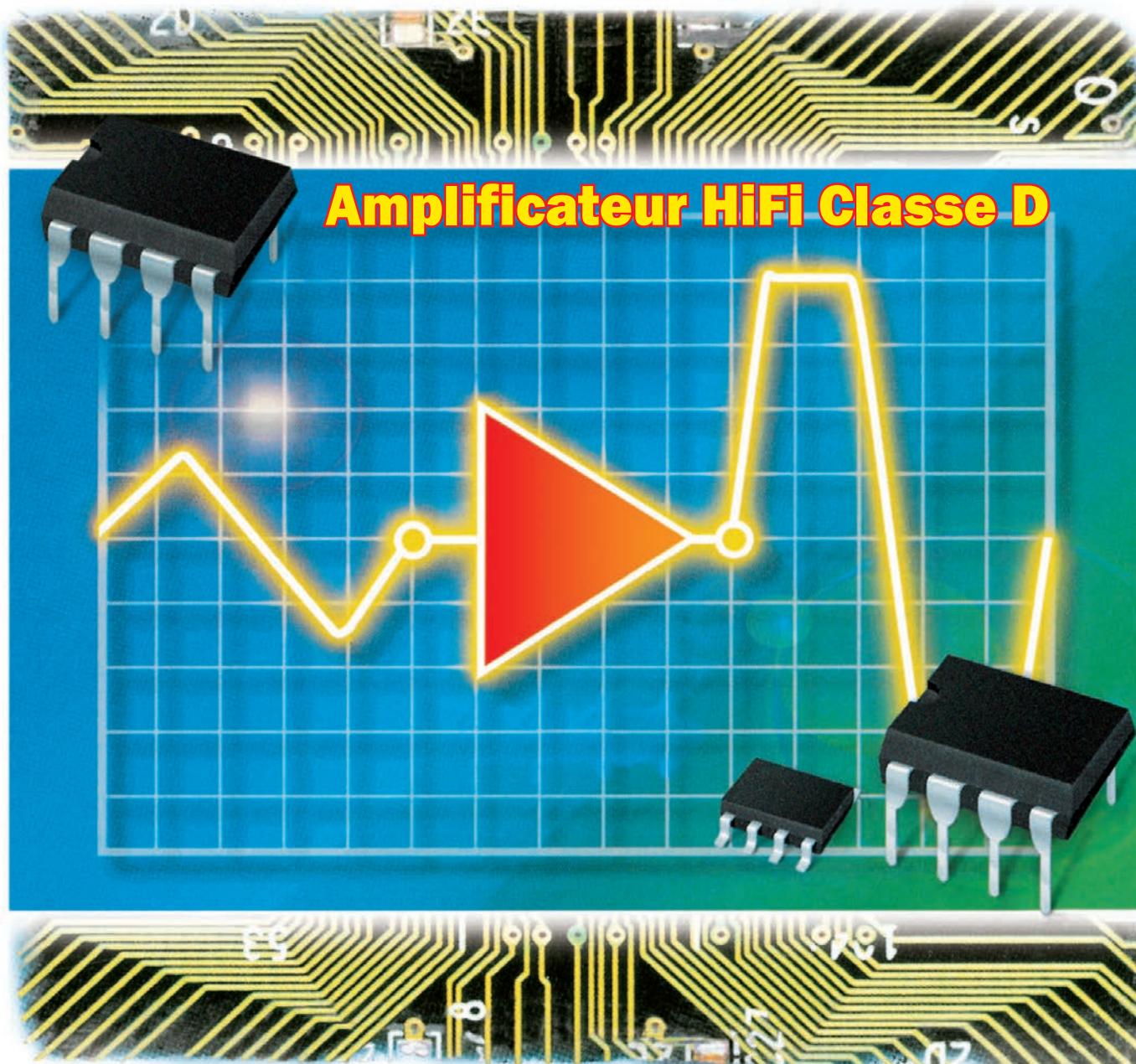


n° 119

ÉTÉ 2012

**ACUPUNCTURE CHINOISE****Amplificateur HiFi Classe D**

- Impédancemètre USB
- Testeur d'injecteur
- MINILAB : Infrarouges
- Amplificateur Hautes fréquences

**SOMMAIRE DÉTAILLÉ**  
**PAGE 4**

N° 119 JUN 2012

M 04662 - 119 - F: 7,50 € - RD



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

## MINILAB OU APPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE EN SE DIVERTISSANT

VERSION AVANCÉE

VERSION JUNIOR



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 désirent 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 monté..... 360,00 €**

**EN3000J .... Kit complet version junior, livré avec boîtier ..... 229,00 €**  
**EN3000JKM Kit complet version junior, livré tout monté ..... 280,00 €**

### AMPLIFICATEUR HI-FI STÉRÉO 2X20 W EN CLASSE D



Ce kit est un amplificateur Hi-Fi stéréo 2x20 W en classe D (à commutation des transistors de sortie) de dimensions réduites. Son rendement atteint 92 %. Toute l'électronique de commande et de puissance est contenue dans un boîtier CMS TQFP 48 broches.

#### Caractéristiques techniques :

- 20 Wrms par cana sous 8 Ω I avec une tension d'alimentation de 19 VDC
- 10 Wrms sous 8 Ω ou 15 W sous 4 Ω avec une tension d'alimentation de 12 VDC (véhicules) - Sélecteur d'entrées symétriques/asymétriques
- Contrôle du gain par sélecteur - Fonction mute - Réglage du volume
- Protection contre les court-circuits en sortie - Distorsion harmonique totale THD 0,3 % à 10 W 4 Ω sous 12 V.

**EN1794 ..... Kit amplificateur Hi-Fi stéréo avec boîtier ..... 91,00 €**  
**EN1794KM.Kit amplificateur Hi-Fi stéréo version monté..... 127,40 €**

### TESTEUR D'INJECTEUR POUR AUTOMOBILE

Ce kit est un testeur d'injecteur pour automobile, il peut en piloter 4 à la fois.

#### Caractéristiques techniques :

- Réglage de la fréquence : détermine l'ouverture et la fermeture en fonction du nombre de tours/minutes de l'injecteur. Il résout tous les problèmes dus aux dysfonctionnements d'injection.
- Réglage du rapport cyclique : détermine le temps d'ouverture de l'injecteur.
- LED rouge allumée quand le solénoïde est en court-circuit à la masse.
- Alimentation 12 VDC

**EN1791 ..... Kit testeur d'injecteur avec boîtier ..... 42,00 €**  
**EN1791KM.Kit testeur d'injecteur version monté..... 58,80 €**

### UN DISTORSIOMÈTRE POUR MESURER LA DISTORSION AVEC UN SIMPLE MULTIMÈTRE

Le kit EN1743 permet à l'aide d'un simple multimètre numérique de mesurer la distorsion de n'importe quel amplificateur Hifi. Attention l'utilisation de ce kit nécessite au préalable un générateur BF par exemple le Générateur d'ondes sinusoïdales EN1744 . Ce distorsiomètre permet de récupérer une tension continue, variable en fonction de la distorsion de l'amplificateur à travers un filtre Notch. Cette variation permet de déduire le taux de distorsion THD (Total Harmonic Distorsion).



\*Caractéristiques techniques : Alimentation : secteur 230 VAC

**EN1743 ..... Kit complet avec boîtier ..... 71,25 €**  
**EN1743KM. Kit complet version montée ..... 91,90 €**

# 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

Ce kit produit des ondes « chinoises » typiques de l'électro-acupuncture chinoise. En outre, un de ses atouts principaux est d'être portable et autonome (il fonctionne sur une batterie rechargeable) et de disposer de dix programmes différents utilisables par les physiothérapeutes, naturopathes, homéopathes, en bref tous ceux qui pratiquent la médecine holistique. Le kit est livré avec son alimentation et les électrodes.

## Traitements antalgiques : traitements utilisés pour contrer les douleurs aiguës de différentes origines.

Programme 0 - Douleur Aiguë  
Programme 1 - Douleur Subaiguë  
Programme 2 - Douleur Chronique

## Traitements pour la relaxation musculaire

Programme 3 - Hypertonie musculaire  
Programme 4 - Inflammations musculaires  
Programme 5 - Normalisation contractures  
Programme 8 - Réhabilitation musculaire (phase initiale)  
Programme 9 - Réhabilitation musculaire (phase finale)

## Traitements pour l'amélioration du flux sanguin

Programme 6 - Troubles Circulatoires  
Programme 7 - Ischémie Articulations

## GÉNÉRATEUR D'ONDES « CHINOISES »



EN1792 ..... Kit électro-acupuncture ..... 133,00 €  
EN1792KM.Kit électro-acupuncture version montée..... 176,00 €

## IMPÉDANCEMÈTRE USB



Ce kit impédancemètre USB permet de mesurer l'impédance des inductances, des capacités, des transformateurs audio, de haut-parleurs et d'une vaste gamme d'autres composants électroniques. En plus de la valeur absolue de l'impédance en ohm, cet appareil calcule automatiquement les valeurs des composantes réactives et résistives, le déphasage et le circuit équivalent série et parallèle.

### \*Caractéristiques techniques :

Valeurs minimales et maximales de la mesure à une fréquence de 1000 Hz en 5 calibres - Inductances 1 microHenry à 100 Henry - Capacité 10 picofarad à 1000 microfarads - Résistance 0,1 ohm à 10 mégohms - Alimentation par le port USB.

EN1746 ..... Kit impédancemètre USB sans boîtier ni CD-ROM..... 67,20 €  
MO1746 ..... Boîtier du EN1746 ..... 25,20 €  
CDR1746 ... Logiciel pour piloter l'impédancemètre ..... 14,70 €  
EN1746KM. Kit version montée avec boîtier et CDR ..... 144,00 €

## UN SELFMÈTRE POUR MESURER L'INDUCTANCE DES SELFS AVEC UN MULTIMÈTRE.



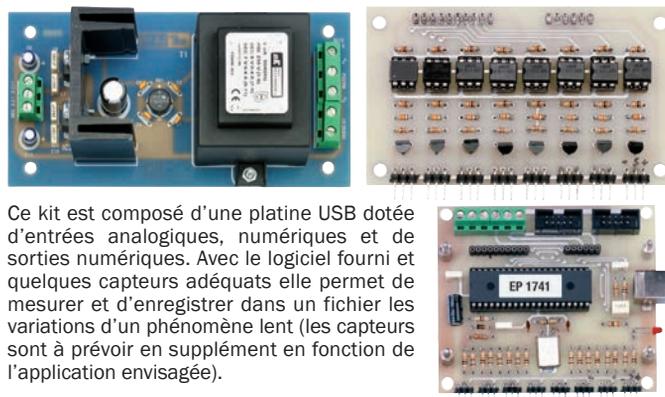
Le kit EN1731 permet à l'aide d'un simple multimètre analogique ou numérique de mesurer la valeur d'une self comprise entre 10 µH et jusqu'à 100 mH au maximum sur trois calibres : 1 mH - 10 mH - 100 mH

### \*Caractéristiques techniques :

Alimentation : pile de 9 V de type 6F22 non fournie - Trois calibres : 1 mH - 10 mH - 100 mH - Fréquence de mesure : 10 kHz - Courant de mesure : 4.5 mA (constant)

EN1731 ..... Kit complet avec boîtier ..... 90,30 €  
EN1731KM.Kit complet avec boîtier version montée ..... 117,50 €

## SURVEILLER LES FISSURES DES MURS AVEC L'USB



Ce kit est composé d'une platine USB dotée d'entrées analogiques, numériques et de sorties numériques. Avec le logiciel fourni et quelques capteurs adéquats elle permet de mesurer et d'enregistrer dans un fichier les variations d'un phénomène lent (les capteurs sont à prévoir en supplément en fonction de l'application envisagée).

### \*Caractéristiques techniques :

Alimentation 230 VAC - 8 entrées analogiques à 12 bits de résolution. 8 sorties numériques permet de piloter 8 relais - 8 entrées numériques à opto-isolées - Sortie 12 V ou 24 V DC pour alimenter des capteurs externes. L'état de chaque entrée et sortie est visualisé par le logiciel.

EN1741 ..... Kit complet sans boîtier ..... 139,86 €  
EN1741KM. Kit complet sans boîtier version montée ..... 169,30 €  
EN1742 ..... Kit complet sans boîtier ..... 27,00 €  
EN1742KM. Kit complet sans boîtier version montée ..... 37,45 €  
EN1701 ..... Kit complet sans boîtier ..... 40,60 €  
EN1701KM. Kit complet sans boîtier version montée ..... 52,70 €

## STAND-BY (VEILLE) OFF RÉACTIVABLE AVEC LA TÉLÉCOMMANDE

Ce kit élimine complètement la consommation due à la veille des appareils domestiques et permet d'éteindre et d'allumer un téléviseur à l'aide de sa télécommande. Ce circuit peut être utilisé aussi avec le lecteur DVD, l'enregistreur DVD, décodeur satellite ou le vieux magnétoscope, etc., ce qui économise du courant.



### \*Caractéristiques techniques :

Alimentation : 2 piles LR06 - Pouvoir de coupure : 5A 230 VAC (1 KW) S'active à l'aide de n'importe quelle télécommande du marché.

EN1783 ..... Kit complet avec boîtier ..... 91,70 €  
EN1783KM.Kit complet avec version montée ..... 119,20 €

Expéditions dans toute la France. Moins de 5 Kg : port 8,40 €. Règlement à la commande par chèque, mandat ou CB. Bons administratifs acceptés.

## Électroréflex ..... 05 le générateur d'ondes «chinoises»



L'appareil ÉLECTRORÉFLEX dépasse la TENS parce qu'il produit les ondes «chinoises» typiques de l'électro-acupuncture chinoise. En outre, un de ses atouts principaux est d'être portable et autonome (il fonctionne sur une batterie rechargeable) et de disposer de dix programmes différents utilisables par les physiothérapeutes, naturopathes, homéopathes, en bref tous ceux qui pratiquent la médecine holistique.

