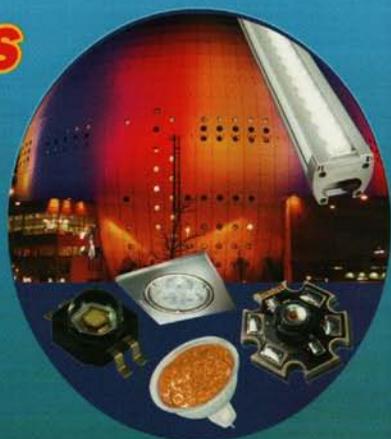


n° 110

PRINTEMPS 2010

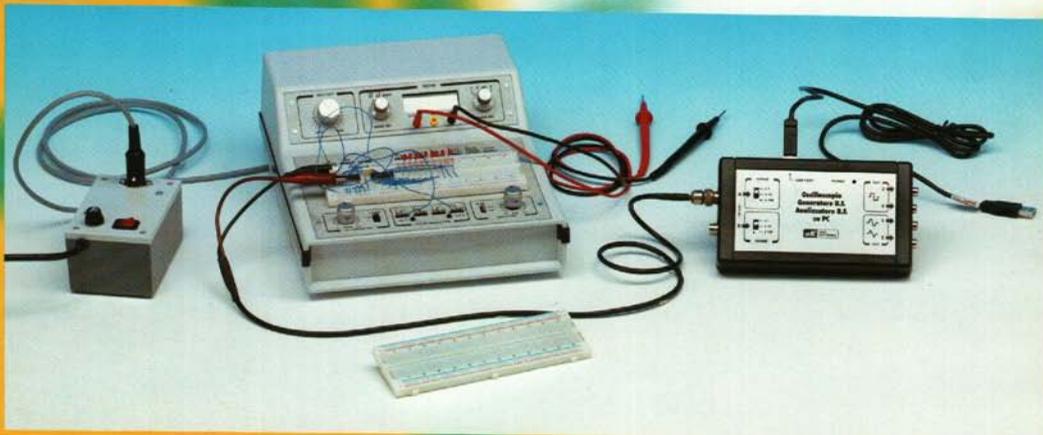
**TECHNOLOGIE DES LEDS****20 MONTAGES****MINILAB SUITE...****PURIFICATEUR D'AIR****CONTRÔLEUR DE T° À EFFET PELTIER****SOIGNER L'ACOUPHÈNE****CHARGEUR DE BATTERIES AVEC DYNAMO****MESURE DE TENSIONS VRAIES****FRÉQUENCEMÈTRE POUR MULTIMÈTRE****SOMMAIRE  
DÉTAILLÉ  
PAGE 4****ETC...**

M 04662 - 110 - F: 7,50 € - RD



# LES KITS DU MOIS...LES KITS DU MOIS

## MINILAB OU APPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE EN SE DIVERTISSANT :VERSION AVANCÉE



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. Ce kit est 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 désinant se former à l'électronique sans «se faire suer»). Ce MINILAB comporte en effet une plaque d'essais permettant d'essayer le circuit (voir s'il fonctionne) avant même de le monter sur circuit imprimé; mais il contient aussi tous les appareils de laboratoire nécessaires. En effet la console **MINILAB EN3000** comprend :

- une alimentation double symétrique +/- 15 V - 0.4 A ;
- un générateur de signaux sinusoïdaux, carrés, triangulaires, variable de 1 Hz à 8 kHz ;
- un générateur d'impulsions - un multimètre comprenant voltmètre, ampèremètre et ohmmètre - un amplificateur + haut-parleur.

Le **MINILAB EN3000** est disponible en deux versions: Junior pour les débutants et Avancée pour les élèves de niveau supérieur. Le **MINILAB EN3000** est également disponible tout monté et réglé, à la norme CE pour ceux qui le demandent pour seulement 50 € supplémentaires.

- La version Junior **EN3000J** comprend le MINILABEN3000 plus l'ensemble des cours d'électronique publiés dans la revue - Apprendre l'électronique en partant de zéro- (Disponible sous forme de CDROM)

- La version Avancée **EN3000A** comprend le MINILABEN3000 plus l'interface oscilloscope/analyseur de spectre BF EN1690 et son logiciel.

**EN3000A ... Kit complet version avancé, livré avec boîtier..... 299,00 €**    **EN3000AKM Kit complet version avancé, livré tout monté..... 330,00 €**

## MINILAB OU APPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE EN SE DIVERTISSANT: VERSION JUNIOR



**EN3000J ... Kit complet version junior, livré avec boîtier ..... 229,00 €**    **EN3000JKM Kit complet version junior, livré tout monté ..... 260,00 €**

**COMELEC** CD 908 - 13720 BELCODENE

Tél.: 04 42 70 63 90    Fax: 04 42 70 63 95

[www.comelec.fr](http://www.comelec.fr)

# LES KITS DU MOIS...LES KITS DU MOIS

## PURIFICATEUR D'AIR À IONISATION



Ce kit est un purificateur d'air en mesure de produire des ions négatifs et d'éliminer les pollens, les fines poussières et toutes les innombrables impuretés en suspension dans l'air. Il ionise l'air avec une tension négative de 9000 V.

Attention : ce kit ne convient pas aux allergies provoquées par l'ingestion d'aliments ou par le contact cutané de certaines substances.  
Alimentation : 230 V AC - Tension d'ionisation: 9000 V

EN1736..... Kit complet avec boîtier ..... 91,00 €  
EN1736KM Kit complet version montée ..... 127,40 €

## SOIGNER L'ACOUPHÈNE



Ce kit est un générateur acoustique en mesure de produire un sifflement semblable à celui de l'acouphène. Le son généré peut aboutir à la guérison dans 60% des cas, il peut aider aussi les personnes souffrant d'insomnie, car il émet un sifflement continu et faible pouvant favoriser la venue du sommeil.

Alimentation par pile de 9V non fournie - Sortie casque 32 Ω - Réglage du volume

EN1737..... Kit complet avec boîtier et casque ..... 39,20 €  
EN1737KM Kit complet version montée ..... 58,80 €

## MESUREUR DE TENSIONS VRAIES



Ce kit permet de mesurer à l'aide d'un multimètre de type analogique ou numérique sans aucune atténuation des tensions alternatives comprises entre 10 Hz et 30 KHz. Il est doté de 3 calibres 1-10-100 V fond d'échelle et il est alimenté par 2 piles de 9V non fournies.

EN1735..... Kit complet avec boîtier ..... 40,80 €  
EN1735KM Kit complet version montée ..... 60,90 €

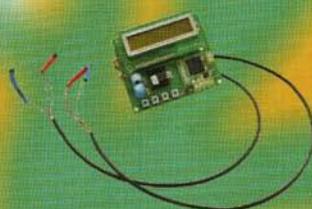
## CHARGEUR DE BATTERIES À DYNAMO



Ce kit permet de recharger 4 éléments AA ou «bâtons» en utilisant la dynamo présente sur un vélo en maintenant constant la charge des batteries et ainsi de bénéficier d'un bon éclairage régulier le soir ou la nuit.

EN1740..... Kit complet avec boîtier ..... 19,60 €  
EN1740KM Kit complet version montée ..... 29,40 €

## CONTRÔLEUR DE TEMPÉRATURE POUR AQUARIUM À CELLULES DE Peltier



Ce kit permet de réguler la température d'un aquarium soit en chauffant ou en refroidissant l'eau. Il fonctionne comme une pompe à chaleur. Il mesure la température de l'eau, celle ambiante ainsi que les températures du côté chaud et du côté froid des cellules de Peltier.

- Plage de régulation : de +5 °C à 40°C - Alimentation : de 24 V à 25 V - Tension de sortie : 22 V

- Courant de sortie : 25 A - Cellule de Peltier à utiliser : 12V 51W - On peut utiliser 4 cellules de ce type montées 2 par 2 en série/parallèle. 4 entrées températures avec capteur DS18B20 - Affichage LCD de la température souhaitée (Temp) et température ambiante (Tamb) - Modes de fonctionnement : réchauffement forcé - refroidissement forcé - Paramétrage des températures par boutons poussoirs. Le typon du circuit imprimé ainsi que le fichier exécutable du programme sont téléchargeables gratuitement sur le site de la revue ELM

MF785..... Microcontrôleur programmé seul ..... 12,00 €  
1560-5112. Cellule de Peltier ..... 25,00 €  
DRIV30A .... module DRIVER30A ..... 48,00 €

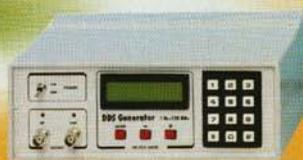
## FREQUENCEMÈTRE POUR MULTIMÈTRE



Ce kit permet de mesurer des fréquences allant de 10 Hz à 1 MHz avec n'importe quel multimètre. Il dispose de 5 gammes : 10 à 100 Hz ; 10 à 1000 Hz ; 10 à 10 000 Hz ; 10 à 100 000 Hz ; 10 à 1 MHz ; 25 mV pour toutes les autres gammes  
Tension maximale d'entrée 1.5 V  
Alimentation : pile de 9V non fournie

EN1732..... Kit complet avec boîtier ..... 70,00 €  
EN1732KM Kit complet version montée ..... 98,00 €

## UN GÉNÉRATEUR BF-VHF À CIRCUIT INTÉGRÉ DDS



Ce générateur de signaux BF à VHF, réalisé à partir du fameux circuit intégré DDS AD9951, permet de prélever à sa sortie un signal sinusoïdal dont la fréquence peut varier d'un minimum de 1 Hz à un maximum de 120 MHz. Les DDS étant appelés à devenir les circuits

intégrés incontournables de beaucoup d'appareils électroniques du futur. Le générateur complet est constitué du kit EN1645, du module CMS KM1644 et de l'alimentation EN1646.

Si vous avez réalisé le générateur DDS BF-VHF EN1644-1646, publié dans les numéros 87 et 88 d'ELM, qui fournit un signal sinusoïdal de 1 Hz à 120 MHz, vous aurez constaté que les fréquences produites sont extrêmement stables et qu'elles ont une précision de 1 Hz sur la totalité de la gamme. Pour satisfaire les nombreuses demandes qui nous sont parvenues, nous avons enrichi notre Générateur d'une fonction supplémentaire que décrit cet article.

EN1645..... Kit générateur BF-VHF avec son boîtier ..... 99 €  
KM1644..... Module CMS livré monté ..... 79 €  
EN1646..... Kit alimentation avec transformateur ..... 26 €

**DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE 80 PAGES ILLUSTRÉES AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DE TOUS LES KITS**  
Expéditions dans toute la France. Moins de 5 Kg : port 8,40 €. Règlement à la commande par chèque, mandat ou CB. Bons administratifs acceptés.  
De nombreux kits sont disponibles, envoyez nous votre adresse et cinq timbres, nous vous ferons parvenir notre catalogue général de 80 pages.

PASSEZ VOS COMMANDES DIRECTEMENT SUR NOTRE SITE : www.comelec.fr

- Contrôle de température pour aquarium à cellules de PELTIER** ..... 05
- Ce montage permet de maintenir l'eau des aquariums domestiques à une température optimale, en la réchauffant si elle est trop froide ou en la refroidissant si elle tend à devenir trop chaude; le contrôle est effectué au moyen d'une petite pompe à chaleur à cellules de Peltier.
- Plein feu sur les LED** ..... 16
- Apparues il y a un peu plus de 40 ans pour remplacer les encombrantes ampoules à filament des voyants lumineux, les diodes électroluminescentes se découvrent un nouvel avenir dans l'éclairage, en particulier depuis qu'elles sont à haute luminosité et en lumière blanche. Il est maintenant certain que dans quelques années toutes les ampoules électriques d'éclairage seront à LED, nous n'allons bientôt plus pouvoir leur fermer la porte de notre appartement.
- MINILAB: stop au larcin et autres indiscretions** ..... 29
- Quelqu'un s'amuse à fouiller dans les tiroirs de votre bureau ? Ou bien se faufile dans votre chambre quand vous n'êtes pas là? Cet article vous propose de construire avec le Minilab un circuit anti-intrusion très simple: ce montage vous avertit chaque fois que votre vie privée est écornée.
- Mesurer sans erreur une tension alternative** ..... 45
- Réalisation de la platine de l'adaptateur de mesure EN1735
- Des lecteurs voulant mesurer avec un multimètre des tensions alternatives se sont aperçus que si la fréquence dépasse 500 Hz le multimètre indique des valeurs erronées. Pour pallier cet inconvénient, nous avons conçu cet adaptateur de mesure simple qui vous permettra de mesurer avec n'importe quel multimètre, analogique ou numérique, des fréquences jusqu'à un maximum de 30 kHz.
- Adaptateur fréquencemètre pour multimètre** ..... 53
- Un multimètre numérique ou analogique peut être transformé en un fréquencemètre précis pouvant mesurer n'importe quelle fréquence, qu'elle soit de forme sinusoïdale, triangulaire ou carrée, en cinq gammes de 10 Hz à 1 MHz.
- Purificateur d'air électronique à ionisation négative** ..... 63
- Il est bien connu que l'air que nous respirons est pollué par d'innombrables particules plus ou moins fines, gaz d'échappement des véhicules, poussières industrielles ou agricoles, pollens de fleurs et graminées, etc. Cela peut avoir de multiples conséquences pour notre appareil respiratoire: refroidissements, éternuements, toux, picotements et rougeurs des yeux avec larmoiement consécutif. Notre purificateur d'atmosphère ionisant constitue une solution optimale pour vaincre ce type de réaction allergique.
- Soigner l'acouphène et les vertiges** ..... 72
- En utilisant l'Audiomètre EN1730 décrit dans le numéro 109 d'ELM beaucoup de lecteurs se sont découvert des problèmes d'audition dont ils ignoraient initialement l'existence. Ils se sont alors tournés vers les médecins spécialistes, lesquels ont diagnostiqué un acouphène, c'est-à-dire une affection ne pouvant être soignée qu'au moyen d'un appareil électronique spécifique comme celui que nous vous proposons de construire dans cet article.
- Charger les batteries avec une dynamo** ..... 76
- Un de nos lecteurs a réalisé ce montage simple et original permettant de recharger 4 éléments AA ou «bâtons» en utilisant la dynamo présente sur un vélo. Nous vous le proposons car nous pensons qu'il pourra intéresser ceux qui se servent quotidiennement de ce moyen de transport. Si vous installez ce petit circuit sur votre bicyclette, en effet, vous pourrez maintenir constamment en charge les batteries et bénéficier d'un bon éclairage régulier le soir ou la nuit quand vous en aurez besoin, aussi bien pour le phare que le feu rouge arrière.
- Nos lecteurs ont du génie** ..... 79
- Dans cette rubrique nous présentons quelques uns des schémas que nos lecteurs nous envoient; nous sélectionnons les meilleurs et les plus intéressants. Pour des raisons de temps et de disponibilité du matériel nous ne pouvons réaliser et mettre à l'épreuve ces montages et donc pour leur fonctionnement nous nous fions au sérieux de l'auteur. Pour notre part, nous contrôlons seulement le fonctionnement «théorique» du circuit et nous le complétons, si nécessaire, par une brève Note rédactionnelle.
- Jauge de niveau d'eau pour citerne** ..... 79
- Oscillateur à quartz et circuit intégré TTL** ..... 81
- Diviseur de fréquence numérique** ..... 83
- Contrôle de tonalité à un amplificateur opérationnel** ..... 84
- Trois préamplificateurs à FET et transistor** ..... 85
- Testeur de niveaux logiques pour circuit intégré TTL** ..... 87
- Clignotant à quatre LED** ..... 88
- Mesurer le niveau d'un réservoir d'azote liquide** ..... 89
- Oscillateur à ondes carrées** ..... 91
- Feu tricolore pour modélisme ferroviaire** ..... 93
- Allumage et extinction de plusieurs prises esclaves à partir d'une prise maître** ..... 94
- Le bulletin d'abonnement se trouve page ..... 96
- L'index des annonceurs se trouve page ..... 97

Ce numéro a été envoyé à nos abonnés le 5 Mars 2010

Crédits Photos: Corel, Futura, Nuova, J.M.

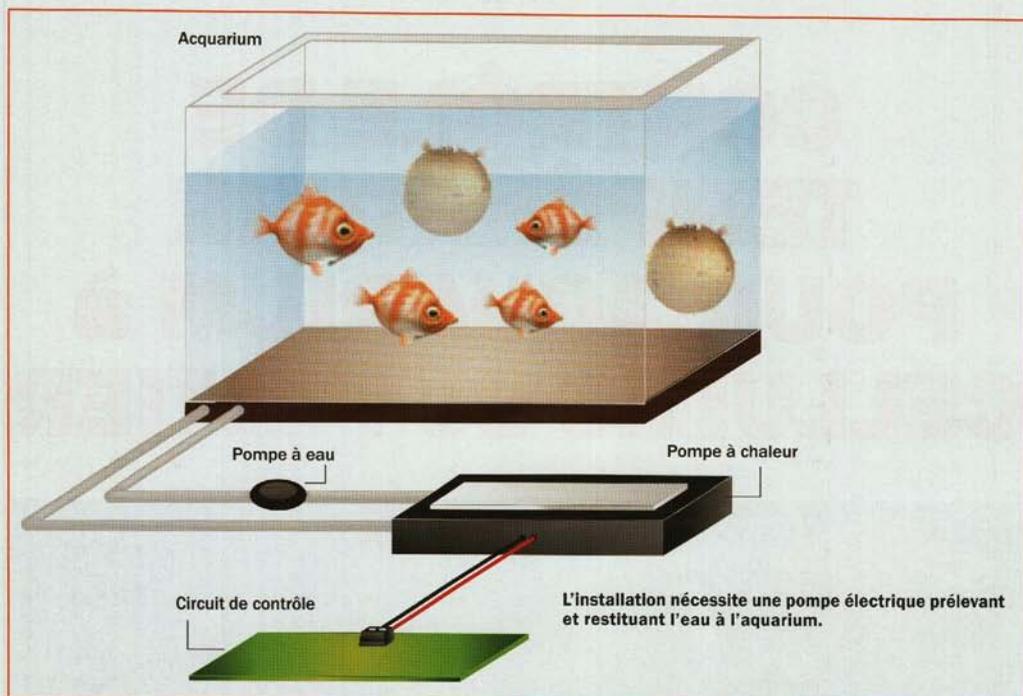
# CONTRÔLE DE TEMPÉRATURE POUR AQUARIUM à CELLULES de PELTIER



Ce montage permet de maintenir l'eau des aquariums domestiques à une température optimale, en la réchauffant si elle est trop froide ou en la refroidissant si elle tend à devenir trop chaude; le contrôle est effectué au moyen d'une petite pompe à chaleur à cellules de Peltier.

**U**n aquarium est habité par les poissons, ils ne vivent pas que de la nourriture pour animaux, de l'oxygénation et du nettoyage périodique du fond. Quelqu'un qui a acheté des poissons exotiques coûteux et parfois inquiétants le sait bien, la température de l'eau joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie de ce petit habitat que nous plaçons sur une étagère ou bien en vue sur une estrade au centre du salon. S'il est vrai que les poissons de notre continent vivent assez bien avec la température de la maison, aussi bien l'été que l'hiver (même si nous

chauffons au minimum), il existe des races tropicales qui sont habituées à des eaux dont la température est assez stable. Quand on décide de réaliser un aquarium avec des poissons, préserver leur santé est un devoir dicté, non seulement par le sens des responsabilités (si nous amenons des poissons à la maison nous devons nous en occuper et faire en sorte qu'ils ne manquent de rien), par le porte monnaie, parce que les poissons tropicaux coûtent souvent cher et en perdre quelques uns représente un préjudice économique non négligeable.



Les personnes ayant un peu de pratique aquariophile savent bien que les commerces spécialisés proposent des chauffages électriques pour l'eau des aquariums (composés d'une résistance contenue dans un tube en verre) à immerger dans l'eau pour la réchauffer quand la température externe tend à devenir particulièrement sévère comme, par exemple, quand on s'absente pour quelques jours et qu'on éteint le chauffage de la maison.

Mais l'été aussi, quand la température externe monte beaucoup et certaines espèces (surtout celles qui vivent dans des endroits où l'eau, à cause de la profondeur ou des conditions climatiques, n'est pas chaude) pourraient «agoniser», mais que faire?

La solution idéale, du reste adoptée pour les aquariums de grandes dimensions, est d'utiliser une sorte de climatiseur: une pompe à chaleur qui réchauffe l'eau si elle est trop froide et la refroidit si elle tend à devenir trop chaude.

La pompe à chaleur dispose d'un échangeur de chaleur dans lequel on fait passer l'eau qui circule dans le purificateur et l'oxygénateur, de manière à porter la température au niveau voulu.

Le montage décrit dans cet article utilise aussi une pompe à chaleur, mais elle est réalisée avec des cellules de Peltier; l'avantage, par rapport aux pompes à chaleur traditionnelles, est dans l'absence de pièces en mouvement. En effet, il n'y a ici aucun compresseur, ni évaporateur ou condenseur d'aucune sorte. La pompe à cellules de Peltier est entièrement statique et la chaleur qu'elle produit, elle l'engendre sous le seul effet de l'électricité ou, mieux, de l'effet Seebeck.

Pour comprendre la chose vous devez savoir qu'une cellule de Peltier est une structure électronique constituée, dans sa forme élémentaire, d'une jonction entre trois pièces de métal, de deux types différents, où les deux parties externes sont égales entre elles. Si on applique une différence de potentiel entre les extrêmes, soit entre les deux matériaux identiques, un courant électrique circule dans l'ensemble et ce courant est la cause de l'échauffement d'une électrode et du refroidissement de l'autre.

La différence de température entre les deux côtés devient d'autant plus importante que le courant est plus intense; ceci dit le courant ne peut croître indéfiniment car à un certain

point la conductivité thermique fait qu'une partie de la chaleur du côté chaud va réchauffer le côté froid. En outre, la chose la plus intéressante est qu'en inversant le sens du courant le côté chaud devient froid et vice versa.

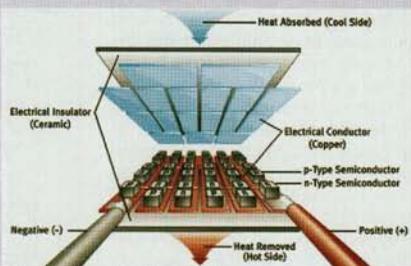
En fait, bien qu'elle ait un rendement nettement plus faible que celle d'une traditionnelle pompe à gaz, la cellule de Peltier est très simple et on peut l'employer dans des cas où un système traditionnel réfrigérant ou réchauffant n'est pas pratiquement applicable. Les cellules de Peltier du commerce sont en réalité des agglomérats de cellules toutes orientées de la même manière et mises en série et parallèle, de manière à avoir des tensions de travail de l'ordre de 8 à 20 V environ; celles que nous avons utilisées sont de 12 V 51 W chacune.

Dans notre montage nous mettons en œuvre quatre cellules de Peltier dûment connectées à un circuit de gestion qui joue le rôle d'un contrôleur de la température pour maintenir une certaine valeur que l'utilisateur peut paramétrer au moyen de poussoirs avec une procédure assistée par un afficheur LCD. Les cellules sont montées et électriquement reliées de manière telle que tous les côtés qui deviennent chauds sont d'un

## Les cellules de Peltier\*

Ces composants électroniques spéciaux sont nés de l'expérience du physicien allemand T. J. Seebeck (1770-1831), qui découvrit l'effet thermoélectrique appliqué aux jonctions de métaux; plus exactement, sur les faces d'une structure composée de deux métaux se crée une très petite différence de potentiel s'expliquant chimiquement par la différence de structure électronique périphérique (orbitales externes ou de valence) des éléments et donc aussi des divers métaux.

Cette tension s'accroît (augmente) avec l'augmentation de la température. Cet effet thermoélectrique est utilisé aujourd'hui dans les thermocouples, qui sont des capteurs de température spéciaux employés par exemple pour détecter l'extinction de la flamme dans les systèmes de sécurité des cuisines modernes et des chaudières à gaz, mais aussi pour mesurer la température des métaux en fusion et donc en métallurgie (thermocouples au platine-platine/rhodium). Si on met côte à côte deux jonctions, c'est-à-dire en réalisant une structure faite de trois morceaux de métaux, dont les deux externes sont différents (en terme de valence) de l'interne, on crée cette structure que l'on appelle pile thermoélectrique: soit en fait un générateur d'électricité utilisant la chaleur. Son fonctionnement se base sur une considération: quand les deux jonctions sont à la même température, comme elles sont dans deux sens inversés, la différence de potentiel de l'une neutralise celle de l'autre; si une jonction est échauffée et si l'autre refroidit, il se crée dans la structure une décompensation, un déséquilibre et on enregistre une différence de potentiel d'autant plus haute que le saut thermique est plus important. Comme elle est formée de deux métaux, la pile thermoélectrique a une résistance électrique très basse et par conséquent s'il est vrai qu'elle engendre une tension très faible, il est tout aussi vrai qu'elle peut fournir un très fort courant.



Sa découverte fut cependant reléguée aux laboratoires, parce que l'énergie récupérable était limitée par un fait: les métaux ont une conductivité thermique particulièrement élevée et il est donc difficile de mettre un côté de la pile à une température significativement différente de celle du côté opposé. Cette même limite interdit l'utilisation pratique des cellules de Peltier, lesquelles sont structurées exactement comme les piles thermoélectriques; mieux, ce sont des piles thermoélectriques, utilisées toutefois à l'envers: Peltier note que l'effet découvert par Seebeck était réversible, c'est-à-dire qu'en faisant circuler un courant dans la pile thermoélectrique, une jonction s'échauffe et l'autre se refroidit, puisque dans l'une le courant circule dans le sens opposé à l'autre. La venue des semi-conducteurs et les techniques de dopage ont permis de réaliser des structures formées de jonctions de semi-conducteurs (par exemple de silicium) dopés P et N; comme le dopage a pour effet d'augmenter les électrons libres dans les zones dopées N et de causer une déplétion de charges dans celles dopées P, si on rapproche un morceau de semi-conducteur P d'un morceau de N on réalise la même jonction que Seebeck qui utilise deux métaux différents. En réalisant PNP ou NPN, on obtient la pile thermoélectrique ou la cellule de Peltier.

L'avantage du semi-conducteur tient à ce qu'il a une résistance thermique supérieure à celle du métal et par conséquent on peut bien mieux maintenir les côtés chaud et froid à des températures différentes et même très différentes (on arrive à 300°C de saut thermique, même si les plus ordinaires ne dépassent pas 55 à 65°C); voilà pourquoi il n'a été possible de réaliser des cellules de Peltier que pour des applications pratiques après l'arrivée des semi-conducteurs.

\*Jean-Charles PELTIER, physicien français (1785-1845) découvre l'effet calorifique d'un courant électrique passant à travers deux jonctions de deux métaux différents (ou effet Peltier) en 1834.

côté et tous ceux qui deviennent froids de l'autre, chose au demeurant très logique, parce que sinon une cellule annulerait l'effet de la voisine et ainsi de suite. Les cellules sont montées d'un côté sur une face d'un grand radiateur (ou dissipateur) à ailettes doté de ventilateurs et de l'autre on a une structure creuse dans laquelle circule, poussée par une pompe, l'eau prélevée (au moyen d'un tube «plongeant») dans l'aquarium pour être réchauffée ou refroidie. D'un côté du profilé creux en aluminium entre l'eau à traiter et de l'autre sort l'eau traitée, qui est versée dans l'aquarium à l'aide d'un tube.

### Comment ça fonctionne

Le circuit de contrôle mesure la température de l'eau, la température ambiante, ainsi que la température du côté chaud et du côté froid du système de cellules de Peltier; le microcontrôleur vérifie cycliquement la température de l'eau au moyen d'une sonde thermique Dallas DS18B20 (le circuit en utilise quatre identiques) convenablement disposées et, si elle diffère de celle paramétrée de plus que l'écart admis (hystérésis), il commande, au moyen de transistors MOSFET, la pompe à chaleur à cellules de Peltier.

Pour être tout à fait exact, si la température est trop haute et s'il faut l'abaisser, il alimente le bloc de cellules de telle manière que le côté appuyé à la structure creuse devienne froid; inversement, si la température est trop basse, le circuit commande la pompe à chaleur afin que le côté appuyé à la structure devienne chaud.

Le dissipateur sert à obtenir le rendement maximal en réfrigération, c'est-à-dire pour que le côté froid devienne le plus froid possible; en effet, nous savons que les cellules ont une certaine différence de température

spécifiée pour un certain courant de travail, par conséquent pour abaisser le plus possible la température du côté froid, il faut abaisser aussi celle du côté chaud. Par exemple, si une cellule garantit un saut thermique de 60 °C, pour avoir le côté froid à 5 °C il faut que le côté chaud ne dépasse pas 65 °C. Aucun problème, en revanche, pour le réchauffement, parce que le côté chaud sera toujours facilement à haute température: la raison en est qu'une fois établi le saut thermique nominal de la cellule et en considérant que dans un aquarium l'eau n'aura pas à dépasser 40 °C, il suffirait que l'air environnant soit seulement à -10 °C.

Dans notre pompe à chaleur le dissipateur disperse la chaleur que les cellules de Peltier prennent du côté froid à l'eau de l'aquarium; le microcontrôleur qui pilote le circuit de gestion, au moyen de deux capteurs de température situés l'un sur le côté chaud et l'un sur le côté froid, vérifie les températures, justement, des côtés des cellules de Peltier. Quand le circuit alimente le groupe de cellules, une fois paramétré le sens du courant, à travers le pont en H il applique initialement une valeur de courant intermédiaire; si la température de l'eau peine à atteindre la valeur de régime, il la «booste» en augmentant au maximum le courant mais, au moyen des deux capteurs qu'on vient de décrire, il vérifie que le saut thermique n'atteint pas des valeurs dangereuses, pouvant endommager les cellules de Peltier.

Quand on travaille en refroidissement, il peut arriver que même ainsi on n'arrive pas à abaisser au niveau voulu la température de l'eau car la température ambiante étant trop haute le dissipateur ne peut évacuer toute la chaleur absorbée par la pompe à chaleur. Dans ce cas le système thermique est aidé par les ventilateurs, lesquels entrent en fonction toujours avec les cellules et tournent à une vitesse directement proportionnelle à la puissance débitée par les cellules, puissances d'autant plus forte que la différence entre la température paramétrée (désirée dans l'aquarium) et la température ambiante, détectée au moyen de la sonde (U6) est plus marquée. Comme on l'a dit déjà, quand la pompe doit réchauffer l'eau, les ventilateurs ne servent pas.

Avant de voir en détail le schéma électrique du circuit de contrôle, précisons que ce circuit commande les cellules de Peltier en leur appliquant une tension non pas continue mais modulée en PWM.

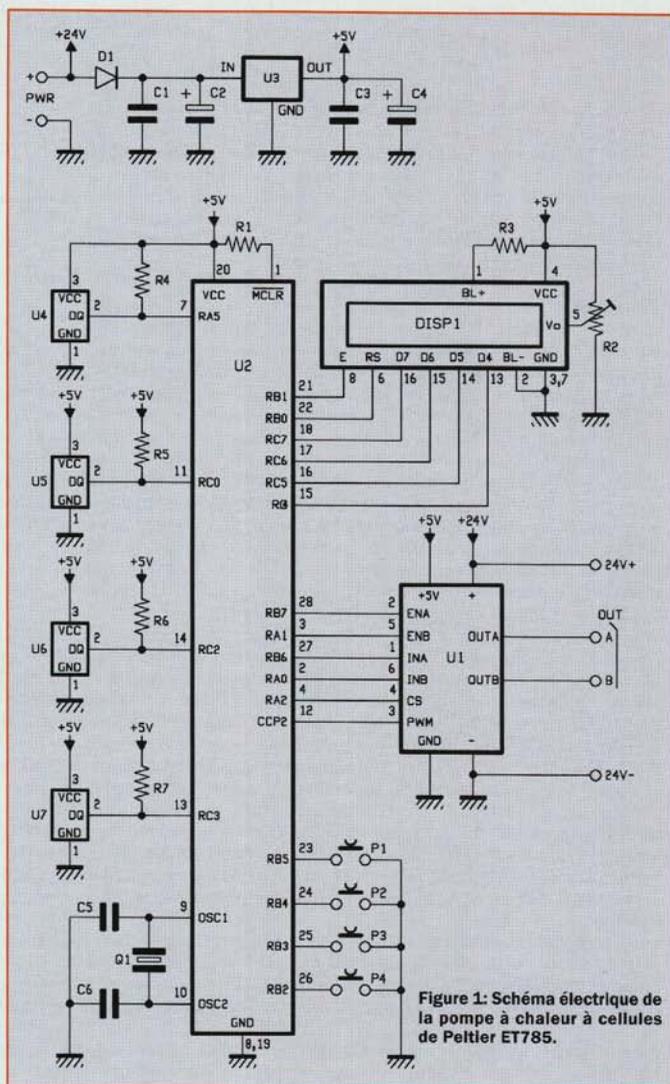


Figure 1: Schéma électrique de la pompe à chaleur à cellules de Peltier ET785.

En fait, avec une onde rectangulaire dont le microcontrôleur contrôle le rapport cyclique. Cela permet de modifier à volonté la tension et le courant dans les cellules en utilisant un pont dont les transistors MOS travaillent en mode on-off, ce qui est appréciable parce que la perte de puissance et l'échauffement consécutif des dispositifs de commutation sont ainsi minimisés.

En adoptant le mode PWM, quand il faut augmenter le courant dans les cellules le microcontrôleur augmente la largeur des impulsions à fréquence égale, ce qui par conséquent augmente la valeur

moyenne de l'énergie transférée; inversement, quand il doit réduire la puissance il réduit le rapport cyclique.

## Le schéma électrique

Notre contrôle de température est formé de deux parties: une platine électronique de gestion et la pompe à chaleur proprement dite. Le schéma électrique du circuit de la platine de gestion et donc les fonctions décrites est visible figure 1. En plus du microcontrôleur et de l'afficheur LCD nous

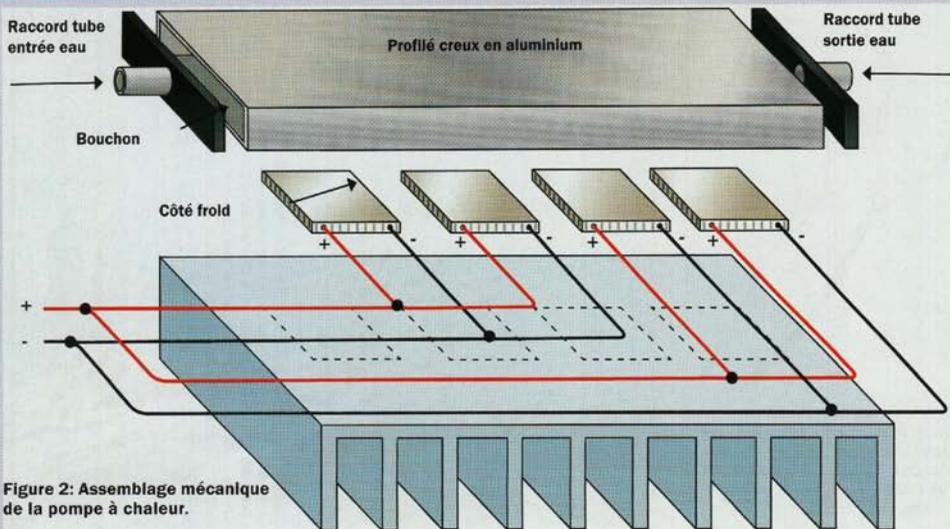
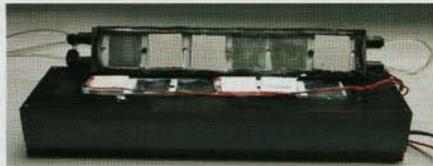


Figure 2: Assemblage mécanique de la pompe à chaleur.

La pompe à chaleur est réalisée en appuyant tous les côtés chauds des cellules de Peltier à un dissipateur à ailettes en aluminium, puis en appliquant les côtés froids à la structure métallique dans laquelle circule l'eau. Cette dernière peut être un profilé creux en aluminium ou une plaque de cuivre ou d'aluminium, plate d'un côté (celui où s'appuient les cellules de Peltier) et de l'autre contenant des tubes ou cannelures. Le tout sera fixé par des vis. Aux ailettes du dissipateur il faudra appliquer un ou deux ventilateurs à alimenter en parallèle avec les cellules après avoir interposé une diode qui les fasse fonctionner seulement quand le sens du courant est tel qu'il fait refroidir le côté froid. Les cellules à utiliser peuvent être quatre de 12 V (montées deux par deux en série/parallèle) ou six de 8 à 9 V (connectées en série/parallèle trois par trois).

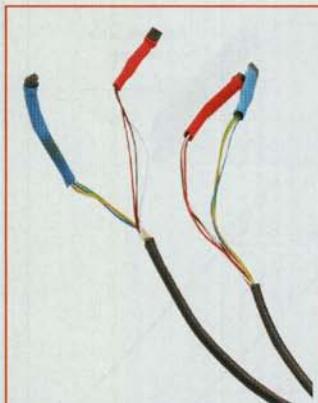


trouvons les quatre capteurs de température, le module pilote à pont, quatre poussoirs et le régulateur de tension à 5 V. Le micro est un PIC16F876A déjà programmé en usine: à l'initialisation il paramètre RA5, RC0, RC2, RC3 comme entrées destinées à la lecture des données série fournies par les quatre capteurs de température (le pull-up ne peut être interne, donc nous l'avons prévu avec R4, R5, R6 et R7) et RB2, RB3, RB4, RB5 encore comme input (cette fois avec pull-up interne) dédiés à la lecture des poussoirs. Les lignes RB0, RB1, RC4, RC5, RC6 et RC7 sont toutes initialisées comme sorties et servent à gérer l'afficheur LCD; ce dernier est de type standard à 2 lignes/16 caractères (CDL4162 Clover).

Les lignes sont toutes des sorties pour que le protocole de communication avec l'afficheur adopté dans cette application soit unidirectionnel, c'est-à-dire que le LCD doit seulement recevoir et non transmettre des données (la broche R/W est fixe à la masse, donc DISP1 reçoit seulement).

En détail, les quatre premières lignes envoient les données correspondantes tantôt aux caractères à visualiser, tantôt aux positions où les placer, alors que E et RS sont utilisés pour gérer les données sur le bus RA0, RA1, RA2, RA3 qui sont référées aux caractères ou à leur position. L'afficheur est pourvu d'un rétro-éclairage à LED, qui correspond aux broches BL+ et BL-.

Terminons ce descriptif des E/S du microcontrôleur avec un mot sur le bloc dédié à la gestion du pilote à pont U1: RA0, RA1, RA2, RB6 et RB7 sont toutes paramétrées comme sorties et elles pilotent les lignes de commandes du module U1. CCP2 est une sortie, mais elle est attribuée à la fonction PWM. Quant au module, c'est un pont de MOSFET configuré en H contenant deux paires complémentaires canal P/canal N pilotées chacune par des signaux en opposition de phase entre elles (comme cela est nécessaire dans un pont) de telle sorte que lorsque dans une paire le MOS P conduit, dans l'autre c'est le N qui conduit; les signaux de pilotage sont pris à partir de celui reçu sur la broche



**Figure 3 :** Le circuit utilise 4 sondes pour mesurer la température ambiante, celles des côtés chauds et froid des cellules de Peltier et celle de l'eau.

PWM, lequel est envoyé directement à une paire complémentaire et bien sûr en opposition de phase par rapport à l'autre. Un minimum de logique gère l'inversion, de manière à paramétrer le sens du courant; pour être tout à fait exact, quelle paire reçoit le signal direct et laquelle le signal inversé, cela dépend de la combinaison logique des lignes INA et INB. Quand les deux sont au niveau haut le pont fournit sur les deux sorties la tension d'alimentation et si elles sont à zéro, les sorties du pont sont à la masse. Quand la première est à 1 et la seconde à zéro, le pont présente à sa sortie une polarité, laquelle est inversée si INA est mise à zéro et INB à 1 logique.

Dans le cas du contrôle des moteurs cela permet d'inverser le sens de rotation de l'arbre; dans notre application en revanche, le micro gère la combinaison de INA et INB de manière à inverser le courant dans les cellules de Peltier et à obtenir tantôt le réchauffage de l'eau, tantôt son refroidissement. Le bloc de cellules est à relier aux points OUT A et B, qui sont les sorties des étages complémentaires à MOSFET; en raison de la manière dont le programme réside dans le microcontrôleur est structuré, il est nécessaire de relier le positif des cellules au contact B.

Le pont peut travailler avec une tension ne dépassant pas 30 V et il est en mesure de consommer 30 A; cela en dépit des petites dimensions et de l'absence de dissipateur. La très faible dissipation de chaleur est due à la

## Ni chaud, ni froid



La température de l'eau est très importante pour la santé de la faune de l'aquarium parce qu'elle représente pour les poissons ce que l'air respiré est pour nous; quelqu'un qui réalise un aquarium est souvent plus attentif à l'aspect des poissons qu'à leurs besoins vitaux et il est quelquefois tenté de mettre dans le même bassin des races provenant d'eaux très différentes en matière de température et pH, c'est-à-dire acidité ou basicité. Le résultat est que les poissons, ne trouvant pas leur habitat naturel, vivent mal ou meurent.

Notre contrôle de température a justement été conçu pour garantir aux poissons particulièrement « exigeants » les conditions de vie les mieux adaptées; il est utile lorsqu'on veut faire vivre dans un aquarium des poissons de races tolérant mal le froid l'hiver et mal la chaleur l'été.

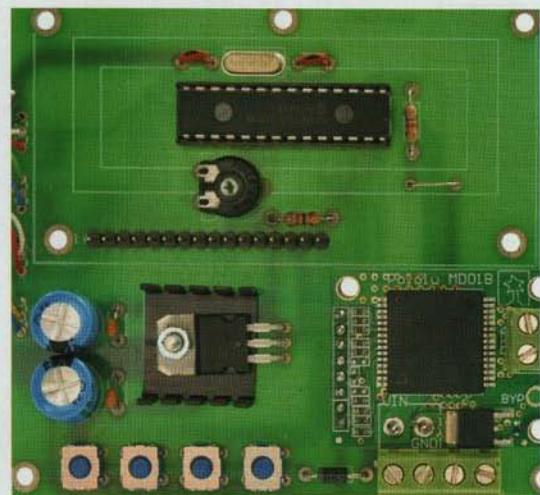
Nous donnons ci-dessous la liste des poissons d'eau douce tropicaux en fonction de la température et du pH de l'eau dans laquelle ils doivent vivre.

Le *Carassius Auratus* (poisson rouge) vit dans une eau dont la température est entre 0 et 20 °C avec un pH de 7 à 7,5; ses variantes et le *Barbus Conchontius* (poisson rouge avec nageoire en voile) vivent à des température entre 15 à 25 °C et avec un pH de 6,5 à 7,5, mêmes exigences pour le *Hoplosternum Thoracatum*, qui est cependant adapté à des températures allant de 18 à 27 °C. Dans les eaux de températures entre 20 et 25 °C vivent l'*Hemichromis Bimaculatus* (Poisson parure Africain) et le *Platy Xiphidium*, qui ont besoin d'un pH de 7,3 à 8 et le *Barbus Tetrazona*, qui réclame un pH de 6,5 à 7,5. Les poissons pour des températures plus hautes sont le *Macropodus Concolor* et le *Corydoras Treitlii*, qui vivent entre 20 et 27°C et au même pH.

Les races habituées à des eaux plus chaudes sont les *Betta Splendens*, *Colisa Chuna*, *Colisa Lalia*, *Ctenopoma Ansorgei*, *Helostoma Temminckii*, *Gurami Perlaceo*, *Corydoras Adolfoi*, *Brochis Coeruleus*, qui s'adaptent à des températures entre 23 et 28°C avec pH de 6,5 à 8. Dans le même registre de température mais avec des pH plus basiques (7,5 à 8,2) vit l'*Aulonocara Hueseri*. Le *Corydoras Panda* et le *Labeo Bicolor* (*Epalzeorhynchus Bicolor*) vivent dans des eaux à la température de 22 à 27°C et au pH compris entre 6 et 7,8. Des poissons comme le *Gurami azur* aiment des eaux plus chaudes (24 à 30 °C) et avec pH de 6 à 7,5, tandis que d'autres comme le *Tropheus Moorii* et le *Pelvicachromis Pulcher* tolèrent des gammes de température plus restreintes (24 à 27 °C) et des pH de 7 à 8,5. Entre 24 et 26 °C et avec un pH plus basique (6,5 à 7,5) vivent l'*Aequidens Rivulatus*, le *Thorichtys Meeki* et le *Barbus squalé - Petit squalé*.



Figure 4a: Photo d'un des prototypes de la platine de commande de la pompe à chaleur à cellules de Peltier ET785.



### Liste des composants ET 785

- R1..... 4,7 k  
 R2..... trimmer 4,7 k MO  
 R3..... 82  
 R4..... 4,7 k  
 R5..... 4,7 k  
 R6..... 4,7 k  
 R7..... 4,7 k
- C1..... 100 nF multicouche  
 C2..... 470 µF 25 V électrolytique  
 C3..... 100 nF multicouche  
 C4..... 470 µF 16 V électrolytique  
 C5..... 15 pF céramique  
 C6..... 15 pF céramique
- U1..... module DRIVER30A  
 U2..... PIC16F876A (MF785)  
 U3..... 7805  
 U4..... DS18B20  
 (...)   
 U7..... DS18B20  
 D1..... 1N4007  
 Q1..... quartz 20 MHz bas profil  
 P1..... micropoussoir  
 (...)   
 P4..... micropoussoir  
 DISP1 afficheur LCD 16 x 2  
 (CDL4162)

#### Divers :

- 3 borniers 2 pôles
- 1 barrette mâle 16 contacts
- 1 barrette femelle 16 contacts
- 1 dissipateur (TE19)
- 1 boulon 10 mm 3 MA
- 4 cellules de Peltier 51 W-12 V

#### Platine de commande de la pompe à chaleur à cellules de Peltier ET785 sans l'afficheur.

commutation au moyen des MOSFET lesquels, dans l'état de ON, présentent une impédance assez basse pour limiter à quelques centaines de mW la puissance dissipée sous forme de chaleur. Comme il ne faut pas dépasser 30 A, nous devons maintenir la consommation des cellules de Peltier de la pompe à chaleur à une valeur de courant ne dépassant pas 22 à 25 A.

Toujours aux sorties du pont (A et B) on relie les ventilateurs du dissipateur de chaleur, ventilateurs à relier avec le fil positif (rouge) au contact B et le noir (négatif) au contact A.

Étant donné que la sortie OUT inverse la polarité quand la pompe à chaleur doit chauffer l'eau (et dans ce cas les ventilateurs ne servent pas), nous les excluons avec un procédé fort simple: il suffit de relier en série avec le fil positif de chacun une diode 1N4007. Ensuite entre B et le positif des ventilateurs on insère une diode.

Ainsi, quand la pompe travaille en refroidissement, les ventilateurs tournent, tandis qu'en réchauffement ils restent au repos. Et ce sans utiliser des sorties spécifiques du micro, mais de manière entièrement automatique.

Passons à la section de détection de la température : le capteur thermique utilisé est le DS18B20, un circuit intégré permettant de détecter la température dans une gamme allant de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $+125^{\circ}\text{C}$  avec une résolution de 12 bits. En particulier, de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$  la résolution de la mesure est d'un demi degré. La connexion se fait avec trois broches : deux pour la tension d'alimentation et un pour les données (la communication suit le protocole série «onewire»). En réalité ce composant a d'autres possibilités: par exemple, il peut être programmé pour envoyer un signal d'alarme au

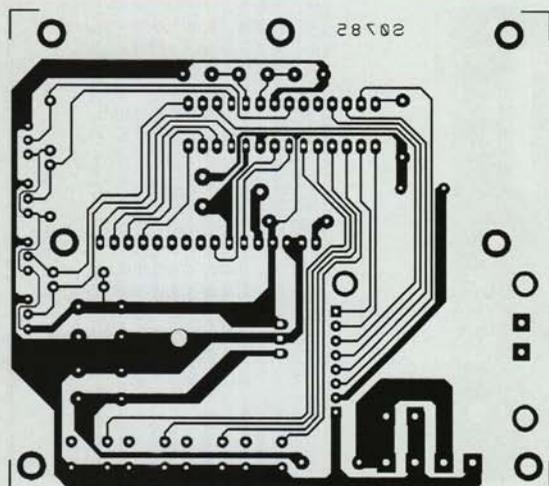


Figure 4c-1: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de commande de la pompe à chaleur à cellules de Peltier ET785, côté soudures.

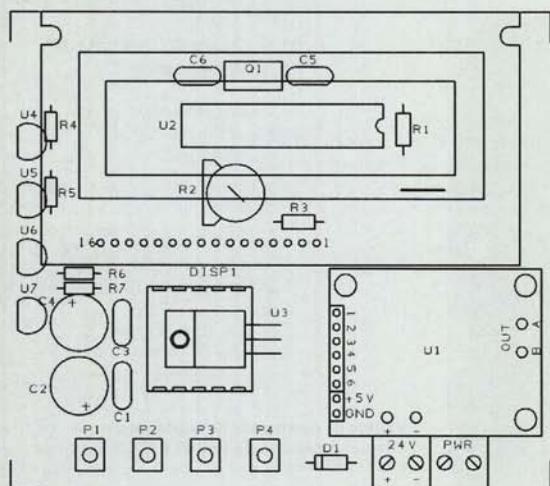


Figure 4b: Schéma d'implantation des composants de la platine de commande de la pompe à chaleur à cellules de Peltier ET785.

dépassement d'une donnée de température. Il peut en outre être utilisé dans un mode particulier (Parasite Power) permettant d'utiliser un seul fil pour véhiculer la tension d'alimentation et les données: cela rend possible la réalisation de véritables chaînes de sondes, chacune pouvant être interrogée individuellement car elle est identifiée par un nombre série de 64 bits, unique pour chaque circuit intégré. Le microcontrôleur est programmé de manière à lire les signaux des quatre sondes cycliquement; en l'occurrence, le programme résident attribue les lignes suivantes à la lecture des capteurs :

RC3 concerne la sonde de température de l'eau dans l'aquarium, RC2 celle de la température ambiante, RC0 celle de la température du côté chaud du bloc de cellules de Peltier et, enfin, RA5 est utilisée pour lire la sonde détectant la température sur le côté froid des cellules.

Le bloc d'alimentation complète le circuit: un simple régulateur de tension 7805 lequel, à partir des 24 V d'alimentation générale du circuit, produit les 5 V nécessaires au microcontrôleur, à l'afficheur LCD, aux sondes de température et à la logique interne du

pont à MOSFET; pour éviter tout dommage dû à une inversion accidentelle de polarité, on a monté une diode au silicium en série dans l'entrée de U3. Les 24 V appliqués à l'entrée arrivent directement à l'étage de puissance du pont, sans passer par aucune diode, car non seulement elle ne servirait à rien, mais en plus il faudrait la choisir de grande puissance, puisqu'elle serait traversée par tout le courant circulant dans les MOSFET.

Dans le cas du contrôle des moteurs cela permet d'inverser le sens de rotation de l'arbre dans notre application

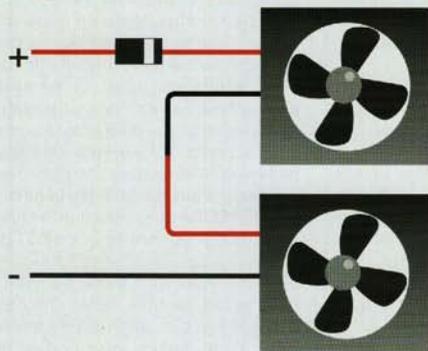


Figure 5: Si vous souhaitez que les ventilateurs tournent seulement quand c'est utile, il faut en connecter le + au OUT A avec en série une diode au silicium, afin de bloquer le courant quand les cellules de Peltier reçoivent la polarité opposée.

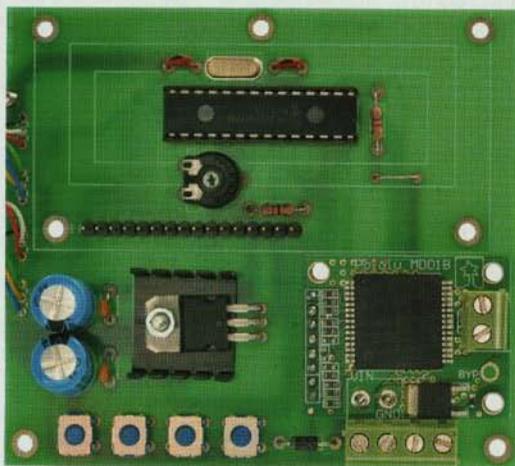


Figure 6: Le régulateur 7805 est fixé sur son dissipateur. Le module à pont doit être soudé au moyen de morceaux de fil introduits dans ses trous d'interconnexion et dans les trous correspondants du circuit imprimé de base.

en revanche, le micro gère la combinaison de INA et INB de manière à inverser le courant dans les cellules de Peltier et à obtenir tantôt le réchauffage de l'eau, tantôt son refroidissement. Le bloc de cellules est à relier aux points OUT A et B, qui sont les sorties des étages complémentaires à MOSFET.

### Comment l'utiliser

Le circuit de gestion exécute son programme en fonction du paramétrage que l'utilisateur entre au moyen des quatre poussoirs et de l'afficheur LCD; après la mise sous tension ce dernier présente tout d'abord la version du programme résident, puis un écran récapitulatif à gauche la température actuellement souhaitée dans l'aquarium (Temp) et à droite la température ambiante (Tamb). P1 et P2 servent à se déplacer dans le menu et P3 et P4 à modifier les données (dans les menus où cela est prévu); chaque modification paramétrée est sauvegardée automatiquement à la sortie du menu. On se déplace avec P1, les mots que l'on rencontre sont, dans l'ordre :

- Réchauffement forcé ;
- Refroidissement forcé ;
- Paramétrage Temp ;
- TCellF/TCellC.

Réchauffement forcé décide comment gérer le réchauffement: si l'on choisit la valeur 0 le réchauffement se fait seulement en automatique quand c'est nécessaire eu égard à la température paramétrée; si on paramètre (avec P4) la valeur 1, la pompe à chaleur est activée en réchauffement et s'arrête seulement quand avec P3 on revient à 0, ou bien quand la limitation thermique intervient. Refroidissement forcé est semblable à la précédente, mais force le fonctionnement de la pompe à chaleur en refroidissement; en l'occurrence, si on paramètre 1 on active le refroidissement et avec 0 on désactive le mode et on laisse le programme résident gérer la pompe en fonction de la température paramétrée.

Les deux modalités permettent la commande manuelle de la pompe à chaleur et sont, évidemment, une alternative à l'autre, dans le sens où en activant Refroidissement forcé quand Réchauffement forcé est actif, on désactive le réchauffement et fait démarrer le refroidissement et vice versa. Paramètre Temp est le mot du menu permettant de paramétrer la température désirée, à maintenir dans l'aquarium : avec P3 on incrémente et avec P4 on diminue la valeur paramétrée. En dernier, TCellF/TCellC récapitule simplement les températures relevées par les sondes montées sur les côtés froid et chaud du groupe cellules de Peltier; aucun paramétrage n'est à prévoir.

