

Generation ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT



(12^{ème} partie)

PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE

Les progrès techniques remarquables qu'ouvrent les systèmes de communication via les satellites ne peuvent en aucun cas compenser la faiblesse du réseau français à la fin des années soixante. A l'heure des bilans, doit succéder celle des réformes.

Le bilan qui se dresse en 1967 sur la situation de la téléphonie en France n'est guère brillant. Entre autres causes on admet à cette époque qu'au sortir de la seconde guerre mondiale le réseau était déjà insuffisant, que la coexistence entretenue auprès de l'administration des Postes l'a reléguée au second plan et que les industries qui lui sont liées sont littéralement muselées. Il faut donc une volonté de réforme très forte pour que cet état de fait ne se pérennise pas.

Les réformes structurelles.

En 1967, deux ingénieurs et un administrateur s'occupent du *Bureau des études économiques et des plans* à partir duquel se décident les diverses implantations. Ce bureau est remplacé par le *Service des programmes et des études économiques*, dont l'objectif est de mettre en place à court terme un système de gestion plus dyna-



Suite p 24

Jouons avec les ultrasons (première partie)

PAGE 3

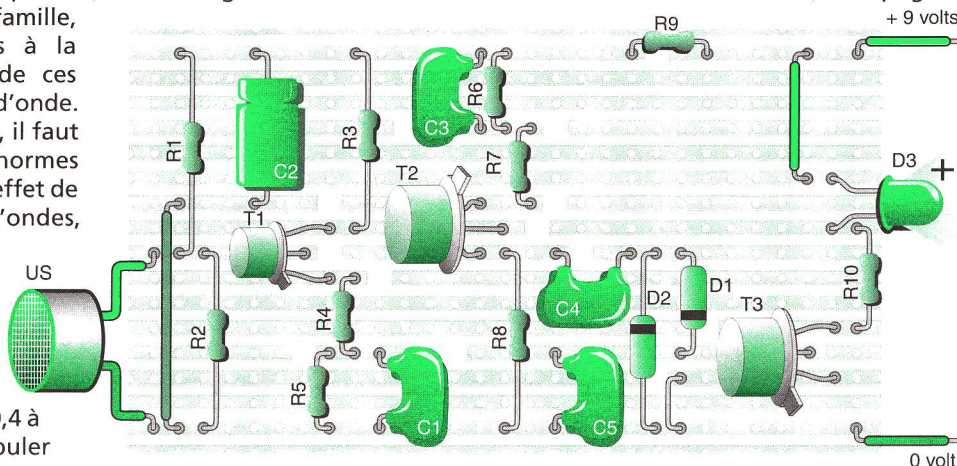
Les infrarouges ont détrôné les ultrasons dans bien des domaines, notamment en ce qui concerne les télécommandes et les antivols. Néanmoins, leur comportement, proche de celui de la lumière et des ondes radio, va nous permettre de réaliser quelques expériences avec des moyens simples.

Réflexions multiples, interférences, mirage, etc., autant de phénomènes bien connus en optique ou en radio. Pourtant, monter des expériences capables de les mettre en évidence reste délicat. Les problèmes que posent aux manipulateurs la lumière ou les ondes radio qui sont, rappelons-le de la même famille, sont essentiellement liés à la vitesse de propagation de ces ondes et à leur longueur d'onde. A 300 000 km à la seconde, il faut utiliser des distances énormes pour réussir à observer un effet de retard. Les longueurs d'ondes, pour leur part, sont trop longues pour les ondes radio que peuvent générer des moyens simples (plusieurs centaines de mètres) et trop courte pour la lumière visible (de 0,4 à 0,8 microns environ). Manipuler

de telles ondes demande donc un matériel bien particulier. Les ultrasons, en revanche, possèdent des caractéristiques de propagation dans l'air qui restent à l'échelle humaine. Avec leur vitesse de propagation d'environ 330 m/s et une longueur d'onde de l'ordre du

millimètre, ils se laissent docilement manipuler. Certes, il ne s'agit pas du même type de rayonnement. Lumière et ondes radio sont des rayonnements électromagnétiques alors que les ultrasons sont une onde mécanique. Leur propagation correspond à la compression et à la décompression de l'air. Néanmoins, cette différence n'importe que peu dans notre cas car leur comportement de propagation est quasiment identique à celui d'une onde radio ou d'un faisceau lumineux.

(suite page 3)



N°12 AVRIL 1999
NOUVELLE SÉRIE

SOMMAIRE

1 - PETITE HISTOIRE
DU TELEPHONE

2 - TECHNOLOGIE
FILTRES POUR FREQUENCE

3 - JOUONS AVEC LES
ULTRASONS

1^{ERE} PARTIE

4 - QU'EST-CE QUE C'EST ?
COMMENT ÇA MARCHE ?
EFFECTUER UNE RECHERCHE
SUR LE WEB

6 - DECOUVREZ L'ANGLAIS
TECHNIQUE
LE LM 10

8 - INITIATION A
L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
LE HACHEUR

10 - LE COIN DE LA MESURE
ADAPTATEUR DE MESURE DE
TENSIONS EFFICACES VRAIES
POUR MULTIMETRE

12 - COMMENT CALCULER
SES MONTAGES ?

15 - VARIATEUR A DECOUPAGE
POUR MINI PERCEUSE

16 - GENERATION INTERNET
UTILISATION DE
L'OSCILLOSCOPE AU COLLEGE

17 - SIMULATEUR DE PANNES
POUR VOITURE

18 - GRAVIMETRE
EXPERIMENTAL

22 - J'EXPERIMENTE
LE TELEGRAPHE MORSE

Generation ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD
S.A. au capital de 5 160 000 F
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.42.41.89.40
Télex : 220 409 F
Principaux actionnaires :
M. Jean-Pierre VENTILLARD
Mme Paule VENTILLARD

Membres du comité de direction :
Madame Paule RAFINI épouse VENTILLARD
Président Directeur Général
Monsieur Jean-Pierre VENTILLARD
Vice-président
Madame Jacqueline LEFEBVRE
Administrateur
Directeur général adjoint
Jean-Louis PARBOT
Directeur de la rédaction
Bernard FIGHERA (84.65)

Comité pédagogique :
G. Isabel, P. Rytter, F. Jongbloet,
E. Féllice, B. Andriot
Maquette et illustrations :
R. MARAI

Marketing :
Corinne RILHAC (84.52)
Ventes :
Sylvain BERNARD (84.54)

Département publicité :
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60
Directeur commercial
Jean-Pierre REITER (84.87)
Chef de publicité
Pascal DÉCLERCK (84.92)
Assisté de
Karine JEUFRUAULT (84.57)

Abonnement
Anne CORNET (85.16)
Voir tarifs et conditions p.23
Prix de vente au numéro : 20 F
Commission paritaire N° 069974699
Membre inscrit à Diffusion Contrôle (OJD)

« Loi N° 49 956 du juillet 1949 sur les publications
destinées à la jeunesse » mai 1998.

RETRONIK.FR 2023



Filtres pour fréquences audio

■ Principe

Dans un préamplificateur ou dans un amplificateur, il est nécessaire de contrôler le niveau des aigus et des graves et, pour cela, d'employer des filtres à R.C. Ils peuvent être placés dans la ligne ou en contre-réaction entre deux transistors. Les bobines de self-induction ne sont pas

maximale est $R/R_0 = 10$ pour que sa courbe soit linéaire. Ce circuit est à utiliser dans les étages à faible niveau pour éviter les distorsions. Selon la fréquence prise en référence par la valeur de C, on obtient soit un circuit atténuant les aigus, soit un circuit renforçant les graves.

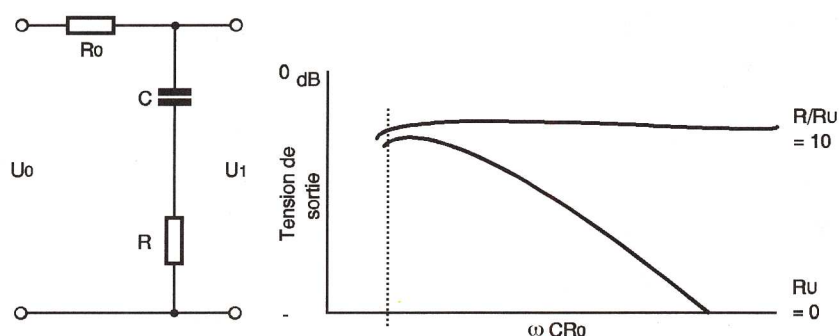


Fig 1 Courbes simplifiées

employées à cause de leur encombrement, de leur prix et de leur sensibilité aux champs magnétiques, cause de ronflement.

Un circuit RC en série a une impédance qui varie de Z à R lorsque la fréquence augmente.

Un circuit RC en parallèle a une impédance qui varie de R à zéro lorsque la fréquence augmente.

Ces deux circuits fondamentaux peuvent être placés en série dans la liaison ou entre la ligne et la masse. L'efficacité des filtres dépend de l'impédance du circuit, de sa R de charge et du niveau du signal. Un filtre ne peut procurer de l'amplification, il ne peut qu'atténuer un signal. Lorsque l'on dit qu'il suramplifie une bande de fréquence, ce terme est impropre, le gain de l'étage est réduit au niveau de référence et cette réduction est supprimée pour la bande de fréquence considérée.

■ Filtre R.C. en parallèle

Ce montage est à la base des filtres entre la ligne et la masse car il est toujours chargé par la résistance interne du transistor précédent. Les courbes simplifiées de la figure 1 donnent l'atténuation en fonction de $\omega R.C.$ et du rapport R/R_0 : (R_0 : résistance de charge, R en série avec «c» entre ligne et masse). Lorsque $R/R_0 = 10$, il n'y a pas d'atténuation et «c» est inopérant quelle que soit la fréquence. Lorsque $R = 0$, le condensateur shunte seul le circuit. Généralement, R est un potentiomètre à courbe log inverse, sa valeur

Exemples : Atténuation des aigus de 20 dB à 12000 Hz, prendre $R/R_0 = 0,1$ et C en fonction de R_0 . Si on augmente la valeur de C, l'atténuation ne commencera que vers le médium et les graves paraîtront sur-amplifiés.

■ Filtres renforçant les aigus ou atténuant les graves

Ici, le circuit RC parallèle est placé en série dans la ligne. Les courbes de la figure 2 permettent de calculer ces circuits en fonction du rapport R_1/R_2 . R_1 est un potentiomètre et Y est le pourcentage de sa résistance dans le circuit. La valeur de $R_1 + R_2$ doit être grande devant l'impédance d'entrée. Le gain de l'étage est fonction de R_1/R_2 , car R_2 est en parallèle sur l'impédance de sortie.

Pour atténuer les graves, l'impédance de C est très grande et le gain de l'étage est réduit dans le rapport R_2/R_1 . Pour renforcer les aigus,

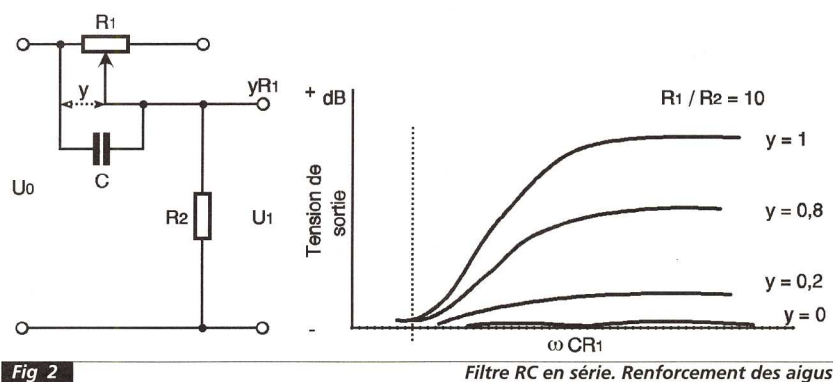


Fig 2 Filtre RC en série. Renforcement des aigus

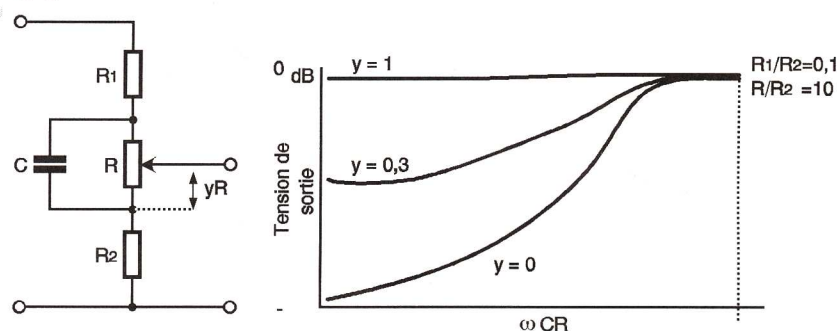


Fig 3 Filtre RC pour l'atténuation des graves

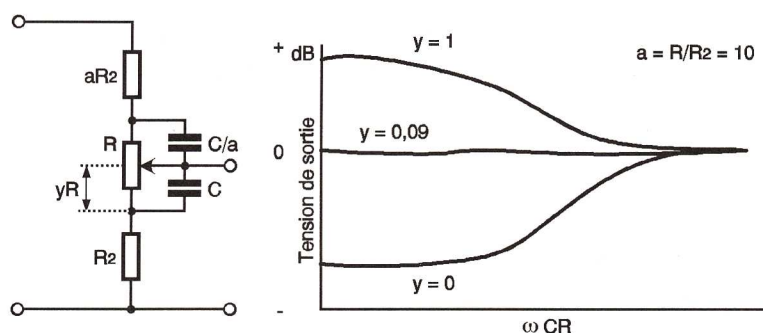


Fig 4 Atténuation et renforcement des graves

l'impédance de C est faible et le gain de l'étage est augmenté car la résistance R_1 est court-circuitée (figure 2).

■ Filtres atténuant les graves

Ces filtres sont placés en parallèle sur la ligne avec ses éléments en série (figure 3). C'est le rapport R_1/R_2 avec la valeur de C qui donne l'atténuation en dB et la plage de fréquence couverte. Sur la figure 3, il a été choisi les rapports $R_1/R_2 = 0,1$ et $R/R_2 = 10$. R est un potentiomètre logarithmique, Y est la portion de R dans le circuit. Lorsque $Y = 1$, il n'y a pas d'atténuation, lorsque $Y = 0$, l'action de RC est maximale ainsi que l'atténuation.

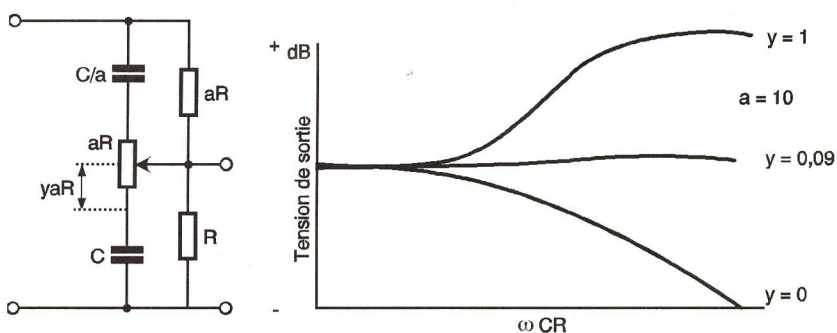


Fig 5 Atténuation et renforcement des aigus

■ Atténuation et renforcement des aigus

Le schéma est donné sur la figure 5. Les rapports entre R/aR et C/Ca doivent être respectés pour obtenir des courbes symétriques. Le potentiomètre aR dispose d'une courbe logarithmique directe.

Les courbes en exemple sont établies avec une valeur de «a» respectivement égale à 2,5 pour une variation de +/-10 dB, à 5 pour +/-15 dB et à 10 pour +/-20 dB.

■ Filtre combiné pratique

La figure 6 donne le schéma d'un filtre complet pour l'atténuation et

le renforcement des graves et des aigus en associant les deux schémas précédents. C'est un filtre passif disposé entre deux transistors du

préamplificateur qui fournissent l'amplification nécessaire. Le niveau du médium est fixé à -20dB, au niveau des renforcements

on atteint 0dB et à celui des atténuations -40 dB.

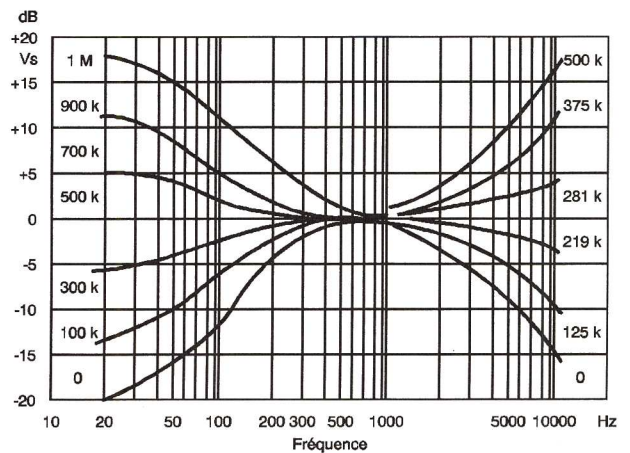
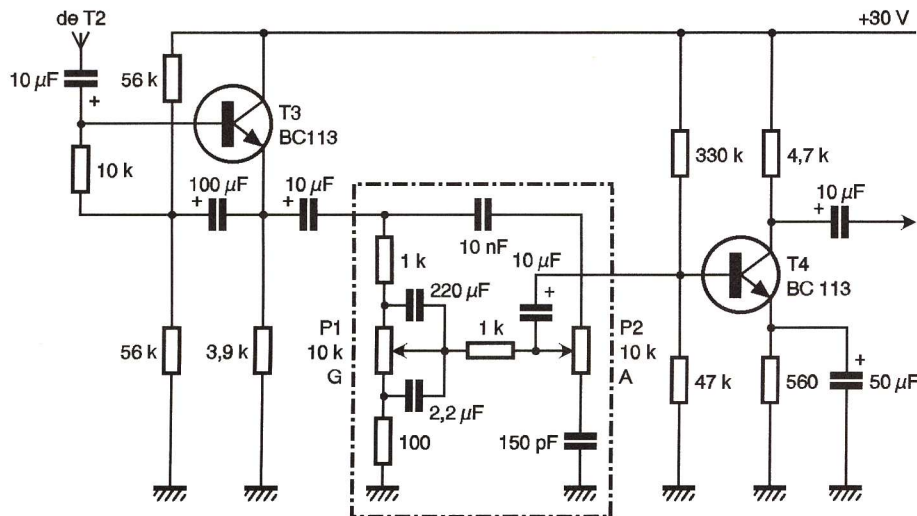


Fig 6

Réalisation d'un filtre combiné pour la suramplification et l'atténuation des aigus et des graves

Jouons avec les ultrasons (première partie)

En revanche, bouts de carton et paire de ciseaux suffisent pour réaliser des « instruments d'expérimentation » qui requerraient du matériel optique ou radio de très haute technologie. Le seul problème que nous posent les ultrasons est qu'ils sont invisibles. Pour les matérialiser, il faut donc réaliser un détecteur. Nous avons opté pour un dispositif simple et peu coûteux. La présence d'ultrasons se traduit par l'allumage d'une diode électroluminescente. Son éclairage est directement proportionnel à la quantité d'ultra-

■ Comment ça marche ?

La tension électrique issue de la capsule ultrasons est appliquée à la base de T₁. Le potentiel de base de celui-ci est fixé par les résistances R₁ et R₂. Ce transistor, câblé en charges réparties, offre un fort coefficient d'amplification en tension grâce au découplage partiel de sa résistance d'émetteur. C₁, monté en parallèle sur R₅, assure cette fonction. Ainsi le gain de cet étage se résume au rapport R₃ sur R₄ soit environ 47. T₂ est

détecteur un gain en tension supérieur à 1 000. Celui-ci est suffisant pour obtenir un signal exploitable pour le pilotage de la diode électroluminescente. Comme nous l'avons dit, seule l'intensité des ultrasons reçus nous intéresse. Nous allons donc transformer le signal reçu en une tension continue proportionnelle à sa valeur. L'association des diodes D₁, D₂ et des condensateurs C₄ et C₅ assure cette fonction. Les diodes permettent le redressement du signal reçu et C₅ se charge à sa tension crête. Il suffit d'appliquer cette nouvelle tension à la base de T₃ pour commander l'allumage de la diode électroluminescente. Notons que R₉ et C₂ n'interviennent pas directement dans le fonctionnement de notre détecteur. Leur rôle se limite à éviter une interaction entre les étages amplificateurs du montage et la commande de la diode électroluminescente.

« + ». Sur les diodes 1N4148, c'est une bague colorée qui fait office de repère.

Les résistances, quant à elles, ne possèdent pas de polarité particulière. Leur câblage peut donc s'effectuer dans un sens ou dans l'autre. Il en est de même pour la capsule à ultrasons et les condensateurs non polarisés.

■ NOMENCLATURE

R₁ : 330 kΩ (orange, orange, jaune, or)
R₂ : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune, or)
R₃, R₅ : 47 kΩ (jaune, violet, orange, or)
R₄, R₇ : 1 kΩ (brun, noir, rouge, or)
R₆ : 10 kΩ (brun, noir, orange, or)
R₈ : 22 kΩ (rouge, rouge, orange, or)
R₉, R₁₀ : 100 Ω (brun, noir, brun, or)
C₁, C₃, C₄ : 22 nF
C₂ : 100 µF/12V
C₅ : 1 nF
T₁ : 2N2222 ou équivalent
T₂ : 2N2905 ou équivalent
T₃ : 2N1711 ou équivalent
D₁, D₂ : 1N4148 ou équivalent
D₃ : diode électroluminescente
US : transducteur Ultrasons
1 coupleur pour pile 9V
5 fiches bristol au format 21x29,7

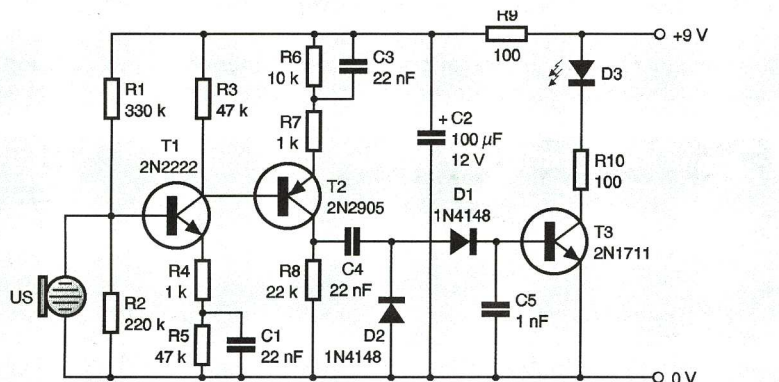


Fig 1

Schéma de principe

sons reçus. Cette caractéristique est intéressante pour mieux visualiser les phénomènes de « ventres et de nœuds » dans les systèmes interférentiels.

assemblé suivant la même architecture. Seule différence, il s'auto-polarise depuis le collecteur de T₁. Cette fois le gain en tension est égal au rapport R₈ sur R₇ soit 22. Ces deux transistors confèrent ainsi à notre

■ Le câblage

Comme toujours, ce montage est réalisé sur une petite plaquette d'essai pré-perforée munie de bandes conductrices. Le travail commencera donc par la préparation de la plaquette. Il faut reporter les interruptions de bandes conformément au schéma proposé.

Une fois cette opération terminée, l'implantation et le soudage des composants peuvent débuter. Il faut prendre soin de respecter le brochage des transistors. Sur leur boî-

tier un petit ergot repère l'émetteur. Le condensateur chimique et les diodes possèdent aussi une polarité qui doit être prise en compte. Sur la diode électroluminescente la patte la plus longue correspond au

■ Le principe

En raison de la fréquence des signaux à traiter, une trentaine de kHz, les amplificateurs opérationnels courants se prêtent mal à la réalisation de ce dispositif. Nous avons donc préféré utiliser des transistors. Le détecteur se résume à un amplificateur associé à un dispositif de commande de la diode électroluminescente.

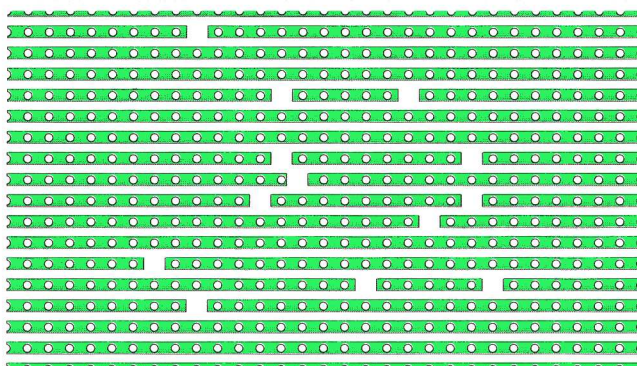


Fig 2

Préparation de la plaquette



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

Les hyperimages, ou encore images sensibles.

