

n° 107
ÉTÉ 2009

**MINILAB OU APPRENDRE
L'ÉLECTRONIQUE
EN SE DIVERTISSANT**



**DIX SCHÉMAS
D'APPLICATIONS
AVEC PHOTORÉSISTANCES**



**UN VARIATEUR
ÉLECTRONIQUE DE VITESSE
POUR MOTEUR**

**UNE SONDE DIFFÉRENTIELLE
OPTO-ISOLÉE POUR OSCILLOSCOPE**



**SOMMAIRE
DÉTAILLÉ
PAGE 3**

**MESURE DES CÂBLES
COAXIAUX À L'OSCILLOSCOPE**



MINILAB: apprendre l'électronique en se divertissant..... 06

Première partie: La réalisation pratique



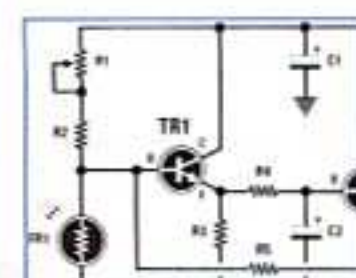
Pour étudier facilement l'électronique, il ne suffit pas d'apprendre les formules dont dépendent les circuits mais il est indispensable de pouvoir construire ces derniers et d'en expérimenter le fonctionnement. Dans ce numéro d'Été nous commençons une série d'articles pédagogiques visant à vous faire construire et utiliser un MINILAB, soit un mini laboratoire d'électronique - oh vous verrez tout de suite qu'il n'a de mini que le nom et cette «accroche» n'a pas d'autre but que d'éviter de vous effrayer - destiné aux petits ou aux grands commençants (jeunes et moins jeunes mais désirant se former à l'électronique sans «se faire suer»). Ce MINILAB comporte en effet une plaque d'essais permettant de tester le circuit (voir s'il fonctionne) avant même de le monter sur circuit imprimé, mais il contient aussi tous les appareils de laboratoire nécessaires. Votre formation d'électronicien vient de commencer !

Un variateur électronique de vitesse pour perceuse 30



Ce circuit très simple à un thyristor permet de ralentir la vitesse de rotation d'une perceuse - ou tout autre appareil à moteur électrique fonctionnant sur le secteur 230 V - dépourvue de variateur, sans réduction de la puissance.

Neuf schémas d'applications avec photorésistances..... 33



Cette fois nous voudrions vous parler des photorésistances, c'est-à-dire de ces résistances assez particulières sensibles à la lumière. Cet article va vous fournir de nombreux schémas électriques et tous ont été essayés après avoir été conçus : aussi n'aurez-vous aucun mal à les réaliser et ils fonctionneront du premier coup sans casse-tête à la clé. De plus ces schémas ne se trouvent dans aucun manuel d'électronique ni dans aucune revue ! Si vous ne connaissez pas encore les photorésistances, vous allez être surpris des multiples possibilités qu'elles offrent à l'amateur comme au professionnel.

Un relais s'active dans l'obscurité avec..... 34

une photorésistance et des transistors.

Un relais s'active à la lumière avec..... 36

un opérationnel et un transistor.

Un relais s'active dans l'obscurité avec..... 37

un opérationnel et un transistor.

Deux seuils variables avec 40

deux opérationnels et un transistor.

Sonne quand on allume une lumière 42

Un relais activé par l'obscurité 44

mais insensible aux éclairs lumineux.

Un relais activé par la lumière piloté par un thyristor..... 46

Un relais activé par l'obscurité..... 47

piloté par un thyristor.

Interrupteur crépusculaire piloté par un triac 49

Un interrupteur crépusculaire..... 52



Encore un montage simple à photorésistance (déjà décidé ce numéro en regorge, ce sera le dixième). Ce circuit à quatre NAND, un transistor et un triac seulement allume automatiquement l'éclairage lorsque la nuit tombe et l'éteint quand l'aube point. Bien sûr le seuil d'allumage et d'extinction en fonction de la luminosité est réglable.

La mesure des câbles coaxiaux à l'oscilloscope..... 56

Cours: leçon 49 réalisation d'un mesureur TDR de câbles coaxiaux



Comment se propage une impulsion électromagnétique le long d'un câble coaxial ? Est-il possible d'en mesurer la vitesse V_c (ou vitesse de propagation) ? Cette Leçon vous explique comment, en associant à votre oscilloscope ce petit circuit générateur EN5065, on peut observer la propagation d'une impulsion le long d'un quelconque câble coaxial et mesurer sa V_c ; elle vous donne également le moyen de localiser d'éventuels défauts, coupure, court-circuit ... sur le parcours de l'impulsion.

Une sonde différentielle opto-isolée pour oscilloscope..... 72



Pour visualiser à l'oscilloscope des tensions entre deux points d'un circuit - toutes deux étant à des potentiels différents de la tension de référence de l'oscilloscope, c'est-à-dire flottantes par rapport à la terre - vous devez utiliser une sonde différentielle, de préférence photo-isolée, comme la nôtre.

L'index des annonceurs se trouve page 82

LISEZ

ELECTRONIQUE

ET LOISIRS magazine

LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

Ce numéro a été envoyé à nos abonnés le 15 juin 2009

Crédits Photos: Corel, Futura, Nuova, JMJ

Les projets que nous vous présentons dans ce numéro ont été développés par des bureaux d'études et contrôlés par nos soins, aussi nous vous assurons qu'ils sont tous réalisables et surtout qu'ils fonctionnent parfaitement. L'ensemble des typons des circuits imprimés ainsi que la plupart des programmes sources des microcontrôleurs utilisés sont téléchargeables sur notre site à l'adresse : www.electronique-magazine.com dans la rubrique REVUES. Si vous rencontrez la moindre difficulté lors de la réalisation d'un de nos projets, vous pouvez contacter le service technique de la revue, en appelant la hot line, qui est à votre service du lundi au vendredi de 16 à 18 H au 0820 000 787 (N° INDIGO : 0,12 €/MM), ou par mail à redaction@electronique-magazine.com

MINILAB

ou apprendre l'électronique

en se divertissant

Pour étudier facilement l'électronique, il ne suffit pas d'apprendre les formules dont dépendent les circuits mais il est indispensable de pouvoir construire ces derniers et d'en expérimenter le fonctionnement. Dans ce numéro d'Été nous commençons une série d'articles pédagogiques visant à vous faire construire et utiliser un MINILAB, soit un mini laboratoire d'électronique – oh vous verrez tout de suite qu'il n'a de mini que le nom et cette «accroche» n'a pas d'autre but que d'éviter de vous effrayer – destiné aux petits ou aux grands commençants (jeunes et moins jeunes mais désirant se former à l'électronique sans «se faire suer»). Ce MINILAB comporte en effet une plaque d'essais permettant de tester le circuit (voir s'il fonctionne) avant même de le monter sur circuit imprimé, mais il contient aussi tous les appareils de laboratoire nécessaires. Votre formation d'électronicien vient de commencer !



Si jusqu'à hier, avec une pointe d'orgueil, nous pouvions affirmer que notre revue embrasse un éventail de lecteurs, non pas de 7 à 77 ans (laissons cela à Hergé et au journal Tintin, qui n'est pas notre concurrent !) mais bien de 15 à 90 ans, aujourd'hui, au seuil du troisième millénaire et en pleine globalisation cela ne suffit plus. Oh, n'allez pas croire que la fidélité que notre lectorat nous témoigne depuis tant d'années nous est montée à la tête ! Mais nous voulons une fois de plus aller au-delà et nous tourner vers cette multi-

tude d'enfants, entre 10 et 14 ans, scolarisés en CM1-CM2 ou en Collège, voire au Lycée en Seconde pour les plus précoces. Pour la première fois ils sont confrontés à l'étude des **sciences** à proprement parler, aux matières scientifiques comme la **physique**, la **chimie** et la biologie, sans parler – côté théorique – des mathématiques et – côté pratique – de la **technologie**. **C'est à ces enfants**, souvent passionnés d'informatique et d'innovations technologiques et désormais capables d'utiliser un ordinateur ou un téléphone portable bien mieux que leur père



Figure 1 : Le MINILAB EN3000 est un véritable mini laboratoire d'électronique portable. Il est conçu et réalisé pour aider toute personne désireuse de se former à l'électronique en partant de zéro et à le faire de manière attrayante en mettant l'accent sur la pratique expérimentale. Avec les montages que nous vous proposerons dans les numéros d'ELM qui vont suivre, vous pourrez vous divertir tout en apprenant l'électronique : que ce soit en amateur ou en futur professionnel, vous allez vous éclater !

C'est à leur curiosité naturelle allant spontanément et tout uniment vers la nouveauté et vers le divertissement **que nous voulons nous adresser**, afin de leur faire **connaître** (connaissance = nouvelle **naissance** ou renaissance) et de leur rendre **tangible** (leur faire **toucher** du doigt) ce monde fascinant et en constante expansion, celui de **l'électronique**.

Les plus de vingt ans se souviendront peut-être avec un brin de nostalgie du jour de leur enfance où ils ont reçu en cadeau de Noël un jouet scientifique comme Le petit chimiste ou Le jeune radio à l'écoute du monde ou encore un microscope permettant de voir des cellules ou des bactéries entre deux lames de verre.

Peut-être même avez-vous fabriqué cette fameuse nitroglycérine dont un professeur de physique du Collège (c'était en Quatrième !) imprudent et un peu naïf vous avait donné la formule : heureusement, le fournisseur de produits chimiques de la ville (la pharmacie C.C. de T.), au vu de votre jeune âge, vous avait refusé la vente de l'acide nitrique ... et vous avait sauvé la vie, car le professeur avait omis de vous dire que le seul choc de la dernière goutte de catalyseur tombant de la pipette dans le récipient pouvait faire tout exploser et vous ôter la vie avant même d'avoir compris ce qui se passait ! Par contre, avec des produits d'origine agricole, en vente libre donc (c'était du désherbant, molécule retirée de la vente depuis), vous aviez peut-être fabriqué de la poudre noire et en aviez bourré un morceau de tube d'acier martelé à une extrémité et disposé sur un

morceau de gouttière en zinc incliné à 60°, puis aviez procédé à la mise à feu de cette fusée montant dans le ciel de manière fulgurante et que vous n'avez jamais retrouvée ... un miracle qu'elle n'ait tué personne et soit probablement retombée dans le champ voisin ! Vous aviez douze ans, vos parents ne l'ont appris que plus tard et en ont frémé rétrospectivement.

En tout cas, souvent de tels jeux, de telles opportunités, déterminent une vocation et une carrière scientifique ou technologique, une **profession** mais parfois aussi une **passion d'amateur**, un puissant violon d'Ingres.

Vous connaissez peut-être un médecin Radioamateur et féru d'électronique ou alors un notaire qui se passionne pour la récupération de données perdues dans un disque dur défectueux (une fois ou deux la police, connaissant cette étrange caractéristique, est venue le solliciter pour mener à bien une enquête criminelle), etc.

Notre réalisation

Ce que nous voulons vous proposer dans l'article de tête de ce numéro d'Été, c'est favoriser chez les jeunes un tel processus, c'est-à-dire jouer avec eux de manière intelligente en leur offrant une sorte de «Petit chimiste ... de l'électronique» ; ce jeu se nomme **MINILAB EN3000**.

Au XXe siècle les entreprises futuristes prenaient souvent le nom «2000», au XXIe siècle ce sera «3000» !

Quant au EN, disons qu'ici il signifie **Éducation Nationale** ! N'y voyez aucune prétention mais seulement une pointe d'humour.

Avec le **MINILAB EN3000**, qui est un laboratoire d'électronique miniature, nous entendons stimuler le désir de connaissance inné qui **sommeille** en chacun de nous et qui ne rencontre pas toujours, hélas, **l'éveilleur** dont il a besoin. L'idée d'un mini laboratoire d'électronique est née du fait que, si l'on veut véritablement apprendre cette discipline scientifique et technologique, il ne suffit pas d'apprendre la théorie des circuits, mais il est également indispensable de construire soi-même les dispositifs électroniques qu'on étudie et d'en expérimenter le fonctionnement. Naturellement, il est essentiel de partir de circuits simples : d'abord en expliquer le fonctionnement théorique et puis en réaliser le prototype, pour arriver peu à peu à des dispositifs plus complexes.

Pour Apprendre l'Électronique en se Divertissant (**AED** pourrait être la suite de **AEPZ**) il est nécessaire fondamentalement d'avoir trois éléments :

- une bonne explication théorique des circuits que nous voulons construire,
- le matériel (composants, circuit imprimé, boîtier, etc.) nécessaire pour ce montage
- et une série d'instruments de génération, de contrôle et de mesure comme on en utilise dans un vrai laboratoire d'électronique, ces appareils permettant d'essayer les circuits, de les régler s'il y a lieu et de nous en faire saisir de manière tangible le fonctionnement réel.

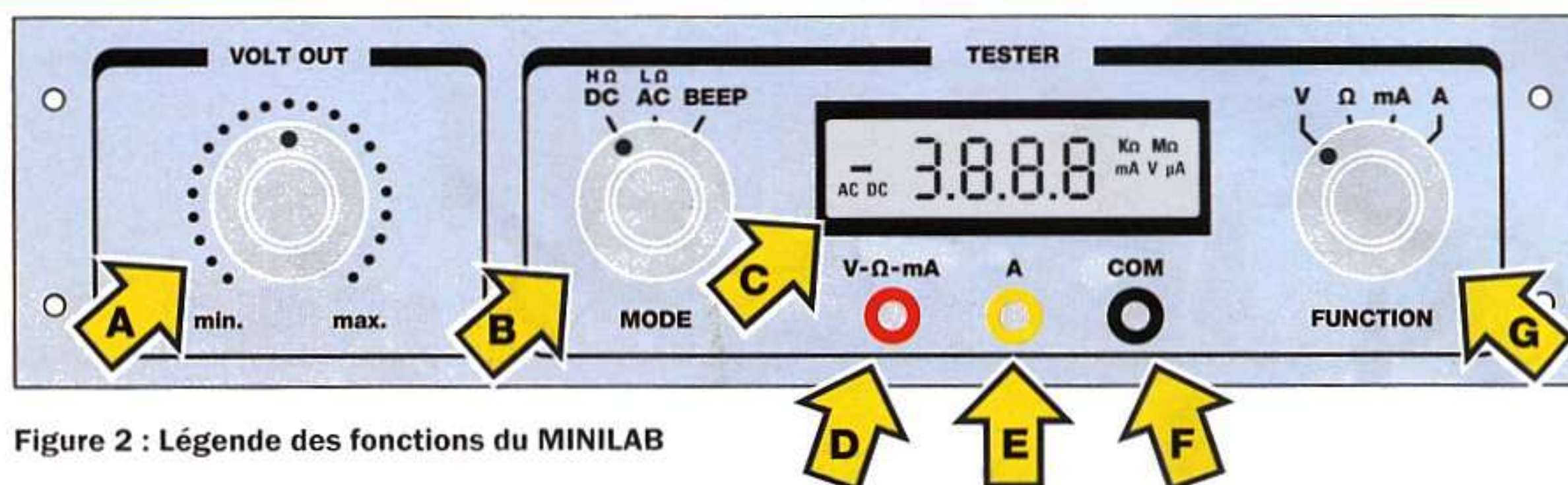
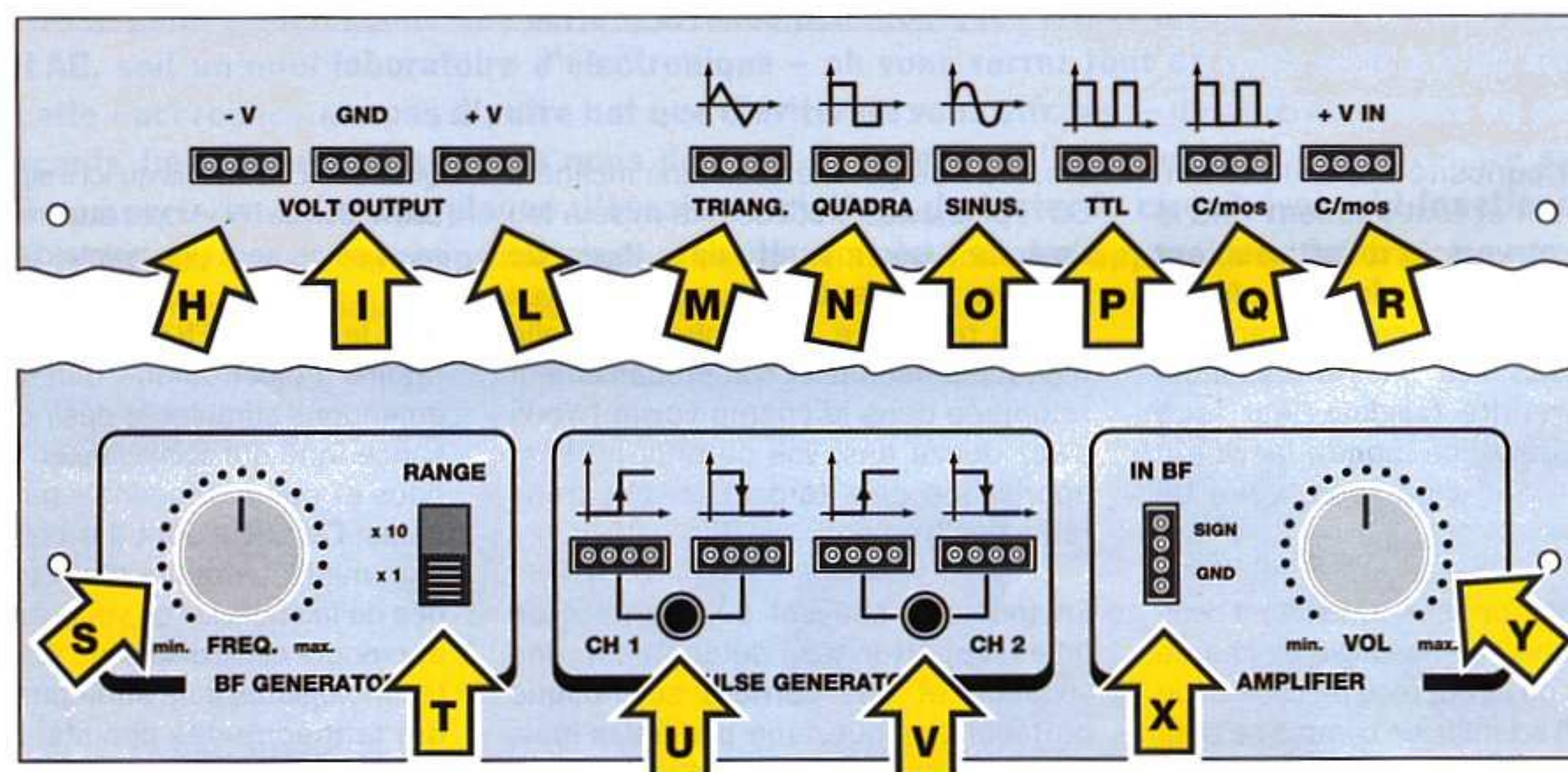


Figure 2 : Légende des fonctions du MINILAB

- A : réglage de la tension d'alimentation +/- 0-15 V
 B : commutateur de tension continue/High Ohm - alternatif/Low Ohm - bip
 C : afficheur LCD
 D : douille pour mesures de tension - Ohm - courant 0-40 mA
 E : douille pour mesures de courant 40 mA - 4 A
 F : douille commune
 G : commutateur de tension - Ohm - courant 0-40 mA - courant 40 mA - 4 A



- H : connecteur d'alimentation de 0 à -15 V
 I : connecteur de masse
 L : connecteur d'alimentation de 0 à 15 V
 M : connecteur onde triangulaire
 N : connecteur onde carrée
 O : connecteur onde sinusoïdale
 P : connecteur niveaux logiques TTL
 Q : connecteur niveaux logiques CMOS

- R : connecteur tension V_{in} réglable
 S : réglage fréquence générateur BF
 T : sélection gamme de x1-x10
 U : poussoir générateur d'impulsions CH1
 V : poussoir générateur d'impulsions CH2
 X : connecteur entrée amplificateur BF
 Y : réglage volume amplificateur BF

Avec le **MINILAB EN3000** nous avons réuni ces trois éléments :

1 - dans la revue vous sont proposés des montages avec schémas électriques et explications théoriques (dans nos articles, c'est le paragraphe le plus souvent intitulé **Le schéma électrique**) ;

2 - le matériel nécessaire au montage du circuit est toujours disponible chez l'un de nos annonceurs, aussi vous avez toujours la certitude de trouver les **composants**, le **circuit imprimé** - si vous le voulez tout fait -, le **boîtier** - si vous en avez besoin

- et le **logiciel** s'il y a lieu. Avec le **MINILAB EN3000** et sa plaque d'essais vous pourrez en outre réaliser d'abord le montage « en l'air » avant sa réalisation définitive sur circuit imprimé. En effet, la plaque d'essais comporte des trous à contacts permettant d'enfoncer les queues des composants sans avoir à les souder, ainsi tout reste démontable sans outil autre qu'une paire de pinces précelles (une vieille pince à épiler qui n'épile plus !).

3 - La console du MINILAB EN3000 comprend les instruments électroniques nécessaires pour tester les circuits en

fonctionnement réel. Le boîtier pupitre comprend en effet :

- une **alimentation** double symétrique +/- 15 V - 0,4 A ;

- un **générateur** sinusoïdal, carrés, triangulaires, variable de 1 Hz à 8 kHz ;

- un **générateur d'impulsions** ;

- un **multimètre** comprenant voltmètre, ampèremètre et ohmmètre ;

- un **amplificateur** + haut-parleur.



Figure 3 : Si vous disposez d'un PC et si vous reliez à sa prise USB notre interface EN1690, une fois le logiciel installé, vous disposerez du principal instrument de tout laboratoire d'électronique : l'oscilloscope. Vous pourrez «voir» les signaux électroniques à l'écran (de l'ordinateur devenu oscilloscope).

Élèves et professeurs

Quand nous avons conçu le **MINILAB EN3000**, nous avons pensé aux enfants/adolescents mais aussi à leurs enseignants lesquels, à cause des réductions de budget, toujours plus oppressantes, n'ont peut-être pas toujours la possibilité de choisir l'instrumentation nécessaire à la bonne formation des élèves.

Avec le **MINILAB EN3000** peut passer sans problème de la leçon d'histoire à celle d'électronique, car il suffit que chaque élève sorte de son armoire son laboratoire miniature personnel et le pose sur sa table ou sa paillasse et voici toute une classe prête à recevoir une nouvelle leçon d'électronique : pas de soudures et la possibilité de réaliser sous la direction du professeur de vrais montages en toute **sécurité** (le boîtier transformateur **secteur** est séparé de la console et l'ensemble est disponible tout monté aux **normes CE**). Et une fois la leçon terminée, pour passer à une autre discipline, par exemple la Littérature, les Maths ou l'Anglais, en un clin d'œil tout est à nouveau rangé dans l'armoire.

Outre sa praticité évidente, le **MINILAB EN3000** présente un avantage économique certain : en effet, pour doter chaque élève d'une série d'appareils électroniques comme celle figurant ci-dessus, l'école devrait déboursier plusieurs centaines d'euros, sans doute plus de mille, or quelle école,

quel institut peut dépenser autant par élève, surtout – qu'il soit public ou privé – s'il veut resserrer le coût des études par élève ? La conséquence de ces impératifs budgétaires et du prix prohibitif des appareils électroniques pédagogiques, est que l'enseignement de cette matière est souvent confiné à des écoles privées – et bien sûr payantes –, réservées de ce fait à des étudiants aisés !

Avec le **MINILAB EN3000** nous voudrions essayer d'inverser cette funeste tendance (augmentation du coût du matériel → enseignement réservé à une élite sociale qui peut payer) et faire en sorte que l'enseignement de l'électronique parvienne à toucher tout le monde, tous ceux qui le veulent en tout cas et sans barrière pécuniaire.

Le devenir économique et politique étant au «dégraissage» des dépenses publiques, notre projet devrait intéresser l'**Éducation Nationale**. De notre côté nous sommes prêts à consentir des efforts financiers pour aider les écoles ou les instituts qui en feraient la demande. Prêts à accorder des remises aux collectivités enseignantes qui adopteraient notre système **MINILAB EN3000**.

Précisons à ce propos que le **MINILAB EN3000** est disponible en **deux versions** : Junior pour les débutants et Avancée pour les élèves de niveau supérieur (voir figures 29 et 30)

Comment est fait MINILAB EN3000

Lors de la conception du **MINILAB EN3000** nous avons pensé que la première caractéristique d'un mini laboratoire moderne devait être sa transportabilité et, mieux, sa portabilité – en tout cas sa mobilité, voir paragraphe ci-dessus. C'est pourquoi nous avons choisi un boîtier pupitre en forme de console (= doté de deux faces avant obliques, voir photos dont figure 3) : la petite du haut est le multimètre numérique et la grande, plus horizontale, reçoit la plaque d'essais (ou «breadboard») et propose les E/S et les commandes de la platine de base. Voir figure 3, entre autres.

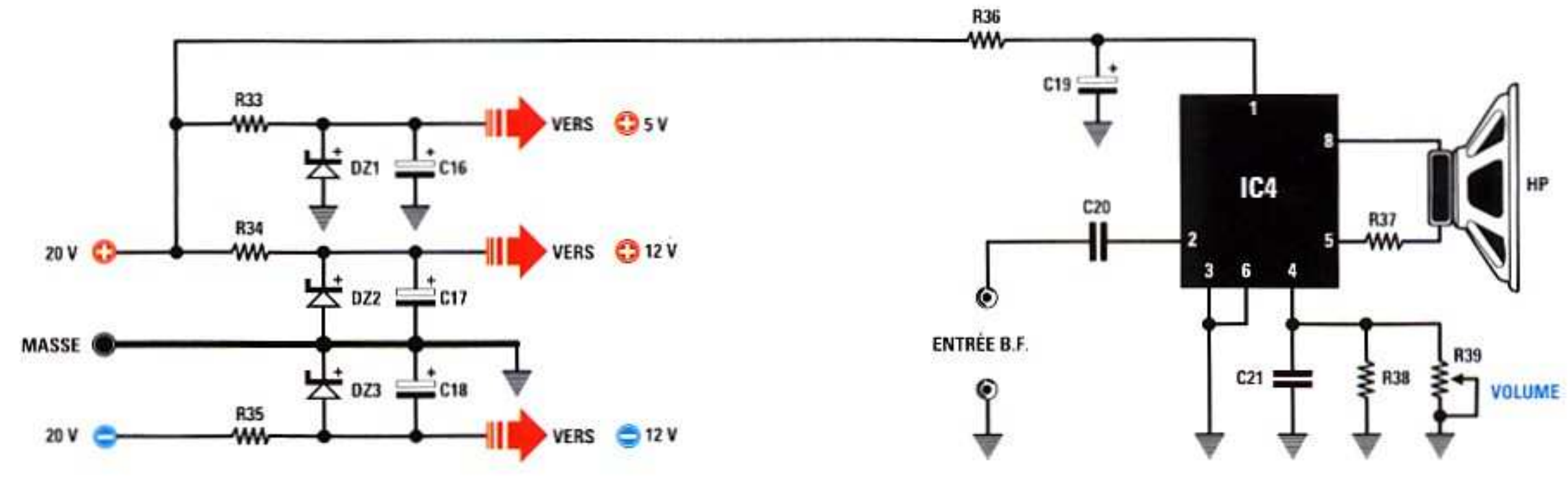
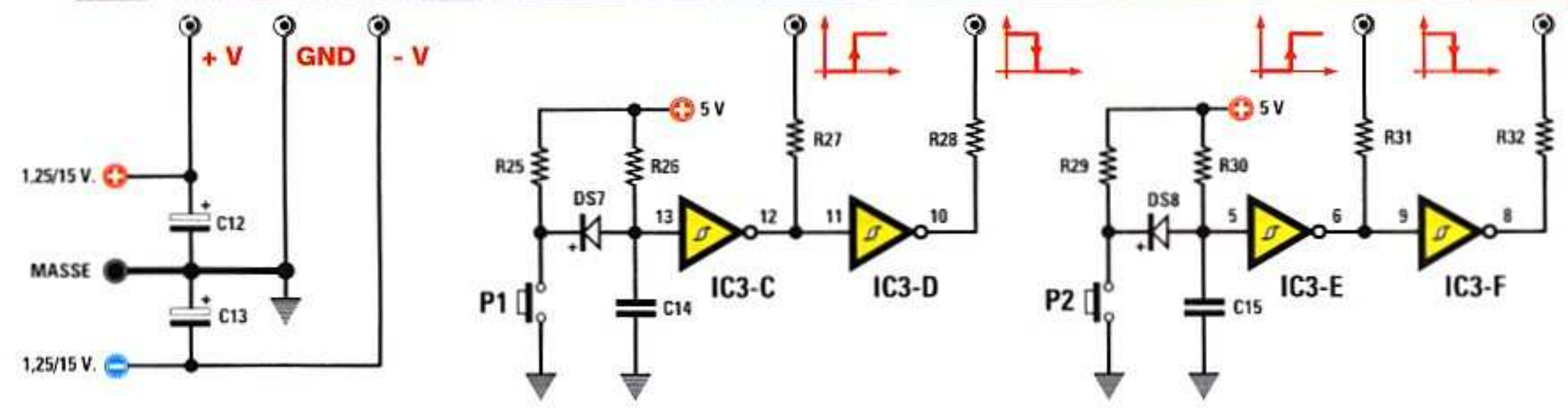
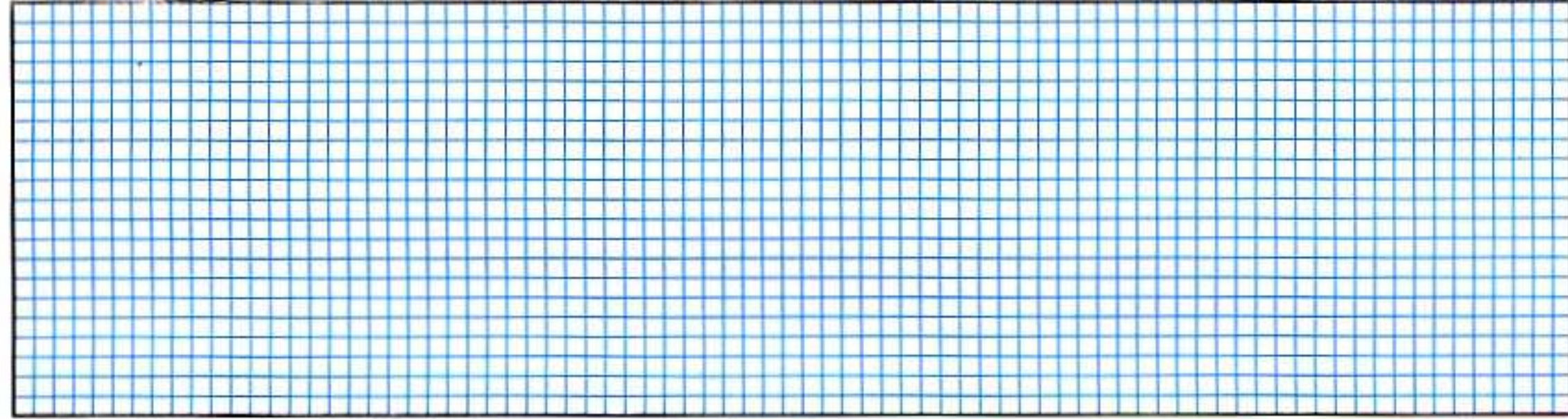
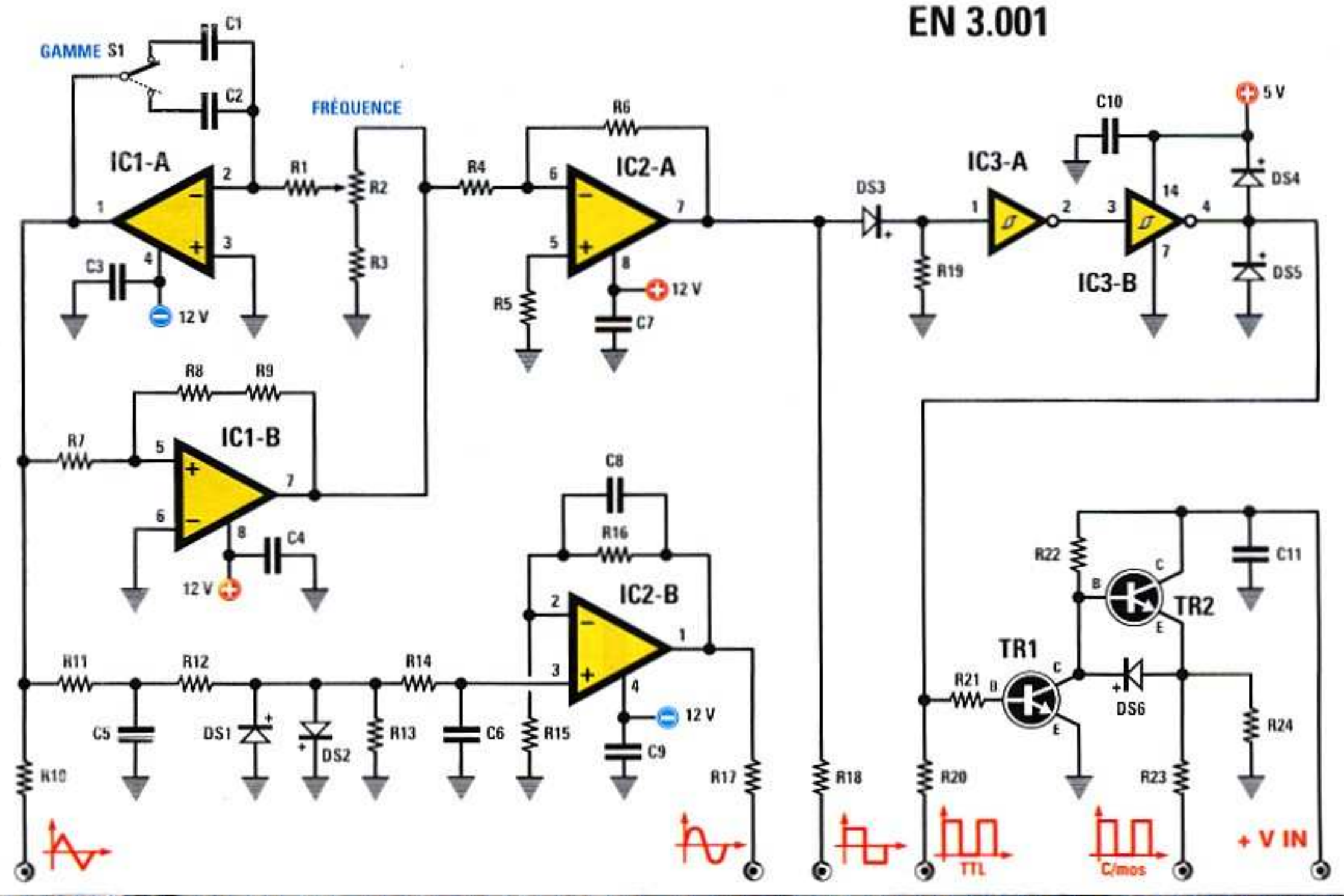
Nous avons dit que le **MINILAB EN3000** comprend une série d'instruments de génération et de mesure, indispensables pour vérifier le fonctionnement des circuits que l'on vous proposera de construire au fur et à mesure. Nous allons maintenant les examiner un par un et de plus près.

Le multimètre numérique

Le premier instrument est un appareil de mesure, il s'agit du multimètre numérique, à changement automatique de calibre («autoranging»), remplissant trois fonctions : voltmètre électronique, ampèremètre et ohmmètre. Cet instrument permet de mesurer :

- une tension continue comprise entre 0,01 et 399,9 V ou bien une tension alternative comprise entre 0,1 et 399,9 V ;

EN 3.001



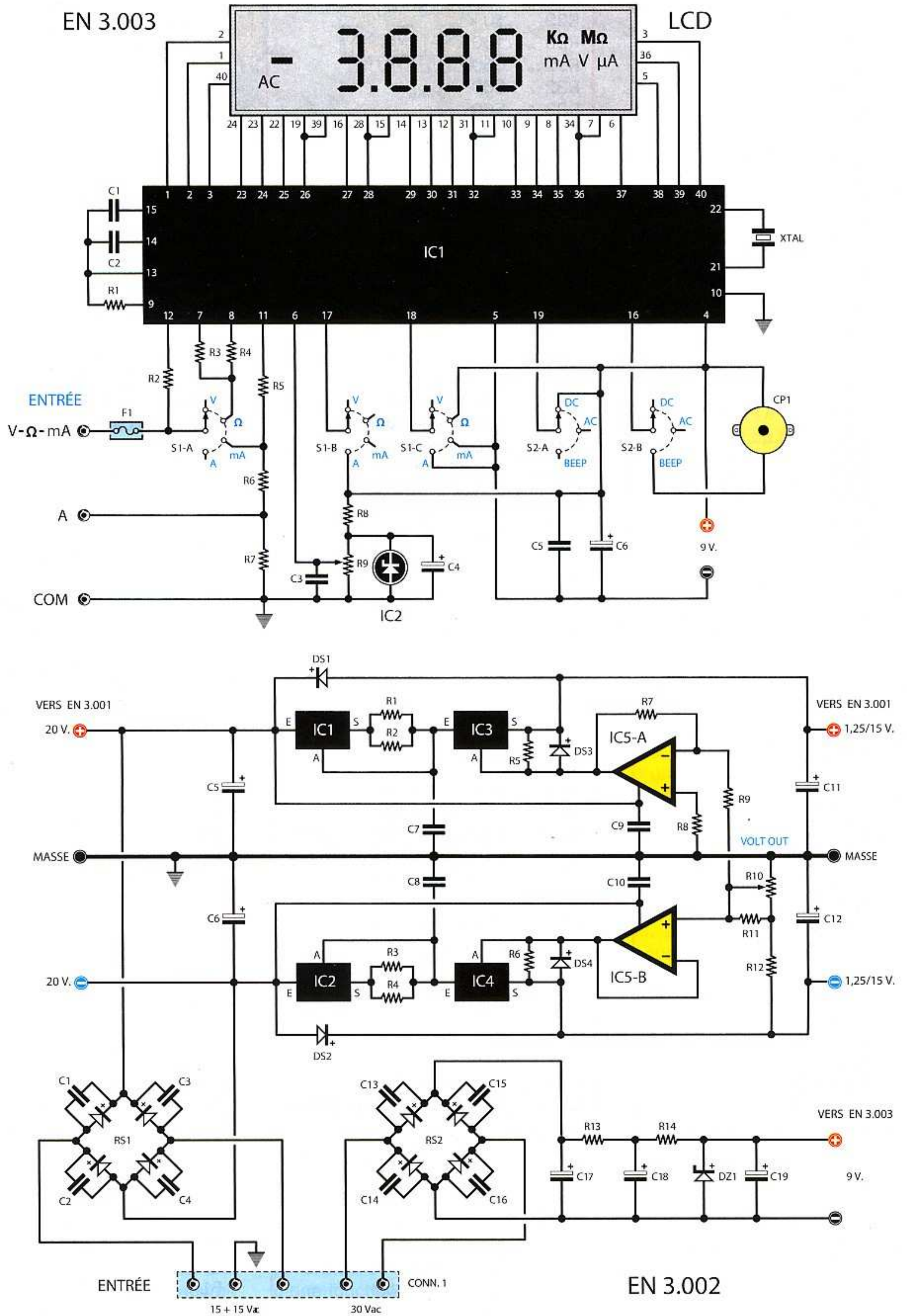


Figure 4 : Schéma électrique du circuit du MINILAB EN3000.

Liste des composants EN 3001

R1	10 k
R2	10 k pot. lin.
R3	100
R4	10 k
R5	4,7 k
R6	4,7 k
R7	100 k
R8	100 k
R9	100 k
R10 ..	560
R11 ..	10 k
R12 ..	10 k
R13 ..	2,7 k
R14 ..	10 k
R15 ..	1 k
R16 ..	10 k
R17 ...	560
R18 ..	10 k
R19 ..	10 k
R20 ..	560
R21 ..	10 k
R22 ..	10 k
R23 ..	560
R24 ...	1 k
R25 ..	10 k
R26 ..	100 k

R27 ...	560
R28 ..	560
R29 ..	10 k
R30 ..	100 k
R31 ...	560
R32 ..	560
R33 ..	560
R34 ..	390
R35 ..	390
R36 ..	10 1/2 W
R37 ...	10 1/2 W
R38 ..	470 k
R39 ..	1 M pot. lin.

C1	470 nF polyester
C2	5,6 nF polyester
C3	100 nF polyester
C4	100 nF polyester
C5	1 nF polyester
C6	1 nF polyester
C7	100 nF polyester
C8	220 pF céramique
C9	100 nF polyester
C10 ...	100 nF polyester
C11 ...	100 nF polyester
C12 ..	100 µF/25V électrolytique
C13 ...	100 µF/25V électrolytique
C14 ...	100 nF polyester
C15 ...	100 nF polyester

C16 ...	10 µF/16V électrolytique
C17 ...	10 µF/25V électrolytique
C18 ...	10 µF/25V électrolytique
C19 ...	470 µF/25V électrolytique
C20 ..	470 nF polyester
C21 ...	100 nF polyester

DS1 ..	1N4148
[...]	
DS8 ...	1N4148
DZ1 ..	zener 5,1 V 1/2 W
DZ2 ..	zener 12 V 1/2 W
DZ3 ..	zener 12 V 1/2 W

TR1 ...	NPN BC547
TR2 ...	NPN BC547

IC1	NE5532
IC2	NE5532
IC3	TTL 74HC14
IC4	TDA7052B

S1	inverseur
P1	poussoir
P2	poussoir
HP	haut-parleur 8 ohms 1 W

BB.....	Breadboard ("planche à pain" : platine d'essais)
---------	--

Liste des composants EN 3002

R1	4,7 1/2 W
R2	4,7 1/2 W
R3	4,7 1/2 W
R4	4,7 1/2 W
R5	220
R6	220
R7	10 k 1%
R8	4,7 k
R9	10 k 1%
R10 ..	10 k pot. lin.
R11 ..	680
R12 ..	470
R13 ..	1 k 1/2 W
R14 ..	1 k 1/2 W

C1	10 nF céramique
C2	10 nF céramique
C3	10 nF céramique
C4	10 nF céramique
C5	2 200 µF/25V électrolytique
C6	2 200 µF/25V électrolytique
C7	100 nF polyester
C8	100 nF polyester
C9	100 nF polyester
C10 ...	100 nF polyester
C11 ...	100 µF/25V électrolytique
C12 ..	100 µF/25V électrolytique
C13 ...	10 nF céramique
C14 ...	10 nF céramique
C15 ...	10 nF céramique
C16 ...	10 nF céramique
C17	100 µF/ 50 V électrolytique

C18 ...	100 µF/35V électrolytique
C19 ...	100 µF/25V électrolytique

DS1 ..	1N4007
DS2 ..	1N4007
DS3 ..	1N4007
DS4 ..	1N4007
DZ1 ..	zener 9 V 1/2 W

RS1 ..	pont 100 V 1 A
RS2 ..	pont 100 V 1 A
IC1	LM317
IC2	LM337
IC3	LM317
IC4	LM337
IC5	LM358
CONN1	prise DIN 5 pôles

Liste des composants EN 3003

R1	10 M 1%
R2	10 M 1%
R3	10 k 1%
R4	1 M 1%
R5	1 M 1%
R6	10 ohm 1%
R7	0,1 ohm 1%

R8	10 k 1%
R9	10 k trimmer 20 tours
C1	3,3 nF polyester
C2	100 nF polyester
C3	100 nF polyester
C4	10 µF/16V électrolytique
C5	100 nF polyester
C6	100 µF/16V électrolytique
XTAL ..	quartz 100 KHz
LCD ...	LXD 38D8 R02H

IC1	ICL7139
IC2	ICL8069
F1	fusible 100 mA
S1	commutateur 3 voies 4 pos.
S2	commutateur 3 voies 3 pos.
CP1 ...	buzzer piézoélectrique

Note : Sauf mention contraire, toutes les résistances sont des 1/4 W



Figure 5 : Brochages des circuits intégrés NE5532, 74HC14, utilisés pour le générateur de fonction et du LM358 utilisé pour l'alimentation, vus de dessus et avec les repères détrompeurs en U orientés vers la gauche.

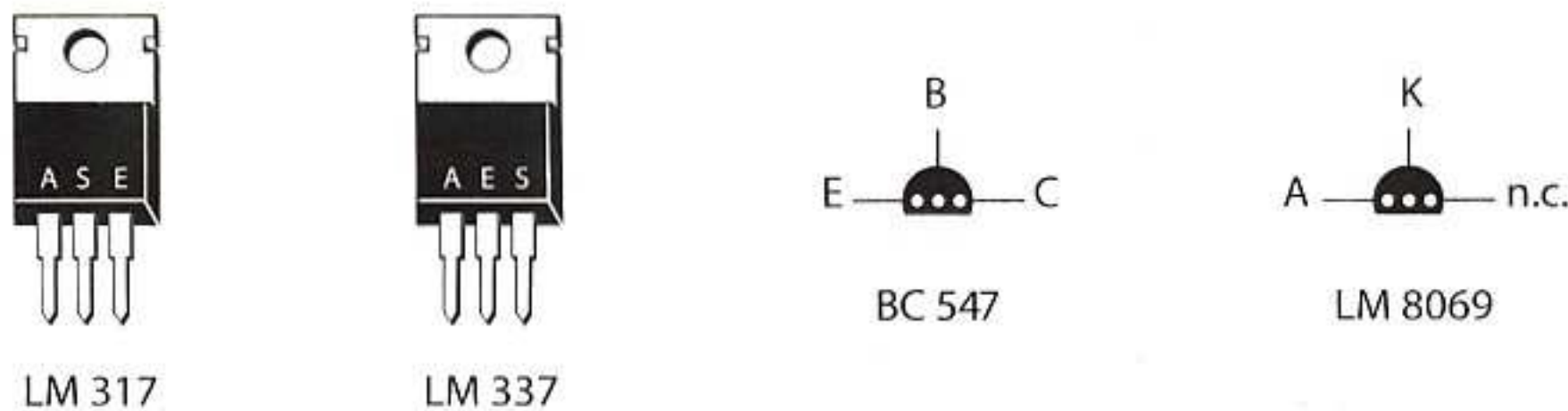


Figure 6 : Brochages des circuits intégrés LM317, LM337 vus de face, du transistor NPN BC547 et du circuit intégré LM8069 vus de dessous.



Figure 7 : Brochage du circuit intégré ICL7139 vu de dessous, dont les broches 23 à 40 pilotent l'afficheur LCD (à gauche) ; brochage du LCD vu de dessus et repère détrompeur orienté vers la gauche.

- un courant continu ou alternatif compris entre 0 et 4 A ;
- une résistance comprise entre 10 ohms et 39,99 kilohms avec la gamme Low Ohm et entre 40 kilohms et 3,999 Mégohms avec la gamme High Ohm.

L'afficheur LCD à quatre chiffres lui confère une précision remarquable, fort utile pour mesurer les tensions très faibles, de l'ordre de quelques mV.

L'alimentation stabilisée

Sur la partie haute de la grande face avant de la console nous trouvons ensuite une alimentation stabilisée capable de fournir une tension double symétrique réglable de **1,25 V** jusqu'à à peu près **15 V**.

Elle permet d'alimenter les circuits fonctionnant avec une tension simple, tout comme ceux nécessitant une tension double symétrique (comme les amplificateurs opérationnels).

Le courant maximal que l'on peut prélever sur cette alimentation est de **400 mA** et elle est protégée en cas de court-circuit.

Le générateur de fonctions

Un laboratoire qui se respecte ne peut faire moins que de se doter d'un générateur de fonction. Celui dont le **MINILAB EN3000** est pourvu génère des **signaux** à ondes **triangulaires, sinusoïdales** et **carrées** de **1 Hz** jusqu'à **8 KHz**, une gamme de fréquences plus que suffisant pour des milliers de types d'applications. Le générateur de fonction est en outre doté d'une fonction signal carré niveau **TTL**, entre 0 et 5 V et d'une fonction signal carré niveau **CMOS**, très utile quand on veut piloter des circuits de ce type.

Et comme «la pythie vient en mangeant» – comme on dit dans les restaurants de Delphes – nous n'avons pas résisté à la tentation d'ajouter un accessoire

que nous considérons – à juste raison – comme extrêmement important : un **générateur d'états logiques** capable d'offrir les variantes les plus usitées dans le domaine électronique, impulsions avec **front de montée**, front de descente et états logiques **on** et **off**.

L'amplificateur audio

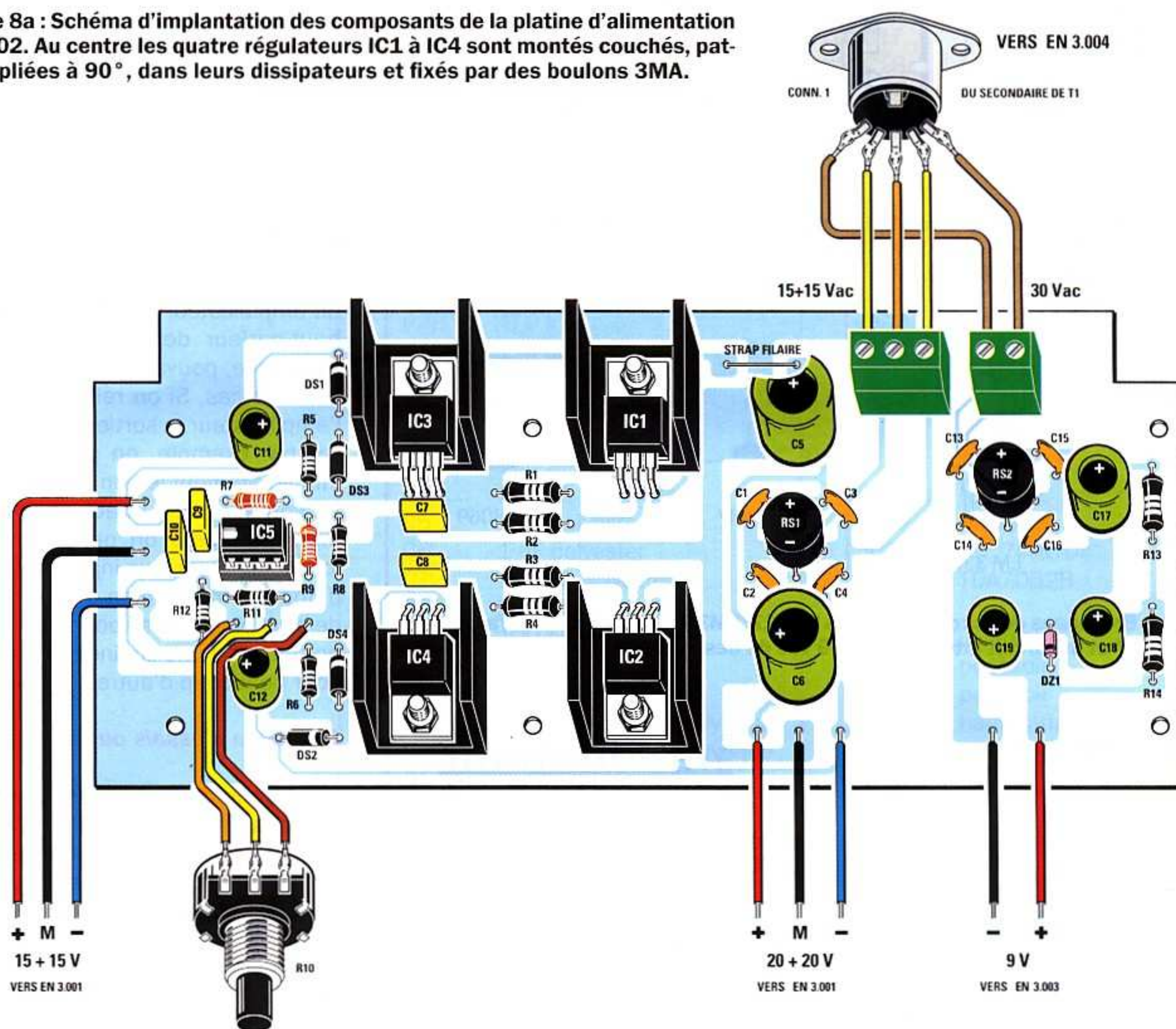
Nous avons intégré au **MINILAB EN3000** un amplificateur audio, relié à un petit haut-parleur de **8 ohms**, de **1 W** de puissance, pouvant s'avérer utile dans certains cas. Si on relie à l'entrée de l'amplificateur la sortie d'un oscillateur BF, par exemple, on peut en vérifier immédiatement le bon fonctionnement au son sortant du haut-parleur. De la même manière on peut contrôler le fonctionnement d'un injecteur de signal, d'une alarme ou bien d'un générateur de bruit blanc utilisé pour tester le comportement d'une chaîne Hi-Fi, ainsi que pour beaucoup d'autres occasions.

La plaque d'essais ou breadboard

C'est sans doute l'accessoire le plus intéressant du **MINILAB EN3000** : cette plaque est une platine percée de multiples trous non traversants au fond desquels se trouvent des contacts électriques ; on y insère les divers composants du circuit à réaliser et à tester. Elle se compose d'une matrice formée de **63 colonnes** de **10 trous** chacune, divisées en deux groupes notés A-B-C-D-E et F-G-H-I-J. Son utilisation facilite énormément la réalisation du montage expérimental car il suffit d'insérer les divers composants et de petites longueurs de fil, sans circuit imprimé à prévoir ni soudures à faire (voir figure 31). Ainsi, l'élève qui ne sait pas encore souder peut déjà s'initier à l'électronique par la pratique sur des montages réels. Quant au chevronné, il peut tester le montage de sa conception, le modifier en temps réel, le rectifier et ne réaliser le circuit imprimé qu'après, une fois la mise au point définitive terminée. Pas de gâchis de plaque époxy cuivrée, pas de platine «bidouillée» a posteriori (ce qu'on voit hélas souvent dans les laboratoires même réputés, mais cela reste un signe d'impréparation au niveau de la présérie...), pas de perte de temps.

Grâce à cette plaque d'essai, posée tout près des générateurs et des instruments de mesure, le **MINILAB EN3000** permet à l'élève de se former tout de suite avec une approche tangible de l'électronique et à l'amateur plus aguerri ou au professionnel de gagner du temps avant la réalisation définitive.

Figure 8a : Schéma d'implantation des composants de la platine d'alimentation EN3002. Au centre les quatre régulateurs IC1 à IC4 sont montés couchés, pattes repliées à 90°, dans leurs dissipateurs et fixés par des boulons 3MA.



De plus, après mise au point du montage et transfert sur un vrai circuit imprimé bien conçu, vous pouvez récupérer la plaque d'essai (et les composants d'ailleurs) qui sera alors prête pour essayer un nouveau circuit.

Dans le prochain article, qui paraîtra dans le numéro d'Automne, nous vous apprendrons à réaliser des montages «en l'air» (c'est-à-dire sans soudure et donc démontable) sur la plaque d'essai. En attendant, voyez l'exemple et la suggestion simple donnée figure 31.

Le schéma électrique

Ici nous allons donner une brève description des circuits constituant le MINILAB EN3000.

L'alimentation

L'alimentation des divers circuits du MINILAB EN3000 est fournie par un transformateur secteur à deux secondaires (enfermé dans un boîtier extérieur à la console, dans cette der-

nière on n'aura donc que de la basse tension, sécurité oblige !):

- un enroulement double fournissant la tension 15 + 15 VAC utilisée pour l'alimentation double symétrique réglable de 1,25 à environ 15 V DC de MINILAB et la tension d'environ 20 V DC dont on tire le +5 V et le +12 V DC (environ) nécessaires pour les divers circuits intégrés du générateur de fonctions et d'états logiques ;
- un autre simple qui donne une tension de 30 VAC utilisée pour obtenir le 9 V DC nécessaire à l'alimentation du multimètre.

Les tensions alternatives 15 + 15 VAC sont envoyées aux entrées du pont redresseur RS1 et la tension redressée obtenue est envoyée aux condensateurs de filtrage lissage C5-C6, aux extrémités desquels on récupère la tension d'environ 20 V DC. La tension présente sur le condensateur C5 est envoyée aux deux régulateurs IC1-IC3 LM317 pour la branche positive ; la tension présente sur C6 aux deux régulateurs IC2-IC4 LM337 pour

la branche négative. Les régulateurs IC1 et IC2 sont configurés pour garantir le contrôle des courants de sortie ; en cas de court-circuit, l'intensité ne dépasserait pas 400 mA. Si, par exemple, sur la branche positive +1,25/15 V une consommation supérieure à 400 mA se produit, une chute de tension a lieu sur les résistances R1 et R2 et de ce fait la tension sur la broche A (adjust) du régulateur IC1 chute aussi, ce qui a pour effet de limiter la valeur du courant de sortie. La même chose se produit pour les résistances R3 et R4 et pour le régulateur IC2 en cas de court-circuit sur la branche négative -1,25/15 V. Le réglage de la tension de sortie de 1,25 à environ 15 V DC est opérée par la paire d'opérationnels IC5/A - IC5/B en prenant comme référence la position du potentiomètre R10 de 10 K, utilisé pour régler la valeur de la tension de sortie. La tension de 30 VAC est envoyée au pont redresseur RS2 et de là, après avoir été lissée par les condensateurs C17 et C18, elle est stabilisée par la diode zener DZ1, laquelle la fixe à 9 V DC, tension nécessaire pour l'alimentation du multimètre.

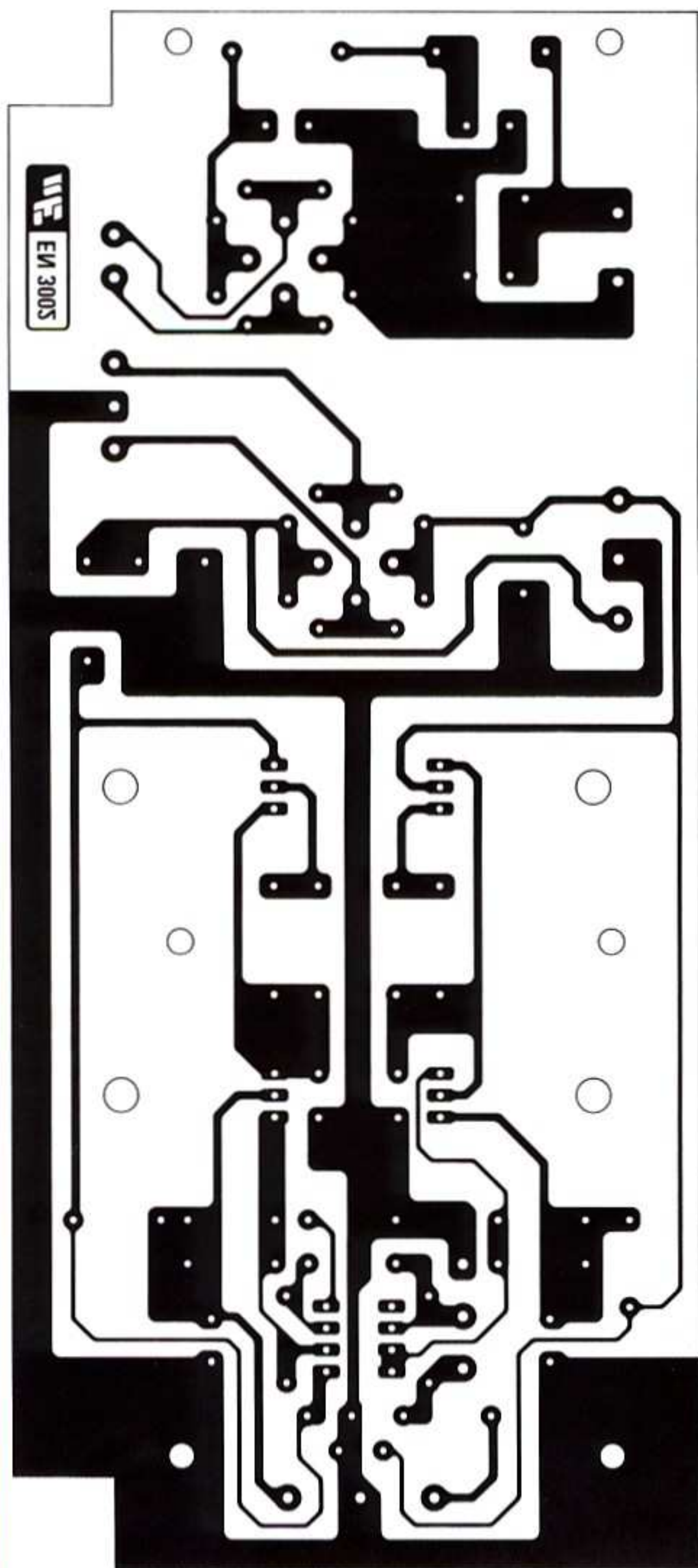


Figure 8b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé simple face de la platine d'alimentation du EN3002.

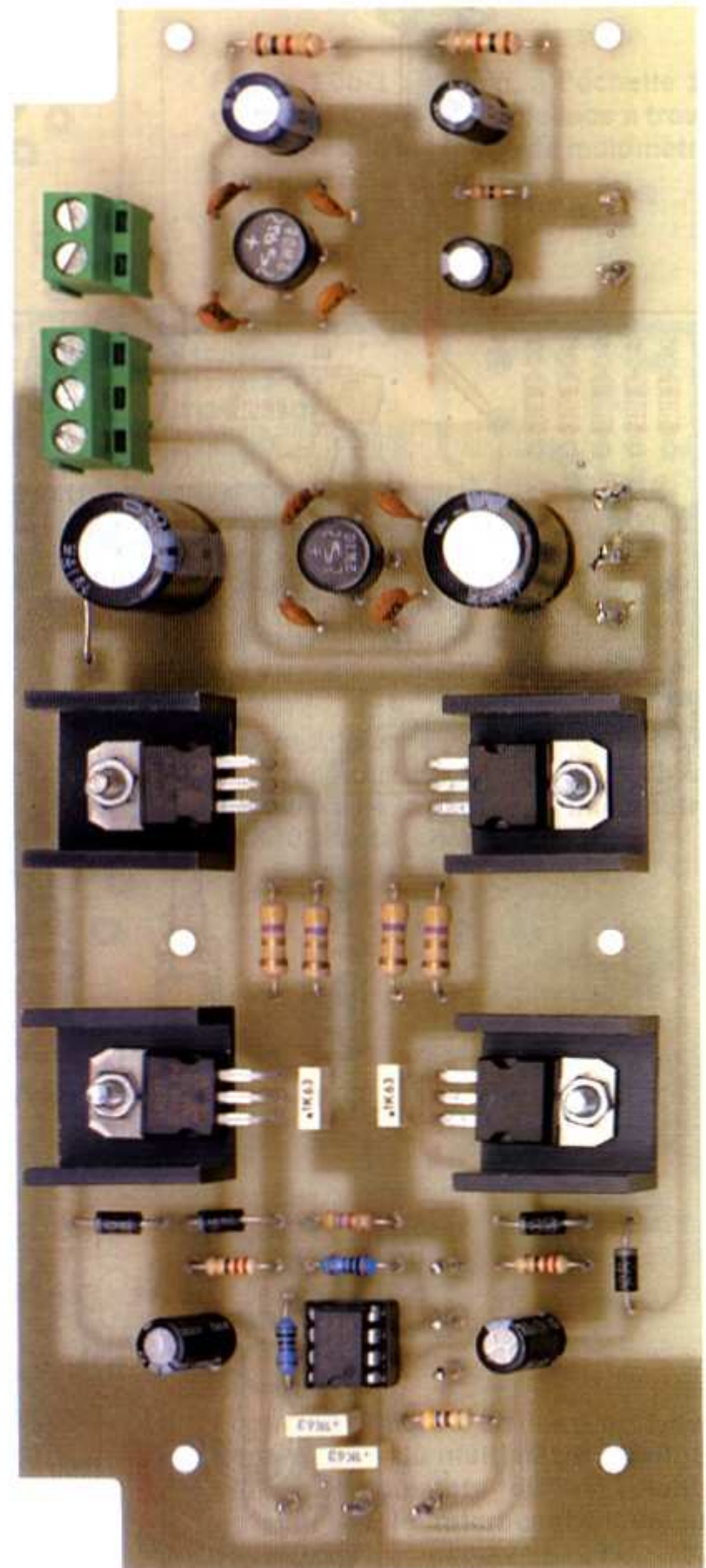


Figure 9 : Photo d'un des prototypes de la platine d'alimentation du EN3002. La tension double symétrique est réglable de 1,25 V à 15 V.

Le multimètre

Pour réaliser le multimètre nous avons utilisé le circuit intégré IC1 ICL7139, un microcontrôleur spécialisé pour cette fonction particulière : il pilote, à travers ses broches 23 à 40, l'afficheur LCD custom. Ce micro est déjà programmé en usine pour générer les symboles AC (Alternate Current - Courant Alternatif), DC (Direct Current - Courant continu), Low Bat (batterie déchargée) - cette dernière indication étant pour nous peu utile puisque **MINILAB EN3000** fonctionne sur le secteur -, Ohm - Kilohm - Mégohm pour la mesure des

résistances, mA - μ A pour la mesure des intensités ou courants et V pour la mesure des tensions.

L'afficheur LCD est à quatre chiffres et cela lui confère une précision appréciable, surtout pour un appareil didactique comme notre MINILAB EN3000. Le circuit intégré IC2 ICL8069, relié à la broche 6 de IC1, sert à produire une tension de référence précise réglable par le trimmer R9, lequel est là pour permettre le réglage du multimètre.

Comme le montre la figure 2, le multimètre est doté de deux commutateurs.

Le commutateur S2 Mode, voir schéma de la figure 4, est à trois positions : DC/H Ω - AC/L Ω - Bip. Si on place le commutateur en position DC/H Ω on peut exécuter les mesures de tension et courant en continu et High Ohm. Si on place le commutateur sur la position AC/L Ω on peut faire des mesures de tension et courant en alternatif et Low Ohm. Si on place le commutateur en position Bip on active le buzzer CP1 chaque fois qu'une mesure de continuité est effectuée. Le commutateur marqué Function, correspondant au commutateur S1 du schéma électrique, permet de sélectionner les quatre différentes positions **V - Ω - mA - A**.

Figure 10a-1 : Schéma d'implantation des composants de la platine du multimètre EN3003, côté composants où est monté notamment le microcontrôleur sur son support. Des picots partent les fils allant au porte-fusible, la torsade R/N allant au buzzer, une autre paire R/N allant au 9 V de la platine d'alimentation EN3002 et trois fils allant aux trois douilles de couleurs.

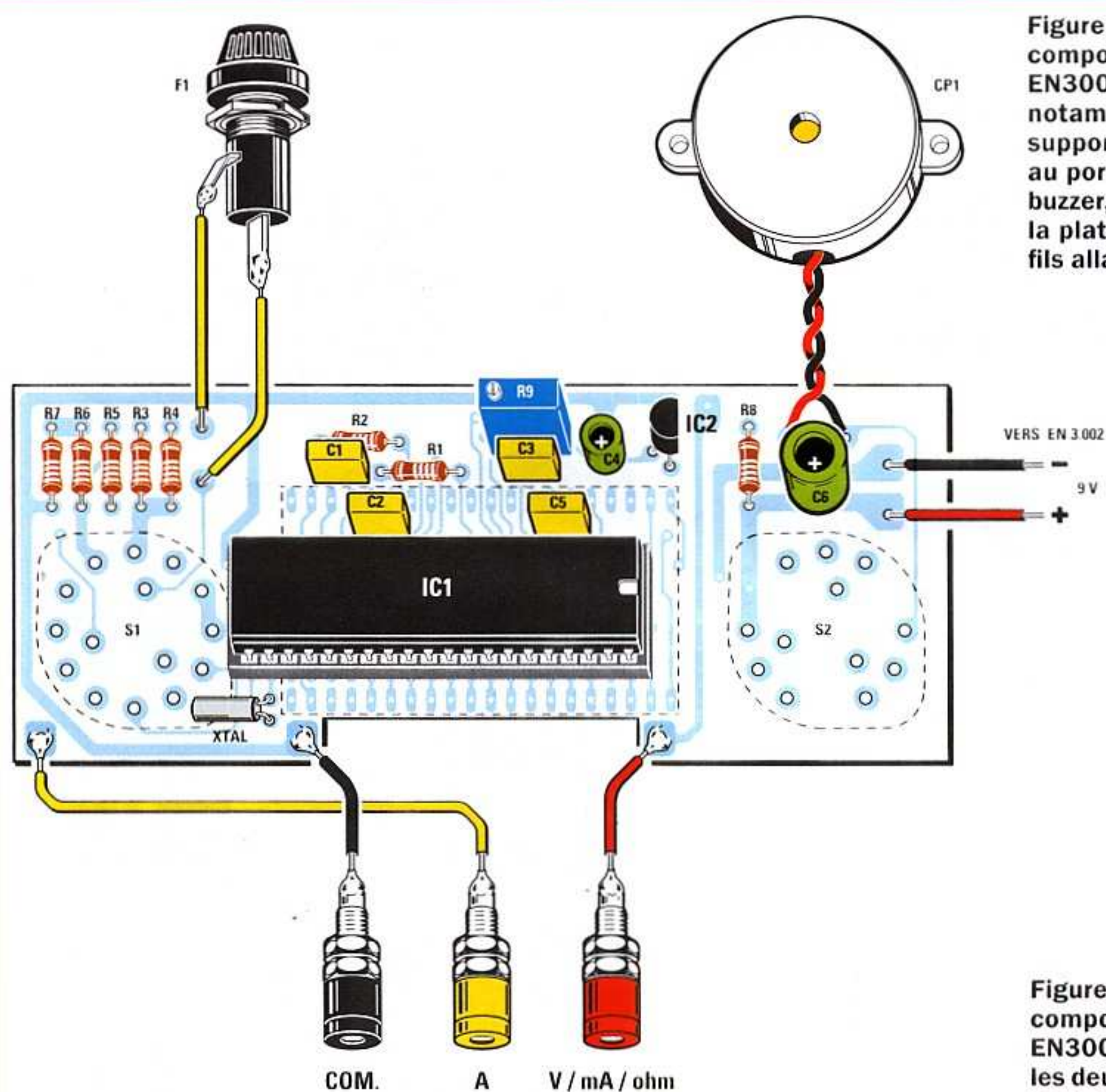


Figure 10a-2 : Schéma d'implantation des composants de la platine du multimètre EN3003, côté soudures où sont montés les deux commutateurs S2-S1 et l'afficheur LCD dans son support à 40 broches (deux barrettes de 20 broches chacune).



La position **V** est utilisée pour effectuer les mesures de tension.

La position **Ω** (Ohm) est utilisée pour effectuer les mesures de résistance.

La position **mA** est utilisée pour effectuer les mesures de courant jusqu'à 39,9 mA.

La position **A** est utilisée pour effectuer les mesures de courant comprises entre 40 mA et 4 A.

Le multimètre est doté de trois douilles d'entrée dans lesquelles on insère les cordons de mesure à pointes de touche/pincres crocos. La douille A de couleur jaune est utilisée pour la mesure des

valeurs de courant entre 40 mA et 4 A. Une douille rouge marqué V, Ω, mA, utilisée pour la mesure de la tension, de la résistance et du courant avec valeur inférieure à 39,9 mA et pour finir une douille COM noire qui est le commun (- ou masse).

Donc l'entrée COM est reliée à la masse, l'entrée V, Ω, mA à la broche 12 de IC1 à travers le fusible de protection F1 de 100 mA et l'entrée A à la broche 11 de IC1 à travers un pont partiteur de tension formé des résistances de précision à 1% R6-R7. Comme dans tous les systèmes numériques, un quartz monté entre les

broches 21 et 22 de IC1 fournit l'horloge pour le rafraîchissement et la gestion de l'afficheur. Le buzzer CP1 est utilisé pour les mesures de continuité et pour signaler le dépassement de fond d'échelle («over-range»).

Le générateur de fonction

Le générateur de fonction est réalisé à partir d'un oscillateur formé des deux circuits intégrés IC1/A et IC1/B NE5532, dont nous faisons varier la fréquence en mode continu en agissant sur le potentiomètre R2 jusqu'à obtenir la valeur désirée.

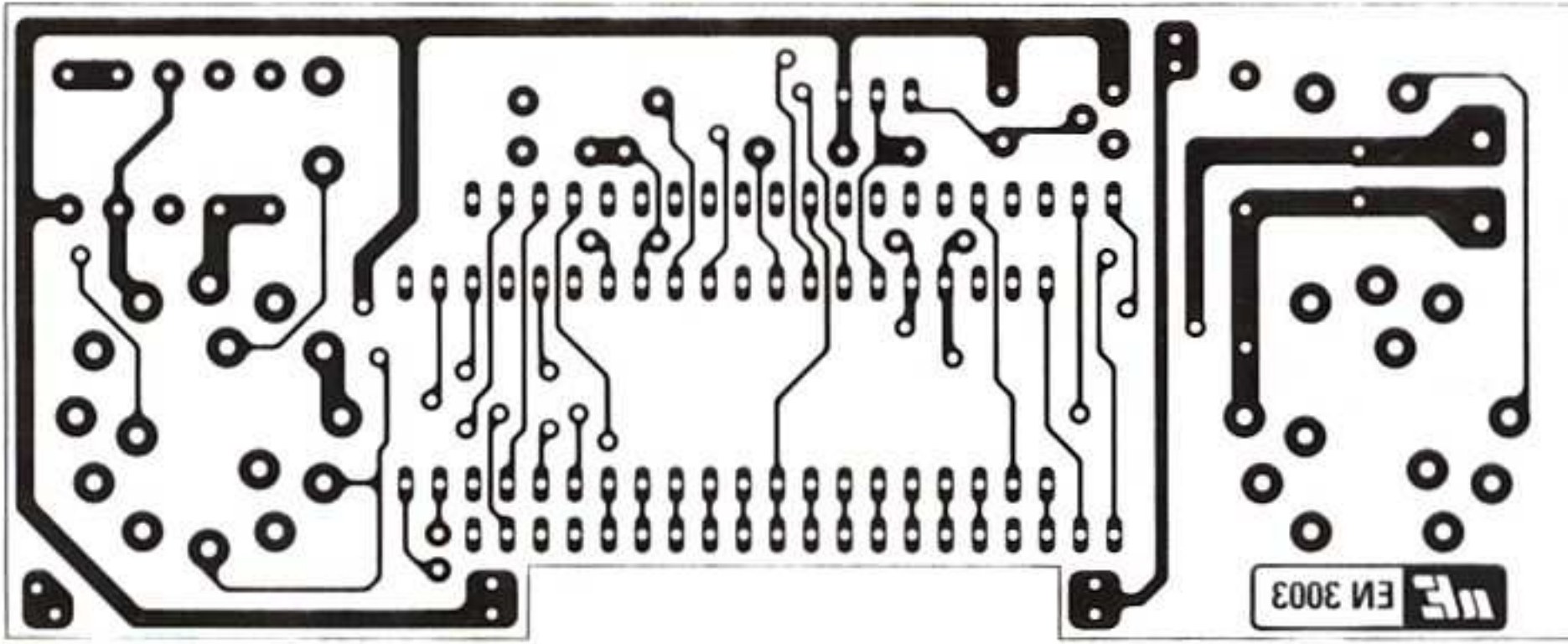


Figure 10b-1 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine du multimètre EN3003, côté soudures.