### La réalisation pratique

Deux phases de montage sont à prévoir: la réalisation de la platine de contrôle (pour ce faire tous les dessins et photos nécessaires sont regroupés dans la figure 4) et l'assemblage de la pompe à chaleur à circulation d'eau. En ce qui concerne le circuit imprimé, les figures 4c-1 en donne le dessin à l'échelle 1:1.

Quand il est prêt, insérez tous les composants en partant du module à pont, à placer comme le montrent les figures 4a et 4b, en étamant ses pastilles et en utilisant des chutes de queues de composants (diamètre 0,8 mm pour les input de commande et 1,5-2 mm pour l'alimentation) pour relier les trous de la minuscule platine à ceux de la platine de base. Le module doit être le plus près possible de la surface du circuit imprimé de la platine de base, de manière à avoir les connexions les plus courtes possibles. Avant de monter le module, placez un bornier bipolaire en correspondance avec les pastilles OUT A et B.

Poursuivez avec les résistances et la diode au silicium, sans oublier le strap à réaliser sous l'emplacement de l'afficheur LCD; placez les poussoirs pour circuit imprimé, le support du microcontrôleur, le quartz et les condensateurs, en commençant par les non polarisés, puis insérez le régulateur

7805, couché sur son dissipateur à «U» (environ 18 °C/W de résistance thermique) et fixé par un boulon 3MA.

Pour le montage de l'afficheur prévoyez une barrette mâle à 16 points au pas de 2,54 mm; sur l'afficheur placez une barrette femelle identique. Fixez ensuite le LCD avec des entretoises hexagonales de 10 à 12 mm. Vous pouvez relier les sondes thermiques à l'extérieur de la platine au moyen de trois fils de petit diamètre (3 x 0,2 mm iront parfaitement); celle de la température ambiante peut rester sur le circuit imprimé puisque la température y est pratiquement identique. La sonde à mettre dans l'eau doit être imperméabilisée, au moins en ce qui concerne les contacts; à ce sujet nous vous conseillons de l'introduire dans un fin tube de métal, de la pousser bien au fond et de la noyer de pâte au silicone, de manière à détecter parfaitement chaque variation thermique.

Comme alternative, vous pouvez l'appliquer dans l'aquarium (immergée à quelques centimètres de profondeur) mais avant enrobez-la bien dans du mastic au silicone (blanc ou transparent, comme celui utilisé pour les vitres ou le sanitaire...) de manière à étancher les soudures (attendez bien deux heures que le silicone ait bien polymérisé avant d'immerger la sonde).

Quant aux sondes appliquées aux cellules, appuyez-les par leur partie plate (et en interposant un peu de pâte au silicone afin d'améliorer le transfert de la chaleur) respectivement sur le métal appuyé au côté chaud et au dissipateur du côté froid. Les deux doivent avoir des soudures et des broches bien isolées avec gaine thermorétractable, afin d'éviter tout court-circuit et pour les protéger de la condensation: en effet des deux côtés, selon le fonctionnement de la pompe à chaleur, elles peuvent devenir froides et condenser l'humidité.

Voilà en ce qui concerne la partie électrique; voyons maintenant pour la pompe à chaleur, que nous conseillons de réaliser sur une structure tubulaire large d'au moins 6 cm et longue d'environ 40 cm; ce peut être un profilé creux d'aluminium de 60 x 400 x 15 mm fermé des deux côtés par des bouchons: chacun de ces derniers est percé d'un trou associé à un raccord standard de plomberie adéquat. Deux tubes de plastique souple (diamètre intérieur au moins 6 mm) iront l'un à la pompe et l'autre à l'aquarium; un autre morceau de tube doit acheminer l'eau de l'aquarium à la pompe.

Les raccords et le matériel de plomberie se trouvent facilement dans n'importe quelle grande surface de bricolage.

La pompe à eau requise pour le système est du type pour aquarium ou de celui pour fontaine à cycle continu: une capacité de 100 l/h est suffisante; si l'aquarium dispose déjà d'une pompe pour faire circuler l'eau à travers un système de filtration, c'est encore mieux. Autrement vous devez l'alimenter à part avec son interrupteur. Pour notre prototype nous avons utilisé une EUROFLUX alimentée en 230 V, avec un débit de 420 litres/heure.

Les cellules de Peltier sont toutes orientées de la même manière; ce qui signifie que tous les côtés chauds vont d'un côté (par exemple contre le profilé creux en aluminium) et tous les froids du côté opposé (soit sur le dissipateur). Sans cela l'une annulera l'effet de l'autre et la pompe à chaleur aura beau consommer du courant, elle ne fonctionnera pas. Par côté chaud nous entendons celui qui, lorsqu'on met l'alimentation en marche avec polarité positive sur le fil positif (d'habitude c'est le rouge) devient chaud et par froid celui qui devient froid.

Pour ne pas vous tromper, disposez uniformément et du même côté toutes les cellules (par exemple de telle sorte qu'en tenant les fils en bas tous les dispositifs soient à gauche), sans oublier que la chaleur circulera mieux si chaque cellule a ses faces bien recouvertes de pâte au silicone.

Si les cellules ont des fils de la même couleur, référez-vous au marquage ou bien faites un essai pour identifier les côtés, mettez sous tension avec une alimentation capable de fournir quelques ampères de courant et vérifiez au bout de quelques secondes, quel côté devient chaud et lequel devient froid; repérez le fil alimenté par le positif.

Rappelez-vous que l'important est de mettre toutes les cellules dans le même sens et de les connecter correctement. Ensuite, quand le circuit est en fonction et que l'afficheur dit «refroidissement», si l'eau se réchauffe, il suffit d'intervir les fils sur sorties A et B de l'OUT.

Le dissipateur sur lequel vous appuyez les côtés chauds doit être assez grand et donc avoir une résistance thermique très faible: disons 0,2 à 0,4 °C/W; appliquez-lui deux ventilateurs de 24 V reliés entre eux en parallèle ou deux de 12 V en série.

Quant aux cellules de Peltier, vous devez en mettre deux en série puis en parallèle entre elles. Mettez deux cellules en série et ensuite mettez deux séries de deux en parallèle; au moment de faire ces connexions, rappelez-vous que pour le montage en série le positif de l'une va sur le négatif de la suivante; en parallèle vous devez unir les positifs libres et les connecter au point OUT A et ensuite unir les négatifs libres et les connecter en OUT B.

Si vous voulez vous pouvez combiner deux séries de trois au lieu de deux: dans ce cas chacune recevra environ 8 V; cela ira bien si vous trouvez des cellules de Peltier fonctionnant avec une tension de 8 à 9 V.

En parallèle avec le bloc de cellules, soit en OUT du module à pont, reliez les fils arrivant des ventilateurs, sans oublier de mettre en série la diode de blocage; si vous utilisez deux ventilateurs en 12 V en série, utilisez une unique diode connectée avec l'anode au fil que vous connecterez au point B de l'OUT et la cathode sur le fil positif du premier ventilateur.

Connectez le négatif de ce dernier au positif du second et le négatif de ce dernier au point A de l'OUT du module en pont. Si, en revanche, vous optez pour la connexion en parallèle de deux ventilateurs en 24 V, mettez une diode pour chacun selon le même mode.

Pour l'alimentation de l'ensemble, vous devez utiliser une alimentation capable de fournir 24 à 26 V avec un courant de 20 A ou plus en fonction des cellules utilisées.

Comme on trouve difficilement une telle alimentation linéaire, il est indispensable de recourir à une alimentation à découpage. Le modèle PSIN30024 (que proposent certains de nos annonceurs) conviendrait parfaitement.

## Comment construire ce montage?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce Contrôleur de température à effet PELTIER est disponible chez certains de nos annonceurs.

Voir les publicités dans la revue.

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/110.zip>

Boris LANDONI

## VIDÉO-SURVEILLANCE SANS FIL AVEC 4 CAMÉRAS CMOS AVEC IR



Super promo  
159 €



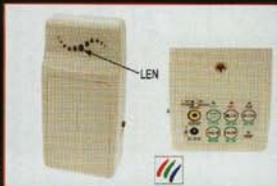
Système de vidéo-surveillance sans fil opérant sur la bande des 2,4 GHz composé de 4 petites caméras CMOS couleur avec audio et transmetteur A/V et d'un récepteur à quatre canaux avec sélecteur à glissière. Le coffret comprend : 4 caméras CMOS couleur avec un transmetteur A/V 2,4 GHz et illuminateur IR - 1 récepteur 4 canaux A/V avec antenne - 1 télécommande infrarouge - 5 alimentations 12 Vdc / 500 mA. - 4 supports de fixation - 2 câbles A/V. **Caractéristique techniques** : caméra avec transmetteur A/V - Élément sensible: CMOS 1/3" OMNIVISION PAL - Pixel total: 628 x 582 - Optique: f=3,6mm F2.0 - Angle: 92° - Synchronisation: interne - Sensibilité: 3 Lux / F1.2

Résolution horizontale: 380 lignes TV - Balance des blancs : AWB Gamme Balance des blancs: 3.200 à 10.000 °K - Contrôle de gain: AGC (automatique) - Rapport S/N vidéo: 48 dB min - rapidité obturateur électronique: 1/50 à 1/10.000 sec. - Fréquence de travail : 2400 à 2483 MHz - Tension d'alimentation: +12 Vdc - Puissance HF: 10 mW. Sortie vidéo: 1 (RCA jaune) 75 ohm, 1 Vpp - Sortie audio: 1 (RCA blanc) - Consommation: 110 mA (130 mA avec illuminateur) - Température de travail: -20 à +50 °C - Dimensions support inclus (mm): 55 L x 130 H x 55 P - Poids: 90 g - Portée indicative: 30 à 50 mètres - **Récepteur**: Nombre canaux: 4 - Fréquence de fonctionnement: 2400 à 2483 MHz - 2 sorties vidéo: 1 Vpp/75 ohm - 2 sorties audio: 2 Vpp (max) - Tension d'alimentation: 12 VDC - Consommation: 130 mA - Température de travail: -10°C / + 40 °C - Portée de la télécommande: 6/8 mètres - Dimension (mm): 120 L x 100 l x 30 h - Alimentation télécommande: 1 batterie au lithium (CR2025, inclus) - Poids: 150 g.

**ER295.....Ensemble complet ..... Destockage 269 €.....159 € \***

## ENREGISTREUR VIDÉO AVEC CAMÉRA INCORPORÉE ET MÉMOIRE 1 GB

Super promo  
220 €



Cet enregistreur vidéo couleur peut stocker dans sa mémoire Flash (1 Gb) jusqu'à 8000 images (qualité QVGA): Ce nombre varie en fonction de la résolution et de la compression choisie. Possibilité d'enregistrer en continu ou par déclenchement externe. Les images enregistrées peuvent être visualisées sur tous moniteurs ou téléviseurs. Alimentation par bloc secteur ou batteries.

**Caractéristique techniques**: Capteur: CMOS 1/4" Optique: f 3,7 mm / F2.0 Sensibilité: 2 lux / F2.0 Pixels: VGA (640 x 480) - QVGA (320 x 240) Rapport S/N: 46 dB - Contrôle électronique du gain (AGC) - Contrôle automatique des blancs (AWB) - Sortie vidéo: 1 Vpp / 75 ohm (RCA) - Format Vidéo: PAL ou NTSC - O.S.D - Qualité d'enregistrement : VGA (640 x 480) - QVGA (320 x 240) - Consommation max: 2W - Durée batterie max. 6 H avec piles alcalines - Temps max. d'enregistrement : 1074 mn - Dim: 100 x 70 x 35,7 mm.

**ENR1Gb.....Destockage..... 269 € .....220 € \***

**COMELEC** CD 908 - 13720 BELCODENE

Tél.: 04 42 70 63 90

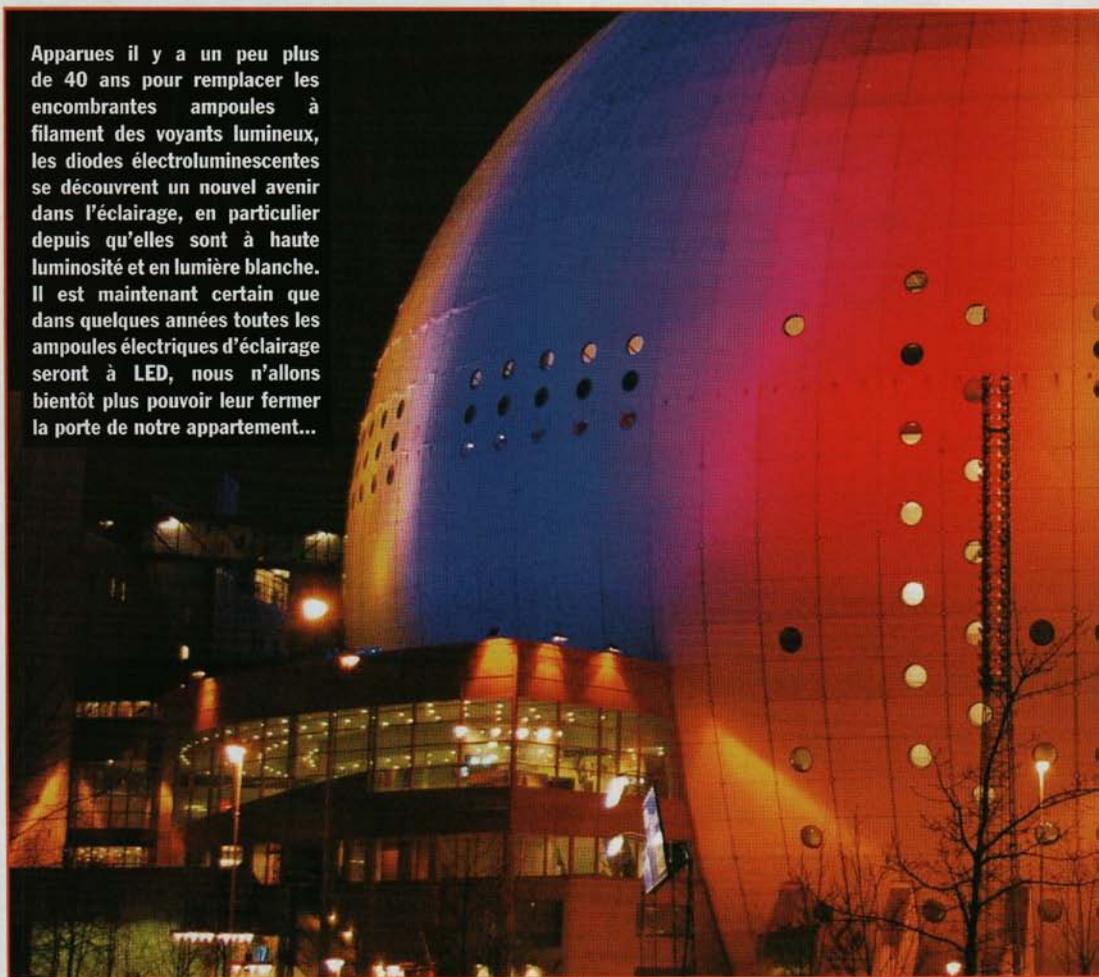
Fax: 04 42 70 63 95

[www.comelec.fr](http://www.comelec.fr)

\* Offre valable durant les mois de parution, jusqu'à épuisement du stock disponible.

# PLEIN FEU SUR LES LED !

Apparues il y a un peu plus de 40 ans pour remplacer les encombrantes ampoules à filament des voyants lumineux, les diodes électroluminescentes se découvrent un nouvel avenir dans l'éclairage, en particulier depuis qu'elles sont à haute luminosité et en lumière blanche. Il est maintenant certain que dans quelques années toutes les ampoules électriques d'éclairage seront à LED, nous n'allons bientôt plus pouvoir leur fermer la porte de notre appartement...



**Q**uand Nick Holonyak Jr., chercheur chez General Electric, mit au point pour la première fois en 1962 la LED, n'imaginait certainement pas que sa petite créature - cette diode qui ne sert pas à redresser le courant ni à détecter les émissions radio - ferait tant de chemin. Mais la LED, créée pour remplacer les ampoules des voyants, est devenue de nos jours elle-même une ampoule électrique à part entière et même l'ampoule par excellence.

Si jusqu'à ces dernières années les progrès de la LED dans le domaine de l'éclairage hésitaient entre gageure et promesse, maintenant c'est une certitude : d'ici peu les ampoules traditionnelles feront place aux LED et nous les trouveront vite dans toutes les maisons ; d'ailleurs elles équipent déjà bien des lieux publics, notamment des locaux ouverts au public comme les pianos-bars et les discothèques. Elles y diffusent des lumières multicolores le plus souvent animées, des jeux

de lumières jusqu'ici réservés à des spots et à des projecteurs à ampoules halogènes. La raison de ce succès est double: protection de l'environnement et économie d'énergie.

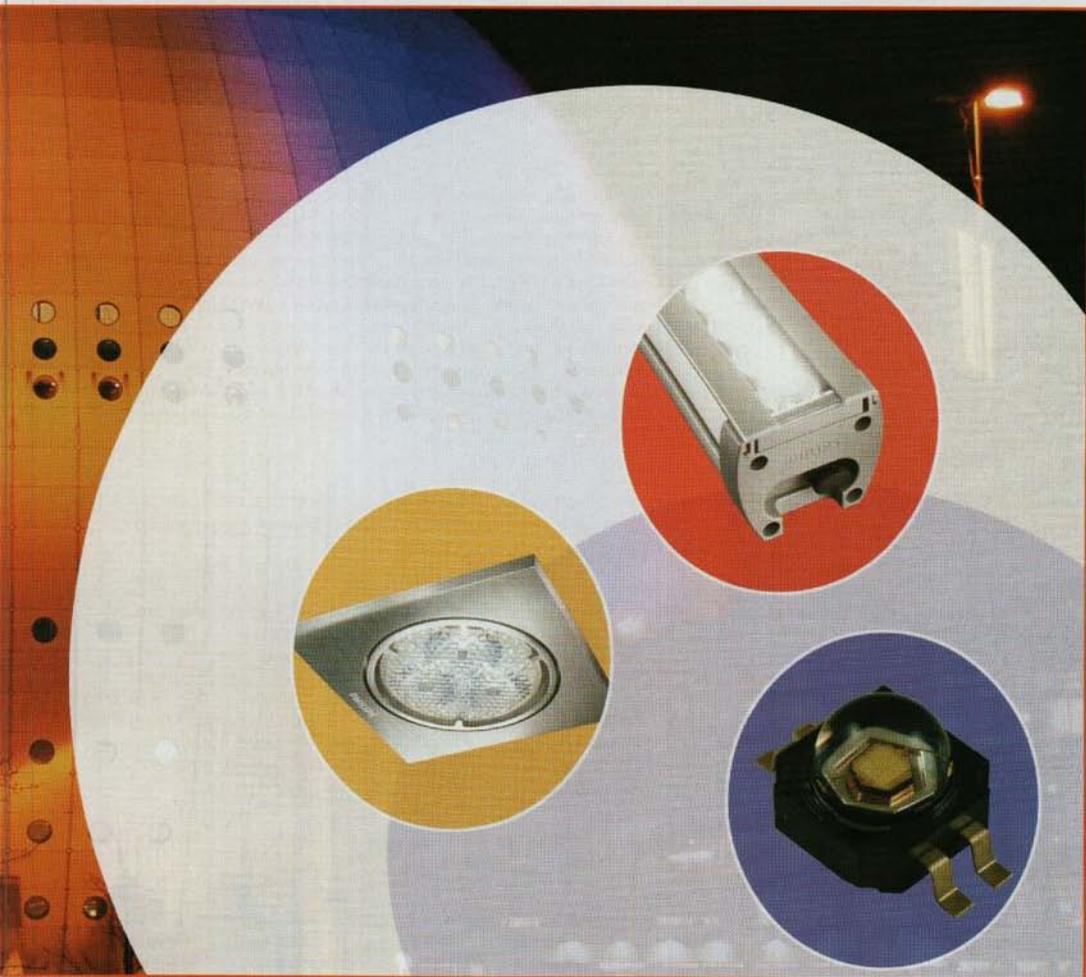
Ces deux motifs se recourent d'ailleurs, car économiser l'énergie signifie aussi économiser l'argent servant, par exemple, à recycler le

matériel hors d'usage, mais également à réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres substances polluantes issues de la production d'énergie à partir des combustibles fossiles.

Par rapport à tous les systèmes d'éclairage réalisés depuis la découverte de l'électricité jusqu'à maintenant, l'ampoule à diodes électroluminescentes

est celle qui survivra à tout : crise énergétique, crise économique, exigences techniques, exigences du marché, sollicitations environnementales.

En effet, elle a toutes les cartes dans son jeu et au fil des ans nous voyons ses potentialités croître. Les LED modernes présentent une efficacité lumineuse (luminosité pour une même



consommation de courant électrique) telle qu'elles peuvent fournir la même lumière que les ampoules à incandescence, les tubes au néon et les ampoules fluorescentes à économie d'énergie, tout en consommant beaucoup moins d'électricité. Elles sont donc destinées à prendre la place des

systèmes d'éclairage traditionnels, également du fait de leur faible impact sur l'environnement, ce qui revient concrètement à une réduction des émissions polluantes dues aux centrales électriques traditionnelles, mais aussi à un recyclage plus aisé des matériaux entrant dans leur composition.

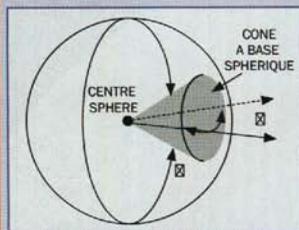
Les LED sont beaucoup plus faciles à recycler, en effet les résines contenues dans les boîtiers plastiques se dissolvent, les puces fondent et on peut fabriquer avec le métal de nouveaux semi-conducteurs et il en va de même pour le métal contenu dans les broches de sortie.

## Candela, lumen ou lux : quelle unité de mesure utiliser ?

Quand nous voulons comparer les caractéristiques de deux ampoules, nous sommes souvent en butte à la difficulté de comparer les données fournies : pour l'une la luminosité est en candela, pour l'autre en lumen. Essayons d'y voir un peu plus clair ! Toutes les sources lumineuses et donc les ampoules électriques, sont caractérisées par une intensité lumineuse ( $I$ ), exprimée en candela (cd) ou en millicandela (mcd, égal à 1 millième de candela). Dans le Système International de mesure, le candela est l'intensité d'une source de dimensions infinitésimales n'absorbant pas la lumière produite (corps noir) ayant une surface de  $1/6 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  et soumise à la température de solidification du platine, détectée dans une direction perpendiculaire à la surface dans un environnement soumis à une pression de 101,325 pascals. Quand on parle de candela, il est donc question d'intensité lumineuse, soit la lumière propre émise par l'ampoule. Un autre paramètre indiquant combien de lumière produit une source est le flux lumineux ( $\Phi$ ), qu'on exprime en lumen (lm). Ces deux grandeurs sont liées par le fait que le flux lumineux est la densité atteinte par l'intensité lumineuse dans un milieu solide ; exactement, un lumen est le flux lumineux produit par une source dont l'intensité est d'un candela avec un angle d'amplitude 1 stéradian.

Le stéradian est l'angle solide d'amplitude  $360/6,28^\circ$  (rapport entre la circonférence et le rayon d'un cercle) dans toutes les directions, soit  $57,32$  degrés. Donc le flux lumineux (lumen) est donné par le produit :

$$\Phi = I \times \alpha$$



où  $\alpha$  est l'angle d'émission de la lumière ou irradiation ou rayonnement, exprimé en stéradian, supposé égale dans toutes les directions (on considère que l'ampoule émet un cône de lumière). Donc, pour comparer deux ampoules, si pour l'une on connaît la caractéristique en candela et pour l'autre en lumen, on doit connaître l'angle d'émission de la source lumineuse. Cet angle étant donné en degré sexagésimal (60 minutes dans un degré sexagésimal alors qu'il y a 100 centièmes dans un degré centésimal), on trouve  $\alpha$  en stéradian en le divisant par 57,32. Par exemple, une ampoule ayant pour angle d'émission  $45^\circ$  à un angle de 0,785 stéradian. Comparons, par exemple, une ampoule de 10 000 mcd qui émet sur un angle de 45 degrés et une dont nous savons qu'elle a un flux lumineux de 10 lumens, étant donné que  $45^\circ$  est égal à 0,785 stéradian, la première a un flux lumineux de :

$$\Phi = 10 \text{ cd} \times 0,785 \text{ sr} = 7,85 \text{ lm}$$

Avec la même formule on peut trouver les valeurs que le constructeur ne donne pas ; par exemple si l'ampoule produit 8 lumens et émet sur un angle de  $60^\circ$  (1,047 stéradian) nous pouvons trouver l'intensité lumineuse ( $I$ ) en candela :

$$I = \Phi / \alpha = 8 / 1,047 = 7,64 \text{ cd}$$

Comparons maintenant une ampoule d'une intensité de 12 candelas avec une dont le flux lumineux est de 11 lumens et l'angle d'émission de  $60^\circ$  (1,047 sr), déterminons l'intensité en candela de la seconde ampoule :

$$I = \Phi / \alpha = 11 / 1,047 = 10,5 \text{ cd}$$

Les constructeurs définissent l'intensité lumineuse et l'angle d'irradiation (ou ouverture), exprimé en degré sexagésimal (base 60, comme expliqué ci-dessus) d'une LED. Comme la lentille des diodes électroluminescentes détermine normalement une émission lumineuse conique, il est facile de trouver le flux lumineux. Par exemple, une LED émettant 2 000 mcd sur un angle de  $50^\circ$  (0,872 sr), présente un flux lumière de 1,744 lumen.

Actuellement 10% de l'énergie électrique produite dans le monde environ (20 000 TWh) est utilisée pour l'éclairage artificiel. On a calculé que, si tous les éclairages étaient à LED, ce pourcentage d'électricité destinée à l'éclairage passerait à 5%, soit une économie de 1 000 TWh. Pour se faire une idée de ce que tout cela signifie, il suffit de considérer qu'une centrale nucléaire de nouvelle génération est en mesure de produire environ 10 TWh par an. En fait nous pourrions faire fonctionner 100 centrales nucléaires en moins, en

évitant d'en construire de nouvelles ou en démantelant les plus vétustes ! Bien qu'elle coûte plus cher qu'une ampoule conventionnelle, une ampoule à LED, à pouvoir éclairant égal, a une durée de vie bien plus longue, des dimensions plus réduites, une sécurité d'utilisation supérieure (elle fonctionne en basse tension et chauffe peu), une solidité et un rendement plus grands. Tout sera dit si on ajoute à cela le fait que, contrairement aux ampoules à incandescence et à vapeurs (de mercure ou de sodium), les diodes électroluminescentes peuvent

produire une lumière colorée sans avoir besoin de filtres de couleurs, lesquels occasionnent des pertes lumineuses et donc une baisse de rendement.

La possibilité réelle de remplacer par des LED les ampoules ordinaires a bien été prise en compte par l'industrie électronique, si bien qu'en quelques années de nouveaux fabricants de LED, surtout chinois (RPC et Taiwan), ont rejoint les constructeurs historiques (HP, Fairchild, Temic) et sont prêts à répondre à la très forte demande du marché.

## Un peu d'histoire

L'idée d'utiliser une diode électroluminescente comme ampoule de voyant lumineux surgit lorsque l'on découvre l'aptitude des diodes à semiconducteur d'émettre un rayon lumineux ; mais on a dû attendre de trouver un matériau favorable à l'exploitation concrète de cet effet, car toutes les jonctions n'émettent pas une lumière visible.

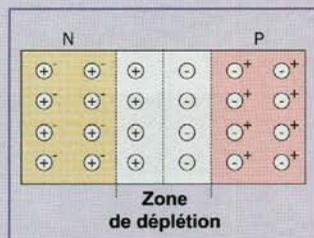
Ce problème étant résolu, dans un premier temps on se contenta de produire une lumière rouge ; mais quand il fut possible de fabriquer des diodes électroluminescentes capables d'émettre de la lumière dans d'autres couleurs et, plus précisément, blanche ou rouge, verte et bleue, ce fut une vraie révolution. Les chercheurs envisagèrent la possibilité de réaliser, avec ces toutes petites ampoules, l'éclairage du futur.

En effet, en mélangeant les lumières rouge, verte et bleue, on pouvait obtenir non seulement la lumière blanche (dans la tonalité voulue), mais aussi n'importe quelle autre couleur ; c'est ainsi qu'apparurent les premiers projecteurs à LED pour le spectacle. Et enfin les LED blanches virent le jour ! Elles sont conçues pour remplacer l'éclairage traditionnel. En outre, l'augmentation de leur efficacité lumineuse (déjà, dix ans après la mise au point de la première LED, les diodes électroluminescentes à lumière rouge avaient une efficacité dix fois supérieure) a permis de réaliser des diodes capables d'émettre une lumière toujours plus intense pour une même consommation de courant et cela permet donc d'envisager leur utilisation pour l'éclairage en général, chose impensable avec les premières LED, lesquelles en plus d'être colorées émettaient une faible intensité lumineuse.

## La technique

Mais comment fonctionne la diode électroluminescente ? Tout revient à la jonction PN, une structure formée de matériau semiconducteur «dopé» constituant la diode. Les semiconducteurs (silicium, germanium et sélénium) sont les éléments qui ont permis le développement de l'électronique «solid state», de la diode et du transistor, puis des circuits intégrés et des microprocesseurs ou microcontrôleurs et, indirectement, de tous les appareils électroniques qui ont bouleversé notre

## La jonction PN



Pour rendre électriquement conducteur le semiconducteur il faut le «doper» en introduisant dans sa structure cristalline des impuretés ayant des valences différentes de quatre (quatre étant la valence des semiconducteurs, chimiquement parlant s'entend) : typiquement on se sert de substances trivalentes (gallium, bore, aluminium) et pentavalentes (phosphore, arsenic, antimoine).

Dans le premier cas on parle de dopage de type P, car dans le semiconducteur il se produit une carence en électrons : en effet, les atomes dopants ont un électron de valence en moins par rapport au silicium et ils libèrent une charge électrique positive (on les appelle accepteurs parce qu'ils peuvent accepter des électrons). Dans le second le dopage est de type N, parce que les atomes du dopant pentavalent ont cinq électrons de valence (on les appelle donateurs car ils peuvent donner chacun un électron) et par conséquent dans le semiconducteur il y a pour chaque atome de dopant un électron qui ne sait où se placer.

Quand on applique au semiconducteur dopé une tension de valeur modeste, s'il s'agit de matériau dopé P les électrons sont attirés d'un atome à l'autre parce qu'ils subissent l'attraction des charges positives rencontrées ; tandis qu'avec un matériau dopé N les électrons en excès sont poussés ; dans les deux cas on enregistre un courant important, de valeur proportionnelle à la densité du dopant.

Si l'on prend un morceau de semiconducteur et si on le dope avec des impuretés trivalentes d'un côté et pentavalentes du côté opposé, on obtient la jonction PN, soit une diode à semiconducteur. Peu après l'introduction des substances dopantes, dans le point de rencontre des zones P et N, les électrons en excès du dopant pentavalent vont combler les trous du dopant trivalent ; il se crée ainsi une zone dite région de déplétion parce qu'elle est dépourvue de charges électriques libres et ainsi la structure PN devient isolante.

Pour faire circuler le courant il faut appliquer aux bornes P et N une tension électrique (positive sur la zone P) : en partant de zéro et en augmentant l'amplitude, à un certain point on dépasse la barrière de potentiel consistant en l'énergie à fournir aux électrons de la zone N pour les faire passer dans la région P ; la jonction devient donc le siège d'un courant considérable.

La tension nécessaire pour lancer la conduction se nomme tension de seuil. Si en revanche la tension appliquée est de sens opposé (positive sur la zone N) le champ électrique ne fait qu'attirer les électrons vers l'extérieur et augmenter l'épaisseur de la région de déplétion ; dans ce cas la jonction ne conduit pas, du moins en théorie.

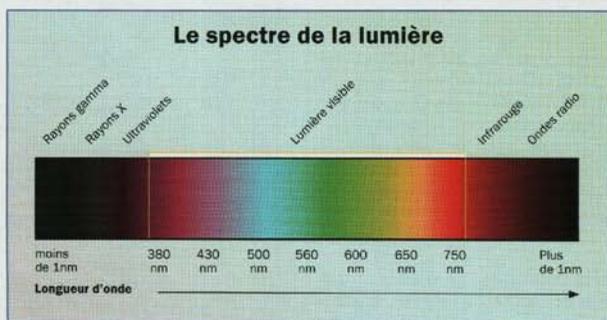
mode de vie et qui sont à la base de ce «village global» qu'est devenu le monde avec Internet. Actuellement le semiconducteur le plus utilisé en électronique est le silicium.

Quand la jonction PN conduit, pour déplacer un électron de la zone N vers un trou laissé par un électron d'un atome de dopant de la zone P, il faut fournir une certaine énergie qui est celle permettant d'extraire un électron de sa position naturelle ; cette énergie s'appelle travail d'extraction ( $W_0$ ) et vaut :

$$W_0 = e \times V$$

où  $e$  correspond à la charge électrique d'un électron ( $1,6 \times 10^{-19}$  coulombs) et  $V$  au potentiel d'extraction, lequel varie d'un élément chimique à l'autre. La physique enseigne qu'un électron bien à sa place a besoin d'énergie pour sauter d'une position à l'autre à l'intérieur de l'atome auquel il appartient ou pour en sortir et qu'il tend à reprendre l'état qui était le sien auparavant ; ce retour en arrière n'a lieu que si l'énergie reçue est cédée.

COULEUR DE LA LUMIÈRE	TENSION DE SEUIL
Rouge	1,8
Orange	1,9
Jaune	2
Verte	2,2
Bleu	3,5
Blanc	3,5



Dans la diode à jonction, les électrons déplacés de la région N à la région P quand ils entrent dans un trou du dopage trivalent doivent céder l'énergie fournie par le champ électrique ayant produit la polarisation. L'énergie est cédée sous forme de radiation électromagnétique dont la fréquence est liée au potentiel d'extraction par la formule :

$$W_0 = h \times f$$

où  $h$  est la constante de Planck et vaut  $6,624 \times 10^{-34}$  joules par seconde et  $f$  la fréquence. La fréquence est à son tour liée à la longueur d'onde ( $\lambda$ ) par la relation :

$$f = c/\lambda$$

où  $c$  est la vitesse de la lumière dans le vide, soit 300 000 Km/s. Il arrive, lorsque la jonction est constituée par un matériau auquel il est facile d'arracher des électrons (éléments à faibles potentiel et travail d'extraction  $W_0$ ) ou bien quand la jonction a une tension de seuil particulièrement basse, que la fréquence de l'onde produite par le retour des électrons soit relativement basse et donc détermine des radiations de longueur d'onde supérieure à 700 nanomètres, longueur d'onde tombant dans le lointain infrarouge. C'est le cas des diodes au silicium et au germanium, lesquelles émettent de la lumière invisible à l'œil humain.

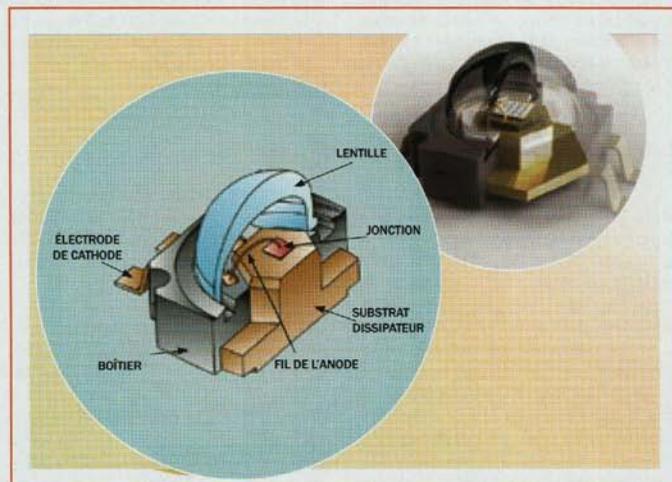
Pour obtenir des longueurs d'onde telles que la radiation électromagnétique devienne de la lumière visible, il est nécessaire de réaliser les jonctions avec des semi-conducteurs à potentiel d'extraction supérieur à celui du silicium. En effet, les formules nous disent qu'avec de fortes valeurs de  $V$  et donc de  $W_0$  correspondent de hautes fréquences et de courtes longueurs d'ondes.

Malheureusement il n'en existe pas dans la nature et c'est pourquoi les chercheurs ont dû inventer de nouveaux; c'est ainsi qu'on créa l'arséniure de gallium, le premier semi-conducteur synthétique utilisé pour réaliser les LED de base, celles à lumière rouge. Ce matériau semi-conducteur est un composé obtenu à partir d'arsenic et de gallium (respectivement pentavalent et trivalent) que l'on dope ensuite d'un côté avec des impuretés trivalentes pour réaliser la région P et de l'autre avec des éléments pentavalents pour former la zone N.

On obtient ainsi une diode à tension de seuil et travail d'extraction plus hauts qu'avec le silicium et le germanium, capable d'émettre, en conduction, une radiation lumineuse visible rouge, un peu en dessous de 680 nanomètres. Après la réalisation des premières

diodes électroluminescentes à lumière rouge, les chercheurs n'arrêtèrent pas leurs efforts et se concentrèrent sur deux objectifs : chercher à produire des lumières de différentes couleurs et augmenter l'intensité de la lumière émise et ce dans le but de fabriquer avec des LED des afficheurs («displays») géants à matrice de points, ainsi que dans la perspective d'utiliser les LED en éclairage général.

Sur le plan des couleurs de lumière, on a travaillé sur différents types de semi-conducteurs synthétiques caractérisés par des potentiels d'extraction donnant une lumière de longueur d'onde toujours plus courte. C'est ainsi qu'on a pu créer des LED à lumière (dans cet ordre) orange, jaune, verte, bleue et, depuis quelques années, blanche. La difficulté pratique consistait à produire des semi-conducteurs à hauts potentiels d'extraction,



elle fut résolue par la réalisation de divers mélanges d'éléments trivalents et pentavalents dans des proportions correspondant à une certaine couleur. Les composés utilisés sont les suivants.

**Arséniure de gallium (GaAs):** il a été le composé de base et il permet la réalisation des LED émettant une lumière rouge sombre.

**Arséniure de gallium et aluminium (GaAlAs):** donne le rouge en différentes tonalités, du plus sombre au plus vif.

**Phosphure et arséniure de gallium (GaAsP):** permet d'obtenir les LED à lumières orange et jaune.

**Phosphure de gallium et aluminium (GaAlP):** s'utilise pour construire les LED émettant une lumière verte.

**Nitride de gallium (GaN):** avec ce composé on réalise des LED à lumière vert sombre et bleue.

**Nitride de gallium et indium (In-GaN):** c'est le semiconducteur avec lequel on peut produire des LED à lumière bleue et blanche.

**Séléniure de zinc (ZnSe):** est un composé récent utilisé dans la préparation des LED bleues.

**Carbure de silicium (SiC):** celui-ci sert également à fabriquer des LED à lumières bleue et blanche.

Les LED blanches méritent une attention particulière car elles sont obtenues à partir de LED bleues par insertion dans la structure qui les compose d'une couche de matériau (phosphores) capable de convertir l'émission bleue en lumière blanche; en effet, il est pratiquement impensable de produire une lumière

blanche avec une simple jonction, car le blanc est la somme de toutes les couleurs. Par conséquent pour obtenir le blanc il faut des LED tricolores (RGB) comportant trois jonctions (l'une fait le rouge, une autre fait le vert et la dernière le bleu) ou bien en mettant en œuvre une émission à haute énergie comme celle du bleu et en la convertissant au moyen d'un matériau spécial.

## Luminosité de la LED

Le problème de la couleur étant résolu, avant de penser à la LED comme substitut de l'ampoule électrique ou élément de base pour la réalisation de spots, les chercheurs ont dû faire leurs comptes à propos de l'émission lumineuse, c'est-à-dire travailler sur deux détails: augmenter l'intensité lumineuse et diriger opportunément la lumière. L'intensité lumineuse dépend de plusieurs facteurs, dont le niveau de dopage, la structure de la jonction et de la LED dans son ensemble, le rendement quantique et surtout le courant direct. Le premier facteur déterminant l'intensité de la lumière est certainement le rapport entre les photons émis et les électrons revenant à leur place pendant la polarisation directe et qui prend le nom de rendement quantique interne.

Plus important encore est le rendement quantique externe, soit le rapport entre les photons sortant de la jonction (la lumière que nous voyons...) et ceux libérés. Eh bien, si pour chaque électron recombiné un photon se produit, très peu parmi ces photons libérés sortent de la jonction. Habituellement le rendement quantique externe ( $\eta_e$ ) est inférieur à 10%. La luminance ou brillance d'une LED (en candelas/m<sup>2</sup>) est définie par la formule suivante:

$$L = \frac{3.940 \times \eta_e \times \eta_o \times J}{\lambda} \times \frac{A_j}{A_s}$$

où  $\eta_o$  est l'efficacité lumineuse de l'œil humain (exprimée en lumen/watt) la densité de courant dans la jonction ( $A/cm^2$ )  $A_j/A_s$  le rapport entre l'aire de jonction et celle d'émission de la lumière et  $\lambda$  la longueur d'onde de l'émission exprimée en micromètre (ou micron soit un milliardième de mètre). La densité maximale de courant admissible et le rendement quantique externe limité par la structure de la jonction, imposent une limite maximale de l'efficacité lumineuse à 630 lumen/watt. Le courant, ou mieux la densité de courant, est un paramètre déterminant pour optimiser l'intensité de l'émission lumineuse; les efforts consentis toutes ces années par les chercheurs se sont surtout concentrés sur la réalisation de jonctions capables de supporter de grands flux de courant, si bien que les LED modernes, en particulier celles de forte puissance («high-power»), sont en mesure de supporter plus d'1 A.

Si cela permet d'obtenir des valeurs d'intensité lumineuse élevées, la durée de vie du composant s'en trouve toutefois diminuée par rapport aux premières LED réalisées: en effet, si pour les diodes électroluminescentes d'il y a une trentaine d'années on pouvait définir une durée de vie théorique de 400 000 heures (entendue comme la période pendant laquelle l'intensité lumineuse émise ne se réduisait pas de plus de 50% par rapport à la valeur initiale), pour les LED modernes et spécialement celle à haute luminosité, on ne dépasse pas 100 000 heures. Cela parce que plus les LED ont à supporter des densités de courants élevées plus leur température augmente et avec elle augmente la vitesse de détérioration de la jonction.

**Tableau 2**

Les diverses sources de lumière artificielle. Pour les LED blanches, la durée se réfère aux seules diodes; elle est inférieure pour les ampoules à LED, parce qu'il faut tenir compte de la durée de vie moyenne du circuit de contrôle. Quant au rendement, c'est celui, typique, de l'ampoule ou d'une seule LED: on ne prend pas en compte les pertes dans les circuits d'alimentation, lesquelles affligent les ampoules au néon, celles à vapeurs, tout comme les LED.

Type d'ampoule	Intensité lumineuse max (cd)	Rendement (lumen/watt)	Durée (heure)
A incandescence traditionnelle	40 à 240	8 à 15	1000 à 1500
Halogène	28000	18 à 25	2000 à 3000
Au néon	20 à 900	40 à 100	5000 à 8000
A vapeurs de mercure	30000	80 à 100	10000 à 12000
A vapeurs de sodium	50000	120 à 200	5000 à 6000
LED blanches	5 à 200	70 à 150	60000 à 120000

## Technologie de construction

Puisque la lumière provient de la région P, la jonction des LED se construit en vertical et s'appuie sur l'électrode de cathode (région N) ; en outre cette même région P, justement parce qu'elle doit faire sortir la lumière, est la plus fine et la plus transparente possible. Pour minimiser la couverture du côté P, l'électrode d'anode est très petite (c'est un fil soudé à la surface du semiconducteur). Une des causes de la baisse de rendement, quantique externe, soit de la rétention des photons par la jonction de la diode, est l'indice de réfraction du semiconducteur : il dépend de la structure cristalline et de la technologie par laquelle le semiconducteur est produit, en plus de l'épaisseur de la jonction et du dopant utilisé.

Songez que dans une LED ordinaire le pourcentage de photons sortants peut s'abaisser jusqu'à 3 à 5 %. Pour augmenter le rendement on travaille sur le processus de fabrication de la jonction et on a recours à une astuce : la résine synthétique qui enrobe le semiconducteur pour le protéger des agents externes sert en même temps de lentille et améliore l'indice de réfraction ; il s'agit d'un plastique coloré et transparent qui façonne le faisceau lumineux émis (c'est une lentille convergente) et adapte optiquement la jonction, ce qui augmente le rendement externe de trois fois. Typiquement, dans les LED, la luminosité perçue à l'extérieur est inversement proportionnelle à l'angle d'émission ; donc dans l'évaluation du rendement d'une LED il faut faire un

rapport entre l'intensité lumineuse (mcd) et l'angle d'irradiation, c'est-à-dire comparer l'intensité à parité d'angle d'irradiation.

## Diodes high-power et multijonction

L'une des façons de réaliser des ampoules compactes consiste à utiliser des LED capables de fournir des valeurs élevées de flux lumineux et travaillant avec de forts courants : il s'agit des diodes électroluminescentes de puissance ou «high-power», typiquement faites pour émettre une lumière blanche (mais elles existent aussi en version colorée pour les spots de spectacle et pour les feux des voitures). Les jonctions qui les composent sont assez étendues et fixées sur des supports en aluminium permettant d'appuyer les composants sur des surfaces capables de dissiper la chaleur produite, surfaces coïncidant avec le boîtier de l'ampoule.

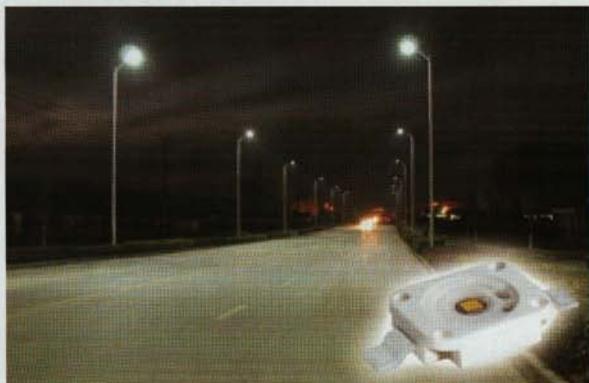
C'est le cas pour certains spots ou torches électriques dont le boîtier est en aluminium. Au dessus (côté P) la jonction donne sur l'extérieur à travers une résine synthétique constituant une lentille afin de concentrer la lumière émise ; plus exactement, la production prévoit des diodes avec lentilles (divers modèles existent, chacun est conçu pour obtenir un certain angle d'émission de la lumière) et d'autres avec un simple revêtement transparent qui de toute façon est une lentille utilisée pour adapter l'indice de réfraction de la jonction.

Dans ce dernier cas l'émission est assez uniforme et se fait sous un grand angle ; en revanche, avec les LED «high-power» destinées à la réalisation des ampoules d'éclairage, elle est concentrée en des angles allant de 45° à 90°. A l'inverse des LED ordinaires, qui peuvent dissiper 100 à 160 mW typiques, les «high-power» travaillent avec des puissances de l'ordre de 1 à 5 W. Il existe aussi des versions composées de plusieurs jonctions opportunément reliées en série ou en parallèle, toutes sous la même coupole protectrice. Une LED «high-power» peut, à elle seule, réaliser une ampoule domestique, capable de développer 130 lumens de flux lumineux. Les LED «high-power» sont construites par de nombreuses firmes, parmi lesquelles les constructeurs historiques d'ampoules traditionnelles comme OSRAM et Philips. Un exemple optimal est fourni par les Golden Dragon de OSRAM, disponibles en différentes versions (lumière rouge, bleue, blanche) capables de développer un flux lumineux jusqu'à 70 lumens et se contentant de quelques centaines de mA de courant ; quant à Philips, il produit par exemple les Luxeon 2 de 140 lumen/W et s'affaire au prototype des Luxeon IV, de 160 lumen/W !

## La LED face aux autres types d'ampoules

Pour avoir un aperçu de l'avenir des LED en éclairage général, il faut faire une comparaison entre ses caractéristiques et celles des autres types d'ampoules électriques. Commençons par les ampoules les plus classiques, celles à incandescence : destinées à disparaître en 2012, ce sont les plus faciles à construire mais elles ont une durée de vie assez brève ; typiquement, elles ont une efficacité lumineuse ne dépassant pas 15 lm/W et une durée de vie d'à peine 1 500 heures. Leur lumière est jaunâtre et donc elle diffère de la lumière du jour, mais très agréable à la vue.

Les ampoules usagées peuvent être facilement recyclées car elles sont constituées de verre et de métal et qu'elles contiennent un gaz inerte non nocif. Elles comportent l'avantage de pouvoir être alimentées directement par la tension du secteur ou à travers un transformateur ou encore avec le 12 ou le 24 V de l'installation électrique d'un véhicule (auto ou camion) ; elles ne requièrent pas des circuits d'alimentation ou de contrôle comme les ampoules au néon ou à vapeurs (en général celles à décharges dans les gaz) et celles à LED et elles n'ont donc pas les pertes inhérentes.



Les LED à haute efficacité sont déjà prêtes pour une utilisation dans le domaine de l'éclairage général privé ou public (ici éclairage public) : maisons, véhicules, rues, signalisation routière...

Une amélioration du rendement et de la qualité de la lumière a été obtenue avec les ampoules aux halogènes qui sont de simples ampoules à filament mais remplies d'un gaz halogène (par exemple l'iode) : cela permet de faire atteindre au filament une température plus élevée et donc d'obtenir une lumière plus claire. Il y a aussi les ampoules fluorescentes, soit les tubes au néon : véritable révolution d'il y a une quarantaine d'années et réévaluée avec la réalisation des ampoules à économie d'énergie, qui exploitent la décharge dans le gaz néon produite par une radiation ultraviolette de longueur d'onde 3 500 nanomètres, laquelle investit la couche de phosphore recouvrant les parois internes de l'ampoule tout en libérant la lumière visible blanche qui peut avoir diverses tonalités (chaude ou froide, d'environ 4 000 à 6 000 °K de température de couleur) en fonction de la composition des phosphores utilisés.

Les tubes au néon consomment peu, ont un rendement lumineux optimal et une longue durée de vie ; cependant en version traditionnelle ils ont besoin d'un réacteur (un transformateur produisant la surtension d'amorçage de la décharge dans le gaz, ce qui constitue une perte de puissance) et un starter pour le démarrage, qui constitue un encombrement supplémentaire. Le problème du volume occupé a été résolu avec des transformateurs miniatures utilisés dans les ampoules à économie d'énergie, si bien qu'un tube de 11 W se fixe sur une douille d'ampoule à incandescence.

Mais cette solution laisse pour les tubes fluorescents deux problèmes irrésolus : d'une part la pollution produite par les fuites des phosphores en cas de cassure et l'écoulement de la couche des phosphores et du mercure (6 à 8 mg) contenue dans les ampoules à faible consommation de type économique ; d'autre part la fuite d'une partie des ultraviolets échappés des phosphores durant le fonctionnement, qui à la longue peut fatiguer la vue. Les ampoules conventionnelles de meilleure qualité sont celles à luminescence, à vapeurs de mercure à haute pression et sodium à basse pression ; celles à vapeurs de mercure ont un rendement optimal (typiquement 100 lm/W) et une durée de vie d'environ 10 000 heures ; elles émettent une lumière idéale pour l'éclairage des routes. Elles sont lourdes, coûteuses et encombrantes, à cause de la forte chaleur produite (leur température en fonctionnement atteint 700 °C) : la décharge ne peut avoir lieu dans l'ampoule de verre de l'enveloppe externe, car même le verre les plus résistant explosent sous la pression interne.



Réverbère Philips Luminox : il se compose de deux séries de 18 LED high-power Luxeon K2.



Les Audi A4 et A5 utilisent des LED blanches à haute luminosité comme feux de position arrière et pour les stops.



Les LED avec contacts en étoile peuvent être facilement montées en groupement, en les soudant l'une contre l'autre.

### LED pour éclairer l'Afrique



Dans le cadre du Sustainable Energy Solutions for Africa, Philips a annoncé qu'il allait donner aux enfants d'Afrique vivant dans des contrées non desservies par un réseau électrique (aujourd'hui 500 millions d'africains vivent dans ces conditions) une lumière leur permettant d'étudier même après le coucher du soleil. Il s'agit d'une lampe de chevet à LED pour la lecture, alimentée par une batterie (l'autonomie est de 3,5 à 9 heures) rechargée durant la journée par un petit panneau solaire ; la lampe est conçue pour être tenue en main ou bien devant les pages du livre et la version la plus simple coûtera moins de 15 dollars.

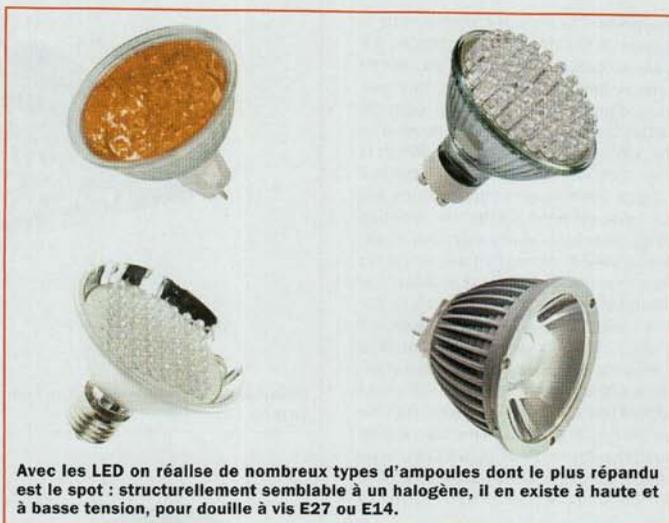
C'est pourquoi la vapeur est contenue dans un tube de quartz, lequel à son tour est inséré dans l'ampoule de verre externe, supportée par les deux contacts. L'ampoule à vapeurs de mercure a deux défauts : le premier est qu'elle nécessite un délai pour s'allumer, donc en cas de coupure de courant le circuit qui la commande ne doit pas la rallumer avant deux ou trois minutes; le second tient au danger du mercure, qui peut s'échapper de l'ampoule si elle se brise et, comme il est liquide, se répandre dans la nature.

Une autre ampoule utilisée pour l'éclairage général extérieur est celle à vapeurs de sodium à basse pression : elle a un rendement optimal (200 lm/W, ce qui en fait un concurrent direct des LED dans cette application publique) et une durée de vie autour de 8 000 heures; elle est également assez coûteuse. A cause de l'aberration chromatique qu'elle produit (sa lumière fait que les objets éclairés paraissent très différents de ce qu'ils sont à la lumière du jour) elle n'est utilisable qu'en extérieur. On l'utilise typiquement sur les réverbères éclairant les routes et les ronds-points sujets à la brume ou au brouillard. Comme pour celle à vapeurs de mercure l'ampoule à vapeurs de sodium a un certain impact environnemental.

