

SOMMAIRE

1 - PETITE HISTOIRE DE LA RADIO

2 - TECHNOLOGIE
LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

3 - KALÉIDOSCOPE

4 - QU'EST-CE QUE C'EST ?
COMMENT ÇA MARCHE ?
LES FORMULAIRES (4)

7 - GÉNÉRATION INTERNET

8 - DÉCOUVREZ L'ANGLAIS
TECHNIQUE
GÉNÉRATEUR À DENTS DE SCIE

10 - J'EXPÉRIMENTE
LES EXPÉRIENCES
DE FARADAY

12 - UN AQUARIUM À LA BONNE
TEMPÉRATURE

14 - INITIATION AUX μ C
LE BASIC STAMP (3)

16 - COMMENT CALCULER
SES MONTAGES ?

18 - UN PEU
D'ÉLECTROSTATIQUE

20 - LE COIN DE LA MESURE
UN DÉPHASEUR



(1^{re} partie)

PETITE HISTOIRE DE LA RADIO

Mettre en marche son récepteur radio dès le réveil pour se tenir informé des dernières nouvelles ou de l'état de la circulation fait partie du quotidien de millions de personnes. Ce geste banal est cependant le fruit d'une longue suite de découvertes qui, pour l'essentiel, se trouvent concentrées dans les deux siècles qui viennent de s'écouler.

■ Avant les ondes, les forces

La transmission d'un message, quel qu'il soit, par l'intermédiaire des ondes radio implique une liaison à distance qui ne repose sur aucun support matériel. En clair, l'envoi d'une information du type "l'interrupteur est fermé" nécessite qu'une action mécanique (la fermeture de l'interrupteur) se traduise par une circulation de courant dans un circuit, laquelle génère une impulsion électromagnétique qui, par son action à distance, actionne une sonnette électrique.

Cette chaîne de transformations d'une énergie nous semble aller de soi, alors que son acceptation en tant que telle fut à



suite p 24

Un kaléidoscope

PAGE 3

■ A quoi ça sert ?

Tous les enfants ont déjà manipulé et lorgné dans un petit tube opaque contenant quelques morceaux de verre colorés dont les éclats changeants et sans cesse différents se reflètent dans trois miroirs disposés en triangle formant, par rotation, des figures fascinantes et chatoyantes.

Nous vous proposons de réaliser une modeste version électronique de cet objet à l'aide d'une poignée de diodes électroluminescentes bicolores. Ces diodes contiennent, dans un

petit boîtier cylindrique, une diode rouge et une diode verte ayant pour broche commune et centrale leur cathode. Ces trois broches sont souvent disposées en ligne. L'allumage simultané de deux diodes permet d'obtenir une autre couleur située entre le jaune et l'orange.

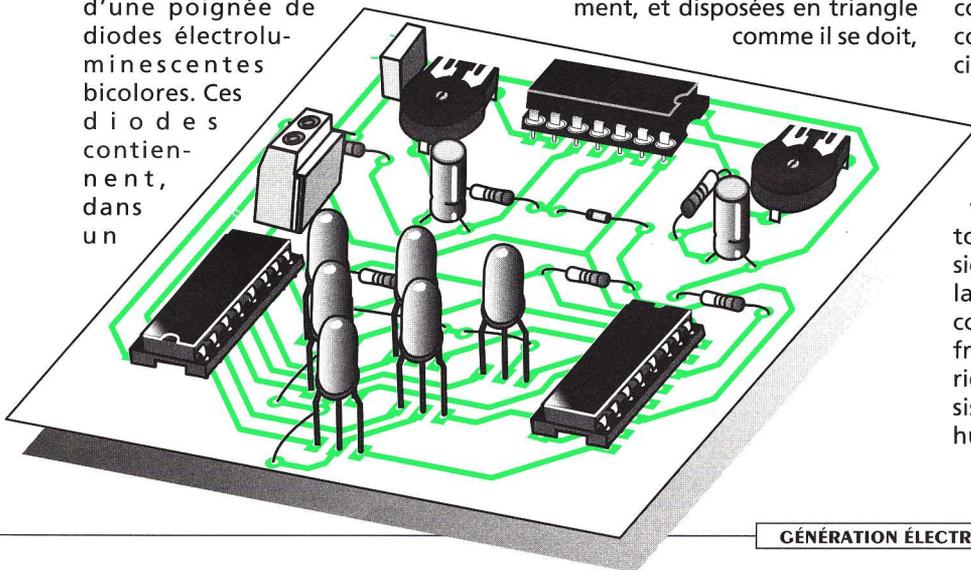
■ Comment ça marche ?

A l'aide de 6 diodes bicolores seulement, et disposées en triangle comme il se doit,

il sera nécessaire de provoquer un allumage aléatoire des diverses LED ou du moins de nous en approcher pour éviter une lassitude à l'observation. Le schéma détaillé est donné à la figure 1 et exploite tout naturellement deux compteurs décimaux IC₁ et IC₂ qu'il nous suffira d'animer à des vitesses proches, mais non égales. Ainsi, le circuit IC₁ est piloté sur sa broche d'horloge 14 par le signal produit à l'aide du premier oscillateur astable. Celui-ci est construit avec deux portes NOR contenues dans le circuit IC₃, un circuit C/MOS portant la référence 4001 et comportant 4 portes NOR à deux entrées.

La fréquence du premier signal est déterminée par la valeur des composants C₂ et surtout P₁, élément réglable. Ce signal carré est acheminé à travers la résistance R₄ sur l'entrée de comptage 14 du circuit IC₁ et sa fréquence sera proche, mais inférieure à 25 Hz, en raison de la persistance rétinienne de l'œil humain au-delà de cette valeur.

suite p 3





Les enceintes acoustiques

Le court-circuit acoustique

Un haut-parleur ne peut pas être utilisé seul car la surpression de la face avant de la membrane, par exemple, correspond à une dépression de la face arrière. Si on ne les sépare pas par un obstacle, la surpression va combler la dépression au niveau de la membrane et ce court-circuit acoustique va limiter le rendement du haut-parleur. Il faut que le trajet des molécules d'air soit plus grand que la moitié de la longueur d'onde de la note la plus basse à transmettre.

nement acoustique s'effectue seulement par la face avant de la membrane. Le haut-parleur des basses doit avoir une grande elongation de sa bobine mobile pour obtenir un bon rendement. La limite inférieure dans les graves est aussi fonction du volume du coffret. Une approximation donne la relation suivante, entre le volume du coffret et la fréquence limite dans les basses :
 $5 \text{ dm}^3 = 200 \text{ Hz}$, $10 \text{ dm}^3 = 160 \text{ Hz}$,
 $15 \text{ dm}^3 = 120 \text{ Hz}$, $25 \text{ dm}^3 = 90 \text{ Hz}$,
 $50 \text{ dm}^3 = 60 \text{ Hz}$, $100 \text{ dm}^3 = 40 \text{ Hz}$.

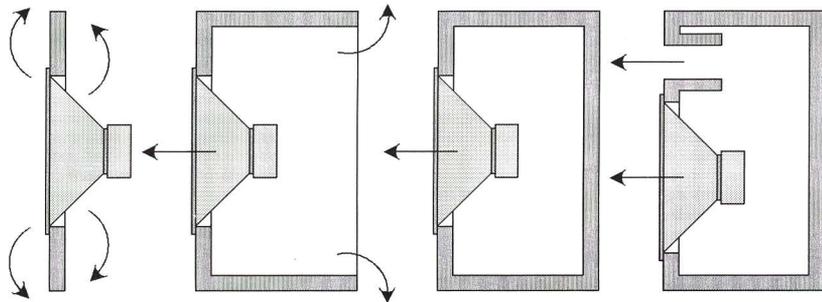


Fig 1

Du baffle plan aux enceintes acoustiques

Ainsi, pour 50 Hz, le rayon du baffle doit avoir 3,30 m. De tel baffle est difficile à loger, c'est pourquoi on est vite arrivé aux enceintes (figure 1).

Sur la face avant de l'enceinte, on monte :

- en version deux voies : un haut-parleur large bande et un tweeter aigu,
- en version trois voies : un haut-parleur des graves, un haut-parleur médium et un tweeter aigu.

Les enceintes closes

Ce type d'enceinte est très intéressant car il ne nécessite aucun réglage. Sa réalisation doit être soignée avec une parfaite étanchéité et les résonances internes bien amorties. Le haut-parleur employé pour les basses doit avoir une fréquence de résonance très basse car le coffret tend à le relever. Le rayon-

L'enceinte est construite avec des panneaux découpés de médite ou d'aggloméré CTHB de 19 mm ou 22 mm d'épaisseur. Ils sont collés, sauf le panneau arrière, pour permettre le montage des haut-parleurs, du filtre et leur câblage. Pour son amortissement, on remplit l'enceinte de laine minérale non tassée et, bien sûr, pas en contact avec la membrane des haut-parleurs.

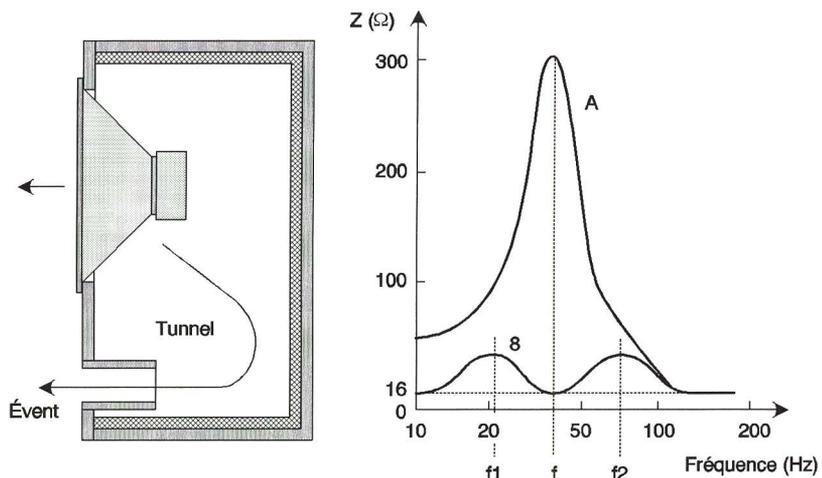


Fig 2

Influence de l'enceinte à évent sur la courbe d'impédance du haut-parleur

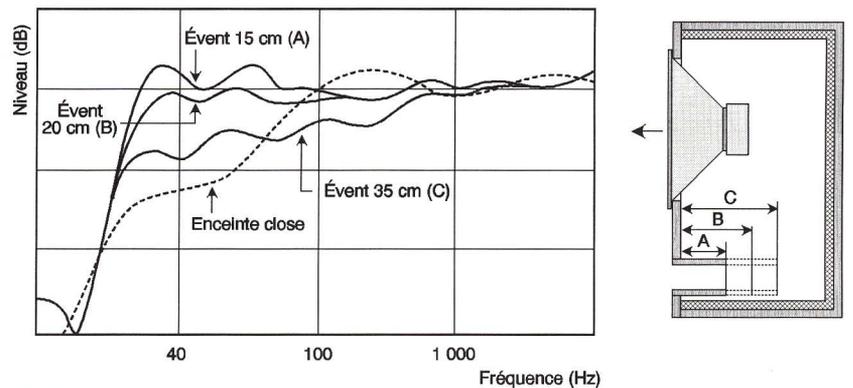
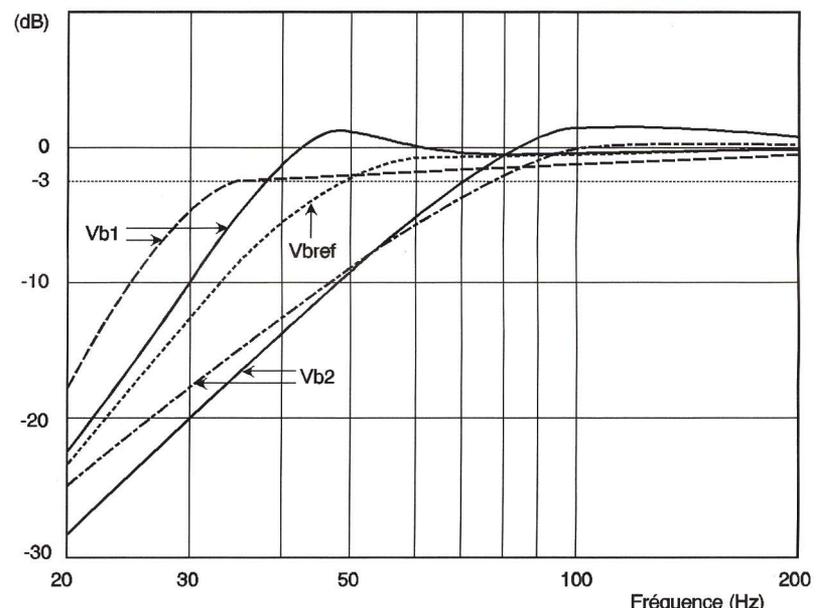


Fig 3

Courbe de réponse d'un haut-parleur de $\varnothing 210 \text{ mm}$ et 70 W en fonction des dimensions de l'évent



	Vb	Fp	Dp	Lp
Vb1	75	40	7,5	3,6
Vbref	75	32	7,5	8
Vbref	35	40	5	4,6
Vb2	15	50	5	8,3
Vb2	15	36	5	18,5

Vb = volume du coffret en dm^3
 Dp = diamètre de l'évent en cm

Fp = fréquence de résonance en Hz
 Lp = longueur de l'évent en cm

Fig 4

Courbes en basse fréquence en fonction des dimensions de l'enceinte et de l'évent (haut-parleur $\varnothing 210 \text{ mm}$ 70 W)

Enfin, on visse le fond arrière dans lequel on a prévu les deux bornes de liaison à l'amplificateur.

Les enceintes à évent ou bass-reflex

Leur principe repose sur le résonateur de Helmholtz. Lorsqu'une cavité communique avec l'atmo-

sphère par une petite ouverture, ou évent, il existe une fréquence pour laquelle la masse d'air de l'évent entre en résonance avec l'air enfermé dans l'enceinte. On améliore ainsi le rendement du haut-parleur dans les graves. La figure 2 montre la diminution de l'amplitude de la fréquence propre du haut-parleur, passant de A à B, grâce à l'évent.

La figure 3 donne l'influence de la longueur de l'évent dans l'enceinte sur la courbe des graves. On voit la différence avec la courbe d'une

enceinte close dans les mêmes conditions. Ce réglage constitue le point délicat de ce type d'enceintes. Il tient compte des caractéristiques du haut-parleur et du volume du coffret.

La figure 4 donne un exemple de calcul. Elle fait ressortir l'influence des points suivants sur la courbe de réponse dans les graves : volume du coffret, diamètre de l'évent, longueur de l'évent, fréquence de résonance propre. Le haut-parleur a un diamètre de 210 mm et une puis-

L'enceinte à évent pour les graves est surmontée par une enceinte close pour le médium et les aigus. Grâce à cette solution, le haut-parleur pour le médium est totalement isolé de celui des graves, ce qui est préférable. L'enceinte close est amortie par la laine minérale non tassée.

L'enceinte à évent possède un labyrinthe interne. La figure indique les surfaces à amortir ainsi que la face arrière. L'épaisseur de la laine miné-

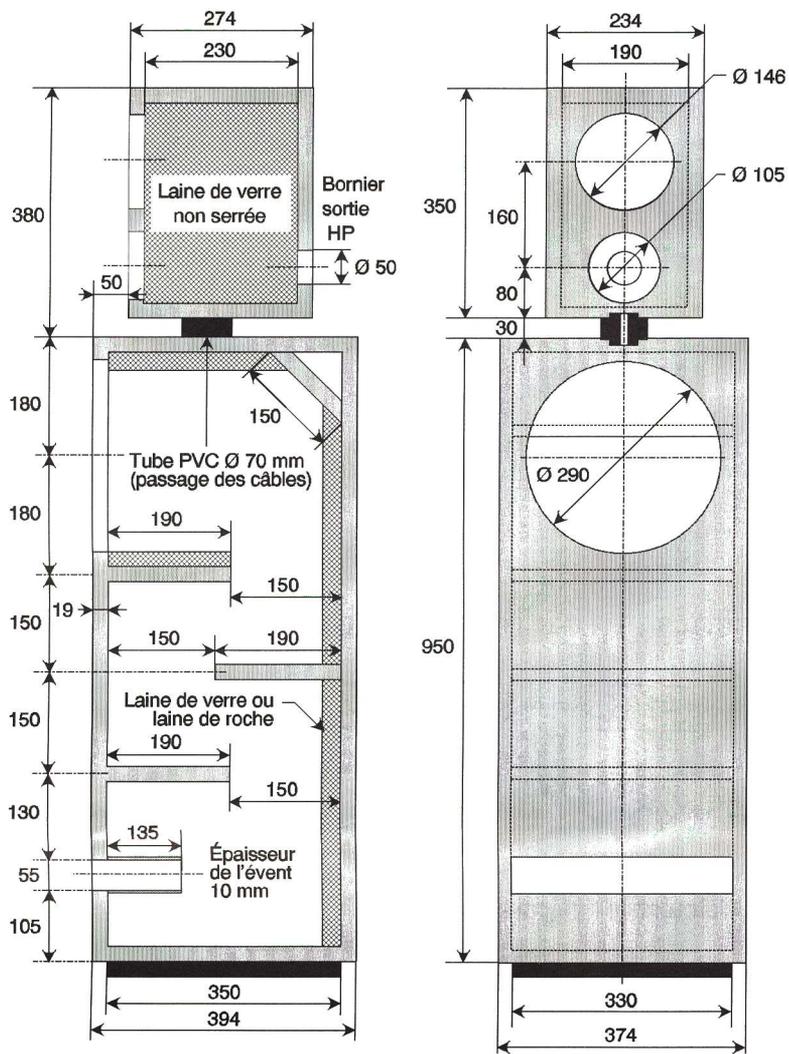


Fig 5 Exemple de réalisation d'une enceinte trois voies 150 W, volume : 13,5 litres + 105 litres. 1 haut-parleur 310 mm, 1 haut-parleur 170 mm, 1 tweeter 25 mm.

sance de 70 W, c'est un basse-médium. Le volume de référence de l'enceinte ($V_{b,ref}$) est celui adopté par le fabricant du haut-parleur pour ses mesures.

La fabrication de ces enceintes est effectuée avec les mêmes types de panneaux que l'enceinte close. La bass-reflex demande plus de soin dans la découpe des panneaux et dans la conception de l'évent. Ce peut être un tube de carton fort de diamètre suffisant. Le traitement de l'amortissement est plus complexe. La laine minérale est livrée en rouleaux protégés par deux bandes de papier. Elle est découpée et collée sur le panneau arrière. Puis on traite certaines parties des panneaux latéraux en fonction des indications données par les fabricants de kits.

Un exemple de réalisation

La figure 5 donne les cotes de deux enceintes juxtaposées formant un seul ensemble.

rale est de 5 cm. Les deux enceintes sont en panneaux de médite de 19 mm d'épaisseur.

Caractéristiques

- Volume intérieur : enceinte médium/aigu : 13,5 litres, enceinte basses : 105 litres
- Puissance : 150 W, impédance : 8 Ω
- Haut-parleurs : basse = \varnothing 310 mm, médium = \varnothing 170 mm, aigus = tweeter \varnothing 25 mm.

Nota

Pour plus de détails, consulter : « Construire ses enceintes acoustiques » par R.BESSON, collection ETSF aux éditions DUNOD.

R. BESSON



Un kaléidoscope

Réalisation pratique

La figure 2, donnée en annexe, représente les pistes de cuivre du petit circuit proposé. A noter que les diodes LED sont bien disposées en triangle et qu'il sera aisé de les entourer de trois morceaux de miroir ou de papier alu sur un support quelconque. A l'aide des ajustables P_1 et P_2 , on s'appliquera à obtenir des vitesses de défilement différentes pour un effet intéressant. Une LDR ou une CTN pourra appor-

ter une modification de l'une des résistances des astables. La mise en place des diverses LED peut également se faire au hasard, sans chercher à orienter la même couleur vers le même circuit. La consommation relative est modeste de ce petit objet sera confiée à une petite pile compacte de 9V pour de longs moments d'observation.

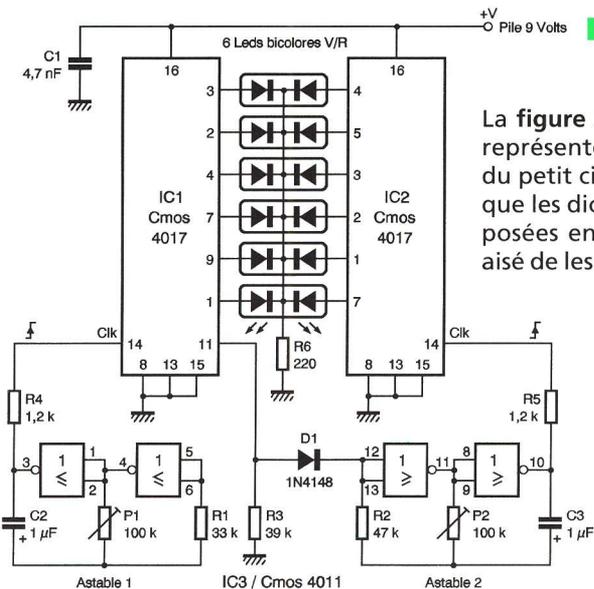


Fig 1 Schéma de principe

Seules six sorties du circuit IC₁ seront exploitées ici ; la sortie 11, quant à elle, sera chargée d'une toute autre mission : lorsqu'elle sera haute, c'est à dire une fois par cycle, elle ira bloquer l'autre oscillateur astable un bref instant, décalant ainsi quelque peu la régularité prévisible du défilement si les vitesses sont proches et non réglables. L'astable 2 commande donc le circuit compte IC₂ de la même manière et des sorties différentes de ce circuit viennent rejoindre les six anodes des LED bicolores, dont la cathode commune est reliée à la masse au travers de la résistance R₆.

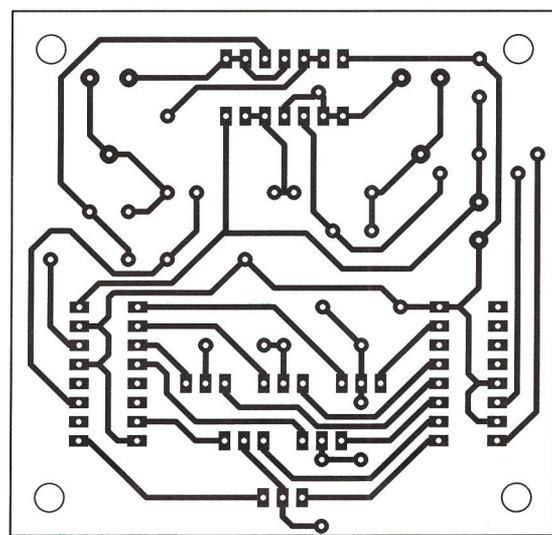


Fig 2 Tracé du circuit imprimé

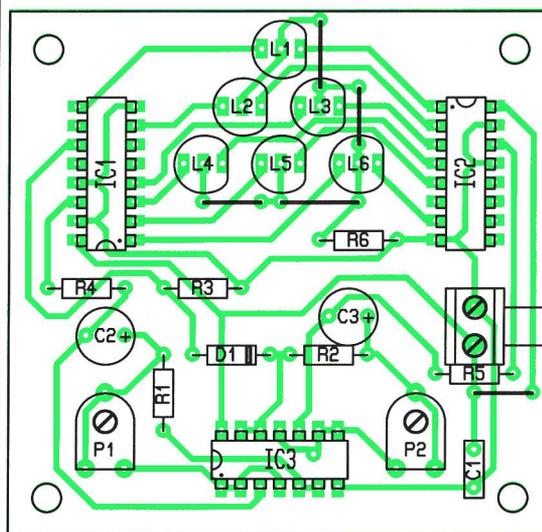


Fig 3 Implantation des éléments

ter une modification de l'une des résistances des astables. La mise en place des diverses LED peut également se faire au hasard, sans chercher à orienter la même couleur vers le même circuit. La consommation relative est modeste de ce petit objet sera confiée à une petite pile compacte de 9V pour de longs moments d'observation.

G. ISABEL

NOMENCLATURE

- IC₁, IC₂ : compteurs décimaux C/MOS 4017
- IC₃ : quadruple NOR C/MOS 4001
- D₁ : diode commutation 1N 4148
- L₁ à L₆ : diodes électroluminescentes bicolores \varnothing 5
- R₁ : 33 k Ω 1/4W
- R₂ : 47 k Ω 1/4W
- R₃ : 39 k Ω 1/4W

- R₄, R₅ : 1,2 k Ω 1/4W
- R₆ : 220 Ω 1/4W
- P₁, P₂ : ajustables horizontaux 100 k Ω , pas de 2,54 mm
- C₁ : 4,7 nF/63V plastique
- C₂, C₃ : 1 μ F/25V chimique vertical
- 1 support à souder 14 broches
- 2 supports à souder 16 broches
- 1 bloc de 2 bornes vissé-soudé, pas de 5 mm



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

Les formulaires et Java Script (4)

L'analyse des réponses données à un questionnaire classique de type Q.C.M. constitue un type d'évaluation particulièrement bien adapté dans un processus de validation ou de diagnostic des connaissances acquises par nos élèves. Il reste cependant à développer les outils pour ce qui constitue notre quotidien : les apprentissages.

La situation

Le calcul de valeurs de résistances d'un montage, que ce soit en série, en parallèle ou mixte, est pratiqué en technologie comme en physique. Notre objectif, développé avec les collègues concernés, consiste donc à mettre en place sur le site de technologie une série de fiches pratiques accompagnées de quelques exercices.

flottante. Attention, car sous cette forme elle nécessite l'emploi des fractions pour l'entrée des décimaux tels que 0,5 (qui s'écrit alors 5/10). Les pages Web sont donc au nombre de deux : Une page "exercice" qui comporte les questions accompagnées de leur traitement, et une page "calculatrice" appelée automatiquement lors de l'ouverture de la première.



caractères numériques et des opérateurs s'effectuent par les zones de traitement de type "Button" auxquelles sont associées les procédures de traitement correspondantes pour un clic de souris.

l'ensemble de ces instructions, puis de sauver le tout avant de quitter l'affichage du code source sous Word. Vérifiez soigneusement qu'il ne manque pas le moindre caractère car l'interpréteur de Word possède

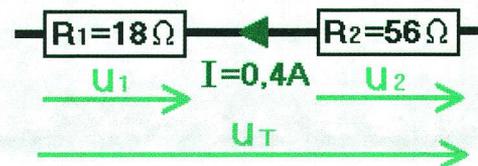
Le projet

La première étape du processus de développement d'un tel projet consiste à mettre à plat les situations qui posent problème en impliquant les élèves concernés. Après leur classement par rubriques (série, parallèle et mixte), il suffit de répartir le travail par ateliers : graphismes, rédaction, mise en page, contrôle et

Préparation de la page calculatrice

C'est en fait par celle-ci qu'il faut commencer car son fonctionnement peut être testé indépendamment des autres pages du site. Commencez donc par sélectionner Fichier, Nouveau, Pages Web et Nouvelle Page Web depuis la barre des menus

ASSOCIATIONS DE RESISTORS



Calculez les valeurs de U1 et U2.

