F | 5 régulateurs 7809 TO220 25 F | 8 supports de IC 2 x 20 br 20 F |
| 20 leds verte 3 mm 10 F | 5 régulateurs 7810 TO220 25 F | 13 supports IC tulipe 2 x 4 br 20 F |
| 20 leds jaune 3 mm 10 F | 5 régulateurs 7812 TO220 25 F | 10 supports IC tulipe 2 x 7 br 24 F |
| 10 leds rouge 1,8 mm 15 F | 5 régulateurs 7815 TO220 25 F | 8 supports IC tulipe 2 x 9 br 21 F |
| 10 leds verte 1,8 mm 15 F | 5 régulateurs 7818 TO220 25 F | 9 supports IC tulipe 2 x 9 br 21 F |
| 10 leds rouge rect 15 F | 5 régulateurs 7824 TO220 25 F | 5 supports IC tulipe 2 x 10 br 21 F |
| 20 leds jaune rect 10 F | 2 régulateurs 78H05 5A 30 F | 5 supports IC tulipe 2 x 11 br 21 F |
| 1 led multicolore 5 mm 50 F | 3 régulateurs LM 317T 20 F | 5 supports IC tulipe 2 x 12 br 22 F |
| 3 leds bicolor 3 mm 20 F | 1 régulateur 3A LM 350T 18 F | 4 supports IC tulipe 2 x 20 br 30 F |
| 5 leds bicolor 5 mm 10 F | 5 régulateurs 7805 négatif TO220 20 F | 1 support barrette 51MM 14 F |
| 3 leds rouge clignot 18 F | 5 régulateurs 7912 négatif TO220 20 F | 5 clips piles 9 V 10 F |
| 3 leds verte clignot 18 F | 20 radiateurs à ailettes pour TO220 20 F | 1 coupleur 2 piles R6 5 F |
| 3 leds infrarouge émission 15 F | 25 cond. 3,3 nF 63V p. 5.08 12 F | 1 coupleur 4 piles R6 7 F |
| 3 leds infrarouge réception 15 F | 25 cond. 4,7 nF 63V p. 5.08 12 F | 1 coupleur 6 piles R6 9 F |
| 2 Bargraph DIL 10 leds rouges 20 F | 25 cond. 10 nF 63V p. 2.54 16 F | 1 coupleur 8 piles R6 11 F |
| 1 Bargraph DIL 10 leds jaunes 20 F | 25 cond. 22 nF 63V p. 5.08 17 F | 20 cond. chim. 1 uF 63V radial 20 F |
| 1 Bargraph DIL 10 leds bleus 20 F | 25 cond. 47 nF 63V p. 5.08 18 F | 20 cond. chim. 2,2 uF 63V radial 20 F |
| 2 afficheurs 7 segm. 8 x 10 cath. comm 15 F | 25 cond. 100 nF 63V p. 5.08 20 F | 20 cond. chim. 4,7 uF 63V radial 20 F |
| 6 supports chromes pour led 5 mm 20 F | 25 cond. 220 nF 63V p. 5.08 22 F | 20 cond. chim. 1000 uF 16V radial 20 F |
| 20 clips led 5 mm 10 F | 25 cond. 330 nF 63V p. 5.08 22 F | 6 cond. chim. 22 uF 16V radial 20 F |
| 20 clips led 3 mm 10 F | 25 cond. 470 nF 63V p. 5.08 23 F | 20 cond. chim. 47 uF 25V radial 20 F |
| 25 trans. BC 548 17 F | 20 cond. 1 uF 63V p. 5.08 20 F | 17 cond. chim. 100 uF 16V radial 20 F |
| 25 trans. BC 558 17 F | 2 relais dil. 6V 2 RT 30 F | 12 cond. chim. 470 uF 16V radial 20 F |
| 8 trans. 2N1711 20 F | 2 relais dil. 12V 2 RT 30 F | 20 cond. chim. 1000 uF 16V radial 20 F |
| 8 trans. 2N2219 20 F | 4 mini inters levier à bascule unipolaire 20 F | 6 cond. chim. 2200 uF 16V radial 20 F |
| 10 trans. 2N2222 15 F | 4 mini inters levier à bascule bipolaire 28 F | 2 cond. chim. 4700 uF 25V radial 20 F |
| 8 trans. 2N2905 20 F | 5 poussoirs contact trav. 20 F | 2 cond. chim. Axial 10.000 uF 25V 30 F |
| 10 trans. 2N2907 15 F | 2 poussoirs contact repos 20 F | 1 pile lithium 3,5 V 20 F |
| 25 trans. 2N2907 plast. 17 F | 2 transducteurs piezo 16 F | 10 optocoupleurs H11A1 20 F |
| 2 trans. 2N3055 16 F | 2 buzzers vibreur 6V 16 F | 10 résistances de même valeur 1/4 W 5% série E12 (indiquer la valeur désirée) 10 F |
| 20 1N4004 + 20 1N4148 10 F | 2 buzzers vibreur 12V 16 F | 5 dissipateurs en U pour TO 220 20 F |
| 25 zeners diverses 20 F | 2 buzzers piezo 3 à 16 V 16 F | 100 cond. céramique même valeur 1 pf à 10 nF (indiquer la valeur désirée) 25 F |
| 5 points 1A 40V 18 F | 15 supports de IC 2 x 4 br 10 F | 100 diodes 1N 4002 26 F |
| 2 points 3A 80V 18 F | | |
| 1 pont de diodes 35A 600V 35 F | | |

CECI N'EST QU'UN APERÇU DE NOS 400 POUCHETTES DISPONIBLES LISTE SUR DEMANDE CONTRE ENVELOPPE TIMBRÉE

DATA BOOK C.I.F. FINDER
EDITION SPECIALE
Sur 2 disquettes 3 1/2 (équivalent à 17 livres) 22500 circuits, 283500 équivalences transistors bipolaires, diodes, HC mos, CD 4000, amplis op. Recherche par noms, fonctions ou caractéristiques. Consultations des fiches techniques et impression affichée de listings. Configuration mini 286 1 mo de Ram disque dur MS Dos 3.0.
499 F (valable jusqu'au 30/04/95)

Disquette d'initiation à l'électronique 3 1/2 compatible PC comprenant : notions de base, les résistances, les condensateurs, les diodes, les transistors, les thyristors, les diodes à triacs, les amplis op, etc...
1850 composants, des formules, des schémas, des exemples de brochages - montages, des applications spécifiques.

58 F

Professeur Berto

EXPEDITION
Minimum de commande : 50 F
Port et emballage en sus.
Fortail 0 à 7 kg : 40 F - Colissimo : 55 F.
Contre remboursement : 60 F.
Au dessus port du SNCF.

REGLEMENT
Mandat - CCP - Bancaire ou contre remboursement (Nos prix s'entendent TTC)

DISTRIBUTEUR
KF - CIF - ELC
KITS TSM
STAR KITS - OK

Acceptons les bons de commande de l'administration

Labo Hobby : comparez !

Machine à graver
- Format utile 180 x 280 mm
- Avec THERMOMETRE Chauffage réglable avec voyant

Chassis à insoler U.V (kit)
- Format utile 200 x 300 mm - Avec prise de terre - Norme NFC 15-100
- Ensemble de la machine à la terre (comparez) - Avec starters démontables...