Dans les ampoules à décharge on a aussi celles au xénon, qu'on utilisait à une époque dans les flashes des appareils photographiques ou pour les effets de lumière de scène (effets stroboscopiques), sont maintenant beaucoup utilisés en automobile : ce sont des tubes métalliques contenant deux électrodes entre lesquelles on fait éclater une décharge électrique qui ionise le gaz xénon. Quand les atomes du gaz restituent l'énergie qu'a produit l'arrachement des électrons, ils libèrent des photons produisant une lumière bleuâtre. L'ampoule au xénon est à tout point de vue celle qui reproduit le mieux la lumière naturelle du jour. Par contre, elle est assez coûteuse et encombrante, essentiellement parce que pour l'allumer il faut un circuit élévateur de tension (l'amorçage requiert quelques milliers de V), ce qui implique une isolation très poussée.

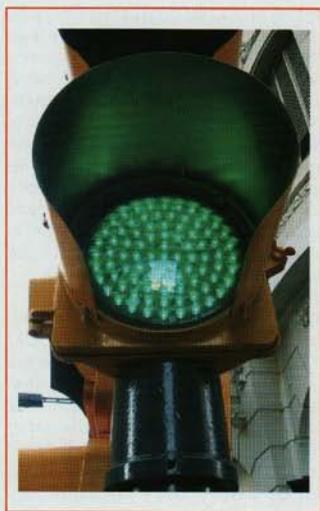
### Signalétique lumineuse

La possibilité de monter plusieurs diodes électroluminescentes sur un seul point lumineux explique que les LED se répandent si vite en signalétique lumineuse routière ou ferroviaire.



**Avec les LED on réalise de nombreux types d'ampoules dont le plus répandu est le spot : structurellement semblable à un halogène, il en existe à haute et à basse tension, pour douille à vis E27 ou E14.**

On se sert de groupements de LED pour les feux tricolores et si une LED «grille» le feu fonctionne encore et le personnel d'entretien a tout le temps nécessaire pour intervenir et changer tout le groupement (même chose pour l'utilisation de groupements de LED en automobile). Aussi aujourd'hui beaucoup de feux tricolores sont à LED et on le trouve plus lumineux et visibles que ceux à ampoule à filament en verre coloré (on atteint une intensité lumineuse de 1 400 candèlas par feu). L'utilisation des LED pour les feux routiers a été conçue il y a déjà une vingtaine d'années, quand on a pu fabriquer des LED rouges à rendement tel qu'elles pouvaient prétendre au remplacement des ampoules traditionnelles à incandescence; bien entendu, en réalité, le rendement lumineux des ampoules à filament était meilleur que celui des LED, à part que pour obtenir une lumière colorée l'ampoule devait être assortie d'un filtre (le verre coloré du feu), filtre absorbant plus de 80% de la lumière produite ! Par conséquent une ampoule à filament de 12 lm/W, avec la perte dans le verre coloré (80%), donnait juste 2,4 lm/W : ce qui est moins qu'un groupement de LED rouges, qui déjà à l'époque atteignait 4 à 5 lm/W, valeur aujourd'hui dépassée... Toutes ces caractéristiques et les valeurs utilisées pour décrire les ampoules traditionnelles n'impressionnent pas du tout la petite LED, qui répond coup pour coup: sur le plan de la lumière produite, elle est prête à remplacer tout type d'ampoule, car en jouant sur le dosage des semi-conducteurs utilisés dans la production des



jonctions on peut obtenir pratiquement n'importe quelle nuance chromatique et n'importe quelle température de couleur; quand il n'est pas possible d'obtenir la tonalité désirée avec un seul type de diode électroluminescente, on peut réaliser des ampoules combinant des LED de diverses tonalités, ou LED à lumière blanche froide (les plus faciles à réaliser) et à lumière jaune (cela permet d'obtenir des lumières semblables à celle du soleil).

Sur le plan du rendement lumineux, désormais les LED modernes peuvent atteindre 120 lm/W à 140 lm/W et

les perspectives sont d'atteindre à très court terme 160 lm/W. Là où les diodes électroluminescentes dominent sans conteste c'est au niveau de l'encombrement à parité de lumière émise, ou dans le domaine de la chaleur produite (elles chauffent très peu par rapport aux autres ampoules) ou encore pour leur robustesse (la LED est la seule ampoule qui ne se brise pas en tombant sur le sol) ou pour leur durée de vie, nettement supérieure à celle de l'ampoule ayant la plus grande longévité. Si l'on ajoute à cela le fait que les LED s'allument et s'éteignent instantanément et demandent des circuits d'alimentation très simples, on comprend qu'elles vont bien vite supplanter les ampoules traditionnelles, non seulement pour l'éclairage domestique mais aussi pour l'éclairage de plein air (Philips a déjà réalisé des projets dans ce domaine).

Notez que la durée de vie déclarée par les constructeurs d'ampoules à LED est bien plus réduite que pour les LED élémentaires et qu'elle est de l'ordre de 45 000 heures; cela ne doit pas nous induire en erreur parce qu'elle tient compte de la durée de l'ensemble des éléments de l'ampoule à LED, soit le circuit d'alimentation et les LED : si l'on ne prenait en compte que la durée de vie des LED de base ce nombre serait 200 000 heures et pour les diodes les plus «pointues» 60 000 heures.

## Les LED à la maison

En éclairage domestique d'intérieur, la LED est déjà utilisée depuis longtemps: ce sont de véritables spots ou des ampoules à groupement de diodes électroluminescentes à lumière blanche alimentées en série ou en parallèle par des circuits intégrés fournissant des impulsions dûment modulées. Les spots ont un aspect semblable à ceux classiques aux halogènes : dans une coupole se trouve le groupement des LED toutes pointées dans la même direction et occupant presque tout le volume du réflecteur (une parabole en miroir renvoyant vers l'extérieur la lumière produite). En éclairage domestique les LED «high-power» jouent un rôle important, car à elles seules elles peuvent constituer une vraie lampe : il suffit de peu de watts pour remplacer une ampoule à filament traditionnelle.

Dans ce cas l'ampoule est constituée d'une diode électroluminescente, précédée d'un régulateur de tension si elle doit fonctionner en courant



Projecteur ColorBlast12 POWERCORE Philips à LED rouges, vertes et bleues.

continu ou d'un redresseur et d'un régulateur pour un fonctionnement en courant alternatif.

Comme elles doivent être compatibles avec les produits traditionnellement utilisés en éclairage domestique, les ampoules à LED produites actuellement sont prévues pour être alimentées en 12, 24 et 230 Vca, mais aussi, au moyen d'alimentations spécifiques ca/cc à basse tension, en 12 Vcc. Les modèles fonctionnant en alternatif incorporent un redresseur et un régulateur de tension souvent basé sur un unique circuit intégré spécial. Des constructeurs importants comme Philips proposent une vaste gamme d'ampoules et spots dont les puissances vont de 1 à 7 W, avec des tensions d'alimentation de 12 V à 230 Vca et des flux lumineux jusqu'à 230 lumens; la durée de vie déclarée est de 45 000 heures environ.

## Spectacle et architecture

L'éclairage à LED a fait également son chemin dans le domaine de la régie de spectacles : déjà des spots à LED remplacent les projecteurs colorés traditionnels de petite et moyenne puissance. L'utilisation des LED permet d'obtenir le même flux lumineux tout en prenant moins de place, en chauffant et en consommant moins. Il existe des projecteurs formés de trois groupes de LED rouges, vertes et bleues qui, contrôlés par un circuit adéquat, peuvent composer des lumières de la tonalité désirée, ce qu'un projecteur halogène traditionnel ne peut faire. En effet, dans les projecteurs de spectacle les couleurs sont obtenues en mettant des filtres colorés devant la lumière, ce qui non seulement absorbe une partie de l'intensité lumineuse mais implique

en outre la mise en œuvre de systèmes mécaniques de positionnement des filtres. Les LED sont aussi très prisées en architecture et en décoration : dans ce domaine on dispose depuis longtemps de systèmes lumineux modulables à LED pour réaliser des illuminations spéciales de l'extérieur des bâtiments ou des éclairages d'intérieur. Si l'on veut créer des effets lumineux pour la décoration intérieure, on dispose de bandes déformables et rigides de LED, à introduire dans des boîtiers spéciaux ou derrière des parois de plexiglas (par exemple, Philips et Osram en réalisent); les bandes contiennent déjà toutes les liaisons et résistances éventuelles de limitation de courant ; les constructeurs fournissent aussi les alimentations basse tension nécessaire. Pour l'intérieur comme pour l'extérieur on réalise des modules contenant plusieurs LED «high-power», prêtes pour être reliées aux alimentations conçues pour cela ; certains modules sont étanches, de manière à pouvoir être insérés derrière et dans les fontaines afin de créer les mêmes effets que nous avons vus jusqu'ici réalisés avec des spots traditionnels.

## Lumières pour l'automobile

Si vous êtes un peu attentifs, vous verrez que désormais beaucoup de voitures sont équipées de feux à LED: les premiers constructeurs d'automobiles à équiper, à titre d'essai, les groupes optiques arrière ont été Volkswagen, Peugeot et Lancia. Dans un premier moment ils n'ont équipé que les feux de position, car pour les feux de stop il était difficile de satisfaire aux réquisits de luminosité imposés par le Code de la Route; ensuite on a équipé les feux de stop de LED rouges à haut rendement.

Pour les feux avant, actuellement des firmes comme Audi et Lancia équipent les feux de position et même les anti brouillard de LED blanches «high-power»; pour le moment l'homologation de l'emploi des LED en remplacement des ampoules conventionnelles des projecteurs principaux (phares-codes) est hors de discussion, parce que pour entrer dans des structures comme celle des codes (faites pour émettre la lumière vers le bas) les ampoules à LED devraient garantir des valeurs de flux lumineux compatibles avec celles des halogènes (plus de 1 200 lumens) dans un petit espace comme celui qu'occupe le bulbe d'un halogène H1, H7, H5, etc.

En automobile on a plus de motifs d'adopter les LED que dans d'autres secteurs : avant tout, les diodes électroluminescentes résistent à un choc ou à de fortes vibrations, comme celles pouvant se produire dans une voiture roulant vite sur une route au revêtement défectueux; le filament des ampoules à incandescence, quand il est chaud, peut se casser à l'occasion d'un choc. Ensuite l'échauffement n'est pas un facteur négligeable : l'été les ampoules, enfermées dans la protection externe de l'optique de phare, atteignent des températures très élevées qui en raccourcissent la vie; en revanche les LED ne souffrent pas d'un climat chaud, elles peuvent donc être insérées dans des réalisations dépourvues de ventilation. Leur consommation aussi, qui pourtant semble insignifiante, joue en faveur des LED : avant tout parce que le courant utilisé en automobile est fourni par l'alternateur, lequel tourne en prenant de la puissance au moteur, ce qui implique une consommation supplémentaire de combustible ; pour s'en faire une idée, il suffit de considérer qu'une voiture roulant avec les phares et toutes les sources lumineuses imposées par le Code de la Route allumés consomme en moyenne 110 W pour les codes, 10 W pour les feux de position avant, autant pour ceux arrière (s'il y a de la brume il faut ajouter 110 W pour les anti brouillard et 42 W pour ceux de l'arrière).

Eh bien, dans la meilleure des hypothèses la consommation est de 130 W et dans la pire 282 W, ce qui correspond à une fraction de puissance «empruntée» au moteur respectivement de 0,17 et 0,376 cheval (1 CV est égal à 750 W de puissance); étant donné qu'un générateur n'a jamais un rendement de 100 %, en réalité la puissance mécanique prise au moteur est typiquement de l'ordre de 10 à 15 % de plus. Ceci vaut si le véhicule a son moteur en marche et

produit du courant continuellement; s'il est arrêté sur le bord de la route avec les feux de position allumés, il prend 20 W de la puissance de la batterie, soit sous 12 V une consommation de 1,67 A/h.

Avec des LED et en considérant que les «navettes» traditionnelles sont de 5 W chacune et que leur rendement lumineux est de 15 lm/W, chacune produit un flux lumineux de 75 lm ; ce dernier peut être obtenu avec de simples LED «high-power» de 1 W ou même moins, donc pour les quatre feux de position en tout 4 W suffiraient, ce qui correspond à une consommation de 0,33 A/h.

Le dernier motif concerne la fiabilité et la sécurité : en dehors de la durée de vie intrinsèquement supérieure de la LED par rapport à l'ampoule à filament, réaliser un groupe optique composé de beaucoup de LED permet de maintenir le feu allumé même si l'une des LED qui le constituent a «grillé»; en revanche, avec une seule ampoule à incandescence dans le feu, si elle «grille» le feu n'émet plus aucune lumière.

La solution consistant à utiliser plusieurs ampoules par feu a, en vérité, déjà été adoptée en automobile : par exemple la Ford Mondeo de série comporte trois ampoules de 5 W dans ses feux de position arrière, ainsi si l'une «grille» il en reste deux autres.

## Eclairage public

La LED n'a pas manqué non plus son entrée dans le secteur de l'éclairage public de plein air et elle est désormais en concurrence avec les ampoules traditionnelles à vapeurs de mercure ou de sodium pour l'éclairage public; depuis quelques années Philips a réalisé des réverbères à diodes électroluminescentes en mesure de remplacer les ampoules conventionnelles : cela a commencé avec la série Equinox, à deux bras (lanternes), chacun étant constitué de 12 LED «high-power» blanches et 24 de couleur ambre (la combinaison permet d'obtenir une lumière chaude ressemblant à celle obtenue avec des ampoules à vapeurs de mercure) et on en est aujourd'hui aux Luminox.

## LED blanches et température de couleur

A l'inverse des autres LED, les blanches sont obtenues en appliquant une couche de phosphore sur une LED bleue ; plus cette couche est épaisse, plus la lumière tire sur une tonalité chaude du blanc et vice versa. La tonalité de la lumière blanche se définit par la température de couleur : on considère que la lumière est associée à des processus chimiques ou physiques produisant aussi de la chaleur; par exemple la combustion provoque de la chaleur mais aussi de la lumière.



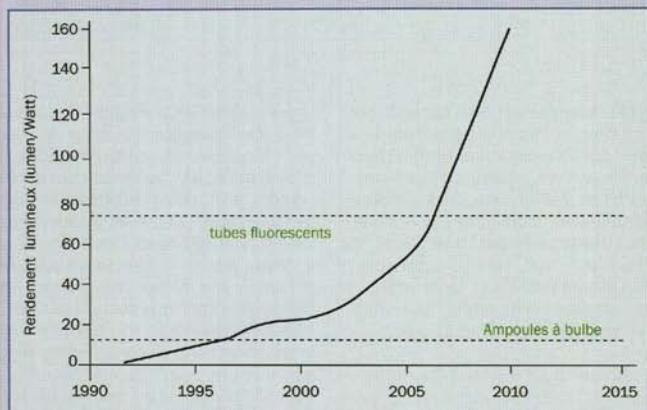
Étant donné que la température d'un corps dépend de l'énergie qui lui est fournie pour l'échauffer et que la restitution de cette énergie se manifeste par l'émission de photons dont l'énergie est directement proportionnelle à la température, la longueur d'onde de la radiation lumineuse décroît avec l'augmentation de la température ; ce qu'exprime la formule d'Einstein :

$$\frac{1}{2}(m \times v^2) = h \times f = e \times v$$

où  $\frac{1}{2}(m \times v^2)$  est l'énergie emmagasinée par les particules du matériau échauffé, énergie directement proportionnelle à la quantité de chaleur reçue. Il s'ensuit que la fréquence augmente quand la température croît et que la longueur d'onde, qui est inversement proportionnelle, décroît. En d'autres termes, un corps plus chaud qu'un autre émet une lumière dont la longueur d'onde est plus courte; ceci se remarque bien dans la fusion du fer, métal qui avant de fondre prend une couleur rouge, alors que liquéfié il est jaune vif. Mais aussi avec les ampoules à incandescence dont le filament, si on augmente le courant qui le traverse et donc la température, passe du rouge au jaune puis quasiment au blanc. La température de couleur de la lumière s'exprime en degré Kelvin ( $^{\circ}$  K) et les gradations du blanc se distribuent en : blanc chaud (de 3000 à 4000  $^{\circ}$  K), blanc moyen (4 500  $^{\circ}$  K) et blanc froid (de 5 000 à 8 000  $^{\circ}$  K). Cela semble paradoxal, mais la tonalité chaude correspond à des lumières émises par des corps plus froids et vice versa.

## L'efficacité lumineuse des LED blanches

A leur naissance, il y a une vingtaine d'années, les LED blanches présentaient un rendement lumineux comparable avec celui des ampoules à incandescence. Depuis lors la technologie a fait beaucoup de chemin, en terme de puissance émise (aujourd'hui pour les LED cette puissance va de 1 à 4 W) comme pour le rendement lumineux (dix fois plus qu'une ampoule normale à filament de tungstène) : on a des diodes électroluminescentes de 80 et 100 lm/W et celles à 160 lm/W commencent à apparaître. Si nous prenons en considération une ampoule traditionnelle de 60 W, dont le rendement est de 15 lm/W, nous voyons qu'elle peut fournir un flux lumineux de 900 lumens ; on peut l'obtenir avec trois LED «high-power» de 3 W de 100 lm/W, qui produisent chacune un flux lumineux de 300 lm. Toutefois dans le premier cas la puissance dépensée est de 60 W, alors que dans le second elle tombe à 9 W : l'économie est de 85 % !



En réalité cette comparaison a été faite entre les ampoules pures et simples, en négligeant le fait que les LED sont alimentées à travers un régulateur de tension et de courant : cela parce que pour obtenir un éclairage stable il faut maintenir constant le courant dans la jonction, mais aussi à cause du fait que pour obtenir la valeur déclarée d'intensité lumineuse il faut travailler avec des courants proches de la limite supportable, donc il est fondamental d'éviter que le courant ne soit sujet à des variations excessives quand des fluctuations de tension se produisent sur le secteur (à cause de modifications de charge sur le réseau à haute tension EDF et sur l'installation domestique 230 V).

Le circuit de régulation du courant dans la LED pourrait n'être qu'une simple résistance (mais dans ce cas on parlerait de limitation et non de régulation...) qui toutefois dissiperait la puissance non consommée par la LED, ce qui déterminerait une perte de rendement global ; pour limiter la perte il faudrait monter plusieurs diodes électroluminescentes en série ou utiliser plusieurs modules de plusieurs diodes électriquement en série, de manière à minimiser la chute de tension dans la résistance.

La meilleure solution est de toute façon un régulateur de courant, travaillant habituellement en PWM : on part de la tension de la ligne d'alimentation et on en tire une forme d'onde rectangulaire modulée en durée d'impulsions, impulsions qui sont d'autant plus larges que le courant dans la diode doit être plus élevé et vice versa. On parvient ainsi à limiter les pertes typiquement à 15 %.

Tout cela pour faire comprendre qu'en réalité le rendement effectif d'une ampoule à groupement de LED est inférieur à celui d'une LED seule, quoique le rendement du groupement soit plus qu'acceptable. Le tableau ci-dessous montre le rendement d'une LED seule et le rendement réel d'une ampoule à LED tenant compte de la perte dans les dispositifs nécessaires pour l'allumer. Comme on le voit, le rendement effectif le plus élevé est celui de la LED et des ampoules à vapeurs de sodium à basse pression. Pour une interprétation correcte des données, considérez que :

- le rendement de la source (lm/W) est le rendement de l'ampoule en elle-même ;
- le rendement de la source électrique (%) définit les pertes dans l'alimentation ;
- le rendement du corps rayonnant (%) prend en compte les pertes du système optique utilisé pour diriger le faisceau lumineux, système qui a un rendement entre 30 et 50% avec les ampoules ordinaires (qui rayonnent dans presque toutes les directions) contre 95% pour les LED, qui ont un faisceau lumineux très directionnel déjà au point d'émission de la lumière ;
- le rendement total (lm/W) est obtenu en multipliant le rendement par le rendement de la source électrique et par le rendement du corps rayonnant.

On peut se faire une idée du sens des nombres reportés sur ce tableau en essayant de calculer quelle serait la puissance électrique consommée pour obtenir une certaine valeur de flux lumineux, par exemple 1 000 lumens : avec une ampoule à filament, il faut au moins 133 W, qui deviennent 80 W avec une ampoule halogène ; avec les ampoules au néon et à vapeurs de mercure, la puissance requise tombe à environ 16,6 W et elle s'abaisse au minimum de 8,26 W avec les ampoules à vapeurs de sodium à basse pression. En utilisant des systèmes à LED on est à environ 8,3 W de puissance minimale. Par rapport à une ampoule classique, l'économie d'énergie est d'environ 93 %.

Voici pourquoi, pour l'éclairage à LED, l'avenir qui s'ouvre est décidément...lumineux !

Type d'ampoule	Rendement (lm/watt)	Rendement de l'alimentation (%)	Rendement du corps rayonnant (%)	Rendement total (lm/watt)
A incandescence traditionnelle	8 à 15	Pas besoin d'alimentation	30 à 50	2,4 à 7,5
Halogène	18 à 25	Pas besoin d'alimentation	30 à 50	5,4 à 12,5
Au néon	40 à 100	80 à 87	60 à 70	19,2 à 60,9
A vapeurs de mercure	80 à 100	80 à 87	60 à 70	38,4 à 60,9
A vapeurs de sodium	120 à 200	80 à 87	60 à 70	57,6 à 121,8
LED blanches	70 à 150	85	95	50,6 à 121,1

Dans la gamme du géant néerlandais des modèles comme le Luxeon BPS741 LED-K2/WH-4300 EB I S GR se détachent : c'est un réverbère composé de 18 LED «high-power» LUXEON K2 (là encore, une à lumière blanche et une à lumière ambrée). Suspendu à quatre mètres de hauteur et incliné de 5° sur le plan horizontal, il illumine un espace de 12 à 14 m, ce qui garantit une luminosité au sol de 15 lux uniforme, valeur compatible avec celle obtenue avec un réverbère traditionnel. Deux versions de ce réverbère sont prévues, elles donnent des températures de couleur de 2 700 et 4 300 °K.

## Projets pilotes

Philips est engagé depuis de nombreuses années dans la réalisation d'ampoules et il a développé maints projets dans différentes villes du monde. Un exemple en est la Globen Arena, une construction sphérique pour événements musicaux et autres spectacles, de 110 mètres de diamètre et 85 de hauteur; les 15 000 m<sup>2</sup> de surface extérieure sont éclairés en lumières colorées au moyen de 670 unités ColorBlast 12 POWERCORE, projecteurs (formés de LED «high-power» rouges, vertes et bleues) capables de composer n'importe quelle teinte chromatique et dotés d'une enveloppe étanche pour utilisation extérieure. Les ColorBlast peuvent être contrôlés au moyen d'interfaces DMX512 et donc à partir d'une console ou d'un ordinateur, afin d'obtenir de nombreux effets lumineux, nuances et chorégraphies en fonction de l'événement. Un autre projet a été réalisé cette fois en Thaïlande sur le Inner Road Bridge de Bangkok : le pont est illuminé au moyen de 26 880 LED Luxeon de 1 W. A Ede, en Belgique, Philips a réalisé un système d'éclairage routier basé sur des réverbères Equinox, contenant chacun

12 LED blanches et 24 LED ambrées «high-power»; les réverbères ont une durée de vie estimée de 50 000 heures. Une autre réalisation intéressante de Philips est le High Tech Campus d'Eindhoven : chacun des ponts passant au dessus du lac (longs un de 75 et l'autre de 105 mètres) emploie 12 LED Luxeon dans chaque direction et des lumières en champignon composées chacune de 10 LED Luxeon I.

Au «World Future Energy Summit» tenu en janvier 2009 à Abu Dhabi, Enel Sole a présenté le système d'éclairage public à LED, Archilide : il permet d'économiser environ 50% de l'énergie destinée à l'éclairage public par rapport aux réverbères traditionnels. Ce système innovant a été ensuite testé dans différentes cités italiennes comme Lodi, Alexandrie et Plaisance, avec un total d'environ 400 points lumineux; par la suite ce système sera étendu à tout le territoire italien. On estime que les cités intéressées pourront économiser 90 000 kWh par an, soit l'équivalent de 55% des consommations d'énergie électrique de ce secteur d'activité.

Une commune moyenne (50 000 habitants et 5 500 points lumineux) avec une facture électrique de 350 000 euros par an, économiserait 192 500 euros; une petite (10 000 habitants et 1 000 à 1 500 points de lumière) dépensant normalement 80 000 euros par an, économiserait 44 000 euros. En outre, si toutes les communes adoptaient ce nouveau système d'éclairage et si on suppose utiliser à plein les caractéristiques de luminosité et de modulabilité de réglage des LED, on pourrait économiser de 2,5 à 3 TWh et 1,2 à 1,5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Ces chiffres font comprendre que le remplacement des ampoules traditionnelles par les LED dans l'éclairage public est non seulement une modernisation Hi-Tech mais surtout un impératif écologique dans

la perspective de la réduction de l'effet de serre. En effet, en éclairage de plein air, de tels réverbères permettront, à luminosité égale, de fortes économies de consommation énergétique et iront de pair avec le développement de petites productions locales d'électricité photovoltaïque: en effet, si on peut se contenter d'une moindre consommation de puissance, le coût du panneau solaire nécessaire pour faire fonctionner le réverbère baissera considérablement; par exemple, pour une ampoule traditionnelle à vapeurs de mercure de 200 W il faudrait un panneau solaire coûtant environ 600 euros, mais si on utilise des LED de dernière génération 100 W suffiront et un panneau solaire de cette puissance ne coûte que 360 euros...

## Un peu de prospective

La LED est déjà une ampoule idéale, mais pour qu'elle devienne «l'ampoule» il faudrait travailler essentiellement dans trois directions : la correction de la température de couleur (pour faire en sorte que la lumière émise soit semblable à celle d'une ampoule ordinaire à laquelle nous sommes habitués); l'augmentation du rendement lumineux (cela concerne la possibilité d'utiliser des LED dans les réverbères pour l'éclairage des rues) et la réduction des coûts (une ampoule à LED coûte aujourd'hui, à flux lumineux égal, environ vingt fois plus qu'une ampoule à filament). Ce dernier objectif dépendra de toute façon de l'augmentation de la production et des ventes, dans les deux ans à venir. Quant à l'amélioration du rendement, Philips a atteint 160 lm/W et il n'est pas exclu que dans deux ans on puisse dépasser les 200 lm/W des ampoules actuellement les plus performantes (à vapeurs de sodium à basse pression). Alors plus rien ne pourra arrêter la marche victorieuse de la LED.

Spadoni

# MINILAB ou apprendre l'électronique

en se divertissant :

## STOP au larcin et autres indiscretions

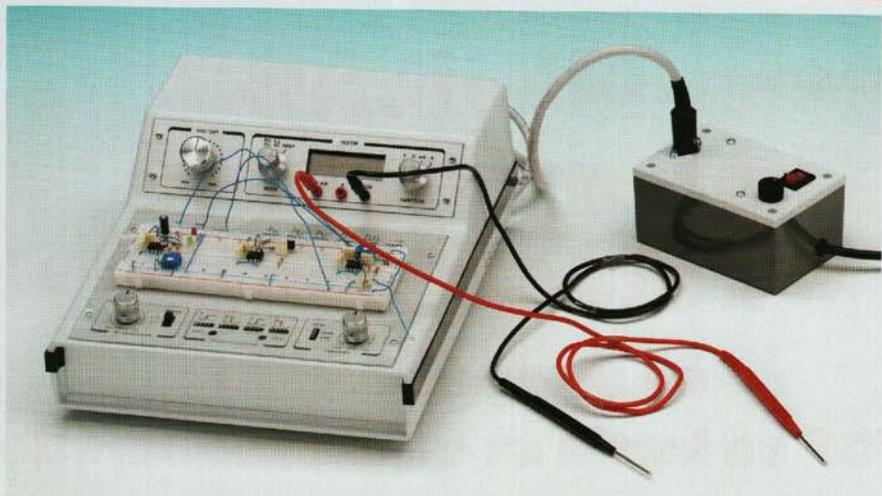
Quelqu'un s'amuse à fouiller dans les tiroirs de votre bureau ? Ou bien se faufile dans votre chambre quand vous n'êtes pas là ? Cet article vous propose de construire avec le Minilab un circuit anti-intrusion très simple: ce montage vous avertit chaque fois que votre vie privée est écornée.



**Q**uand nous vous avons présenté le Minilab, dans le numéro 107, nous avons précisé que ce mini laboratoire d'électronique est conçu pour des collégiens, lycéens et étudiants dont l'âge est compris entre 10 et 20 ans environ et qui, ne possédant aucune notion d'électronique et ne sachant pas souder des composants sur une plaque de circuit imprimé, ont néanmoins la possibilité de construire par eux-mêmes de petits circuits électroniques

et de comprendre comment ils fonctionnent. Ce faisant ils évolueront en partie dans le jeu qui divertit et en partie dans le sérieux qui sert à toute formation en électronique.

Naturellement, et cela n'était pas très difficile à prévoir, après avoir offert le Minilab aux enfants, bien des parents se sont eux-mêmes amusés à monter et à faire fonctionner nos petits circuits: ils se sont pris au jeu!



**Figure 1 :** Cet article vous explique comment réaliser un circuit très simple anti intrusion utilisant un trigger de Schmitt. Il est monté sur la platine du Minilab.

Certains nous ont en effet écrit pour nous présenter, non sans fierté, leurs montages et même pour nous proposer des suggestions de circuits à mettre à l'étude lors des prochains Cours avec Minilab. Inutile d'insister sur le plaisir que nous avons éprouvé à travers ce «compliment» à peine dissimulé: le but de ce mini laboratoire est bien de captiver, de «capturer», d'amener à l'électronique tous ceux qui, pour une raison ou pour une autre, en sont restés longtemps éloignés, pensant à tort qu'il s'agissait d'une matière trop complexe et, de ce fait, hors de leur portée. En fait, la plus grande partie des contacts que nous avons eus avec les parents ayant acheté le Minilab pour leurs enfants, ou les enseignants qui l'utilisent avec leurs élèves en technologie ou en physique au Collège, au Lycée Professionnel ou au Lycée Général ou

encore les nombreux «grands commençants» (débutants adultes) montre que la meilleure manière d'apprendre est de le faire en se divertissant (et non pas en «se faisant suer»).

C'est cette conviction didactique qui nous a décidés à consacrer une rubrique intitulée **Aux alentours du Minilab** dans les prochains numéros d'ELM. Avant de nous lancer dans la construction de l'alarme anti intrusion nous voudrions vous initier au trigger de Schmitt avec un petit montage crépusculaire.

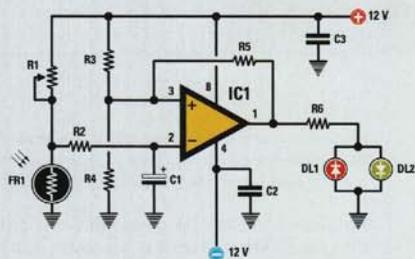
### Crépusculaire à trigger de Schmitt

Voici notre nouvelle expérimentation. Ce crépusculaire à trigger de Schmitt

peut être utilisé en maintes situations. Ne soyez pas effrayés par ce nom complexe, il s'agit en réalité d'un circuit fort simple, comme le montre le schéma électrique de la figure 2. «Crépusculaire» car il est doté d'une photorésistance FR1 : ce composant est sensible à la lumière. Mettant à profit cette propriété, le circuit commute sa tension de sortie chaque fois que la photorésistance est illuminée ou bien quand on passe de la lumière à l'obscurité.

Pour ce faire, on utilise un trigger de Schmitt, soit le circuit formé par le circuit intégré IC1 et les résistances R3, R4 et R5. Ce circuit a la propriété de changer brusquement sa tension de sortie dès que sa tension d'entrée passe en dessous ou bien au dessus de deux valeurs bien définies, appelées seuil supérieur Vh (high) et seuil inférieur Vl (low).

Pour bien comprendre comment cela fonctionne, regardez le dessin de la figure 3, dans lequel nous avons représenté le trigger de Schmitt comme un vulgaire inverseur pouvant se déplacer d'un côté ou de l'autre et donner en sortie une tension positive ou bien une tension négative. Le circuit fonctionne ainsi, quand la photorésistance n'est pas éclairée, sa valeur résistive est très élevée et la tension à l'entrée du trigger de Schmitt est plus élevée que le seuil supérieur Vh. Dans ce cas, une tension négative -V est disponible en sortie, ce qui allume une LED rouge,



**Figure 2 :** Schéma électrique du crépusculaire à trigger de Schmitt.

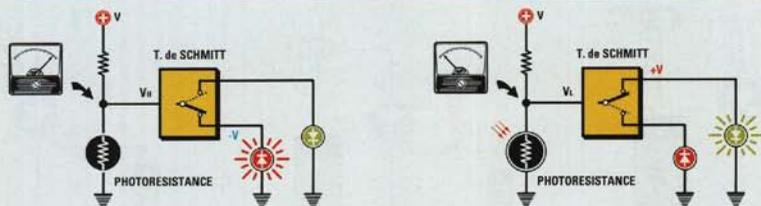


Figure 3 : Le trigger de Schmitt peut être comparé à un inverseur. Quand la tension à son entrée dépasse la valeur de seuil supérieur  $V_h$  (V high), à la sortie se trouve une tension négative  $-V$  (LED rouge allumée). Si la tension d'entrée descend en dessous de la valeur de seuil inférieur  $V_l$  (V low), la tension de sortie passe à la valeur positive  $+V$  (LED verte allumée).

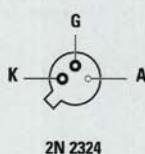


Figure 4 : Symbole et brochages des divers types de thyristors, avec les trois sorties anode A, cathode K et gâchette G. Ce composant est disponible en différentes formes de boîtiers, plastiques ou métalliques.

indiquant l'absence de lumière. Dès que la photorésistance est atteinte par une petite quantité de lumière, sa valeur résistive diminue.

Si l'intensité lumineuse croît, la résistance diminue encore et de même la tension à l'entrée du trigger de Schmitt. Lorsque la quantité de lumière atteignant la cellule photo électrique fait chuter la tension à l'entrée du trigger de Schmitt au dessous du seuil inférieur  $V_l$ , le trigger change brusquement de tension de sortie et la valeur négative  $-V$  devient une valeur positive  $+V$ , ce qui allume une LED verte indiquant la présence de la lumière.

Si en revanche la lumière atteignant la photorésistance faiblit, la tension à l'entrée du trigger de Schmitt croît.

Au fur et à mesure que la lumière faiblit la tension croît, jusqu'à atteindre la valeur du seuil supérieur  $V_h$ . Le trigger de Schmitt change alors brusquement sa tension de sortie et la fait passer de  $+V$  à  $-V$ , la LED rouge s'allume pour indiquer la survenue de l'obscurité.

Si au lieu de nous contenter d'allumer deux LED nous utilisons le signal de sortie pour piloter un autre petit circuit, nous pourrions nous amuser à créer des variantes utiles pour réaliser plusieurs applications intéressantes, notamment dans le domaine de la détection.

La première utilisation qui vient immédiatement à l'esprit quand on considère les performances du trigger de Schmitt est un efficace circuit anti intrusion.

## Alarme anti intrusion

Vous seriez curieux de savoir si quelqu'un entre dans votre chambre en votre absence ou bien si on n'a pas fouillé dans votre tiroir... Eh bien, avec notre trigger de Schmitt vous allez pouvoir en avoir le cœur net. Si vous voulez savoir si quelqu'un s'est introduit dans votre chambre, vous devrez avoir fermé les vantaux ou descendu le volet roulant de la fenêtre, de manière à ce que «l'indiscret» soit obligé d'allumer l'éclairage de la chambre en y entrant: c'est cette lumière qui va déclencher l'alarme.

Si vous souhaitez savoir si quelqu'un «visite» le tiroir de votre bureau, il suffira de placer le circuit à l'intérieur: dès que le tiroir sera ouvert ou entr'ouvert, la lumière déclenchera l'alarme. Pour obtenir cet effet, le schéma électrique de la figure 2 devra être légèrement modifié, car nous devons faire en sorte que le circuit anti intrusion détecte si quelqu'un a allumé la lumière de votre chambre ou bien a ouvert votre tiroir, mais aussi qu'il se souvienne de l'événement afin de vous en avertir ensuite. Pour ce faire, nous devons faire entrer en jeu un composant très utilisé en électronique: un thyristor (voir figure 4).

Le mot thyristor correspond à l'anglais SCR ou Silicon Controlled Rectifier, diode silicium contrôlée. Le thyristor (SCR) se comporte comme une diode

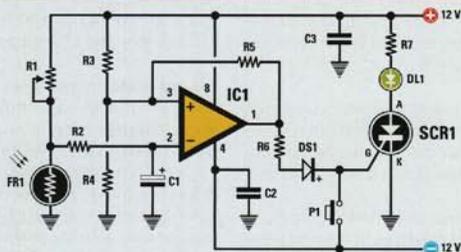


Figure 5 : Schéma électrique du circuit anti intrusion. Comme le montre la figure, on a ajouté le thyristor SCR1, lequel permet de mémoriser la survenue de l'intrusion au moyen de l'allumage de la LED DL1.

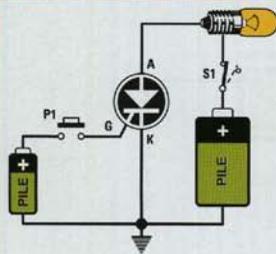


Figure 6 : Même si entre l'anode A et la cathode K du thyristor on applique la tension de la pile, la diode ne conduit pas car le poussoir P1 est ouvert et sur la gâchette G aucune tension n'est présente.

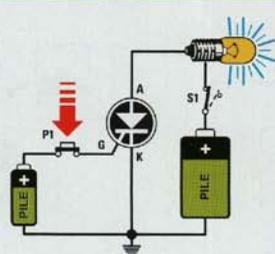


Figure 7 : Dès que l'on actionne le poussoir P1 la tension de la pile arrive sur la gâchette G et le thyristor conduit, ce qui allume l'ampoule.

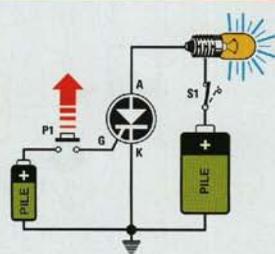


Figure 8 : Même si nous relâchons le poussoir et coupons la tension sur la gâchette G, le thyristor continue de conduire.

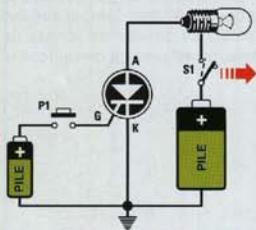


Figure 9 : Le thyristor cesse de conduire seulement si l'on coupe la tension entre l'anode A et la cathode K, en ouvrant l'interrupteur S1.

normale laquelle on le sait est un composant qui laisse passer le courant dans un seul sens : de l'anode vers la cathode. Il dispose en plus d'une troisième sortie, la gâchette (Gate en anglais) permettant d'activer la conduction de la diode.

En effet, pour faire conduire un thyristor, il ne suffit pas d'appliquer une tension positive sur l'anode et une tension négative sur la cathode, comme avec une LED, mais il faut aussi appliquer une tension positive entre la gâchette et la cathode. Une fois activé, même si l'on coupe la tension sur la gâchette, le thyristor reste en conduction.

Regardez les figures 6-7-8-9 pour mieux comprendre comment fonctionne ce composant. On peut voir figure 6 que l'anode A du thyristor est reliée au positif d'une pile par l'intermédiaire d'une ampoule et de l'interrupteur S1.

La cathode K du thyristor est reliée au négatif de la pile. S'il s'agissait d'une diode ordinaire ce serait déjà suffisant pour allumer une ampoule car la diode est polarisée directement, soit avec le positif sur l'anode et le négatif sur la cathode. Toutefois pour faire conduire un thyristor il faut en plus appliquer sur sa gâchette une tension positive.

Quand le poussoir P1 est ouvert le thyristor ne conduit pas et l'ampoule reste éteinte.

On voit figure 7 que le poussoir P1 est pressé, ce qui amène la tension positive de la pile entre la gâchette et la cathode du thyristor, lequel entre tout de suite en conduction, ce qui allume l'ampoule.

Figure 8 le poussoir P1 est relâché et la tension ne se trouve plus sur la gâchette. Toutefois, une fois activé, le thyristor reste en conduction et l'ampoule reste allumée.

Pour désactiver le thyristor et éteindre l'ampoule, il est nécessaire de couper l'alimentation entre anode et cathode du thyristor en ouvrant S1 comme le montre la figure 9.

Vous voyez que le thyristor présente une caractéristique intéressante, celle de rester conducteur même après que l'on ait coupé la tension de gâchette.

Nous utiliserons justement cette caractéristique pour réaliser la mémoire de notre circuit anti intrusion, que l'on modifiera comme le montre la figure 5. Vous voyez qu'au lieu de piloter les deux LED, comme le montre le schéma

électrique précédent, le trigger de Schmitt va piloter la gâchette G du thyristor, avec en série une LED verte.

Ainsi, si quelqu'un allume la lumière de votre chambre ou appartement ou bien ouvre votre tiroir de bureau où vous avez dissimulé le circuit, dès que la photorésistance est éclairée, le trigger de Schmitt commute et sur la gâchette du thyristor est appliquée une tension positive qui le fait conduire et allume la LED verte montée en série.

Lorsque ensuite la photorésistance retrouve l'obscurité, le trigger de Schmitt commute à nouveau et sur la gâchette du thyristor se trouve une tension négative, mais le thyristor est entré en conduction et il le reste, ce qui maintient la LED allumée.

Quand vous inspecterez les lieux à votre retour, si vous trouvez la LED verte allumée c'est que quelqu'un a tenté de violer votre intimité.

Après avoir vu comment fonctionne le trigger de Schmitt, observons maintenant comment varie la valeur de la photorésistance en fonction du changement de luminosité; ensuite nous passerons au montage des deux circuits.

## Comment FONCTIONNE une PHOTORÉSISTANCE ?

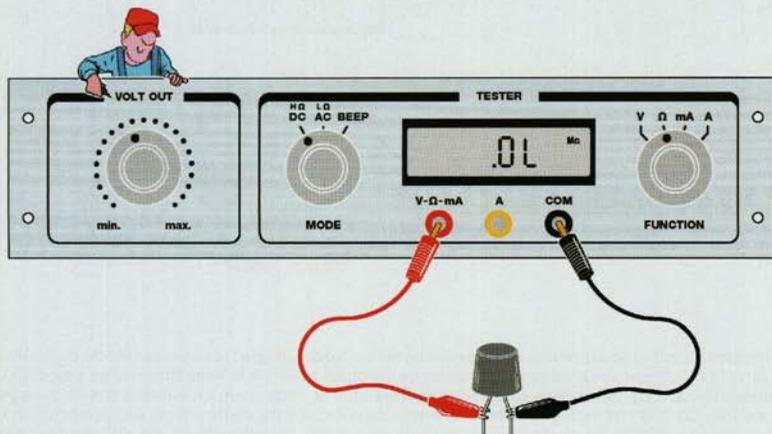


Figure 10 : Cette expérimentation simple vous aidera à comprendre comment fonctionne une photorésistance.

Prélevez dans le matériel disponible la photorésistance, vous la reconnaîtrez facilement à son boîtier transparent. Puis connectez-la au Minilab comme le montre la figure. Comme les photorésistances, comme toutes les résistances, n'ont pas de polarité, leurs pattes peuvent être interverties sans problème. Après avoir branché la photorésistance aux entrées COM et V- $\Omega$ -mA du Minilab au moyen des câbles bananes-crocos, placez le sélecteur MODE sur DC - H, utilisée pour mesurer des résistances de valeurs comprises entre 40 k et 1 M et le sélecteur FUNCTION sur  $\Omega$ , permettant d'utiliser la fonction ohmmètre du Minilab, soit l'instrument utilisé pour mesurer la valeur de la résistance électrique.

Couvrez complètement la résistance avec un petit capuchon de stylo en plastique noir, de façon à empêcher la lumière de l'atteindre, puis allumez le Minilab. Vous lirez probablement sur l'afficheur LCD : OL soit Overload, indiquant que la valeur de résistance à mesurer dépasse la gamme de l'ohmmètre, soit 1 M. Cette photorésistance, en effet, a dans l'obscurité une résistance supérieure à 10 M.

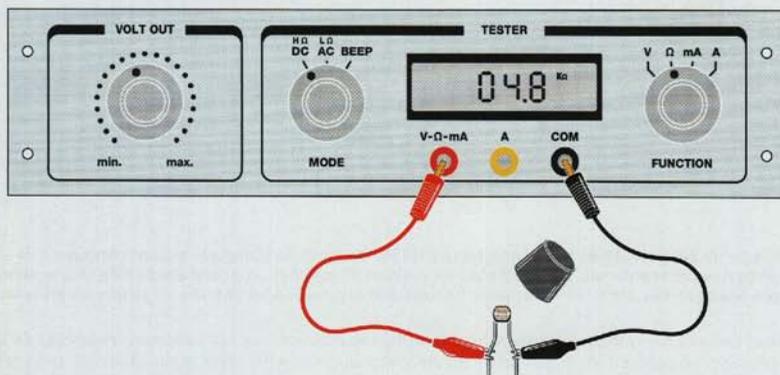


Figure 11 : Maintenant ôtez légèrement le capuchon afin que la photorésistance reçoive un peu de lumière et vous verrez que la valeur affichée sur le LCD chute nettement. Dans cette condition vous lirez environ 500 k, soit une valeur environ 20 fois plus faible que dans l'obscurité. Si vous enlevez complètement le capuchon, la valeur lue sur le LCD diminue encore, jusqu'à environ 4.8 k (valeur purement indicative car dépendant de la luminosité ambiante). Notez en outre que la valeur lue se modifie continuellement, ce qui prouve que la photorésistance est un composant extrêmement sensible à la lumière.

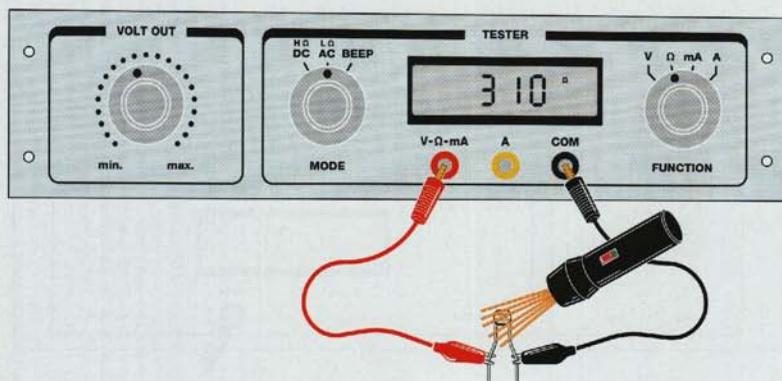
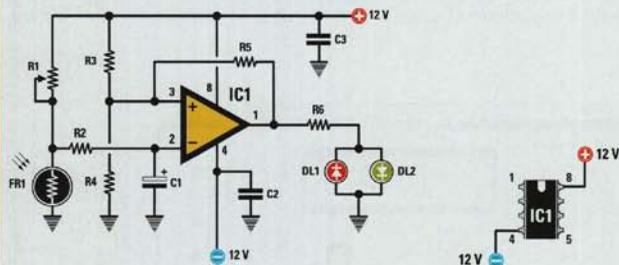


Figure 12 : Maintenant illuminez la photorésistance avec une lampe torche. Réglez le sélecteur MODE du Minilab sur AC -  $\Omega$ , utilisé pour mesurer les résistances de valeur comprise entre 10 ohms et 39.99 k. Vous voyez qu'en exposant la photorésistance à une luminosité encore plus intense, sa valeur s'abaisse encore nettement. En lumière directe vous pouvez obtenir 300 ohms, soit environ 30 000 fois moins que précédemment dans l'obscurité. Cette simple expérimentation vous a permis de constater la grande sensibilité de ce composant à la lumière. Cette caractéristique est utilisée dans de nombreuses applications pratiques, par exemple pour activer des mécanismes par la simple interruption d'un rayon lumineux.

### Les montages du Minilab

#### Crépusculaire à LED



#### Liste des composants EN 3007/A

- R1 ..... 10 k trimmer
- R2 ..... 10 k
- R3 ..... 10 k
- R4 ..... 10 k
- R5 ..... 100 k
- R6 ..... 1 k
- FR1 ... photorésistance
- C1 ..... 10  $\mu$ F électrolytique/16V
- C2 ..... 100 nF polyester
- C3 ..... 100 nF polyester
- DL1 ... LED
- DL2 ... LED
- IC1 ... LM358

Figure 13 : Le trigger de Schmitt utilise le circuit Intégré LM358. Ce symbole triangulaire à deux entrées + et - Indique qu'il s'agit d'un amplificateur opérationnel, soit un circuit en mesure d'amplifier un grand nombre de fois le signal électrique présent entre ces deux entrées. L'entrée + s'appelle l'entrée non inverseuse et l'entrée - l'entrée inverseuse.

Le boîtier du circuit intégré comporte deux rangées de quatre broches chacune, soit huit broches numérotées de 1 à 8. Comme nous l'avons expliqué, on a aussi sur ce boîtier un repère-détrompeur servant à insérer le circuit intégré dans le bon sens. Le repère-détrompeur sert aussi à identifier la position des broches. Quand le circuit intégré est représenté avec le repère-détrompeur vers le haut, comme le montre la figure 13, le composant étant regardé de dessus, c'est-à-dire les pointes des broches vers le bas (vers le circuit imprimé par exemple), la broche 1 est la première en haut à gauche du repère-détrompeur en U. A partir de la broche numéro 1 les broches sont numérotées en progressant dans le sens anti horaire. La broche 4, soit la dernière en bas de la rangée de gauche, est utilisée pour fournir au circuit intégré le négatif d'alimentation, ici -12 V. La broche 8, soit la première en haut de la rangée de droite, est utilisée pour fournir au circuit intégré le positif d'alimentation de +12 V.

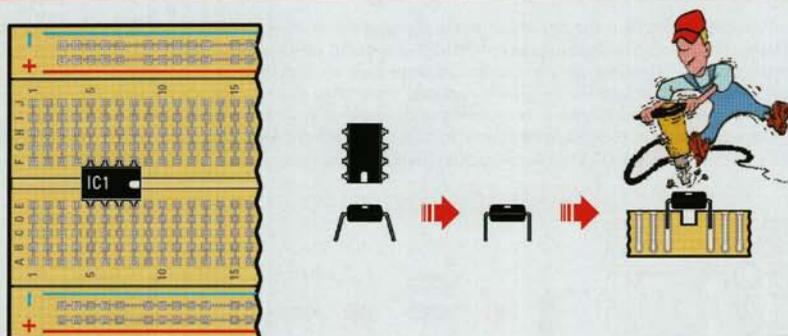


Figure 14: Comme toujours, pour effectuer le montage du crépusculaire, vous devez insérer peu à peu tous les composants sur la plaque d'essais. Commencez par le circuit intégré IC1 LM358, que vous devez insérer à cheval sur la bande centrale, dans la position indiquée par la figure et repère-détrompeur en U vers la droite. Attention de ne pas vous tromper, car le circuit ne fonctionnerait pas ! Avant d'insérer ce circuit intégré, pliez légèrement les deux rangées de broches avec une pince, afin de les rendre parfaitement parallèles, comme le montre la figure. Ceci étant fait, orientez le repère-détrompeur en U vers la droite et insérez le circuit intégré dans la position indiquée, en pressant à fond sur la plaque d'essais.

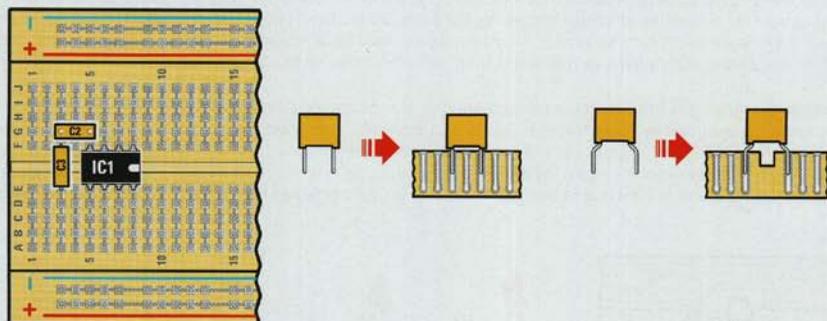
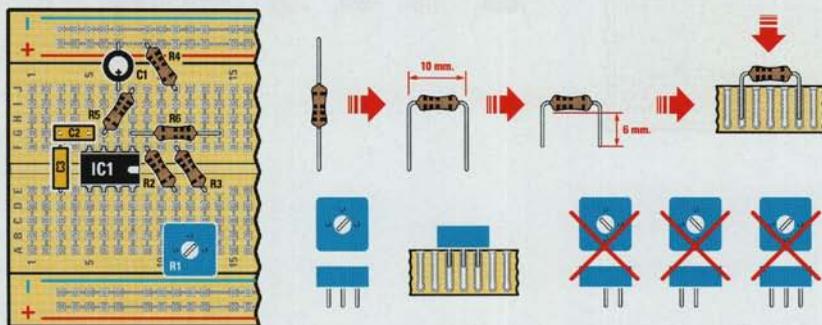


Figure 15: Maintenant prélevez dans le matériel disponible les deux condensateurs polyester C2 - C3. Les condensateurs polyester ont pour caractéristique de ne pas être polarisés, donc leurs pattes peuvent être interverties sans problème. Si vous regardez la liste des composants de la figure 13 vous voyez que chaque condensateur est caractérisé par sa valeur. C2 et C3 ont tous deux une valeur de 100 nF. Le nanofarad est un sous multiple du Farad, soit l'unité de mesure de la capacité d'un condensateur. Pour reconnaître les condensateurs vous devez faire attention au marquage imprimé sur leurs boîtiers :

Marquage: .1 ou bien 100n condensateur de 100 nF C2-C3

Après les avoir identifiés, insérez les deux condensateurs sur la plaque d'essais, chacun dans la position indiquée sur la figure. Prélevez dans le matériel disponible le condensateur électrolytique de 10  $\mu\text{F}$ , vous le reconnaissez facilement à sa forme cylindrique caractéristique. A la différence des condensateurs polyester, les pattes de ce condensateur ne doivent pas être interverties car c'est un composant polarisé. Si vous le regardez vous voyez que sa capacité est imprimée sur le boîtier et que ses deux pattes sont de longueurs inégales : la plus longue correspond au pôle positif et la plus courte au pôle négatif. En outre sur le cylindre située au niveau de la patte courte on a un marquage par une suite de signes -, ce qui confirme qu'il s'agit bien de la patte négative. Insérez C1 avec le pôle positif (patte longue) vers le bas, comme le montre la figure.