U1 = Volts U2 = Volts

Calculez UT.

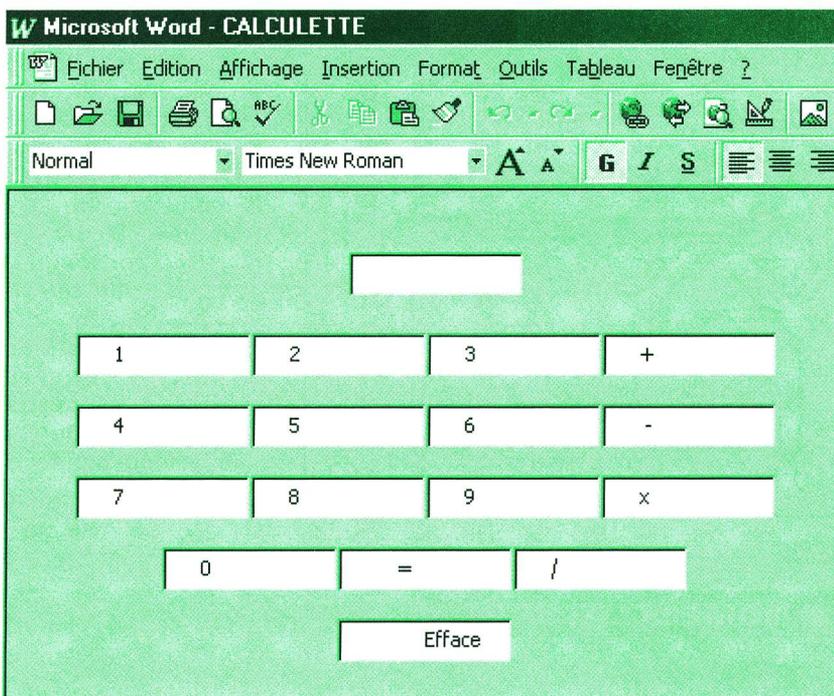
UT = Volts

Quelle est la valeur de la résistance totale R.

R = Ohms

Vérifiez que U = R x I.

PU = Volts



Écran 1

validation. Pour les besoins de mise en page, un seul exercice est traité pour l'association en série. Notre exemple présente un schéma accompagné des données nécessaires au traitement des questions. Au nombre de quatre, elles impliquent des calculs numériques. Pour cela, une calculatrice s'affiche sur la page sous la forme d'une fenêtre

de Word. Sélectionnez ensuite la couleur de fond de la page (une couleur de type bleu foncé permettant de faire ressortir la calculatrice sur le bureau de Windows) puis Affichage et Code Source HTML dans la barre d'outils. Vous pouvez maintenant recopier les instructions que vous trouverez à la suite de ce texte. Les entrées des

Écran 2

```
<INPUT TYPE="button"
NAME="bout1" VALUE=" 1 "
onClick="NouvCar('1'); return
true">
```

La fonction **Nouvcar(caractere)** construit l'opération à effectuer au fur et à mesure que sont entrés les caractères. Ces derniers sont concaténés dans une variable "calcul" avec l'instruction **calcul = calcul + caractere**, et ce tant qu'on n'entre pas le signe "=". Le calcul numérique s'effectue grâce à l'instruction **calcul = eval(calcul)** avant d'être affiché dans la zone nommée "Afficheur" avec **document.calculatrice.Afficheur.value = calcul**. La fonction **Init()** vide le contenu de **calcul** et d'**Afficheur**. Nous vous conseillons de saisir

une fâcheuse tendance à supprimer les lignes incomplètes. En cas de mauvais fonctionnement, ayez le réflexe de revenir au code source puis de l'imprimer pour le vérifier **entièrement**.

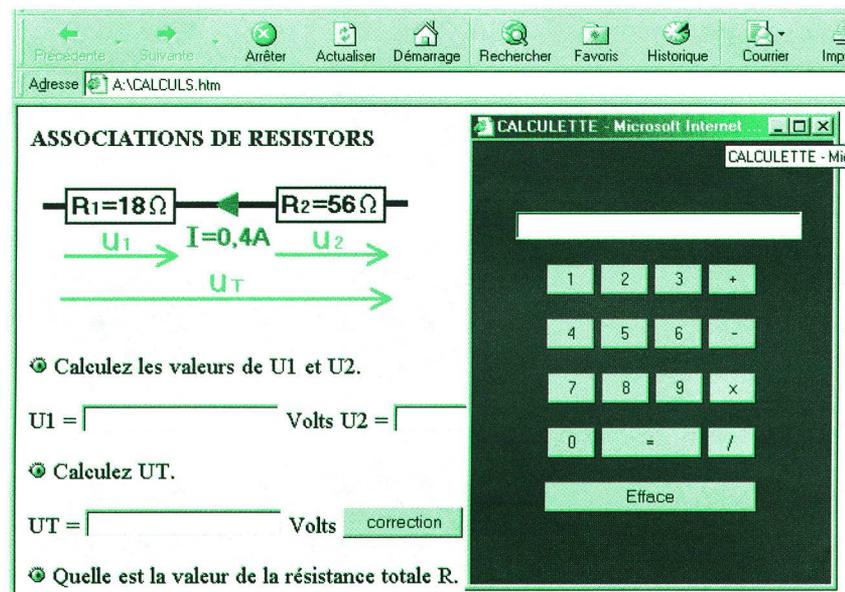
Pour que la présentation soit soignée, alignez les éléments de la feuille avec l'option Centré, puis ajoutez des espaces à droite et à gauche des caractères qui figurent sur les boutons dans **VALUE=" 1 "**.

Préparation de la page calculs

Créez une nouvelle page Web pour laquelle vous choisissez un fond. Ins-

crivez ensuite le titre puis déposez l'image qui correspond au schéma. Nous vous conseillons d'inscrire ensuite les éléments de texte qui correspondent aux questions avant de basculer votre éditeur en mode Affichage du code source. Il vous suffit ensuite de compléter les lignes en utilisant le second programme fourni.

Pour effectuer les corrections, chaque bouton "corrige" appelle une fonction qui exécute un test des valeurs entrées.



Écran 3

Les instructions d'une zone de saisie sont :
`<INPUT TYPE="TEXT" NAME="U1" VALUE="" >`

Pour le bouton "corrige" correspondant, elles sont :
`<INPUT TYPE="button" VALUE="correction" onClick="corrige1(); return true">`

■ Les procédures de traitement

Écrites en Java Script, elles sont placées entre les deux balises `<HEAD>` et `</HEAD>`. Réduites au minimum, elles se résument à une comparaison de la valeur inscrite dans la zone de texte par rapport à la valeur attendue. Si elles correspondent, on ouvre une fenêtre ALERT avec le message "bonne réponse", sinon on ouvre une autre fenêtre contenant le message de la correction.

```
function corrige1()
{if ((document.page.U1.value == 7.2)&&(document.page.U2.value == 22.4))
{alert("bonne réponse!")}
else {alert("Non, U1=7,2 Volts et U2=22,4 Volts")}}
}
```

L'ouverture de la fenêtre contenant la calculette est effectuée par la fonction FenOuvrer(). Window Open() est l'instruction qui ouvre cette fenêtre dont on définit l'ensemble des caractéristiques.

```
function FenOuvrer()
{
var calcHref = "CALCULETTE.htm";
calcul = window.open(calcHref, "CALCULETTE", "toolbar=no,location=no,directories=no,status=no,scrollbars=no,menubar=no,resizeable=no,width=280,height=350");
}
```

■ Le code HTML de la CALCULETTE

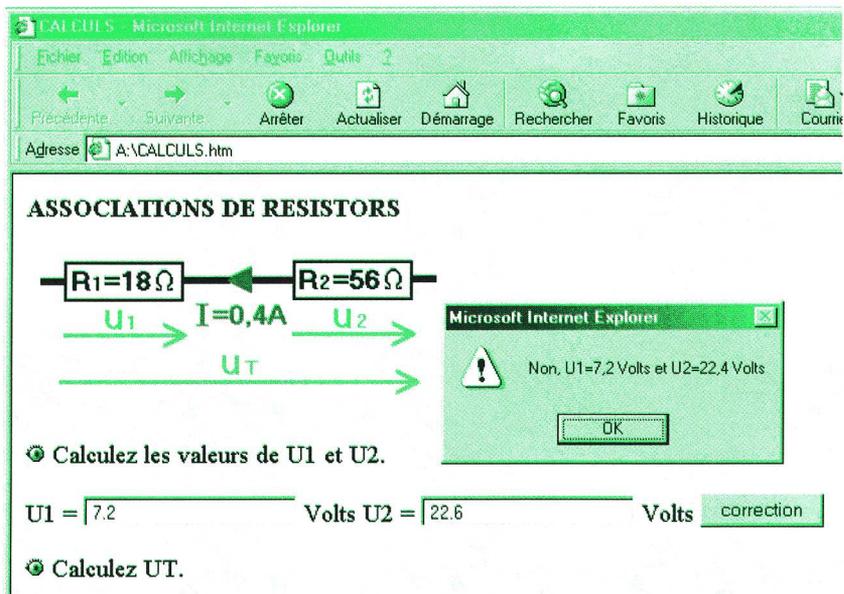
```
<HTML>
<HEAD>
<META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html; charset=windows-1252">
<META NAME="Generator" CONTENT="Microsoft Word 97">
<TITLE>CALCULETTE</TITLE>
<META NAME="Version" CONTENT="8.0.3429">
<META NAME="Date" CONTENT="11/28/96">
<META NAME="Template" CONTENT="C:\Program Files\Microsoft Office\Office\HTML.DOT">
<script LANGUAGE="JavaScript"><!-- Cacher le script JavaScript
var calcul = "";
var Caractereval = "*,.-./0123456789;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNPQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz";
function init()
```

```

// Pour effacer le résultat
document.calcul.afficheur.value = "";
calcul = "";
}
function asc(textChar)
{ // Conversion ASCII vers décimal
var n = -1;
for (i=42; i<122; i++)
{ if (textChar == Caractereval.charAt(i-42))
{n = i; break;}
n = parseInt(escape(textChar).substring(1,3),16);}
return n;
}
function NouvCar(caractere)
{if (caractere == "=")
{calcul = eval(calcul);
if (isNaN(calcul))
{calcul = "Erreur";}
calcul = calcul.toString();
document.calcul.afficheur.value = calcul;}
else {ascChar = asc(caractere);
if (ascChar >= 40 &&
ascChar <= 57) {
calcul = calcul + caractere;
document.calcul.afficheur.value = calcul;}}}}
// Fin du script -></script></HEAD>
<BODY TEXT="#000000" LINK="#0000ff" VLINK="#800080" BGCOLOR="#000080">
```

```

<B><FONT SIZE=4 COLOR="#ffff00"><P>&nbsp;</P>
<FORM NAME="calcul">
</FONT><FONT SIZE=4><P ALIGN="CENTER">&nbsp;</B>
<INPUT TYPE="text" NAME="Afficheur" VALUE="" size="30">
</P>
<P ALIGN="CENTER">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout1" VALUE=" 1 " onClick="NouvCar('1'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout2" VALUE=" 2 " onClick="NouvCar('2'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout3" VALUE=" 3 " onClick="NouvCar('3'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="plus" VALUE=" + " onClick="NouvCar('+'); return true">
</P>
<P ALIGN="CENTER">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout4" VALUE=" 4 " onClick="Nouv-
```



Écran 4

```

Car('4'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout5" VALUE=" 5 " onClick="NouvCar('5'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout6" VALUE=" 6 " onClick="NouvCar('6'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="minus" VALUE=" - " onClick="NouvCar('-'); return true">
</P>
<P ALIGN="CENTER">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout7" VALUE=" 7 " onClick="NouvCar('7'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout8" VALUE=" 8 " onClick="NouvCar('8'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout9" VALUE=" 9 " onClick="NouvCar('9'); return true">
```

```

<INPUT TYPE="button" NAME="mult" VALUE=" x " onClick="NouvCar('*'); return true">
</P>
<P ALIGN="CENTER">
<INPUT TYPE="button" NAME="bout0" VALUE=" 0 " onClick="NouvCar('0'); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="eg" VALUE=" = " onClick="NouvCar('='); return true">
<INPUT TYPE="button" NAME="div" VALUE=" / " onClick="NouvCar('/')"; return true">
</P>
<P ALIGN="CENTER">
<INPUT TYPE="button" NAME="Efface" VALUE=" Efface " onClick="init(); return true">
</P></FORM></FONT></BODY>
</HTML>

```

```

</B><P>&nbsp;<IMG SRC="resistSerie.gif" WIDTH=297 HEIGHT=118</P>
<FORM NAME="page">
</FONT><P><IMG SRC="eye_dot.gif" WIDTH=14 HEIGHT=14<FONT SIZE=4>&nbsp;<P><U1 =
<INPUT TYPE="TEXT" NAME="U1" VALUE=" " >
Volts U2 =
<INPUT TYPE="TEXT" NAME="U2" VALUE=" " >
Volts
<INPUT TYPE="button" VALUE="correction" onClick="corrige1(); return true">
</P>
</FONT><P><IMG SRC="eye_dot.gif" WIDTH=14 HEIGHT=14<FONT SIZE=4>&nbsp;<P><UT =
<INPUT TYPE="TEXT" NAME="UT" VALUE=" " >
Volts
<INPUT TYPE="button" VALUE=" correction" onClick="corrige2(); return true">
</P>
</FONT><P><IMG SRC="eye_dot.gif" WIDTH=14 HEIGHT=14<FONT SIZE=4>&nbsp;<P><R =
<INPUT TYPE="TEXT" NAME="R" VALUE=" " >
Ohms
<INPUT TYPE="button" VALUE=" correction" onClick="corrige3(); return true">
</P>
</FONT><P><IMG SRC="eye_dot.gif" WIDTH=14 HEIGHT=14<FONT SIZE=4>&nbsp;<P><U = R x I.</P>
<P><U =
<INPUT TYPE="TEXT" NAME="U" VALUE=" " >
Volts
<INPUT TYPE="button" VALUE=" correction" onClick="corrige4(); return true">
</P></FORM></FONT></BODY>
</HTML>

```

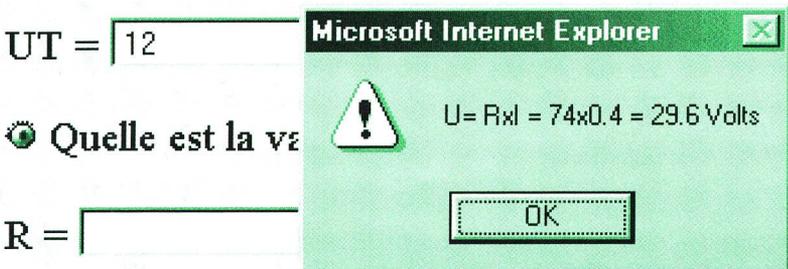
Le code HTML de la feuille CALCUL

```

<HTML>
<HEAD>
<META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html; charset=windows-1252">
<META NAME="Generator" CONTENT="Microsoft Word 97">
<TITLE>CALCULS</TITLE>
<META NAME="Version" CONTENT="8.0.3429">
<META NAME="Date" CONTENT="11/28/96">
<META NAME="Template" CONTENT="C:\Program Files\Microsoft

```

Calculez UT.



Vérifiez que U = R x I.



Écran 5

```

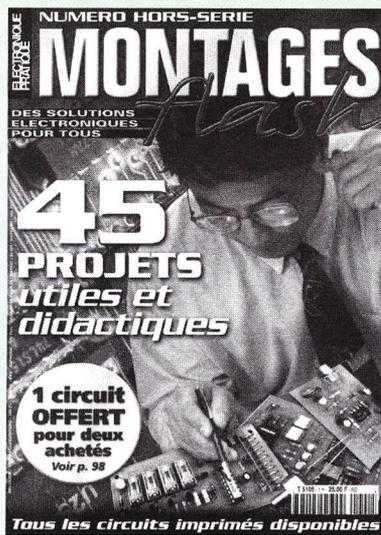
Office\Office\HTML.DOT">
<script LANGUAGE="JavaScript"><!-- Cacher le script JavaScript
function FenOuver()
{
var calcHref = "CALCULETTE.htm";
calcul = window.open(calcHref, "CALCULETTE", "toolbar=no,location=no,directories=no,status=no,scrollbars=no,menubar=no,resizable=no,width=280,height=350");
}
function corrige1()
{if ((document.page.U1.value == 7.2)&&(document.page.U2.value == 22.4))
{alert("bonne réponse!");}
else {alert("Non, U1=7,2 Volts et U2=22,4 Volts");}
}
function corrige2()
{if ((document.page.UT.value == 29.6))
{alert("bonne réponse!");}
else {alert("Non, UT=29,6 Volts");}
}
function corrige3()
{if ((document.page.R.value == 74))
{alert("bonne réponse!");}
else {alert("Non, La résistance total est R=R1+R2=74 ohms");}
}
function corrige4()
{if ((document.page.U.value == 29.6))
{alert("bonne réponse!");}
else {alert("U= R x I = 74 x 0.4 = 29.6 Volts");}
}
// Fin du script caché --></SCRIPT ></HEAD>
<BODY TEXT="#000000" LINK="#0000ff" VLINK="#800080" BACKGROUND="Image5.jpg" onLoad="FenOuver()">
<B><FONT SIZE=4><P>ASSOCIATIONS DE RESISTORS</P>

```

P. RYTTER

NUMÉRO SPÉCIAL MONTAGES FLASH

45 PROJETS UTILES ET DIDACTIQUES

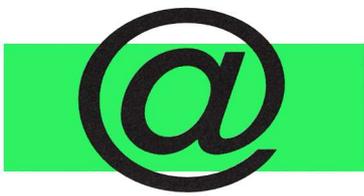


AU SOMMAIRE :

- Alimentation de laboratoire 1,2 à 35V/3A
- Surveillance ventilateur de CPU
- Mini clôture électronique
- Relais à commande impulsionnelle
- Sécurité pour pompe de forage
- Alimentation à découpage ajustable 5V/2A
- Alarme d'inondation
- Booster/distorsion pour guitare
- Chien de garde électronique
- Surveillance bébé automatique
- Sirène/avertisseur de VTT
- Avertisseur VTT 4 tons
- Automatisme pour bassin
- Buzzer strident
- Micro karaoké
- Potentiomètre numérique
- Synchro Beat
- Champignon pour jeux de société
- Prolongateur de télécommande IR
- Répulsif anti-moustiques
- Commande de ventilation
- Préampli multimédia RIAA
- Ecouteur d'ultrasons
- Fréquencemètre 50 Hz
- Synthétiseur stéréo standard
- Commande vocale
- Relais statique
- Séquenceur
- Tuner FM 4 stations
- Booster auto 40W
- Interrupteur statique
- Perroquet à écho
- Indicateur de disparition secteur
- Testeur de programmes Dolby Surround
- Balise de détresse vol libre
- Balise pour avion RC
- Chargeur de batteries à panneau solaire
- Récepteur IR 36 kHz
- Protection pour ligne téléphonique
- Temporisateur pour veilleuse
- Charge électronique réglable
- Bougie électronique
- Micro sans fil : l'émetteur
- Micro sans fil : le récepteur
- Interrupteur 4 voies

par correspondance 30 F port compris

PGV, Service Abonnement, 2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris.
Joindre votre règlement par chèque à la commande, à l'ordre de PGV



GÉNÉRATION INTERNET

■ Des compétences transversales

Bien souvent il est difficile d'apprécier les exigences souhaitées par les professeurs des filières accueillant les élèves, après leur cursus de formation en Technologie collège, vers une classe de Lycée.

Des partenariats locaux existent entre Lycée et Collège et permettent de favoriser cet échange dans le but de réajuster la pédagogie mise en œuvre aussi bien dans le contenu des cours que ceux des travaux pratiques de Technologie. Et ceci, notamment entre les classes de Collège et l'option TSA des Lycées (Technologie des Systèmes Automatisés) en seconde générale.

Les échanges vers les filières baccalauréats technologiques sont bien plus rares et nécessitent souvent de participer, pour les enseignants en Collège, à des opérations portes ouvertes pour en apprécier en partie les contenus développés.

Le site proposé ce mois-ci dans Génération Internet

<http://perso.club-internet.fr/sinigel/> va vous ouvrir l'horizon sur les filières Sciences et Techniques Industrielles et plus particulièrement sur la filière de Génie électrique. En espérant que cette ouverture vous conduise à confirmer ou à réajuster votre pédagogie au service des élèves de Technologie Collège.

■ Des pré-requis indispensables !

La filière de Génie Electrique conduit à de nombreux débouchés en terme de poursuite d'études et exigent des aptitudes technologiques d'entrées similaires à celle du Génie Electronique. En effet, les bases requises, devant être acquises en Technologie Collège ainsi qu'en option TSA de seconde, constituent des compétences transversales où l'on va s'attacher à développer des notions essentielles et indispensables pour suivre ces filières (algèbre de Boole, utilisation de l'outil informatique, etc.).

Le site de ce mois, élaboré et mis à jour par M. SININGEL, professeur d'électrotechnique, présente des activités pédagogiques menées en Génie Electrique et vous permettra d'apprécier au travers des T.P. traités, les pré-requis nécessaires afin de suivre convenablement cette filière de formation.

■ Un site pour l'échange de travaux pratiques

L'objectif de la création de ce site est de pouvoir échanger des cours et des idées de T.P. avec les collègues de la même discipline. L'ensemble du travail présenté ici a été produit de

concert avec la collaboration des enseignants du Lycée Louis Marchal situé en Alsace à Molsheim (67). Le site donne accès aux rubriques suivantes :

- Informations pédagogiques.
- Etude des systèmes techniques industriels 1^{ère} année (travaux pratiques en électrotechnique et en automatisme).
- Documents à télécharger comprenant des feuilles de travail type (courbes caractéristiques, etc.).
- Liens indispensables avec d'autres établissements et Académies.

■ Un T.P. en Électrotechnique

La progression des T.P. est présentée en coordination avec les apports théoriques nécessaires. Voici deux exemples de T.P. accessibles sur le site et comprenant les activités proposées aux élèves par les enseignants de génie électrique :

- les circuits intégrés logiques,
- le transistor en commutation.

Les circuits intégrés logiques

A l'aide de la documentation technique et des appareils de mesure appropriés, l'élève est amené à conduire les activités suivantes :

- Énoncer les deux principales technologies utilisées pour intégrer des fonctions logiques. Préciser la signification de leur sigle et l'année de leur première commercialisation.
- Définir le composant principal utilisé par chacune de ces technologies.
- Identifier les fonctions logiques intégrées dans les boîtiers dont les références suivent, ainsi que leur technologie de fabrication (présentation sous forme de tableau): 74LS02, 4030, 4081, 74HCT32, 4011, 4071, 74ALS86, 4001, 74HC00, 7408
- Énoncer les grandeurs principales caractérisant les conditions d'utilisation de chaque famille logique.
- On utilisera le circuit intégré 7400 (TTL) ou son équivalent CMOS

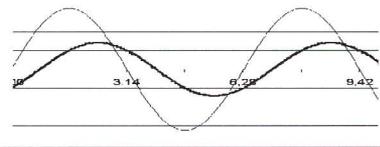


Fig 1

(4011). Ce circuit intégré comporte 6 inverseurs. On l'alimentera en $V_{cc} = 5V$ (TTL) et $V_{dd} = 5V$ (CMOS).

- Tester le fonctionnement de la porte logique que vous allez utiliser. Visualiser le signal en sortie

par LED (ne pas oublier de dimensionner la résistance protégeant la LED).

- Tracer la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ et compléter le tableau de mesures pour V_e compris entre 0 et 5V.

- Déterminer les niveaux logiques d'entrée et de sortie correspondants aux niveaux "0" et "1" en TTL, puis en CMOS. Comparer les résultats obtenus pour les deux familles TTL et CMOS : tension d'entrée de basculement V_{eb} (commutation de 5 de "1" à "0").

Déterminer les rapports V_{eb}/V_{cc} (TTL) ainsi que V_{eb}/V_{dd} (CMOS). Conclusion?

- Énoncer les familles logiques pouvant être alimentées en 3V et celles en 12V.

- Placer sur le graphe Temps de propagation/Dissipation, la famille logique TTL Standard.

- Définir la rapidité d'une famille logique (temps de propagation du niveau logique en sortie par rapport à l'entrée) :

- famille la plus rapide
- la famille la plus lente

- Définir la consommation d'une famille logique (puissance dissipée par porte logique) :

- famille ayant la consommation la plus élevée
- famille ayant la consommation la plus faible.

- Commenter les résultats précédents.
- Définir le nombre de portes logiques qu'il est possible de connecter en sortie d'une autre porte de même famille. C'est à dire, la sortance des familles TTL, LS, ALS, HC, HCT et CMOS 4000.

- Définir les compatibilités entre les différentes familles logiques suivantes :

- de TTL vers CMOS 4000
- de TTL vers CMOS HC
- de TTL vers CMOS HCT
- de CMOS 4000 vers TTL
- de CMOS HC vers TTL
- de CMOS HCT vers TTL

- Définir la famille logique qui offre le meilleur compromis Temps de propagation / Consommation / Compatibilité.

- Soit le schéma nommé "Indicateur de rapport pour moto" que vous trouverez dans la documentation sur les circuits intégrés.

- D'après un schéma, identifier les circuits intégrés IC1 à IC6 utilisés.

- Établir un devis estimatif des composants nécessaires à la réalisation d'un schéma fourni et, ceci, à l'aide du catalogue mis à votre disposition.

Au travers des travaux pratiques présentés précédemment, on pourra

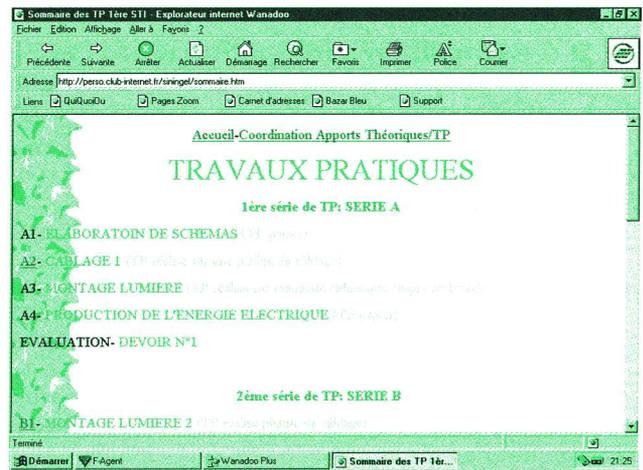


Fig 2

remarquer que les thèmes abordés sont identiques à ceux traités déjà en technologie Collège avec des exigences accrues sur les activités à mener par l'élève. Aussi l'élève approfondira ces connaissances en s'appuyant sur un vécu et des pré-requis déjà dispensés au travers de son cursus scolaire de la Techno Collège à la seconde générale option TSA.