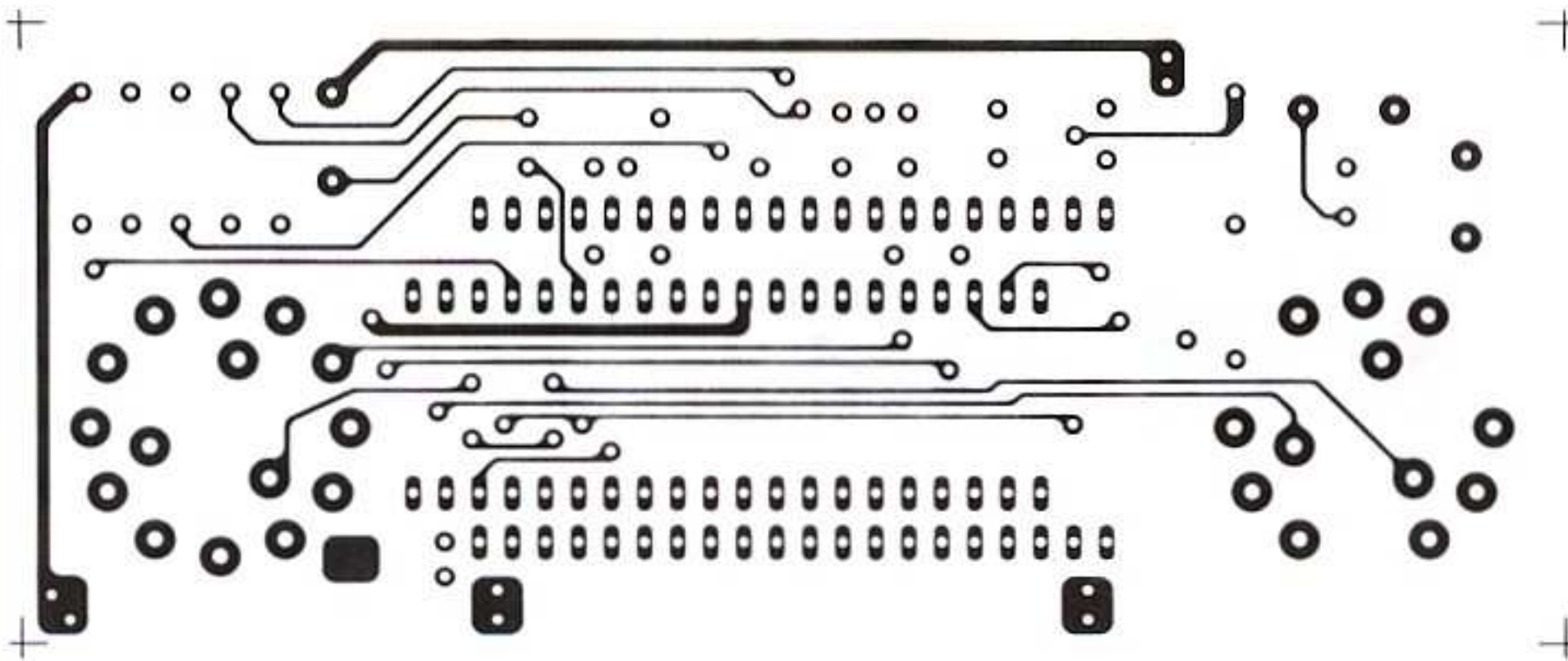


Figure 10b-2 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine du multimètre EN3003, côté composants.

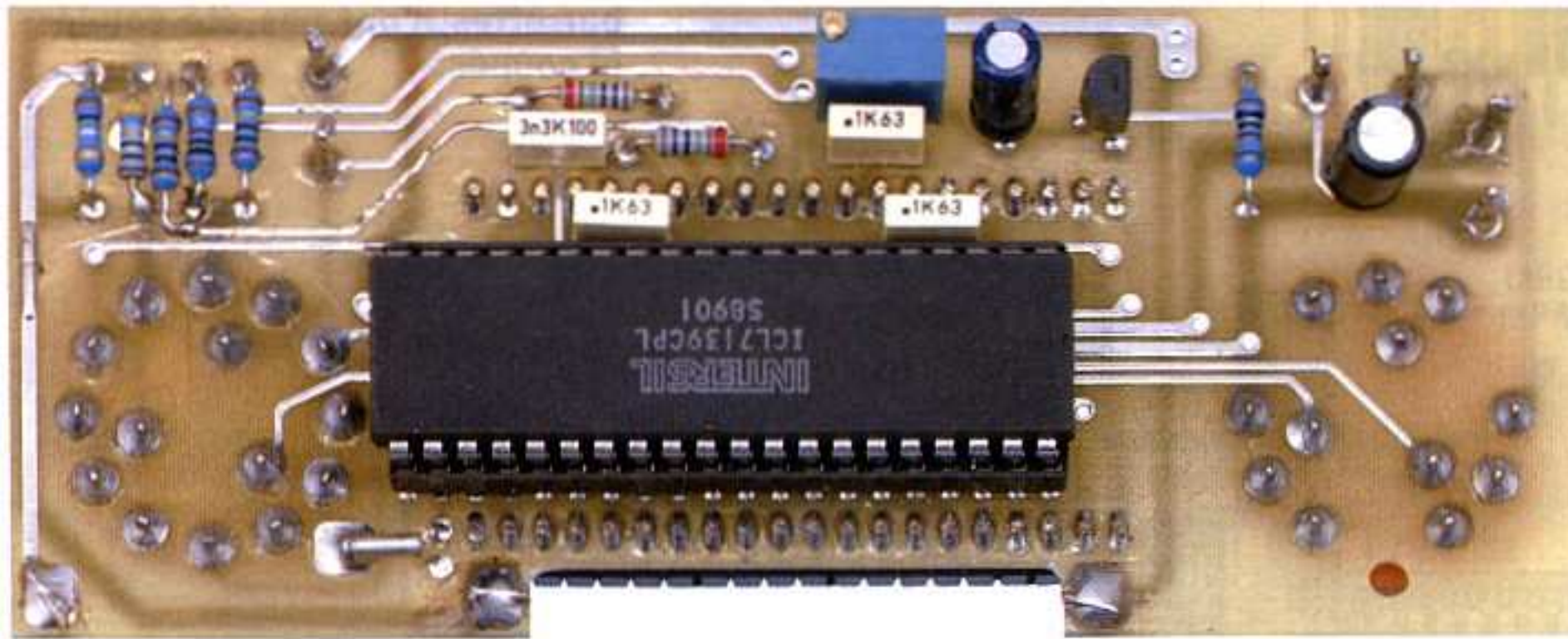


Figure 11 : Photo d'un des prototypes de la platine du multimètre EN3003, côté composants où est monté notamment le microcontrôleur sur son support.

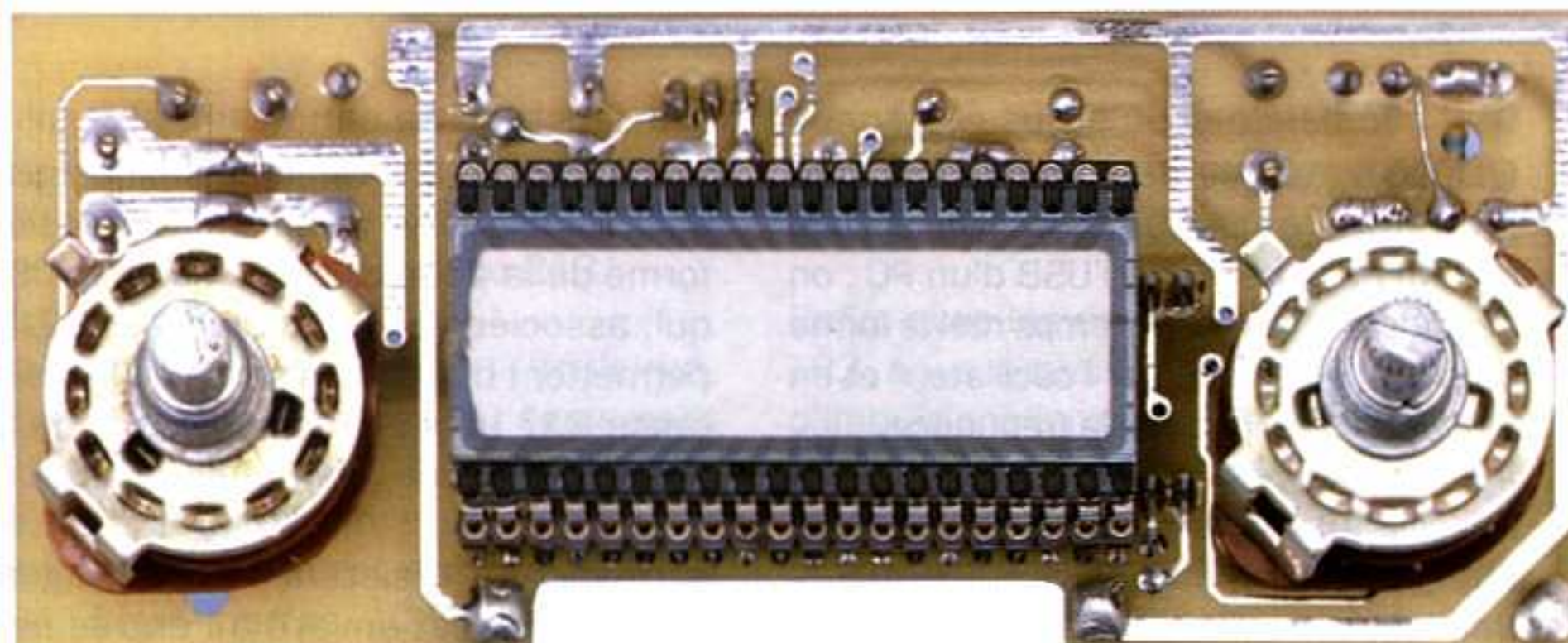


Figure 12 : Photo d'un des prototypes de la platine du multimètre EN3003, côté soudures où sont montés les deux commutateurs S2-S1 et l'afficheur LCD dans son support à 40 broches.

ASSEMBLAGE EN SANDWICH DU LCD SUR LA PLATINE EN3003 ET DE CELLE-CI AVEC LA PETITE FACE AVANT DU BOÎTIER PUPITRE

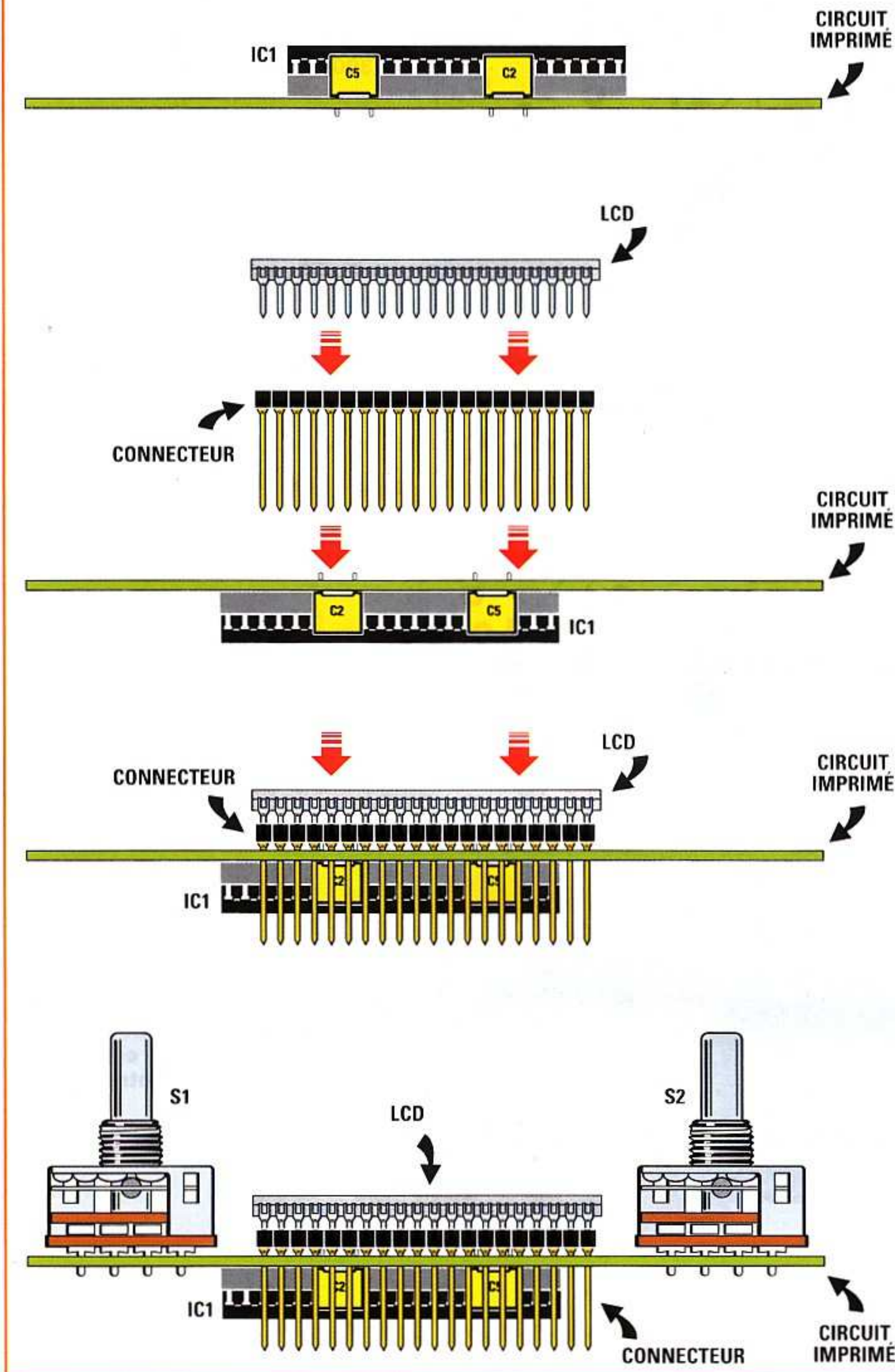


Figure 13 : Ces quatre dessins montrent comment assembler l'afficheur LCD avec la platine multimètre comportant par ailleurs les deux commutateurs et le microcontrôleur.

1- insérer correctement le micro dans son support ;
 2- insérez le LCD dans les deux barrettes à 20 trous que vous avez enfilées dans les trous du circuit imprimé côté commutateurs, sans les souder pour le moment ;
 3- vous obtenez l'assemblage du dessin du bas, vous constatez que les 2 x 20 pattes des deux barrettes n'ont pas été soudées ni coupés.

Avec l'inverseur S1 nous pouvons ensuite sélectionner deux gammes de travail : le sélecteur étant en position x1 on dispose de la gamme de fréquence basse comprise entre 1 et 100 Hz ; le sélecteur étant en position x10 on dispose de la gamme de fréquence haute comprise entre 100 Hz et 8 KHz.

Avec la version Avancée (voir figure 30) on connecte la sortie de **MINILAB**

EN3000 à l'entrée de l'oscilloscope USB EN1690 (lire les numéros 105 et 106 d'ELM) et ce dernier à l'USB d'un PC : on peut alors observer en temps réel la forme du signal engendré par l'oscillateur et en mesurer l'amplitude et la fréquence.

L'oscillateur génère une onde de type triangulaire symétrique avec zéro central, laquelle est envoyée au connecteur de sortie via la résistance R10.

Ce même signal triangulaire est ensuite également envoyé au limiteur de tension formé de la paire de diodes DS1 et DS2 qui, associées au circuit intégré IC2/B, permettent d'avoir à la sortie de la résistance R17 un signal sinusoïdale, de la même fréquence et symétrique aussi.

À travers la résistance R7 le signal triangulaire est envoyé à l'entrée non inverseuse de l'intégré IC1/B.

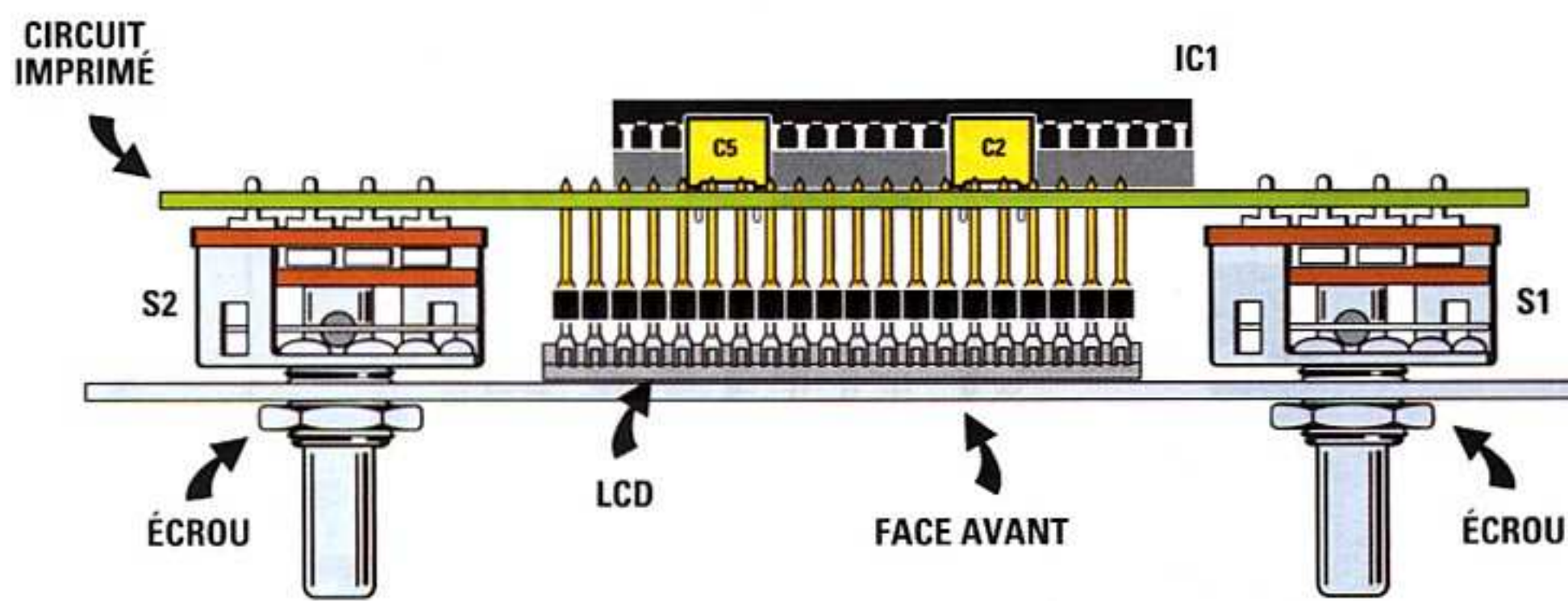


Figure 14 : Ces quatre nouveaux dessins montrent comment assembler la platine que vous venez de monter et la face avant du boîtier du MINILAB. Insérez les axes des deux commutateurs dans les trous de la face avant (attention, S2 est à gauche et S1 à droite) et vissez les écrous plats. Ensuite, faites en sorte que l'afficheur LCD touche la face avant, maintenez-le dans cette position et soudez les quatre pattes des quatre « coins » du support à barrettes ; enfin soudez toutes les pattes.

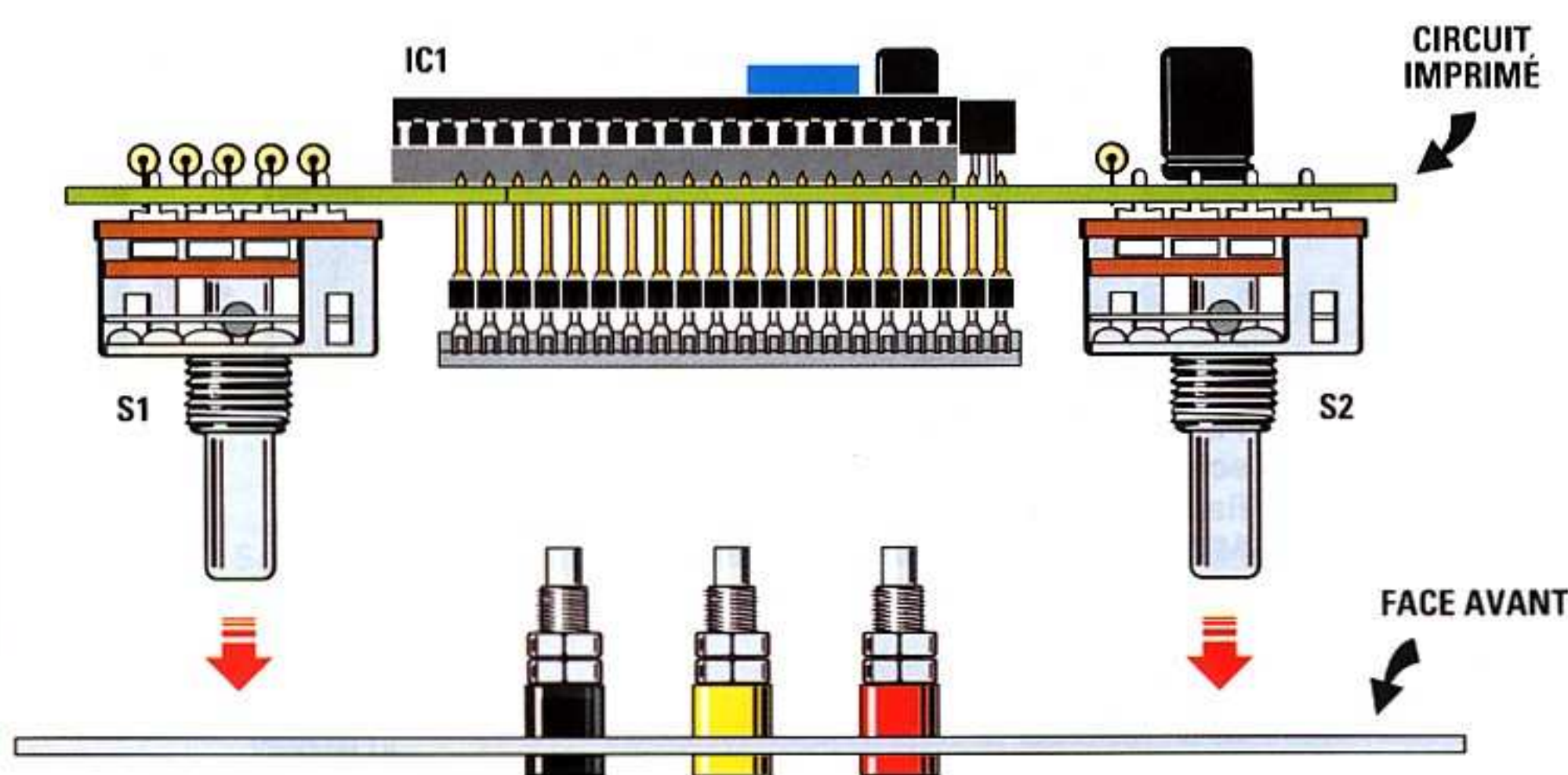


Figure 15 : Montez en face avant les trois douilles de couleurs (COM-A-V/mA/ohm) servant à brancher les cordons du multimètre.

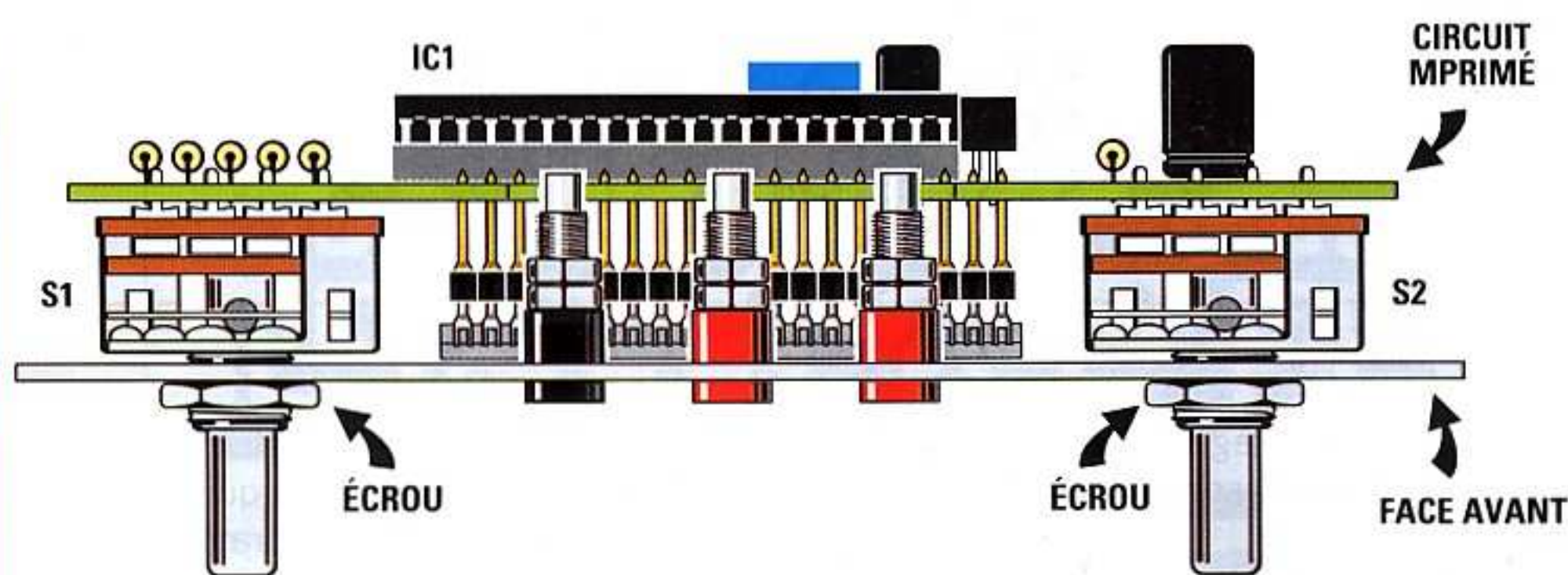


Figure 16 : Voici l'aspect final de l'assemblage de l'afficheur LCD avec la platine multimètre EN3003 et avec la face avant du MINILAB EN3000.

Celui-ci la transforme en un signal carré, symétrique aussi, lequel, après avoir été amplifié par IC2/A, est envoyé à la sortie à travers la résistance R18.

De la broche 7 de sortie du circuit intégré IC2/A, l'onde carrée est également envoyée à la diode DS3, qui en élimine la demi onde négative. La demi onde positive restante est ensuite envoyée aux deux portes IC3/A et IC3/B, montées en trigger de Schmitt, ce qui

donne à la sortie de la résistance R20 un train d'impulsions au standard TTL, soit entre 0 et 5 V d'amplitude.

Enfin, avec les deux transistors TR1 et TR2, nous avons réalisé un générateur d'impulsions à niveau CMOS, ces impulsions pouvant atteindre 14 V, ce qui peut être très utile quand on veut expérimenter des circuits logiques numériques utilisant de tels composants. Le générateur est doté d'une entrée +V IN à laquelle

nous pouvons appliquer la tension que nous voulons obtenir sur les impulsions de sortie du générateur.

Mais nous ne nous sommes pas contentés de cela ! Comme décidément nous sommes à l'ère de l'électronique numérique, nous voulons que nos lecteurs puissent se divertir tout en apprenant de manière expérimentale le fonctionnement des principaux circuits logiques.

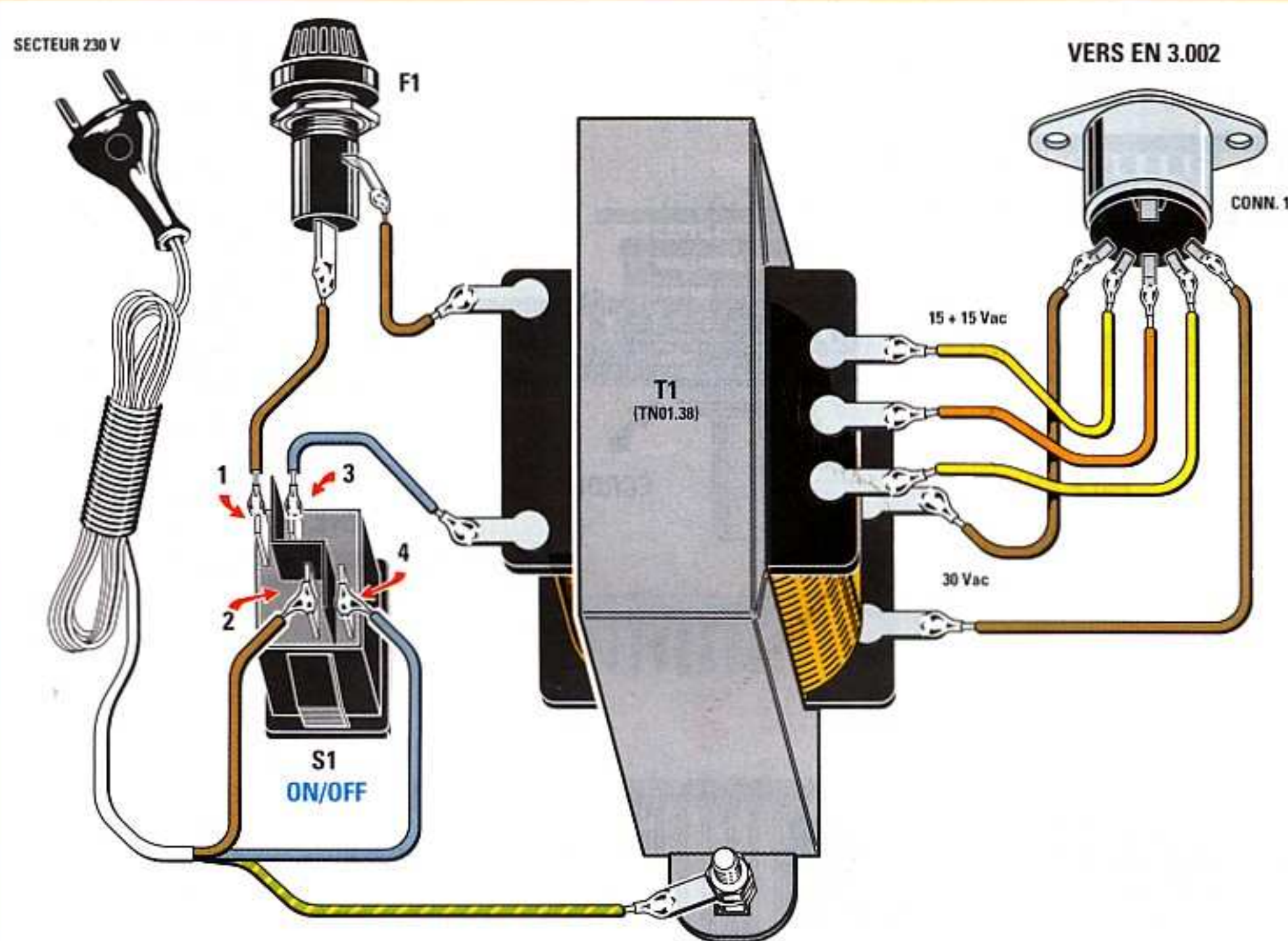
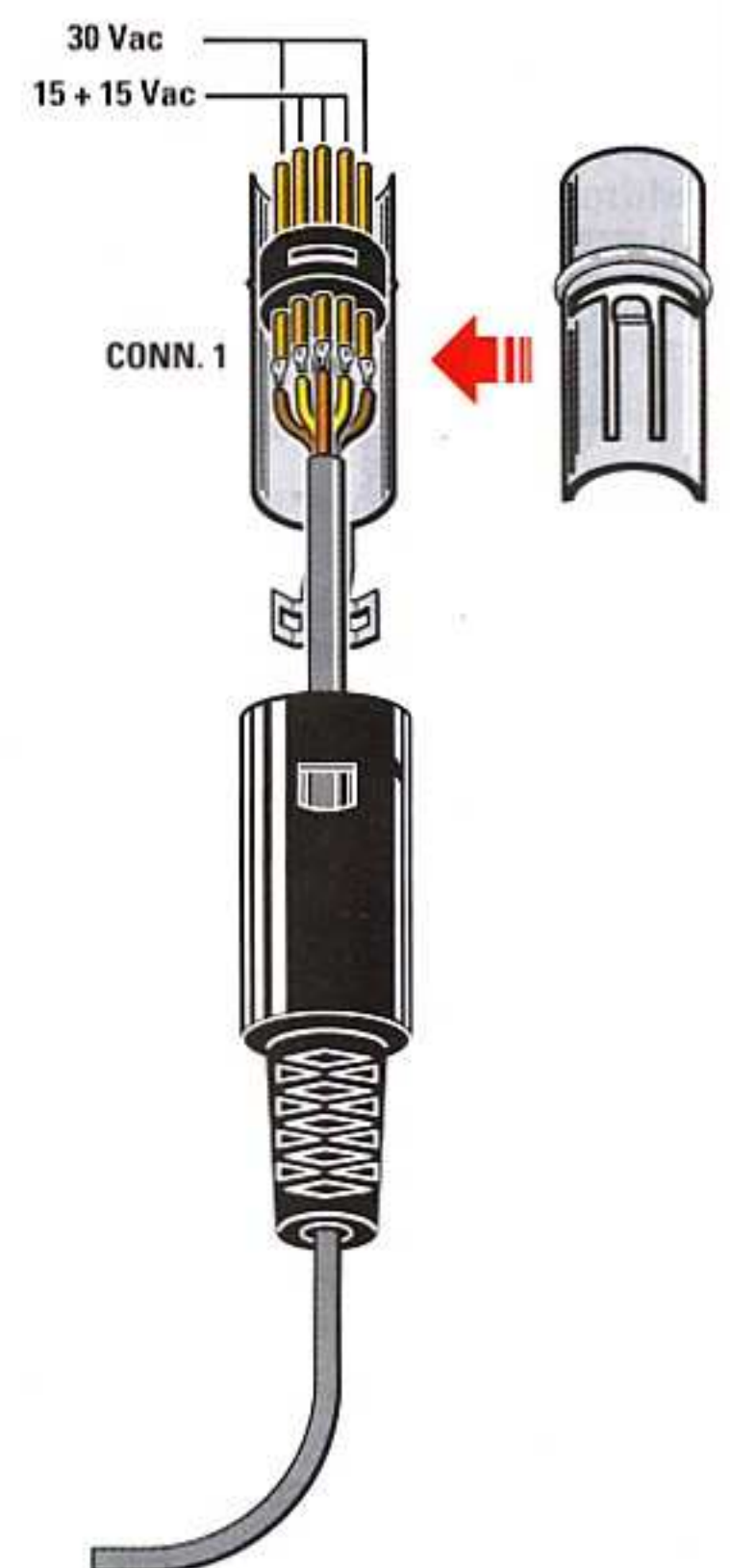
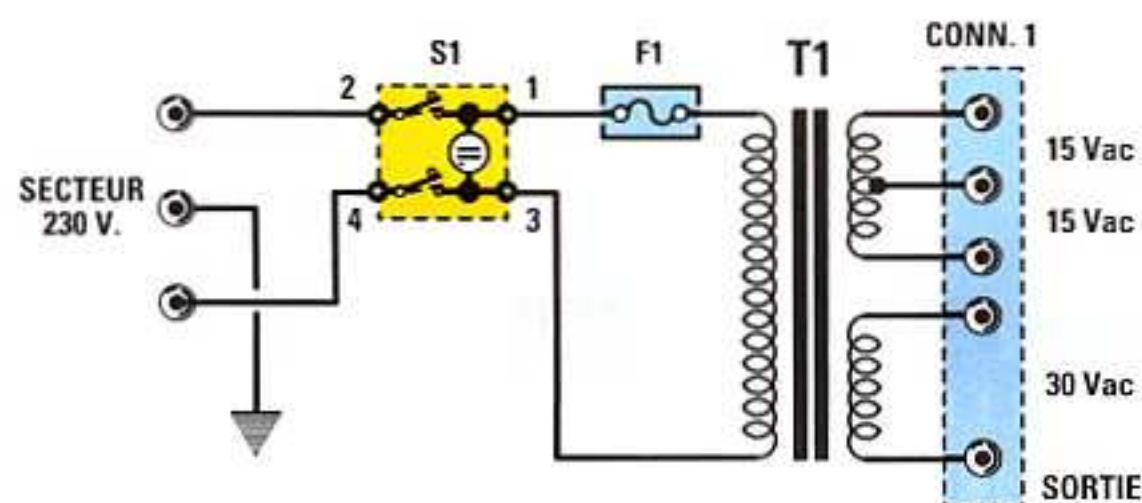


Figure 17 : Schéma de câblage du transformateur d'alimentation secteur 230 V avec son cordon secteur, son interrupteur S1, son fusible F1 et son connecteur de sortie CONN1.

Liste des composants EN 3004

S1..... interrupteur secteur avec voyant 230 V
 F1..... fusible 1 A
 CONN1 prise DIN 5 pôles
 T1..... transfo 15 VA mod. TN01.38
 secondaire 15+15 V 0,5 A
 - 30 V 0,4 A

Figure 18 : Schéma électrique et schéma de câblage du câble de liaison entre le transformateur et le MINILAB EN3000. Ce câble comporte à ses deux extrémités des connecteurs identiques.



Pour cela, l'idéal est d'appliquer au circuit différents niveaux logiques, sous forme de fronts montant ou de fronts descendant, à l'aide de poussoirs, de façon à observer facilement comment varie la sortie d'une porte lorsqu'on modifie les états logiques appliquées en entrée. C'est là la fonction des portes IC3/C et IC3/D lesquelles, en association avec le poussoir P1, permettent d'obtenir sur la résistance R27 un front de montée, soit une commutation de 0 à 5 V ; sur la résistance R28 un front de descente, soit une commutation de 5 à 0 V.

Pour vous permettre de tester plusieurs entrées à la fois, ce circuit a ensuite été doublé au moyen des

circuits intégrés IC3/E et IC3/F et du bouton poussoir P2.

L'amplificateur BF

Vous avez réalisé un oscillateur imitant la sirène de la police ? Pour savoir s'il fonctionne, vous devez disposer d'un amplificateur audio.

Vous voulez vérifier si le filtre BF que vous avez conçu a été bien calculé ? Reliez le générateur sinusoïdal du **MINILAB EN3000** à l'entrée du filtre et la sortie de ce dernier à l'entrée de l'amplificateur et vous saurez tout de suite si les fréquences que vous avez décidé de supprimer ont bien été éliminées ou non.

Ces deux exemples simples vous permettent de comprendre pourquoi nous avons inséré dans ce mini laboratoire un amplificateur audio, réalisé à partir d'un circuit intégré IC4 **TDA7052B**, lequel amplifie le signal appliqué à l'entrée d'environ 30 dB. Vous pourrez ainsi utiliser l'amplificateur comme un véritable multimètre sonore. Avec le potentiomètre R39 relié à la broche 4, vous pourrez régler à volonté le volume de sortie. L'alimentation de l'amplificateur est prélevée sur le +20 V, comme le montre la figure 4 et la sortie de l'amplificateur est reliée à un petit haut-parleur de 8 ohms et d'une puissance d'environ 1 W, puissance plus que suffisante pour vérifier la présence effective d'un signal.

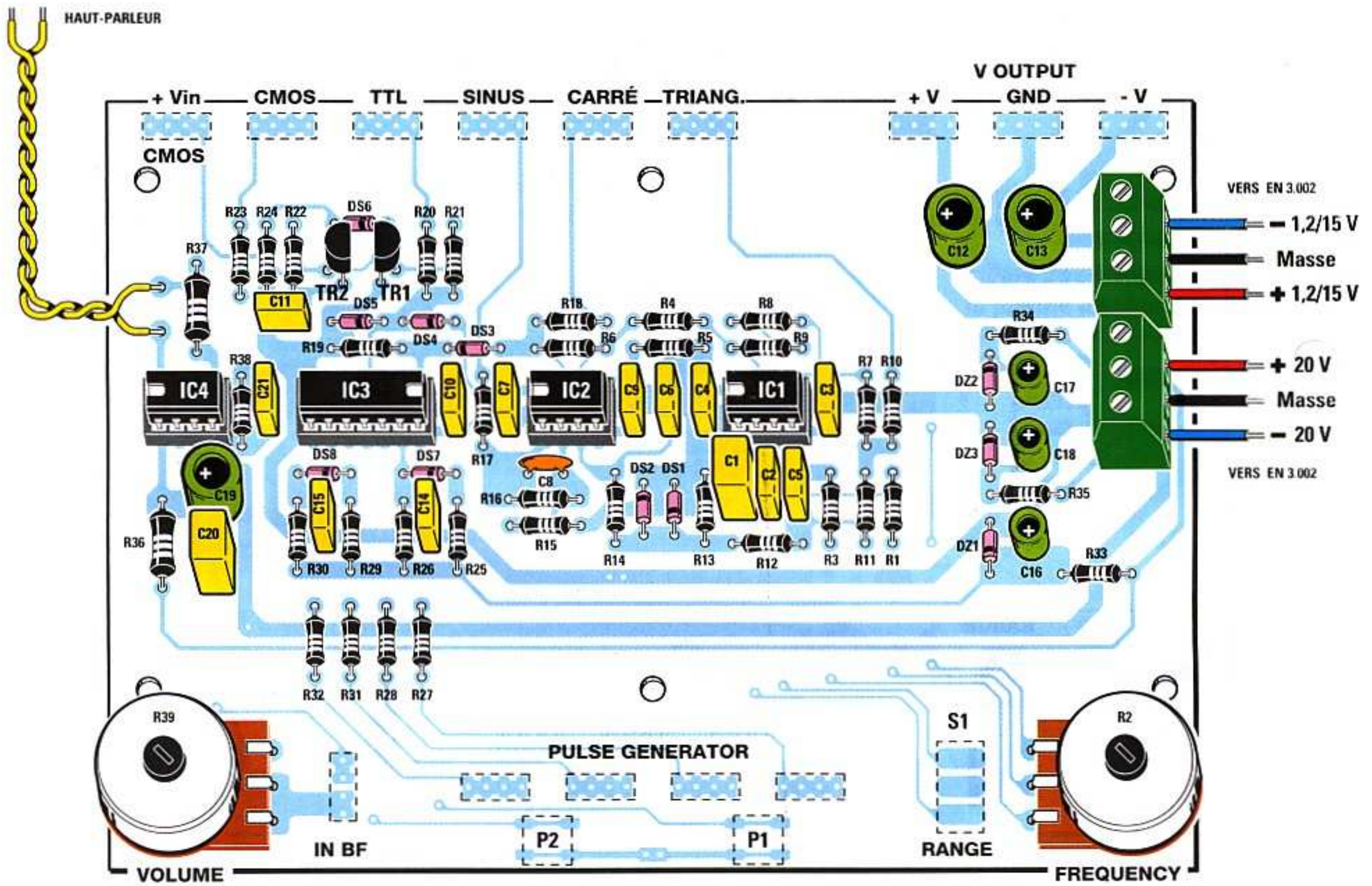


Figure 19a : Schéma d'implantation des composants de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté composants. En bas, aux deux extrémités, vous voyez les deux potentiomètres R39 pour le contrôle du volume audio et R2 pour le réglage de la fréquence.

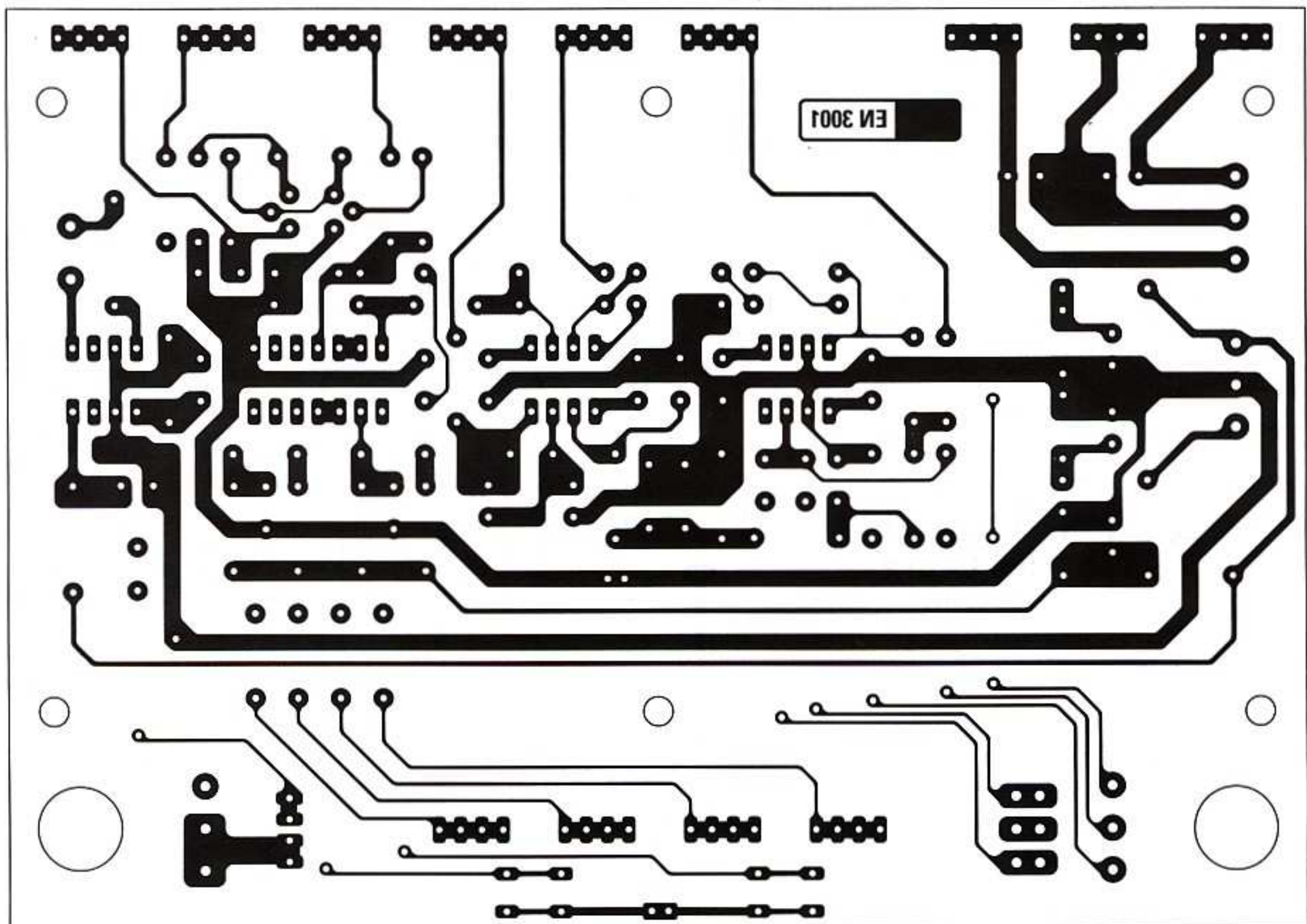


Figure 19b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté composants.

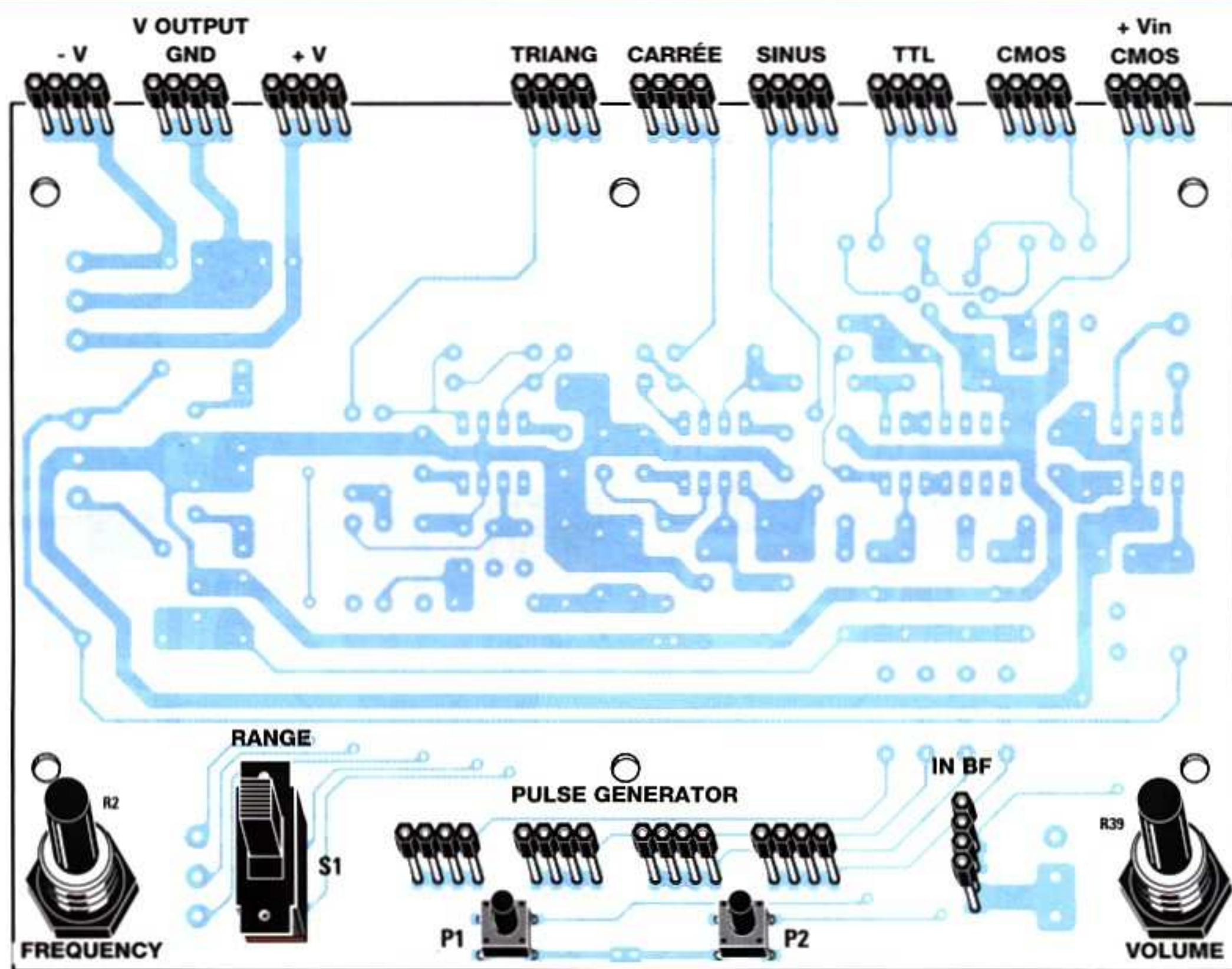


Figure 20a : Schéma d'implantation des composants de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté soudures où sont montés les connecteurs à barrettes (attention, enfilez-les sans les souder pour le moment), le commutateur S1 RANGE permettant de sélectionner la gamme de fréquence x1-x10, les deux poussoirs P1 pour le CH1 et P2 pour le CH2 et où sortent les axes des potentiomètres (voir figure 19a).

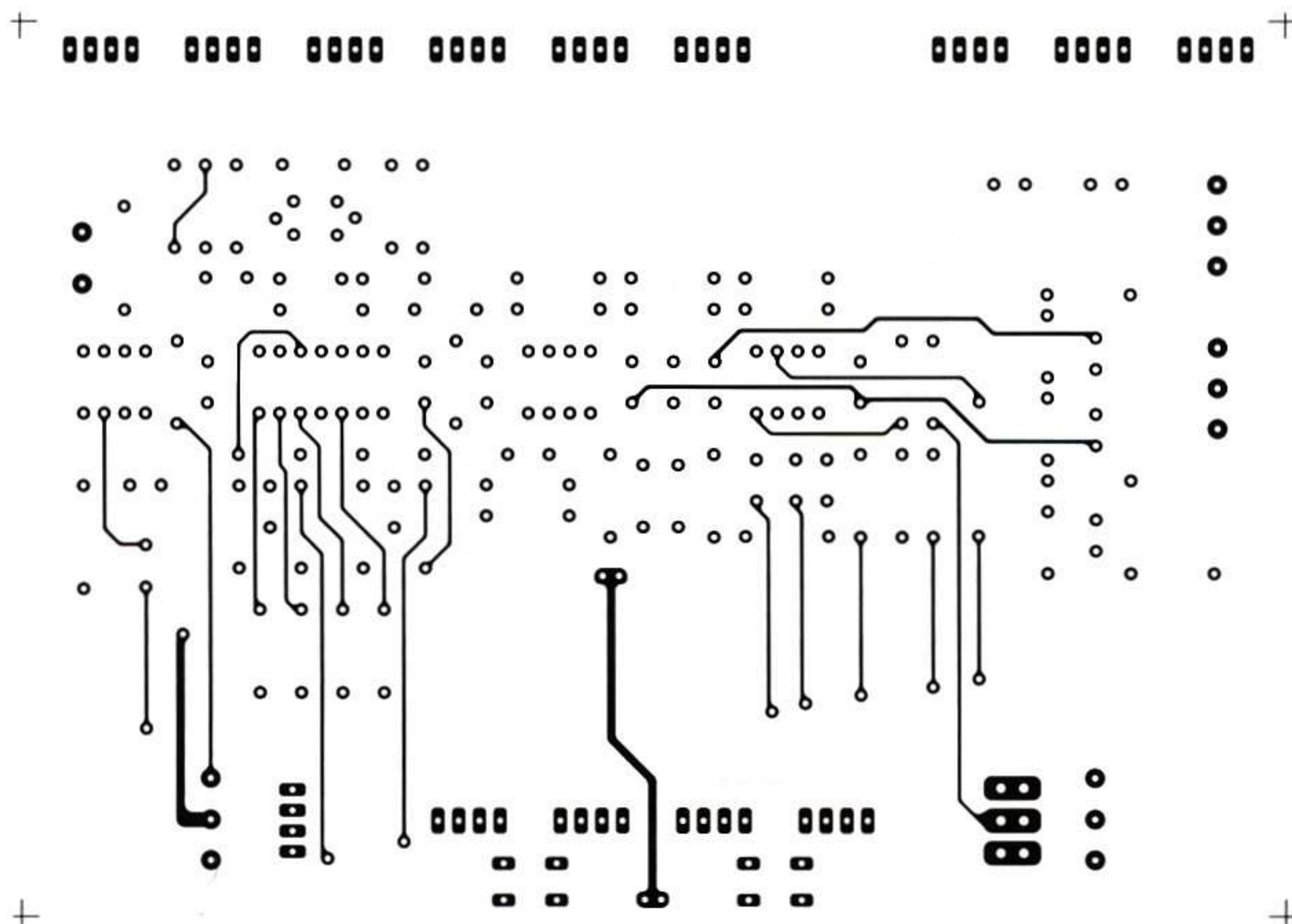


Figure 20b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté soudures.

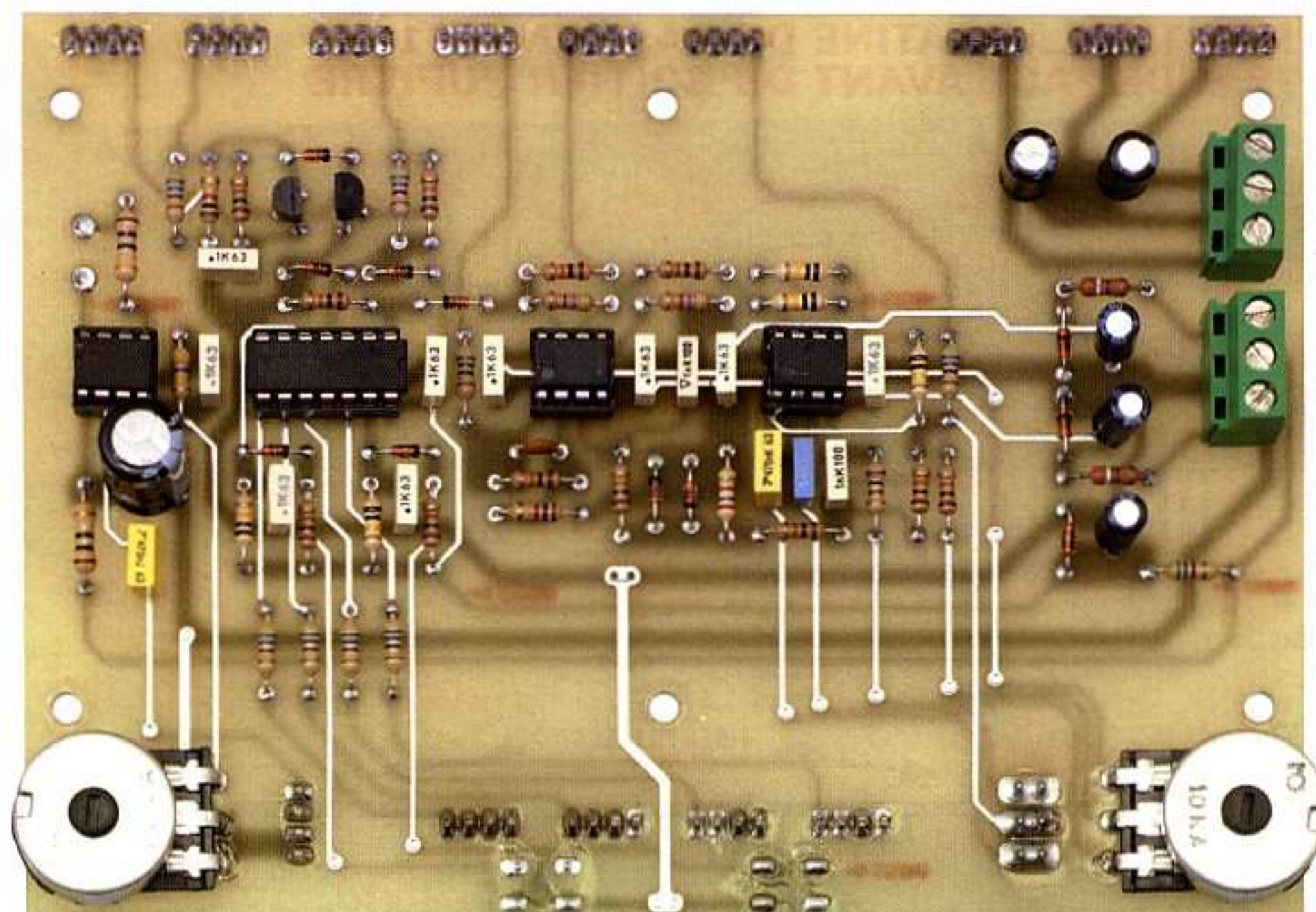


Figure 21 : Photo d'un des prototypes de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté composants.

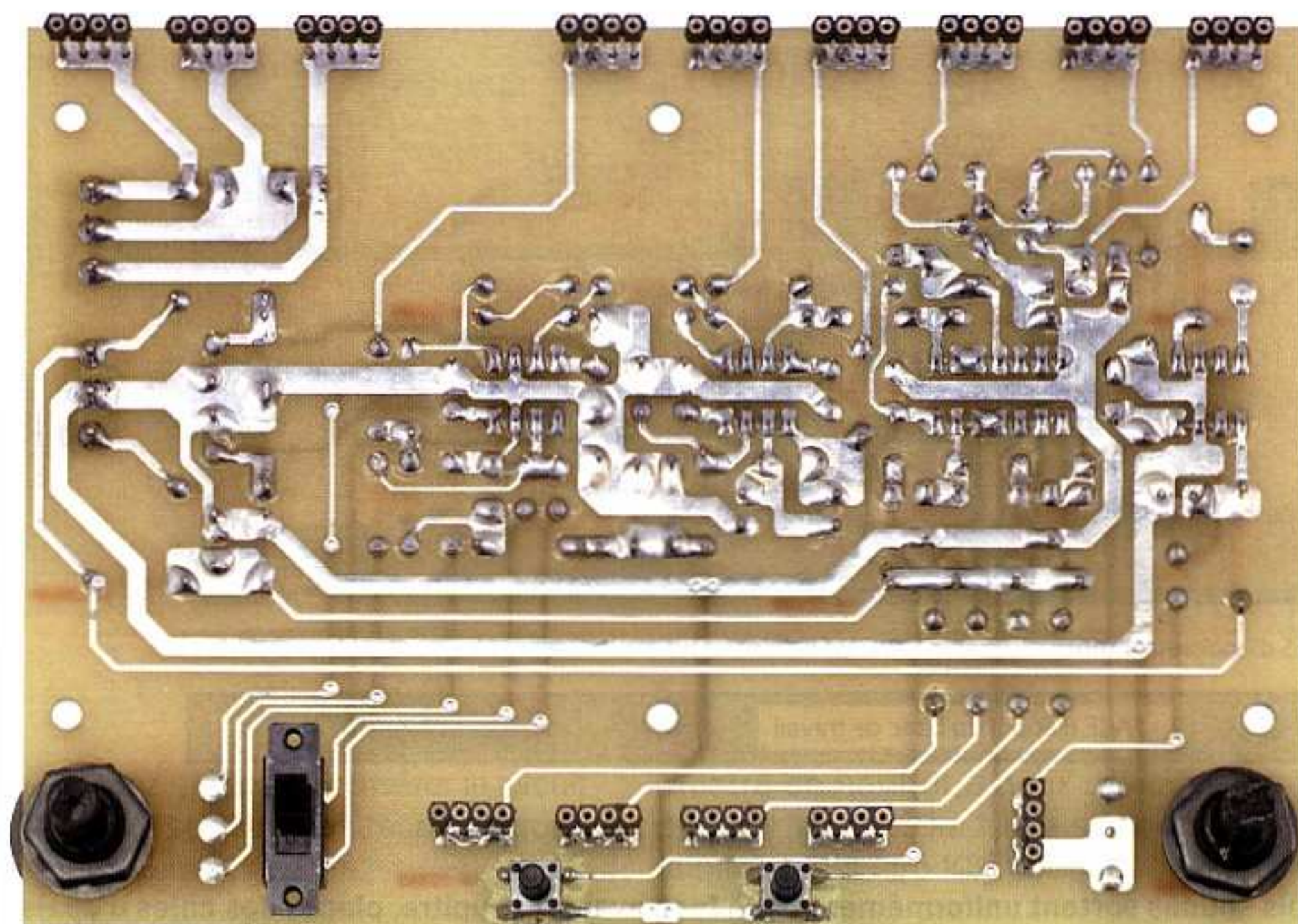


Figure 22 : Photo d'un des prototypes de la platine de base EN3001 du MINILAB EN3000, côté soudures.

La réalisation pratique du MINILAB EN3000

Comme le montrent les figures 26-27, MINILAB se compose de trois platines :

- la platine de base - EN3001
- l'alimentation - EN3002
- le multimètre - EN3003

et de l'étage transformateur EN3004. Réalisons d'abord ces trois platines.

L'alimentation

Aucune difficulté, en particulier celle-ci qui est sur circuit imprimé simple face,

pour réaliser cette platine EN3002 et un débutant y parviendra facilement pourvu qu'il sache souder et qu'il soit attentif et minutieux, deux qualités principales de l'électronique, amateur ou professionnel.

Les figures 8a à 9 vont vous rendre le travail de construction aisé. Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé simple face EN3002 dont la figure 8b donne le dessin à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 8a et 9, montez tous les composants. Commencez comme d'habitude par les composants les plus bas, montez les résistances et les diodes, zener comprise, puis les condensateurs

(céramiques d'abord, polyesters ensuite et enfin les électrolytiques). Montez les deux ponts redresseurs. Montez les quatre régulateurs couchés, pattes repliées à 90°, dans leurs dissipateurs et fixés par leurs boulons 3MA.

Vous pouvez maintenant enfoncez et soudez les onze picots (3 côté gauche, 3 près de R11/C12 et 5 en bas de la platine figure 8a) puis montez le support du circuit intégré IC5. Enfin montez les deux borniers à trois et deux pôles.

Vérifiez très attentivement que vous n'avez interverti aucun composant polarisés (diodes, zener, ponts,...)

COMMENT MONTER LA PLATINE DE BASE EN3001 DERRIÈRE LA GRANDE FACE AVANT DU BOÎTIER PUPITRE

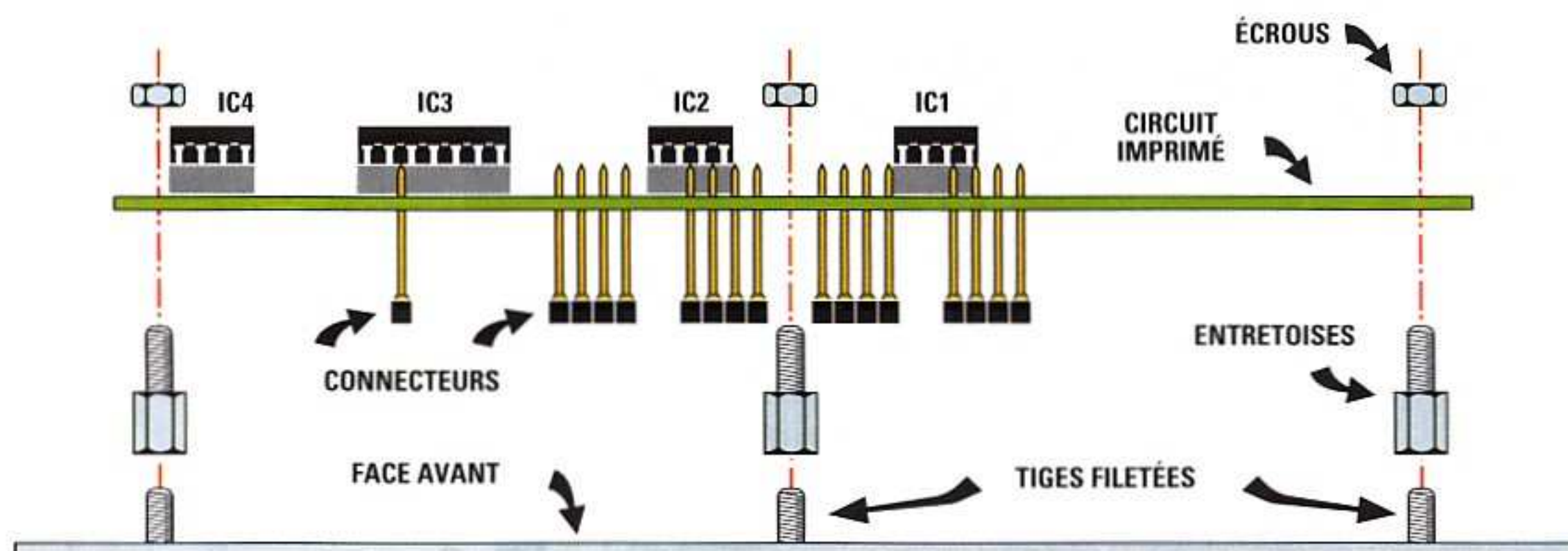


Figure 23 : Les trois dessins de ce cadre montrent comment fixer la platine de base EN3001 derrière la grande face avant du boîtier pupitre du MINILAB EN3000. Montez les entretoises métalliques sur les tiges filetées solidaires de la face avant.

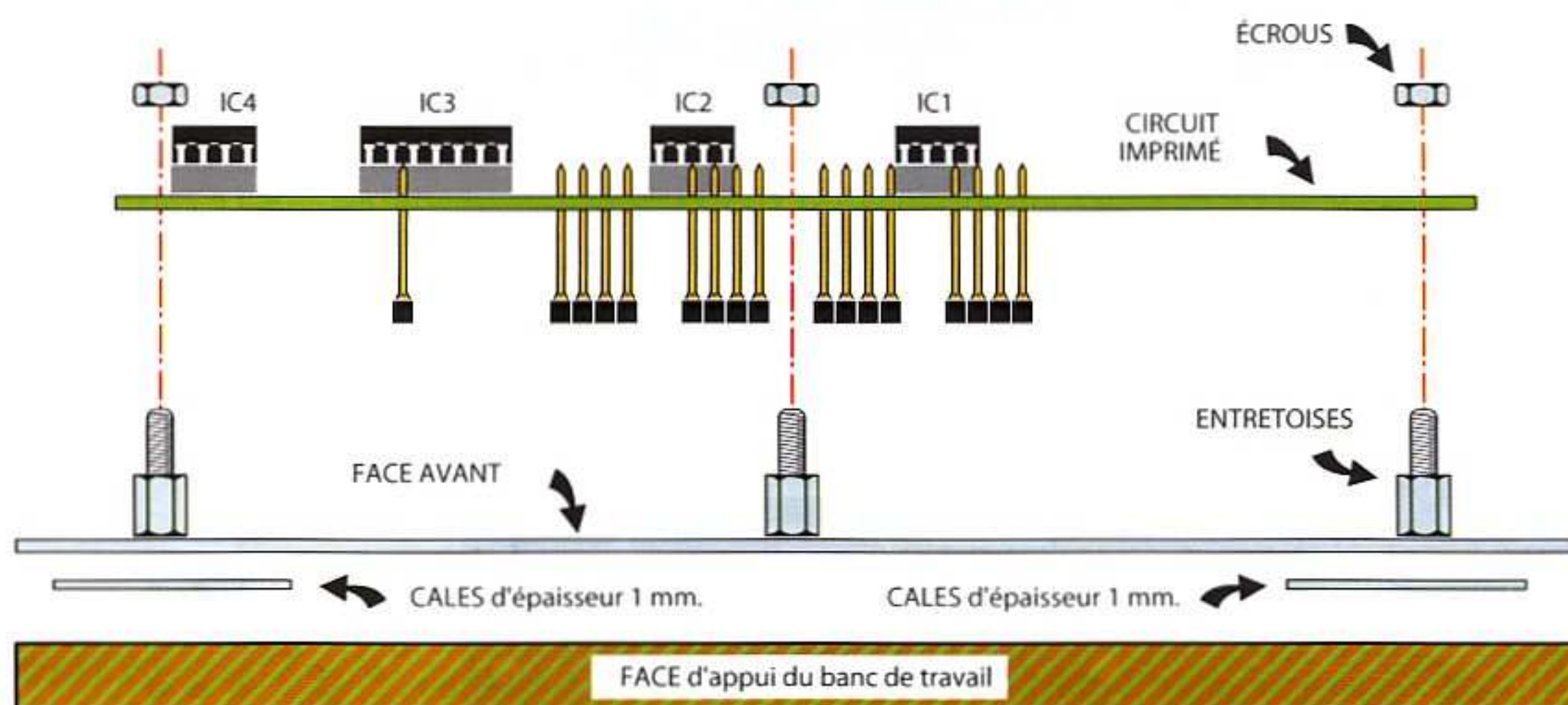


Figure 24 : Afin que les connecteurs une fois soudés sortent uniformément de la face avant du pupitre, placez des cales d'épaisseur de 1 mm environ entre la face avant et le plan d'appui de votre banc de travail. Enfilez la platine sur les vis des entretoises. Les connecteurs non encore soudés viennent prendre appui sur le plan du banc de travail et vous pouvez alors souder les pattes et couper les longueurs excédentaires. Vissez les écrous si ce n'est déjà fait.

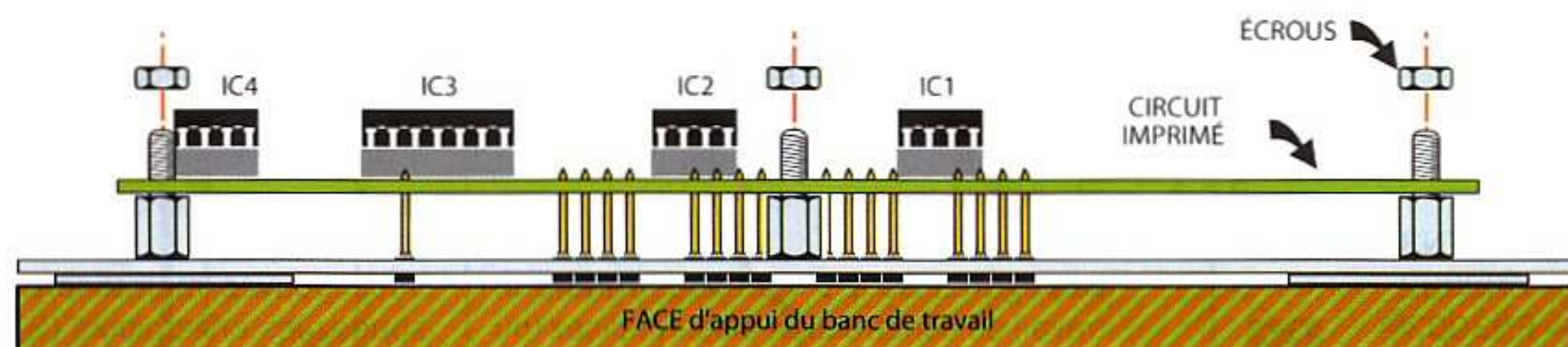


Figure 25 : Voici ce que vous obtiendrez à la fin de cette séquence de montage. Si vous avez besoin de compléter le montage des composants ou si vous voulez faire une ultime vérification, enlevez les écrous et retirez la platine des vis des entretoises. Vous n'aurez aucun mal à le faire car les connecteurs de face avant ne tiennent que par les soudures de leurs pattes. En revanche, sans aucun démontage, vous pouvez n'insérer les circuits intégrés dans leurs supports qu'une fois terminé le présent assemblage. Notez que cette platine est également fixée à la face avant par les axes et écrous plats des deux potentiomètres.

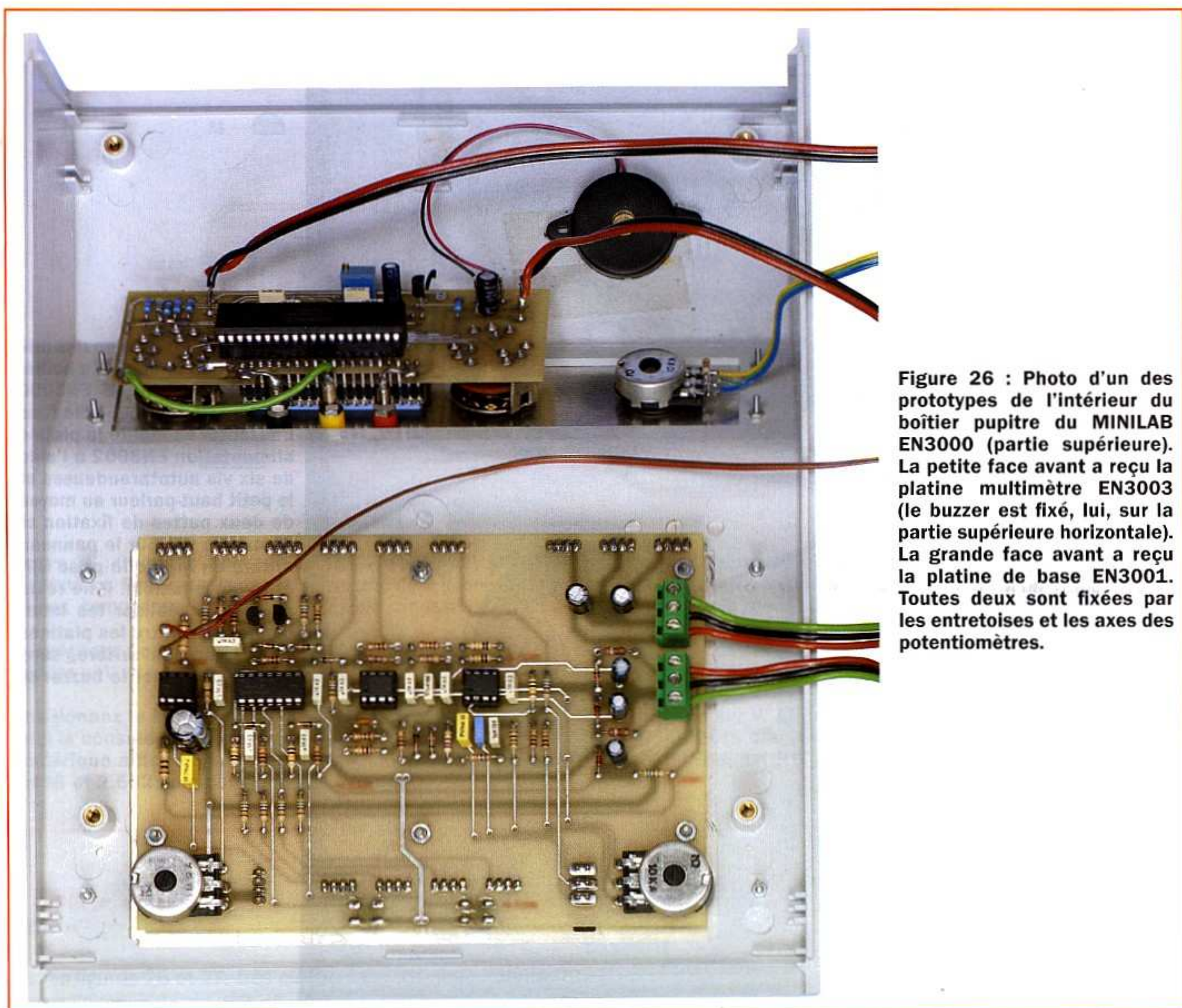


Figure 26 : Photo d'un des prototypes de l'intérieur du boîtier pupitre du MINILAB EN3000 (partie supérieure). La petite face avant a reçu la platine multimètre EN3003 (le buzzer est fixé, lui, sur la partie supérieure horizontale). La grande face avant a reçu la platine de base EN3001. Toutes deux sont fixées par les entretoises et les axes des potentiomètres.