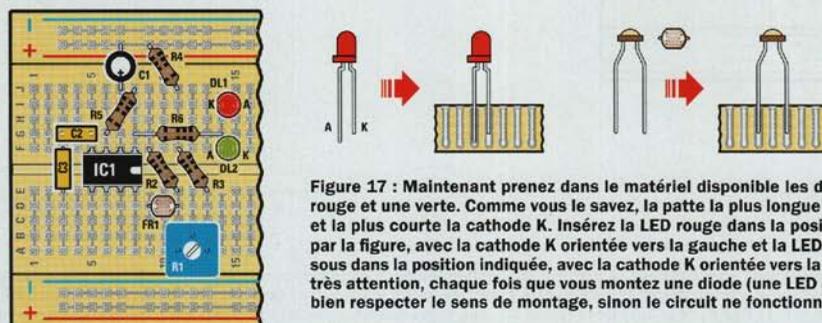
**Figure 16 :** C'est au tour des 5 résistances R2-R3-R4-R5-R6. Vous les reconnaîtrez facilement par leurs anneaux de couleurs sérigraphiés sur l'enrobage protecteur. Si vous regardez bien ces bagues de couleurs vous verrez qu'elles sont comme indiqué ci-dessous :

marron-noir-rouge-or résistance de 1 000 ohms ou 1 k R6  
 marron-noir-orange-or résistance de 10 000 ohms ou 10 k R2-R3-R4  
 marron-noir-jaune-or résistance de 100 000 ohms ou 100 k R5

**Note :** le volume 1 de votre Cours AEPZ vous donne le code des couleurs complet des résistances et vous dit comment l'interpréter.

Après les avoir identifiées, vous pouvez les insérer dans la position indiquée par la figure. Le dessin montre comment couper les pattes ou fils de sorties et comment les replier avant de les insérer dans la plaque d'essais. Pensez qu'il faut les replier pour un entraxe de 10 mm, comme le montre la figure, sauf R6 à replier pour un entraxe de 15 mm. Prenez soin de bien insérer ces pattes raccourcies et repliées à fond dans les trous de la plaque, sinon cela ne fonctionnera pas.

Après les résistances, prenez le trimmer R1, c'est simplement une résistance dont on peut varier la valeur en tournant un axe central avec un petit tournevis. Le trimmer est constitué d'un bloc de plastique coloré. Vous voyez que sa face supérieure comporte la vis centrale de réglage et on a sur la face inférieure trois broches métalliques disposées en triangle. Au moment d'insérer le trimmer dans le circuit, faites bien attention au sens d'insertion à respecter : les trois broches sont à insérer sur la plaque de manière à ce que le triangle formé par les trois broches soit avec le sommet vers le haut.



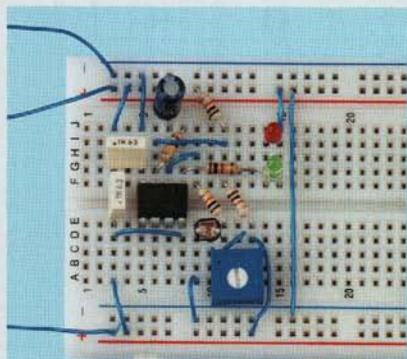
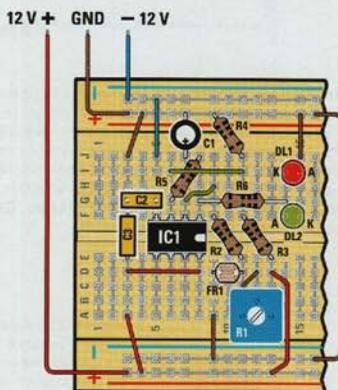
**Figure 17 :** Maintenant prenez dans le matériel disponible les deux LED, une rouge et une verte. Comme vous le savez, la patte la plus longue est l'anode A et la plus courte la cathode K. Insérez la LED rouge dans la position indiquée par la figure, avec la cathode K orientée vers la gauche et la LED verte au-dessous dans la position indiquée, avec la cathode K orientée vers la droite. Faites très attention, chaque fois que vous montez une diode (une LED en est une), à bien respecter le sens de montage, sinon le circuit ne fonctionnera pas.

Prenez dans le matériel disponible la photorésistance FR1, que vous reconnaîtrez facilement à son boîtier transparent. Ce composant n'est pas polarisé et vous pouvez donc intervertir ses pattes sans problème, placez-le simplement au bon endroit, comme le montre le dessin.



Figure 18 : Maintenant complétez le circuit avec les liaisons indiquées par la figure, en ayant soin de bien dénuder les extrémités des fils avant de les insérer à fond dans les trous de la plaque, de façon à réalliser de bons contacts. Nous vous recommandons de soigner particulièrement cet aspect de la réalisation.

Figure 19 : Dernière chose, effectuez les connexions nécessaires à l'alimentation du circuit. Insérez le fil connectant la ligne rouge de la plaque d'essais à la ligne bleue présente sur le côté droit de la figure. Puis insérez dans la plaque d'essais les trois fils qui serviront à la connexion avec l'alimentation du Minilab, en prenant bien garde de ne pas intervertir les deux fils rouge et bleu reliés respectivement à la ligne rouge (+) et à la ligne bleue (-) de la plaque. Effectuez un dernier contrôle visuel afin de vous assurer que vous avez réalisé correctement les connexions requises.



Voici comment se présente le circuit du crépusculaire à deux LED EN3007/A quand le montage est terminé.

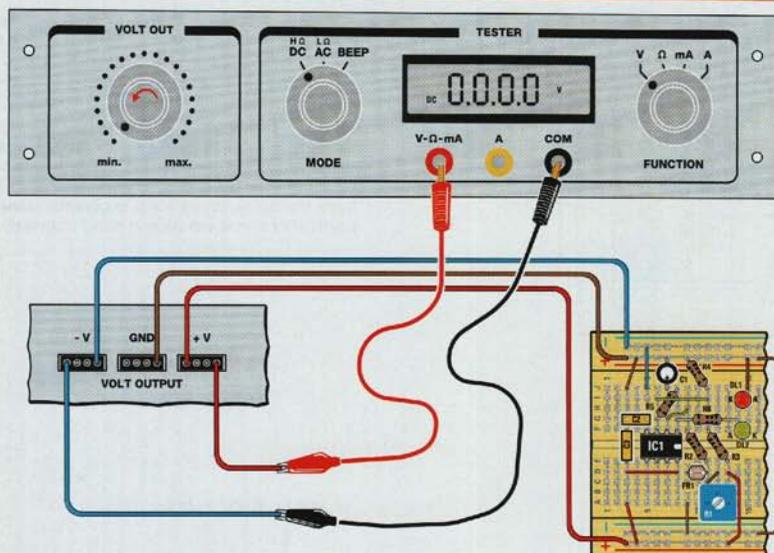
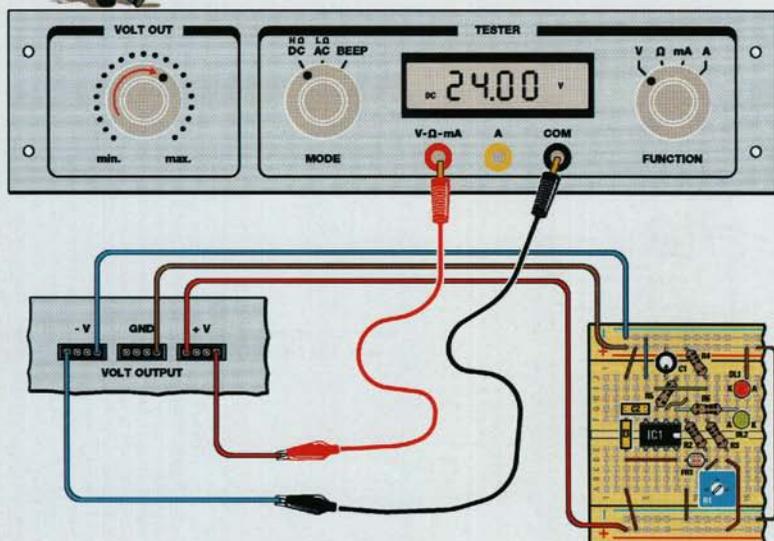
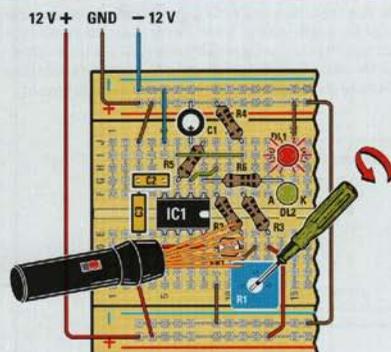


Figure 20 : Vous allez maintenant devoir relier la plaque d'essais à l'alimentation du Minilab. Pour ce faire, reliez le fil bleu -12 V à l'un des quatre trous du connecteur -V et le fil rouge du +12 V à l'un des quatre trous du connecteur +V comme le montre la figure. Reliez en outre le fil marron du GND à l'un des quatre trous du connecteur GND. Réglez le bouton VOLT OUT tout vers la gauche en position min. Placez le commutateur MODE sur DC et le commutateur FUNCTION sur V. Puis prenez un morceau de fil bleu et insérez-le dans un des trous du connecteur -V. Prenez un morceau de fil rouge et insérez-le dans l'un des trous du connecteur +V. Reliez alors le fil bleu à la douille COM du multimètre et le fil rouge à la douille V-Ω-mA toujours avec les câbles bananes-crocs. Cette connexion vous servira à mesurer avec le voltmètre la tension d'alimentation que vous fournirez au circuit.



Figure 21 : Allumez le Minilab. Tournez peu à peu le bouton VOLT OUT dans le sens horaire jusqu'à lire sur l'afficheur LCD du multimètre la valeur la plus proche possible de 24,00. Sachez qu'il n'est pas indispensable que ce soit exactement 24,00 mais qu'une valeur entre 23 et 24 V convient parfait. Ainsi vous aurez fourni au circuit une alimentation en +12 V et -12 V nécessaire à son fonctionnement.





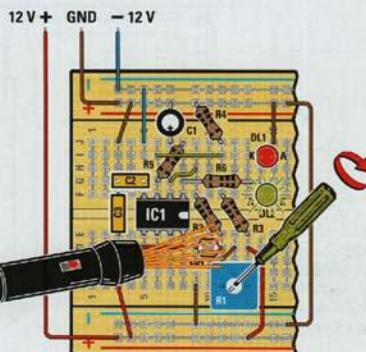
**Figure 22 :** Vous allez pouvoir vous amuser à vérifier le fonctionnement de votre crépusculaire à trigger de Schmitt. Tout d'abord vous devrez régler le trimmer R1 servant à régler la sensibilité du circuit à la lumière. Si par exemple vous décidez que le circuit doit allumer la LED verte chaque fois qu'on allume l'éclairage d'une pièce, vous procéderez ainsi:

- prenez un petit tournevis et insérez-le dans la vis centrale du trimmer R1, comme le montre la figure.
- tournez ce trimmer R1 complètement en sens anti horaire.
- allumez la lumière de la pièce devant activer l'alarme et que la figure représente par une lampe torche. Placez le circuit de manière à ce que la photorésistance soit suffisamment éclairée. Le trimmer étant complètement réglé dans le sens anti horaire, la LED rouge sera allumée.

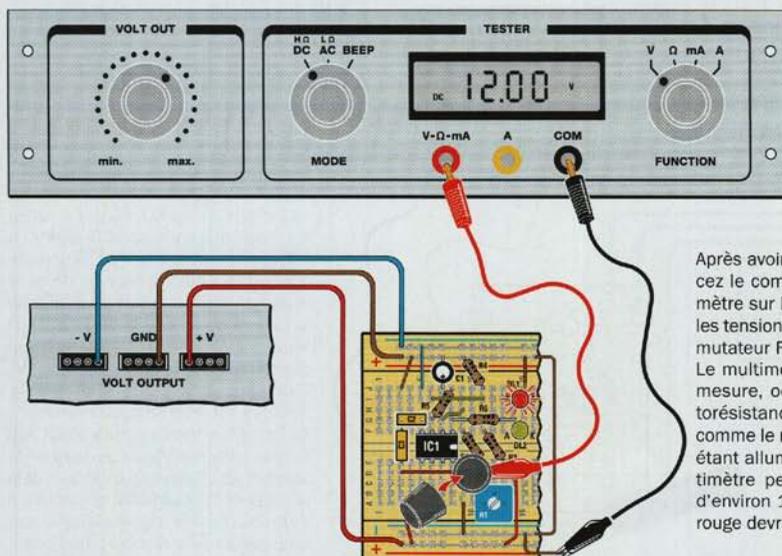
**Figure 23 :** Maintenant, toujours avec la lumière allumée, tournez lentement le trimmer R1 dans le sens horaire jusqu'à ce que le trigger de Schmitt commute et allume la LED verte. Cela signifie que vous avez atteint le bon réglage du trimmer R1. Tournez le trimmer encore un peu afin d'avoir une petite marge de sécurité et ensuite ne touchez plus à rien.

Après avoir fait ce réglage, essayez le fonctionnement du circuit:

- Eteignez la lumière et vérifiez que la LED rouge s'éteint.
- Allumez à nouveau et vérifiez que la LED verte s'allume. Cela signifie que votre circuit fonctionne correctement. Si en allumant la lumière la LED verte ne s'allume pas, tournez encore légèrement dans le sens horaire le trimmer R1 pour modifier le réglage du seuil du trigger de Schmitt.
- Réessayez d'éteindre et de rallumer et contrôlez que le circuit réagit à l'obscurité et à la lumière en commutant la LED rouge et la LED verte et vice versa.

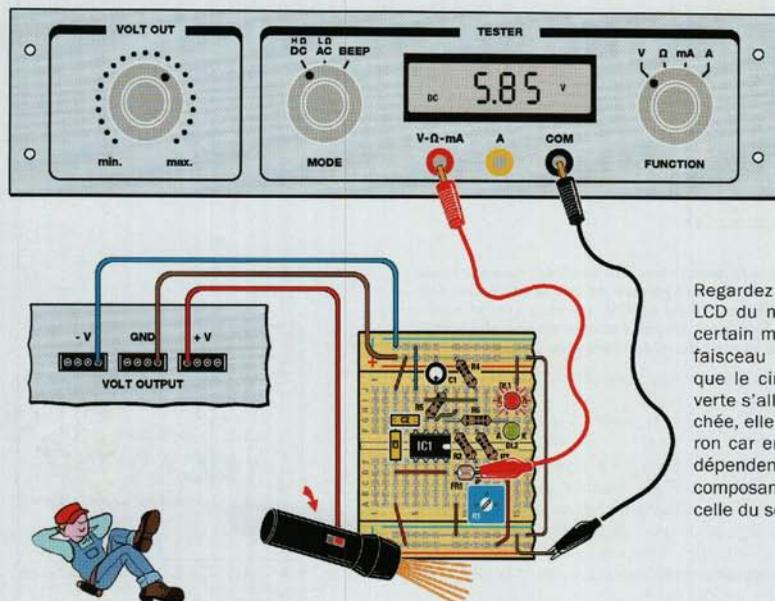


**Figure 24 :** A ce stade, vous pouvez mesurer les deux seuils de commutation du circuit. Pour ce faire, prenez dans le matériel disponible un des deux câbles bananes-crocs : reliez un croco à la patte de la photorésistance orientée vers la droite, comme le montre la figure 25. Reliez ensuite le câble à la douille V-Ω-mA du multimètre du Minilab, comme le montre la figure. Prenez maintenant l'autre câble banane-croco et reliez-le au fil marron de la plaque d'essais, comme le montre la figure. Reliez la banane à la douille COM du Minilab. cette liaison vous servira à mesurer au voltmètre les tensions de seuils du trigger de Schmitt.



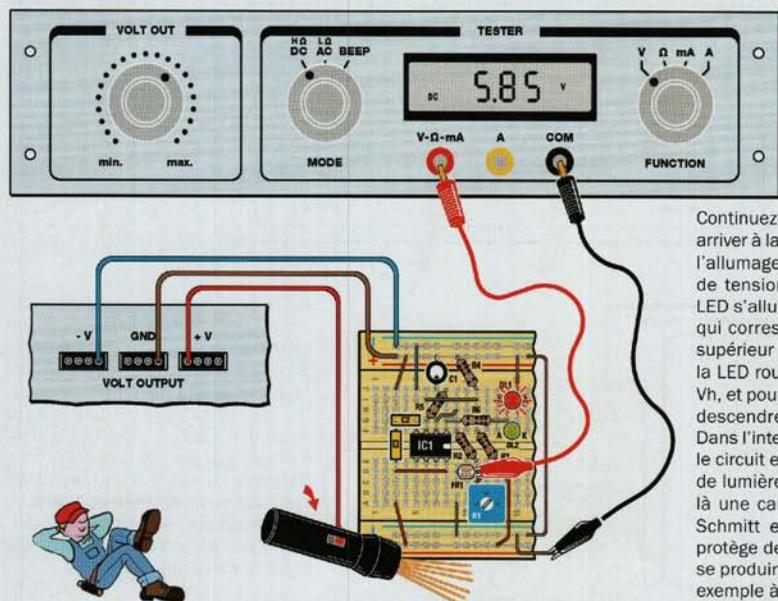
Après avoir effectué ces liaisons, placez le commutateur MODE du multimètre sur DC, à utiliser pour mesurer les tensions continues. Réglez le commutateur FUNCTION sur la position V. Le multimètre étant préparé pour la mesure, occultez à nouveau la photorésistance avec le capuchon noir, comme le montre la figure. Le Minilab étant allumé, l'afficheur LCD du multimètre permet de lire une tension d'environ 12 V et sur le circuit la LED rouge devrait s'allumer.

**Figure 25 :** Nous vous conseillons maintenant de réduire le plus possible la luminosité ambiante pour réaliser une bonne obscurité. Enlevez le capuchon noir de la photorésistance et regardez le LCD du multimètre. Vous verrez que la tension a diminué. Pour trouver le point précis de commutation du circuit, vous devez augmenter progressivement la lumière atteignant la photorésistance. Pour ce faire, il est conseillé de prendre une lampe torche et de rapprocher le faisceau de lumière du circuit graduellement, de manière à ce que la lumière parvenant à la photorésistance n'augmente pas brusquement.



Regardez attentivement l'afficheur LCD du multimètre, parce qu'à un certain moment, en rapprochant le faisceau de la torche, vous verrez que le circuit commutera et la LED verte s'allumera. Lisez la tension affichée, elle est d'environ 4,85 V (environ car en électronique les valeurs dépendent assez de la tolérance des composants utilisés). Cette valeur est celle du seuil inférieur  $V_l$  (V low).

**Figure 26 :** Si maintenant vous éloignez légèrement la torche de la photorésistance, vous verrez que la tension diminue. Si vous déplacez la torche graduellement, vous verrez que même si la valeur de tension mesurée par le multimètre atteint le seuil précédent  $V_l$ , il ne se passe rien et la LED verte reste allumée (le circuit n'a pas commuté).



Continuez à éloigner la torche jusqu'à arriver à la commutation du circuit et à l'allumage de la LED rouge. La valeur de tension lue sur le LCD quand la LED s'allume est d'environ 5,85 V, ce qui correspond à la tension de seuil supérieur  $V_h$ . Notez que pour allumer la LED rouge il faut dépasser le seuil  $V_h$ , et pour allumer la LED verte il faut descendre en dessous du seuil  $V_l$ . Dans l'intervalle entre les deux seuils, le circuit est insensible aux variations de lumière et ne commute pas. C'est là une caractéristique du trigger de Schmitt et c'est fort utile car cela protège des petits variations pouvant se produire sur le signal d'entrée, par exemple à cause des perturbations.

## Circuit anti intrusion

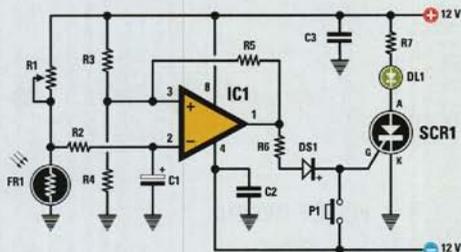


Figure 27 : Schéma électrique du circuit anti intrusion EN3007/B.

Après avoir réalisé le crépusculaire, vous pourrez le transformer avec une petite modification du circuit anti intrusion, dont la figure ci-dessus donne le schéma électrique.

### Liste des composants EN 3007/B

R1 ..... 10 k trimmer  
R2 ..... 10 k  
R3 ..... 10 k  
R4 ..... 10 k

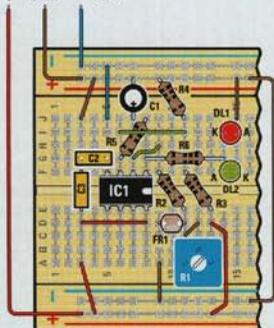
R5 ..... 100 k  
R6 ..... 1 k  
R7 ..... 680 ohm

FR1 ... photorésistance

C1 ..... 10  $\mu$ F électrolytique/16V

C2 ..... 100 nF polyester  
C3 ..... 100 nF polyester  
DS1 ... 1N4148  
DL1 ... LED  
SCR1 . thyristor 2N2324  
IC1 .... LM358  
P1 ..... poussoir

12 V + GND - 12 V



12 V + GND - 12 V

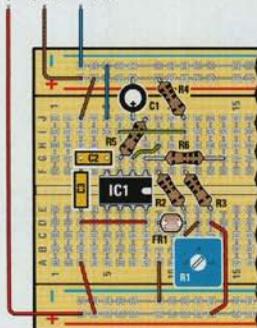
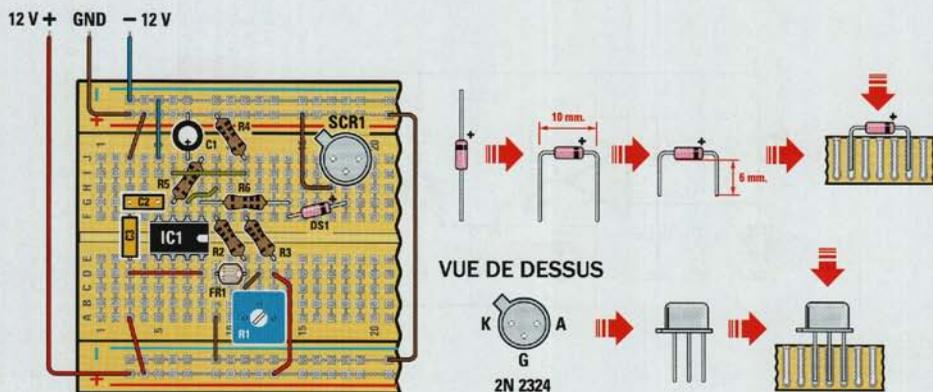


Figure 28 : En partant de la plaque d'essais du circuit crépusculaire que vous venez de réaliser (voir figure de gauche) enlevez les deux LED rouge et verte. Eliminez aussi le fil de connexion situé au dessus de DL1 et le fil de connexion entre la ligne rouge + et la ligne bleue -. Le circuit se présente maintenant comme le montre la figure de droite.

Figure 29 : Maintenant prenez dans le matériel disponible la diode 1N4148. Notez que sur son boîtier est imprimée une fine bague noire, indiquant la cathode K. Insérez la diode dans le bon sens, bague noire vers la droite.



Puis prélevez dans le matériel disponible le thyristor 2N2324, il ressemble à un petit cylindre de métal dont sortent trois pattes correspondant à l'anode A, la cathode K et la gâchette G. Si vous regardez bien ce thyristor de dessus vous pourrez facilement l'identifier car la patte de cathode K correspond au petit ergot du boîtier. Placez ce composant dans le circuit dans la position exacte : attention, bien insérer les pattes dans les trous de la plaque d'essais sans les plier. Si le montage a été effectué correctement, le petit ergot repère-détrompeur se trouvera orienté vers le haut et vers la gauche, comme le montre le dessin.

Prenez ensuite un petit morceau de fil et réalisez la liaison indiquée sur la figure à côté du thyristor et celle entre la ligne rouge + et la ligne bleue -.

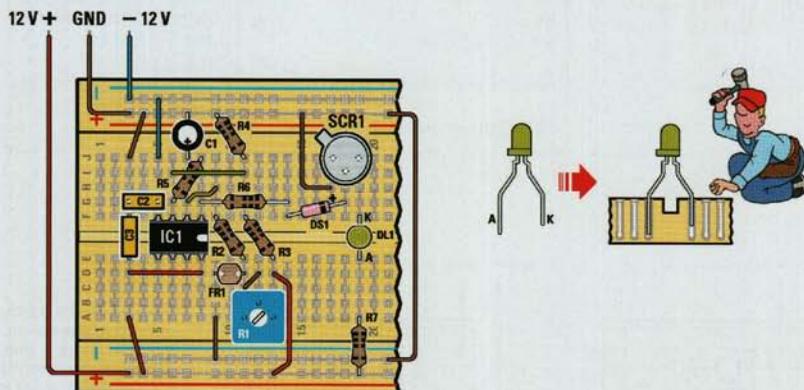


Figure 30: Insérez la LED verte dans sa nouvelle position, en ayant soin d'orienter sa cathode K vers le haut comme le montre la figure. Prélevez la résistance R7 de 680 ohms dans le matériel disponible et insérez-la sur la plaque d'essais dans la position correspondante. Comme d'habitude, pour l'identifier, vous devez vous servir du code des couleurs:

bleu-gris-marron-or. 680 ohms R7

Insérez-la ensuite sur la plaque d'essais dans la position indiquée.

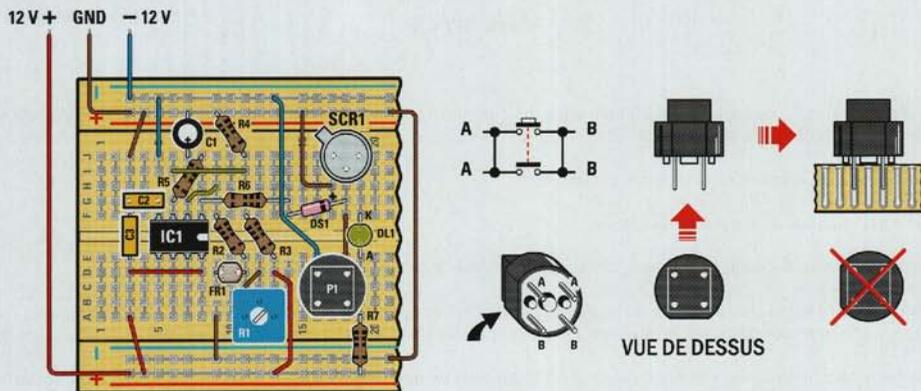
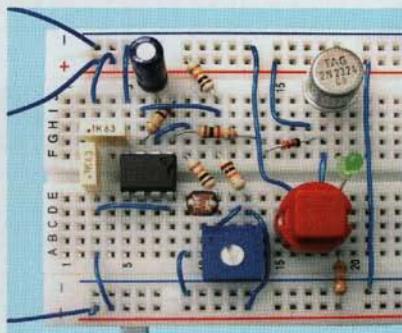


Figure 31: Prélevez enfin dans le matériel disponible le petit poussoir P1. Si vous le regardez bien vous verrez que d'un côté il comporte un méplat et que sa partie inférieure possède 4 contacts métalliques. Insérez le poussoir sur la plaque d'essais exactement dans la position indiquée par la figure, en orientant le méplat vers le bas. Faites très attention de ne pas vous tromper car le circuit ne fonctionnerait pas. Ensuite pressez le poussoir et vérifiez son bon fonctionnement mécanique. Si le poussoir fonctionne correctement, en le pressant vous devriez entendre un petit clic. Ceci étant fait, pour terminer le montage, il ne vous reste qu'à prendre deux morceaux de fil et à réaliser les deux connexions montrées par la figure, une entre le poussoir et la ligne bleue des -12 V et l'autre entre le poussoir et la gâchette du thyristor.



Voici à quoi ressemble le circuit anti intrusion à LED EN3007/B réalisé avec le Minilab.

Maintenant la petite modification étant faite, vous pouvez vérifier si votre circuit anti intrusion fonctionne vraiment. Si, par exemple, vous voulez savoir si quelqu'un entre dans votre chambre, fermez les volets, de manière à ce que, si quelqu'un entre, il soit forcé d'allumer la lumière. Placez le Minilab de telle façon que l'intrus ne puisse pas le voir mais aussi pour que l'éclairage de la chambre atteigne la photoresistance.

Ensuite effectuez le réglage du trimmer R1 de la manière suivante:

- avec la lumière allumée dans la pièce, occulrez la photoresistance avec un capuchon de stylo en plastique noir et au moyen d'un petit tournevis, tournez l'axe du trimmer R1 complètement en sens anti horaire, puis allumez le Minilab. Si vous voyez la LED verte s'allumer, pressez le poussoir P1 pour qu'elle s'éteigne.
- enlevez alors le capuchon de la photoresistance. Tournez le trimmer R1 lentement en sens horaire, jusqu'à ce que la LED s'allume. A ce moment le circuit est réglé en fonction de la lumière de cette pièce.
- Pressez le poussoir P1 pour éteindre la LED. Eteignez la lumière. Vérifiez qu'en éclairant la lumière de la chambre la LED verte s'allume et ensuite éteignez à nouveau la lumière, en vérifiant que la LED reste allumée. Cela signifie que le circuit est sensible à l'allumage de la lumière et qu'il mémorise l'intrusion. Maintenant, toujours en laissant la lumière éteinte, pressez à nouveau le poussoir P1 de manière à éteindre la LED. Le circuit est prêt à détecter l'intrusion. Si à votre retour la LED verte est allumée, c'est que quelqu'un est entré dans la chambre et a allumé l'éclairage.

Note : chaque fois que la photoresistance est atteinte par la lumière, la LED s'allume et reste allumée, car le thyristor reste conducteur. Pour éteindre et restaurer à son état initial le circuit, vous devrez le plonger dans l'obscurité et presser le poussoir P1. Avec la LED éteinte, vous serez prêts pour faire une nouvelle détection.

### Conclusion

En réalisant ce circuit vous avez appris à connaître un composant souvent utilisé en électronique : la photorésistance. La caractéristique de ce composant est de changer de résistance quand il est atteint par la lumière. Précisément :

- quand il n'est pas illuminé sa résistance est élevée ;
- quand il est illuminé sa résistance est faible.

Si vous souhaitez approfondir l'argument, consultez le volume 1 de votre Cours AEPZ.

Vous avez en outre fait la connaissance du trigger de Schmitt, un circuit effectuant une comparaison entre la tension appliquée à son entrée et ses deux seuils internes, le seuil supérieur  $V_h$  et le seuil inférieur  $V_l$ . Le circuit fonctionne ainsi :

Si la tension appliquée à l'entrée est supérieure à la tension de seuil  $V_h$ , le trigger de Schmitt fournit à sa sortie une tension négative.

Si la tension appliquée à l'entrée est inférieure à la tension de seuil  $V_l$ , le trigger de Schmitt fournit à sa sortie une tension positive. Ce qui est intéressant dans ce qui distingue le trigger de Schmitt d'un autre type de comparateur, est qu'une fois dépassée la valeur de seuil supérieur  $V_h$  et le circuit déclenché, pour le faire déclencher à nouveau il ne suffit pas de redescendre sous ce niveau  $V_h$ , mais il faut descendre en dessous d'un niveau encore plus bas, soit le seuil inférieur  $V_l$  et vice versa.

Ce phénomène est appelé «hystérésis».

L'ORIGINAL DEPUIS 1994

# PCB-POOL®

Beta LAYOUT

Email: [sales@pcb-pool.com](mailto:sales@pcb-pool.com)  
Appel Gratuit FR: 0800 90 33 30

## Spécialistes des circuits imprimés prototypes.

NOUVEAU

Délai rapide 24h

NOUVEAU

Support d'épaisseur 1.0mm désormais disponible

OFFERT

Un pochoir pâte à braser CMS gratuit avec chaque commande "prototype"

[www.pcb-pool.com](http://www.pcb-pool.com)

## REFLOW-KIT®

Beta LAYOUT



### Désormais disponible:

Outils et accessoires pour le câblage des circuits imprimés CMS

[www.reflow-kit.com](http://www.reflow-kit.com)

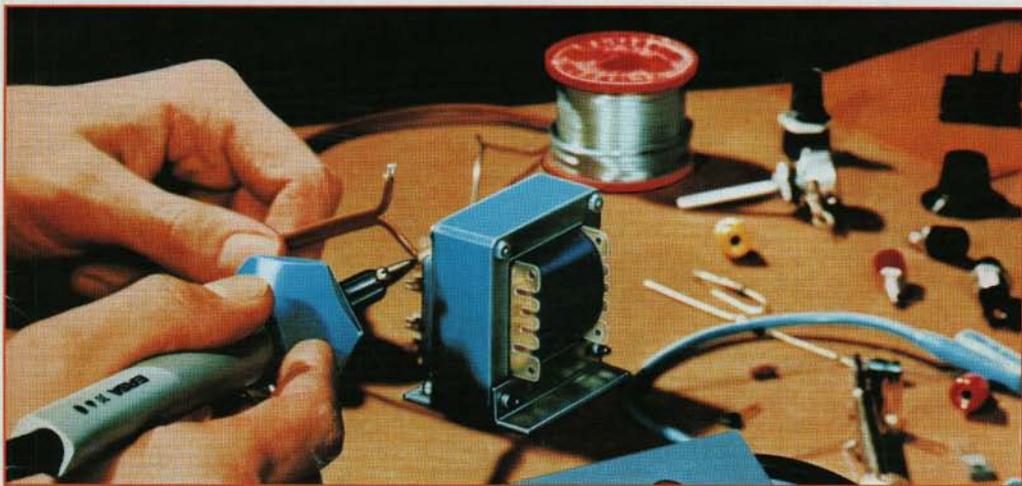
On accepte tous les formats suivants:



**Beta**  
LAYOUT

# Mesurer sans erreur une tension alternative (réalisation de la platine de l'adaptateur de mesure EN1735)

Des lecteurs voulant mesurer avec un multimètre des tensions alternatives se sont aperçus que si la fréquence dépasse 500 Hz le multimètre indique des valeurs erronées. Pour pallier cet inconvénient, nous avons conçu cet adaptateur de mesure simple qui vous permettra de mesurer avec n'importe quel multimètre, analogique ou numérique, des fréquences jusqu'à un maximum de 30 kHz.



Les approbations constamment manifestées par nos fidèles lecteurs envers les montages **simples et économiques** que nous proposons, nous ont encouragés à poursuivre malgré les critiques des plus chevronnés qui voudraient nous voir nous cantonner aux applications sophistiquées. A ces derniers nous réclamons un peu de patience et de compréhension envers tous ces jeunes qui font leurs premières armes et qui trouvent dans notre revue un guide et une référence pour faire progresser leur formation d'électroniciens.

De toute façon nous tenons à répéter que la lecture des articles dédiés à ces montages didactiques peut être une source d'information utile pour tous!

Et c'est d'ailleurs le cas de la réalisation que nous vous proposons maintenant : cet adaptateur vous permettra de lire une tension **alternative** avec un **multimètre**. A ceux qui objecteraient qu'il s'agit d'un **montage inutile** parce que n'importe quel multimètre est doté d'un **commutateur** permettant de passer d'une lecture de tension **continue** à une de tension **alternative**, nous voulons démontrer qu'ils sont dans l'erreur.

## La première erreur d'un multimètre

Si vous croyez que votre **multimètre** est en mesure de lire avec précision une tension **alternative**, continuez la lecture et vous comprendrez qu'en réalité vous «commettez» des erreurs.

TABLEAU 1

fréquence en Hz	tension détectée
50 Hz	5,0 volts
150 Hz	5,0 volts
200 Hz	5,0 volts
500 Hz	4,9 volts
1.000 Hz	4,2 volts
2.000 Hz	3,2 volts
3.000 Hz	2,4 volts
5.000 Hz	1,5 volts
10.000 Hz	0,6 volts
15.000 Hz	0,3 volts
20.000 Hz	0,1 volts
30.000 Hz	0,0 volts



Figure 1 : Si votre multimètre, analogique ou numérique, ne peut mesurer une tension à des fréquences supérieures à 500 Hz, en réalisant cet adaptateur vous pourrez enfin mesurer les tensions alternatives jusqu'à des fréquences de 30 kHz et avec une impédance d'entrée de 1 MΩ.

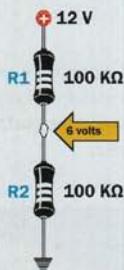


Figure 2 : Si nous montons en série deux résistances de 100 k et appliquons à leurs extrémités une tension de 12 V, entre le point milieu et la masse nous lisons 6 V.

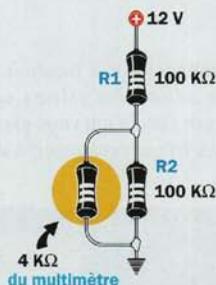


Figure 3 : Si nous rellions en parallèle avec R2 un multimètre ayant une résistance interne de 4 KΩ/V, la valeur théorique de R2 se réduira notablement.

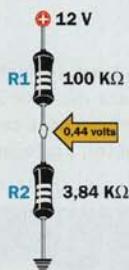


Figure 4 : En effet, comme l'article l'explique, en montant en parallèle sur R2 la résistance interne du multimètre, la valeur ohmique tombera à 3,84 KΩ seulement.

Pour commencer, nous vous invitons à observer le **cadran** du multimètre pour trouver l'indication **ohms/V** qui pourrait être par exemple de **50 KΩ/V**.

Cela signifie que votre **multimètre** a une résistance interne de **50 000 ohms par volt**, mais seulement pour les mesures des **tensions continues**.

Plus grande est cette résistance interne en **ohms par V**, plus faible sera l'erreur de lecture, donc un multimètre sur le cadran duquel est écrit **50 KΩ/V** introduit **moins d'erreurs** qu'un multimètre sur lequel est écrit **20 KΩ/V**.

Si cette indication en **ohms par V** relative aux **tensions continues** se trouve sur tous les cadrans des multimètres, il est en revanche rare de voir inscrite l'indication en **ohms par V** pour les **tensions alternatives**.

En théorie, avec les multimètres les plus ordinaires, cette valeur peut être d'environ **4 KΩ/V** et cette faible valeur

introduit des **erreurs** considérables, spécialement quand on exécute des mesures particulières, parce que nous lisons alors des valeurs de tension **plus faibles** que celles **réelles**.

Pour s'en faire une idée plus précise, nous vous proposons quelques exemples éloquentes. On sait que si on met en **série** deux résistances de **100 KΩ** (voir **R1-R2** figure 2) et que nous appliquons aux deux extrémités une tension **Vcc** de **12V**, entre la **jonction** de **R1-R2** et la **masse** nous mesurerons une tension que la formule suivante permet de calculer :

$$V = (V_{cc} \times R2) : (R1 + R2)$$

$$(12 \times 100) : (100 + 100) = 6 V$$

Si nous mesurons cette tension avec un multimètre ayant une résistance interne de **4 KΩ/V**, il est évident que les **4 KΩ** du multimètre seront appliqués en **parallèle** avec la résistance **R2** (voir figure 3), donc nous

obtiendrons une résistance prenant exactement cette valeur :

$$(R2 \times R \text{ multimètre}) : (R2 + R \text{ multimètre})$$

c'est-à-dire :

$$(100 \times 4) : (100 + 4) = 3,84 K\Omega$$

par conséquent notre **pont diviseur** sera composé de la résistance **R1** de **100 KΩ** et de la résistance **R2 + R multimètre**, qui aura pour valeur réelle **3,84 KΩ** (voir figure 4).

Donc si nous mesurons la tension sur la **borne** de **R1, 100 KΩ**, avec R2 de valeur **3,84 KΩ**, nous obtenons une tension de seulement **0,44 V** (voir figure 5).

$$V \text{ disponibles} = (V_{cc} \times R2) : (R1 + R2)$$

$$(12 \times 3,84) : (100 + 3,84) = 0,44 V$$

Par conséquent, par rapport à la valeur réelle de **6 V**, le multimètre indiquera

une valeur de tension de seulement **0,44 V** et vous voyez que c'est une **erreur** importante.

## Une autre erreur du multimètre

Un autre **erreur** rencontrée avec la plupart des multimètres quand ils mesurent une **tension alternative**, est que la **tension affichée** est inférieure et dépend de la **fréquence**. Or cette indication **n'est jamais** donnée par le constructeur, parce que l'on présume que l'appareil de mesure est utilisé pour lire des **tensions alternatives** jusqu'à un maximum de **200 Hz**. On sous entend que seuls les **multimètres**

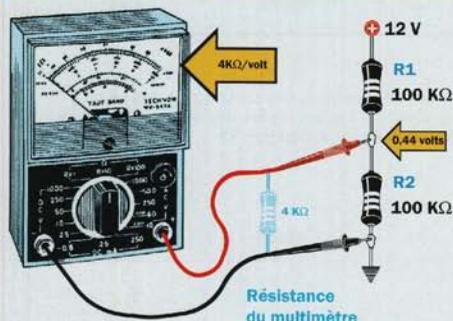
**professionnels** sont capables de mesurer des **fréquences** jusqu'à **20 000 Hz**. Pour mettre en évidence cette **erreur** nous avons choisi différents **multimètres**, puis nous avons lu une **tension efficace de 5 V** jusqu'à une fréquence maximale de **30 KHz** et nous avons mis dans le **Tableau 1** les valeurs de tensions indiquées. Vous pouvez voir que les **atténuations** commencent à partir de **500 Hz**.

A la lumière de ces données, pour éviter des **erreurs** dans la lecture des **tensions alternatives** au-delà de **500 Hz**, il est nécessaire de recourir au circuit que nous vous proposons dans cet article : il utilise un seul amplificateur **opérationnel uA748**, équivalent du **LM748**.

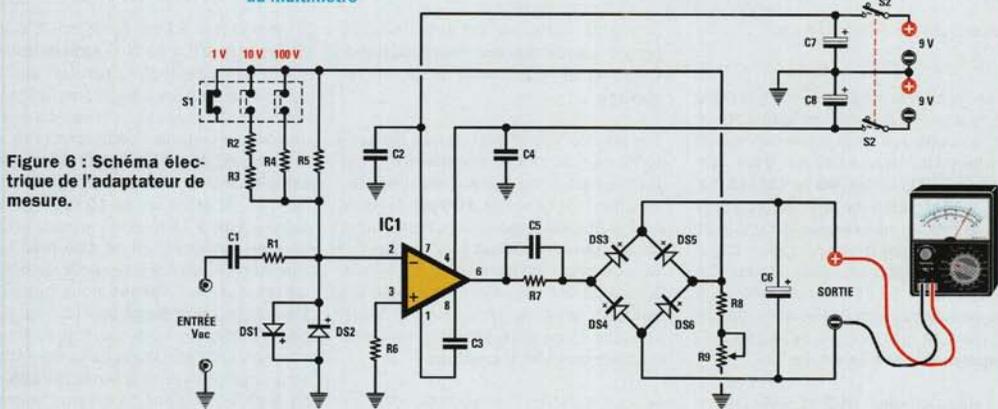
Quand vous aurez réalisé ce montage vous disposerez d'une **Impédance d'entrée de 1 M** et cela vous permettra de réduire considérablement la **première erreur** (voir figures 2 à 5).

Avec ce circuit adaptateur vous pourrez mesurer sans **aucune atténuation** une tension à n'importe quelle **fréquence** entre **10 Hz** jusqu'à **30 kHz** et cela vous permettra d'éliminer la **seconde erreur** et de mesurer n'importe quel **signal basse fréquence**.

Vous disposerez de **3** calibres **1-10-100 V** fond d'échelle et pourrez donc mesurer même des signaux de quelques **mV** sans avoir à utiliser le calibre du **multimètre**.



**Figure 5 :** Donc si entre le point milieu de R1-R2 et la masse (voir figure 2) une tension réelle de 6 V était présente, en appliquant en parallèle à R2 les 4 KΩ du multimètre, ce dernier détecterait une tension de 0,44 V seulement.



**Figure 6 :** Schéma électrique de l'adaptateur de mesure.

### Liste des composants EN1735

- R1 ..... 1 M 1%
- R2 ..... 101 k 1%
- R3 ..... 10,1 k1%
- R4 ..... 1 k 1%
- R5 ..... 1 M 1%
- R6 ..... 10 k

- R7 ..... 27 k
- R8 ..... 6,8 k
- R9 ..... 5 k trimmer 10 tours
- C1 ..... 100 nF 400 V polyester
- C2 ..... 100 nF polyester
- C3 ..... 4,7 pF céramique
- C4 ..... 100 nF polyester
- C5 ..... 4,7 pF céramique
- C6 ..... 47 µF électrolytique/16V

- C7 ..... 10 µF électrolytique/16V
- C8 ..... 10 µF électrolytique/16V
- DS1 ..... 1N4148
- (...)
- DS6 ..... 1N4148
- IC1 ..... LM748 ou uA748
- S1 ..... inverseur à glissière 3 positions
- S2 A/B double inverseur à glissière

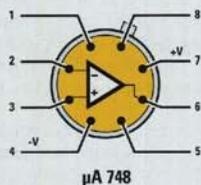


Figure 7 : Brochages du circuit intégré uA748 ou LM748 vues de dessus. Notez que l'ergot repère-détrompeur correspond à la patte ou broche 8.

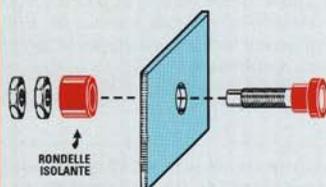


Figure 8 : Avant d'insérer les douilles sur la face avant, vous devez enlever la rondelle isolante que vous replacerez ensuite derrière, avant de visser les écrous, ainsi le point chaud de la douille ne sera pas en contact avec l'aluminium du boîtier métallique, ce qui les mettrait toutes en court-circuit.

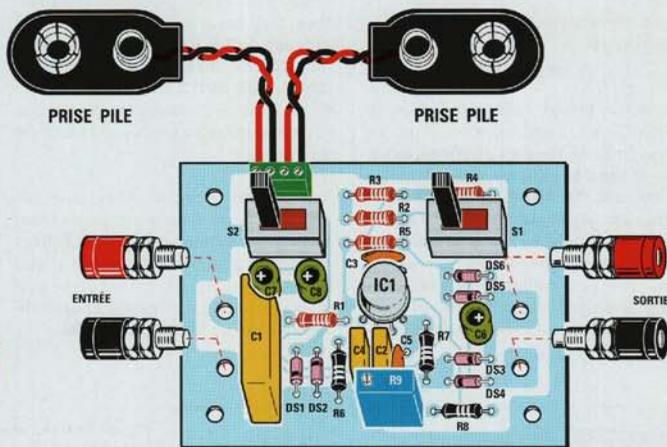


Figure 9a : Schéma d'implantation des composants de l'adaptateur de mesure EN1735. L'ergot repère-détrompeur de IC1 est à orienter vers l'inverseur à glissière S1.

## Le schéma électrique

Si on regarde le schéma électrique de la figure 6 on voit comment on a pu obtenir les résultats que nous avons décrits, en n'utilisant qu'un seul circuit intégré opérationnel IC1, un uA748 ou LM748. Le signal alternatif à mesurer est appliqué sur la broche **Inverseuse 2** du circuit intégré à travers le condensateur C1 et la résistance R1. Le condensateur C1 de **100 nF** sert à éliminer d'éventuelles composantes continues et la résistance R1 de **1 M**, garantit au voltmètre une **impédance d'entrée** élevée.

Les deux diodes DS1 et DS2, montées juste après la résistance R1 et la masse en **opposition** de polarité, protègent le circuit intégré des éventuelles surtensions, parce qu'elles limitent la tension alternative d'entrée à un maximum d'environ **0,6 V**. Le signal AC, après avoir été amplifié par IC1, est prélevé sur la broche 6 et envoyé, à travers la résistance R7 avec en parallèle le condensateur C5, sur l'entrée du pont redresseur composé des diodes DS3-DS4-DS5-DS6.

Le signal redressé est ensuite lissé par le condensateur électrolytique C6 de **47 µF**, qui le rend parfaitement continu.

Sur les douilles de sortie vous connecterez un quelconque multimètre réglé pour la mesure du courant continu, précisément sur la portée **100 µA**. Si votre multimètre ne dispose que d'un calibre de **50 µA** ou de **30 µA** fond d'échelle, vous pourrez l'utiliser également. Même si vous utilisez le multimètre réglé un courant, pour la lecture nous vous conseillons de vous servir de l'échelle graduée des **100 V continus**.

Si pour la lecture vous vous servez d'un multimètre numérique, vous devez le commuter sur le calibre des **200 µA**.

Revenons au schéma électrique de la figure 6 : notez que l'inverseur à glissière S1 permet de choisir les calibres **1-10-100 V fond d'échelle**. La résistance de contre réaction R5 montée entre le pont redresseur et l'entrée de IC1, sert à compenser la chute de tension des **4 diodes** du pont redresseur.

Si vous placez S1 sur le calibre **1 V**, le circuit intégré IC1 aura un gain unitaire et donc la valeur de la tension appliquée à l'entrée sera exactement identique à celle présente sur les douilles de sortie auxquelles vous avez relié le multimètre. Si on commute S1 sur le calibre **10 V**, la tension appliquée sur l'entrée est atténuée de **10 fois**; sur le calibre **100 V** la tension appliquée à l'entrée est atténuée de **100 fois**. Le trimmer R9, monté à la sortie du pont redresseur et la masse nous permet d'exécuter un réglage précis, comme nous l'expliquerons plus loin. Précisons pour terminer que le circuit intégré IC1 est alimenté avec une tension double de **9+9 V** et pour cela nous avons monté deux piles de **9 V**.

## La réalisation pratique

Une fois en possession du circuit imprimé EN1735, dont la figure 9b donne le dessin à l'échelle 1:1, vous pouvez commencer à monter le circuit intégré métallique IC1 qui, comme le montre la figure 7, dispose de **8 broches**.

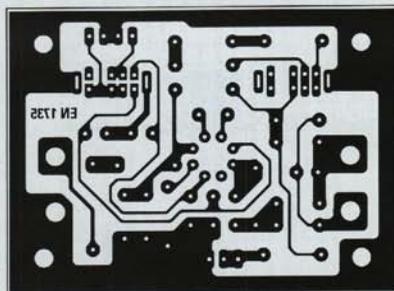


Figure 9b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de l'adaptateur de mesure EN1735.



Figure 10 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'adaptateur de mesure EN1735. Après essai, nous avons modifié le circuit en déplaçant seulement la position de la résistance R1.



Figure 11 : Vous devez installer la platine dans un boîtier métallique afin de le blinder, sinon le circuit pourrait être perturbé par le secteur 50 Hz. L'inverseur Power visible à gauche, est celui de mise en marche; l'inverseur Range sert à modifier la portée fond d'échelle.

Insérez ces broches en vous souvenant que la broche **8** est celle qui correspond au petit ergot père-détrompeur: cette patte et cet ergot doivent être orientés vers l'inverseur **S1** (voir figure 9). N'enfonchez pas les pattes à fond, maintenez la base cylindrique du circuit intégré à **4-5 mm** de la surface de la platine.

Continuez en insérant toutes les **résistances**. Puisque les résistances **R1-R2-R3-R4-R5** ont une tolérance de **1%**, elles présentent sur leur enrobage **5 bandes** de couleurs que vous ne savez peut-être pas interpréter. C'est pourquoi nous donnons ci-après les couleurs correspondant aux valeurs:

**1 k (R4)**  
marron - noir - noir - marron - marron

**10,1 k (R3)**  
marron - noir - marron - rouge - marron

**101 k (R2)**  
marron - noir - marron - orange - marron

**1 M (R1-R5)**  
marron - noir - noir - jaune - marron

Attention, si vous lisez ces bandes en commençant par le «mauvais» côté, vous obtiendrez des valeurs erronées. Après les résistances, insérez au-dessous du circuit intégré **IC1** le **trimmer vertical** multitour **R9**, poursuivez avec les **condensateurs au polyester** sans oublier que **C1** de **100 nF** ayant une tension de travail de **400 V**, est plus gros que **C2** qui a pourtant la même capacité.

**Note** : sur le corps de C1 vous trouverez trois lignes avec les indications suivantes :

sur la **1° ligne** vous trouverez **A/R60 MKT** ;  
sur la **2° ligne** vous trouverez **.1 400 (µF et V)** ;  
sur la **3° ligne** vous trouverez **W9 08**, etc.

Insérez les condensateurs **polyesters**, puis les deux condensateurs **céramiques C3-C5** et les trois condensateurs **électrolytiques C6-C7-C8**, sans oublier de respecter la **polarité +/-** des deux pattes (rappelons que la **plus longue** est le **positif**).

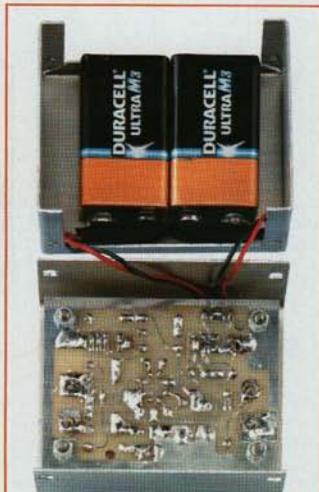


Figure 12 : La platine est fixée sur le couvercle du boîtier métallique au moyen d'entretoises métalliques hexagonales (voir figure 13). Les piles de 9 V insérées dans le demi couvercle opposé (voir figure 14) sont bloquées avec du polystyrène ou du carton et du ruban adhésif.

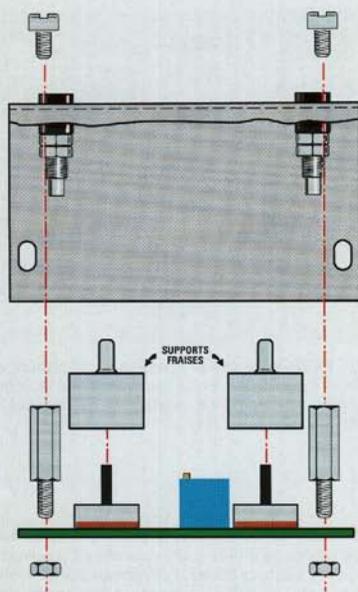


Figure 13 : Avant de fixer la platine sur le couvercle, appliquez sur les deux inverseurs à glissière S1-S2 les deux supports fraisés que vous trouverez dans le matériel disponible. Avant d'insérer les douilles, voyez la figure 8.

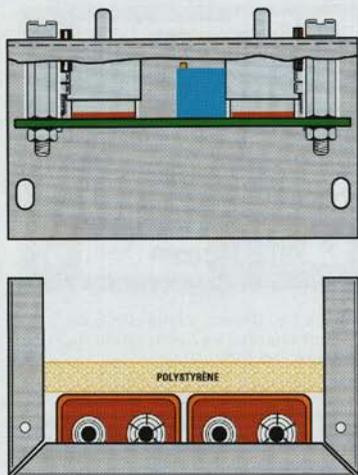


Figure 14 : Comme le montre la figure 12, les deux piles de 9 V sont logées sur la base inférieure du boîtier métallique et maintenues par un morceau de polystyrène ou de carton et du ruban adhésif.