## Amplificateur classe D Hi-Fi stéréo 2x20 W ..... 18



La classe D est servie ! 20+20W stéréo en utilisant exclusivement la technologie Texas Instrument. Un amplificateur aux dimensions réduites, que vous pourrez relier à votre Ipod, mp3 ... et qui même avec des enceintes à faible rendement vous restituera toute la dynamique de la musique. Les débats, comme ceux sur la supériorité des diffuseurs à suspension pneumatique par rapport aux enceintes bass reflex, sont quasi théologiques et donc sans fin. Dans notre liste de réalisations, il ne manquait que la classe D et enfin cette faute majeure est réparée avec ce nouvel amplificateur de 20 + 20 W. Un amplificateur à grand rendement (92%), petit, doté d'un design intéressant, conçu pour écouter toute la dynamique de la musique.

## Les rayons infrarouges avec le Minilab ..... 32



Dans cet article nous chercherons à découvrir ce que sont les rayons infrarouges et nous réaliserons avec le Minilab certaines expérimentations qui vous aideront à comprendre comment fonctionnent les dispositifs électroniques utilisant ces invisibles radiations électromagnétiques. Les infrarouges, en effet, sont des ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde est supérieure à 780 nanomètres (nm), qui est la valeur délimitant le passage par le spectre de la lumière visible, précisément de la zone du rouge, à celle de la lumière invisible.

## Impédancemètre USB pour PC ..... 62 Seconde partie : le logiciel



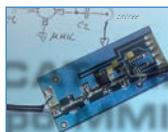
En reliant à votre ordinateur l'impédancemètre USB que nous vous avons présenté dans le numéro 112 d'ELECTRONIQUE & loisirs magazine, vous pouvez mesurer facilement l'impédance des selfs, des condensateurs, des transformateurs audio, des haut-parleurs et de toute une vaste gamme d'autres composants électroniques. En effet, en plus de la valeur absolue de l'impédance en ohm, cet appareil calcule automatiquement la valeur de la composante réactive et de la composante résistive, l'angle de phase et le circuit équivalent série et parallèle.

## Testeur d'injecteur pour automobile ..... 80



Nos fidèles lecteurs se souviendront que lors de nos parutions précédentes, 40 à 80%, des articles publiés dans notre magazine étaient consacrés à l'automobile. Nous avons décrit des projets sur les feux clignotants, les feux de croisement, les systèmes d'allumage électronique, divers systèmes d'alarme, le contrôle de l'éclairage, ainsi de suite. Aujourd'hui ces produits ont évolué en raison des développements technologiques de plus en plus élaborés dans les voitures et intègrent presque tous des circuits intégrés programmés d'usine. Nous avons réussi encore à concevoir un projet d'injecteur pour la voiture, cet article suscitera certainement un grand intérêt pour nos lecteurs.

## Les amplificateurs RF à MMIC ..... 88



Dans cet article nous vous expliquons comment utiliser au mieux les dispositifs MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) et nous vous fournissons toutes les indications utiles pour concevoir vous-mêmes un étage amplificateur RF (radiofréquence).

Le bulletin d'abonnement se trouve page ..... 96

Les petites annonces se trouvent page ..... 97

**LISEZ**  
**ELECTRONIQUE**  
ET LOISIRS  
LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

Tous les articles et les revues sont  
téléchargeables sur notre site internet  
<http://www.electronique-magazine.com>

*Les projets que nous vous présentons dans ce numéro ont été développés par des bureaux d'études et contrôlés par nos soins, aussi nous vous assurons qu'ils sont tous réalisables et surtout qu'ils fonctionnent parfaitement. L'ensemble des typons des circuits imprimés ainsi que la plupart des programmes sources des microcontrôleurs utilisés sont téléchargeables sur notre site à l'adresse : [www.electronique-magazine.com](http://www.electronique-magazine.com) dans la rubrique REVUES. Si vous rencontrez la moindre difficulté lors de la réalisation d'un de nos projets, vous pouvez contacter le service technique de la revue, en appelant la hot line, qui est à votre service du lundi au vendredi de 16 à 18 H au 0820 820 534 (N° INDIGO : 0,12 € / MM), ou par mail à [redaction@electronique-magazine.com](mailto:redaction@electronique-magazine.com)*

**Ce numéro a été envoyé à nos abonnés le 5 Juin 2012**

Crédits Photos : Corel, Futura, Nuova, JMJ

# ÉLECTRORÉFLEX

## le générateur d'ondes «chinoises»

L'appareil **ÉLECTRORÉFLEX** dépasse la **TENS** parce qu'il produit les ondes «chinoises» typiques de l'électro-acupuncture chinoise. En outre, un de ses atouts principaux est d'être portable et autonome (il fonctionne sur une batterie rechargeable) et de disposer de dix programmes différents utilisables par les physiothérapeutes, naturopathes, homéopathes, en bref tous ceux qui pratiquent la médecine holistique.

Il y a pas mal d'années qu'**ÉLECTRONIQUE & LOISIRS MAGAZINE** s'intéresse aux appareils électromédicaux, c'est-à-dire permettant de recouvrer et de conserver la santé : pour cela, nous n'hésitons pas à remonter aux sources les plus lointaines de nos civilisations, lesquelles constituent une sorte d'inconscient collectif de l'espèce humaine. Parmi ces civilisations, particulièrement tournées vers la médecine et la santé, nous avons la Chine et le Japon. Tout le monde a entendu parler de l'acupuncture chinoise.

Aujourd'hui, avec Internet et la mondialisation de l'information, nous sommes littéralement inondés de données et il n'y a pas un seul domaine où, avec un simple clic, on ne puisse accéder à des résultats d'expérimentations les plus disparates. Ce «tsunami» d'information a bien sûr aussi des retombées dommageables : il nous est de plus en plus difficile d'être sûrs de l'authenticité de ces données et de savoir si elles correspondent à une réalité. D'autant que, on le sait bien, la rumeur court d'autant plus vite que son fondement est mal assuré ! On en arrive, même à partir d'une source unique, à des contenus médiatisés parfois diamétralement opposés, tant il est vrai que chacun interprète à sa manière et transmet ce qu'il a compris ou cru comprendre. En l'absence de tout «filtre» (il faudrait que ce filtre soit omniscient comme le dieu des philosophes...), le risque est de croire à des informations lacunaires, distordues, en définitive fausses et à propager l'erreur même en toute bonne foi.

Évidemment, cela peut être plus ou moins grave selon nos centres d'intérêt et il est clair que, s'agissant de notre santé, il est de la plus haute importance de connaître la fiabilité des sources d'où nous parviennent les données. C'est pourquoi, depuis plus de dix ans et au cours de 119 numéros, nous avons considéré comme notre devoir, avant la rédaction de chaque article concernant l'électromédical, de remonter jusqu'aux sources originales, de consulter les vieux manuels (voir figure 2) et de les faire traduire, le cas échéant, dans notre langue. Après le nécessaire approfondissement théorique, nous sommes passés, cette fois



encore, à la conception proprement dite qui nous a conduits à la réalisation de ce **générateur d'ondes chinoises portable** assorti d'un **chercheur de points d'acupuncture (électroréflex)** que nous allons vous présenter.

### Pour en savoir plus...

Comme le montre la figure 3, il y a une parfaite correspondance entre ce que l'expérience séculaire orientale a codifié comme **Méridiens et Flux Énergétiques** et les **positions** des nerfs indiquées par nos écoles d'anatomie les plus avancées. Nous pouvons véritablement dire que les maîtres en acupuncture chinoise le savaient depuis longtemps. Mais aujourd'hui nous pouvons ajouter quelque chose de plus concernant le fonctionnement de cette pratique. En fonction d'expérimentations récentes en physiologie comparée, par exemple, il a été démontré qu'en stimulant un chien avec l'onde chinoise et en reliant les canaux artériels principaux à ceux d'un autre chien compatible, la production d'**endorphine** induite dans le premier est transférée par voie sanguine à l'instant même, ce qui détermine chez le second les conditions de relaxation typiques liées à cette substance.

**Note** : Thomas Hokfelt et Goran Nilsson de l'école de Stockholm et T. Tessei et L. Iversen, deux chercheurs de Cambridge, ont trouvé à quoi servent les **endorphines** dans le système de contrôle : elles bloquent la transmission des impulsions douloureuses par les fibres primaires aux neurones (l'effet s'exerce au niveau présynaptique).

Si notre **Appareil de thérapie Shiatsu-Chrome EN1760** (voir le numéro **114** d'ÉLECTRONIQUE & LOISIRS MAGAZINE) provoque la production des endorphines par la pression de la sonde sur les points typiques de l'acupuncture, l'**électroréflex** multiplie l'effet en utilisant l'énergie électrique bénéfique de l'onde chinoise. L'efficacité de cette forme d'onde a été expérimentée cliniquement par le groupe de recherche de l'Institut de physiologie de Shanghai.

**Note** : les causes de cette efficacité supérieure ne sont pas encore connues et les chercheurs chinois continuent à les étudier.

La possibilité d'atteindre l'analgésie, soit en stimulant à faible intensité et en haute fréquence soit en stimulant à forte intensité et en basse fréquence, a été vérifiée. Dans le premier cas on obtient une analgésie presque immédiate, mais qui s'épuise avec l'arrêt de la stimulation. Dans le second cas l'analgésie met un certain temps à se produire mais elle peut durer aussi plusieurs heures après la cessation de la stimulation. Les causes de comportements aussi curieux font partie d'une histoire qui a transformé l'acupuncture, le Tui-Na (massage chinois) et le shiatsu (massage japonais), méthodes approuvées par l'Organisation Mondiale de la Santé, méthodes qui sont passées de simples pratiques empiriques à quelque chose de plus scientifique.

Les résultats les plus significatifs de l'étude scientifique des points de la médecine traditionnelle chinoise et orientale, ont été obtenus au sujet du mécanisme de l'effet analgésique. On a observé que les points efficaces coïncident avec ceux sur lesquels la morphine a de l'effet (la morphine est une substance utilisée dans le domaine médical pour lénifier la douleur mais qui produit un important effet secondaire de dépendance). On en est venu à explorer l'hypothèse de l'existence d'un véritable **système de contrôle** de la douleur, dont l'activation électrique directe (stimulation focale) ou pharmacologique (morphine) bloque les stimuli de la douleur dans la moelle.

Mais, comment est-il possible d'acheminer vers la peau une stimulation électrique aussi ténue, tout juste perceptible, sans qu'elle se perde ?

Habituellement, pour pratiquer l'électro-acupuncture on se sert des aiguilles, mais comme nous voulons que notre appareil ne soit pas exclusivement réservé à la «classe médicale» et au personnel sanitaire, nous avons utilisé une méthode de longue date préconisée par l'un des chercheurs et pionniers en la matière, le **Docteur Ulderico Lanza** (l'un des plus grands experts de réputation mondiale en acupuncture chinoise). Il s'agit de la **Silver Spike Point (SSP ou «pointe d'argent»)**,

qui se base sur l'utilisation de **pointes argentées**, utilisées par paire, capables d'acheminer le signal à un niveau presque punctiforme, sur la peau.

Bien que le Docteur Lanza ait publié les données des expérimentations japonaises et américaines, il y a déjà plus de vingt ans, notre pays n'a toujours pas développé cette méthode, pourtant d'une totale innocuité et non invasive, en tout cas il ne l'a pas développée suffisamment.

Quant à nous, nous l'avons adoptée et associée aux classiques plaques au chlorure d'argent ou aux plaques conductrices en matériau carboné.

Du point de vue légal, l'utilisation de la **SSP** est autorisée à tous les professionnels de la naturopathie, ostéopathie, réflexologie, kinésithérapie et autres médecines «douces» ou «parallèles» ou «holistiques» ou encore «alternatives».

**Note** : l'électroréflex n'appartient pas à la catégorie des instruments électromédicaux.

Grâce au fonctionnement de l'appareil sur batterie rechargeable (aucun lien avec le secteur 230 V durant le traitement), cette méthode est **absolument sûre** si elle est effectuée dans le plein respect des avertissements et des conseils d'utilisation.



**Figure 1** : Photo de l'appareil électroréflex prêt à être utilisé. On remarque à gauche le petit chargeur secteur (l'appareil fonctionne sur batteries rechargeables) et à droite les plaques d'application des impulsions aux différentes zones du corps humain.

## Il s'agit peut-être de Tens ?

La **T.E.N.S.** (**T**ranscutaneous **E**lectro **N**ervous **S**timulation) se base sur l'application sur l'épiderme de paires de plaques de caoutchouc (ou matériau synthétique similaire), flexibles, adhésives et conductrices, carrées ou rectangulaires, de quelques centimètres de longueur.

Une méthode par conséquent différente de celle qui utilise les **Silver Spike Point**. En outre, la Tens est codifiée pour un usage sanitaire, à la différence des **SSP**, spécialement étudiés pour une utilisation en **réflexologie**, c'est-à-dire une utilisation sûre et non invasive.

Les études réalisées par les japonais établissent que les électrodes externes **SSP** produisent un effet semblable à celui obtenu avec l'application des aiguilles. En règle générale, la stimulation d'un point précis bien repéré, avec l'aiguille ou avec l'électrode **SSP** non invasive, est de loin plus efficace qu'une stimulation diffuse avec la plaque Tens (qui exploite l'effet Gate Control).

On a dit que chaque fois que deux douleurs se produisent en même temps, «**la douleur la plus forte tue la douleur la plus faible**». Cela a été démontré expérimentalement par Hardy. La douleur peut être éliminée au moyen d'une stimulation adéquate produite artificiellement avec les électrodes **SSP** : la stimulation provoque une analgésie, c'est-à-dire une sédation de la douleur (ce phénomène est appelé aussi **modulation** de la **douleur**).