Vous pouvez maintenant insérer le circuit intégré dans son support, repère détrompeur en U vers la gauche.

Mettez cette platine de côté et passez à la suivante (ou montez-la tout de suite au fond horizontal du boîtier).

Le multimètre

Peu de difficulté ici non plus mais beaucoup de minutie et de patience car le circuit imprimé est un double face.

Les figures 10a à 12 vont vous rendre la réalisation de cette platine facile. Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé double face à trous métallisés EN3003 dont la figure 10b-1 et 2 donne les dessins à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 10a-1, 10a-2, 11 et 12, montez tous les composants.

Côté composants, d'abord. En premier, enfoncez et soudez les six picots

(quatre en haut et à deux droite de la platine figure 10a-1) puis montez le support du micro IC1.

Montez les résistances et les condensateurs (polyesters puis électrolytiques). Montez IC2 en boîtier demi lune (comme un transistor), méplat vers R8.

Montez le trimmer R9 multitor. Montez le petit quartz couché, pattes repliées à 90°.

Retournez la platine côté soudures (vous y étiez d'ailleurs !), voir figure 10a-2. Montez les deux commutateurs S1 et S2, ils se soudent côté « composants ». Enfilez les deux barrettes à pattes de 2 x 20 trous sans souder ces pattes pour le moment (vous aurez besoin de régler leur longueur, voir figures 13 à 16)

Vérifiez très attentivement (des deux côtés) que vous n'avez interverti aucun composant et qu'aucun des polarisés

(électrolytiques et IC2) n'a été monté dans le mauvais sens ; vérifiez encore la qualité de toutes vos soudures (au besoin nettoyez-les avec un solvant approprié et une pointe sèche).

Vous pouvez maintenant insérer le micro IC1 dans son support, repère détrompeur en U vers la droite.

Insérez enfin le LCD dans le bon sens (le repère détrompeur est à gauche) en suivant scrupuleusement les figures 13 à 16 et, puisque vous y êtes, réalisez le couplage en sandwich avec la petite face avant, comme le montrent les figures 14 à 16.

La platine de base : générateur de fonction et amplificateur audio

Pas de difficulté majeure non plus mais de l'attention et pas de précipitation car le circuit imprimé est également un double face.

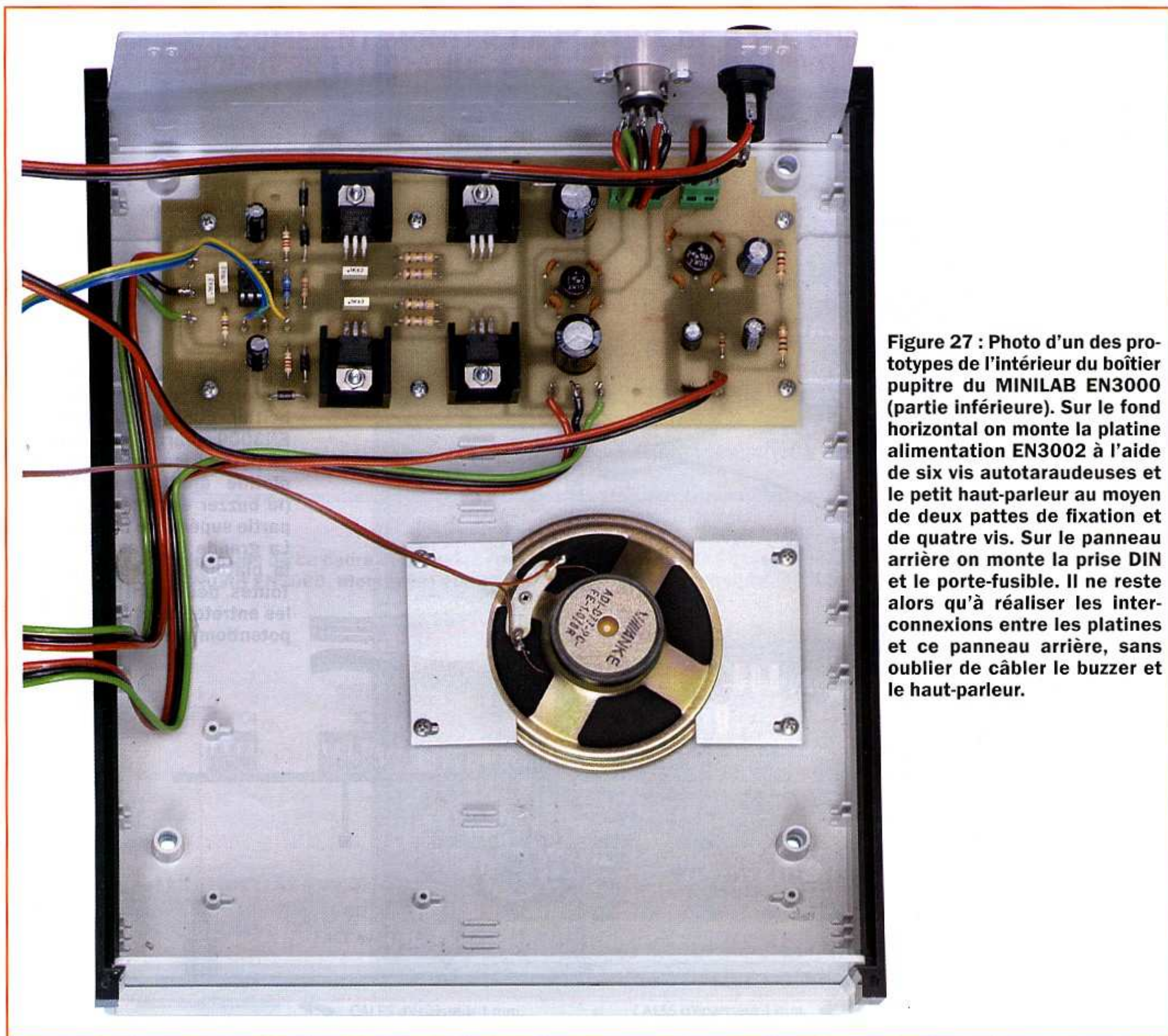


Figure 27 : Photo d'un des prototypes de l'intérieur du boîtier pupitre du MINILAB EN3000 (partie inférieure). Sur le fond horizontal on monte la platine alimentation EN3002 à l'aide de six vis autotaraudeuses et le petit haut-parleur au moyen de deux pattes de fixation et de quatre vis. Sur le panneau arrière on monte la prise DIN et le porte-fusible. Il ne reste alors qu'à réaliser les interconnexions entre les platines et ce panneau arrière, sans oublier de câbler le buzzer et le haut-parleur.

Les figures 19a à 22 vont vous rendre la réalisation de cette grande platine abordable. Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé double face à trous métallisés EN3001 dont les figures 19b et 20b donnent les dessins à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 19a, 20a, 21 et 22, montez tous les composants.

Côté composants, d'abord. En premier, enfoncez et soudez les deux picots à gauche de la platine (figure 19a) puis montez les quatre supports des circuits intégrés IC1 à IC4. Vérifiez bien ces premières soudures : ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée. Montez les résistances, les diodes et les zeners, puis les condensateurs (céramiques d'abord, polyesters ensuite et enfin les électrolytiques). Montez les deux transistors en boîtiers demi lune (méplats se faisant face). Montez les deux potentiomètres. Enfin montez les deux borniers à trois pôles.

Retournez la platine côté soudures, voir figure 20a. Montez l'inverseur RANGE S1 et les deux micropoussoirs. Enfilez les quatorze connecteurs à barrettes à pattes et à quatre trous sans souder ces pattes pour le moment (vous aurez besoin de régler leur longueur, voir figures 23 à 25)

Vérifiez très attentivement (des deux côtés) que vous n'avez interverti aucun composant et qu'aucun des polarisés (diodes et zener, transistors, électrolytiques et ci) n'a été monté dans le mauvais sens ; vérifiez encore la qualité de toutes vos soudures (au besoin nettoyez-les avec un solvant approprié et une pointe sèche).

Vous pouvez maintenant insérer les circuits intégrés IC1 à IC4 dans leurs supports, sans les intervertir et repères détrompeurs en U tous vers la gauche, **sauf IC3 vers la droite (C10)**.

A l'aide des figures 23 à 25 et 26-27, vous pouvez monter cette platine derrière la grande face avant du boîtier pupitre.

Le transformateur

Comme le montrent les figures 29 et 30, le transformateur secteur, avec son porte-fusible, son interrupteur M/A, son cordon et son connecteur prise DIN 5 pôles, se montent dans un **boîtier séparé de la console**. La figure 18 indique, sans aucune ambiguïté possible, comment réunir par fils et soudures (il n'y a pas de circuit imprimé) ces différents éléments.

Quand vous les avez montés dans ce boîtier, réalisez le câble de liaison avec la console : ce câble comporte à chaque extrémité une fiche DIN 5 broches (n'oubliez pas d'enfiler les capots plastiques avant les soudures de la seconde extrémité du câble !).

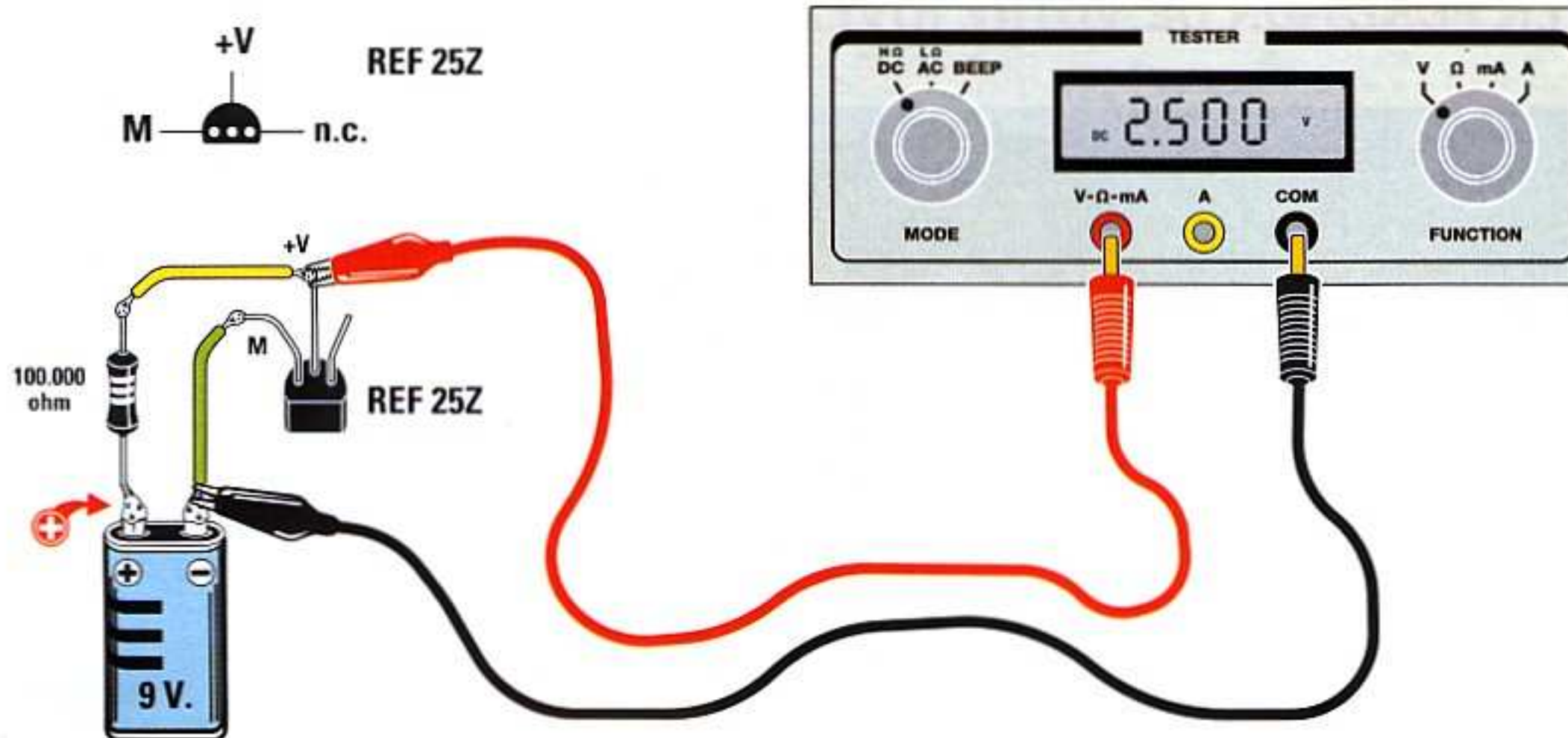


Figure 28 : Quand le montage du MINILAB EN3000 est terminé, avant de refermer le boîtier pupitre, procédez au réglage du multimètre. Pour cela il vous faut une pile de 9 V, une résistance de 100 k et une zener de référence de tension. En possession de ces composants, réalisez le montage ci-dessus (attention au brochage de la zener et à la polarité).

Le brochage de la zener REF25Z (référence de tension 2,5 V) est vu de dessous : M (masse) va au -9 V pile et au COM du multimètre ; +V va au +9 V pile et au V-Ω-mA du multimètre. La troisième patte nc ne sert pas.

Positionnez le bouton Mode du multimètre sur DC et le bouton Function sur V. Allumez le MINILAB EN3000 après avoir relié la console au boîtier transformateur secteur au moyen du câble DIN-DIN que vous avez réalisé (le LCD du multimètre numérique affiche une certaine tension) et tournez lentement l'axe du trimmer R9 jusqu'à lire exactement 2.500 (entre 2.498 et 2.502 cela convient parfaitement).

Le câblage et le montage dans le boîtier

Avec les figures 26 et 27, très claires et très explicites, cela devrait aller assez vite, car l'utilisation de fils de liaison de couleurs évite bien des erreurs.

Si vous avez couplé la platine multimètre avec la petite face avant (réglé l'affleurement du LCD) et la platine de base avec la grande face avant (réglé l'affleurement des connecteurs), il vous reste à fixer et à souder les fils du buzzer (attention à la polarité).

Ensuite, fixez la platine d'alimentation au fond du boîtier, contre le panneau arrière (voir figure 27) et, à côté, le petit haut-parleur avec deux pattes et quatre vis, soudez ses deux fils (attention à la polarité).

Enfin, sur le panneau arrière, montez la prise DIN 5 pôles et le porte-fusible (voir figure 27).

En vous aidant des figures 8a, 10a-1, 19a et 26-27, réalisez les interconnexions restantes entre les platines et avec le panneau arrière. Quand cela est fait, vérifiez plusieurs fois que vous n'avez rien oublié et qu'aucune

erreur n'a été commise. Avant de refermer le boîtier pupitre ou console, vous devez régler le multimètre au moyen du trimmer interne R9.

Le réglage du multimètre

C'est très simple, surtout si vous jetez un coup d'œil à la figure 28. Il vous faut une pile de 9 V, une zener de référence de tension 2,5 V REF25Z (le brochage vous est donné, pas moyen de se tromper), une résistance de 100 k et deux cordons de mesure à bananes et pinces crocos.

Réglez le bouton de gauche Mode sur DC et celui de droite Function sur V. Quand le branchement et ce réglage ont été effectués, allumez votre MINILAB EN3000 : pour cela, avec le câble que vous avez réalisé, réunissez au moyen des prises DIN 5 broches le boîtier du transformateur et la console ; actionnez l'interrupteur M/A (si cela ne donne rien, contrôlez la présence des fusibles dans les porte-fusibles, celui du boîtier transfo et celui de la console).

Après la mise sous tension, le LCD affiche une tension. Jouez sur la position de l'axe du trimmer R9 (avec un petit tournevis) jusqu'à obtenir 2.500 le plus exactement possible. Mais entre 2.498 et 2.502 c'est bon.

Vous pouvez refermer le boîtier du MINILAB EN3000, c'est-à-dire réunir les deux demi coques. Vous obtenez l'aspect que vous voyez sur les photos.

Les deux versions du MINILAB EN3000

Selon la version que vous avez choisie vous allez utiliser **MINILAB EN3000** seul avec les CDROM de votre Cours AEPZ (version Junior, voir figure 29) ou bien couplé avec l'interface USB oscilloscope/analyseur de spectre pour PC EN1690 (version Avancée, voir figure 30).

Si vous avez choisi cette dernière version, sachez que cette interface est parue dans les deux derniers numéros d'ELM (105 pour le matériel et 106 pour le logiciel et l'utilisation).

Pour finir, avec la version Avancée il vous faudra aussi un ordinateur disposant d'un port USB (pas fourni, mais vous vous en doutez !).

Le **MINILAB EN3000** est également disponible tout monté et satisfaisant aux **normes CE** (ce qui fait finalement deux versions de plus : Le Junior **CE** et l'Avancée **CE**).

LES DEUX MODÈLES DISPONIBLES DE MINILAB EN3000 À CHOISIR EN FONCTION DE VOTRE NIVEAU INITIAL ET DE VOS PROJETS



Figure 29 : La version «Junior» du MINILAB EN3000 est conseillée à tous ceux qui débutent véritablement leur formation et qui veulent commencer l'étude de notre Cours Apprendre l'Électronique en Partant de Zéro (disponible sous forme de CDROM auprès de la Rédaction d'ELM). Dans cette version, tout le matériel nécessaire à la construction du MINILAB EN3000 est fourni (alimentation inclus) avec lesdits CDROM AEPZ.

EN3000J Prix de la version Junior.....229 euros

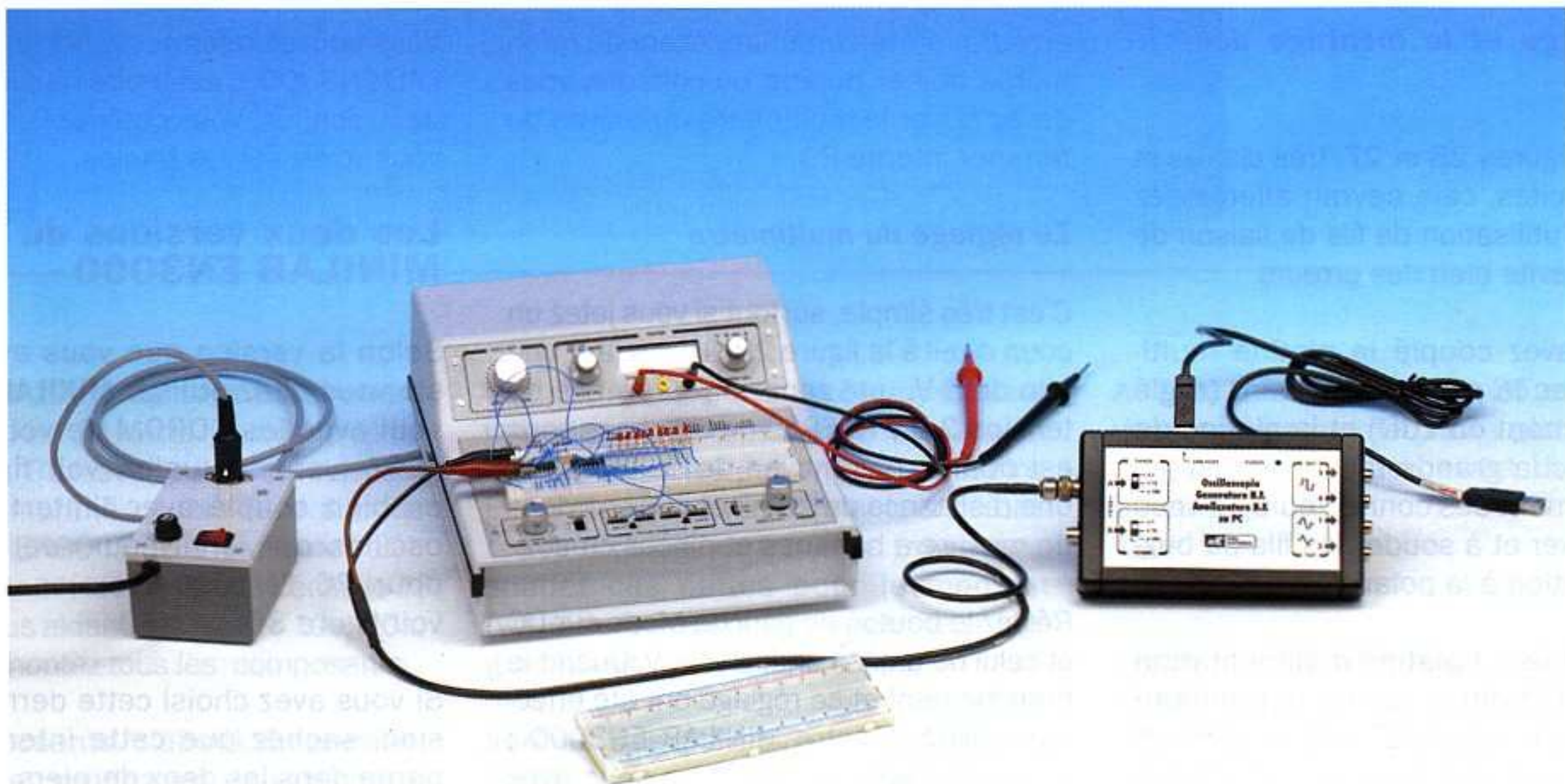


Figure 30 : La version «Avancée» s'adresse aux passionnés d'électronique disposant d'un PC. Ils pourront transformer leur ordinateur en oscilloscope et en analyseur de spectre, grâce à l'interface USB EN1690 (et au logiciel qui l'accompagne) et y brancher le MINILAB EN3000. Dans cette version, tout le matériel nécessaire à la construction du MINILAB EN3000 est fourni avec l'interface oscilloscope/analyseur de spectre BF EN1690 et son logiciel. Le PC n'est pas fourni, vous devez disposer d'un ordinateur avec prise USB.

EN3000A Prix de la version Avancée299 euros

Note : MINILAB EN3000 est également disponible tout monté et réglé, aux normes CE (ce qui est favorable à une utilisation dans le domaine de l'Enseignement), pour seulement 50 euros supplémentaires.

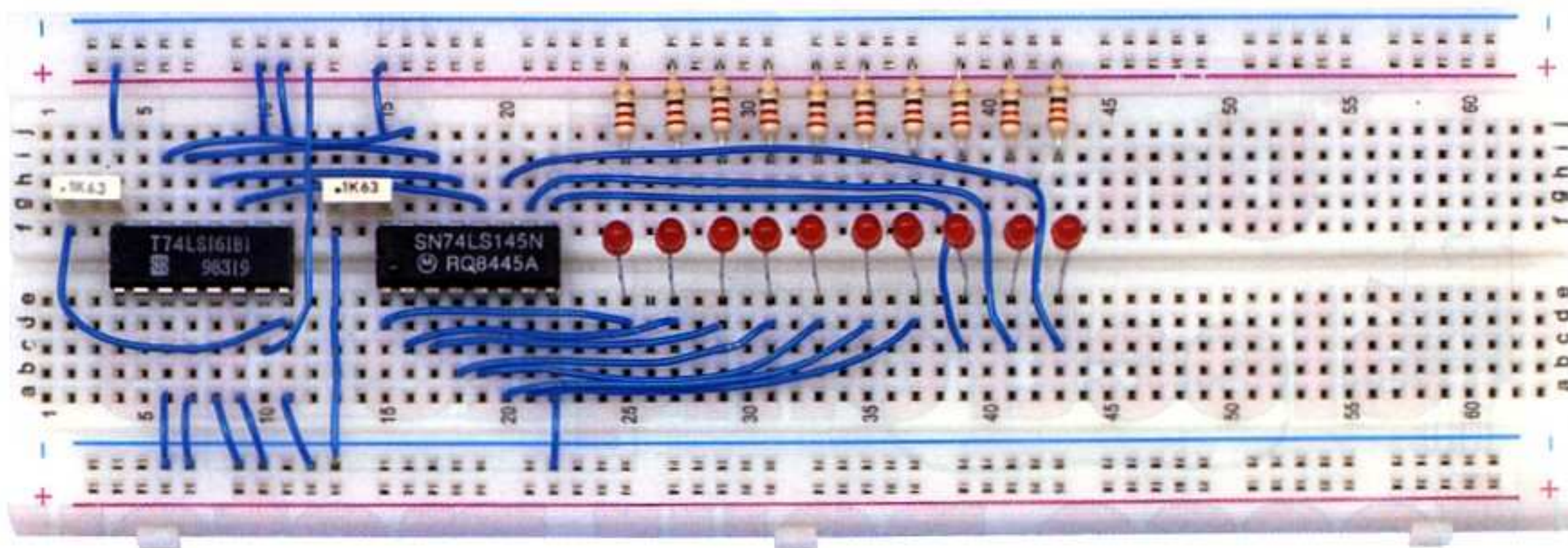


Figure 31 : Voici un exemple (modeste pour commencer) d'un montage que vous pourrez expérimenter avec la plaque d'essais («breadboard» en anglais, littéralement : planche à pain) de votre MINILAB EN3000. Il s'agit d'allumer une série de LED. Ce montage est extrêmement facile à réaliser car c'est un montage «en l'air» sans aucune soudure. Dans les prochains numéros d'ELM nous vous proposerons de nombreuses expérimentations de ce type à réaliser sur la plaque d'essai de votre MINILAB EN3000. Avec votre «breadboard» vous aurez en effet du pain sur la planche !

Suggestion : en attendant le numéro d'Automne, pourquoi ne pas essayer de concevoir un petit montage ? Par exemple un circuit à résistance variable (potentiomètre ou trimmer) permettant de vérifier la Loi d'Ohm : on fait varier la résistance R pour des valeurs remarquables comme 10 ohms, 100 ohms, 1 k ... la tension U restant fixe pour le moment, par exemple 2,5 V (attention avec 10 ohms vous pouvez aller jusqu'à 4 V au maximum, après vous dépasseriez les possibilités de l'alimentation du MINILAB, 400 mA) ... et on mesure le courant consommé I pour chaque valeur de R . Ensuite, R étant fixe (par exemple 100 ohms) on fait varier la tension U du minimum au maximum et pour chaque valeur remarquable 1,5 V, 2 V, 2,5 V, 3 V ... 15 V on mesure l'intensité du courant I . Pour chaque cas on reporte les valeurs sur les coordonnées xy d'un repère cartésien : si U est fixe, les valeurs variables de R en ohm en abscisse et on note les valeurs obtenues de I en A en ordonnée (la droite de ce graphe montre que l'intensité du courant I est directement proportionnelle à la tension U et inversement proportionnelle à la résistance R , ce que la Loi d'Ohm formule

$$U = R \times I$$

$$I = U : R$$

$$R = U : I$$

Où U est la tension en V, R la résistance en ohm et I l'intensité de courant en A. C'est pourquoi, lors de votre expérimentation, vous ne devrez pas dépasser $U = 4$ V avec une résistance R de 10 ohms car le courant I serait alors de :

$4 : 10 = 0,4$ A ou 400 mA. Or c'est l'intensité maximale que l'alimentation intégrée de MINILAB peut fournir (au-delà l'échauffement risquerait d'endommager le régulateur, mais la protection en courant interviendrait pour éviter cela).

Une autre suggestion serait d'apprendre la loi de composition des résistances ... en mettant ces dernières en série, puis en parallèle, puis en série + parallèle ... Votre Cours d'électronique AEPZ vous enseigne tout cela d'une manière très claire : amusez-vous bien, vous allez devenir fêrus !

Conclusion et à suivre

La figure 31 vous montre comment réaliser un montage «volant» ou «en l'air» (=sans soudure, démontable) sur la plaque d'essais de votre console **MINILAB EN3000** : le circuit proposé est un simple et hyper classique pilotage d'une barre à LED par circuits intégrés. Le numéro d'Automne d'ELM et les suivants vous expliqueront comment vous servir au mieux de cette plaque «magique» pour réaliser des montages plus complexes.

Mais très vite vous les concevrez vous-mêmes et saurez alors utiliser la plaque d'essais et le MINILAB pour les tester de la manière la plus rationnelle et la plus efficace qui soit. Bon été divertissant et instructif.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce **MINILAB EN3000** est disponible chez certains de nos annonceurs. Idem pour l'interface USB EN1690.

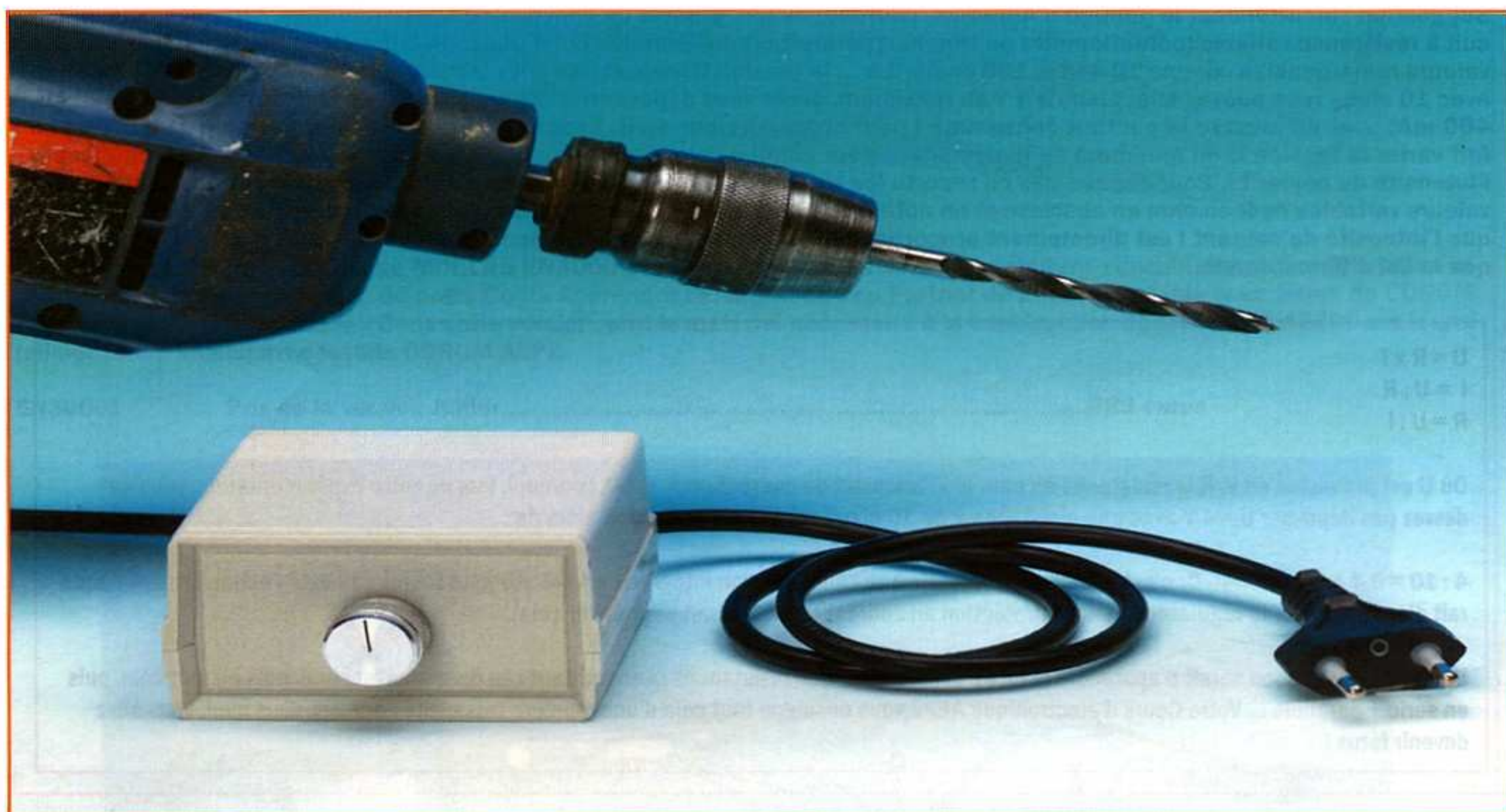
La Rédaction d'ELM peut vous fournir les CDROM du Cours AEPZ et les anciens numéros 105 et 106 de la revue. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après:

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip> ◆

Un variateur électronique de vitesse pour moteur

Ce circuit très simple à un thyristor permet de ralentir la vitesse de rotation d'une perceuse – ou tout autre appareil à moteur électrique fonctionnant sur le secteur 230 V – dépourvue de variateur, sans réduction de la puissance.



La plupart des perceuses portatives, même bon marché (achat déconseillé si vous avez plus d'un trou à percer, surtout dans de l'acier ou du béton) possèdent un variateur électronique de vitesse. Mais vous avez peut-être la chance de posséder un de ces vieux modèles costauds de perceuses portatives auxquelles on pouvait changer les charbons et on repartait pour dix ans de service ! Celles-ci n'en possédaient peut-être pas. D'autre part on trouve dans les grandes surfaces de bricolage ou « au camion » des perceuses à colonne de différentes tailles qui, malgré leur allure asiatique (ah voilà l'affreux préjugé !), rendent bien des services dans l'atelier du bricoleur pour réaliser des pièces métalliques avec un tant soit peu de précision ; il existe aussi, dans la même gamme exotique et bon marché, des scies circulaires à support (permettant des coupes bien verticales, éventuellement à onglet, dans tous matériaux), des scies à ruban, des tours, des ponceuses à bande, des défonceuses, etc. ... or tous ces appareils sont rarement dotés de variateur alors qu'on en aurait parfois besoin pour adapter la vitesse de coupe au matériau à travailler.

Notre réalisation

Le variateur de vitesse que nous vous proposons de construire ici ne diminue pas la tension du secteur 230 V, comme le ferait un antique rhéostat ! Grâce à l'utilisation d'un thyristor, il ne prend qu'une partie de la sinusoïde du secteur de manière à conserver la tension – et donc la puissance – mais avec des lacunes temporelles plus ou moins longues, ce qui permet de réduire, de moduler en fait, le nombre de tours par minute du moteur. Ainsi, même à très basse vitesse, le moteur garde toute sa puissance et cela vous permet de percer un métal récalcitrant avec la bonne vitesse de coupe sans effondrement en prise, dès que vous appuyez un peu sur le foret. L'inox, par exemple, est particulièrement exigeant en matière de vitesse de coupe : tant que vous n'avez pas trouvé la bonne vitesse, même avec un foret adéquat et taillé suivant un angle spécifique, vous produisez de la chaleur et le trou ne se perce pas ! Avec notre variateur électronique vous trouverez la bonne vitesse de coupe en la cherchant au moyen du bouton (voir photo de début d'article).

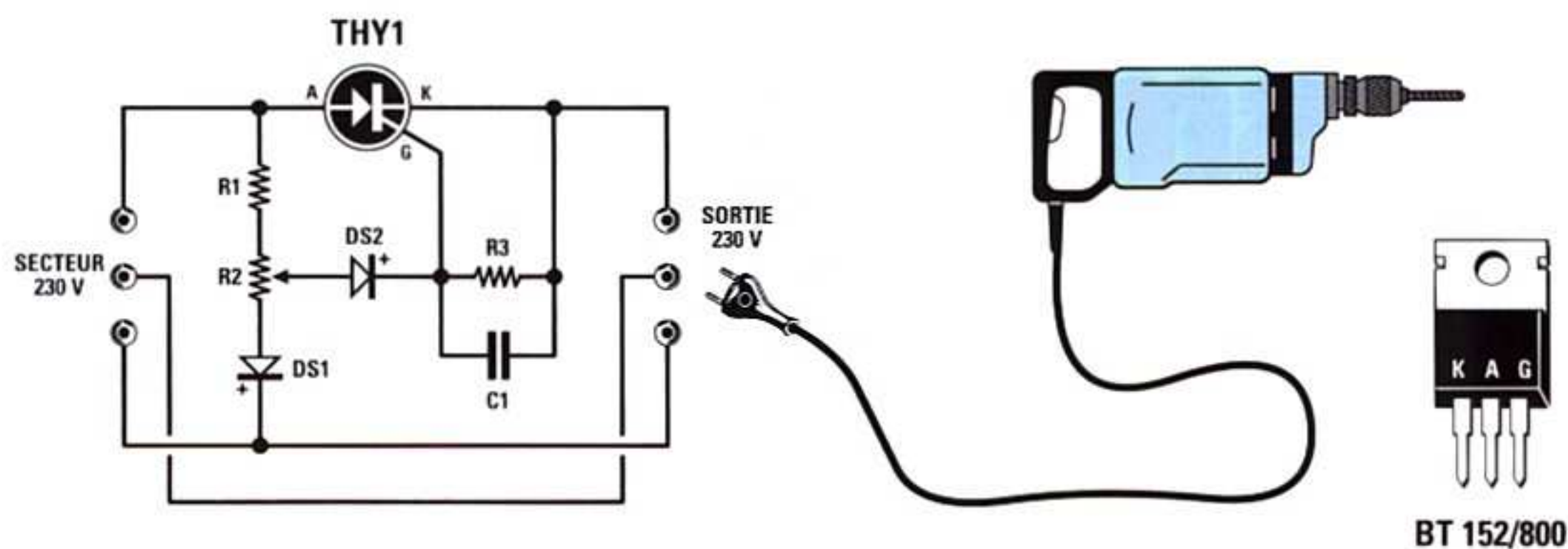
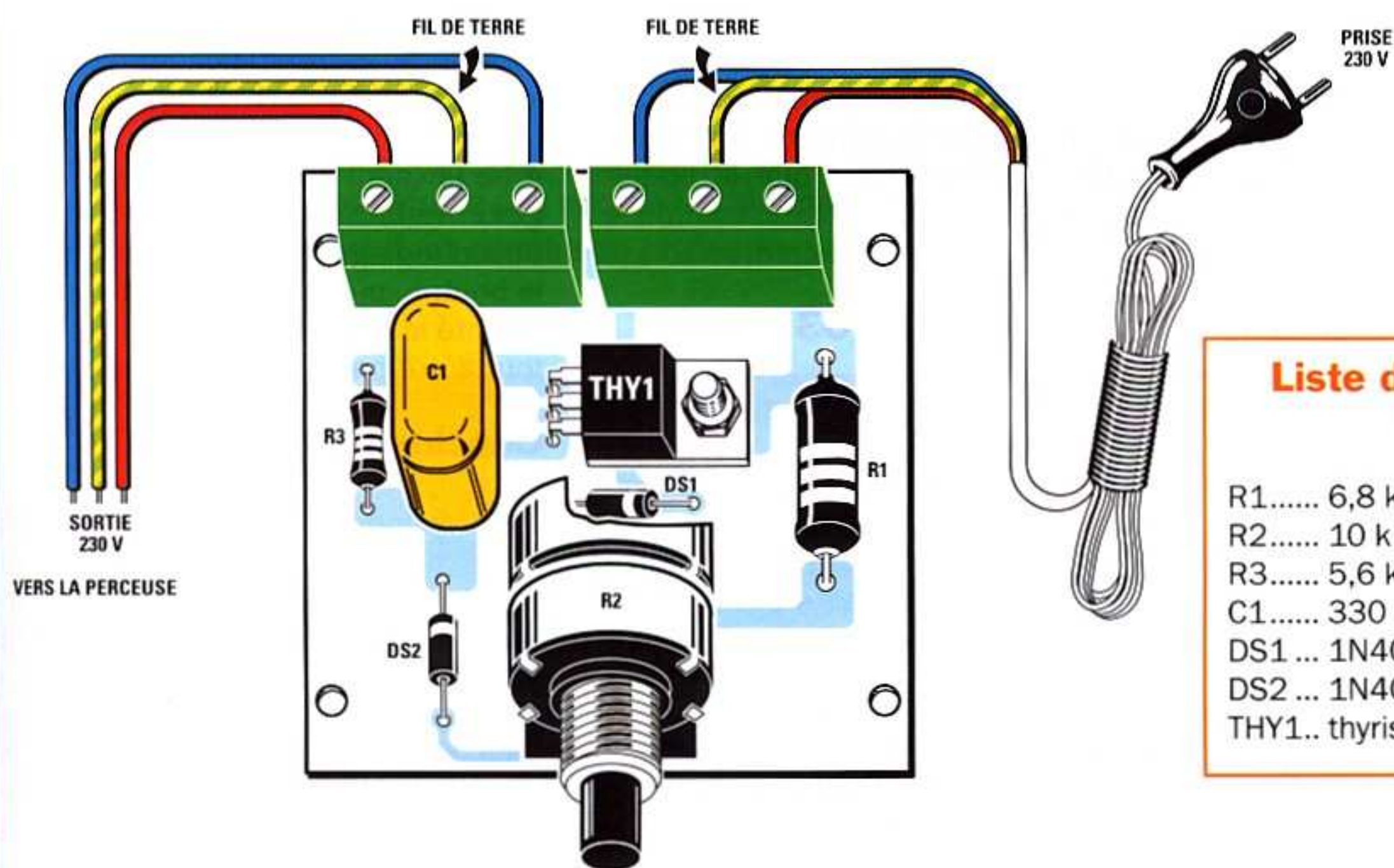


Figure 1 : Schéma électrique du variateur électronique pour perceuse EN1703 réduisant la vitesse de rotation de tout appareil doté d'un moteur électrique sans diminuer la puissance. R2 est un double potentiomètre linéaire de 2 x 10 k 1/2 W, les deux pistes étant montées en parallèle, ce qui fait 5 k 1 W. Brochage du thyristor vu de face.



Liste des composants EN1703

- R1..... 6,8 k 2 W
- R2..... 10 k double pot. lin.
- R3..... 5,6 k 1/2 W
- C1..... 330 nF 250 V polyester
- DS1 ... 1N4007
- DS2 ... 1N4007
- THY1.. thyristor BT152/800

Figure 2a : Schéma d'implantation des composants du variateur électronique pour perceuse EN1703. Les deux borniers à 3 pôles sont tous deux sous la tension du secteur 230 V, celui de droite reçoit le cordon secteur avec terre et celui de gauche, toujours avec terre, va alimenter la perceuse ou tout autre moteur électrique.

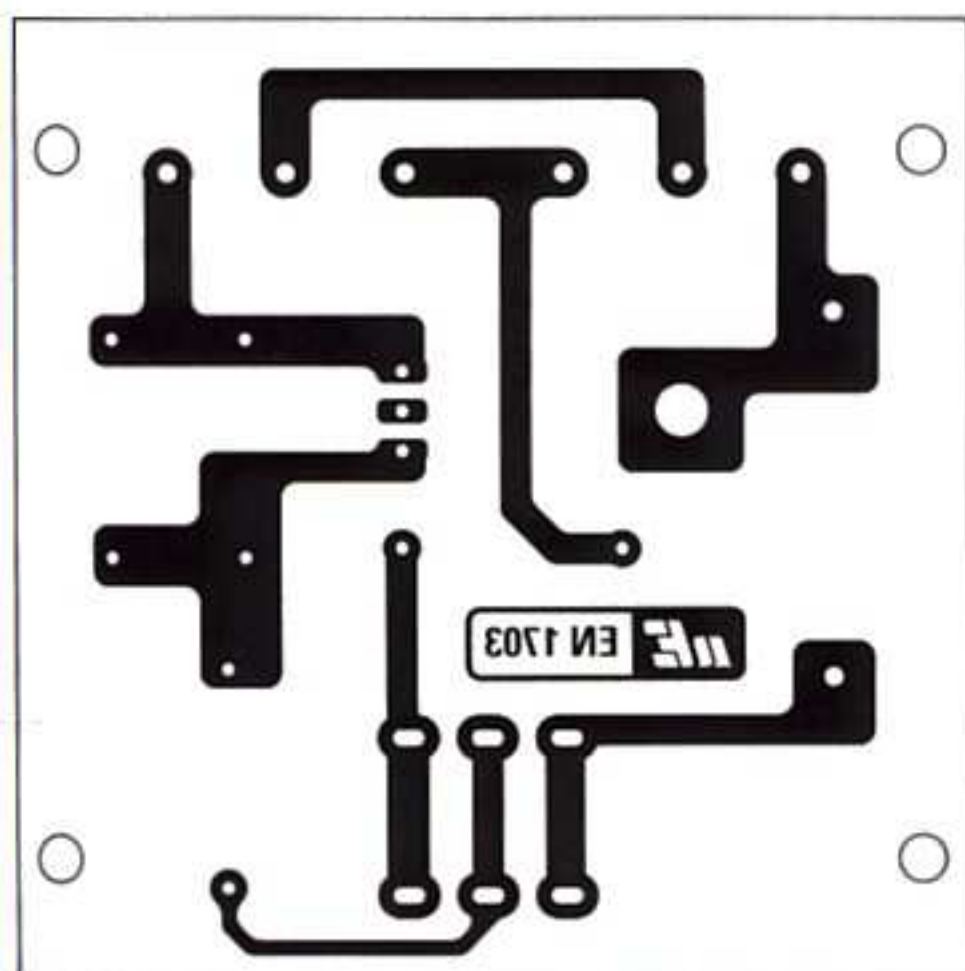


Figure 2b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du variateur électronique pour perceuse EN1703.

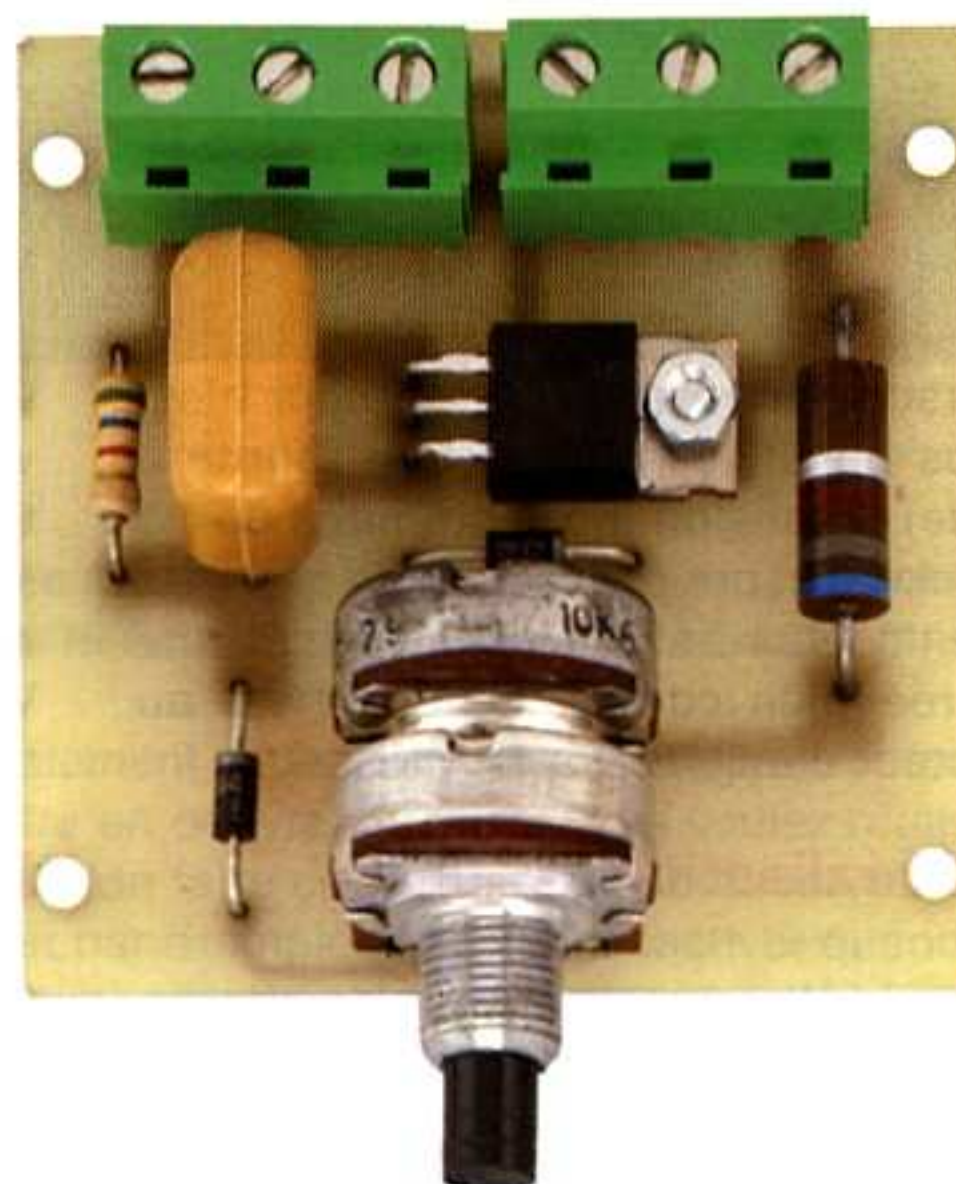


Figure 3 : Photo d'un des prototypes de la platine du variateur électronique pour perceuse EN1703. Pour réussir à enfiler le double potentiomètre linéaire dans les six évidements du circuit imprimé, couper d'abord les cosses avec une pince coupante pour en faire des picots. Le thyristor THY1 est monté couché, pattes repliées à 90°, fixé par un boulon 3MA.

Si vous avez une perceuse à colonne de couleur verte, vous n'aurez pas besoin de changer les courroies d'étage de poulies dans le carter du haut (ce qui est un peu fastidieux), avec votre variateur vous n'aurez qu'un bouton de potentiomètre à tourner.

Le schéma électrique

Comme le montre le schéma électrique de la figure 1, un seul thyristor est à l'origine de cette performance : sa gâchette est pilotée par les impulsions positives prélevées sur la cathode de DS2. Un thyristor conduit seulement sur la demi onde positive d'une tension alternative et cela permet tout de suite une réduction de vitesse maximale du moteur électrique d'environ 20%.

Pour réduire davantage cette vitesse de rotation, il suffit de modifier la position du curseur du double potentiomètre linéaire R2 (voir figure 2), c'est ce que permet de faire le bouton de commande (voir figure 4). Pourquoi un potentiomètre **double** alors que le schéma électrique ne montre qu'un seul symbole de potentiomètre ? Eh bien tout simplement parce qu'il nous fallait un potentiomètre de 5 k de 1 W, or ce composant est difficile à trouver : alors nous avons monté deux potentiomètre de 10 k 1/2 W en parallèle, ce qui fait 5 k 1 W.

Le «secret» pour réduire la vitesse du moteur électrique sans réduire sa puissance consiste à choisir les valeurs de R3 et de C1. Quand le moteur en prise (c'est-à-dire soumis à une force contraire à sa rotation, force due par exemple au contact du foret et du matériau à percer) tente de réduire sa puissance, aux extrémités de R3 on a une augmentation de tension et donc la gâchette du thyristor est excitée pendant une durée supérieure.

Lorsque en revanche le moteur n'est plus en prise (la perceuse tourne à vide) la tension aux extrémités de R3 diminue et par conséquent la gâchette du thyristor est excitée pendant une durée plus courte, ce qui évite au moteur d'augmenter sa vitesse.

La réalisation pratique

Pour réaliser ce variateur de vitesse pour perceuse EN1703, vous vous servirez des figures 2 à 4, la liste des composants étant figure 1. La platine à réaliser est un circuit imprimé simple face. Il faudra ensuite l'installer dans le boîtier plastique. Ce montage est à la portée d'un débutant et il fonctionnera du premier coup. Cependant, débutant ou chevronné, veuillez lire et suivre le conseil suivant.

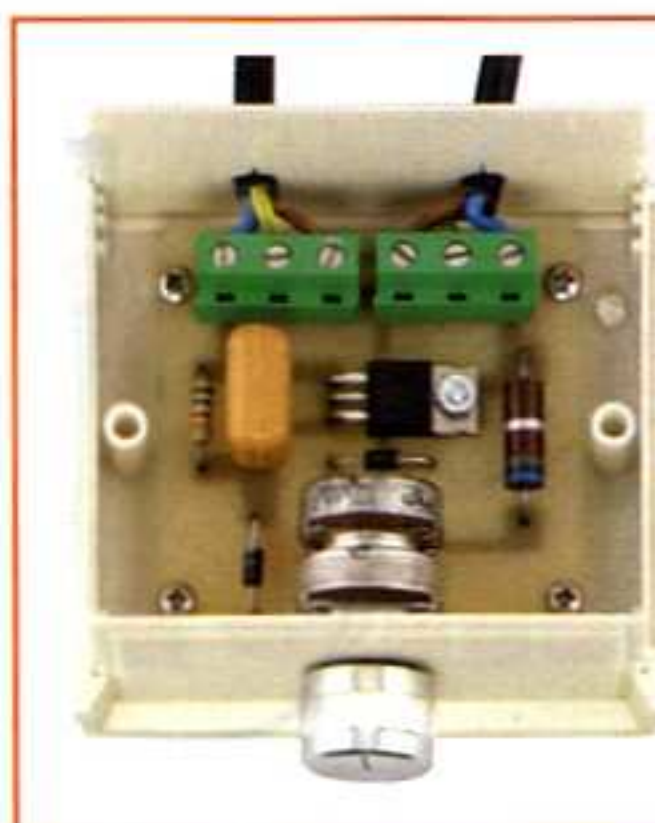


Figure 4 : Photo d'un des prototypes de la platine du variateur électronique pour perceuse EN1703 installée dans le boîtier plastique. Fixez la platine au fond au moyen des quatre vis autotaraudeuses et réalisez les interconnexions avec le panneau arrière (entrée du cordon secteur avec terre 230 V et sortie du cordon secteur avec terre vers la perceuse). Attention les fils de terre sont tous deux au centre des borniers. Le canon du double potentiomètre linéaire sort en face avant, vissez l'écrou plat et montez le bouton après avoir raccourci l'axe plastique.

NOTE IMPORTANTE :

attention, tous les composants de cette platine et les pistes et pastilles du circuit imprimé sont soumis à la tension du secteur 230 V pouvant être **MORTELLE** ; aussi nous vous exhortons à porter des gants de travail jetables en caoutchouc souple, du moins tant que le boîtier plastique n'est pas refermé, comme le montre la photo de début d'article.

La platine EN1703

Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé EN1703 dont la figure 2b donne le dessin à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 2a et 3, montez tous les composants. En premier, montez les résistances et les diodes, puis le gros condensateur polyester. Montez le thyristor couché, pattes repliées à 90° et fixé par un boulon 3MA. Préparez le double potentiomètre en coupant les extrémités à œil des cosses afin d'en faire des sortes de picots et enfoncez ces derniers dans les six évidements du circuit imprimé puis soudez. Enfin montez les deux borniers à trois pôles. Vérifiez très attentivement que vous n'avez interverti aucun composant et qu'aucun des polarisés (les deux diodes, c'est tout) n'a été monté dans le mauvais sens ; vérifiez la qualité de toutes vos soudures : ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée (au besoin nettoyez-les avec un solvant approprié et une pointe sèche).

Vous pouvez maintenant insérer la platine dans le boîtier plastique.

L'installation dans le boîtier

La platine a été conçue pour être ensuite insérée dans un boîtier plastique (voir photo figure 4). Montez cette platine au fond du boîtier au moyen de quatre vis autotaraudeuses. Le canon du potentiomètre se trouve alors en face avant, fixez-le avec son écrou et raccourcissez son axe plastique avant de monter le bouton. Faites entrer le cordon secteur par le panneau arrière et allez le visser au bornier de droite ; faites sortir le cordon

secteur allant à la perceuse par le panneau arrière après l'avoir vissé au bornier de gauche ; attention, dans les deux cas le fil de terre vert/jaune est à visser au centre de chaque bornier ; voir figures 2a et 4. Vérifiez bien tout cela plusieurs fois. Les figures 2a, 3 et 4 ne laissent subsister aucune ambiguïté. Refermez le couvercle, il n'y a aucun réglage : une seule commande, le bouton, permettant de faire varier à volonté la vitesse de la perceuse ou de tout autre petit moteur électrique.

Conclusion

Étant donné le coût très faible de réalisation de ce variateur, vous pouvez en doter chacun des appareils de votre atelier (voir introduction) ; cependant vous pouvez aussi monter à la sortie de votre variateur une «prise multiple» avec terre et y brancher vos appareils, par exemple votre perceuse à colonne, votre ponceuse à bande et votre scie circulaire à onglet (mais de préférence, n'en utilisez qu'une à la fois, le risque étant de dépasser le pouvoir de dissipation thermique du thyristor et de le détruire). Vous pouvez même envisager de monter la petite platine dans un boîtier PVC mural encastrable, à côté d'une prise avec terre, afin de commander cette prise avec votre variateur (le bouton affleurant bien sûr du mur de l'atelier à côté de la prise).

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce variateur électronique pour perceuse EN1703 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>. ♦

Neuf schémas d'applications avec photorésistances

Cette fois nous voudrions vous parler des photorésistances, c'est-à-dire de ces résistances assez particulières sensibles à la lumière. Cet article va vous fournir de nombreux schémas électriques et tous ont été essayés après avoir été conçus : aussi n'aurez-vous aucun mal à les réaliser et ils fonctionneront du premier coup sans casse-tête à la clé. De plus ces schémas ne se trouvent dans aucun manuel d'électronique ni dans aucune revue ! Si vous ne connaissez pas encore les photorésistances, vous allez être surpris des multiples possibilités qu'elles offrent à l'amateur comme au professionnel.



Savez-vous que les photorésistances sont des composants sensibles à la lumière parce qu'elles sont fixées sur un support en sulfure de cadmium ou en séléniure de cadmium ? On les représente graphiquement dans les schémas électriques par le dessin d'une résistance ordinaire entouré d'un cercle, comme le montre la figure 5. Leurs caractéristiques peuvent être résumées ainsi :

Puissance dissipée	de 50 à 200 mW
Tension de service	de 5 à 150 V
Température de service	de -30 °C à +70 °C
Résistance dans l'obscurité	de 5 à 100 Mégohms
Résistance à la lumière	de 50 à 100 ohms

Vous aurez compris que la résistance ohmique des photorésistances varie en fonction de la luminosité (de la lumière qui vient frapper la surface sensible) : si cette lumière est intense,

la photorésistance aura une résistance inférieure à 500 ohms et dans le noir sa résistance sera supérieure à 5 Mégohms.

On trouve généralement peu de schémas électriques permettant de les mettre en oeuvre. Aussi, si vous voulez réaliser un circuit capable de faire coller un relais lorsque l'obscurité survient (nuit par exemple) et de le désactiver quand la lumière revient (aube par exemple), vous n'aurez qu'à réaliser le montage conforme au schéma de la figure 2.

Sur ce schéma la photorésistance est montée entre la base du transistor NPN et la masse : comme dans le noir la photorésistance a une résistance très élevée, si on règle le trimmer R1, on peut établir la valeur la plus adéquate pour faire conduire le transistor lequel, par conséquent, activera le relais. Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance diminue beaucoup et, par conséquent, elle met à la masse la base de TR1, lequel ne conduisant plus désactive le relais.



Figure 1 : Les premières photorésistances avaient un diamètre atteignant parfois 2 cm, puis ce diamètre s'est progressivement réduit jusqu'à la taille d'un grain de café.

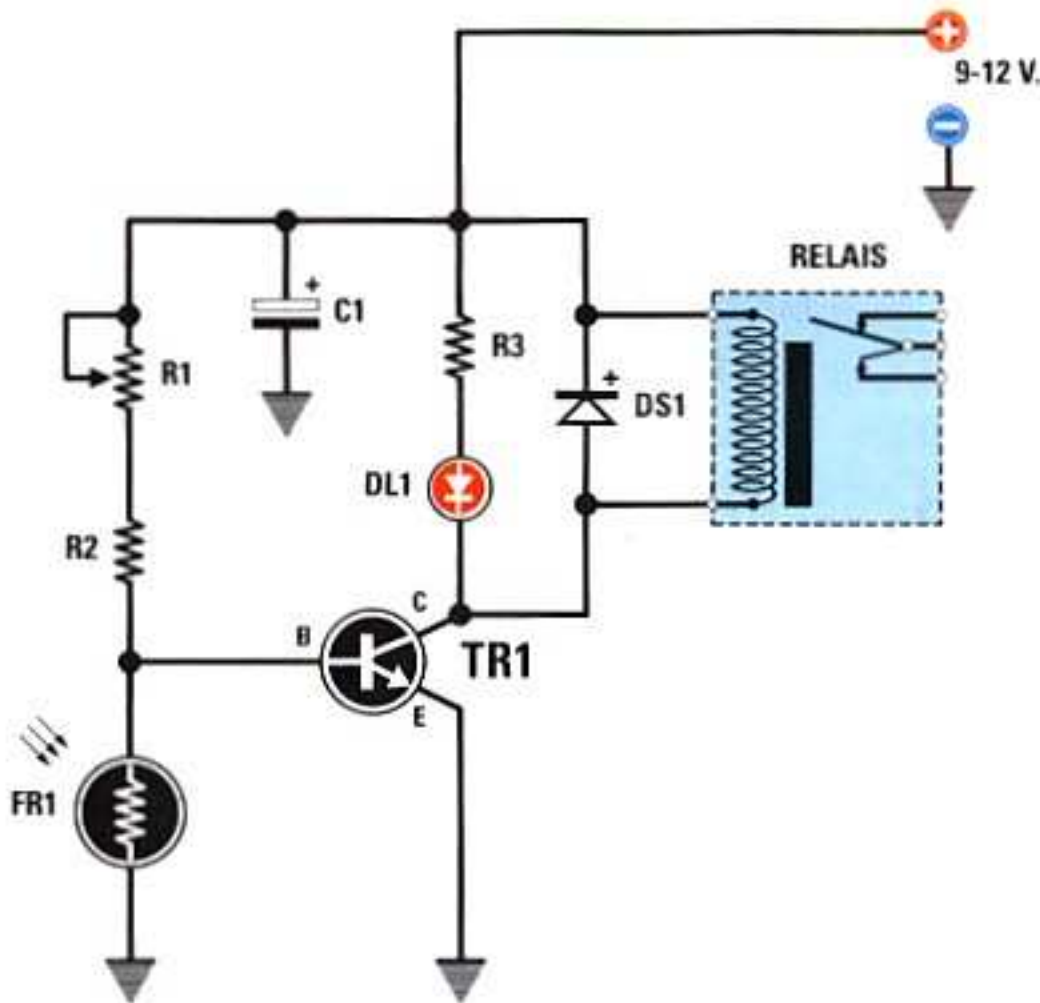


Figure 2 : Si on monte une photorésistance entre la base d'un transistor NPN et la masse, le relais s'active quand la photorésistance est dans le noir et il se désactive lorsqu'elle est éclairée. Dans ce schéma électrique, si le trimmer R1 est réglé à son point critique, le relais risque d'osciller entre ses deux positions excité-relaxé.

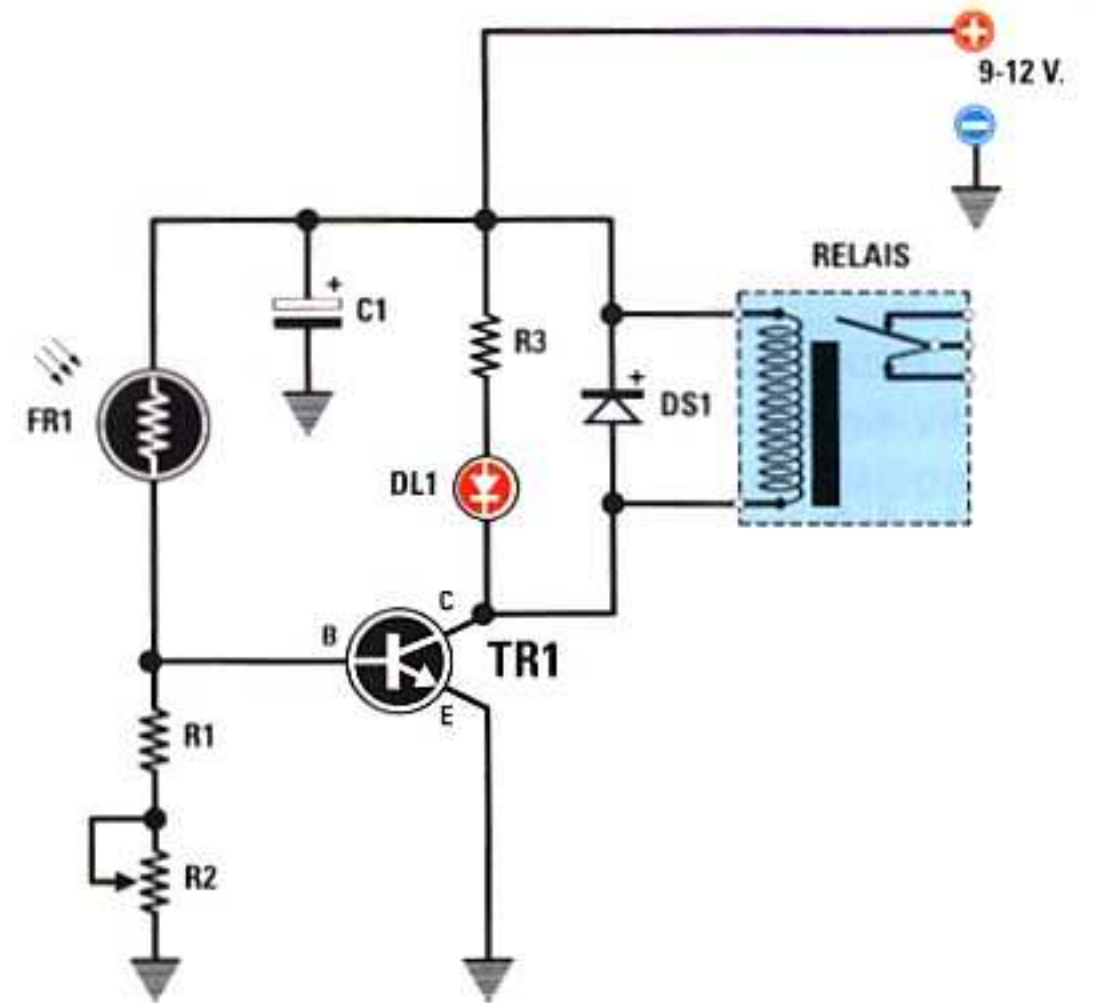


Figure 3 : Si on monte une photorésistance entre la base d'un transistor NPN et le positif d'alimentation +12 V, le relais s'active quand la photorésistance est illuminée et il se désactive lorsqu'elle est dans l'obscurité. Là encore, si le trimmer R1 est réglé à son point critique, le relais risque d'osciller entre les deux positions excité-relaxé.

Si en revanche vous avez besoin d'un circuit capable d'activer le relais quand il fait jour et de le désactiver lorsque la nuit tombe, vous utiliserez plutôt le schéma de la figure 3. Sur ce schéma la photorésistance est montée entre la base d'un transistor NPN et le positif d'alimentation : quand la photorésistance est illuminée, sa résistance diminue beaucoup et, par conséquent, elle relie au +V d'alimentation la base de TR1, lequel se met à conduire et active le relais relié à son collecteur. Lorsque la lumière est éteinte, la photorésistance reprend une résistance élevée et, la tension positive ne pouvant plus polariser la base de TR1, celui-ci ne peut plus conduire et, par conséquent, désactive le relais. Les schémas des figu-

res 2 et 3 sont très élémentaires : vous verrez que si le trimmer R1 est réglé sur un point critique, le relais va se mettre à osciller ; ceci parce qu'il manque à ces schémas un hystérésis retardant le passage de relais activé à relais désactivé.

Pour les neuf schémas électriques que nous vous proposons dans la suite de cet article cela n'arrivera pas. Vous comprendrez en lisant la suite de l'article ce qui différencie ces schémas d'applications : certains s'utilisent comme interrupteurs crépusculaires et d'autres permettent d'allumer automatiquement l'éclairage de la voiture quand on entre dans un tunnel et de l'éteindre quand on en sort. Certains peuvent servir d'alarme

antivol : une ampoule ou une LED blanche s'allume et illumine la photorésistance ; quand une personne en passant coupe le rayon lumineux de l'ampoule ou de la LED blanche, le relais s'active et déclenche un buzzer ou une sirène. Vous trouverez aussi un circuit pouvant servir à garer votre voiture dans un garage obscur : les phares allument l'éclairage du garage qui reste allumé même après avoir éteint les phares du véhicule. Une fois sorti du garage, un poussoir permet d'en éteindre les lumières.

Tous ces circuits ont un coût très faible et, grâce à eux vous pourrez vous divertir, compléter votre formation d'électronicien ...

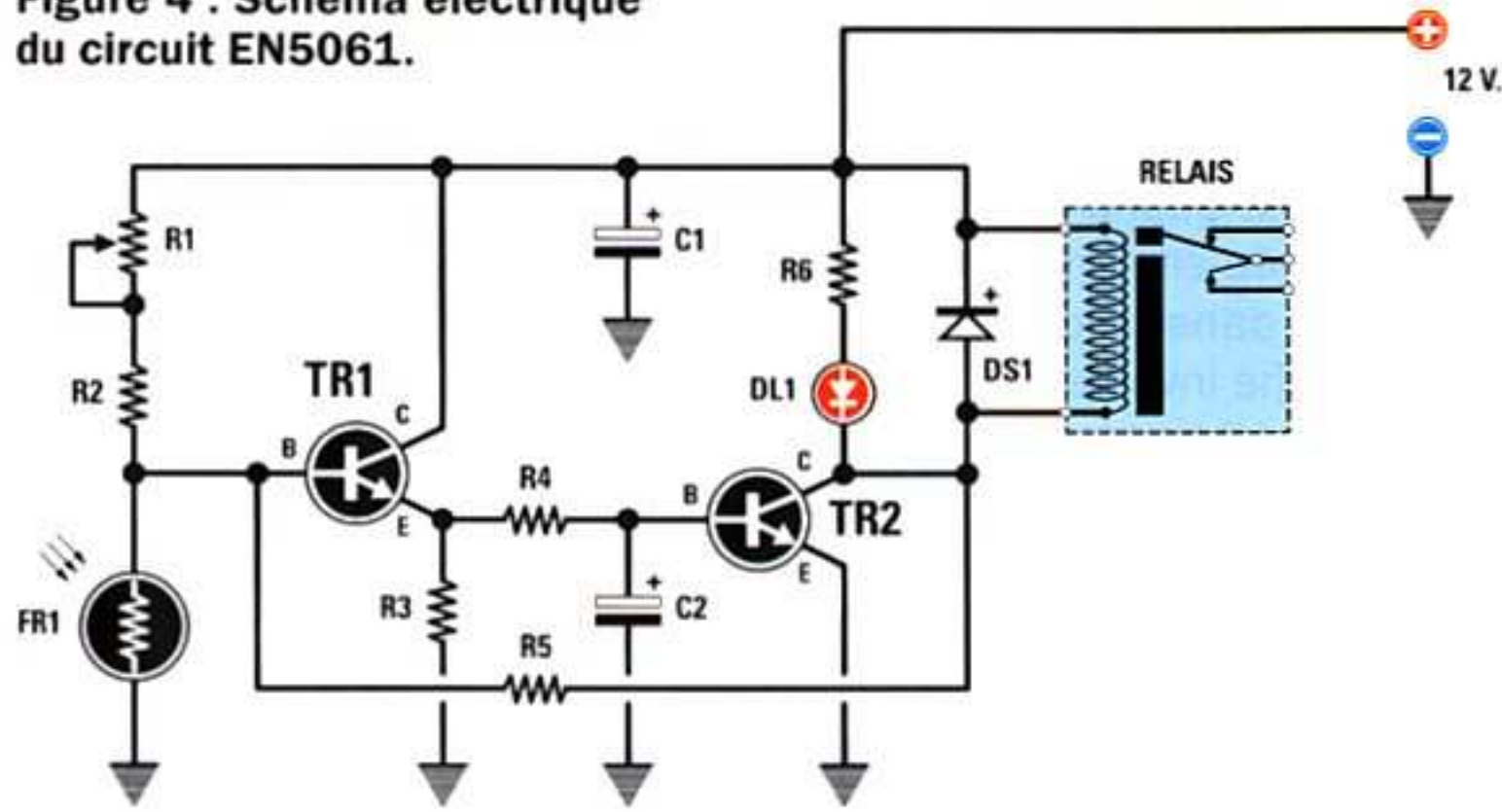
EN5061 Un relais s'active dans l'obscurité avec une photorésistance et des transistors

Sachant qu'une photorésistance présente à la lumière une résistance d'environ 50-500 ohms et dans l'obscurité totale une résistance de 5 M, il suffit de la monter entre la base d'un NPN et la masse, comme le montre la figure 4, pour activer le relais quand la nuit tombe. Quand la photorésistance est dans l'obscurité, sa résistance passe à environ 5 M et nous trouvons 4 V environ sur la base de TR1 et cela suffit à le polariser : le transistor se met à conduire, ce qui polarise automati-

quement la base de TR2, lequel se mettant lui aussi à conduire active le relais et allume la LED reliés au collecteur. Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance tombe en dessous de 50 ohms et nous trouvons alors sur la base de TR1 environ 0,5 V, ce qui ne suffit pas à le polariser ; par conséquent TR2 ne conduit pas et le relais se désactive. Pour régler le trimmer R1 de 100 k, nous vous conseillons de couvrir la photorésistance avec un capuchon de

stylo opaque (un bic noir) et de régler R1 jusqu'à ce que DL1 s'allume ; enlever ensuite le capuchon et DL1 s'éteint. La figure 6 vous donne le schéma d'implantation des composants. Aucune difficulté : attention toutefois à la polarité de DS1 et de DL1 ainsi que des condensateurs électrolytiques et des deux transistors. Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est à droite : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais.

Figure 4 : Schéma électrique du circuit EN5061.



Liste des composants EN5061

- R1..... 100 k trimmer
- R2..... 10 k
- R3..... 47 k
- R4..... 1 k
- R5..... 330 k
- R6..... 1 k
- C1..... 100 µF électrolytique
- C2..... 100 µF électrolytique
- DL1.... LED
- DS1 .. 1N4007
- FR1.... photorésistance
- TR1.... NPN BC547
- TR2.... NPN BC547
- RELAIS 12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

Figure 5 : Symbole d'une photorésistance et brochages de la LED vue de face et du transistor vu de dessous.