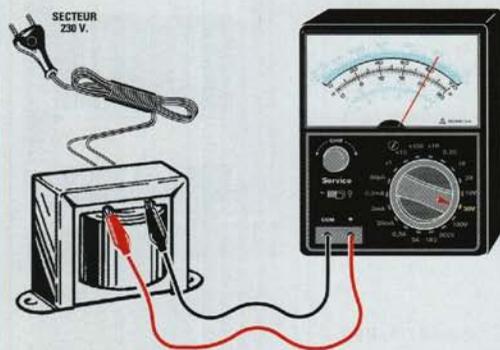


Figure 15 : Pour régler le trimmer R9 du circuit aucune instrumentation spéciale n'est indispensable, mais simplement un banal transformateur avec un secondaire entre 5 V et 10 V. Commutez le multimètre sur VAC (tension alternative), mesurez la valeur de la tension présente sur le secondaire. Admettons que vous ayez trouvé 8 V, notez-le pour vous souvenir sur quel nombre vous devez régler le curseur du trimmer R9.

Sur la droite du condensateur polyester **C1** vous pouvez insérer les deux **diodes** au silicium **DS1-DS2**, en orientant bien leurs **bandes noires** tête-bêche (voir figure 9a). Les quatre autres **diodes DS3-DS4-DS5-DS6** sont à placer, **deux** sous le condensateur électrolytique **C6** (voir **DS3-DS4**) et **deux** au dessus (voir **DS5-DS6**), en les disposant de manière

à ce que la bande noire soit dans le sens indiqué par la figure 9a. Il suffit d'en insérer une seule dans le mauvais sens pour obtenir un **pont redresseur** qui **ne redresse** aucune tension.

En dernier insérez les deux **inverseurs** à glissière **S1-S2**, le petit bornier à **4 pôles**, lequel vous servira à relier les

deux fils **rouge-noir** de la **prise de pile**. Le montage de la platine terminé, insérez-la dans le boîtier métallique en aluminium faisant office de blindage contre les effets de la tension du secteur 230 V à **50 Hz**. Il est disponible avec film de face avant. Faites adhérer parfaitement à l'aluminium la **pellicule adhésive sérigraphiée**.

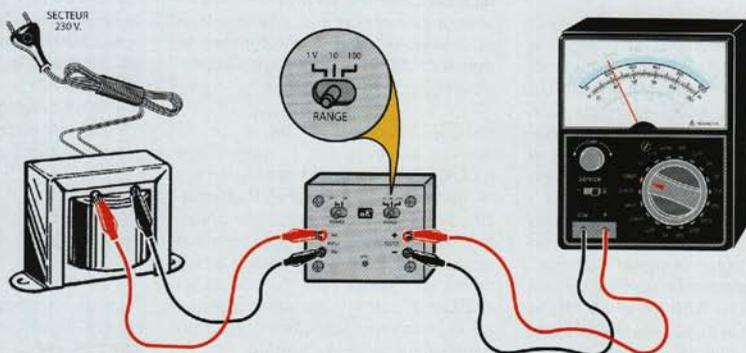


Figure 16 : Pour poursuivre ce réglage, reliez le secondaire de ce transformateur aux deux douilles d'entrée et reliez aux douilles de sortie votre multimètre commuté sur courant continu, calibre 100  $\mu$ A fond d'échelle. Si votre multimètre ne dispose pas de ce type de calibre, vous pouvez en utiliser un autre de 50  $\mu$ A. Tournez le curseur du trimmer R9 jusqu'à faire dévier l'aiguille sur le 8. Pour simplifier la lecture, utilisez l'échelle de mesure des VCC de 0 à 100 réglez le trimmer R9 jusqu'à ce que l'aiguille dévie sur 80.

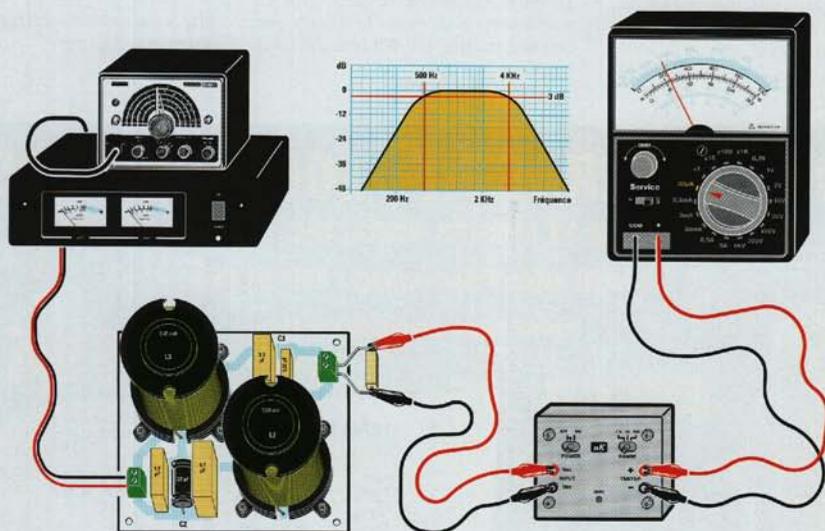


Figure 17 : Votre multimètre ayant été transformé en un voltmètre alternatif en mesure de lire n'importe quelle fréquence comprise entre 10 Hz et 30 kHz, vous allez pouvoir effectuer n'importe quelle mesure dans la bande audio, par exemple mesurer la bande passante d'un étage amplificateur BF, la fréquence de coupure d'un filtre Cross-Over, les variations en +/- des différentes fréquences en agissant sur les potentiomètres de contrôle des Aiguës ou des Basses, etc.

Puis montez les douilles, comme le montrent les figures 8 à 13: des douilles rouges-noires pour l'Entrée VAC et la sortie Multimètre. Comme le montre la figure 13, vissez dans le couvercle les 4 entretoises métalliques hexagonales. Insérez alors sur les deux axes fins en plastique des inverseurs S1-S2, les deux supports fraisés en

aluminium comme le montre la figure 13. Il ne vous reste qu'à clipser dans les prises des piles deux piles de 9 V; maintenez-les au moyen de polystyrène ou de carton et de ruban adhésif, comme le montrent les figures 12-14.

Pour terminer vous devez prendre les 4 bananes et les 4 pinces crocodiles pour

les relier aux morceaux de fil rouge et noir d'environ 50-60 centimètres de long. Aux extrémités de ces fils soudez d'un côté une banane pour douilles d'entrée et de sortie et de l'autre une pince crocodile, qui vous permettra d'exécuter les liaisons avec les points de touche du multimètre à partir du point dont vous voulez mesurer la tension.

## Le réglage du trimmer R9

Vous allez maintenant devoir régler le **trimmer R9** jusqu'à lire sur le multimètre la valeur de la **tension alternative** prélevée sur un **générateur** doté d'un **voltmètre de sortie** précis, indiquant la valeur des **V crête-crête** ou **V efficaces** prélevables sur les **douilles de sortie**.

En l'absence d'un tel appareil nous vous suggérons de visualiser sur l'écran d'un **oscilloscope** le **signal** d'un quelconque **générateur BF** accordé sur une fréquence entre **100 Hz** et **30 kHz** et de lire la valeur de sa **tension efficace**, en réglant enfin le **trimmer R9** jusqu'à faire coïncider la valeur de cette tension sur le **multimètre**. Nous partons du principe que si vous possédez ces instruments de laboratoire vous savez vous en servir.

En revanche nous voudrions fournir au débutant le maximum de renseignements pour qu'il réussisse ce réglage. Le **Tableau 1** montre que tous les **multimètres** sont en mesure de lire une

fréquence de **50 Hz** sans aucune **atténuation**. Donc si vous avez un transformateur quelconque avec un secondaire en mesure de fournir une **tension de moins de 10 V**, vous pourrez l'utiliser pour régler le **trimmer R9**.

Comme le montre la figure 15, la tension prélevée sur le secondaire du **transformateur** est appliquée sur le multimètre commuté en **V alternatifs**. Admettons que vous ayez trouvé **8 V**, cette tension est appliquée sur les douilles d'**entrée** du circuit et sur celles de **sortie** (voir figure 16) on prélève le courant qui sera appliqué au multimètre commuté en **courant continu** sur le calibre **100 µA**.

Si le **multimètre** dispose seulement d'un calibre de **50 µA** vous pourrez l'utiliser également. Avec un **multimètre numérique**, vous devrez le commuter sur **200 µA - tension continue**.

Puisque dans l'exemple de la figure 15 on a relevé une tension de **8 V**, maintenant vous devez tourner la vis centrale du trimmer **R9** jusqu'à faire

dévier l'aiguille du multimètre sur le nombre **80** de l'échelle graduée. Nous conseillons d'utiliser l'échelle graduée de **0 à 100 V fond d'échelle**, le nombre **80** correspondant à **8 V**.

Une fois ce réglage effectué vous avez transformé votre **multimètre** en un voltmètre alternatif **AC** précis.

## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet adaptateur de mesure **EN1735** (circuit imprimé, composants, boîtier) 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:

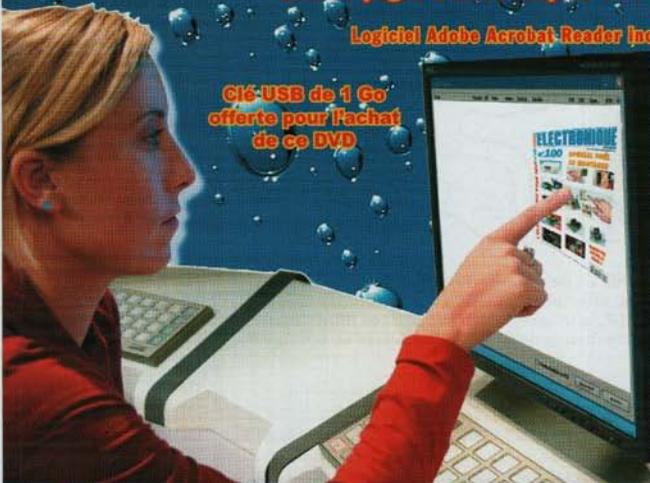
<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/110.zip> ◆

# DVD INTERACTIF 100 NUMÉROS

ELECTRONIQUE ET LOISIRS MAGAZINE du N°1 au N° 100

10.000 pages d'électronique / 800 montages

Logiciel Adobe Acrobat-Reader inclus



Clé-USB de 1 Go offerte pour l'achat de ce DVD

## 249€

ELECTRONIQUE

DVD

100

REVUES

Lisez et imprimez votre revue favorite sur votre ordinateur PC ou Macintosh.

**IMÉDITIONS**  
 B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE  
 Tél. : 0820 820 534 - Fax : 0820 820 722  
<http://www.electronique-magazine.com>  
 email : info@electronique-magazine.com

Frais de port inclus pour la France - CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.

Adressez votre commande à **JMJ Editions** B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE

Tél. : 0820 820 534 du lundi au vendredi de 9h à 12h

Vous pouvez également commander sur: <http://www.electronique-magazine.com>

# Un adaptateur fréquence-mètre pour multimètre

Un multimètre numérique ou analogique peut être transformé en un fréquencemètre précis pouvant mesurer n'importe quelle fréquence, qu'elle soit de forme sinusoïdale, triangulaire ou carrée, en cinq gammes de 10 Hz à 1 MHz.

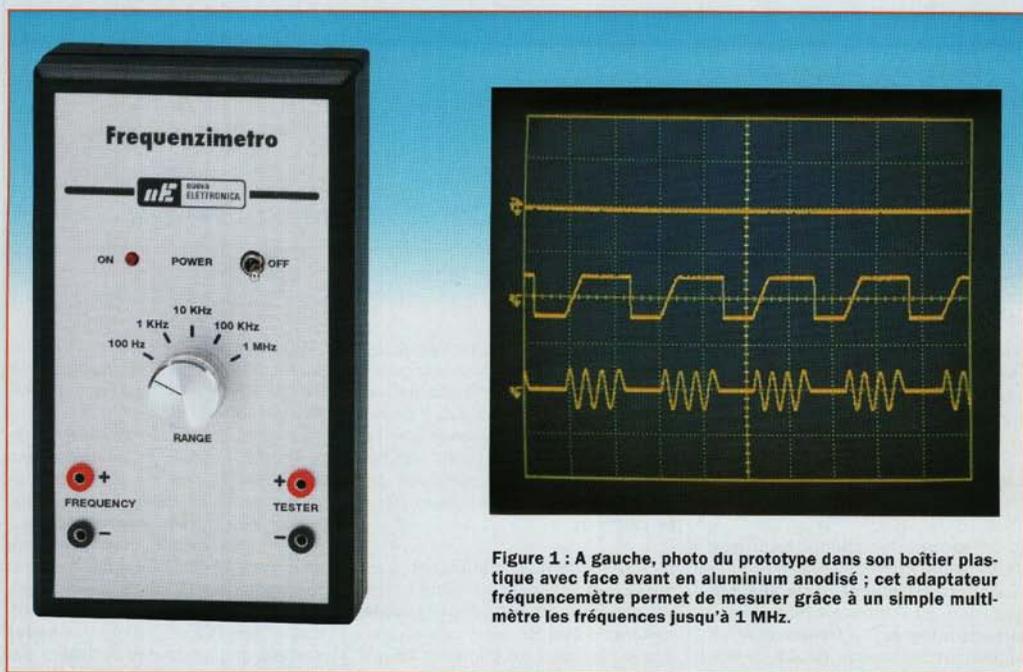


Figure 1 : A gauche, photo du prototype dans son boîtier plastique avec face avant en aluminium anodisé ; cet adaptateur fréquencemètre permet de mesurer grâce à un simple multimètre les fréquences jusqu'à 1 MHz.

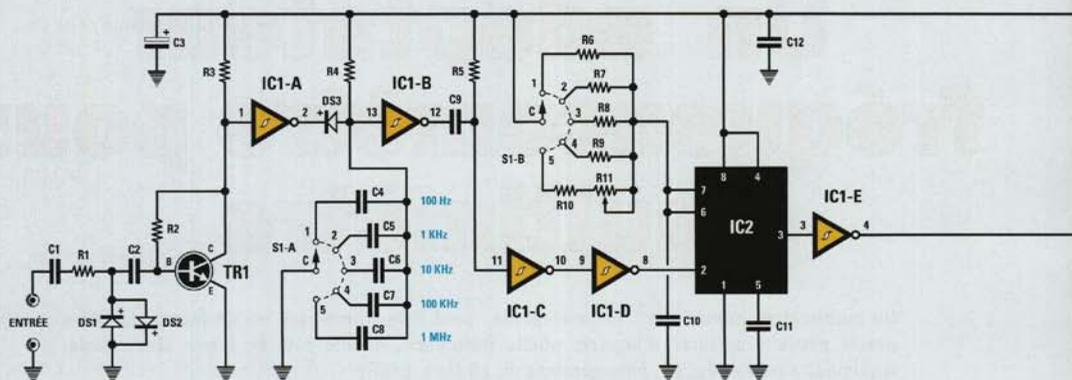
Tous ceux qui se consacrent à l'électronique possèdent un **multimètre numérique** ou **analogique** qu'ils utilisent pour mesurer la valeur d'une **tension continue** ou **alternative** ou pour trouver la valeur en **ohm** ou **kilohm** d'une **résistance**, alors que certains disposent d'un **fréquencemètre** capable de lire les **Hz** ou les **kHz** d'une **fréquence**.

Tout le monde sait à quel point un **fréquencemètre** est utile pour mesurer la **fréquence** fournie par un **oscillateur basse fréquence** et pour établir si la fréquence produite est **audible**

ou bien **ultrasonique** ou encore **subsonique**, mais également pour contrôler la **fréquence de coupure** des filtres **cross-over** des **enceintes acoustiques**, etc.

Si vous avez déjà un **fréquencemètre numérique** ne sautez pas ces pages pour passer au montage suivant, mais lisez cet article attentivement parce que vous y apprendrez non seulement à obtenir une **tension continue** en partant d'une **fréquence** à **ondes sinusoïdales** ou **carrées**, mais encore à la mesurer au moyen de l'**oscilloscope**. Les enseignants d'**IUT** qui feront monter ce circuit à leurs étudiants pourront

Figure 2 : Schéma électrique de l'adaptateur permettant de lire une fréquence avec un multimètre.



### Liste des composants EN1732

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

R6 ..... 1,01 M 1%  
R7 ..... 101 k 1%  
R8 ..... 10,1 k 1%  
R9 ..... 1,01 k 1%  
R10 ... 47  
R11 ... 100 trimmer 1 tour  
R12 ... 1 k  
R13 ... 1 k

R14 ... 1 k trimmer 10 tours  
R15 ... 1 k  
C1 ..... 470 nF polyester  
C2 ..... 470.000 pF polyester  
C3 ..... 10 µF électrolytique/16V  
C4 ..... 220 nF polyester  
C5 ..... 22 nF polyester  
C6 ..... 2,2 nF polyester

distinguer parmi eux (en fonction de l'évaluation des travaux pratiques) ceux qui se destinent vraiment à devenir de vrais techniciens.

### Le schéma électrique

Si on regarde le schéma électrique de la figure 2 on constate que pour réaliser ce **fréquencemètre analogique** on a dû mettre en œuvre deux **circuits intégrés**, un **transistor** et un **régulateur de tension 78L05**, ce dernier étant nécessaire pour obtenir une tension de **5 V** en partant de **9 V**.

Aux douilles d'Entrée, visibles sur la gauche, est relié le condensateur **C1** de **470 nF polyester**, servant à laisser passer n'importe quelle **fréquence**, mais pas les éventuelles **tensions continues** pouvant être présentes à ce **point** sur lequel nous prélèverons la **fréquence** à mesurer. Après le condensateur **C1**, nous trouvons la résistance de limitation **R1** et les deux diodes **DS1-DS2**, montées en opposition de polarité, nécessaires pour protéger la

base du transistor **TR1** des éventuels signaux **alternatifs** à haute tension. En effet, toutes les tensions **alternatives** de valeur supérieure à **1,5 V** seront court-circuitées à la **masse** par les deux diodes **DS1-DS2**, ce qui interdira que sur la base du transistor des **tensions** aussi **élevées** puissent venir l'endommager.

Le signal alternatif **minimal** qu'il est possible d'appliquer sur cette entrée est d'environ **40 mV**, pour le **premier calibre** de **100 Hz**, alors que pour les autres calibres il est d'environ **25 mV**. Donc la **sensibilité** de ce circuit est plus que suffisante pour satisfaire aux exigences de nos lecteurs les plus perfectionnistes !

Le signal présent sur le **collecteur** du transistor **TR1** est utilisé pour piloter l'**inverseur IC1/A**. Avant d'atteindre l'entrée du second **inverseur IC1/B**, une série de condensateurs, situés sur le commutateur **S1/A** filtre le signal alternatif. A la sortie de l'**inverseur IC1/B** on prélève des signaux **parfaitement carrés**, que les inverseurs suivants **IC1/C** et **IC1/D** vont nettoyer.

Le signal présent à la sortie de l'**inverseur IC1/D** est appliqué sur la broche **2** du circuit intégré **IC2**, un banal **C/Mos TS555**, pouvant être remplacé par un équivalent comme le **ICM7555**. Ce circuit intégré, monté en **multivibrateur monostable**, donne à sa sortie des **ondes carrées** de **rapport cyclique** proportionnel à la **fréquence** appliquée à l'entrée et au rapport du **condensateur** situé sur le **commutateur S1/A** et de la **résistance** placée sur le commutateur **S1/B**. Sur la broche de sortie **3** du circuit intégré **IC2** on prélève des **ondes carrées** qui, à nouveau nettoyées par les deux derniers inverseurs **IC1/E** et **IC1/F**, seront ensuite appliquées au **trimmer R14** et prélevées sur son curseur pour charger le condensateur électrolytique **C17**. La **tension** présente sur l'**électrolytique** est ensuite appliquée sur les douilles de **sortie** pour être lue par le **multimètre**.

### Tension et rapport cyclique

Comment est-il possible d'obtenir une **tension continue** à partir d'un signal



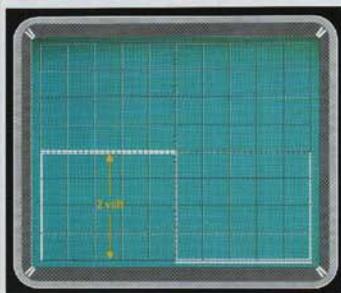


Figure 3 : Pour connaître la valeur de tension sur laquelle se charge le condensateur C17, il faut savoir quelle est l'amplitude maximale du signal et combien de carreaux occupe en horizontal une onde carrée complète. Dans cet exemple nous avons un signal qui atteint 2 V et une onde complète qui occupe 10 carreaux.

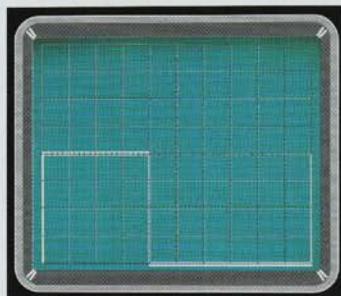


Figure 6 : Sur cet écran l'onde complète occupe 10 carreaux et la demi onde positive seulement 4 carreaux ; le condensateur C17 se charge avec une tension de:

$$(4 : 10) \times 2 = 0,8 \text{ V.}$$

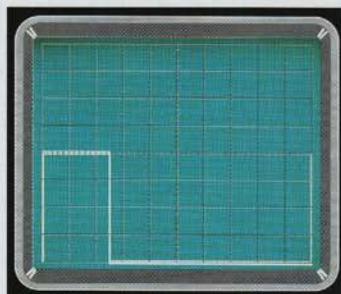


Figure 7 : Sur cet écran l'onde complète occupe 10 carreaux mais la demi onde positive seulement 2,5 carreaux ; le condensateur C17 se charge avec une tension de:

$$(2,5 : 10) \times 2 = 0,5 \text{ V.}$$

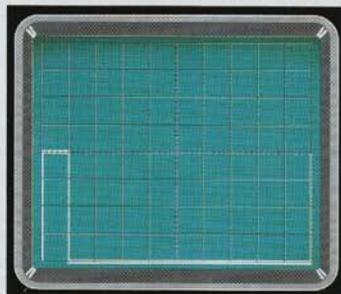
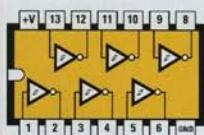
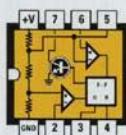


Figure 8 : Sur cet écran l'onde complète occupe 10 carreaux mais la demi onde positive seulement 1 carreau ; le condensateur C17 se charge avec une tension de seulement:

$$(1 : 10) \times 2 = 0,2 \text{ V.}$$



74HC14



TS 555 - ICM 7555

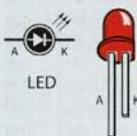
Figure 4 : Brochages des deux circuits intégrés vus de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche. Le circuit intégré TS555 peut être remplacé par le ICM7555.



MC 78L05



2N2222



LED

Figure 5 : Brochages du circuit intégré régulateur de tension MC78L05 et du transistor métallique 2N2222 vus de dessous. L'anode (A) est la patte la plus longue de la LED et elle est reliée au +.



Figure 9 : Sur le cadran du multimètre vous avez plusieurs échelles graduées ; pour obtenir une lecture simplifiée nous conseillons de prendre l'échelle graduée de 0 à 100.

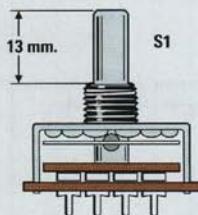


Figure 10 : Avant d'insérer les broches du commutateur rotatif S1 dans les trous du circuit imprimé (voir figure 14), vous devez couper son axe avec une scie à métaux pour ramener sa longueur à 13 mm.

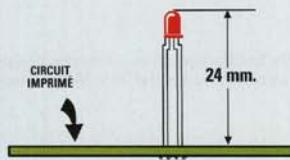


Figure 11 : Quand vous insérez les deux pattes de la LED DL1 dans le circuit imprimé, placez la plus longue dans le trou A (anode). Avant de souder les pattes vérifiez que le sommet de sa «tête» est bien à 24 mm de hauteur.



Figure 12 : Après avoir inséré dans le circuit imprimé tous les composants requis, vous pouvez fixer la platine à l'intérieur du boîtier plastique à l'aide des 4 vis autotaraudeuses.

Dans ces conditions, le condensateur C17 se chargera avec une tension continue de seulement :

$$(1 : 10) \times 2 = 0,2 \text{ V}$$

### Les calibres du fréquencesmètre

Ce fréquencesmètre, doté de 5 calibres, permet de mesurer sur le fond d'échelle du multimètre les fréquences suivantes:

1<sup>er</sup> calibre = fréquence maximale 100 Hz

2<sup>ème</sup> calibre = fréquence maximale 1000 Hz

3<sup>ème</sup> calibre = fréquence maximale 10.000 Hz

4<sup>ème</sup> calibre = fréquence maximale 100.000 Hz

5<sup>ème</sup> calibre = fréquence maximale 1 000.000 Hz

Pour chacun de ces calibres, si l'on applique la fréquence maximale, le multimètre mesure toujours une valeur de tension de 1 V CC.

Pour simplifier la lecture, même si le multimètre est commuté sur 1 V fond d'échelle, nous conseillons d'utiliser l'échelle graduée de 0 à 100 (voir la figure 9).

Donc si en tournant le commutateur sur le premier calibre de 100 Hz fond d'échelle, l'aiguille de l'instrument se positionne sur 100-60-50-20, il va sans dire que ces valeurs correspondront à des Hz.

Si en revanche le commutateur S1 est sur le deuxième calibre des 1 000 Hz fond d'échelle et si l'aiguille de l'instrument se positionne sur 100-60-50-20, ces valeurs seront multipliées x10:

$$\begin{aligned} 100 \times 10 &= 1\ 000 \text{ Hz} \\ 60 \times 10 &= 600 \text{ Hz} \\ 50 \times 10 &= 500 \text{ Hz} \\ 20 \times 10 &= 200 \text{ Hz} \end{aligned}$$

- sur le 3<sup>ème</sup> calibre elles seront multipliées x100

- sur le 4<sup>ème</sup> calibre elles seront multipliées x1 000

- sur le 5<sup>ème</sup> calibre elles seront multipliées x10 000.

### La réalisation pratique

En possession du circuit imprimé EN1732 dont les figures 14b et 14c donnent le dessin à l'échelle 1:1 et tous les composants requis, sans oublier le boîtier plastique avec face avant en aluminium percée et sérigraphiée (voir photo de début d'article), vous allez pouvoir procéder à la réalisation pratique de cet adaptateur fréquencesmètre pour multimètre.

Prenez tout d'abord le commutateur rotatif S1 et, comme le montre la figure 10, raccourcissez son axe à 13 mm au moyen d'une scie à métaux.

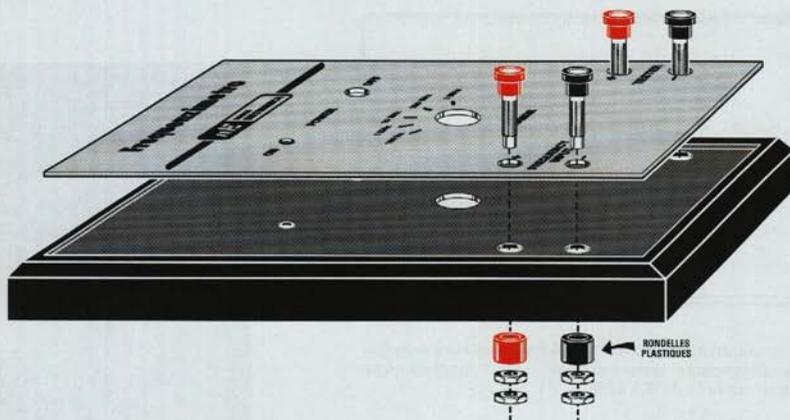


Figure 13 : La face avant en aluminium est fixée sur le boîtier plastique au moyen des douilles d'entrée et de sortie. Avant d'insérer les douilles, ôtez les rondelles plastiques et remettez-les derrière le panneau avant de visser les écrous.

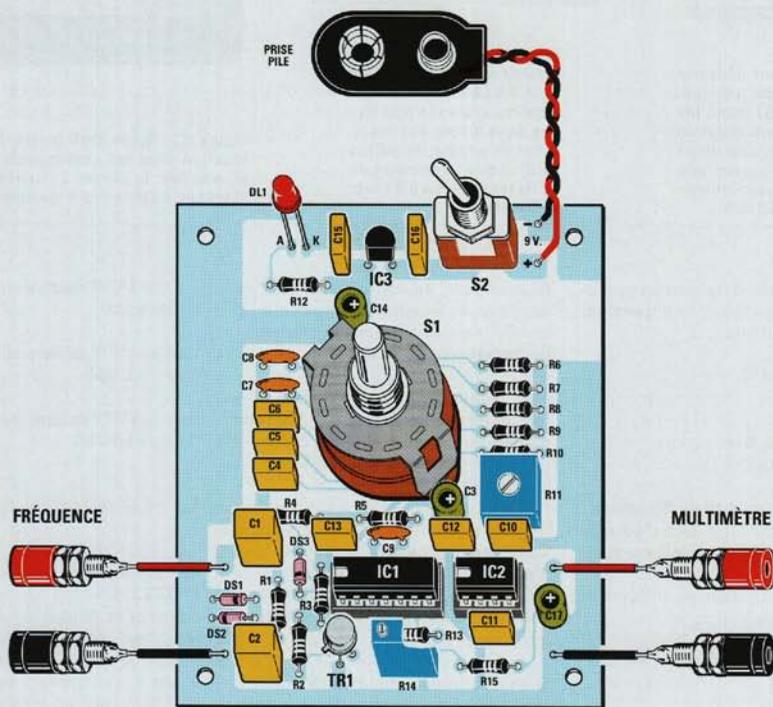


Figure 14a : Schéma d'implantation des composants de l'adaptateur fréquencemètre pour multimètre analogique ou numérique permettant de lire la valeur d'une fréquence jusqu'à 1 MHz. Quand vous insérerez dans le circuit imprimé le transistor métallique TR1, vous devrez orienter le petit ergot repère-détrompeur vers la résistance R2. Vous devrez en outre positionner le circuit Intégré IC3 de manière à orienter son méplat vers le commutateur rotatif S1 ; quant aux deux circuits intégrés IC1-IC2, insérez-les dans leurs supports, repère-détrompeurs en U vers la gauche.

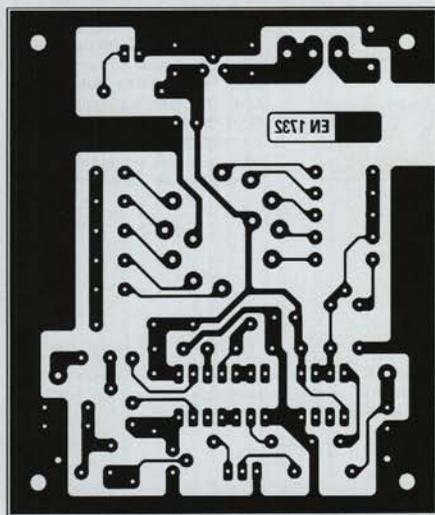


Figure 14b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de l'adaptateur fréquencemètre pour multimètre côté soudures.

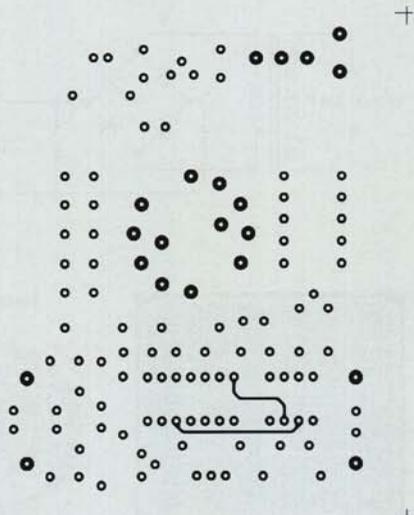


Figure 14c : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de l'adaptateur fréquencemètre pour multimètre côté composants.

Ensuite, insérez dans le circuit imprimé les broches de ce commutateur et soudez-les sur les pistes de cuivre du côté opposé.

Cette opération étant terminée, insérez aussi les supports des deux circuits intégrés **IC1** - **IC2** repère détrompeur en U vers la gauche comme le montre la figure 14 ; ensuite, en haut à droite, insérez les trois broches de l'**Inverseur S2**.

Poursuivez le montage en insérant toutes les **résistances** et comme quatre d'entre elles (elles ont une tolérance de 1%) ont **5 bagues** colorées au lieu de **4**, nous allons vous aider dans leur déchiffrage :

**1,01 k**  
Marron Noir Marron Marron Marron

**10,1 k**  
Marron Noir Marron Rouge Marron

**101 k**  
Marron Noir Marron Orange Marron

**1,01 M**  
Marron Noir Marron Jaune Marron

Cette opération terminée, vous pouvez souder les **diodes** avec les **bagues noires** qui sont imprimées sur leurs boîtiers orientées comme suit (respectez bien le sens) :

- la **bague noire** de la diode **DS1** est orientée vers la résistance **R1** ;
- la **bague noire** de la diode **DS2** est orientée à gauche ;
- la **bague noire** de la diode **DS3** est orientée vers le bas (voir figure 14).

Maintenant vous pouvez insérer tous les **condensateurs polyester**, puis les **céramiques** et enfin les **électrolytiques**, sans oublier que pour ces derniers la patte la **plus longue** doit être soudée du côté du +. Le **trimmer R11** de **100 ohms** est à placer au dessus de **IC2**, alors que le second **trimmer multitour R14** de **1 k** est à insérer sous **IC1**.

Pour terminer, il faut encore insérer le transistor métallique **TR1** à proximité du trimmer **R14**, ergot repère-détrompeur vers la résistance **R2** (voir figure 14). Le circuit intégré régulateur de tension **IC3** est inséré entre les deux condensateurs polyester **C15-C16**, **méplat** vers le commutateur **S1** : ne l'enfonchez pas à fond mais laissez entre la base de ce composant et le circuit imprimé environ **5 mm**. En ce qui concerne la LED **DL1**, vous devez enfler dans le trou **A** (anode), situé à gauche, sa patte la **plus longue**, en maintenant la hauteur totale à environ **24 mm** du circuit imprimé (voir figure 11).

Pour terminer le montage, vous allez insérer les deux circuits intégrés **IC1-**

**IC2** dans les **supports** en orientant bien les repère-détrompeurs en U vers gauche. Ensuite, reliez les deux fils **rouge** et **noir** du connecteur de la **pile** aux trous situés à droite de l'**inverseur S2**.

Montez maintenant les quatre **douilles** et fixez-les sur la face avant en aluminium : elles permettent d'injecter la **fréquence** à mesurer et de prélever la tension de sortie pour le **multimètre**. Ces quatre douilles sont reliées aux points indiqués sur le circuit imprimé avec quatre morceaux de fil isolés d'environ **15 cm** de longueur.

Après avoir fixé le circuit imprimé sur le demi couvercle du boîtier plastique à l'aide des quatre vis autotaraudeuses, fermez le boîtier et fixez le bouton sur l'axe du commutateur rotatif **S1**.

### Le réglage du fréquencemètre avec 100 Hz

Pour effectuer le **réglage** du fréquencemètre il faudrait utiliser un **générateur BF** précis, mais comme tous les amateurs n'en disposent pas, nous allons vous apprendre à le régler en utilisant un simple **transformateur** doté d'un secondaire fournissant une tension alternative comprise entre **6 V** et **18 V**.

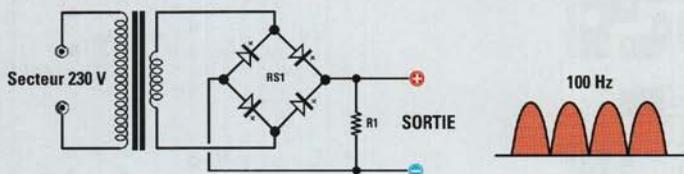


Figure 15: Pour régler le fréquencemètre il suffit de prendre un petit transformateur doté d'un secondaire fournissant une tension comprise entre 6 et 18 V. Appliquons sur ce secondaire un pont redresseur et à sa sortie nous aurons une fréquence de 100 Hertz.

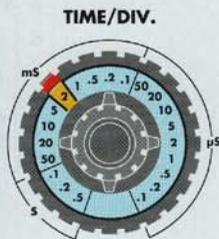
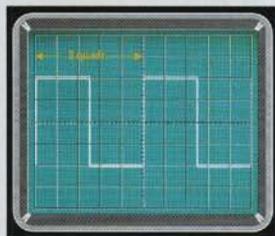


Figure 16 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 5 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 2 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (2 \times 5) = 100\ \text{Hz}$$

Figure 17 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 10 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 2 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (2 \times 10) = 50\ \text{Hz}$$

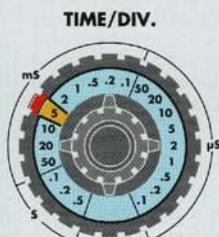
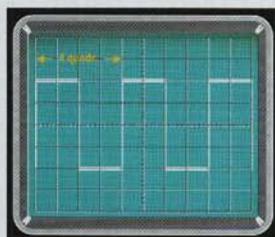
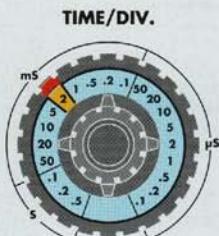
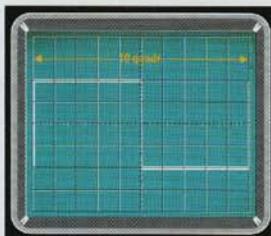
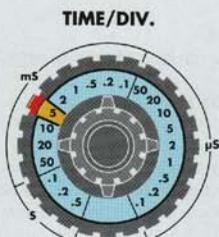
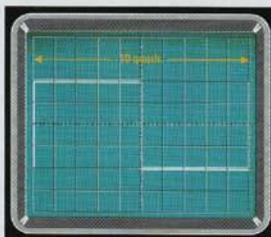


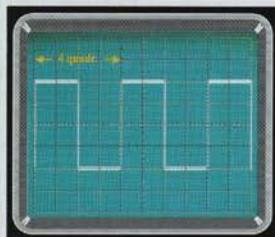
Figure 18 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 4 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 5 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (5 \times 4) = 50\ \text{Hz}$$

Figure 19 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 10 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 5 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (5 \times 10) = 20\ \text{Hz}$$





TIME/DIV.

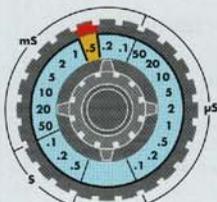
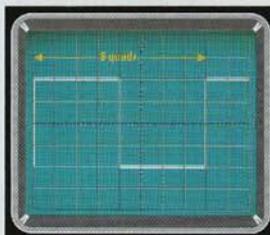


Figure 20 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 4 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 0,5 mS, ce signal aura une fréquence de:

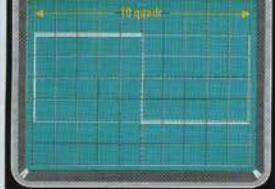
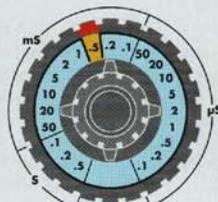
$$1\ 000 : (0,5 \times 4) = 500\ \text{Hz}$$

Figure 21 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 8 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 0,5 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (0,5 \times 8) = 250\ \text{Hz}$$



TIME/DIV.



TIME/DIV.

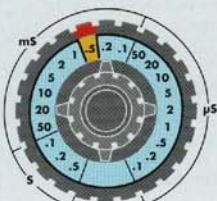
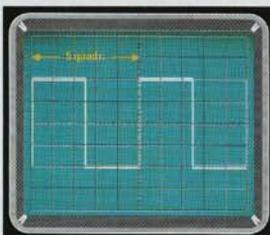


Figure 22 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 10 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 0,5 mS, ce signal aura une fréquence de:

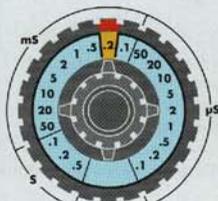
$$1\ 000 : (0,5 \times 10) = 200\ \text{Hz}$$

Figure 23 : Si à l'écran apparaît une onde complète de 5 carreaux, en réglant le bouton de Time/div. sur 0,2 mS, ce signal aura une fréquence de:

$$1\ 000 : (0,2 \times 5) = 1\ 000\ \text{Hz}$$



TIME/DIV.



Appliquons cette tension à un pont de diode (voir figure 15) et récupérons à sa sortie une tension redressée de 100 Hz. Appliquons maintenant cette tension à l'entrée du fréquencesmètre commuté sur le premier calibre de 100 Hz et réglons le multimètre sur le calibre 1 V CC. Tournez lentement le curseur du trimmer R14 jusqu'à ce que l'aiguille dévie en fond d'échelle.

Si vous utilisez pour lire la fréquence l'échelle graduée de 0 à 100, le nombre 100 correspondra à 100 Hz. Si vous passez sur le deuxième calibre de 1 000 Hz il va sans dire qu'en mesurant 100 Hz, l'aiguille s'immobilisera sur le nombre 10, en effet  $10 \times 10 = 100\ \text{Hz}$ . Sur le calibre de 10 000 Hz vous ne pourrez plus lire 100 Hz, parce que l'aiguille ne déviara que de quelques millimètres.

Si sur le premier calibre la fréquence de 100 Hz correspond avec le fond d'échelle, il est évident que les autres calibre correspondront aussi parce que sur le commutateur S1/B on a inséré des résistances de précision (voir R6 à R10).

Pour le calibre de 1 MHz fond d'échelle il a fallu ajouter un trimmer

(voir R11) en série avec la résistance R10, car la résistance fixe seule ne permet pas d'atteindre une précision suffisante pour ce calibre. Bien sûr, pour effectuer un réglage précis de ce calibre, il est nécessaire de disposer d'un **générateur de fréquence** ou bien d'un **oscillateur à quartz** avec fréquence maximale de **1 MHz**. Si vous travaillez uniquement en basses fréquences et en fréquences ultrasoniques jusqu'à **100 KHz**, vous pouvez laisser à mi course le trimmer R11.

## Le réglage à l'oscilloscope

Si vous avez réalisé de simples **oscillateurs BF**, qui sont toujours dépourvus d'un indicateur de la **fréquence produite** et si vous avez la chance de posséder un **oscilloscope**, vous allez pouvoir l'utiliser pour déterminer la valeur de la **fréquence** appliquée sur son entrée, simplement en observant combien de **carreaux** occupe en **horizontal** une **onde complète** composée d'une **demi onde positive** et d'une **demi onde négative** (voir figure 3) et en contrôlant sur quelle position se trouve le bouton de **Time/Div**.

Avec le nombre de **carreaux** d'une onde complète, vous pouvez connaître la valeur exacte de la **fréquence** en utilisant les formules suivantes :

$$\text{Hz} = 1000 : (\text{mS} \times \text{nombre de carreaux})$$

$$\text{kHz} = 1000 : (\mu\text{S} \times \text{nombre de carreaux})$$

$$\text{MHz} = 1 : (\mu\text{S} \times \text{nombre de carreaux})$$

Connaissant la valeur en **Hz - kHz - MHz** d'une **fréquence**, on pourra savoir sur quelle position placer le bouton du **Time/div** pour connaître le nombre de **carreaux** qu'occupe une **onde entière** en utilisant la formule :

$$\text{nombre de carreaux} = 1000 : (\text{mS} \times \text{Hz})$$

$$\text{nombre de carreaux} = 1000 : (\mu\text{S} \times \text{kHz})$$

$$\text{nombre de carreaux} = 1 : (\mu\text{S} \times \text{MHz})$$

**1<sup>er</sup> exemple** : si le bouton de **Time/div** est sur **2 mS** (voir figure 16) et si sur l'écran apparaît une **onde carrée complète** couvrant **5 carreaux**, pour connaître la valeur de la fréquence vous pouvez utiliser cette formule :

$$\text{Hz} = 1000 : (\text{mS} \times \text{nombre de carreaux})$$

$$1000 : (2 \times 5) = 100 \text{ Hz}$$

Si elle couvre **10 carreaux** comme le montre l'exemple de la figure 17, sa fréquence est de :

$$1000 : (2 \times 10) = 50 \text{ Hz}$$

**2<sup>eme</sup> exemple** : si le bouton de **Time/div** est sur **5 mS** (voir figure 18) et si sur l'écran apparaît une **onde carrée complète** couvrant **4 carreaux**, cette fréquence est toujours de :

$$1000 : (5 \times 4) = 50 \text{ Hz}$$

Si l'onde carrée couvre **10 carreaux** (voir figure 19), sa fréquence est de :

$$1000 : (5 \times 10) = 20 \text{ Hz}$$

**3<sup>eme</sup> exemple** : si en réglant **Time/div** sur le calibre **0,5 mS** (voir figure 20), vous voyez apparaître à l'écran une **onde complète** couvrant **4 carreaux**, pour connaître la valeur de cette **fréquence** vous devez toujours utiliser la formule :

$$\text{Hz} = 1000 : (\text{mS} \times \text{nombre de carreaux})$$

ce qui fait :

$$1000 : (0,5 \times 4) = 500 \text{ Hz}$$

Si le bouton de **Time/div** est toujours sur **0,5 mS** (voir figure 21) et si apparaît à l'écran une **onde carrée complète** couvrant **8 carreaux**, la valeur de cette **fréquence** est de :

$$1000 : (0,5 \times 8) = 250 \text{ Hz}$$

Si nous appliquons à l'entrée de l'**oscilloscope** une fréquence inconnue et si en réglant le bouton de **Time/div** sur **0,5 mS**, nous voyons apparaître une **onde complète** de **10 carreaux** (voir figure 22), la **fréquence** inconnue est de :

$$1000 : (0,5 \times 10) = 200 \text{ Hz}$$

Si nous voyons apparaître une **onde carrée complète** couvrant **5 carreaux** (voir figure 23), en réglant le bouton de **Time/div** sur **0,2 mS** la fréquence est de :

$$1000 : (0,2 \times 5) = 1000 \text{ Hz}$$

Avec ces exemples nous avons démontré que pour connaître la valeur réelle

d'une **fréquence** il faut toujours vérifier la **position** sur laquelle se trouve le bouton de **Time/div** et le nombre de **carreaux** qu'occupe une **onde carrée complète**.

## Conclusion

En lisant cet article, vous avez appris à réaliser un **fréquencemètre analogique** simple et vous avez également compris comment on peut transformer une **onde carrée** en une **tension continue**. En apprenant en outre combien de **carreaux** occupe en **horizontal** une **onde carrée complète** composée d'une **demi onde positive** et d'une **demi onde négative**, vous savez désormais bien trouver avec un **oscilloscope** sa **fréquence** exacte. Avec cet instrument vous pouvez vous amuser à calculer combien de **carreaux** doivent apparaître à l'écran, en utilisant **différentes fréquences** et en agissant sur le bouton de **Time/div**.

## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet adaptateur fréquencemètre pour multimètre EN1732 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/110.zip> ◆

**ELECTRONIQUE ET LOISIRS**

**n°109**  
HIVER 2009

LA RÉMÉRIQUE NÉMI ET PARALLÈLE D'UN QUARTZ

UN ADDRESSEUR MÉDICAL

UN TESTEUR DE REFLEXES

RÉTROANALYSE DES MONITEURS DE NÉOL

MEUBLES : CONSTRUCTION D'UN GÉNÉRATEUR

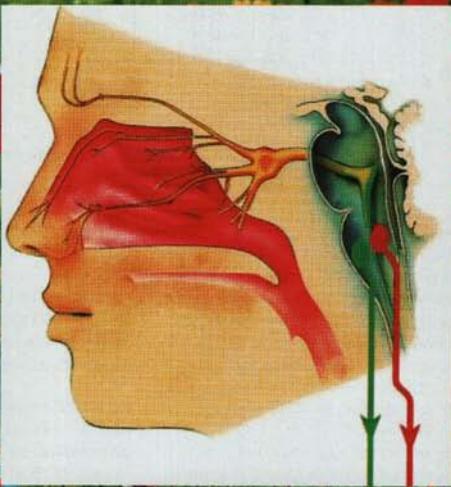
UN JEU DE LUMIÈRES ANNÉES PAR LES NOMS... ETC...

**SOMMAIRE DÉTAILLÉ PAGE 4**

ISSN 1146-1134

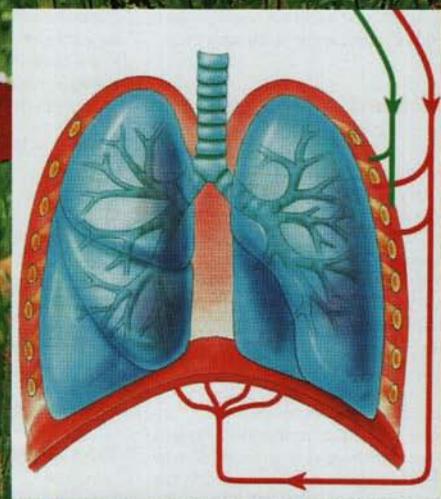
# Un purificateur d'air électronique à ionisation négative

Il est bien connu que l'air que nous respirons est pollué par d'innombrables particules plus ou moins fines, gaz d'échappement des véhicules, poussières industrielles ou agricoles, pollens de fleurs et graminées, etc. Cela peut avoir de multiples conséquences pour notre appareil respiratoire: refroidissements, éternuements, toux, picotements et rougeurs des yeux avec larmoiement consécutif. Notre purificateur d'atmosphère ionisant constitue une solution optimale pour vaincre ce type de réaction allergique.



C'était il y a bien longtemps, en 1905, à l'Institut de Physique «P. Curie» à Paris, que l'on découvrit qu'en **ionisant** l'air avec des décharges à haute tension de **polarité négative**, les **ions** agressaient la poussière en suspension dans l'air et le **purifiaient** de toutes les substances polluantes. L'action bénéfique des ions négatifs sur certaines fonctions importantes de l'organisme humain est aujourd'hui largement documentée: ils contribuent en effet à renforcer nos défenses immunitaires, améliorent la microcirculation et assurent une parfaite oxygénation du sang. Et ce n'est pas tout: ils ont également une action antiseptique naturelle et sont donc un auxiliaire non négligeable dans le traitement des perturbations de l'appareil respiratoire, de l'asthme et des allergies aux pollens, à la toux, etc.

Disposer d'un purificateur d'air en mesure de produire des ions négatifs et d'éliminer les pollens, les fines poussières et toutes les innombrables impuretés en suspension dans l'air que nous respirons, constitue une vraie **panacée** pour notre santé. En outre, l'air ionisé détruit et neutralise aussi la fumée de cigarette, ainsi que les solvants et les propulseurs présents dans les aérosols domestiques.



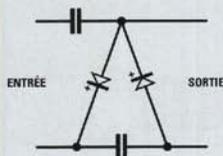


Figure 1 : Un étage redresseur-élevateur de tension est composé de deux diodes et de deux condensateurs. Étant donné que dans notre circuit nous avons monté cinq étages, à sa sortie nous aurons plus de 9 000 V.

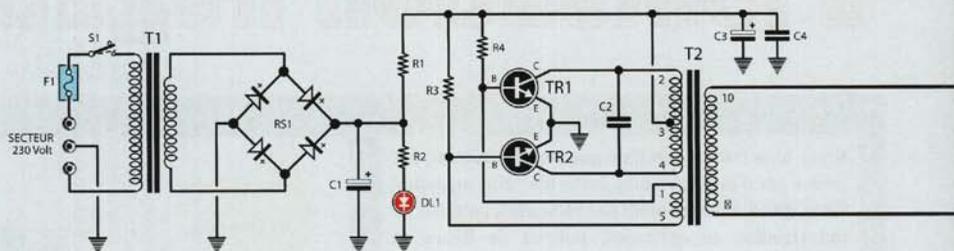


Figure 2 : Schéma électrique du purificateur d'air à ionisation électronique.

C'est pour tout cela que nous vous suggérons d'installer chez vous un tel purificateur d'air à ionisation négative; non seulement à l'intérieur de votre maison mais également dans tous les lieux de vie ou de passage, comme le bureau, la salle d'attente, le magasin, etc.

**Note:** précisons que dans cet article il s'agit des seules allergies de l'appareil respiratoire et non de celles provoquées par l'ingestion d'aliments ou par le contact cutané de certaines substances.

### Le schéma électrique

Pour **ioniser** l'air avec une tension **négative** en mesure de détruire les impuretés en suspension il est nécessaire d'avoir une **tension continue** dépassant une valeur de **9 000 V**. Le système le plus simple pour obtenir une tension aussi **élevée** est d'utiliser un transformateur relié au secteur 230 V 50 Hz et dont le secondaire délivre une tension **alternative** d'environ **12 V**.

Après avoir redressé cette tension avec le pont **RS1** nous obtenons une tension **continue** d'environ **17 V**, que nous utiliserons pour alimenter les deux transistors **NPN BD241** reliés aux deux enroulements **primaires** du transformateur **T2** (voir figure 2).

Ces enroulements feront osciller les transistors **TR1-TR2** sur une fréquence d'environ **60 kHz** et nous permettront de récupérer sur le secondaire une tension **alternative** d'environ **700 V**.

Comme il nous faut une tension **continue** dépassant **9000 V**, cette tension **alternative** de **700 V** sera **élevée** au moyen de **5 étages**. Comme le montre la figure 1, chaque étage se compose de 2 diodes redresseuses de 12 000 V et de 2 condensateurs de 3 000 V. La tension alternative de 700 V appliquée aux 5 étages (voir figure 2) atteint en sortie une valeur de tension **continue** de:

$$V \text{ sortie} = VAC \times 2,82 \times \text{nombre cellules}$$

où : **VAC** = **700 V AC** prélevés sur le secondaire de **T2**.

**2,82** = multiplicateur des **V crête-crête** alternatifs.

**nombre cellules** = nombre des **cellules élévatrices**.

Ainsi nous obtenons :

$$700 \times 2,82 \times 5 = 9\,870 \text{ V}$$

Mais une **valeur de tension** aussi élevée (dépassant **9 000 V**) n'est-elle pas extrêmement dangereuse?

Eh bien non: nous vous assurons qu'elle est **absolument sans danger** parce que caractérisée par un **courant microscopique**. Si vous touchiez par inadvertance la pointe rayonnante vous ressentiriez une secousse due à la **décharge** mais pas davantage qu'avec une banale décharge électrostatique comme on en a souvent en touchant la portière de la voiture.

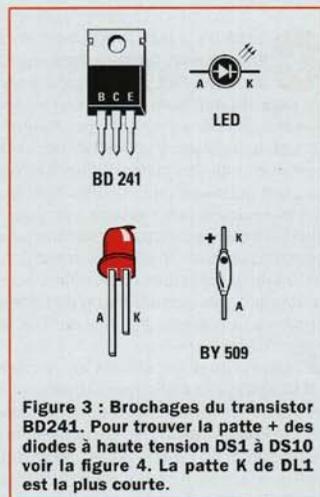


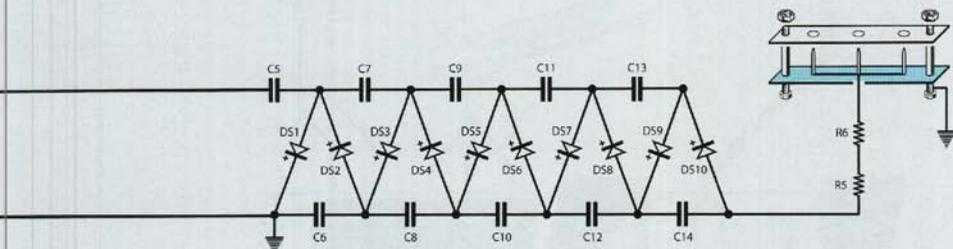
Figure 3 : Brochages du transistor BD241. Pour trouver la patte + des diodes à haute tension DS1 à DS10 voir la figure 4. La patte K de DL1 est la plus courte.