En définitive, la thérapie **électroréflex** provoque des stimulations bénéfiques, neuroréflexes, qui permettent de fournir de manière «naturelle» –en tout cas non pharmacologique–, une réduction sensible de la sensation de malaise (de mal-être) et de la douleur. Tous nos remerciements au **Docteur Fabio Ambrosi**, pour les précieuses informations qu'il nous fournit chaque fois que nous nous tournons vers ces nouvelles thérapies qui constituent souvent une véritable alternative à la médecine classique. Si, pour vos propres recherches (mémoire, thèse, etc.) ou simplement

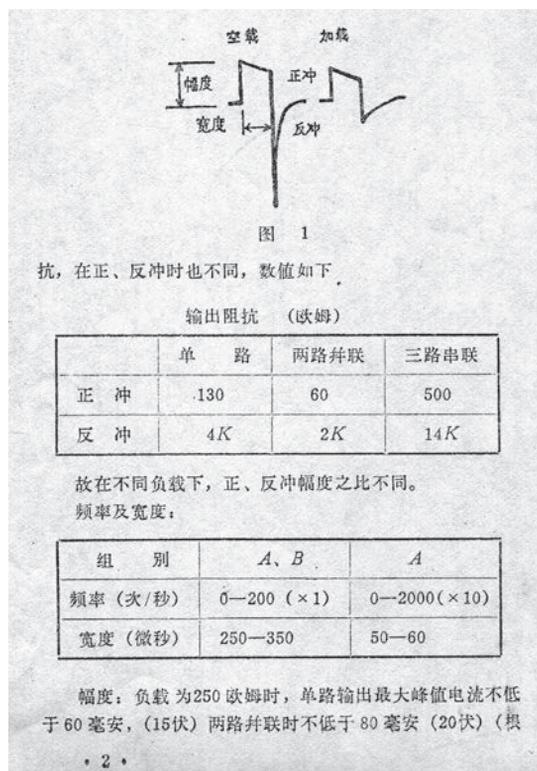


Figure 2 : Reproduction d'une page de l'un des manuels chinois que nous avons consultés au moment de la conception et de la rédaction de l'article consacré à l'électroréflex.

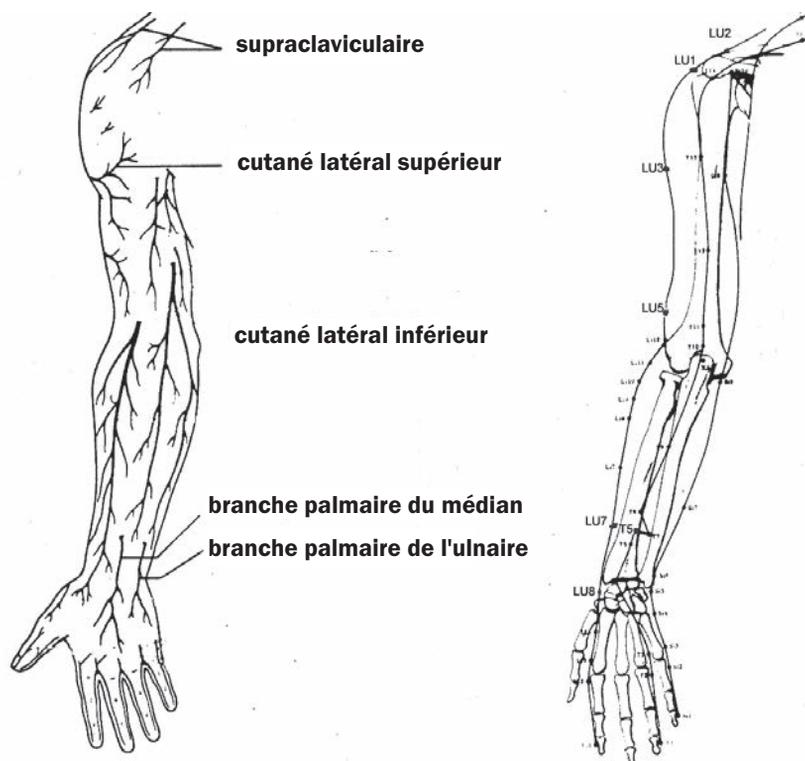


Figure 3 : Nous avons mis côte à côte ces deux images tirées respectivement d'un manuel d'anatomie des plus courants (à gauche) et d'un manuel d'acupuncture chinoise (à droite) afin de mettre en évidence la correspondance entre la disposition des nerfs et celle des méridiens énergétiques.

pour votre culture personnelle, vous souhaitez communiquer avec lui, contactez la rédaction et nous vous donnerons ses coordonnées.

## Le schéma électrique

En mettant en œuvre un microcontrôleur, associé avec quelques composants, nous avons réussi à faire tenir dans une poignée une centrale d'électrostimulation à ondes chinoises complète.

Le microcontrôleur **IC4** remplit les différentes fonctions suivantes :

**-Générateur de fonctions** : c'est de sa broche **3** que sort le signal carré qui sera ensuite utilisé par la chaîne suivante pour former la fameuse «**onde chinoise**».

**-Pilote les LED RGB** (Red-Green-Blue) : ses broches **9, 13, 11** produisent les tensions alimentant les **trois** anodes des trois LED qui produisent les combinaisons de couleurs, du **rouge** au **violet** en passant par le **bleu**, ces couleurs nous signalant la localisation du point à stimuler selon la modalité chinoise (recherche de points).

**-Décodage pour un afficheur à 7 segments** : les broches **19, 20, 7, 1, 2**, pilotent le driver **IC3** lequel allume la combinaison de LED de l'**afficheur (AFFICHEUR 1)**, combinaison qui visualise le numéro du programme sélectionné (de **0** à **9**).

**P1** sert justement à faire avancer le numéro affiché et par conséquent à sélectionner le programme souhaité.

## Nous produisons une onde biphasique de type «chinois»

Une onde carrée normalement positive est produite par la sortie **3** du micro **IC4**. La broche **8** prend l'état logique **1** ou **0** si cette onde doit être respectivement biphasique ou non.

Le signal carré est envoyé à la broche **2** de **IC2/B**, mais son opposé, inversé par **TR1**, est envoyé à la broche **12** de **IC2/A**.

Vous le voyez, le signal est élaboré par les **4** portes NAND de **IC2** pour produire un train d'impulsions mono et biphasiques. Rappelons que les portes **NAND** (AND précédé de NON\*) suivent la logique qui veut que si sur l'entrée on a **1** et **1**, sur la sortie on aura **0** (inverse de 1 en binaire). Si, en revanche, on a en entrée la conjonction **1** et **0**, en sortie on aura **1** (inverse de 0 en binaire).

Selon les combinaisons (ce sont des conjonctions logiques en fait\*) adoptées dans **IC2/A-IC2/B** (IC2/C et IC2/D ne sont que des buffers montés pour fournir plus de courant), c'est seulement **TR2** ou **TR1** qui conduira ou l'inverse (biphasique).

**TR4** alimente le centre du transformateur avec environ **9 V CC** (un peu moins parce que la jonction **C-E** «mange» environ **0,5 V**). Selon que **TR1** ou **TR2** conduit, cette tension est utilisée pour créer la série d'impulsions capables de passer du primaire de **T1** au secondaire avec une tension d'environ **100-150 V** alternative et en forme d'onde chinoise.

Le potentiomètre **R5** règle la tension sur le primaire de **T1** de **0** à **9 V** et par conséquent la variation de la tension à la sortie du secondaire de **T1**.

La **forme d'onde chinoise** est générée d'une façon véritablement «magique» par le secondaire de **T1**. Ce dernier a été dimensionné de telle manière que la partie négative du signal alternatif se modifie au moyen d'un filtre, formé de la capacité parasite entre les différentes spires du secondaire et son impédance caractéristique.

## Le chercheur de points

En actionnant l'inverseur **S2** nous isolons la **fonction générateur** de la partie stimulateur «Électroréflex» et nous activons la fonction permettant de chercher les points sur lesquels il faut effectuer la stimulation avec le maximum de précision.

Le secondaire de **T1** a une résistance très faible pouvant être considérée comme nulle.

**TR6** est un générateur de courant utilisé pour mesurer la **résistance ohmique** des points à stimuler. Les points d'acupuncture sont ceux qui présentent la résistance ohmique la plus faible par rapport à l'épiderme alentour.

**R18** est le potentiomètre qui règle la **sensibilité** de la **recherche**. Toutefois les courants en jeu sont tellement faibles que, si nous devons envoyer le signal produit par le collecteur de **TR6** directement au **Convertisseur Analogique Numérique** du micro, ce port «dévorerait» tout le courant et le signal serait toujours égal à zéro.

Pour l'éviter, grâce à l'opérationnel **IC5**, nous avons obtenu une sorte d'**amplificateur de courant**, lequel rehausse le niveau de manière absolument proportionnelle à celui détecté sur la peau. La broche **5** du micro **IC4** analyse le signal et fait clignoter la couleur de la LED **DL1** qui signale si nous avons trouvé ou pas le point à stimuler. En outre, au fur et à mesure que nous nous approchons du point d'acupuncture, la fréquence du «bip» émis par le **buzzer** piloté par **TR5** **augmente**, en revanche cette fréquence **diminue** au fur et à mesure que nous nous en éloignons.

Tout le circuit est alimenté par une batterie rechargeable de **9 V** et il comporte à l'intérieur un régulateur de tension (voir **IC1**), fournissant le **5 V** stabilisé utilisé pour alimenter la section gérée par le microcontrôleur. Le clignotement de la **LED rouge** vous indique que la batterie est déchargée. Pour sa recharge, vous pouvez utiliser notre alimentation universelle **KM03.001**.

## La réalisation pratique

Ce montage se compose de deux circuits imprimés : celui de la platine principale **EN1792** sur lequel vous devrez monter tous les composants indiqués et le petit circuit **EN1792AK** de la platine afficheur, disponible déjà monté avec des **CMS** et testé (voir figure 7a).

Nous vous suggérons de commencer le montage du **EN1792** par l'insertion des supports des **circuits intégrés IC2, IC3,**

**IC4 et IC5** et de continuer par toutes les résistances, de **1/8** et de **1/4 W**. Insérez ensuite les **diodes** au **silicium**, en orientant la bande repère-détrompeur blanche de **DS1** vers la gauche et les noires de **DS2** et **DS3** respectivement vers la gauche et vers la droite.

Poursuivez avec les **condensateurs polyester**, les **céramiques** et les **électrolytiques** en respectant bien la polarité des pattes de ces derniers (voir figure 7). Vous pouvez maintenant souder entre les condensateurs **C1** et **C12** le **buzzer** en prenant bien soin d'orienter convenablement vers le haut la partie de son boîtier marquée du signe **+**. Fixez alors le quartz **XTAL** après en avoir replié les fils en **L** ; fixez l'inverseur à poussoir **S2** et soudez ses trois broches avec soin dans les trous du circuit imprimé.

Pour terminer le montage, insérez sur le circuit imprimé les **transistors**, en orientant leurs méplats repère-détrompeurs comme l'indique le schéma d'implantation des composants de la figure 7a. Soudez en haut à gauche le petit transformateur **T1** et, à droite, les deux potentiomètres. Montez le potentiomètre **R18** dédié au réglage de la **sensibilité**, soudez ses broches avec soin dans les trous du circuit imprimé. Faites de même avec le potentiomètre **R5** destiné au réglage de l'**amplitude impulsion de sortie** : il est couplé à l'interrupteur d'allumage **S1** (mettez en place le bouton à disque). Vous pouvez maintenant enfoncer dans leurs socles respectifs les circuits intégrés **IC2-IC3-IC4-IC5**, en orientant leurs repère-détrompeurs en **U** comme le montre la figure 7a. Soudez la **prise de batterie** aux deux picots situés en bas à droite (voir figure 7a).

Vous pouvez alors fixer sur cette platine principale le petit circuit imprimé **CMS EN1792AK** au moyen du connecteur à **15 pôles CONN1** : attention, l'afficheur doit être tourné vers l'extérieur (voir figure 7a). Fixez la platine principale maintenant dotée de la petite platine afficheur sur la base du boîtier plastique au moyen de vis et procédez à la fixation, sur le petit support métallique présent avec le matériel disponible, de la **prise d'entrée 9 V** et la **prise de sortie plaques** : reliez les deux au moyen de simples morceaux de fil à la platine principale **EN1792** (voir figures 7a-8).

Précisons que la **prise de sortie plaques** servira de «masse» quand vous effectuerez l'application avec l'électroréflex sur une autre personne. À côté de cette liaison, effectuez celle de la **barrette métallique** visible à gauche de la figure 7a, elle servira de **masse** quand en revanche vous effectuerez la recherche des points sur vous-même.

À la fin, montez la **sonde** en l'appuyant sur la cannelure présente au bord du boîtier et soudez l'extrémité sur les trois picots que vous aurez au préalable insérés et soudés sur le circuit imprimé (voir figure 8). Vous voyez que la **sonde** est en métal doré et qu'il est doté d'un ressort interne permettant de maintenir **constante** la résistance électrique de contact. Vous pouvez fermer le boîtier et passer à la phase d'essai du circuit.

### Les essais

A la fin de l'article nous vous présenterons les **10 programmes de travail**

prévus, ils sont récapitulés dans un **tableau**. Pour vous orienter plus facilement dans votre choix, nous avons divisé les programmes en trois groupes principaux se référant à autant de conditions de traitement :

- 1. Traitement antalgique**
- 2. Traitement musculaire**
- 3. Traitement flux sanguin**

Vous voyez qu'en fonction de l'affection à traiter, vous devrez sélectionner le programme dédié. L'électroréflex produit un signal caractérisé par une largeur et une fréquence spécifiques et le traitement se prolonge pendant la durée prévue et avec des variations de cycle précises.

### Dix programmes de travail prêts à l'emploi

Nous l'avons dit, notre **électroréflex** est doté d'un microcontrôleur lequel, correctement programmé, fournit la forme d'onde adaptée aux diverses applications. Après consultation de textes internationaux, nous avons conçu **10 protocoles** pour utiliser au mieux l'appareil.