1^{er} CADEAU :

1 logiciel PAD'S - tourne sur PC
Saisie de schéma, placement, routage 100 % automatique version 210 contacts

2^{er} CADEAU :

Kit de neutralisation pour perchloreure de fer "exclusivité CIF"

Comprenant : gants, lunettes, densimètre, filtres, papier PH, neutralisant pour 40 litres, seau de manipulation.

Promo l'ensemble 865 TTC

Labo complet : 865 TTC
Logiciel PAD'S : 500 TTC
Kit de neutralisation : 186 TTC
TOTAL : 1551 TTC

Prix départ chez tous les bons distributeurs CIF

Catalogue 6000 articles
contre 11,20 F en timbres

11 rue Charles Michels - 92220 BAGNEUX
Tél : (1) 47 47 48 00 - Fax : (1) 47 47 16 14

C.I.F.
CIRCUIT IMPRIMÉ FRANÇAIS

Generation ELECTRONIQUE
PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

le 15 du mois, chez soi... c'est sympa !

(voir page 23)

ROCHE électronique
200 av. d'Argenteuil,
92600 - ASNIERES
nouveau !!!

Catalogue 1995

Composants, outillage, circuits imprimés
mesure, alimentations, connectiques
et câbles, librairie, kits, haut-parleurs,
habillages et finitions de vos montages,
brochages et codes ... etc

742 nouveaux articles en stock

528 dessins

7885 prix

catalogue gratuit au magasin

Franco chez vous

contre 6 timbres à 2,80 F.

TESTEUR PORTES MOS

Destiné aux circuits intégrés de technologie MOS contenant des portes logiques, ce testeur atteste du bon fonctionnement du boîtier testé par le clignotement d'une LED. Plus d'une vingtaine de circuits intégrés de la série 4000MOS peuvent ainsi être vérifiés grâce à ce testeur.

■ QUELS CIRCUITS TESTER ?

Tous les circuits logiques à portes NOR, NAND, OR et AND à 2, 3 ou 4 entrées, ainsi que les inverseurs, inverseurs tampons, tampons et également les convertisseurs tampons CMOS/TTL, inverseurs ou non-inverseurs.

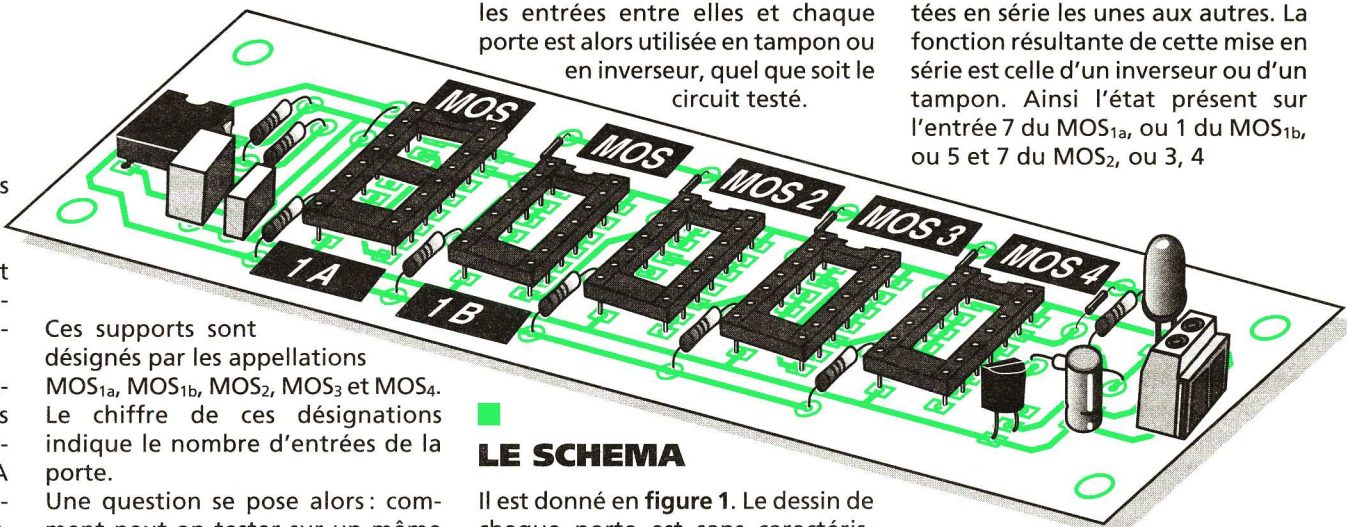
Les boîtiers répondant à ces caractéristiques sont répertoriés dans les tableaux des figures 4 et 5. Ces circuits sont classés par colonnes. A chaque colonne correspond un support de circuit intégré du testeur.

Ces supports sont désignés par les appellations MOS_{1a}, MOS_{1b}, MOS₂, MOS₃ et MOS₄. Le chiffre de ces désignations indique le nombre d'entrées de la porte.

Une question se pose alors : comment peut-on tester sur un même

support des circuits de fonctions et références différentes ? Tout simplement grâce au fait que l'implantation des entrées et des sorties est identique pour chacun de ces différents boîtiers. Il suffit alors de relier les entrées entre elles et chaque porte est alors utilisée en tampon ou en inverseur, quel que soit le circuit testé.

tique puisque pour un même support la fonction de la porte sera l'une des quatre fonctions fondamentales : AND, OR, NAND ou NOR, inverseuse ou non-inverseuse. Les différentes portes sont connectées en série les unes aux autres. La fonction résultante de cette mise en série est celle d'un inverseur ou d'un tampon. Ainsi l'état présent sur l'entrée 7 du MOS_{1a}, ou 1 du MOS_{1b}, ou 5 et 7 du MOS₂, ou 3, 4