■ La sélection de G.E.

La sélection réalisée par GE des sites Internet pour la techno au Collège :

Site <http://www.members.aol.com/assetec/default.htm> : GE n°2
Association de la technologie au Collège : l'incontournable !

Site <http://www.union-fin.fr/usr/jmdefais> :
GE n°3, 4 et 12

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} !

Site <http://www.ifrance.com/delbourg/liens00.htm> : GE n°13
Des sites, encore des sites !

Site <http://perso.3dnet.fr/technojm/> : GE n°14
Le dé électronique à réaliser avec vos élèves.

Site http://ourwold.compuserve.com/homepages/galiana_philippe/ :
GE n°15
Un site plein d'idées et propice à l'innovation avec vos élèves.

E. FELICE

Application du transistor unijonction :

Un générateur en dents de scie

Le transistor unijonction (dont l'abréviation est UJT) est un dispositif à trois électrodes, que l'on monte habituellement conformément à la figure 1. Son fonctionnement électrique est simple : à la mise sous tension, l'UJT est bloqué (en fait, au repos, un petit courant traverse l'UJT dans le sens B1 vers B2; la base B2 n'est donc jamais à un potentiel vraiment nul).

Le condensateur C_1 commence à se charger au travers de la résistance R_1 et du potentiomètre P_1 ; la tension aux bornes de $R_1 + P_1$ augmente avec le temps. Dès que cette tension a atteint une valeur, appelée tension de pic, égale à un peu plus que de la moitié de celle présente sur la base B1, l'UJT entre brutalement en conduction. Un courant circule alors de l'émetteur vers la base B2. Ce courant, limité par la résistance R_3 , se maintient jusqu'à ce que la tension aux bornes de C_1 , qui se décharge maintenant dans l'émetteur E, soit redescendue à une valeur appelée tension de vallée qui n'est pas nulle. L'UJT se rebloque alors et le processus recommence. On obtient avec ce montage un signal appelé en dents de scie à cause de sa forme que l'on peut prélever aux bornes de la capacité C_1 , ainsi que des impulsions correspondantes aux instants de décharge que l'on peut prélever aux bornes de R_3 . Dans la pratique, ce montage sert à créer ce que l'on appelle une base de temps. La durée de la partie montante de la dent de scie, c'est-à-dire le temps mis par le condensateur pour se charger, dépend de sa valeur, de la valeur de $R_1 + P_1$ et des tensions de pic et de vallée. Ces deux dernières dépendant de la tension d'alimentation seront fixées par la valeur que l'on choisira. Il suffit de choisir $R_1 + P_1$ et C_1 , dont on est maître dans d'assez larges limites pour obtenir la valeur souhaitée de la partie montante de la dent de scie ou du temps séparant deux impulsions. Le prélèvement éventuel des signaux sur l'émetteur de l'UJT doit se faire à

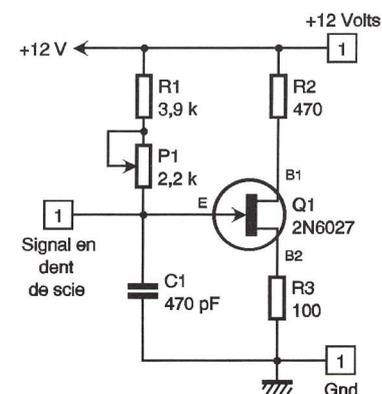


Fig 1 Schéma de principe

haute impédance. En effet, tout courant prélevé à cet endroit viendrait se déduire de celui chargeant C_1 et modifierait la validité du calcul des composants. Il faudra donc transmettre le signal par un transistor bipolaire monté en collecteur

commun ou par un transistor à effet de champ (FET); pour observer ce signal, on utilisera une sonde d'oscilloscope possédant une haute impédance en entrée. Par contre, les impulsions disponibles sur R_3 sont à basse impédance et le courant éventuellement consommé à cet endroit ne peut que diminuer l'amplitude du signal sans influencer sur sa position dans le temps. La forme de la dent de scie est en réalité arrondie et non linéaire : le courant de charge passe par $R_1 + P_1$; la tension à ses bornes, donc le courant le traversant, se réduit au fur et à mesure de l'augmentation de la tension aux bornes de C_1 (la formule pour la charge de C_1 répond à une loi exponentielle); Si nous voulons des rampes linéaires, il faut charger C_1 à courant constant. Le choix de $R_1 + P_1$ et C_1 est libre en théorie. Dans la pratique, $R_1 + P_1$ ne peut être compris qu'entre deux limites; si sa valeur est trop élevée, le faible courant qu'elle délivrera suffira juste à compenser les fuites dans l'émetteur de l'UJT et dans le condensateur si celui-ci est de forte valeur. Si la valeur de $R_1 + P_1$ est trop basse, un courant suffisamment élevé circule dans le sens de $R_1 + P_1 \rightarrow$ émetteur $\rightarrow R_3$ au déclenchement et l'UJT ne se bloque plus. Comme on peut jouer à la fois sur les valeurs de $R_1 + P_1$ et de C_1 , ces limites ne sont pas gênantes en elles-mêmes. En fait, la limite inférieure est due à la valeur du courant de fuite du condensateur qui doit rester petite devant celle de l'émetteur de l'UJT. Il s'agit de choisir la technologie du condensateur de forte valeur que l'on se propose d'utiliser. La limite supérieure, elle, n'est due qu'au temps mis par le condensateur pour se décharger dans l'UJT et dans R_3 . Si ce temps est trop long, la partie descendante de la dent de scie finit par devenir plus longue que la partie montante. Dans la pratique, on arrive assez facilement à produire des signaux dont la fréquence est comprise entre 0,01 Hz (100 secondes entre deux impulsions) et 100 kHz (100 μ s entre deux impulsions). L'utilisateur doit aussi tenir compte des tolérances des différents composants faisant partie du circuit. Notre schéma est le circuit de base que le lecteur pourra améliorer s'il le désire. La résistance R_2 sert à stabiliser le montage en fonction de la température. Une formule de calcul existe pour son choix mais elle est trop compliquée pour être énoncée ici. Nous vous livrons donc la valeur

de R_2 , égale à 470 Ω , sans autre explication. La résistance R_3 , elle, limite le courant de décharge du condensateur. Une résistance d'une centaine d'ohms est un bon choix. Il est à noter que, si le condensateur n'a pas une valeur trop élevée, les résistances R_2 et R_3 peuvent être purement supprimées sans empêcher le fonctionnement du montage. La résistance de charge du condensateur est divisée en deux parties dont une variable, le potentiomètre P_1 , qui va nous permettre de faire varier à volonté la fréquence générée. Rappelons que $R_1 + P_1$ doit débiter un courant supérieur au courant de fuite de l'UJT, de l'ordre de quelques μ A lorsque l'on approche de la tension de pic, mais que ce courant doit rester inférieur au courant de déclenchement qui, lui, vaut quelques mA. Pour garder une marge de sécurité et sauf mesure ou connaissance exacte des paramètres de l'UJT employé, on calculera donc la résistance pour des courants minimums de 10 μ A et maximums de

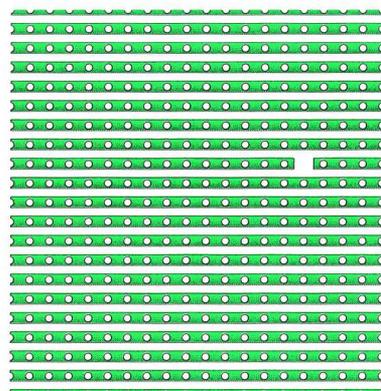


Fig 2 Préparation de la plaque

1 mA. Le condensateur C_1 , lui, fixe la gamme de fréquences balayées par P_1 ; le choix de sa valeur est libre mais l'opérateur évitera des valeurs supérieures à 1 μ F nécessitant l'emploi de condensateurs chimiques ayant souvent des courants de fuite du même ordre de grandeur que celui de l'UJT. Des formules de calcul existent aussi pour $R_1 + P_1$ et C_1 mais elles dépassent le cadre de cet article. Expliquons à présent les améliorations que le lecteur pourra apporter à notre montage. Pour obtenir une rampe linéaire, nous avons vu qu'il fallait charger C_1 à courant constant. Supposons un transistor T et sa résistance d'émetteur R. Nous voulons que le courant I traversant ce transistor soit constant. Dans ce cas, les courants de collecteur et d'émetteur d'un transistor étant presque égaux, le courant circulant dans R et donc la chute de tension à ses bornes seront également constants. La tension sur l'émetteur

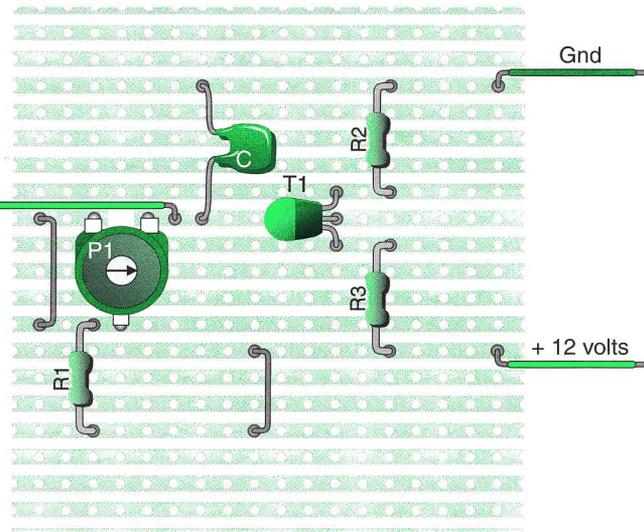


Fig 3 Implantation des éléments

du transistor ainsi que la tension sur sa base seront fixes puisque la différence de potentiel base-émetteur d'un transistor est une constante (égale à une tension de seuil de diode, c'est-à-dire 0,6V pour le silicium). Il suffit donc, raisonnablement inverse, fixer la tension de base du transistor à l'aide d'une diode zener pour qu'un courant constant la traverse quelle que soit la tension présente sur son collecteur (à condition qu'elle soit suffisamment élevée) puisque nous n'avons fait intervenir ni ce paramètre, ni ce gain en courant dans notre raisonnement. Le courant ainsi obtenu se calcule aisément par l'application de l'éternelle loi d'ohm. Le montage précédent se substitue à $R_1 + P_1$ pour ainsi charger C_1 à courant constant. Dans l'énoncé des limitations d'un montage à UJT, nous avons indiqué que la limite supérieure de fréquence était due, entre autres, au temps que mettait le condensateur à se décharger à travers de l'UJT et de la résistance R_3 . En fait, aux fréquences élevées, cette décharge d'abord rapide quand la tension est élevée se ralentit de plus en plus au fur et à mesure que la tension diminue (loi exponentielle inverse) puisque le courant dans la résistance et donc la vitesse de décharge diminuent également. On constate ainsi que le temps de retombée de la rampe occupe une place importante dans la durée totale de la période. La solution serait de court-circuiter le condensateur dès le début de la décharge par un élément commandé au bon moment. Or, nous disposons, aux bornes de la résistance de base de l'UJT, d'une impulsion correspondant justement à ce

NOMENCLATURE

- Q1 : transistor unijonction 2N6027 ou équivalent
- P1 : potentiomètre 2,2 k Ω
- R1 : 3,9 k Ω 1/4 W (orange, blanc, rouge)
- R2 : 470 Ω 1/4 W (jaune, violet, marron)
- R3 : 100 Ω 1/4 W (marron, noir, marron)
- C1 : 470 pF
- 3 broches de connexion

moment; nous allons **exploiter** ce signal en le **réinjectant** sur l'émetteur de l'UJT par l'**intermédiaire** d'un transistor bipolaire monté en émetteur commun. Dès que l'UJT se déclenche, le courant circulant dans R_3 crée une **différence** de potentiel qui, dès que cette dernière atteint 0,6V, fait conduire le transistor qui court-circuite le condensateur C_1 . Lorsque la charge de C_1 **redescend en dessous** de la tension de vallée, l'UJT se bloque, plus aucun courant ne cir-

cule dans R_3 , et le transistor bipolaire se bloque également. Le **flanc descendant** du signal se trouve ainsi **nettement amélioré**.

En dehors de la **production directe** d'une fréquence dans un **but musical**, un **orgue électronique simplifié** par exemple, un signal évoluant avec le temps présente un **grand intérêt** car il **permet de traduire** le temps qui passe en une tension qui **croît**, laquelle tension peut com-

mander **divers systèmes** après **amplification** ou **traitements éventuels**. C'est ainsi qu'en **appliquant** notre tension en dents de scie aux **électrodes correspondantes** d'un **tube cathodique**, on obtient un **déplacement** du **spot lumineux** de **gauche à droite** sur l'écran qui **revient ensuite rapidement** à gauche pour recommencer un **nouveau cycle**. En appliquant une éventuelle tension à **étudier** à deux électrodes du **même tube**, prévues, elles,

pour faire **dévier** le spot de haut en bas, on obtient alors la **représentation graphique** de ladite tension, où l'**échelle horizontale** représente le temps et l'**échelle verticale** l'amplitude du signal observé. **Malgré** la **simplicité** de cette analyse, c'est **pourtant rigoureusement** ainsi qu'est constitué un oscilloscope, cet **appareil** qui permet de "**voir**" le courant électrique.

M. LAURY

Découvrez l'anglais technique

Glossaire Français- Anglais

transistor unijonction : unijonction transistor
générateur : generator
dent : tooth
scie : saw
abréviation : abbreviation
dont : whose, of whom, of which
dispositif : device, mechanism
trois : three
électrode : electrode
monter : to assemble
habituellement : usually
conformément : according to
figure : figure
fonctionnement : functioning, working
électrique : electric
simple : simple
mise sous tension : power on
mise hors tension : power off
bloquer : to jam, to clamp
en fait : in fact
repos : quiescent
petit : petit
courant : current
traverser : to go through, to pass through, to cross
dans : in
sens : direction
vers : towards
base : base
donc : therefore, accordingly, then, hence, consequently, so
jamais : never
potentiel : potential
vraiment : really
nul : nulle
condensateur : capacitor
commencer : to begin, to start
se charger : to charge
au travers : through
résistance : resistance
potentiomètre : potentiometer
tension : voltage, tension
aux bornes : across
augmenter : to increase
temps : time
dès que : as soon as
atteindre : to reach
valeur : value
appeler : to call
pic : pick
égale : equal
un peu plus : a little more
moitié : half
présente : present

brutalement : brutally
conduction : conduction
circuler : to circulate, to flow
alors : then
limité : limited, restricted
se maintenir : to remain, to last
jusqu'à ce que : until
se décharger : to discharge
maintenant : now
émetteur : emitter
redescendre : to go down again
vallée : valley
se rebloquer : to block again
processus : process
recommencer : to begin again
obtenir : to obtain
montage : mounting, assembly
signal : signal
à cause de : because of
forme : form, shape
prélever : to deduct
impulsion : pulse
correspondant : corresponding
instant : moment, instant
pratique : practice
servir : to serve
créer : to create
base de temps : timing base
durée : duration
partie : part
montante : rising, ascending
c'est-à-dire : as to say
dépendre : to depend
dernier : last
tension d'alimentation : power supply
fixer : to fix
choisir : to choose, to select
suffire : to suffice, to be enough
maître : master
assez : enough
large : large
limite : boundary
obtenir : to obtain
souhaiter : to wish for
séparer : to separate
deux : two
prélèvement : sample
éventuel : possible, potential
haute : high
impédance : impedance
en effet : actually
endroit : place
se déduire : to deduce, to infer

modifier : to modify
validité : validity
calcul : calculation, computation
composant : component
transmettre : to transmit
falloir : to require, to need
bipolaire : bipolar
collecteur : collector
commun : common
transistor à effet de champ : field effect transistor
observer : to watch
utiliser : to use
sonde : lead, sounding line
oscilloscope : oscilloscope
posséder : to possess, to own, to have
entrée : input
sortie : output
par contre : on the other hand
disponible : available
basse : low
éventuellement : possibly, if necessary
consommer : to sink
diminuer : to decrease
amplitude : amplitude, magnitude
influer : to influence
position : position
réalité : reality
arrondi : rounded, round
linéaire : linear
passer par, traverser : to go through
se réduire : to reduce
au fur et à mesure : as and when
augmentation : increase, growth
formule : formula
répondre : to answer
loi : law
exponentielle : exponential
vouloir : to want
rampe : slope, incline, rise
constant : constant
choix : choice
libre : free
théorie : theory
être compris : to be between
juste : just, right
compenser : to compensate, to make up for
fuite : leak
suffisamment : sufficiently, enough
sens : sense
déclenchement : starting (up)
jouer : to play
à la fois : both

AVEC
Génération
Électronique



gênante : embarrassing
inférieur : lower
supérieur : upper
dû à : due to
devant : in front of
technologie : technology
long : long
descendante : descending, downward, falling
finir : to end
devenir : to become
arriver : to arrive
facilement : easily
produire : to produce
fréquence : frequency
compris : comprise
seconde : second
utilisateur : user
tenir compte : to take into account
tolérance : tolerance
différent : different, various
circuit : circuit
lecteur : reader
améliorer : to improve
désirer : to desire
stabiliser : to stabilize
fonction : function
exister : to exist
compliqué : complicated, elaborate
énoncer : to state
livrer : to deliver
explication : explication
centaine : hundred
noter : to note
purement : purely
supprimer : to suppress
sans : without
empêcher : to prevent
fonctionnement : functioning, working
diviser : to divide
potentiomètre : potentiometer
permettre : to allow, to permit
volonté : will
générer : to generate, to engender
rappeler : to call again
débit : to debit
ordre : order
quelques : some, some little, a few
approcher : to approach, to come near

res-ter : to remain
valoir : to be equivalent to
garder : to keep, to retain
marge de sécurité : safety margin
sauf : except
mesure : measurement
connaissance : acquaintance, knowledge
exact : exact, precise
paramètre : parameter
employé : used
minimum : minimum
maximum : maximum
balayer : to sweep
éviter : to avoid
nécessiter : to require, to demand, to necessitate
chimique : chemical
ordre : order
grandeur : size; height
cadre : outline
article : article
expliquer : to explain
amélioration : improvement
apporter : to bring
supposer : to suppose, to assume
borne : terminal
fixe : fixed
puisque : as
potentiel : potential
seuil : threshold
diode : diode
silicium : silicon
raisonnement : reasoning
à l'aide : with the help
zener : zener
présent : present
condition : condition
intervenir : to intervene, to interpose, to step in
gain : gain
application : application
éternel : eternal, everlasting, perpetual
précédent : preceding, previous
se substituer : to substitute
énoncé : statement, term
limitation : limitation
rapide : fast
se ralentir : to slow down



Les expériences de Faraday

Michael Faraday, né le 22 septembre 1791 à Newington dans le Surrey (banlieue londonienne), est originaire d'une famille modeste. La religion occupe une place importante au sein de la famille Faraday, ce qui amène le jeune Michael à fréquenter, par la suite, l'église Glassiste encore appelée église des Sandémانيين.

Cette église, dont les noms sont empruntés à ceux de son fondateur Glass en 1730 et son disciple Sandeman, s'éloigne de l'église protestante enracinée dans un fondamentalisme respectueux du sens littéral des Écritures.

A treize ans il devient apprenti libraire et relieur dans Blandford Street. Son éducation se résume alors à la maîtrise de la lecture et de l'écriture, mais il profite du fond dont dispose le libraire pour satisfaire sa curiosité tout en développant sa dextérité dans l'art de la reliure.

ent, tout comme celle du fluide unique proposée par les disciples de B. Franklin (alors très populaire en Grande Bretagne), entraîne Faraday à exercer son esprit critique tout en adoptant une démarche aussi impartiale que possible.

Tytler exerce une grande influence sur les idées que Faraday se forge quant à la nature de l'électricité, puisqu'il se réfère de nombreuses fois à ses articles tenant longtemps le courant électrique non pas comme un flux matériel mais comme une vibration.

Faraday trouve difficilement de quoi alimenter cette nouvelle curiosité car il lui est impossible de participer aux cours dispensés à l'époque. Il a cependant la chance de rencontrer un groupe de jeunes gens partageant ce goût des sciences qui l'entraînent à fréquenter la *City Philosophical Society* où il prend part aux conférences concernant l'électricité, le galvanisme, l'optique, la mécanique théorique et pratique, la chimie, etc.

Sa rencontre avec l'ouvrage de Jane Marcet, *Conversations on Chemistry*, est également importante pour Faraday qui aborde, dès lors, la chimie comme le domaine des sciences capable d'apporter toutes les clefs de la compréhension des mystères de la nature.

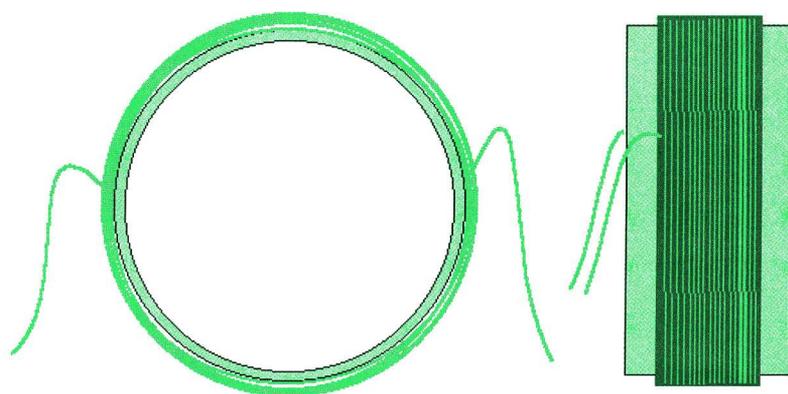


Fig 2

Ayant obtenu des entrées pour assister aux lectures de H. Davy à la *Royal Institution*, il suit les exposés de celui à qui il voue, par la suite, une fervente admiration.

Il est, dans un premier temps, recommandé auprès de Davy qui cherche un aide devant assurer un intérim au laboratoire, suite à un accident. Apprécié, Faraday entre comme assistant au laboratoire de la *Royal Institution* où sa collaboration avec Davy exerce, là aussi, une influence considérable sur ses futurs travaux.

Bobinage du secondaire.

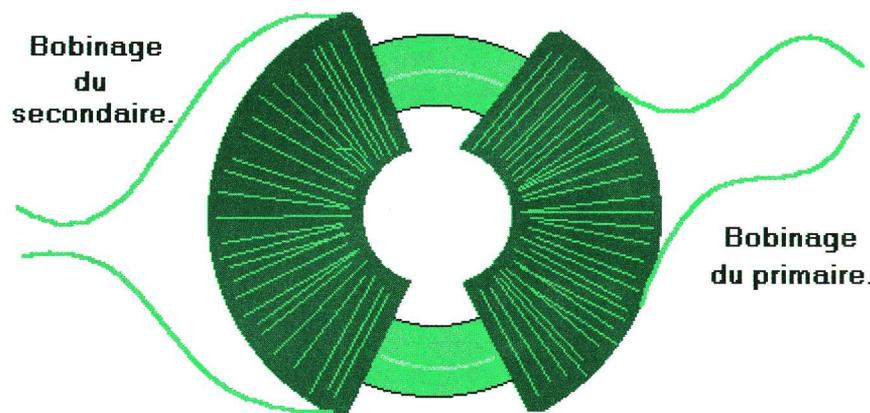


Fig 4

Fabrication du générateur de courants induits

Ses travaux

Faraday acquiert rapidement une grande réputation dans le domaine des analyses en chimie. En 1816, sa première publication porte sur *l'Analyse de la chaux caustique de Toscane*. C'est à partir de 1820 qu'il est appelé à se prononcer auprès de la Cour dans certaines audiences pour lesquelles l'avis d'un expert est requis.

Cependant, Faraday ne se cantonne pas au travail d'analyse appliquée puisqu'il cherche à résoudre, grâce à la chimie, des problèmes d'ordre technologique comme l'amélioration de la qualité des aciers ou des verres optiques.

En 1820, Faraday se marie avec la

hommes de science et des éducateurs que vers la classe dirigeante, ce grâce aux conférences qu'il institue et aux efforts qu'il déploie pour soutenir la *Royal Institution*.

Jusqu'en 1850, Faraday se focalise sur les lignes de force en écartant apparemment du champ de ses réflexions les particules de matières qui s'y trouvent soumises. C'est ainsi qu'il considère qu'un aimant est "le lieu des lignes de force". Il émerge cependant de ses considérations que c'est dans le milieu qui environne l'aimant que siège la force magnétique et qu'elle se manifeste par le champ magnétique. En fait, alors qu'il semble vouloir échapper aux écueils que posent les mécanismes en jeu au niveau des particules, Faraday utilise les concepts qu'il a développés avec sa théorie de l'électricité.

Ayant abordé des domaines aussi divers que la chimie, l'électricité, l'électrochimie ou l'électromagnétisme, Faraday se retire progressivement des diverses sociétés à la vie desquelles il participe et ce, à partir de 1850. Il enseigne encore à la *Royal Institution* jusqu'en 1862, date

Réalisation de la bobine

sœur de l'un de ses amis de la *Philosophical Society*, Sarah Barnard. Cette dernière soutient moralement Faraday tout au long de sa carrière. Bien qu'il exerce une grande influence dans l'univers des sciences de l'époque, tant par ses conférences que par ses publications, Faraday préfère toujours travailler seul. Il ne fonde aucune école ou ne forme pas directement des disciples dans son laboratoire. Cependant, il contribue à une extension de la culture scientifique, tant auprès des

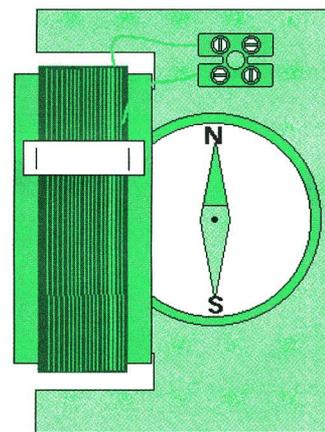


Fig 3

Le galvanomètre assemblé

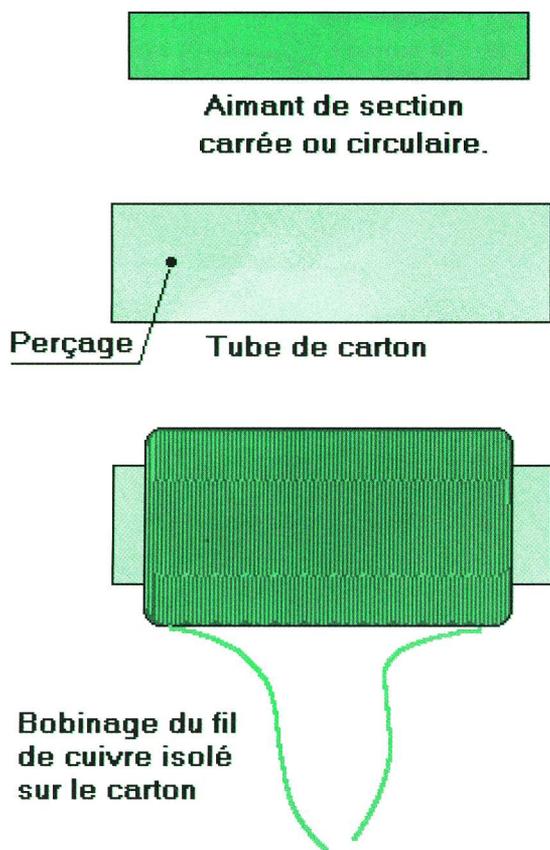


Fig 5 Fabrication de la bobine

à laquelle il rejoint sa maison D'Hampton Court avant de s'éteindre le 25 août 1867.