Liste des composants  
EN1736

- R1 .... 1
- R2 .... 1,2 k
- R3 .... 10 k
- R4 .... 10 k
- R5 .... 5,6 M 1/2 W
- R6 .... 5,6 M 1/2 W
- C1 .... 1 000 µF électrolytique/25V

- C2 ..... 47 nF polyester
- C3 ..... 100 µF électrolytique/25V
- C4 ..... 100 nF polyester
- C5 ..... 4,7 nF 3 000 V céramique
- (...)
- C14 .... 4,7 nF 3 000 V céramique
- DL1 ... LED
- RS1 ... pont redresseur 100 V 1 A
- DS1 ... BY509 ou BY8412

- (...)
- DS10 . BY509 ou BY8412
- TR1 ... NPN BD241
- TR2 ... NPN BD241
- F1 .... fusible réarmable 145 mA
- T1 ..... transfo. 6 W (T006.06)  
sec. 12 V 0,5 A
- T2 ..... transfo. ferrite TM1025
- S1 ..... interrupteur



Ajoutons enfin que nous n'allons pas obtenir exactement une tension d'une valeur de **9 870 V**, car une chute de tension est introduite par la **réactance** des condensateurs de **4,7 nF** et la chute de tension dans les **diodes redresseuses** à haute tension **BY509** (équivalentes aux **BY8412**).

Le schéma électrique de la figure 2 montre qu'une extrémité du secondaire de T2 est reliée à la prise de terre par l'intermédiaire des 230 V, alors que la tension négative sortant de la diode DS10 est reliée aux pointes ou aiguilles rayonnantes à travers les résistances R5-R6.

La réalisation pratique

Pour réaliser ce **purificateur** en mesure de détruire toutes les impuretés suspendues dans l'air vous devez fabriquer ou vous procurer le circuit imprimé **EN1736**, dont la figure 5b donne le dessin à l'échelle 1:1. Nous vous conseillons de commencer le montage par les étages **haute tension** composés des diodes **BY509** (équivalentes aux **BY8412**).

Ces diodes devant être insérées en respectant leur **polarité**, vous pouvez être en difficulté parce que la **patte positive**, appelée **cathode**, est presque

toujours marquée d'un microscopique point **rouge** ou **noir** lequel, avec le temps, s'**efface**! Comment alors savoir quelle est la patte + ?

En utilisant un multimètre en position **ohm** comme on le fait pour les **diodes**, il n'est pas possible de détecter la patte + parce que ces diodes, travaillant à **haute tension**, sont caractérisées par des résistances ohmiques très élevées.

Le seul système permettant de trouver la patte + est d'utiliser un **multimètre** commuté sur le calibre **VCC** et une banale **alimentation** stabilisée ou une **pile de 9 V**. Comme le montre la figure 4, une patte de la **diode** est à relier à la sortie **positive** de l'alimentation ou à celle de la **pile**. A la sortie **négative** on relie la **pointe de touche négative** du **multimètre**, la **pointe de touche positive** allant à la patte restante de la **diode** comme le montre la figure 4.

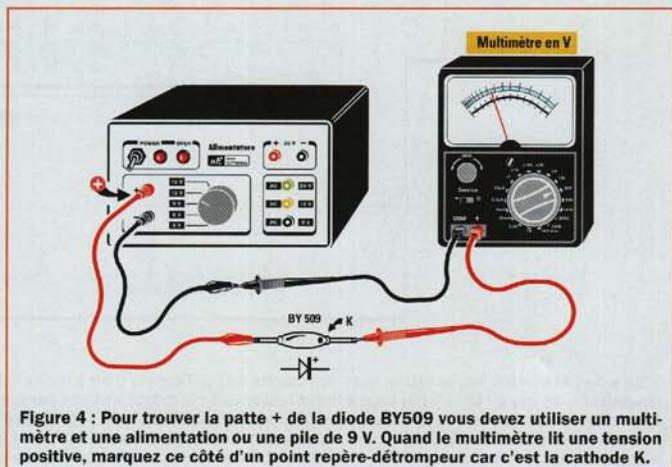


Figure 4 : Pour trouver la patte + de la diode BY509 vous devez utiliser un multimètre et une alimentation ou une pile de 9 V. Quand le multimètre lit une tension positive, marquez ce côté d'un point repère-détrompeur car c'est la cathode K.

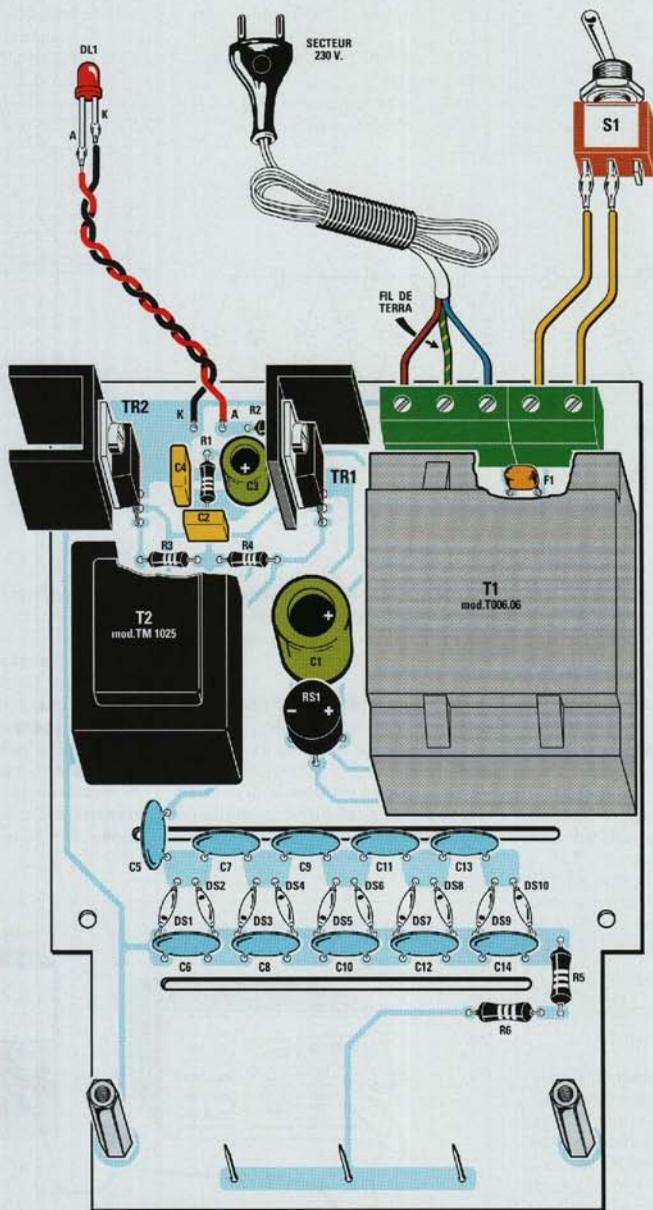


Figure 5a : Schéma d'implantation des composants du purificateur d'air à ionisation électronique. Les trois aiguilles ou clous (ou pointes) en bas du circuit imprimé doivent toutes avoir la même hauteur par rapport à la surface de la platine. Quand vous insérez les diodes à haute tension, orientez bien les pattes +, que vous avez déjà repéré par un point repère-détrompeur, dans les mêmes sens que sur le dessin, sans quoi la tension de sortie ne serait pas dupliquée comme il se doit. Le fil de «terre-vert-jaune» du cordon d'alimentation est à fixer dans le trou central du bornier de gauche.

Figure 5b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du purificateur d'air à ionisation électronique.

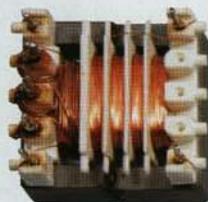
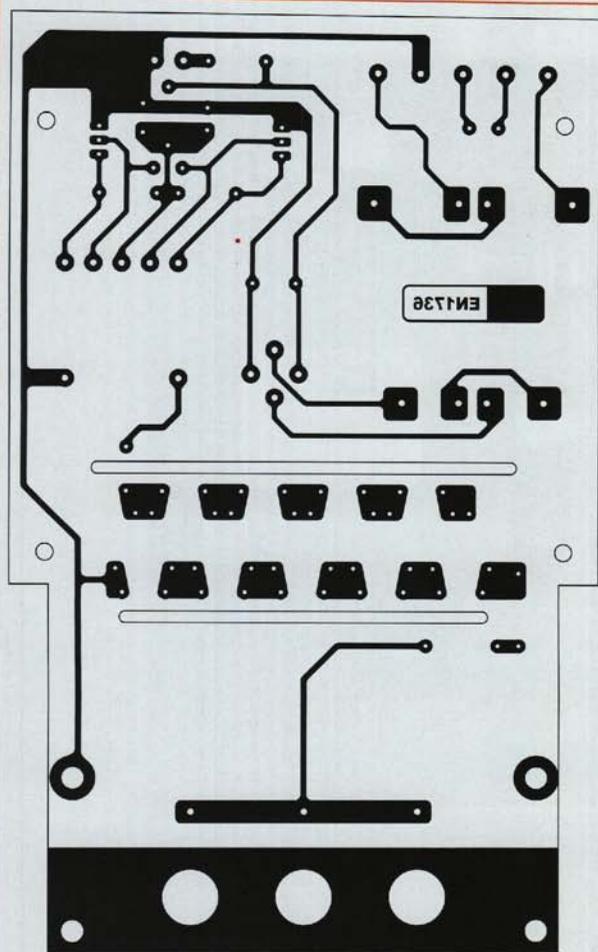


Figure 6: Le noyau de T2 est en ferrite parce qu'il doit travailler à 50 kHz environ. Comme cette photo le montre bien, son secondaire est enroulé sur une carcasse à plusieurs séparateurs afin d'éviter que la haute tension produite (environ 700 V) ne puisse créer un amorçage entre spires. Cette tension appliquée à 5 cellules électrolytiques permet d'obtenir en sortie une tension d'environ 9 800 V.

Figure 7: Le transformateur T2 n'est pas disponible -nu- comme le montre la figure 6, mais inséré dans un boîtier plastique rempli d'une résine isolante spéciale à chaud afin de le protéger contre l'humidité. Les broches des trois enroulements (voir figure 2) sont aux côtés des trous du circuit imprimé.

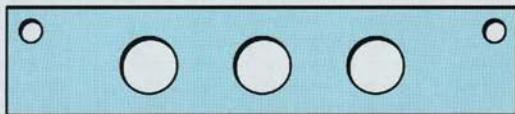
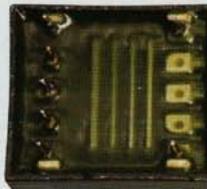


Figure 8: Le petit circuit imprimé à trois gros trous sera fixé sur le circuit imprimé principal au moyen de deux entretoises hexagonales métalliques, comme le montre la figure 10.

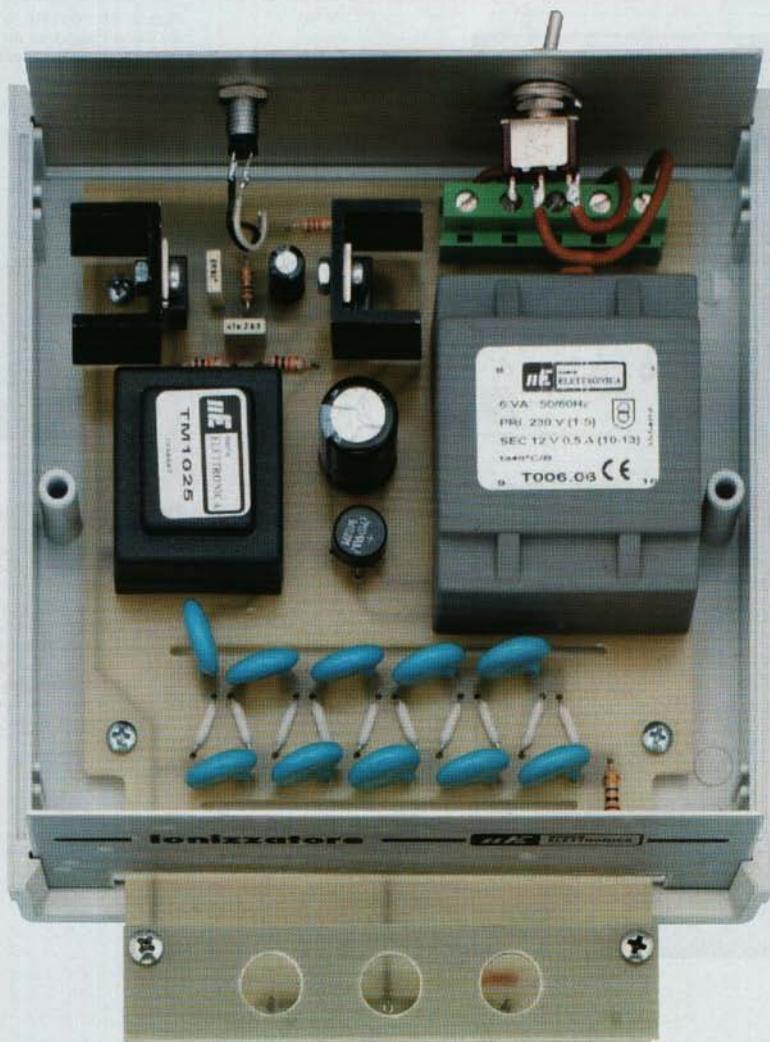


Figure 9 : Photo d'un des prototypes de la platine EN1736 avec tous les composants montés et fixés au fond du boîtier plastique avec face avant et panneau arrière en aluminium anodisé et sérigraphié. Le panneau arrière doit être percé de trois trous pour laisser sortir la LED, l'inverseur S1 et entrer le cordon secteur 230 V (voir figure 5). Quand vous fixerez les trois aiguilles rayonnantes à l'avant du circuit imprimé, faites en sorte qu'elles soient toutes trois à la même hauteur, sinon vous ne verrez pas l'arc lumineux sur les trois mais sur une seule.

Si la patte **positive** de la diode est orientée vers le **multimètre** vous lirez une **tension positive**, tandis que si c'est la patte **négative** qui est tournée vers le multimètre vous ne lirez aucune tension. Il va de soi que si vous ne lisez aucune tension il suffira d'inverser le sens du composant.

**Note:** les diodes redresseuses pour des tensions au dessus de **12 000 V**

offrent dans les basses tensions une résistance ohmique élevée. Par conséquent si vous appliquez à leur entrée une tension continue de **9 V**, vous lirez sur le multimètre une tension de seulement **4 V** environ; si vous appliquez une tension **continue** de **12 V** vous lirez seulement **6 V**.

Quand vous avez trouvé la patte + nous vous conseillons de la repérer par un

**point**, afin de ne pas l'insérer dans le circuit imprimé (voir figure 5) en sens inverse.

Quand vous avez soudé dans le bon sens toutes les diodes à **haute tension** (c'est-à-dire avec le **point repère-détrompeur** vers le trou +), continuez avec tous les condensateurs à **disque** à **haute tension** (de **C5** à **C14**) de **couleur bleue** (impression sur l'enrobage: **472-Z 3KV**).



Figure 10 : Photo d'un des prototypes de la platine EN1736 où l'on voit comment est fixé le petit circuit imprimé de la figure 8 sur le circuit imprimé de base, avec deux entretoises hexagonales métalliques. La face avant en aluminium est disponible percée et sérigraphiée pour laisser sortir le circuit imprimé principal et ses trois aiguilles.

**Note:** Pour souder les pattes des **diodes** et des **condensateurs** utilisez du tinoil de très bonne qualité ne laissant pas sur le circuit imprimé des dépôts **circux**, sinon la haute tension fera des amorçages entre les pistes (voir **1er** volume du **Cours AEPZ**).

Poursuivez le montage en insérant le pont redresseur **RS1**, les deux **condensateurs polyester**, les deux **condensateurs électrolytiques** en respectant bien la polarité +/- des pattes.

Ensuite montez les deux **borniers** pour l'entrée de la tension du secteur **230 V** et pour l'interrupteur **S1** et, comme le montre la figure 5, au dessous du bornier à **2 pôles**, soudez le composant **F1** qui **n'est pas** un petit condensateur mais un **fusible auto réarmable**.

Comme le montre la figure 5, les deux transistors **TR1-TR2** sont montés sur le circuit imprimé après avoir fixé leur **semelle métallique** sur le petit **dissipateur à U** au moyen d'un petit **boulon 3MA**.

Fixez en dernier les deux transformateurs **T1-T2** sur la platine et sur l'extrémité inférieure soudez les **3 pointes rayonnantes** (toutes trois à la même hauteur), comme le montre la figure 5.

Prenez maintenant le petit circuit imprimé à **3 gros trous** (voir figure 8) et fixez-le sur le circuit imprimé principal à l'aide des deux **entretoises hexagonales**

**métalliques** que vous trouverez parmi le matériel disponible. Pour terminer, fixez sur le panneau arrière l'interrupteur **S1** qui servira pour **allumer** et **éteindre** l'appareil.

La platine montée sera ensuite installée au fond du boîtier plastique avec face avant et panneau arrière en aluminium anodisé et sérigraphié et fixée au moyen des **4 vis autotaraudeuses** (voir figure 9). Insérez ensuite dans les trous du panneau arrière la **LED**, l'interrupteur **S1** et le **cordon** d'alimentation et fixez bien les extrémités des fils dans le **bornier**.

Au moment de fixer les extrémités des fils du cordon d'alimentation au **bornier**, pensez que le **fil de terre, jaune/vert**, doit être inséré dans le trou central (voir la figure 5).

L'ionisation de l'air étant silencieuse, vous vous demandez comment savoir si elle a réellement lieu et si ce **purificateur électronique** fonctionne ou pas...

Deux solutions: soit vous regardez dans l'**obscurité** les **3 aiguilles** rayonnantes et vous voyez que leurs **pointes** sont très **lumineuses**; soit vous approchez votre visage des **3 trous** sortant de la face avant et vous devez sentir un léger **flux d'air** comme si à l'intérieur se trouvait un minuscule ventilateur.

Il s'agit d'**air ionisé** qui, en attaquant les innombrables impuretés en suspension

dans l'air, le détruit et rend ainsi l'air respiré aussi pur qu'en **haute montagne**: cela provoque un sentiment immédiat de bien être et une atténuation de la symptomatologie des affections allergiques.

Puisque ce **purificateur** ne présente aucune contre indication, vous pouvez le laisser branché 24 heures sur 24 et le placer dans un local même de grand volume.

En outre, comme il est efficace pour détruire la fumée de cigarette, vous pouvez le placer dans un lieu où l'on fume. Une personne allergique pourra aussi le placer sur sa table de nuit.

### Comment construire ce montage?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce purificateur d'atmosphère ionisant EN1736 (circuit imprimé, boîtier, composants, face avant sérigraphiée) 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/110.zip> ◆

# LABORATOIRE &

## FRÉQUENCIÈTRE PROGRAMMABLE

Ce fréquencesmètre programmable est en mesure de soustraire ou d'ajouter une valeur quelconque de la valeur lue. Fmax: 50 MHz sur 6 digits. Alim: 12 Vdc.

- EN1461.... Kit complet avec boîtier ..... 128,00 €  
EN1461KM Kit complet version montée..... 179,00 €

## FRÉQUENCIÈTRE ANALOGIQUE

Ce fréquencesmètre permet de mesurer des fréquences allant jusqu'à 100 kHz. La sortie est à connecter sur un multimètre afin de visualiser la valeur. Alimentation: 12 Vdc.

- EN1414.... Kit complet avec boîtier ..... 34,00 €  
EN1414KM Kit complet version montée..... 49,00 €

## FRÉQUENCIÈTRE À 9 CHIFFRES LCD 55 MHz

Ce fréquencesmètre numérique qui utilise un afficheur LCD "intelligent" à 16 caractères et il peut lire une fréquence jusqu'à 55 MHz ; à la visualisation sur les 9 chiffres de l'afficheur, mais il peut aussi soustraire ou ajouter la valeur de la MF d'un récepteur à l'aide de trois boutons seulement.

- EN1525.... Kit complet avec boîtier ..... 69,50 €  
EN1526.... Kit alimentation de la EN1525..... 20,00 €  
EN1525KM Version montée avec alim ..... 134,00 €

## FRÉQUENCIÈTRE NUMÉRIQUE

10 KHZ à 2 GHz

Sensibilité (Veff):  
2,5 mV de 10KHz à 1,5 MHz, 3,5 mV de 1,6 MHz à 7 MHz, 10 mV de 8 MHz à 60 MHz, 5 mV de 70 MHz à 800 MHz, 8 mV de 800 MHz à 2 GHz. Base de temps sélectionnable: 0,1 - 1 - 10 sec. Lecture sur 8 digits. Alimentation 220 VAC.

- EN1374.... Kit complet avec boîtier ..... 206,00 €  
EN1374KM Kit complet version montée..... 273,20 €

## PRÉAMPLI D'INSTRUMENTATION

400 KHZ à 2 GHz

Impédance d'entrée et de sortie: 50 Ω  
Gain: 20 dB env. à 100 MHz,  
18 dB env. à 150 MHz,  
16 dB env. à 500 MHz,  
15 dB env. à 1000 MHz,  
10 dB env. à 2000 MHz. Figure de bruit: < 3 dB.  
Alimentation: 9 Vcc (pile non fournie).

- EN1169.... Kit complet avec boîtier ..... 20,00 €  
EN1169KM Kit complet version montée..... 30,00 €

## VFO PROGRAMMABLE DE 20 MHz à 1,2 GHz

Ce VFO est un véritable petit émetteur avec une puissance HF de 10 mW sous 50 Ω. Il possède une entrée modulation et permet de couvrir la gamme de 20 à 1 200 MHz avec 8 modes distincts (EN1235/1 à EN1235/8). Basé sur un PLL, ces deux modes permettent de choisir la fréquence désirée. Puissance de sortie: 10 mW. Entrée: modulation. Alim.: 220 VAC. Gamme de fréquence: 20 à 1 200 MHz en 8 modes.

EN1234.... Kit complet avec boîtier ..... 172,20 €  
EN1234KM Kit complet version montée..... 241,00 €

## MODULES CMS

Modules CMS pour le EN1234/K, livrés montés.

- EN1235-1. Module 20 à 40 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-2. Module 40 à 85 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-3. Module 70 à 150 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-4. Module 140 à 250 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-5. Module 245 à 405 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-6. Module 390 à 610 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-7. Module 590 à 830 MHz ..... 19,70 €  
EN1235-8. Module 800 MHz à 1,2 GHz ..... 19,70 €

COMPTES DE / 1880

## GÉNÉRATEUR SINUS 1 KHZ

Il est possible, à partir de quelques composants, de réaliser un oscilateur BF simple mais capable de produire un signal à fréquence fixe à très faible distorsion. Qui plus est, même si le montage que nous vous proposons produit, à l'origine, un signal à 1 000 Hz, il vous sera toujours possible de faire varier cette fréquence par simple substitution de 3 condensateurs et 2 résistances. Alimentation: 9 à 12 Vdc.

- EN1484.... Kit complet avec boîtier ..... 26,00 €  
EN1484KM Kit complet version montée..... 36,00 €

## DEUX GÉNÉRATEURS DE SIGNAUX BF

Comme nul ne peut exercer un métier avec succès sans disposer d'une instrumentation adéquate, nous vous proposons de compléter votre laboratoire en construisant deux appareils essentiels au montage et à la maintenance des dispositifs électroniques. Il s'agit de deux générateurs BF, le EN5031 produit des signaux triangulaires et le EN5032, des signaux sinusoïdaux. Alimentation: 9 à 12 Vdc.

- EN5031.... Kit générateur de signaux triangulaires avec coffret ..... 32,00 €  
EN5031KM Kit complet version montée..... 48,00 €  
EN5032.... Kit générateur de signaux sinusoïdaux avec coffret ..... 45,00 €  
EN5032KM Kit complet version montée..... 68,00 €  
EN5004.... Kit alimentation de laboratoire avec coffret ..... 71,00 €  
EN5004KM Kit complet version montée..... 117,00 €

## GÉNÉRATEUR BF 10 KHZ - 50 KHZ

D'un coût réduit, ce générateur BF pourra rendre bien des services à tous les amateurs qui mettent au point des amplificateurs, des préamplificateurs BF ou tous autres appareils nécessitant un signal BF. Sa plage de fréquence va de 10 KHz jusqu'à 50 KHz (en 4 gammes). Les signaux disponibles sont: sinus - triangle - carré. La tension de sortie est variable entre 0 et 3,5 Vpp.

- EN1337.... Kit complet avec boîtier ..... 75,50 €  
EN1337KM Kit complet version montée..... 100,00 €

## TESTEUR DE TRANSISTOR

Ce montage didactique permet de réaliser un simple testeur de transistor. Alimentation: pile de 9 V (non fournie).

- EN5014.... Kit complet avec boîtier ..... 50,30 €  
EN5014KM Kit complet version montée..... 75,00 €

## TABLE DE VÉRITÉ ÉLECTRONIQUE

Cette table de vérité électronique est un testeur de portes logiques, il permet de voir quel niveau logique apparaît en sortie des différentes portes en fonction des niveaux logiques présents sur les entrées. Alimentation: pile de 9 V (non fournie).

- EN5022.... Table de vérité électronique ..... 47,30 €  
EN5022KM Kit complet version montée..... 71,00 €

## TESTEUR DE CAPACITÉ POUR DIODES VARICAPS

Combien de fois avez-vous tenté de connecter à un condensateur une diode varicap pour connaître son exacte capacité sans jamais y arriver? Si vous voulez connaître la capacité exacte d'une quelconque diode varicap, vous devez construire cet appareil. Lecture: sur testeur analogique en µA ou galvanomètre. Alimentation: pile de 9 V (non fournie).

- EN1274.... Kit complet avec boîtier ..... 43,00 €  
EN1274KM Kit complet version montée..... 59,00 €

## TESTEUR DE POLARITÉ D'UN HAUT-PARLEUR

Pour connecter en phase les haut-parleurs d'une chaîne stéréo, il est nécessaire de connaître la polarité des entrées. Ce kit vous permettra de déterminer, avec une extrême facilité, le pôle positif et le pôle négatif d'un quelconque haut-parleur ou d'une enceinte acoustique. Alimentation: Pile de 9 V (non fournie).

- EN1481.... Kit complet avec boîtier ..... 12,20 €  
EN1481KM Kit complet version montée..... 19,00 €

## INDUCTANCIÈTRE NUMÉRIQUE

DE 0,1 µH A 300 MH

Cet appareil de classe professionnelle permet de mesurer l'inductance des selfs. Il est équipé d'un afficheur LCD à dix chiffres et son échelle de mesure s'étend jusqu'à 300 000 µH soit 300 mH. Alimentation: 230 VAC.

- EN1576.... Kit avec boîtier sans alim. .... 64,50 €  
EN1576KM Kit complet version montée..... 107,00 €

## UN SELF ME...

HF...

...ou comment mesurer la valeur d'une bobine haute fréquence. En construisant une self HF quelconque, bobinée sur air ou avec support et rebattu, aux bornes d'entrée de ce montage, on pourra préciser, sur sa prise de sortie, un signal HF fonction de la valeur de la self. En appliquant ce signal à l'entrée d'un fréquencesmètre numérique, on pourra lire la fréquence produite. Connaissant cette fréquence, il est immédiatement possible de calculer la valeur de la self en µH ou en nH. Ce petit "selfmètre HF" n'utilise qu'un seul circuit intégré µA720 et quelques composants péripériques.

- EN1522.... Kit complet avec boîtier ..... 34,00 €  
EN1522KM Kit complet version montée..... 49,00 €

## CAPACIMÈTRE DIGITAL AVEC AUTOZÉRO

Cet appareil permet la mesure de tous les condensateurs compris entre 0,1 pF et 2000 µF. Un bouton poussoir permet de commander automatiquement les capacités parasites. 6 gammes sont sélectionnables par l'intermédiaire d'un commutateur présent en face avant. Un afficheur de 4 digits permet la lecture de la valeur. Spécifications techniques: Alimentation: 230 V - Étendue de mesure: 0,1 pF à 200 µF. Gammes de mesure: 0,1 pF / 200 pF, 1 pF / 2 000 pF, 0,01 nF / 20 nF, 0,1 nF / 200 nF, 0,001 µF / 2 µF, 0,1 µF / 200 µF. Autozéro: oui. Affichage: 5 digits.

- EN1340.... Kit complet avec boîtier ..... 132,50 €  
EN1340KM Kit complet version montée..... 174,00 €

## CAPACIMÈTRE POUR MULTIMÈTRE

Ce capacimètre pour multimètre, à la fois très précis, simple à construire et économique, vous permettra d'effectuer sur toutes les mesures de capacité, à partir de quelques picofarads, avec une précision dépendant essentiellement du multimètre (analogique ou numérique), que vous utiliserez comme unité de lecture. Alimentation: 9 Vcc.

- EN5033.... Kit complet avec boîtier ..... 41,00 €  
EN5033KM Kit complet version montée..... 62,00 €

## RESMÈTRE

Le contrôleur que nous vous présentons NE mesure PAS la capacité en pF d'un condensateur électrolytique, mais il contrôle seulement ses RES (en anglais ERS: Equivalent Series RESISTANCE), grâce à cette mesure, on peut établir efficacement le bon état d'un condensateur électrolytique ou savoir si il est à ce point vétérate qu'il vaut mieux le jeter plutôt que de le monter! Alimentation: 9 Vcc.

- EN1518.... Kit complet avec boîtier ..... 30,00 €  
EN1518KM Kit complet version montée..... 45,00 €

## TESTEUR POUR THYRISTOR ET TRIAC

À l'aide de ce simple montage didactique il est possible de comprendre comment se comporte un thyristor ou un triac lorsque sur ses broches lui sont appliqués une tension continue ou alternative. Alimentation: pile de 9 V (non fournie).

- EN5019.... Kit complet avec boîtier ..... 62,70 €  
EN5019KM Kit complet version montée..... 88,00 €

## UN GÉNÉRATEUR DE FIGURES DE LISSAJOUS

Quand le physicien français Jules Antoine LISSAJOUS (1822-1880) fabriqua un appareil mécanique, constitué de deux diapasons et de deux miroirs, grâce auquel il réussit à rendre visible la composition géométrique de deux mouvements harmoniques de fréquences identiques ou différentes, il ne pensait certainement pas que son nom serait indolument utilisé à un instrument de mesure, n'existant pas alors, que nous connaissons aujourd'hui sous le nom d'oscilloscope.

- EN1612.... Kit complet avec boîtier ..... 39,00 €  
EN1612KM Kit complet version montée..... 58,50 €

## UN CONVERTISSEUR DE 20 à 200 MHz POUR OSCILLOSCOPE

Si vous possédez un oscilloscope ordinaire avec bande passante de 20 MHz, il ne pourra jamais visualiser des signaux de fréquences supérieures. Réaliser cet accessoire simple et économique (le convertisseur EN1633) et vous pourrez visualiser n'importe quel signal HF jusqu'à environ 300 MHz et même au-delà. Tension d'alimentation 230 VAC - Fréquence maximale entrée: 500 MHz - Amplitude max signal entrée: 500 mV.

- EN1633.... Kit complet avec son coffret ..... 56,00 €  
EN1633KM Kit complet version montée..... 79,00 €

## UN SISMOGRAPHE AVEC DÉTECTEUR PENDULAIRE ET INTERFACE PC

Pour visualiser sur l'écran de votre ordinateur les sismogrammes d'un tremblement de terre vous n'avez besoin que d'un détecteur pendulaire, de son alimentation et d'une interface PC avec son logiciel approprié. C'est dire que cet appareil est simple et économique.

- EN13580.... Détecteur pendulaire ..... 145,00 €  
EN1359.... Alimentation 24 volts ..... 54,00 €  
EN1500.... Interface avec boîtier ..... 130,00 €

## SISMOGRAPHE

Traduction des mouvements des plaques tectoniques en perpétuel mouvement, l'activité sismique de la planète peut se mesurer à partir de ce sismographe numérique. Sa sensibilité très élevée, couplée par un balancier pendulaire vertical, lui permet d'enregistrer chaque secousse. Les traces du sismographe révèlent une activité permanente insoupçonnée qu'il est très intéressant de découvrir. Alimentation: 230 V. Sensibilité de détection: faible intensité jusqu'à 200 km, moyenne intensité jusqu'à 500 km, forte intensité jusqu'à 6000 km. Impédance: thermique. Balancier: vertical. Afficheur: 4 digits.

- EN1358.... Kit complet avec boîtier et une imprimante thermique ..... 655,40 €

## UN TEMPÉRISATEUR DOUBLE DIFFÉRENTIEL POUR PRODUIRE DES VAGUES (OU DU COURANT) DANS UN AQUARIUM

Si vous avez la passion des aquariums vous savez qu'un petit accessoire comme un tempérisateur pour engendrer des vagues (surtout si il est double) peut devenir horriblement coûteux au seul et unique motif qu'il est en vente dans un magasin d'aquariophilie ou dans une grande surface de jardinerie au rayon des poissons 1 Nous allons vous montrer qu'à très bas prix, avec quelques neurones et des coups de fer (à souder), on peut réaliser un tempérisateur rigide d'une seconde à cinq minutes (et qui lui est double différentiel) alimentant deux pompes disposées en sens inversés, utilisable pour la production de divers mouvements d'eau dans un aquarium. Alimentation: 230 VAC.

- EN1602.... Kit complet & boîtier ..... 35,00 €  
EN1602KM Kit complet version montée..... 47,00 €

# MESURES DIVERSES

## COMPTEUR GEIGER MULTIFONCTION PROFESSIONNEL



Depuis Tchernobyl - 1986 vingt deux ans déjà - on est devenu très méfiant à l'égard des substances radioactives et de la radioactivité en général. Ce tout nouveau compteur Geiger multifonction professionnel vous permet de contrôler la radioactivité de l'air, même sur de longues périodes (de plus il peut évaluer les trois types de rayonnement (alpha, bêta et gamma)). Toutes les données recueillies sont mémorisées dans une SD Carte de 1 Go : avec un PC vous pourrez visualiser l'évolution du niveau de radioactivité ambiante. Caractéristiques techniques générales : Alimentation : 6 V (5 baies rechargeables AA ou 1.2 V ou alimentation externe) - Consommation SD désarmées, bip et rétro-éclairage activés : environ 130mA - Consommation sans la rétro-éclairage : 33 mA - Consommation en veille : 1.1 mA - Consommation avec la SD insérée : supplément d'environ 2 mA. **Caractéristiques techniques du capteur LND712** : Mesure les radiations : alpha, bêta et gamma - Gaz de remplissage : Ne - hargéennes - Gamme de sensibilité Co60 (cps/mR/h) : 15 - Gamme de sensibilité Cs137 (cps/mR/h) : 16 - Comptage de background : maximum 10 cpm - Minimum dead time : 90 us - Tension d'alimentation : 500 Vdc - Température de travail : -40 à +75 °C - Dimensions : diamètre 9,1 mm x longueur 38,1 mm.

## COMPTEUR GEIGER PUISSANT ET PERFORMANT



Cet appareil va vous permettre de mesurer le taux de radioactivité (ondes Bêta et Gamma) présent dans l'air, les aliments, l'eau, etc. Gamme de mesure de 0.001 à 0.35 mR/h. Le kit est livré complet avec son boîtier sérigraphié. Alimentation par pile de 9 V.

EN1407 ..... Kit compteur Geiger ... 130,80 €  
EN1407KM .Version ontée ..... 182,00 €

## UN DÉTECTEUR DE FUITES SHF POUR FOURS À MICROONDES



Avec ce détecteur de fuite d'ondes SHF pour four à micro-ondes nous complétons la série de nos instruments de détection destinés à contrôler la qualité des conditions environnementales de notre existence, comme les détecteurs de fuite de gaz, de champs magnétiques et HF, les compteurs Geiger, etc...

EN1517 ..... Kit complet avec boîtier... 32,00 €  
EN1517KM .Kit version montée ..... 48,00 €

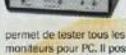
## TESTEUR POUR LE CONTRÔLE DES BOBINAGES



Permet de déceler des spires en court-circuit sur divers types de bobinages comme transformateurs d'alimentation, bobinages de moteurs, sellis pour filtres Hi-Fi.

EN1397 ..... Kit complet avec boîtier 22,50 €  
EN1397KM .Kit version montée ..... 33,00 €

## GÉNÉRATEUR DE MIRE POUR TV ET PC



Ce générateur de mire permet de tester tous les postes TV mais aussi les moniteurs pour PC. Il possède 3 modes de fonctionnement : CCR825, VGA 640\*480, VGA 1024\*768. La sortie peut-être de la vidéo composite ou du RGB. Une prise PERITEL permet de connecter la TV tandis qu'une prise VGA 15 points permet de connecter un moniteur. **Spécifications techniques** : Alimentation : 230V / 50 Hz. Type de signal : CCR825 - VGA 640\*480 - VGA 1024\*768. Type de sortie : RGB - Vidéo composite. Connecteur de sortie : PERITEL - VGA 15 points.

EN1351 ..... Kit complet avec boîtier 147,00 €  
EN1351KM .Kit version montée ..... 206,00 €

## SONDE LOGIQUE TTL ET CMOS



Cette sonde vous rendra les plus grands services pour dépanner ou déboguer des cartes électroniques contenant des circuits logiques CMOS ou TTL. All 9 Vdc.

EN1426 ..... Kit complet avec boîtier 32,00 €  
EN1426KM .Kit version montée ..... 42,00 €

## TESTEUR DE FET



Cet appareil permet de vérifier si le FET que vous possédez est efficace, défectueux ou grillé.

EN5018 ... Kit complet avec boîtier ... 54,00 €



## MESURE DE POLLUTION HF...

... ou comment mesurer la pollution électromagnétique. Cet appareil mesure l'intensité des champs électromagnétiques HF, rayonnés par les émetteurs FM, les relais de télévision et autres relais téléphoniques. Gamme de mesure: de 1 mHz à 3 GHz. Résolution: 0.1 V/m. Alimentation :9V

EN1435 ... Kit avec boîtier ..... 110,00 €  
EN1435K .Kit version montée ..... 155,00 €



## MESURE DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Cet appareil va vous permettre de mesurer les champs électromagnétiques BF des faisceaux hertziens, des émetteurs radios ou TV, des lignes électriques à haute tension ou encore des appareils électroménagers. Gamme de mesure: de 0 à 200 pT (microtesla). Le kit est livré complet avec son boîtier sérigraphié. Alimentation par pile de 9 V.

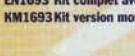
EN1310 ..... Kit champs-mètre ..... 72,00 €  
EN1310 ..... Bobine pour étalonnage ..... 9,00 €  
EN1310KM .Version montée ..... 107,00 €

## ÉTHYLOMÈTRE POUR ALCOSTET OU « BOIRE OU CONDUIRE »



Depuis peu le taux d'alcoolémie (en grammes d'alcool/litre de sang) autorisé pour un conducteur de véhicule routier a encore diminué. Les punitions prévues en cas de dépassement du taux maximum légal consistent en une amende, un retrait de point(s) de permis - voire du permis tout entier - et les conséquences de l'alcool ont été graves - sans parler des peines de prison si elles ont été mortelles. Or on n'a généralement qu'une idée assez vague de ce que ce taux limite représente en terme de boisson (apartir, verser de vin, de quel contenant le verre ? bien plein ou au trois quart ? combien de degré d'alcool dans ce vin, dans cet apéritif ?). L'idéal serait de mesurer ce taux avant de prendre (ou de laisser) le volant - et possible par un moyen plus simple et plus rapide qu'une prise de sang suivie d'une analyse en laboratoire. L'Affichage: D.L1 verte = voyant de présence de tension sur le filament du capteur - DL2 vert = 0.12 g/l - DL3 vert = 0.24 g/l - DL4 verte = 0.36 g/l - DL5 verte = 0.48 g/l - DL6 Rouge = 0.60 g/l - DL7 Rouge = 0.72 g/l - DL8 Rouge = 0.84 g/l - DL9 Rouge = 0.96 g/l - DL10 Rouge = 1.08 g/l - Alimentation: 12 V

EN1693 Kit complet avec boîtier ..... 44,85 €  
EN1693K .Kit version montée ..... 63,00 €



## GÉNÉRATEUR DE BRUIT BF

Doublé à un analyseur de spectre, ce générateur permet le réglage de filtre BF dans beaucoup de domaines: réglage d'un égaliseur, vérification du rendement d'une enceinte acoustique etc. - Couverture en fréquence: 1Hz à 100kHz. Filtre commutable: 3 dB / octave inv. Niveau de sortie: 0 à 4 Veff. env. Alimentation: 12 Vdc.

EN1167 ... Kit complet avec boîtier ..... 41,50 €  
EN1167KM .Kit version montée ..... 57,00 €



## UN GÉNÉRATEUR BF À BALAYAGE

Afin de visualiser sur l'écran d'un oscilloscope la bande passante complète d'un amplificateur Hi-Fi ou d'un préamplificateur ou encore la courbe de réponse d'un filtre BF ou d'un contrôleur de tonalité, etc... vous avez besoin d'un bon sweep generator (ou générateur à balayage) comme celui que nous vous proposons ici de construire.

EN1513Kit complet avec boîtier ..... 94,00 €  
ENCAB3Jeu de 3 câbles BNC ..... 18,00 €  
EN1513KM .Kit version montée ..... 138,00 €



## UN MESUREUR DE PRISE DE TERRE

Pour vérifier si la prise de terre d'une installation électrique est dans les normes et surtout si elle est efficace, il faut la mesurer et, pour ce faire, on doit disposer d'un instrument de mesure appelé Mesureur de Terre ou "Ground-Meter". Le kit est livré avec son boîtier et le galvanomètre. Alimentation par pile de 9 V.

EN1512 .Kit complet avec boîtier ..... 62,00 €  
EN1512KM .Kit version montée ..... 95,00 €



## DÉTECTEUR DE TÉLÉPHONES PORTABLES

Ce détecteur vous apprend, en faisant sonner un buzzer ou en allumant une LED, qu'un téléphone portable, dans un rayon de 30 mètres, appelle ou est appelé. Ce précieux appareil trouvera son utilité dans les hôpitaux (où les émissions d'un portable peuvent gravement perturber les appareils de surveillance vital), chez les médecins, dans les laboratoires, les entreprises et, plus généralement, dans tous les services privés ou publics où se trouvent des dispositifs ou des personnes sensibles aux perturbations radioélectriques. Or, grâce à ce détecteur, vérifier que le panneau affichage "Portables interdits" ou "Éteignez vos portables" est bien respecté.

EN1523 ... Kit complet + boîtier ... 35,50 €  
EN1523KM .Kit version montée ..... 53,00 €



En nous servant d'un multimètre, de préférence numérique, nous allons construire un gaussmètre

économique permettant de déterminer la force du champ magnétique de n'importe quel enroulement, self ou bobine parcourue par un courant. **Caractéristiques capteur** : Tension de service : 4,5 à 6 V - Tension d'alimentation : 5 V - Tension de sortie au repos 23.5 V - Consommation : 3 à 34 mA - Température de service : de -20 à +85 °C - Sensibilité : +/- 1,3 mV typique (de 0,75 à 1,75 mV de variation de la tension de sortie pour chaque Gauss de variation détecté) - Gamme : de 0 à 300 Gauss - Capable de déterminer la direction du champ magnétique

EN1679 Kit complet avec boîtier ..... 51,10 €  
EN1679KM .Kit version montée ..... 71,50 €



## GÉNÉRATEUR DE BRUIT 1MHz à 2 GHz

Signal de sortie: 70 dB. Fréquence max: 2 GHz. Linéarité: +/- 1 dB. Fréquence de modulation: 190 Hz env.

Alimentation: 220 VAC.

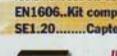
EN1142...Kit complet avec boîtier ..... 89,00 €



## ANÉMOMÈTRE PROGRAMMABLE SIMPLE

Cet anémomètre peut être programmé pour exciter un relais ou un buzzer afin que vous soyez averti quand la vitesse du vent dépasse une valeur de seuil critique pour la survie de vos accessoires domestiques. En effet, le relais de sortie peut alors déclencher une sirène ou même (moyennant l'ajout d'un relais plus puissant) actionner le moteur de relevage ou d'enroulement des stores, parasol, etc.

EN1606 .Kit complet avec capteur ..... 89,50 €  
SE120 ..... Capteur de vent seul ..... 41,00 €



## INDUCTANCÉMÈTRE 10 pF à 10 nH

À l'aide de ce simple inductancémètre, vous pourrez mesurer des selfs comprises entre 10 pF et 10 nH. La lecture de la valeur se fera sur un multimètre analogique ou numérique (non fourni).

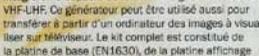
EN1422...Kit complet avec boîtier ..... 46,00 €  
EN1422KM .Kit version montée ..... 70,00 €

## TESTEUR DE MOSPOWER MOSFET - IGBT



D'une utilisation très simple, ce testeur universel permet de connaître l'état d'un MOSPOWER - MOSFET IGBT. Livré avec sondes de test.

EN1272 ... Kit complet avec boîtier ... 20,50 €  
EN1272KM .Kit version montée ..... 30,00 €



## UN GÉNÉRATEUR DE MIRES PROFESSIONNEL

Ce générateur de mire de grande qualité deviendra rapidement indispensable dans les labo de test électroniques s'intéressant à la télévision - il fournit en effet des signaux TV aux standards PAL-SECAM-NTSC et utilise comme modulateur un minuscule circuit intégré CMS capable de fournir un signal de sortie en VHF-UHF. Ce générateur peut être utilisé aussi pour transférer à partir d'un ordinateur des images à visualiser sur l'écran. Le kit complet est constitué de la platine à base (EN1630), de la platine affichage (EN1630B) de la platine modulateur (EN1632KM), de la carte CPU (EN1633KM) et du coffret.

EN1630 ..... Kit carte mère ..... 144,00 €  
EN1630B ..... Kit carte affichage ..... 40,00 €  
EN1631KM .Carte CPU montée ..... 180,00 €  
EN1632KM .Carte mod., montée ..... 19,00 €  
MO1630 ..... Coffret usiné ..... 54,00 €  
EN1630KM .Kit version montée ..... 612,00 €

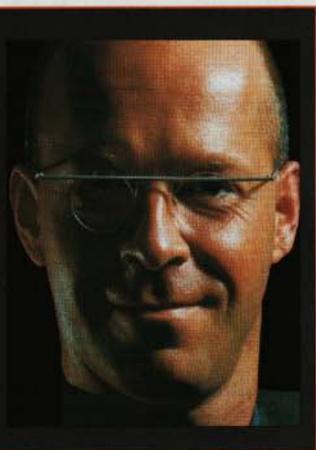
**COMLEC GD 908 - 13720 BELCODENE Tél. : 04.42.70.63.90 Fax :04.42.70.63.95**

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE 96 PAGES ILLUSTRÉES AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DE TOUS LES KITS  
Règlement à la commande par chèque, mandat ou CB. Frais de port en France moins de 5 Kg 8,40 € / CEE moins de 5 Kg 15,00 €. Port/autres pays sur devis. Catalogue général de kits contre ( cinq timbres à 0,54 € ) et téléchargeable gratuitement sur notre site.

PASSEZ VOS COMMANDES DIRECTEMENT SUR NOTRE SITE : www.comelec.fr

# Soigner l'acouphène et les vertiges

En utilisant l'Audiomètre EN1730 décrit dans le numéro 109 d'ELM beaucoup de lecteurs se sont découvert des problèmes d'audition dont ils ignoraient initialement l'existence. Ils se sont alors tournés vers les médecins spécialistes, lesquels ont diagnostiqué un acouphène, c'est-à-dire une affection ne pouvant être soignée qu'au moyen d'un appareil électronique spécifique comme celui que nous vous proposons de construire dans cet article.



**D**ans la revue numéro 109 nous avons présenté un Audiomètre capable de diagnostiquer une baisse précoce de la sensibilité auditive et certains lecteurs, après l'avoir réalisé, ont détecté une nette différence de perception entre les deux oreilles, souvent accompagnée de sifflements pénibles semblables à ceux produits par une friteuse. S'étant adressés à des spécialistes pour un contrôle plus approfondi, ils ont appris que cet étrange bruit de friteuse, qui peut être également pris pour un ronflement, est un acouphène, soit un «bruit fantôme». Or c'est seulement avec une instrumentation électronique spécifique que l'on peut arriver à le soigner.

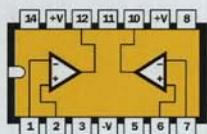
Certains de ces lecteurs nous ont contacté pour connaître la disponibilité d'un tel montage dans notre schémathèque et dans nos projets de réalisations futures. Eh bien nous avons dû leur avouer que nous n'avions encore conçu aucun matériel pour soigner l'acouphène et même que nous n'avions jusqu'ici jamais entendu parler de ce type de pathologie.

Ceci dit, nous nous sommes tout de suite mis en contact avec des médecins spécialistes pour avoir toute la documentation nécessaire sur cette affection et pour comprendre ce qu'il est possible de concevoir puis de faire réaliser par nos lecteurs intéressés: un appareil électronique en mesure de soigner cette pathologie est-il réalisable hors industrie? Nous avons ainsi appris que l'acouphène consiste dans la perception

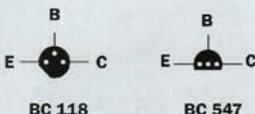
de bruits continus à fréquence aléatoire semblables à ceux engendrés par une cocotte minute en pression, ou une friteuse ou encore (moins trivial et plus poétique) une cascade. Ce bruit peut devenir insupportable au point de ne plus pouvoir exécuter les tâches quotidiennes. La personne qui perçoit pour la première fois ces étranges «bruits» est prise de panique et les impute à un problème de l'oreille interne ou à une atteinte du système vasculaire.

En réalité on nous a expliqué que cet «inconvenient» peut se produire également à la suite d'abus ou de simple prise de médicaments que notre organisme ne tolère pas et dont le médecin connaît ces effets «non désirés». L'utilisation de drogues ou le stress acoustique peuvent aussi souvent être à l'origine de tels troubles: par exemple les jeunes passant des heures en discothèque et donc étant exposés à des intensités sonores très élevées pendant de longues durées peuvent être affectés. Nous avons appris aussi qu'il n'existe aucune thérapie pharmacologique pour soigner l'acouphène.

Seul un circuit électronique en mesure d'engendrer un léger sifflement continu permet, en effet, de vaincre cette pénible maladie. Des chercheurs certifient qu'en stimulant les cellules nerveuses avec un sifflement léger et continu, notre cerveau se désensibilise automatiquement. Face à notre perplexité, un de nos médecins consultants nous a envoyés faire un petit sondage: demandez à un échantillon de personnes habitant



LM 747



BC 118

BC 547

Figure 1: Brochages du circuit intégré LM747 vu de dessus et des deux transistors BC118 - BC547 vus de dessous.

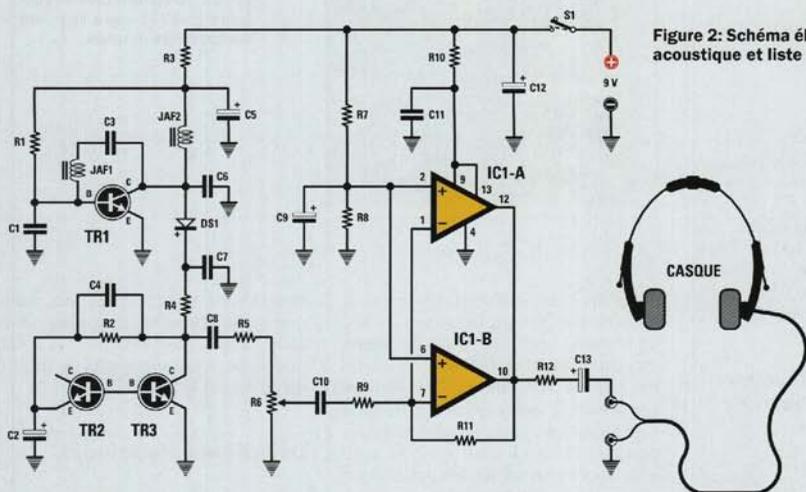


Figure 2: Schéma électrique du Générateur acoustique et liste des composants.

Figure 3a: Schéma d'implantation des composants du Générateur acoustique EN1737 utile pour soigner l'acouphène. La réalisation pratique du montage ne présente aucune difficulté et si vous suivez attentivement les instructions l'appareil fonctionnera dès que vous l'alimenterez. En haut à droite vous pouvez noter que le potentiomètre R6 est un petit trimmer avec son disque et son interrupteur S1.

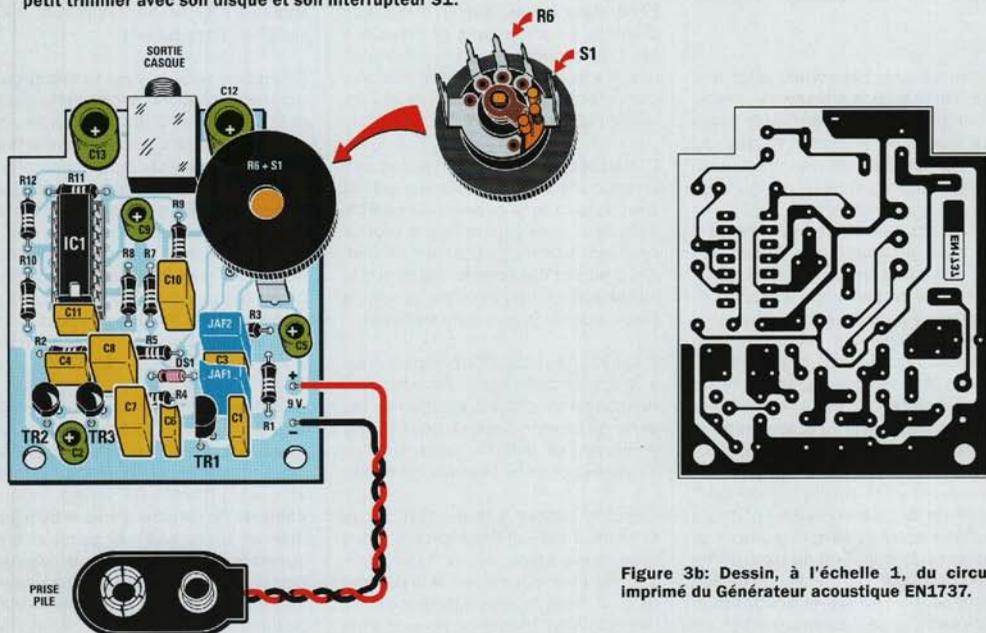


Figure 3b: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du Générateur acoustique EN1737.