■ LE SCHEMA

Il est donné en figure 1. Le dessin de chaque porte est sans caractéris-

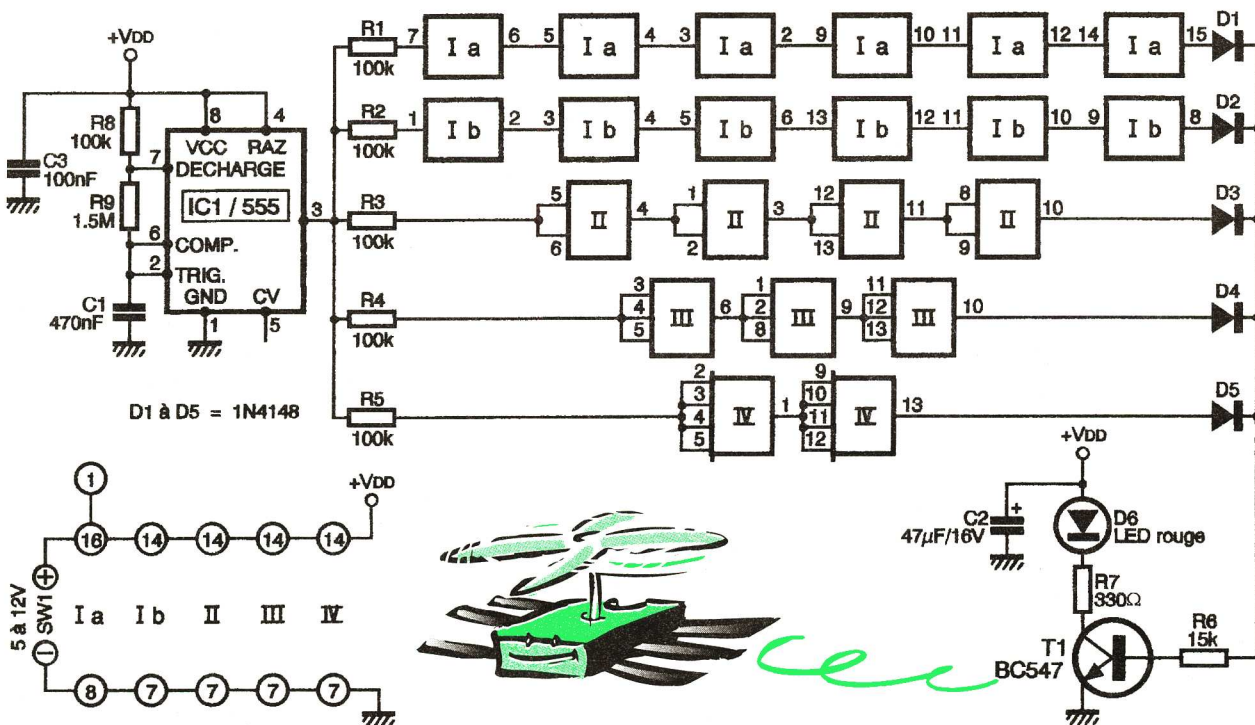


Fig 1

et 5 du MOS₃, ou 2, 3, 4 et 5 du MOS₄ se retrouvera en sortie des portes ou sera inversé. Un état haut provoque la conduction de D₁, D₂, D₃, D₄ ou D₅ et polarise T₁ qui devient passant. D₆ est alors polarisée en directe et rayonne. Lors d'un état bas en sortie, aucun courant ne traverse R₆, T₁ est alors bloqué et D₆ est éteinte.

Pour provoquer le clignotement de D₆, en signe de bon fonctionnement du circuit testé, il suffit d'alterner l'état logique en entrée du circuit sous test.

Ce rôle est celui d'un astable, réalisé autour d'un classique 555. Lors de la charge de C₁ au travers de R₈ + R₉, la sortie 3 de IC₁ est à V_{DD}. Pour une charge à 2/3 de V_{DD}, détecté par l'entrée 6, la sortie 3 passe à 0V. C₁ se décharge alors dans la résistance R₉. Lorsque la tension aux bornes de C₁ aura chuté jusqu'à 1/3 de V_{DD}, détecté par l'entrée 2, a sortie 3 repassera à V_{DD} et C₁ se chargera de nouveau au travers de R₈ + R₉. Et ainsi de suite, le cycle est établi.

Soit T_H la durée de la charge (sortie à V_{DD}) et T_B la durée de la décharge (sortie à 0V), T = T_H + T_B est la période des oscillations de l'astable.

Le tableau de la figure 6 résume les expressions de T_H, T_B, T et du rapport cyclique k. Puisque la valeur de R₉ est très supérieure à celle de R₈, on peut considérer T_H = T_B, d'où un rapport cyclique de 0,5. L'astable ainsi réalisé est un générateur de signaux carrés d'environ 1Hz.

R₁, R₂, R₃, R₄ et R₅ protègent IC₁ en cas de défaut du circuit testé. De plus, si le circuit testé répond aux caractéristiques d'un circuit MOS, son impédance d'entrée est très élevée (plusieurs dizaines de mégohms) et le fonctionnement du circuit ne doit pas être perturbé par la valeur élevée des résistances R₁ à R₅.

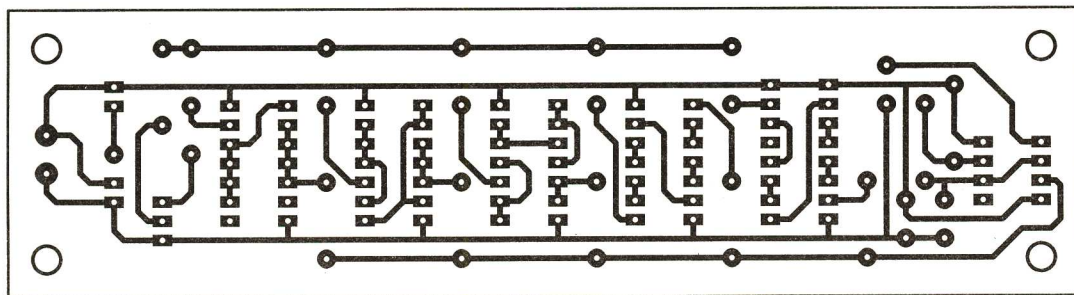


Fig 2

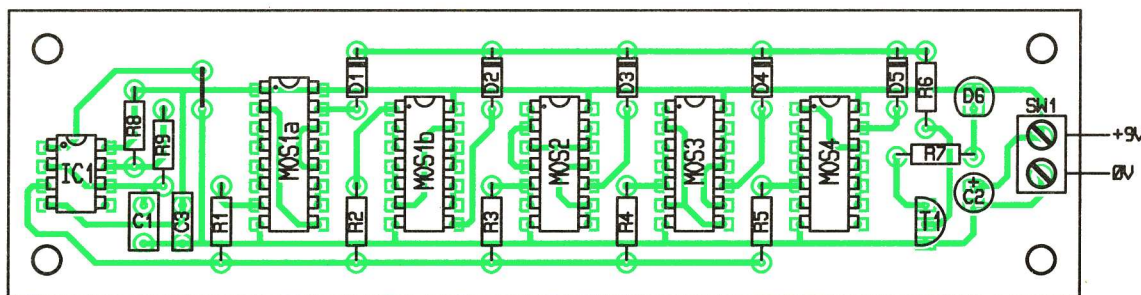


Fig 3

| Fonction | MOS2 | MOS3 | MOS4 |
|----------|------|------|------|
| NOR | 4001 | 4025 | 4002 |
| NAND | 4011 | 4023 | 4012 |
| OR | 4071 | 4075 | 4072 |
| AND | 4081 | 4073 | 4082 |
| NAND* | 4093 | | |

NAND* : NAND à trigger de Schmitt.

Fig 4

D₁ à D₅ protègent la sortie du circuit sous test pour le cas où deux circuits viendraient par erreur à être insérés sur les supports. Le testeur ne peut tester qu'un seul circuit à la fois.



■ REALISATION

Le circuit imprimé étant longiligne, de l'époxy sera préféré à de la bakélite. Ce circuit pourra être réalisé par la méthode de votre choix. Le tracé des pistes est présenté en **figure 3**. Une fois percé avec un foret de 1 mm, l'implantation des composants sera entreprise conformément à la **figure 2**. Les composants seront insérés et soudés par ordre d'épaisseur. Aucune remarque particulière si ce n'est que des supports de bonne qualité sont recommandés. Pour cette raison, des supports tulipes seront préférés à des supports lyres.