■ Les expériences proposées

Les deux expériences que nous vous proposons de réaliser sont calquées sur celles que fit Faraday en 1831.

Première expérience :

Pour celle-ci, Faraday imagine un

effet magnétique sur le métal qui produira à son tour un courant électrique sur l'autre bobine. Pour visualiser le courant, il utilise une boussole comme l'a fait Oersted.

Il constate alors qu'un courant constant ne produit pas le moindre déplacement de l'aiguille de la boussole. Par contre, celle-ci bouge violemment dès qu'on ferme ou qu'on ouvre le circuit dans lequel se trouve la pile. La conversion d'une force électrique en une force magnétique qui donne à son tour une force électrique s'impose dès lors comme n'étant observable que dans le cas d'une variation.

Seconde expérience :

Afin de montrer qu'un magnétisme constant n'engendre aucun courant, Faraday réalise une expérience très simple,

laquelle fait intervenir un bobinage en hélice au sein duquel coulisse un aimant. Le circuit du galvanomètre, formé avec la boussole reliée aux deux extrémités de la bobine, met alors en évidence le fait qu'un courant soit produit pour chaque variation du magnétisme, donc pour chaque déplacement de l'aimant.

Cette découverte de l'induction électromagnétique pose le principe d'une conversion réciproque du magnétisme et de l'électricité comme résultant d'une variation de l'un par rapport à l'autre. Fort de ses constatations et des théories qu'il a déjà élaborées, Faraday dépose en

confirmation qualitative que bien plus tard, à partir des premiers travaux mathématiques de Maxwell.

■ Réalisation des maquettes

Pour préparer un galvanomètre, commencez par chercher une boussole qui ne soit pas d'un diamètre trop important. Les dimensions des autres éléments (tube de carton et feuille de polystyrène choc) seront déterminées en fonction de celles de la boussole.

teur, nous avons utilisé un anneau de fer doux. Vous pouvez utiliser tout type d'anneau de récupération d'un diamètre allant de 4 à 6 cm pour rester dans des valeurs raisonnables.

Pour les bobinages, commencez par coller un morceau d'adhésif sur les parties autour desquelles vous enroulez le fil de cuivre émaillé. Là aussi, le nombre de tours sera fonction du diamètre du fil utilisé et du diamètre de l'anneau (figure 4). La bobine est l'appareil le plus simple dans la mesure où il suffit de se procurer un aimant de forme allongée (dans les grandes surfaces

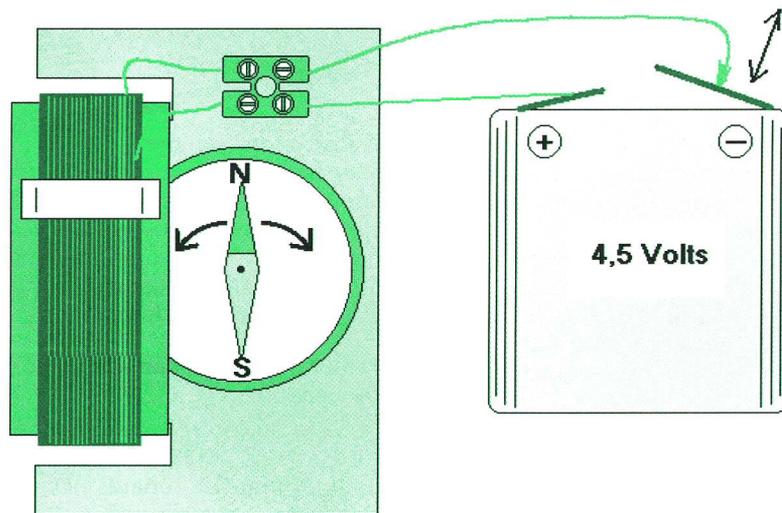


Fig 6

Pour tester le galvanomètre

Pour notre montage, le tube est à l'origine un rouleau de papier adhésif utilisé pour empêcher les bavures de peinture sur les boiseries. Découpez deux encoches dans le polystyrène afin que le tube puisse se coincer dedans, tout en ménageant un espace pour le bobinage (figure 1). Bobinez ensuite le rouleau avec du fil de cuivre isolé après avoir fixé une extrémité au travers du trou ménagé dans le carton (figure 2). Laissez 10 cm de fil pour effectuer chaque connexion dans un "domino" collé ou vissé sur le polystyrène. La boussole peut être simplement fixée par un adhésif ou un point de colle (figure 3). Afin de réaliser notre transforma-

d'outillage) puis de former un tube avec du carton afin qu'il puisse coulisser librement à l'intérieur. Enroulez ensuite le fil de cuivre émaillé en formant des spires régulières sur quelques couches (figure 5).

■ Nos expériences

Commencez par tester le fonctionnement du galvanomètre comme indiqué sur la figure 6, puis effectuez les montages des figures 7 et 8 afin de reproduire les expérimentations de Faraday.

P. RYTTER

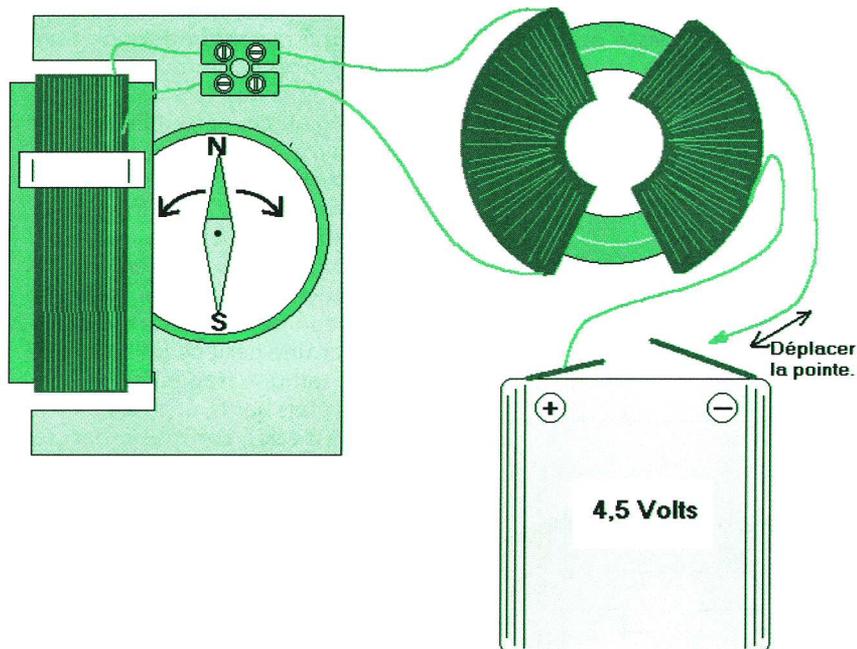


Fig 7

Première expérience de Faraday (1831)

dispositif extrêmement simple puisqu'il consiste en un anneau de 15 cm de diamètre autour duquel il enroule deux conducteurs afin d'obtenir deux bobines opposées. Sachant que l'acier est sensible au magnétisme, il part de l'hypothèse qu'en appliquant un courant sur l'une des bobines, il en résultera un

1832 une enveloppe cachetée à la Royal Society. Ouverte en 1937, soit plus d'un siècle plus tard, celle-ci nous révèle qu'il supposait l'existence d'ondes électromagnétiques tout à fait analogues aux ondes produites à la surface de l'eau. Ses hypothèses, fondées sur l'expérimentation, n'auraient pu trouver leur

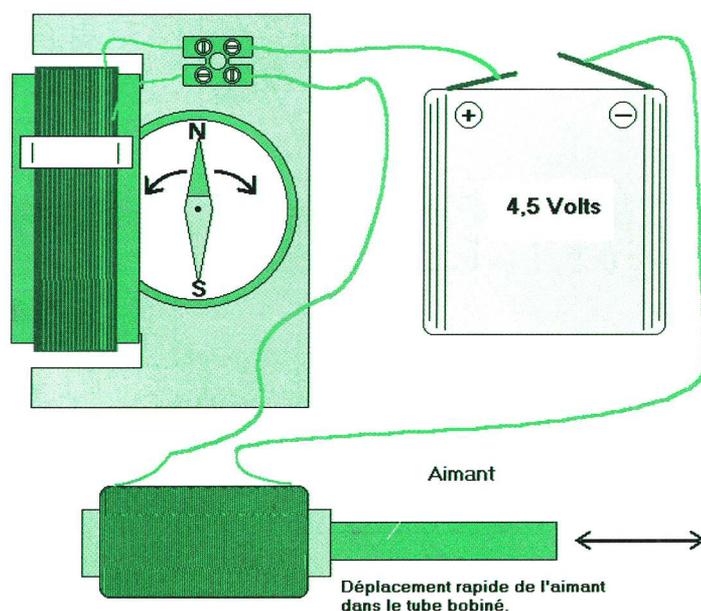


Fig 8

Seconde expérience de Faraday (1831)

Un aquarium à la bonne température



L'intention de nos amis aquariophiles, nous avons réalisé ce montage simple qui contrôle, à tout moment, si l'élément naturel dans lequel évoluent les poissons est à la bonne température. Il met immédiatement en évidence toute dérive dans un sens ou dans l'autre grâce à une signalisation optique et sonore.

Le principe

Une CTN dépassant du fond d'un boîtier est appliquée contre la surface vitrée d'une face de l'aquarium. Le montage est réglé à une température donnée, jugée correcte. Si la température de l'eau s'éloigne de cette valeur de référence, on observe :

- L'allumage d'une LED rouge si l'eau devient trop chaude,
- L'allumage d'une LED jaune si l'eau devient trop froide.

Dans les deux cas, un buzzer émet un Bip-Bip d'alerte.

En revanche, lorsque l'eau est à la bonne température, on constate l'allumage d'une LED verte.

réalise alors un premier filtrage. Sur la sortie du régulateur, un 7809, on relève un potentiel continu, stabilisé à 9V. La capacité C_2 effectue un complément de filtrage et C_3 découple l'alimentation du montage lui-même.

Température de l'eau à la valeur convenable

Le cœur du contrôle de la température est un LM358 qui comporte deux Ampli-OP séparés. On distingue deux chaînes :

- Les résistances R_1 , R_4 et la CTN de contrôle,

■ Les résistances R_2 , R_3 et l'ajustable A. On observera le montage croisé des entrées directes par rapport à ces deux chaînes. Les deux Ampli-OP fonctionnent ici en comparateurs de potentiel. Rappelons-en rapidement le principe :

- Lorsque le potentiel appliqué sur l'entrée directe est supérieur à celui de l'entrée inverseuse, la sortie de l'Ampli-OP présente un état haut,

- Lorsque la situation s'inverse, la sortie de l'Ampli-OP passe à un état bas.

Dans le cas d'une température jugée convenable, la résistance ohmique de la CTN est la même que celle de l'ajustable A, qui a été réglée pour cela. Le lecteur vérifiera sans peine que pour les deux Ampli-OP, le potentiel de l'entrée directe est supérieur à celui de l'entrée inverseuse. Les deux Ampli-OP présentent donc un état haut sur leurs sorties. Les portes NAND II et III de IC_2 présentent alors un état bas sur leurs sorties et les LED L_1 et L_3 sont éteintes. En revanche, la sortie de la porte NAND IV est à l'état bas et celle de la porte NAND I à l'état haut. En conséquence, la LED verte L_2 est allumée.

Température trop basse

Lorsque la CTN (résistance à coefficient de température négatif) est soumise à une baisse de température, sa résistance ohmique augmente. A un moment donné, l'entrée inverseuse de l'Ampli-OP I

devient supérieure à celle de l'entrée positive. La sortie de l'Ampli-OP I passe à l'état bas. En revanche, rien ne change en ce qui concerne l'Ampli-OP II dont l'entrée directe devient plutôt davantage positive par rapport à l'entrée inverseuse. La sortie de la porte NAND II passe à l'état haut ce qui a pour conséquence l'allumage de la LED jaune L_1 .

Température trop élevée

Cette fois, la résistance de la CTN baisse. Il en résulte le passage à l'état haut de la sortie de l'Ampli-OP II, sans faire changer l'état bas caractérisant la sortie de l'Ampli-OP I. La sortie de la porte NAND III présente un état haut et la LED rouge L_3 s'allume.

Signalisation sonore

Dans les deux cas où l'une des sorties des Ampli-OP présente un état bas, ce qui correspond à une température trop haute ou trop basse, la sortie de la porte NAND IV passe à l'état haut. On notera au passage que cela a pour conséquence le passage à l'état bas de la porte NAND I, d'où l'extinction de la LED verte L_2 . Mais l'oscillateur astable formé par les portes NAND III et IV de IC_3 devient actif. Il délivre sur sa sortie un créneau de forme carrée caractérisé par une période de l'ordre de 0,5 sec., soit une fréquence de 2 Hz. Lors des états hauts, un second oscillateur astable, constitué par les portes I et II, entre en action. Il génère des créneaux de forme carrée à une fréquence musicale directement restituée par le buzzer. Ce dernier émet une suite ininterrompue de Bip d'avertissement.

Le fonctionnement (figures 1, 2 et 3)

Alimentation

Le montage tire son énergie du secteur 220V par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur de tension qui délivre sur son enroulement secondaire un potentiel alternatif de 12V. Un pont de diodes redresse les deux alternances. La capacité C_1

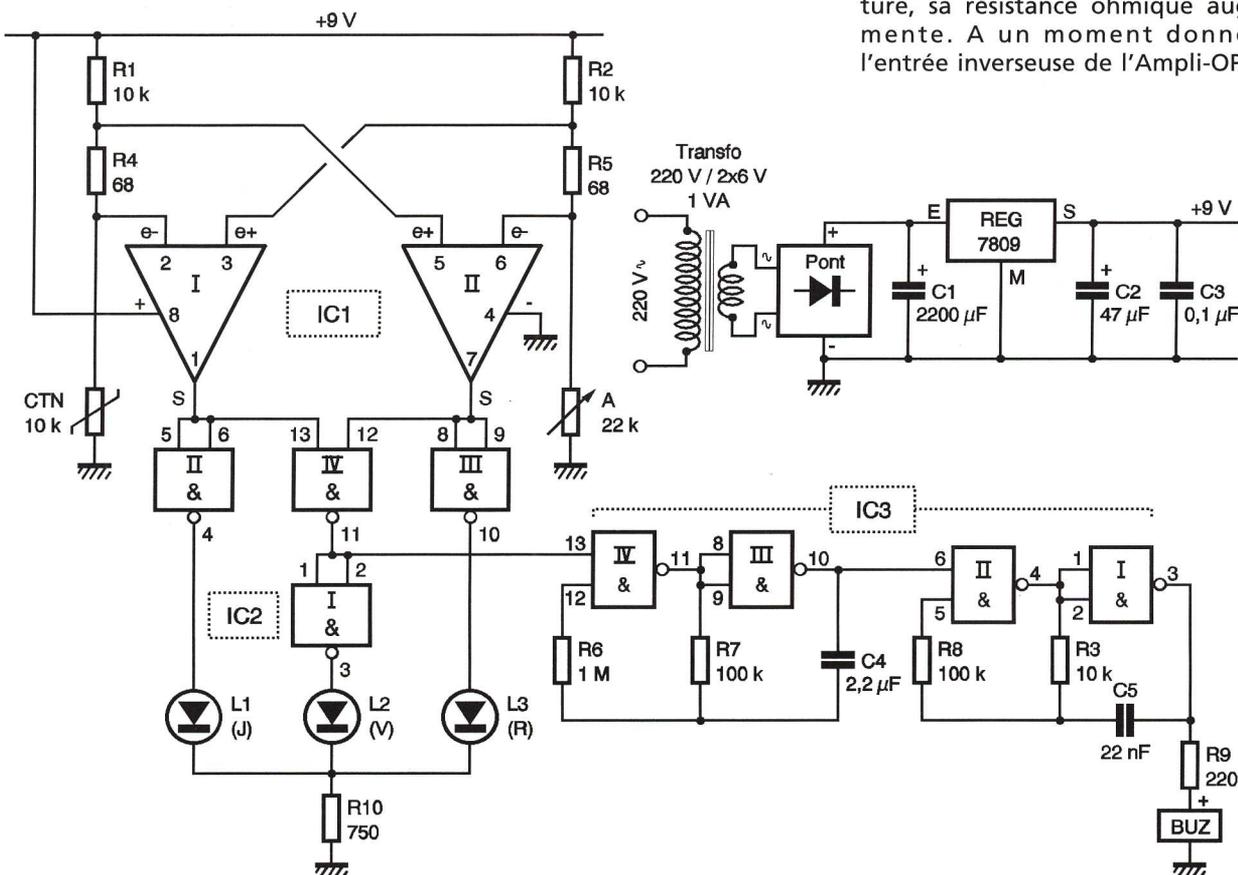


Fig 1

Schéma de principe

La réalisation

Circuit imprimé (figure 4)

Peu de remarques sont à faire sur la réalisation du circuit imprimé. Tous les moyens usuels peuvent être mis en œuvre : éléments de transfert appliqués directement sur le cuivre,

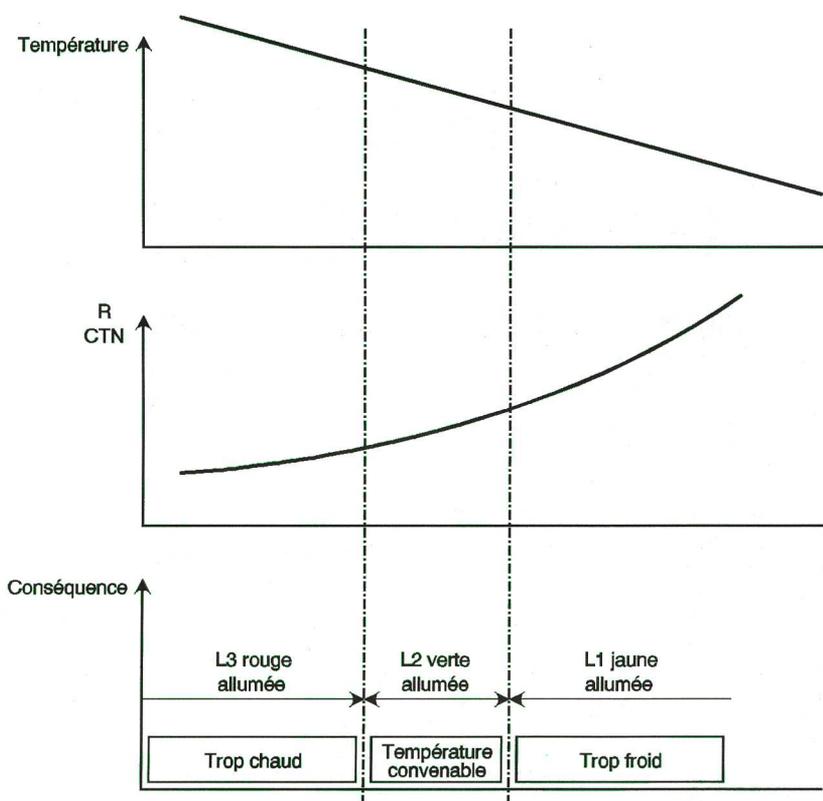


Fig 2 Fonctionnement

confection d'un typon ou encore méthode photographique. Après gravure dans un bain de perchlorure de fer, le module est à rincer très abondamment à l'eau tiède. Par la suite, toutes les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de

Implantation des composants (figure 5)

Après la mise en place des quelques straps de liaison, on soudera d'abord les résistances et les supports des circuits intégrés. On terminera par les capacités et les composants les plus

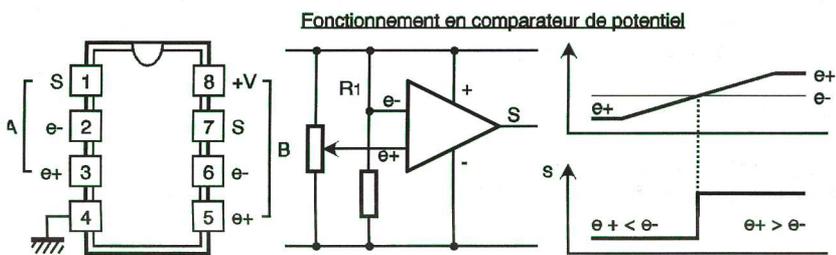


Fig 3 Brochage et principe

diamètre. Certains trous seront à agrandir afin de les adapter au diamètre des connexions des composants les plus volumineux.

hauts. Attention à l'orientation des composants polarisés. Les LED de signalisation ont été montées sur

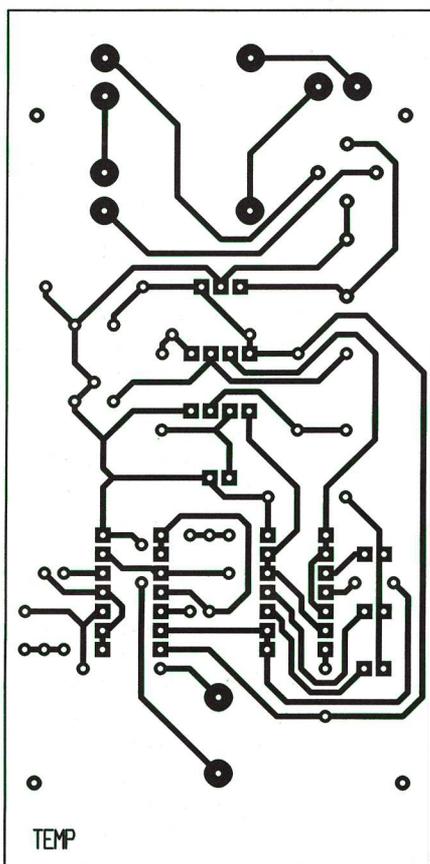


Fig 4 Tracé du circuit imprimé

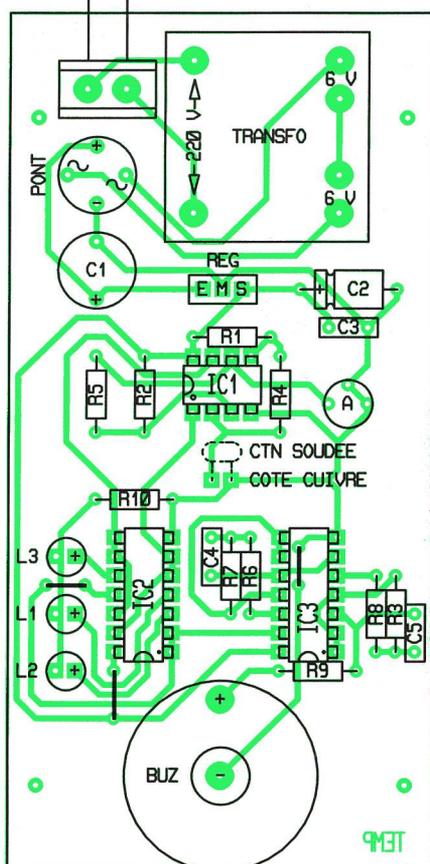


Fig 5 Implantation des éléments

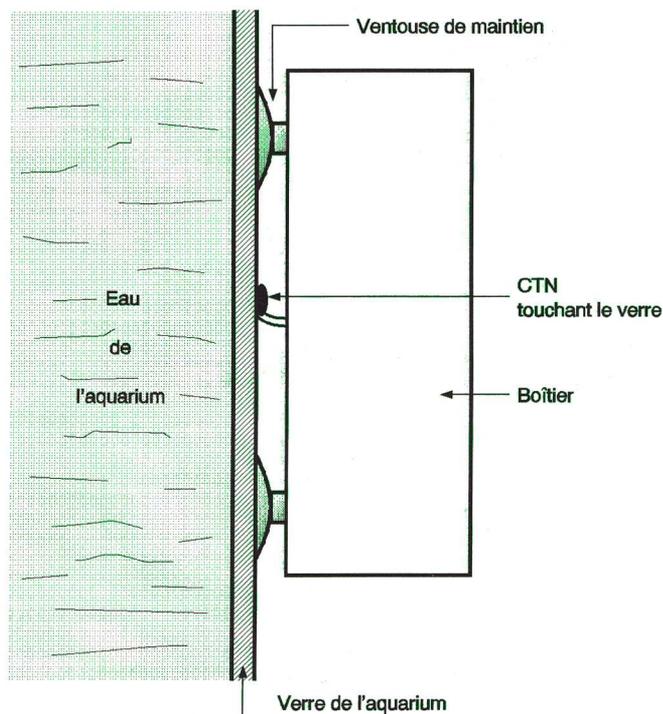


Fig 6 Exemple de fixation du boîtier

réhausse afin de les faire déboucher à la surface du couvercle du boîtier. On notera que la CTN est soudée côté cuivre. Ses connexions traversent en effet le fond du boîtier dans lequel on aura percé un trou d'un diamètre adapté.

Réglage

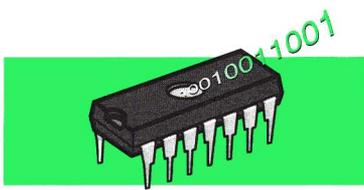
La figure 6 est un exemple possible de fixation du boîtier contre le verre de l'aquarium. Le réglage est très simple. L'eau de l'aquarium étant à la température jugée correcte, on tournera doucement le curseur de l'ajustable A dans un sens ou dans l'autre afin d'aboutir à l'allumage stable de la LED verte L₂. Avec les composants indiqués (R₄ et R₅ essentiellement) la réactivité du montage est relativement élevée. En effet, toute dérive de l'ordre du degré Celsius dans un sens ou dans l'autre entraîne le déclenchement du dispositif d'alerte. Ce peu de tolérance

peut gêner dans certains cas. On peut l'augmenter en rehaussant les valeurs de R₄ et de R₅, par exemple en les remplaçant par des valeurs de 100 Ω, voire 120 Ω.