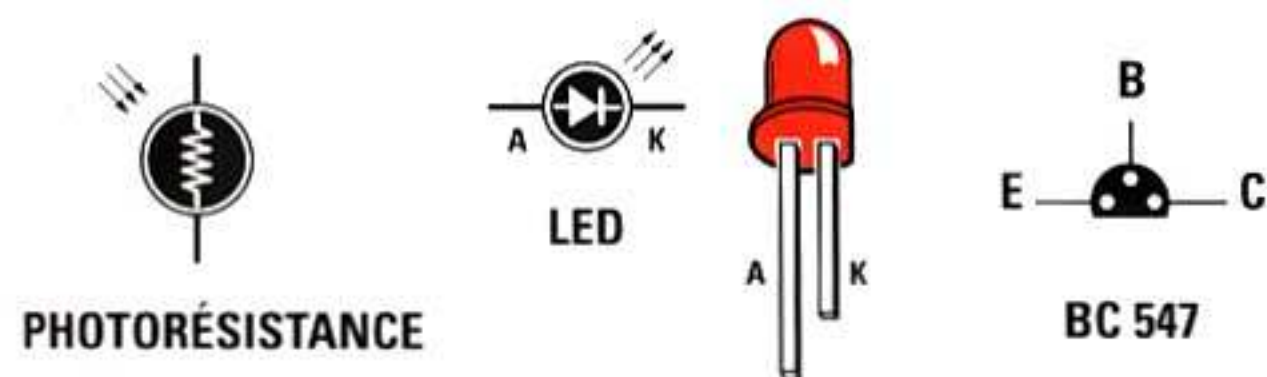


Figure 6b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5061.

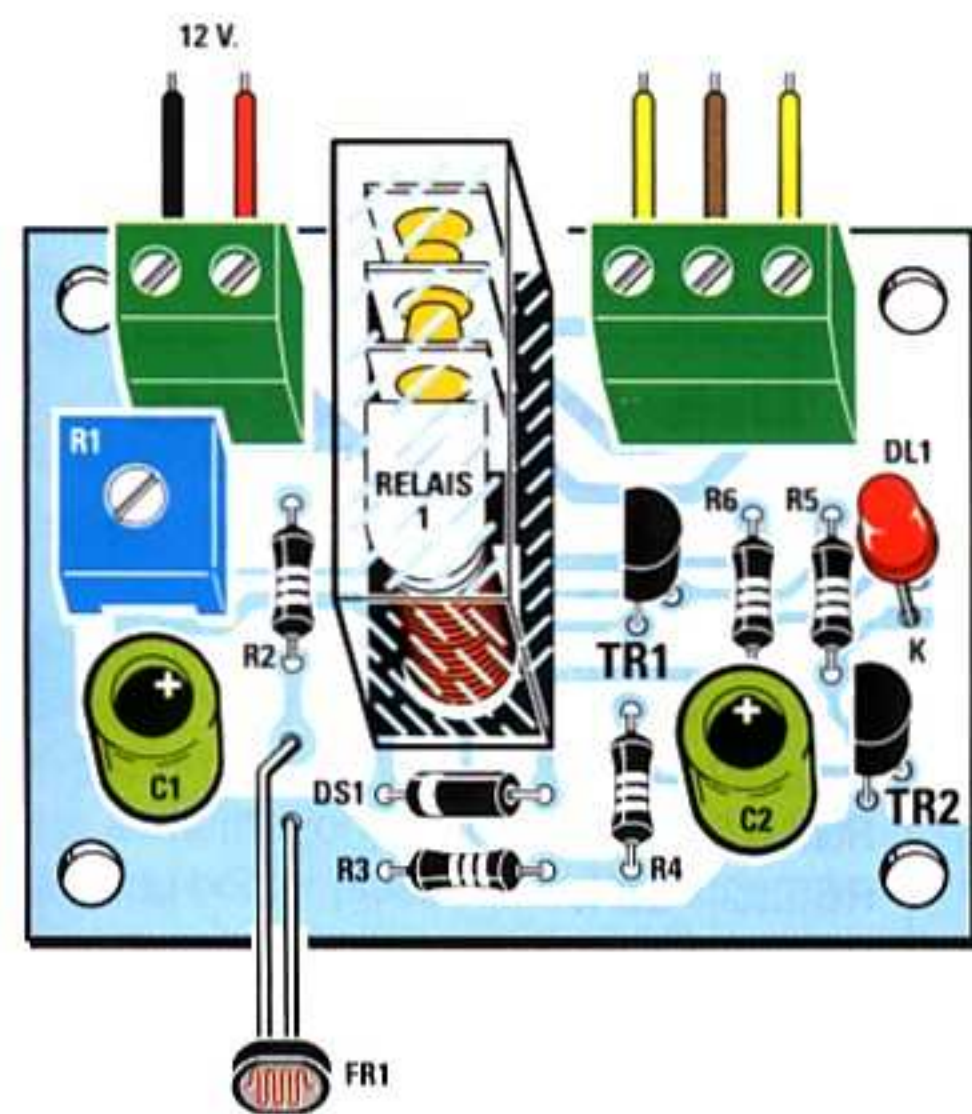
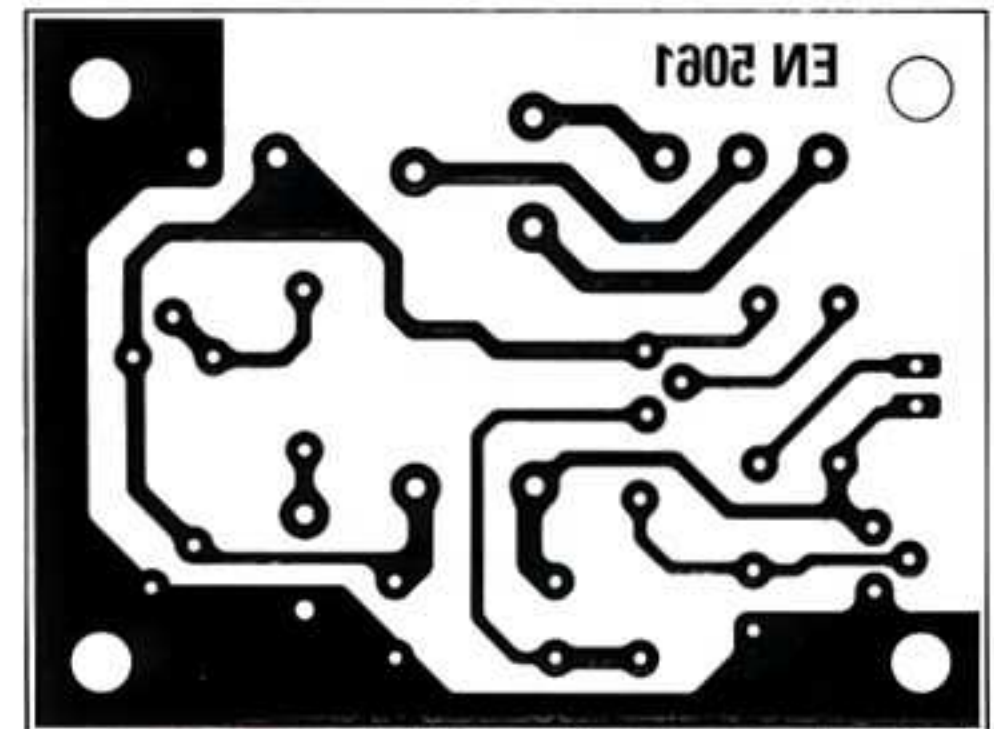


Figure 6a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5061. Veillez à maintenir le boîtier des transistors à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Comme vous le voyez, c'est la cathode K (patte la plus courte) de la LED qui est orientée vers TR2.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5061 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes lorsqu'ils sont libres de droits sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>



Figure 7 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5061. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un boîtier plastique dans lequel vous ferez un trou pour le passage de la LED et un autre pour que la lumière puisse venir couvrir la surface photosensible de la photorésistance.

EN5062 Un relais s'active à la lumière avec un amplificateur opérationnel et un transistor

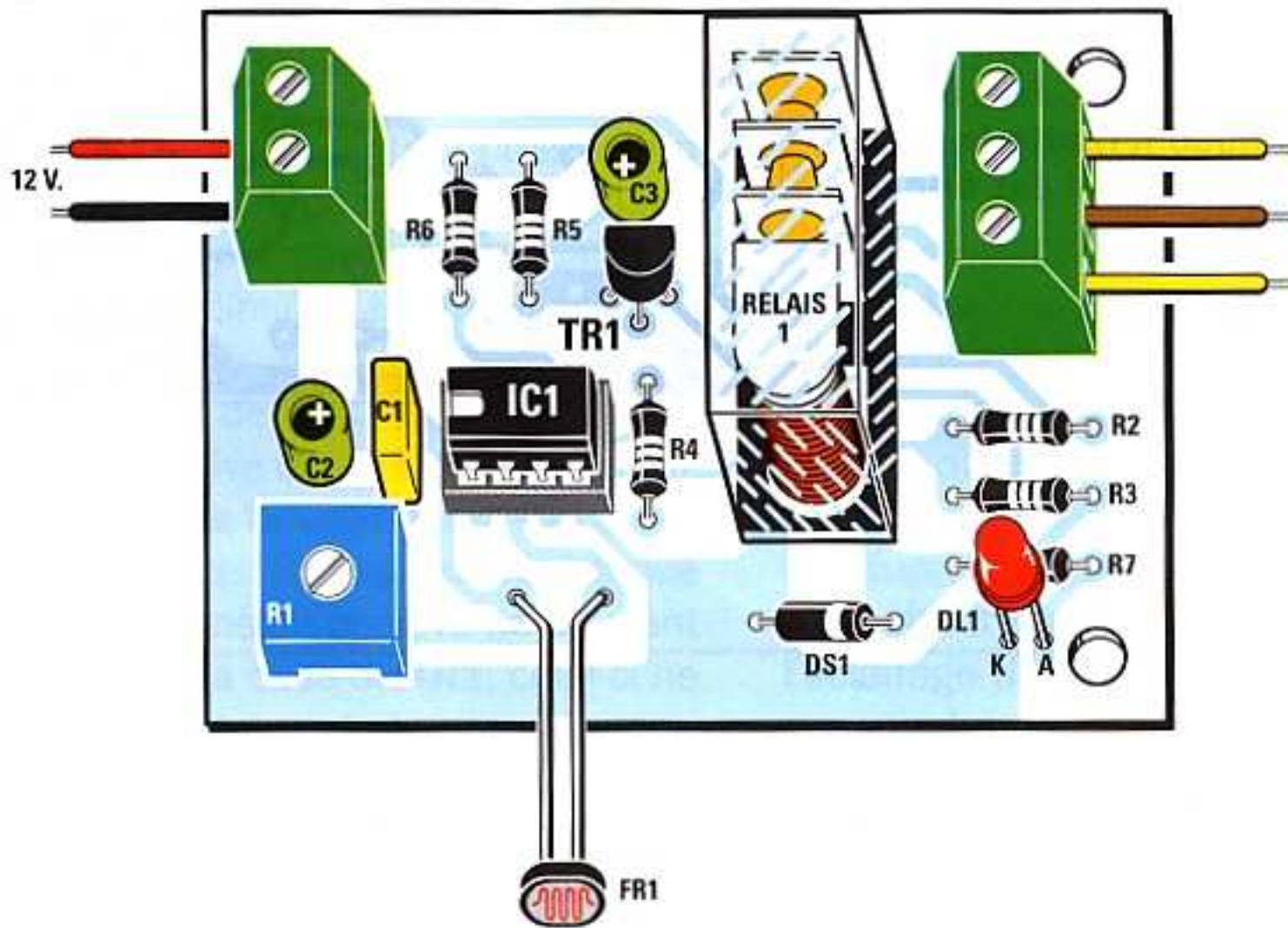
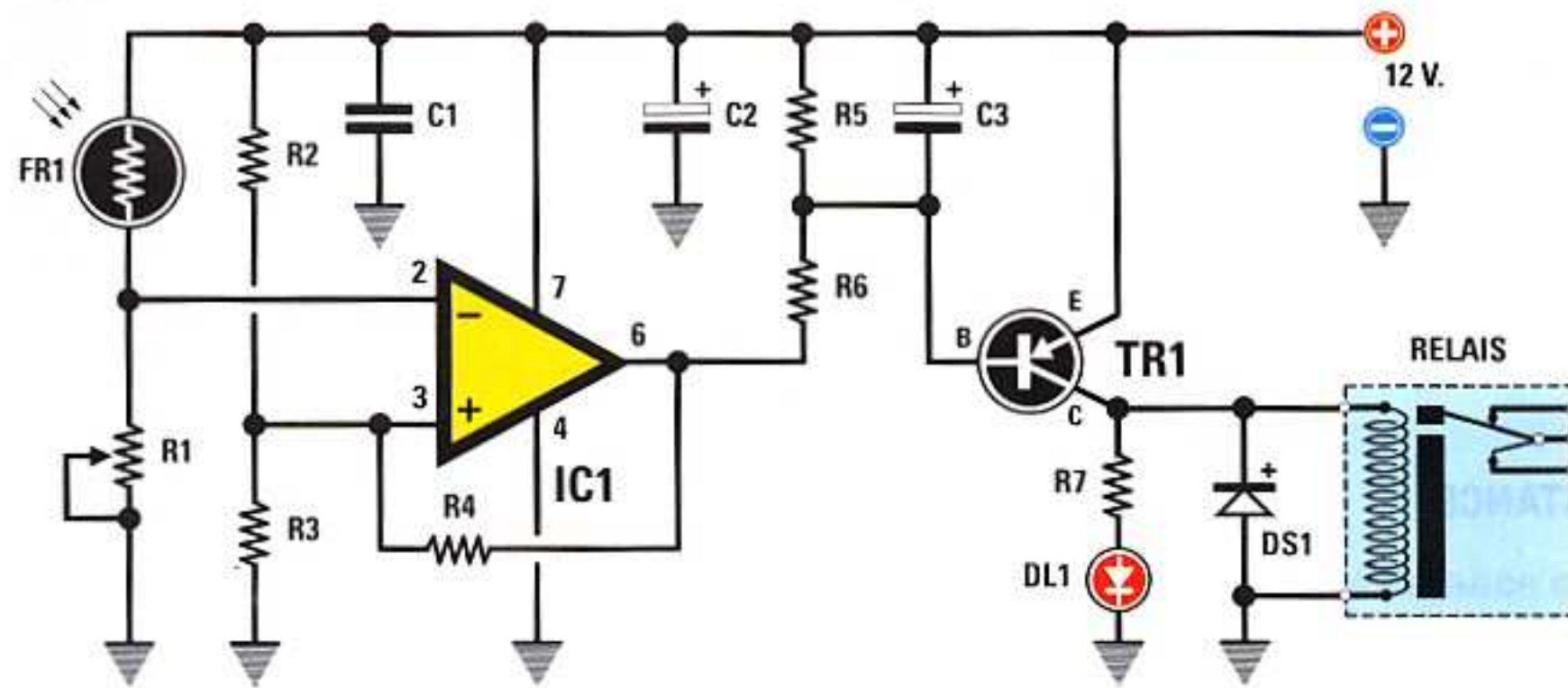
Le circuit de la figure 8 active le relais lorsque la photorésistance FR1 est illuminée et le désactive dans l'obscurité. Vous voyez que la photorésistance est montée entre le positif d'alimentation 12 V et la broche inverseuse 2 de l'amplificateur opérationnel IC1, un

uA748 ou bien un TL081. Quand la photorésistance est illuminée elle présente une résistance faible : dans ce cas, on trouve donc sur la broche inverseuse 2 une tension positive de 12 V et, par conséquent, on a sur la broche de sortie 6 une tension négative qui polarise la base

du PNP TR1. Ce transistor se met tout de suite à conduire et à activer le relais monté entre son collecteur et la masse.

Pour régler la sensibilité, agissez sur le trimmer R1 de 10 k relié en série avec la photorésistance.

Figure 8 : Schéma électrique du circuit EN5062.



Liste des composants EN5062

R1.....	10 k trimmer
R2.....	12 k
R3.....	22 k
R4.....	1 M
R5.....	10 k
R6.....	10 k
R7.....	1 k
C1.....	100 nF polyester
C2.....	100 µF électrolytique
C3.....	100 µF électrolytique
DL1....	LED
DS1 ..	1N4007
FR1....	photorésistance
TR1....	PNP BC213B
IC1.....	uA748
RELAIS	12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

Figure 9a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5062. Veillez à maintenir le boîtier du transistor à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention au repère-détrompeur en U de l'opérationnel, il doit être tourné vers la gauche. Comme vous le voyez, c'est la cathode K (patte la plus courte) de la LED qui est orientée vers DS1 (dont la bague blanche est orientée vers DL1). Le méplat de TR1 «regarde» C3.

Figure 9b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5062.

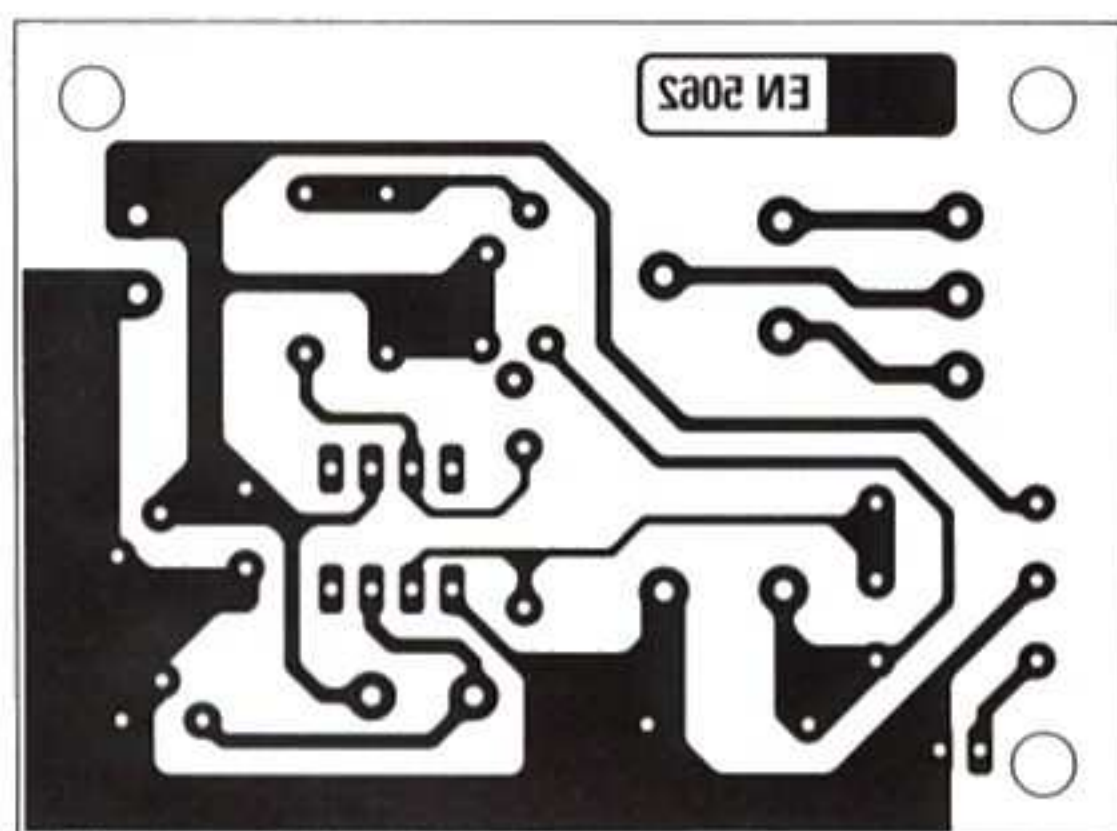


Figure 11 : Brochages du circuit intégré vu de dessus, du transistor vu de dessous et de la LED vue de face.

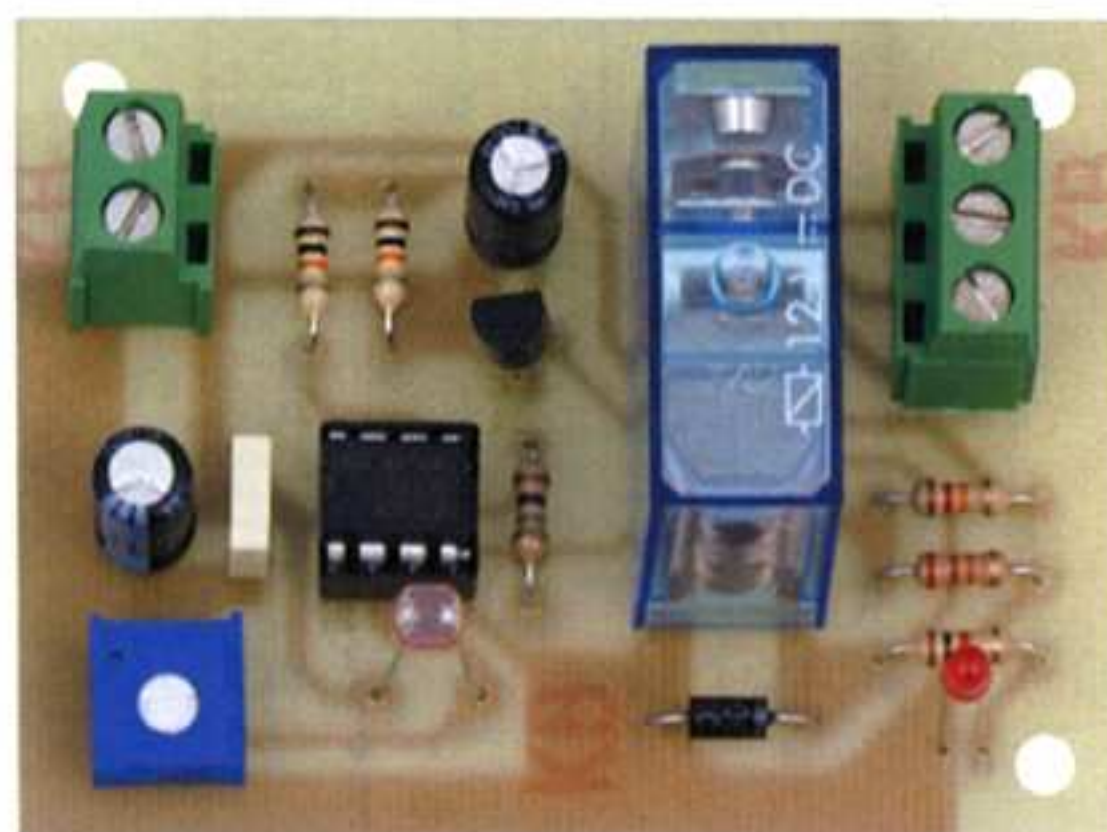
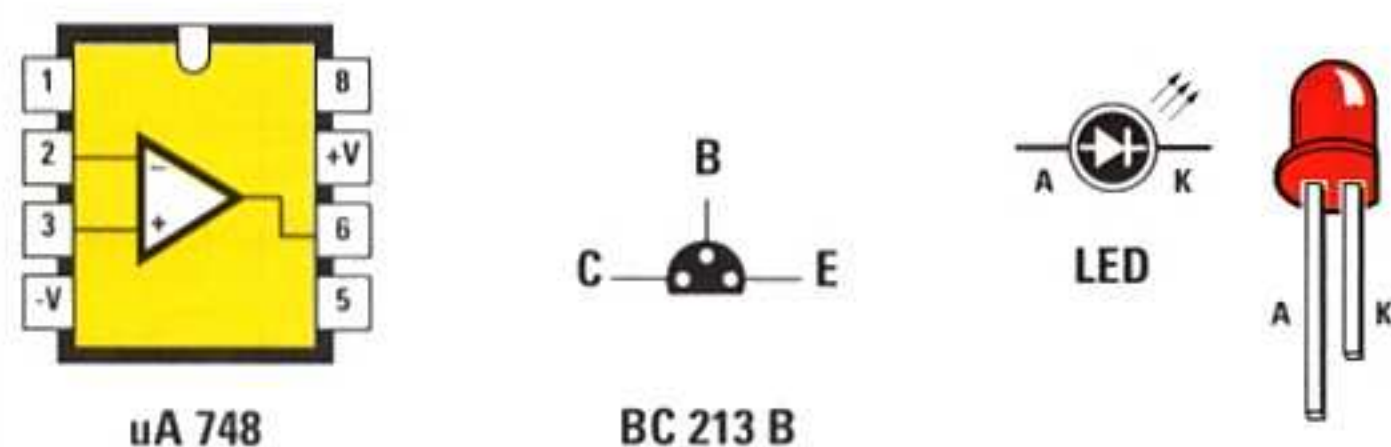


Figure 10 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5062. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un boîtier plastique dans lequel vous ferez un trou pour le passage de la LED et un autre pour que la lumière puisse venir couvrir la surface photosensible de la photorésistance. Mais cette dernière peut également être placée à distance de la platine et du boîtier plastique (dans ce cas reliez-la au moyen d'un câble bifilaire)

Normalement ce trimmer se règle en présence de la lumière jusqu'à l'allumage de la LED et l'activation du relais. Quand on met la photorésistance dans l'obscurité, la LED s'éteint et le relais se désactive.

Le circuit fonctionne avec une tension positive de 12 V que vous pouvez prélever sur n'importe quelle alimentation stabilisée. Cette alimentation peut être placée à l'intérieur du boîtier plastique qui protégera le montage (platine visible figure 10).

La figure 9 vous donne le schéma d'implantation des composants.

Aucune difficulté : attention toutefois à la polarité de DS1 et de DL1 ainsi que des condensateurs électrolytiques, du transistor et du circuit intégré (monté sur support, repère-détrompeur en U vers la gauche). Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est en haut : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage **EN5062** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables sur la site de la revue à l'adresse suivante : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>. ♦

EN5063 Un relais s'active dans l'obscurité avec un opérationnel et un transistor

Le circuit de la figure 12 active le relais lorsque la photorésistance FR1 est plongée dans l'obscurité et le désactive lorsqu'elle est illuminée.

Vous voyez que la photorésistance est montée entre la broche inverseuse 2 de l'amplificateur opérationnel IC1 (là encore c'est un uA748 ou bien un TL081) et la masse.

Quand la photorésistance est illuminée elle présente une résistance faible : dans ce cas, la broche inverseuse 2 est à la masse et, par conséquent, on a sur la broche de sortie 6 une tension positive qui ne peut polariser la base

du PNP TR1. Quand en revanche la photorésistance est dans l'obscurité, sa résistance a une valeur ohmique élevée: la tension positive de 12 V arrive sur la broche inverseuse 2 et, par conséquent, sa broche de sortie 6 met la résistance R7 à la masse.

Si on applique sur la base de TR1 un niveau logique 0, ce transistor ainsi polarisé se met à conduire et le relais est activé.

Le circuit fonctionne avec une tension positive entre 12 V et 15 V que vous pouvez prélever sur n'importe quelle alimentation stabilisée. Pour régler la sensibilité,

agissez sur le trimmer R2 de 10 k relié en série avec la photorésistance. Normalement ce trimmer se règle en présence de la lumière jusqu'à l'extinction de la LED. Quand on met la photorésistance dans l'obscurité, la LED s'allume et le relais s'active.

La figure 13 vous donne le schéma d'implantation des composants.

Aucune difficulté : attention toutefois à la polarité des diodes DS1 et de DL1 ainsi que des condensateurs électrolytiques, du transistor et du circuit intégré (monté sur support, repère-détrompeur en U vers la gauche).

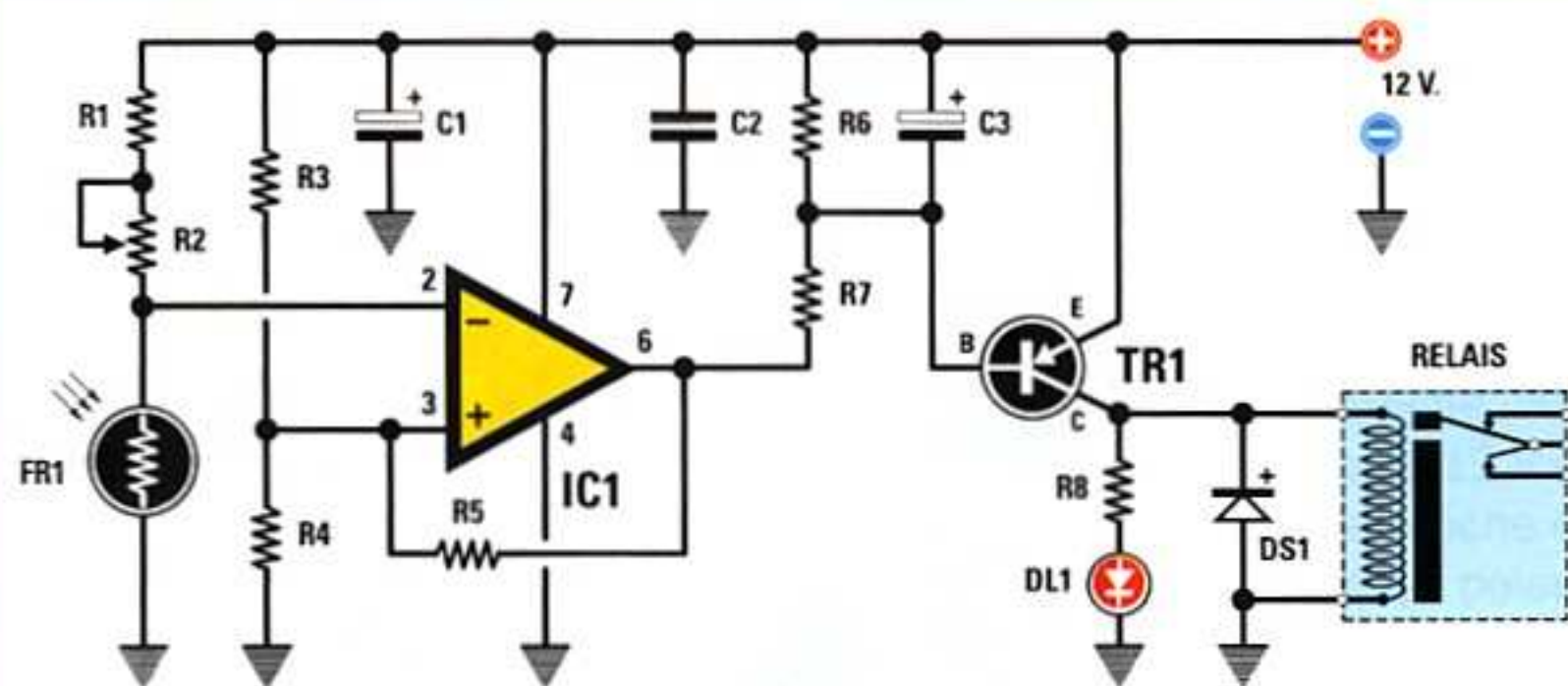


Figure 12 : Schéma électrique du circuit EN5063.

Liste des composants EN5063

- R1..... 470
- R2..... 10 k trimmer
- R3 - R4 10 k
- R5..... 1 M
- R6..... 27 k
- R7..... 12 k
- R8..... 1 k
- C1..... 100 nF polyester
- C2..... 100 µF électrolytique
- C3..... 100 µF électrolytique
- DL1... LED
- DS1 .. 1N4007
- FR1... photorésistance
- TR1... PNP BC213B
- IC1..... uA748
- RELAIS 12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

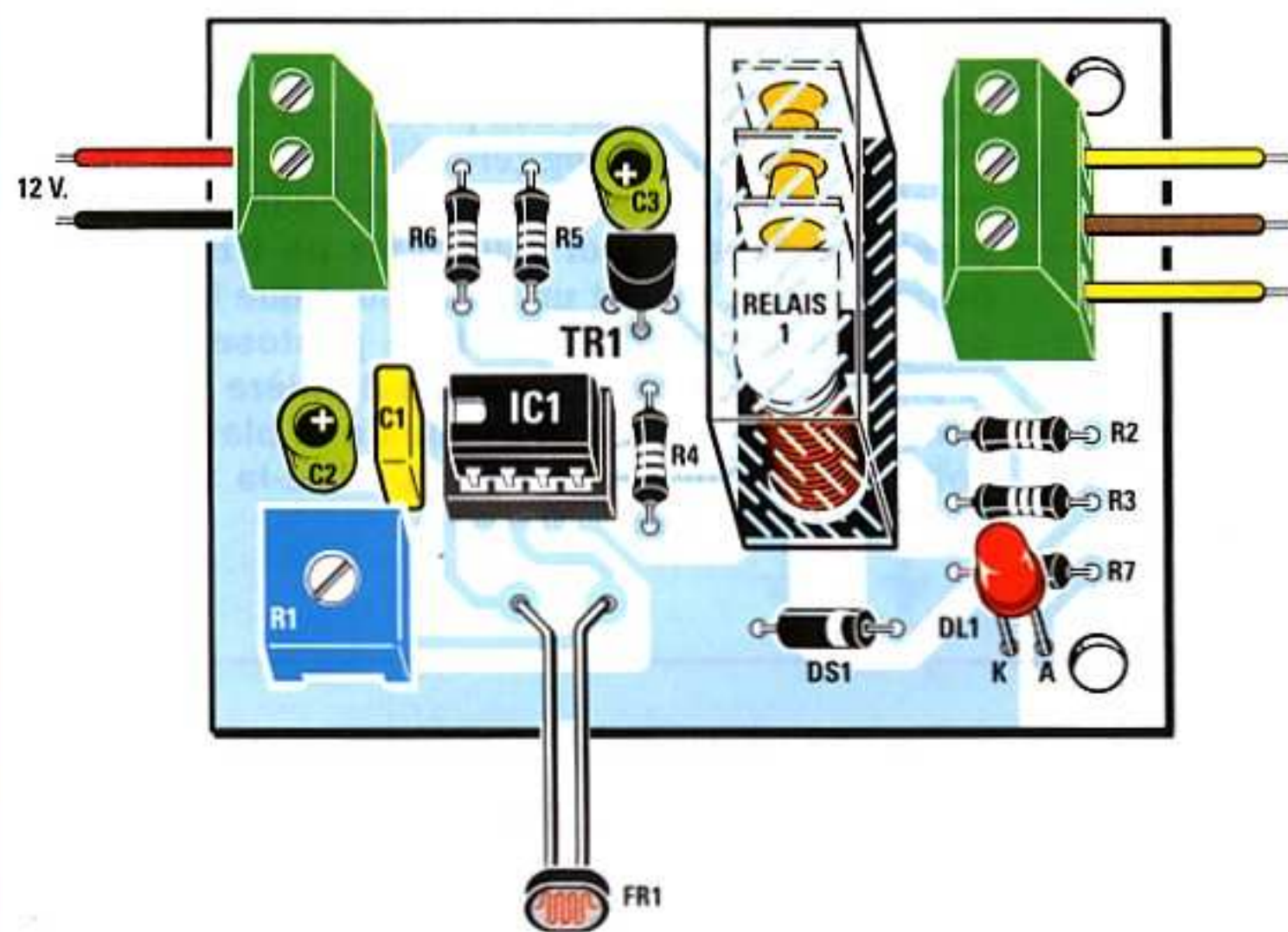


Figure 13a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5063. Veillez à maintenir le boîtier du transistor à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention au repère-détrompeur en U de l'opérationnel, il doit être tourné vers la gauche. Comme vous le voyez, c'est la cathode K (patte la plus courte) de la LED qui est orientée vers DS1 (dont la bague blanche est orientée vers DL1). Le méplat de TR1 «regarde» C3.

Figure 13b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5063.

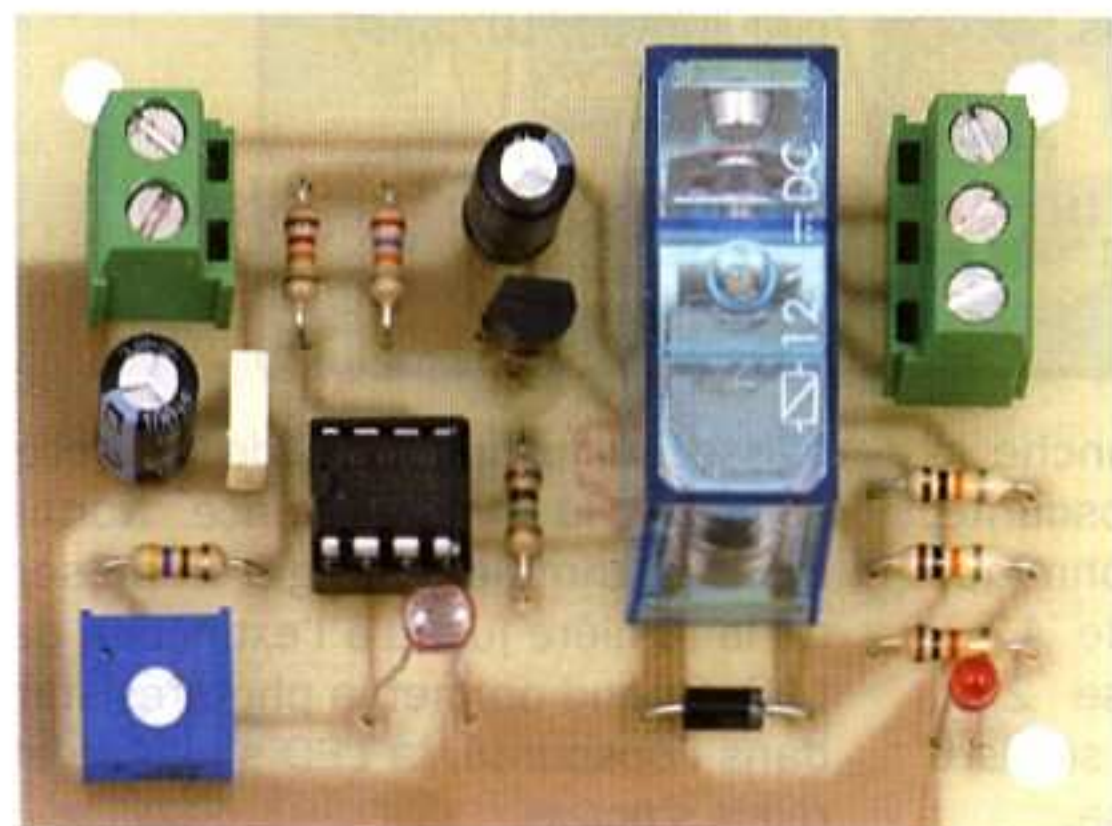
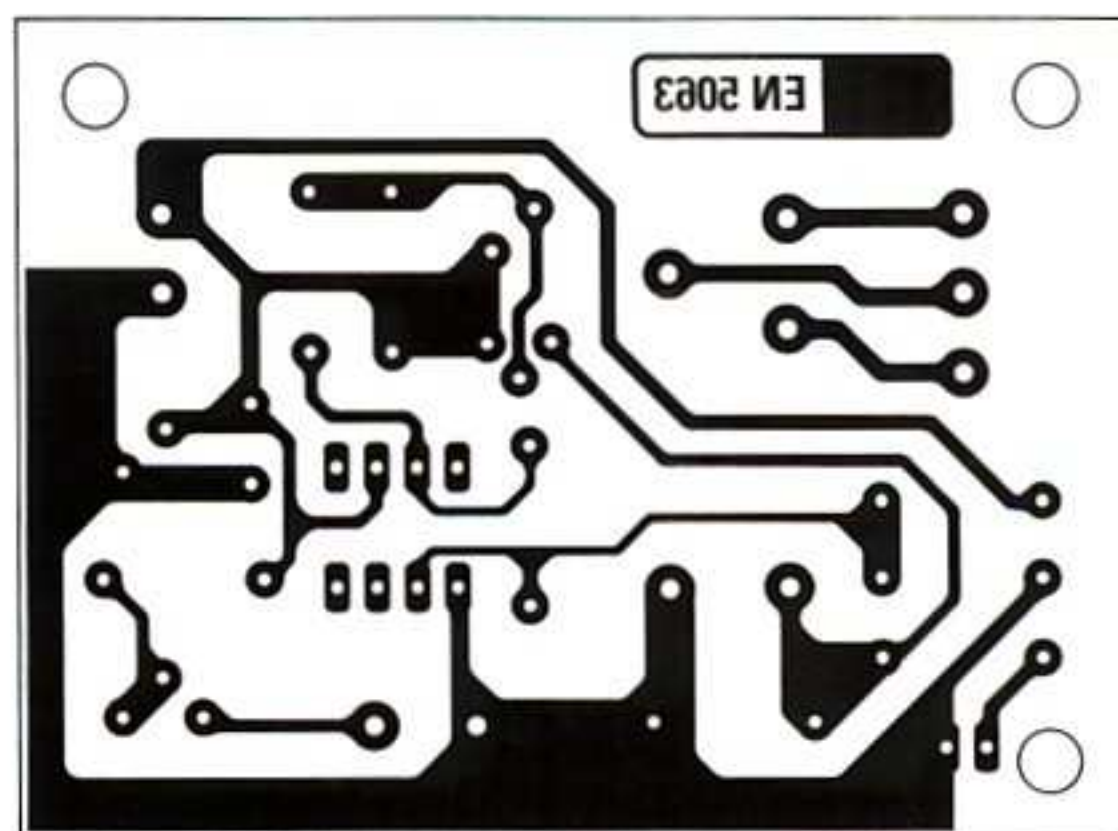


Figure 14 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5063. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un boîtier plastique dans lequel vous ferez un trou pour le passage de la LED et un autre pour que la lumière puisse venir couvrir la surface photosensible de la photorésistance. Mais, là encore, cette dernière peut également être placée à distance de la platine et du boîtier plastique (dans ce cas reliez-la au moyen d'un câble bifilaire)

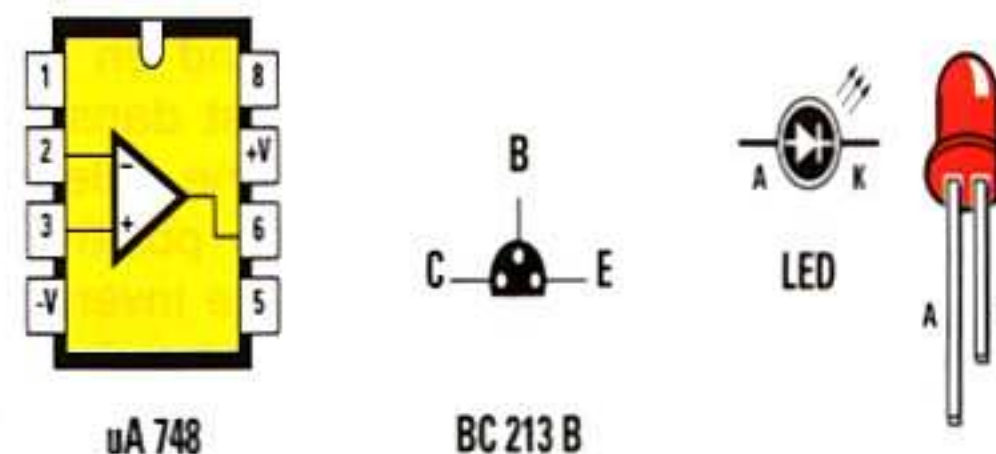


Figure 15 : Brochages du circuit intégré vu de dessus, du transistor vu de dessous et de la LED vue de face.

Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est en haut : fil rouge et le - en bas fil noir). Sur le bornier à 3 pôles on retrouve les sortie correspond au relais: le centre (fil marron) étant le commun du contact.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5063 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes lorsqu'ils sont libres de droits sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>

EN5064 Deux seuils variables avec deux opérationnels et un transistor

Le circuit de la figure 16 pourrait être utilisé comme interrupteur crépusculaire, car il dispose de deux seuils d'intervention pour activer le relais. Vous voyez que la photorésistance FR1 est reliée à la fois à la broche inverseuse 2 de l'opérationnel IC1 et à la broche non inverseuse 3 de l'opérationnel IC2 (deux TL081).

Rappelons tout d'abord qu'en appliquant sur la broche inverseuse 2 de IC1 une tension positive supérieure à celle présente sur la broche 3, nous aurons sur la broche de sortie 6 une tension négative correspondant à un niveau logique 0, soit aucune tension.

En revanche si nous appliquons sur la broche non inverseuse 3 de IC2 une tension positive supérieure à celle présente sur la broche 2, nous aurons sur la broche de sortie 6 une tension positive correspondant à un

niveau logique 1, soit une tension de quelques 11-12 V.

Le trimmer R1 relié à la broche non inverseuse 3 de IC1 sert à activer le relais quand la photorésistance est dans l'obscurité, car cette photorésistance étant à sa valeur ohmique maximale, sur la broche non inverseuse 2 on aura la tension positive maximale de 12 V.

Il s'ensuit que la broche de sortie 6 de IC1 mettra à la masse DS1 et la R6 reliée à la base de TR1 : ce transistor étant un PNP, il se met à conduire et active le relais relié à son collecteur.

Le trimmer R4 relié à la broche inverseuse 2 de IC2 permet de régler le seuil de lumière avec laquelle le relais s'activera à nouveau (double seuil en fait).

Illuminée, la photorésistance a une

valeur ohmique faible, ce qui fait diminuer la tension sur la broche non inverseuse 3 de IC2 sous le seuil réglé avec le trimmer R4.

Dans ces conditions sur la broche de sortie 6 de IC2 nous retrouvons une tension de 0 V mettant DS2 à la masse : TR1 étant un PNP, il se met à conduire et le relais relié à son collecteur s'active.

Nous avons utilisé deux TL081. Le circuit fonctionne sous une tension positive entre 12 et 15 V, à prendre sur une petite alimentation stabilisée.

Pour le réglage on agit dans l'obscurité sur R1 jusqu'à activer le relais et allumer la LED ; puis on règle le niveau désiré avec R4 jusqu'à réactiver le relais et rallumer la LED. Au moment du réglage, pensez que la tension sur la broche 3 de IC1 doit être supérieure à celle présente sur la broche 2 de IC2.

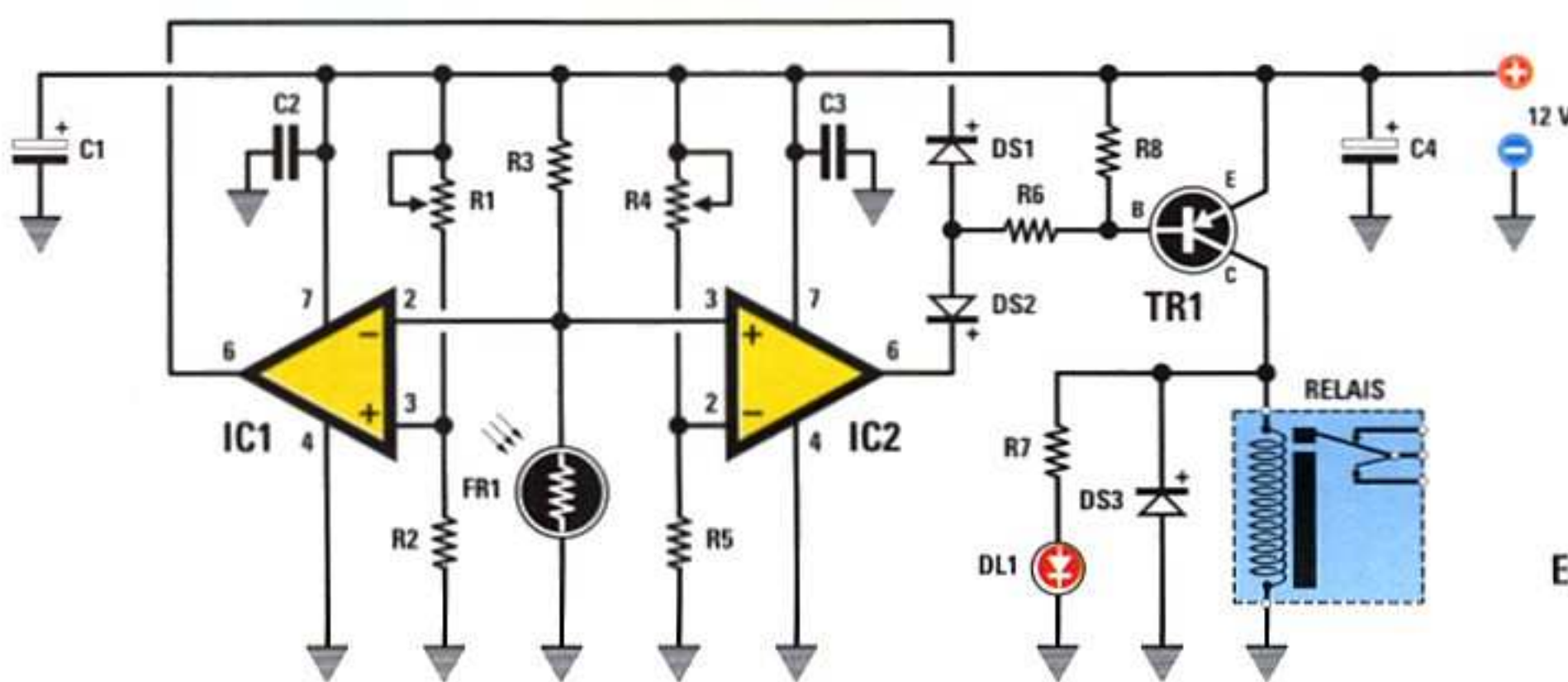
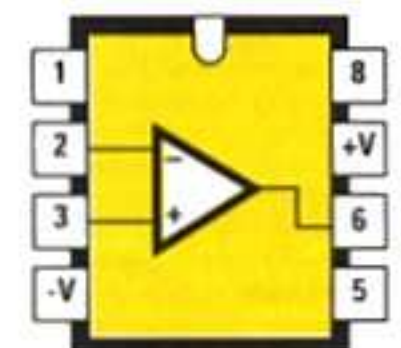
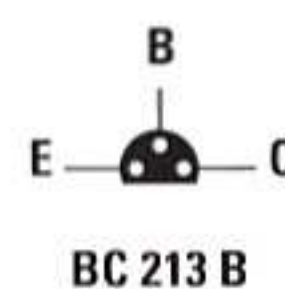


Figure 16 : Schéma électrique du circuit EN5064.



TL 081

Figure 17 : Brochages du circuit intégré amplificateur opérationnel TL081 vu de dessus.

Liste des composants EN5064

R1..... 10 k trimmer
R2..... 1 k
R3..... 5,6 k
R4..... 10 k
R5..... 1 k
R6..... 12 k

R7..... 1 k
R8..... 27 k
C1..... 100 µF électrolytique
C2..... 100 nF polyester
C3..... 100 nF polyester
C4..... 100 µF électrolytique
DL1... LED
DS1 .. 1N4148
DS2 ... 1N4148

DS3 ... 1N4007
FR1.... photorésistance
TR1.... PNP BC213B
IC1..... TL081
IC2..... TL081
RELAIS 12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des quart de W.

Figure 18a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5064. Veillez à maintenir le boîtier du transistor à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention au repère-détrompeur en U des opérationnels, il doit être tournés vers la droite. Les bagues des diodes sont vers le haut et le méplat de TR1 vers le bas.

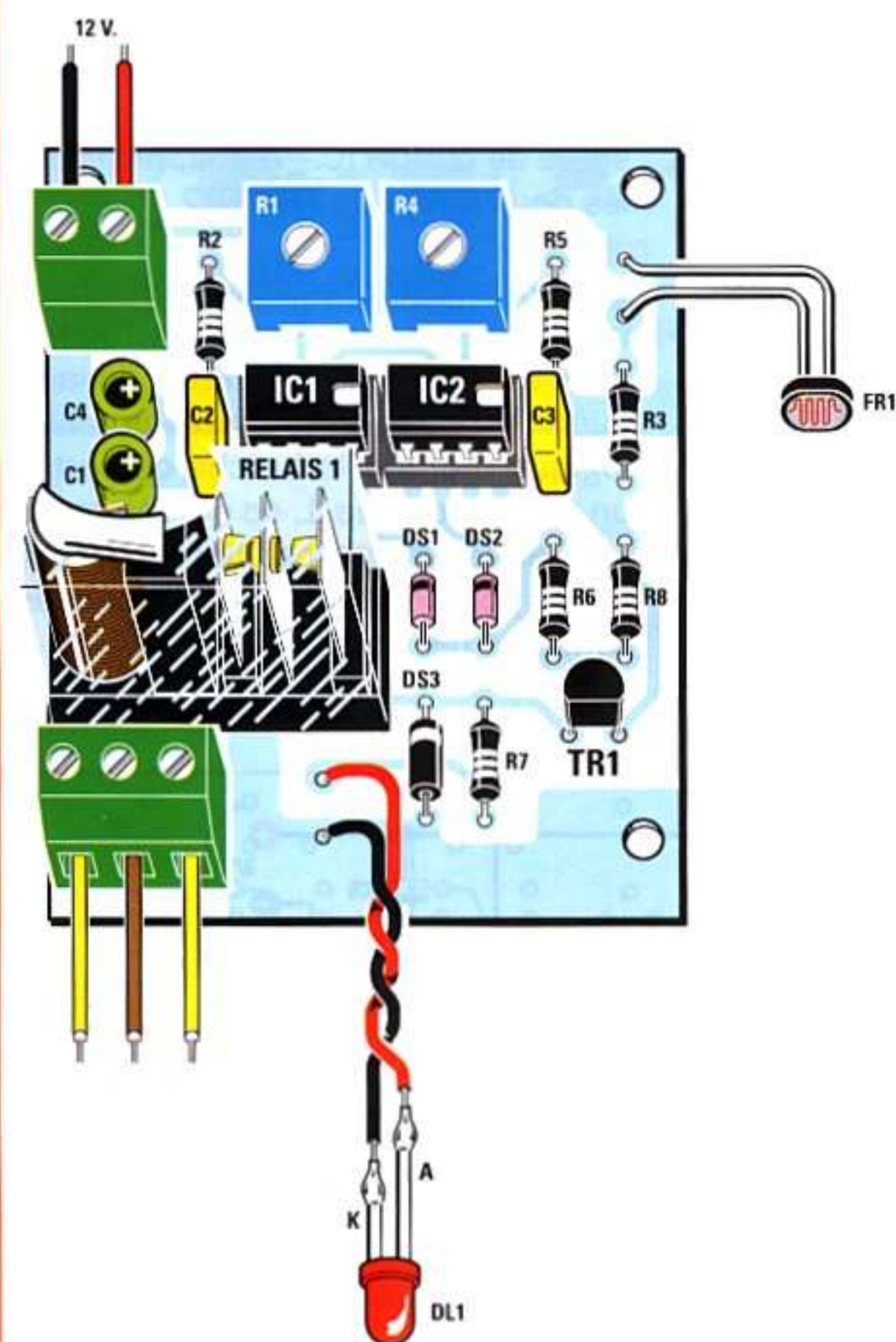


Figure 19 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5064. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un boîtier plastique dans lequel vous ferez un trou pour le passage de la LED et un autre pour que la lumière puisse venir couvrir la surface photosensible de la photorésistance. Mais, là encore, cette dernière peut également être montée à distance de la platine avec un câble bifilaire.

La figure 18 vous donne le schéma d'implantation complet des composants.

Aucune difficulté pour le montage mais attention à la polarité des diodes et de DL1 ainsi que des condensateurs électrolytiques, du transistor et des circuits intégrés (montés sur support, repère-détrompeur en U vers la droite tous les deux). Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est à droite : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais avec le commun au centre.

mentation 12 V (attention à la polarité, le + est à droite : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais avec le commun au centre.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5064 est disponible

chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes lorsqu'ils sont libres de droits sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>

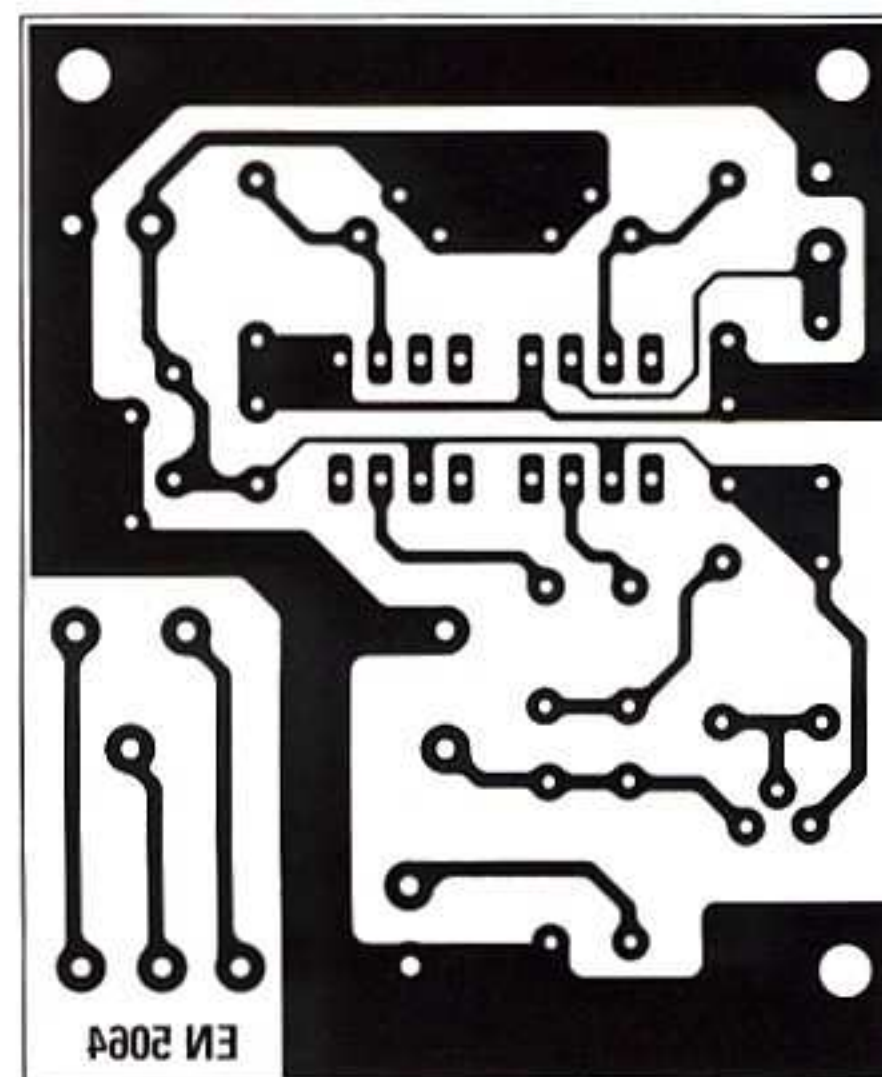
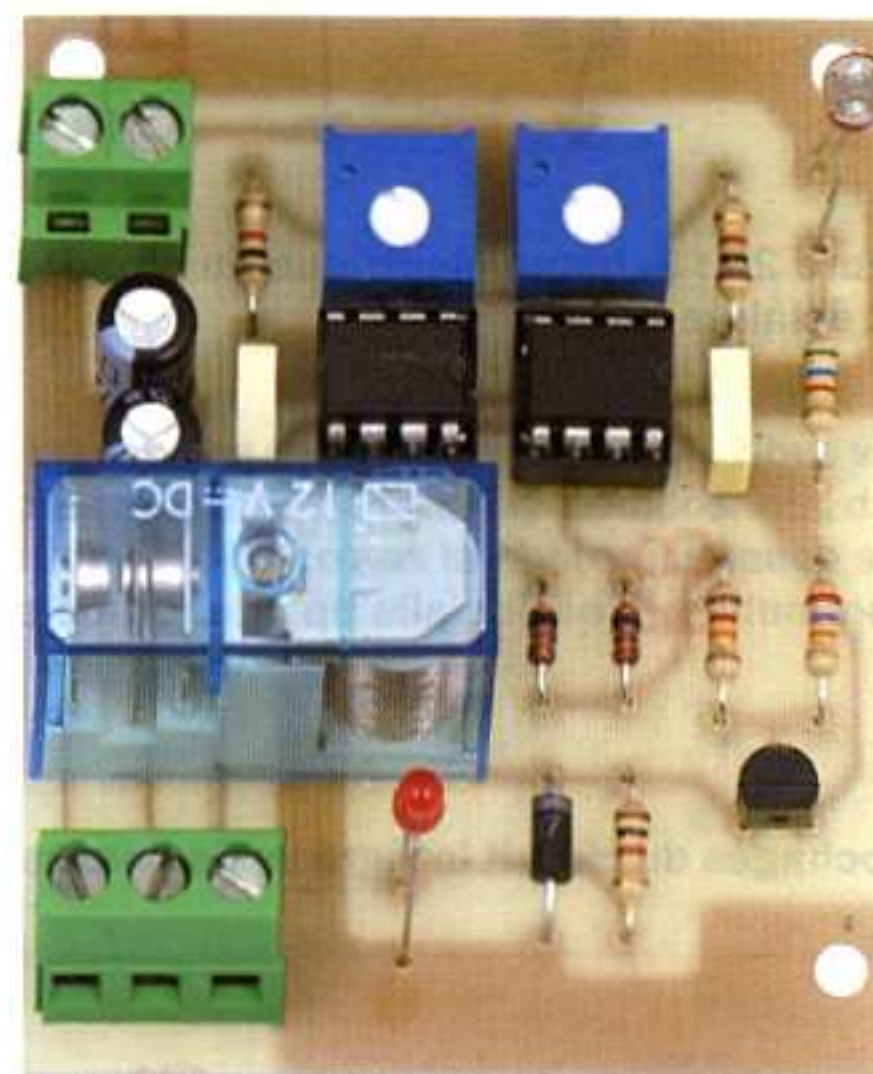


Figure 18b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5064.



EN5066 Sonne quand nous allumons une lumière

Il peut être utile de disposer d'un circuit émettant une note acoustique modulée dès qu'une photorésistance est éclairée.

S'il ne vous en vient pas à l'esprit, voici quelques exemples.

Vous suspectez que quelqu'un entre dans votre bureau et fouille dans les tiroirs dès que vous avez le dos tourné : eh bien ce circuit soulignera l'allumage de l'éclairage par l'intrus en faisant retentir une note d'alarme dans un petit haut-parleur !

Vous pourrez aussi protéger votre armoire personnelle contre toute intrusion discrète avec ce montage.

Ce matériel protégera de la même manière un coffret ou un bac à fiches contenant des documents confidentiels.

Pour réaliser ce circuit d'alarme dirigés contre les indélicatesses de votre entourage, nous avons mobilisé deux circuits intégrés CMOS CD4002 : chacun contient deux portes NOR à quatre entrées ; nous avons également utilisé deux transistors finaux pour piloter le haut-parleur de 8 ohms.

Les deux premières NOR, IC1/A et IC1/B, sont montées en premier oscillateur pour produire une fréquence sonore de 6 Hz environ modulant le second oscillateur

composé de IC2/A et IC2/B. Ces derniers produisent une fréquence de 800Hz environ, modulée par la fréquence de 6 Hz : on a donc une note modulée prélevée à travers R5 sur la broche de sortie de la NOR IC2/B et appliquée sur les deux bases de TR1-TR2.

Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance devient faible et donc sur la broche d'entrée 2 de la première NOR IC1/A se trouve un niveau logique 0 et sur la broche de sortie 1 un niveau logique 1, ce qui fait osciller le premier étage oscillateur ; même chose pour le second étage oscillateur constitué par les NOR IC2/A-IC2/B.

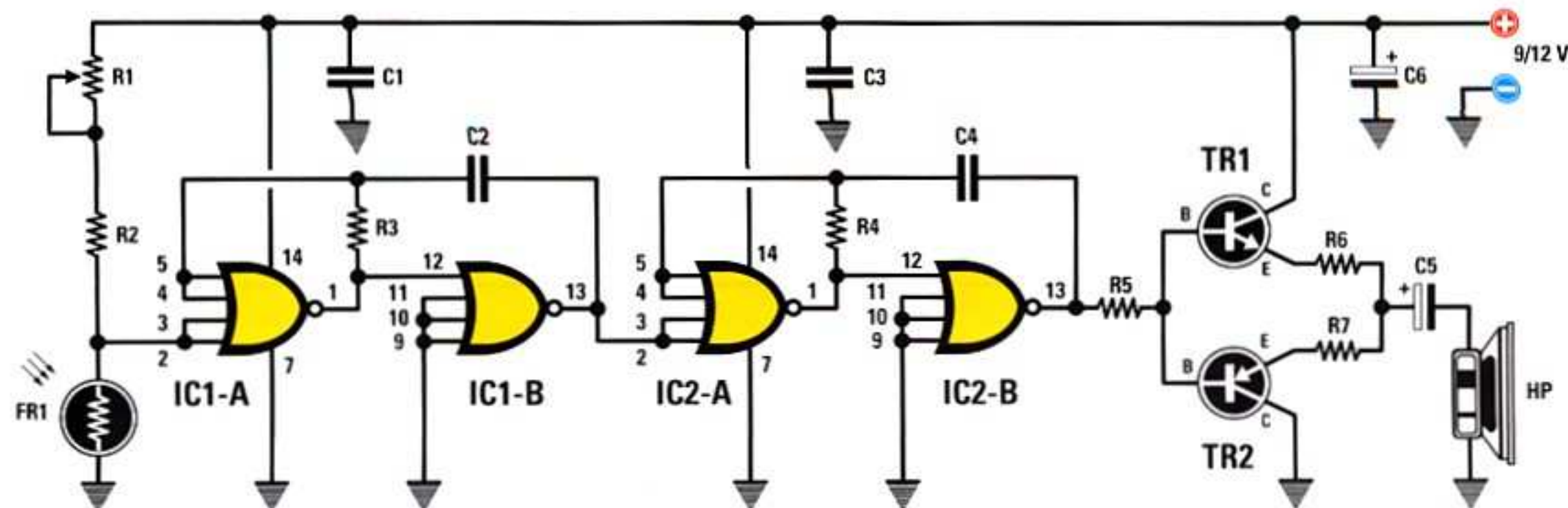
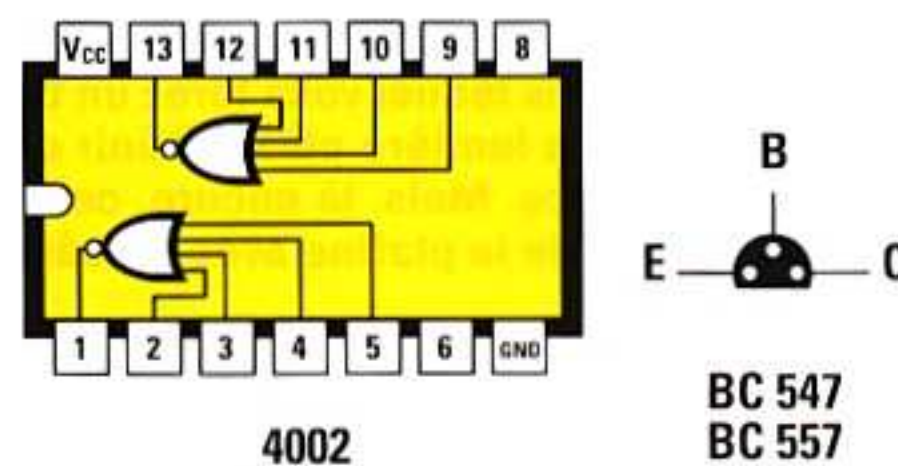


Figure 20 : Schéma électrique du circuit EN5066. Il émet une note modulée dans le haut-parleur lorsque la photorésistance est éclairée.

Brochages du circuit intégré vu de dessus et du transistor vu de dessous



Liste des composants EN5066

R1..... 10 k trimmer
 R1..... 10 k trimmer
 R2..... 1 k
 R3..... 1 M
 R4..... 820 k
 R5..... 1 k

R6..... 4,7
 R7..... 4,7
 C1..... 100 nF polyester
 C2..... 100 nF polyester
 C3..... 100 nF polyester
 C4..... 1 nF polyester
 C5..... 100 µF électrolytique
 C6..... 47 µF électrolytique
 FR1.... photorésistance

TR1.... NPN BC547
 TR2.... NPN BC547
 IC1.... CMOS CD4002
 IC2.... CMOS CD4002
 HP..... haut-parleur 8 ohms

Note : toutes les résistances sont des quart de W.

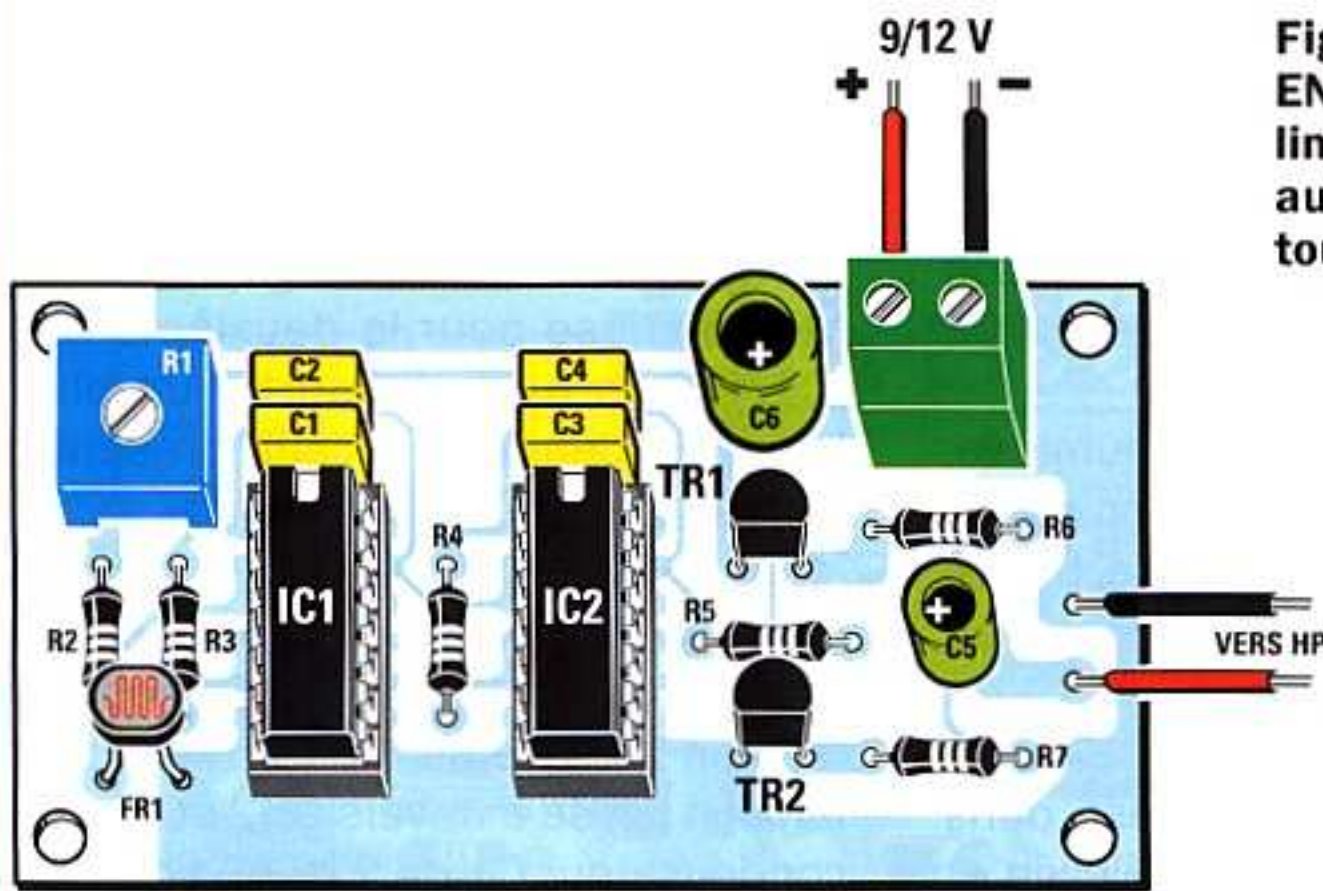


Figure 21a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5066. Veillez à maintenir le boîtier des transistors à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention aux repère-détrompeurs en U des circuits intégrés, il doivent être tournés vers le haut.

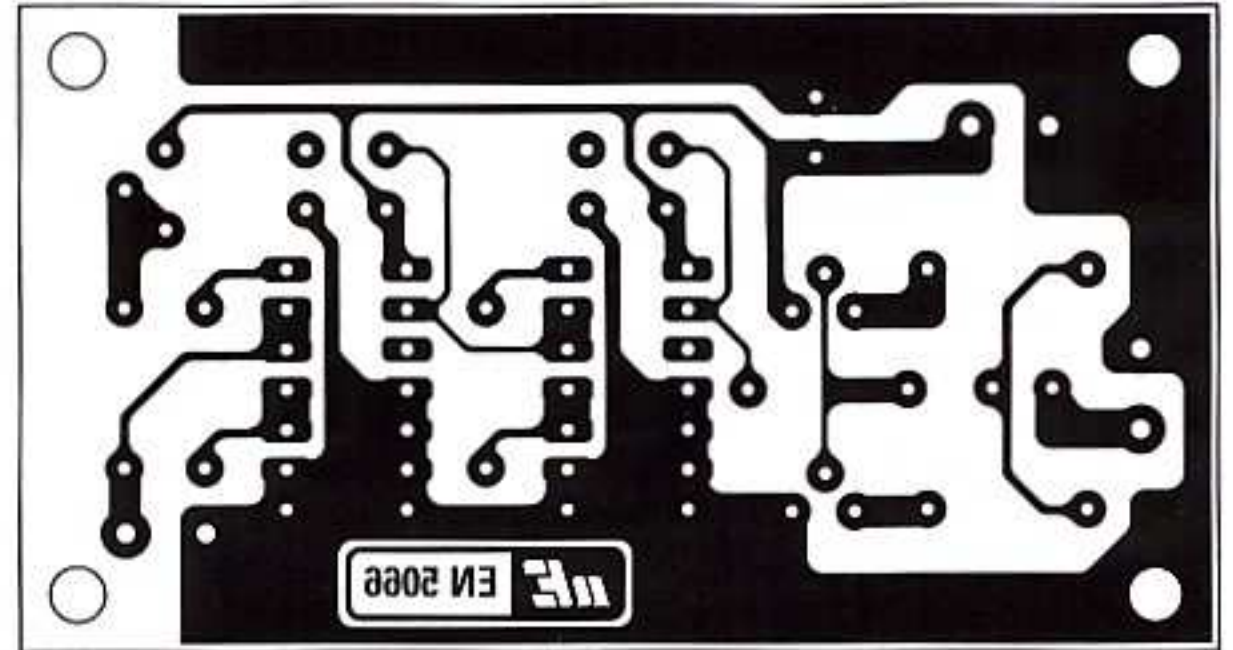


Figure 21b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit coté cuivre EN5066.