Hervé CADINOT

■ NOMENCLATURE

- R₁ à R₅ : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R₆ : 15 kΩ (marron, vert, orange)
- R₇ : 330 Ω (orange, orange, marron)
- R₈ : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R₉ : 1,5 MΩ (marron, vert, vert)
- C₁ : 470 nF
- C₂ : 47 μF/16 V
- C₃ : 100 nF
- D₁ à D₅ : 1N4148
- D₆ : LED rouge
- T₁ : BC547
- IC₁ : 555
- MOS_{1a} : support DIL 16
- MOS_{1b}, MOS₂, MOS₃, MOS₄ : support DIL 14
- SW₁ : bornier 2 plots

| Fonction | MOS1a | MOS1b |
|---------------------------------------|-------|---------|
| Convertisseur tampon | 4010 | |
| Tampon | 4050 | |
| Convertisseur inverseur | 4009 | |
| Tampon inverseur | 4049 | |
| Inverseur | | 4069 |
| Inverseurs à trigger de Schmitt | | 40106 |
| | | 40014 |
| | | 4584 |
| | | MC14106 |
| | | 74C14 |

Fig 5

| 555 | Relations |
|-------------------|--|
| Temps de charge | $T_H = 0,693 \cdot (R_8 + R_9) \cdot C_1$ |
| Temps de décharge | $T_B = 0,693 \cdot R_9 \cdot C_1$ |
| Période | $T = 0,693 \cdot (R_8 + 2 \cdot R_9) \cdot C_1$ |
| Fréquence | $F = 1/T = 1,44 / (R_8 + 2 \cdot R_9) \cdot C_1$ |
| Rapport cyclique | $k = R_9 / (R_8 + 2 \cdot R_9)$ |

Fig 6

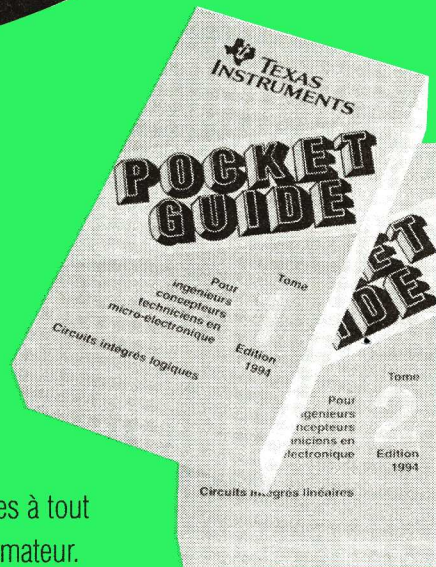
TEXAS INSTRUMENTS

NOS PUCES S'EXPRIMENT EN FRANÇAIS

Texas Instruments propose une gamme d'ouvrages techniques en français :

Guides de poche :

- Circuits intégrés logiques.
 - Circuits intégrés analogiques.
- Ces 2 guides sont indispensables à tout électronicien professionnel ou amateur.



Circuits Linéaires et d'interface - Applications :

Cette collection de 3 volumes a été rédigée par les experts en la matière que sont les ingénieurs des laboratoires de recherche de Texas Instruments.

Volume 1 : Il traite des amplificateurs opérationnels, comparateurs, régulateurs de tension des alimentations à découpage, etc...

Volume 2 : Cet ouvrage décrit des applications liées aux commandes d'affichage, aux circuits de lignes et aux transmissions de données.

Volume 3 : Ce 3^{ème} volume traite, plus particulièrement, des circuits d'acquisition de données, des commandes de périphériques, et des composants à effet Hall.

Guide de conception des circuits linéaires et d'interface :

Cet ouvrage a pour objectif d'expliquer les avantages des différents composants et de leur technologie, ainsi que de mettre en évidence les précautions nécessaires à prendre pour assurer leur bon fonctionnement.

Pour plus d'informations, merci de retourner ce coupon à :

Texas Instruments
Librairie Technique MS83
BP 5 - 06271 Villeneuve-Loubet cedex

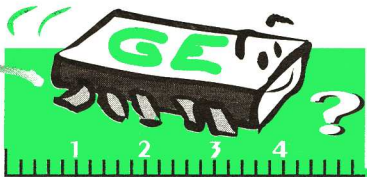
Nom _____

Fonction _____

Société _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

(9^e PARTIE)

Lorsque l'on étudie la théorie électronique, on oublie très souvent les problèmes d'alimentation pour se focaliser sur les seules parties des schémas relatives au traitement effectif des signaux. Après avoir consacré nos premiers articles à l'étude de quelques schémas de base, nous avons donc décidé aujourd'hui d'aborder les calculs relatifs aux alimentations.

Bien sûr, nous direz-vous, il existe d'excellents régulateurs intégrés à trois pattes qui font tout (ou presque) tout seuls. S'il est vrai qu'ils sont utilisables dans de nombreuses situations, ils sont loin d'être les seuls moyens mis à notre disposition pour stabiliser ou rendre réglable une tension d'alimentation, surtout si l'on veut disposer de tensions ou de possibilités particulières. Ne mettons pas la charrue avant les bœufs et commençons par le commencement, avec...



LA DIODE ZENER

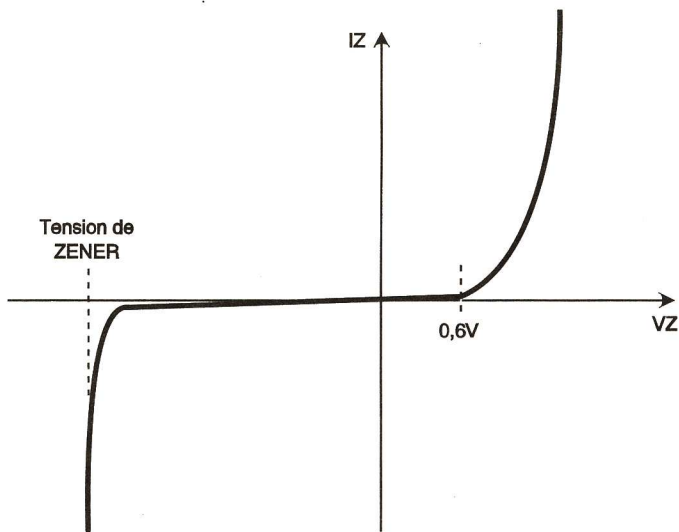
C'est l'ancêtre des régulateurs de tension à semi-conducteurs, (avant il y avait le tube à gaz !) mais son utilisation est loin d'être dépassée car ses performances restent suffisantes pour nombre d'applications. Encore faut-il savoir calculer sa résistance chutrice associée, ce qui n'est pas toujours aussi simple qu'il y paraît. Une diode Zener est caractérisée par

un courant qui traverse la diode change dans de grandes proportions. C'est la mise en évidence de l'effet stabilisateur de la diode.

Ce courant dans la diode doit évidemment être limité de façon à ne pas dépasser la puissance maximale permise, et la relation suivante doit donc toujours être vérifiée :

$P_d \max \leq V_z \times I_z$, où $P_d \max$ est évidemment la puissance de la diode, V_z , la tension de Zener, et I_z , le courant dans la diode.

Pour alimenter un montage sous une tension stable avec une diode Zener, on réalise le schéma classique présenté **figure 2** dans lequel le seul élément à calculer est R_1 . Le condensateur C_1 n'est là que pour éliminer le bruit produit par la Zener. On le calcule rarement et une valeur passe partout, fonction de la plage de fréquences de fonctionnement du montage alimenté, est utilisée. En continu ou en basse fréquence, un 10 ou 22 μF fait l'affaire. En haute fréquence, on le double par un 10 nF céramique monté en parallèle. Le calcul de R_1 peut être fort simple ou, au contraire, être embêtant,



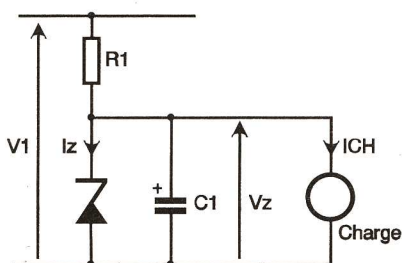
Courbe caractéristique d'une diode Zener.