Une image sensible est une image qui possède des liens hypertextes avec d'autres pages ou certains paragraphes de la page consultée. On les appelle aussi des images réactives, car contrairement aux puces et autres éléments graphiques que nous avons déjà évoqués, il est possible de définir précisément la zone d'une illustration qui sera sensible à l'action de la souris.

■ Pour quel usage ?

Les images réactives sont particulièrement utiles pour réaliser des notices techniques, des cartes géographiques, des modes d'emploi, etc...

Par exemple, si vous consultez le site créé par votre région, il n'est pas rare que vous soit proposé une explication géographique précise sur ses relations économiques ou, plus fréquemment, sur les divers sites touristiques. Comme vous pourrez le constater en déplaçant la souris, le fait de placer le curseur sur une zone sensible modifie son contour ou change plus simplement sa forme qui est remplacée par une main. Imaginons maintenant que vous souhaitez réaliser une fiche explicative relative à un mécanisme particulier, comme le moteur d'un cyclo-moteur. Pour rendre la lecture plus

une grande liberté de choix dans la manière d'aborder un sujet en privilégiant le graphisme. Mais là encore, gardez à l'esprit que les chargements d'images mettent parfois la patience du lecteur de votre site à rude épreuve. Il convient donc d'évaluer au mieux l'opportunité d'effectuer ou non des renvois successifs vers d'autres images réactives.

■ Les zones sensibles.

Il est possible de définir 3 types de zones sensibles dans une image. Celles-ci peuvent être rectangulaires, circulaires ou polygonales. La définition de leur emplacement

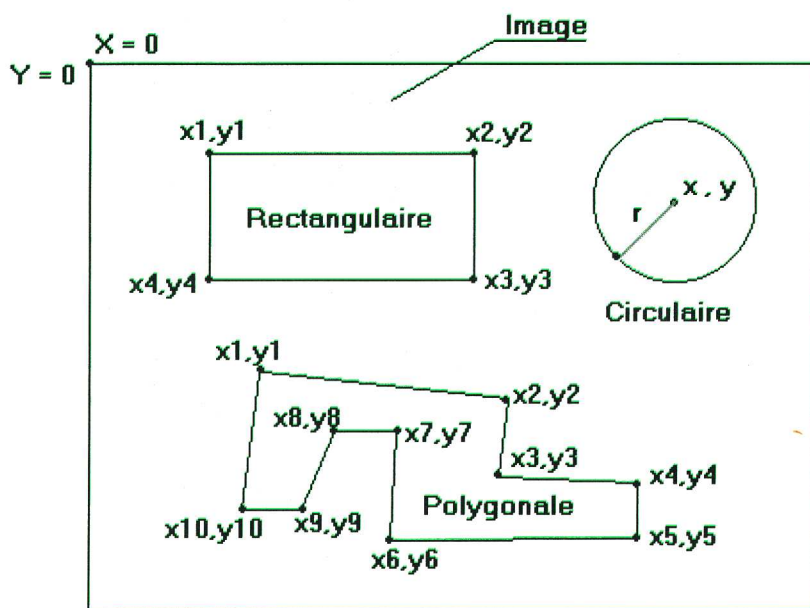


Fig 1

Les types de zones sensibles définissables

attractive, vous pouvez définir précisément les zones du moteur qui vont être réactives. Si vous désirez qu'une animation AVI reproduisant le va et vient du piston se déroule dans un cadre de la page lorsque l'on vient cliquer sur le piston ou la bielle, il suffit de délimiter précisément leur contour comme zone réactive. En fait, ces images cliquables offrent

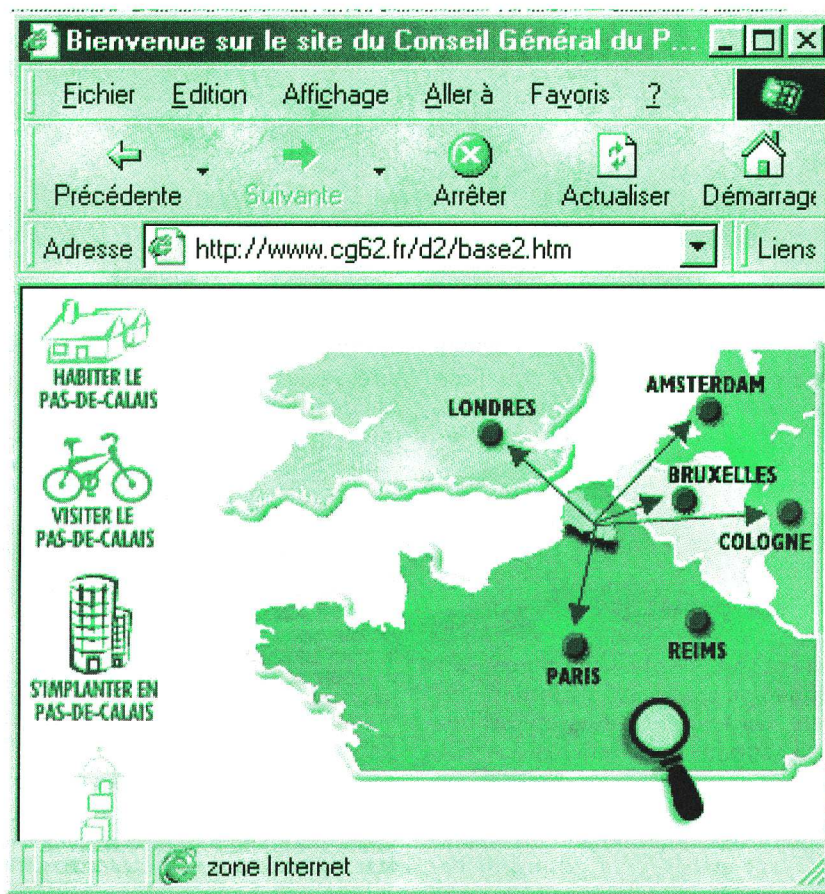
s'effectue en donnant les valeurs des coordonnées x et y de chaque point qui caractérisent la figure en utilisant sa partie supérieure gauche comme référence, avec $x = 0$ et $y = 0$ (figure 1).

Pour définir précisément ces zones, utilisez le PAINT de Windows. Il suffit de charger l'image, puis de pointer avec le curseur les sommets des polygones dans lesquels s'inscrivent



les zones sensibles. Pour relever les coordonnées, sauvegardez l'image sous un autre nom. En traçant les contours de chaque zone, relevez les

coordonnées de chaque sommet (écran 2). Pour les zones circulaires, on commence par les coordonnées du centre avant d'indiquer la valeur



Écran 1

du rayon en pixels. Cette méthode qui paraît de prime abord laborieuse est vivement recommandée si le nombre de zones dépasse l'unité, car elles ne doivent en aucun cas se chevaucher. En outre, conserver une copie écran du découpage des zones facilite la maintenance du site, surtout si ce travail, toujours délicat, doit être effectué après plusieurs semaines ou par d'autres que le concepteur du découpage.

■ Les commandes HTML.

Si votre éditeur de pages Web le permet grâce à des fonctions directement disponibles sur la barre d'outils, créer des images actives ne pose aucun problème. Il suffit simplement de déposer l'illustration sur la page, puis de cliquer sur le bouton **Image Map** (ou toute autre commande similaire, cela dépend de l'éditeur) pour sélectionner les **Hot Spots** (Points chauds ou zones actives). Ainsi définies une par une, la seule question qui vous est posée concerne le lien à effectuer. Une fois enregistrée, en ouvrant cette page avec le navigateur vous constatez que les liens deviennent actifs et qu'il suffit de cliquer sur une zone pour effectuer un saut vers celui qui est concerné.

Des programmes comme AOL Press ou encore WebExpert pour n'en citer que deux, disposent de ces fonctions mais si votre budget vous

Il faut ensuite définir l'ensemble des formes sensibles de l'image avec la commande **area**. Les trois types de zones sensibles que vous pourrez créer sont à préciser avec les attributs suivants:

Shape = «circle» pour le cercle.

Shape = «rect» pour une surface rectangulaire.

Shape = «polygon» pour une surface polygonale

Pour définir les coordonnées des points successifs, on inscrit les valeurs successives des X et Y derrière les instructions :

Pour le cercle : **Coords = «x,y,r»**

Pour le rectangle : **Coords = «x1,y1,x2,y2»**

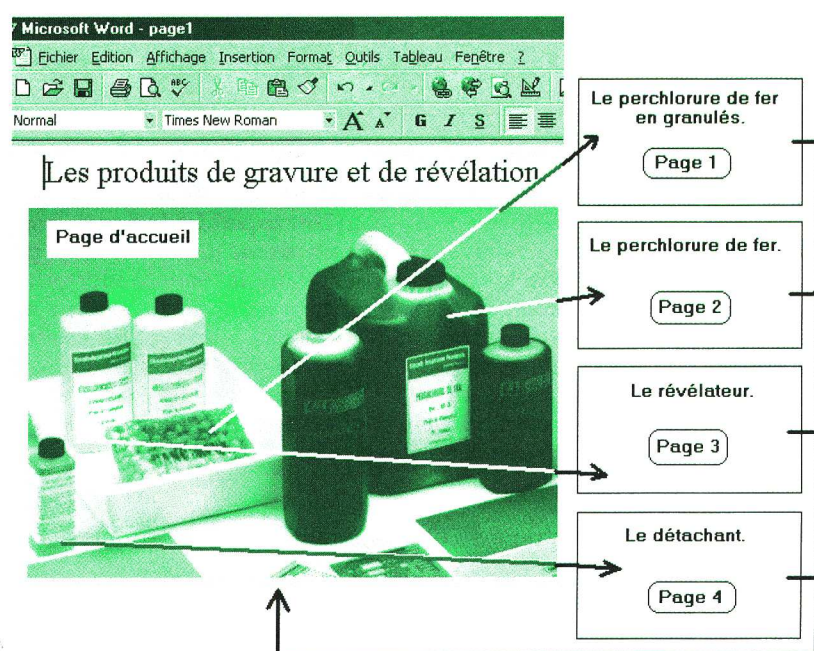
Pour le polygone : **Coords = «x1,y1,x2,y2,x3,y3,...»**

Enfin, il faut placer l'attribut **usemap** dans le tag **** afin de ne pas lancer une procédure CGI sur le serveur, mais un lien local sur la machine de l'utilisateur. Le nom est placé entre guillemets, précédé d'un dièse :

usemap=#image»

■ Un projet.

Nous avons décidé de réaliser une notice d'utilisation des produits de gravure et de révélation des circuits imprimés. Comme il faut que les informations relatives aux produits (emploi, précautions, neutralisation, etc...) soient disponibles lors de leur



Écran 3

une image qui satisfait aux exigences, permet de cerner précisément les produits, leur nombre, les conditionnements, etc...

Cela soulève la question des droits et des autorisations, car une image extraite d'un catalogue appartient à son auteur. Il faut donc contacter par courrier la société (C.I.F. dans notre exemple) pour obtenir une autorisation de diffusion. Il est exceptionnel que celle-ci soit refusée, à condition bien entendu que soient cités les auteurs ou la société. En outre, si cette dernière possède son propre site, assurez vous qu'un lien vers celui-ci permet d'apporter des renseignements qui sont réellement indispensables ou complémentaires.

L'écran 3 reprend la page d'accueil. Cliquer sur une zone image rend actif le lien à la notice sur une page. Vous réaliserez donc les pages avec l'éditeur avant d'apporter manuellement les modifications de code relatives aux zones cliquables. Dans notre exemple, les coordonnées relevées pour le perchlorure de fer en granules sont les suivantes: Zone 1: x1=61, y1=167, x2=159, y2=153, x3=175, y3=189, x4=73, y4=211

Les déclarations qu'il faut ajouter pour la zone 1 sont donc:

<area shape="polygon»

coords="61,167,159,153,175,189,73,211»
href="page1.htm»

Pour cela, Il faut basculer la page en code HTML en sélectionnant **Affichage** puis **Code source HTML** dans la barre de menus.

Il faut ensuite insérer les éléments inscrits en caractères gras aux emplacements spécifiés dans la liste ci-dessous. Celle-ci, donnée à titre indicatif, doit vous permettre d'ajouter les autres zones nécessaires au bon fonctionnement du site. Si vous ajoutez d'autres images cliquables, n'oubliez pas de spécifier leur nom qui, bien entendu, sera différent de «image».

■ Le code HTML du squelette du site:

```
<HTML>
<HEAD>
<META HTTP-EQUIV=»
Content-Type»
CONTENT=»text/html;
charset=windows-1252»>
<META NAME=»Generator»
CONTENT=»Microsoft
Word 97»>
<TITLE>page1</TITLE>
<META NAME=»Version»
CONTENT=»8.0.3429»>
<META NAME=»Date»
CONTENT=»11/28/96»>
<META NAME=»Template»
CONTENT=»C:\Program
Files\Microsoft
Office\Office\HTML.DOT»>
</HEAD>
<BODY TEXT=»#000000»
BACKGROUND=»Image4.jpg»>
```

```
<map name=»image»>
<area shape=»polygon»

coords=»61,167,159,153,175,189,73,211»
href=»page1.htm»>
</map>
```

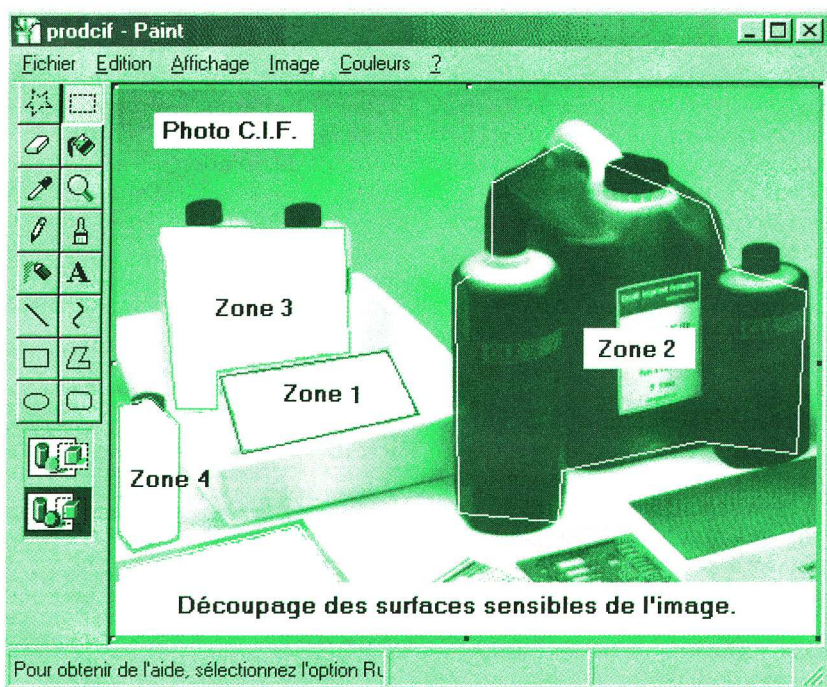
```
<FONT SIZE=5>
<P ALIGN=»CENTER»>
Les produits de gravure et de
révélation.</P>
</FONT>
<P ALIGN=»CENTER»>
<IMG SRC=»img22.gif»
WIDTH=408 HEIGHT=287
usemap=»#image»
border=0></P></BODY>
```

</HTML>



Ce petit exemple doit vous permettre de réaliser l'inclusion d'images sensibles dans votre propre site. Rien ne vous empêche en outre de combiner ce code avec celui du fenêtrage multiple que nous avons abordé précédemment.

P. Rytter



Écran 2

limite à l'emploi de Word 97, il suffit d'un minimum de connaissances en matière de code HTML pour obtenir d'excellents résultats.

La première commande consiste à définir la surface de l'objet graphique. Elle se présente sous la forme :

<map name=»image»>
</map>

Le nom «image» entre les guillemets correspond au nom de l'image sensible.

La commande **</map>** termine la définition de la zone sensible.

utilisation, des élèves proposent de réaliser une série de pages Web en guise d'évaluation. La structure du site est définie comme suit:

■ Une page d'accueil sur laquelle sont présentés les produits dans leurs emballages. Chaque produit est 'cliquable' pour effectuer la liaison avec la page sur laquelle est reportée la notice correspondante.

■ Des pages liées, une par notice. La première étape, qui consiste à rechercher dans les catalogues

Le LM10, amplificateur opérationnel et référence de tension

Dans cet article, nous introduisons un amplificateur opérationnel et une référence de tension capable de fonctionner avec une seule alimentation qui peut s'abaisser jusqu'à 1,1V. La performance de ce circuit, le LM10 de chez 'National Semiconductor', est sans compromis et comparé favorablement avec les autres systèmes standards. Avec un départ à partir d'une approche conventionnelle, le circuit peut opérer dans le mode flottant, être alimenté par des tensions résiduelles ou indépendant des alimentations fixes. Une brève description de la conception du circuit intégré est donnée, puis une application est décrite.

Les amplificateurs opérationnels en circuit intégré ont atteint une certaine maturité dans le fait qu'il semble ne pas y avoir de demande pressante pour de meilleures performances. Ces composants sont tous disponibles à bas prix mais chacun pour des besoins exacts. Bien sûr, il y a toujours de la place pour une amélioration, mais même des changements substantiels dans les spécifications ne peuvent pas attendre à causer plus d'agitation. Une nouvelle approche de la conception de l'amplificateur opérationnel et de son application est introduite ici avec le LM10. Premièrement, et comme nous l'avons écrit au début, l'amplificateur a été

monolithique qui comporte une référence de tension de précision, un étage tampon ajustable de référence et un amplificateur indépendant de haute qualité. Le module peut fonctionner à partir d'une alimentation totale aussi basse que 1,1V ou aussi élevée que 40V, ne consommant seulement que 270 µA en courant. Un étage de sortie complémentaire se balance entre 15mV par rapport aux bornes d'alimentation ou délivrera +/-20 mA en courant de sortie avec une saturation de +/-0,4V. La tension de référence de sortie peut être aussi basse que 200 mV. Le circuit est recommandé pour une utilisation avec des équipements portables et il est complé-

rant et de tension à partir de basses tensions jusqu'à plusieurs centaines de volts, fournissant une plus grande précision que les circuits intégrés existants actuellement.

Le schéma de notre circuit d'application est dessiné à la figure 2 : l'amplificateur opérationnel et la référence de tension sont combinés pour faire un régulateur de tension positive. La sortie est de 3V due à la valeur appropriée de la résistance R_2 qui est de 27 kΩ. On peut changer la valeur de la tension de sortie en utilisant la formule générale : $V_{out} = (1 + R_2/R_1) \times V_{ref}$, avec $V_{ref} = 200 \text{ mV}$; cette tension de sortie peut être mise entre 0,2V et la tension de claquage du circuit. Le circuit régule pour des tensions d'entrée V_{in} à l'intérieur d'une chute de la saturation en sortie (typiquement 0,4V à 20 mA et 0,15V à 5 mA). Le régulateur est protégé contre les courts-circuits et les surcharges en courant par une limitation de ce courant et un dispositif de fermeture thermique. La régulation typique est de l'ordre de 0,05% par rapport à la charge et de 0,003% par volt de tension de ligne. La capacité C_1 sert à filtrer correctement la tension V_{out} . Une amélioration appréciable de la régulation peut être effectuée en connectant l'amplificateur opérationnel comme un suiveur de tension et en mettant la référence à la tension de sortie désirée.

Ceci a le désavantage que la tension différentielle entrée-sortie est augmentée d'un peu plus qu'une chute de tension dans une diode. Si l'amplificateur opérationnel est connecté pour un gain de deux, la sortie pourra se saturer de nouveau. Mais ce dispositif demande une paire supplémentaire de résistances de précision. Le régulateur de notre schéma peut être rendu ajustable jusqu'à zéro en connectant l'amplificateur opérationnel à un potentiomètre sur la référence en sortie. Ceci a le désavantage que la régulation pour les tensions les plus basses n'est pas aussi bonne qu'il aurait pu l'être autrement.

Pour terminer, voici quelques définitions de termes relatifs à la régulation de tension en général :

Tension de décalage en entrée : C'est la tension qui doit être appliquée entre les broches d'entrée pour polariser la sortie non chargée dans sa région linéaire.

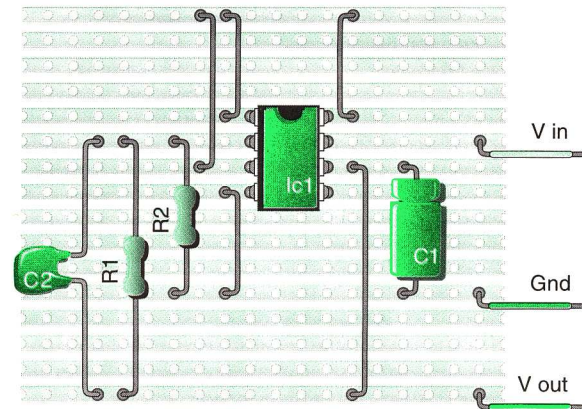


Fig 4 Implantation des éléments

Courant de décalage en entrée :

C'est la différence entre les courants sur les broches d'entrée quand la sortie non chargée est dans sa zone linéaire.

Courant de polarisation en entrée : C'est la valeur absolue de la moyenne des deux entrées en courant.

Résistance d'entrée :

C'est le rapport entre le changement

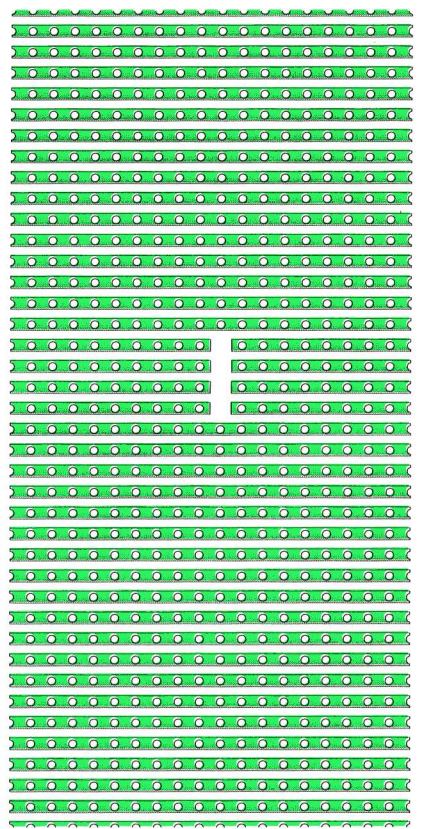


Fig 3 Préparation de la plaquette

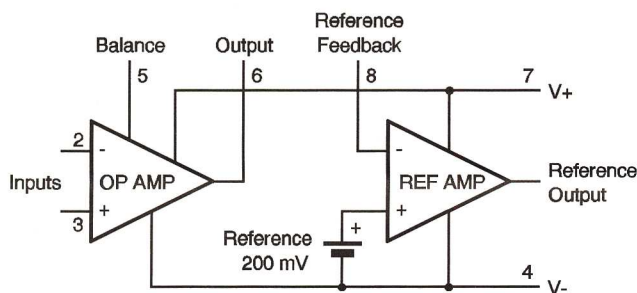


Fig 1

Diagramme fonctionnel

équipé pour fonctionner en mode flottant, indépendant de toutes alimentations fixes. Cela, cependant, ne limite en aucun cas un mode de fonctionnement conventionnel. Deuxièmement, cet amplificateur a été combiné avec une tension de référence depuis que ces deux fonctions sont souvent couplées ensembles dans la conception des équipements actuels. Troisièmement, la tension opérationnelle minimale a été réduite à presque 1V. On peut donc facilement comprendre que ces caractéristiques ouvrent de nouveaux et larges champs d'applications.

Le diagramme fonctionnel du LM10 est représenté à la figure 1. Même si une référence de tension et un amplificateur de référence ont été ajoutés, ce composant peut encore être alimenté dans un boîtier à huit broches. La connexion de ses broches est la même que celle des standards de l'industrie. Et une compensation de la tension de décalage qui a tendance à minimiser la dérive de cette dernière a été fournie. L'amplificateur opérationnel et l'amplificateur de référence ont été l'un comme l'autre compensés pour le gain unité en réaction. Ainsi, le LM10 est un circuit intégré linéaire

tement spécifié pour être utilisé à partir d'une pile d'alimentation unique. De plus, ses possibilités de supporter des circuits de commande en sortie élevés à la fois en courant et en tension, ajoutées à une protection contre les surcharges thermiques, le font proposer pour un emploi dans des applications à usage général. Le LM10 peut fonctionner comme un comparateur télécommandé, un conditionneur de signal, un contrôleur ou un transmetteur pour les signaux analogiques, délivrant le signal après traitement sur la même ligne utilisée par les alimentations. Il convient aussi pour des opérations dans une large gamme de régulation de cou-

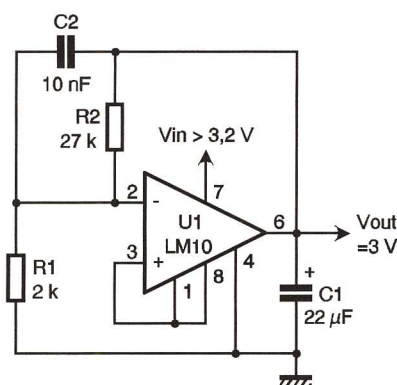


Fig 2

Schéma de principe

de la tension en entrée et le changement du courant en entrée sur l'une des deux entrées avec l'autre entrée connectée à la masse.