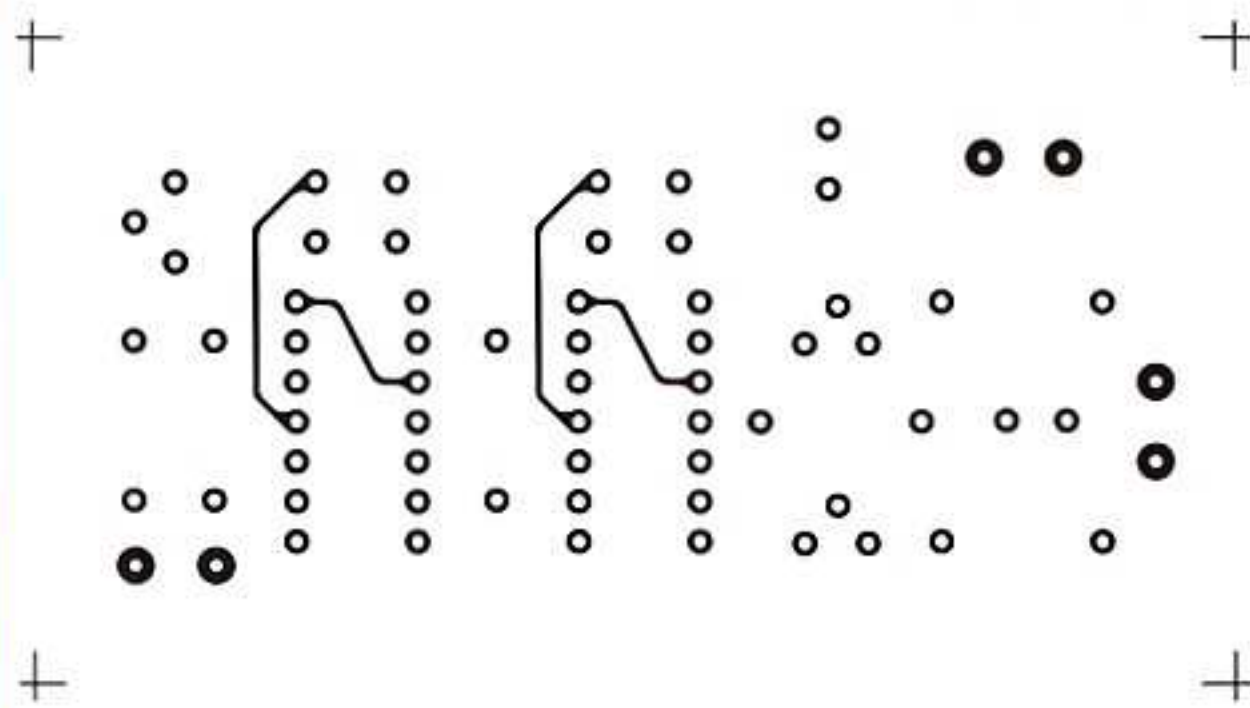


Figure 21c : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit coté composants EN5066.

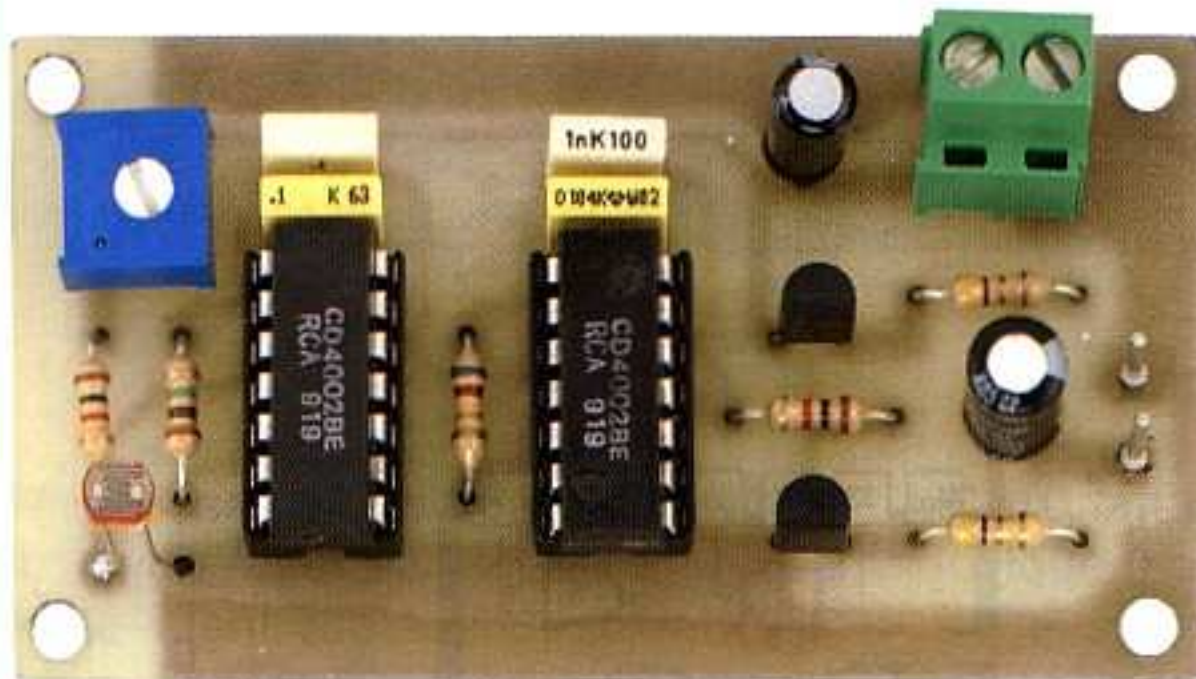


Figure 22 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5066. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans une petite enceinte acoustique : dans ce cas la photorésistance sera montée à l'extérieur de ce boîtier afin qu'elle puisse être illuminée.

Quand la photorésistance est dans le noir, sa résistance devient très élevée et donc sur la broche d'entrée 2 de la première NOR IC1/A se trouve un niveau logique 1 et sur la broche de sortie 1 un niveau logique 0, ce qui bloque les deux étages oscillateurs, celui constitué des NOR IC2/A-IC2/B compris.

Note :

En remplaçant la photorésistance par un poussoir, il est possible de réaliser un carillon simple produisant une sonnerie modulée.

La figure 21 vous donne le schéma d'implantation des composants.

Aucune difficulté mais comme toujours, attention à la polarité des condensateurs électrolytiques, des transistors et des circuits intégrés (montés sur support, repère-détrompeurs en U vers le haut tous les deux).

Sur le bornier à 2 pôles vous raccordez la tension d'alimentation 12 V et sur les deux picots de droite vous raccordez les fils du haut-parleur (point chaud en bas : fil rouge).

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage **EN5066** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>

EN5067 Un relais activé par l'obscurité mais insensible aux éclairs lumineux

Le circuit de la figure 23 est insensible aux brefs éclairs de lumière et donc il n'est pas influencé quand la photorésistance est brièvement éclairée par des phares de voiture ou les éclairs d'un orage.

Pour obtenir ceci nous avons introduit un retard de 6 secondes, ce qui empêche le relais de se désactiver si la lumière ne reste pas plus de 6 secondes (ce délai est le temps nécessaire pour décharger le condensateur C1 de 220 nF polyester).

Le circuit de la figure 23 active le relais lorsque la photorésistance se trouve dans l'obscurité (LED allumée) et le désactive seulement si la photorésistance est illuminée pendant plus de 6 secondes.

Comme vous le voyez, la photorésistance est montée entre le positif d'alimentation et le trimmer R1 de réglage.

Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance est faible et donc sur le collecteur de TR1 (voir TP1) se trouve une tension de 0 V, correspondant à un niveau logique 0.

Lorsque la photorésistance est dans le noir, sa résistance est très élevée et donc sur le collecteur de TR1 (voir TP1) se trouve une tension positive égale à celle d'alimentation (ou presque) correspondant à un niveau logique 1. Comme ces niveaux logiques sont appliqués sur les deux entrées de la première NAND

IC1/A, montée en inverseuse, sur sa sortie on a un niveau logique inverse. Même chose pour la deuxième NAND IC1/B : on a sur sa sortie un niveau logique identique à celui présent sur le point de test TP1.

Donc, quand la photorésistance est dans l'obscurité, sur la NAND IC1/B on a une tension positive de 12 V environ ; cette tension passe à travers DS2 et charge le condensateur C1 de 220 nF polyester.

Cette tension est ensuite appliquée aux entrées de la troisième porte NAND IC1/C, montée elle aussi en porte inverseuse : on trouve donc à sa sortie un niveau logique inverse.

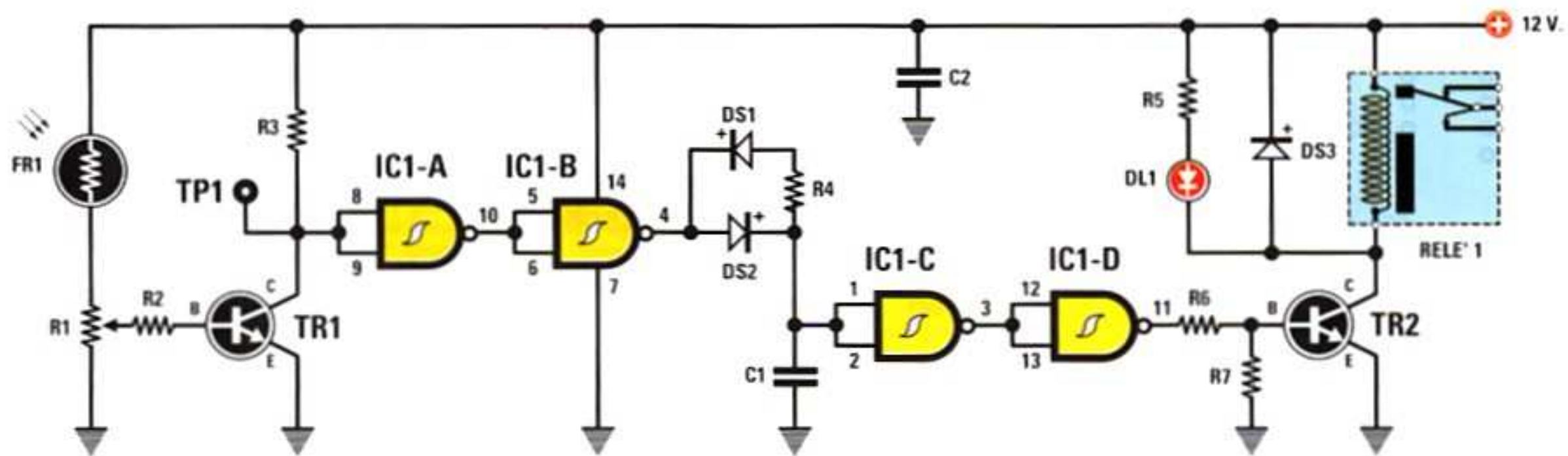
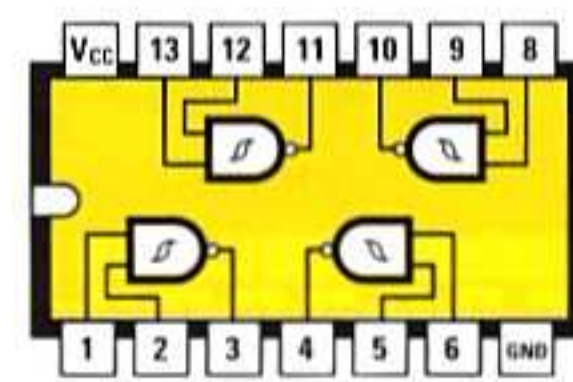
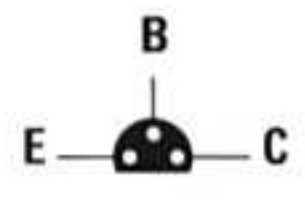


Figure 23 : Schéma électrique du circuit EN5067.

Brochages du circuit intégré vu de dessus et du transistor vu de dessous.



4093



BC 547

Liste des composants EN5067

R1..... 10 k trimmer
R2..... 1 k
R3..... 10 k
R4..... 10 M
R5..... 1 k

R6..... 10 k
R7..... 10 k
C1..... 220 nF polyester
C2..... 100 nF polyester
FR1.... photorésistance
DS1 ... 1N4150
DS2 ... 1N4150

DS3 ... 1N4007
TR1.... NPN BC547
TR2.... NPN BC547
IC1.... CMOS 4093
RELAIS 12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des quart de W.

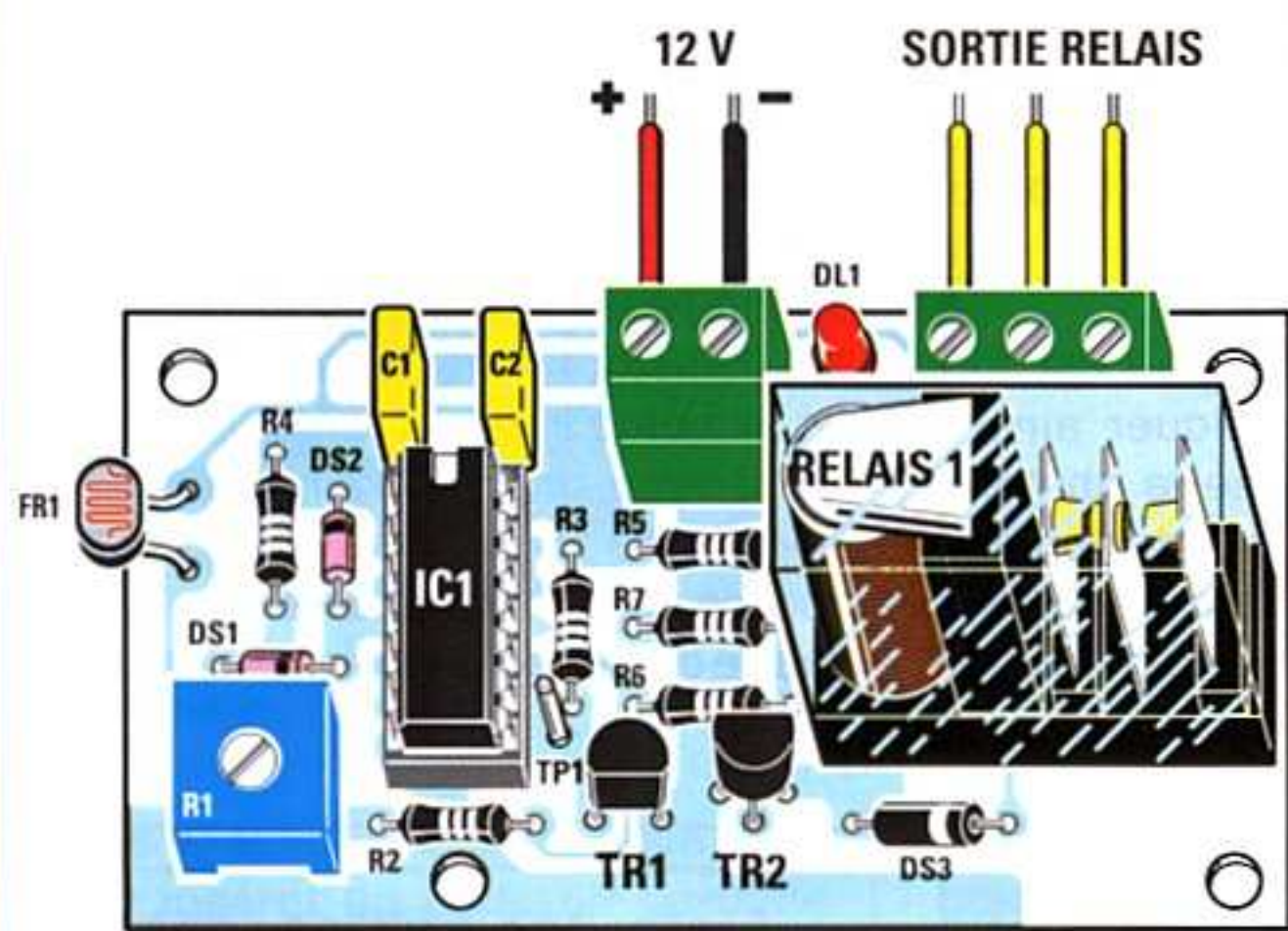


Figure 24a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5067. Veillez à maintenir le boîtier des transistors à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention au repère-détrompeur en U du circuit intégré, il doit être tourné vers le haut.

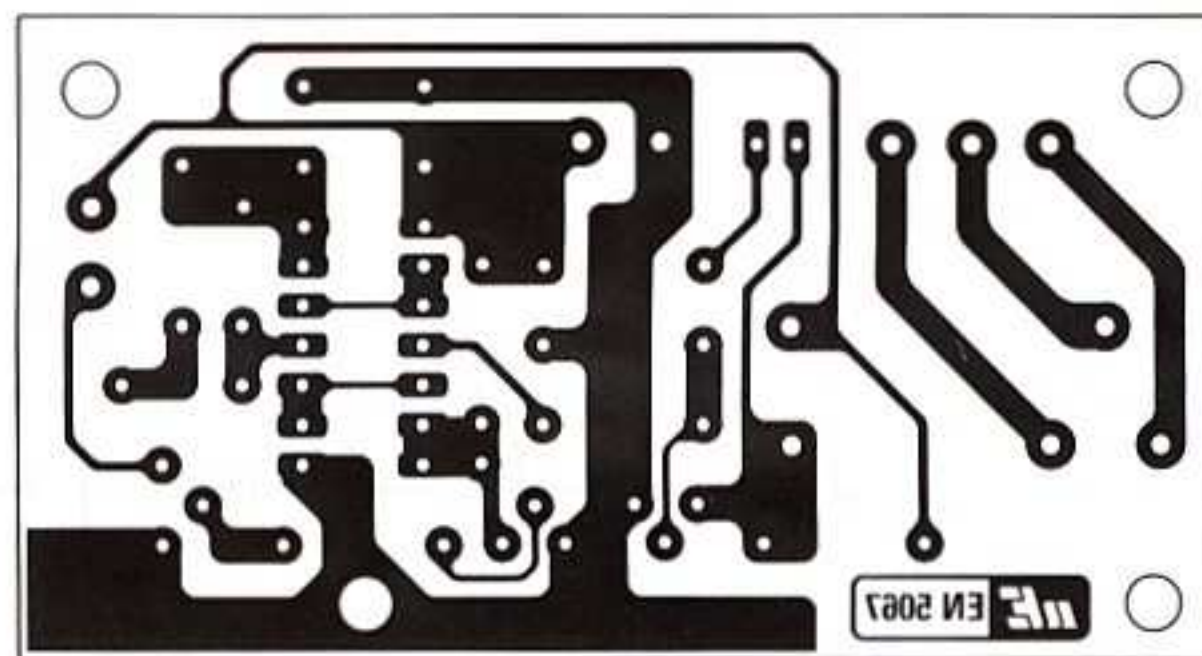


Figure 24b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5067.

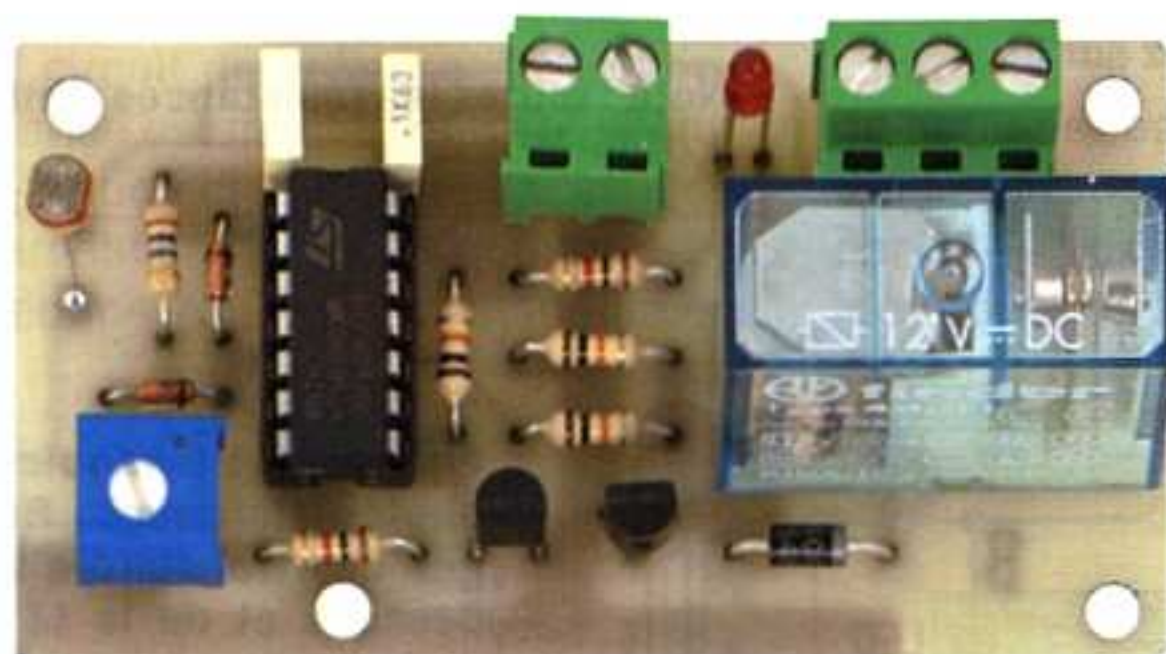


Figure 25 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5067. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un petit boîtier plastique : dans ce cas la photorésistance sera montée à l'extérieur de ce boîtier (ou alors on pratiquera un petit trou dans ce dernier) afin qu'elle puisse être illuminée.

Même chose pour la quatrième NAND IC1/D : on a sur sa sortie un niveau logique identique à celui présent sur le point de test TP1, soit 12 V positif. Cette tension polarise la base du NPN TR2 qui se met à conduire et active le relais relié à son collecteur.

Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance est faible et donc sur le collecteur de TR1 on n'a aucune tension, soit un niveau logique 0. La double inversion du niveau logique par les deux NAND IC1/A-IC1/B montées en cascade ne fait rien d'autre que restituer le niveau logique d'entrée (soit 0 V sur le collecteur de TR1) sur la broche de sortie 4 de IC1/B. C1 pourra donc se décharger «lentement» à travers la résistance de valeur élevée R4 et DS1. Passé 6 secondes, la tension aux extrémités de C1 a atteint le niveau de seuil inférieur et la NAND

IC1/C fait passer sa sortie du niveau logique 0 au niveau logique 1, lequel est ensuite inversé par la NAND suivante, montée en inverseuse, de telle manière que le relais est activé.

Le trimmer R1 est à régler avec l'éclairage de la pièce jusqu'à ce que la LED s'éteigne ; on occulte alors la photorésistance afin que la LED s'allume et que le relais s'active. Pour régler R1, procédez comme suit:

- Après avoir relié un multimètre au point de test TP1, tournez lentement l'axe du trimmer jusqu'à lire une tension d'environ 10-11 V.
- Le relais s'active et la LED s'allume.
- Quand vous éclairez la photorésistance, la tension sur TP1 descend jusqu'à environ 0 V et, après environ 6 secondes, le relais se désactive et la LED s'éteint.

La figure 25 vous donne le schéma d'implantation des composants. Aucune difficulté mais attention à la polarité des diodes, de la LED, des transistors et du circuit intégré (monté sur support, repère-détrompeur en U vers le haut). Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est à gauche : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5067 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>.

EN5068 Un relais activé par la lumière piloté par un thyristor

Dans le circuit de la figure 26, la photorésistance est utilisée pour polariser la base d'un NPN : le transistor se met à conduire et active le relais. Les contacts de ce relais sont utilisés comme interrupteur et par conséquent nous pouvons leur relier une ampoule secteur 230 V ou bien une ampoule basse tension 12-24 V ... ou même de petits

moteurs, des sirènes, bref n'importe quel dispositif électronique.

Le fonctionnement du circuit est fort simple et on peut l'expliquer ainsi : quand la lumière illumine la photorésistance, la résistance de cette dernière est faible et donc le courant parcourant le trimmer R2 crée à ses extrémités une

tension positive. Cette tension polarise la base d'un NPN : le transistor conduit et active la gâchette du thyristor THY1. Ce thyristor se met lui aussi à conduire et alimente le relais relié à son anode. La tension positive d'alimentation peut aller de 9 à 15 V. Quand le thyristor a commencé à conduire, pour le faire cesser, il faut le couper de la tension d'alimentation.

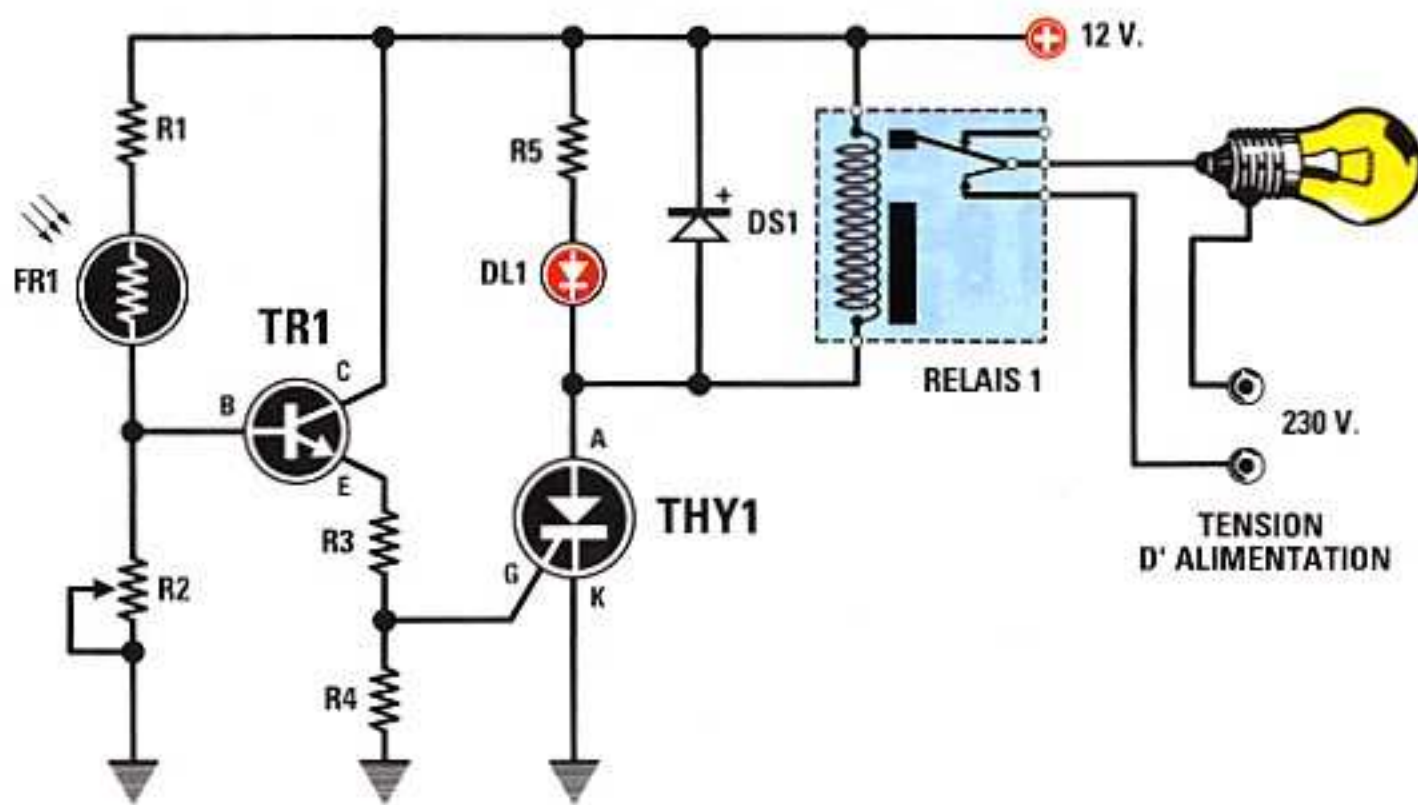


Figure 26 : Schéma électrique du circuit EN5068. La photorésistance active le relais quand elle est éclairée. Pour modifier sa sensibilité, agissez sur le trimmer R2.

Liste des composants EN5068

R1.....	2,2 k
R2.....	5 k trimmer
R3.....	1 k
R4.....	1 k
R5.....	1 k
FR1....	photorésistance
DS1 ...	1N4007
DL1....	LED
TR1....	NPN BC547
THY1..	thyristor 2N2324
RELAIS	12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

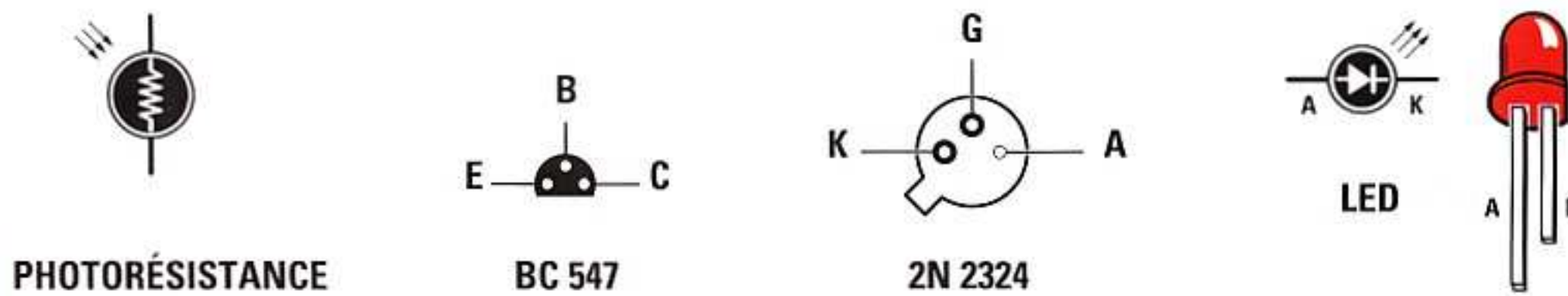


Figure 27 : Symbole de la photorésistance. Broches des transistors vus de dessous et de la LED vue de face.

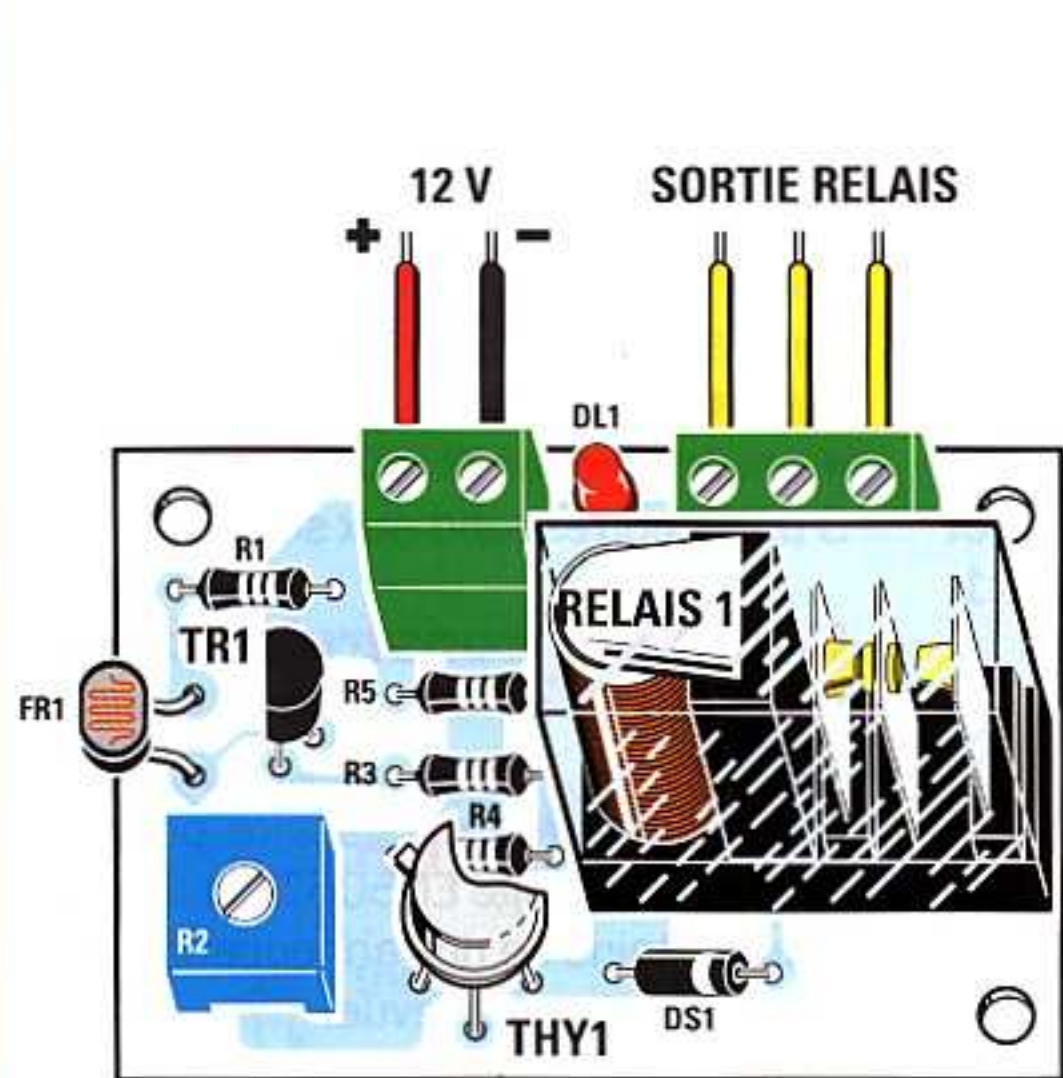


Figure 28a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5068. Veillez à maintenir le boîtier du transistor et celui du thyristor à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention à la polarité de DS1 et DL1. Le repère-détrompeur du thyristor est le petit ergot, lequel doit «regarder» vers l'angle supérieur droit du trimmer R2. Le méplat de TR1 est tourné vers la photorésistance.

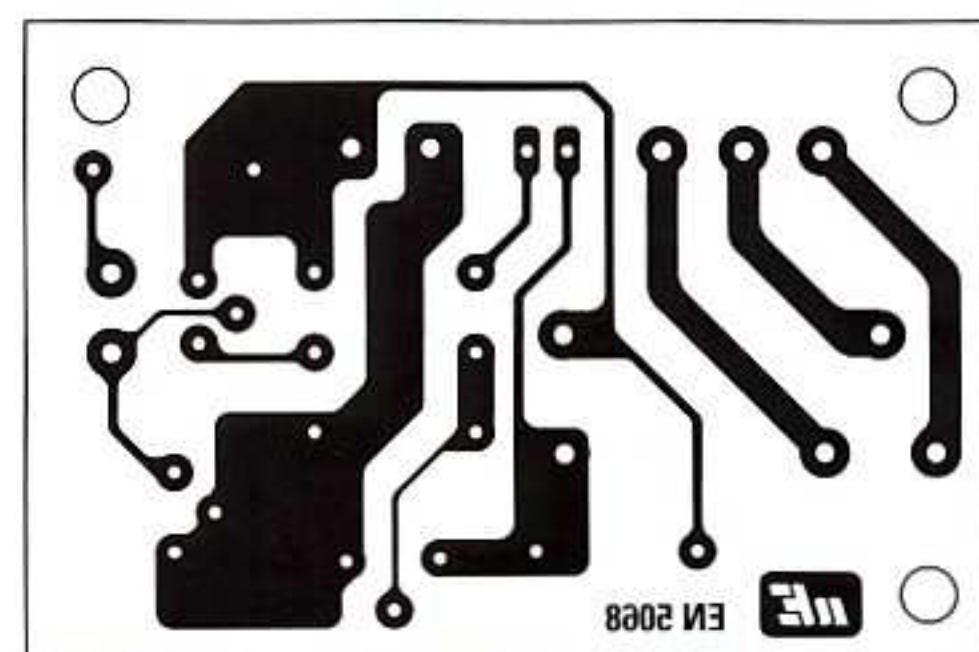


Figure 28b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5068.

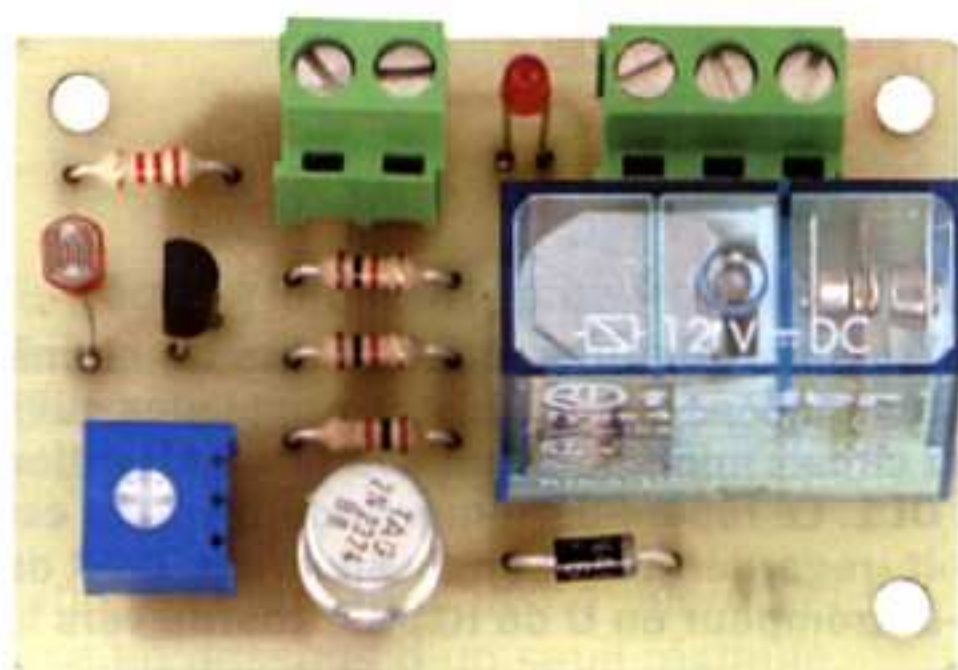


Figure 29 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5068. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un petit boîtier plastique : dans ce cas la photorésistance sera montée à l'extérieur de ce boîtier (ou alors on pratiquera un petit trou dans ce dernier) afin qu'elle puisse être illuminée.

Pour cela, si vous le jugez utile, vous pouvez insérer un poussoir normalement fermé ou un petit interrupteur en série dans l'alimentation. La figure 28 vous donne le schéma d'implantation des composants. Aucune difficulté mais attention à la polarité de la diode, de la LED, du transistor et du thyristor. Sur le bornier à 2 pôles arrive la ten-

sion d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est à gauche : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour cons-

truire ce montage **EN5068** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip> ◆

EN5069 Un relais activé par l'obscurité piloté par un thyristor

Dans le circuit de la figure 30, la photorésistance est montée entre le positif d'alimentation et la broche inverseuse 2 de l'amplificateur opérationnel IC1 : l'opérationnel (un TL081) est monté en

comparateur de tension et sa valeur de seuil est égale à la moitié de celle d'alimentation ; elle est déterminée par R3-R4, deux résistances de valeurs identiques (10 K).

Quand la photorésistance est dans le noir, sa résistance est très élevée et donc on a sur la broche inverseuse 2 de IC1 une tension inférieure à celle présente sur la broche non inverseuse

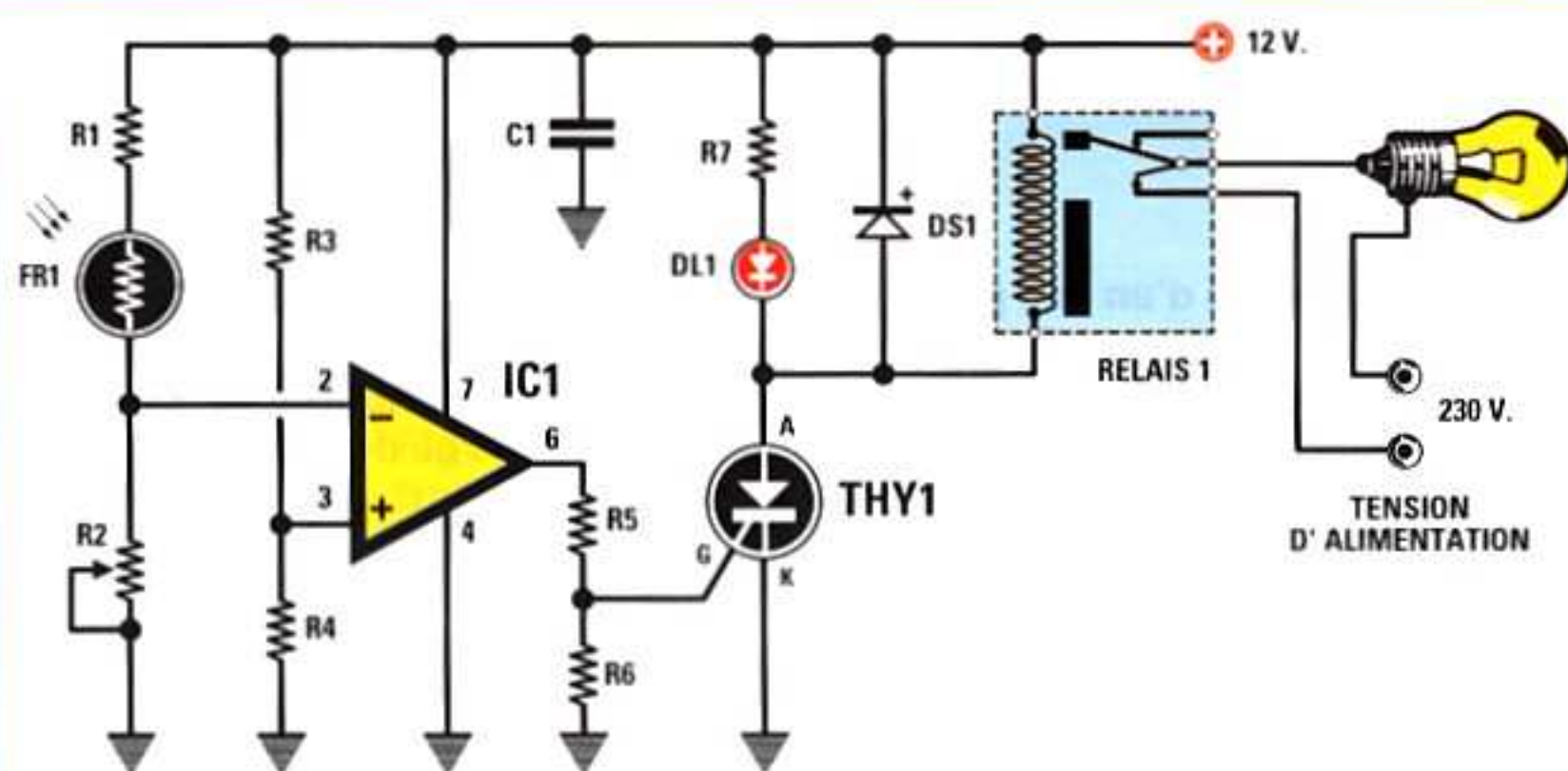
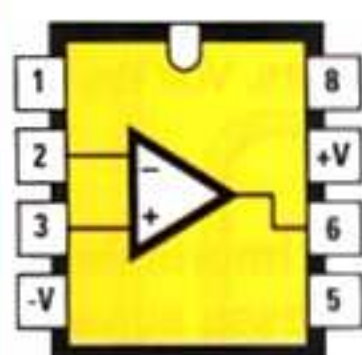


Figure 30 : Schéma électrique du circuit EN5069. La photorésistance active le relais quand elle est dans l'obscurité. Pour désactiver le relais lorsque la lumière revient, il faut là encore couper la tension d'alimentation au moyen d'un interrupteur ou d'un poussoir normalement fermé monté en série dans l'alimentation.

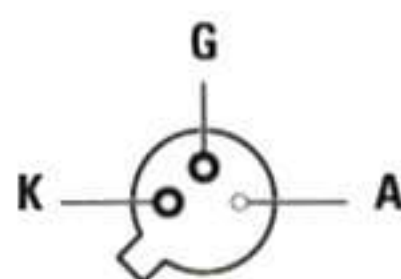
Liste des composants EN5069

- R1..... 1 k
- R2..... 10 k trimmer
- R3..... 10 k
- R4..... 10 k
- R5..... 100
- R6..... 100
- R7..... 1 k
- FR1.... photorésistance
- C1..... 100 nF polyester
- DS1 ... 1N4007
- DL1.... LED
- IC1..... TL081
- THY1.. thyristor 2N2324
- RELAIS 12 V 1 contact

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.



TL 081



2N 2324

Figure 31 : Brochages du circuit intégré vu de dessus et du transistor vu de dessous.

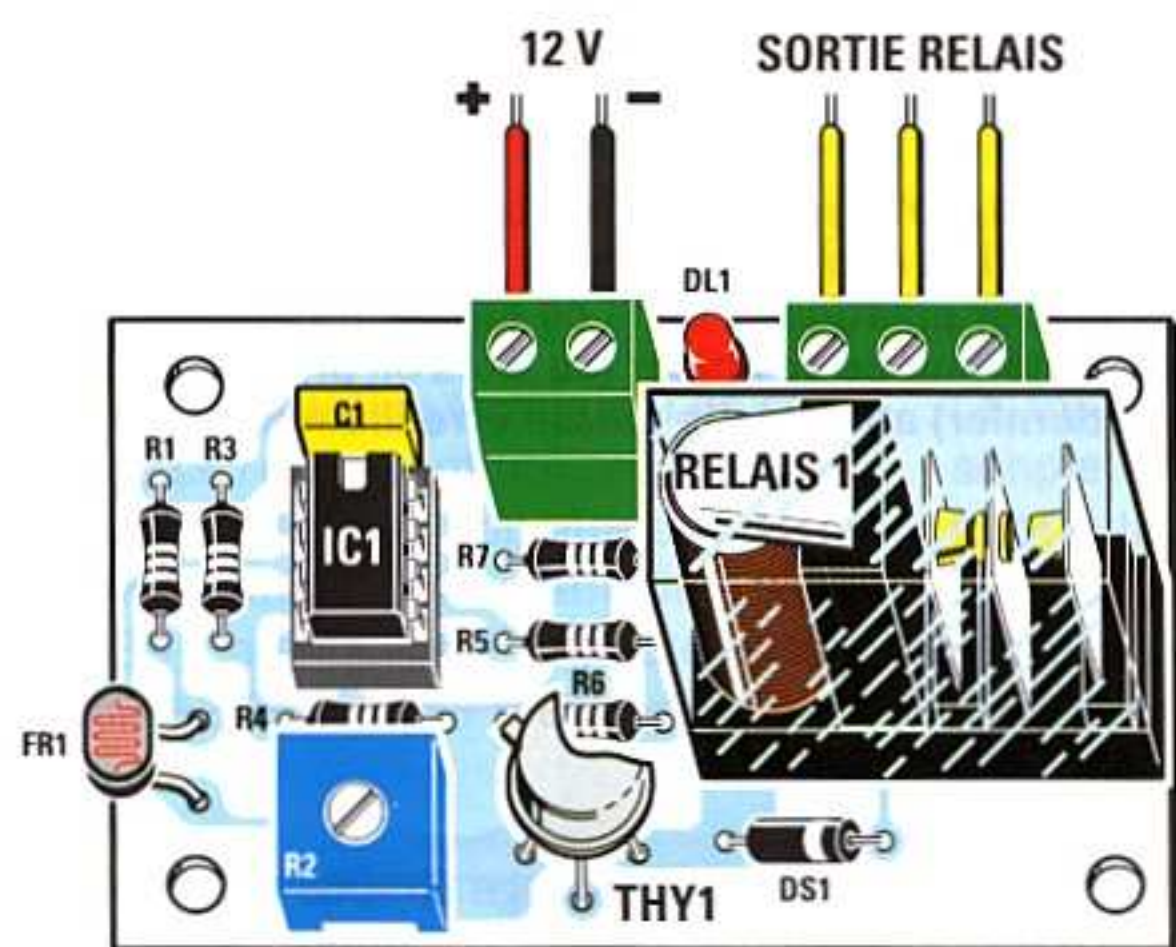


Figure 32a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5069. Veillez à maintenir le boîtier du thyristor à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. Attention à la polarité de DS1 et DL1. Le repère-détrompeur du thyristor est le petit ergot, lequel doit «regarder» vers l'angle supérieur droit du trimmer R2. Le repère-détrompeur en U de IC1 est tourné vers le haut.

Figure 32b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5069.

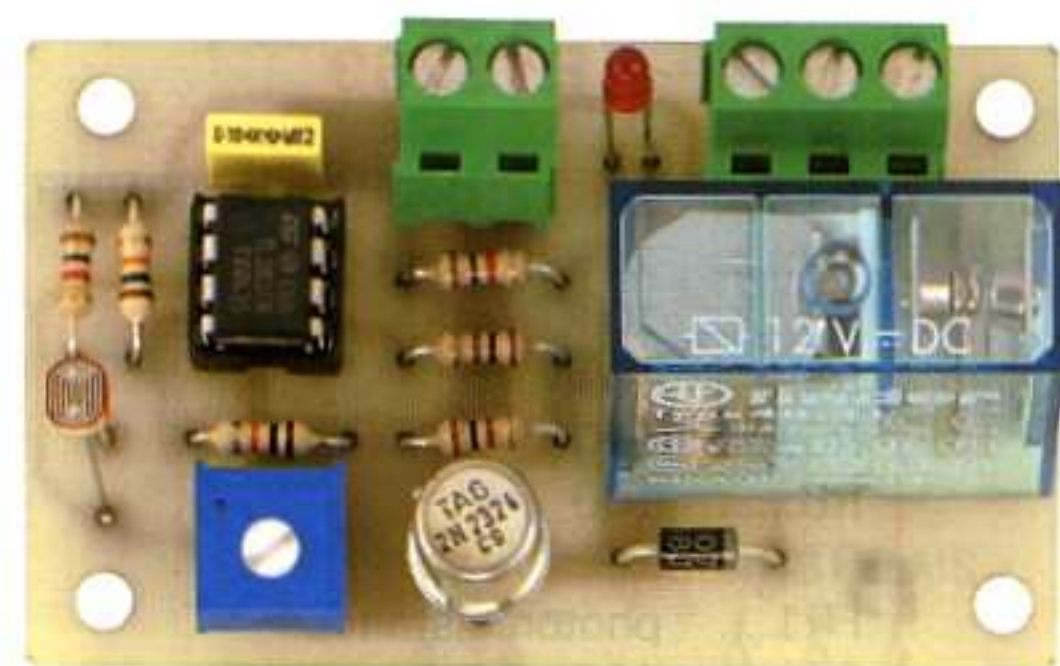
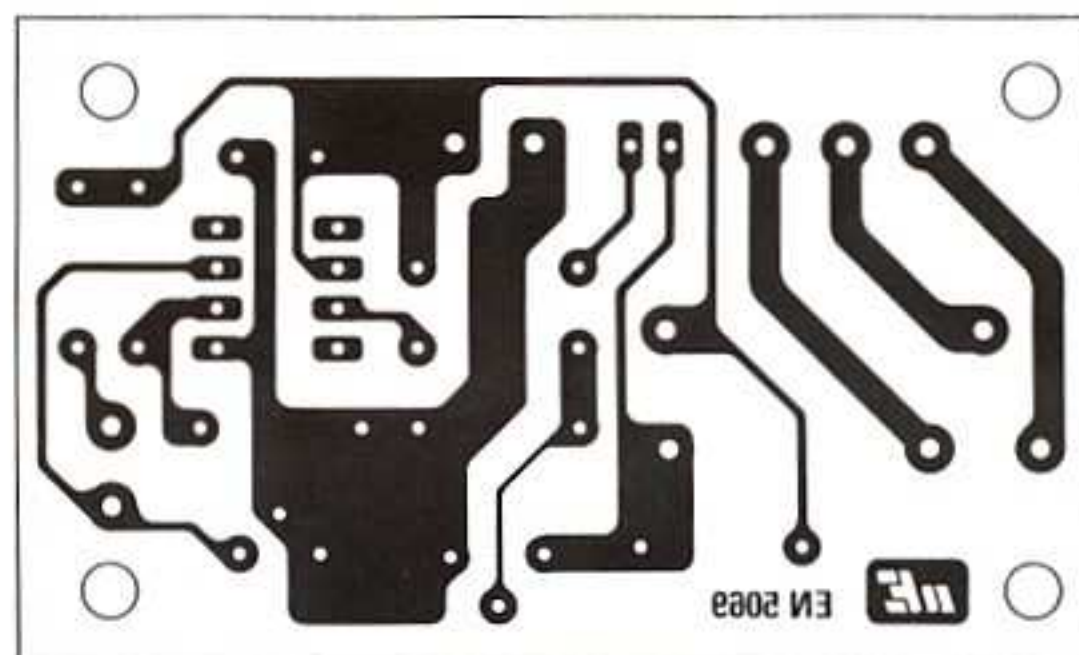


Figure 33 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5069. Nous vous suggérons de l'installer, après montage de tous les composants, dans un petit boîtier plastique : dans ce cas la photorésistance sera montée à l'extérieur de ce boîtier (ou alors on pratiquera un petit trou dans ce dernier) afin qu'elle puisse être illuminée.

3 et par conséquent nous avons sur la broche 6 de sortie une tension positive activant la gâchette du thyristor THY1 : ce thyristor se met à conduire et active le relais relié à son anode.

Même si la photorésistance est illuminée (et donc présente une résistance faible) une fois que le thyristor s'est mis à conduire, pour l'arrêter il est nécessaire de couper la tension d'alimentation, avec un interrupteur ou bien un poussoir normalement fermé.

La figure 32 vous donne le schéma d'implantation des composants.

Aucune difficulté mais attention à la polarité de la diode, de la LED, du thyristor et du circuit intégré.

(Repère-détrompeur en U vers le haut).

Sur le bornier à 2 pôles arrive la tension d'alimentation 12 V (attention à la polarité, le + est à gauche : fil rouge) et le bornier à 3 pôles correspond aux sorties du relais.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5069 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>

EN5070 Un interrupteur crépusculaire piloté par un triac

Pour réaliser un interrupteur crépusculaire, il faut concevoir un circuit capable d'allumer une ou plusieurs ampoules électriques secteur 230 V.

Quand le soir la luminosité décroît et passe en dessous d'un seuil réglable, le circuit allume l'éclairage. Le schéma

électrique de la figure 34 utilise pour cela un triac alimentant des lampes en 230 V reliées à son anode 2 : la consommation ne doit cependant pas dépasser 1 000 W.

Le trimmer R2, monté en série avec la photorésistance, sert à régler l'extinction

des ampoules reliées au triac lorsque l'aube arrive. Quand la photorésistance est illuminée, sa résistance est très faible et donc la base de TR1 se trouve privée de sa tension de polarisation ; le transistor ne conduit plus et on a sur son collecteur la tension positive nécessaire pour polariser la base de TR2.

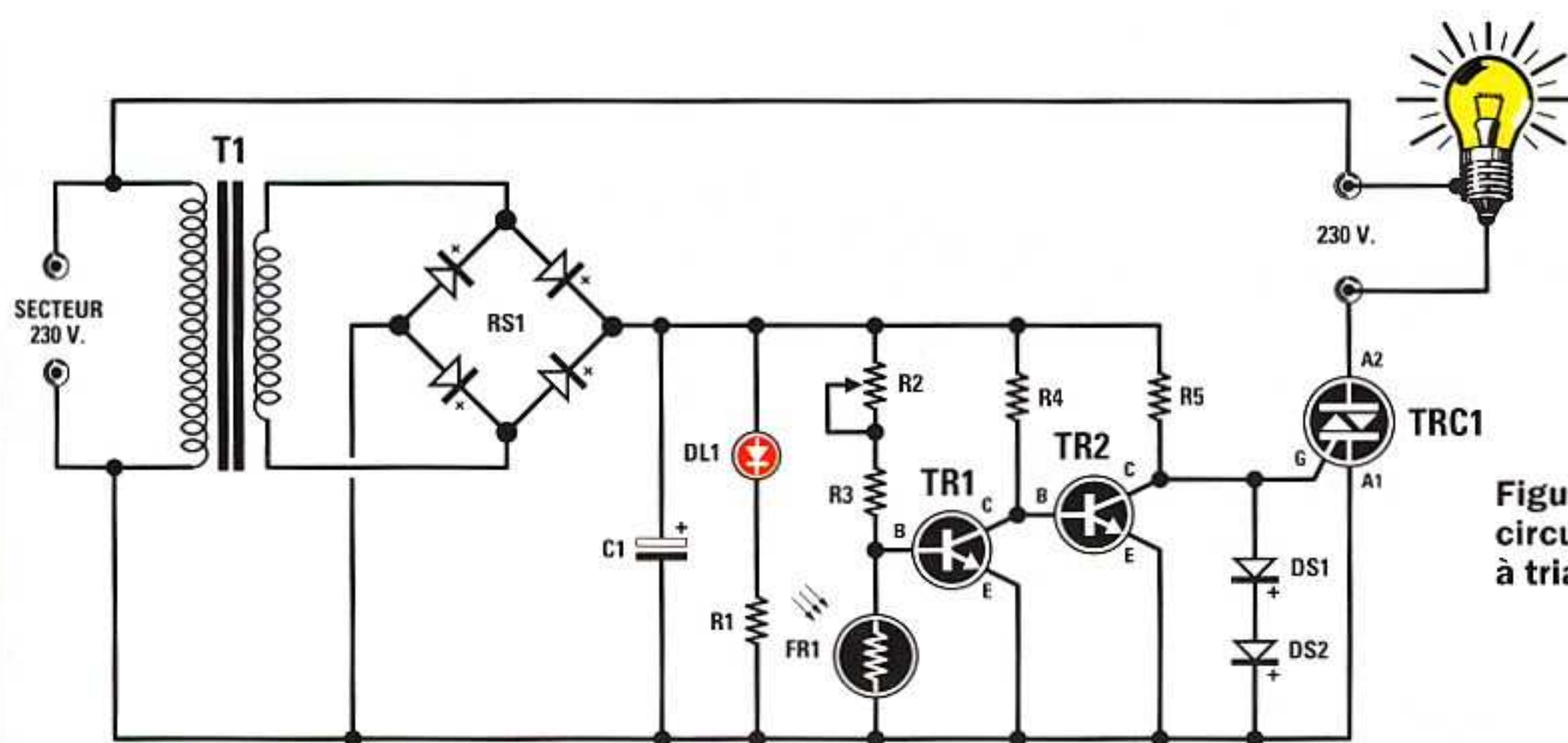


Figure 34 : Schéma électrique du circuit interrupteur crépusculaire à triac EN5070.

Figure 35 : Brochages des transistors vus de dessous et du triac vu de face.

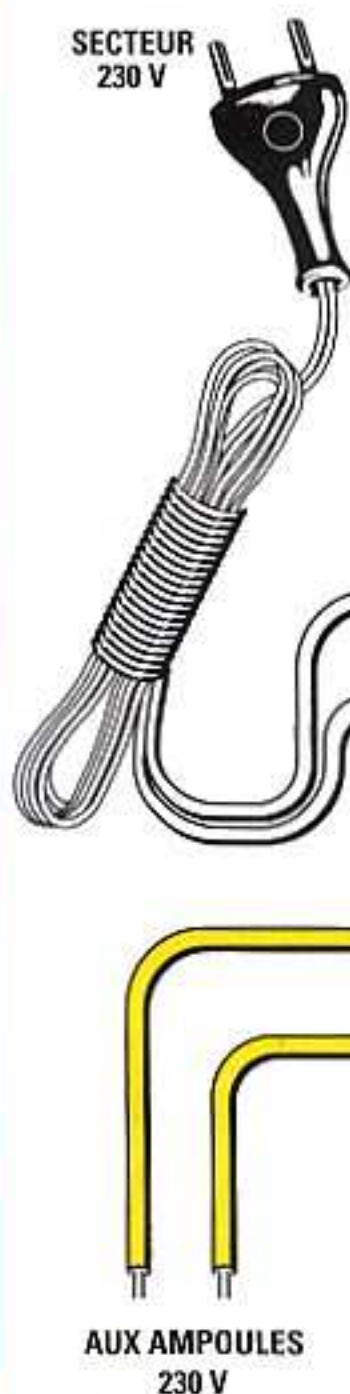
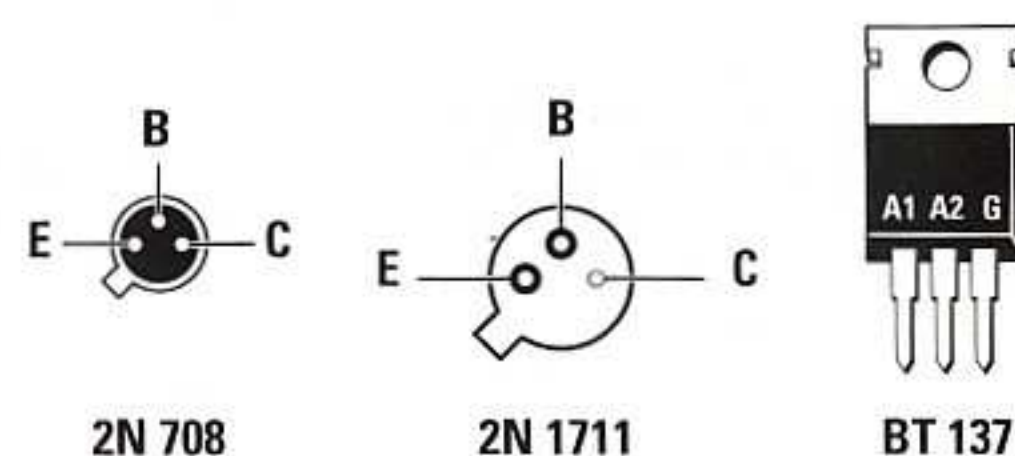


Figure 36a : Schéma d'implantation des composants du circuit EN5070. Veillez à maintenir le boîtier des transistors et du pont RS1 à quelques millimètres de la surface du circuit imprimé avant soudure. TRC1 est vissé au circuit imprimé au moyen d'un petit boulon 3MA. Attention à la polarité de DS1, DS2, DL1, des transistors, du pont et du triac sans oublier celle de l'électrolytique C1. Le repère-détrompeur de TR1 et TR2 est un petit ergot, lequel doit «regarder» vers l'angle supérieur droit de la platine.

Liste des composants EN5070

R1.....	820
R2.....	10 k trimmer
R3.....	10 k
R4.....	10 k
R5.....	220
FR1....	photorésistance
C1.....	220 µF électrolytique
DS1 ...	1N4007
DS2 ...	1N4007
RS1 ...	100 V 1 A
DL1....	LED
TR1....	NPN 2N708
TR2....	NPN 2N1711
TRC1 .	triac BT137
T1	transformateur 1 VA mod. TN00.50 sec. 9 V 50 mA

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

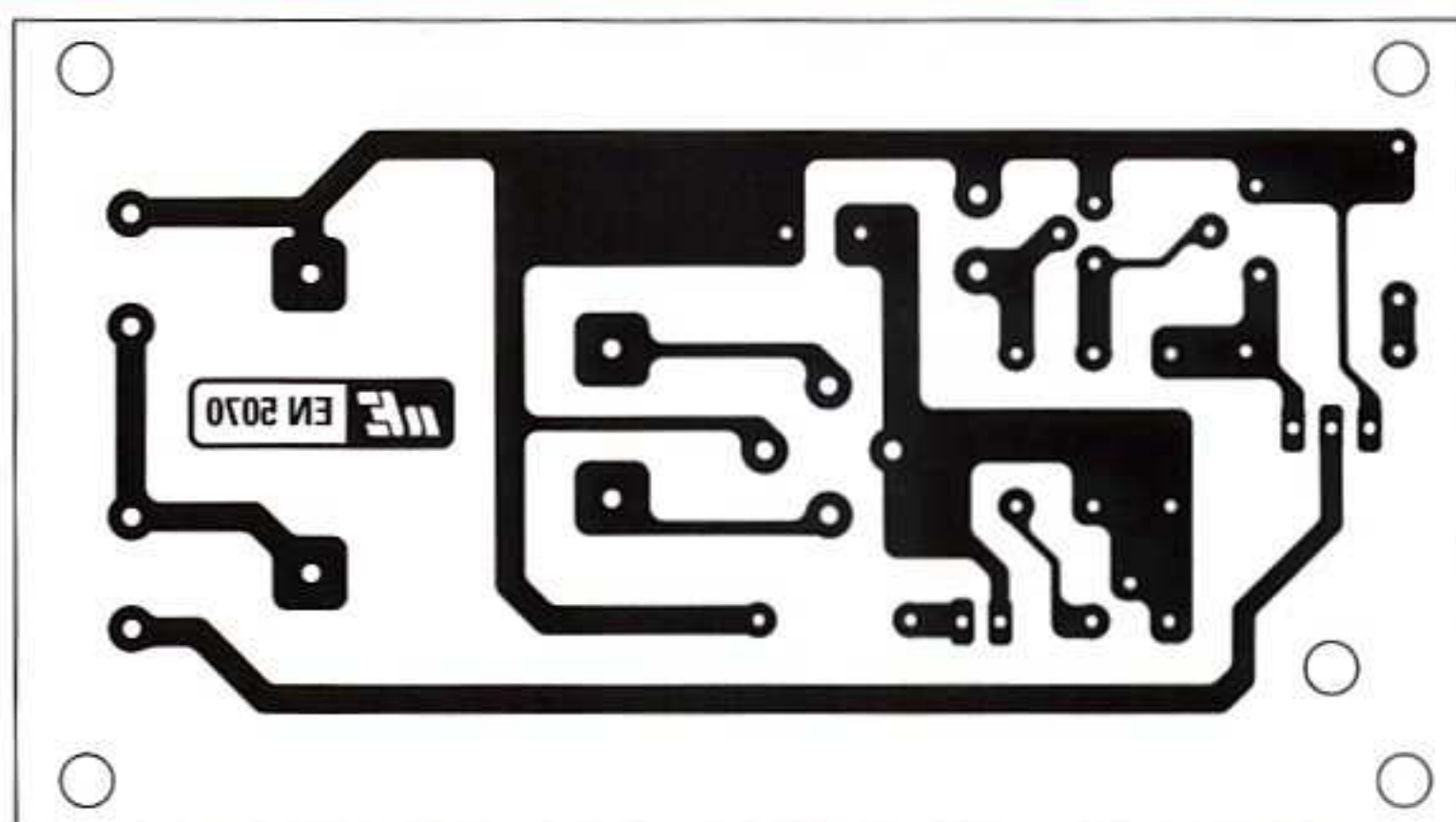


Figure 36b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du circuit EN5070.



Figure 37 : Photo d'un des prototypes de la platine EN5070. Nous vous recommandons INSTAMMENT de l'installer, après montage de tous les composants, dans un petit boîtier plastique : en effet, les pistes du circuit imprimé et les composants sont sous la tension du secteur 230 V qui peut être mortelle.

Ce transistor se met à conduire et donc ne peut piloter la gâchette du triac TRC1 ; par conséquent les lampes reliées à son anode 2 resteront éteintes.

Lorsque la photoresistance est dans le noir, sa résistance est très élevée et donc on a sur la base de TR1 une tension positive qui fait conduire ce transistor ; sur son collecteur on a alors 0V, ce qui ne permet pas de polariser la base de TR2 qui de ce fait ne peut conduire ; la gâchette de TRC1 est donc alimentée à travers R5 et les lampes reliées à l'anode 2 s'allument. Si l'on remplace le triac par un thyristor, comme ce dernier ne conduit qu'en présence des demi ondes positives du courant alternatif, il va alimenter les ampoules avec une tension moitié moindre, soit :

$$230 : 2 = 115 \text{ V.}$$

De quoi alimenter une guirlande estivale de jardin constituée de dix ampoules 12 V montées en série !

Note : le circuit doit obligatoirement être installé dans un boîtier plastique car les pistes du circuit imprimé et tous les composants qui y sont insérés (résistances, corps métallique des transistors, diodes, etc.) sont directement reliés au secteur 230 V. Si vous y touchez avec les mains vous risquez une électrocution pouvant être mortelle et, dans le meilleur des cas, fort désagréable !

La figure 36 vous donne le schéma d'implantation des composants.

Aucune difficulté mais attention à la polarité des diodes, de la LED, du triac, des transistors, du pont redresseur et du

condensateur électrolytique. Sur l'un des borniers à 2 pôles arrive la tension d'alimentation secteur 230 V (cordon sans prise de terre) et l'autre correspond aux sorties d'alimentation des ampoules.

Comment construire ce montage ?

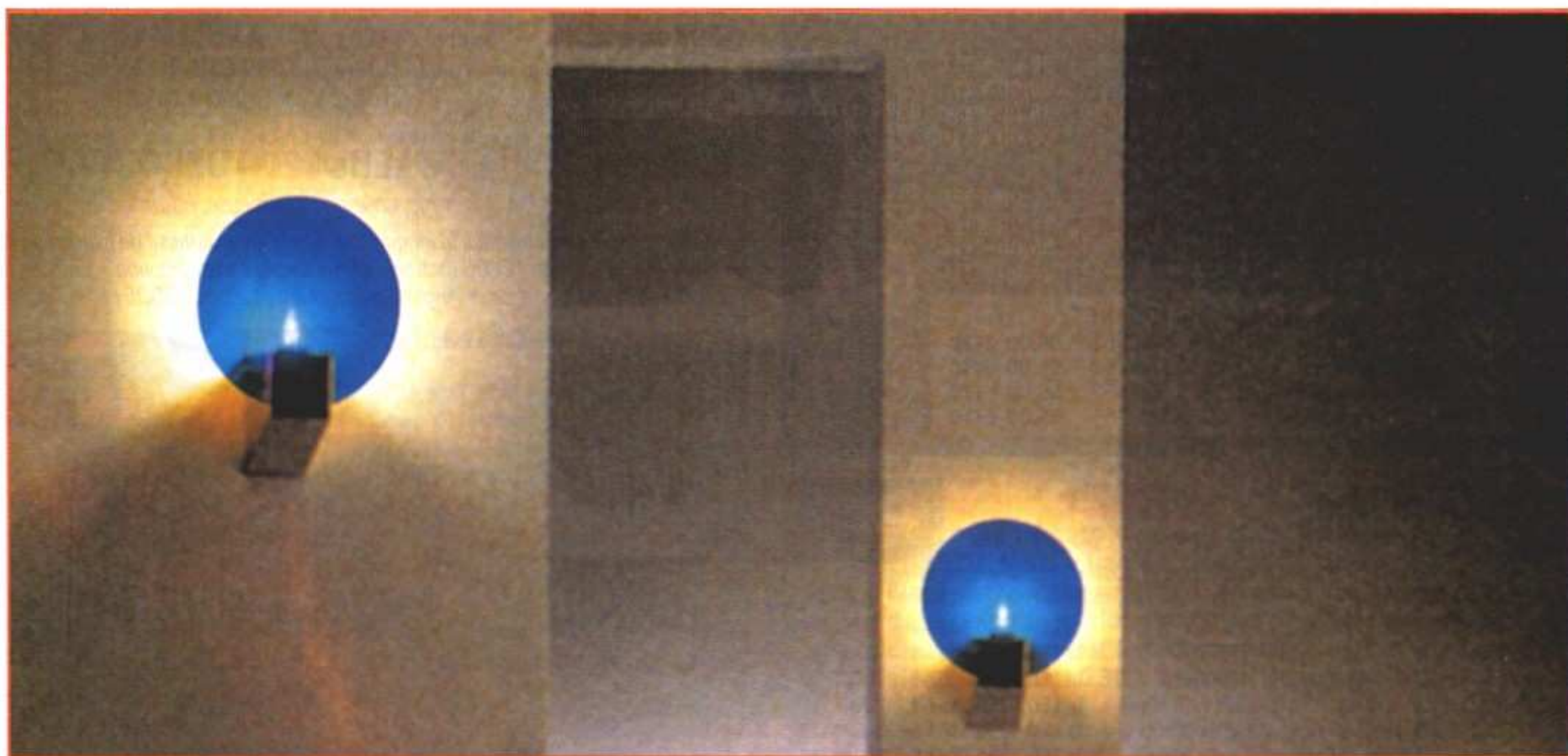
Tout le matériel nécessaire pour construire ce montage EN5070 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip>

Un interrupteur crépusculaire

Encore un montage simple à photoresistance (décidément ce numéro en regorge, ce sera le dixième). Ce circuit à quatre NAND, un transistor et un triac seulement allume automatiquement l'éclairage lorsque la nuit tombe et l'éteint quand l'aube point. Bien sûr le seuil d'allumage et d'extinction en fonction de la luminosité est réglable.



L'intérêt de ne pas avoir à gérer l'éclairage nocturne, d'une partie de l'appartement, du jardin ou d'une devanture et d'une vitrine commerciale, n'échappera à aucun d'entre vous. Vous saurez qu'au crépuscule les ampoules s'allument et qu'à l'aube elles s'éteignent et cela vous permettra de vaquer à vos occupations moins «automatisables». De plus, en terme d'aube et de crépuscule, le seuil d'extinction et d'allumage est bien sûr réglable. Ce qui vous permettra éventuellement de «détourner» ce circuit de sa destination conceptuelle.

Le schéma électrique

Le schéma électrique de la figure 2 présente encore une fois un montage à photoresistance, associée ici à un circuit intégré à quatre NAND et un triac.

Note : pour une théorie complète sur les portes NAND et les triacs, voyez votre Cours (il a été réédité en CDRom).

Commençons la description du schéma électrique par le transformateur secteur 230 V T1 : son enroulement secondaire fournit une tension alternative de 8 Vac que redresse le pont RS1 et égalise l'électrolytique C1 de 220 µF, ce qui nous donne une tension continue de quelques 11 V.

Nous l'avons assez dit dans ce numéro : lorsqu'une photoresistance comme FR1 est illuminée, sa résistance ohmique est très faible ; placée dans l'obscurité, sa résistance devient très élevée. En présence de lumière on a sur les deux broches d'entrée 1 et 2 de la NAND IC1/A un niveau logique 1 et sur la broche de sortie 3 un niveau logique 0, soit aucune tension (voir la table de vérité de la figure 1). Comme le montre la figure 2, la sortie de la NAND IC1/A est reliée à la broche d'entrée 13 de la NAND IC1/C et à la broche 9 de la NAND IC1/D. Les broches opposées d'entrée 12 et 8 des deux NAND IC1/C et IC1/D sont reliées au positif d'alimentation, soit au niveau logique 1. Un coup d'œil sur la table de vérité nous montre que leur sortie est au niveau logique 1, en effet $0 \text{ et } 1 = 1$.

Le schéma électrique de la figure 2 nous permet de voir également que sur les sorties des NAND IC1/C-IC1/D est montée R4 laquelle alimente la base du PNP TR1. Quand sur les sorties des NAND IC1/C-IC1/D on a un niveau logique 1, soit une tension positive, cette dernière atteint à travers R4 la base du transistor lequel, étant un PNP, ne conduira donc pas. Quand la photoresistance est dans le noir, sur les broches d'entrées 1-2 de la NAND IC1/A on a un niveau logique 0 et à la sortie un niveau logique 1, en effet $0 - 0 = 1$. Les broches d'entrée 5-6 de la NAND IC1/B, qui est reliée à la sortie de IC1/A, sont aussi au niveau logique 1 et la sortie est au niveau logique 0, en effet $1 \text{ et } 1 = 0$.

**Liste des composants
EN 1704**

- R1..... 680
- R2..... 50 k trimmer
- R3..... 220 k
- R4..... 10 k
- R5..... 4,7 k
- R6..... 220
- FR1.... photorésistance
- C1..... 220 µF/16V électrolytique
- C2..... 10 µF/16V électrolytique
- C3..... 100 nF polyester

- DS1 ... 1N4150
- RS1 ... pont redresseur 100 V 1 A
- DL1.... LED verte

- TR1.... PNP BC557 ou BC559
- TRC1 . triac BT137/500

- IC1.... CMOS 4093

- T1 transformateur 1 VA 8 V 0,2 A mod. TN00.02

Note : toutes les résistances sont des 1/4 de W.