Fig 1

deux paramètres principaux : sa tension de Zener et la puissance maximale qu'elle peut dissiper. Sa courbe de fonctionnement caractéristique vous est présentée **figure 1**.

Dans le sens direct, une diode Zener se comporte comme une diode au silicium normale avec une chute de tension de l'ordre de 0,6V. Dans le sens inverse, en revanche, la diode reste bloquée (comme une diode normale) mais seulement jusqu'à une tension, dite tension de Zener, à partir de laquelle elle devient brutalement conductrice. Comme le montre la relative raideur de la droite de caractéristique, cette tension varie assez peu même si le cou-

rant que V_1 est stable ou non et aussi selon que I_{ch} varie ou non. Voyons en premier le cas où ces deux paramètres sont stables. Il faut calculer R_1 de façon à faire passer dans la Zener un courant I_z



Un schéma pas aussi simple qu'il n'y paraît

Fig 2

raisonnable – quelques milliampères à quelques dizaines de milliampères –, tout en veillant à ne pas dépasser sa puissance maximale bien sûr. La loi d'Ohm permet donc d'écrire :

$$V_1 - V_z = R_1 \times (I_z + I_{ch}) \quad (1)$$

Tous les paramètres étant connus et I_z étant choisi, on détermine ainsi R_1 . La puissance de R_1 est évidemment déterminée par :

$$P_{R1} = (V_1 - V_z)^2 / R_1$$

Si maintenant I_{ch} varie entre deux extrêmes, que nous appellerons I_{chmax} et I_{chmin} . Il va falloir que notre Zener absorbe cette variation. En effet, nous devrions avoir : $I_z + I_{chmax} = I_z + I_{chmin}$, cela afin que la relation (1) vue ci-avant soit toujours satisfaite. Le courant traversant la Zener va donc varier entre une valeur faible, I_{z1} , et une valeur beaucoup plus forte, I_{z2} . Il est des situations où cela ne pose pas de problème et d'autres où l'on est conduit à des impossibilités, comme le montre la **figure 3**. En effet, dans la première situation, une Zener de 400mW convient sans problème

| V1 | VZ | ICHMIN | ICHMAX | Iz | PD |
|-----|----|--------|--------|-------|-------|
| 12V | 9V | 10mA | 20mA | 30mA | 270mW |
| 12V | 9V | 10mA | 500mA | 510mA | 4,6W |

Deux situations conduisant à des Zener de puissance très différente.

Fig 3

tandis que dans le deuxième cas il faudrait disposer d'une Zener de 5 W, ce qui est cher et de plus en plus rare !

Un problème du même type peut se poser lorsque V_1 varie dans de grandes proportions entre deux valeurs, que nous appellerons V_{1max} et V_{1min} . En effet, ici encore, le courant dans notre Zener va devoir varier entre deux limites déterminées par les relations :

$$I_{zmin} = (V_{1min} - V_z) / R_1$$

et

$$I_{zmax} = (V_{1max} - V_z) / R_1$$

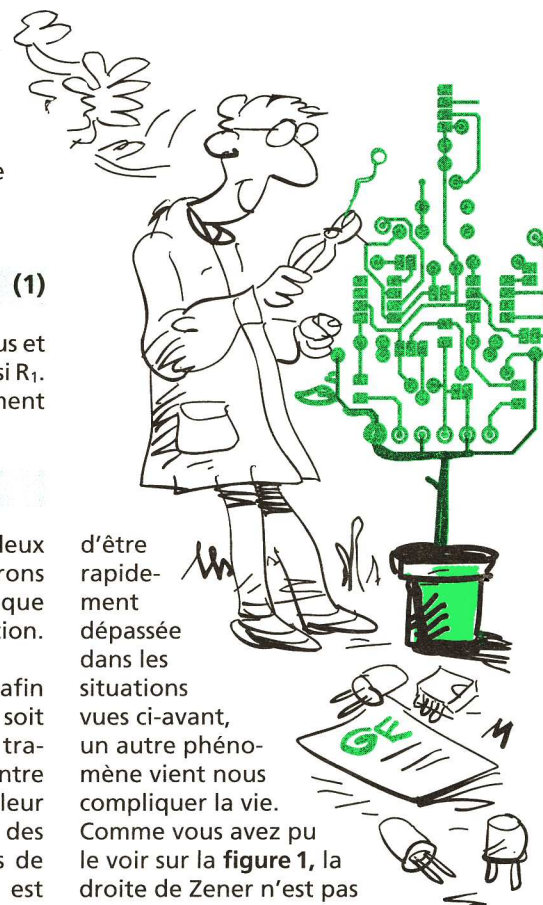
Il faudra donc encore veiller à ne pas dépasser la puissance maximale de la Zener lorsqu'elle sera traversée par I_{zmax} .

Et si le courant dans la charge varie ainsi que la tension V_1 , vous aurez bien évidemment deviné qu'il faudra combiner les deux groupes de relations ci-avant pour ne pas faire « transpirer » notre pauvre Zener.



UN TRANSISTOR A SON SECOURS

Outre le fait que notre Zener risque



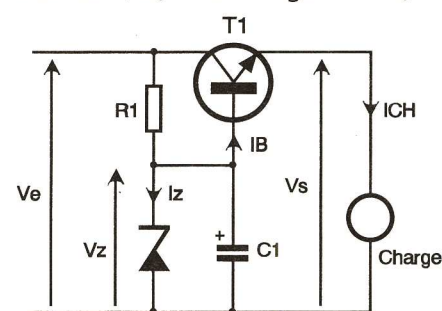
d'être rapidement dépassée dans les situations vues ci-avant, un autre phénomène vient nous compliquer la vie. Comme vous avez pu le voir sur la **figure 1**, la droite de Zener n'est pas parfaitement verticale, ce qui signifie que la tension de Zener varie en fonction du courant qui traverse la diode. Si ce

courant fluctue dans de grandes proportions, comme cela risque d'être le cas si I_{ch} et V_1 varient, notre stabilisation de tension risque d'être médiocre.

Cette situation empire encore si nous nous approchons de la puissance maximale de la diode. En effet, cette dernière s'échauffe alors pour dissiper cette puissance et, un malheur n'arrivant jamais seul... la tension de Zener varie avec la température !

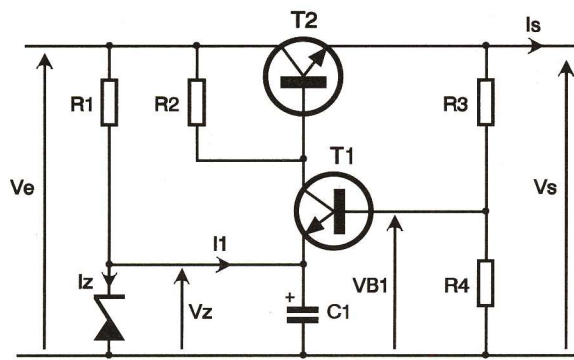
Il est donc souhaitable, pour une bonne stabilisation, de faire traverser la diode par un courant raisonnable et surtout faiblement variable, d'où l'utilisation fréquente du schéma de la **figure 4**.