Réjection de mode commun :
c'est le rapport entre la plage de la tension d'entrée et le changement de la tension de décalage entre les extrêmes.

Réjection de la tension d'alimentation :
C'est le rapport entre le changement de la tension d'alimentation spécifiée et le changement de la tension

de décalage entre les extrêmes.
Régulation de ligne :
C'est le rapport de la valeur moyenne du changement entre la tension de référence en sortie et la plage spécifiée de la tension d'alimentation.

Régulation de la charge :
c'est le rapport du changement de la tension de référence en sortie **non chargée** et la tension de référence en sortie **chargée**.

Sens de la tension de réaction :
C'est la tension, référencée à V-, sur

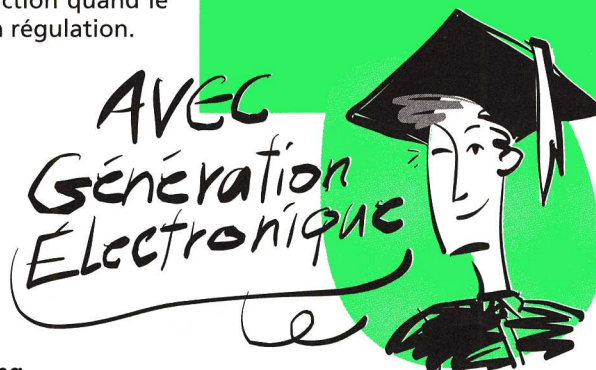
la **terminaison** de référence de réaction pendant que le circuit fonctionne en régulation.

Gain de référence de l'amplificateur :
C'est le rapport entre le changement de la référence en sortie spécifiée sur le changement en tension de réaction **requis** pour la **produire**.

Courant de réaction :
C'est la valeur absolue du courant sur la broche de réaction quand le circuit fonctionne en régulation.

NOMENCLATURE

U_i : LM10
R₁ : 2 kΩ 1/4 W (rouge, noir, rouge)
R₂ : 27 kΩ 1/4 W (rouge, violet, orange)
C₁ : 22 μF/16V
C₂ : 10 nF
broches de test



Découvrez l'anglais technique

Glossaire

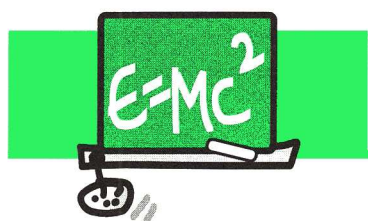
français - anglais :

Article : **article**
Introduire : **to introduce**
Amplificateur opérationnel : **operational amplifier**
Référence de tension : **voltage reference**
Être capable : **to be able to**
Fonctionner : **to work**
Seule alimentation : **single supply**
S'abaisser : **to down to**
Performance : **performance**
Circuit : **circuit**
Sans compromis : **uncompromised**
Comparer : **to compare**
Favorablement : **favorably**
Autres systèmes standards : **others standard system**
Départ : **departure**
Approche conventionnelle : **conventional approach**
Opérer : **to operate**
Mode flottant : **floating mode**
Alimenter : **to power**
Tension résiduelle : **residual voltage**
Indépendant : **independent**
Alimentation fixe : **fixed supply**
Brève description : **brief description**
Conception : **design**
Circuit intégré : **integrated circuit**
Application : **application**
Décrire : **to describe**
Atteindre : **to reach**
Certaine maturité : **certain maturity**
Dans le fait : **in that**
Sembler : **to seem**
Demande pressante : **pressing demand**
Meilleure performance : **better performance**
Composant : **component**
Disponible : **available**
Bas prix : **low cost**
Besoin exact : **exacting need**
Bien sûr : **of course**
Toujours : **always**
Place pour une amélioration : **room for improvement**
Même : **even**
Changement substantiel : **substantial change**
Spécification : **specification**
Attendre : **to expect**
Causer plus d'excitation : **to cause much excitement**
Nouvelle approche : **new approach**
Ici : **here**
Premièrement : **first**

Écrire : **to write**
Début : **beginning**
Équiper : **to equip**
Cela : **this**
Cependant : **however**
Ne limite en aucun cas : **in no way restrict**
Conventionnel : **conventional**
Deuxièmement : **second**
Combiner : **to combine**
Depuis : **since**
Fonction : **function**
Souvent : **often**
Coupler ensemble : **to interlock**
Équipement actuel : **actual equipment**
Troisièmement : **third**
Minimal : **minimum**
Maximal : **maximum**
Réduire : **to reduce**
Presque : **nearly**
Donc : **therefore**
Facilement : **easily**
Comprendre : **to understand**
Caractéristique : **characteristic**
Ouvrir : **to open**
Nouveau : **new**
Large : **broad**
Champ : **area**
Diagramme fonctionnel : **functional diagram**
Représenter : **to represent**
Même si : **even though**
Ajouter : **to add**
Encore : **still**
Boîtier : **case**
Broche : **pin**
Connexion : **connection**
Industrie : **industry**
Compensation : **balance**
Tension de décalage : **offset voltage**
Avoir tendance à : **to tend to**
Minimiser : **to minimize**
Dérive : **shift**
Fournir : **to provide**
Compenser : **to compensate**
Gain unité en réaction : **unity-gain feedback**
Ainsi : **that way**
Linéaire : **linear**
Monolithique : **monolithic**
Comporter : **to include**
Précision : **precision**
Étage tampon : **buffer stage**
Ajustable : **adjustable**
Indépendant : **independent**
Haute qualité : **high quality**
Module : **unit**
Total : **total**
Basse : **low**
Élevé : **high**
Consommer : **to consume**
Courant : **current**

Complémentaire : **complementary**
Se balancer : **to swing**
Délivrer : **to deliver**
Saturation : **saturation**
Recommander : **to recommend**
Utilisation : **use, utilization**
Équipement portable : **portable equipment**
Complètement : **completely**
Spécifier : **to specify**
A partir : **from**
Pile d'alimentation : **power cell**
De plus : **further**
Possibilité : **capability**
Supporter : **to support**
Circuit de commande : **drive**
A la fois : **both**
Ajouté : **along with**
Protection : **protection**
Surcharge thermique : **thermal overload**
Proposer : **to suggest**
Emploi : **use**
Usage général : **general purpose**
Comparateur télécommandé : **remote comparator**
Conditionneur de signal : **signal conditioner**
Contrôleur : **controller**
Transmetteur : **transmitter**
Analogique : **analog**
Numérique : **digital**
Délivrer : **to deliver**
Après : **after**
Traitement : **processing**
Même : **same**
Convenir : **to suite**
Aussi : **also**
Large gamme : **wide range**
Plusieurs : **several**
Centaine : **hundred**
Fournissant : **to provide**
Existant : **existing**
Actuellement : **actually**
Schéma : **schematic**
Dessiner : **to draw**
Combiner : **to combine**
Positive : **positive**
Négative : **negative**
Sortie : **output**
Entrée : **input**
Due à : **due to**
Valeur : **value**
Approprié : **appropriate**
Résistance : **resistance**
Changer : **to change**
Formule générale : **general formula**
Être mise : **to be set**
Claquage : **breakdown**
Réguler : **to regulate**

A l'intérieur : **inside**
Typiquement : **typically**
Court-circuit : **short circuit**
Surcharge : **overload**
Limitation : **limitation**
Dispositif : **device**
Fermeture thermique : **thermal shutdown**
De l'ordre de : **about**
Ligne : **line**
Capacité : **capacity**
Servir : **to be useful**
Filtrer : **to filter**
Correctement : **correctly**
Amélioration : **improvement**
Appréciable : **substantial**
Être effectué : **to be effected**
Suiveur de tension : **voltage follower**
Désirée : **desired**
Ceci : **this**
Désavantage : **disadvantage**
Différentielle : **differential**
Augmenter : **to increase**
Chute de tension dans une diode : **diode drop**
Se saturer : **to saturate**
Demander : **to require**
Paire supplémentaire : **additional pair**
Précision : **precision**
Ajustable : **adjustable**
Zéro : **zero**
Potentiomètre : **potentiometer**
Qu'il aurait pu l'être autrement : **it might otherwise be**
Terminer : **to finish**
Quelques : **a few**
Définition : **definition**
Terme : **term**
Relatif : **relative**
Général : **general**
Appliquer : **to apply**
Polariser : **to bias**
Région linéaire : **linear region**
Absolu : **absolute**
Moyenne : **average**
Changement : **change**
Réjection de mode commun : **common-mode rejection**
Extrême : **extreme**
Non chargé : **unloaded**
Chargé : **loaded**
Sens : **sense**
Terminaison : **terminal**
Requis : **required**
Produire : **to produce**



Initiation à l'électronique de puissance

Nous abordons ce mois-ci un nouveau volet consacré à nos convertisseurs de puissance, à savoir la variation d'un élément comme la tension ou le courant dans une charge alimentée sous une tension continue. Nous n'exploiterons pas le montage rhéostatique, qui habituellement provoque une chute de tension par effet JOULE dans une résistance de faible valeur, mais de forte puissance ; rappelez-vous le shunt de l'ampèremètre !

Le montage le mieux adapté à cette tâche est le HACHEUR qui réalise, en courant continu, presque la même fonction que le transformateur en courant alternatif : il change la valeur de la tension moyenne avec un rendement voisin de l'unité.

■ Principe du montage Hacheur

Une source de tension continue constante, à partir d'une batterie d'accumulateurs ou d'une pile, alimente une résistance R par l'intermédiaire d'un contact qui s'ouvre et se ferme très rapidement. Bien entendu, il est impératif de pouvoir régler le temps de fermeture et le temps d'ouverture du contact en question. Il s'agit donc du rapport cyclique du signal de commande (voir figure 0). Sur la figure 1, en

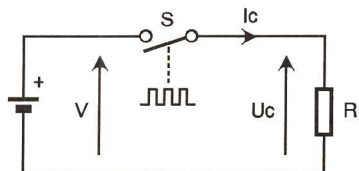


Fig 0 Principe

complément, nous vous présentons les chronogrammes caractéristiques du hacheur (T = période, t_1 = temps de fermeture, t_2 = temps d'ouverture).

- pour S ouvert, état 0, $U_c = 0$, aucun courant I_c
- pour S fermé, état 1, $U_c = V$, courant $I_c = V/R$

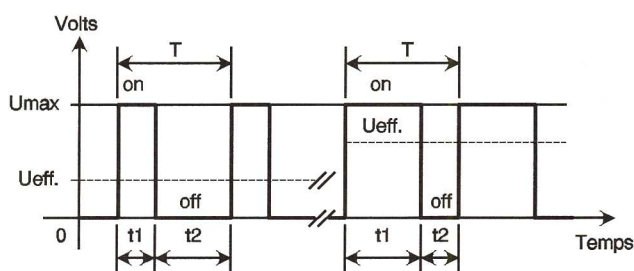


Fig 1 Chronogrammes caractéristiques

Selon la durée de fermeture t_1 du contact par rapport à la durée totale de la période T , la tension moyenne U_c pourra évoluer entre 0V et la tension V .

On peut encore poser $\alpha = \frac{\text{durée de fermeture } t_1}{\text{durée de la période } T}$

D'où la tension moyenne U_c sera égale à $\alpha \cdot V$

La valeur efficace de la tension délivrée par notre hacheur dépend bien aussi du rapport cyclique du signal de commande de l'interrupteur.

■ Le schéma électronique

Il se résume à fort peu de choses et se trouve à la figure 2. Le premier travail consiste à produire un signal rectangulaire dont le rapport cyclique soit variable dans une large plage. Pour ce faire, une fois de plus, nous faisons appel au célèbre

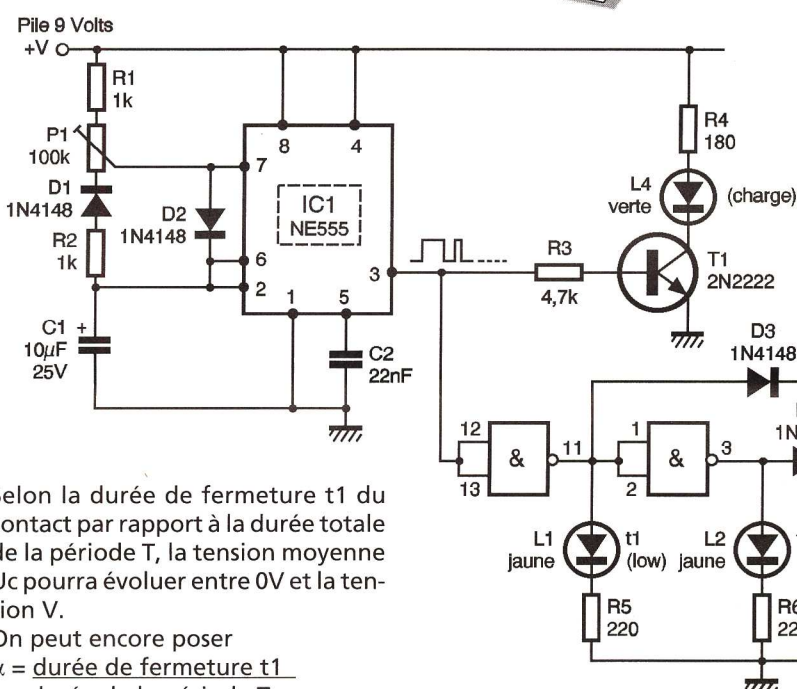
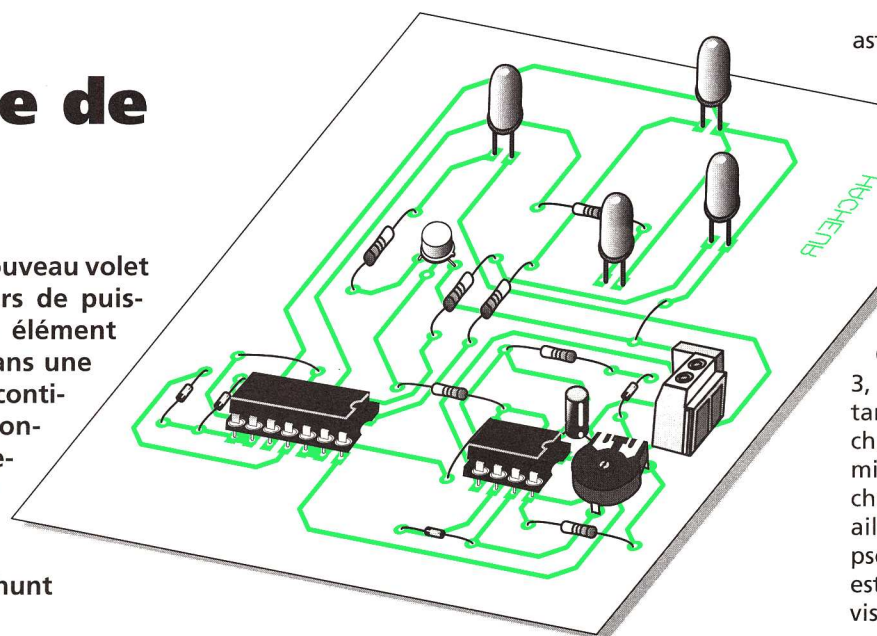


Fig 2

Schéma de principe

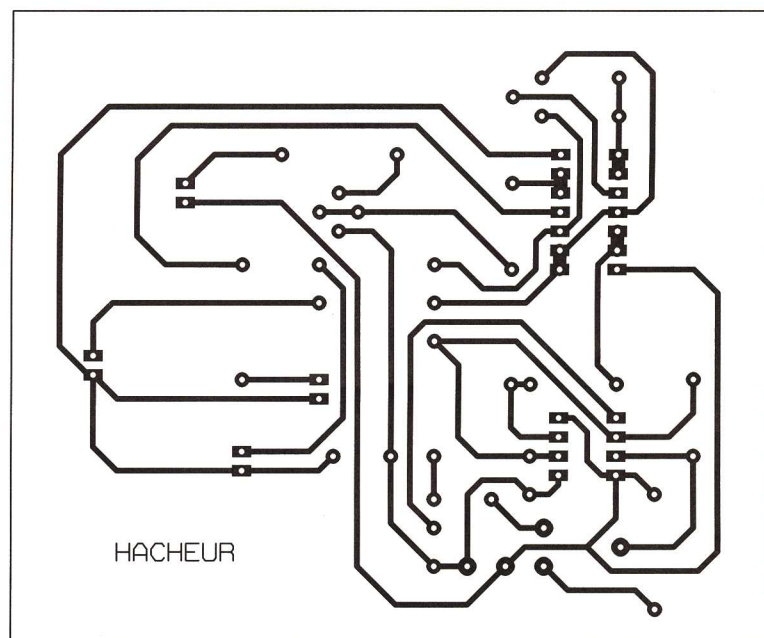


Fig 3

Tracé du circuit imprimé

petit NE555, oscillateur bien connu de nos lecteurs. Il sera alimenté à partir d'une simple pile de 9V entre ses broches 1 et 8, reliée à la broche 4 pour un fonctionnement en

astable. La présence des deux diodes D_1 et D_2 s'explique aisément si l'on songe que les temps de charge et de décharge du condensateur chimique C_1 seront différents. La position de l'ajustable P_1 intervient-elle aussi sur les caractéristiques du signal de sortie.

Celui-ci, disponible sur la broche 3, sera acheminé à travers la résistance R_3 sur la base du transistor T_1 chargé de piloter la diode électroluminescente verte L_4 , figurant notre charge. La résistance R_4 limite par ailleurs la consommation de notre pseudo récepteur. Plus intéressante est la suite du schéma qui permet de visualiser à la fois le temps de conduction t_1 , le temps d'arrêt t_2 et la période T qui représente la somme des deux durées précédentes. A l'aide de deux portes inverseuses construites à partir d'une quadruple fonction NAND C/MOS 4011, il est facile de produire des signaux logiques complémentaires que l'on peut visualiser sur les LED L_1 et L_2 . Ainsi, on pourra parfaitement lire la durée de conduction

t_1 sur la diode L_2 et constater que la luminosité dans la charge dépend entièrement de cette durée face à T . La LED L_3 ne fait que cumuler l'allumage des durées t_1 et t_2 à travers

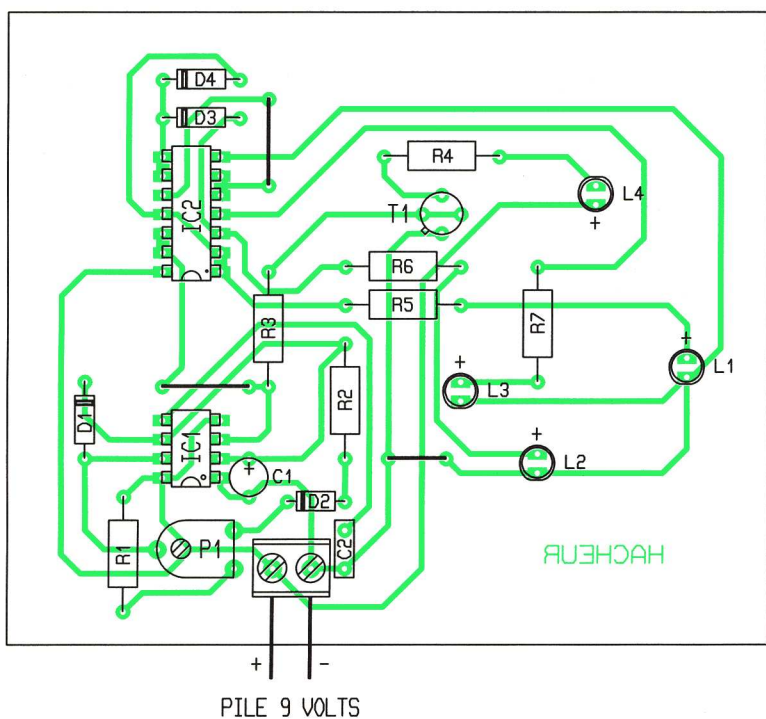


Fig 4

Implantation des éléments

une fonction OR réalisée avec la simple mise en place des diodes D₃ et D₄.

Réalisation

Tous les composants sont regroupés sur la plaquette de cuivre proposée sur la figure 3 à l'échelle 1. La disposition très aérée des diodes LED permettra de bien visualiser le cycle de fonctionnement, surtout si l'on

NOMENCLATURE

IC₁ : oscillateur NE555, boîtier DIP 8
IC₂ : quadruple NAND C/MOS 4011
T₁ : transistor NPN 2N2222
D₁ à D₄ : diodes commutation 1N4148
L₁ : diode électroluminescente jaune Ø5mm (période t₁)
L₂ : diode électroluminescente jaune

Ø5mm (période t₂)
L₃ : diode électroluminescente rouge Ø5mm (période T = t₁ + t₂)
L₄ : diode électroluminescente verte Ø5mm (charge)
R₁, R₂ : 1 kΩ 1/4 W (marron, noir, rouge)
R₃ : 4,7 kΩ 1/4 W (jaune, violet, rouge)
R₄ : 180 Ω 1/4 W (marron, gris, marron)

R₅ à R₈ : 220 Ω 1/4 W (rouge, rouge, marron)
P₁ : ajustable horizontal ou potentiomètre 100 kΩ
C₁ : 10 µF/25V chimique vertical
C₂ : 22 nF/63V plastique
1 support à souder 8 broches
1 support à souder 14 broches
1 bloc de 2 bornes vissé-soudé, pas de 5mm

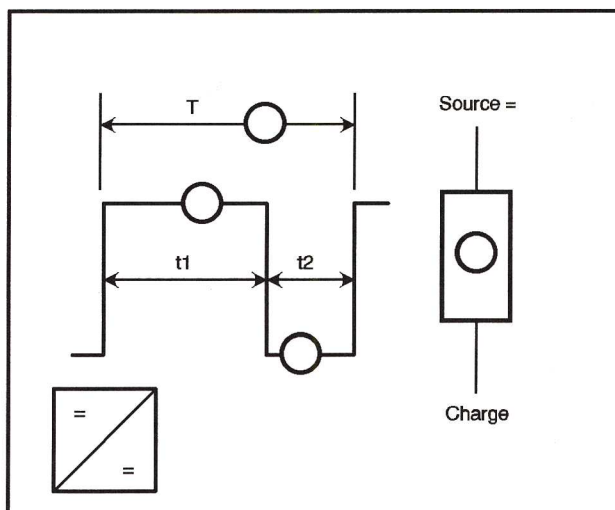


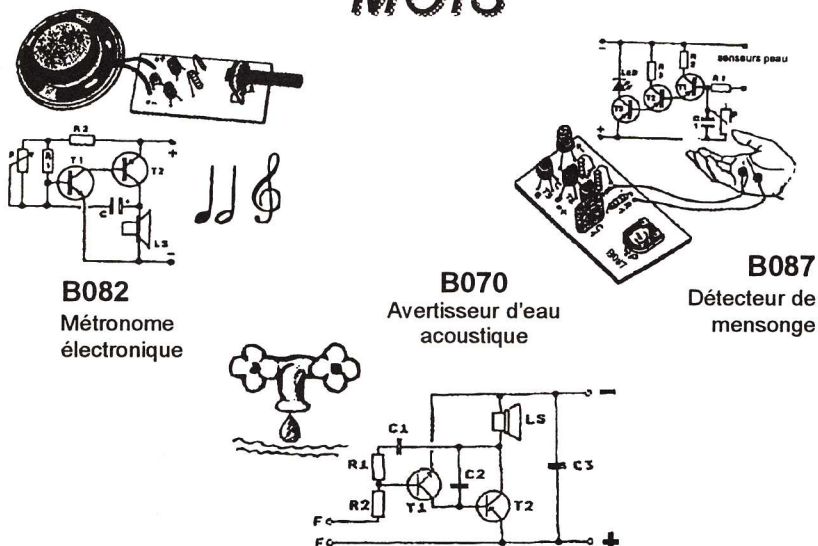
Fig 5

Exemple de face avant

songe à installer une face avant telle que nous le préconisons à la figure 5. On veillera lors du montage des LED de bien les disposer assez hautes et toutes alignées. L'ajustable P₁ pourra éventuellement être remplacé par un potentiomètre ordi-

naire doté d'un bouton de commande. Cette réalisation très didactique devrait vous inciter à exploiter plus souvent les possibilités de réglage du montage HACHEUR, sur un dispositif d'éclairage par exemple ou pour maîtriser la vitesse d'un petit moteur à courant continu ; dans ce dernier cas, il serait prudent de monter

KEMO KITS et MODULES LES PRODUITS DU MOIS



Catalogue contre 30,00 F en timbres frais d'envoi compris.