Nous allons décrire ces programmes, de manière à rendre plus intelligible le contenu du tableau de la page ci-contre et la légende figurant sur la poignée de l'appareil.

Nous avons divisé les programmes en groupes spécifiques de traitement, car il y a une relation précise entre la largeur, la fréquence du signal généré, le temps d'application et l'affection à soigner.

	SSP Thérapie	TENS Thérapie
<b>Mécanisme</b>	Acupuncture	Gate control
<b>Traitement du point</b>	Acu-point - Trigger Point	Stimulation du Nerf - Trigger Point
<b>Forme Électrode</b>	Électrode SSP	Électrode en caoutchouc
<b>Méthode de Stimulation</b>	Low mode in low frequency (3-15 Hz) Multi points	High mode in High frequency (80-100 Hz) 2 points



### Liste des composants EN1792 - EN1792AK

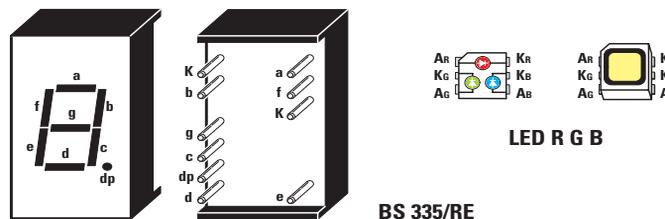
R1..... 4,7 k 1/8 W  
 R2..... 4,7 k 1/8 W  
 R3..... 1 k 1/8 W  
 R4..... 1 k 1/8 W  
 R5..... 1 M pot. lin.  
 R6..... 10 k 1/8 W  
 \*R7 ... 330  
 \*R8 ... 1 k  
 \*R9 ... 1 k  
 \*R10 1 k  
 R11 ... 10 k 1/8 W  
 R12 ... 4,7 k 1/8 W  
 R13 ... 1 k 1% 1/8 W  
 R14 ... 10 k 1% 1/4 W  
 R15 ... 10 k 1% 1/4 W  
 R16 ... 2,2 k 1/8 W  
 R17 ... 10 k 1/8 W  
 R18 ... 1 M pot. lin.  
 R19 ... 10 k 1/8 W

R20 ... 2,2 k 1/8 W  
 R21 ... 10 k 1/8 W  
 C1 ..... 100 µF électrolytique  
 C2 ..... 100 nF polyester  
 C3 ..... 100 nF polyester  
 C4 ..... 100 nF polyester  
 C5 ..... 100 µF électrolytique  
 C6 ..... 100 µF électrolytique  
 C7 ..... 100 nF polyester  
 C8 ..... 33 pF céramique  
 C9 ..... 33 pF céramique  
 C10 ... 100 nF polyester  
 C11 ... 100 nF polyester  
 C12 ... 10 µF électrolytique  
 C13 ... 100 nF polyester  
 C14 ... 100 pF céramique  
 C15 ... 100 nF polyester  
 C16 ... 100 nF polyester  
 C17 ... 100 nF polyester  
 XTAL quartz 1 MHz  
 DS1 .. 1N4007  
 DS2 .. 1N4148

DS3 .. 1N4148  
 \*DL1 LED RGB  
 \*\*Afficheur 1 à cathode commune  
 BS335/RE  
 TR1 ... NPN BC547  
 TR2.... darlington NPN ZTX601  
 TR3.... darlington NPN ZTX601  
 TR4.... darlington NPN ZTX601  
 TR5 ... NPN BC547  
 TR6 ... PNP BC557  
 IC1 .... MC78L05  
 IC2 .... TTL 74HC00  
 IC3 .... TTL 74C48  
 IC4 .... CPU EP1792  
 IC5 .... CA3130  
 T1 ..... transformateur mod. TM1792  
 \*\*P1 poussoir  
 S1 ..... interrupteur sur R5  
 S2 ..... poussoir / inverseur  
 \*\*CONN.1... connecteur 15 broches  
 Buzzer piézoélectrique 12 V

**Note :** les composants assortis d'un astérisque (\*) sont des CMS et, comme les composants assortis de deux astérisques (\*\*), ils sont montés sur le circuit imprimé EN1792AK.

**Note :** précisons que, comme le courant produit est de type **biphasique symétrique**, le risque de dommages électrochimiques (communément appelé «brûlure chimique») est minime. Précisons encore que l'intensité de la stimulation produite par l'électrode négative est identique à celle produite par l'électrode positive.



**Figure 6 :** Brochage de l'afficheur et de la LED RGB que vous trouverez déjà montés sur le circuit imprimé EN1792AK.

### Traitements antalgiques

Ce sont les traitements utilisés pour contrer les douleurs aiguës de différentes origines.

#### Programme 0 - Douleur Aiguë

En général : **application d'un courant TENS confortable, antalgique, avec modulation de fréquence et une lente variation pour prévenir l'accoutumance des tissus.**

-indication : **douleur aiguë ou syndromes.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **75 µs**  
 -fréquence : **80 Hz**  
 -temps d'application : **5 minutes (à prolonger si nécessaire).**

-variation de cycle : **de 70 à 80 Hz avec un pas de 2 Hz.**

-sensation : **léger fourmillement, picotement.**

-niveau d'intensité : **à peine perceptible, confortable.**

#### Programme 1 - Douleur Subaiguë

En général : **application d'un courant TENS confortable, antalgique, avec modulation de fréquence et une lente variation pour prévenir l'accoutumance des tissus.**

-indication : **traitement des douleurs de différentes origines pendant la phase transitoire aiguë-chronique.**

-largeur impulsion BF SIM : **200 µs**

-fréquence : **50 Hz**

-temps d'application : **10 minutes (à prolonger, si nécessaire).**

-variation de cycle : **40 secondes à 50 Hz, 2 min à 2 Hz**

-sensation : **fourmillement, vibration.**

-niveau d'intensité : **à peine perceptible jusqu'au niveau maximal de tolérance du patient.**

#### Programme 2 - Douleur Chronique

En général : **programme pour la réduction de la douleur de type chronique. La première partie du programme est légèrement agressive alors que la seconde est plus légère.**

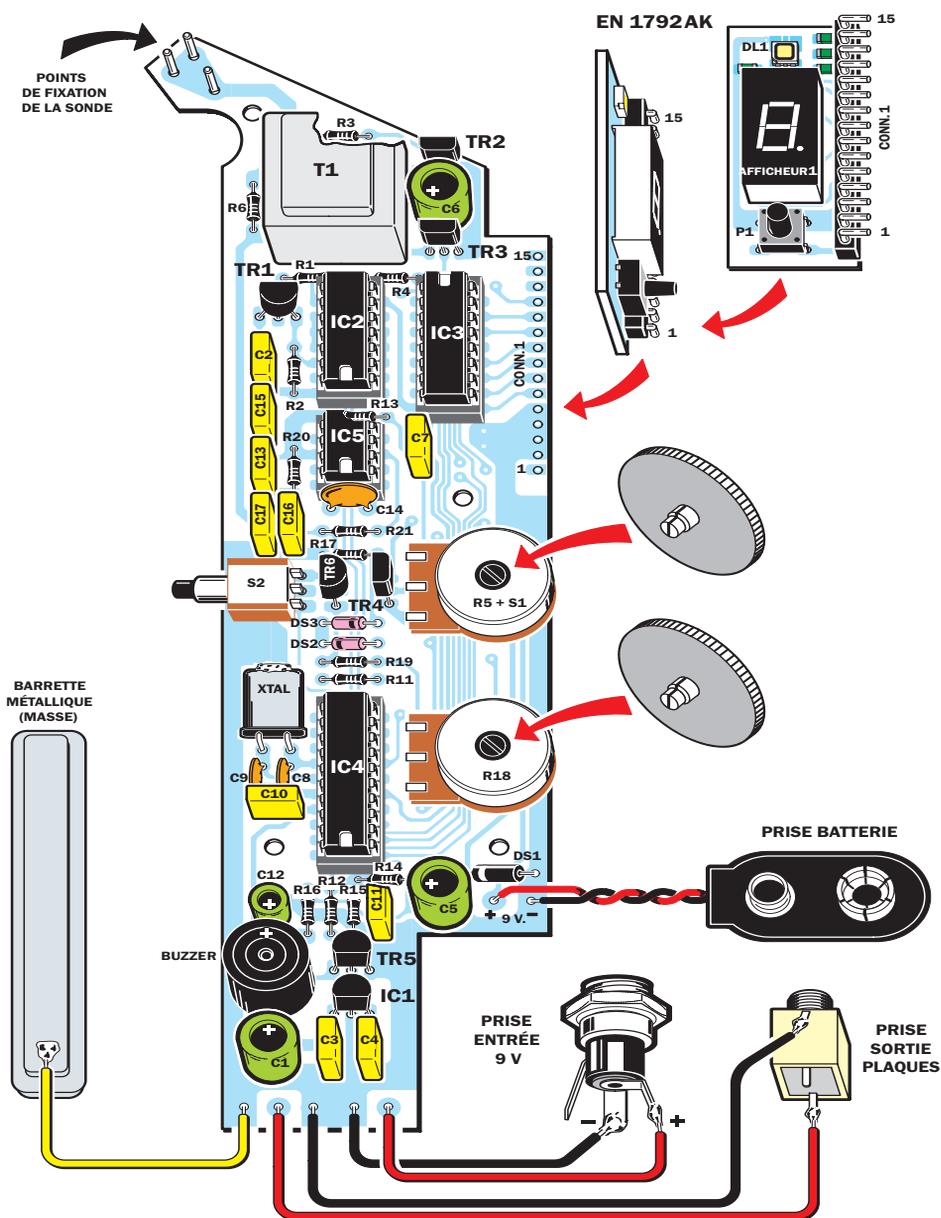


Figure 7a : Schéma d'implantation des composants de l'électroréflex EN1792. Vous voyez que le petit circuit imprimé CMS EN1792AK est à insérer sur la platine principale au moyen du connecteur à 15 pôles en suivant l'orientation indiquée par la flèche.

-indication : **troubles douloureux d'origine chronique ou syndromes.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **100 µs**  
 -fréquence : **5 Hz**  
 -temps d'application : **30 minutes**  
 -variation de cycle : **2 minutes à 5 Hz, puis 9 secondes à 80 Hz.**  
 -sensation : **vibration rythmique, activité musculaire.**  
 -niveau d'intensité : **fortement perceptible.**

## Traitements pour la relaxation musculaire

### Programme 3 - Hypertonie musculaire

En général : **programme ayant pour finalité la relaxation musculaire laquelle apporte une réduction de l'activité de la musculature tonique.**

-indication : **hypertonie musculaire, raideur musculaire, spasmes musculaires graves.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **200 µs**  
 -fréquence : **10 Hz**  
 -temps d'application : **5 minutes**  
 -variation de cycle : **de 5 à 15 Hz avec un pas de 1 Hz.**  
 -sensation : **forte vibration.**  
 -niveau d'intensité : **jusqu'à ce que la sensation requise soit atteinte.**

Figure 7b-1 : A gauche, dessin à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'électroréflex EN1792, côté soudures.

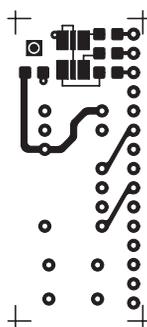
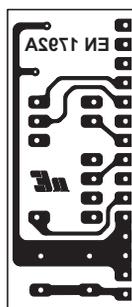
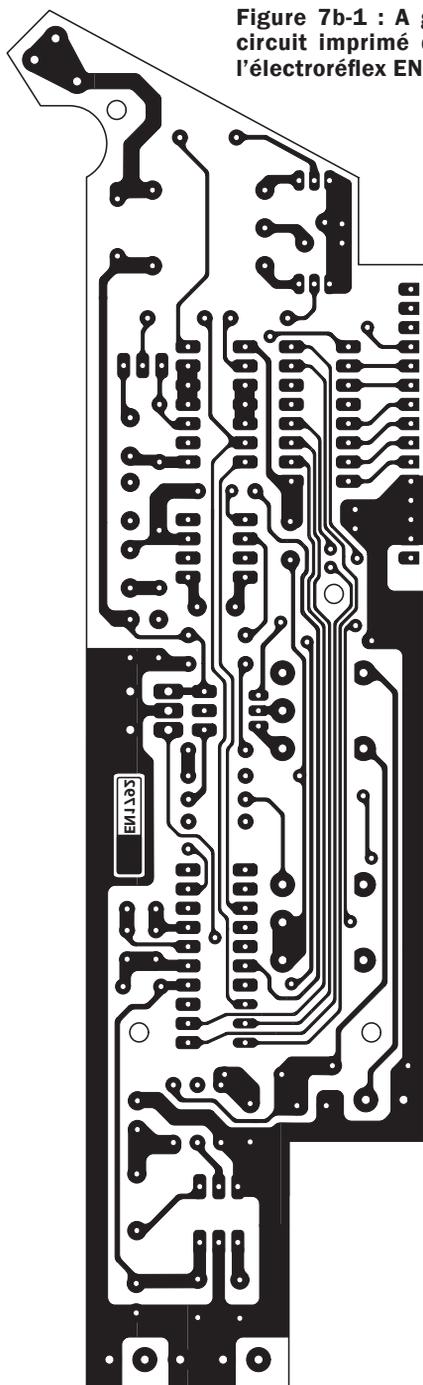
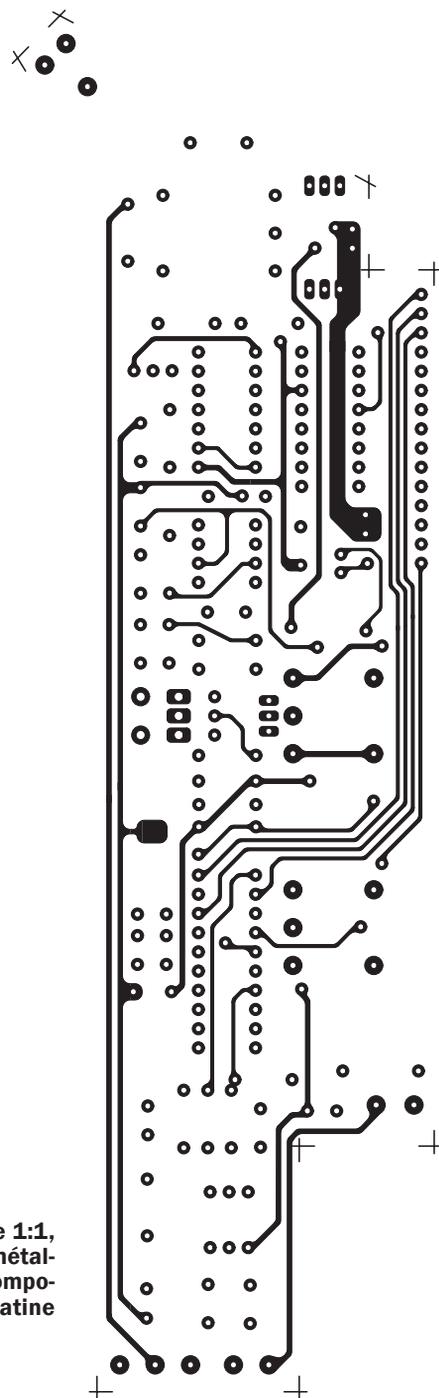


Figure 7b-2 : A droite, dessin à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'électroréflex EN1792, côté composants où on insère en outre la petite platine afficheur EN1792AK.