Son principe est très facile à comprendre. Le courant traversant la charge I_{ch} se répercute au niveau de la Zener sous la forme du courant de base de T_1 , et I_b est égal à I_{ch}/B ,



Comment « muscler » notre Zener ?

Fig 4



Une véritable alimentation stabilisée avec contre-réaction.

Fig 5

où B est le gain en courant du transistor.

Si par exemple B vaut 100, on divise ainsi par 100 l'influence des variations de I_{ch} sur la Zener et la majorité de nos problèmes est résolue. En voici un exemple numérique : I_{ch} varie de 1 mA à 200 mA pour une tension V_s de 9 V. La tension V_e , quant à elle, vaut environ 12 V et notre transistor a un gain minimal garanti de 100 (c'est par exemple un 2N2219A de fourchette de gain allant de 100 à 300).

Dans ces conditions, nous allons prendre une Zener de 10 V 400 mW, ce qui donnera pour V_s , 9,4 V, à cause des 0,6 V de V_{be} du transistor. Nous allons la faire traverser par un courant de 10 mA. Elle dissipera donc une puissance : $P_d = 10 \times 0,01$, soit 100 mW, ce qui est parfait.

Le courant de base du transistor va varier, quant à lui, de : 1 mA/10, soit 10 μ A, à 200 mA/100, soit 2 mA. Le courant maximal traversant R_1 sera donc de 12 mA, ce qui permet de calculer R_1 :

$$R_1 = (12 - 10)/0,012,$$

soit environ 166 Ω (en pratique, on prendra donc 150 Ω).

Compte tenu de la variation de I_b , le courant dans la Zener variera donc en fait de : 12 mA - 10 μ A, soit 11,99 mA, à 12 mA - 2 mA, soit 10 mA. Une telle variation est minime et n'affecte quasiment pas la tension de Zener. A titre d'exercice, vous pouvez essayer de calculer, avec les mêmes paramètres, la valeur de R_1 de la figure 2 et voir ce que cela fait subir à la pauvre Zener.

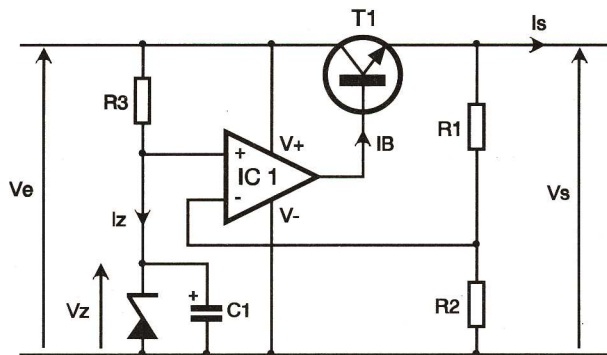
OU IL EST QUESTION DE CONTRE-REACTION

Le montage de la figure 4, s'il fonctionne relativement bien, présente cependant à nos yeux deux défauts. Le premier est que la tension de sortie ne peut pas être choisie librement puisqu'elle est nécessairement égale à une tension de Zener (ces dernières sont des valeurs fixes normalisées) diminuée d'un seuil V_{be} de transistor.

Le second défaut, plus gênant, est qu'aucune circuiterie ne contrôle la tension de sortie réelle et que celle-ci peut donc fluctuer, par exemple en fonction des variations du V_{be} du transistor, puisque cette tension vient en déduction de celle de la

Zener.

Le remède à ces deux maux est simple et passe par l'utilisation du schéma de la figure 5, à peine plus complexe que ceux vus ci-avant. Analysons son fonctionnement de manière qualitative en premier lieu, nous verrons ensuite que le calcul



De plus en plus performant grâce à l'ampli opérationnel.

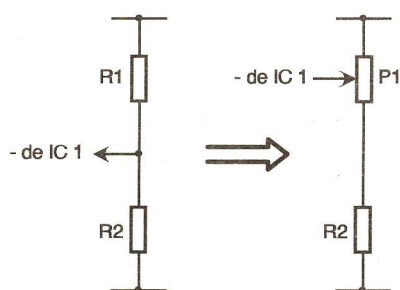
Fig 6

des éléments en découle fort simplement.

Si la tension de sortie tend à augmenter, la tension sur la base de T_1 fait de même, ce qui rend ce transistor un peu plus conducteur. Il fait donc diminuer le potentiel de base de T_2 , ce qui le rend un peu moins conducteur et tend alors à faire baisser la tension de sortie.

Réciproquement, si la tension de sortie tend à baisser, la tension de base de T_1 fait de même, ce qui rend T_1 moins conducteur et laisse donc remonter le potentiel de base de T_2 . Ce dernier est alors rendu plus conducteur et la tension de sortie tend à augmenter. CQFD !

Mais quelle est-elle, justement, cette tension de sortie ? Pour la trouver, il suffit de raisonner sur le fait que, vu le principe que nous venons d'exposer, notre montage trouve un état d'équilibre qui correspond en fait au seuil de mise en conduction de T_1 . En d'autres termes, la tension V_{b1} doit être égale à V_z augmentée de V_{be1} , soit environ 0,6 V. Comme la tension V_{b1} est égale à la tension de sortie divisée par R_3 et R_4 , on peut écrire en première approximation :



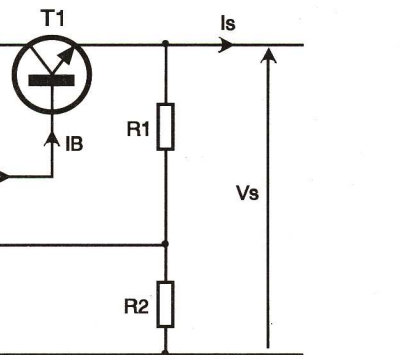
Une tension de sortie réglable... rien de plus facile ! Fig 7

$$V_s = (1 + R_3/R_4) (V_z + 0,6).$$

En fait, le diviseur de tension $R_3 - R_4$ est chargé par le courant de base de T_1 et il faudrait logiquement en tenir compte dans la relation ci-dessus. En pratique, comme le gain de T_1 est relativement important et que son courant collecteur est faible, le courant de base de T_1 est négligeable dès lors que l'on ne choisit pas pour R_3 et R_4 des résistances de trop forte valeur.

Cela étant précisé, nous savons donc calculer R_3 et R_4 et nous remarquons au passage que nous ne sommes plus limité à des tensions de sortie égales à des tensions de Zener puisque nous sommes capable de multiplier ces dernières par n'importe quel coefficient (plus grand que un toutefois).

Le calcul de R_2 est fort simple, lui



aussi, en procédant de la façon suivante. Lorsque T_1 est bloqué, R_2 est traversée par l'intégralité du courant de base de T_2 qui est égal au courant de sortie de l'alimentation divisé par le gain en courant de T_2 . On a donc la relation :

$$(V_e - V_s - 0,6) = R_2 \times I_{smax}/B$$

où I_{smax} est le courant de sortie maximal désiré et B le gain en courant de T_2 .