R. KNOERR

NOMENCLATURE

- 3 straps (1 horizontal, 2 verticaux)
- R₁ à R₃ : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R₄, R₅ : 68 Ω (bleu, gris, noir) voir texte
- R₆ : 1 MΩ (marron, noir, vert)
- R₇, R₈ : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R₉ : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
- R₁₀ : 750 Ω (violet, vert, marron)
- A : ajustable 22 kΩ
- Pont de diodes 500 mA
- REG : régulateur 9V (7809)
- CTN : résistance à coefficient de température négatif 10 kΩ
- Buzzer piézo-électrique (sans oscillateur)
- L₁ : LED jaune Ø3
- L₂ : LED verte Ø3
- L₃ : LED rouge Ø3
- C₁ : 2200 µF/25V électrolytique (sorties radiales)
- C₂ : 47 µF/10V électrolytique
- C₃ : 0,1 µF céramique multicouches
- C₄ : 2,2 µF céramique multicouches
- C₅ : 22 nF céramique multicouches
- IC₁ : LM358 (double Ampli-OP)
- IC₂, IC₃ : CD4011 (4 portes NAND)
- 1 support 8 broches
- 2 supports 14 broches
- 1 transformateur 220V/2x6V/1VA
- 1 bornier soudable 2 plots



Apprenez les microcontrôleurs avec le Basic Stamp 3^o partie

Nous avons réalisé, le mois dernier, notre platine d'expérimentation, il ne nous manque donc plus que le logiciel de développement pour commencer à écrire nos premiers programmes. Une des particularités du Basic Stamp est que ce logiciel est disponible sous deux formes. Une forme payante, auquel cas il est fourni avec un manuel complet, décrivant les instructions du Stamp et un certain nombre d'applications, ainsi qu'avec les câbles de liaison au Basic Stamp 1 ou 2 ; et une forme totalement gratuite.

Dans les deux cas, le logiciel est rigoureusement identique et dispose des mêmes fonctions et possibilités alors, si rien ne vous interdit bien sûr d'acquérir la version payante pour suivre cette série d'articles, nous allons voir sans plus tarder comment obtenir la version gratuite.

■ Un petit coup d'Internet

La société américaine PARALLAX, qui est le concepteur du Basic Stamp rappelons-le, dispose d'un site Internet très complet sur lequel on peut télécharger la version gratuite du logiciel de développement. C'est donc là que nous allons aller la chercher.

Si vous disposez d'un abonnement Internet, nous allons vous montrer pas à pas comment récupérer ce logiciel. Dans le cas contraire, demandez à un ami qui dispose d'un tel accès de réaliser ces manipulations pour vous, au besoin en lui faisant lire le texte qui suit s'il n'a pas l'habitude de ce genre d'opération. Précisons également que, si vous n'avez pas encore d'accès Internet, c'est peut-être là l'occasion d'essayer d'autant que cela ne coûte rien. Il ne se passe pas de mois en effet sans qu'une revue d'informatique ou une autre ne propose un ou plusieurs CD ROM de connexion à l'Internet, que ce soit par Wanadoo ou Club-Internet, avec un mois d'abonnement d'essai gratuit.

■ Téléchargement du logiciel

Connectez-vous au site Internet de PARALLAX en faisant attention à l'adresse qui est www.parallaxinc.com (et non parallax.com comme on aurait pu s'y attendre). Vous devez arriver sur une page

d'accueil plus ou moins conforme à ce que vous pouvez voir figure 1. Son contenu varie en effet très souvent en raison du dynamisme de PARALLAX qui a toujours des nouveautés à annoncer.

Cliquez alors dans la colonne de gauche sur la rubrique "Software" pour accéder à la page de liste des familles de programmes. Faites dérouler la page qui s'affiche, au moyen de l'ascenseur situé sur sa droite, pour arriver à la rubrique "BASIC Stamp Software" comme indiqué figure 2.

Cliquez sur "BASIC Stamp Software" de façon à accéder au contenu de cette rubrique. Vous allez alors arriver sur une page contenant tous les programmes, notes d'applications et notices relatifs au Basic Stamp.

Faites à nouveau dérouler cette page si nécessaire jusqu'à arriver à la disquette qui précède l'appellation "Basic Stamp Window Interface v1.04" comme vous pouvez le voir sur la figure 3. Cliquez ensuite sur

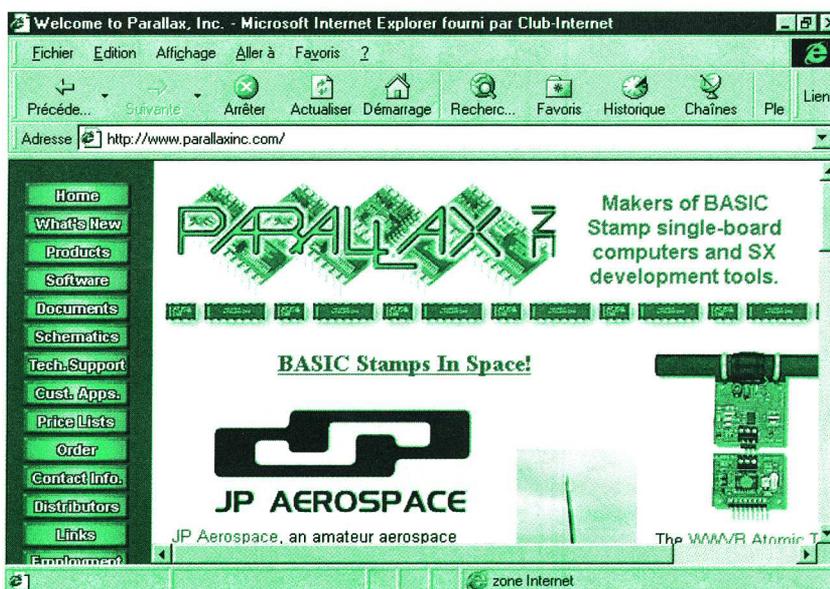


Fig 2 Une rubrique entière est consacrée aux logiciels pour Basic Stamp...

cette disquette pour déclencher le téléchargement du programme correspondant.

Une fenêtre s'ouvre sur l'écran de votre PC vous proposant de placer le programme sur votre disque dur.

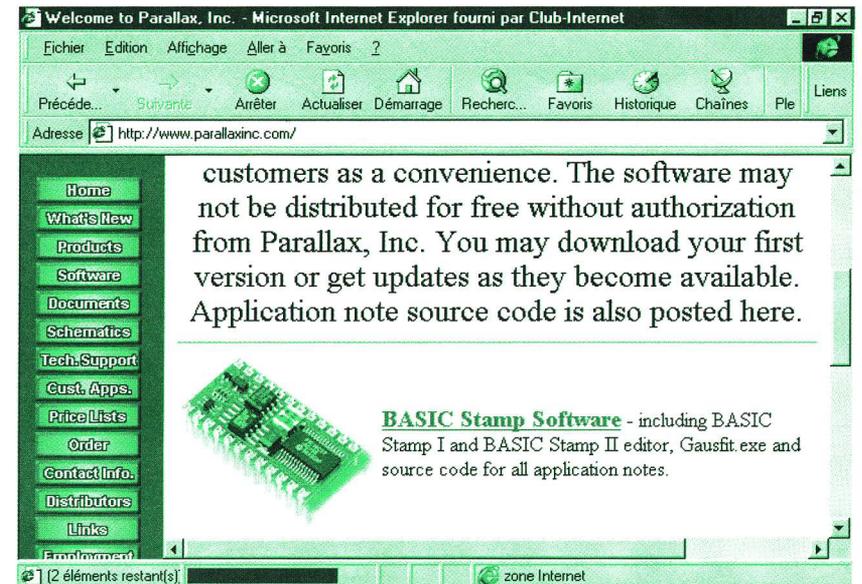


Fig 1

La page d'accueil du site Internet de PARALLAX

Acceptez et choisissez le répertoire de votre choix qui peut être, pour le moment, un répertoire temporaire (par exemple le répertoire Temp de Windows).

Au bout de quelques minutes, selon la vitesse de votre modem mais surtout selon la vitesse de la connexion Internet utilisée, le téléchargement se termine et le programme est alors disponible sur votre disque dur. Quittez le site de PARALLAX et déconnectez-vous d'Internet avant de passer à la suite des opérations. Attention ! A la date de rédaction de cet article, le logiciel de développement du Basic Stamp pour Windows porte le numéro de version 1.04 alors que la version 1.09 bêta, est également disponible sur le site en téléchargement. Tant que cette version sera suivie de l'indication "bêta" c'est qu'elle sera en version de test non encore complètement débuggée, ce qu'indique

vous pouvez la télécharger à la place de la 1.04 préconisée. Vous bénéficierez alors de quelques fonctions "de confort" supplémentaires qui ne remettront nullement en cause nos explications.

■ Installation du logiciel

Afin de travailler proprement, nous vous conseillons de créer un répertoire consacré au Basic Stamp sur votre disque dur. Ce répertoire contiendra alors le programme que vous venez de télécharger et les exercices et programmes que nous vous proposerons. Donnez à ce répertoire le nom de votre choix et copiez-y le logiciel `stampw.exe` que vous venez de télécharger.

L'installation de `stampw` se résume à cela puisque le programme est prêt à l'emploi et qu'il ne vous reste donc plus qu'à le lancer. Pour cela vous disposez des 3 méthodes suivantes :

- lancez l'explorateur de Windows puis allez dans le répertoire contenant le programme et faites un double clic sur son nom. Dans ce cas, l'explorateur reste accessible en tâche de fond ce qui diminue un peu les ressources disponibles et peut être gênant si votre PC est "un peu juste".

- Utilisez le menu "Démarrer" puis la rubrique "Exécuter" en saisissant dans la boîte de texte le nom du répertoire suivi du nom du programme (`stampw`). Cette façon de faire est plus correcte que la précédente mais est assez fastidieuse.

- Réalisez un raccourci permettant d'accéder au programme ; raccourci que vous placerez sur le bureau. Pour cela, ouvrez le répertoire contenant le programme

avec l'explorateur de Windows, cliquez avec le bouton gauche de la souris sur le nom du programme et, sans relâcher le bouton de la souris, faites glisser l'icône qui apparaît alors sur le bureau puis, seulement à ce moment-là, relâchez le bouton. Une icône en forme de Basic Stamp est alors visible et s'appelle par défaut "Raccourci vers stampw". Vous pouvez changer ce nom en cliquant dessus avec le bouton droit de la souris et en choisissant "Renommer".

Cette dernière façon de faire est la plus pratique, et de loin, car elle vous permet de lancer ensuite le programme en faisant simplement un double clic sur cette icône.

Pour cela, allez dans le menu "Edit" puis dans la rubrique "Preferences". Cliquez sur l'onglet "Editor Operation" et, dans la fenêtre qui s'affiche alors, allez à la rubrique "Default Com Port". Elle doit en principe contenir AUTO. Faites ouvrir sa liste déroulante et choisissez le port série (COM1 ou COM2) auquel est reliée votre platine. Validez ce choix en cliquant sur OK en bas de l'écran et lancez à nouveau la procédure d'identification qui doit maintenant bien se passer. Si tel n'est pas le cas, le problème vient nécessairement de votre carte, de votre câble ou éventuellement du port série de votre PC. Essayez d'en changer, même provisoirement, pour lever le doute.

fenêtre s'ouvre par-dessus la précédente ; c'est le terminal de debug. Vous pouvez lire dans cette fenêtre le texte Bonjour qui a été renvoyé par le Basic Stamp.

L'instruction debug fait en effet imprimer sur le terminal de debug les données qui la suivent. Dans le cas présent, ces données étaient constituées par la chaîne de caractères Bonjour que vous avez donc pu voir sur l'écran.

Fermez le terminal de debug en cliquant sur "Close" et effacez votre programme, soit en sélectionnant la ligne et en la coupant avec les ciseaux, soit en vous positionnant dessus et en l'effaçant caractère par caractère.

Tapez alors les deux lignes suivantes :

b0 = 25
debug ? b0

Cliquez ensuite sur la flèche triangulaire bleue pour faire exécuter ce programme. Vous devez voir apparaître sur l'écran du terminal de debug :

b0 = 25
Ce programme a en effet défini la variable b0 comme étant égale à 25 sur sa première ligne et nous avons ensuite demandé à debug de nous afficher la variable b0 (précédée de son nom en raison du ?) ; ce qu'elle a fait.

Ceci nous amène tout naturellement à parler des variables, de leurs noms et de leur utilisation ce qui sera l'objet de notre prochain article.

C.TAVERNIER

■ Premier contact avec stampw

Même si le programme peut fonctionner sans que la platine d'expérimentation soit présente, nous allons faire d'une pierre deux coups et achever ainsi le test de son bon fonctionnement. Raccordez votre platine à son alimentation secteur. Laissez en place le strap S2 afin de disposer de la LED comme témoin de marche. Raccordez le connecteur 9 points de la platine à un port série

■ Votre première instruction

Rassurez-vous les problèmes évoqués ci-dessus ont très peu de chances de se produire si vous nous avez bien suivis et vous devriez donc très rapidement être à même de réaliser vos premières expérimentations.

Avant même de savoir programmer nous devons vous présenter une instruction dont nous allons faire un

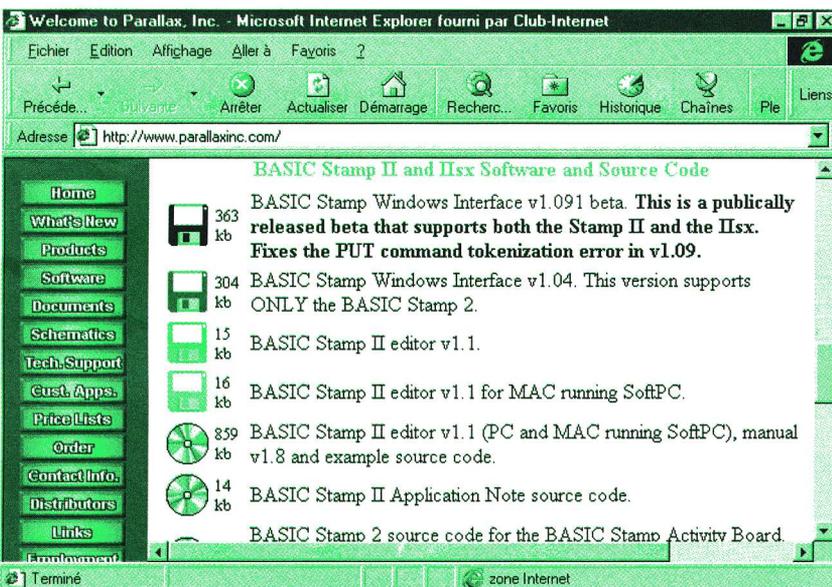


Fig 3 ...dans laquelle il ne reste qu'à choisir l'outil de développement adéquat.

libre de votre PC (COM1 ou COM2 au choix) en utilisant un câble droit. Mettez votre platine sous tension et lancez le programme stampw. Après quelques secondes, un écran bleu est visible surmonté des classiques barres d'outils et de menus. Cliquez alors sur l'icône représentant un petit badge marqué ID (6^{ème} en partant de la droite) qui réalise l'identification du Basic Stamp. Si tout se passe bien une fenêtre indiquant "Found BS2-IC (firmware vx.x)" doit être visible. Cliquez sur OK pour l'effacer.

Si cela ne marche pas et si vous êtes certain du câblage de votre platine et du câble droit que vous utilisez, il se peut que la détection automatique du port sur lequel est connecté le Basic Stamp ne fonctionne pas sur votre PC. Nous allons donc réaliser la configuration nécessaire manuellement.

très large usage : l'instruction debug. Comme son nom l'indique, cette instruction sert à "debugger" ou, si vous préférez, à mettre au point un programme. C'est donc elle que nous allons utiliser intensivement pour vous montrer ce qui se passe dans le Basic Stamp et dans les programmes que nous écrivons. Il est donc forcément nécessaire de commencer par apprendre à l'utiliser, au moins sommairement car elle dispose en fait de très nombreuses possibilités qu'il serait fastidieux d'énumérer dans le cadre de cet article. Lancez stampw, avec votre platine connectée et sous tension, et frappez le "programme" suivant : debug "Bonjour"

Cliquez ensuite sur l'icône représentant une flèche triangulaire bleue ce qui a pour effet de faire exécuter ce très court programme. Une nouvelle

SERIGRAPHIE
Machine et produits

PERCEUSES D'ETABI
7 modèles

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

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

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

LE CIRCUIT IMPRIME POUR TOUS LES BUDGETS

TRANSFORMATION DES PLASTIQUES
Norme CE 220 V ou 48 V

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

Catalogue sur demande
ISO 9002

CIF
CIRCUITS IMPRIMÉS FRANÇAIS

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

Pileuse
Thermoformeuse
Cisaille

Interface
Machette
Tampographie

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

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

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

Si vous aimez l'électronique # m
Ce catalogue est fait pour vous !

*ainsi que les kits, l'audio, le modélisme, les alarmes, les stations météo, les outils de développement, la robotique, etc.

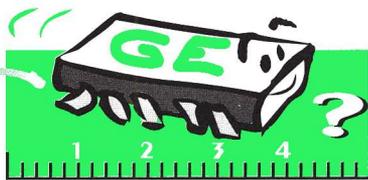
Envoi contre 30F (chèque ou timbres-poste)

Selectronic
UNIVERS ELECTRONIQUE

86, rue de Cambrai - B.P 513 - 59022 LILLE Cedex
Tél. : 0 328 550 328 Fax : 0 328 550 329

Oui, je désire recevoir votre Catalogue Général 1999 à l'adresse suivante
(C/ joint 30F en timbres-poste)

Nom : Prénom :
Tél : Adresse :
Ville : Code postal :



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

16ème partie

Comme nous l'avons fait dans notre dernier numéro avec l'ICL 8038, nous allons aujourd'hui concevoir un nouveau générateur de fonctions et en calculer tous les éléments. Les performances de l'appareil que nous allons ainsi réaliser n'auront cependant rien à voir avec ce que l'on peut obtenir d'un ICL 8038 car nous allons faire appel à un circuit beaucoup plus récent et donc, nécessairement, beaucoup plus performant.

■ Plus performant et plus récent avec le MAX038

D'autres générateurs de fonctions ont existé en même temps que l'ICL 8038 mais aucun n'a eu sa longévité. On peut citer pour mémoire le LM566 de NS, les XR206 et 2206 d'EXAR, tous aujourd'hui disparus, mais dont les performances étaient comparables sur bien des points à ce que pouvait faire (et peut toujours faire d'ailleurs) le 8038. Fort heureusement, un "petit" nou-

- rapport cyclique variable au moyen d'une tension externe de 15 à 85 %,
 - impédance de sortie sur toutes les formes d'ondes de 0,1 Ω ,
 - courant de sortie pouvant atteindre +/- 20 mA,
 - tension de sortie constante de 2V crête à crête indépendante de la fréquence et de la forme d'onde.
- On le voit à la lecture de ces

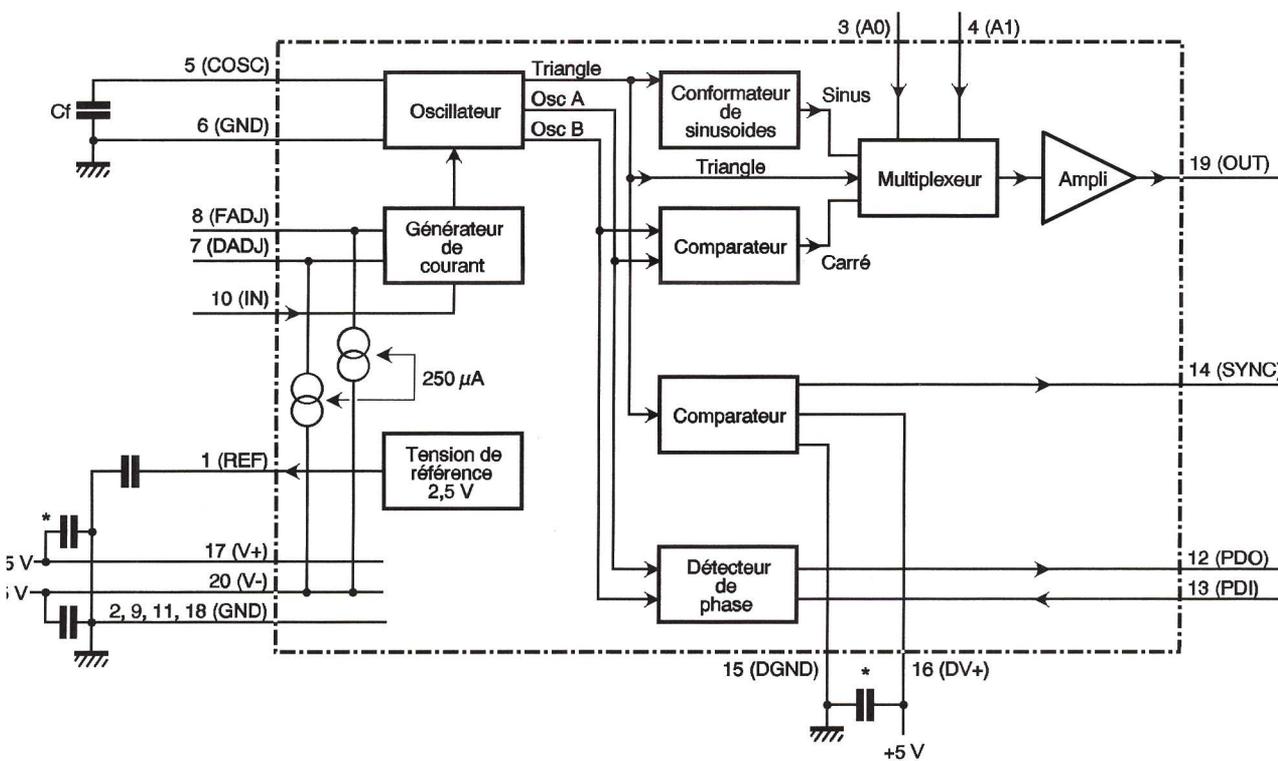


Fig 1 Synoptique interne et principe du MAX038

veau a fait son entrée sur le marché voici environ trois ans : le MAX038 de MAXIM, avec des performances assez impressionnantes. Comme l'ICL 8038, dont il reprend d'ailleurs curieusement dans sa référence les trois derniers chiffres dans une sorte de coup de chapeau à son aîné, c'est un générateur de fonctions intégré qui délivre des triangles, des carrés et des sinusoides.

Ses caractéristiques les plus marquantes sont les suivantes :

- gamme de fréquence de fonctionnement de 0,1 Hz à 20 MHz,
- fournit des triangles, des carrés, des dents de scie, des sinusoides et des impulsions,
- réglages indépendants de la fréquence et du rapport cyclique,
- fréquence centrale variable au moyen d'une tension externe dans un rapport 1 à 350,

quelques lignes, le MAX038 est véritablement remarquable ce qui explique sa présence de plus en plus fréquente dans de nombreux appareils. Nous allons voir que, malgré ces performances de haut de gamme, la réalisation et le calcul des éléments d'un générateur de fonctions y faisant appel sont remarquablement simples.

■ Un principe connu

La figure 1 présente le synoptique interne du MAX038 qui, même s'il vous impressionne peut-être de prime abord, se laisse facilement analyser. Cette analyse est d'autant plus facile que, comme pour notre générateur de fonctions à amplifi-

cateurs opérationnels étudié dans GE 14, on procède ici encore par charge et décharge à courant constant d'un condensateur. Avant de procéder à cette analyse, notez que le circuit est alimenté sous deux tensions symétriques par rapport à une masse commune; tensions de + et - 5V appliquées respectivement en V+ et V-.

L'oscillateur situé en haut et à gauche de la figure utilise le condensateur externe C_f qu'il charge et décharge à courant constant. Ce courant lui est fourni par le générateur situé en dessous de lui; générateur qui est programmé au moyen des 3 entrées externes que sont FADJ, DADJ et IIN.

L'entrée que l'on peut appeler principale est IIN. En effet, le courant

injecté dans cette entrée programme directement le courant fourni à l'oscillateur et fixe donc la fréquence de fonctionnement. Ce courant peut être modifié par une tension appliquée sur FADJ; tension qui peut varier de +2,4 à -2,4V et qui fait alors varier la fréquence centrale de 0 à 70 % de sa valeur nominale. Une tension variable, mais de +2,3 à -2,3V seulement, peut aussi être appliquée à DADJ et fait alors varier le rapport cyclique du signal produit de 15 à 85 % environ. Cette variation a lieu sans influencer sur la fréquence du signal produit.

Afin de faciliter la génération de ces tensions et du courant à injecter dans IIN, le MAX038 dispose d'une source de tension interne de référence disponible sur la sortie REF. Sa tension nominale est de 2,5V.

La sortie de l'oscillateur est triple. Elle délivre des signaux triangulaires comme tous les oscillateurs de ce type ainsi que des signaux internes, non accessibles de l'extérieur, en OSCA et OSCB. Ces derniers, après passage dans un comparateur, permettent de disposer de signaux carrés tandis que les triangles, appliqués à un conformateur, produisent des sinusoides. Le choix du signal de sortie a lieu au moyen d'un multiplexeur commandé par deux signaux logiques aux niveaux TTL, A0 et A1, selon les indications du tableau 1. Un amplificateur de sortie permet au MAX038 de disposer d'une sortie à très faible impédance (0,1 Ω); faible impédance dont nous avons démontré l'intérêt dans notre précédent numéro.

Des fonctions annexes, qui ne nous intéresseront pas aujourd'hui, sont également disponibles avec : un comparateur permettant de générer un signal de synchronisation à destination d'un oscilloscope ou d'autres oscillateurs par exemple et un détecteur de phase pour la réalisation de boucles à verrouillage de

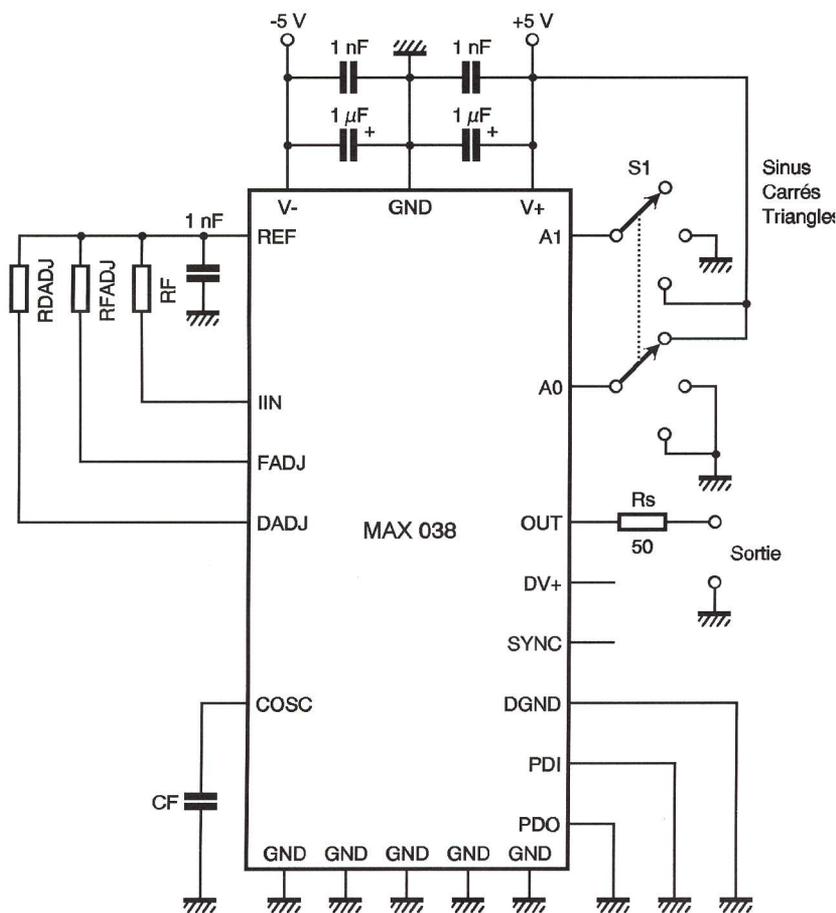


Fig 2 Le schéma de base d'un générateur de fonctions simples

phase ou PLL, dont nous aurons l'occasion de parler prochainement.