#### Programme 4 – Inflammations musculaires

En général : application d'un courant TENS rythmique en moyenne fréquence dans le but d'atténuer les inflammations tendineuses.

-indication : tendinites subaiguë et chronique, épicondylites («coude du tennisman»), etc.

-largeur impulsion BF SIM : 200  $\mu$ s  
-fréquence : 70 Hz  
-temps d'application : 7 minutes  
-variation de cycle : chaque train d'impulsions est constitué de la séquence suivante :

70 Hz pendant 1 seconde  
0 Hz pendant 1 seconde  
70 Hz pendant 2 secondes  
0 Hz pendant 1 seconde

70 Hz pendant 3 secondes  
0 Hz pendant 1 seconde  
70 Hz pendant 4 secondes  
0 Hz pendant 1 seconde  
70 Hz pendant 5 secondes, etc...

-sensation : stimulation rythmique, rapide et confortable.  
-niveau d'intensité : de fortement perceptible jusqu'au niveau maximal de tolérance du patient.

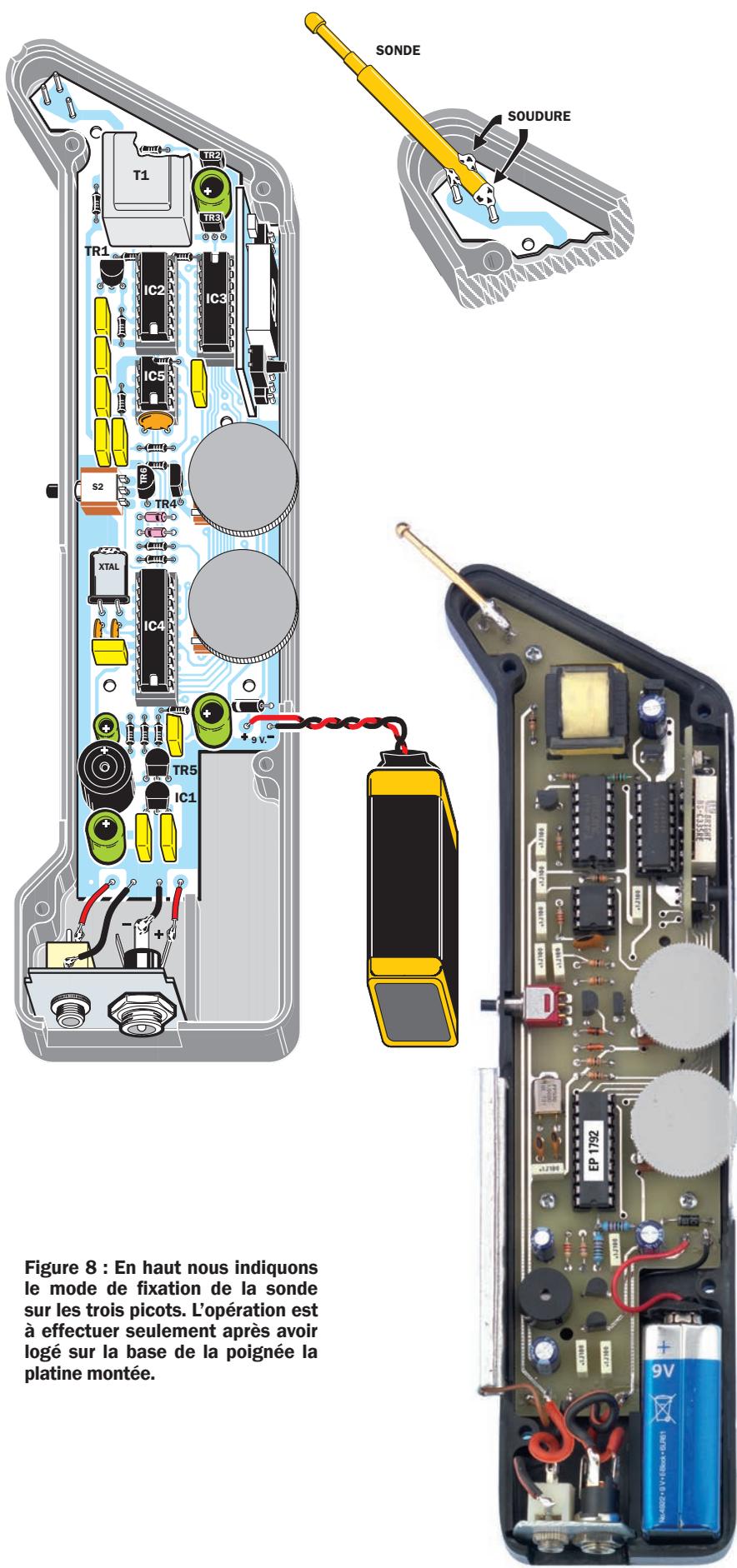


Figure 8 : En haut nous indiquons le mode de fixation de la sonde sur les trois picots. L'opération est à effectuer seulement après avoir logé sur la base de la poignée la platine montée.

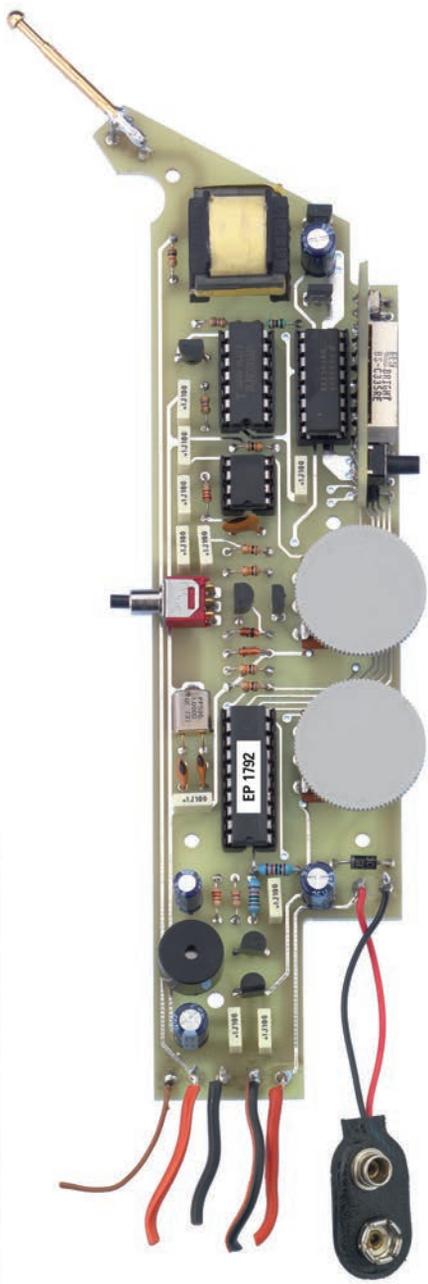


Figure 9 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'électroréflex et, à droite, cette même platine fixée à la base de la poignée réalisée pour cette utilisation.

PROGR.	APPLICATION	LARGEUR IMPULSION	FRÉQUENCE	TEMPS d'application	VARIATION DE CYCLE
0 TRAITEMENTS ANTALGAIQUES	Antalgique Douleur Aiguë	75 µS		5 min 	de 70 à 80 Hz avec un pas de 2 Hz
	Antalgique Douleur Subaiguë	200 µS		10 min 	40 sec à 50 Hz 2 min à 2 Hz
	Antalgique Douleur Chronique	100 µS		30 min 	2 min à 5 Hz 9 sec à 80 Hz
1 2 3 RELAXATION MUSCULAIRE	Hypertonie Musculaire	200 µS		5 min 	de 5 à 15 Hz avec un pas de 1 Hz
	Inflammation Musculaire	200 µS		7 min 	
	Normalisation Contractures	250 µS		30 min 	
4 5 6 7 8 9 AMÉLIORATION FLUX SANGUIN	Troubles Circulatoires	150 µS		10 min 	
	Ischémie Articulations	200 µS		30 min 	
	Réhabilitation Muscles F. initiale	100 µS		10 min 	
	Réhabilitation Muscles F. finale	300 µS		15 min 	

## Programme 5 - Normalisation contractures

En général : **stimulation des muscles dans le but de relaxer le muscle pour normaliser la fonction musculaire.**

-indication : **contractures musculaires de diverses origines.**

-largeur impulsion BF SIM : **250  $\mu$ s**

-fréquence : **35 Hz**

-temps d'application : **30 minutes (la durée du traitement doit être comprise entre 1,5 et 6 heures).**

-variation de cycle : **chaque train d'impulsions est constitué de la séquence suivante :**

**35 Hz pendant 1 seconde**

**0 Hz pendant 1 seconde**

**35 Hz pendant 4 secondes**

**0 Hz pendant 1 seconde**

**35 Hz pendant 2 secondes, etc...**

-sensation : **stimulation croissante suivie d'un long intervalle.**

-niveau d'intensité : **jusqu'à atteindre une contraction clairement perceptible sans ressentir aucune douleur.**

## Traitements pour l'amélioration du flux sanguin

Ce sont les traitements ayant pour finalité de stimuler la circulation sanguine au moyen de la contraction musculaire.

## Programme 6 - Troubles Circulatoires

En général : **induction de contractions musculaires ayant pour finalité la normalisation du flux sanguin.**

-indication : **troubles circulatoires de diverses origines.**

-largeur impulsion BF. SIM : **150  $\mu$ s**

-fréquence : **15 Hz**

-temps d'application : **10 minutes**

-variation de cycle : **chaque train d'impulsions est constitué de la séquence suivante :**

**15 Hz pendant 1 seconde**

**0 Hz pendant 1 seconde**

**15 Hz pendant 1 seconde**

**0 Hz pendant 1 seconde**

**15 Hz pendant 3 secondes, etc...**

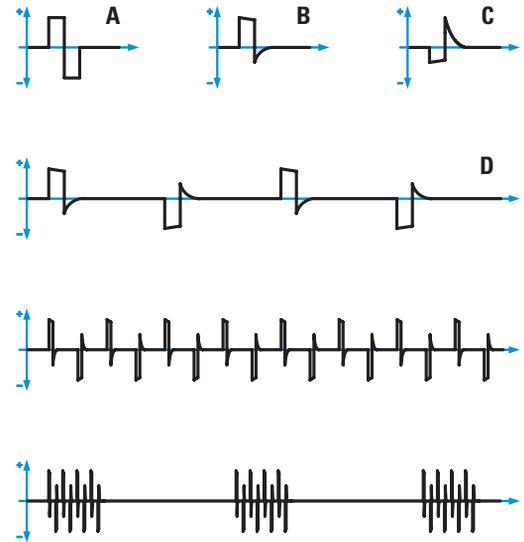


Figure 10 : D'abord nous avons représenté une seule impulsion de l'onde biphasique (A), puis de l'onde biphasique chinoise (B) et enfin de l'onde biphasique chinoise inversée (C). Au dessous, le signal émis par notre électroréflex (D) et, tout en bas, un train de ce même signal.



Figure 11 : Pour effectuer le traitement avec l'électroréflex, il faut appliquer sur le corps des électrodes enduites au préalable de gel (à gauche sur la photo) ou bien des plaques de caoutchouc. Dans le second cas, vous devrez déposer à la surface de la plaque du gel bi adhésif comme le montrent les figures 12-13.

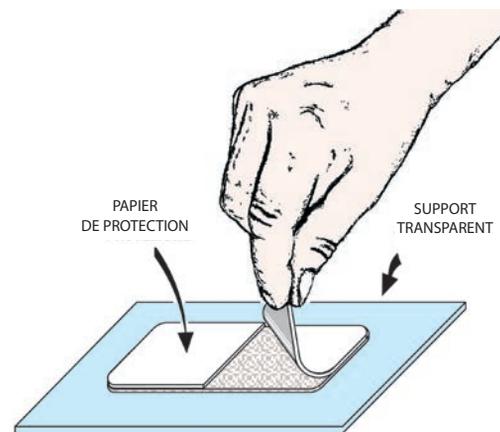
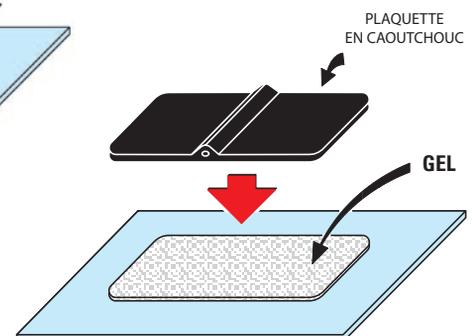


Figure 13 : Une fois le papier de protection enlevé, vous devrez faire adhérer parfaitement la plaquette de caoutchouc conductrice sur la couche de gel. Quand la couche adhésive n'adhère plus à la peau, vous devez la changer.