### Liste des composants EN1737

R1 .....	33 k
R2 .....	33 k
R3 .....	10
R4 .....	2,2 k
R5 .....	10 k
R6 .....	10 k pot. lin.
R7 .....	8,2 k
R8 .....	10 k
R9 .....	10 k
R10 ..	10
R11 ..	100 k
R12 ..	10
C1 .....	10 nF polyester
C2 .....	10 µF électrolytique/16V
C3 .....	100 nF polyester
C4 .....	3,3 nF polyester
C5 .....	10 µF électrolytique/16V
C6 .....	10 nF polyester
C7 .....	470 nF polyester
C8 .....	470 nF polyester
C9 .....	10 µF électrolytique/16V
C10 ...	470 nF polyester
C11 ...	100 nF polyester
C12 ..	100 µF électrolytique/16V
C13 ...	100 µF électrolytique/16V
JAF1 ..	self 10 mH
JAF2 ..	self 1 mH
DS1 ..	1N4150
TR1 ...	NPN BC547
TR2 ...	NPN BC118
TR3 ...	NPN BC118
IC1 ...	LM747
S1 .....	interrupteur sur pot. R6
casque	stéréo 32 ohms

non loin d'une **autoroute**, si la nuit elles «entendent» le **sifflement** continu et pénible des voitures. Nous avons donc repéré un immeuble près d'une autoroute et nous avons interrogé les résidents.

Ils nous ont tous répondu de manière univoque, affirmant que durant les **premiers jours** suivant leur emménagement ils **ne pouvaient pas** trouver le sommeil à cause du **bruit** continu et pénible provoqué par le passage incessant des véhicules, mais qu'après quelque temps ils se sont rendu compte avec étonnement qu'ils ne l'entendaient plus, au point même de garder les fenêtres ouvertes à la belle saison.

Ils nous ont en revanche signalé quelque chose de curieux: ils étaient gênés par l'aboiement du chien d'un voisin se trouvant à plus de **200 mètres** de distance. Cela confirme que notre cerveau s'habitue à un **sifflement continu** au point de ne plus l'entendre après un certain laps de temps.

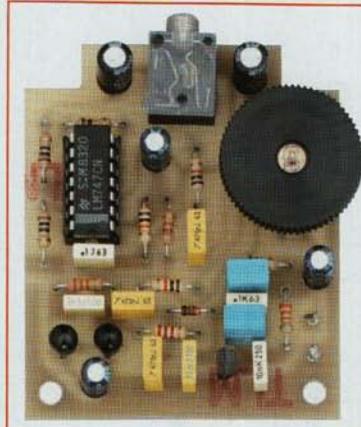


Figure 4: Photo d'un des prototypes de la platine du circuit du Générateur acoustique EN1737 avec tous les composants montés.

Cependant, comme durant le sommeil notre cerveau reste toujours «en alerte», un nouveau bruit inhabituel, par exemple l'aboiement soudain d'un chien, est tout de suite perçu. Ceci renvoie également à une explication de type évolutionniste : jusqu'à l'âge de pierre, en effet, l'homme pour survivre a dû développer une sensibilité particulière envers les sons nouveaux et soudains, susceptibles d'annoncer l'approche d'un **ennemi** ou d'un **animal prédateur**.

Sur la base de ces informations intéressantes, nous avons conçu un **générateur acoustique** en mesure de produire un **sifflement** semblable à celui de l'**acouphène** et nous l'avons mis à disposition de notre médecin consultant afin qu'il fasse toutes les vérifications nécessaires.

Ces essais soigneusement accomplis, il nous a indiqué que le son utilisé peut aboutir à la guérison dans **60%** des cas et que l'appareil qui le produit peut être une aide aussi aux personnes souffrant d'**insomnie**, parce que le **sifflement** continu et faible qu'il émet peut favoriser la venue du **sommeil**.

A l'appui de cette affirmation il nous a fait remarquer que c'est ce même «mécanisme» qui fait s'endormir les gens dans leur canapé devant leur téléviseur en marche, alors qu'elles s'éveillent dès que le poste est éteint.

Avant de passer à la description du schéma électrique du circuit, nous vous demandons de ne plus nous appeler pour obtenir un avis de type médical, mais de vous adresser à votre médecin (lequel éventuellement vous confiera et vous recommandera à un

spécialiste) beaucoup plus à même que nous de vous conseiller et de vous guider valablement ... d'autant que nous n'en avons pas le droit et qu'ils en ont le devoir.

### Le schéma électrique

Examinons en détail le schéma électrique de la figure 2: notez tout de suite la présence des deux transistors **NPN TR2-TR3**, de simples **BC118** nécessaires pour produire le **sifflement acoustique** caractéristique nécessaire pour «soigner» l'**acouphène**.

Précisons en outre que le **collecteur** du transistor **TR2** est **ouvert**, c'est-à-dire débranché (en l'air), donc **ne croyez pas** qu'il s'agisse d'une **erreur** du dessinateur. Ce étage générateur de sifflement, pour fonctionner correctement, nécessite une tension positive supérieure de **15 V** et comme le circuit est alimenté avec une pile de 9 V, pour obtenir un circuit portatif il nous faut un autre transistor, **TR1**. Ce transistor, un NPN BC547 monté en étage oscillateur, élève la tension de la **pile de 9 V** à une valeur d'environ **16-17 V**.

Le **sifflement** disponible sur le **collecteur** du transistor **TR3** est prélevé sur le condensateur **C8** et appliqué par l'intermédiaire de la résistance **R5** au potentiomètre **R6** utilisé comme **contrôle de volume**. Puisque le signal prélevé sur le trimmer **ne peut** être appliqué directement à un casque (car la puissance disponible est insuffisante pour le piloter), il est nécessaire de l'amplifier au moyen du circuit intégré **LM747** contenant dans son boîtier

deux opérationnels **IC1/A**, **IC1/B** (voir le schéma électrique de la figure 2). Ces deux opérationnels sont montés en **parallèle** pour obtenir une puissance plus que suffisante pour piloter un **casque** de **32 ohms** d'impédance. Pour alimenter ce circuit on se sert (on l'a vu) d'une banale pile radio de 9 V.

## La réalisation pratique

La réalisation pratique de ce **Générateur acoustique EN1737**, est élémentaire. Une fois en possession du circuit imprimé, dont la figure 3b donne le dessin à l'échelle 1:1.

Vous pouvez commencer le montage en insérant tout d'abord le **support** du circuit intégré **IC1** en orientant le repère-détrompeur en **U** vers le condensateur **C11**.

Cette opération terminée, vous pouvez insérer dans le circuit imprimé toutes les **résistances**, en vérifiant bien leurs valeurs **ohmiques** grâce aux bandes colorées présentes sur leur enroubage. Continuez en insérant la **diode DS1** avec sa **bande noire** vers le condensateur polyester **C8**.

Après ce composant vous pouvez monter les **condensateurs polyester** en les insérant dans les positions indiquées sur le schéma d'implantation des composants de la figure 3.

Vous pouvez ensuite procéder au montage des **condensateurs électrolytiques** sans omettre de respecter la polarité **+/-** de leur deux pattes: la patte la plus **longue** est le **positif** et, de toute façon, si les deux avaient la même longueur, regardez sur le côté, il y a un **-** en correspondance de la patte **négative**.

Quand vous insérerez les deux **selfs JAF** faites très attention à la lecture de leur valeur:

**JAF1** de **10 mH** est marquée **10K**  
**JAF2** de **1 mH** est marquée **1K**

Vous pouvez maintenant passer aux **3 transistors** en insérant le **BC547** en bas à droite (voir figure 3 **TR1**): **méplat** repère-détrompeur vers le condensateur **C6**.

Les autres deux transistors **BC118** sont à insérer en bas à gauche (voir figure 3 **TR2-TR3**), en orientant bien les **méplats** repère-détrompeurs vers le bas.

A propos des transistors nous vous recommandons de ne pas les enfoncer à fond mais de laisser entre la surface du circuit imprimé et la base de leur boîtier environ **4-5 mm**.

Pour terminer le montage, insérez la prise **Jack** pour **casque** et le **trimmer R6** avec son bouton à **disque** et son interrupteur **S1** (voir figure 3).

Soudez enfin le **fil rouge** de la **prise de pile** sur la pastille marquée **+9 V** et le **fil noir** sur celle indiquée **-9 V**.

Vous pouvez alors prendre le circuit intégré **IC1 LM747** et l'insérer dans son support avec le repère-détrompeur en **U** vers le condensateur polyester **C11** (voir figure 3).

## Conclusion

Notre **consultant médical** nous a expliqué que les personnes sujettes à l'**acouphène** ont souvent des **vertiges** quand elles s'allongent sur le lit ou quand elles se lèvent. Pour atténuer ce malaise, après avoir utilisé notre **Générateur acoustique de bruit**, il est conseillé d'effectuer **1 fois** par **jour** la séquence d'exercices décrite ci-dessous:

1. Étendez-vous sur le lit, tournez la tête **rapidement** de droite à gauche et vice versa, au moins **15 fois** et ensuite fixez n'importe quel point de la pièce. Cet exercice est à répéter **5 fois**.
2. Asseyez-vous sur le lit et ensuite tournez la tête à **droite** et en la maintenant dans cette position étendez-vous rapidement sur le lit, puis remettez-vous en position assise. Cet exercice est à répéter **5 fois** et, quand il est terminée, fixez à nouveau un point de la pièce.
3. Asseyez-vous sur le lit et ensuite tournez maintenant la tête à **gauche** et en la maintenant dans cette position étendez-vous rapidement sur le lit, puis remettez-vous en position assise. Cet exercice est à répéter **5 fois** après quoi vous fixerez à nouveau un point quelconque de la pièce.
4. Étendez-vous en travers sur le lit, de manière à ce que votre tête soit en suspension dans le vide hors du matelas, puis fixez un point au plafond. Relevez la tête et ensuite remettez-la dans la position précédente. Cet exercice est à répéter au moins **5 fois**.



Figure 5 : Photo d'un des prototypes du Générateur acoustique EN1737 inséré dans son boîtier avec la pile de 9 V.

## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce Générateur acoustique pour soigner l'acouphène EN1737 est disponible chez certains de nos annonceurs.

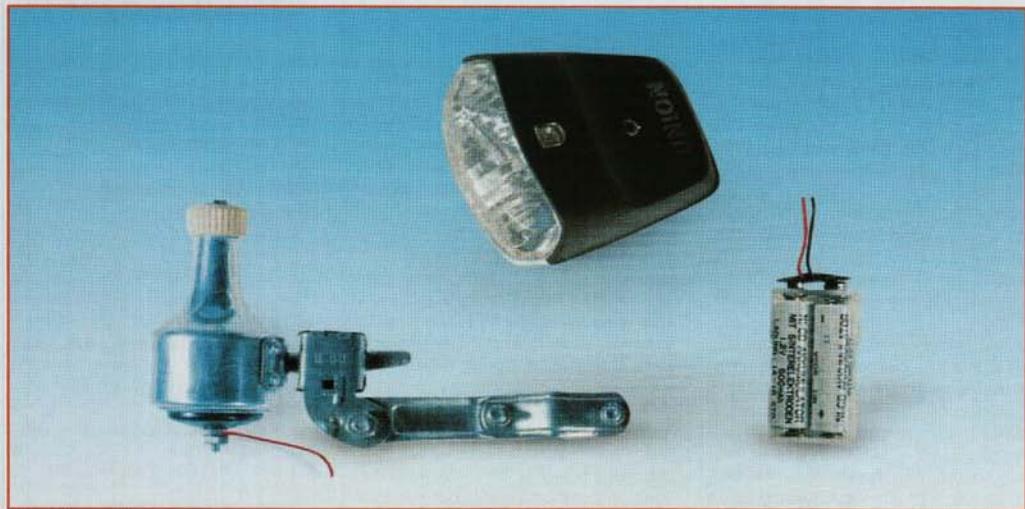
Voir les publicités dans la revue.

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/110.zip> ◆



# Charger les batteries avec une dynamo

Un de nos lecteurs a réalisé ce montage simple et original permettant de recharger 4 éléments AA ou «bâtons» en utilisant la dynamo présente sur un vélo. Nous vous le proposons car nous pensons qu'il pourra intéresser ceux qui se servent quotidiennement de ce moyen de transport. Si vous installez ce petit circuit sur votre bicyclette, en effet, vous pourrez maintenir constamment en charge les batteries et bénéficier d'un bon éclairage régulier le soir ou la nuit quand vous en aurez besoin, aussi bien pour le phare que le feu rouge arrière.



**J**e suis un de vos lecteurs assidus, passionné à la fois d'électronique et de cyclisme (assez «écologique» en fait).

Je voulais vous signaler que la dynamo d'un vélo est un générateur étonnant et à énergie renouvelable, conformément à la mode actuelle : elle transforme l'énergie musculaire des mollets du cycliste en énergie électrique puis (par l'intermédiaire des ampoules et des optiques) en énergie lumineuse (phare et feu arrière).

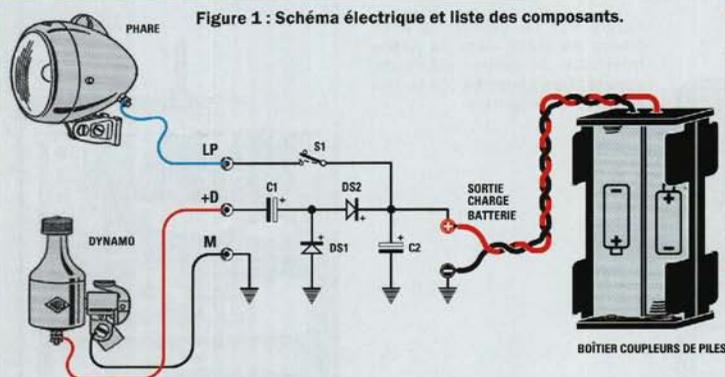
L'ennui est qu'à faible nombre de tours de roue la tension est insuffisante pour alimenter correctement ces ampoules et leur lumière devient pâle, jaunâtre et peu éclairante.

L'idée m'est venue d'utiliser la **dynamo** de ma bicyclette pour charger quatre **batteries rechargeables** format **bâton** ou AA au **nickel-cadmium** et de les relier au phare et au feu

de manière à en permettre l'alimentation autonome. Ainsi je pourrai signaler ma présence à tout véhicule qui me suit ou me dépasse et aux véhicules que je croise et ce même si une crevaisson me force à marcher à **pieds** en poussant le vélo jusque chez moi.

Comme la dynamo de ce vélo produit une tension **alternative**, j'ai tenté de la redresser avec un **pont de diodes**, mais cette solution n'a pas donné le résultat espéré, parce que pour obtenir une tension suffisante pour recharger **4 batteries rechargeables** je devais atteindre une vitesse élevée ... plutôt fatigante.

Pour contourner cette difficulté, j'ai redressé la tension **alternative** avec **2 diodes seulement** mais montées en **doubleur de tension** et j'ai de cette manière réussi à obtenir l'effet désiré.



### Liste des composants EN1740

C1 ..... 220  $\mu$ F électrolytique

C2 ..... 220  $\mu$ F électrolytique

DS1 diode BA142

DS2 .. diode BA142

S1 ..... inverseur

1 boîtier coupleur de piles

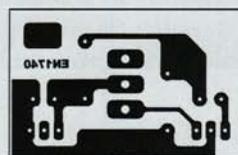


Figure 2b : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de la platine du chargeur de batteries à dynamo EN1740.

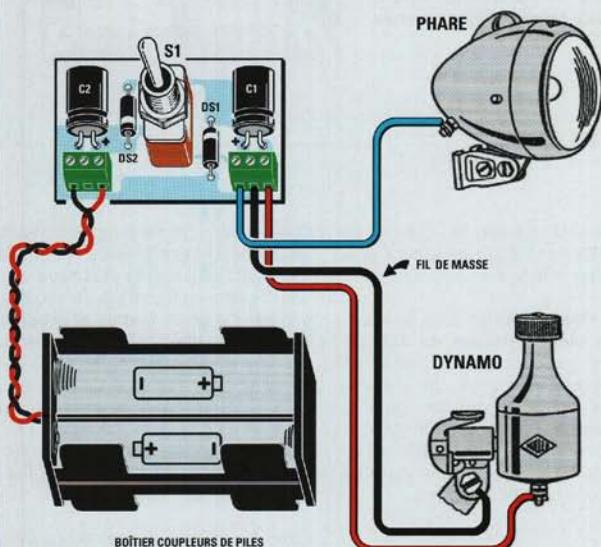


Figure 3 : Photo d'un des prototypes de la platine du chargeur de batteries à dynamo EN1740. La fixation se fait au moyen de l'écrou large et plat de l'inverseur S1, comme le montre la figure 4.

## Le schéma électrique

Comme vous pouvez le voir en figure 1, le schéma électrique de ce circuit est le plus simple que l'on puisse imaginer : en effet **2 diodes au silicium** reliées comme indiqué, **2 condensateurs électrolytiques de 220  $\mu$ F** et un seul **inverseur** à levier S1 suffisent! Le **doubleur de tension**, grand mot pour une toute petite chose (voir DS1-DS2) reste toujours relié à la dynamo.

Pour **recharger** les batteries je mets la molette de la dynamo en contact avec la **roue** et j'ouvre l'inverseur S1 afin que le phare ne s'éclaire pas. Le soir, quand en revanche je dois allumer le phare pour voir la route, je le relie aux batteries rechargeables, en fermant S1 et j'obtiens ainsi une **lumière** constante que je **pédale** ou que je marche à pieds.

Si quelqu'un réalise ce montage, qu'il relie la patte **négative** du condensateur électrolytique C1 directement à

la borne de sortie de la dynamo et la patte **positive** à la diode DS1. Les pattes se terminant par le symbole de masse (voir négatif de la diode DS1 et du condensateur électrolytique C2), sont à relier à n'importe quel point du cadre **métallique** du vélo.

Je tiens à dire à ceux qui ne le savent pas encore qu'un élément de batterie AA ou bâton **rechargeable Ni-Cad** fournit une tension de **1,2 V**, par conséquent avec **4 bâtons** montés en

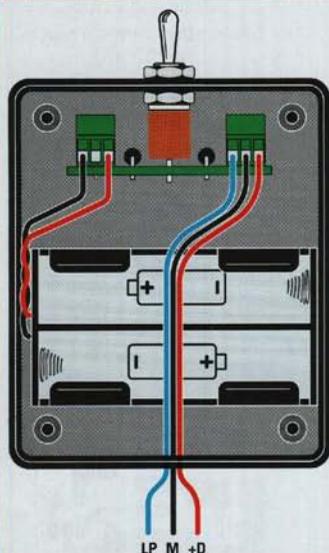


Figure 4 : Le boîtier de piles trouve sa place dans la partie inférieure du boîtier plastique, sous le circuit imprimé. Ce boîtier possède un couvercle.

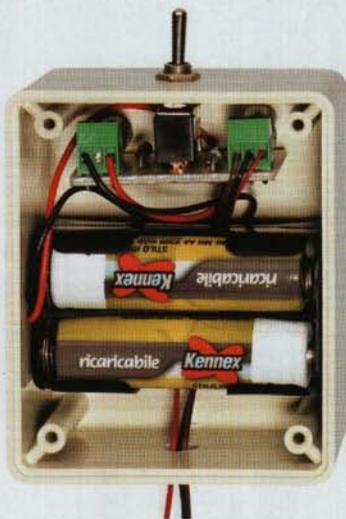


Figure 5 : Photo du boîtier ouvert, montage terminé, juste avant de refermer le couvercle.

série on aura une tension de **4,8 V**, alors que les **piles non rechargeables** fournissent une tension légèrement supérieure, soit **1,5 V**: si on en monte **4** en série on obtient **6 V**.

Même si l'**ampoule** du phare du vélo est de **6 V 3 W**, je puis vous assurer qu'en l'alimentant seulement en **4,8 V** on obtient quand même un très bonne luminosité.

### La réalisation pratique

L'auteur de ce montage nous a laissé résoudre nous-mêmes le problème de la réalisation pratique de la petite platine et de son montage dans le boîtier, lequel peut être ensuite fixé sur un tube du cadre du vélo avec un collier de plastique ou bien inséré dans la bourse porte outils se trouvant souvent suspendue à l'arrière de la selle.

Le montage de la platine est si simple qu'il suffit de regarder la figure 2a pour comprendre tout de suite comment procéder. Une fois en possession du petit circuit imprimé que nous avons appelé **EN1740**, la figure 2b en donne le dessin à l'échelle 1:1, vous pouvez commencer le montage en soudant en bas les deux borniers à 3 trous. Prenez ensuite les deux diodes redresseuses en boîtier plastique et insérez à droite la diode **DS1** (orientez bien sa bague

blanche vers le haut) et à gauche la diode **DS2** (avec la bague blanche vers le bas), comme le montre la figure 2.

Prenez maintenant les deux condensateurs électrolytiques de **220 µF** et montez-les sur le circuit imprimé en orientant vers la gauche la patte positive de **C1** et vers la droite la patte positive de **C2**. La patte positive des condensateurs électrolytiques se distingue bien parce qu'elle est plus longue que la patte négative.

Vous pouvez insérer maintenant dans les 3 trous situés au centre du circuit imprimé l'inverseur à levier **S1** et souder ses broches. Sur la photo de la figure 3 vous pouvez voir comment s'organisent les quelques composants du montage. En revenant à la figure 2 vous pouvez noter que dans le bornier de gauche sont insérés les fils rouge-noir sortant du boîtier coupleur de piles, à l'intérieur duquel vous devez insérer 4 batteries bâton ou AA rechargeables, en respectant bien les polarités +/- indiquées à l'intérieur.

En regardant attentivement la figure 2a et en allant de gauche à droite, reliez aux trois trous du bornier de droite le fil alimentant le phare du vélo, le fil de masse dont l'extrémité opposée devra être en contact avec un point métallique du cadre du vélo et le fil prélevant la tension sur la borne de la dynamo.

Quand vous commanderez le matériel, disponible chez certains de nos annonceurs, un petit boîtier plastique vous sera également fourni par défaut. Vous y logerez la petite platine et le boîtier coupleur de piles comme le montrent les figures 4-5. Ce boîtier n'est pas percé et par conséquent pour fixer le circuit imprimé vous devrez pratiquer d'un côté un trou de 7 mm (pour l'inverseur **S1**) et du côté opposé un trou identique pour faire sortir les 3 fils à relier au bornier de droite.

Le boîtier coupleur de piles sera enfoncé à l'intérieur du boîtier plastique et comme ses dimensions sont bien ajustées il ne nécessitera aucun blocage.

### Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce chargeur de batteries à dynamo **EN1740** 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/110.zip>



Dans cette rubrique nous présentons quelques uns des schémas que nos lecteurs nous envoient; nous sélectionnons les meilleurs et les plus intéressants. Pour des raisons de temps et de disponibilité du matériel nous ne pouvons réaliser et mettre à l'épreuve ces montages et donc pour leur fonctionnement nous nous fions au sérieux de l'auteur. Pour notre part, nous contrôlons seulement le fonctionnement "théorique" du circuit et nous le complétons, si nécessaire, par une brève Note rédactionnelle.

## Une jauge de niveau d'eau pour citerne

**J**e suis un de vos fervents lecteurs. Possédant une citerne pour la récupération des eaux pluviales et désirant savoir quand elle est pleine, ou à moitié ou vide, j'ai réalisé ce circuit.

Pour détecter le niveau du liquide je presse le **poussoir P1** et trois LED **verte-jaune-rouge** m'indiquent si le niveau est au **maximum** ou au **milieu** ou bien au **minimum**. La détection est effectuée au moyen de trois sondes (voir **A-B-C**) positionnées à trois niveaux et d'une plaque conductrice (voir **M**), placée contre le fond vertical de la citerne.

Quand le **poussoir P1** est pressé, les trois sondes **A-B-C** sont alimentées avec une simple pile de 9 V à travers une résistance (voir **R1**) de **150 k**. Chaque sonde est reliée aux portes **NAND IC1/A-IC1/B-IC1/C**, dont les sorties pilotent les portes **AND IC2/A-IC2/B**. Quand la citerne est **pleine**, toutes les sondes sont immergées dans l'eau et donc, sans aucune tension, nous avons un **niveau logique 0**. Étant donné que les trois **NAND IC1/A-IC1/B-IC1/C** sont montés en **inverseur**, sur les broches de sortie **3-4-10** nous avons un **niveau logique 1**.

Notez sur le dessin de la figure 1 que les sorties des deux **inverseurs IC1/B-IC1/C** sont reliées à une des deux entrées des portes **AND** que j'ai nommées **IC2/A** et **IC2/B**; ainsi, quand la citerne est **pleine** la LED **DL1** s'allume toute seule.

Quand le niveau est à **moitié** c'est la LED **DL2** qui s'allume seule et quand le niveau est au **minimum** la LED **DL3** s'allume seule.

### NOTE RÉDACTIONNELLE

L'allumage des **LED** du circuit que vous avez réalisé avec les portes **NAND** et **AND** est correct, mais nous avons quelque doute sur le fonctionnement des **sondes A-B-C** immergées dans la citerne, parce que si cette dernière a des dimensions importantes entre la **sonde** et la **plaque de masse** on aura des valeurs de résistance supérieures à plusieurs **Mégohms**, donc on pourra difficilement changer les **niveaux logiques** sur les entrées des **NAND IC1/A-IC1/B-IC1/C**. La meilleure solution consisterait à prendre deux fins **tubes de cuivre**, les maintenir distants de quelques **centimètres** avec du **plastique isolant** de manière à ce que, lorsque l'eau baigne les deux tubes de cuivre, nous aurons ait une **faible** résistance ohmique, laquelle augmentera nettement quand l'eau ne la baignera plus.

Certains lecteurs trouveront étrange de voir reliés entre le **positif** et la **masse** deux condensateurs de **100 nF**; ils pourraient préférer de monter entre ce **positif** et la **masse** un seul condensateur de **220 nF**.

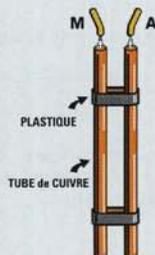
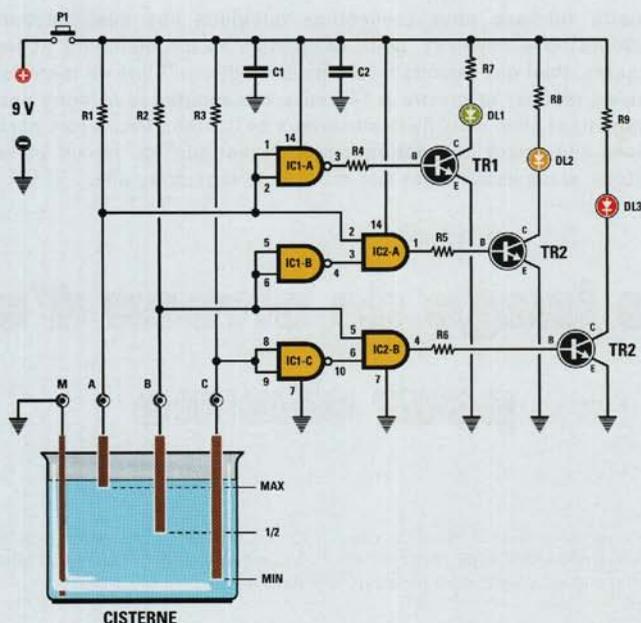


Figure 1 : Schéma électrique de la jauge pour citerne et schéma indiquant comment réaliser des sondes efficaces si la citerne a un volume important. La meilleure solution serait de prendre deux tubes de cuivre et de les maintenir à une distance de quelques centimètres avec des écarteurs en plastique (isolants).



## Liste des composants

R1.....150 k  
 R2.....150 k  
 R3.....150 k  
 R4.....1,5 k  
 R5.....1,5 k  
 R6.....1,5 k  
 R7.....180  
 R8.....180  
 R9.....180

C1.....100 nF polyester  
 C2.....100 nF polyester  
 DL1.....LED  
 DL2.....LED  
 DL3.....LED  
 TR1.....NPN 2N2222  
 TR2.....NPN 2N2222  
 TR3.....NPN 2N2222  
 IC1.....NAND 4011  
 IC2.....AND 4081  
 P1.....poussoir

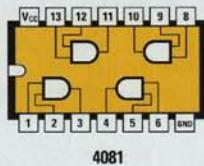
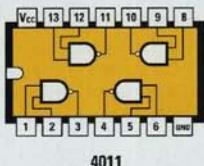
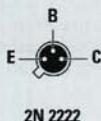
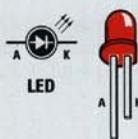


Figure 2 : Brochage des LED vues de face, du transistor vu de dessous et des circuits intégrés vus de dessus et repère-détrompeurs en U vers la gauche.

Comme l'auteur ne l'a pas précisé, ajoutons que dans le schéma électrique sont présents deux condensateurs de 100 nF, parce que l'un doit être appliqué directement entre la broche 14 et la broche 7 du premier circuit intégré NAND IC1 et l'autre entre la broche 14 et la broche 7 du second circuit intégré AND IC2. Vu que dans le boîtier du circuit intégré

4011 on a 4 NAND, une restera inutilisée et il en ira de même pour le circuit intégré 4081, lequel aura, lui, 2 AND inutilisés.

Mr François TORRE ♦





# Un oscillateur à quartz et circuit intégré TTL

**C**omme tous les passionnés d'électronique je me régale à expérimenter des circuits. Etant en possession de divers quartz, j'ai voulu les faire osciller en utilisant de simples circuits intégrés TTL. Comme les résultats ont été bons, je vous envoie ces trois schémas pour en faire profiter tous mes amis d'ELM.

Le schéma électrique de la figure 1 utilise un circuit intégré TTL **SN7414** contenant **6 inverseurs**, la moitié d'entre eux

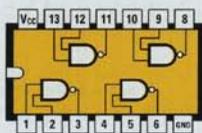
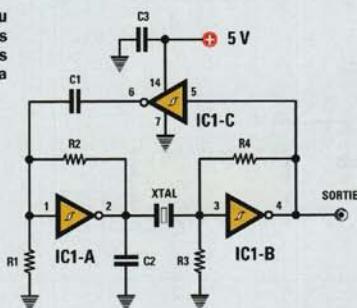
n'étant pas utilisés. Au cours de mes essais j'ai constaté que ce circuit fonctionne très bien avec des quartz au dessus de **10 MHz**. Les lecteurs possédant un oscilloscope pourront modifier la valeur du condensateur **C2** jusqu'à éliminer d'éventuels signaux indésirables sur la crête de l'onde carrée.

Le schéma de la figure 2 utilise également un circuit intégré TTL, mais un **SN7400** cette fois, il contient **4 portes NAND** et mon oscillateur n'en utilise que **3**, une porte restant inutilisée.

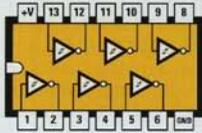
## Liste des composants Figure 1

R1..... 1,5 k  
R2..... 2,2 k  
R3..... 1,5 k  
R4..... 2,2 k  
C1..... 100 nF polyester  
C2..... 15 pF céramique  
C3..... 100 nF polyester  
IC1..... 7414  
XTAL... >10 MHz

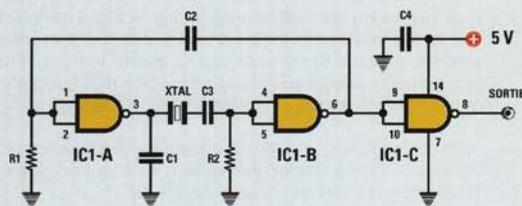
Figure 1 : Schéma électrique du premier oscillateur et brochages des circuits intégrés vus de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche.



7400



7414

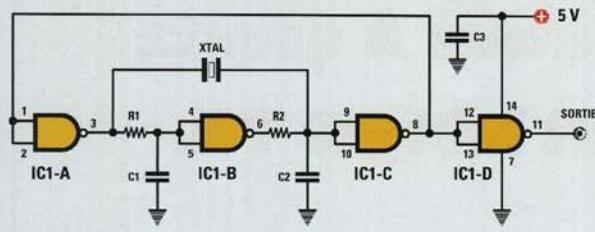


## Liste des composants Figure 2

R1..... 2,2 k  
R2..... 2,2 k  
C1..... 12 à 82 pF céramique  
C2..... 100 nF polyester  
C3..... 47 pF céramique  
C4..... 100 nF céramique  
IC1..... 7400

XTAL... <10 MHz

Figure 2 : Schéma électrique du deuxième oscillateur.



### Liste des composants Figure 3

R1.....	560
R2.....	560
C1.....	12 à 82 pF céramique
C2.....	12 à 82 pF céramique
C3.....	100 nF polyester
C3.....	47 pF céramique
IC1.....	7400
XTAL...	<10 MHz

Figure 3 : Schéma électrique du troisieme oscillateur.

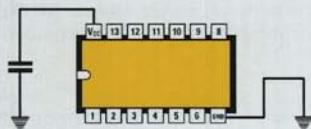


Figure 4 : Presque toujours on relie les condensateurs de 100 nF polyester entre un point quelconque de la tension positive et la masse, ce qui crée des «spires» invisibles capables de capter des bruits.

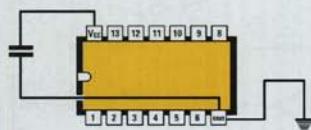


Figure 5 : Pour découpler parfaitement un circuit Intégré afin qu'il décharge à la masse les bruits qu'il produit, le condensateur de 100 nF polyester doit être directement relié entre la broche Vcc et la broche GND.

J'ai réalisé ce schéma après avoir constaté que le circuit de la figure 1 fonctionnait très bien avec des quartz de plus de 10 MHz, mais non avec des quartz de fréquence inférieure. En modifiant la valeur du condensateur C2 on peut éliminer, en fonction de la fréquence du quartz, des signaux parasites. Insérez toujours d'abord un condensateur de 12-15 pF céramique, puis augmentez la capacité en passant à 22-33-47-56-82 pF céramique, etc., jusqu'à voir à l'écran de l'oscilloscope des ondes carrées parfaites.

Le schéma de la figure 3 utilise également un circuit intégré TTL SN7400, mais ici on se sert des 4 portes NAND. Il est nécessaire de modifier en tâtonnant la valeur des deux condensateurs C1-C2 jusqu'à ce qu'apparaissent sur l'écran de l'oscilloscope des ondes carrées parfaites. Les capacités des condensateurs C1-C2 doivent être identiques, on part de deux condensateurs de 22 pF céramiques et on passe ensuite à deux de 33 pF céramiques, à deux de 47 pF céramiques jusqu'à un maximum de 82 pF céramiques.

### NOTE RÉDACTIONNELLE

Ces schémas électriques fonctionnent sans doute parfaitement comme décrit par l'auteur, cette note rédactionnelle

n'intervenant que sur un détail pouvant mettre en difficulté un jeune lecteur encore inexpérimenté dans l'art du montage électronique.

En effet, en regardant ces schémas, le débutant pourrait commettre l'erreur de relier le condensateur C3 de la figure 1 et de la figure 3 et le condensateur C4 de la figure 2, tous des 100 nF polyesters, entre n'importe quel point de la tension positive d'alimentation et n'importe quel point de la masse comme le montre la figure 4.

Comme ce type de condensateur est utilisé pour éliminer tout type d'auto oscillation produite par le circuit intégré, il doit être monté directement entre la broche d'alimentation positive indiquée Vcc et la broche de masse indiquée Gnd (voir figure 5), ensuite ce dernier pourra être relié à un point quelconque de masse même avec un fil très long.

Même si c'est la plus facile à trouver car habituellement utilisée, la valeur 100 nF polyester n'a rien de critique et pourra être remplacée par des valeurs de 82 - 68 - 56 nF polyester ou céramique.

Mr Gautier CANNEBE ♦





# Un diviseur de fréquence numérique

Je suis avec passion votre belle revue et cela fait quelques années que je conçois de petits circuits et dispositifs électroniques de toute sorte. Je suis ainsi devenu un électronicien chevronné pour tous mes amis et parents, qui ont recours à moi chaque fois qu'ils ont un problème de cet ordre à résoudre. Je dois d'ailleurs avouer que lorsque je réussis à réaliser un montage en mesure de satisfaire une demande particulière, c'est pour moi une source abondante de fierté et de plaisir!

Il y a quelques temps un ami m'a demandé si je pouvais diviser une fréquence fournie par un oscillateur numérique par un nombre allant de 2 jusqu'à 10. Je me suis mis au travail et mon ami a été très content. Il peut maintenant diviser n'importe quelle fréquence ne dépassant pas 4 MHz. Pour réaliser ce diviseur, j'ai utilisé deux circuits intégrés C/Mos CD4001 et CD4017 que j'ai montés comme le montre le schéma électrique de la figure 1. Quand on tourne le commutateur S1, sur les broches de sortie du CD4017 on obtient ces divisions:

6	x 8
9	x 9
11	x 10

Je précise que ce diviseur peut être alimenté avec n'importe quelle tension stabilisée comprise entre 5 et 15 V.

## NOTE RÉDACTIONNELLE

Nous voudrions ajouter à ce que le lecteur a exposé que l'amplitude du signal carré à diviser doit être un peu inférieure à la tension d'alimentation. Ainsi, lorsqu'on alimente le diviseur avec une tension de 5 V, l'amplitude du signal à diviser ne devra pas dépasser 4 V, si on alimente le diviseur avec une tension de 12 V l'amplitude du signal ne devra pas dépasser 10 V.

Précisons ensuite que le condensateur C1 est à appliquer entre les broches 7-14 du circuit intégré 4001 et le condensateur C2 est à appliquer directement entre les broches 8-16 du circuit intégré 4017.

Les brochages des circuits intégrés sont vus de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche.



Mr Jean CAMPBRE ♦

Broche CD4017	fréquence divisée
2	x 2
4	x 3
7	x 4
10	x 5
1	x 6
5	x 7

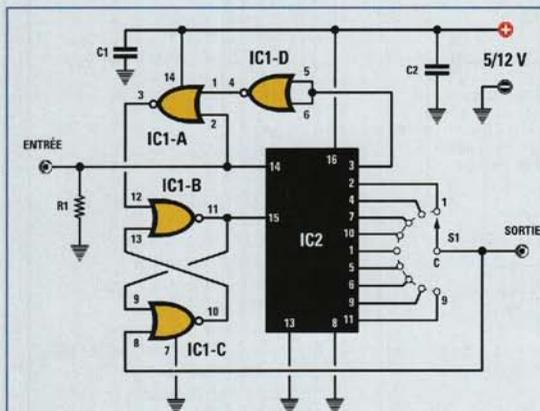
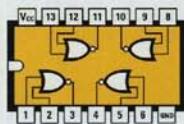


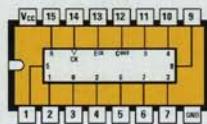
Figure 1 : Schéma électrique du diviseur de fréquence numérique et brochages du 4001 et du 4017 vus de dessus et repère-détrompeurs en U à gauche.

## Liste des composants Figure 1

- R1 ..... 10 k
- C1 ..... 100 nF polyester
- C2 ..... 100 nF polyester
- S1 ..... commutateur rotatif
- IC1 ..... C/Mos 4001
- IC2 ..... C/Mos 4017



4001



4017



# Un contrôle de tonalité à un amplificateur opérationnel

Étant donné que l'on voit rarement dans les préamplificateurs des **contrôles de tonalité** utilisant sur leur entrée un circuit intégré opérationnel alimenté par une tension **simple** et non **double**, j'en ai réalisé un qui fonctionne très bien et qui utilise un opérationnel **TL081**. Je vous en envoie le schéma électrique afin que vous puissiez le publier dans la revue.

Comme le montre le schéma électrique de la figure 1, le signal **BF** est appliqué sur l'entrée **non inverseuse** (broche **3**) du **TL081** à travers le condensateur **C1** de **100 nF polyester**. Comme j'alimente mon circuit avec une tension **simple** de **15 V**, je dois nécessairement alimenter l'entrée **non inverseuse** avec une tension **moitié moindre soit de 7,5 V** que j'obtiens avec deux résistances **R1-R2** de **22 k**.

Le dosage des **basses** et des **hautes fréquences** est obtenu à l'aide de deux **potentiomètres logarithmiques R8 et R10**. Le potentiomètre **R8** me permet d'**amplifier** ou d'**atténuer** les **basses** d'environ **20 dB** par rapport à un signal de référence de **1 000 Hz**.

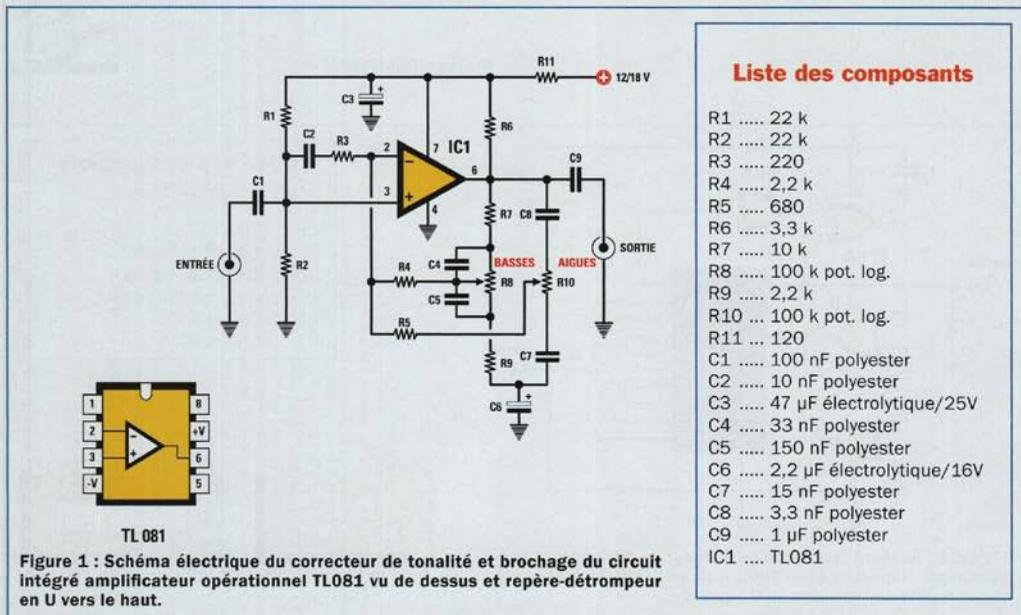
Le potentiomètre **R10** me permet en revanche d'**amplifier** les **aiguës** d'environ **15 dB** et de les **atténuer** d'environ **20 dB**. La **distorsion harmonique** de ce circuit est inférieure à environ **0,5 %** pour une tension de sortie d'environ **3,5 V** crête-crête, ce qui correspond à environ **2,5 V efficaces**.

## NOTE RÉDACTIONNELLE

Ajoutons que ce circuit pourra être alimenté avec une tension continue comprise entre **12 et 18 V**. Précisons en outre que la connexion avec l'entrée et la sortie, mais aussi avec les deux potentiomètres **R8-R10** doivent être réalisées avec du **câble blindé** sans oublier de souder à la **masse** leur tresse de **blindage**.

Afin d'éviter tout **ronflement** il faudra relier à la **masse** aussi le boîtier métallique (la carcasse) des potentiomètres.

Mr Alexandre RIVOLI ♦





# Trois préamplificateurs à FET et transistor

Quand je cherche un schéma simple de préamplificateur BF je n'arrive pas à en trouver un qui satisfasse mes exigences, or je sais que dans la rubrique Nos lecteurs ont du génie vous en avez présenté plusieurs. J'ai donc répertorié tous les montages ainsi que le numéro de la revue où on les trouve. Cependant je n'ai pas trouvé de schéma à FET et transistor, aussi ai-je décidé d'en concevoir un, comme il fonctionne parfaitement je vous l'envoie pour que vous le publiez. Le schéma électrique du préamplificateur de la figure 1 est un large bande à haute impédance d'entrée. Le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée et la variation de gain est obtenue en changeant la valeur de la résistance R4, en vertu de la formule:

$$\text{gain} = R4 : R3$$

Sur mon prototype j'ai monté pour R4 une résistance de 10 k et pour R3 une résistance de 1 k, ce préamplificateur amplifie n'importe quel signal 10 fois. Ce circuit peut être alimenté avec une tension comprise entre 9 et 15 V. Le schéma électrique du préamplificateur donné figure 2 a l'avantage d'amplifier d'environ 50 fois même des signaux très faibles, jusqu'à une fréquence d'environ 1 MHz. A la différence du premier, ce circuit doit plutôt être alimenté par une tension comprise entre 12 et 24 V. Je conseille aux lecteurs qui réaliseront ces préamplificateurs de toujours utiliser, pour appliquer le signal à l'entrée et pour le prélever

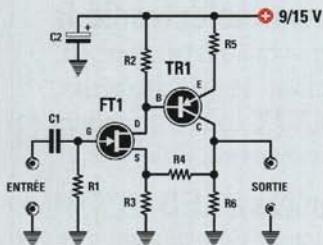
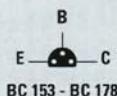
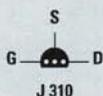


Figure 1 : Schéma électrique du préamplificateur à haute impédance utilisant un FET et un transistor universel PNP. Brochages du FET et du transistor vus de dessous.



## Liste des composants Figure 1

R1	.....	1 M
R2	.....	10 k
R3	.....	1 k
R4	.....	10 k
R5	.....	100
R6	.....	1,5 k
C1	.....	100 nF polyester
C2	.....	47 µF électrolytique/25V
TR1	...	PNP BC153 - BC178
FT1	...	FET J310 - MPF102 - 2N4416

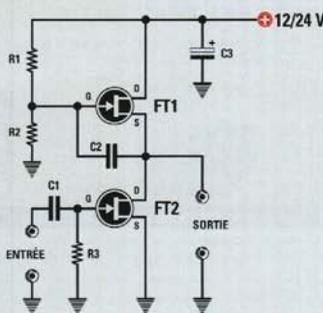
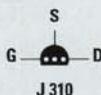


Figure 2 : Ce schéma électrique utilise deux FET et il est en mesure d'amplifier un signal d'environ 50 fois à une fréquence maximale de 1 MHz. Brochage du FET vu de dessous.



## Liste des composants Figure 2

R1	.....	100 k
R2	.....	100 k
R3	.....	1 M
C1	.....	100 nF polyester
C2	.....	470 nF polyester
C3	.....	47 µF électrolytique/35V
FT1	...	FET J310 - MPF102 - 2N4416
FT2	...	FET J310 - MPF102 - 2N4416

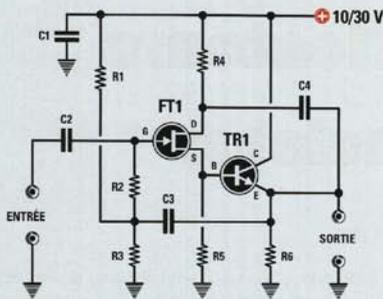
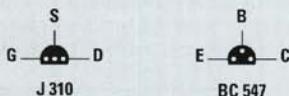


Figure 3: Ce circuit préamplificateur utilise un FET et un transistor universel NPN, il a une impédance d'entrée très élevée et une impédance de sortie d'environ 1 k. Brochages du FET et du transistor vus de dessous.



#### Liste des composants Figure 3

R1	.....	2,2 M
R2	.....	1 M
R3	.....	1 M
R4	.....	10 k
R5	.....	10 k
R6	.....	1 k
C1	.....	220 nF polyester
C2	.....	47 nF polyester
C3	.....	100 nF polyester
C4	.....	47 nF polyester
TR1	...	NPN BC547
FT1	...	FET J310 - MPF102 - 2N4416

en sortie, du **câble blindé**, sans omettre de souder la tresse de blindage à la **masse**. Le troisième schéma électrique (voir figure 3) est un **préamplificateur** idéal pour toutes les applications réclamant une impédance d'entrée très élevée et une impédance de sortie d'environ **1 k**. A la différence du schéma de la figure 1, le transistor à utiliser doit être un petit **NPN** de n'importe quel type dont la **base** est reliée à la **source** du FET.

J'ai essayé d'alimenter ce circuit avec une tension comprise entre **10 et 30 V** et j'ai obtenu en sortie un signal sinusoïdal parfait. Les **FET** utilisés dans ce circuit sont des **J310 - 2N4416** ou **MPF102**, le résultat est toujours le même.



Mr Valéry CONSTANTIN ♦

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

33ème anniversaire  
1977

Station Météo Professionnelle Sans Fil à Energie Solaire

Offre 33ème  
229,90€

Vos cadeaux

- Pour 30,00€ d'achat
- Pour 60,00€ d'achat
- Pour 100,00€ d'achat
- Pour 200,00€ d'achat
- Pour 300,00€ d'achat

Découvrez vite notre  
**Offre Spéciale**  
**33ème Anniversaire**  
sur [www.selectronic.fr](http://www.selectronic.fr)  
et faites-vous plaisir tout en  
bénéficiant de prix attractifs.  
Des **CADEAUX** vous y attendent ...

Offre valable du 6 mars au 7 mai 2010

**Plafonniers à LED 12/24V**  
30W d'éclairage / **Consommation de 4W**



**PRIX CASSÉS à partir de 25,90€\***

Lumière chaude et naturelle : respecte la vue - N'altère pas le rendu des couleurs • Très longue durée de vie (> 20.000 h)  
Fabrication haut de gamme • Tension de service : 0 à 28 VDC sans polarité • Fixation par 2 vis • Sorties à fils avec embouts sertis.

Le plafonnier LAITON	750.3020-1	66,00 €	29,90 € TTC	Les 5	129,50 € TTC
Le plafonnier INOX	750.3020-2	66,00 €	29,90 € TTC	Les 5	129,50 € TTC
Le plafonnier LAQUÉ BLANC	750.3020-3	66,00 €	29,90 € TTC	Les 5	129,50 € TTC

**En option :** Alimentation à découpage 60W 240V alternatif / 12 VAC  
L'alimentation 750.3020-90 10,00 € TTC

**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE

B.P 10050 - 59891 LILLE Cedex 9  
Tel. : 0 328 550 328  
Fax : 0 328 550 329  
[www.selectronic.fr](http://www.selectronic.fr)

PARIS  
11 place de la Nation  
Tel. : 01.55.25.88.00  
LILLE (Ronchin)  
ZAC de l'Orbe du Golf  
16, rue Jules Verne  
59790 RONCHIN

**catalogue 2010**

Coupon à retourner à : **Selectronic BP 10050 - 59891 LILLE Cedex 9**

OUI, je désire recevoir le "Catalogue Général 2010" **Selectronic**  
à l'adresse suivante (ci-joindre 12 timbres-poste au tarif "lettre" en vigueur ou 8,00€ en chèque) :

Mr  Mme : ..... Prénoms : .....

N° : ..... Rue : .....

Ville : ..... Code postal : ..... Tél. : .....

\*Confirmez nous la validité de votre adresse au 01.55.25.88.00



# Testeur de niveaux logiques pour circuit intégré TTL

Jesuis l'un de vos lecteurs passionnés, amateur d'électronique numérique et il m'arrive de réparer des platines comportant des circuits intégrés **TTL**, aussi ai-je souvent besoin d'un **testeur** simple me permettant de détecter instantanément l'**état logique 1-0** des broches des circuits intégrés présents sur la platine.

Après diverses tentatives, j'ai construit cette **sonde logique** qui allume la LED **rouge DL1** quand le **niveau logique** est **0** ou bien la LED **verte DL2** quand le **niveau logique** est **1**. Cette sonde ne nécessite aucune alimentation externe car le **+ 5 V** est directement prélevé sur la **platine** à contrôler, en reliant à la masse la pince crocodile comme le montre la figure.

Avec la **pointe** je **touche** la broche que je veux tester et tout de suite je comprends en voyant s'allumer une des deux **LED**, si je suis en présence d'un **niveau logique 0** ou bien d'un **niveau logique 1**.

En entrée j'ai inséré une zener **DZ1** de **5,1 V** afin d'éviter d'endommager le circuit intégré **7404** en touchant par inadvertance des points de tension supérieure à **5 V**.

## NOTE RÉDACTIONNELLE

Le circuit intégré **SN7404** peut être remplacé par des équivalents comme les **SN7414 - 74HC14**. Puisque ces circuits intégrés comportent **6 portes inverseuses** et qu'on n'en utilise que **5**, une d'elles restera inutilisée. Comme le transistor **NPN BC107** peut être difficile à trouver, vous pouvez le remplacer par un équivalent, par exemple un **BC238 - BC338 - BC239**, etc.



Mr Robert ESPOSITO ♦

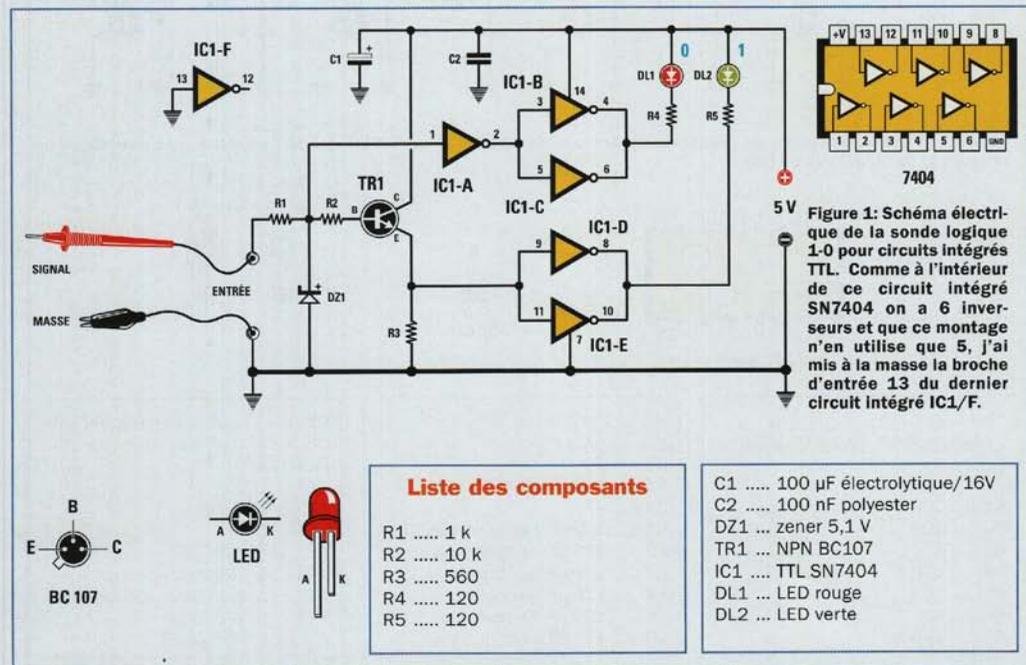


Figure 1: Schéma électrique de la sonde logique 1-0 pour circuits intégrés TTL. Comme à l'intérieur de ce circuit intégré SN7404 on a 6 inverseurs et que ce montage n'en utilise que 5, j'ai mis à la masse la broche d'entrée 13 du dernier circuit intégré IC1/F.