Des calculs relativement simples

Nous nous proposons de réaliser le générateur de fonctions, très simple malgré ses performances, dont le schéma vous est présenté figure 2. Cette figure se déduit d'ailleurs facilement de la figure 1 tant les éléments externes nécessaires sont peu nombreux.

L'alimentation tout d'abord est découplée par des condensateurs pour lesquels MAXIM recommande la mise en parallèle de deux condensateurs de 1 nF céramique et 1 µF chimique sur chaque tension. La sortie de tension de référence est, elle aussi, découplée par un condensateur de 1 nF; valeur également préconisée par MAXIM dans sa fiche technique.

La sortie du circuit, quant à elle, a lieu via une résistance série de 50 Ω, ce qui confère donc à notre générateur cette impédance de sortie puisque cette résistance se trouve en série avec l'impédance interne du circuit comme le montre la figure 3. Comme celle du circuit n'est que de 0,1 Ω, l'erreur commise est plus que négligeable.

Il nous reste donc à calculer les valeurs de C_f , R_f ainsi que des tensions à appliquer sur FADJ et DADJ ou, ce qui revient au même ou presque, les valeurs des résistances R_{FADJ} et R_{DADJ} , si nous souhaitons utiliser ces entrées. En présence d'un tel circuit, les calculs sont relativement simples à réaliser pour peu que la

fiche technique du fabricant donne suffisamment d'informations. C'est fort heureusement le cas chez MAXIM et nous sommes donc à même de calculer précisément ces éléments comme nous allons le voir maintenant.

L'examen du synoptique interne nous a montré que la fréquence d'oscillation était déterminée par la valeur de C_f et le courant IIN. La relation qui les lie, fournie par MAXIM, est la suivante :

$$F_0 \text{ (MHz)} = IIN \text{ (}\mu\text{A)} / C_f \text{ (pF)}$$

Attention aux unités un peu particulières qui sont en fait adaptées aux plages réelles des valeurs des éléments. La période du signal produit se déduit bien évidemment de la relation ci-dessus et nous avons :

$$t_0 \text{ (}\mu\text{s)} = C_f \text{ (pF)} / IIN \text{ (}\mu\text{A)}$$

Comme toujours, ces relations théoriques sont limitées par des contraintes pratiques et on ne peut donc pas choisir les valeurs des éléments n'importe comment. Le courant IIN en particulier doit être compris entre 2 et 750 µA et les

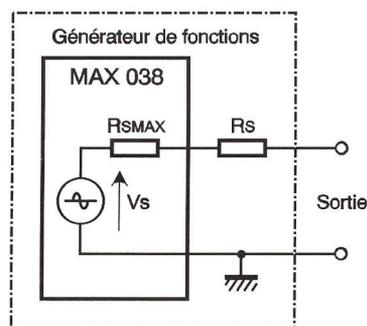


Fig 3 L'impédance du circuit s'ajoute à la résistance externe pour constituer l'impédance de sortie du montage

meilleures performances du circuit sont obtenues s'il est possible de le limiter à la plage 10 à 400 µA. Si le circuit doit être utilisé à fréquence fixe, MAXIM préconise de fixer ce courant à 100 µA et de calculer les autres éléments en conséquence.

C'est en effet pour cette valeur de IIN que la dérive du MAX038 en fonction de la température est la plus faible.

Dans le cas de notre générateur, que l'on veut pouvoir faire fonctionner de 0,1 Hz à 20 MHz, les limites extrêmes de IIN nous donnent comme valeurs limites de C_f :

- pour 0,1 Hz : $C_f = 20 \mu\text{F}$,
- pour 20 MHz : $C_f = 37,5 \text{ pF}$.

Ces valeurs sont compatibles des recommandations de MAXIM qui préconise pour C_f une plage de 20 pF à 100 µF. Par contre, compte tenu des capacités parasites inévitables (support, boîtier, circuit imprimé) le condensateur externe pour la fréquence la plus élevée ne sera certainement pas un 37,5 pF (si tant est qu'une telle valeur existe !). On adoptera plus sûrement un 22 pF ou un 27 pF par exemple qui, en parallèle sur les capacités parasites externes, arrivera aux 37,5 pF nécessaires. Une bonne pratique consiste d'ailleurs à utiliser, pour cette gamme de fréquence la plus élevée, un condensateur ajustable.

Ce beau calcul théorique ne résout pas tout. En effet, il faut encore être capable d'injecter dans le circuit le courant IIN demandé. Pour cela nous allons utiliser la sortie de tension de référence externe REF car tout a été fait dans le MAX038 pour nous simplifier la vie.

En effet, l'entrée IIN, de par sa structure, est toujours au potentiel de la masse à mieux que + ou - 2 mV près. Le courant que l'on peut y injecter au moyen d'une résistance reliée à la sortie REF est donc donné tout simplement par la loi d'Ohm et l'on a :

$$IIN = V_{REF} / R_f \text{ ce qui nous donne comme relation pour la fréquence : } F_0 \text{ (MHz)} = V_{REF} / (R_f \cdot C_f \text{ (pF)})$$

Même si elle simplifie le schéma du montage, l'utilisation de la sortie REF n'est pas obligatoire et toute tension externe stable, plus importante par exemple, peut être utilisée. Cela peut s'avérer utile si l'on souhaite faire varier la fréquence sur une large plage au moyen d'un seul réglage. Ainsi par exemple, si l'on choisit pour R_f une valeur de 10 kΩ, et si l'on maintient la plage de variation de IIN entre 2 et 750 µA, il faut utiliser une tension externe comprise entre 20 mV et 7,5V pour balayer cette dernière. Dans ces conditions, et avec ce seul réglage de tension, la fréquence varie dans un rapport de 1 à 375 (750 / 2 bien sûr).

La même opération peut être réalisée en faisant varier la résistance et non plus la tension externe et, si nous travaillons cette fois-ci avec la tension de référence interne de 2,5V, il suffit donc d'utiliser un potentiomètre de 1,25 MΩ en série avec une résistance talon de 3,3 kΩ pour obtenir le même résultat.

Les réglages annexes

Si les entrées FADJ et DADJ doivent être utilisées, il est indispensable de

calculer les éléments les concernant, ce dont MAXIM nous donne les moyens dans sa fiche technique. La tension appliquée sur FADJ peut varier de +2,4 à -2,4V et provoque une variation de la fréquence centrale F_0 de $1,7 \cdot F_0$ à $0,3 \cdot F_0$. La relation relative à cette variation est la suivante :

$$V_{FADJ} = -0,0343 \cdot D_x \text{ où } D_x \text{ est la variation en \% de la fréquence centrale } F_0.$$

Attention ! Cette relation est algébrique et V_{FADJ} doit donc être exprimée avec son signe. Ainsi par exemple, une variation de +20 % de la fréquence centrale F_0 est-elle obtenue pour :

$$V_{FADJ} = -0,0343 \cdot 20 \text{ soit } -0,69\text{V}.$$

La relation contenant D_x n'étant pas très souple d'emploi, on peut en déduire la relation suivante donnant la valeur de V_{FADJ} en fonction de la fréquence désirée qui est :

$$V_{FADJ} = (F_0 - F_x) / (0,2915 \cdot F_0) \text{ où } F_x \text{ est la fréquence obtenue pour cette valeur de } V_{FADJ}.$$

Réciproquement, la valeur de la fréquence obtenue pour une valeur définie de V_{FADJ} est obtenue à partir de la relation :

$$F_x = F_0 \cdot (1 - 0,2915 \cdot V_{FADJ})$$

Si la tension appliquée sur FADJ provient d'une vraie source de tension, c'est à dire d'un montage d'impédance de sortie faible, il n'y a rien de plus à ajouter à ces relations. Par contre, si cette tension est fournie à partir d'une résistance, connectée sur la sortie REF comme indiqué par exemple figure 2, il faut savoir que l'entrée FADJ est reliée à l'alimentation négative au moyen d'un générateur de courant constant qui absorbe 250 µA (revoir la figure 1 si nécessaire).

De ce fait, la valeur de la résistance à utiliser est donnée par la relation :

$$R_{FADJ} = (V_{REF} - V_{FADJ}) / 250 \cdot 10^{-6}$$

Attention ! Ici encore il s'agit d'une relation algébrique et V_{FADJ} doit donc être exprimée avec son signe. Ainsi, pour obtenir une tension sur FADJ de -2,0 volts, faut-il utiliser une résistance de :

$$R_{FADJ} = (2,5 - (-2)) / 250 \cdot 10^{-6} \text{ soit environ } 18 \text{ k}\Omega.$$

Les calculs concernant l'entrée de modification du rapport cyclique DADJ, sont quelques peu similaires à ce que nous venons de voir lorsque l'on connaît les relations à appliquer. Sachez tout d'abord que, dans les relations qui suivent, le rapport cyclique est exprimé en %. Un signal parfaitement symétrique a donc un rapport cyclique de 50 %.

La tension sur DADJ peut varier de +2,3 à -2,3V ce qui provoque une variation de rapport cyclique de, respectivement, 15 à 85 %. Une tension nulle sur DADJ conduit à un rapport cyclique unitaire soit 50 %. Ceci étant précisé, la relation liant la tension sur DADJ et le rapport cyclique est la suivante :

$$V_{DADJ} = (50 - RC) \cdot 0,0575 \text{ où } RC \text{ est le rapport cyclique désiré exprimé en \%}.$$

Il est donc facile d'extraire de cette relation celle donnant le rapport cyclique obtenu pour une tension donnée qui est :

$$RC = 50 - V_{DADJ} \cdot 17,4$$

Attention ! Comme pour FADJ, ces

Un peu d'électrostatique

Après avoir joué avec les ultrasons, pourquoi ne pas jouer avec les électrons. Nous vous proposons, ce mois-ci, deux petites expériences électrostatiques, plus précisément deux moteurs.

Qui dit électrostatique sous-entend générateur de charges. Or, la manière la plus simple pour nous électroniciens, dans ce cas, est de construire un générateur haute tension au très faible débit. A ce propos, certaines précautions devront entourer les divers essais et la manipulation lors des expérimentations. Bien que peu dangereux, notre générateur délivre une tension de plusieurs milliers de volts. Il est donc conseillé de ne pas laisser de jeunes

pour piloter directement la bobine, un transistor du type 2N1711 lui est associé. La sortie du NE555 (broche 3) est connectée à la base du transistor par l'intermédiaire d'une résistance de 470 Ω . Le courant disponible sur le collecteur du 2N1711 est alors suffisant pour attaquer le primaire de la bobine.

L'ensemble constitué par les résistances R₁, R₂ et le condensateur C₁ fixe la fréquence de travail du NE555. Le condensateur C₂ n'inter-

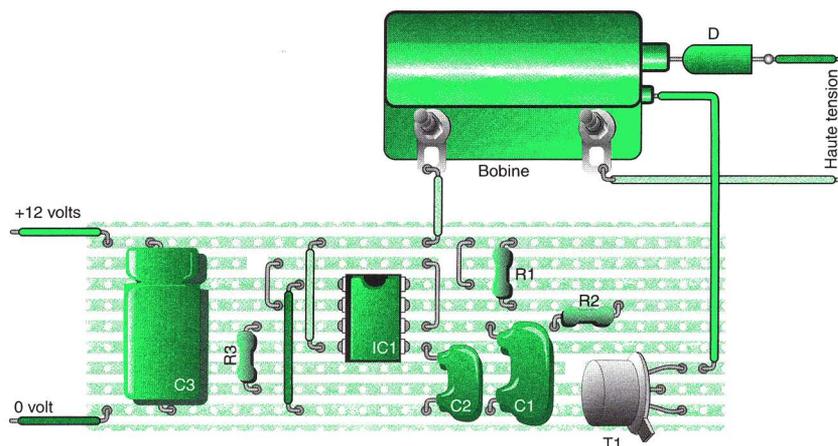


Fig 3

encore, on veillera à respecter son brochage. Le condensateur chimique C₃ possède également une polarité qui doit être respectée. Le plus souvent un étranglement, sur le corps de ce composant, indique le contact à connecter vers les potentiels positifs. Les condensateurs de faible valeur (C₁ et C₂) ainsi que les résistances, ne possèdent pas de polarité particulière. On peut donc les implanter indifféremment dans un sens ou dans l'autre. Sur la bobine d'allumage pour vélo-

gueur de fil à bougie. Il s'insère à l'intérieur de la bobine et se bloque en vissant l'écrou en plastique fourni. Enfin la diode haute tension est directement soudée sur le fil de bougie. On peut la gainer d'un adhésif isolant. Il est, en revanche, déconseillé de la fixer sur une plaquette de câblage (la distance qui sépare les bandes conductrices est insuffisante pour assurer une isolation correcte et des arcs électriques risquent de se former entre ces bandes). Si l'orientation de ce der-

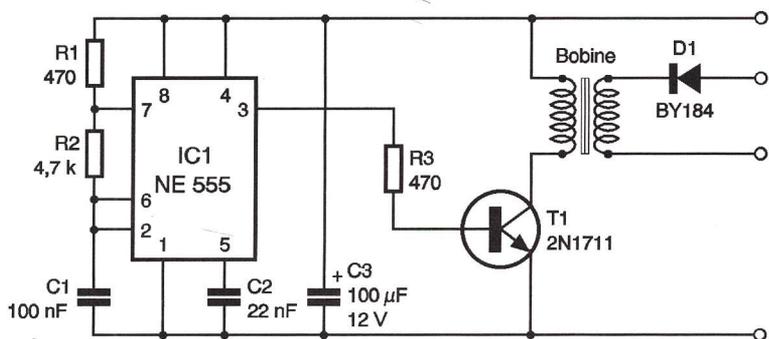


Fig 1

Schéma de principe

enfants utiliser ce montage seuls et d'arrêter le générateur avant toute intervention sur les montages afin d'éviter de recevoir des décharges désagréables.

vient pas directement dans le fonctionnement du montage. Il interdit les déclenchements parasites du NE555. Il en est de même pour C₃ : il limite l'effondrement de la tension d'alimentation lorsque le courant traverse le primaire de la bobine.

Le principe

La solution la plus simple pour obtenir des tensions élevées est d'utiliser un transformateur au rapport élevé. Mais, comme il n'est pas toujours facile de trouver des transformateurs haute tension chez les détaillants de composants électroniques, nous utiliserons une bobine d'allumage pour vélomoteur. Reste à générer les impulsions, ou la tension alternative, indispensables à l'alimentation de son primaire. L'électronique du montage se comporte donc comme un oscillateur. Enfin, la haute tension que délivre le secondaire de la bobine est alternative ce qui ne convient pas pour nos expériences. Il faut la redresser, d'où la présence d'une diode THT (très haute tension) directement en sortie du secondaire de la bobine.

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 sa préparation. Il faut reporter les interruptions de bandes conformément au schéma proposé figure 2.

Une fois cette opération terminée,

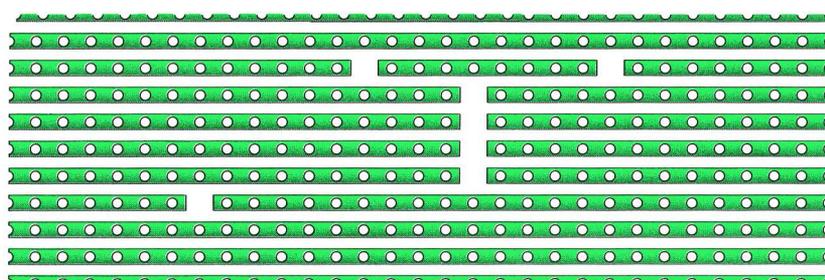


Fig 2

Préparation de la plaquette

Comment ça marche ?

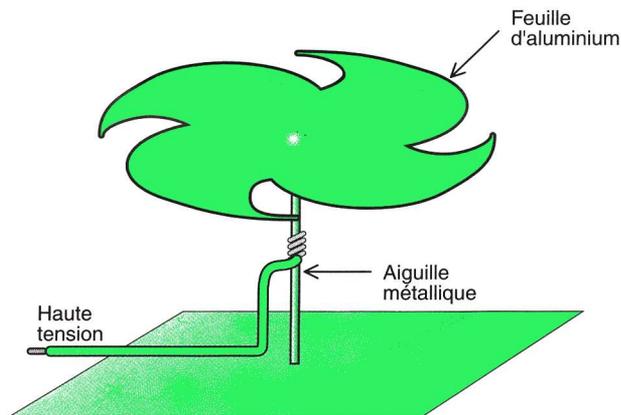
La base de l'oscillateur est un circuit intégré du type NE555 sur lequel nous ne reviendrons pas tant il nous est maintenant familier. Cependant, comme la puissance que peut fournir ce composant est insuffisante

l'implantation et le soudage des composants peuvent débuter. Le brochage du NE555 est repéré par une encoche sur le dessus de son boîtier, situé entre les broches 1 et 8. Il faut donc veiller à respecter l'orientation de ce circuit lors de son implantation sur la plaquette de montage. De même, un ergot signale l'émetteur du 2N1711. Ici

Fig 4

moteur, les boulons de fixation sont électriquement reliés à l'une des extrémités du primaire et du secondaire. Ils seront connectés au +12V et feront aussi office de masse pour la haute tension. Le primaire de la

bobine est accessible par une cosse de contact légèrement enfoncée en périphérie de son corps isolant. Nous la raccorderons au collecteur du 2N1711. La haute tension, enfin, est disponible sur un contact logé au fond d'un système de vissage isolant. Afin d'établir facilement ce contact nous vous conseillons de vous procurer également une petite lon-



Le moulinet électrostatique

Les expériences

Le "moulinet" électrostatique (figure 4)

C'est l'effet de pointe que nous allons utiliser ici pour faire entrer notre moulinet en rotation. Rappelons qu'une pointe, chargée électrostatiquement, émet spontanément des électrons. Ceux-ci entraînent dans leur trajectoire les molécules d'air environnantes. Un léger courant d'air apparaît alors à leur proximité. C'est ce "vent électrostatique" que nous allons utiliser comme force motrice. Dans la pratique, nous découperons dans une feuille de papier d'aluminium la forme présentée figure 5. Le mouli-

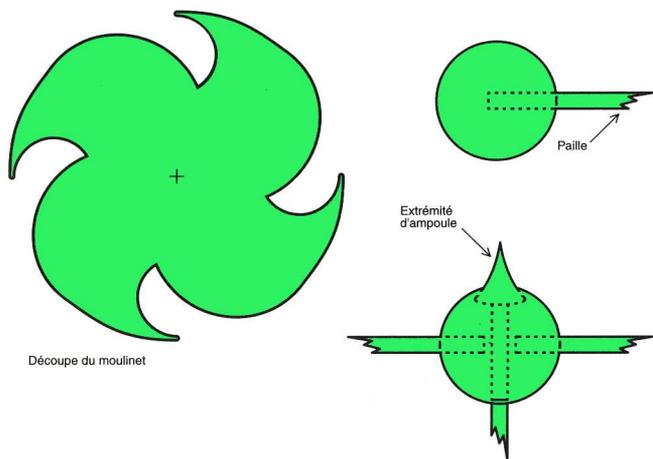


Fig 5

Découpe

net ainsi créé porte 4 points dont l'orientation est telle que les couples créés par les pointes s'additionnent. La force qui met en rotation du moulinet est comparable à celle qu'utilisent les jets d'eau tournant utilisés pour arroser les pelouses. Cependant, en raison des faibles forces qu'engendre le vent électrostatique, la feuille d'aluminium doit pouvoir pivoter avec le moins de résistance possible pour qu'elle entre en rotation. Pour cela, le plus simple est de la poser en équilibre sur la pointe d'une aiguille. Celle-ci fera également office de contact pour amener les charges électrostatiques issues du générateur. Ici, aucun retour de masse n'est directement prévu. Si vous utilisez un petit adaptateur secteur pour alimenter le générateur, il suffit pour assurer une mise à la terre. Si le mon-

tour d'une cinquième boule centrale dont la fonction se limite à assurer le maintien du rotor et à porter un pivot.

Le stator est tout aussi simple. Il se limite à un bloc de polystyrène rectangulaire muni, en son centre, d'une aiguille à tricoter de faible diamètre. Ce support porte également, à chaque extrémité, une boule de polystyrène expansé recouverte d'aluminium. Ici, cependant, les boules sont munies de fils de connexions. Ils permettent d'amener les charges électrostatiques au moteur. Alors que l'une des boules reçoit ces charges, la seconde les évacue vers la masse. De plus un fil très fin (un brin de conducteur souple) dépasse de manière à ce qu'il vienne effleurer les boules du rotor lors de sa rotation.

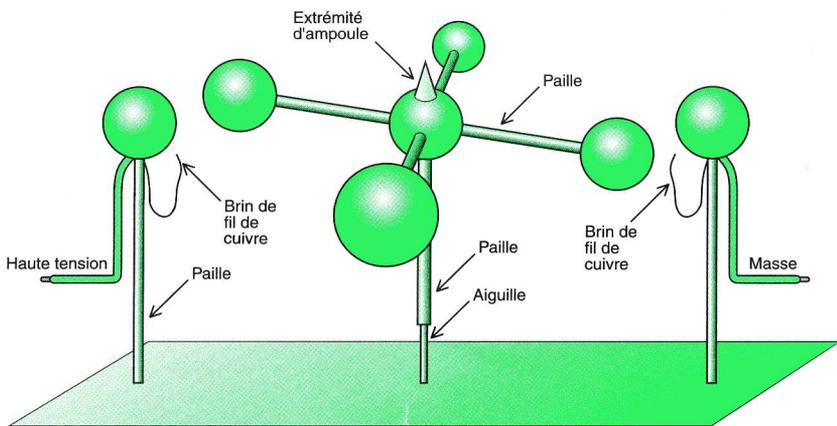


Fig 6

Moteur

tage fonctionne sur piles, nous vous conseillons de placer sous le moulinet une feuille d'aluminium connectée à la masse. Il faudra prendre soin, dans ce cas, que l'extrémité de l'aiguille qui porte le montage n'établisse pas de contact avec cette feuille de masse.

Le "moteur" électrostatique (figure 6)

Ce moteur utilise la force de Coulomb pour entrer en rotation. Très simple à construire, relativement peu pointilleux en ce qui concerne les tolérances mécaniques, il est également bon marché à réaliser.

Voyons le principe mis en oeuvre pour son fonctionnement. Comme tout moteur électrique, celui-ci comprend deux éléments principaux : un rotor et un stator. Le rotor porte 4 boules de polystyrène expansé, recouvertes de papier d'aluminium afin de rendre leur surface conductrice. Elles sont disposées en croix

Voyons ce qu'il se passe, sur le plan électrique, lors de la rotation du moteur. Pour cela, suivons les divers états de charge de l'une des boules du rotor durant un tour.

Lorsque l'une des boules du rotor est proche de la boule chargée du stator elle se charge, à son tour, par influence, et acquiert ainsi une charge de signe opposé. Les deux boules s'attirent ce qui provoque l'amorçage, ou l'entretien, de la rotation. Lorsque la boule du rotor passe au niveau de la boule du stator, le brin de fil de cuivre l'effleure et, par contact, les deux boules prennent une charge identique. Il y a dès lors répulsion et donc entretien de la rotation. Par inertie, la boule du rotor continue sa course jusqu'à ce qu'elle arrive à proximité de la boule du stator connectée à la masse. Comme la boule du rotor est restée chargée, il y a de nouveau attraction et, ici encore, entretien du mouvement. Enfin, lorsque les deux boules

sont en vis à vis, comme précédemment le mince fil conducteur décharge la boule par contact. Elle retrouve ainsi un état électrique neutre qui lui permet d'entreprendre, dans les mêmes conditions que précédemment, un nouveau tour.

Au bilan, chacune des boules du rotor suit exactement le même cycle. Si nous avons muni ce dernier de quatre boules, c'est essentiellement pour des raisons de simplicité de réalisation et d'équilibre.

Un schéma global de réalisation de ce moteur est donné à la figure 6. Aucune cote précise n'est à respecter, mais il faut rester dans le domaine du raisonnable. Pour notre part, les boules de polystyrène utilisées ont un diamètre d'environ 6 cm. Les bras du rotor ainsi que les supports destinés aux boules du stator sont réalisés à l'aide de pailles de gros diamètre (style Mac Donald). Le seul point à respecter concerne la proximité entre boules du stator et du rotor. L'idéal est que l'espace qui les sépare, lors de la rotation, n'excède pas 5 mm.

Enfin, si la réalisation du générateur électrostatique vous rebute, il est possible d'utiliser, pour tester ces expériences, les charges électrostatiques récupérées sur l'écran d'un téléviseur. Pour cela il suffit de fixer le fil, normalement connecté au générateur, à l'extrémité d'une paille (pour garantir une bonne isolation) et de promener son extrémité dénudée sur l'écran d'un télé-

viseur. Les charges ainsi récoltées suffisent à faire tourner le moulinet ou le moteur. Cependant, sur la plupart des téléviseurs, ces charges ne sont présentes que peu après l'allumage ou l'extinction de l'appareil. Une fois les charges récoltées les mouvements s'arrêtent donc.

Un dernier conseil : réalisez ces expériences par temps sec. Un air ambiant humide suffit pour créer la décharge parasite des divers éléments et donne donc des résultats décevants.

H.P. PENEL

NOMENCLATURE

- R₁, R₂ : 470 Ω (jaune, violet, brun, or)
- R₂ : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge, or)
- C₁ : 100 nF
- C₂ : 22 nF
- C₃ : 100 μF/12V
- Ic₁ : NE555
- T₁ : 2N1711
- D₁ : diode haute tension (BY 184 ou équivalente)
- 1 bobine d'allumage pour vélomoteur
- 1 adaptateur secteur 12V/300 mA ou 3 piles 4,5V montées en série



KEMO

KITS et MODULES

LES PRODUITS DU MOIS

B131
Table de mixage stéréo à 3 canaux

B116
Surveillant de batterie 3...15 V

B145
Mélodie électronique
It's a small world

B113
Compte-tours 12 volts

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

Étude et réalisation d'un déphaseur

Que l'on travaille dans le domaine analogique ou dans le domaine numérique, il arrive parfois que l'on ait besoin de signaux de fréquences identiques mais déphasés l'un par rapport à l'autre. Avant d'aborder la réalisation du déphaseur objet de ces lignes, comme la notion de déphasage n'est pas toujours évidente à assimiler par le débutant, nous entamerons cet exposé par quelques rappels fondamentaux concernant cette grandeur importante pour le domaine de l'électronique.