Nous pouvons maintenant calculer R_1 en procédant comme nous l'avons fait pour le schéma de la figure 4, en n'oubliant pas de tenir compte du fait que I_1 va varier de quasiment zéro lorsque T_1 sera proche du blocage à I_{smax}/B , où B est le gain en courant de T_2 . En effet, lorsque la charge de sortie ne va quasiment rien consommer, « l'excès » de courant fourni à la base de T_2 par R_2 devra être dérivé vers la masse par T_1 et donc traverser la Zener.

Nous vous proposons, à titre d'exemple numérique, la réalisation d'une telle alimentation qui devra délivrer 1 A maximum à un appareil alimenté sous 9 V à partir d'une batterie de voiture de tension nominale 12 V. Les transistors utilisés ont un gain en courant minimal de 100 et la seule Zener disponible dans vos tiroirs est une 5,6 V.

En appliquant les relations vues ci-avant, vous pourrez trouver les valeurs suivantes : $R_1 = 330 \Omega$, $R_2 = 220 \Omega$, $R_3 = 3300 \Omega$ et $R_4 = 5600 \Omega$, étant entendu que nous avons à chaque fois pris les valeurs normalisées les plus proches et que de nombreuses autres valeurs sont possibles

pour R_3 et R_4 puisque ces résistances forment un diviseur de tension dont seul le taux de division vous est imposé.

DE PLUS EN PLUS FORT !

Si vous êtes observateur, vous aurez remarqué que le montage que nous venons de voir résolvait bien les problèmes évoqués avant sa présentation mais continuait à faire traverser notre Zener par un courant variable en fonction du courant consommé par la charge. Cette variation est certes divisée par le gain de T_2 mais, si l'on est un peu exigeant quant au courant de sortie, on arrive vite à des limites, et ce d'autant que le gain en courant des transistors de puissance est parfois assez faible (le célèbre 2N3055 affiche ainsi un gain minimal garanti de 20 seulement !). Pour faire mieux, force est donc de « sortir l'artillerie lourde » avec ... un amplificateur opérationnel. La figure 6 vous permet de découvrir le schéma que nous vous proposons et dont vous devriez avoir compris le principe d'un seul coup d'œil.

L'ampli opérationnel compare en effet une fraction de la tension de sortie prélevée par R_1 et R_2 avec la tension de Zener et agit sur la base de T_1 pour les rendre égales. C'est exactement ce que faisait ce pauvre T_1 de la figure 5 mais avec beaucoup plus d'efficacité, en raison du gain de l'ampli et surtout en ne modifiant plus en aucune façon le courant traversant la Zener.

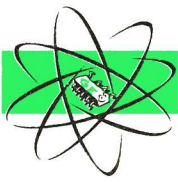
En effet, le courant de base de T_1 est fourni par la sortie de l'ampli qui le prélève à son tour sur ses pattes d'alimentation positive et négative. Le courant traversant la Zener reste, quant à lui, immuable et égal à ce que vous avez déterminé en calculant R_1 .

La détermination des éléments de ce schéma est donc fort simple et vous devriez être à même de nous dire que l'on a : $R_3 = (V_e - V_z)/I_z$, avec I_z choisi librement par vos soins bien sûr, et $V_s = (1 + R_1/R_2) \times V_z$.

Comme le courant d'entrée d'un amplificateur opérationnel se chiffre en nanoampères, le choix de R_1 et R_2 est très libre, ce courant n'influençant pas le rapport de division du pont.

TOUT EST POUR LE MIEUX...

A première vue, ce schéma semble parfait. Il résout en effet tous nos problèmes précédents et permet même de réaliser une alimentation stabilisée réglable. En effet, comme le montre la figure 7, il suffit de remplacer R_1 et R_2 par une résistance et un potentiomètre pour rendre la tension de sortie réglable. Notez à ce propos que R_2 fixe la valeur maximale de la tension de sortie selon la relation :



PETITE HISTOIRE DE L'ATOME

(6^e PARTIE)

■ A LA RECHERCHE DE LA MASSE PERDUE

L'observation d'un phénomène appelé « fraction emmagasinée » constituait un véritable défi pour les physiciens. L'utilisation du spectrographe de masse donnant des mesures précises des masses mises en jeu au niveau des particules mit en évidence des différences surprenantes.

Connaissant les masses respectives du proton (1,00812) et du neutron (1,00893), la masse d'un noyau d'hélium composé de deux protons et de deux neutrons aurait dû correspondre au calcul suivant : $(2 \times 1,00812) + (2 \times 1,00893) = 4,341$. Or il n'en était rien puisque la masse du noyau d'hélium apparaissait alors comme égale à 4,0039, soit une différence de 0,0302 représentant la masse perdue.

Grâce à ces mesures, l'Anglais F.W. Aston, qui mit au point le spectrographe de masse, détermina dès 1927 que ce phénomène de perte d'une fraction de la masse atomique se retrouvait tout au long de la table de classement des éléments.

Par ailleurs, c'est à partir du niveau des métaux dits de transition (fer, nickel et cobalt) que la somme des masses de deux noyaux plus lourds que le fer s'avérait plus petite que la masse d'un nouveau noyau formé de leur union.

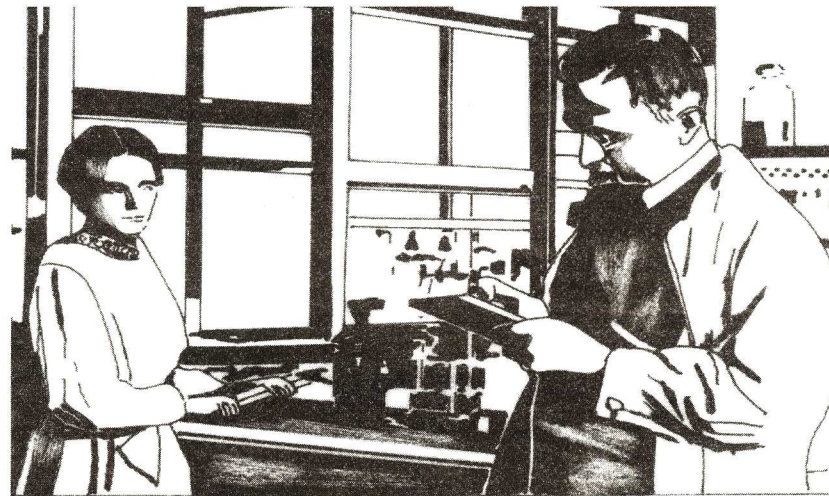
Un tel constat prend toute son importance si on le met en relation avec la théorie spéciale de la relativité d'Einstein.

Puisque l'énergie est égale à la masse que multiplie la vitesse de la lumière au carré, la différence de matière constatée doit se retrouver convertie en une énergie tout à fait considérable. Ainsi, le fait de briser le noyau très lourd dont la masse a augmenté doit permettre de récupérer les noyaux de masse plus petite, l'opération s'accompagnant d'une transformation de la différence de masse en énergie. Il restait encore à franchir un certain nombre d'obstacles avant que ce principe puisse être exploité.

radioactivité aussi naturelle que le radium, la différence résidant dans le fait que leur durée de vie relativement courte n'aurait pas permis d'en trouver dans la nature.

Intéressé par ces travaux, Enrico Fermi (Italie) se lance avec son équipe dans une étude systématique en exposant à un bombardement de neutrons des éléments connus, et ce dans l'ordre des numéros atomiques croissants.