DISTREL : 8 av. du 18 Juin 1940 - 92500 RUEIL MALMAISON
aucune vente directe,
demandez la liste des dépositaires au 01.41.39.25.06

LOGICIELS :
CIAO - Simulation - Automatismes
Base de données Leader en quantités vendues

CIAO - dessin de circuits/perçage
Boardmaker - Saisie de schéma
Placement - routage
SIRIUS base de données plus de 200 000 composants
Turbo Analogic - Simulation analogique
Academius simulation logique
Graph et graf - Grafet

MACHINES A INSOLER
Une ou deux faces
à vide ou à pression

MACHINES A GRAVER
Verticales, à mousse horizontale ou à pulvérisation...

SERIGRAPHIE
Machine et produits

PERCEUSES D'ETABLI
7 modèles

TRANSFORMATION DES PLASTIQUES
Norme CE 220 V ou 48 V

Automatismes
Interface
Machette

Automatismes
Thermoformeuse
Cisaille

Logiciels
Tampographie

TOUS LES CONSOMMABLES
• Plaques photosensibles
• Produits chimiques
• Produits de dessin

LOGICIELS :
• Outils
• Fers et soudures
• Accessoires de sécurité
• Plaques de test
• Coffrets...

ISO 9002
Catalogue sur demande

CIF
CIRCUIT IMPRIMÉ FRANÇAIS
11 rue Charles Michels 92220 BAGNEUX
Tel : 01 45 47 48 00 Fax : 01 45 47 16 14
WEB http://www.cif.fr - Email - cif@cif.fr

Nous ne sommes pas n° 1 par hasard - CIF → la piste à suivre

Adaptateur de mesure de tensions efficaces vraies pour multimètre

Les multimètres numériques disposent aujourd'hui de nombreuses fonctions permettant à leur utilisateur d'effectuer les mesures classiques : courant et tensions continues ou alternatives sinusoïdales, ohmmètre, testeur de continuité et de jonction et même, dans certains cas, testeur de transistors. Les modèles un peu plus sophistiqués proposent en plus la mesure des fréquences, des capacités et, parfois, des inductances. Avec un modèle proposant toutes ces fonctions, on peut croire que tout est prévu et que toutes les mesures sont réalisables sans erreurs. En fait, il n'en est rien car il suffit que le signal que vous souhaitez mesurer ne soit pas sinusoïdal pour que l'indication du multimètre soit faussée.

Le recours c'est le multimètre efficace vrai qui donne la valeur efficace correcte des signaux électriques quelles que soient leurs formes. Ce type d'appareil est un peu plus coûteux que les modèles classiques, mais on peut se fier à ses indications même si les signaux testés sont de forme quelconque (carrée, triangle, etc.) ce qui n'est pas le cas du multimètre alternatif "lambda". Les appareils pourvus de la fonction valeur efficace vraie sont aussi appelés True RMS de l'anglais True pour Vrai et RMS qui sont les initiales de Root Mean Square qui signifie racine carrée. Cette notion de racine carrée est liée à la définition de la valeur efficace d'une grandeur variable dans le temps comme nous allons le voir maintenant.

Valeur efficace d'un courant

Par définition, la valeur efficace d'un courant variable dans le temps $i(t)$ est égale à la valeur du courant continu I_{eff} qui, passant dans la même résistance (R), y produirait pendant la même durée (T) le même dégagement de chaleur (Q). La traduction physique et la mise en équation de cette définition conduisent à la formule :

$$I_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt$$

déduite de l'expression de la quantité de chaleur $Q = RI_{eff}^2 T$ dégagée par le courant continu de valeur I_{eff} d'une part et par celle produite par le courant variable $i(t)$ que l'on décompose en une somme de quantités de chaleur élémentaires $dQ (= R i^2(t) dt)$ produites pendant des intervalles de temps dt suffisamment petits pour que l'on puisse considérer que le courant y est constant (figure 1). En additionnant

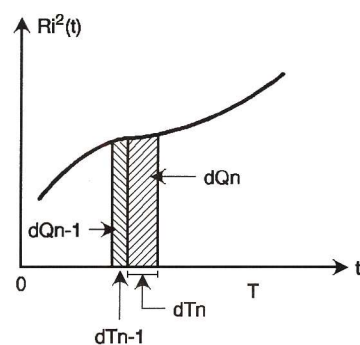


Fig 1 Comme le courant $i(t)$ est variable on décompose la durée T en intervalles dt assez petits

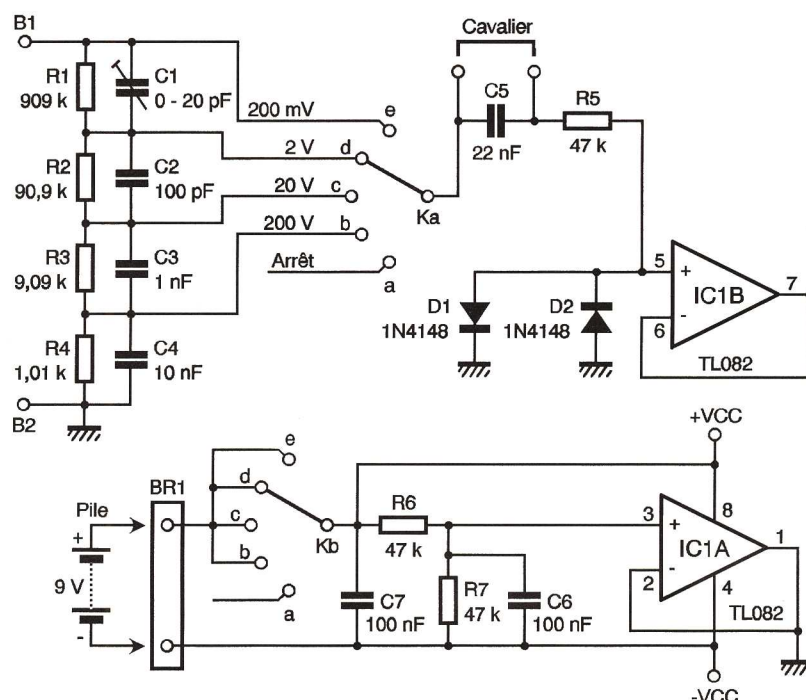


Fig 2

Schéma de principe

toutes ces quantités de chaleur élémentaires pendant la durée totale T , on trouve une expression qui fait intervenir une intégrale (le "S" allongé verticalement de la formule ci-dessus), terme mathématique qui traduit tout simplement l'addition de plusieurs éléments dQ sur la

durée T . Après simplification par R , on aboutit par conséquent à la formule proposée. L'analyse de cette formule montre que le carré de la valeur efficace

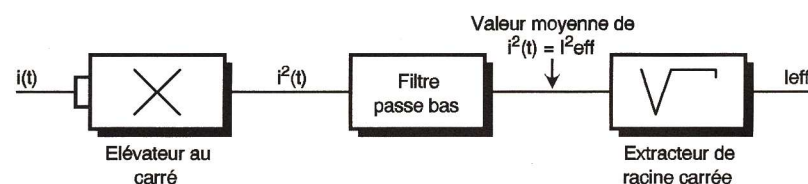
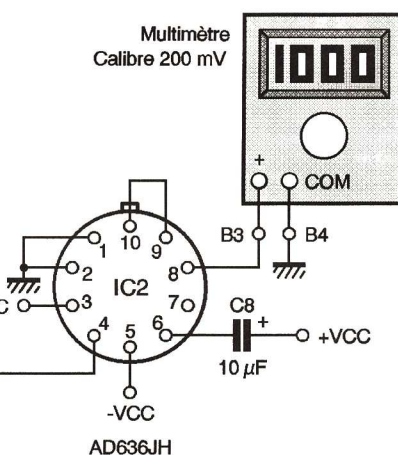


Fig 2

Schéma fonctionnel

d'un courant $i(t)$ est égal à la valeur moyenne du carré du courant $i(t)$. La même définition et les mêmes remarques sont applicables aux tensions. Un appareil qui donne la valeur efficace (exacte ou vraie pour employer le terme consacré) d'un signal variable doit donc commencer par élever celui-ci au carré, puis en prendre la valeur moyenne et enfin extraire la racine carrée du résultat

ou étage à réponse logarithmique et/ou exponentielle). Des circuits intégrés ont été spécifiquement étudiés pour réaliser cette fonction complexe. Ils font partie de la famille des convertisseurs RMS \rightarrow DC puisqu'ils convertissent la valeur efficace d'un signal (généralement une tension) en une grandeur continue directement proportionnelle. Leur coût à l'origine était assez élevé (quelques centaines



de francs), mais les progrès de l'électronique et l'accroissement du marché ont permis de réduire celui-ci à quelques dizaines de francs, ce qui nous permet de vous proposer d'utiliser un tel circuit dans un adaptateur qui transforme un multimètre traditionnel (utilisé en voltmètre continu) en un appareil efficace vrai.

Réalisation du module convertisseur

Couplé à un voltmètre continu utilisé sur le calibre 200 mV, ce module transforme votre multimètre en voltmètre efficace vrai. Son schéma

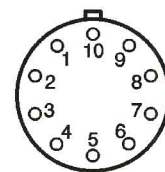
est proposé à la **figure 3**. La tension à mesurer est appliquée aux bornes B₁, B₂ qui débouchent sur un atténuateur compensé dont le facteur d'atténuation est sélectionné par la portion "a" du commutateur K. Les résistances et les condensateurs de cet atténuateur devront, bien évidemment, être des composants de précision 1% ou avoir été triés. La position "a" de K correspond à la mise hors tension du module, alors que les positions b, c, d, e, sont respectivement associées aux calibres 200 V, 20 V, 2 V et 200 mV. Le passage de la position arrêt au calibre

réalisera avec du fil rigide de 0,6mm de diamètre (fil téléphonique rigide par exemple). Une fois le module câblé, on placera les circuits intégrés sur leurs supports respectifs. Pour l'AD636 (boîtier rond TO 100) il faudra faire attention à respecter le brochage de la **figure 6** (vue de dessus) qui montre que la patte 10 est celle qui est exactement en regard de l'ergot du boîtier.

lorsque les signaux de la voie A (calibre 0,5V/div) et ceux de la voie B (calibre 0,05V/div) se superposent exactement (amplitude et forme). Toute déformation due à cet atténuateur compensé (justement pour éviter les déformations) entraînerait des erreurs qu'il faut à tout prix éviter si l'on veut que le module mérite son nom d'efficace vrai. Lorsque le réglage de C₁ est réalisé, on peut s'assurer que l'AD636 fonc-

Bande passante de l'adaptateur

Pour déterminer la bande passante de cet appareil, le mode opératoire est le suivant :



Boîtier TO100 vu de dessus

Fig 6

Brochage

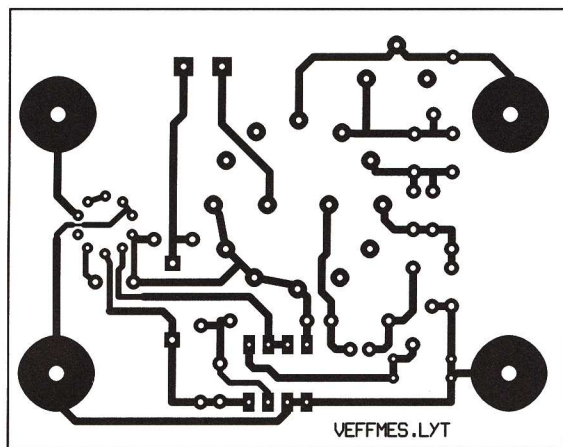


Fig 4 Tracé du circuit imprimé

le plus élevé évite toute erreur de manipulation au moment de la mise en marche du module.

Comme la faible impédance d'entrée de l'AD636 chargerait trop l'atténuateur d'entrée, on interpose un étage tampon (IC_{1b} monté en suiveur) entre ces deux sous-ensembles. Les diodes D₁ et D₂ montées tête bêche en parallèle sur l'entrée 5 de IC_{1b}, limitent l'amplitude des signaux appliqués à l'entrée de l'étage tampon au cas où l'on n'aurait pas sélectionné le bon facteur d'atténuation. Le courant dans ces diodes est limité par le tandem R₅-C₅ dans le cas d'un couplage alternatif et par R₅ seule (quand C₅ est court-circuité) pour le couplage continu.

L'AD636 est alimenté par une tension symétrique que l'on obtient grâce au symétriseur bâti autour de la seconde moitié de IC₁ qui est un double AOP de type TL082. C'est C₈ qui joue le rôle de condensateur de filtrage du filtre passe bas de l'AD636. La tension de sortie du convertisseur est appliquée au voltmètre au travers des bornes B₃, B₄. Aucun filtrage supplémentaire de cette tension de sortie n'est nécessaire.

Les 2 résistances R₆, R₇ fixent le potentiel intermédiaire servant de référence (masse) à IC_{1a}. Les condensateurs C₆ et C₇ assurent le découplage de la partie alimentation du module.

La source d'alimentation nécessaire à ce module sera constituée par une pile 9V de type 6F22. Une alimentation secteur régulée ne se justifie pas vraiment ici compte tenu de la faible consommation du module.

L'ensemble des composants de l'adaptateur prend place sur le circuit imprimé de la **figure 4**. L'implantation sera conforme au schéma de la **figure 5**. En plus des composants, il faudra prévoir 2 straps que l'on

Si on le souhaite, on pourra inclure le module dans un boîtier, cette opération ne devant avoir lieu qu'une fois le réglage de C₁ effectué. Dans ce cas, les bornes d'entrée et de sortie seront placées sur le boîtier, une liaison par fils souples (courts) assurant la liaison au module.

Réglage et caractéristiques du module

Réglage

Étant donné que l'AD636 ne nécessite aucun réglage le seul travail préliminaire à l'utilisation concerne le condensateur ajustable (C₁). Ce réglage s'effectue avec les 2 circuits intégrés en place, le module étant alimenté. S'il n'est pas nécessaire de connecter un voltmètre aux bornes B₃ et B₄ pour cette opération, il faut par contre imposer une tension carrée alternative d'amplitude 1V de fréquence 1 kHz à l'entrée du module (bornes B₁ et B₂) (**figure 7**). Pendant cette opération, le commutateur K est positionné sur le calibre 2V. Un oscilloscope bicourbe doit permettre de visualiser la tension de sortie du GBF (voie A) et celle de sortie de IC_{1b} (pin 7 sur la voie B). Le réglage correct de C₁ est obtenu

lorsque les signaux de la voie A (calibre 0,5V/div) et ceux de la voie B (calibre 0,05V/div) se superposent exactement (amplitude et forme). Toute déformation due à cet atténuateur compensé (justement pour éviter les déformations) entraînerait des erreurs qu'il faut à tout prix éviter si l'on veut que le module mérite son nom d'efficace vrai. Lorsque le réglage de C₁ est réalisé, on peut s'assurer que l'AD636 fonc-

■ placer un GBF délivrant un signal sinusoïdal (et non carré comme pour le réglage précédent) d'amplitude 1V de fréquence 50 Hz à l'entrée du module (bornes B₁ et B₂). Visualiser sur la voie YA de l'oscilloscope le signal de sortie du GBF afin de vous assurer que, l'amplitude du signal qu'il délivre est bien constante lorsque l'on fait varier sa fréquence. Dans le cas contraire, agir sur le potentiomètre de niveau du GBF pour maintenir l'amplitude à 1V. La voie B est inutilisée pour cette mesure.

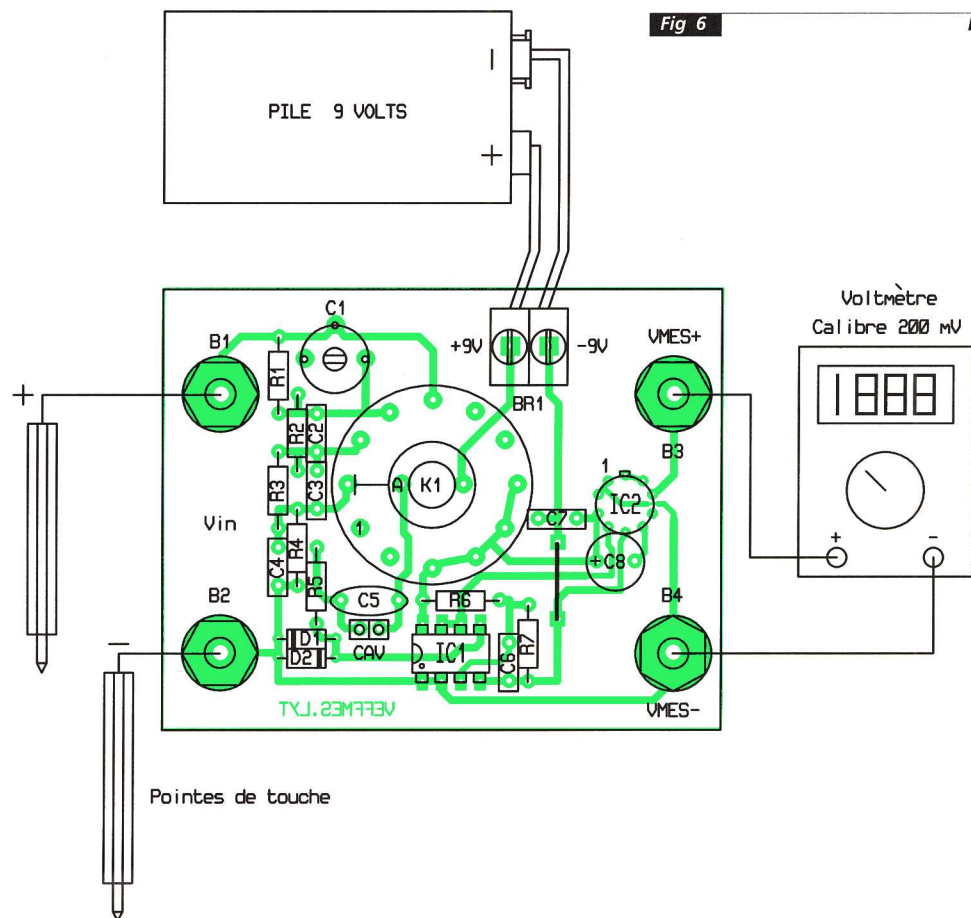


Fig 5

Implantation des éléments

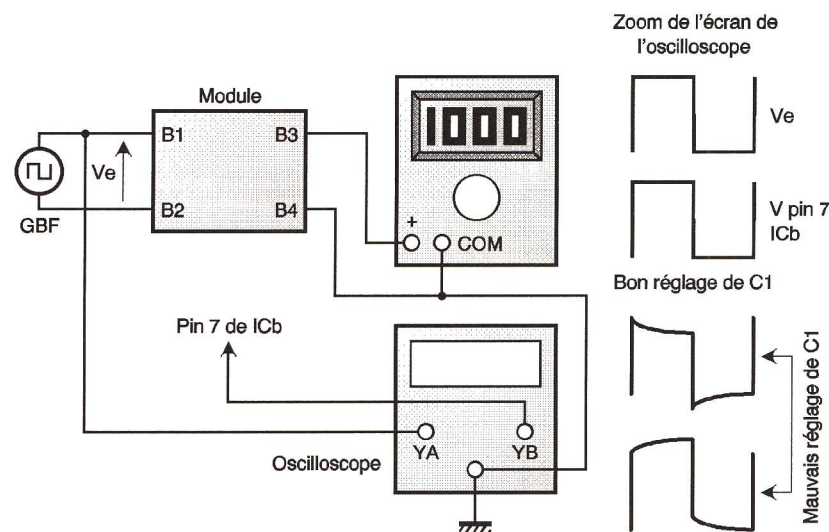
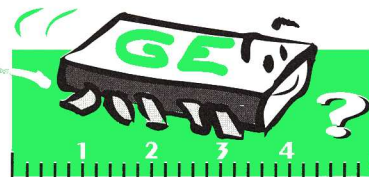


Fig 7

Dispositif de réglage
(suite page 14)

COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?



12° partie

Nous avons vu, lors de la réalisation de notre générateur de courant constant à transistor, que la température avait un effet néfaste sur sa stabilité et nous vous avons présenté diverses solutions pour y remédier. Comme c'est souvent le cas en électronique, cet effet néfaste peut devenir intéressant dans d'autres situations et c'est son cas puisqu'il va nous permettre de réaliser des thermomètres et autres thermostats.

■ Un schéma très simple

Une jonction à base de silicium, que ce soit celle d'un transistor ou, plus simplement, celle que l'on trouve dans une vulgaire diode, présente une variation de sa chute de tension directe de 2mV par °C et ce sur toute sa plage de température de fonctionnement soit quasiment de -55°C à +125°C. Si l'on sait exploiter cette variation, on est donc à même de réaliser un thermomètre couvrant une très large plage de températures.

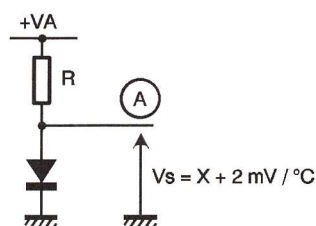


Fig 1 Le schéma le plus simple pour mesurer la température avec une diode.

Il suffit de câbler notre diode comme indiqué figure 1 et de mesurer la tension à ses bornes pour avoir une idée de la température ou, plutôt, de ses variations. En effet, nous avons vu lors de l'étude des diodes (voir GE n° 4 si nécessaire) que le seuil d'une diode était assez mal défini. En d'autres termes, notre thermomètre va être précis pour indiquer les variations de température mais par la température "absolue". Nous saurons ainsi que si la tension au point A varie d'une valeur X à une valeur X + 10mV, la température aura augmenté de 5°C mais nous ne saurons pas à quelle température correspondait la valeur X.

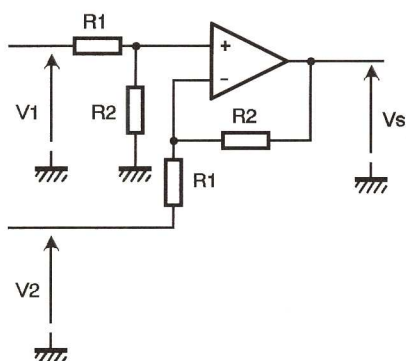


Fig 2 L'amplificateur soustracteur ou différentiel.

Pour cela, nous direz-vous, il suffit d'étalonner notre thermomètre, ce qui est facile à faire en mesurant la tension aux bornes de notre diode

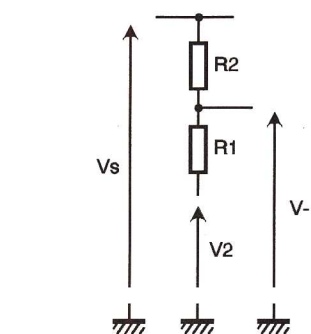


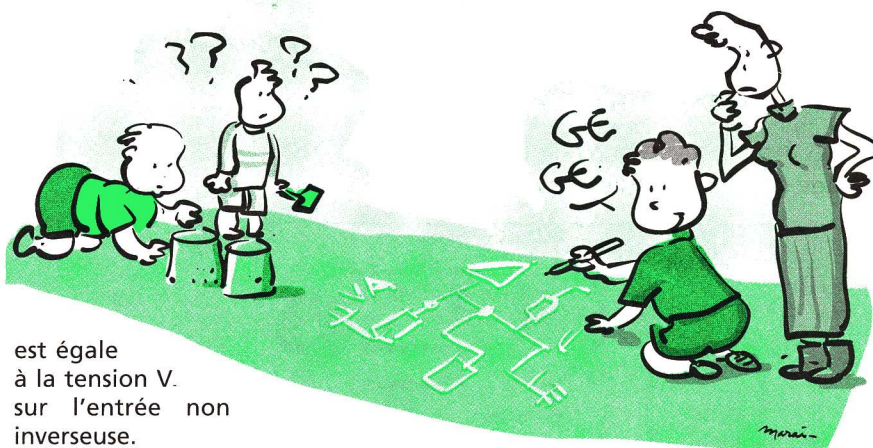
Fig 3 Un diviseur de tension bien caché.

lorsqu'elle est à une température parfaitement connue (le 0°C de la glace fondante ou le 100°C de l'eau en ébullition par exemple). Même après cette opération d'étalonnage, notre thermomètre électronique reste assez peu agréable à utiliser. En effet, supposons que le seuil de notre diode soit de 614mV à 0°C. Il indiquera donc 664mV pour 25°C ce qui est assez peu facile à lire. Il faut en effet soustraire mentalement 614 à la valeur affichée puis diviser par deux pour connaître la valeur réelle de la température. Ce n'est pas insurmontable mais c'est assez peu pratique.

■ Un soustracteur électronique

Fort heureusement, il existe une solution simple pour se tirer d'affaire; solution qui passe par l'utilisation d'un amplificateur opérationnel dans un montage un peu particulier que l'on appelle amplificateur soustracteur ou, plus correctement, amplificateur différentiel. Examinons la figure 2 qui va nous permettre de calculer ses différents éléments et voir en même temps comment il fonctionne.