Figure 1 : Table de vérité d'une NAND. Le niveau logique 1 indique une tension «positive», le niveau logique 0 indique la broche à la «masse».



ENTRÉE		SORTIE
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

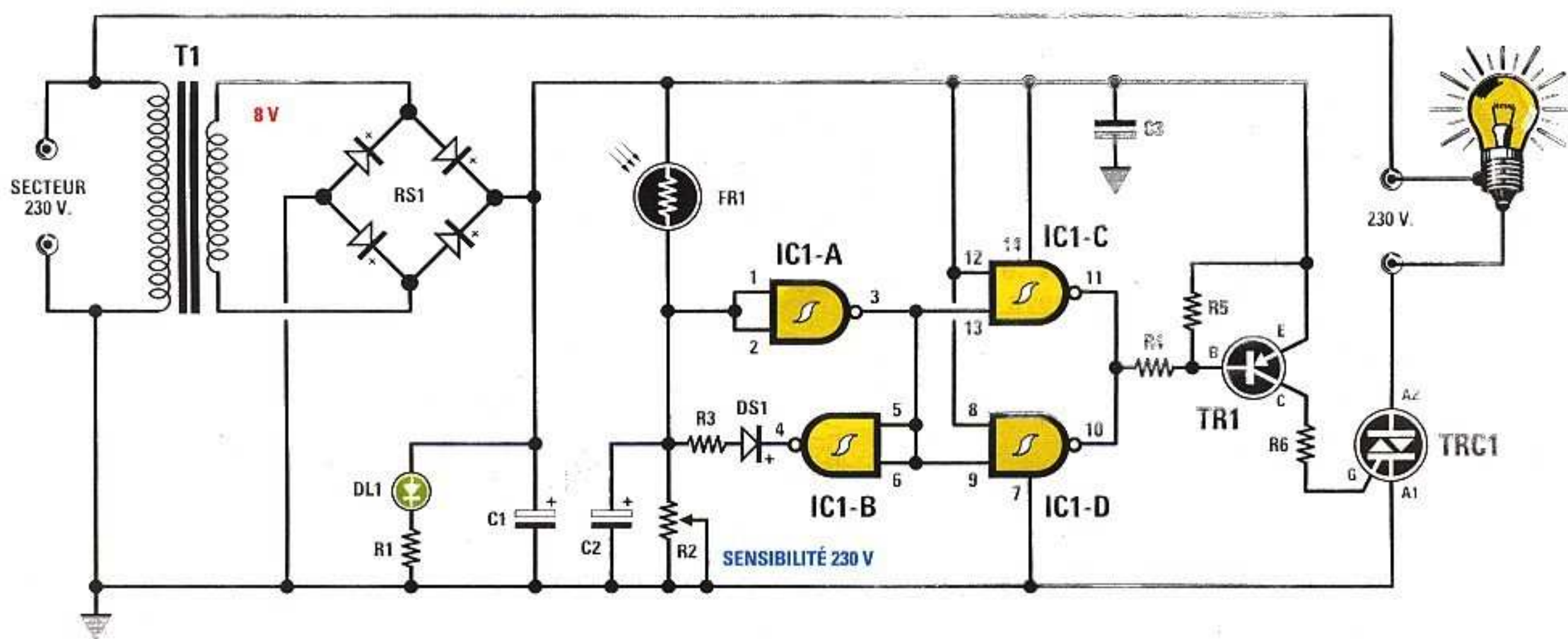


Figure 2 : Schéma électrique de l'interrupteur crépusculaire EN1704. Il utilise comme élément photosensible une banale photorésistance (FR1).

ATTENTION DANGER : tous les composants de ce circuit sont directement alimentés par le secteur 230 V. Ne les touchez pas à mains nues car vous risqueriez une secousse électrique pouvant être MORTELLE.

La tension positive contenue dans l'électrolytique C2 se décharge alors à la masse à travers DS1.

Étant donné que la sortie de la NAND IC1/A est également reliée à la broche 13 de IC1/C et à la broche 9 de IC1/D et que leurs broches opposées 12-8 sont reliées au positif de l'alimentation, si nous jetons un coup d'œil à la table de vérité nous voyons que 1 et 1 = 0 : donc sur les broches de sortie de ces NAND on a un niveau logique 0.

Un niveau logique 0 cela signifie non seulement que sur leurs sorties il n'y a aucune tension mais aussi qu'elles sont à la masse.

R4 étant à la masse, comme c'est elle qui alimente la base du PNP TR1, ce transistor conduit et son collecteur excite alors, à travers R6, la gâchette du

triac TRC1 lequel alimente l'ampoule ou le système d'éclairage secteur relié(e) à son anode A2.

Quand la photorésistance est à nouveau illuminée, la gâchette du triac n'étant plus excitée, l'ampoule ou le système d'éclairage s'éteint.

Le trimmer R2 monté en série avec la photorésistance sert à déterminer sur quelle valeur «d'obscurité» (de luminosité en fait) allumer l'éclairage. C'est ce que nous avons appelé plus haut le seuil réglable d'allumage/extinction.

La réalisation pratique

Pour réaliser cet interrupteur crépusculaire EN1704, vous vous servirez des figures 3 à 7, la liste des composants étant donnée en figure 2.

La platine EN1704

Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé EN1704 dont la figure 4b donne le dessin à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 4a et 5, montez tous les composants.

Pour commencer, montez les résistances et la diode, puis les condensateurs polyester et électrolytiques. Montez le transistor en boîtier demi lune (méplat vers R5/R4). Montez le trimmer R2. Montez le pont RS1 (- vers le transfo). Montez le triac TRC1 couché, pattes repliées à 90° et fixé à l'aide d'un boulon 3MA.

Vous pouvez maintenant enfoncer et souder les quatre picots (au centre de la platine pour la LED et sur le côté droit pour FR1) puis montez le support pour le circuit intégré et le «strap» filaire entre IC1 et C3/C2.

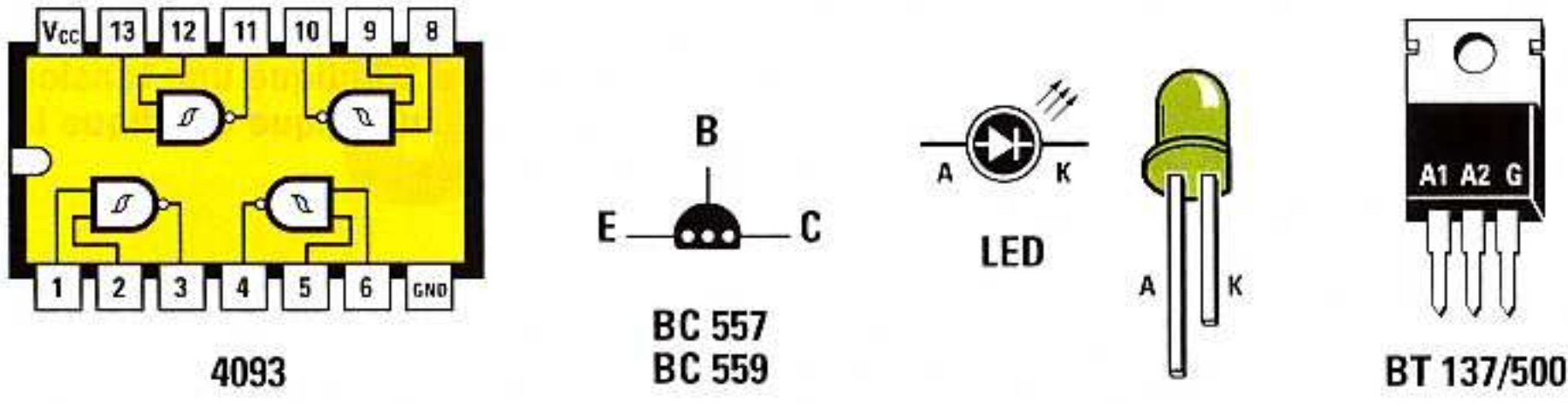


Figure 3 : Brochages du circuit intégré CD4093 vu de dessus, du transistor vu de dessous et de la LED et du triac vus de face.

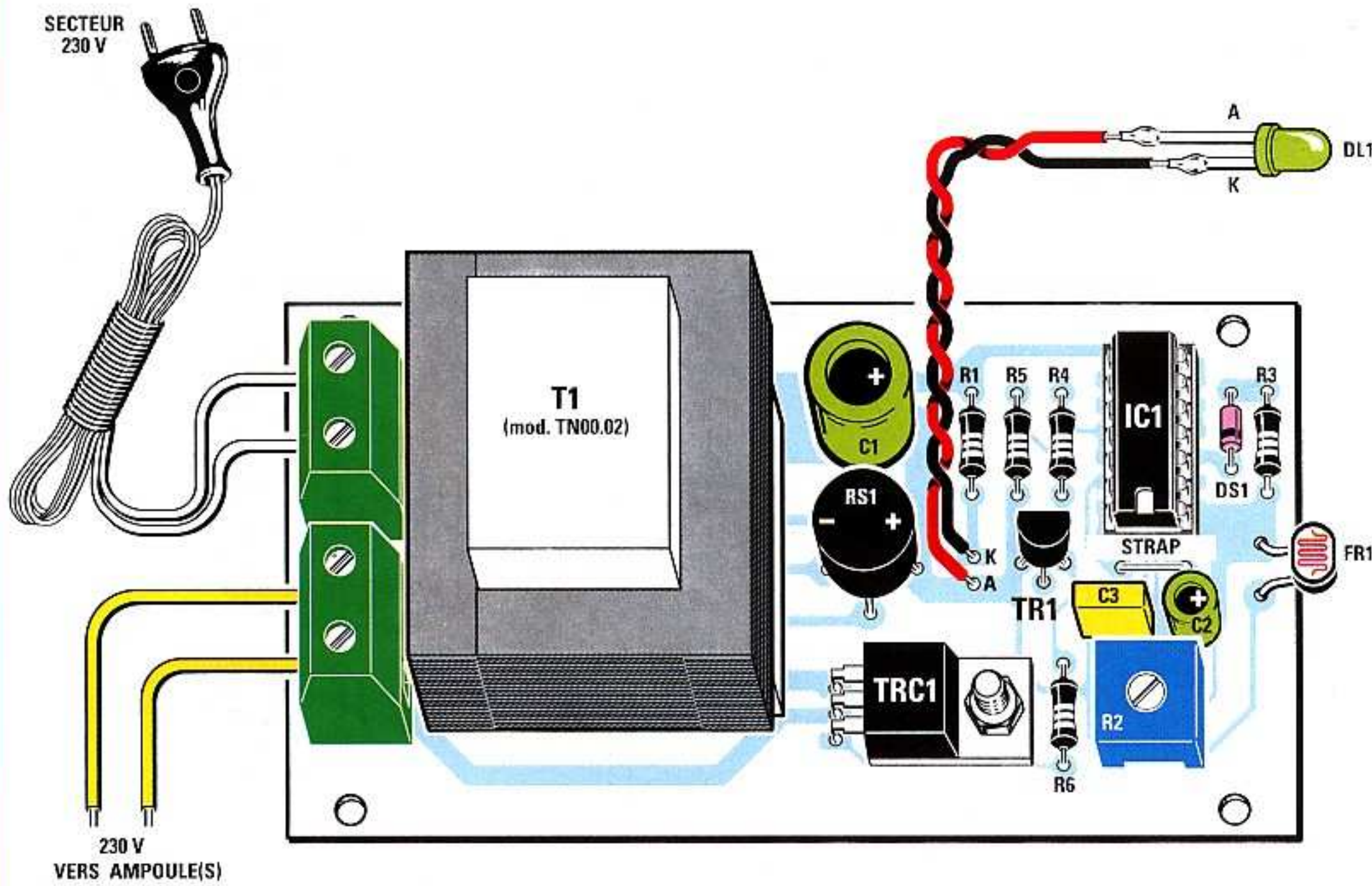


Figure 4a : Schéma d'implantation des composants de la platine de l'interrupteur crépusculaire EN1704. N'oubliez pas d'insérer un «strap» filaire (un morceau de queue de composant) entre IC1 et C3/C2.

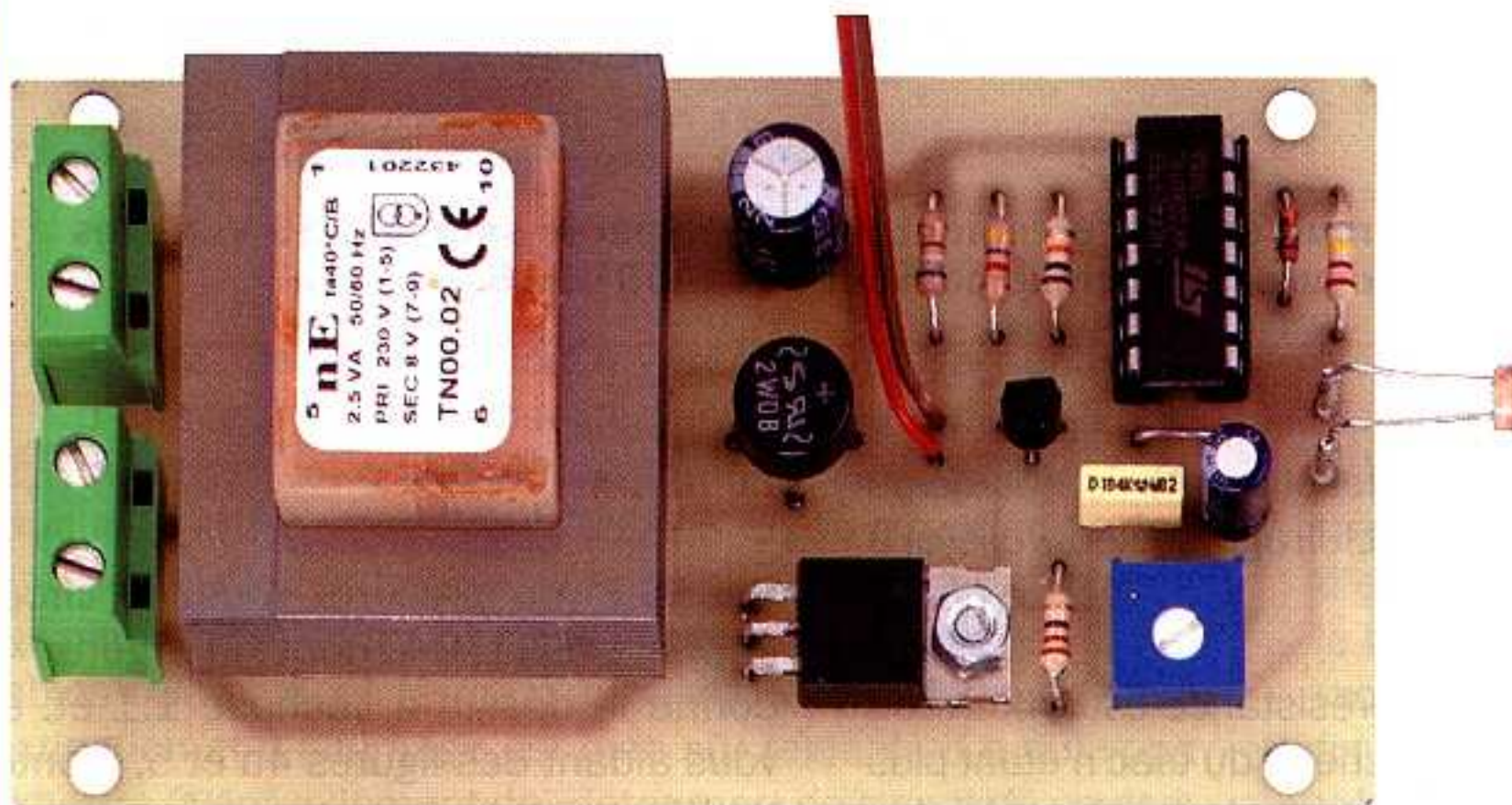


Figure 5 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'interrupteur crépusculaire EN1704. On voit à droite la minuscule photo-résistance FR1. Attention, le repère-détrompeur en U du circuit intégré est orienté vers le «strap» et C3/C2. Attention aussi à la polarité de la LED : la patte longue va au point A avec un fil rouge (voir figure 4a).

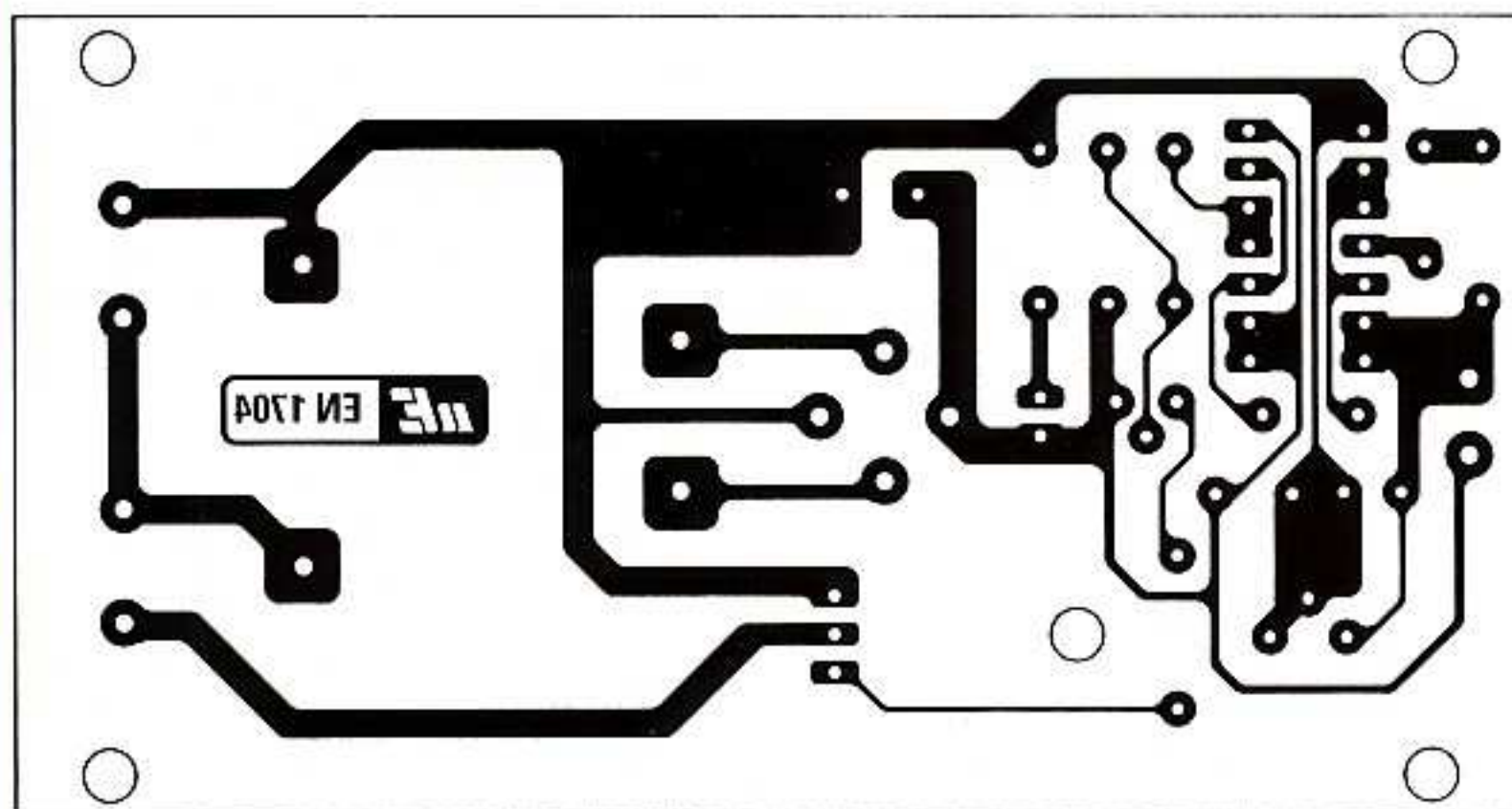


Figure 4b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de la platine de l'interrupteur crépusculaire EN1704.

Figure 6 : Cette photo d'un des prototypes montre comment installer la platine de l'interrupteur crépusculaire EN1704 dans le boîtier plastique prévu. Elle est fixée au moyen de quatre vis autotaraudeuses. Un trou sur le petit côté droit permet à la lumière d'illuminer la surface photosensible de la photorésistance FR1 et deux autres trous sur le petit côté gauche permettent l'E/S des cordons secteur 230 V. La LED est en revanche montée sur le couvercle servant de face avant et elle est reliée à la platine par une paire R/N facilitant le respect de la polarité.

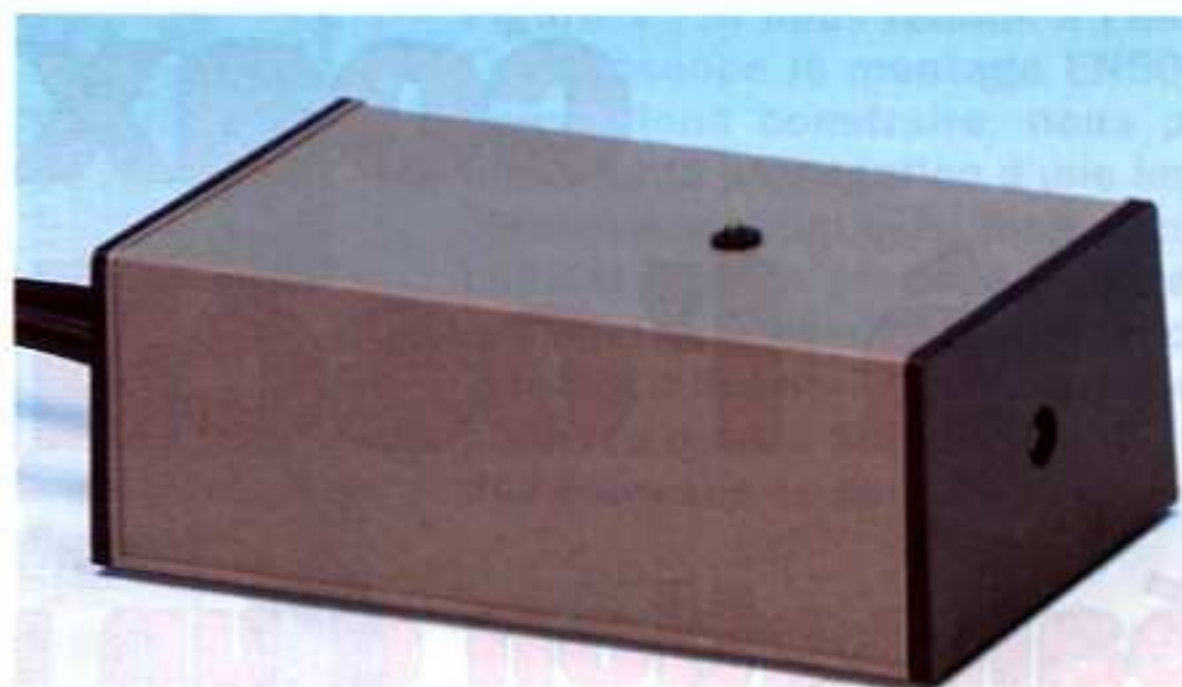
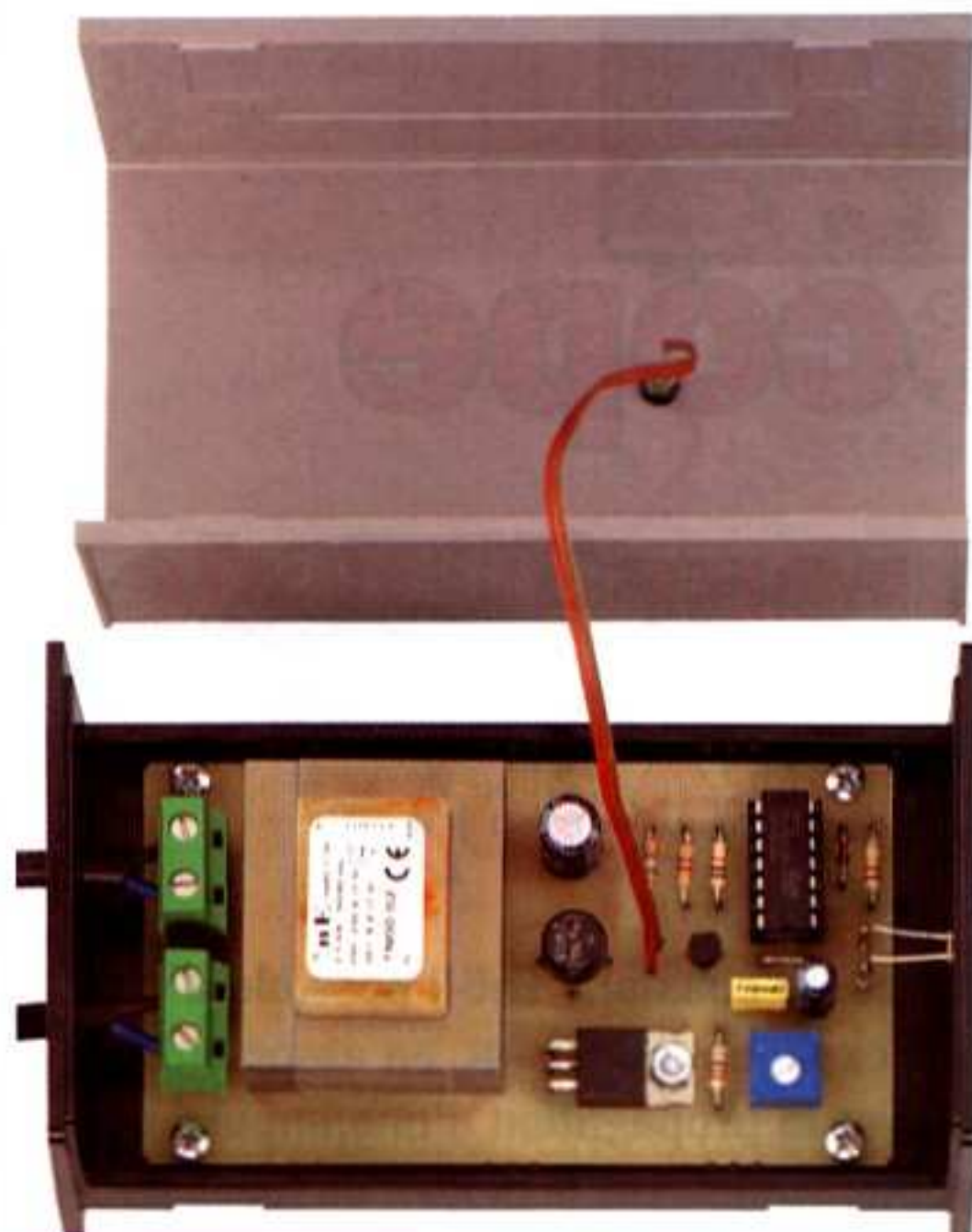


Figure 7 : Cette photo d'un des prototypes de l'interrupteur crépusculaire EN1704 montre le boîtier plastique refermé avec la LED sur le dessus et la photorésistance sur le côté droit. On peut le fixer sur un mur, en fonction des besoins, soit horizontalement soit verticalement. Placez-la à l'abri d'un auvent ou d'une génoise afin d'éviter que l'eau de pluie n'y pénètre. Vous pouvez en outre préalablement l'étancher avec du mastic silicone.

Vérifiez bien les soudures : ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée. Soudez aux deux picots la torsade de fils R/N allant à la LED (fil rouge au picot A situé vers TRC1) : profitez-en pour souder la LED à l'autre extrémité (toujours fil rouge A à l'anode de la LED, c'est-à-dire la patte longue).

Enfin montez les deux borniers à deux pôles et le transformateur T1. Vous pouvez déjà souder sur ses picots la photorésistance de manière à ce qu'elle puisse se loger derrière le côté droit du boîtier (percé d'un trou pour le passage de la lumière).

Vérifiez très attentivement que vous n'avez interverti aucun composant et qu'aucun des polarisés (diode, pont, transistor, électrolytiques) n'a été monté dans le mauvais sens.

Vous pouvez maintenant insérer le circuit intégré dans son support, repère-détrompeur en U vers le bas, c'est-à-dire vers C3/C2.

L'installation dans le boîtier

La platine a été conçue pour être ensuite insérée dans un boîtier plastique adéquat (voir photos figures 6 et 7).

Montez cette platine au fond du boîtier au moyen de quatre vis autotaraudeuses. La LED est à enfiler, avec son support plastique noir, dans un trou en face avant.

La photorésistance tombe «pile» derrière le trou pratiqué dans le côté droit. Par les deux trous du côté gauche entre le cordon secteur 230 V et sort le cordon d'alimentation des ampoules : ces deux cordons sont à visser aux borniers, sans intervertir l'entrée et la sortie du secteur 230 V ! Voir les figures 6 et 7, qui ne laissent subsister aucune ambiguïté.

NOTE IMPORTANTE : gardez toujours à l'esprit, lorsque vous travaillez sur ce circuit, qu'il est directement alimenté par la tension du secteur 230 V et qu'il ne faut pas toucher ses composants à mains nues, car la secousse électrique que vous ressentiriez peut être **MORTELLE** ! Le mieux est de porter des gants jetables en caoutchouc fin : cela ne gêne en rien le travail et peut vous sauver la vie.

Où placer ce boîtier plastique

Nous vous conseillons de bien étancher avec du mastic silicone transparent les contours du couvercle (mais attention vous allez d'abord devoir régler R2 !) et les quatre trous de la LED, de la photorésistance et des E/S du secteur 230 V, surtout si vous devez installer le boîtier hors de l'appartement.

Dans un appartement ou une véranda, cette étanchéité est superflue. Mais même ainsi préparé, ne le laissez pas

directement exposé aux intempéries : placez-le sous un auvent ou une génoise et le plus près possible du toit afin de bénéficier de sa protection (pensez à la conjugaison pluie/vent !). Toutefois la photorésistance devra toujours être en mesure de recevoir la lumière du jour.

Une fois le boîtier en place, réglez le trimmer R2 pour que l'éclairage s'allume lorsque la nuit tombe : vous pourrez le faire pour le degré crépusculaire (c'est-à-dire la luminosité résiduelle) qui vous convient. Pratiquement : à la nuit tombante, lorsque l'obscurité atteint le degré où l'éclairage artificiel qui selon vous convient, réglez le trimmer pour que l'éclairage s'allume.

Conclusion

C'est tout, profitez bien des beaux jours, grâce à cet automatisme.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet interrupteur crépusculaire EN1704 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables à l'adresse:

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip> ◆

La mesure des câbles coaxiaux à l'oscilloscope

(réalisation d'un mesureur TDR de câbles coaxiaux EN5065)

Comment se propage une impulsion électromagnétique le long d'un câble coaxial ? Est-il possible d'en mesurer la vitesse V_c (ou vitesse de propagation) ? Cette Leçon vous explique comment, en associant à votre oscilloscope ce petit circuit générateur EN5065, on peut observer la propagation d'une impulsion le long d'un quelconque câble coaxial et mesurer sa V_c ; elle vous donne également le moyen de localiser d'éventuels défauts, coupure, court-circuit ... sur le parcours de l'impulsion.



Un professeur d'électronique et télécommunications d'IUT voulant expliquer à ses étudiants comment se propagent les impulsions électriques le long d'un câble coaxial, nous posa cette «colle» pédagogique. Ainsi est né le projet de ce petit montage de laboratoire. Ce circuit permettra en effet à tout enseignant, non seulement de faire comprendre à ses élèves comment un signal parcourt un câble coaxial

mais aussi de leur faire toucher du doigt de quel phénomène il s'agit ... car ils le visualiseront sur l'écran d'un oscilloscope.

Non contents de cela, nous avons voulu pouvoir mesurer une caractéristique importante d'un câble coaxial (mais moins connue que l'impédance et qui n'est pas inscrite sur la gaine!) : sa vitesse V_c ou vitesse de propagation.

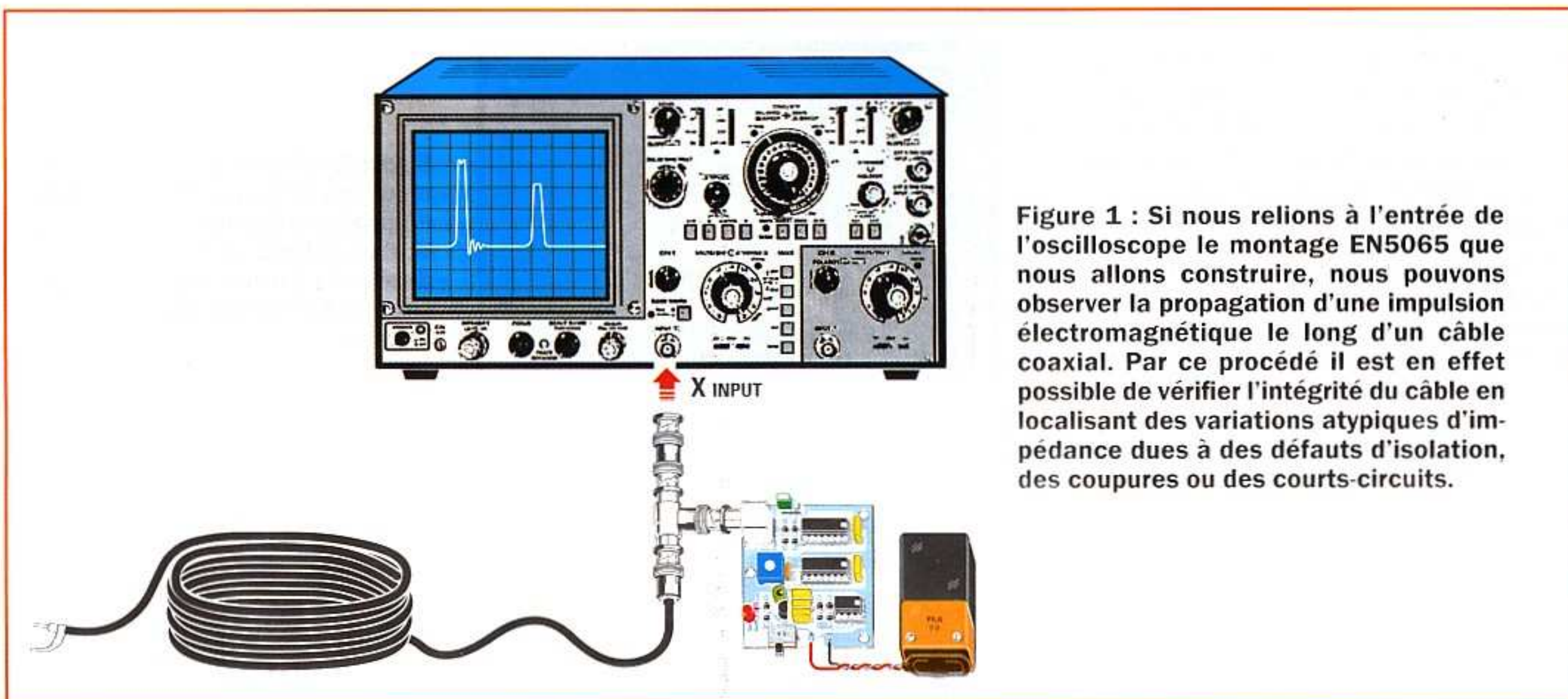


Figure 1 : Si nous relierons à l'entrée de l'oscilloscope le montage EN5065 que nous allons construire, nous pouvons observer la propagation d'une impulsion électromagnétique le long d'un câble coaxial. Par ce procédé il est en effet possible de vérifier l'intégrité du câble en localisant des variations atypiques d'impédance dues à des défauts d'isolation, des coupures ou des courts-circuits.

Ce n'est pas tout : si le coaxial présente une irrégularité d'impédance due à un défaut local d'isolation ou une coupure ou bien encore un court-circuit, nous devons pouvoir la détecter de manière pratique et didactique. Et bien sûr si la valeur d'impédance caractéristique est absente ou effacée il faut pouvoir la mesurer ; en plus l'impédance réelle du câble peut être légèrement différente de l'impédance nominale ... alors !

Les lecteurs de la revue, en tout cas ceux qui se considèrent élèves de notre Cours, vont profiter de nos explications en étudiant cette Leçon avec leur oscilloscope à côté d'eux.

En montant le petit circuit EN5065 (voir figure 1) ils découvriront qu'avec un oscilloscope on peut analyser l'état et les caractéristiques d'une ligne de transmission coaxiale (de n'importe quelle sorte, radio, télé, informatique, émission ou réception, de tous diamètres, etc.).

A quoi sert de mesurer la vitesse V_c d'un coaxial ?

Aucun manuel d'utilisation de oscilloscope ne vous dira ce que cette Leçon va vous apprendre et c'est bien dommage car c'est d'une grande utilité pour tous ceux qui doivent ou devront (pour leur profession ou leurs loisirs) installer des câbles coaxiaux dans un des domaines évoqués à la fin du paragraphe précédent (de l'émission Radioamateur au câblage d'une LAN en passant par la pose d'une parabole). Un installateur d'antennes TV par exemple connaît bien les problèmes qui peuvent se

présenter lorsqu'on met en œuvre de tels câbles : il n'est pas rare en effet qu'après quelques dizaines de mètres de câble de descente TV le signal soit réduit à une amplitude ... nulle ! Ou bien qu'après avoir câblé un important réseau informatique certains périphériques ne répondent pas quand on les appelle avec pourtant la bonne adresse. La longueur est synonyme de pertes et celles-ci peuvent être rédhibitoires, certes, mais de plus personne n'est à l'abri d'une variation intempestive d'impédance due à un coude un peu trop fermé ou un collier trop serré ou encore un coup de cutter ou de pince à sertir malheureux, une soudure froide ou baveuse sur l'âme d'une BNC, etc. Dans ces cas, il est important de pouvoir trouver rapidement le point où se trouve la cause de l'anéantissement du signal.

Il suffit en effet de disposer d'un bon oscilloscope et du petit circuit générateur que nous allons vous inviter à construire pour détecter une coupure, un court-circuit ou tout autre défaut ponctuel.

Avec ce petit appareil et votre oscilloscope vous pourrez en outre vérifier la vitesse V_c réelle de la ligne coaxiale que vous installez ; et puis, nous l'avons dit, son impédance réelle.

En quoi consiste la TDR ?

TDR est l'acronyme de **Time Domain Reflectometry** ou réflectométrie dans le domaine du temps. Ce procédé de mesure, dont le principe est très proche de celui du radar, consiste à envoyer une impulsion électrique de très brève durée

le long d'une ligne de transmission, câble téléphonique ou câble coaxial et à mesurer l'impulsion réfléchie que l'on reçoit après un certain délai, délai visualisé sur l'écran d'un oscilloscope.

La forme de l'impulsion réfléchie permet de savoir si le câble est intègre ou bien s'il présente des défauts, coupure ou au contraire court-circuit, ainsi que de connaître certaines caractéristiques de la ligne.

Pour effectuer la mesure on part d'un générateur d'impulsions produisant des impulsions très brèves, d'une durée de l'ordre de quelques nanosecondes (ns) chacune, dotées de fronts de montée et de descente très raides. Chaque fois qu'une impulsion est produite par le générateur, un pic apparaît dans le tracé visualisé à l'écran, comme le montre la figure 2.

Après sa production, l'impulsion se déplace le long du câble coaxial avec une vitesse de propagation précise, jusqu'à atteindre son extrémité.

Si au cours du trajet elle ne rencontre aucune variation d'impédance et si à l'extrémité du câble est reliée une charge bien équilibrée, de même valeur d'impédance nominale que le câble, toute son énergie est absorbée par l'ensemble câble charge et aucune réflexion de l'impulsion ne se produit.

Tel est le cas dans la première situation (en haut) de la figure 3 : le coaxial a une impédance nominale Z et la charge a également une même impédance Z , il y a adaptation d'impédance parfaite de la ligne transportant le signal et de la charge qui l'absorbe.

Si en revanche pendant son trajet l'impulsion rencontre une variation d'impédance due à un motif quelconque, modification d'isolation, coupure, court-circuit, etc., l'impulsion est alors réfléchiée, renvoyée en arrière vers le générateur, comme s'il s'agissait d'un écho sonore. Dans ce cas est visualisé sur l'écran de l'oscilloscope un second pic, à une certaine distance du premier et avec une amplitude moindre, comme le montre la figure 3 (deuxième situation au milieu). On peut alors noter que plus grande est la variation d'impédance rencontrée, plus grande est l'amplitude du pic correspondant à l'impulsion réfléchiée (toute l'énergie de l'impulsion directe n'est pas réfléchiée mais l'impulsion réfléchiée est d'autant plus «énergétique» que l'obstacle rencontré est plus encombrant : cet obstacle est la rupture d'impédance ou désadaptation rencontrée le long de la ligne).

Comme le montre la figure 3, il y a deux manières pour une ligne de présenter une variation ou désadaptation d'impédance :

- la coupure (cas du milieu de la figure), l'impulsion directe et l'impulsion réfléchiée sont de même sens : on a affaire à une augmentation de l'impédance nominale du coaxial ou même carrément à une coupure, laquelle correspond bien à un accroissement infini de l'impédance.

- le court-circuit (cas du bas de la figure), là l'impulsion réfléchiée est de sens opposé par rapport à l'impulsion directe : on a affaire à une diminution de l'impédance nominale du coaxial ou même carrément à un court-circuit, lequel correspond bien à une annulation totale de l'impédance.

Mais les informations que ce procédé nous permet de recueillir ne s'arrêtent pas là. En connaissant la longueur d'un câble et en mesurant le délai entre l'impulsion directe et l'impulsion réfléchiée, il est possible de trouver le coefficient de vélocité ou vitesse de propagation V_c de l'impulsion électromagnétique dans le câble ; cette caractéristique nominale - comme l'impédance - est liée à un type de câble coaxial (voir Tableau plus loin dans cette Leçon) et elle varie entre 0,6 et 0,8. Inversement, si vous connaissez la vélocité V_c d'un type de câble coaxial, vous pouvez savoir combien de mètres fait ce long morceau ou ce rouleau de câble coaxial de même type : laissez une de ses extrémités ouverte et, si le câble est intègre, la distance mesurée à l'oscilloscope entre l'impulsion directe et l'impulsion réfléchiée correspondra au double de la longueur à évaluer.

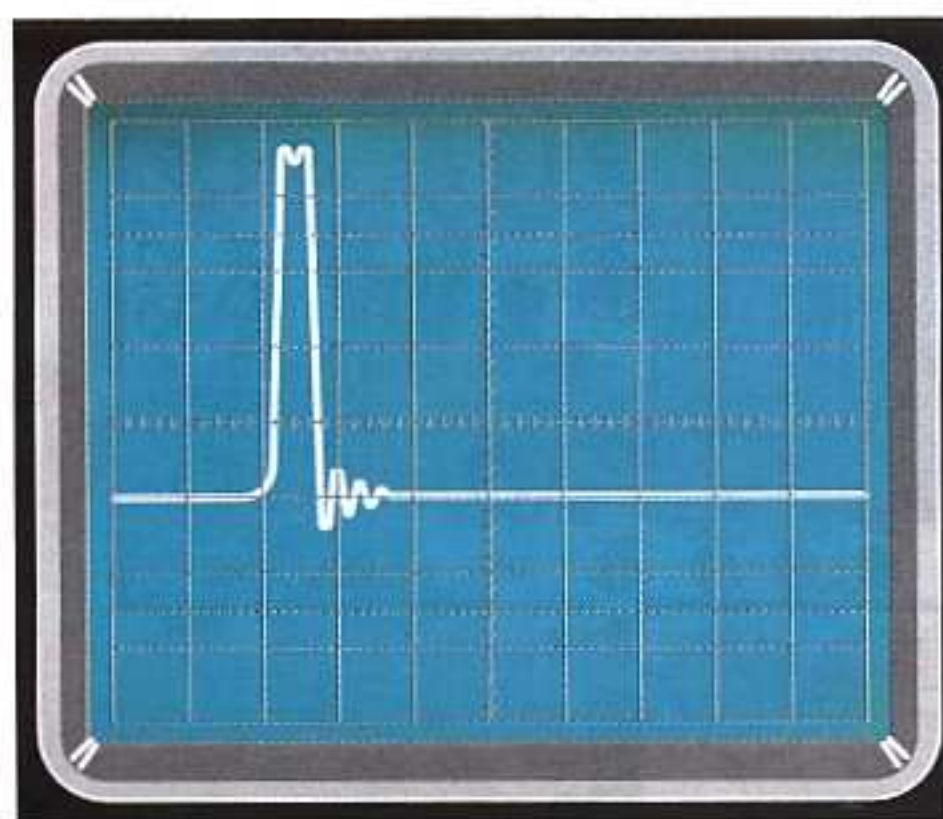


Figure 2 : Pour faire cette mesure on utilise un générateur capable de produire des impulsions de 5 V d'amplitude et de très brève durée, de l'ordre de 20 ns, qui sont acheminées vers le câble à tester.

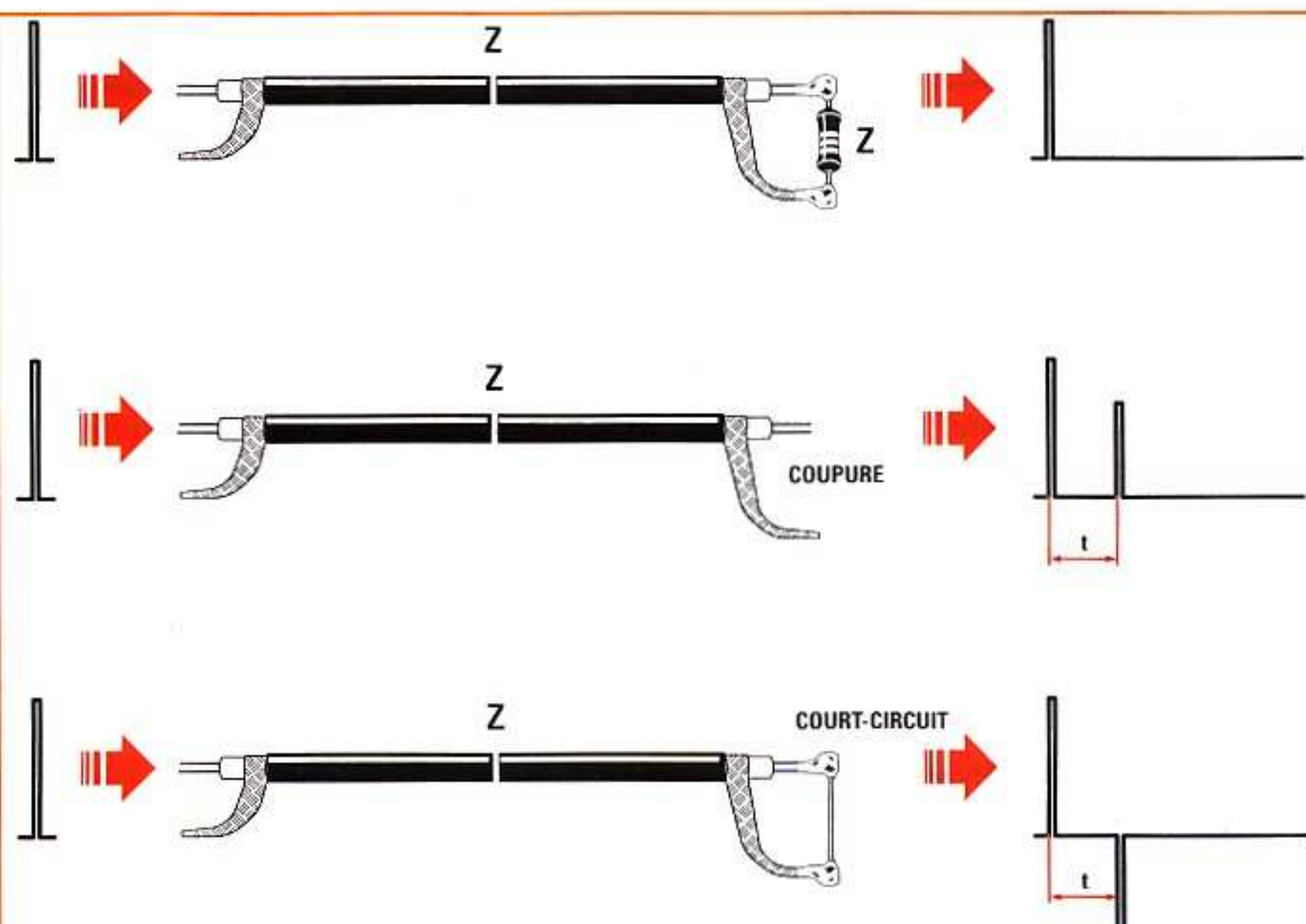


Figure 3 : Selon que le câble est relié à une impédance égale à sa valeur nominale (dessin du haut), présente une coupure (dessin central) ou bien un court-circuit (dessin du bas), on obtient trois tracés sur l'écran de l'oscilloscope. Dans le premier cas l'impulsion de départ est absorbée complètement par le câble. Dans le deuxième cas se produit après un temps t une impulsion réfléchiée de même sens que l'impulsion de départ (ou directe). Dans le troisième cas on a encore la même impulsion réfléchiée, mais de sens inverse par rapport à l'impulsion directe.

En réalisant le montage comme le montre la figure 4, soit en connectant un potentiomètre de 100 ohms à l'extrémité du coaxial, vous pourrez visualiser différentes images significatives.

Mettez le potentiomètre au maximum de résistance et vous aurez une impulsion réfléchiée positive comme l'impulsion directe (voir figure 19). Réduisez ensuite cette résistance à 80 ohms par exemple et vous verrez l'amplitude de l'impulsion réfléchiée diminuer. Réduisez encore la résistance du potentiomètre à 50 ohms par exemple et cette fois plus aucune impulsion réfléchiée n'est visualisée (voir figure 20). Cela signifie que la résistance terminale et l'impédance nominale di coaxial ont la même valeur.

Par ce procédé vous parviendrez à trouver facilement l'impédance d'un coaxial inconnu : tournez le potentiomètre et une fois l'impulsion réfléchiée disparue mesurez la valeur ohmique que présente le potentiomètre, cette valeur est égale à l'impédance du coaxial.

Continuez maintenant à diminuer la résistance du potentiomètre et vous verrez alors à l'oscilloscope l'impulsion réfléchiée devenir négative, c'est-à-dire passer sous la ligne horizontale centrale de l'écran (voir figure 21) : cela s'explique par le fait de vous rapprocher de plus en plus du court-circuit lequel se caractérise par une impulsion réfléchiée de ce type.

Figure 4 : Si nous relions à l'entrée de l'oscilloscope le montage EN5065 que nous allons construire, nous pouvons observer la propagation d'une impulsion électromagnétique le long d'un câble coaxial. Par ce procédé il est en effet possible de vérifier l'intégrité du câble en localisant des variations atypiques d'impédance dues à des défauts d'isolation, des coupures ou des courts-circuits.



Mais il y a encore une chose que vous pouvez trouver avec ce type de mesure. Envoyez une impulsion dans un coaxial de longueur connue et mesurez la distance en carreau qui sépare sur l'écran les pics de l'impulsion directe et de l'impulsion réfléchi : vous pouvez calculer la vitesse de propagation V_c de ce câble. Répétez cette mesure sur divers câbles de longueurs connues et vous pourrez dresser un tableau des V_c en fonction du type et de la marque de câble coaxial. Savoir cette vitesse V_c vous sera fort utile quand vous devrez trouver avec précision en quel point se trouve l'éventuelle anomalie.

Le schéma électrique du générateur TDR EN5065

Comme le montre le schéma électrique de la figure 6, le cœur du générateur d'impulsions est le très classique NE555 (IC1), monté de façon à obtenir un signal carré à la fréquence d'environ 500 kHz. Le signal présent sur la broche 3 de IC1 est appliqué à la broche 5 de la porte NAND IC2/D. Ce même signal est également envoyé aux broches 12 et 13 de la porte NAND IC2/A et ensuite aux broches 9 et 10 de la IC2/B (toutes deux montées en inverseuses). Le signal obtenu sur la broche 8 de IC2/B est acheminé vers le circuit RC formé par le trimmer R4 de 1 k et du condensateur C5 de 100 pF céramique ; de là le signal passe aux broches 1 et 2 de la NAND IC2/C, également montée en inverseuse ; enfin le signal prélevé sur la broche 3 de IC2/C est envoyé à la broche 4 de la NAND IC2/D.

Ainsi, en utilisant le retard introduit par la succession des trois inverseuses et par le circuit RC, nous obtenons sur la broche 4 de la NAND IC2/D un signal légèrement en retard par rapport à celui envoyé à la broche 5 de cette même porte, comme le montre la figure 5. Le signal présent sur la broche 4 de IC2/D est en outre inversé par rapport au signal présent sur la broche 5. La somme logique de ces deux signaux permet d'avoir à la sortie de la IC2/D des impulsions négatives d'une durée de 20 ns chacune si le trimmer R4 est en position de résistance minimale.

Quand on modifie la résistance de ce trimmer R4 on peut ajouter au retard d'environ 20 ns introduit par les trois inverseuses celui déterminé par la cellule RC : cela permet de modifier continûment la durée des impulsions entre 20 et 100 ns.

L'impulsion ainsi obtenue est envoyée aux six inverseuses du circuit intégré IC3 montées en parallèle, ce qui permet de transformer l'impulsion négative en impulsion positive et d'adapter l'impédance de sortie du générateur à l'impédance du câble coaxial à mesurer.

A ce propos, le circuit imprimé comporte un connecteur à cavalier J1 à deux positions BC ou AB, permettant de programmer deux impédances de sortie du générateur différentes :

- en position BC seule R6 est utilisée et sa valeur est de 39 ohms. Cette résistance est à ajouter à l'impédance de sortie résultante des six portes de IC3 en parallèle (66 ohms chacune), ce qui fait

$$66 : 6 = 11 \text{ ohms.}$$

Avec le cavalier en BC on a donc une impédance de sortie du générateur de

$$39 + 11 = 50 \text{ ohms.}$$

C'est dans cette position BC du cavalier J1 que seront mesurés les coaxiaux d'impédance nominale 50 ohms.

- en position AB on insère en série avec la résistance R6 la résistance R5 de 27 ohms et on a donc au total cette fois

$$50 + 27 = 77 \text{ ohms.}$$

C'est dans cette position AB du cavalier J1 que seront mesurés les coaxiaux d'impédance nominale 75 ohms.

Si vous voulez tester des câbles d'impédances différentes, il vous suffira de mettre le cavalier J1 en position AB et de remplacer R5 par une résistance de valeur adéquate pour qu'ajoutée aux 11 ohms des sorties de IC3 et aux 39 ohms de R6 vous obteniez la valeur correspondant à l'impédance nominale du ou des câbles à mesurer.

Par exemple : si vous voulez mesurer un coaxial de 100 ohms, prenez pour remplacer la R5 de 27 ohms une résistance de

$$100 - (11 + 39) = 50 \text{ ohms.}$$

Vous choisirez la valeur normalisée la plus proche, soit 47 ohms.

Le +5 V nécessaire à l'alimentation des circuits intégrés de ce petit montage est fourni par une pile de 9 V à travers le transistor TR1 BC547 monté en régulateur de tension. La LED DL1 fait office de voyant de M/A.

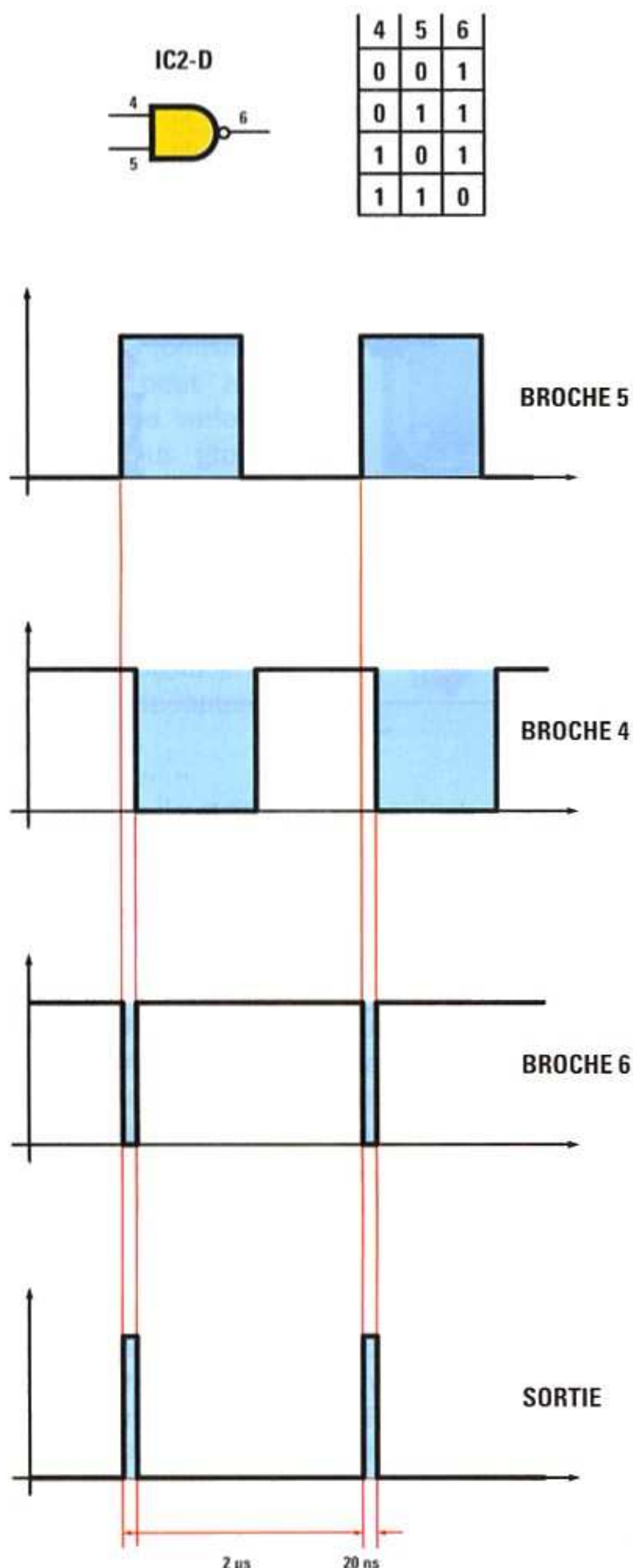


Figure 5 : La figure du haut représente la porte NAND IC2/D d'où sont tirées les impulsions produites par le générateur et la table de vérité correspondante qui donne les niveaux logiques obtenus sur la broche 6 de sortie en fonction des différents niveaux logiques appliqués aux broches 4 et 5 d'entrée. Les graphes de dessous donnent un aperçu des signaux présents sur ces broches 4 et 5 d'entrée, sur la broche 6 de sortie et à la sortie du générateur. Comme vous pouvez le voir, le bref retard existant entre le signal arrivant sur la broche 4 et celui atteignant la broche 5 de la porte suffit à créer des impulsions de 20 ns utilisées pour la mesure.

La réalisation pratique

Difficile de faire plus simple et même un débutant mènera ce montage à bien. Pour cette réalisation regardez les figures 7 et 8a. Quand vous avez devant vous le circuit imprimé double face à trous métallisés EN5065 (la figure 8b-1 et 2 en donne les dessins à l'échelle 1), montez d'abord les trois supports de circuits intégrés et le cavalier J1 en prenant garde à la qualité de vos soudures. Vous n'installerez

les circuits intégrés, dans le bon sens (repère détrompeur en U vers la gauche pour les trois), qu'une fois toutes les soudures faites.

Montez tous les composants (voir figure 8a) en veillant bien au respect de la polarité des composants polarisés (électrolytiques, zener, LED, transistor et prise de pile). Terminez par les composants les plus encombrants : l'interrupteur à glissière S1 et la BNC femelle coudée pour ci.

Une fois tout vérifié : valeur et sens des composants et qualité des soudures vous pouvez mettre en place les trois circuits intégrés, avec beaucoup de délicatesse. Mettez la pile de 9 V en place et l'appareil est prêt à être utilisé de la manière expliquée ci-après.

L'utilisation du générateur couplé à l'oscilloscope

Comment mesurer un câble coaxial ?

Supposons que nous voulions mesurer d'un câble coaxial avec ses deux éléments conducteurs, l'âme centrale interne et le blindage ou tresse de masse externe, comme le montre la figure 3. Comme les impulsions produites par le générateur sont très brèves (quelques dizaines de ns), vous devez régler le sélecteur de base de temps de l'oscilloscope pour une portée minimale d'est $0,2 \mu\text{s}$ soit 200 ns par carreau, comme le montre la figure 9. Ainsi, avec la commande x10MAG (dont tous les oscilloscopes modernes sont dotés désormais), comme le montre la figure 9, vous pourrez arriver à une portée effective de 20 ns par carreau.

Note: figure 9, pour simplifier, nous avons représenté cette commande par un simple poussoir ; sur certains oscilloscopes cette commande diffère plus ou moins (sur certains cette commande est à extraire du centre de la commande Time/div).

Pour effectuer correctement la mesure, il faut que les liaisons entre le générateur d'impulsions, l'oscilloscope et le câble à mesurer soient de longueur extrêmement réduite : c'est pourquoi nous préconisons d'utiliser des raccords BNC en T et droit. Soudez une extrémité du câble coaxial à mesurer à une BNC mâle et insérez-la dans l'une des parties femelles du T ; l'autre partie femelle ira à l'oscilloscope au moyen d'un adaptateur droit M/M et la partie mâle du T à la BNC de sortie du générateur. Voir figures 8a et 10.

Note: pour souder correctement la BNC mâle à l'extrémité du câble coaxial à mesurer faites très attention. L'âme centrale amovible de la prise doit être soudée sans excès sur une petite partie préalablement dénudée du conducteur central du coaxial (si la soudure déborde, la pointe n'entrera plus dans la prise, au besoin raclez l'excédent de tinol avec un cutter).

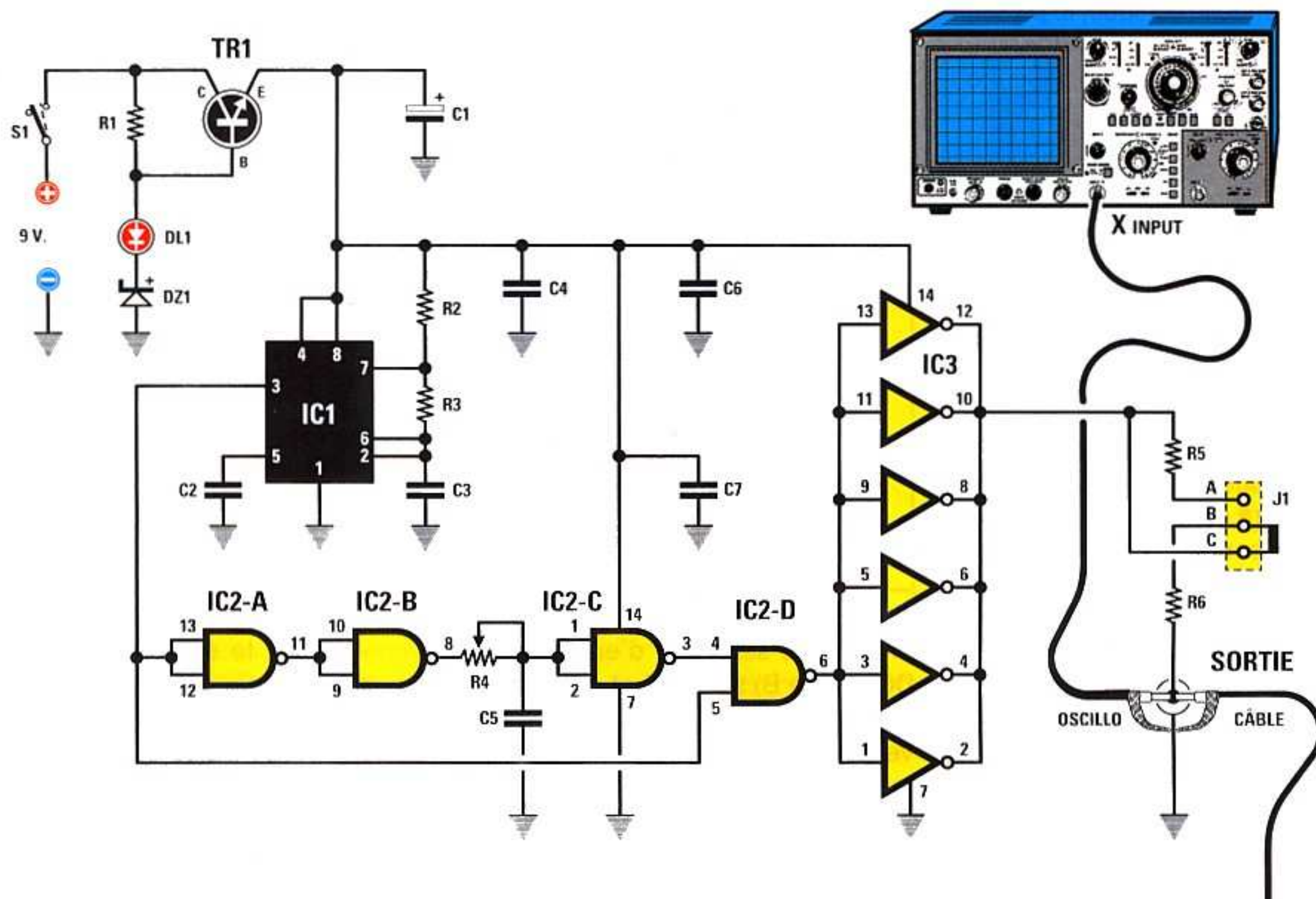


Figure 6 : Schéma électrique du mesureur TDR pour câble coaxial EN5065. Brochage du transistor vu de dessous, de la LED vue de face et des circuits intégrés vus de dessus.

Liste des composants EN5065

R1..... 1 k
 R2..... 2,2 k
 R3..... 5,6 k
 R4..... 1 k trimmer
 R5..... 27
 R6..... 39

C1..... 10 μ F électrolytique
 C2..... 100 nF polyester
 C3..... 120 pF céramique
 C4..... 100 nF polyester

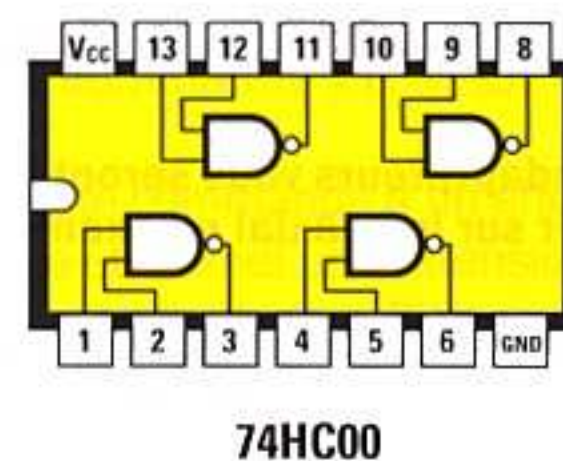
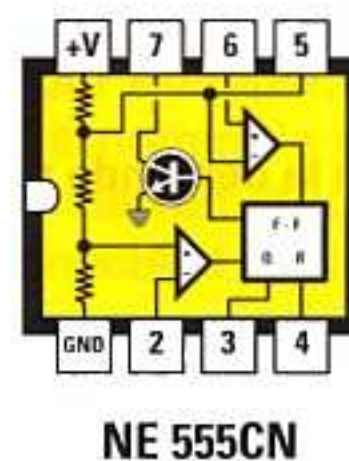
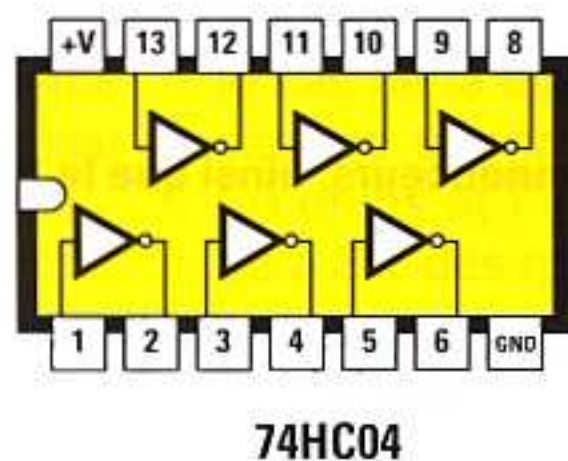
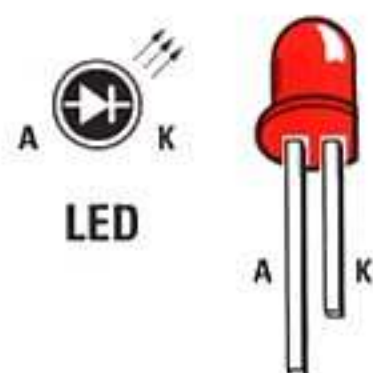
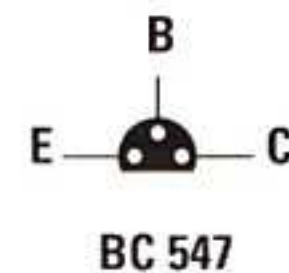
C5..... 100 pF céramique
 C6..... 100 nF polyester
 C7..... 100 nF polyester

DZ1 ... zener 3,9 V 1/2 W
 DL1.... LED

TR1 ... NPN BC547

IC1..... NE555CN
 IC2..... TTL 74HC00
 IC3..... TTL 74HC04

S1..... interrupteur
 J1..... cavalier



La tresse doit être vissée à l'intérieur du canon avec la rondelle conique, le presse-étoupe et l'écrou réducteur (attention, aucun des «cheveux» de la tresse ne doit s'approcher de la pointe amovible ou du conducteur central du coaxial). Ce n'est pas facile et demande un peu d'entraînement. Avec une pince à sertir spécifique et des prises BNC adéquates au sertissage, c'est bien plus facile, mais ce matériel professionnel reste assez coûteux. Aussi, surtout si vous avez de nombreux câbles à mesurer, nous vous suggérons de vous fabriquer un petit accessoire (un bout de coaxial équipé de sa BNC) et de souder à son extrémité libre une des extrémité du coaxial à mesurer; mais faites de bonnes soudures et ne vous servez pas de pinces crocos (voir la figure 10). Bon, une fois ces liaisons BNC faites, vous devez préparer les réglages de l'oscilloscope (voir figure 11) :

- sélectionnez avec le sélecteur Vertical Mode (flèche D) le canal d'entrée CH1

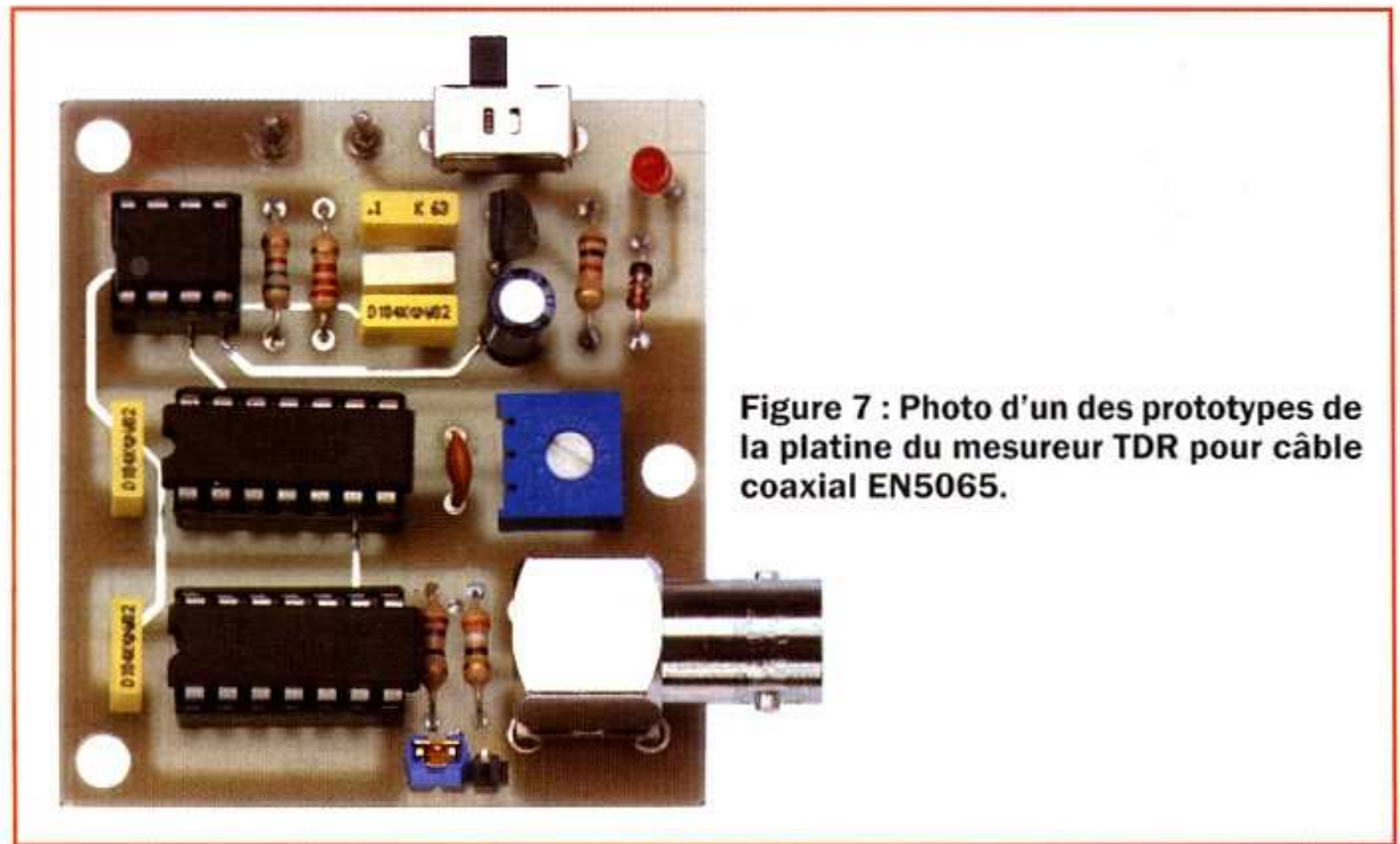
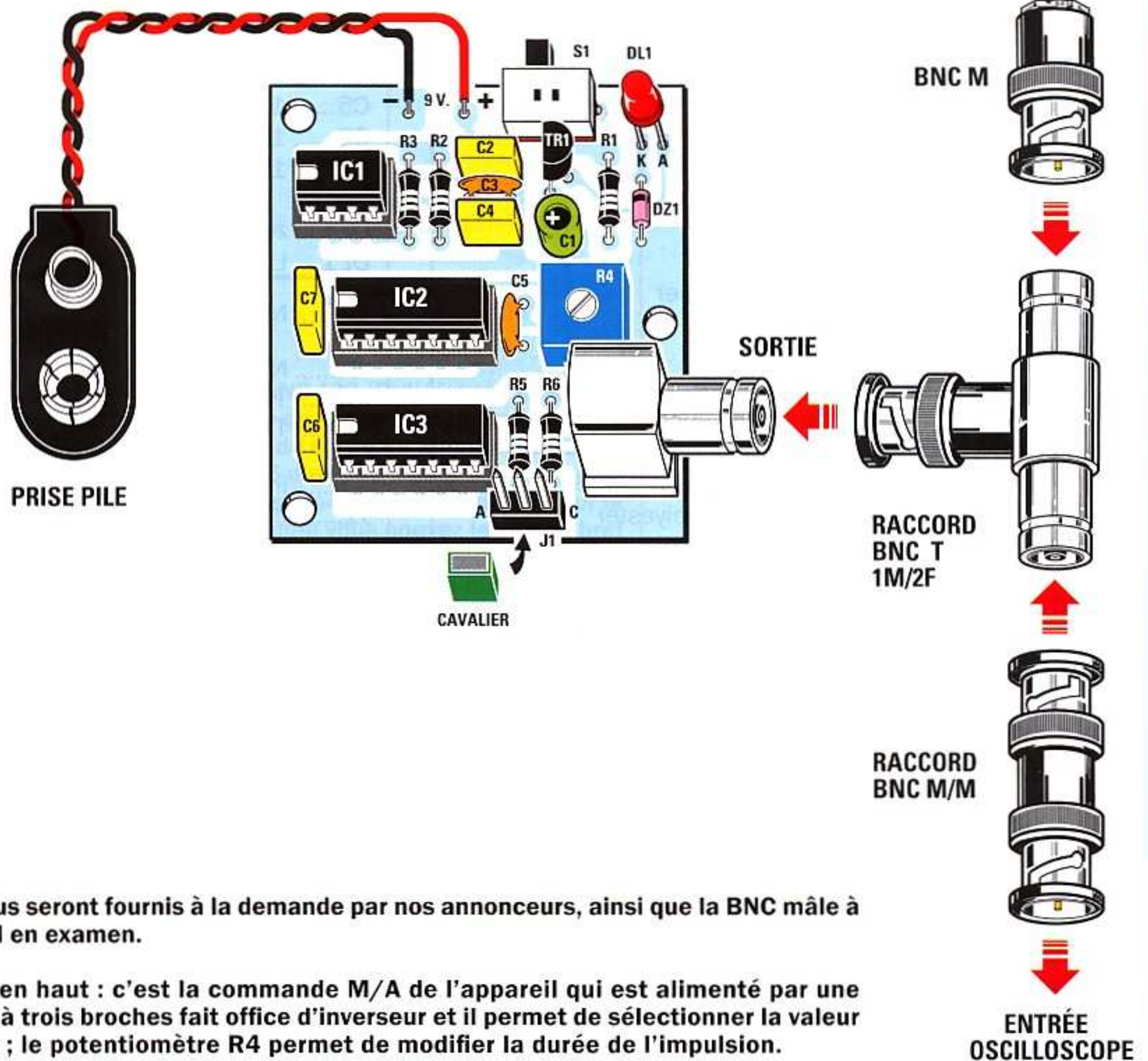


Figure 7 : Photo d'un des prototypes de la platine du mesureur TDR pour câble coaxial EN5065.