Rappels fondamentaux

Si l'on considère un signal sinusoïdal d'amplitude V_m , de fréquence F , débutant à l'instant $t = 0$ considéré comme origine des temps, l'équation mathématique de ce signal est : $v(t) = V_m \sin(2\pi.F.t)$. La représentation mathématique en fonction du temps de l'évolution de la tension $v(t)$ possède la forme bien connue de la figure 1a. Dans l'expression précédente, la quantité $(2\pi.F.t)$ qui est un angle (que l'on exprime en degrés ou mieux encore en radians) s'appelle la phase du signal à l'instant t . La valeur particulière de cette phase pour $t = 0$ est nulle dans notre exemple puisque $2\pi.F.0 = 0$. On dira pour ce signal que sa phase est nulle à l'origine, étant sous-entendu qu'il s'agit de l'origine des temps.

Si l'on considère maintenant un second signal $v_2(t)$ (figure 1b) décalé dans le temps d'une quantité

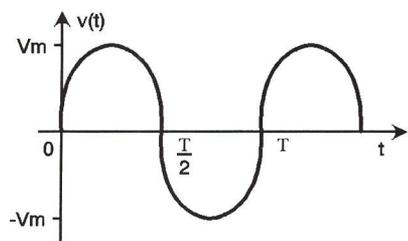


Fig 1a Signal sinusoïdal

tr (positive) par rapport au précédent, l'équation de ce signal est : $v_2(t) = V_m \sin(2\pi.F.(t-tr))$ que l'on peut aussi mettre sous la forme : $v_2(t) = V_m \sin(2\pi.F.t - 2\pi.F.tr)$ ou encore $v_2(t) = V_m \sin(2\pi.F.t + \phi)$ avec $\phi = -2\pi.F.tr$.

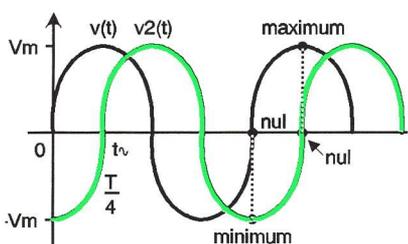
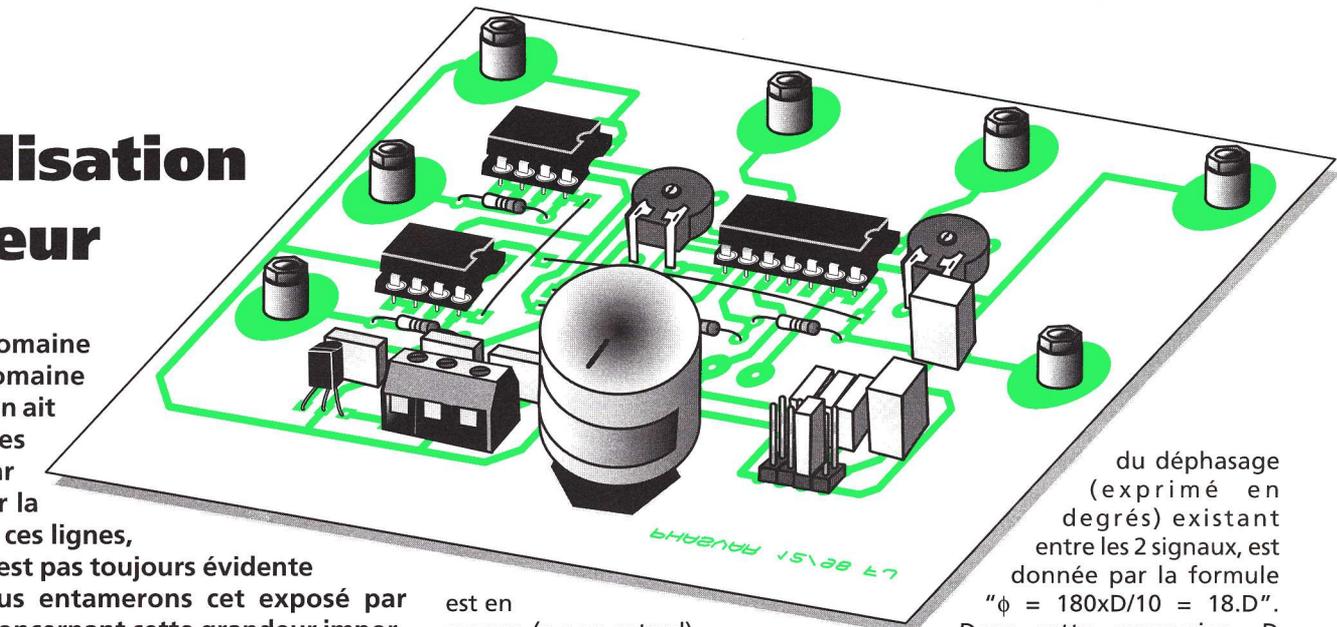


Fig 1b V_2 est en retard de $T/4$ sur $v(t)$



du déphasage (exprimé en degrés) existant entre les 2 signaux, est donnée par la formule " $\phi = 180 \times D/10 = 18.D$ ".

Dans cette expression, D représente le décalage exprimé en divisions qui sépare les points A et B (passage par 0 en montant des signaux $v(t)$ et $v_2(t)$). Le signe qu'il convient d'attribuer au déphasage ϕ tient compte des remarques précédentes. Avec l'exemple de la

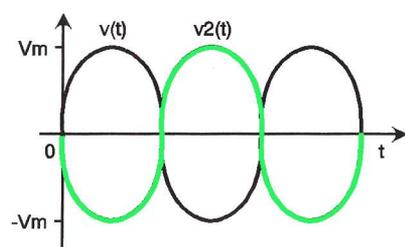


Fig 1c $v(t)$ et $v_2(t)$ sont en opposition de phase

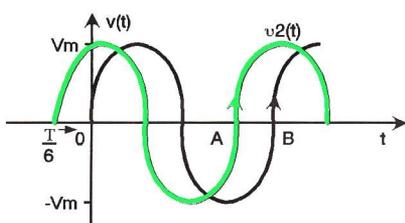


Fig 1d V_2 avance de $T/6$ soit 60° sur $v(t)$

Si l'on s'intéresse à la phase du signal $v_2(t)$ à l'instant $t = 0$ comme nous l'avons fait pour le signal $v(t)$, on trouve dans ce cas une valeur qui n'est plus nulle mais qui vaut " ϕ ". En supposant pour fixer les esprits que $F = 1000$ Hz et que $tr = 0,25$ ms, nous obtenons $\phi = -\pi/2$ radians soit -90° . La présence du signe '-' est associée au retard du signal $v_2(t)$ par rapport à $v(t)$. En effet, dans cet exemple, $v_2(t)$ prend les mêmes valeurs que $v(t)$ avec un retard égal à tr qui vaut ici un quart de période ($T/4$). On dit dans ce cas particulier que les signaux sont en quadrature. Ce cas particulier est facile à repérer, car lorsqu'un signal est maximum ou minimum, l'autre est nul.

La figure 1c montre un autre déphasage particulier : $\phi = -180^\circ = -\pi$ (radians). Dans ce cas, les signaux sont en opposition de phase. Quand l'un est maximum, l'autre est minimum. Le décalage temporel des 2 signaux est exactement égal à une demi-période ($T/2$). Pour en terminer avec cette notion de déphasage, la figure 1d propose un signal $v_2(t)$ en avance de $T/6$ soit $\phi = 60^\circ = \pi/3$ (rd) par rapport au signal $v(t)$.

Question : Aviez-vous vu qu'il s'agissait d'une avance de $v_2(t)$ sur $v(t)$? Comme la notion d'avance ou de retard n'est pas toujours évidente à mettre en évidence, pour savoir qui

est en avance (ou en retard) sur qui, il faut se fixer une référence. Nous prendrons ici $v(t)$ comme référence. Ensuite, on repère les points (c'est à dire les instants) où les 2 signaux coupent l'axe horizontal en montant (points A pour $v(t)$ et B pour $v_2(t)$). Si B est à droite de A v_2 est en retard sur $v(t)$ et donc ϕ est négatif, alors que si B est à gauche de A, v_2 est en avance sur $v(t)$ et ϕ est positif.

Mesure du déphasage de deux signaux

Comme nous venons de le montrer, la notion de phase relative de 2 signaux est liée à leur décalage temporel. La mesure du déphasage d'un signal par rapport à un autre repose donc sur la mesure de ce décalage temporel. L'oscilloscope bicourbe qui permet de visualiser simultanément 2 signaux s'avère parfaitement adapté à cette mesure. Pour bénéficier d'une bonne précision, la mesure s'effectue de la façon suivante :

Tout d'abord, on s'assure que les 2 traces de l'oscilloscope sont bien confondues avec l'axe horizontal médian de l'écran. Éventuellement, on se sert du décalage vertical de chacune des voies pour remplir cette condition.

Les 2 signaux doivent être appliqués aux entrées de l'oscilloscope avec un mode de couplage alternatif (AC) afin de supprimer une éventuelle composante continue ; $v(t)$ sur la voie A et $v_2(t)$ sur la voie B. Si le signal $v(t)$ est pris comme référence des phases, le balayage horizontal sera synchronisé sur la voie A. En décalant si nécessaire la base de temps, on s'arrange pour qu'une demi-période du signal pris comme référence occupe exactement la largeur de l'écran de l'oscilloscope (soit généralement 10 divisions comme on le constate à la figure 2). Comme une durée égale à $T/2$ est associée à une phase égale à 180° , on détermine le déphasage par une simple règle de trois. La valeur numérique

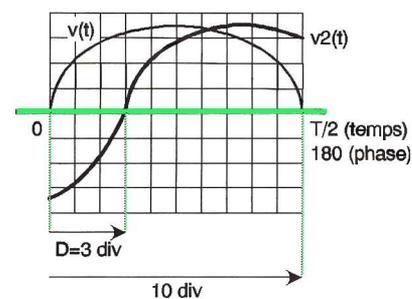


Fig 2 Mesure d'un déphasage à l'oscilloscope $\phi = -18 \times 3 = -54^\circ$

figure 2, $v_2(t)$ est en retard par rapport à $v(t)$ pris comme référence et $D = 3$ divisions. Ce qui donne $\phi = -18 \times 3 = -54^\circ$. Pour obtenir le déphasage directement en radian on utilise la formule $\phi = \pi.D/10$ avec $\pi = 3,14159...$

Étude d'un déphaseur

Les associations de composants passifs résistances, capacités, inductances agissent à la fois sur l'amplitude et la phase des signaux sinusoïdaux d'une manière qui est généralement fonction de la fréquence de ces signaux mais aussi des composants utilisés. La courbe de la figure 3b montre comment évolue le déphasage existant entre v_e et v_s pris respectivement à l'entrée et à la sortie du simple circuit RC de la figure 3a lorsqu'on fait varier la fréquence de $v_e(t)$ depuis 0 jusqu'à quelques dizaines de kHz. A fréquence constante, le déphasage de v_s par rapport à v_e varie de la même façon lorsque R ou C sont pris comme variables. Ces résultats sont tirés de la formule mathématique liant ϕ à ces variables et que nous donnons sans démonstration $\phi = -\text{ARCTG}(2\pi RCF)$.

En faisant varier R (ou C ou F) de 0 à l'infini, la valeur du déphasage ϕ du

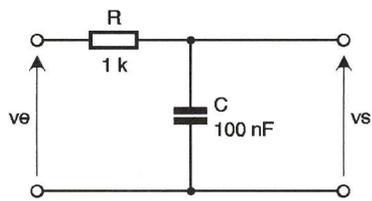


Fig 3a Circuit RC

Le circuit RC ci-dessus se cantonne dans l'intervalle allant de 0 à -90° . Pour augmenter cette plage de variation, on utilise le montage à base d'AOP proposé à la figure 4 qui permet d'atteindre $\phi = -180^\circ$ et qui, de surcroît, n'affecte pas l'amplitude du signal $v_e(t)$ ce qui n'est pas le cas d'un simple circuit RC. Ce montage est qualifié de déphaseur ou encore de passe-tout, cette dernière dénomination étant liée au fait que les signaux qui le traversent ne subissent aucune atténuation et ce quelle que soit leur fréquence.

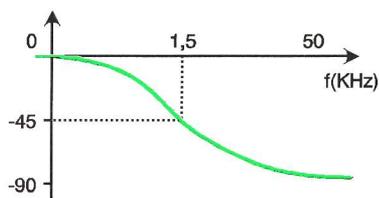


Fig 3b Évaluation du déphasage

Le montage pratique de la figure 5 reprend cette structure fondamentale réalisée autour de l'AOP IC_{2c}. Le potentiomètre P₁ joue le rôle de la résistance R précédente alors que celui du condensateur C est tenu par l'un des condensateurs C₅ à C₈ que l'on sélectionne en disposant convenablement le cavalier de liaison dans l'inverseur à cavalier qui leur est associé. Grâce à cette astuce, le réglage d'un déphasage souhaité est plus souple que si nous n'avions prévu qu'un seul condensateur. Pour des signaux de fréquence basse (20 Hz à environ 200 Hz), on utilise C₅, alors que pour des signaux allant de 200 Hz à 2 kHz c'est C₆ et ainsi de suite pour les 2 décades de fréquence suivante. Les limites annoncées ne sont absolument pas cri-

tiques et peuvent être très largement dépassées tant vers le haut que vers le bas. Pour accroître l'intérêt de cette structure de base, nous lui avons adjoint un certain nombre d'AOP (IC_{2a}, b, d) et de comparateurs (IC₃ et IC₄) dont nous allons voir maintenant l'intérêt.

Le signal sinusoïdal issu d'un générateur BF est appliqué capacitivement à notre montage à travers C₄ afin d'en éliminer une éventuelle composante continue. Bien que le signal présent sur l'armature gauche de C₄ ait pu servir de référence de phase, nous avons préféré introduire un élément de réglage de son amplitude, d'où la présence de AJ₁. Pour bénéficier d'une faible impédance de sortie, la tension prélevée sur le curseur de AJ₁ est appliquée à l'entrée de IC_{2a} câblé en suiveur. Le signal présent sur la borne J₃ constitue la sortie de référence du déphaseur.

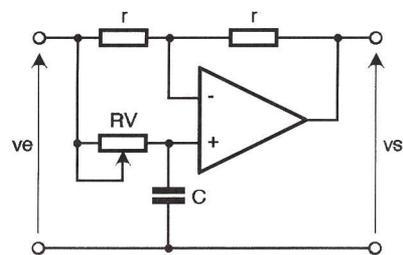


Fig 4 Montage avec AOP

Une structure analogue (AJ₂ + IC_{2b}) est disposée à la sortie du déphaseur pour alimenter la sortie déphasée (borne J₄). Cette solution permet d'ajuster les amplitudes du signal de référence et du signal déphasé indépendamment l'une de l'autre si nécessaire.

Les entrées non inverseuses (pin 2) des comparateurs IC₃ et IC₄ sont réunies respectivement au signal de référence des phases et à la sortie déphasée. Leur entrée inverseuse (pin 3) étant connectée à la masse du montage, leur sortie bascule et passe à l'état haut lorsque les signaux sinusoïdaux présents à leur entrée passe à 0V en montant

(figure 6). Du fait du mode de connexion de leur étage de sortie (pin 7 reliée au +5V par une résistance de 10 k et pin 1 à la masse) on récupère sur les bornes J₅ et J₆ des signaux carrés de rapport cyclique

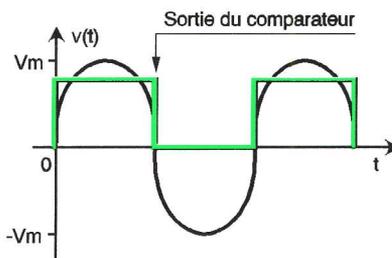


Fig 6 Signal comparateur

0,5 d'amplitude comprise entre 0 et 5V qui peuvent être utilisés pour attaquer des circuits logiques de type TTL, CMOS ou HCMOS alimentés en 5V. Le décalage temporel des signaux présents sur les bornes J₅ et J₆ est identique à celui que l'on

L'alimentation de ce module nécessite une tension d'alimentation symétrique de valeur typique $\pm 9V$, que l'on pourra cependant augmenter si nécessaire jusqu'à $\pm 15V$ sans problèmes. Le régulateur IC₁ fournit la tension de 5V nécessaire aux comparateurs IC₃ et IC₄. Les condensateurs C₁, C₂, C₃ assurent le découplage des tensions d'alimentation au cas où la source d'alimentation continue serait éloignée du module.

Réalisation pratique

Tous les composants du montage, y compris le potentiomètre P₁, prennent place sur le circuit imprimé de la figure 7. Ceux-ci seront implantés comme le montre la figure 8, en respectant tout particulièrement

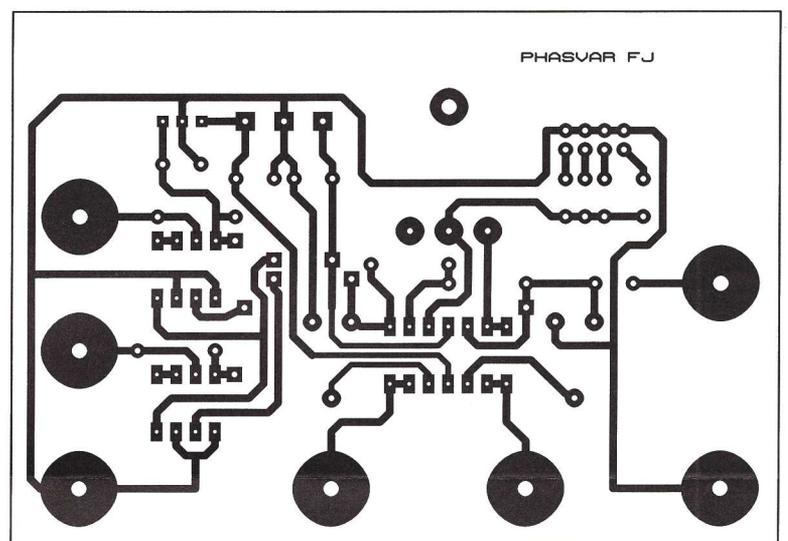


Fig 7 Circuit imprimé

trouve entre les sorties J₅ et J₆. Vous remarquerez au passage que nous avons pris soin de ne pas utiliser le terme "déphasage" pour les signaux carrés présents en J₅ et J₆, car ce terme est réservé aux signaux sinusoïdaux.

l'orientation des circuits intégrés qui ne supporteraient pas d'inversion de polarité. Les résistances R₁ et R₂ qui ne sont pas forcément des modèles de précision, doivent cependant être appariées si l'on ne veut pas que l'amplitude du signal déphasé varie quand on modifie le déphasage en agissant sur P₁. Les 4 straps sont confectionnés avec du fil rigide de 0,6 à 0,8mm de diamètre. Le corps du potentiomètre P₁ (que l'on fixe en dernier) est situé côté cuivre, l'axe dépassant du côté des composants. Comme toujours, nous conseillons au lecteur l'utilisation de supports pour les circuits intégrés.

Utilisation

Une fois le câblage terminé et vérifié (surtout au niveau de l'orientation des circuits intégrés), ce montage est prêt pour l'utilisation. Pour cela, on raccorde une alimentation symétrique au bornier B₁ et on applique le signal de sortie d'un GBF sinusoïdal aux bornes J₁ et J₂. On remarquera que le signal appliqué aux bornes J₁ et J₂ doit être sinusoïdal même si on utilise les sorties TTL REF et TTL DEPH qui correspondent à des signaux carrés. La fréquence du signal est celle qui est nécessaire

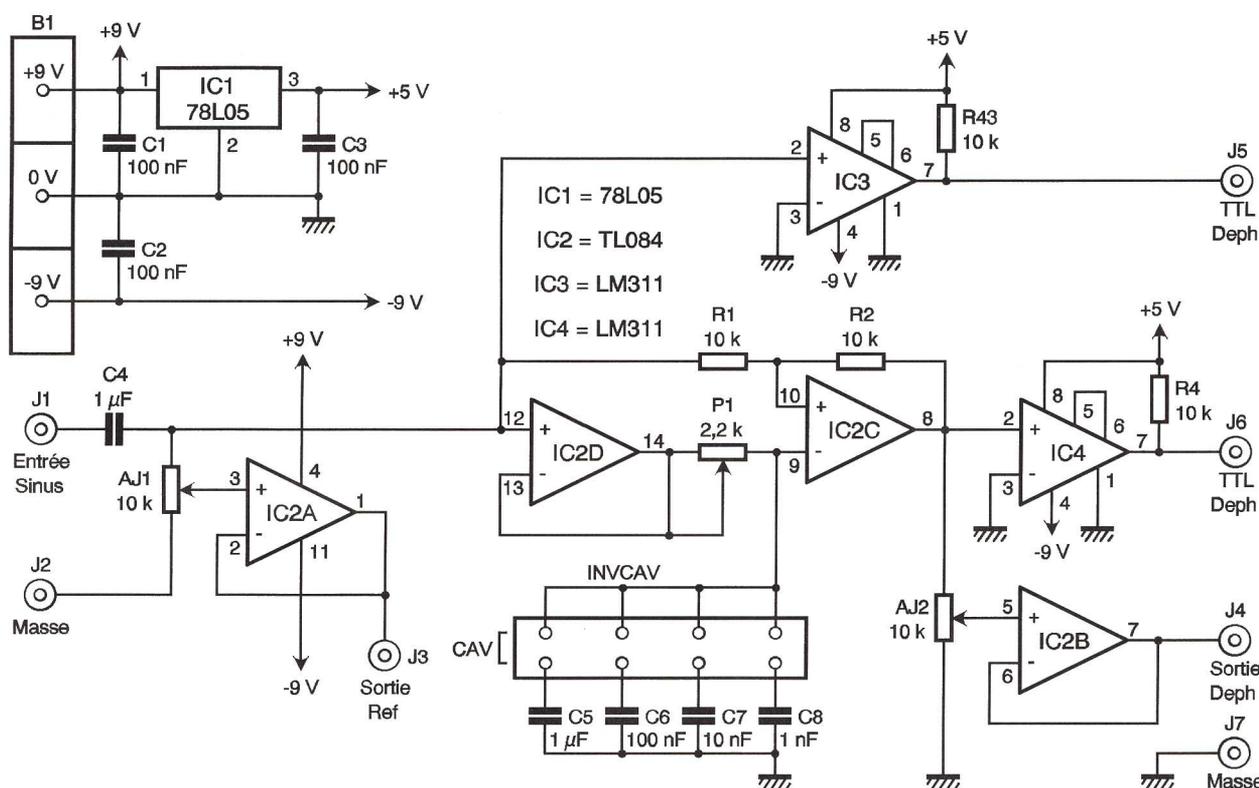


Fig 5 Schéma de principe retenu

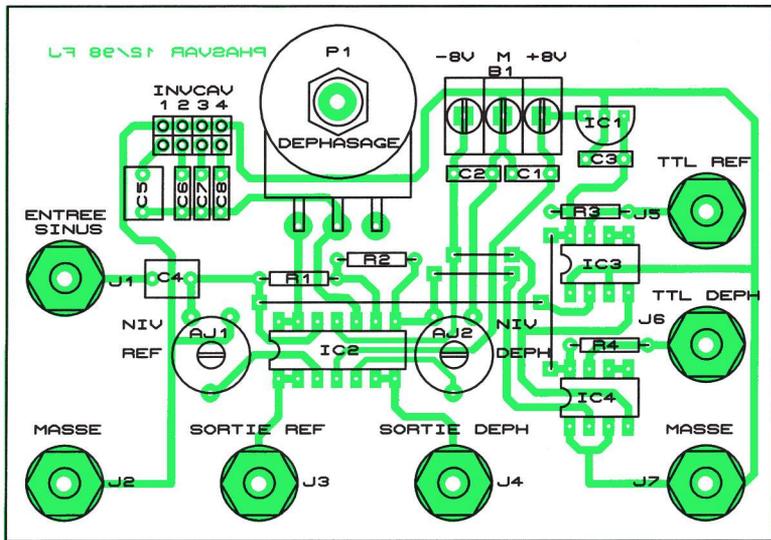


Fig 8 Implantation des éléments

à l'étude particulière envisagée et, pour ce qui est du niveau d'entrée, on choisit une valeur supérieure à la plus grande des valeurs que l'application requiert sans toutefois

comme vous pourrez le constater si vous suivez régulièrement notre rubrique dans les mois à venir.

F. JONGBLOËT

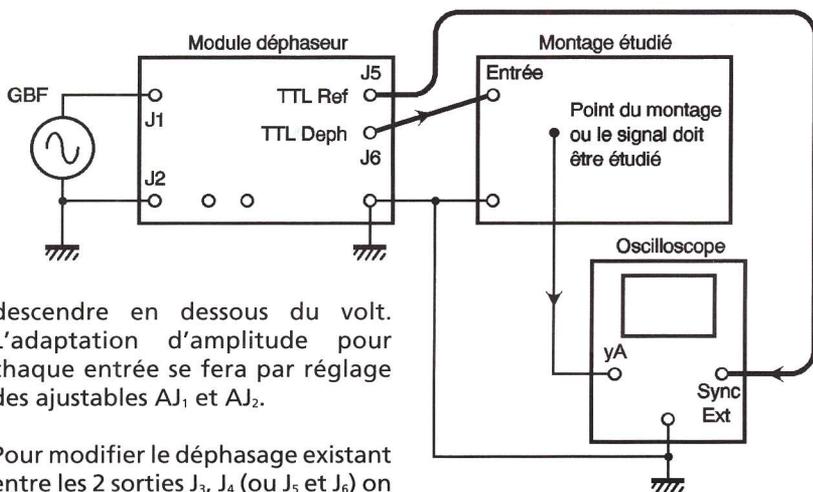


Fig 9 Utilisation du déphaseur

descendre en dessous du volt. L'adaptation d'amplitude pour chaque entrée se fera par réglage des ajustables AJ₁ et AJ₂.

Pour modifier le déphasage existant entre les 2 sorties J₃, J₄ (ou J₅ et J₆) on agit sur P₁, après avoir sélectionné le condensateur (C₃ à C₅) approprié. La valeur exacte du déphasage peut être mesurée à l'oscilloscope en utilisant la méthode que nous avons décrite précédemment. Le déphasage de la sortie "DEPH" par rapport à celle notée REF est négatif. Pour réaliser des déphasages positifs, il suffit d'invertir les sorties du montage en cours d'étude.