Figure 12 : Avant de procéder à l'application des plaques en caoutchouc sur l'épiderme, appliquez sur leur surface du gel bi adhésif, en enlevant le papier de protection.



-sensation : **séquence de contractions rapides (montée et descente rapides) suivies de brefs intervalles.**  
 -niveau intensité : **contractions musculaires clairement visibles.**

#### Programme 7 – Ischémie Articulations

En général : **programme pour l'amélioration du flux sanguin aux extrémités inférieures, en cas d'ischémie.**

-indication : **troubles de la déambulation, claudication intermittente.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **200 µS**  
 -fréquence : **4 Hz**  
 -temps d'application : **30 minutes**  
 -variation de cycle : **chaque train d'impulsions est constitué de la séquence suivante :**

**4 Hz pendant 1 seconde**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**4 Hz pendant 4 secondes**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**4 Hz pendant 1 seconde**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**4 Hz pendant 12 secondes, etc..**

-sensation : **stimulation avec vibrations rythmiques, rapides.**  
 -niveau intensité : **clairement perceptibles (niveau sensoriel).**

#### Programme 8 – Réhabilitation musculaire (phase initiale)

En général : **application d'un courant TENS confortable lequel, en produisant une contraction musculaire, détermine la récupération de la fonction musculaire.**

-indication : **tous les cas où, à cause d'une immobilité forcée des muscles, on doit procéder à leur stimulation dans le but de récupérer leur tonicité.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **100 µS**  
 -fréquence : **50 Hz**  
 -temps de application : **10 minutes**  
 -variation de cycle : **chaque train d'impulsions est constitué de la séquence suivante :**

**50 Hz pendant 1 seconde**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**50 Hz pendant 4 secondes**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**50 Hz pendant 1 seconde, etc..**

-sensation : **contractions musculaires confortables avec un rapport égal à 1:3.**

-niveau d'intensité : **réglage de l'intensité jusqu'à atteindre une légère contraction. N'augmentez pas l'intensité pendant le traitement.**

#### Programme 9 – Réhabilitation musculaire (phase finale)

En général : **programme pour produire une contraction musculaire confortable ayant pour finalité la réhabilitation musculaire. Ce programme doit être considéré comme la continuation naturelle du précédent.**

-indication : **stade avancé de la réhabilitation de la musculature striée, ayant pour finalité l'augmentation de la vitesse de contraction des fibres toniques.**  
 -largeur impulsion BF SIM : **300 µS**  
 -fréquence : **20 Hz**  
 -temps d'application : **15 minutes**  
 -variation de cycle : **chaque train d'impulsions est constitué par la séquence suivante :**

**20 Hz pendant 2 secondes**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**20 Hz pendant 3 secondes**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**20 Hz pendant 1 seconde**  
**0 Hz pendant 1 seconde**  
**20 Hz pendant 6 secondes, etc..**

-sensation : **augmentation de la stimulation graduelle (montée et descente rapides) suivie d'un intervalle.**

-niveau d'intensité : **réglage de l'intensité jusqu'à atteindre une légère contraction. N'augmentez pas l'intensité pendant le traitement.**

#### Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire l'électroréflex générateur d'ondes «chinoises» **EN1792** est disponible chez certains de nos annonceurs.

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/119.zip> ◆

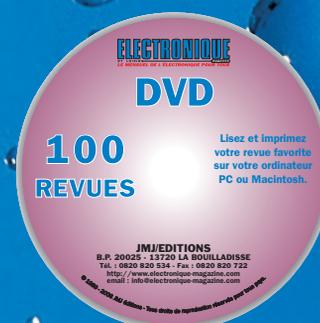


**DVD INTERACTIF:  
 100 NUMÉROS  
 D'ELECTRONIQUE &  
 LOISIRS MAGAZINE  
 du N°1 au N° 100**

**10.000 pages  
 d'électronique  
 800 montages**

**Logiciel  
 Adobe Acrobat Reader inclus**

**Prix: 249€**



**En cadeau  
 Une Clé USB de 2 Go  
 pour l'achat de ce DVD**

**Frais de port inclus  
 pour la France autres pays  
 (nous consulter).**

**JMJ Editions B.P. 20025  
 13720 LA BOUILLADISSE  
 Tél. : 04 42 70 63 96  
 du lundi au vendredi de 9h à 12h  
[www.electronique-magazine.com](http://www.electronique-magazine.com)**

# Amplificateur Hi-Fi stéréo 2x20 W en classe D

**La classe D est servie ! 20+20W stéréo en utilisant exclusivement la technologie Texas Instrument. Un amplificateur aux dimensions réduites, que vous pourrez relier à votre Ipod, mp3 ... et qui même avec des enceintes à faible rendement vous restituera toute la dynamique de la musique.**

**A**mplis à tubes, IGBT, MOSFET et transistors thermaltrack : **ELECTRONIQUE & loisirs magazine** a utilisé pour ses amplificateurs toutes ces technologies avec de grands succès. Les audiophiles se divisent en plusieurs «camps» ou «chapelles», ce qui donne différents forum sur Internet : chacun en pince pour la technologie qu'il a choisie car elle est sans conteste «la meilleure du monde», c'est évident et ceux qui ne sont pas d'accord «ont des oreilles en bois» !

Les débats, comme ceux sur la supériorité des diffuseurs à suspension pneumatique par rapport aux enceintes bass reflex, sont quasi théologiques et donc sans fin. Dans notre liste de réalisations, il ne manquait que la **classe D** et enfin cette faute majeure est réparée avec ce nouvel amplificateur de **20 + 20 W**. Un amplificateur à grand rendement (**92%**), petit, doté d'un design intéressant, conçu pour écouter toute la dynamique de la musique : «chaud devant !», voici notre ampli **EN1794**.

Lorsque vous l'aurez réalisé, vous pourrez l'associer indifféremment à des enceintes de **4** ou **8 Ω**, quel que soit leur rendement. À propos de rendement, celui de cet ampli se traduit par un faible échauffement et des dimensions réduites : c'est pourquoi notre amplificateur, avec son boîtier compact, peut être installé dans tous les environnements, même dans une voiture ou un camping-car. La tension d'alimentation en entrée, qui peut varier de **12** à **35 V**, rend l'amplificateur incroyablement flexible : en effet, il suffit de disposer d'une batterie **12 V** pour alimenter cet amplificateur qui devient ainsi portable.

*Mais comment est le son ?* C'est cela que l'audiophile, ou même le simple amateur de Hi-Fi, demande en premier



quand on lui propose un nouvel ampli. Le son d'un amplificateur relève d'une appréciation subjective ; pour notre part nous pouvons vous assurer que nous avons soumis ce nouveau montage à une longue série de tests qui ont tous obtenu d'excellents résultats. Nous avons ainsi eu la confirmation que nos choix conceptuels étaient les bons : utilisation de composants de qualité sur tout le parcours du signal, potentiomètre de volume à crans et condensateurs au polyester.

Voici les avantages dont vous bénéficierez en construisant cet amplificateur :

- **20 Wrms** sur **8 Ω** par canal de puissance avec une tension d'alimentation de **19 V**, que vous pourrez obtenir avec un petit bloc d'alimentation d'ordinateur portable.

- **10 Wrms** sur **8 Ω** avec une tension d'alimentation de **12 V** comme on en trouve à bord des véhicules ; vous pourrez sonoriser la voiture et le camping-car (**15 W** sur **4 Ω**) et, en lui ajoutant une batterie sèche au plomb-gel, vous en ferez un appareil autonome et portable.

- si vous avez une sortie symétrique, une entrée différentielle est également prévue.

## Quelques informations supplémentaires

Les amplificateurs audio traditionnels ont tenu le haut du pavé pendant plusieurs décennies en passant à travers les différentes technologies à lampes, à transistors et à MOSFET. La propagation des systèmes audio multicanal et «home theater» ainsi que le rétrécissement de l'espace dans les habitations, ont rendu nécessaire la production de petits amplificateurs à faible diffusion de chaleur comme ceux fonctionnant en classe D.

La maturité de ce type d'ampli est arrivée ces dernières années grâce au perfectionnement des MOSFET et aux techniques d'intégration. Cela a entraîné une diminution des coûts et de la complexité de ce type de circuit : d'où sa faveur actuelle dans le domaine de la grande consommation.

La conception théorique de ces **amplificateurs en classe D** (à commutation) remonte tout de même aux années '50 : elle est due aux interactions des techniques de contrôle de puissance et d'alimentation à commutation.

La première apparition commerciale est la sortie, en **1964**, de l'amplificateur **Sinclair X-10**, d'une puissance de **10 W** vendu en kit. Ensuite fut produit un modèle d'une puissance de **20 W** appelé **X-20**. Dans les années '80, Sony présenta l'amplificateur **TAN88** de **160+160 W** en **classe D** (à VFET) utilisant la technique **PWM** et une alimentation à découpage : un appareil très apprécié par la communauté Hi-Fi (mais peut-être trop en avance sur son temps). Au fil des ans, les constructeurs de semiconducteurs, profitant des progrès de la technique d'intégration toujours plus «serrée», ont produit une grande variété de circuits intégrés.

Notre laboratoire a testé plusieurs de ces composants mais, jusqu'ici, il les a toujours trouvés mal adaptés à la construction amateur. C'est seulement maintenant, avec la sortie de nouveaux circuits intégrés Texas Instruments, que nous changeons d'avis et vous proposons dans cet article un montage qui les met en œuvre.



Figure 1 : De gauche à droite, vues arrière et avant de notre amplificateur en classe D EN1794 prêt à être utilisé.

## Son principe de fonctionnement

Le domaine d'utilisation des amplificateurs en classe D se répartit en trois grandes catégories :

- faible puissance 10 mW – 5 W
- moyenne puissance 5 W – 80 W
- forte puissance 80 W – 1 400 W

La **faible puissance** est utilisée en téléphonie mobile, pour les lecteurs MP3 et les ordinateurs portables, soit là où la faible consommation et le fonctionnement en basse tension sont fondamentaux ; elle est en plus utilisée pour les appareils alimentés par piles.

La **moyenne puissance** a pris de l'importance avec l'introduction des téléviseurs LCD toujours plus «plats» et dans les systèmes «home theater». La demande d'appareils au rendement toujours meilleur d'un point de vue énergétique, a accéléré le développement de ce segment.

La **forte puissance** trouve son créneau avec les amplifications professionnelles (concerts, cinémas, stades et autres manifestations publiques). Nous allons maintenant parler des techniques qui sont à la base des amplificateurs en classe D. La Figure 2 donne le schéma synoptique interne d'un circuit intégré qui convertit un signal analogique en un **signal numérique** de type **PWM** (on dit aussi modulateur PWM). Le comparateur est du type avec **hystérésis** : le signal analogique est appliqué sur l'entrée + et une onde triangulaire à **500 kHz** sur l'entrée -.

Quand le signal analogique est plus positif que l'onde triangulaire de référence, une impulsion positive se produit à la sortie, impulsion dont la largeur dépend de la durée pendant laquelle le signal reste au dessus du seuil. En fait, il existe une **fonction linéaire** entre la largeur de l'impulsion et l'amplitude de l'entrée. Quand l'entrée est **inférieure** au seuil (lequel change avec le temps) dû à l'onde triangulaire, la sortie du comparateur devient **négative**. L'onde carrée à la sortie du comparateur a un rapport cyclique proportionnel à l'amplitude du signal d'entrée. Si la sortie du comparateur pilote des MOSFET, comme le montre l'exemple de la figure 3, l'allure du signal de sortie est le reflet du signal d'entrée multiplié par la tension d'alimentation. Pour extraire le signal audio à la sortie des MOSFET, il suffit de filtrer avec un filtre passe-bas de type **L/C**, comme le montre la figure 3. Le filtrage barre en outre le passage aux interférences électromagnétiques dues à l'onde carrée présente à la sortie. Le gain de l'étage est donné par le rapport entre le pic de l'onde triangulaire et la tension d'alimentation du MOSFET. Supposons que l'onde triangulaire ait une valeur de pic (crête) de **2,5 V** et que la tension d'alimentation soit de **50 V**, le gain sera égal à **20**.

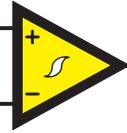
## Classe D numérique et classe D analogique

Le circuit visible figure 3 est un **amplificateur en classe D** de type **analogique** car le modulateur est réalisé au moyen d'un comparateur avec hystérésis.

SIGNAL ENTRÉE



REFEREN. 500 KHz



SORTIE PWM

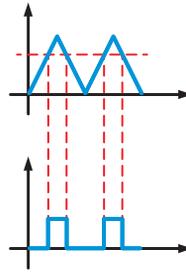


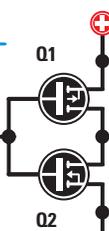
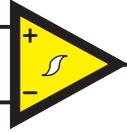
Figure 2 : Schéma de principe et forme d'onde d'un modulateur PWM et, à droite, les formes d'onde caractéristiques.

Figure 3 : Schéma de principe d'un amplificateur en classe D et forme d'onde correspondante.