- mettez le sélecteur d'entrée AC-GND-DC (flèche B) sur GND et placez la trace au centre de l'écran avec la commande Vertical Position puis remettez le sélecteur sur DC

- placez le sélecteur V/div (flèche C) sur 1 V/div
- réglez le sélecteur Trigger Mode (flèche H) sur Auto et le sélecteur Trigger Source (flèche G) sur CH1

Figure 8a : Schéma d'implantation des composants du mesureur TDR pour câble coaxial EN5065. Vous voyez que le signal produit par le générateur, présent sur la BNC de sortie, doit être envoyé en même temps vers l'oscilloscope et vers le câble coaxial à mesurer. Pour cela, reliez à la BNC du circuit EN5065 un raccord en T BNC 1M/2F (un mâle et deux femelles) ; à l'une des parties femelles de ce T BNC on relie un raccord droit M/M allant à l'oscilloscope et à l'autre la BNC mâle du câble coaxial à mesurer.



Note : ces adaptateurs vous seront fournis à la demande par nos annonceurs, ainsi que la BNC mâle à vis à monter sur le coaxial en examen.

Voyez l'interrupteur S1, en haut : c'est la commande M/A de l'appareil qui est alimenté par une pile de 9 V. Le cavalier J1 à trois broches fait office d'inverseur et il permet de sélectionner la valeur de l'impédance de sortie ; le potentiomètre R4 permet de modifier la durée de l'impulsion.

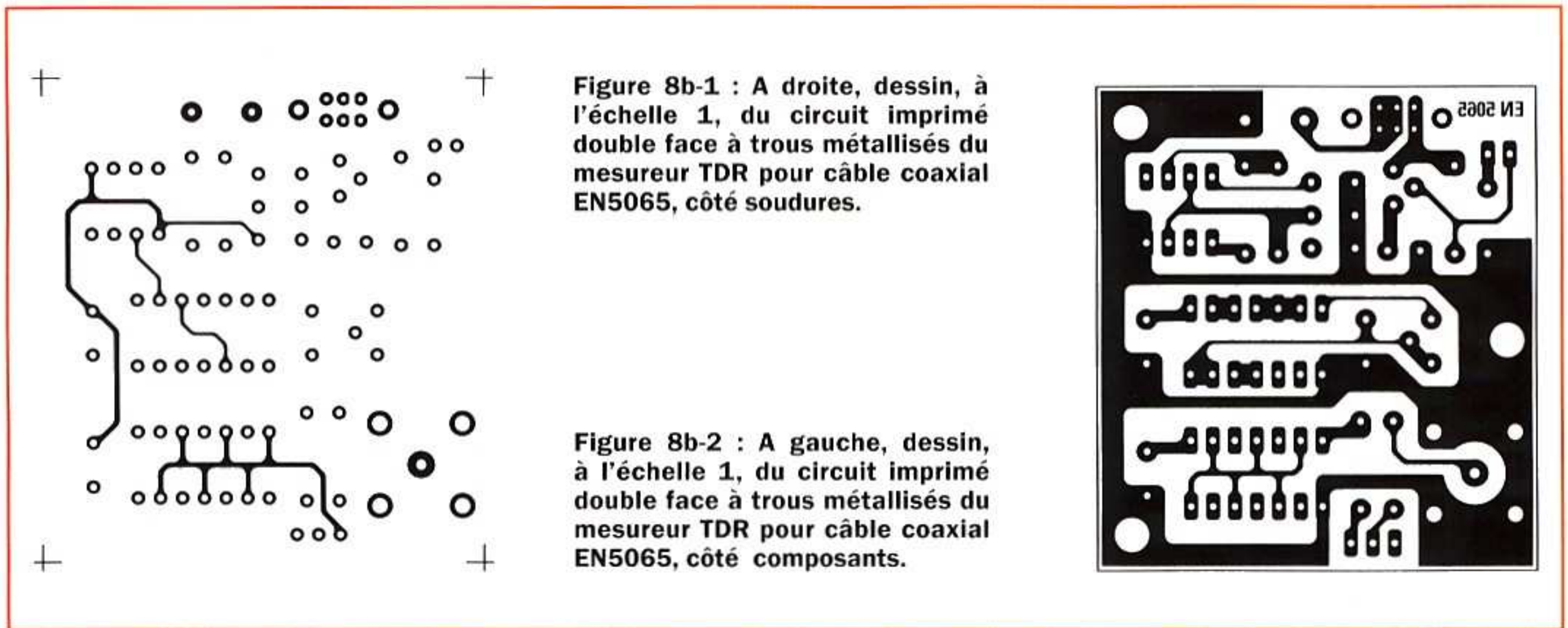


Figure 8b-1 : A droite, dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés du mesureur TDR pour câble coaxial EN5065, côté soudures.

Figure 8b-2 : A gauche, dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés du mesureur TDR pour câble coaxial EN5065, côté composants.

- positionnez le sélecteur de base de temps Time/div (flèche E) sur la portée 1 μ s.

Alimentez le générateur d'impulsions : l'écran de l'oscilloscope visualise une série d'impulsions, comme le montre la figure 12. Tournez le sélecteur Time/div dans le sens horaire jusqu'à la portée .2 (0,2) μ s de manière à visualiser une seule impulsion. Tournez le bouton Horizontal Position de façon à positionner l'impulsion au niveau du premier carreau de gauche, comme le montre la figure 13.

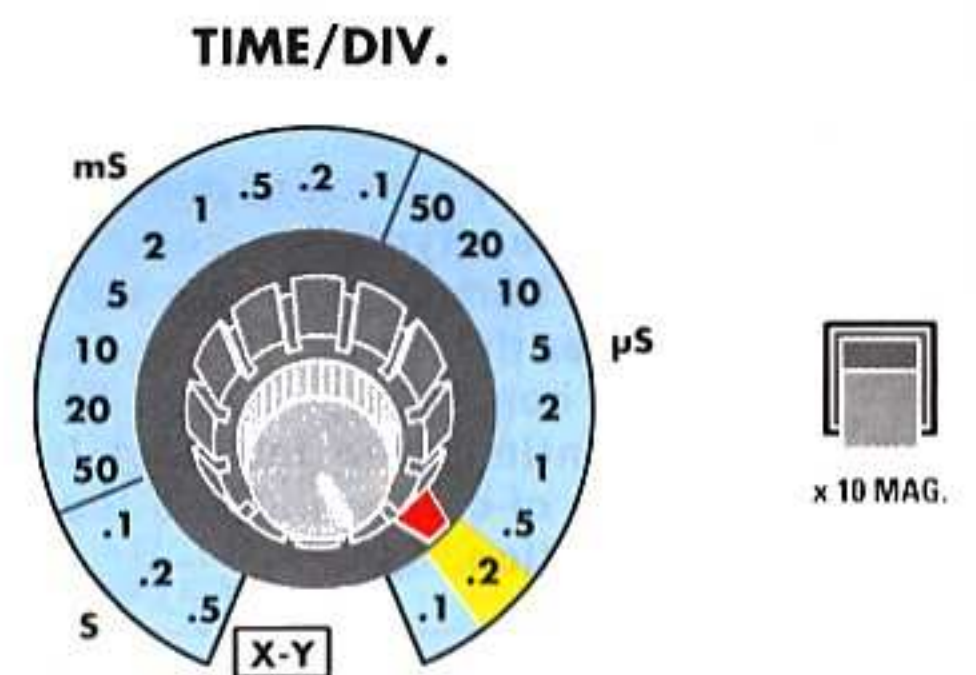
Note : pour effectuer cette mesure de manière correcte, il est nécessaire que l'impulsion produite par le générateur puisse être «triggerée» (déclenchée) adéquatement par l'oscilloscope. Comme il s'agit d'une impulsion rapide, il peut arriver que le «trigger» d'un oscilloscope de type économique ne soit pas suffisamment sensible pour l'immobiliser à l'écran. Dans ce cas, nous vous conseillons de mettre le sélecteur Trigger Mode sur Normal et d'agir sur le bouton Level afin de mieux «triggerer» (déclancher) l'impulsion.

Reliez maintenant à la BNC un morceau de câble coaxial ayant une certaine longueur et laissez ouverte l'extrémité distante, comme le montre la figure 1 et l'écran visualisera deux pics, légèrement distants l'un de l'autre, comme le montre la figure 14.

Note : comme le montrent les figures 2 et 14 (comparez les dessins), l'amplitude de l'impulsion à vide et celle de la même impulsion chargée par le câble coaxial diffèrent sensiblement.

Dans le premier cas, le pic a une amplitude de 5 V et dans le second son amplitude se réduit dès qu'on connecte le câble à mesurer.

Figure 9 : Pour exécuter la mesure, vous devez vous assurer que le sélecteur de base de temps de votre oscilloscope peut arriver à la portée .2 (0,2) μ s, soit 200 ns. Ensuite, en activant la commande x10 MAG, vous pourrez étendre encore de dix fois la base de temps pour arriver à une résolution de 20 ns par carreau.



A L'OSCILLOSCOPE

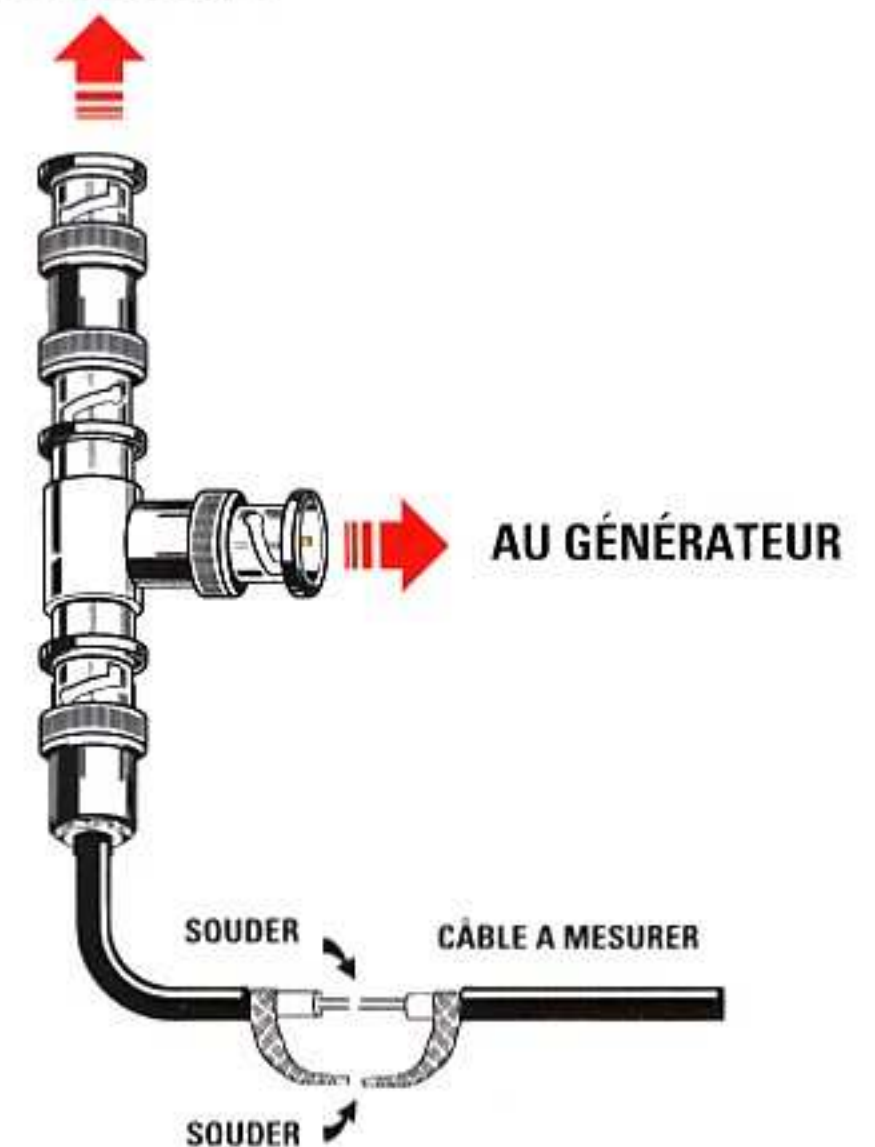


Figure 10 : Schéma de connexion des divers adaptateurs permettant de relier la sortie BNC du générateur d'impulsions à l'oscilloscope d'un côté et au coaxial à mesurer de l'autre. A ce propos et afin de n'avoir pas chaque fois à souder à une BNC le câble à mesurer, nous vous conseillons de souder ce dernier à un court morceau de câble coaxial à l'extrémité duquel vous soudez le câble à mesurer. N'utilisez pas de pinces crocos car la mesure effectuée ne serait pas fiable.

La réduction d'amplitude dépend de l'impédance du câble à mesurer. Dans le cas de la figure 14, par exemple, le câble a une impédance nominale de 50 ohms et l'impulsion se réduit jusqu'à 3 V dès qu'on connecte le câble.

Comme les deux pics sont assez rapprochés, pour effectuer une mesure précise du délai les séparant, vous devez

étendre la base de temps de manière à les écarter davantage. Pour cela utilisez la commande x10MAG.

Cette commande a un effet non négligeable et permet une extension de la base de temps de dix fois. Si vous aviez positionné le sélecteur Time/div sur .2 (0,2) μ s, soit 200 ns, en pressant la touche x10MAG vous obtiendrez 20 ns par carreau.

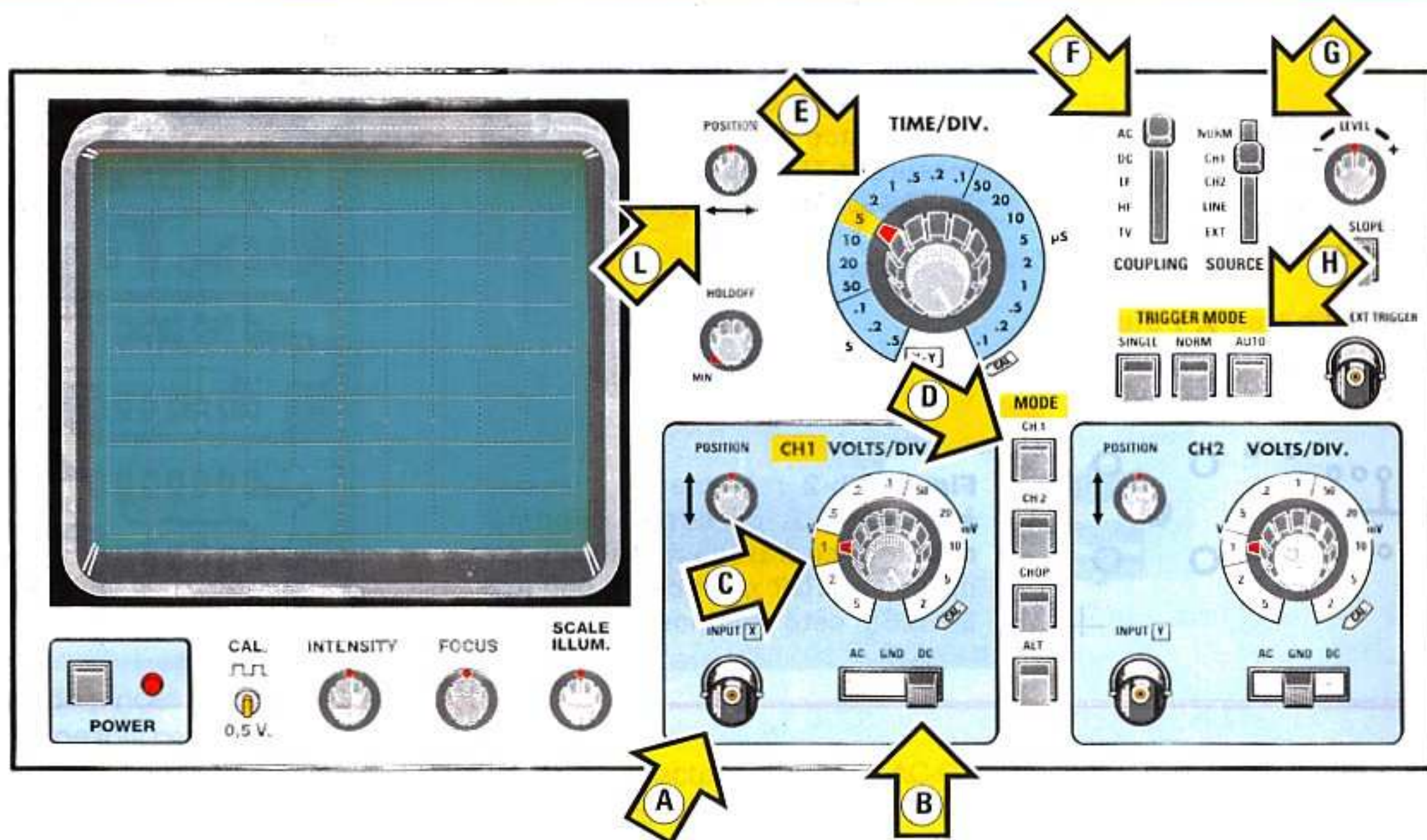


Figure 11 : Face avant d'un oscilloscope «typique» comportant les commandes que vous utiliserez durant la mesure des câbles coaxiaux ; chaque flèche contient une lettre et le tableau ci-contre indique leur signification.

A - entrée CH1
 B - sélecteur AC-GND-DC
 C - sélecteur V/div
 D - sélecteur MODE
 E - sélecteur Time/div
 F - sélecteur Trigger Coupling
 G - sélecteur Trigger Source
 H - sélecteur Trigger Mode

Vous vous apercevrez avec ce poussoir que l'espacement entre une impulsion et l'autre est tellement dilaté que, probablement, les impulsions seront hors écran (hors champ de visualisation). Pour les retrouver, tournez le bouton Horizontal Position jusqu'à voir réapparaître les impulsions, comme le montre la figure 15.

Note: si en agissant sur cette commande Horizontal Position les impulsions ne reviennent toujours pas dans le champ, laissez active la fonction x10MAG et tournez d'un cran dans le sens anti horaire le sélecteur Time/div, mettez-le sur .5 (0,5) μ s de manière à rapprocher les impulsions entre elles ; ensuite, en intervenant à nouveau sur le bouton Horizontal Position dans un sens et dans l'autre, vous pourrez faire apparaître l'impulsion, comme le montre la figure 16.

Comment mesurer la vitesse V_c d'un câble coaxial ?

Comme le montre la figure 15, le tracé à l'écran est formé de deux impulsions d'amplitudes légèrement différentes. La première, la plus forte, est l'impulsion directe de départ, la seconde est l'impulsion réfléchie de retour.

La distance en carreau entre les deux impulsions directe et réfléchie correspond exactement au temps mis par l'impulsion pour parcourir le trajet aller et retour le long du câble, soit le double de la longueur du câble. Ainsi, si nous connaissons la longueur du câble nous pouvons, en mesurant la distance entre les deux impulsions, trouver le coefficient de vitesse de propagation ou vitesse V_c d'une onde électromagnétique dans ce câble.

Cette V_c change selon le type de câble et va de 0,6 à 0,8 comme le montre le Tableau situé plus avant. Cela s'explique par le fait que, si une onde électromagnétique va dans le vide à 300 000 Km/s, à l'intérieur d'un câble cette vitesse est toujours inférieure et dépend des caractéristiques de construction de ce câble. Le rapport entre le vitesse dans un câble coaxial et la célérité de la lumière dans le vide est appelé coefficient de vitesse V_c . Pour l'exprimer on se sert de la formule :

$$V_c = 2 \times l : (t \times 300)$$

où l est la longueur du câble en m et t le délai entre deux impulsions en μ s.

Exemple: nous mesurons la V_c d'un câble TV de type G (voir Tableau plus loin) de

10 m de longueur et nous obtenons deux impulsions distantes de 4 carreaux avec le sélecteur Time/div sur 0,2 μ s (le x10MAG étant activé), comme le montre la figure 15.

Nous voulons connaître la V_c du câble. Tout d'abord nous trouvons le temps t en μ s : 4 carreaux avec le Time/div sur 0,2 μ s, cela fait un temps t de :

$$4 \times 0,2 = 0,8 \mu s.$$

Comme nous avons amplifié la base de temps de 10 fois nous devons diviser par dix la valeur ci-dessus :

$$0,8 : 10 = 0,08 \mu s.$$

Si nous remplaçons alors les valeurs de la formule précédente nous obtenons :

$$V_c = 2 \times 10 : (0,08 \times 300) = 20 : 24 = 0,83.$$

La valeur obtenue ci-dessus nous dit qu'une impulsion électromagnétique voyage sur le câble que nous mesurons à une vitesse de :

$$0,83 \times 300\ 000 = 249\ 000 \text{ Km/s}$$

soit 83% de sa vitesse de propagation dans le vide.

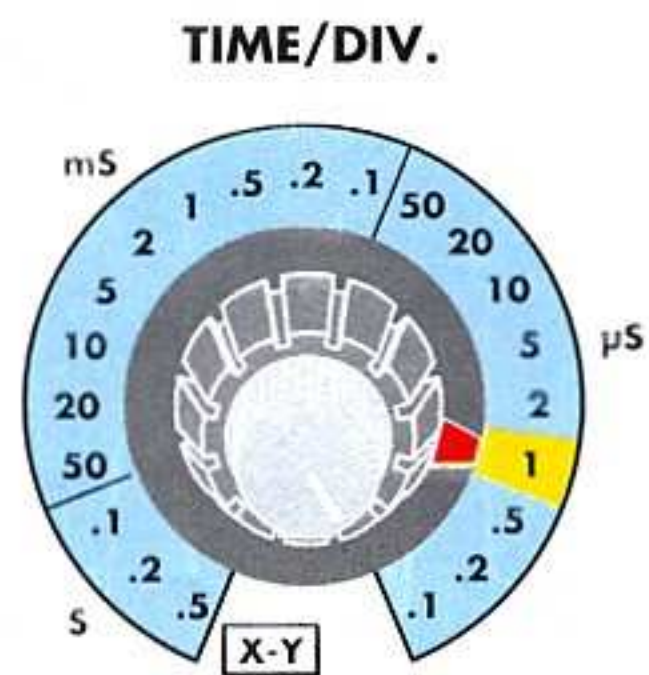
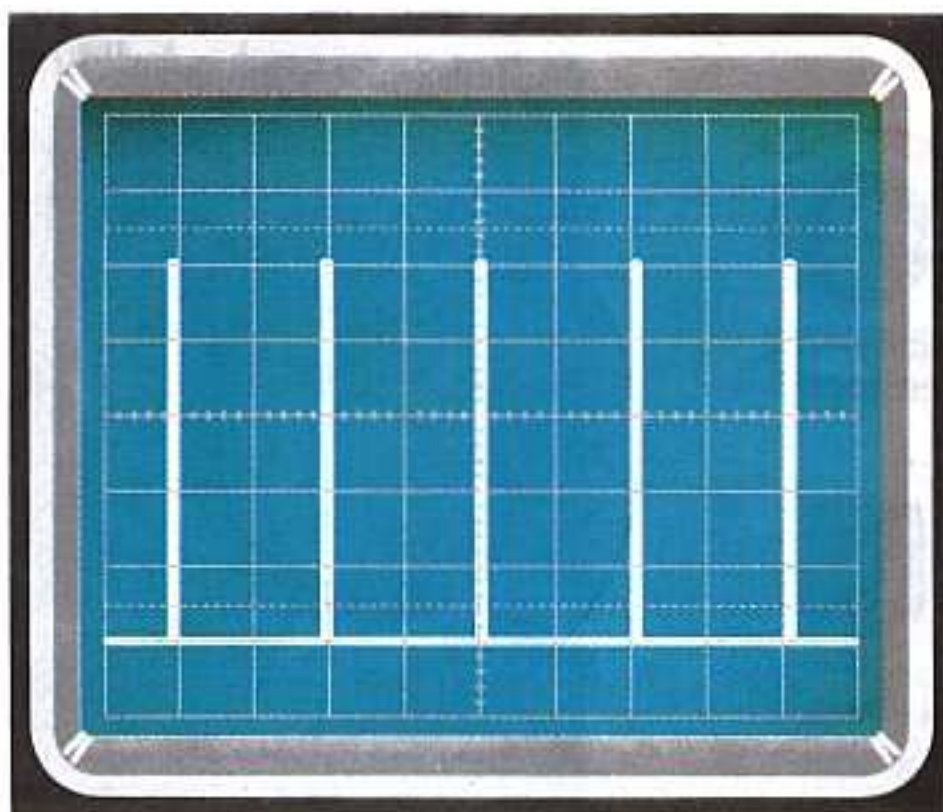


Figure 12 : Dès que vous alimenterez le circuit du générateur, vous verrez apparaître à l'écran de l'oscilloscope une série d'impulsions comme ci-dessus, elles sont distantes d'environ deux carreaux, ce qui correspond à 2 μs.

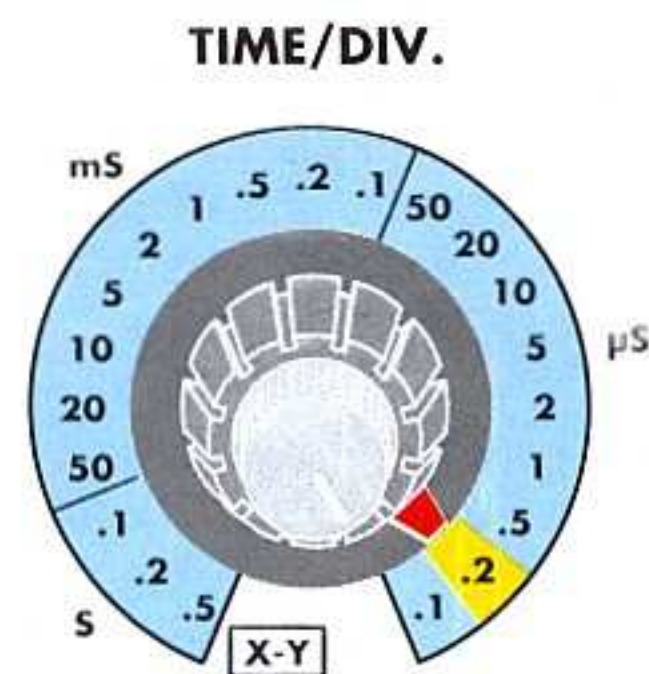
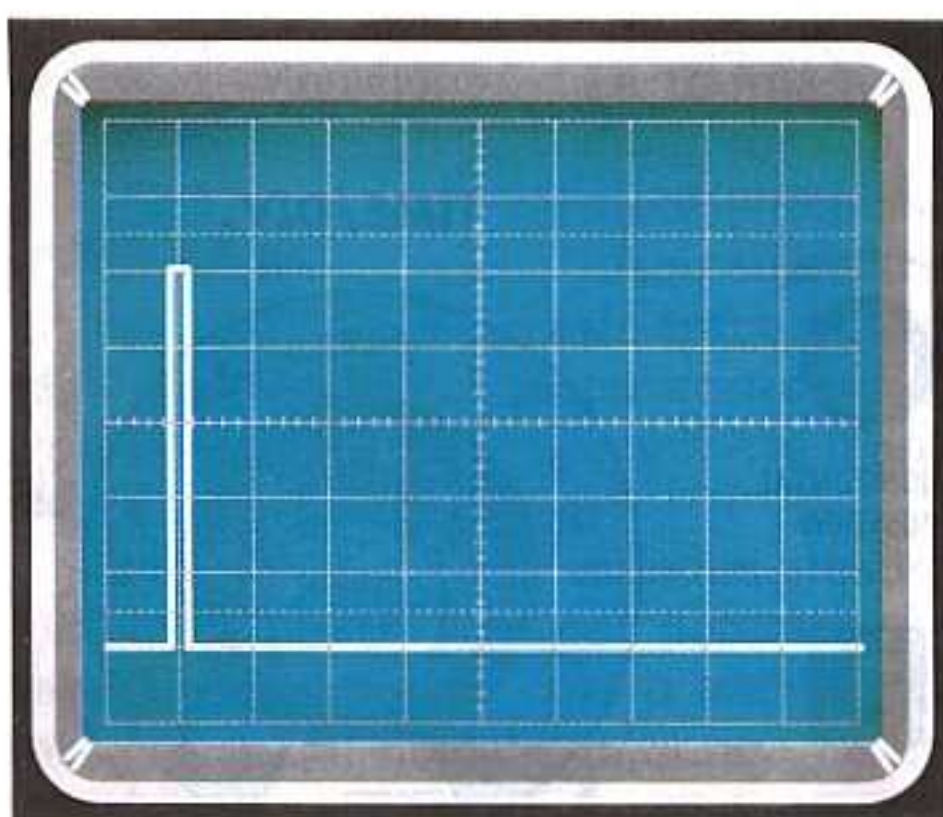


Figure 13 : Réglez le bouton du sélecteur Time/div sur la portée .2 (0,2) μs et en agissant sur le bouton de l'Horizontal Position positionnez l'impulsions pour qu'elle coïncide avec le premier carreau comme le montre la figure.

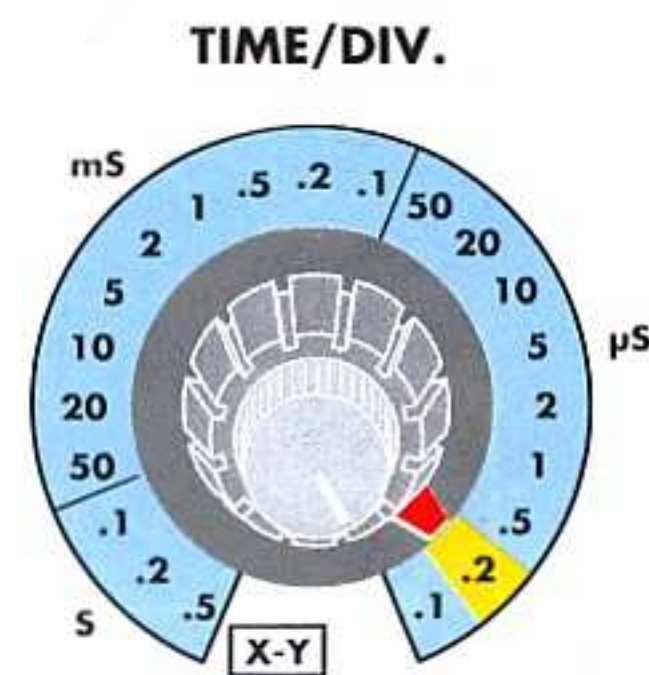
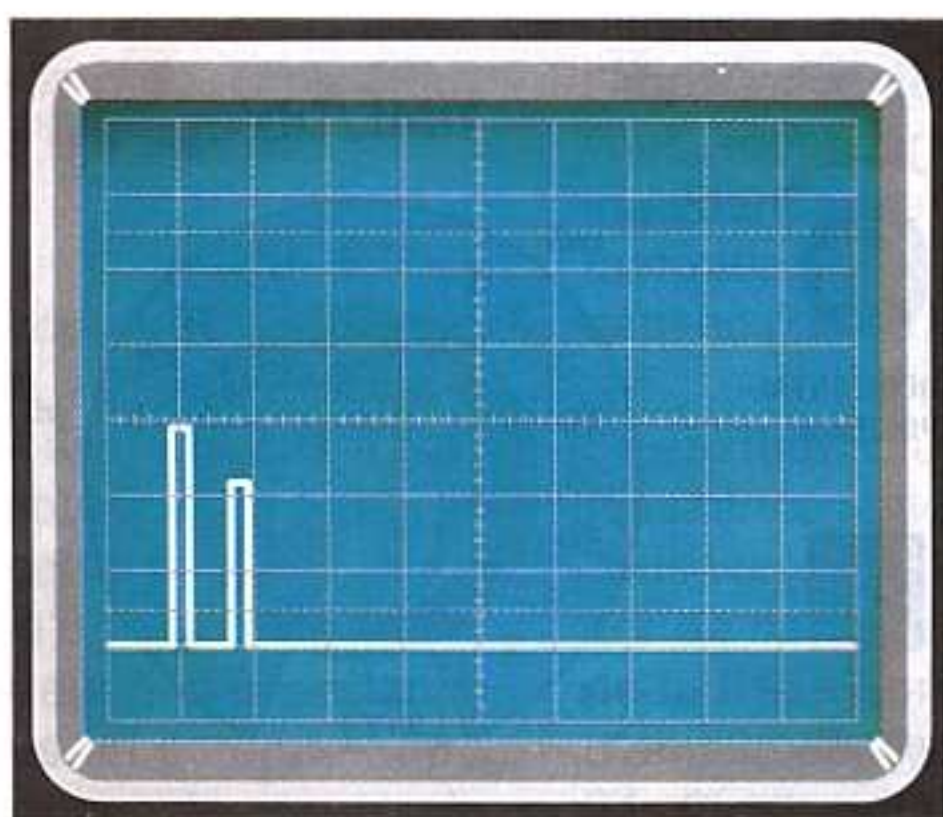


Figure 14 : Si le câble coaxial en examen est ouvert à une extrémité, une seconde impulsion se produit et apparaît à l'écran, c'est une impulsion réfléchiée et son amplitude est inférieure à celle de l'impulsion directe de départ ; sa distance par rapport à la précédente (plus à gauche) dépend de la longueur du coaxial.

Comment mesurer la longueur d'un câble coaxial ?

Supposons que nous voulions savoir quelle longueur l fait ce rouleau de câble coaxial dont on connaît le type et la marque, donc les caractéristiques d'impédance Z et de vitesse de

propagation V_c (ou parce que nous les avons précédemment mesurées sur un morceau de coaxial identique). Nous utilisons la formule

$$l = t \times 150 \times V_c$$

où l est la longueur du câble en m et

t le délai entre deux impulsions en μs. Pour effectuer cette mesure vous devez régler les commandes de l'oscilloscope comme précédemment. Le sélecteur de base de temps Time/div est à régler sur .2 (0,2) μs, soit 200 ns et en pressant la touche x10MAG vous obtiendrez un calibre de 20 ns par carreau.

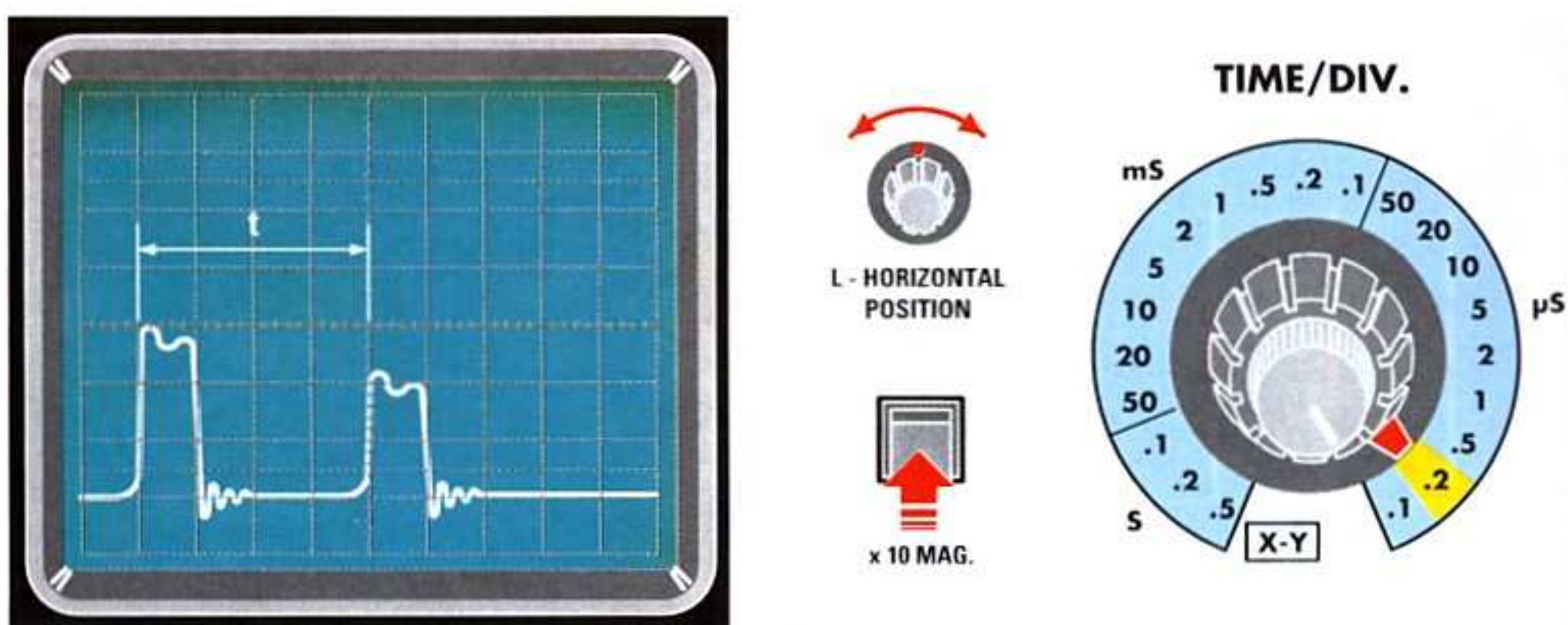


Figure 15 : Pour effectuer une mesure précise du temps séparant l'impulsion directe de l'impulsion réfléchie, vous devez étendre davantage la base de temps en utilisant la commande x10MAG. Vous amplifierez ainsi de dix fois la portée indiquée par le sélecteur Time/div. Dans ce cas chaque carreau de l'écran correspond à 20 ns. Après avoir activé la commande x10MAG vous verrez les impulsions disparaître de l'écran. Tournez alors le bouton de l'Horizontal Position, dans les deux sens, jusqu'à faire réapparaître les deux impulsions sur l'écran.

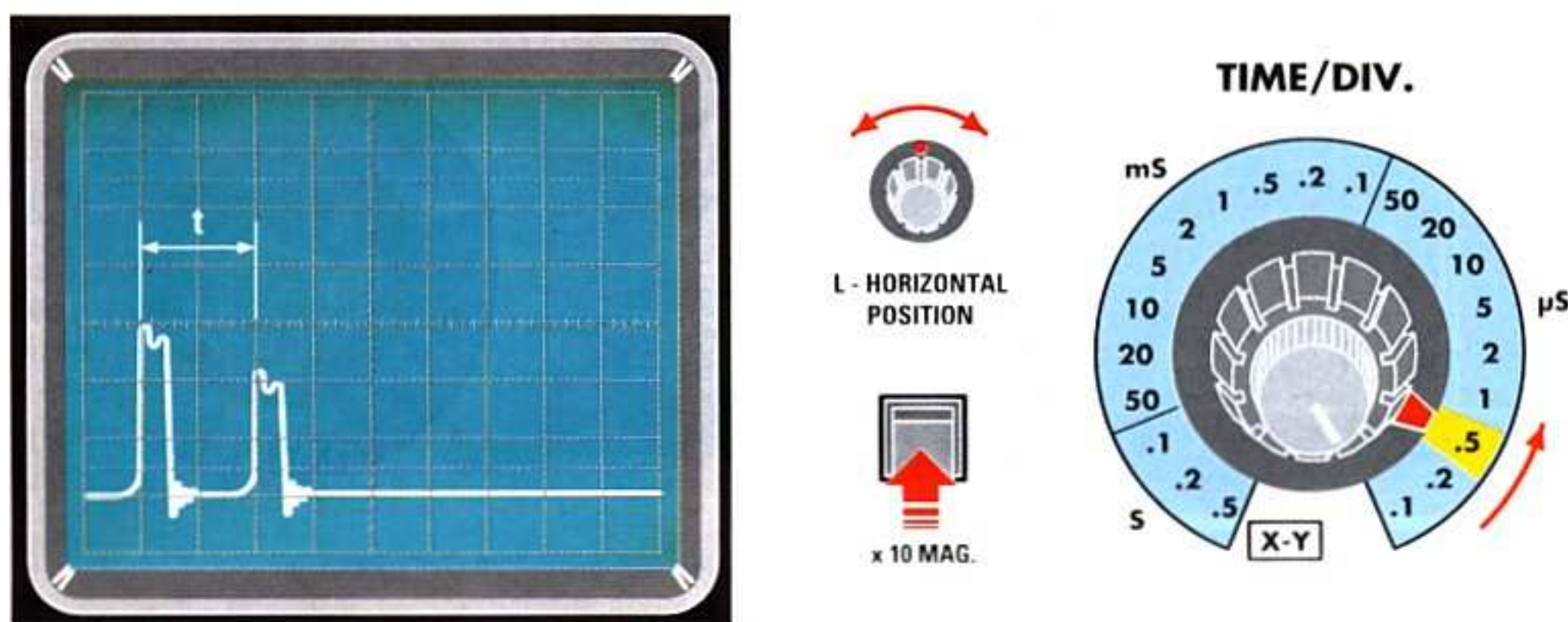


Figure 16 : Si vous ne réussissez pas à faire réapparaître ces impulsions à l'écran, tournez le sélecteur Time/div dans le sens anti horaire pour le placer sur la position .5 (0,5) μ s. En agissant à nouveau sur le bouton de l'Horizontal Position vous pourrez cette fois faire réapparaître les deux impulsions à l'écran.

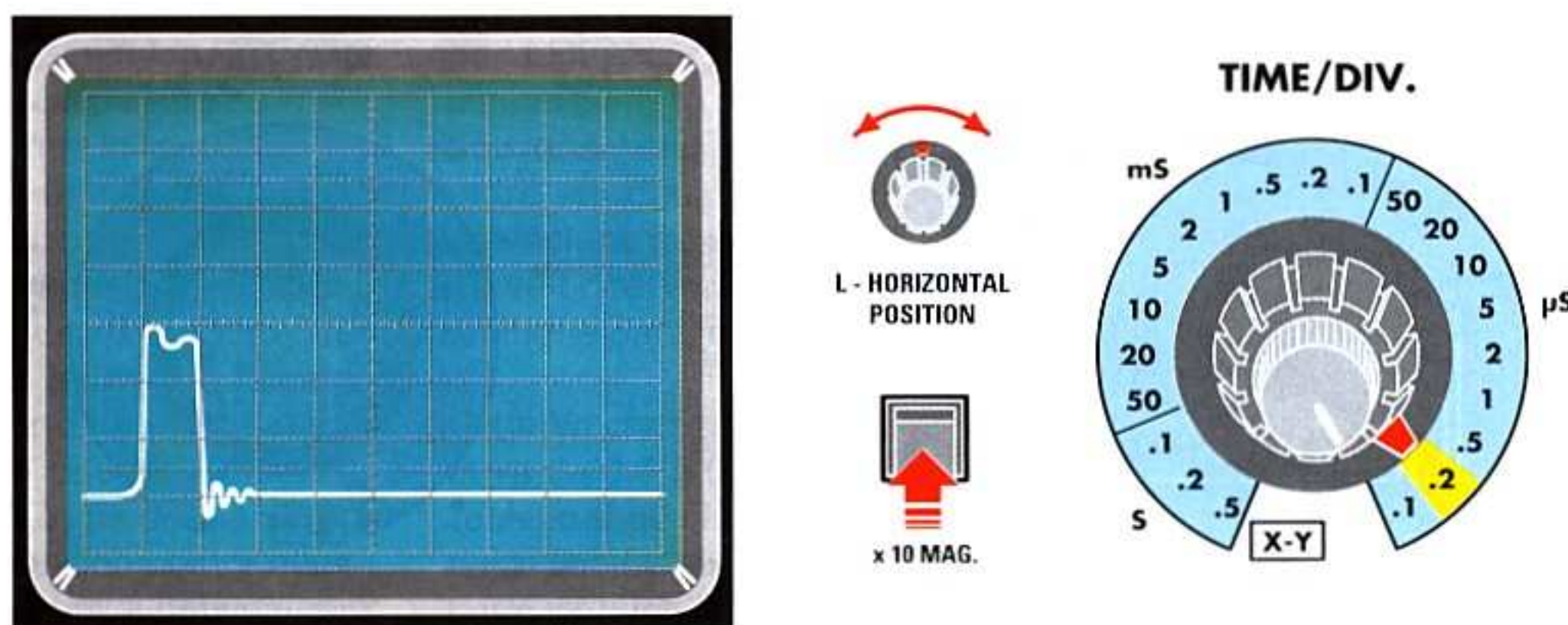


Figure 17 : Comme la distance en carreau – et par conséquent le temps – séparant l'impulsion réfléchie de l'impulsion directe dépend de la longueur du câble, il peut arriver qu'en mesurant une longueur de câble assez importante l'impulsion réfléchie ne soit pas visible à l'écran (parce que située « hors champ »...); dans ce cas, réglez le sélecteur Time/div sur la portée immédiat supérieure, comme le montre la figure 18 suivante et vous verrez alors les deux impulsions.

Si le rouleau de câble coaxial dont vous voulez mesurer la longueur est trop long, vous pourriez ne pas parvenir à voir à l'écran les deux impulsions (l'une étant hors champ de visualisation), comme le montre la figure 17. Si en tournant le bouton Horizontal Position vous la voyez réapparaître.

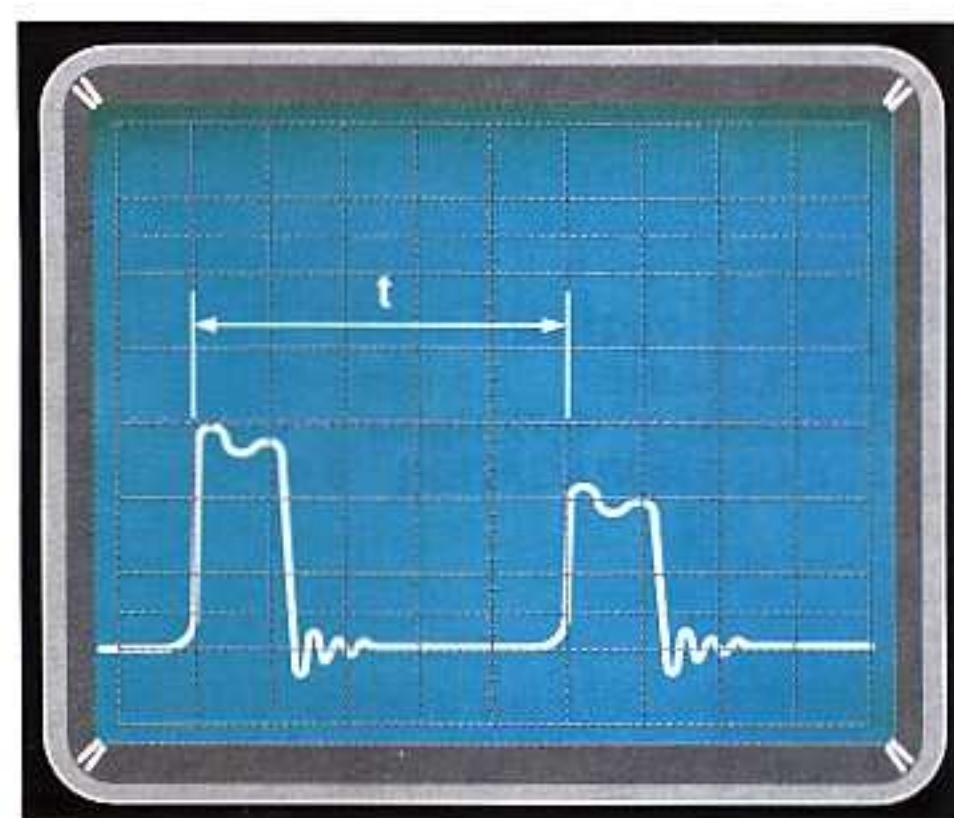
Cela signifie que le délai séparant les impulsions directe et réfléchie est supérieur à:

$$10 \text{ carreaux} \times 20 \text{ ns} = 200 \text{ ns.}$$

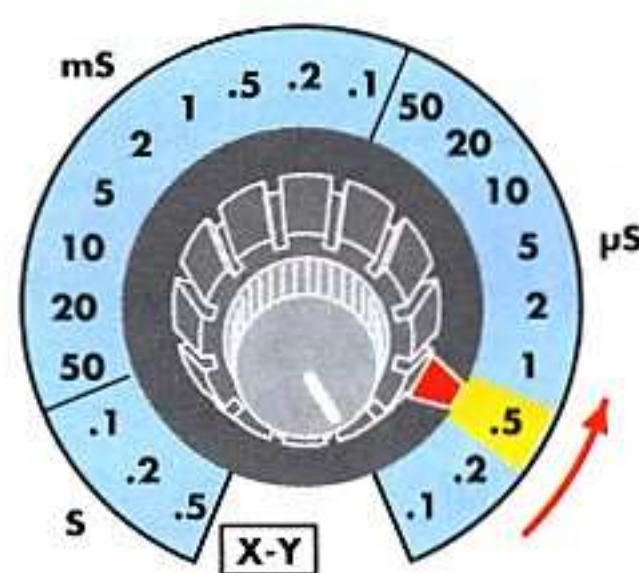
Dans ce cas, pour visualiser les deux impulsions vous devez tourner dans le

sens anti horaire le sélecteur Time/div pour le régler la base de temps sur .5 (0,5) μ s.

En tournant comme il faut le bouton Horizontal Position vous verrez alors apparaître les deux impulsions à l'écran, comme le montre la figure 18.



TIME/DIV.



$$V_c = 2 \times l : (t \times 300)$$

où l est la longueur de câble en m et t le délai entre deux impulsions en μs .

Figure 18 : Si on mesure le temps t séparant l'impulsion réfléchie de l'impulsion directe, il est possible – la longueur de câble étant connue – de trouver son coefficient de vélocité V_c qui indique la vitesse de transmission d'une impulsion électromagnétique dans chaque type de câble coaxial. Pour calculer V_c on utilise la formule ci-dessus.

Supposons que les deux impulsions soient distantes de :

$$5 \text{ carreaux} \times 0,5 \mu s/\text{div} = 2,5 \mu s.$$

Comme on a inséré la commande x10 MAG nous devons encore diviser par 10 :

$$2,5 : 10 = 0,25 \mu s.$$

Remplaçons la valeur dans la formule et introduisons la valeur de V_c que nous avons précédemment trouvée :

$$l = 0,25 \times 150 \times 0,83 = 31,12 \text{ m.}$$

Notre rouleau de câble coaxial fait donc une longueur de 31,12 m.

Comment mesurer l'impédance d'un câble coaxial ?

Jusqu'à présent pour nos mesures nous avons laissée l'extrémité distante du câble coaxial ouverte, mais qu'arrive-t-il si on lui applique une charge ? Pour simuler cette dernière nous montons au bout d'un coaxial de n'importe quelle longueur et d'impédance nominale 50 ohms un potentiomètre de 100 ohms, comme le montre la figure 4. La broche centrale du potentiomètre est reliée à une des deux autres afin d'avoir, quand on tourne son axe, une résistance variant de 0 à 100 ohms, comme le montrent les figures 19-20-21.

Pour commencer réglons le curseur du potentiomètre pour une résistance maximale de 100 ohms, comme le montre la figure 19 : avec les mêmes réglages de l'oscilloscope que précédemment, nous aurons à l'écran une impulsion réfléchie de même sens et d'une amplitude inférieure à celle de l'impulsion directe.

En tournant l'axe du potentiomètre, diminuons la résistance progressivement (l'impulsion réfléchie diminue), jusqu'au point où l'impulsion disparaît (la trace horizontale devient plate là où se trouvait l'impulsion réfléchie), comme le montre la figure 20.

Si nous mesurons alors la résistance du potentiomètre nous voyons qu'elle a la même valeur ohmique que l'impédance caractéristique Z du câble coaxial utilisé :

$$Z = R = 50 \text{ ohms.}$$

Par cette méthode vous pourrez trouver l'impédance d'un coaxial d'impédance nominale inconnue ou bien connaître l'impédance réelle d'un coaxial dont vous soupçonnez l'exactitude de son impédance caractéristique nominale marquée. Bien sûr cette impédance ne dépend pas de la longueur du câble.

Si ensuite vous diminuez encore la résistance réglée sur le potentiomètre, vous verrez l'impulsion réfléchie changer de sens (le pic passe au dessous de la trace horizontale) et augmenter d'amplitude, comme le montre la figure 21. C'est que nous nous approchons de la condition de court-circuit.

Comment effectuer le contrôle d'un câble coaxial ?

Outre cette mesure de l'impédance nominale ou caractéristique, il est possible de détecter, même sur une faible longueur de coaxial, des variations d'impédance indésirables dues à des pertes diélectriques causées par une infiltration d'humidité par exemple.

Pour vous expliquer cela nous donnons figure 22 un aperçu du tracé

obtenu quand on monte en série deux câbles coaxiaux, l'un de longueur L_1 et d'impédance 50 ohms et l'autre de longueur L_2 et d'impédance 75 ohms. Nous simulons ainsi une variation d'impédance en un point d'un câble coaxial.

En regardant le tracé nous pouvons faire deux observations intéressantes.

La première impulsion à gauche de l'écran correspond à l'impulsion produite par le générateur à l'instant t_0 et vous voyez qu'à l'instant t_1 apparaît une impulsion plus petite et de même sens que l'impulsion directe.

Cette impulsion réfléchie retourne vers le générateur à l'instant où l'impulsion émise par le générateur transite par la jonction entre le câble de 50 ohms et celui de 75 ohms, c'est-à-dire par le point où l'impédance varie.

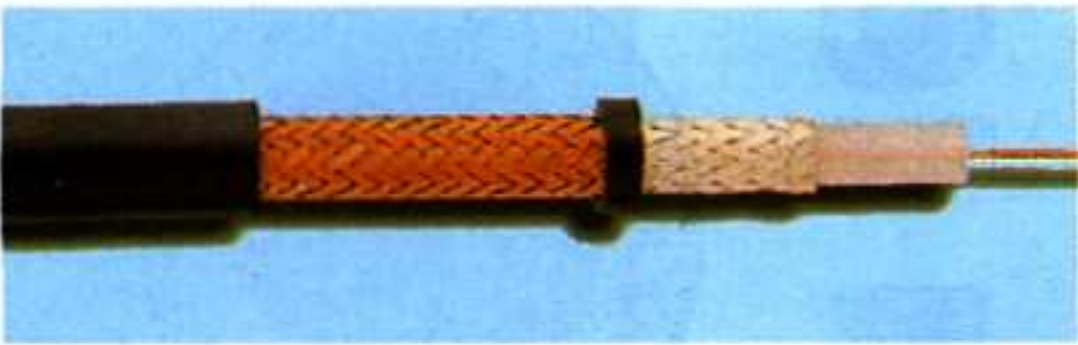




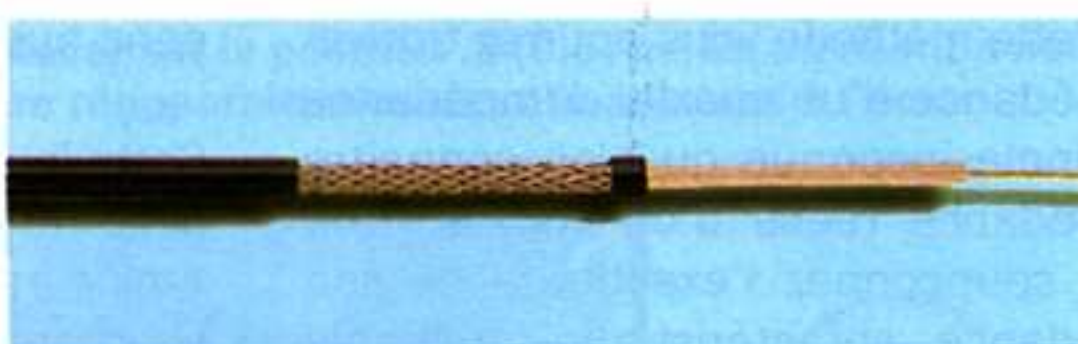
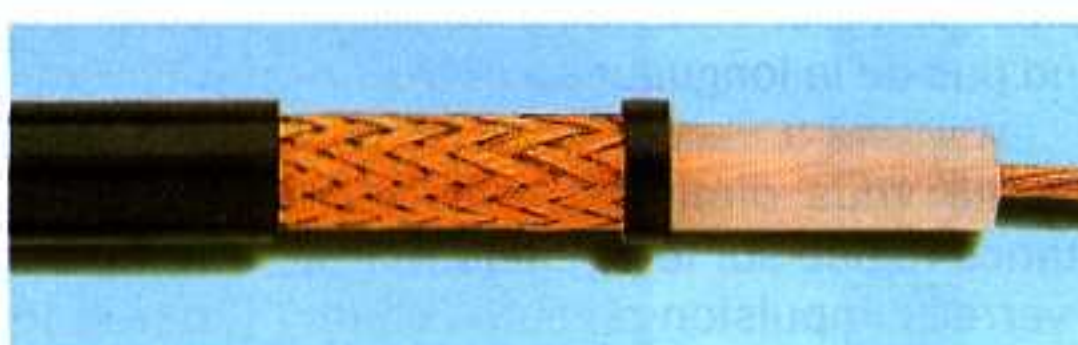
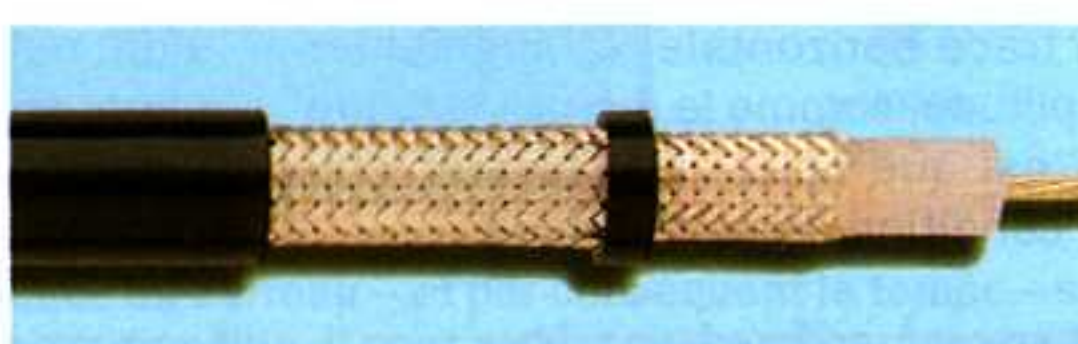
Comme l'impulsion produite par le générateur rencontre au passage par la jonction de 50 à 75 ohms une **augmentation d'impédance**, l'impulsion réfléchie a le **même sens** que l'impulsion directe. En outre, si nous mesurons la différence

$t_1 - t_0$

avec la formule déjà utilisée pour le calcul de la longueur, il est possible de trouver le point où se produit la variation d'impédance, soit en fait L_1 (la longueur du coaxial de 50 ohms).

Toujours en regardant la figure 22, nous voyons qu'à l'instant t_2 apparaît l'impulsion réfléchie (réflexion de l'impulsion d'origine laquelle, arrivée à l'extrémité ouverte du second câble coaxial, repart en arrière).

QUELQUES TYPES DE CÂBLES COAXIAUX

CÂBLE RG.6		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 8,5 mm DIAMÈTRE FIL 0,72 rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.11		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 10,1 mm DIAMÈTRE FIL 2,8 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.58		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 5 mm DIAMÈTRE FIL 3,4 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.59		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 6,2 mm DIAMÈTRE FIL 0,58 rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.62		IMPÉDANCE 93 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 6,2 mm DIAMÈTRE FIL 0,64 rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,83
CÂBLE RG.174		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 2,8 mm DIAMÈTRE FIL 1,1 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.213		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 10,2 mm DIAMÈTRE FIL 5,2 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.214		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 10,8 mm DIAMÈTRE FIL 5,2 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66

Si nous mesurons la différence








$t_2 - t_1$

nous pouvons calculer la longueur du câble L2 de 75 ohms. A l'instant t_3 apparaît alors une autre impulsion de moindre amplitude mais inversée par rapport à l'impulsion directe.

Si vous regardez encore la figure 22, vous voyez que le délai entre t_3 et t_2 est totalement identique au délai entre t_2 et t_1 .

Cela est dû au fait que, lorsque l'impulsion réfléchie par l'extrémité ouverte du câble de 75 ohms revient vers le générateur, elle trouve sur son

parcours la jonction de 75 à 50 ohms (franchie cette fois à rebours), soit une diminution d'impédance. D'où la petite impulsion inversée, qui repart dans le sens opposé, soit vers l'extrémité ouverte du câble coaxial de 75 ohms par laquelle elle est à nouveau réfléchie vers l'oscilloscope qui la visualise à l'instant t_3 .

CÂBLE RG.216		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 10,8 mm DIAMÈTRE FIL 2,8 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,66
CÂBLE RG.223		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 5,3 mm DIAMÈTRE FIL 0,9 rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,67
CÂBLE RG.7		IMPÉDANCE 50 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 7,5 mm DIAMÈTRE FIL 7,2 tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,80
CÂBLE MINI COAX		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 3,6 mm DIAMÈTRE FIL 1,1 mm tressé VITESSE DE PROPAGATION 0,80
CÂBLE 07575		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 5,3 mm DIAMÈTRE FIL 0,7 mm rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,80
CÂBLE 1275		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 6,7 mm DIAMÈTRE FIL 1,1 mm rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,80
CÂBLE SC85		IMPÉDANCE 75 Ohm DIAMÈTRE GAINÉ 6,7 mm DIAMÈTRE FIL 1,1 mm rigide VITESSE DE PROPAGATION 0,80

Ce tableau donne les caractéristiques dimensionnelles et la vitesse V_c (ou vitesse de propagation) des principaux câbles coaxiaux du marché. Mais attention : l'impédance réelle d'un câble coaxial peut être légèrement différentes de sa valeur nominale à cause des tolérances de fabrication ; même remarque pour la vitesse V_c , qui peut être différente pour une même référence de câble mais d'une autre marque.

Cet exemple démontre qu'avec un simple envoi d'impulsion le long d'un câble, il est possible de trouver quantité d'informations intéressantes sur son fonctionnement.

Note : quand on effectue une mesure de ce type, afin d'éviter de visualiser des impulsions parasites, il importe que

l'impédance de sortie du générateur d'impulsions et l'impédance du coaxial sur lequel on va faire la mesure soient parfaitement adaptées entre elles.

Ainsi, si on mesure un câble de 50 ohms, l'impédance de sortie du générateur devra être égale à 50 ohms ; tandis que si l'on mesure un câble dont

l'impédance a une valeur différente, il faut modifier en conséquence l'impédance de sortie du générateur en faisant passer le cavalier J1 de la position BC (50 ohms) à la position AB (75 ohms) et en modifiant éventuellement la valeur de R5, qui a l'origine est de 27 ohms, pour une valeur adéquate à l'impédance recherchée (celle du câble à mesurer).

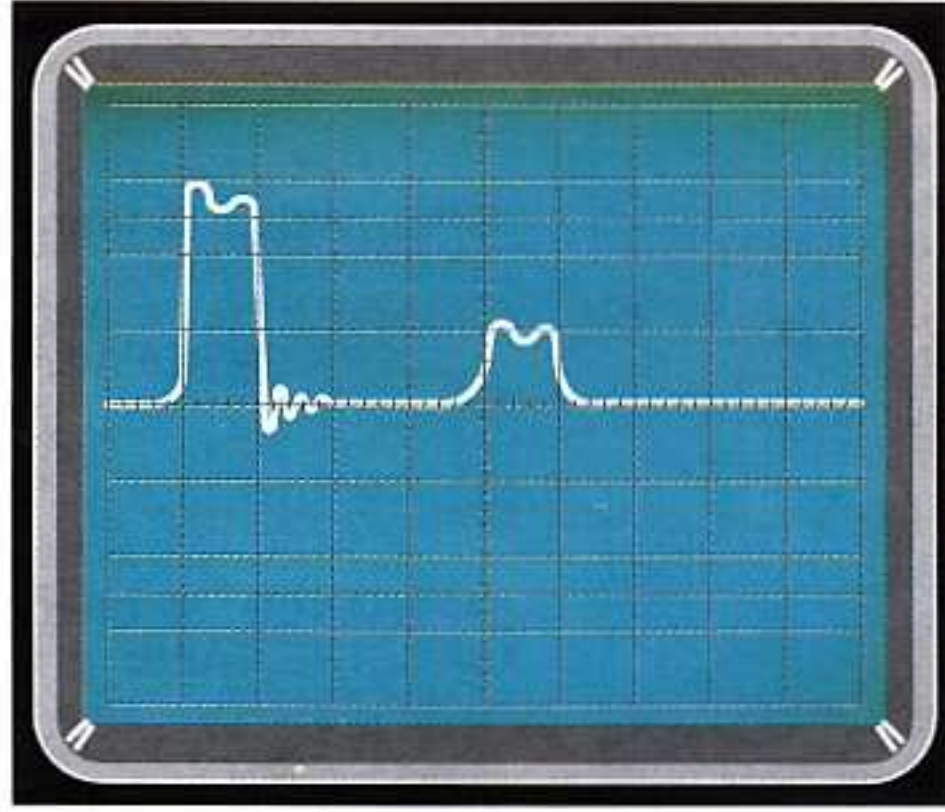


Figure 19 : Après avoir relié l'extrémité du câble à un potentiomètre de 100 ohms, réglez-le pour la valeur résistive maximale. Dans cette condition vous verrez apparaître à l'écran l'impulsion de départ et, plus loin, l'impulsion réfléchie, de même sens.

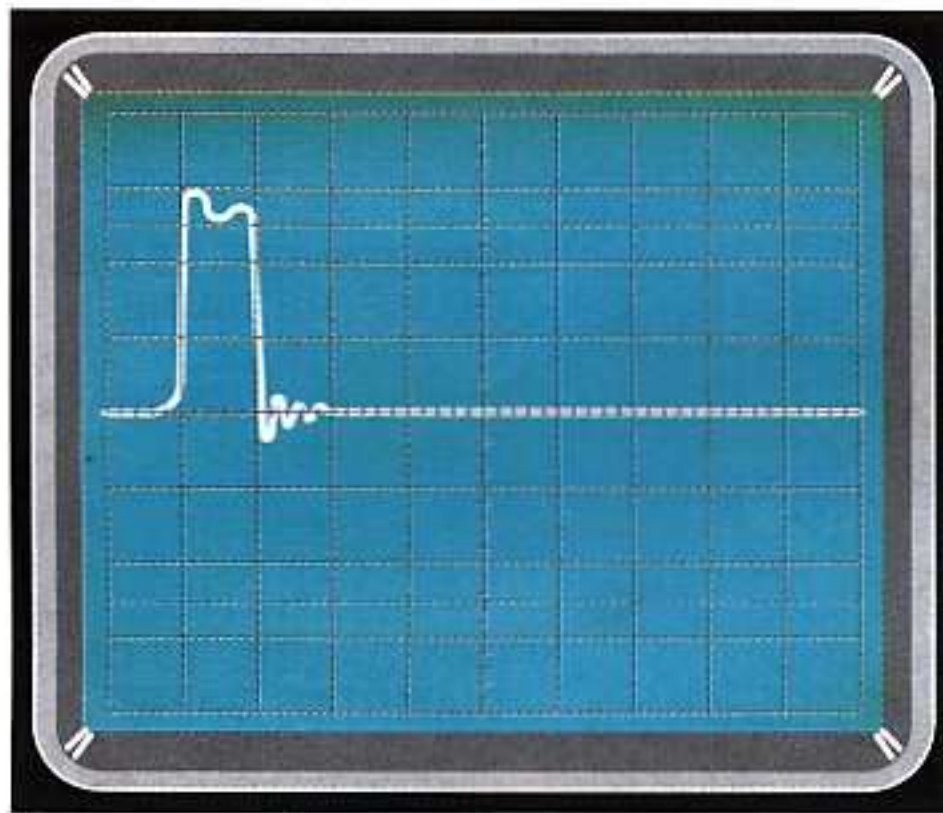


Figure 20 : Si vous tournez maintenant le potentiomètre afin de réduire sa résistance, vous verrez l'impulsion réfléchie se réduire jusqu'à s'aplatir complètement. Si à ce moment vous mesurez la résistance du potentiomètre vous aurez l'impédance du câble coaxial.

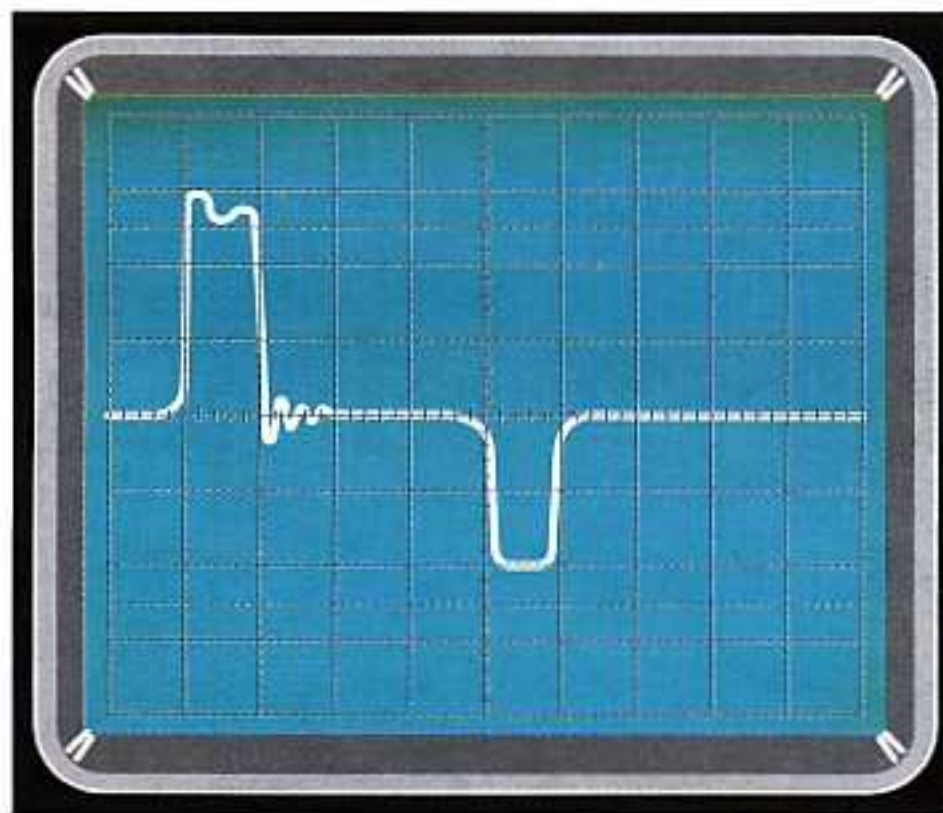


Figure 21 : Quand on continue à réduire la résistance du potentiomètre on voit réapparaître l'impulsion réfléchie, inversée par rapport à l'impulsion directe de départ. Cela se comprend parfaitement car nous sommes proche de la condition de court-circuit, pour laquelle l'impulsion réfléchie atteint l'amplitude maximale.

Par exemple, si vous voulez mesurer un coaxial de 100 ohms (le générateur devra avoir une impédance de sortie de 100 ohms), prenez pour remplacer la R5 de 27 ohms une résistance de: $100 - (11 + 39) = 50$ ohms (prenez la valeur normalisée la plus proche, soit 47 ohms). Si le câble à mesurer a une impédance inconnue,

vous pourrez d'abord trouver son impédance par la méthode décrite au paragraphe précédent, puis calculer la valeur de R5.

Notes techniques

Le générateur TDR que nous avons réalisé fonctionne à une fréquence d'environ

500 kHz, ce qui crée un intervalle entre les impulsions d'environ 2 μ s ; cela permet de faire des mesures même sur des câbles assez longs.

Si vous devez faire des mesures sur des câbles plus longs, il est possible d'écartier davantage les impulsions en réduisant la fréquence de travail de IC1 NE555CN.