Avant même de soumettre les éléments les plus lourds alors connus à ce bombardement au cours de l'été de cette année 1934, l'équipe de E. Fermi a déjà recensé 47 éléments présentant des radioactivités nouvelles. Cette nouvelle étape dans leurs recherches va porter ses fruits



Lise Meitner et Otto Hahn dans leur laboratoire de l'Institut Kaiser Wilhelm (1913)

car ils observeront la formation de nouveaux noyaux radioactifs plus lourds. Les éléments transuraniens (plus lourds que l'uranium) posent entre autres énigmes celle de l'apparition d'une grande diversité d'isotopes pour ce petit nombre d'éléments nouveaux.

Ces expériences seront reproduites par d'autres équipes, dont Otto Hahn et Lise Meitner, de l'institut Kaiser Wilhelm de chimie à Berlin, ou Irène Joliot-Curie et Pavel Savitch, de l'Institut du radium.

Il faudra cependant un peu plus de trois ans avant que le mécanisme de la fission soit compris et expliqué.

C'est en décembre 1938, en pleine montée du nazisme et de l'antisémitisme, que le chimiste Otto Hahn, assisté de Fritz Strassmann découvrit que des noyaux d'uranium se divisaient pour former deux noyaux complémentaires de masse moyenne. La radioactivité, dont on ne parvenait pas à définir l'origine, provenait en fait des isotopes radioactifs du baryum de numéro atomique plus petit que l'uranium.

Correspondant avec Lise Meitner, qui fut contrainte de s'exiler en Suède cette même année du fait de ses origines juives, Otto Hahn lui transmit les résultats de ses expériences. Otto Frisch, le neveu de Lise Meitner, également physicien, chercha avec elle l'explication du phénomène observé. En absorbant l'énergie d'un neutron, le noyau se déforme et les forces d'attraction nucléaire se brisent sous l'effet de la répulsion coulombienne entre protons de charge identique.

de la réaction en chaîne car ils font office de « ralentisseurs de neutrons ».

Les résultats encourageants qu'ils obtiennent (quoique parfois surestimés) les amènent à entreprendre l'étude d'un réacteur nucléaire.

A partir du mois d'avril 1939 va commencer une véritable course consistant à réunir les matériaux nécessaires.

Les quantités d'uranium à rassembler dépassant largement les stocks disponibles à l'époque en France, Frédéric Joliot se rend le 8 mai 1939 à Bruxelles auprès de la société belge (Union minière du Haut-Katanga) détentrice de l'exploitation d'uranate de sodium en Afrique.

Là, il rencontre E. Sangier, qui comprend l'importance des recherches entreprises et met plusieurs tonnes d'oxyde d'uranium à la disposition de l'équipe début juin.

Au cours de l'été 1939 seront construites successivement trois sphères de cuivre de 30, 50 puis 90 cm de diamètre. Le mélange d'uranium et d'eau qu'elles contiennent produit effectivement une réaction en chaîne, mais celle-ci est convergente : elle s'amorce, mais trop de neutrons produits se perdent et les chaînes disparaissent.

Face à ce problème, les études repartent de plus belle et c'est finalement Kowarski qui apportera la réponse en septembre : en fait, une réaction uranium-eau ne peut pas fonctionner, il faut un autre modérateur permettant de ralentir les neutrons sans pour autant les absorber.

Entre le béryllium, le carbone et le deutérium, c'est finalement ce dernier qu'ils choisiront après avoir découvert que de grandes quantités étaient disponibles en Norvège.

L'usine d'électrochimie de la société Norsk Hydro, seule à produire de l'eau lourde en très petites quantités (oxygène et hydrogène lourd – le deutérium, un isotope de masse deux de l'hydrogène), possédait un stock de 167 litres.

Le ministre de l'Armement, Raoul Dautry, convaincu par F. Joliot des implications que ses recherches pourraient avoir dans le cadre d'une guerre de longue durée, convoque le 20 février 1940 le lieutenant Jacques Allier. Ce dernier, accompagné d'agents des services secrets, part le 28 février pour la Norvège, afin de rencontrer le directeur de l'usine à Oslo. Celui-ci, dont la sympathie allait à la France, leur remettra le stock, et c'est finalement après quelques aventures les opposant aux services allemands (qui avaient entrepris la même démarche) qu'ils finirent par ramener l'eau lourde.

Le 10 mai 1940, l'armée allemande contourne la ligne Maginot pour envahir le territoire français. Pendant la débâcle qui s'ensuit, Hahn et Kowarski reçoivent l'ordre de s'embarquer pour l'Angleterre en emportant les 26 bidons d'eau lourde. Dès lors, les programmes de recherche sont littéralement gelés pendant l'occupation alors qu'ailleurs la communauté scientifique prend conscience de l'enjeu de la nouvelle course engagée : celle de la maîtrise de l'arme nucléaire.

P. RYTER

■ NEUTRON ET FISSION

Le neutron fut accueilli par les physiciens comme le projectile parfait leur permettant de bombarder le noyau chargé sans que ce dernier puisse opposer la moindre force de répulsion (appelée barrière coulombienne répulsive du noyau) du fait de sa neutralité.

En janvier 1934, Frédéric Joliot et Irène Curie (fille de Marie Curie) découvrirent la possibilité de créer de nouveaux radioéléments à l'aide de bombardements de particules alpha. Ils purent alors constater que des noyaux radioactifs comme le Phosphore 30 ainsi créés possédaient une

■ LA FISSION EXPLIQUÉE

Frédéric et Irène Joliot-Curie reçurent le prix Nobel à Stockholm en 1935 pour leur découverte de la radioactivité artificielle. C'est à l'occasion de la conférence qu'il fit pour cette cérémonie que Frédéric conclura : «... Nous sommes en droit de penser que les chercheurs, construisant ou brisant les éléments à volonté, sauront réaliser des transmutations à caractère explosif, véritables réactions chimiques à chaînes. Si de telles transmutations arrivent à se propager dans la matière, on peut concevoir l'énorme libération d'énergie utilisable qui aura lieu. »

Non seulement une énergie formidable est libérée à l'occasion de ce que Frisch baptisera la FISSION, mais on gagne de l'énergie en formant les noyaux moyens qui sont plus liés que le noyau d'uranium.

Les résultats des expériences d'Otto Hahn, accompagnés des conclusions apportées par Lise Meitner et Otto Frisch furent publiés dans le *Naturwissenschaften* du 6 janvier 1939.

Dès lors, les expériences permettant de vérifier ces travaux vont fleurir dans tous les grands laboratoires. Le 8 mars 1939, le groupe de chercheurs français, formé de Frédéric Joliot, Hans Halban et Lew Kowarski, annonce dans la revue *Nature* que la fission de l'uranium par des neutrons provoque l'apparition de nouveaux neutrons, ce qui laisse supposer qu'une réaction en chaîne peut être déclenchée.

■ LA BATAILLE DE L'EAU LOURDE

Les découvertes de l'équipe française se succèdent ensuite rapidement. Afin d'étudier la trajectoire des neutrons, l'uranium fut placé dans un bac d'eau. Ils constatèrent alors que les atomes d'hydrogène de l'eau s'avèrent nécessaires au bon déroulement