SIGNAL ENTRÉE



RÉFÉREN. 500 KHz



SORTIE PWM

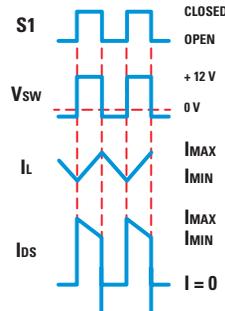
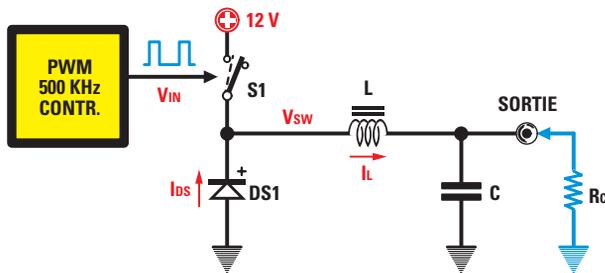
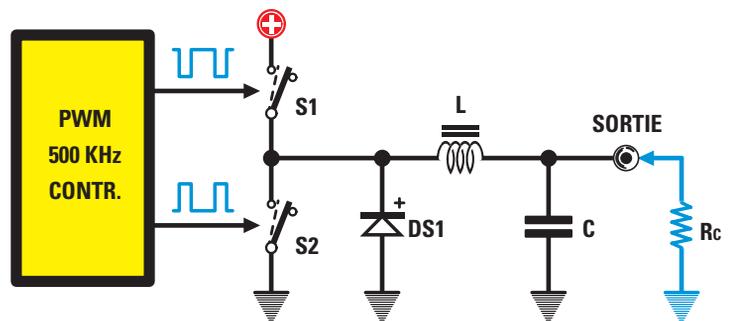
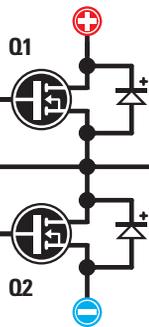


Figure 4 : Alimentation à découpage de type buck et forme d'onde correspondante.

Figure 5 : Schéma de principe d'une alimentation à découpage de type buck synchrone.



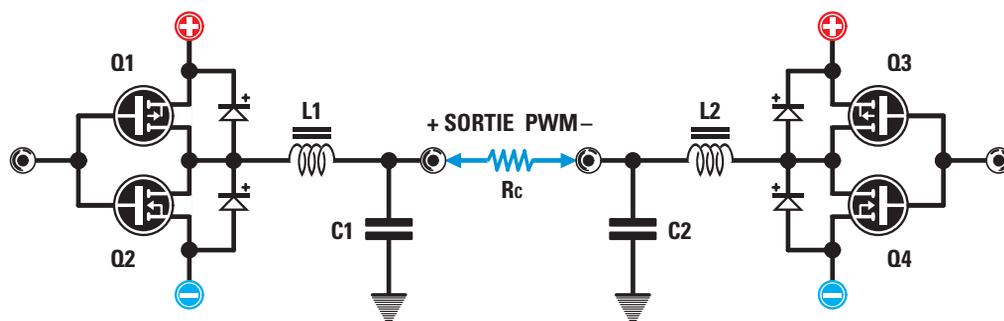
ENTRÉE PWM



SORTIE PWM

Figure 6 : Étage de sortie en classe D de l'amplificateur en demi pont avec 2 MOSFET type N.

Figure 7 : Étage de sortie en classe H de l'amplificateur avec MOSFET complémentaires P et N.



Le signal **PWM** peut être généré numériquement avec diverses techniques, les plus courantes étant la **PCM** et la **PDM**.

## Classe D synchrone et asynchrone

Le modulateur **PWM** visible figure 2 est de type synchrone car la fréquence de l'onde carrée est fixe et c'est la valeur du rapport cyclique qui varie.

**Note** : DC est l'acronyme de Duty Cycle (rapport cyclique)

La **classe D asynchrone** présente la fréquence d'oscillation variable avec le signal d'entrée comme dans le cas des amplificateurs auto oscillants.

## Convertisseur buck

La technologie utilisée pour les amplificateurs **classe D** présente bien des analogies avec celle dont on se sert pour les alimentations «à commutation», c'est-à-dire «switching» ou, en Français, «à découpage». Pour approfondir cette question nous vous renvoyons à l'article EN1786-1787 du numéro **117** d'ELM intitulé «Deux alimentations à découpage».

La meilleure configuration, pour comprendre le fonctionnement de l'amplification en **classe D**, est le convertisseur **buck**. Le **convertisseur buck** travaille en «descente» ou «step-down» puisqu'il réduit la tension d'entrée à une valeur inférieure et préétablie à la sortie.

Un exemple classique en est donné en figure 4. Le temps de fermeture de l'interrupteur **S1** détermine la quantité d'énergie transmise à la charge et par conséquent la tension. Le pilotage du commutateur est obtenu avec un contrôleur **PWM**.

Supposons que le **DC** (duty cycle ou rapport cyclique) est de **50%**, la tension d'entrée de **12 V** sur la charge devient **6 V**. La charge **Rc** de **3 Ω** consomme **2 A** avec une tension de sortie de **6 V**. Dans un circuit réel, le commutateur **S1** est remplacé par un MOSFET.

Durant la première demi période, **S1** est fermé, la tension d'entrée est appliquée à la self **L1** et augmente linéairement avec le temps (comme le montre la figure 4) pour atteindre sa valeur maximale. Quand **S1** s'ouvre, le courant continue de circuler dans **L1** jusqu'au collapsus du champ magnétique. L'énergie emmagasinée par la self est restituée sous forme de courant qui circule à travers la charge **Rc**. Ce courant, dit de commutation ou de découpage, est obligé de circuler à travers **C-Rc**, contraint par la présence de **DS1**.

Durant la seconde demi période, le courant diminue linéairement avec le temps jusqu'à sa valeur minimale **Im**, comme le montre la figure 4. La fréquence de commutation et la valeur de la self doivent être sélectionnés de manière à obtenir **Im** supérieur à zéro. La moyenne de **Imax** et **Imin** est le courant de sortie qui traverse la charge. La différence entre **Imax** et **Imin** est appelée courant de «**ripple**» (ondulation résiduelle). La diode est appelée «**frehwheeling diode**» ou diode de recirculation. La figure 4 montre **DS1** en conduction à la fin du demi cycle, quand **S1** se ferme et que la tension passe de **-0,7 V** à **+12 V**. Idéalement, la diode devrait passer de la conduction au blocage en un temps nul.

Une diode réelle a des limites physiques dues aux phénomènes de recombinaison des charges, ralentissant la commutation. Ce phénomène est appelé **récupération inverse** et il donne lieu à un **spike** de courant quand **S1** se ferme. Ce phénomène indésirable, en outre, donne lieu à une dissipation d'énergie et à des interférences électromagnétiques auxquelles on remédie en se servant de diodes fast ou shottky.

## Convertisseur buck synchrone

La figure 5 donne le schéma de principe du convertisseur buck synchrone où **DS1** comporte un commutateur **S2** en parallèle. Ce circuit prend le nom de **redressement** synchrone et présente l'avantage d'augmenter le rendement du circuit. **S1** et **S2** travaillent en déphasage de **180°**, quand **S1** est «on» **S2** est «off» et vice versa. Supposons que le **DC** de **S1** soit de **75%**, en pratique nous aurons **9 V** sur un **Rc** égal à **3 Ω** avec un courant de **3 A**.

Le comportement du circuit est très semblable à celui de la figure 4, à la différence que la tension de sortie arrive quasiment à zéro (nous n'avons pas la chute de tension sur **DS1**). Dans le convertisseur **buck synchrone**, la condition la plus dangereuse consiste à avoir **S1** et **S2** tous deux en même temps «on» (court-circuit à la masse). Pour empêcher que cela ne se produise, on insère le «**dead time**» (temps mort) : en fait **S1** et **S2** restent ouverts pendant un temps très bref. Avec les deux interrupteurs ouverts, le champ magnétique dans **L1** collapse, ce qui crée une tension négative, heureusement limitée par **DS1**.

Le «**dead time**» (temps mort) est plutôt bref en comparaison avec la période du signal de commutation, afin de préserver le rendement. Dans la pratique, **S2** est un MOSFET avec une **Rdson** faible, de telle manière que la chute de tension à ses extrémités soit négligeable par rapport à celle de **DS1**. La diode **DS1** est réalisée en mettant à profit la «diode parasite» **source-drain** dérivant de la technologie de construction du MOSFET. **DS1** est habituellement choisie en technologie schottky en raison de sa rapidité.

La forme d'onde de sortie dépend de la rapidité de commutation de l'interrupteur haut **S1**. Les fronts de la tension de sortie dépendent fortement de **S1**, car une part non négligeable du courant est prélevée sur le **+12 V**, quand cet interrupteur se ferme. Le buck converter synchrone a bien des affinités avec un amplificateur en classe **D**.

## Étages de sortie classe D

L'étage de sortie d'un amplificateur en classe **D** est la partie la plus difficile à réaliser.

On travaille typiquement à des fréquences de l'ordre d'environ **500 kHz** et les temps de montée et de descente sont de l'ordre de **20 ns** (nanosecondes).

Supposons que l'on ait un amplificateur alimenté en **+/- 50 V** (alimentation double symétrique), où les transitions de sortie sont de **100 V** en **20 ns**, soit une variation de **5 000 V/μS** !

Imaginez un semblable slewrate et les obstacles rencontrés par les concepteurs pour obtenir des circuits intégrés ayant des prestations pareilles !

## Étages de sortie push-pull et à pont en H

Les figures 6 et 7 montrent deux étages de sortie pour **classe D** typiques. L'étage **push-pull** utilise deux MOSFET complémentaires : le **canal P** pour la branche positive et le **canal N** pour la

branche négative ; on l'appelle aussi circuit en **demi pont**. Le **pont en H** est piloté de telle façon qu'un côté est **haut** et l'autre **bas** ; avec cette configuration nous avons le **double** de la puissance appliquée à la charge. Quand les deux côtés sont hauts ou bas, la charge n'est pas traversée par le courant. Le **pont en H** nécessite le double de composants par rapport au push-pull : l'avantage consiste à pouvoir utiliser une tension d'alimentation divisée par deux. Le **pont en H** est utilisé en général dans les amplificateurs de forte puissance.

## Étage de sortie avec deux MOSFET N

Les MOSFET **canal N** ont de meilleures caractéristiques de commutation que les MOSFET **canal P** et c'est pourquoi on préfère utiliser une paire de **N**.

La figure 6 montre un circuit de sortie réalisé avec deux MOSFET de type **N** ; ce circuit nécessite un pilote légèrement complexe pour polariser le MOSFET haut. Il existe des circuits intégrés pour cela : par exemple le **IR2110** ; ils ont un circuit de **bootstrap** afin de produire la tension correcte pour polariser le MOSFET haut.

## Contrôle de pilotage de grille

L'impédance d'entrée d'un MOSFET est **haute** aux basses fréquences et **basse** aux hautes fréquences et il faut tenir compte aussi de la **capacité Miller**.

Les courants de pilotage de la grille sont de l'ordre de **1 A** et les temporisations sont importantes pour la distorsion. Le problème est résolu en utilisant des circuits de pilotage spécialisés.

## Contrôle du temps mort ou «dead time»

Dans le schéma de la figure 6 il peut arriver que les deux MOSFET soient fermés,

avec pour conséquence une possible destruction de l'étage de sortie. Comme nous l'avons expliqué précédemment, le circuit de pilotage produit un petit **temps mort** pendant lequel les deux MOSFET sont bloqués.

La présence du **temps mort** est hélas une source de distorsion du signal de sortie. Le **temps mort** peut varier avec la température et les conditions de travail du circuit : c'est pourquoi on recourt à des circuits qui le contrôlent de manière indépendante pour le MOSFET haut et pour le MOSFET bas.

Le contrôle du **temps mort** est effectué de façon dynamique avec des techniques analogiques ou numériques.

## Le circuit intégré TPA3100D2

Le circuit intégré **Texas Instruments** est en mesure de fournir **20 W** par canal sur des haut-parleurs montés en pont, en **classe D**. Le **TPA3200** peut piloter aussi des charges de **4 Ω** avec un rendement de **92%**, sans avoir besoin d'aucun dissipateur. La figure 8 donne le schéma synoptique interne du circuit intégré et la figure 9 le schéma d'application simplifié. Commençons par l'analyse des fonctions fondamentales du circuit intégré.

Les broches **LOUTN (39-40)** et **OUTP (41-42)** sont les sorties du demi pont de MOSFET auxquelles on relie le haut-parleur. Les condensateurs de **220 nF** reliés à **BSLN (38)** et **BSLP (43)** sont les condensateurs de bootstrap, servant à produire la tension de polarisation du MOSFET haut du demi pont.

Si vous regardez le schéma de la figure 9, vous voyez en haut à gauche deux broches appelées **Gain Select** qui permettent de sélectionner différents gains, comme vous pouvez le voir dans le Tableau 1.

Dans ce même Tableau 1 vous pouvez voir aussi que la résistance d'entrée change avec le gain et ceci est la conséquence du fait que des résistances sont commutées.