Pour terminer cette étude, nous vous proposons une application en relation avec les montages logiques. Il arrive fréquemment pour ces montages que l'observation avec un oscilloscope des phénomènes transitoires qui se produisent lors des basculements soit délicate parce que le signal étudié est en même temps celui qui déclenche le balayage horizontal. Cette situation se manifeste par l'amputation d'une partie de la zone du signal que l'on veut étudier, sans que le réglage du seuil de déclenchement de l'oscilloscope améliore les choses. Pour résoudre ce problème, on peut utiliser les sorties logiques de notre module comme le montre la figure 9. Le signal de référence (TTL REF) est utilisé pour déclencher le balayage horizontal, alors que le signal retardé (TTL DEPH) sert au déclenchement des étages logiques étudiés. Cette astuce permet, en réglant correctement le retard, d'observer la zone du signal qui était jusque là invisible.

Ce n'est pas la seule utilisation que l'on peut trouver à ce montage

NOMENCLATURE

- R₁, R₂ : 10 kΩ (marron, noir, orange) appairées (blanc, noir, blanc, orange)
- R₃, R₄ : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- AJ₁, AJ₂ : 10 kΩ ajustables horizontal (PHIER) pas de 5,08
- P₁ : 2,2 kΩ potentiomètre rotatif (linéaire courbe A)
- C₁, C₂, C₃, C₆ : 100 nF/63V milfeuill
- C₄, C₅ : 1 μF/63V Milfeuill
- C₇ : 10 nF/63V milfeuill
- C₈ : 1 nF/63V milfeuill
- IC₁ : 78L05 régulateur 5V/100mA
- IC₂ : TL084 4 AOP
- IC₃, IC₄ : LM311 comparateurs
- B₁ : bornier à souder sur CI 3 plots
- INCAV : 4 plots de barrette sécable double rangée au pas de 2,54mm
- 1 cavalier informatique au pas de 2,54mm
- J₁ à J₇ : 7 bornes femelles 4mm pour châssis (2 noires, 2 vertes, 2 blanches, 1 jaune)
- 2 supports DIL 8 pins
- 1 support DIL 14 pins
- 1 coffret plastique (si nécessaire)

Suite de la page 17 (Comment calculer ses montages)

deux relations sont algébriques et V_{DADJ} doit donc y être exprimée avec son signe.

Comme pour FADJ, l'entrée DADJ est reliée à l'alimentation négative au moyen d'un générateur à courant constant de 250 μA. Si elle est pilotée par une vraie source de tension, cela ne pose pas de problème. Par contre, si une résistance est utilisée, à partir de REF comme indiqué par exemple figure 2, il faut tenir compte de ce générateur et l'on a alors :

$$R_{DADJ} = (V_{REF} - V_{DADJ}) / 250 \cdot 10^{-6}$$

Comme dans les cas précédents, cette relation est algébrique et V_{DADJ} doit être exprimée avec son signe. Ainsi, une tension de -1,5V nécessaire pour un rapport cyclique de 23 % nécessite-t-elle une résistance de :

$$R_{DADJ} = (2,5 - (-1,5)) / 250 \cdot 10^{-6} \text{ soit environ } 16 \text{ k}\Omega.$$

Du générateur théorique au générateur réel

Les différentes relations précédentes nous ont permis de calculer, au moins en théorie pour le moment, les principaux éléments externes qui entourent notre MAX038 sur la figure 2.

Nous avons vu cependant que, pour ce qui était de DADJ et FADJ en par-

ticulier, l'utilisation de simples résistances conduisait à tenir compte du générateur de courant interne connecté sur ces entrées. Si cela ne pose pas de problème particulier pour ce qui est des calculs, cela nuit à la stabilité du circuit.

En effet, ce générateur est affecté d'un coefficient de température non nul. Si ce dernier n'a aucune importance lorsque les entrées DADJ et FADJ sont pilotées par une vraie source de tension, ce n'est plus le cas lorsque ces entrées sont reliées à une résistance. En effet, la chute de tension dans cette dernière varie alors en fonction de la variation de courant et la tension sur FADJ ou DADJ fait de même. Fréquence et rapport cyclique deviennent alors dépendants de la température ce qui n'est pas le but recherché.

Un "bon" générateur de fonctions à base de MAX038 demande donc quelques petits aménagements externes que nous étudierons et calculerons dans notre prochain article. Ce sera l'occasion de revenir sur des montages connus à base d'amplificateurs opérationnels.

C. TAVERNIER

Formes d'ondes	A0	A1
Sinusoïdes	Quelconque	1
Carrés	0	0
Triangles	1	0

Tableau 1 : Sélection des différentes formes d'ondes au moyen de A0 et A1.

Suite de la page 9 (Un générateur en dents de scie)

de plus en plus : **more and more**
diminuer : **to lessen,**
to diminish
également : **also,**
as well, too
constater : **to establish,**
to verify, to ascertain, to note
retombée : **repercussion**
occuper : **to occupy**
important : **important**
période : **period**
solution : **solution**
court-circuiter : **to short circuit**
début : **beginning,**
start
commander : **to command**
moment : **moment**
disposer : **to dispose**
correspondant : **corresponding**
justement : **precisely,**
exactly, just
exploiter : **to exploit,**
to take advantage of
réinjecter : **to reinject**
intermédiaire : **intermediate,**
intermediary, intervening
différence : **difference**
redescendre : **to go down**
again
en-dessous : **underneath**
flanc : **side, flank**
nettement : **clearly**

en dehors : **outside,**
outwards
production : **production**
direct : **direct**
but : **goal**
musical : **musical**
orgue : **organ**
électronique : **electronic**
simplifié : **simplified**
par exemple : **for example**
évoluer : **to evolve,**
to move
grand : **great**
intérêt : **interest**
car : **because**
permettre : **to allow,**
to permit
traduire : **to translate**
croître : **to grow,**
to increase
laquelle : **which**
divers : **diverse,**
different, varied
système : **system**
amplification : **amplification**
traitement : **processing**
éventuel : **possible,**
potential
appliquer : **to apply**
électrode : **electrode**
correspondant : **corresponding**
tube : **tube**
cathodique : **cathodic**
déplacement : **moving,**
shifting

spot : **spot**
lumineux : **luminous,**
light
droite : **right**
gauche : **left**
écran : **screen**
revenir : **to come back,**
to return
ensuite : **then**
rapidement : **rapidly,**
swiftly
nouveau : **new**
cycle : **cycle**
étudier : **to study**
même : **same**
dévier : **to deviate**
prévu : **specified,**
designed
représentation
graphique : **graphic**
représentation
échelle : **scale**
horizontal : **horizontal**
vertical : **vertical**
malgré : **in spite of,**
despite
simplicité : **simplicity**
analyse : **analysis**
pourtant : **nevertheless,**
however, still
rigoureusement : **rigorously**
constitué : **constituted,**
organized
appareil : **equipment**
voir : **to see**



Génération ELECTRONIQUE

sera présent à

EDUCATEC

stand K1400 Hall 7/1

du 24 au 28 novembre 1999

à Paris Expo - Porte de Versailles

Disponible par correspondance !

Interfaces PC N°3 avec CD-ROM en vente chez tous les marchands de journaux ou par correspondance



Interfaces PC n°3

AU SOMMAIRE :

L'évolution du PC Utilisation du CD-ROM

Les 16 cartes à réaliser : Alimentation de laboratoire - Programmeur d'EEPROM Microwire - Lecteur de cartes à puce - Télécommande téléphonique - Testeur de port // et série - Répartiteur RS232 8 canaux - Convertisseur série // sur port RS232 - Convertisseur RS232 Centronics - Isolateur UV commandé par le port // - Interface RS232 - TTL

Thermomètre/Thermostat piloté par PC

Interface de télécopie locale - Programmeur de PIC 12C508/509 -

Convertisseur analogique 11 canaux - Contrôleur de moteur pas à pas opto-isolé - Interface domotique déportée

avec CD-ROM des programmes et PCB des réalisations du numéro plus de nombreux sharewares et démonstrations gratuites

40^F port compris



Interfaces PC n°1

AU SOMMAIRE :

Compatible PC, et cartes externes - Banc d'essai Logiciel QUICKROUTE - Mémento des ports du PC - Moniteur de liaison série RS232 - Contrôleur d'interface Centronics - Interface universelle pour port parallèle - Carte 16 entrées pour interface universelle - Carte 16 sorties pour interface universelle - Carte de commande 12 relais par port imprimante - Robotique avec DELPHI 2 - Alimentation triple tensions - Alimentation réglable 1,25 à 15V/5A - Télécommande 16 canaux par port imprimante - Récepteur HF 1 canal à sortie sur relais - Récepteur HF 4 canaux simultanés - Commande de moteur pas à pas bipolaire - Carte de commande de 2 moteurs pas à pas unipolaire - Carte 8 entrées/8 sorties série parallèle et parallèle série - Carte 8 entrées/8 sorties sur relais pour interface série bidirectionnelle - Carte 8 opto-triacs pour port parallèle - Carte Voltmètre/Ampèremètre numérique

40^F port compris

avec disquette des programmes et PCB ainsi que la version light du logiciel de CAO Quickroute version 3.6



Interfaces PC n°2

AU SOMMAIRE :

Les bus et les connecteurs - Commutateur automatique - Carte interface de bus PC - Carte 8 entrées/8 sorties pour bus PC - Carte 8 entrées analogiques à convertisseur A/D - Carte 24 entrées/sorties pour bus PC - Contrôleur de moteur pas à pas - Programmeur de PIC 16C84 par le port parallèle - Isolateur galvanique - Chiffreage téléphonique - Convertisseur RS232 boucle de courant passive - Convertisseur N/A 8 voies - Prolongateur RS232 - Espion RS232 - Fréquencemètre 0 à 1 MHz - Verrouillage pour PC - Compteur horaire pour internet - Interface pour moteur à courant continu - Triple alimentation - Télécommande IR par le port série - Répartiteur port Centronics

40^F port compris

avec disquette des programmes et PCB ainsi que la version light du logiciel de CAO Quickroute version 4 100% en français

BON DE COMMANDE

Oui, veuillez me faire parvenir

Interfaces PC n°1 au prix franco de 40 F Interfaces PC n°2 au prix franco de 40 F Interfaces PC n°3 au prix franco de 40 F

Interfaces PC n° 1 + 2 au prix spécial franco de 65^F

Interfaces PC n° 1 + 2 + 3 au prix spécial franco de 100^F

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Ci-joint mon règlement par chèque mandat

à l'ordre d'Electronique Pratique, Service Abonnement 2 à 12, rue de Bellevue, 75019 Paris ou par internet : <http://www.eprat.com>

ANCIENS NUMEROS DISPONIBLES DE GE

□ N° 4 nouvelle série juin/juillet/août 1998

N°1-2-3-11 épuisés (cochez les cases désirées)

Petite histoire du téléphone - Initiation à la robotique : le port parallèle - Sablier sensible - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : effectuer une recherche sur le web - Aide mémoire logique - Découvrir l'anglais technique : générateur d'impulsions BF - Technologie : étalement d'une liaison à fibre optique - Comment calculer ses montages ? - J'expérimente : un récepteur téléphonique - Un afficheur magique - Le coin de la mesure - Testeur de fusibles - Truqueur - Interface PC pour port/8 sorties - Génération Internet - Module de commande d'un servomoteur - Construire un mini-labo - Voltmètre digital

□ N° 5 nouvelle série septembre 1998

Petite histoire du téléphone - Le coin de la mesure : les transistors à effet de champ - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : le courrier électronique - Construire un mini-labo : générateur de fonctions - Un détecteur de chocs - Découvrir l'anglais technique : le filtre passe-bas - Comment calculer ses montages ? - Sirène à effet spatial - Technologie : les dissipateurs - Génération Internet - Flash auxiliaire - Testeur de continuité - Initiation à la robotique : feux de signalisation - J'expérimente : un microphone à charbon

□ N° 6 nouvelle série octobre 1998

Petite histoire du téléphone - Interphone filaire - Anémomètre à dynamo - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : concevoir et réaliser son site internet - Doubleur de tension et compresseur de dynamique - Technologie : filtres pour enceintes acoustiques - Construire un mini-labo : un mini ampli BF - Génération internet - Découvrir l'anglais technique : régulateur de tension ajustable avec LM317 - Inverseur cyclique - J'expérimente : le télégraphe autographique

□ N° 7 nouvelle série novembre 1998

Petite histoire du téléphone - Eclairage de secours - Podomètre avec calculatrice - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : concevoir et réaliser son site internet - Doubleur de tension et inverseur de polarité - Comment calculer ses montages ? - Le coin de la mesure : un compresseur de dynamique - Technologie : filtres pour enceintes acoustiques - Construire un mini-labo : un mini ampli BF - Génération internet - Découvrir l'anglais technique : régulateur de tension ajustable avec LM317 - Inverseur cyclique - J'expérimente : le télégraphe autographique

□ N° 8 nouvelle série décembre 1998

Petite histoire du téléphone - Technologie : les thermistances à GTP - Chenillard étoilé - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : illustrer ses pages web - Comment calculer ses montages ? - Filtre pour caisson de basses - Initiation à l'électronique de puissance - Le coin de la mesure : générateurs de signaux carrés - Attente téléphonique - Découvrir l'anglais technique : convertisseur d'alimentation positive en négative - J'expérimente : le praxinoscope - Génération Internet

□ N° 9 nouvelle série janvier 1999

Petite histoire du téléphone - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : illustrer ses pages web - Commande bimanuelle - Comment calculer ses montages ? - Initiation à l'électronique de puissance - Un régulateur de son - Technologie : laser à semi-conducteur - Testeur d'AOP -

Découvrir l'anglais technique : un capteur de température - Le coin de la mesure : adaptateur fréquence - J'expérimente : annonceur de tableau téléphonique - 555 didactique

□ N° 10 nouvelle série février 1999

Petite histoire du téléphone - Compteur numérique sophistiqué - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : les animations graphiques sur une page web - Technologie : fils et câbles en électronique - Comment calculer ses montages ? - Le coin de l'initiation : l'électronique de puissance - Protection pour détecteur - Découvrir l'anglais technique : le NE 555 - J'expérimente : construire un téléphone rétro - Temporisateur longue durée - Le coin de la mesure : générateur pseudo-sinusoïdal - Fader

□ N° 12 nouvelle série avril 1999

Petite histoire du téléphone - Technologie : filtres pour fréquence - Jouons avec les ultra-sons - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : effectuer une recherche sur le web - Découvrir l'anglais technique : le LM 10 - Initiation à l'électronique de puissance : le hacheur - Le coin de la mesure : adaptateur de mesure de tensions efficaces vraies pour multimètre - Comment calculer ses montages - Variateur à découpage pour mini perceuse - Génération internet : utilisation de l'oscilloscope au collège - Simulateur de pannes pour voiture - Gravimètre expérimental - J'expérimente : le télégraphe morse

□ N° 13 nouvelle série mai 1999

Petite histoire du téléphone - Génération Internet - Construire un servo-mécanisme - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : les formulaires sur vos pages web - Découvrir l'anglais technique : compensation en fréquence d'un AOP - Jouons avec les ultra-sons - Technologie : la prise télévisuelle - Comment calculer ses montages - Simulateur d'alarme voiture - Electronique de puissance - Le coin de la mesure : module adaptateur pour la mesure du taux de distorsion - Economiseur de piles - J'expérimente : construire un télégraphe

□ N° 14 nouvelle série juin-juillet-août 1999

Petite histoire du téléphone - Génération Internet - Thermomètre de bain - Qu'est-ce que c'est comment ça marche : les formulaires sur vos pages web - Déphaseur - Détecteur de clôture électrique - Afficheur à cristaux liquides - Le coin de la mesure : analyseur de spectre - Calendrier hebdomadaire - Barrière infrarouge - Découvrir l'anglais technique : photodiodes pilotées par ampli-OP - Chargeur de batterie intelligent - Comment calculer ses montages - Technologie : les diodes électroluminescentes - Initiation aux MC avec le Basic Stamp - Sirène américaine avec 2 LM3909 - Préampli audio linéaire - J'expérimente : le télégraphe Chappe - Mise en œuvre de structure miniaturisée : monostable

□ N° 15 nouvelle série septembre 1999

Petite histoire du téléphone - Variateur de trains - Alarme tiroir - Détecteur universel - Qu'est-ce que c'est ? Comment ça marche : traitements avec Javascript - Commutateur à touches sensibles - Le coin de la mesure : bargraph à LED - Comment calculer ses montages ? - Initiation aux µC avec le Basic Stamp - Chargeur CD-NI automatique - Technologie : les afficheurs à DEL - Génération Internet - Découvrir l'anglais technique : détecteur de fumée par transistors à effet de champ - J'expérimente : un télécopieur

disponible par correspondance

Génération ELECTRONIQUE

20^F (n°1, 2, 3 et 11 épuisés)
franco de port le numéro
(France métropolitaine)

par chèque à l'ordre de Génération Electronique

Veuillez me faire parvenir : GE n°16
 n°4 n°5 n°6 n°7 n°8 n°9 n°10 n°12 n°13 n°14 n°15
nouvelle série (port compris)

Nom :
Prénom :
Adresse :
Code postal : [] [] [] [] Ville :

REPERTOIRE DES ANNONCEURS

ABONNEMENT.....	23	INTERFACES PC.....	23
ANCIENS NUMEROS.....	23	MONTAGES FLASH.....	
CIF.....	15	ELECTRONIQUE PRATIQUE.....	11
DISTREL.....	19	SELETRONIC.....	15

ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à



En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) surprise dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain :
Adresse :
Code postal : Ville :
N° d'abonné à Génération Electronique :

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom :
Adresse :
Code postal : Ville :
Jé désire m'abonner à partir du N° : (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de 148 F

+ en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique

1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de 192 F

Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :

chèque bancaire mandat-lettre carte bleue

signature : _____

date d'expiration [] [] [] []

Nous acceptons les bons de commande de l'administration



(1^{RE} PARTIE)

PETITE HISTOIRE DE LA RADIO



Faraday

L'origine des plus grands bouleversements scientifiques. N'oublions pas que l'étude des phénomènes électriques fut longtemps limitée à l'électricité statique produite par frottements, laquelle se traduit par les phénomènes physiques tels que l'attraction, la répulsion ou des éclairs. Seuls les travaux de Galvani et de Volta, avec l'apparition de la pile électrique, permirent de rompre à partir de 1800 les cloisons entre les différents domaines d'étude en permettant d'effectuer des expériences plus facilement quantifiables.

■ La transformation des "forces"

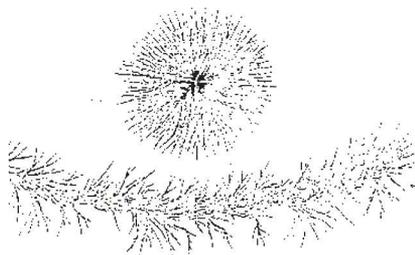
Des courants de pensée relatifs aux transformations, l'un des plus classiques est celui de Gowin Knight, lequel s'inspire des travaux de celui qui peut être considéré en Grande Bretagne comme le père fondateur de la physique, Isaac Newton. Il publie donc *'An Attempt to Demonstrate That All the Phenomena in Nature May Be Explained by Two Simple Active Principles, Attraction and Repulsion'* (Essai de démonstration que tous les phénomènes naturels peuvent être ramenés à l'expression de deux principes actifs simples, l'attraction et la répulsion, 1748) dans lequel Knight considère non pas la matière elle-même, mais ses composantes exprimées par des forces attractives et répulsives.

Roger Joseph Boscovitch (1711-1787), comme Knight, écarte la matière réelle à laquelle il substitue la notion de force tout en combinant, contrairement à Knight, les forces d'attraction et de répulsion au sein d'un "atome". Il rapproche les lois d'attraction et de répulsion héritées de Newton et l'idée des "points de force" de Leibniz (dans une *Théorie de philosophie naturelle* qu'il publie en 1758). Inspirée par Emmanuel Kant dans son *Metaphysische Anfangsgründe*

der Naturwissenschaft (Premiers principes métaphysiques de la science de la nature, 1786), la *Naturphilosophie* est développée par F. J. Schelling et ses disciples, avec notamment Hans Christian Oersted dont les travaux sur l'électromagnétisme, première force de conversion, sont guidés par cette philosophie. C'est au cours d'un séjour à Paris de 1802 à 1803 que H. C. Oersted expose les travaux de Ritter sur sa batterie galvanique et rédige une série de quatre articles publiés dans le *Journal de Physique* en 1804. Dans celui qui concerne le magnétisme, il relate une expérience de J. W. Ritter (1776-

1809) relative à une interaction possible entre magnétisme et galvanisme, envisagée comme un échec par Ritter alors qu'elle porte le germe de la découverte d'Oersted 17 ans plus tard. Contrairement à André Ampère (1775-1836), Oersted et Ritter ne considèrent pas que les mathématiques puissent leur être d'un grand secours. En outre, ils attachent une importance toute particulière aux symboles, métaphores, hiéroglyphes, allégories, etc... au travers desquels l'homme est susceptible de trouver une forme de dialogue avec la nature. C'est ce pourquoi ils s'intéressent aux figures de Lichtenberg (1744-1799) obtenues grâce à l'électricité, ainsi qu'aux figures acoustiques de Chladni (1756-1827), produites les unes comme les autres par expérimentation (Dan Ch. Christensen, *The Oersted-Ritter Partnership and the birth of Romantic Natural Philosophy*, *Annals of Science*, 52 (1995), P.153-185). Mais, là où Lichtenberg voit, dans les arrangements différents que forment les pôles négatifs et positifs au sein des particules emprisonnées dans la résine l'expression des deux électricités, Oersted cherche l'expression de la divine création quant à la concordance entre les différents règnes : végétal, minéral ou animal.

La ressemblance des figures obtenues avec les organisations que l'on peut observer dans la nature, ne serait-ce que celle d'un simple pissenlit, conduit Oersted à construire un univers spéculatif au sein duquel les phénomènes électrochimiques d'oxydation et de désoxydation ne seraient que le produit du galvanisme terrestre. Par extension, la force électrique peut se manifester par le fait d'actions mécaniques



Lichten

comme Oersted le suppose en reprenant les expériences de Chladni (voir **figure 1**), tout comme elle peut exercer une action sur les organes sensoriels, ce que Ritter expérimente sur lui-même (Walter D. Wetzels, *Johann Wilhelm Ritter, Physik im Wirkungsfeld der deutschen Romantik*, New York, 1973, p. 98).

■ Sur les forces

Sans être directement un disciple de Boscovitch, Faraday lui emprunte certains de ses concepts, du reste partagés par Davy, comme celui de l'atome en tant que point central d'exercice des forces. Sur le plan microscopique, Faraday ne conçoit pas les particules comme des boules de billard sur lesquelles s'exercent de simples forces mais comme des centres de réseaux de forces complexes, prémisses des lignes de forces qui deviennent centrales pour la suite de ses travaux. C'est en adoptant l'idée qu'un atome est le centre d'un réseau de forces complexes qu'il aborde la découverte que fit Oersted d'une force magnétique circulaire déployée par un conducteur traversé par un courant, laquelle est capable de modifier l'orientation de l'aiguille d'une boussole (1820).

En 1821, un éditeur du *Philosophical Magazine*, Richard Phillips, demande à Faraday de faire le point sur les travaux récents en électromagnétisme car, suite à la découverte d'Oersted l'année précédente, il lui apparaît comme tout à fait nécessaire de mettre bon ordre à la multiplicité des théories explicatives que ce phénomène suscite. Faraday accepte cette proposition, bien que ses préoccupations l'orientent de préférence vers la chimie. Mais en examinant les propos d'Oersted sur le "conflit électrique" environnant un conducteur, pour lequel il note que "ce conflit forme des cercles", Faraday se met en devoir d'examiner de plus près ce phénomène.

Au cours des expériences qu'il mène dans ce but, il constate qu'un simple "pôle" magnétique peut tourner autour d'un conducteur pour peu que circule un courant électrique. Dans sa publication *On Some New Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism* (Sur quelques nouveaux mouvements électromagnétiques et sur la théorie du magnétisme) qu'il publie le 21 octobre 1821 dans le *Quarterly Journal of Science*, il expose la première conversion d'une force électrique en une force mécanique.

Il est intéressant de remarquer que c'est parce que les travaux d'Ampère lui sont peu accessibles pour la simple raison qu'il n'a pas eu les moyens de se forger une culture mathématique suffisante à sa totale compréhension, que Faraday est amené à développer une explication des phénomènes basée uniquement sur l'observation et l'expérimentation. En travaillant sur les bobines hélicoïdales, il constate

qu'un aimant posé sur un corps flottant se déplace selon une trajectoire circulaire. Ce fait vient renforcer sa conviction selon laquelle des lignes de force circulaires s'enroulent autour du bobinage plutôt qu'elles ne forment des droites émanant des pôles. Même s'il est encore incapable de définir exactement la nature de ces lignes de force, pas plus que le lien qui les unit avec la circulation d'un courant dans un conducteur, Faraday suspecte le fait qu'elles résultent d'un état de tension moléculaire. Les travaux de Charles Wheatstone sur le son, et plus particulièrement les figures de Chladni seront d'ailleurs utilisées par la suite par Faraday pour illustrer les arrangements symétriques de particules produits par des vibrations.

Faraday ne sera en mesure d'apporter la preuve éclatante du lien entre l'action mécanique et la force électrique qu'à partir de 1831. Informé des travaux de Joseph Henry à Albany (New York) portant sur l'inversion des pôles magnétiques d'un électro-aimant par la simple inversion du sens de circulation du courant, Faraday va se lancer dans une série d'expérimentations. C'est au cours du mois d'octobre de l'année 1831 qu'il met au point une machine qui consiste en un disque de cuivre monté sur un axe et placé entre les deux pôles du grand aimant de la *Royal Society*. Il est entraîné en rotation par une manivelle de sorte que seule la périphérie du disque est soumise à l'action de l'aimant. En plaçant deux collecteurs sur ce disque qu'il relie à un galvanomètre (avec un collecteur sur l'axe d'entraînement et l'autre sur la périphérie du disque), il montre qu'il peut transformer la force magnétique en une force électrique capable de faire se mouvoir l'aiguille du galvanomètre.

■ L'action des forces

Bien qu'il se soit forgé l'idée que l'électricité résulte du mouvement du disque au travers de la force magnétique, le concept de lignes de force que l'expérience semble imposer ne sera appréhendé, au sens mathématique, qu'en 1845 par William Thomson.

Suite à une proposition de Thomson, Faraday va tester l'action de l'électricité au travers d'un diélectrique sur une lumière polarisée. Il en résultera la constatation que "ce qu'il y a de magnétique dans la force de la lumière peut être affecté", qu'il étendra au fait que tous les corps présentent une "sensibilité" magnétique de par leur comportement "paramagnétique" ou "diamagnétique" : Les corps paramagnétiques écartent les lignes de forces alors que les corps diamagnétiques sont d'excellents conducteurs des lignes de force qu'ils concentrent.

P. RYTTER