Nous y reconnaissons une "sorte" d'amplificateur inverseur pour ce qui est de la tension V_2 , dont l'entrée non inverseuse n'est pas reliée à la masse mais à un pont diviseur recevant une autre tension d'entrée V_1 . Comme vous le savez depuis le premier numéro de GE, la différence de potentiel entre les entrées inverseuse et non inverseuse d'un amplificateur opérationnel est quasi nulle. Nous allons donc écrire que la tension V_+ sur l'entrée non inverseuse



est égale à la tension V_- sur l'entrée non inverseuse. La tension V_+ est donnée par la relation du diviseur de tension classique : $V_+ = V_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$. Notez que cette relation est parfaitement exacte si l'on utilise un amplificateur opérationnel BIFET, tel un banal TL081, par exemple puisque son courant d'entrée est quasi nul et ne charge donc pas le pont diviseur.

Côté entrée inverseuse, le calcul est presque aussi simple puisque, comme le montre la figure 3, nous sommes encore en présence d'un pont diviseur à résistances pour lequel les tensions concernées sont $V_- - V_2$ et $V_+ - V_2$. Dès lors il est facile d'écrire :

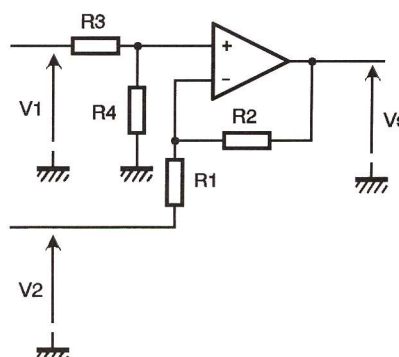


Fig 4 Un différentiel dont les entrées ne sont pas traitées de la même façon.

$(V_+ - V_2) / (V_+ - V_2) = R_1 / (R_1 + R_2)$
On extrait facilement de cette relation la valeur de V_+ soit : $V_+ = (1 + R_2/R_1) \cdot V_- - V_2 \cdot R_2/R_1$. Si maintenant l'on réalise l'égalité $V_+ = V_-$, ceci nous conduit à : $V_+ = (1 + R_2/R_1) \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \cdot V_1 - V_2 \cdot R_2/R_1$ (1)
Après réduction, très simple à réaliser, nous aboutissons à la relation finale : $V_+ = R_2/R_1 \cdot (V_1 - V_2)$ (2)

Nous sommes donc en présence d'un amplificateur de gain défini par le rapport R_2/R_1 ; mais d'un amplificateur qui ne prend en compte que la différence de tension entre V_1 et V_2 d'où son nom d'amplificateur différentiel ou d'amplificateur soustracteur.

Remarquez que, pour que cette relation soit parfaitement exacte, il faut que les deux résistances R_1 d'une part et que les deux résistances R_2 d'autre part soient aussi parfaite-

ment égales que possible. Cela ne vous saute peut être aux yeux mais cette égalité parfaite a été sous-entendue pour passer de la ligne (1) à la ligne (2) lors des calculs ci-dessus.

En effet, examinons un instant la figure 4 sur laquelle nous avons représenté le même montage mais avec quatre résistances distinctes. Si vous refaites le calcul que nous venons de réaliser pour la figure 2, vous arriverez sans aucune difficulté à la relation suivante :

$$V_+ = (1 + R_2/R_1) \cdot R_4 / (R_3 + R_4) \cdot V_1 - V_2 \cdot R_2/R_1$$

Cette relation montre bien que notre amplificateur est toujours soustracteur (le contraire aurait été étonnant !) mais son gain est maintenant inégal vis à vis des deux tensions V_1 et V_2 . Si R_3 est parfaitement égale à R_1 et si R_2 est parfaitement égale à R_4 , nous sommes ramenés à l'équation (2) qui est celle de l'amplificateur différentiel parfait.

Tout ceci pour vous dire que, lorsque l'on réalise un tel montage et que l'on souhaite qu'il fasse parfaitement la différence entre ses tensions d'entrée, il est impératif d'utiliser des résistances précises (1% ou mieux) ou bien encore des résistances préalablement triées avec un ohmmètre numérique. Peu importe

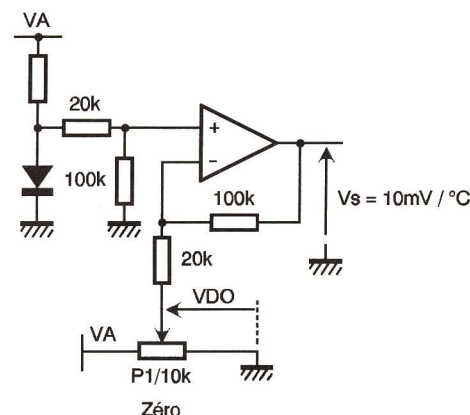


Fig 5 Un thermomètre facile à lire mais qui présente quelques défauts.

en fait l'exactitude de leur valeur (sauf si vous souhaitez en plus un gain très précis). Ce qui compte c'est l'égalité aussi parfaite que possible entre les deux R_1 d'une part et les deux R_2 d'autre part de la figure 2.

■ Un thermomètre qui "parle" en °C

Notre amplificateur différentiel va nous permettre de corriger les deux défauts de notre thermomètre à diode : la nécessaire soustraction du seuil de la diode à 0°C et le coefficient deux des 2mV par °C. En effet, nous allons réaliser le montage de la figure 5.

Nous y reconnaissons notre amplificateur différentiel dont le gain a été fixé à cinq grâce aux valeurs de R_1 et R_2 . Son entrée V_1 reçoit la tension émanant de la diode de mesure de

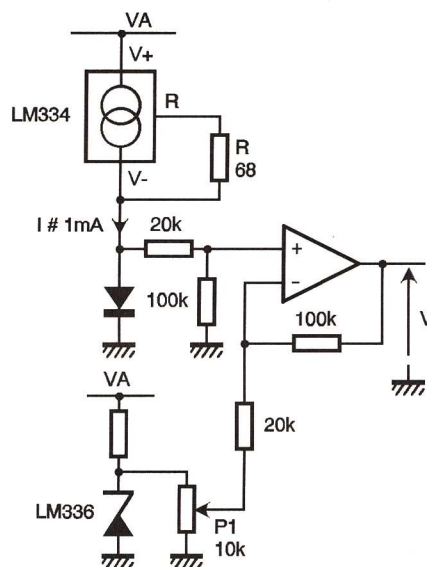


Fig 6 Le thermomètre électronique idéal, hélas un peu complexe.

température tandis que son entrée V_2 reçoit une tension ajustable au moyen d'un potentiomètre. La valeur exacte de ce potentiomètre importe peu. Il suffit juste qu'elle soit assez faible devant R_1 pour éviter toute interaction de l'un sur l'autre. Une valeur de 10 kΩ convient très bien dans notre exemple.

Si ce potentiomètre est correctement réglé, la tension qu'il délivre sur son curseur est égale à la tension de seuil de la diode à 0°C. La tension de sortie fournie par notre montage est donc :

$V_s = 5 (V_{D0} + 0,002 \cdot t - V_{D0})$ où :
 t est la température en °C ;
 V_{D0} est le seuil de la diode à 0°C.
 Ceci nous donne encore :
 $V_s = 0,01 \cdot t$

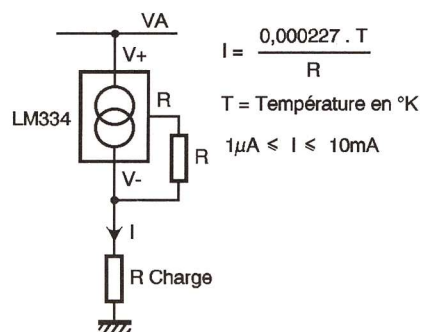


Fig 7 Le LM334 : générateur de courant intégré.

Soit une tension de sortie de 10mV par °C. La lecture, que ce soit sur un multimètre numérique ou à aiguille, est alors directe puisqu'elle se borne à bien placer la virgule ! En effet, une température de 25°C correspond maintenant à 250mV. Notez que, comme l'amplificateur opérationnel est alimenté par des

tensions symétriques par rapport à la masse, ce montage fonctionne que la température soit positive ou négative par rapport à 0°C. Ainsi, une température de -5°C lui fait tout simplement délivrer -50mV.

■ Des variations imprévues...

Même s'il fonctionne correctement, ce montage présente tout de même quelques petits défauts ; défauts qui passent inaperçus pour un usage domestique où une précision d'un °C est plus que suffisante, mais qui ne conviennent pas dans un laboratoire par exemple où l'on souhaite mesurer exactement la température de bains ou de solutions chimiques. Ces défauts découlent du coefficient de variation de la tension de la diode avec la température ; coefficient que l'on trouve excessif dans certains cas (le générateur à courant constant du mois dernier par exemple) et trop faible ici. En effet, il suffit que le seuil de la diode varie de 2mV pour une toute autre raison que la température pour que l'on commette une erreur d'un °C. Pire encore, il suffit que la tension sur le curseur du potentiomètre de réglage du zéro varie, elle aussi, de 2mV pour que l'on commette une nouvelle erreur d'un °C.

■ ... que l'on s'empresse de corriger

Si la tension qui alimente le montage varie, avec la température par exemple, le courant qui traverse la diode de mesure va varier également et faire varier son seuil, décalant ainsi le réglage du zéro et faussant les mesures. La solution passe alors par l'utilisation d'un générateur à courant constant pour alimenter la diode.

Côté potentiomètre de réglage du zéro, il est impératif de l'alimenter sous une tension très stable puisque toute dérive à son niveau conduit aussi à une erreur de mesure. Le recours à une source de tension ultra stable, tel le LM336 vue le mois dernier, est alors conseillé. Notre thermomètre, maintenant beaucoup plus précis, adopte alors l'allure visible figure 6. Remarquez que, dans un excès de paresse, nous avons réalisé le générateur à courant constant avec un circuit intégré spécialisé ; en l'occurrence un LM334 de National Semiconductor (ou une de ses secondes sources).

Ce composant à trois pattes est en effet un générateur de courant programmable au moyen d'une résistance externe qui s'utilise comme indiqué figure 7. Notez que le courant qu'il génère varie lui aussi avec la température mais dans des proportions très faibles puisque c'est seulement de 227 μV par °C (ou °K ce qui revient au même pour des

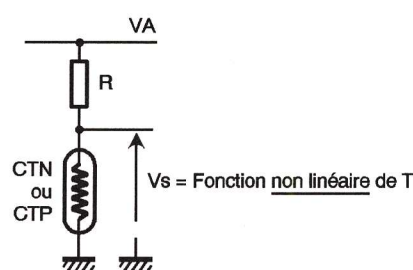


Fig 8 Les CTN et CTP sont très sensibles mais pas linéaires du tout !

variations). Le courant que délivre le LM334 est défini par la relation : $I = 0,000227 \cdot T / R$ où T est la température en °K ou température absolue, c'est à dire la température en °C augmentée de 273. La plage de courant utile du circuit s'étend de 1 μA à 10 mA.

Ainsi conçu, notre thermomètre électronique est précis et, pour peu que l'on connecte en sortie un voltmètre numérique présentant une sensibilité de 2V pleine échelle, on dispose d'un affichage direct de la température de -55°C à +125°C environ. Le seul reproche qu'on puisse lui faire est sa relative complexité ...

■ Un "mauvais" schéma

Si vous êtes un lecteur assidu des revues d'électronique, vous avez certainement entendu parler des résistances CTN ou résistances à Coefficient de Température Négatif et peut être de leurs homologues moins connus les CTP (idem mais avec P pour positif).

De telles résistances varient avec la température, vous vous en étiez douté vu leurs noms, dans des proportions sans commune mesure avec le seuil de nos diodes. Ainsi, par exemple, telle CTN dont la résistance est de 100 kΩ à 20°C ne fait plus que 50 kΩ à seulement 30°C soit un merveilleux 5 kΩ par °C.

Les CTN ou les CTP sont d'ailleurs largement employées dans les thermostats électroniques dont elles facilitent la réalisation grâce en partie à cette grande sensibilité. Nous n'y avons pourtant pas fait appel dans notre montage de thermomètre car elles sont affublées d'un défaut rédhibitoire pour une telle application : elles ne sont pas linéaires !

En d'autres termes, la courbe de variation de résistance d'une CTN ou d'une CTP en fonction de la température est tout sauf une droite et,

même en tentant de la linéariser au moyen de divers artifices, il est impossible d'obtenir la rectitude offerte par notre jonction au silicium. La mise en œuvre d'une CTN ou d'une CTP, présentée figure 8 est donc à réserver à des montages où l'on souhaite déclencher une action pour une température donnée, éventuellement réglable, mais en aucun cas pour disposer d'un affichage linéaire de la température.

■ Vers le tout intégré

La mesure de température étant une fonction très demandée dans de nombreux domaines scientifiques et industriels, les fabricants de circuits intégrés se sont penchés sur le problème et un certain nombre de composants spécialisés ont vu le jour ; certains d'ailleurs étant dérivés du schéma de la figure 6 puisque ce dernier était proche de la solution idéale, à sa "relative" complexité près.

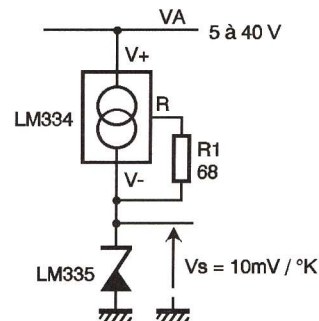


Fig 10 Comment rendre le LM335 insensible aux variations de son alimentation.

Le premier circuit proposé l'a été par National Semiconductor. Eh oui, encore lui nous direz-vous, mais sachez que NS est depuis de nombreuses années le "roi" incontesté du circuit intégré linéaire. Ce circuit, qui a pour nom LM335, s'utilise de façon très simple comme le montre la figure 9. Il s'alimente sous une tension qui peut être quelconque, dès lors que la résistance R_1 lui permet d'être traversé par un courant pouvant varier de 400 μA à 5 mA mais dont la valeur typique recommandée est de 1 mA. On dispose alors à ses bornes d'une tension égale à 10mV par °K, c'est à dire d'une tension proportionnelle à la température absolue.

Pour plus de précision, on peut parfaire l'étalonnage du circuit, et donc ce coefficient

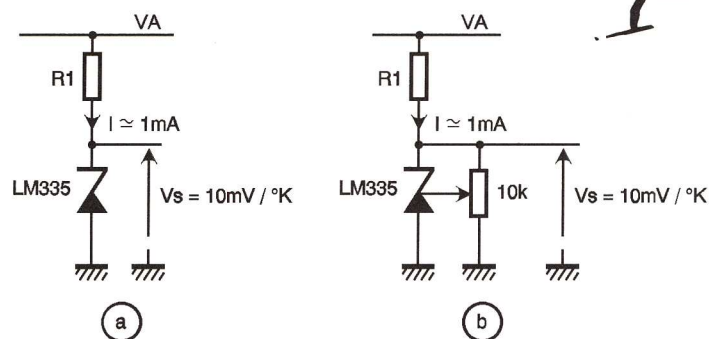


Fig 9 Le LM335 : un thermomètre intégré pour les températures absolues.

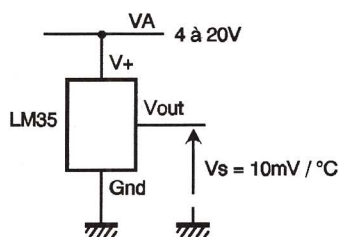


Fig 11 De plus en plus fort avec le LM35. Et en plus il fonctionne en °C!

de proportionnalité, en lui ajoutant un potentiomètre de réglage comme indiqué **figure 9b**.

Si la tension d'alimentation de notre LM35 est susceptible de varier dans de grandes proportions, l'utilisation du montage de la **figure 10** est conseillée. Nous y retrouvons le générateur de courant constant LM334 que nous avons utilisé il y a un instant, programmé ici pour délivrer un courant de 1 mA à 25°C au moyen de la résistance R_1 de 68 Ω . Dans ces conditions, une variation de V_A de 5 à 40V n'a aucune influence sur la tension mesurée aux bornes du LM35.

■ Des °K aux °C

Si la mesure des températures absolues ou températures en degrés Kelvin convient très bien à de nombreux scientifiques puisque le "zéro absolu" est une référence classique ; elle est assez peu commode pour l'utilisateur "moyen". Vous pouvez

bien sûr utiliser le montage de la **figure 6** dans lequel vous remplacerez la diode par le LM35 et où vous réduirez le gain à l'unité en rendant les résistances R_1 et R_2 égales, mais vous pouvez aussi faire appel à un LM35 de ... National Semiconductor bien sûr, qui fait cela tout seul. Comme vous pouvez le constater à l'examen de la **figure 11**, il est difficile d'imaginer circuit plus intégré puisque le LM35 peut s'utiliser sans aucun composant externe. Connecté de la sorte et alimenté sous une ten-

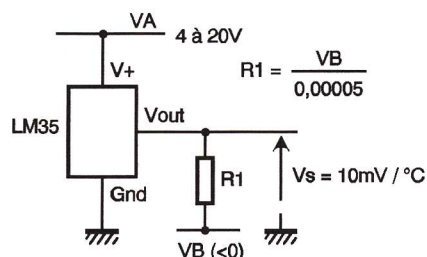


Fig 12 Pour mesurer en dessous de 0°C avec le LM35 il faut une tension négative...

sion comprise entre 4 et 20V, il délivre une tension de sortie de 10mV par °C. Comme aucune tension négative n'est visible sur ce schéma, il est évident que le circuit ne va pas pouvoir en "fabriquer" et son fonctionnement n'est donc assuré "que" de 2°C à 150°C environ. C'est déjà pas mal avec si peu d'éléments !

La mesure des températures négatives nécessite de faire appel à une résistance et à une source de tension

négative comme cela est représenté **figure 12**. Pour un fonctionnement optimal du circuit, le fabricant recommande que la résistance R_1 respecte la relation : $R_1 = V_B / 0,00005$ où V_B est la tension d'alimentation négative utilisée.

Dans ces conditions, le montage fonctionne de -55°C (il délivre alors -550mV) à +150°C (il délivre alors 1,5V). Cette source de tension négative étant contraignante dans de nombreuses applications car elle complique la mise en œuvre du LM35, une astuce permet de s'en passer comme le montre la **figure 13**.

Dans ce montage, on relève artificiellement la tension de la patte de masse du LM35 du seuil de deux diodes et on utilise toujours la résistance R_1 de la **figure 12**. Cela revient en fait à réaliser le montage de la **figure 12** dans lequel V_B aurait comme valeur la somme du seuil des

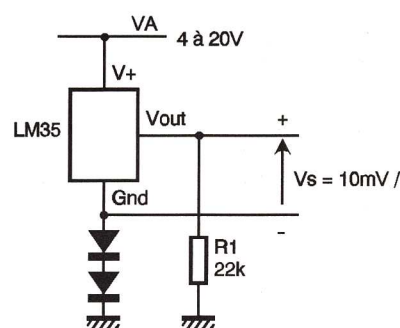


Fig 13 ...sauf si l'on utilise cet astucieux schéma

deux diodes soit environ 1,2V. Le fonctionnement est alors assuré sur toute la plage d'utilisation du LM35 soit de -55°C à +150°C. Le fait que le seuil des diodes varie n'a ici aucune importance car la valeur exacte de la tension V_B de la **figure 12** n'a quasiment pas d'influence sur le résultat de la mesure.

Le seul paramètre que nous n'ayons pas évoqué est le prix de ce "merveilleux" LM35. Sachez donc qu'il est aussi bas que son schéma d'utilisation est simple puisque la version la moins performante (LM35 DZ, précision $\pm 0,6^\circ\text{C}$) est disponible à l'unité pour environ 25 francs alors que la version un peu plus performante (LM35 CZ, précision $\pm 0,4^\circ\text{C}$) ne coûte que 50 francs environ.

■ Conclusion

En partant des défauts de la diode de notre générateur à courant constant, nous sommes bien arrivés comme promis à la réalisation d'un thermomètre électronique qui, que ce soit celui de la **figure 6** ou celui beaucoup plus simple de la **figure 13**, peut s'avérer d'une précision bien supérieure à celle de tous ses homologues à alcool ou à mercure ; tout cela en ne faisant appel qu'à de l'arithmétique élémentaire. Comme quoi les calculs peuvent être simples en électronique pour peu que l'on sache comment s'y prendre... ■

LE COIN DE LA MESURE (suite de la page 11)

■ noter l'indication du voltmètre (valeur théorique 70,7mV puisqu'une tension sinusoïdale d'amplitude 1V possède une valeur efficace de 0,707V et que le calibre 2V produit une atténuation d'un facteur 10).

■ augmenter progressivement la fréquence du GBF et noter les fréquences pour lesquelles (à niveau d'entrée constant) la tension indiquée par le voltmètre devient égale à 63mV (-1 dB soit -10%) puis 0,5V (-3 dB soit -30%). Noter au passage la fréquence à partir de laquelle l'indication du voltmètre commence à s'écarter de 70,7mV de plus de 1%. Le résultat de ces mesures permet de constater que la bande passante à 0 dB est de 100 kHz alors qu'à -1 et -3 dB on a respectivement 150 et 220 kHz.

Pour mesurer la valeur efficace d'une tension possédant une composante continue, en tenant compte de celle-ci, il faut court-circuiter le condensateur C_5 à l'aide d'un cavalier placé sur les 2 picots mâles situés près de C_5 .

La bande passante de cet adaptateur est plus que suffisante pour relever expérimentalement celles de filtres ou d'amplificateurs traditionnels que l'amateur peut développer sans matériel particulier. Le coin de la mesure vous proposera quelques exemples d'applications dans les numéros à venir. On notera au passage que les caractéristiques de ce

petit module sont nettement supérieures à celles offertes par certains multimètres du commerce dont la bande passante est parfois inférieure au kHz.

JONGBLOET

■ NOMENCLATURE

R_1 : 909 k Ω 1% 1/4W (blanc, noir, blanc, orange)
 R_2 : 90,9 k Ω 1% 1/4W (blanc, noir, blanc, rouge)
 R_3 : 9,09 k Ω 1% 1/4W (blanc, noir, blanc, marron)
 R_4 : 1010 Ω 1% 1/4W (marron, noir, marron, marron) ou 1 k Ω 5% triée
 R_5, R_6, R_7 : 47 k Ω 5% 1/4W (jaune, violet, orange)
 C_1 : 4-20 pF ajustable
 C_2 : 100 pF céramique
 C_3 : 1 nF/63V milfeuil
 C_4 : 10 nF/63V milfeuil
 C_5 : 22 nF/400V polyester
 C_6, C_7 : 100 nF/63V milfeuil
 C_8 : 6,8 μF /16V tantale goutte
 D_1, D_2 : diodes 1N4148
 IC_1 : TL082
 IC_2 : AD636JH (boîtier rond)
 K : commutateur pour CI 2 circuits 6 positions (LORLIN)
 B_1 à B_4 : bornes femelles 4 mm pour châssis 2 jaunes et 2 noires BJ

MODULES DE MESURES ET D'ACQUISITION DE DONNEES SUR PC

Multipower propose à des prix très économiques une large gamme de modules qui se connectent sur le port parallèle d'un PC et qui permettent d'enregistrer des tensions et des températures et de visualiser des courbes de leurs variations sous DOS et Windows.

Les logiciels conviviaux sous Windows sont fournis et permettent aux modules de fonctionner aussi en oscilloscope. Des drivers existent pour développer vos applications (par exemple sous pascal).

Tarif complet et spécifications sur simple demande.

Prix à partir de 570 F HT
avec logiciels et support technique

Multipower

22, rue Emile-Baudot 91120 PALAISEAU
Tél. : 01 69 30 13 79 - Fax : 01 69 20 60 41
Visitez notre site : <http://www.multipower-fr.com>

Variateur à découpage pour mini-perceuse

A quoi ça sert ?

Si l'on ne veut pas user trop vite ses forets et percer des trous nets dans de l'époxy, il faut utiliser une perceuse qui tourne très vite. Certains modèles de qualité atteignent ainsi les 35 000 tours/minute et la majorité des modèles du marché dépasse allègrement les 10 000 tours/minute.

Lorsque l'on veut utiliser la perceuse pour autre chose, ce qui est possible vu la grande diversité des accessoires mis sur le marché, cette vitesse importante s'avère parfois être un handicap. Ainsi, en modélisme, il est parfois utile de tourner beaucoup moins vite, que ce soit pour percer de la matière plastique ou pour poncer ou polir une partie délicate d'une maquette par exemple.

Vous pouvez alors utiliser votre alimentation réglable de labo si vous en avez une mais, outre le fait que cela l'immobilise pour bien peu de chose, c'est une solution assez peu satisfaisante. En effet la variation de vitesse est obtenue par une réduction de la tension d'alimentation de la perceuse, ce qui conduit à une très nette diminution du couple à bas régime. En outre, la dissipation de puissance de l'alimentation peut atteindre des valeurs dangereuses si la perceuse est relativement puissante.