# Un clignotant à quatre LED

Le schéma que je vous envoie pour votre rubrique «Nos lecteurs ont du génie», je l'ai réalisé pour remplacer un jeu de lumières présent dans les ampoules à LED à fibres optiques très répandues aujourd'hui.

Comme le montre le schéma électrique de la figure 1, il s'agit d'un circuit fort simple et économique permettant d'allumer 4 LED de couleurs différentes en séquences variable, de manière à obtenir diverses combinaisons de couleurs.

Grâce aux 4 NAND contenues à l'intérieur du circuit intégré CD4093 monté en inverseur, j'ai obtenu quatre oscillateurs à signaux carrés de fréquences très basses et différentes

entre elles comme sont différentes les valeurs des résistances montées entre la sortie et les entrées des NAND.

Le condensateur de 470  $\mu\text{F}$  monté sur la base des transistors, sert à obtenir un allumage et une extinction graduels des LED. La résistance en série avec les LED a été calculée pour une tension d'alimentation de 4,5 V, mais en la changeant il est possible d'utiliser, à la place des LED, des cordons de LED aujourd'hui très faciles à trouver.

Mr Paul GRILLON ♦

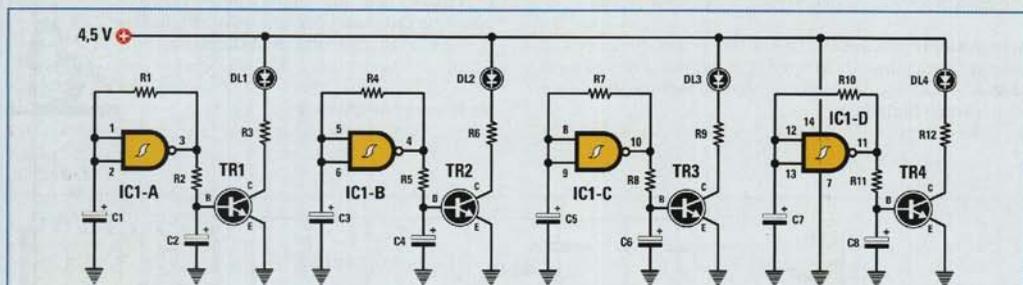
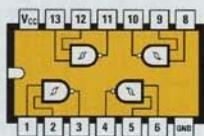


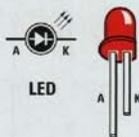
Figure 1 : Schéma électrique du clignotant et, dessous, brochages du circuit intégré vu de dessus, du transistor vu de dessous et de la LED vue de face.



4093



BC 337



LED

## Liste des composants

R1 ..... 100 k  
R2 ..... 10 k  
R3 ..... 47  
R4 ..... 120 k  
R5 ..... 10 k  
R6 ..... 47  
R7 ..... 150 k

R8 ..... 10 k  
R9 ..... 47  
R10 ... 220 k  
R11 ... 10 k  
R12 ..... 47  
C1 ..... 100  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C2 ..... 470  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C3 ..... 100  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C4 ..... 470  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C5 ..... 100  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C6 ..... 470  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V

C7 ..... 100  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
C8 ..... 470  $\mu\text{F}$  électrolytique/16V  
DL1 ... LED  
DL2... LED  
DL3... LED  
DL4... LED  
TR1 ... NPN BC337  
TR2 ... NPN BC337  
TR3 ... NPN BC337  
TR4 ... NPN BC337  
IC1 .... C/Mos 4093



# Mesurer le niveau d'un réservoir d'azote liquide

Je suis un de vos fidèles lecteurs depuis des années et je vous envoie ce schéma pour une publication dans la rubrique **nos lecteurs ont du génie**, mais je suis bien conscient que mon application est un peu particulière, quoique intéressante au moins d'un point de vue didactique. Tout le monde en effet ne sait pas qu'une jonction PN, par exemple une diode, peut être utilisée comme thermomètre très fiable. Les chevronnés savent que la tension de seuil d'une jonction au silicium polarisée directement varie d'environ **-2,1 mV par °C**, c'est-à-dire que si la température augmente la tension descend et vice versa. Par exemple, si à **25 °C** le seuil d'une diode est d'environ **0,7 V**, quand la température augmente de **+100 °C (125 °C)** le seuil devient:

$$0,7 + (100 \times -0,0021) = 0,7 - 0,21 = 0,49 \text{ V}$$

et si la température descend de **-100 °C (-75 °C)** le seuil devient:

$$0,7 + (-100 \times -0,0021) = 0,7 + 0,21 = 0,91 \text{ V}$$

et ainsi de suite.

Au contraire lors des expérimentations menées dans mon propre laboratoire il arrivait souvent qu'un jerrycan d'azote liquide «DEWAR», dans lequel sont immergés temporairement des échantillons en attente d'être utilisés, se vide par évaporation naturelle sans que je m'en aperçoive. Le circuit est en réalité un «thermomètre à seuil» qui, au moyen d'une diode immergée dans le récipient, permet de savoir quand l'azote est épuisé.

En fait quand la diode est immergée dans l'azote liquide à la température de **-195 °C**, sa tension de seuil est d'environ **1,1 V**. En positionnant la diode au niveau désiré, dès qu'elle ne trempe plus dans l'azote, sa température **augmente** rapidement et sa tension de seuil **diminue** : le comparateur se déclenche et le buzzer sonne.

La **zener DZ1** sert à créer un seuil de tension pour polariser correctement les entrées de l'opérateur. **DS4, DS5, DS3, DS2** doivent être identiques et peuvent être n'importe quelles diodes au silicium, de moyenne ou faible puissance, j'ai choisi des **1N4007** parce qu'elles sont mécaniquement robustes et toujours présentes dans mes tiroirs. **DS3** est la diode de mesure qui, au moyen de fils pouvant avoir quelques mètres de longueur (il est conseillé de les torsader), est immergée dans l'azote. **DS5** sert à compenser la tension que l'on aurait aux bornes de **DS4** à la température ambiante hors du récipient.

Comme la précision n'est pas requise, **DS4** sert à créer de manière économique une tension de référence (de **0,7 V**) pour le réglage fiable de **R3** indépendant de la tension d'alimentation. **DS2** sert à compenser la chute de tension introduite par **DS4** afin que le courant dans **DS5** (environ **1 mA**) soit le plus égal possible à celui qui parcourt **DS2** vu que **R1** et **R2** sont intentionnellement identiques. A ce moment, en réglant la tension présente aux bornes de **TP1** à environ **300 mV** on obtient une température de seuil d'environ **-140 °C** ce qui correspond à la température que la diode aura quand elle sera près du niveau de l'azote sans être mouillée. Tant qu'elle sera immergée, même peu, sa température demeurera stable à environ **-195 °C**.

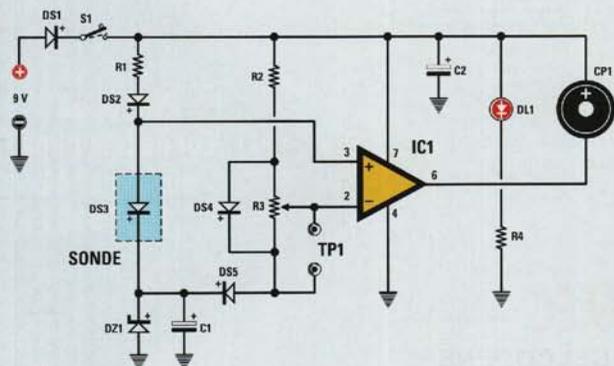
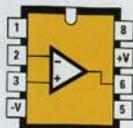
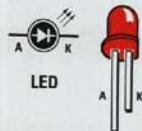


Figure 1 : Schéma électrique de la sonde.

 $\mu$ A 741

Brochages du circuit intégré uA741 vers le haut et de la LED vue de face.



### Liste des composants

R1 ..... 4,7 k  
 R2 ..... 4,7 k  
 R3 ..... 20 k trimmer  
 R4 ..... 4,7 k  
 C1 ..... 10  $\mu$ F électrolytique/16V  
 C2 ..... 10  $\mu$ F électrolytique/16V  
 DS1 .. 1N4007

DS2 .. 1N4007  
 DS3 .. 1N4007  
 DS4 .. 1N4007  
 DS5 .. 1N4007  
 DZ1 .. zener 3,3 V 1/2 W  
 DL1 ... LED  
 IC1 .... uA741  
 S1 ..... interrupteur  
 CP1 ... buzzer piézoélectrique

L'opérationnel **uA741** peut être remplacé par un quelconque circuit intégré présent dans vos tiroirs ; avec les plus modernes à basse consommation vous économiserez les piles, qui avec mon schéma durent environ **60-80 heures**. Si on coupe la LED, avec le courant économisé on récupère une dizaine d'heures de fonctionnement. Le circuit peut aussi être alimenté avec une petite alimentation bloc secteur 230 V universelle. Avec des tensions déjà redressées de **9** ou **12 V** la consommation de la platine avec le buzzer qui sonne ne dépasse pas **5 mA** alimenté en **9 V**.

### NOTE RÉDACTIONNELLE

Ce thermostat destiné par l'auteur à une utilisation spécifique, si on le règle correctement, peut être utilisé dans des applications différentes.



Marc BANULS ♦

## COMMENT FABRIQUER FACILEMENT VOS CIRCUITS IMPRIMÉS ?

Plus de sérigraphie grâce à une pellicule sur laquelle il suffit de photocopier ou d'imprimer le master

PNP BLUE  
 Lot de 5 feuilles  
 au format A4  
 18,75 €

**COMELEC**

CD 908 - 13720 BELCODENE

Tél. : 04 42 70 63 90 Fax : 04 42 70 63 95 [WWW.comelec.fr](http://WWW.comelec.fr)

Expéditions dans toute la France. Moins de 5 kg : Port 8,40 €. Règlement à la commande par chèque, mandat ou carte bancaire. Bons administratifs acceptés. Le port est en supplément. De nombreux kits sont disponibles, envoyez votre adresse et cinq timbres, nous vous ferons parvenir notre catalogue général.

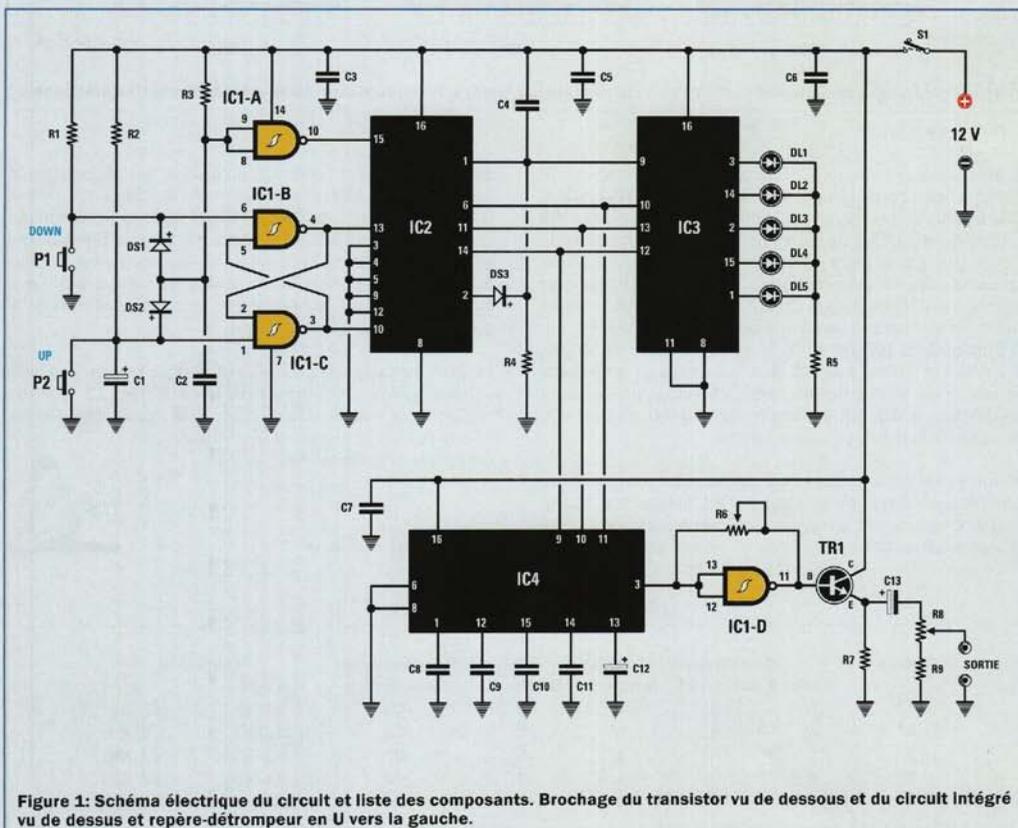
# Un oscillateur à ondes carrées

Le circuit que je vous présente est un oscillateur à ondes carrées tout simple capable de couvrir la gamme de fréquences allant d'environ **11 Hz** à environ **2 MHz** sur **5** gammes. Quand on met le circuit sous tension, sur la broche **1** de **IC1/C** on aura un niveau logique **0** par la présence du condensateur **C1**, tandis que sur la broche **6** de **IC1/B** on aura un niveau logique **1** par la présence de la résistance **R1**.

Avec ces conditions le flip/flop, constitué justement des deux NAND **IC1/C** et **IC1/B**, aura sur la broche **3** un niveau logique **1** et sur la broche **4** un niveau logique **0**. Ces deux niveaux logiques se retrouveront respectivement sur les broches **10** et **13** de **IC2**, un compteur **décimal/binaire Up/Down**, en le configurant pour le comptage en avant.

En outre, si on met le circuit sous tension, une impulsion positive atteint la broche **1** de **IC2** ce qui l'oblige à reporter sur les broches **2**, **14**, **11** et **6** ces mêmes niveaux logiques présents sur les broches **3**, **13**, **12**, **4**. Dans ce cas la combinaison sera **0-0-0-0**.

Cette même combinaison est présente sur les broches d'entrée de **IC3**, un **décodeur/démultiplexeur de BCD à décimal** qui allumera la LED **DL1**. En outre cette combinaison sera présente sur les broches d'entrée de **IC4**, utilisée comme commutateur électronique et qui court-circuitera ses broches **3** et **13**. Ainsi la NAND **IC1/D**, avec le potentiomètre **R6** et le condensateur **C12**, produira une onde carrée dont la fréquence variera, si on actionne le potentiomètre **R6**, d'environ **11 Hz** à environ **180 Hz**.



## Liste des composants

R1 ..... 1 k  
 R2 ..... 1 k  
 R3 ..... 10 k  
 R4 ..... 47 k  
 R5 ..... 470  
 R6 ..... 10 k pot. lin.  
 R7 ..... 12 k  
 R8 ..... 10 k pot. lin.  
 R9 ..... 12 k  
 C1 ..... 10 µF électrolytique/16V

C2 ..... 1 µF polyester  
 C3 ..... 100 nF polyester  
 C4 ..... 100 nF polyester  
 C5 ..... 100 nF polyester  
 C6 ..... 100 nF polyester  
 C7 ..... 100 nF polyester  
 C8 ..... 1 nF polyester  
 C9 ..... 10 nF polyester  
 C10 ..... 100 nF polyester  
 C11 ..... 1 µF polyester  
 C12 .. 10 µF électrolytique/16V  
 C13 ... 10 µF électrolytique/16V  
 DS1 .. 1N4148

DS2 .. 1N4148  
 DS3 .. 1N4148  
 DL1 ... LED  
 (...)   
 DL5.... LED  
 TR1 ... NPN BC548  
 IC1 .... C/Mos 4093  
 IC2 .... C/Mos 4029  
 IC3 .... C/Mos 4028  
 IC4 .... C/Mos 4051  
 P1 ..... poussoir  
 P2..... poussoir  
 S1 ..... interrupteur

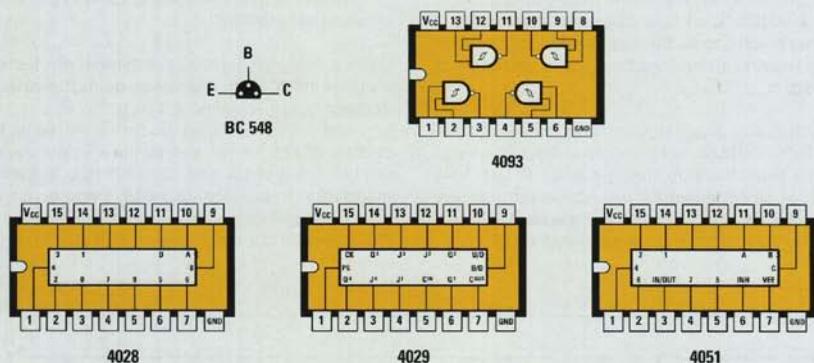


Figure 2 : Brochages des autres circuits intégrés utilisés dans ce montage, vus de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche.

Si on presse un des deux poussoirs, à travers le circuit d'anti rebond constitué par **R1**, **R2**, **R3**, **DS1**, **DS2**, **C2** et **IC1/A**, nous augmenterons ou diminuerons le compteur **IC2** lequel, modifiant les niveaux logiques sur ses broches de sortie, permettra à **IC4** de sélectionner un autre condensateur et donc un autre calibre et à **IC3** de visualiser quel calibre a été sélectionné. Quand nous nous retrouverons sur le dernier calibre, avec une autre pression sur **P2**, sur la broche **2** de **IC2** on aura un niveau logique **1** lequel, atteignant la broche **1** de **IC2**, le réinitialisera en le forçant à transférer sur ses sorties les niveaux logiques présents sur les broches **3**, **13**, **12**, **4**, dans ce cas **0-0-0-0**, en revenant par conséquent sur le premier calibre.

Quand en revanche nous nous trouverons sur la première gamme, avec une autre pression sur **P1**, les flip/flop **IC1/B** et **IC1/C** inverseront les niveaux logiques sur les sorties. Sur la broche **10** de **IC2** nous aurons un niveau logique 0, en le

configurant pour le comptage en arrière. Sur les broches **2**, **14**, **11**, et **6** de **IC2** nous retrouveront la combinaison **1-0-0-1**. À travers la diode **DS3** le niveau logique **1** présent sur la broche **2** de **IC2** atteindra sa broche **1** ce qui réinitialisera les sorties sur les niveaux logiques présents sur les broches **3**, **13**, **12**, **4** lesquelles, dans ce cas, seront **0-1-0-0**. En le configurant pour le comptage encore nous passerons de la première gamme à la cinquième.

Le Tableau suivant donne les valeurs des fréquences pour chaque gamme en alimentant le circuit en **12 V**. Si on augmente la tension d'alimentation, la fréquence diminue. Si on diminue la tension d'alimentation la fréquence augmente.



Mr Stéphane DIANA. ♦

Gamme	Combinaison		Sortie IC1		Condensateur sélectionné	Fréquence	
	Broche 2	Broche 14	Broche 11	Broche 6		de	à
1°	0	0	0	0	C9	11 Hz	180 Hz
2°	0	0	0	1	C8	110 Hz	1,8 KHz
3°	0	0	1	0	C7	1,1 KHz	18 KHz
4°	0	0	1	1	C6	11 KHz	180 KHz
5°	0	1	0	0	C5	110 KHz	1,8 MHz

# Feu tricolore pour modélisme ferroviaire

J'ai constaté que la revue consacre assez peu de montages au modélisme ferroviaire et il m'a semblé par conséquent judicieux de vous envoyer ce schéma que j'ai conçu. C'est un feu tricolore que je dispose sur les voies ferrées de mes circuits. Le premier circuit intégré est un banal **NE555**, que vous avez souvent mis en œuvre dans vos montages et le second est un **CD4017**, un compteur parfaitement équivalent au **HCF4017**. Le circuit intégré **NE555** (voir **IC1**) est monté en multivibrateur astable et la fréquence à onde carrée sortant de sa broche **3** est appliquée à la broche d'horloge **14** de **IC2**. A chaque impulsion entrant dans la broche **14** de **IC2** les broches de sortie commutent du niveau logique **0** au niveau logique **1** en mode séquentiel comme le montre le Tableau ci-dessous:

- 1° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **3**
- 2° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **2**
- 3° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **4**
- 4° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **7**
- 5° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **10**
- 6° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **1**
- 7° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **5**
- 8° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **6**
- 9° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **9**
- 10° Impulsion = niveau logique **1** sur la broche **11**

A chaque broche j'ai connecté une **diode** afin d'éviter un **court-circuit**, quand la diode retourne du niveau **1** au niveau **0**.

J'ai utilisé les broches **3-2-4-7** pour allumer une **LED verte**, les broches **10-1** pour allumer une **LED jaune** et les broches **5-6-9-11** pour allumer une **LED rouge**. Pour **ralentir** les temps de commutation du feu tricolore il suffit de remplacer les résistances **R2** de **47 k** par une de **56 k** ou **68 k**. Si l'on veut maintenir la **LED verte** pendant un temps plus important que la **LED rouge**, il suffit de relier à la **LED verte** la diode au silicium connectée à la broche **10**. Ainsi on réduit le temps relatif à la **LED jaune**. Ce feu tricolore peut être alimenté avec une tension continue comprise entre **9 V** et **15 V**.

## NOTES RÉDACTIONNELLES

Les modélistes ferroviaires trouveront ce projet intéressant, parce que même si l'auteur ne l'a pas précisé, nous pouvons affirmer que sur chaque broche de sortie du circuit intégré **CD4017** on peut relier **deux LED**. Donc dans le cas d'un passage à niveau on peut mettre une **LED** de chaque côté de la voie ferrée. Si vous voulez enrichir votre circuit ferroviaire avec quatre feux vous devrez mettre en **parallèle** un second circuit intégré **CD4017**, les deux étant pilotés par le même **NE555** pour obtenir un parfait synchronisme d'allumage.



Mr Pierre CALANDRE ♦

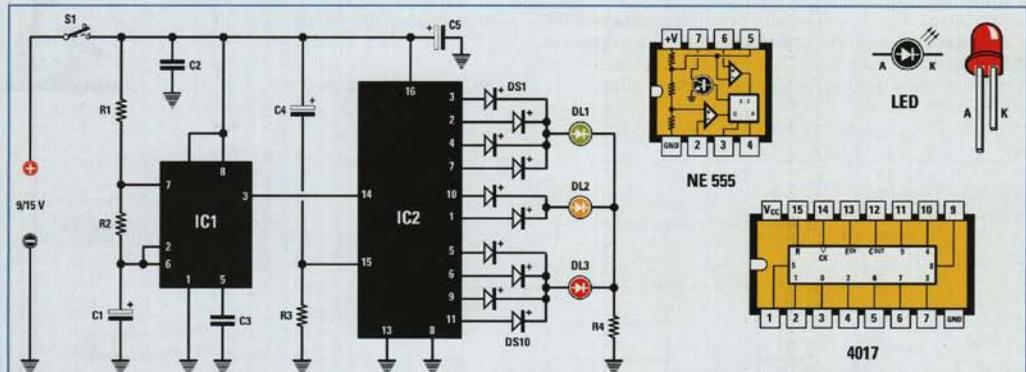


Figure 1 : Schéma électrique du feu tricolore. Comme la LED verte et la LED rouge doivent rester allumées plus longtemps que la LED jaune, cette dernière est reliée à travers deux diodes aux broches 10-1 du circuit intégré IC2. Le brochage des circuits intégrés est vu de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche.

### Liste des composants

R1 ..... 4.7 k  
R2 ..... 47 k  
R3 ..... 2.7 k  
R4 ..... 150  
DL1 ... LED verte  
DL2 ... LED jaune

DL3 ... LED rouge  
IC1 .... NE555  
IC2 .... C/Mos 4017  
S1 ..... interrupteur  
C1 ..... 22 µF électrolytique/16V  
C2 ..... 100 nF polyester  
C3 ..... 10 nF polyester  
C4 ..... 1 µF électrolytique/16V  
C5 ..... 47 µF électrolytique/16V

DS1... 1N4148  
(...)  
DS10 1N4148  
DL1 LED verte  
DL2 LED jaune  
DL3 LED rouge  
IC1 NE555  
IC2 C/Mos 4017  
S1 interrupteur



# Allumage et extinction de plusieurs prises esclaves à partir d'une prise maître

**J**e suis un passionné de **HI-FI** et je dois dire que j'ai réalisé plusieurs des **amplificateurs HI-FI** que vous avez publiés. A ces amplificateurs j'ai relié un **lecteur de CD** et un **enregistreur**, or il m'arrive souvent, après avoir écouté des morceaux de musique, de laisser **allumé** le lecteur de **CD** ou l'**enregistreur** parfois même pendant plusieurs jours!

Pour résoudre ce problème, j'ai conçu un circuit pouvant être utile à titre d'accessoire pour quelqu'un qui possède une chaîne **HI-FI**. J'ai relié l'**amplificateur** à la prise **principale** que j'ai appelée **A**. Comme le montre la figure 1, en **série** avec un des fils arrivant à la prise se trouvent **4 diodes** en opposition de **polarité** (voir **DS1-DS2** et **DS3-DS4**) afin de laisser passer les demi ondes positives et négatives de la tension **alternative**.

Quand j'allume l'amplificateur, aux extrémité de ces **diodes** on a environ **1,5 Vac** qui active la **gâchette** du **triac**. Ce dernier, se mettant à conduire, alimente les deux **prises asservies B-C** que j'utilise pour alimenter le **lecteur de CD** et l'**enregistreur**. Quand j'éteins l'amplificateur, automatiquement la tension de commande vient à manquer sur la **gâchette** du **triac**.

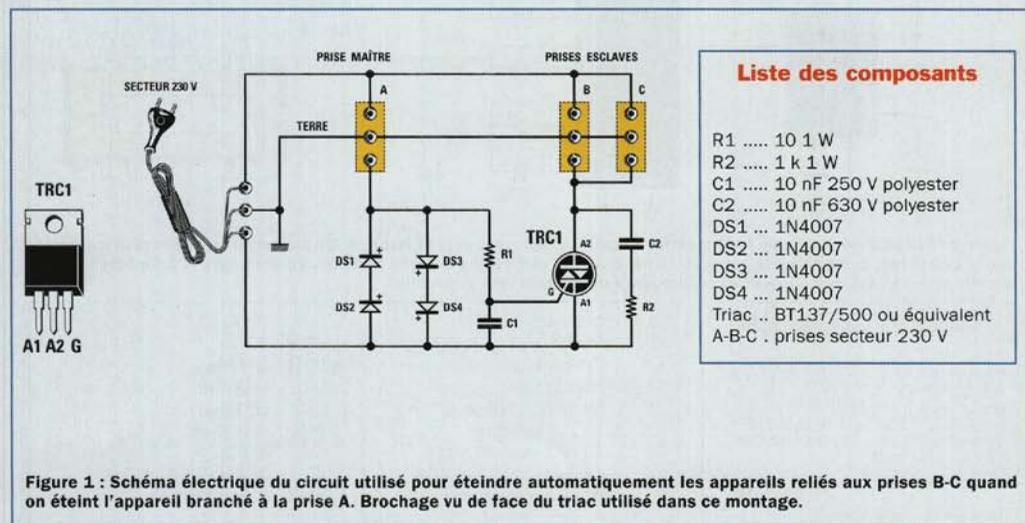
Ce dernier, ne conduisant plus, la tension sur les prises **B-C** vient à manquer et le **lecteur de CD** et l'**enregistreur** s'éteignent. Comme **triac** j'ai pris un **BT137/500** qui peut débiter un maximum de **5 A**, mais n'importe quel autre **triac** fera l'affaire.

## NOTE RÉDACTIONNELLE

L'auteur a utilisé des **diodes 1N4007** en mesure de fournir un courant de **1 A**. Si l'amplificateur devait consommer un courant **supérieur à 1 A**, mais **inférieur à 3 A**, ces diodes devraient être remplacées par des **BY255**. Ce circuit peut être utilisé pour allumer automatiquement des ampoules. Précisons que le montage est à protéger avec un **boîtier plastique**, parce que tous les composants sont directement soumis à la tension du secteur **230 V** et un simple contact des doigts avec cette tension peut être mortel.



Mr Elle SCHLEISS ♦



# Etudes GAMMA

Mail : [contact@etudesgamma.com](mailto:contact@etudesgamma.com)

40 rue damrémont - 75018 Paris

Téléphone : 01.42.28.01.70, Télécopie : 01.42.55.18.86

## PROMOTION du 1er au 31 mars

Hébergement de votre site web avec comptes mails illimités et antispams à partir de 10€ par mois, bande passante garantie, technologie : linux, windows

Sous réserve de disponibilité - <http://www.etudesgamma.com>

### PROMOTION

ETUDES GAMMA



Serveur Physique dédié XEON 4 cœurs  
500 GO sur disque. 4Go de mémoire  
au prix de 149€/ht/mois [CLIQUEZ ICI](#)

Votre partenaire On line



#### SERVICES

- » Surveillance
- » Sauvegarde en ligne
- » Antispam
- » Infogérance
- » Maintenance
- » Installation de réseau



#### APPLICATIONS

- » Conception de sites
- » Référencement
- » Développement
- » PHP/MYSQL
- » WEBDEV
- » FILEMAKER



#### HÉBERGEMENT

- » Site
- » Serveur
- » Baie
- » Nom de domaine

Testez votre éligibilité (Fibre optique, Sdsl, Adsl) numéro de téléphone à 10 chiffres

[Voir le résultat](#)



### Les innovations de notre Bureau

"SITE ALERTE", notre robot de surveillance vérifie tous les quarts d'heures le bon fonctionnement de vos systèmes, en cas de défaillance vous êtes automatiquement avertis par SMS.

"ZONE DE TRAVAIL DEDIEE", partage de fichiers entre collaborateurs en toute sécurité (espace collaboratif).

"FTP-ZONE", gère à vos couleurs votre espace clients avec une ouverture facile de comptes.



mon WEBMAIL



mes STATISTIQUES



nous CONTACTER

ETUDES GAMMA RECRUTE (Mise à jour le 12 février 2010), 3 Offre(s) d'emploi en ligne

### Nos services Nos produits

### Enregistrez

vos noms de domaine

- Développement informatique (en et hors ligne)
- Gestion de parc informatique
- Internet / Intranet / Extranet
- V.P.N liaison inter-sites ou agences
- Accès internet (hauts débits) SDSL
- Hébergement de sites internet et intranet
- Zone d'échange (FTP-ZONE)
- Travail collaboratif (ZONE DE TRAVAIL DEDIEE)
- Référencement / Référencement naturel
- Installation / Infogérance / Maintenance

- Création de site
- Câblage ou réseau sans fil (wireless)
- Conseil et audit projets informatiques
- Serveur Antispams
- Hébergement de serveur
- location de baie "avec badge entrée privative"
- Noms de domaine
- Surveillance

Inscrivez jusqu'à 5 domaines  
saisissez l'extension par ligne



[Vérifiez la disponibilité](#)

**N'attendez plus, trouvons ensemble votre solution**

### Technologies supportées

Hébergeur  
**WEBDEV.**

**SQL**

**php**



Windows Server 2003

**Apache**

**altospam**



**IMPRELEC**

32 rue de l'égalité - 39360 VIRY  
Tél: 03 84 41 14 93 Fax: 03 84 41 15 24  
E-mail: [imprelec@wanadoo.fr](mailto:imprelec@wanadoo.fr)

Réalise vos CIRCUITS IMPRIMÉS de qualité professionnelle SF ou DF, étamés à chaud et percés sur V.E. 8/10° ou 16/10°, Eillets, trous métallisés, sérigraphie, vernis d'épargne. Face aluminium et polyester multicouleurs pour façade.

Montage de composants.

De la pièce unique à la série, vente aux entreprises et particuliers. Tarifs contre une Enveloppe timbrée, par Tél ou mail.

**EXEMPLE DE TARIF**

1 CI SF 16/10° 35µ format Europe ( 160 x 100 mm ) percé à 0,8 mm étamé à chaud, exécution d'après fichier PDF, ou impression papier.

**37,88 € TTC ( port compris )**

Lycée Professionnel & Technologique  
**ÉCOLE MODÈLE D'ÉLECTRONIQUE**

# EME

**Bac Pro. SEN en 3 ans**  
**(Systèmes Electroniques Numériques)**



**Bac STI**  
**(Option Électronique)**

**BTS SE**  
**(Systèmes Électroniques)**

233, Bd de saint Marcel 13396 MARSEILLE Cedex 11  
Tél.: 04 91 44 65 37- Fax: 04 91 89 23 82

**[WWW.eme-enseignement.fr](http://WWW.eme-enseignement.fr)**

# ABONNEZ-VOUS

**OUI**, Je m'abonne à **ELECTRONIQUE** A PARTIR DU N° 111 ou supérieur  N°

E0110

Ci-joint mon règlement de € correspondant à un abonnement de 4 revues Annuel  
Règlement CB directement sur le site **WWW.electronique-magazine.com** rubrique **Abonnement**

Adresser mon abonnement à :

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_ e-mail \_\_\_\_\_

Date, le \_\_\_\_\_

Signature obligatoire ▷

L'ASSURANCE de ne manquer aucun numéro en recevant votre revue directement dans votre boîte aux lettres près d'une semaine avant sa sortie en kiosques.

BÉNÉFICIAIRE de 50% de remise\*\* sur les CD-ROM des anciens numéros

## TARIFS FRANCE

4 numéros **28€<sub>00</sub>**

## TARIFS CEE/EUROPE

4 numéros **32€<sub>00</sub>**

## DOM-TOM/HORS CEE OU EUROPE :

**NOUS CONSULTER SUR**  
**WWW.electronique-magazine.com**  
rubrique **Abonnement**

**POUR TOUT CHANGEMENT D'ADRESSE, N'OUBLIEZ PAS DE NOUS INDIQUER VOTRE NUMÉRO D'ABONNÉ (INSCRIT SUR L'EMBALLAGE)**

**Bulletin à retourner à: JMJ - Abo. ELM**

B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE - Tél. 0820 820 534 - Fax 0820 820 722

Bon Patrice est un inventeur, président de la fondation pour la libre énergie(ex association pour la défense de la synergie) qui propose une solution à la crise de l'énergie. Il suffit d'ajouter un secondaire actif sur la bobine du rotor ou du stator d'un moteur électrique. Ce secondaire actif redonne 98% de l'énergie d'entrée et recharge les batteries de l'onduleur continu tri alimente le moteur. Le moteur entraîne un alternateur dont l'énergie est gratuite. Cinq sorte de moteur-transfo ont été testées. Tous fonctionnent à merveille. D'après tous les docteurs en sciences, agrégés de physique, majors de polytechnique suffisamment conscients consultés, rien ne s'oppose à ce moteur électrique aie un secondaire qui recharge les batteries. La démonstration de cet état de fait se fait avec un moteur Brushless en branchant une ampoule entre la phase et le neutre. Elle s'allume, prouvant que la théorie du moteur-transfo est fondée. Attention quand le secondaire du moteur électrique fonctionne, si ce fait est constaté par un chercheur officiel, il n'a aucune réaction positive car il conclue que le couple moteur diminue de valeur en watts débitée par le secondaire. La réponse officielle est : Si un moteur asynchrone à rotor bobiné a ses sorties au rotor branchées sur des batterie, le couple moteur diminue de la valeur de la puissance débitée par les charbons de rotor car une quantité d'énergie donné ne peut pas servir à deux choses à la fois.

Normalement B.P. devait avoir un quart d'heure à l'émission (tout le toutim) pour expliquer le fonctionnement du moteur-transfo mais un incident technique a fait sauter ce quart d'heure d'information. Bon Patrice cherche contacts. S.O.S.!!! Tél. : 04.77.31.98.13

Ancien radio amateur vend récepteur ICOM type ICR71 tout mode en parfait état de marche et de présentation prix 250 euros plus port 10 euros.M. Sénéchal robert RPA 36 rue de Fay appartement N°2 60600 Clermont - Mail : robert.senechal0327@orange.fr - Téléphone : 02.48.64.68.48

INDEX DES ANNONCEURS

COMEELEC Kits du mois .....	2
COMEELEC Vidéo surveillance .....	15
PCB POOL - Réalisation de prototypes.....	44
JMJ - DVD 100 Numéros.....	52
COMEELEC Mesure .....	70
SELETRONIC .....	86
Etude Gamma Serveur Web .....	95
IMPRELEC Circuits imprimés .....	96
EME .....	96
JMJ - Anciens numéros ELM .....	98
JMJ - CD Cours .....	99
COMEELEC - Santé.....	100

ANNONCEZ-VOUS !

VOTRE ANNONCE POUR SEULEMENT 2 TIMBRES\* à 0,57 € !

LIGNES	TEXTE : 30 CARACTÈRES PAR LIGNE. VEUILLEZ REDIGER VOTRE PA EN MAJUSCULES. LAISSEZ UN BLANC ENTRE LES MOTS.
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

\*Particuliers : 2 timbres à 0,57 € - Professionnels : La grille : 90,00 € TTC - PA avec photo : + 30,00 € - PA encadrée : + 8,00 €

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

Toute annonce professionnelle doit être accompagnée de son règlement libellé à l'ordre de MJM éditions. Envoyez la grille, avant le 10 précédent le mois de parution, accompagnée de votre règlement à l'adresse:

**JMJ/ELECTRONIQUE - Service PA - BP 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE**

Directeur de Publication  
 Rédacteur en chef  
 J-M MOSCATI  
 redaction@electronique-magazine.com

Direction - Administration  
 MJM éditions  
 B.P. 20025  
 13720 LA BOUILLADISSE  
 Tél. : 0820 820 534

Secrétariat - Abonnements  
 Petites-annonces - Ventes  
 A la revue

Vente au numéro  
 A la revue

Publicité  
 A la revue

Maquette - Illustration  
 Composition - Photogravure  
 MJM éditions sarl

Impression  
 Imprimé dans la Communauté  
 Européenne

Distribution  
 NMPP

Hot Line Technique  
 0820 820 534\*

du lundi au vendredi de 16 h à 18 h

Web  
 www.electronique-magazine.com

e-mail  
 info@electronique-magazine.com

\* N° INDIGO : 012 € / AN  
**ELECTRONIQUE**  
 ET LOISIRS  
 LE MENSUEL DE L'ELECTRONIQUE POUR TOUS

EST RÉALISÉ  
 EN COLLABORATION AVEC :

**ELECTRONICA**  
**Electronica In**

JMJ éditions  
 Sarl au capital social de 7800 €  
 RCS MARSEILLE : 421 860 925  
 APE 221E  
 Commission paritaire : 100079056  
 ISSN : 1295-9693  
 Dépôt légal à parution

IMPORTANT

Reproduction, totale ou partielle, par tous moyens et sur tous supports, y compris l'internet, interdite sans accord écrit de l'éditeur. Toute utilisation des articles de ce magazine à des fins de notice ou à des fins commerciales est soumise à autorisation écrite de l'éditeur. Toute utilisation non autorisée fera l'objet de poursuites. Les opinions exprimées ainsi que les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas obligatoirement l'opinion de la rédaction. L'éditeur décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces de publicités insérées dans le magazine et des transactions qui en découlent. L'éditeur se réserve le droit de refuser les annonces et publicités sans avoir à justifier ce refus. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés ne sont communiqués qu'aux services internes de la société, ainsi qu'aux organismes liés contractuellement pour le routage. Les informations peuvent faire l'objet d'un droit d'accès et de rectification dans le cadre légal.



**Au sommaire :** Une torche à LED à tout faire à microcontrôleur STYLIGHT09. Un appareil de magnétothérapie BF à 100 gauss Première partie: Ce mois-ci nous allons réaliser l'appareil, le mois prochain nous apprendrons à l'utiliser pour soigner nos maladies. Un caisson de graves bass-reflex actif de 100 Wrms Première partie: l'électronique Apprenons à écouter notre cœur avec la Heart Rate Variability première partie: la théorie de la HRV - Un radiocommande 12 canaux à "rolling code" Troisième partie: analyse du logiciel - Introduction à la domotique Deuxième Leçon: Une première installation domotique avec Can-Bus

**Au sommaire :** Jeu de la vérité à LED - Jeu de LED clignotantes. Caisson de graves bass-reflex actif de 100 Wrms. Seconde partie: la boiserie - Apprenons à écouter notre cœur avec la Heart Rate Variability Deuxième partie: réalisation pratique de l'enregistreur HRV sur SD-Card - XLIGHT III: Logiciel de contrôle pour éclairage de scène basé sur le DMX512 - Chargeur de batteries au plomb - Centrale à effets lumineux. Magnétothérapie BF à 100 gauss seconde partie: réglages et utilisation. Tempomètre & Thermostat à NE555 - Générateur de sons à microcontrôleur - Introduction à la domotique Troisième Leçon: Nouvelles fonctions pour le Velbus

**Au sommaire :** Programmer pour dispositifs CPLD, version amateur et économique du programmeur IC2 de Microchip: Première partie: l'étude théorique. Adapter pour micro symétrique avec gain réglable - Apprenons à écouter notre cœur avec la Heart Rate Variability, permet de mesurer et d'analyser la variabilité de la fréquence cardiaque ; Troisième partie: le logiciel - Interface Bluetooth à 4 canaux d'E/S - Programmeur débogueur in-circuit pour PIC Première partie: l'étude théorique Plecte pour LED à haute luminosité - Ouvre porte à reconnaissance d'empreintes digitales Introduction à la domotique: Le protocole série Velbus de la théorie à la pratique

**Au sommaire :** Anti-scratch pour lire les vieux disques vinyles des années 70 tout en supprimant les craquelures - Programmeur pour dispositifs CPLD vous permet de créer vos propres circuits intégrés - Seconde partie: la réalisation pratique et le logiciel Serrure à combinaison avec codeur et afficheur: elle vous permet l'activation de n'importe quelle serrure électrique ou dispositif de sécurité Programmeur débogueur in-circuit: Seconde partie: la réalisation pratique et le logiciel - Module Real Time Clock universel - Lecteur de badge magnétique avec port USB Introduction à la domotique: Cinquième Leçon: Une radiocommande 16 canaux pour installation Velbus

**Au sommaire :** L'audio Hi-Fi sur PC: Ce convertisseur audio USB permet de transférer toute votre collection de vieux vinyles sur le disque dur de votre ordinateur, en fichiers audio - Un fluxmètre ou comment mesurer la quantité et le débit de l'eau domestique pour l'économiser. 10 montages à réaliser sur les appareils domotiques - antivol et télécommandes - Alarme antivol maison. Alarme antivol radar à 10 GHz - Barrières à infrarouges - Alarme sonore - Clôture électrique - Radiocommande codée 4 canaux. Radiocommande à 433 MHz surpuissante - Radiocommande à 2 canaux - Télécommande à courant porteur. Télécommande à courant porteur à 2 canaux. Etc...

5,00 €

5,00 €

5,00 €

5,00 €

7,50 €



**Au sommaire :** Oscilloscope et analyseur de spectre pour PC de 10 Hz à 20 kHz: Première partie: le matériel - Compteur Geiger multifonction professionnel capable de mesurer les trois types de rayonnement (alpha, bêta et gamma): Première partie: la construction. Ethylomètre pour alcooltest ou «boire ou conduire» - Gaussmètre pour multimètre. Convertisseur 12/24 Vcc / 230 Vca 50 Hz avec une puissance de sortie de 150 ou 300 W - Préamplificateur stéréo RIAA à modules JOP de grande qualité sonore. Nos lecteurs ont du génie! - Etage final de puissance BF à NPN - Diviseur par 2 à 10 - Capacité pour multimètre. Microphone HF en bande FM - Traceur de signal - Oscillateur à pont de Wien avec une photorésistance - Clé électronique

**Au sommaire :** Générateur DDS UHF bande 1.15-1.4/2.3-2.8 GHz - Oscilloscope et analyseur de spectre pour PC Deuxième partie: le logiciel Visual Analyser et l'utilisation de l'appareil - Luxmètre à UV (en W) et lumière visible (en lux) - Compteur Geiger multifonction professionnel Deuxième partie: l'utilisation - Générateur de tracking pour l'analyseur de spectre EN1431 - Nos lecteurs ont du génie! - Circuits simples contrôlé par la rédaction, conçus pour nos lecteurs - Transformer une alimentation simple en une alimentation symétrique. Un double interphone avec sonnerie - Un thermostat pour ventilateur - Un oscillateur audio - Un générateur d'harmoniques - Un clignotant retardé - Un signal tracer ou injecteur de signal BF - Un INVERTER ou convertisseur DC/AC

**Au sommaire :** MINILAB: Première partie: La réalisation pratique - Un variateur électronique de vitesse pour perceuse. Neuf schémas d'applications avec photorésistances. - Un relais s'active dans l'obscurité avec une photorésistance et des transistors - Un relais s'active à la lumière avec un opérationnel et un transistor. - Un relais s'active dans l'obscurité avec un opérationnel et un transistor - Soins quand on allume une lumière - Un relais activé par l'obscurité mais insensible aux éclairs lumineux - Un relais activé par la lumière piloté par un thyristor - Un relais activé par l'obscurité piloté par un thyristor. Interrupteur crépusculaire piloté par un triac. Un interrupteur crépusculaire La mesure des câbles coaxiaux à l'oscilloscope - Cours: leçon 49 réalisation d'un mesureur TDR de câbles coaxiaux - Etc...

**Au sommaire :** MINILAB: apprendre l'électronique en se divertissant Deuxième partie: La pratique des compteurs (Pour étudier facilement l'électronique) - La mesure du facteur Q d'un circuit L/C Réalisation d'un Q-mètre - Pointeur de parabole pour satellite - Calcul de la résistance de chute pour LED - Un distorsionneur PLL pour guitare à module JOP «un joyau pour l'audiophile» - Un conductimètre professionnel - Un récepteur FM 87.5-108 MHz - Une nouvelle version de la magnétothérapie BF à 100 gauss - Nouvel éthylomètre ultra sensible pour alcooltest. Nos lecteurs ont du génie! - Comment mesurer facilement la puissance de vos enceintes acoustiques - Un générateur HT - Une LED clignotante à très basse consommation de courant - Un coffre-fort électronique Etc...

**Au sommaire :** MINILAB: Troisième partie: construction d'un générateur sinusoïdal à un quartz. Un jeu de lumières animées par des sons. Filtrage paramétrique à module JOP. Un testeur de réflexes - Afficheur modulaire à 64 caractères - Rétroscopie des montages de Noël - Feu virtuel EN161377 - Simulateur d'abe et crépuscule EN1493 - Enregistreur de voix compact EN1524 - Clignotant à LED bleus EN1554 - Reproducteur de sons sur EPRM 27256 EN1571 - Contrôle de lumières géré par ordinateur EN16131614 - Clignotant à LED à circuit intégré NE555 EN5050 - Interrupteur crépusculaire à circuit intégré NE555 EN5052

7,50 €

7,50 €

7,50 €

7,50 €

7,50 €

**Frais de port pour la France + 1€ (CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.)**

# CD-ROM ENTIÈREMENT IMPRIMABLE

LISEZ ET IMPRIMEZ VOTRE REVUE SUR VOTRE ORDINATEUR PC OU MACINTOSH

**50 € Les 3 CD du Cours d'Électronique en Partant de Zéro**



**SOMMAIRE INTERACTIF**

**ENTIÈREMENT IMPRIMABLE**



**5.50 € LE CD**



**50 % DE REMISE POUR LES ABONNÉS SUR TOUS LES CD DES ANCIENS NUMÉROS CI - DESSOUS**

**LE CD 6 NUMÉROS 25€ / 12 NUMÉROS 45€**



**FRAIS DE PORT INCLUS POUR LA FRANCE (CEE - DOM - TOM ET AUTRES PAYS: NOUS CONSULTER.)**

# RESTEZ EN FORME

## GÉNÉRATEUR D'ULTRASONS À USAGE MÉDICAL

La capacité de pénétration des ultrasons dans les tissus du corps humain a révolutionné l'imagerie médicale (avec l'échographie) et donc la fiabilité du diagnostic. Cette propriété des ultrasons les fait également utiliser en physiothérapie avec un succès qui n'est plus à démontrer. L'appareil que nous vous proposons de construire est un générateur d'ultrasons à usage médical : il vous rendra de grands services pour de nombreuses affections (comme l'arthropathie, l'arthrose, l'arthrite, Névrite, Périarthrite, Tendinite, Epicondylite, Traumatisme par contusion, Retard de consolidation osseuse, Adiposité localisée, Otite, Myalgie, Bursite, Lombalgie, Rigidité et douleur articulaire) qu'il vous aidera à soigner. Le diffuseur professionnel SE1.6 est livré monté et étalonné avec son cordon.



EN1627K... Kit complet avec coffret et 1 diffuseur SE1.6 .....	315,00 €
SE1.6..... diffuseur ultrasons supplémentaire .....	139,00 €
EN1627KM Version montée .....	441,00 €

## CESSEZ DE FUMER GRÂCE À ÉLECTRONIQUE LM ET SON ÉLECTROPUNCTEUR



Bien que les pires malédictions soient écrites de plus en plus gros au fil des ans (comme une analogie des progrès de la tumeur qui nous envahit ?) sur chaque paquet de cigarettes (boul filtre ou sans), cesser de fumer sans l'aide de contributeurs extérieurs est plutôt difficile ! La menace ci-dessus aide à nous décider d'arrêter mais pas à nous tenir à cette décision. L'électrostimulateur ou électropuncteur, que nous vous proposons de construire réveillera dans votre corps l'énergie

nécessaire (ce que l'on appelle à tort la volonté) pour tenir bon jusqu'au sevrage et à la désintoxication définitive.

LX1621..... Kit complet avec son boîtier .....	24,00 €
EN1621KM Version montée .....	36,00 €

## STIMULATEUR MUSCULAIRE



Tonifier ses muscles sans effort grâce à l'électronique. Tonifie et renforce les muscles (4 électrodes). Le kit est livré complet avec son coffret sérigraphié mais sans sa batterie et sans électrode.

EN1408..... Kit avec boîtier .....	104,00 €
Bat. 12 V 1,2 A ..... Batterie 12 V / 1,2 A .....	15,10 €
PC1.5..... 4 électrodes + attaches .....	28,00 €
EN1408KM Version montée sans batterie ni PC1.5 .....	146,00 €

## STIMULATEUR ANALGESIQUE



Cet appareil permet de soulager des douleurs tels l'arthrose et les céphalées. De faible encombrement, ce kit est alimenté par piles incorporées de 9 volts. Tension électrode maximum : -30 V - +100 V. Courant électrode maximum : 10 mA. Fréquences : 2 à 130 Hz.

EN1003..... Kit complet avec boîtier .....	40,50 €
EN1003KM Version montée .....	61,00 €

## MAGNETHÉRAPIE VERSION VOITURE

La magnétothérapie est très souvent utilisée pour soigner les maladies de notre organisme (rhumatismes, douleurs musculaires, arthroses lombaires et dorsales) et ne nécessite aucun médicament, c'est pour cela que tout le monde peut la pratiquer sans contre indication. (Interdit uniquement pour les porteurs de Pace-Maker).



EN1324..... Kit avec boîtier et une nappe version voiture .....	68,50 €
PC1324..... Nappe supplémentaire .....	27,50 €
EN1408KM Version montée avec nappe .....	116,00 €

## MAGNETHÉRAPIE BF À 100 GAUSS

Ce nouvel appareil de magnétothérapie basse fréquence (BF) est capable de produire un champ magnétique de 100 gauss dans des fréquences pouvant varier de 5 à 100 Hz au pas de 1 Hz. Anti-inflammatoire - Antiangiogénique - Régénération des tissus - Oxygénation des tissus - Accélération de la formation

du périoste lors de la consolidation des fractures - Ostéoporose  
Caractéristiques techniques : Alimentation : secteur 230 V 50 Hz - Durée maximale de l'application (réglable) : 90 minutes - Fréquences : réglable de 5 à 100 Hz au pas de 1 Hz - Puissance du champ magnétique produit : réglable de 5 à 100 gauss au pas de 1 gauss (avec mesure de l'intensité et de la polarité du champ magnétique) - Afficheur LCD à une ligne de seize caractères - Deux canaux de sortie séparés. Protection contre un courant de sortie excessif (court-circuit en sortie). Protection contre une surtension de sortie si on débranche le solénoïde alors que l'appareil est en fonctionnement. Capteur de champ magnétique à effet Hall pour déterminer la polarité +/- du champ magnétique et son intensité. Le kit complet comprend le cordon, l'afficheur (EN1681) Le diffuseur (MP) le transformateur (TT12.01) le boîtier (MO1680)

EN1680.....Kit complet magnétothérapie .....	296,00 €
EN1680KM.....Version montée .....	356,90 €
MP80.....Diffuseur (en option) .....	36,00 €
MP1680.....Diffuseur (en option) .....	25,00 €
MP1660A.....Bande d'application 1mètre (en option) .....	20,00 €
MP1660B.....Bande d'application 2mètres (en option) .....	39,05 €
EP1680B.....EPROM (en option) .....	22,00 €
DIN12F.....Connecteur seul .....	3,10 €
MK50N.....Valise en plastique (en option) .....	15,00 €

## LA IONOTHÉRAPIE: TRAITER ÉLECTRONIQUEMENT LES AFFECTIONS DE LA PEAU

Pour combattre efficacement les affections de la peau, sans aucune aide chimique, il suffit d'approcher la pointe de cet appareil à environ 1 cm de distance de la zone infectée. En quelques secondes, son "souffle" germicide détruit les bactéries, les champignons ou les germes qui sont éventuellement présents.



EN1480..... Kit étage alimentation avec boîtier .....	104,00 €
PIL12.1..... Batterie 12 volts 1,3 A/h .....	15,10 €
EN1480KM Version montée sans batterie .....	146,00 €

## GÉNÉRATEUR D'IONS NÉGATIFS POUR AUTOMOBILE



Ce petit appareil, qui se branche sur l'allume-cigare à un effet curatif contre les nausées provoquées par le mal de voiture. De plus, il permet d'épurer et de désodoriser l'habitacle de la voiture.

EN1010..... Kit complet .....	42,00 €
EN1010KM Version montée .....	63,00 €

## DIFFUSEUR POUR LA IONOPHORÈSE

Ce kit paramédical, à microcontrôleur, permet de soigner l'arthrite, l'arthrose, la sciaticité et les crampes musculaires. De nombreux thérapeutes préfèrent utiliser la ionophorese pour inoculer dans l'organisme les produits pharmaceutiques à travers l'épiderme plutôt qu'à travers l'estomac, le foie ou les reins. La ionophorese est aussi utilisée en esthétique pour combattre certaines affections cutanées comme la cellulite par exemple.



EN1365..... Kit avec boîtier, hors batterie et électrodes .....	96,00 €
Bat. 12 V 1,2 A Batterie 12 V / 1,2 A .....	15,10 €
PC2.33X..... 2 plaques conduct. avec diffuseurs .....	13,70 €
EN1365KM Version montée avec PC2.33 + Bat .....	198,00 €

# COMELEC

Tél. : 04.42.70.63.90

CD 908 - 13720 BELCODENE  
Fax : 04.42.70.63.95

PASSEZ VOS COMMANDES DIRECTEMENT SUR NOTRE SITE : www.comelec.fr