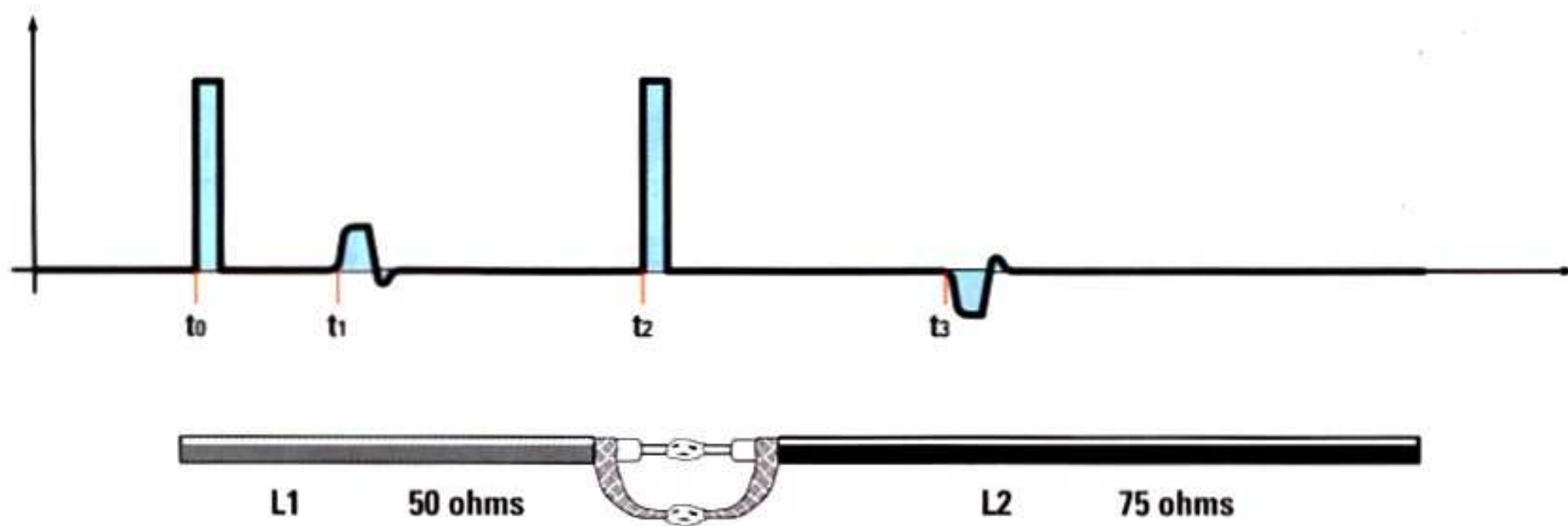


Figure 22 : Le procédé de réflectométrie TDR permet d'obtenir de nombreuses informations à partir de la courbe produite en envoyant une impulsion le long d'un câble coaxial ou d'une ligne de transmission d'une certaine longueur. Dans l'exemple de cette figure nous avons relié deux morceaux de câble, un d'impédance 50 ohms et de longueur L1 et un autre de 75 ohms et de longueur L2 (nous simulons ainsi au point de jonction un changement d'impédance). Sur la courbe on aperçoit :

- l'impulsion de départ directe t_0 ,
- une première impulsion obtenue quand l'impulsion directe transite par le point où l'impédance augmente de 50 à 75 ohms t_1
- une impulsion de plus grande amplitude résultant de la réflexion de l'impulsion directe de départ à l'extrémité ouverte du coaxial t_2
- une troisième impulsion inversée t_3 . Cette impulsion se produit alors que l'impulsion revient en arrière après avoir été réfléchi par l'extrémité ouverte du câble. Comme au retour elle rencontre une diminution d'impédance de 75 à 50 ohms, elle inverse son sens.

Pour réduire cette fréquence, il vous suffit tout simplement d'augmenter la valeur du condensateur C3 ou de la résistance R3 (voir le schéma électrique de la figure 6).

La durée de l'impulsion peut en outre être modifiée entre 20 et 100 μs à l'aide du trimmer R4.

En augmentant leur durée, il est possible d'envoyer dans le coaxial des impulsions de plus haute énergie et de pouvoir alors visualiser l'impulsion réfléchi même avec un câble de grande longueur.

Rappelons que pour obtenir l'effet de retour de l'impulsion directe en impulsion réfléchi, il est indispensable que le câble coaxial soit ouvert à son extrémité distante (voir figure.3).

Précisons aussi que pour parvenir à apprécier l'effet d'écho, il est nécessaire que le coaxial examiné dépasse une longueur minimale, au dessous de laquelle les deux impulsions seraient superposées.

Tenons compte du fait que, pour être appréciable, le délai entre les deux impulsions doit être supérieur à la durée de chacune des impulsions, soit 25 ns et que pendant ce temps – en prenant par exemple un câble coaxial de V_c égale à 0,80 – l'impulsion va parcourir la distance:

$$l = t \times 150 \times V_c$$

$$l = 0,025 \times 150 \times 0,80 = 3 \text{ m.}$$

On retiendra cette valeur comme longueur minimale du coaxial à mesurer.

Conclusion

Vous vous êtes aperçus que lorsque nous pensons à la propagation de la lumière ou des autres ondes électromagnétiques comme les ondes RF, nous considérons que les événements sont instantanés !

Cette erreur d'appréciation est due aux très grandes vitesses en jeu, mais ces vitesses ne sont pas pour autant infi-

nies, ce qui garantirait l'instantanéité des parcours et la simultanéité des phénomènes distants.

En réalité, avec le petit circuit que nous vous avons proposé, nous avons démontré qu'on peut mesurer même des temps extrêmement brefs, comme celui que met une onde électromagnétique pour parcourir quelques mètres de câble coaxial.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce mesureur de câbles coaxiaux à générateur TDR EN5065 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip> ◆

Une sonde différentielle opto-isolée pour oscilloscope

Pour visualiser à l'oscilloscope des tensions entre deux points d'un circuit – toutes deux étant à des potentiels différents de la tension de référence de l'oscilloscope, c'est-à-dire flottantes par rapport à la terre – vous devez utiliser une sonde différentielle, de préférence opto-isolée, comme la nôtre.



En général les oscilloscopes, même les professionnels, ne sont dotés que d'une **sonde standard passive** laquelle, bien qu'extérieure à l'oscilloscope, est conçue pour prélever tels quels les signaux des circuits en examen et fait donc partie intégrante du système de mesure. Il s'agit d'une sonde «universelle» qui habituellement laisse passer sans atténuation (1x) ou bien au contraire atténuée de dix fois (10x) l'amplitude du signal arrivant à l'entrée de l'oscilloscope, ce qui permet une vaste gamme de mesure.

Elle est constituée d'un câble coaxial souple assez long et muni d'une pointe de touche à pince (type grip fil) pour pouvoir prélever le signal sur le circuit ou le composant sur

lequel on fait les mesures; le coaxial se termine en outre par une pince crocodile qui doit obligatoirement être reliée à un point de potentiel 0 (prise de terre). La mesure effectuée avec cette sonde est toujours référée à la différence de potentiel entre deux points du circuit dont un est électriquement neutre. N'oublions pas, en effet, qu'un oscilloscope est alimenté par le secteur et que, pour protéger l'utilisateur contre les risques d'électrocution, son châssis est relié à la prise de terre. Cela implique une seule masse partagée et que le potentiel de la terre soit à 0 V (potentiel nul); tous les circuits reliés, sonde comprise, auront leur masse à ce même potentiel 0 V. Sans cela on encourrait un court-circuit et, certainement, un endommagement de l'oscilloscope comme du circuit examiné.

Figure 1 : Les mesures effectuées avec sonde passive montrent la différence de potentiel entre deux points d'un circuit dont un est toujours au même potentiel que la terre (soit 0 V). Si vous reliez cette sonde comme sur ce dessin, avec la pince croco connectée au secteur, vous provoquerez, dans le meilleur des cas, un court-circuit endommageant la charge et l'oscilloscope.

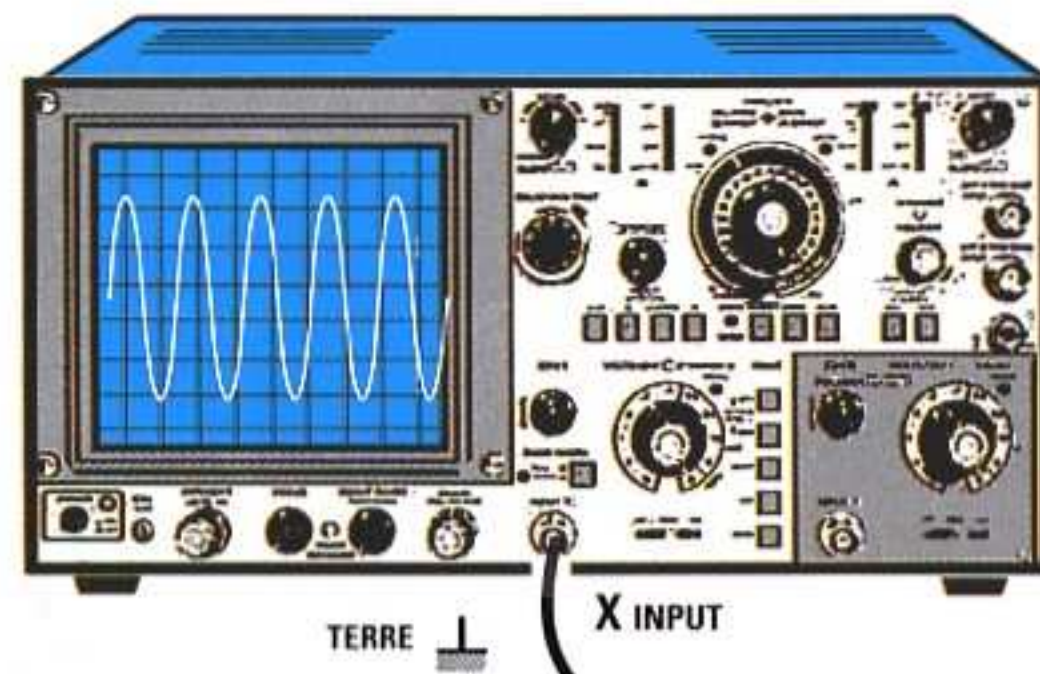
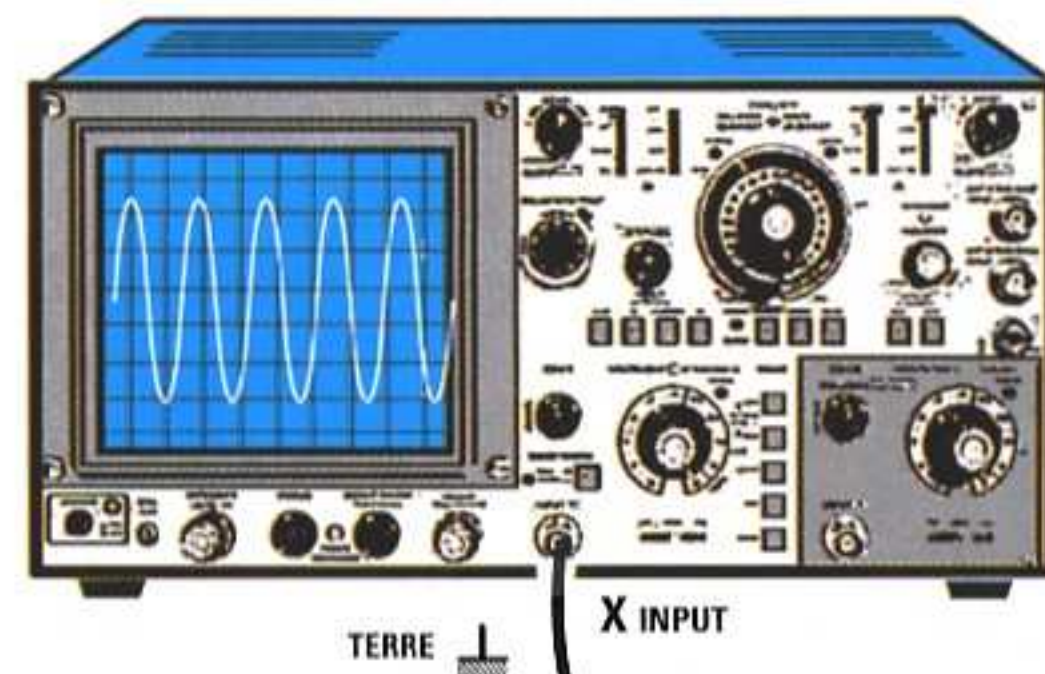
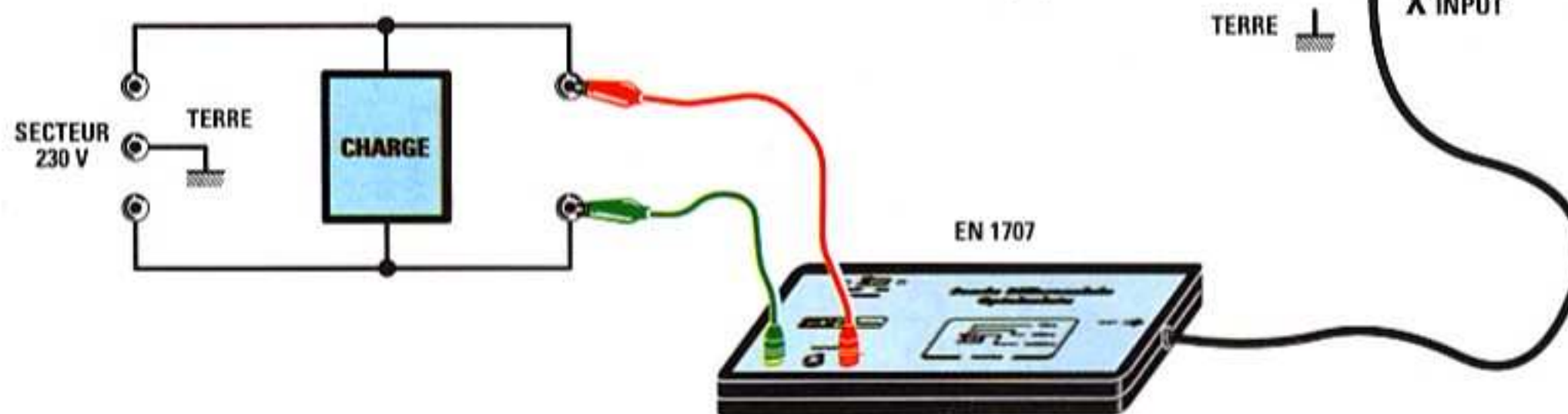


Figure 2 : Pour visualiser à l'écran de l'oscilloscope la forme d'onde du courant traversant une charge connectée au secteur, vous devez utiliser une sonde différentielle. La sonde EN1707 permet d'effectuer des mesures de tensions flottantes; opto-isolée, elle maintient les masses séparées, ce qui permet le transfert et la mesure du signal.



C'est pourquoi l'une des extrémité de la sonde passive est reliée à la masse du circuit et la mesure effectuée est donc relative à un point de masse (on parle de mesure «single ended»), lequel devient la référence pour les tensions mesurées.

Note : pour de plus amples informations sur les sondes passives, reportez-vous à votre Cours, en particulier les dernières Leçons consacrées à l'oscilloscope.

Bien qu'elle soit un périphérique essentiel de votre oscilloscope, dont le rôle est de visualiser à l'écran le signal prélevé sur le circuit le plus fidèlement possible, c'est-à-dire sans parasites ou distorsion, la sonde passive ne permet pas d'exécuter n'importe quel type de mesure.

Quand il est nécessaire d'effectuer des mesures de signaux à potentiels divers, c'est-à-dire non référencées à la masse,

on doit se servir d'une **sonde différentielle**. Il s'agit d'un type particulier de sonde non fournie avec l'oscilloscope et donc à acquérir à part : habituellement elles coûtent assez cher et cela nous engage d'autant plus – au-delà de la joie du «faire soi-même» – à l'autoconstruction. Une sonde différentielle mesure les différences de tension entre deux points lorsque aucun des deux n'est au potentiel zéro.

Ainsi la connexion à la terre est possible et l'oscilloscope comme l'utilisateur sont protégés.

Vous vous demandez peut-être pourquoi ne pas simplement utiliser deux sondes standards et les relier aux deux canaux de l'oscilloscope puis comparer à l'écran les deux tensions... certes, mais cette méthode a ses limites : la première est que tous les oscilloscopes ne permettent pas de visualiser le signal

obtenu comme différence entre les deux canaux. Et si votre oscilloscope le permet, les gains des deux canaux peuvent être légèrement différents ; en outre si l'amplitude du signal est faible, l'utilisation de la résolution verticale pourrait ne pas autoriser la visualisation correcte de la composante différentielle.

Bref, pour obtenir des mesures exactes et fiables, dans ce cas, vous devez utiliser une sonde différentielle.

La **sonde différentielle opto-isolée EN1707**, que cet article vous propose de construire, permet d'effectuer des mesures de tensions alternatives dans une gamme de fréquences allant de **30 Hz à 50 KHz** non référencées à la masse de l'oscilloscope et donc **flottantes** ; ce terme désigne le fait que la masse du système électrique n'est pas au même potentiel que la terre de l'installation électrique du secteur 230 V.

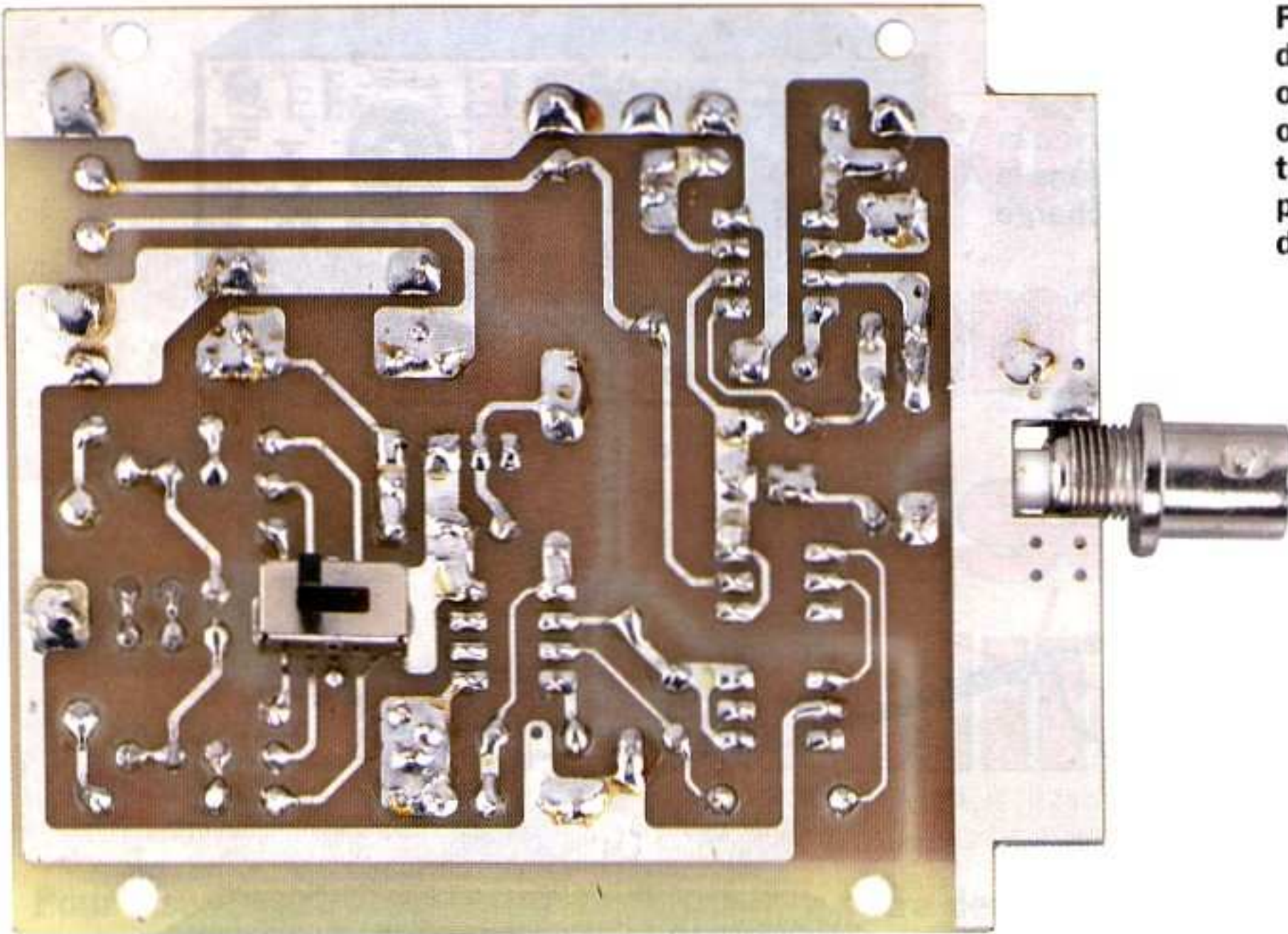


Figure 3 : Photo d'un des prototypes de la platine de la sonde différentielle opto-isolée EN1707, vue côté soudures, où est monté l'inverseur à deux voies et trois positions (S2/A-S2/B, voir figure 6) permettant d'atténuer le signal d'entrée de 10, 100 ou 1 000 fois.

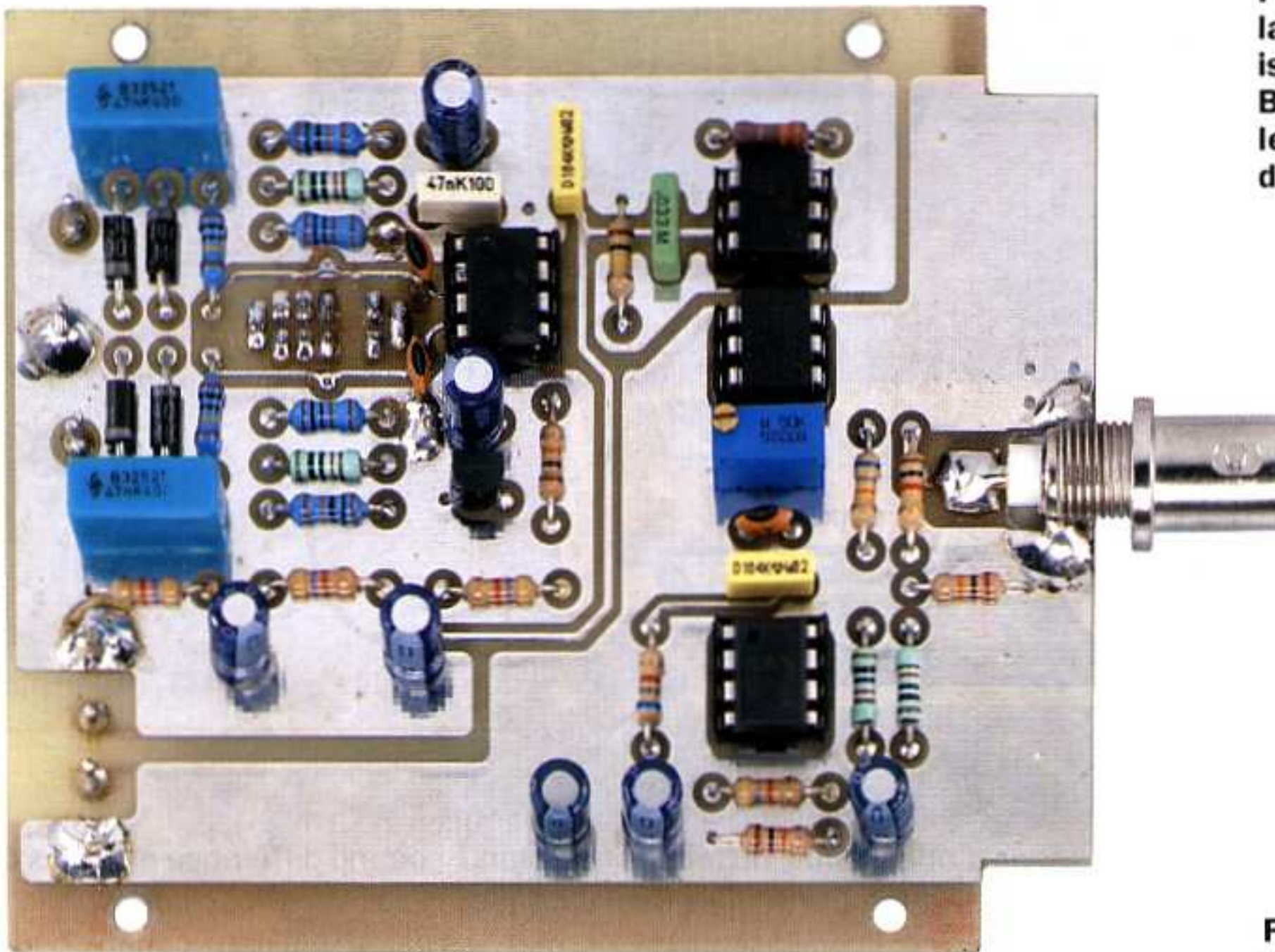
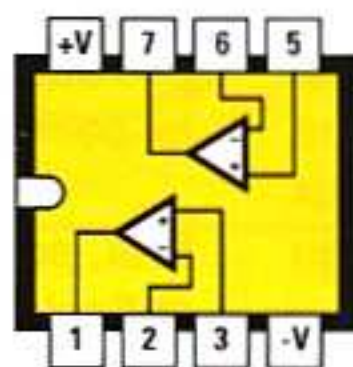


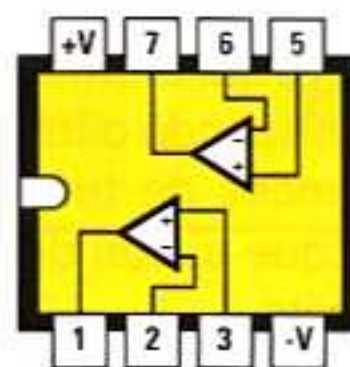
Figure 4 : Photo d'un des prototypes de la platine de la sonde différentielle opto-isolée EN1707, vue côté composants. La BNC de sortie est soudée directement sur le ci et maintenue mécaniquement par deux soudures au plan de masse.



4N35 - 4N37



TL 082



NE 5532



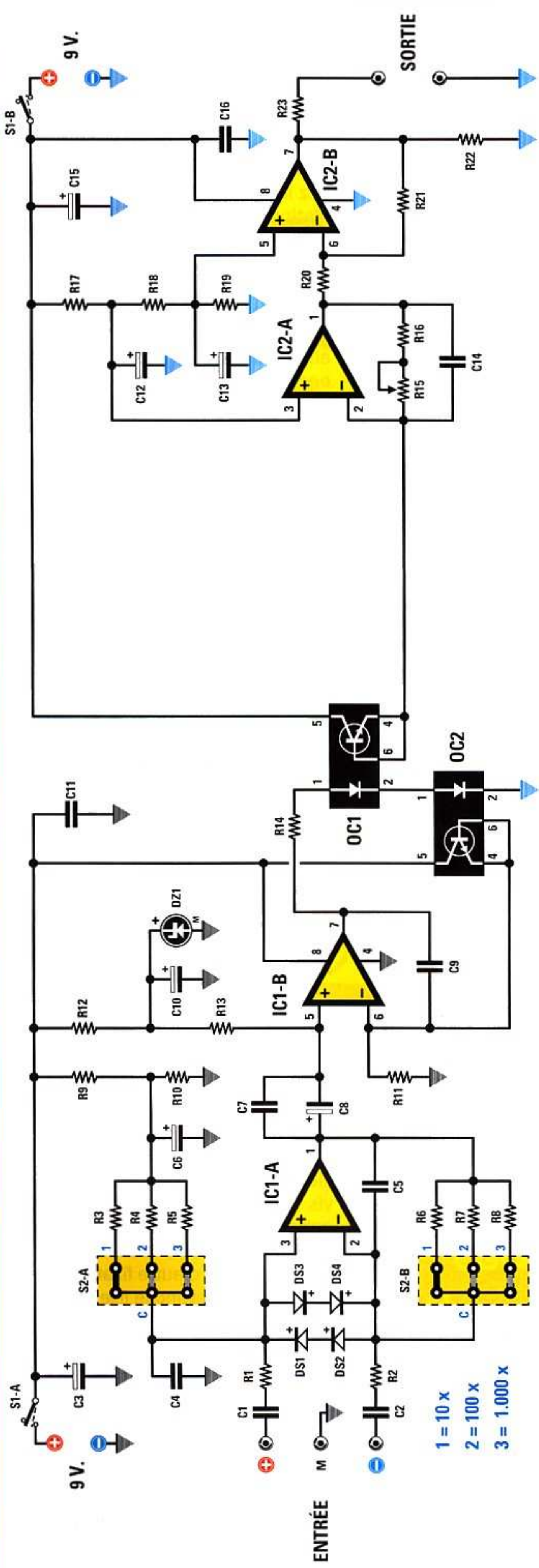
REF 25Z - LM 336

Elle est en effet dotée de trois entrées (soit une de plus que la sonde passive) et elle est **opto-isolée** : elle maintient de ce fait galvaniquement séparées les masses, ce qui permet le transfert et la mesure du signal entre deux circuits. Avec cette sonde, il est donc possible, par exemple, de visualiser à l'écran de l'oscilloscope la

forme d'onde du courant traversant une charge reliée au secteur.

Dans ce cas la mesure est effectuée au moyen d'une résistance de valeur connue, montée en **série** avec la charge. Ainsi la tension que se développe aux extrémités de la résistance reproduit

fidèlement la forme d'onde du courant consommé par la charge. Avec notre sonde, les passionnés de musique pourront visualiser la tension sur la charge d'un étage à lampe ; en cas de problème avec la carte son de l'ordinateur vous pourrez y entrer sans danger en maintenant les deux masses séparées.



Liste des composants EN1707

- R1..... 1 M 1%
- R2..... 1 M 1%
- R3..... 1 k 1%
- R4..... 10 k 1%
- R5..... 100 k 1%
- R6..... 1 k 1%
- R7..... 10 k 1%
- R8..... 100 k 1%
- R9..... 4,7 k
- R10 ... 4,7 k
- R11 ... 100 k
- R12 ... 4,7 k
- R13 ... 10 k
- R14 ... 330
- R15 ... 50 k trimmer 20 tours
- R16 ... 68 k
- R17 ... 6,8 k
- R18 ... 4,7 k

- R19 ... 10 k
- R20 ... 10 k 1%
- R21 ... 10 k 1%
- R22 ... 10 k
- R23 ... 1 k
- C1..... 47 nF polyester 400 V
- C2..... 47 nF polyester 400 V
- C3..... 10 µF électrolytique
- C4..... 2,2 pF céramique
- C5..... 2,2 pF céramique
- C6..... 10 µF électrolytique
- C7..... 47 nF polyester
- C8..... 10 µF électrolytique
- C9..... 33 nF polyester
- C10.... 10 µF électrolytique
- C11.... 100 nF polyester
- C12 ... 10 µF électrolytique
- C13.... 10 µF électrolytique
- C14.... 27 pF céramique
- C15.... 10 µF électrolytique

- C16.... 100 nF polyester
- DS1 ... 1N4007
- DS2 ... 1N4007
- DS3 ... 1N4007
- DS4 ... 1N4007
- DZ1 ... REF25Z ou LM336
- OC1 ... 4N35 ou 4N37
- OC2 ... 4N35 ou 4N37
- IC1..... TL082
- IC2..... NE5532
- S1/A-
S1/B.. inverseur 2 voies 2 positions
S2/A-
S2/B .. inverseur 2 voies 2 positions

Note : toutes les résistances sont des quart de W, même celles à 1%.

Figure 6 : Schéma électrique de la sonde différentielle opto-isolée EN1707. Les deux étages du circuit ont des masses distinctes, ce que le dessin met en évidence par le bleu et le noir. Ils sont alimentés par l'inverseur S2/A-S2/B monté en série avec les pôles positifs de deux piles de 9 V. Cet inverseur permet d'atténuer le signal d'entrée de 10-100-1 000 fois et le trimmer R15 est là pour effectuer le calibrage de la sortie de la sonde.

Caractéristique de la sonde.
Alimentation: 2 piles de 9 volts - Signal max. en entrée : 3 V pic à pic - Bande passante : 30 H à 50 KHz
Atténuation : 10x , 100x, 1000x.

Dans le paragraphe dédié à l'utilisation de notre **sonde différentielle opto-isolée EN1707**, nous verrons plus en détail quels types de mesures et quelles vérifications elle permet d'effectuer.

Le schéma électrique

Le schéma électrique de la figure 6 présente deux étages avec **masses séparées** (leur symbole est en noir ou en bleu). Les deux étages sont alimentés à travers un double inverseur **S1** monté en série avec les positifs des deux piles de 9 V. L'étage d'entrée est constitué d'un amplificateur opérationnel monté en configuration classique : la tension qui est appliquée à **IC1/A** arrive à la fois sur son entrée inverseuse et sur sa non inverseuse.

Nous obtenons ainsi en plus une réduction des perturbations qui pourraient éventuellement se trouver superposées au signal utile.

Ces perturbations étant de «mode commun», c'est-à-dire de même amplitude et de même phase, sont atténuées par l'amplificateur différentiel lequel, en revanche, amplifie les signaux de «mode différentiel», c'est-à-dire de même amplitude mais de phase opposée.

Note : pour un traité complet sur les amplificateurs opérationnels, voyez votre Cours (il a été édité en CDROM).

DS1-DS4 protègent les entrées de **IC1/A** contre d'éventuelles surtensions. L'inverseur **S2/A-S2/B** à deux voies et trois positions permet de contrôler l'atténuation de l'étage d'entrée de 10, 100 ou 1 000 fois (positions **10x**, **100x** ou **1 000x**). De la broche de sortie **1** de **IC1/A** la tension est envoyée à l'entrée non inverseuse **5** de **IC1/B**, ce dernier étant monté en **convertisseur de tension-courant**.

Cet étage convertit la tension d'entrée en une valeur proportionnelle de courant laquelle, alimentant la LED du photocoupleur **OC1**, fait conduire l'élément photosensible composé de son phototransistor interne.

Comme la variation de luminosité est proportionnelle au signal d'entrée, le signal ainsi détecté est transféré par le phototransistor sans aucune connexion électrique : c'est l'isolation galvanique par rapport à l'étage précédent qui nous permet de visualiser les signaux flottants non référencés à la masse.

Afin de rendre l'étage linéaire, le courant de **OC1** est utilisé pour créer une

contre-réaction, toujours galvaniquement isolée, maintenant la même référence sur les deux entrées de **IC1/B**. En fait, à travers le photocoupleur **OC2**, on donne un signal de retour au circuit d'entrée, ce dernier pouvant alors corriger les éventuelles non linéarités.

Si le courant parcourant **R14** et donc aussi la LED interne à **OC1**, augmente, la tension sur la broche inverseuse **6** de **IC1/B** augmente aussi proportionnellement, puis se stabilise quand elle devient égale à la référence présente sur la broche non inverseuse **5**, donnée par la zener **DZ1**. Cela donne une grande stabilité, une excellente linéarité et une basse distorsion à la **sonde différentielle opto-isolée EN1707**.

On a ensuite un étage exactement opposé, où l'opérationnel **IC2/A** est monté en **convertisseur courant-tension**. La LED interne du photocoupleur **OC1**, illuminant la base de son phototransistor le fait conduire, ce qui fournit à **IC2/A** un courant proportionnel à la tension d'entrée.

La tension sur la broche de sortie **1** de **IC2/A** est proportionnelle au produit de la valeur ohmique de la série **R16+R15** par le courant d'émetteur du phototransistor de **OC1**, mais avec un signe inverse.

Dernier étage, **IC2/B**, monté en étage inverseur, remet tout en place et fournit un signal en phase par rapport à l'entrée **+** (non inverseuse) de la sonde.

Le trimmer **R15**, monté entre la sortie et la broche inverseuse de **IC2/A**, sert à calibrer la sortie de la sonde en modifiant le gain de l'étage de sortie.

La réalisation pratique

Pour réaliser cette sonde différentielle opto-isolée EN1707, vous vous servirez des figures 3 et 4 puis 7 à 10, la liste des composants étant figure 6.

La platine à réaliser est un circuit imprimé double face à trous métallisés. Il faudra ensuite l'installer dans le boîtier plastique.

La platine EN1707

Réalisez (ou procurez-vous) le circuit imprimé double face à trous métallisés EN1707 dont la figure 7b-1 et 2 donne les dessins à l'échelle 1:1 et, en vous aidant des figures 7a, 3, 4 et 8, montez tous les composants.

En premier, montez les résistances et les diodes, puis les condensateurs (céramiques d'abord, polyesters ensuite et enfin les électrolytiques). Montez la zener en boîtier demi lune (comme un transistor). Montez le trimmer **R15** multitour.

Ensuite, vous pouvez enfoncer et souder les sept picots (côté gauche de la platine figure 7a) puis montez les quatre supports : deux pour les circuits intégrés et deux pour les photocoupleurs.

Enfin montez la BNC de sortie à droite de la platine. Soudez aux picots les fils allant aux trois douilles (ne soudez pas encore les trois douilles, vous devez d'abord les monter en face avant du boîtier, voir figure 9) et aux deux prises de piles, sans intervertir les fils. Vous pouvez déjà souder l'inverseur **S1** puisqu'il se monte derrière la face avant.

Retournez la platine côté soudures (vous y étiez d'ailleurs !) et montez l'inverseur **S2**, comme le montre la figure 3. Il est soudé directement sur les pastilles étamées, comme un CMS.

Vous pouvez maintenant insérer les deux circuits intégrés dans leurs supports, repères-détrompeurs en U vers le haut, vers **C7** pour **IC1** et vers **C16** pour **IC2** ; insérez les photocoupleurs points repère-détrompeurs vers le bas, soit vers le trimmer **R15**.

Réalisez les trois cordons de mesure conformément à la figure 10.

L'installation dans le boîtier

La platine a été conçue pour être ensuite insérée dans un boîtier plastique adéquat avec film sérigraphié pour la face avant (voir photo de début d'article).

Montez cette platine derrière le couvercle de ce boîtier au moyen de quatre vis autotaraudeuses. L'inverseur **S2** apparaît en face avant, comme le montre la photo de début d'article et n'a pas besoin d'autre fixation que ses soudures. En revanche fixez derrière la face avant l'inverseur de **M/A** et soudez ses quatre broches centrales aux fils rouges des prises de piles, si ce n'est déjà fait. Montez en outre derrière la face avant les trois douilles et soudez les fils de couleurs sans les intervertir (avec les couleurs c'est proprement un jeu d'enfant). La BNC sort du boîtier plastique par la droite. Voir figure 8. Vous pouvez placer les deux piles de 9 V et vous refermerez le boîtier lorsque vous aurez réglé le trimmer **R15**.

ENTRÉES

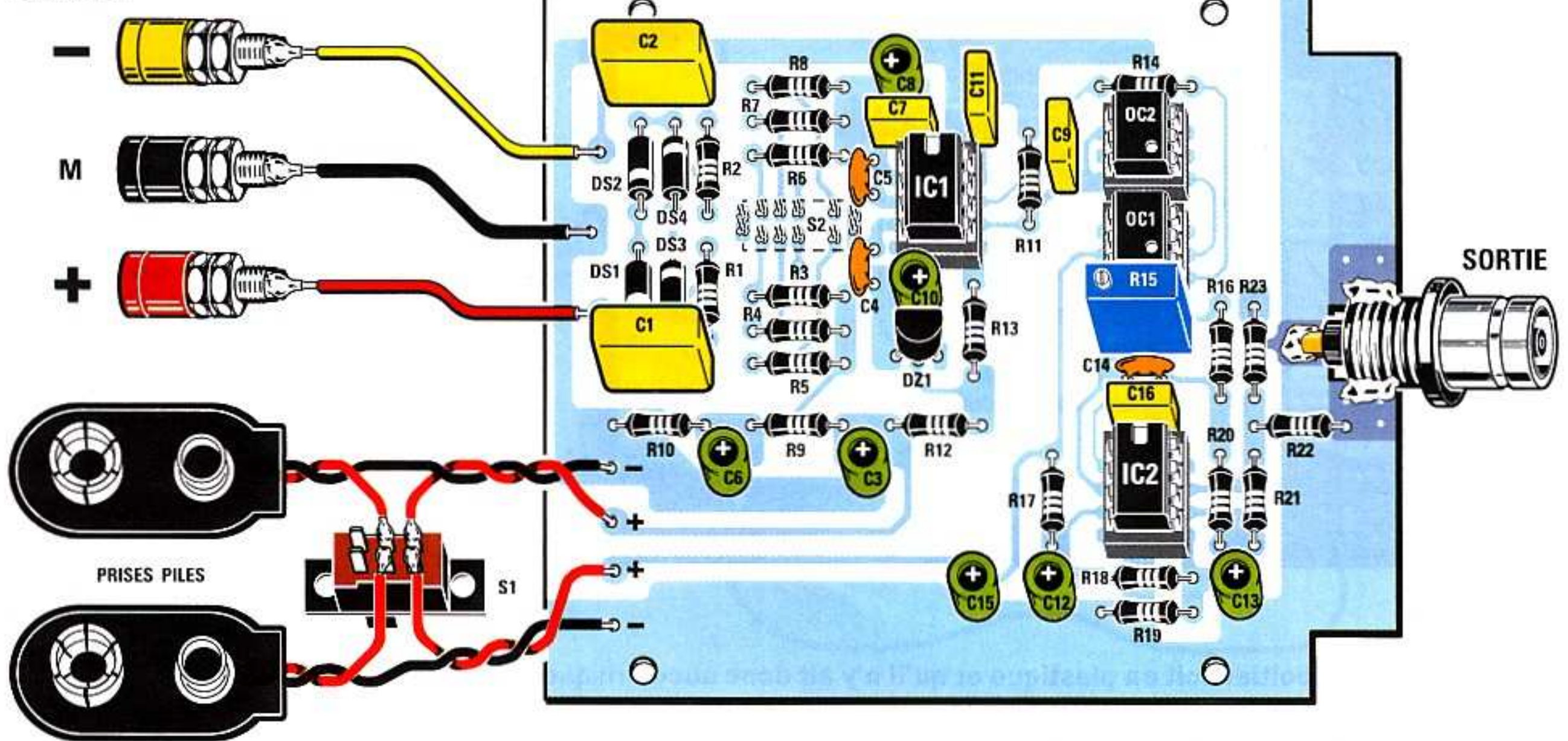


Figure 7a : Schéma d'implantation des composants de la platine de la sonde différentielle opto-isolée EN1707. Les deux photocoupleurs sont montés sur leurs supports, repère-détrompeurs (points) vers le bas et les deux circuits intégrés, repère-détrompeurs en U vers le haut. N'intervertissez pas IC1 et IC2 !

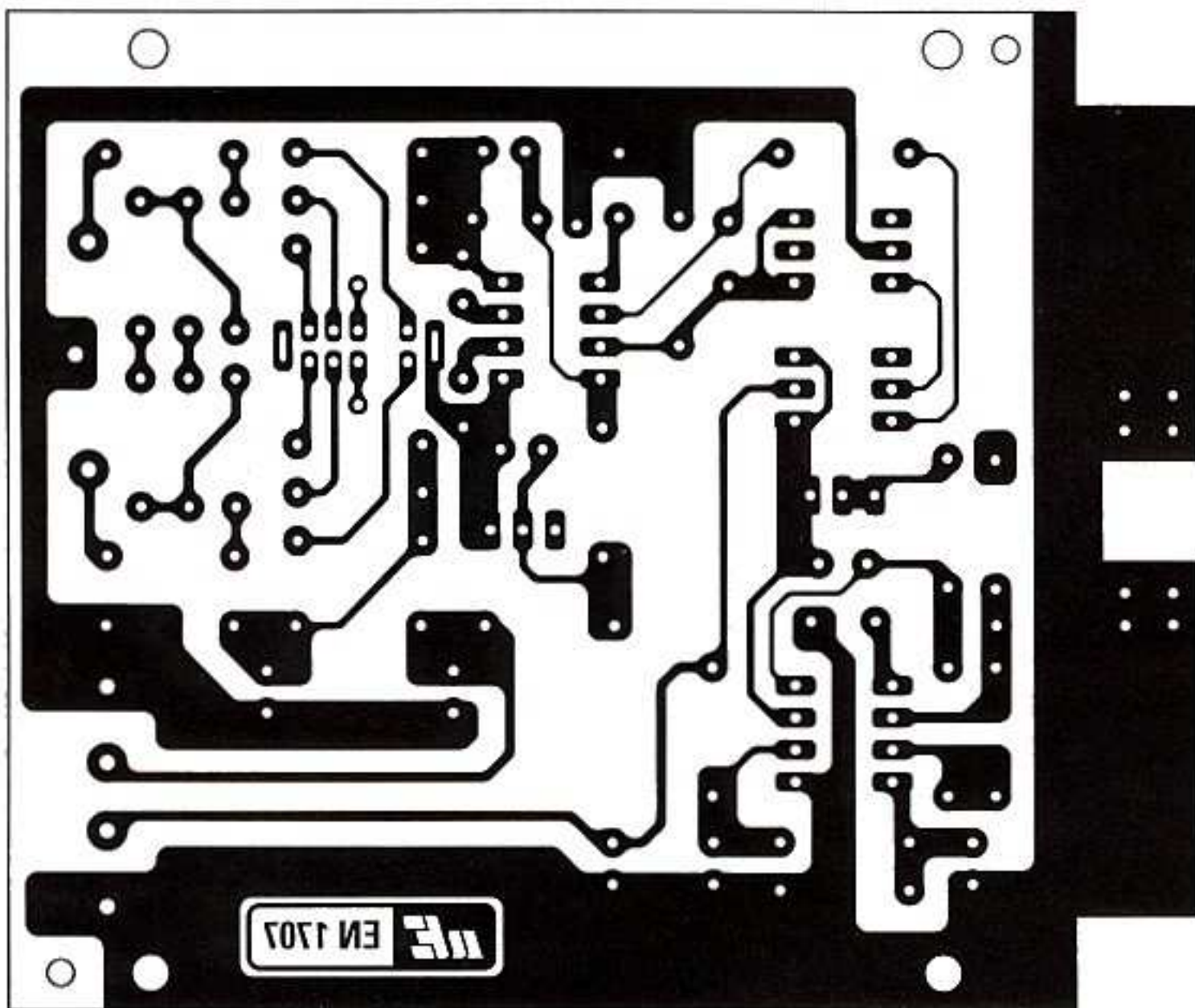


Figure 7b-1 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de la sonde différentielle opto-isolée EN1707, côté soudures où est monté S2 comme un CMS.

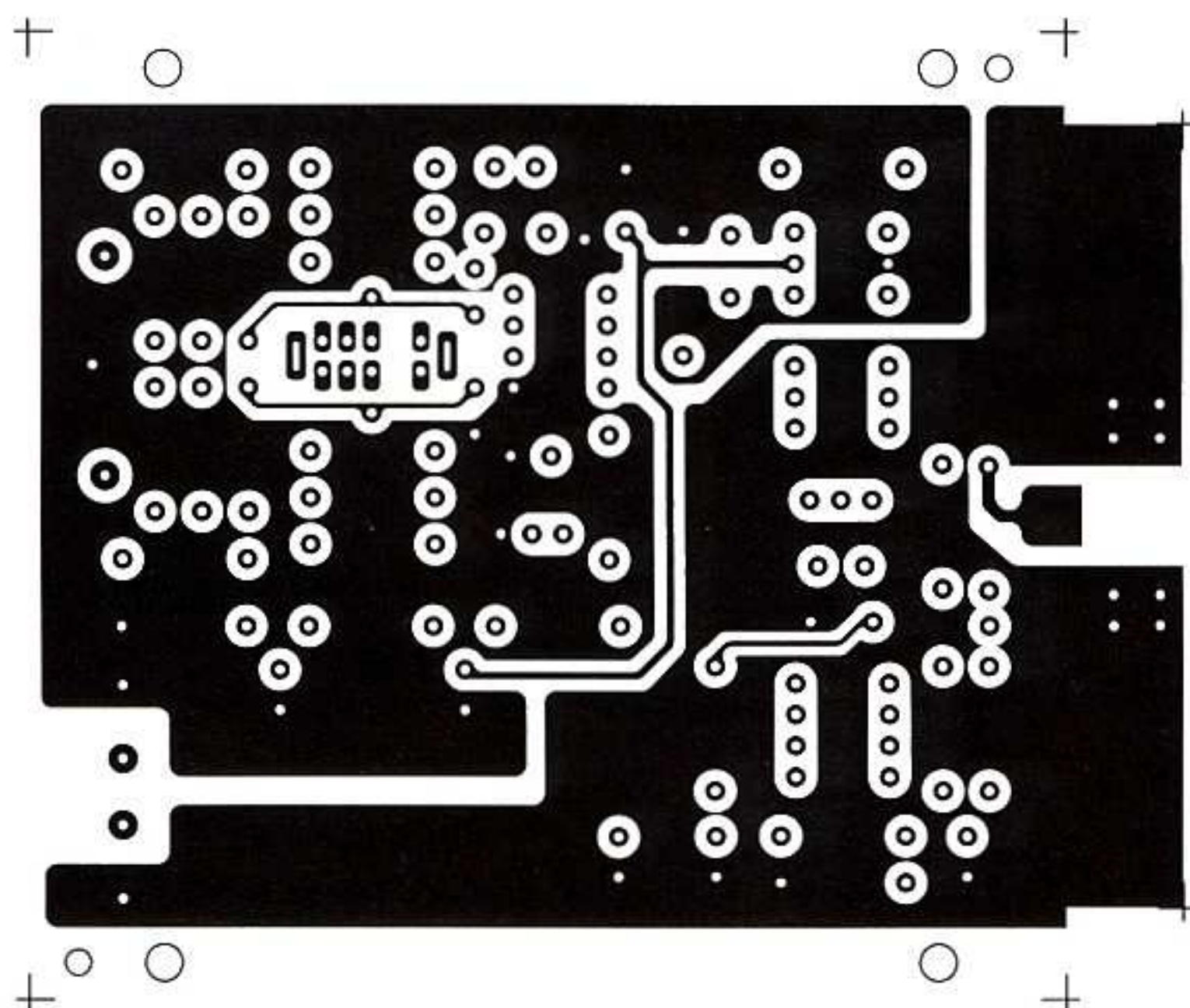


Figure 7b-2 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de la sonde différentielle photo-isolée EN1707, côté composants.

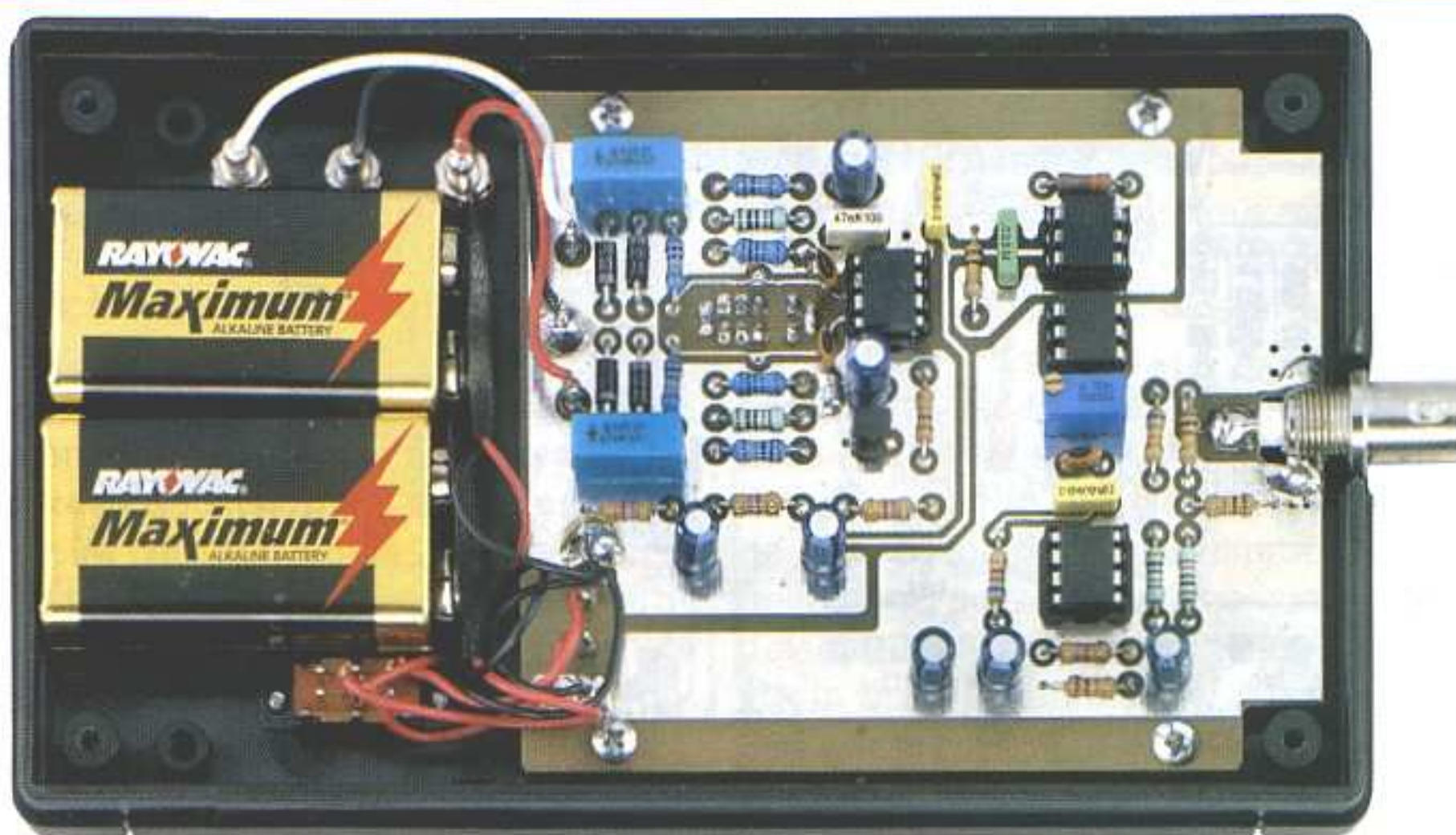


Figure 8 : Photo d'un des prototypes de la platine de la sonde différentielle opto-isolée EN1707. Avant d'installer le circuit dans son boîtier plastique, montez l'inverseur de mise en marche et les trois douilles d'entrée sur le couvercle et fixez la platine au moyen de quatre vis. Pour les liaisons aux douilles d'entrée, utilisez des morceaux de fil gainé en prêtant bien attention à la polarité (voir figure 7a).

Figure 9 : Bien que le boîtier soit en plastique et qu'il n'y ait donc aucun risque de court-circuit du corps des douilles avec la masse, montez tout de même la rondelle plastique, ne serait-ce que pour conserver d'excellentes habitudes !

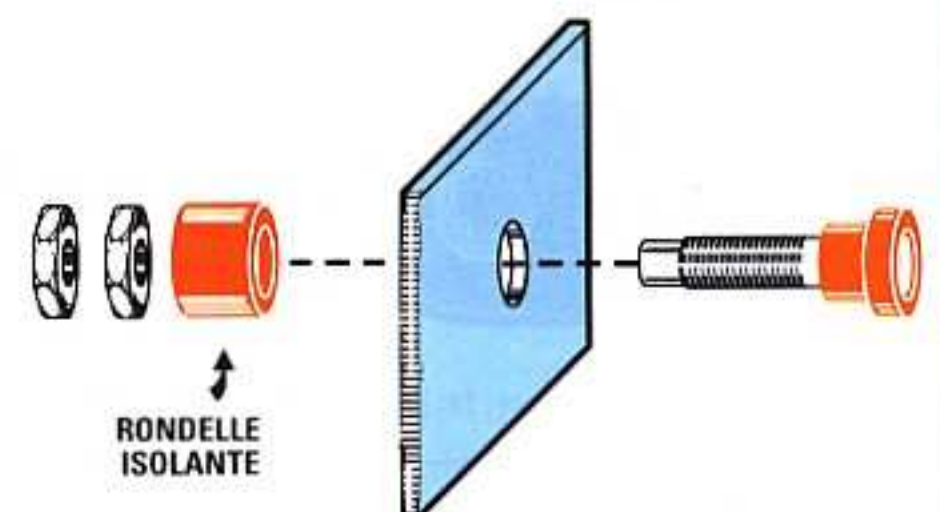


Figure 10 : Les trois fiches bananes et les trois pinces crocos de couleurs différentes (rouge, noire et jaune) servent à réaliser les trois câbles d'entrée de la sonde. Dénudez les extrémités des trois fils, étamez-les et soudez-les aux fiches et aux crocos. N'oubliez pas d'enfiler les capuchons avant la seconde soudure !



Le réglage du trimmer R15

Le trimmer doit être réglé pour que, en tenant compte du facteur d'atténuation ; l'amplitude visualisée à l'écran coïncide avec le signal appliqué en entrée. Étant donné que la sonde permet de sélectionner trois facteurs d'atténuation, une fois le trimmer réglé, les signaux d'entrée seront atténués à la sortie de **10**, **100** ou **1 000** fois. Par exemple :

signal d'entrée	position de S2	signal de sortie
10V RMS	10x	1V RMS
50V RMS	100x	0,5V RMS
230V RMS	1 000x	0,23V RMS

Dans tous les cas le signal maximal de sortie ne doit pas dépasser **1 V RMS**, soit environ **3 V crête-crête**. Cela implique qu'en fonction du signal à mesurer on choisisse le facteur d'atténuation adéquat afin de ne jamais pouvoir dépasser le **1 V RMS** fatidique !

Pour effectuer ce réglage, il vous faut un transformateur secteur 230 V ayant un secondaire de **8-10 Vac**.

Comme il vous sera nécessaire de connaître la valeur exacte fournie par le secondaire, avant même de commencer, mesurez la tension alternative qu'il donne avec un multimètre.

Mettez l'inverseur **S2** de la sonde sur **10x**, soit une atténuation de 10 fois.

A la résistance **R23**, située à la sortie de la sonde, reliez un multimètre réglé sur tension alternative. Voir figure 11. Reliez les câbles d'entrée + et - de la sonde au secondaire du transformateur.

Tournez l'axe du trimmer pour lire sur le multimètre un dixième de la tension d'entrée préalablement mesurée (ceci car **S2** est sur la position **10x**). Si le secondaire fournit par exemple une tension (mesurée) de 9,00 Vac, le trimmer **R15** doit être réglé pour lire à la sortie une amplitude de :

$$9,00 : 10 = 0,900 \text{ Vac}$$

Comment et quand utiliser la sonde EN1707

Le premier mode d'utilisation est celui illustré par les figures 12-13 : il s'agit de deux applications fort intéressantes que seule une **sonde différentielle opto-isolée** permet de pratiquer sans risquer d'endommager l'ordinateur. En effet, si vous ne séparez pas les masses, lorsque vous reliez la source audio au PC, vous risquez de mettre hors d'usage l'ordinateur. En reliant la sonde comme le montrent les figures 12-13, il est par contre possible d'entrer directement dans la carte audio sans danger pour l'électronique de l'ordinateur, car c'est alors la sonde qui maintient séparées les masses en les découplant.

Comme le montre la figure 12, la sonde est montée entre une **source audio**, dont les signaux sont **asymétriques**, et un **ordinateur**. Le signal BF à un seul conducteur est asymétrique par rapport à la masse, car lorsque la demi onde positive du signal est présente à l'intérieur du fil, la tresse de blindage achemine la demi onde négative et vice versa.

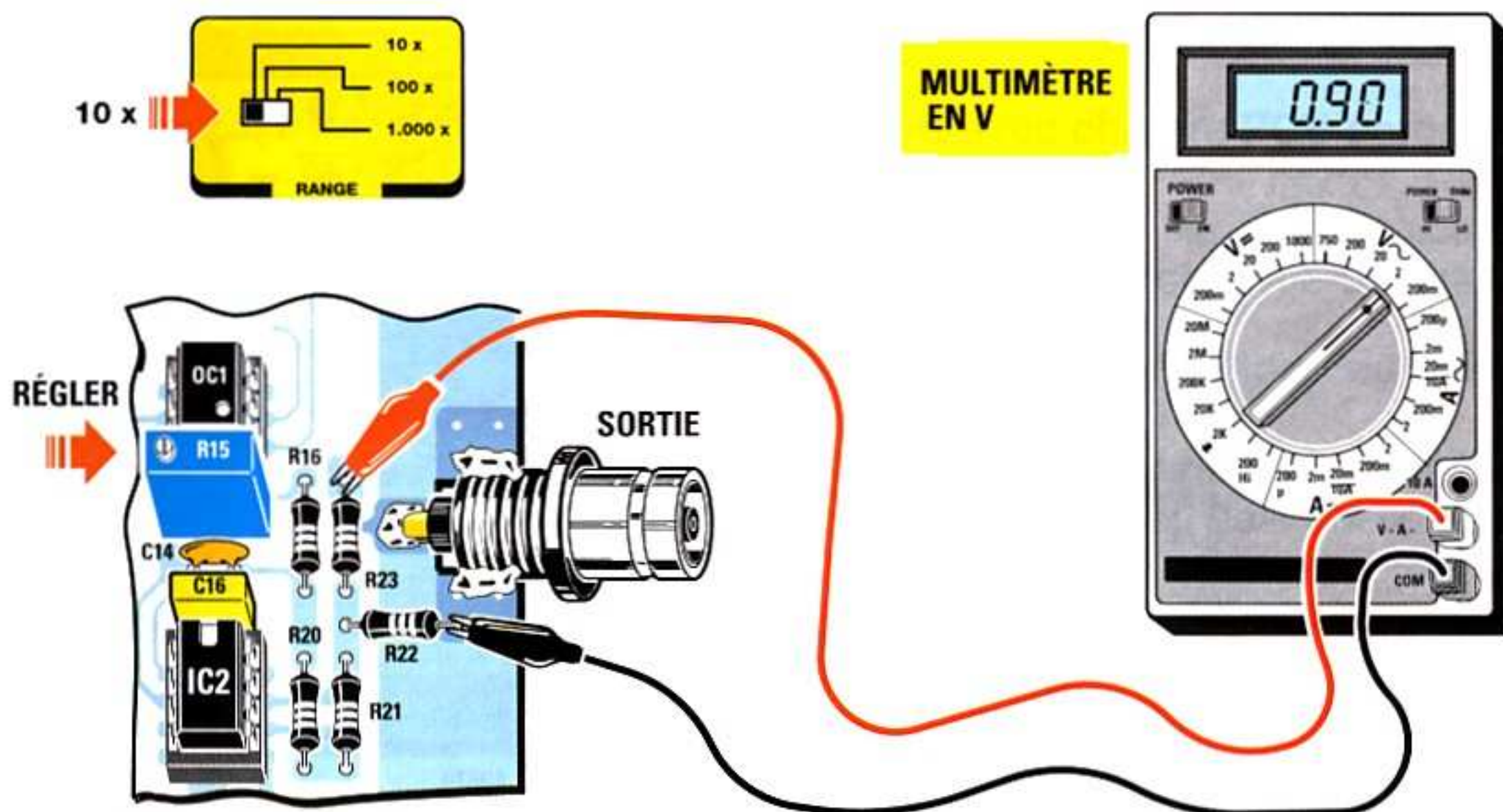


Figure 11 : Pour le réglage vous pouvez utiliser un transformateur à secondaire 8-10 Vac que vous relierez aux câbles d'entrée + et - de la sonde. Positionnez la sonde sur le facteur d'atténuation 10x puis reliez les pointes de touche du multimètre aux extrémités des résistances R22 et R23. Si le transformateur utilisé a un secondaire de 9 Vac, tournez le curseur du trimmer jusqu'à lire 0,9 Vac.

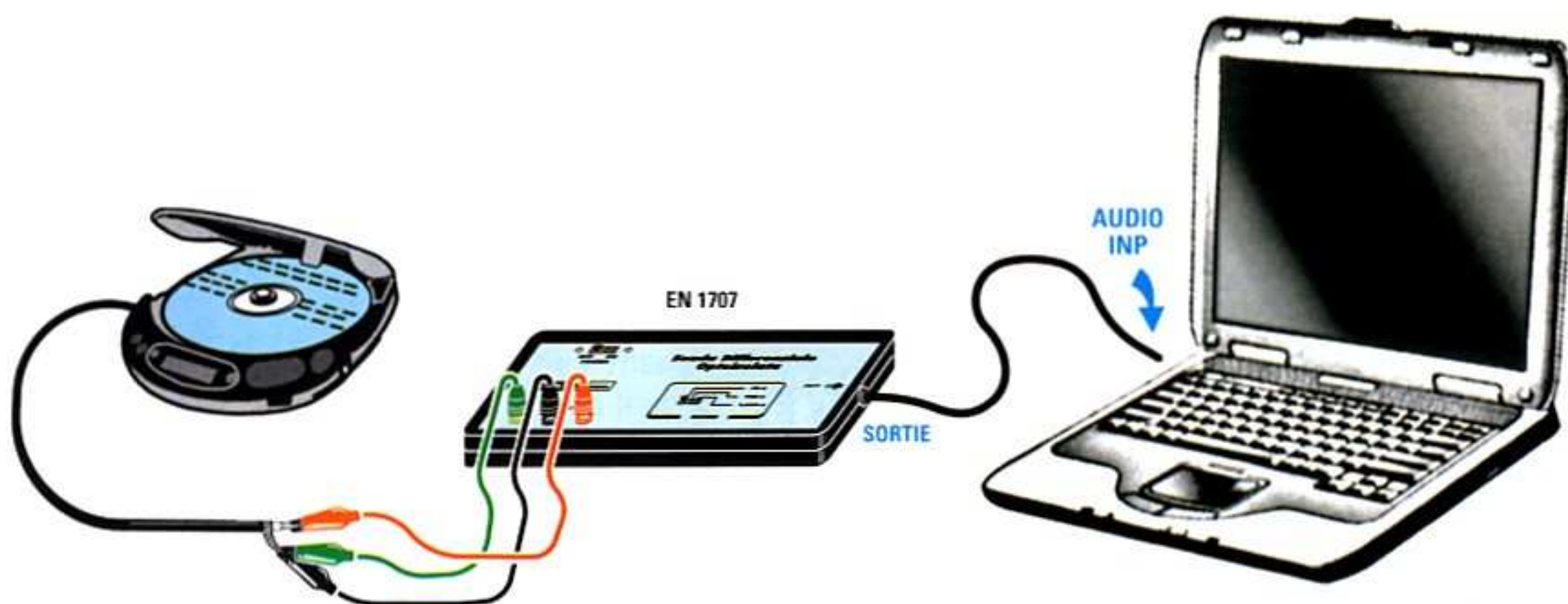


Figure 12 : Si la source audio a une sortie asymétrique, pour découpler les masses et entrer directement dans l'ordinateur, reliez au fil du signal le câble d'entrée + et à la tresse de masse les deux autres câbles d'entrée - et masse de la sonde.

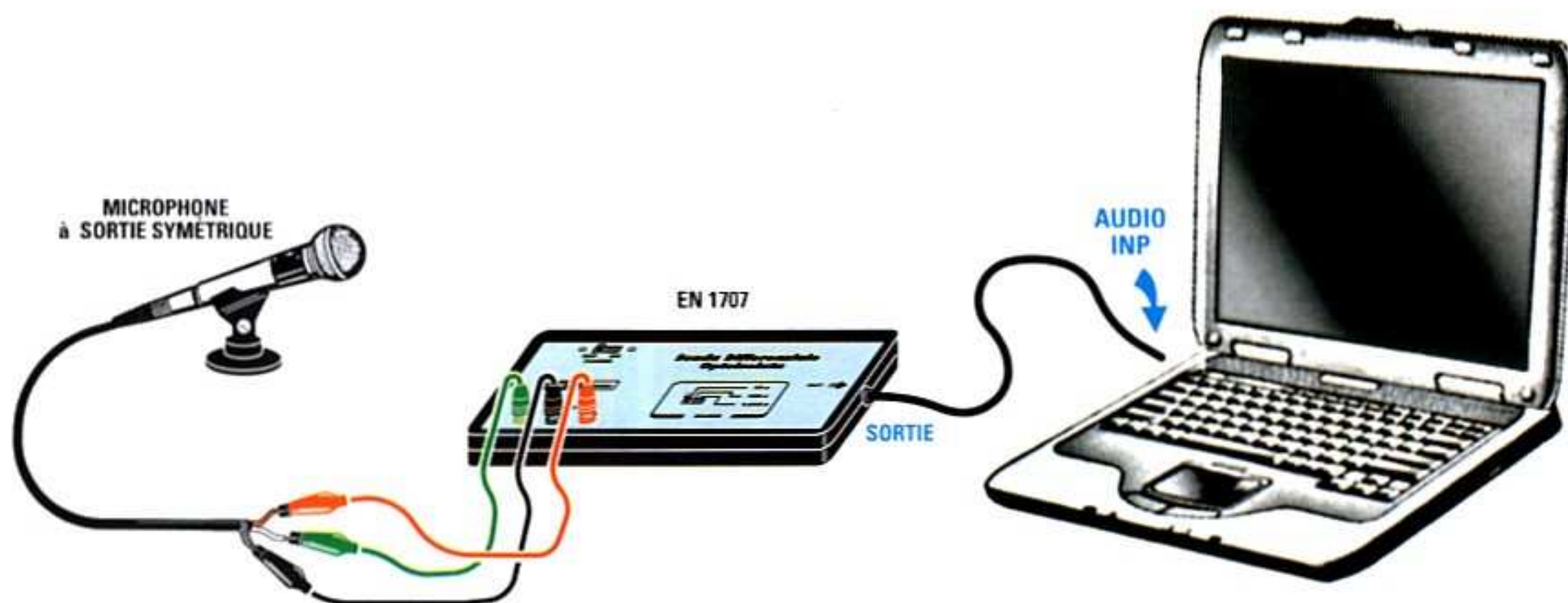


Figure 13 : La sonde différentielle opto-isolée permet de relier directement au PC même une source ayant une sortie symétrique. Reliez la tresse de masse à l'entrée masse de la sonde et les deux fils du signal aux deux autres câbles d'entrée + et - de la sonde.

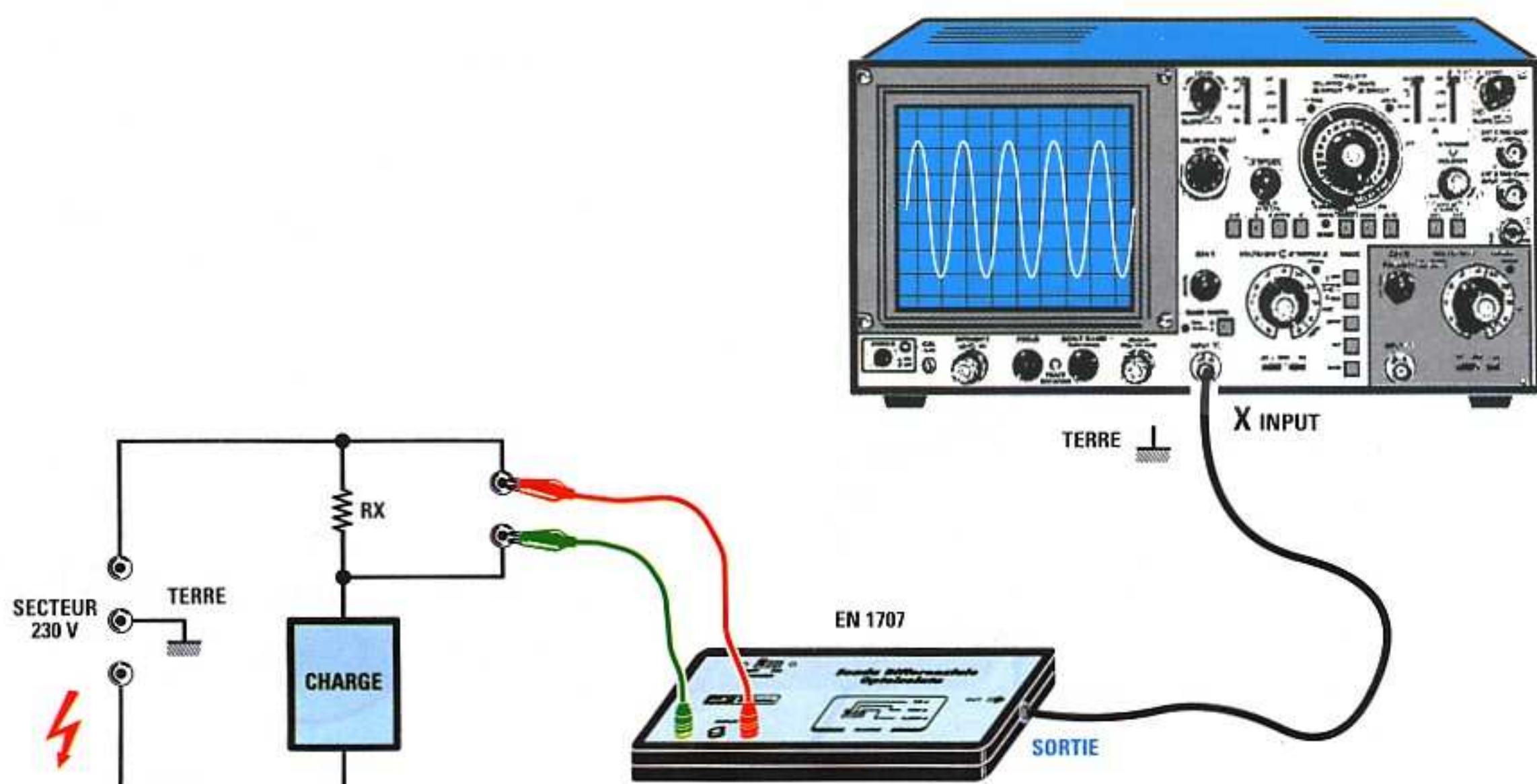


Figure 11b-2 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de l'interface EN1690, côté composants.

Avec des sources de ce type, les câbles d'entrée – et **masse** de la sonde sont tous deux reliés à la tresse de blindage, alors que le câble d'entrée + est relié au fil du **signal**.

Avec notre sonde, le découplage de la masse est possible même si la source audio est à sortie symétrique par rapport à la masse. Comme le montre la figure 13, la sonde est cette fois montée entre une source audio à signaux symétriques, comme l'est par exemple un microphone professionnel et l'ordinateur.

Avec les signaux symétriques le câble blindé est à deux conducteurs centraux plus la tresse de blindage. Deux signaux identiques mais déphasés de 180° peuvent être acheminés par les brins centraux. Dans ce cas on utilise les deux entrées + et – de la sonde en respectant la polarité des signaux ; la tresse de blindage est reliée à l'entrée **masse**.

Autre application intéressante : avec la **sonde différentielle opto-isolée EN1707** vous pouvez visualiser à l'écran de l'oscilloscope la forme d'onde du courant dans une charge reliée au secteur.

NOTE IMPORTANTE : bien que notre sonde soit opto-isolée, vous devez toujours avoir à l'esprit, lorsque vous travaillez sur un circuit directement sous la tension du secteur 230 V, qu'il ne faut pas toucher les composants ni le boîtier métallique protégeant ce circuit, car la secousse électrique que vous ressentiriez peut être **MORTELLE** !

Le mieux est d'enfiler une paire de gants jetable en caoutchouc fin : cela ne gêne pas le travail et peut vous sauver la vie.

La mesure s'effectue avec une résistance montée en **série** avec la charge (voir **RX** figure 14). Dans cette application nous n'utilisons que les entrées +

et – de la sonde **EN1707**, la sortie étant reliée à l'une des entrées de l'oscilloscope. Pour des charges jusqu'à **1 000 W** vous pouvez prendre une résistance **RX** de **0,1 ohm 3 W**, ce qui vous permet une échelle de lecture à l'oscilloscope de **0,1 V pour 1 A**.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cette sonde différentielle opto-isolée EN1707 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/107.zip> ◆

FRAIS DE PORT POUR LA FRANCE +1€ PAR REVUE (DOM-TOM, CEE ET AUTRES PAYS: NOUS CONSULTER)

<p>ELECTRONIQUE n°101 PROGRAMMEUR SÉRIEL EN CIRCUIT POUR PIC</p> <p>6,00 €</p>	<p>ELECTRONIQUE n°102 LISEUR DE CARTES MAGNÉTIQUE Avec PIC 16C63</p> <p>6,00 €</p>	<p>ELECTRONIQUE n°103/104 NUMÉRISER VOS VINYLES EN MP3</p> <p>7,50 €</p>	<p>ELECTRONIQUE n°105 UN COMPTEUR GEIGER MULTIFONCTION PROFESSIONNEL</p> <p>7,50 €</p>	<p>ELECTRONIQUE n°106 Générateur DDS UHF bi-bande 1,15 à 1,4 GHz / 2,3 à 2,8 GHz</p> <p>7,50 €</p>
---	---	---	---	---

Commandez également par Internet: www.electronique-magazine.com