Avec ce montage, nous vous proposons de procéder autrement puisque nous allons faire varier la vitesse de la perceuse par seule action sur le

bas régime est meilleur. En outre, la dissipation de puissance du montage est quasi nulle au point que son unique transistor de puissance n'a généralement pas besoin de radiateur !

Comment ça marche ?

Au vu de cet exposé vous avez certainement compris que notre variateur était une alimentation à découpage mais, rassurez-vous, elle ne fait appel à aucune self ni à aucun composant "exotique" comme le

qu'à travers de R_1 , P_1 et D_1 . Ses temps de charge et décharge peuvent donc être rendus très différents selon la position de P_1 et le signal produit voit donc son rapport cyclique varier d'une valeur proche de 1 ou 100 % à une valeur proche de 0.

Ce signal est inversé par la porte IC_{1b} avant d'attaquer le Darlington de puissance T_1 . Celui-ci est alors en mesure de commander un courant pouvant atteindre 8 A en consommant moins de 1 mA sur la sortie de IC_{1b} . La diode D_3 , quant à elle, éli-

quelques cm^2 seulement, sera glissé entre ce transistor et le circuit imprimé puisque la puissance dissipée reste tout de même très faible.

Le fonctionnement du montage est immédiat et ne nécessite aucun réglage. Nous devons cependant attirer votre attention sur deux points importants :

- il est normal que le moteur de la perceuse "chante" à très bas régime car il vous fait alors entendre le signal BF produit par IC_{1a} ;

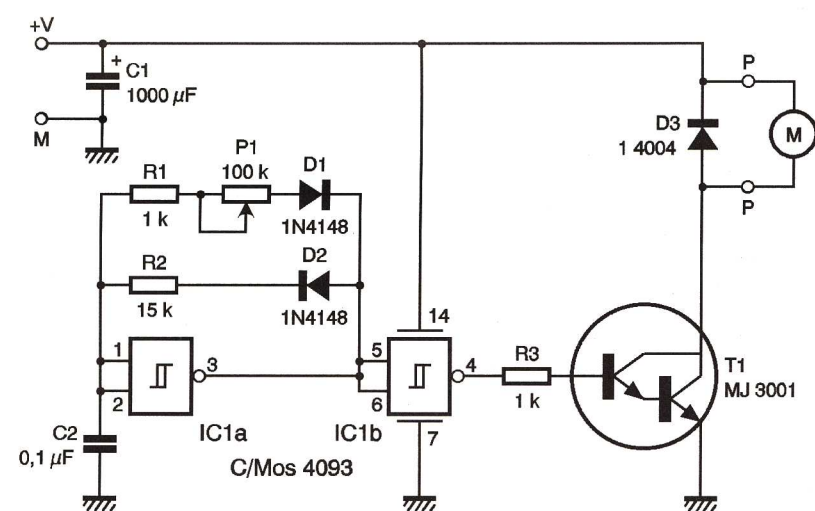


Fig 1

Schéma de notre montage

rapport cyclique des signaux rectangulaires avec lesquels nous allons l'alimenter. On obtient alors les

montre son schéma (figure 1). La porte logique IC_{1a} est montée en oscillateur astable à rapport cyclique

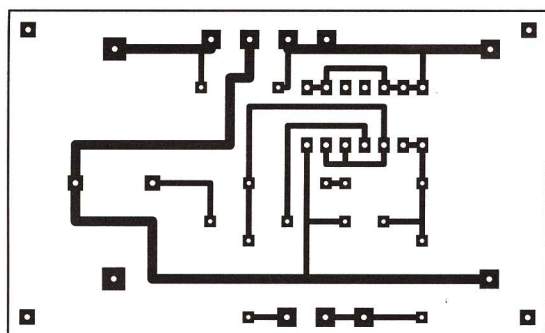


Fig 2

Circuit imprimé, vu côté cuivre

mêmes possibilités de variation de vitesse qu'avec l'alimentation réglable classique, mais le couple à

réglable. En effet, le condensateur C_2 peut se charger au travers de D_2 et R_2 mais ne peut se décharger

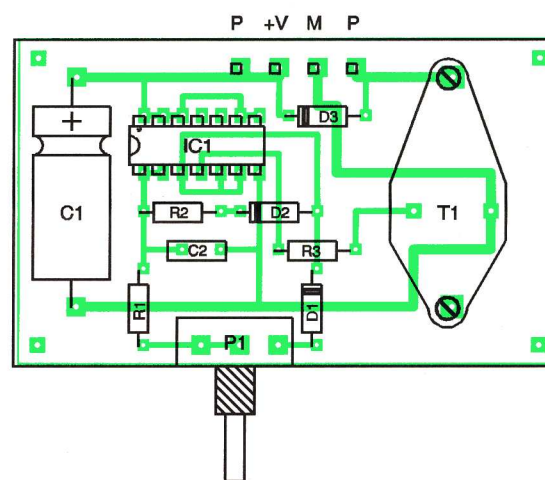


Fig 3

Implantation des composants

mine les surtensions apparaissant aux bornes du moteur sous l'effet de signaux rectangulaires produits par le montage.

La réalisation

Le circuit imprimé supporte tous les composants, y compris T_1 puisque celui-ci dissipe une puissance très faible vu la technique utilisée. Nous y avons également monté P_1 , ce qui permet de fixer le circuit dans son boîtier au moyen du seul canon à vis de ce potentiomètre.

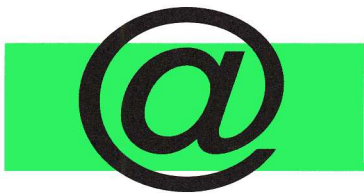
L'alimentation du montage pourra être constituée par le transformateur habituellement utilisé pour la mini-perceuse sous réserve que la tension qu'il délivre ne dépasse en aucun cas 18V qui est le maximum admissible pour IC_{1a} .

Si votre perceuse consomme 2 A ou moins, T_1 peut être vissé directement sur le circuit imprimé. Pour un courant supérieur, un radiateur constitué d'un U en dural mais de

- le couple à bas régime est meilleur que celui obtenu avec un variateur linéaire procédant par diminution de tension mais il ne peut être aussi fort que celui fourni à régime de rotation normal ; les lois de la physique régissant les moteurs électriques sont en effet incontournables !

NOMENCLATURE

- IC_1 : 4093 CMOS
- T_1 : MJ3001
- D_1, D_2 : 1N914 ou 1N4148
- D_3 : 1N4004
- R_1, R_3 : 1 k Ω 1/4 W 5% (marron, noir, rouge)
- R_2 : 15 k Ω 1/4 W 5% (marron, vert, orange)
- C_1 : 1000 μ F/25V chimique axial
- C_2 : 0,1 μ F mylar
- P_1 : potentiomètre linéaire rotatif à implanter sur CI de 100 k Ω
- 1 support de CI 14 pattes



Utilisation de l'oscilloscope au collège

Si l'usage de l'oscilloscope est une démarche pédagogique difficile avec des élèves de Collège, il n'en reste pas moins que des enseignants ont mis en place des stratégies d'apprentissage pour faciliter l'approche de cet outil de mesure. Des documents de travail sur ce thème sont disponibles et téléchargeables sur le site proposé ce mois-ci et vont vous permettre d'envisager cet apprentissage avec les élèves d'une classe de 3^{ème}. Le site (<http://www.apro.fr/usr/jmdefais/>), sur lequel nous avons déjà navigué ensemble, a été élaboré par un enseignant de Technologie au Collège et renferme de nombreuses rubriques à votre attention !
A vos claviers !

■ Initiation au fonctionnement de l'oscilloscope

Le site de ce mois-ci présente des informations et des liens utiles au professeur de Technologie en Collège. Le menu du site propose des applications dans différents domaines de formation au Collège et notamment pour l'électronique. La rubrique **Oscilloscope** permet aux

par les élèves, sont listées une à une et représentent les opérations de base pour régler correctement l'appareil de mesure.

Document n°2 : Visualisation d'un signal alternatif

- La face avant est visualisée avec uniquement les réglages à utiliser.
- Les opérations correspondantes sont à nouveau décrites. Des exemples de visu à l'écran sont représentés et permettent de contrôler la validité du réglage obtenu.

Document n°3 : Mesure de l'amplitude et de la période

- La face avant est visualisée avec uniquement les réglages à utiliser.
- Les réglages décrits concernent la mesure de l'amplitude du signal et la mesure de la période du signal.

Si la démarche précédente repose sur l'utilisation d'un oscilloscope de la gamme METRIX (visualisation de la face avant sur les fiches pédagogiques), le concept est tout à fait transposable pour l'enseignant qui le souhaite, sur un oscilloscope d'un autre type et d'une autre marque.

■ Exploitation pédagogique

Une fois ces pré-requis établis à l'usage de l'oscilloscope, il est possible d'envisager une application pédagogique de type projet : *Le rythme de jogging*. Les élèves doivent déterminer, au travers des activités pratiques à réaliser, les valeurs de composants de la fonction électronique : Générateur d'impulsions à mettre en œuvre.

■ Maquette d'expérimentation

Afin de réaliser l'exploitation pédagogique précédente, une maquette d'expérimentation est disponible sur le site en question et utilise le circuit NE555 en oscillateur. Cette maquette peut-être utilisée pour de nombreuses autres applications. Il est possible de télécharger les dessins de la maquette d'expérimentation du NE555 utilisé dans l'exploitation pédagogique précédente. Les schémas et typons sont, bien entendu, disponibles en les téléchargeant à partir du site Internet.

■ Ressource documentaire

Une ressource documentaire est disponible sur le site pour le circuit intégré NE555, celui-ci étant largement utilisé dans les applications de projet au Collège, il peut être utile d'y avoir accès pour obtenir des informations constructeurs plus précises. L'utilisation pédagogique de l'oscilloscope, telle qu'elle est réalisée au travers des documents téléchargeables sur ce site, doit permettre d'envisager une initiation suffisante de cet outil de mesure à l'égard des

élèves. D'autre part, les applications liées à l'usage de l'oscilloscope sont variées et utilisées en Technologie Collège.

L'offre documentaire proposée sur le site vous conduira sûrement à personnaliser ces documents en vue d'une utilisation en classe avec vos élèves de 3^{ème}.

■ La sélection des sites Techno par G.E.

La sélection réalisée par GE des sites Internet présentant un intérêt pédagogique pour vos activités en Techno Collège :

Site
<http://www.members.aol.com/assetc/default.htm> : GE n°2

Association de la technologie au Collège : l'incontournable !

Site
<http://www.union-fin.fr/usr/jmdefais/> : GE n°3 et 4

La Techno Collège : mécanique, informatique, gestion, électronique. Des dossiers de fabrication en ligne !

Site
<http://www.fitec.fr> : GE n°5 et 6

De nombreuses applications logicielles en électronique.

Site
<http://www.cif.fr> : GE n°7

Des conseils pour la réalisation de la fabrication du circuit imprimé ainsi que pour la technique du wrapping.

Site
<http://www.univ-lille1.fr/~eudil/bbsc/phys/> : GE n°8

L'Université de Lille vous propose sur le Web des cours sur l'électronique.

Site
<http://www.A.Marin@wanadoo.fr> : GE n°11

Des projets et des idées d'activités de la 6^{ème} à la 3^{ème} !

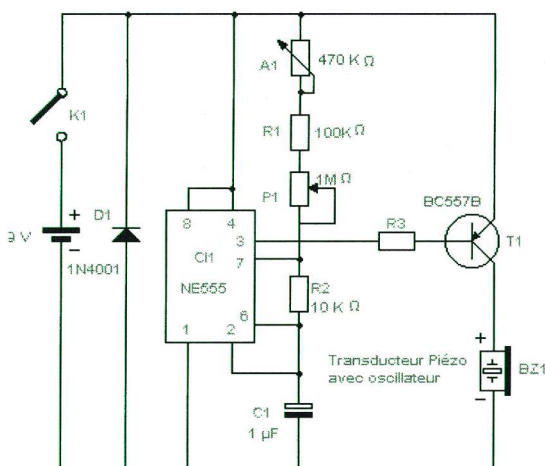


Fig 1

élèves d'effectuer des mesures sur l'oscilloscope en vue d'expérimenter une fonction électronique nécessaire à la réalisation de leur projet en cours et ceci grâce aux documents d'accompagnement fournis que nous allons découvrir dans cet article. Pour ce faire, le professeur créateur du site en question a mis en place une démarche d'apprentissage qui consiste à initier les élèves à l'usage de l'oscilloscope. Trois documents liés à cette démarche sont téléchargeables au format WORD et constituent des fiches de guidage pour les élèves au travers de leur apprentissage :

Document n°1 : Réglage de la trace

- Une description des réglages utilisés à l'aide de la face avant de l'oscilloscope permet d'identifier la position des différents éléments de réglage (bouton, commutateurs, potentiomètres, etc.).
- Les opérations, simples à réaliser

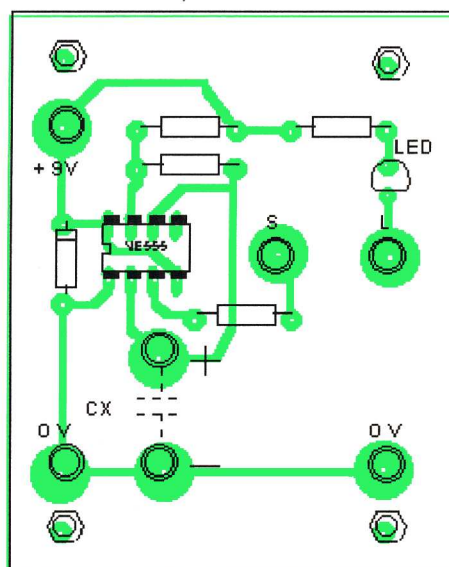
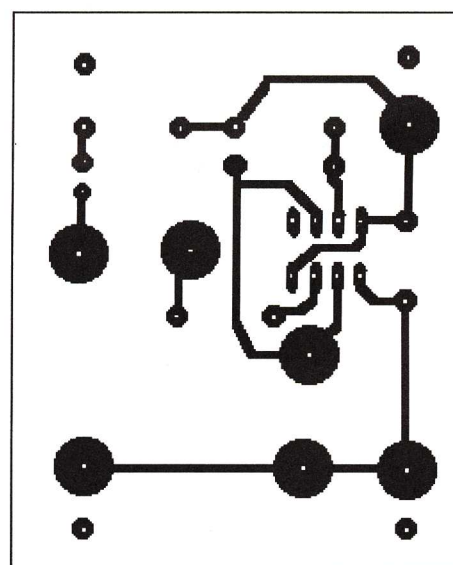


Fig 2



Simulateur de pannes pour voiture

A quoi ça sert ?

Rassurez-vous nous ne sommes pas devenus nostalgiques de l'époque où nos chères automobiles tombaient en panne relativement souvent ; la vocation du montage que nous vous proposons aujourd'hui est en effet toute autre puisque c'est en réalité un antivol particulièrement original.

En effet, alors que tous les antivol actuels procèdent par alarme sonore et, pour les plus évolués d'entre-eux, par une interdiction totale de tout démarrage, le nôtre agit autrement. Il permet en effet au véhicule de démarrer normalement mais le fait caler après quelques secondes, laissant ainsi croire au voleur qu'il est en présence d'une voiture présentant de sérieux problèmes.

De ce fait notre antivol ne peut servir seul car il ne protège pas du vol des accessoires tels que l'autoradio par exemple. Par contre, il s'avère très efficace vis à vis des tentatives de vol du véhicule lui-même. Avec lui, vous ne risquez plus "d'emprunt" de votre voiture pour "la virée" du samedi soir, l'emprunteur préférant choisir une voiture qui marche mieux !

En outre, ce mode d'action étant quasiment inconnu des voleurs, ils ne peuvent être tentés de le neutraliser comme un modèle classique dont les schémas de câblage sont hélas connus de tous !

Lorsque nous aurons ajouté que le prix de revient de ce montage est dérisoire puisqu'il est de l'ordre de cent francs environ, vous serez sans doute convaincu de son intérêt.

Comment ça marche ?

Le principe utilisé est fort simple et consiste tout simplement à couper le circuit d'allumage (pour les voitures à essence) ou le circuit de l'électrovanne de gas-oil (sur les véhicules diesel) au bout d'un délai prédéterminé. Notre montage est donc mis sous tension par la clé de contact ce qui charge le condensateur C_2 au travers de la résistance R_2 . Le niveau à l'entrée de IC_{1a} est donc

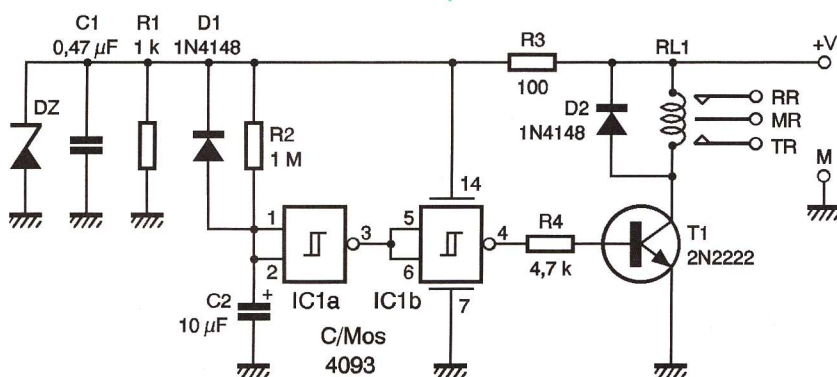


Fig 1

Schéma de notre montage

bas pendant cette phase de charge et sa sortie est au niveau haut ce qui, inversé par IC_{1b}, maintient le transistor T₁ à l'état bloqué. Le relais RL₁ reste donc décollé et le véhicule fonctionne normalement et peut donc démarrer.

Au bout d'un temps déterminé par R_2 et C_2 , qui est de l'ordre de dix secondes avec les valeurs proposées, l'entrée de la porte IC_{1a} change d'état ce qui rend T₁ conducteur et

fait coller le relais RL₁. Celui-ci peut alors couper le circuit d'allumage ou l'électrovanne d'arrivée de gas-oil comme expliqué ci-dessus, ce qui fait caler le moteur. Pour pouvoir redémarrer, il faut, sur tous les véhicules, couper le contact puis le remettre, ce qui a pour effet de placer à nouveau le montage dans son état initial. En effet, lorsque le contact est coupé, le condensateur C_2 se

décharge très rapidement dans R₁ au travers de la diode D₁. De ce fait, chaque fois que le voleur potentiel tente de démarrer, il y parvient mais

le moteur cale après quelques secondes ce qui lui fait croire à un

problème mécanique et non à la présence d'un quelconque antivol qu'il pourrait tenter de neutraliser.

La réalisation

Le circuit imprimé supporte tous les composants du montage qui ne posent aucun problème d'approvisionnement. Cependant, compte

tenu de leur fonctionnement dans l'environnement sévère d'une voiture, veillez à choisir des composants neufs et de qualité. Le circuit intégré sera soudé ou monté sur support à contacts tulipes. Les supports normaux à contacts en lyre sont à proscrire en raison de leur mauvaise tenue aux vibrations.

Le montage peut être essayé sur table avant sa mise en place sur le véhicule, au moyen d'une alimentation stabilisée délivrant 12V, voire même avec une simple pile de 9V. Dans ce dernier cas le délai de collage du relais sera un peu plus court que sur le véhicule vu la tension d'alimentation plus faible.

Le montage sera ensuite installé sous le tableau de bord en un

relais pourra couper le circuit d'allumage, l'alimentation du calculateur d'injection, court-circuiter les vis platinées (s'il y en a encore sur votre voiture !), couper l'alimentation de la pompe à essence si elle est électrique, couper l'électrovanne d'arrivée de gas-oil, etc.

L'examen du schéma électrique de votre véhicule et un minimum de réflexion vous permettront sans mal de trouver la meilleure solution. Si vous n'êtes pas un habitué du "bricolage" automobile, sachez que vous pouvez trouver le schéma électrique complet de votre voiture dans l'ouvrage "La Revue Technique Automobile" ou RTA qui lui est consacrée ; ouvrage que l'on trouve chez tous les accessoiristes autos et magasins à grande surface, spécialisés ou non (Norauto, centres auto Carrefour ou Casino, etc.).

NOMENCLATURE

IC₁ : 4093 CMOS
T₁ : 2N2222 A
D₁, D₂ : 1N914 ou 1N4148
DZ₁ : zéner 15V/0,4 W
R₁ : 1 kΩ 1/4 W 5% (marron, noir, rouge)
R₂ : 1 MΩ 1/4 W 5% (marron, noir, vert)
R₃ : 100 Ω 1/4 W 5% (marron, noir, marron)
R₄ : 4,7 kΩ 1/4 W 5% (jaune, violet, rouge)
C₁ : 0,47 µF mylar
C₂ : 10 µF/25V chimique radial
RL₁ : Relais 12V/1 RT 8/10 A (Zettler AZ693, Siemens V23057B, Scharck RP010)
1 support de CI 14 pattes à contacts tulipes

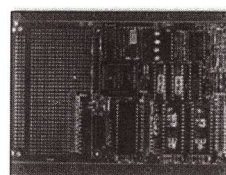
Dans tous les cas, cette alimentation sera prise après la clé de contact afin que le montage puisse jouer son rôle normalement.

Selon le type de véhicule utilisé, le

PROGRAMMATEURS : PLUS DE 50 MODÈLES



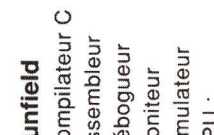
MEGAMAX-4G



Carte d'application avec CPU Intel et Motorola



SHOOTER II

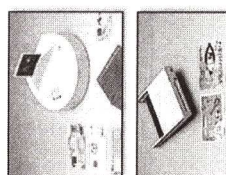


Dunfield
Compilateur C
Assembleur
Débugueur
Moniteur
Simulateur
CPU :

• 68HC08/6809
• 68HC11/12/16
• 8051/52
• 8080/85/86
• 8096



HI-Lo Systems



MEDICAL C/CHIP
Kit de développement de cartes à puce avec (ou sans) interpréteur Basic

Aussi disponibles :
• Effaceur UV • Cartes I/O • Simulation logique-analogique mixte et routage
• Emulateur de ROM et de microcontrôleur • Analyseur logique

HI TECH TOOLS (N.T.T.)
40, rue Saint-André
72000 LE MANS
Tél. 02 43 28 15 04
Fax 02 43 28 59 61
E-mail : hitechtools@hitechtools.com
http://www.hitechtools.com

Un gravimètre expérimental

Une anecdote de l'Histoire veut qu'un jour Isaac NEWTON (1642-1727), se promenant sous un pommier, reçut sur sa tête une pomme. Ce choc serait le point de départ de ses réflexions sur les lois de la gravitation universelle.

L'appareil expérimental que nous vous proposons permet de mesurer la valeur du fameux nombre "g" qui est par convention l'accélération de la chute libre d'un corps sous l'effet de la pesanteur. Rappelons qu'à Paris cette valeur est de 9,81 m/s². A défaut de pouvoir effectuer des mesures sur d'autres planètes, notre gravimètre permet de mesurer des valeurs d'accélérations verticales (supérieures ou inférieures à g) au moment du démarrage ou du ralentissement d'un ascenseur par exemple.

Quelques considérations théoriques

La pesanteur n'est qu'un cas particulier de l'attraction universelle qui veut que deux corps s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare :

$$F = k \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

F : Force d'attraction exprimée en "Newton"

K : Constante universelle d'attraction, soit 6,67.10⁻¹¹

M₁ : Masse du premier corps (en kg)

M₂ : Masse du second corps (en kg)

D : Distance séparant les deux corps (en mètres)

Ainsi un corps reposant sur la surface de la terre subit une attraction F vers le centre de notre planète que l'on peut calculer en prenant pour M₁ la masse de la terre, M₂ la masse du corps et d le rayon de la terre. A Paris, on trouverait ainsi que F = M₂g, ce qui revient à dire que

$$g = \frac{KM_1}{r^2}$$

Mais notre gravimètre ne repose pas sur ce principe d'ordre statique. Il est au contraire basé sur les lois de la cinématique appliquées à la chute libre des corps. On peut montrer expérimentalement que tous les corps, quels que soient leur forme ou leur densité, tombent également vite. Bien entendu, cela n'est pas tout à fait vrai dans le cas de la chute d'un corps dans l'air. Ce dernier ralentit en effet davantage la chute d'un corps léger présentant une grande surface (feuille de papier par exemple) qu'un corps lourd et ramassé (bille en acier par exemple). Dans notre gravimètre expérimental, nous utilisons donc une bille en acier qui tombe sur une courte distance, ce qui lui confère peu de vitesse. Le phénomène de ralentissement de l'air est donc tout à fait négligeable.

Une autre loi de la dynamique nous apprend que toute masse soumise à une force constante voit sa vitesse

soumis à une accélération constante. Ainsi, un corps de masse M qui

tombe d'une origine donnée est soumis à une accélération g telle que

$$g = \frac{F}{M}$$

De plus, sa vitesse est proportionnelle en temps. Au bout d'un temps "t", la vitesse atteinte par ce corps s'exprime par la relation v = gt. On peut également calculer la distance parcourue au bout de ce même temps "t" en partant du principe que cette distance est la somme d'une infinité de distances élémentaires, suivant les lois de l'intégration :

$$d = \int v \cdot dt = \int gt \cdot dt = g \int t \cdot dt$$

$$\text{Soit } d = \frac{1}{2} gt^2$$

Notre gravimètre exploite cette relation. Nous mesurerons donc la durée

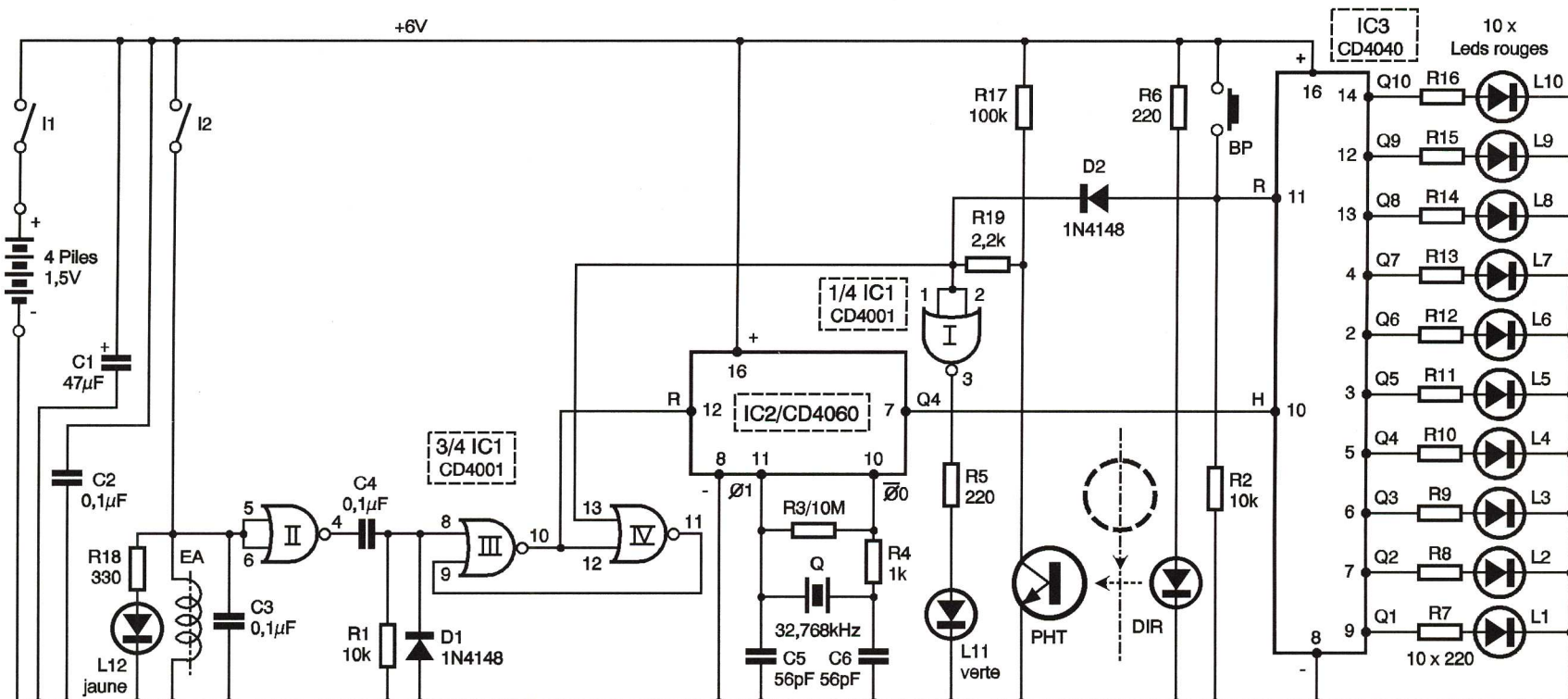


Fig 1

Schéma de principe

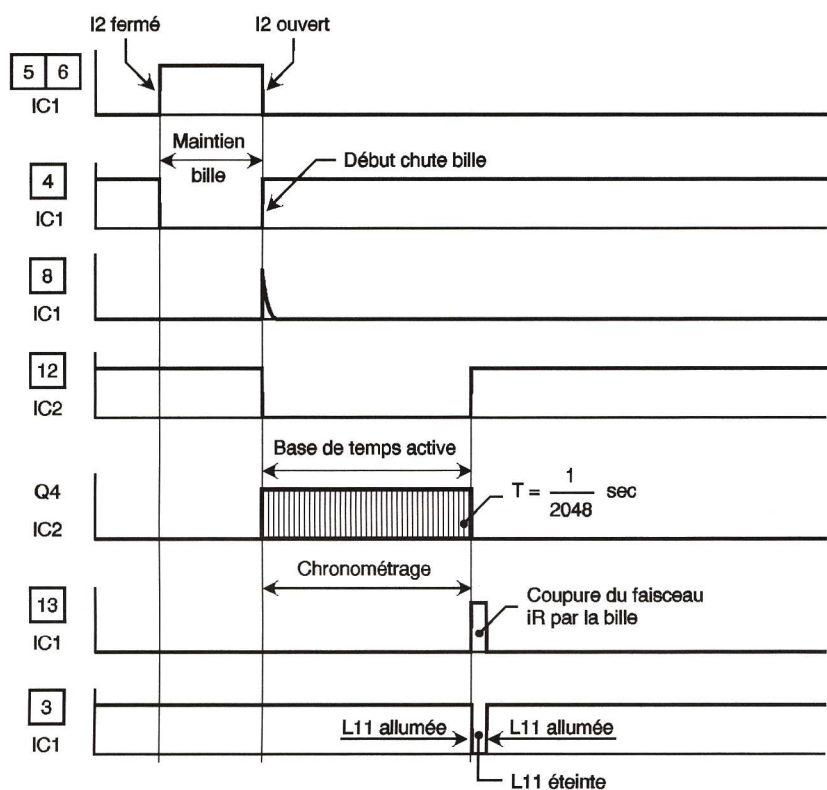


Fig 2 Chronométrage

de la chute d'une bille pour une distance d connue. La valeur de g se détermine alors au moyen de la relation :

$$g = \frac{2d}{t^2}$$

tement de l'air peut être considéré comme négligeable.

Le fonctionnement du gravimètre (figures 1 et 2)

Alimentation

L'énergie nécessaire au fonctionnement du montage sera fournie par quatre piles de 1,5V montées en série. On obtient ainsi une source continue de 6V que l'interrupteur I1

permet de mettre en service. A noter que la plus grande partie de la consommation (environ 150 mA) est due à l'alimentation de l'électro-aimant assurant le maintien de la bille en position d'attente du départ. La durée de cette situation étant réduite à un strict minimum, l'autonomie de l'alimentation est tout à fait importante.

L'électro-aimant de maintien

Il s'agit du bobinage récupéré d'un relais 6V. Il comporte un noyau relié à une armature métallique qu'il convient de conserver pour obtenir davantage de flux magnétique. Un système très simple de centrage de la bille entoure un côté de l'électro-aimant. Ainsi la bille se positionne mécaniquement et toujours au même endroit.

La bille utilisée dans ce montage se caractérise par un diamètre de 25 mm. Elle pèse environ 64 gr. L'expérience montre que le bobinage de l'ordre de 40 Ω , ce qui représente sous 6V 0,90 W, est amplement suffisant au niveau de la force magnétique produite. C'est l'interrupteur I2 qui alimente l'électro-aimant. Sa mise sous tension est matérialisée par l'allumage de la LED jaune L12, dont l'intensité est limitée par R18.

Début du chronométrage

Lorsque l'interrupteur I2 est fermé, la sortie de la porte inverseuse NOR II présente un état bas. Dès que l'on ouvre I2, on enregistre sur la sortie de cette porte un état haut. Rappelons que cet instant précis correspond au début de la chute de la bille. Le front montant disponible

sur la sortie de la porte NOR est pris en compte par le dispositif dérivateur formé par C4, R1 et D1. Sur la cathode de cette dernière, on observe un bref état haut dû à la charge rapide de C4 à travers R1. Plus tard, lorsque l'on refermera I2 pour une nouvelle mesure, et que la sortie de la porte NOR repasse à l'état bas, C4 se décharge à travers D1 de manière à être prête pour le déclenchement suivant.

Les portes NOR III et IV forment une bascule R/S (Reset/Set). Toute impulsion positive, même brève, présentée sur l'entrée 8 a pour conséquence la présentation d'un état bas stable sur la sortie de la porte NOR III. De même, toute impulsion positive sur l'entrée 13 a pour résultat le passage de la sortie de la porte NOR III sur sa position haute de repos. Retenons pour l'instant que le début du chronométrage correspond au passage à l'état bas de la sortie de la porte NOR III.

Chronométrage

Le circuit intégré référencé IC2 est un CD4060. Il s'agit d'un compteur binaire de 14 étages montés en cascade. Il comporte, en outre, un oscillateur interne commandé par le quartz Q. Ce compteur est bloqué sur zéro tant que l'entrée RESET est soumise à un état haut. Toutes les sorties Qi présentent un état bas. En revanche, dès le début du chronométrage, lorsque l'entrée RESET est soumise à un état bas, l'oscillateur entre en action. S'agissant d'un quartz de 32,768 kHz, la période du créneau disponible au niveau O.

$$\text{est de } \frac{1}{32768 \text{ s}}$$

Si t_0 est cette période, la valeur de

Principe de fonctionnement du gravimètre

Le chronométrage de la durée de la chute de la bille est réalisé grâce à une base de temps pilotée par un quartz. La bille en acier est d'abord maintenue en suspension grâce à un électro-aimant. Le début très précis de la chute de la bille correspond au moment où l'on cesse d'alimenter le bobinage de l'électro-aimant. A une distance "d" connue de cette origine, on détermine l'instant précis où la bille, dans sa chute, occulte le faisceau infrarouge canalisé et émis par une diode infrarouge. C'est la fin du chronométrage. La bille tombe ensuite sur une semelle en caoutchouc destinée à amortir le choc.

Dans le montage proposé, la distance "d" est de l'ordre de 110 mm (cela n'a pas beaucoup d'importance, comme nous le verrons plus loin). A titre de curiosité, on peut calculer la vitesse atteinte au bout de cette course au moyen des relations :

$$v = gt$$

$$2d = gt^2$$

De la seconde relation, on tire

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$$

$$\text{d'où } v = g\sqrt{\frac{2d}{g}} = v = \sqrt{2gd}$$

$$\text{soit } v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,110} = 1,47 \text{ m/s}$$

$$\text{soit environ } 5 \text{ km/h}$$

On voit donc que la vitesse reste faible ce qui montre bien que le frot-

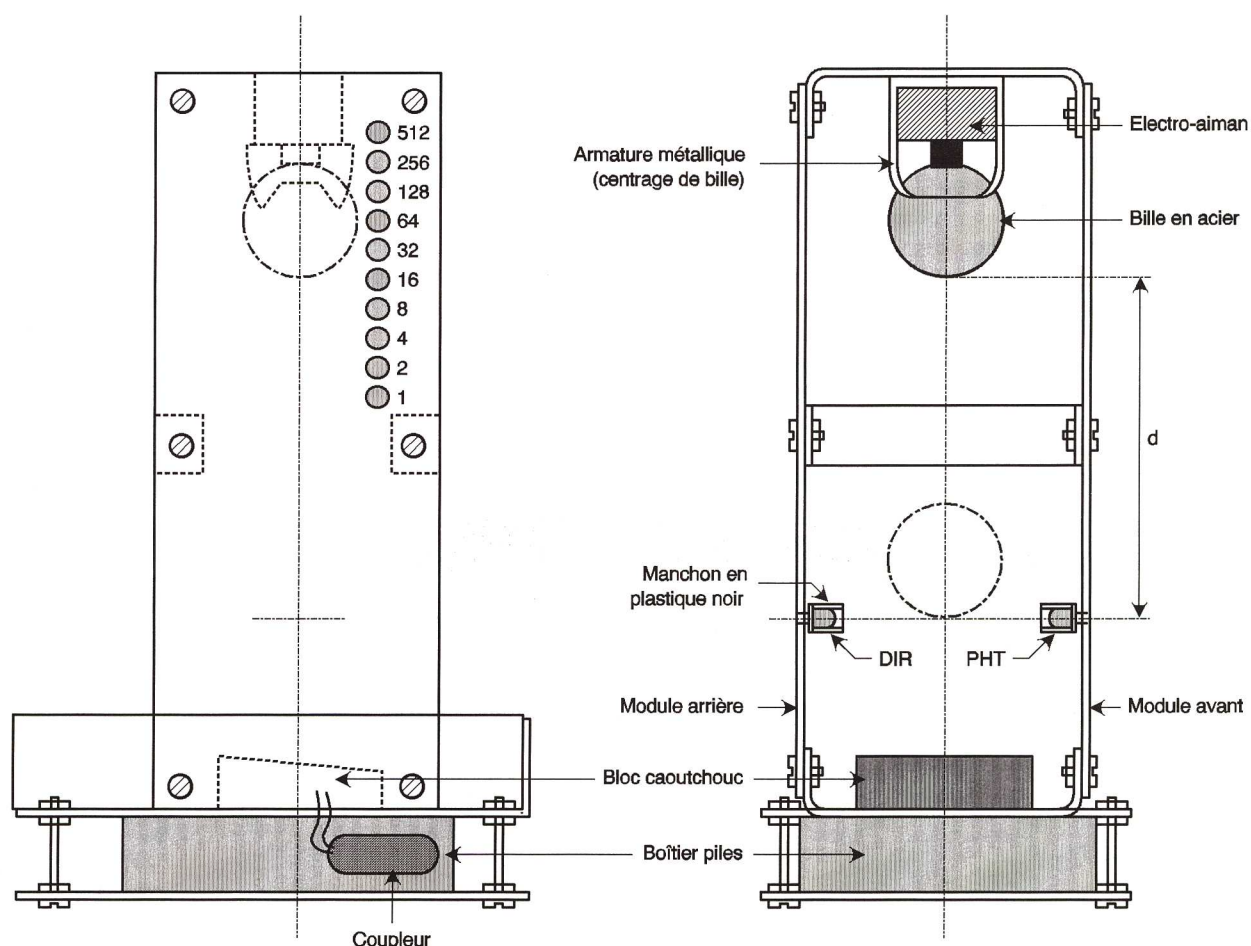


Fig 5

Montage mécanique

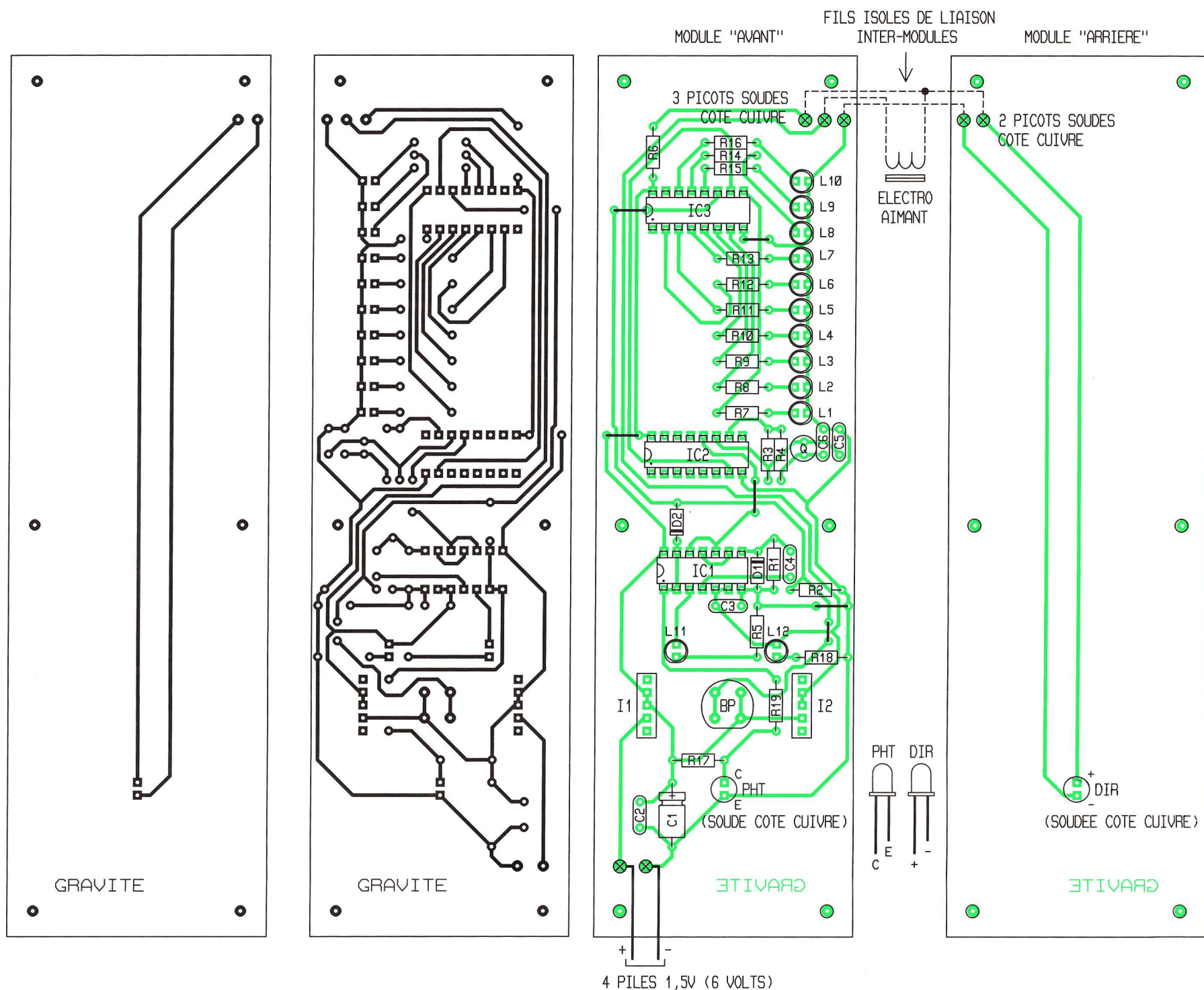


Fig 4a

Tracés des circuits imprimés

Implantation des éléments

Fig 4b

ti sur une sortie quelconque Qi de IC2 s'exprime par la relation $t_i = 2^i \times t_0$. En particulier, au niveau de Q4, on relève un créneau de forme carrée et caractérisé par une période de

$$\frac{2^4}{32768} = \frac{16}{32768} = \frac{1}{2048} \text{ s.}$$

Fin du chronométrage

Une diode infrarouge est disposée en face d'un phototransistor le long

d'un axe horizontal situé à environ 110 mm sous le sommet inférieur de la bille en position de repos.

Le courant d'alimentation de la diode est limité par R6. Au niveau du collecteur du phototransistor on note un potentiel nul tant que ce dernier est soumis au rayonnement infrarouge émis par la diode. La sortie de la porte NOR I présente alors un état haut qui, par l'intermédiaire de R5, assure l'alimentation de la LED verte L11. L'allumage de celle-ci indique donc

que le phototransistor fonctionne normalement et qu'aucun obstacle matériel ne vient gêner le rayonnement infrarouge. Dès que la bille, dans sa chute, occulte le faisceau infrarouge, le collecteur du phototransistor passe à l'état haut.

Il en résulte le désamorçage immédiat de la bascule R/S évoquée précédemment. L'entrée RESET de IC2 étant à nouveau soumise à l'état haut, le chronométrage cesse et IC2 reste bloqué sur la position qu'il occupait à ce moment précis.

Indication du résultat du chronométrage

Le circuit IC3 est un CD4040. C'est un compteur binaire de 12 étages. C'est l'entrée "Horloge" qui reçoit les impulsions de comptage. Les sorties Q1 à Q10 alimentent les LED rouges L1 à L10 à travers les résistances de limitation R7 à R16. La lecture des résultats du chronométrage se réalise donc par l'observation des LED allumées suivant la logique binaire. En fait, la première LED correspond à la valeur 1, la seconde à 2, la n^{ème} à 2^{n-1} et la 10^{ème} à 512.

NOMENCLATURE

6 straps (4 horizontaux, 2 verticaux)
R1, R2 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R3 : 10 MΩ (marron, noir, bleu)
R4 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R5 à R16 : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
R17 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R18 : 330 Ω (orange,

orange, marron)
R19 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
D1, D2 : diodes signal 1N4148
L1 à L10 : LED rouges Ø 3mm (haute luminosité)
L11 : LED verte Ø 3mm
L12 : LED jaune Ø 3mm
C1 : 47 µF/10V électrolytique
C2 à C4 : 0,1 µF céramique multicouches

C5, C6 : 56 pF céramique
Q : quartz 32,768 kHz
PHT : phototransistor BPW42 (Ø 3)
DIR : diode infrarouge (Ø 3) TSUS 3400 (implantée module arrière)
IC1 : CD4001 (4 portes NOR)
IC2 : CD4060 (compteur binaire 14 étages avec oscillateur incorporé)
IC3 : CD4040 (compteur binaire 12 étages)

1 support 14 broches
2 supports 16 broches
5 picots (3 module principal, 2 module arrière)
I1, I2 : inverseurs monopolaires pour circuit imprimé
BP : bouton-poussoir pour circuit imprimé
Coupleur pression
Coupleur 4 piles
4 piles 1,5V LR6
Électro-aimant, bille acier (voir texte)



Un télégraphe Morse

■ Il serait dommage de ne pas aborder le télégraphe Morse dans cette série consacrée aux divers instruments de communication utilisés jusqu'à nos jours. La description de la réalisation complète des appareils d'émission et de réception nécessitant plus qu'une double page, nous l'avons scindée en deux. C'est pourquoi nous vous proposons dans cette première partie un petit rappel historique, suivi des quelques notions nécessaires à une bonne utilisation du manipulateur qui fait l'objet de la présente fabrication.

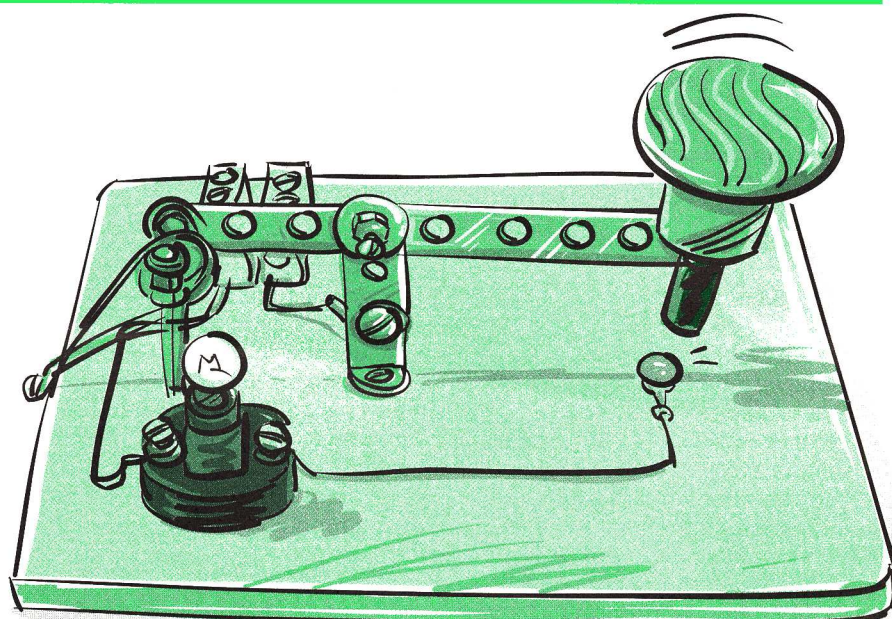
■ La télégraphie électrique

Parallèlement au télégraphe mécanique de Chappe, pour ne citer que cet appareil, l'électricité constitue un objet de recherche comme mode de transmission de l'information. C'est avec l'électricité statique que sont effectués les premiers essais, comme ce télégraphe réalisé par le Genevois Georges Lesage, dont les électroscopes ne permettent son emploi que d'une pièce à l'autre. Il faut attendre 1800 et la pile de Volta avec la profusion d'expériences qu'elle génère pour que naissent des



Samuel Morse (1791-1872)

graphe qui actionne les aiguilles de 5 galvanomètres. Pour transmettre, il suffit d'appuyer sur les 5 touches d'un clavier en utilisant un code préalablement établi. Les appareils suivants bénéficient



sans pour autant constater une altération notable de la conduction. Cette dernière observation, reprise par Steinheil, est alors appliquée à la télégraphie ce qui permet d'effectuer l'économie du fil de retour.

■ L'appareil de Morse

Samuel Morse (1791-1872), est tout d'abord attiré par les arts, puisqu'il se livre à la peinture dès sa sortie de Yale (Connecticut) en 1810. Au cours de son second voyage en Europe qui doit lui permettre de terminer ses études sur les beaux-arts, en 1839, il conçoit le principe d'un appareil électromagnétique de transmission en application des travaux les plus récents dans ce domaine. Il s'attèle à cette réalisation de 1832 à 1842, date à laquelle il acquiert la renommée qu'on lui connaît.

Curieusement, alors qu'à cette date une somme de 400.000 francs lui est accordée en indemnités (dont 144.000 francs versés par la France), les pouvoirs publics ne renoncent pas pour autant aux transmissions par signaux aériens.

■ Le télégraphe Morse

Le télégraphe Morse repose sur deux principes simples. D'une part, c'est un appareil écrivant qui trace des traits et des points, lesquels correspondent à un code de transcription des caractères alphabétiques. D'autre part, le système mécanique, actionné par un électroaimant, reproduit les actions d'un opérateur sur un manipulateur sans que cela nécessite des réglages et un entretien considérables, ce qui constitue un facteur important de fiabilité. En appuyant plus ou moins longtemps sur le manipulateur, on obtient les points et les traits désirés (voir en encadré le code Morse). La seule difficulté réside dans la nécessité d'envoyer ces signaux suffisamment vite pour ne pas encombrer la ligne et, donc, d'obtenir une grande dextérité de la part des opérateurs.

■ Le manipulateur

C'est l'objet de notre première approche pratique du télégraphe Morse. Pour effectuer sa construc-

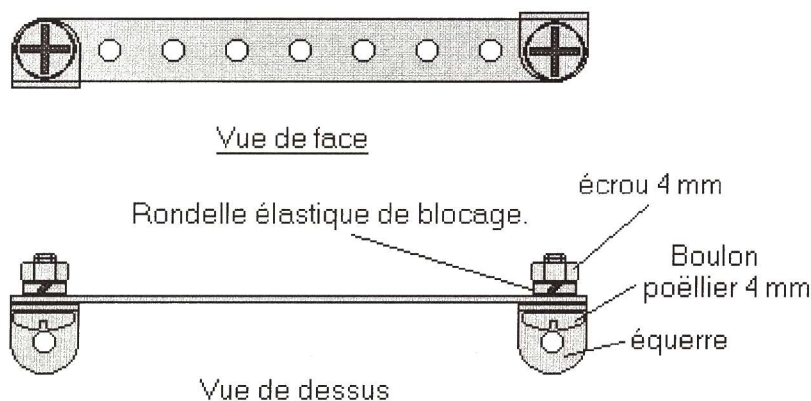


Fig 1

Préparation du bras du manipulateur

applications plus raisonnables. Déjà en 1802, un commissaire des guerres à la retraite, Jean Alexandre, trace les plans d'un télégraphe à cadran fonctionnant à l'aide d'une pile. Faute d'encouragements et de moyens, son idée ne peut être développée puis tombe dans l'oubli des cartons poussiéreux qu'il lègue à sa descendance.

Les travaux d'Oerstedt sur l'électromagnétisme, suivis des recherches d'Arago et de Faraday relancent le projet d'établissement d'une communication quasi instantanée entre des points éloignés. Le physicien anglais Wheatstone s'inspire du principe de la déviation d'une aiguille aimantée par un conducteur pour construire en 1837 un télé-

de perfectionnements divers, comme celui qui consiste à se passer du conducteur de retour vers le pôle négatif de la pile. Cette simplification trouve son origine dans une série de travaux antérieurs. C'est en 1747 que des membres de la Société Royale de Londres, dont Cavendish, Watson et Martin Folkes se sont réunis sur les bords de la tamise afin de procéder à quelques expériences. En tenant un fil métallique d'une rive à l'autre, ils constatent que, s'ils le mettent en contact avec une bouteille de Leyde tout en effectuant le retour par un conducteur plongé dans l'eau, ils subissent une secousse, signe que l'eau se comporte comme le conducteur de retour. En s'éloignant, ils utilisent les berges puis une bande de terrain,

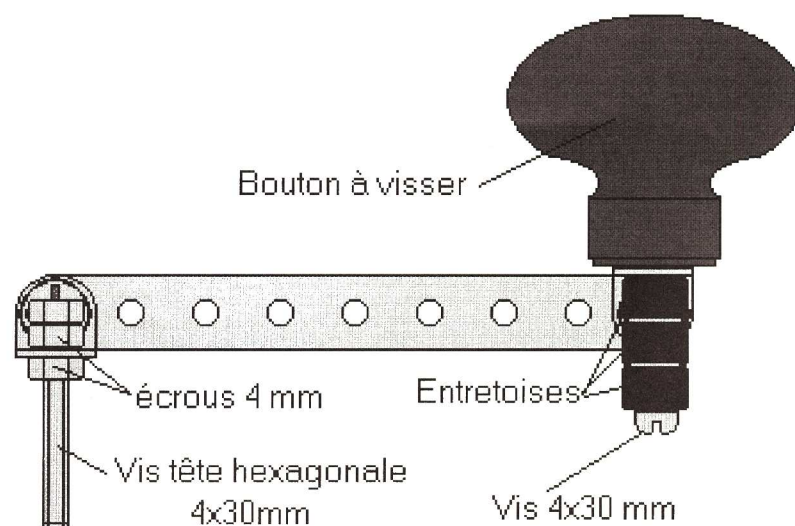
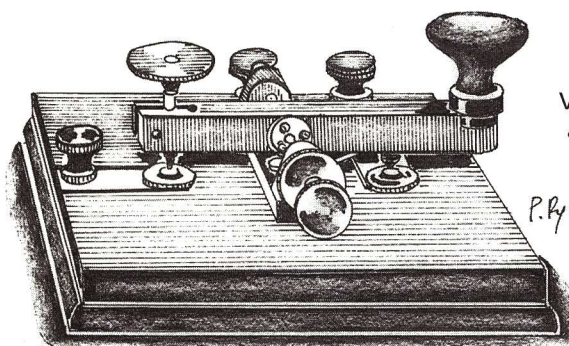


Fig 2

Fixation des éléments sur les équerres



Manipulateur Morse

dans les grandes surfaces d'outillage.
Vous commencerez donc par assembler les équerres sur la barre de 9 trous comme indiqué sur la **figure 1**. Elles sont montées avec une rondelle élastique de blocage qui maintient le tout serré.
Fixez ensuite la vis à

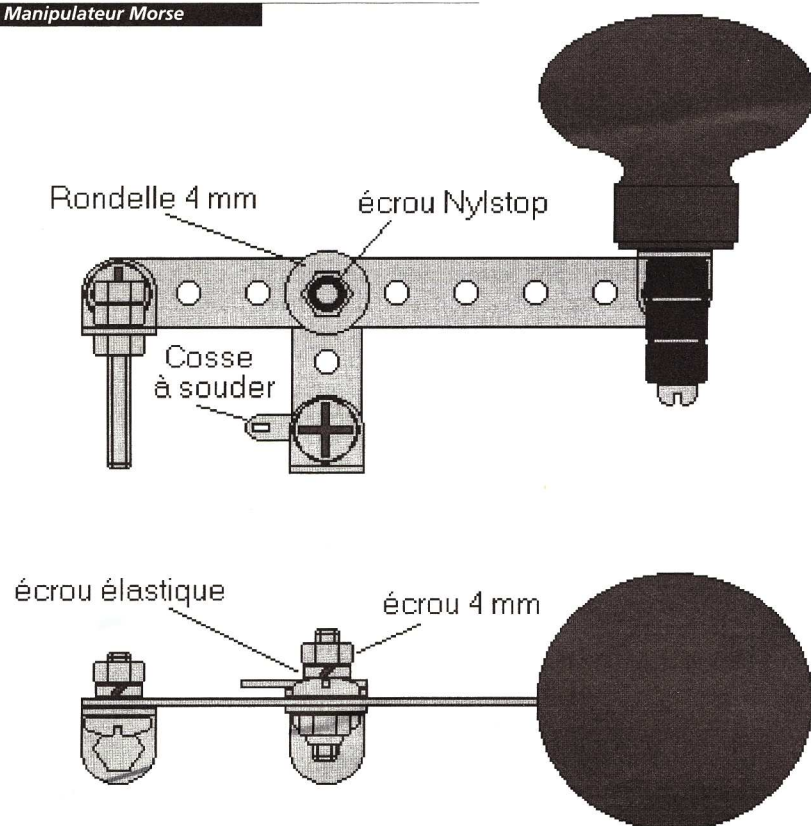


Fig 3

Vue de face et vue dessus

tion, commencez par réunir le matériel de la liste (**figure 5**). Nous faisons appel à quelques éléments Meccano, dont une barre d'assemblage de 9 trous et une de 3, ainsi qu'une équerre et 3 entretoises. Pour le reste, il s'agit de la visserie classique et de quelques éléments qu'il est facile de se procurer

tête hexagonale et les écrous de réglage afin de régler le débattement (**figure 2**). Le bouton isolant du manipulateur est constitué d'un bouton de placard à visser, maintenu par une vis montée sur entretoises qui fait office de contact. Pour que l'ensemble puisse pivoter librement autour d'un axe, assem-

Une planchette de 160x100mm

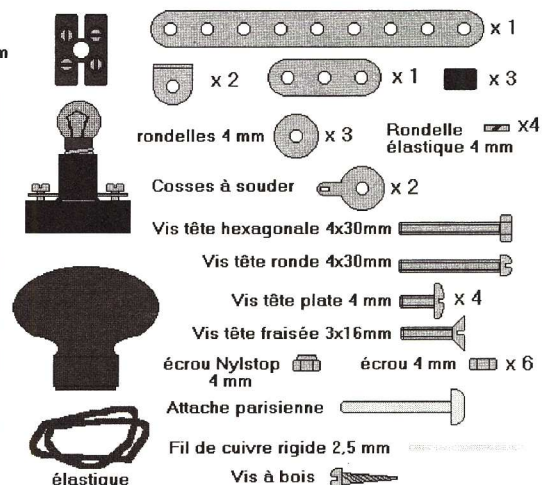
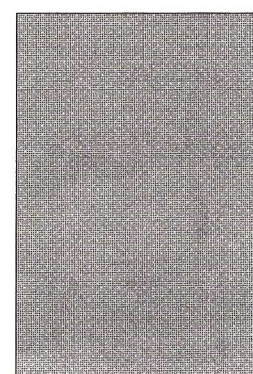


Fig 5

Le matériel qu'il faut réunir pour fabriquer le manipulateur

blez le bras du manipulateur sur la barre de 3 trous en intercalant des rondelles entre une vis à tête plate et un écrou Nylstop. La bague de nylon permet de bloquer le tout sans pour autant que ce soit serré (**figure 3**).

Une équerre, fixée sur la base par une rondelle élastique, doit permettre de solidariser la partie mobile au support en bois.

L'assemblage complet est décrit sur la **figure 4**. Vous effectuerez donc 2 perçages de 3 mm de diamètre dans le support en bois aux emplacements qu'il faut repérer en fonction de l'implantation choisie. L'idéal est encore de fixer la partie mobile puis de percer à l'emplacement exact du point de contact entre la vis et l'attache parisienne.

Fixez le support de lampe et le domino avec les vis à bois, puis effectuez le câblage avec un fil de cuivre rigide de 2,5 mm. Pliez le fil avant d'effectuer les soudures.

Branchez une pile de 4,5V pour effectuer les essais du manipulateur et vérifiez que la lampe s'allume dès l'appui sur le bouton. Pour ajuster la sensibilité du manipulateur à votre doigté, modifiez la tension de l'élastique de rappel ou le serrage de l'écrou Nylstop.

Votre transmetteur est maintenant terminé. Il ne vous reste plus qu'à vous familiariser avec le code Morse avant l'étude du récepteur que nous développerons dans un prochain numéro de G.E.

P. RYTER

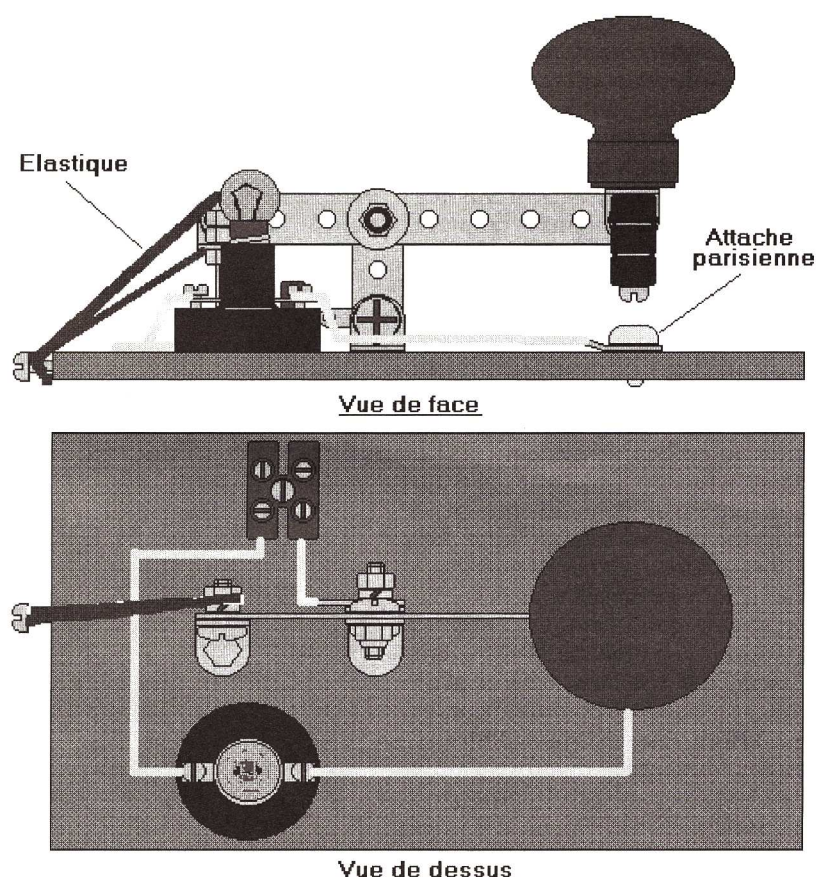


Fig 4

Mise en place des éléments

ALPHABET					
a	---	l	----	x	----
b	----	m	---	y	----
c	----	n	--	z	----
d	---	o	----	ch	----
e	-	p	----	w	---
f	----	q	----	ã	----
g	---	r	---	é ou ê	----
h	----	s	--	ï	----
i	--	t	-	ñ	----
j	----	u	---	õ	---
k	---	v	----	û	---

CHIFFRES					
1	---	Forme abrégée	7	---	Forme abrégée
2	---	---	8	---	---
3	---	---	9	---	---
4	---	---	0	---	---
5	---	---	Barre de fraction	---	---
6	---	---		---	---

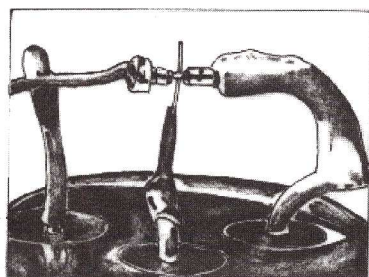
SIGNES DE PONCTUATION					
Point..... (.)	---	Trait d'union..... (-)	----		
Point et virgule..... (,)	----	Guillemets..... (" ")	----		
Virgule..... (,)	----	Parenthèses..... ()	----		
Deux points..... (:)	----	Alinéa.....	----		
Point d'interrogation(?)	----	Souligné (avant et après les mots ou membre de phrase)	----		
Point d'exclamation (!)	----		----		
Apostrophe..... (')	----	Double trait..... (=)	----		

INDICATIONS DE SERVICE					
Appel (préliminaire de toute transmission).....	----				
Demande de répétition d'une transmission non comprise.....	----				
Compris.....	----				
Erreur.....	----				
Fin de transmission.....	----				
Invitation à transmettre.....	----				
Attente.....	----				
Réception terminée.....	----				

Fig 6

Signaux télégraphiques Morse

PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE



Agrandissement du transistor à effet de champ, développé par Tezner du CNET (1959)

mique, et au sein duquel est insufflé une culture d'entreprise.

Il est en effet extrêmement difficile de planifier les investissements si on ne s'attaque aux problèmes qu'au moment où ils surgissent. Catherine Berto souligne ce fait dans son ouvrage *Télégraphes & Téléphones*, édition Le Livre de Poche, 1981 : «L'automatisation se fait à coup d'opérations ponctuelles et isolées. Les mauvaises langues prétendent même que l'instabilité ministérielle est un bienfait pour les Télécommunications : à chaque nouveau ministre correspondrait l'automatisation d'une nouvelle circonscription électorale. (...) Plus grave, la pénurie amène à des choix contestables. Quand on automatise un groupement par exemple - c'est à dire une petite circonscription - on dote de l'automatique seulement l'agglomération principale et sa périphérie immédiate. Le reste des abonnés demeure en manuel ce qui nécessite de conserver des opératrices dans des centres théoriquement automatisés.»

Est donc mis en place une gestion pluriannuelle qui tient compte du fait qu'il s'écoule plusieurs années entre la décision de construire un central et son exploitation effective. Entre autres éléments de décisions sont intégrées les études de marché, les objectifs commerciaux, des programmes industriels relatifs aux équipements ainsi que les recherches de financement.

■ Les réformes économiques.

Ce sont en fait les réformes financières qui initient les grands bouleversements, avec la création en 1967 de la Caisse nationale des Télécommunications. C'est elle qui permet enfin le recours au crédit, même si son action est encore entravée par le ministère des Finances. Seul le soutien des grandes banques internationales, puis françaises à partir de 1970, peut permettre que soit mené à terme l'ensemble des travaux titanesques de modernisation du réseau. Cette entrée du Capital dans un service public ne manque pas de susciter des inquiétudes au sein des syndicats, car ils craignent que cela entraîne une dénationalisation des Télécommunications. Le processus d'ouverture se poursuit cependant avec la création et l'introduction en bourse de cinq sociétés dont Finextel (1970), Code-tel (1971), Agritel, Creditel et enfin Francotel (1975).

■ Et les clients ?

La France des années 60 connaît de grands bouleversements avec

la montée en puissance de l'industrie. Afin d'accompagner les accroissements de population qu'elle génère là où elle s'implante, il faut construire de nouveaux logements et des routes. En outre, la télévision pénètre massivement dans les foyers (9 millions de récepteurs dans les foyers en 1968), ce qui contribue à rendre quelque peu incongrue l'idée qu'il faut installer le téléphone uniquement «lorsque son utilité aurait été constatée.»

La société de consommation qui s'exprime au travers de la publicité, mais aussi les idées véhiculées par mai 68 sont autant de facteurs qui contribuent à casser l'image d'un téléphone comme produit de luxe, pour la remplacer par celle d'un simple appareil au service d'utilisateurs libres de l'employer comme bon leur semble.

■ Un bond en avant.

Ce n'est qu'entre 1975 et 1980 qu'apparaissent les premiers résultats, et ce pour trois raisons : les investissements dans le téléphone deviennent prioritaires, le secteur industriel de la téléphonie fait l'objet d'une réorganisation et, enfin, sont construits les premiers centraux électroniques pour lesquels on ne tarde pas à s'apercevoir qu'ils bénéficient d'une confortable avance technique sur leurs concurrents.

■ Les choix techniques.

En 1975, les Télécommunications disposent des fonds nécessaires aux investissements, tant pour la recherche que pour les travaux d'équipement. Le comité interministériel qui se réunit le 22 avril de cette année décide la mise en place d'un programme relativement ambitieux puisqu'il fixe les objectifs à 14 millions de lignes supplémentaires pour 1982, soit 20 millions au total.

Se pose dès lors le problème des choix techniques, tout à fait cruciaux puisqu'ils engagent l'industrie

à long terme. Les matériels de commutation qui équipent les centraux téléphoniques se répartissent alors en trois familles, avec le crossbar, le semi-électronique (ou système spatial) et le tout électronique (le système temporel).

Si les systèmes crossbar avec les CP 400 d'Ericsson France ou le Pentacenta d'I.T.T. sont parfaitement au point (ils équipent les centraux depuis les années 50), il est évident qu'ils ne constituent pas la solution d'avenir.

Restent donc les systèmes électroniques qui, depuis l'apparition du transistor en 1947 (dont l'étude a été menée par l'équipe de William Shockley au sein des Bell Telephone Laboratories), présentent des avantages certains en terme de vitesse de commutation. La baisse constante des coûts de fabrication des transistors et leur grande fiabilité permettent d'envisager une évolution des prix de revient et d'exploitation favorable en dépit des efforts massifs d'équipement.

■ De l'analogique au numérique.

La croissance des capacités d'intégration des nouveaux composants électroniques permet l'avènement du microprocesseur en 1971. Le fait qu'il soit 'programmable' assure une réduction des coûts de fabrication, car contrairement aux circuits spécialisés, il constitue une réponse souple et évolutive aux applications les plus diverses. En 1975, les responsables français ont parfaitement conscience qu'ils ne peuvent en aucun cas manquer leur entrée dans la technologie des circuits intégrés. Un centre spécialisé dans les technologies de la microélectronique est créé au sein du CNET, ce dernier menant en outre des recherches dans le domaine des transmissions des données informatiques.

C'est en effet depuis l'ouverture du monopole de l'A.T.T. que se déroule une véritable bataille entre informaticiens et exploitants des réseaux téléphoniques, portant sur les modes de transmission des données informatiques. L'I.R.I.A. (Institut de Recherche en Informatique et en Automatique) met en place dès 1973 le réseau Cyclades. Le CNET réplique en 1974 par la mise en place d'un réseau expérimental de transmissions par paquets. L'avantage de ce dernier système réside dans le fait qu'il n'envoie plus un flux continu de données entre deux machines via une seule ligne. Les informations, codées numériquement, sont envoyées sous la forme de paquets de quelques centaines d'impulsions binaires. Ils suivent chacun des chemins différents en fonction de la disponibilité sur les nœuds du réseau, avant d'être réassemblés dans le bon ordre chez le destinataire. Le réseau Transpac, mis en service en 1978, autorise des débits de 48 Kbits/s entre le réseau et les terminaux informatiques.

L'interaction entre l'informatique et

les télécommunications se renforce avec la numérisation des transmissions téléphoniques, suivie par celle des commutations. Dès 1938, un ingénieur du Laboratoire Central des Télécommunications imagine que la transmission de la parole peut s'effectuer sous la forme d'impulsions codées et transmises en série. Il faut cependant attendre la puissance de calcul des ordinateurs pour que cette idée prenne forme avec la numérisation des signaux électriques. Son principe est simple. On commence par échantillonner le signal téléphonique au rythme de 8000 fois par seconde. Chaque signal est ensuite transformé en une série de 7 impulsions binaires qui représentent 128 niveaux d'amplitude, ce qui est amplement suffisant pour reproduire avec fidélité les variations de la voix. Une impulsion supplémentaire est ajoutée pour séparer les groupes, la transmission du signal complet s'effectuant à la vitesse de 64 Kbits/s, un débit normalisé internationalement (voir le graphique). Adapté à la commutation, le multiplex numérique fonctionne sur le principe de la gare de triage, avec le stockage des impulsions pendant le temps nécessaire au tri avant leur regroupement et leur aiguillage vers les lignes des destinataires. La gestion et le contrôle par ordinateur de ce système dit de *commutation temporelle* permet des gains appréciables en matière d'encombrement des équipements, tout en offrant une grande souplesse, tant pour l'utilisation, que pour l'évolution des matériels.

Les études relatives au central temporel ont commencé dès 1957 au sein du CNET. La première expérimentation en vraie grandeur débute en 1968 sous le sigle PLATON (Prototype Lannionnais d'autocommutateur temporel à organisation numérique) avant l'exploitation commerciale et la mise en service dès 1970 à Lannion (désignation E 10).

Ces divers choix s'avèrent des plus prometteurs pour l'industrie des télécommunications française puisqu'en 1984, elle occupe le premier rang de la commutation temporelle, le E10 étant adopté par plus de 35 pays.

P. RYTER

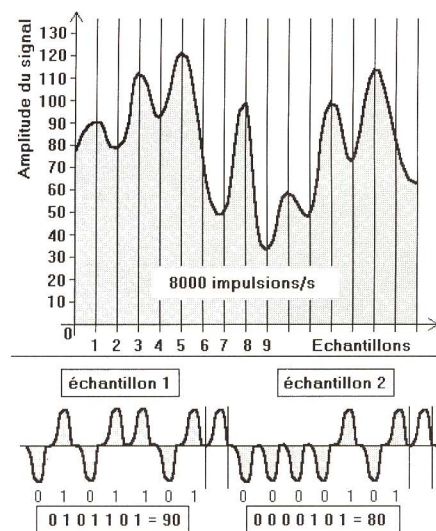


Fig 1

Principe de transmission