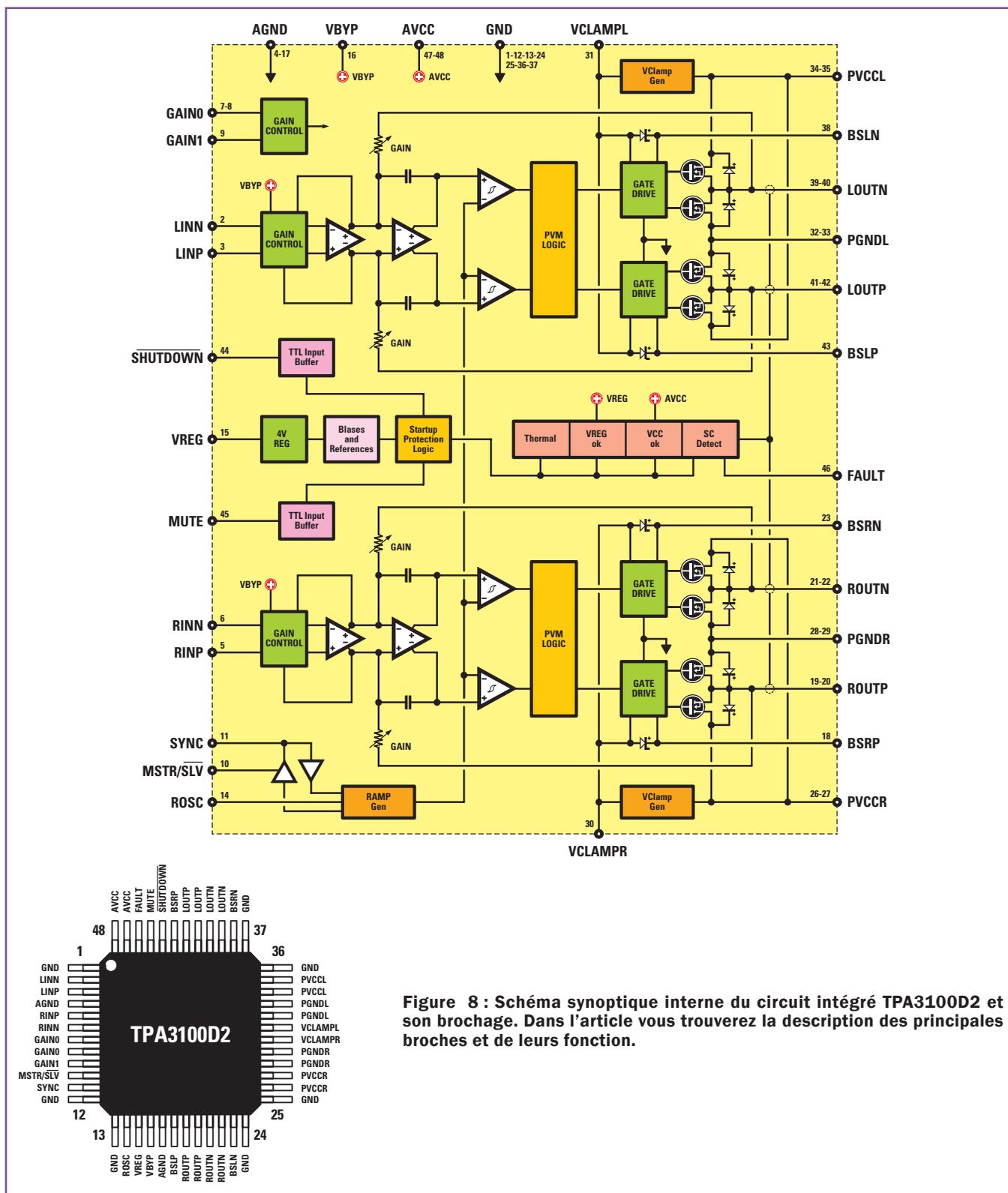


Figure 8 : Schéma synoptique interne du circuit intégré TPA3100D2 et son brochage. Dans l'article vous trouverez la description des principales broches et de leurs fonction.

**INPUT «L»** est l'entrée du signal pour le canal gauche couplé à la broche **LINP (3)** à travers un condensateur de **1 µF**. La broche **LINN (2)** est le négatif de l'entrée différentielle (du canal gauche) laquelle, dans ce cas, est reliée à la masse parce qu'on entre avec un signal asymétrique.

La résistance reliée entre la broche **ROSC (14)** et la **masse** détermine, avec le condensateur interne, la fréquence de fonctionnement de l'amplificateur.

**Sync Control** sont deux broches utilisées pour synchroniser les oscillateurs dans les systèmes multi-amplifiés.

**Shutdown Control** sert à éteindre le circuit intégré en le mettant en mode de consommation minimale de courant (mode veille).

**Mute Control** sert à éteindre l'étage de sortie et peut servir quand on commute les entrées audio.

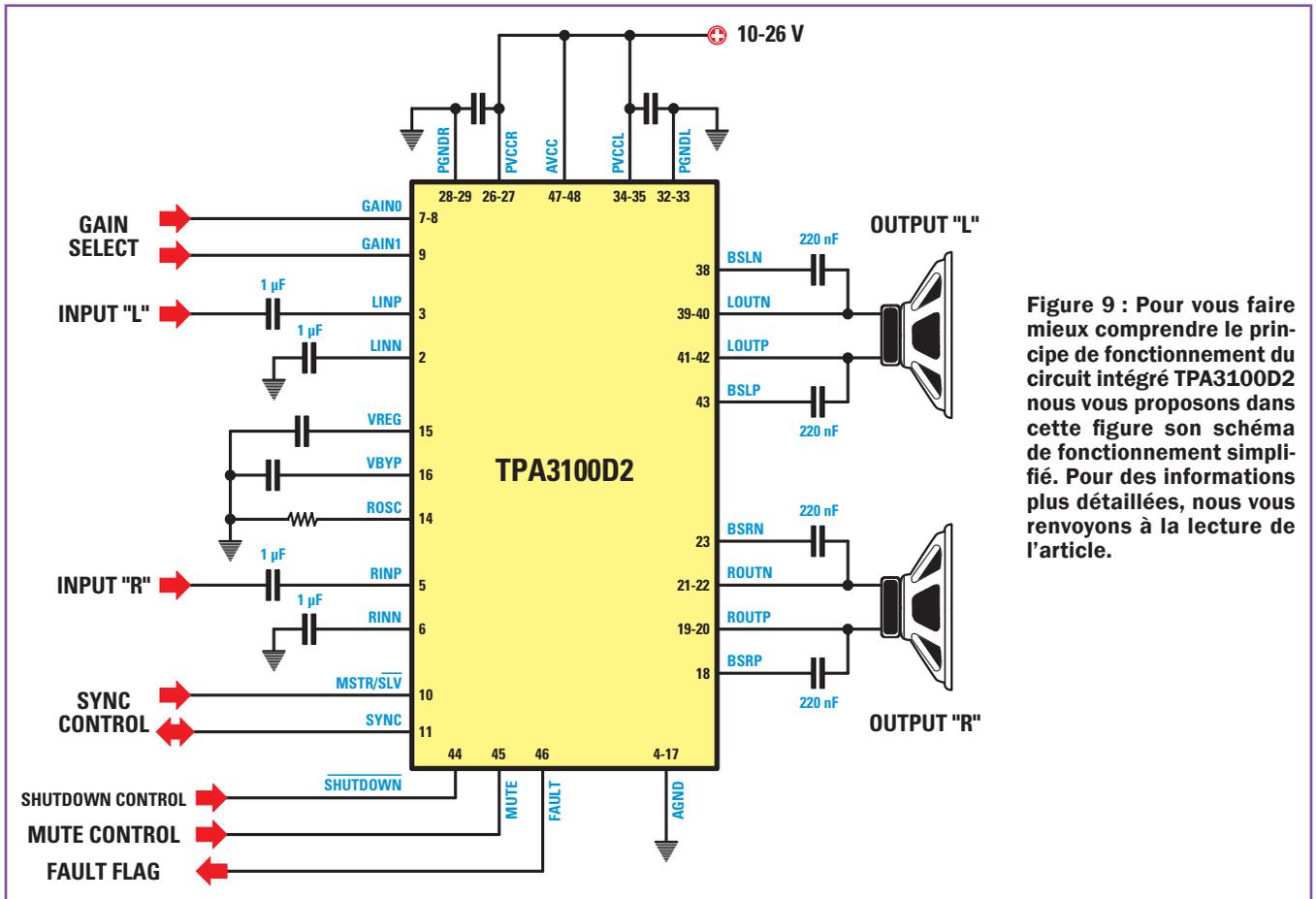


Figure 9 : Pour vous faire mieux comprendre le principe de fonctionnement du circuit intégré TPA3100D2 nous vous proposons dans cette figure son schéma de fonctionnement simplifié. Pour des informations plus détaillées, nous vous renvoyons à la lecture de l'article.

**Fault Flag** signale la présence d'un court-circuit à la sortie de l'amplificateur et que la partie de sortie a été débranchée (pour protéger le circuit). Comparons maintenant la modulation utilisée dans les amplificateurs en classe **D** et celle employée dans notre circuit intégré.

## La modulation en classe D traditionnelle

Dans le cas d'un amplificateur en classe **D** de type traditionnel et qui possède des sorties en pont, ces dernières sont déphasées de **180°**, comme nous l'avons appris au cours de l'article. L'excursion de la tension de sortie varie entre l'alimentation et la masse. Les formes d'onde correspondantes (avant le filtre de sortie) sont visibles à la figure 11 et repérées sous les appellations **OUTP** et **OUTN**. Le signal indiqué comme tension sur le haut-parleur est la tension différentielle aux extrémités du transducteur.

Quand le **DC** est de **50%** la tension filtrée sur la charge est égale à **zéro** : dans cette condition nous avons le maximum de courant dans la charge et la dissipation maximale (maximum de courant consommé par la charge).

## La modulation dans le circuit intégré TPA3100D2

Pour avoir une moindre dissipation et par conséquent un meilleur rendement, **Texas Instruments** a étudié un système particulier de modulation.

Comme le montre la figure 12, en cas d'absence de signal d'entrée, le circuit intégré travaille avec une tension simple.

**OUTP** et **OUTN** sont en phase, alors qu'avec une tension de sortie positive nous avons :

**OUTP** a un **DC** de plus de **50%**  
**OUTN** a un **DC** inférieur à **50%**

En cas de signal négatif les choses s'inversent. Comme le montre la figure 13, la tension sur la charge est **zéro** pour une grande partie de la période de commutation, avec pour conséquence une diminution du courant et de la dissipation.

Avec ce type de modulation, le filtre de sortie **LC** est traversé par des courants **faibles** et par conséquent on peut se contenter de composants moins performants que pour une modulation de type traditionnelle.

Dans le cas où le haut-parleur est relié à une distance d'environ **10 cm**, les selfs ne sont pas nécessaires.

## Le schéma électrique

Après cette longue explication théorique, prenons maintenant en considération le schéma définitif de notre **amplificateur en classe D**. Si nous regardons la figure 10, en haut à droite,

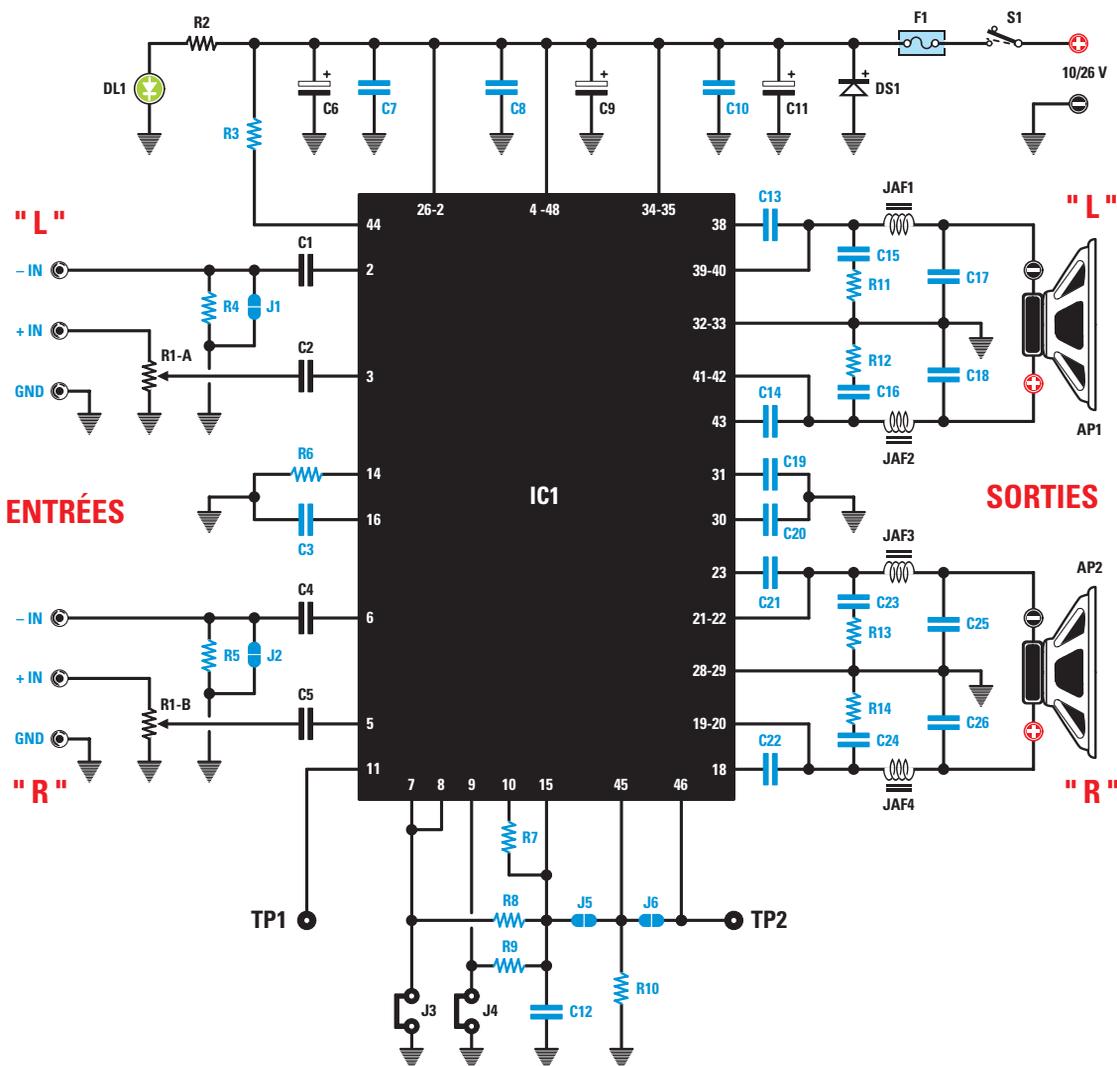


Figure 10 : Schéma électrique de l'amplificateur en classe D EN1794. Dans la liste les composants en bleu sont des CMS et ils sont déjà montés sur le circuit imprimé EN1794K.

### Liste des composants EN1794

R1A+B. 100 k pot. lin.  
 R2 ..... 1 k ¼ W  
 R3 ..... 100 k  
 R4 ..... 100 k  
 R5 ..... 100 k  
 R6 .... 100 k  
 R7 ..... 100 k  
 R8 ..... 100 k  
 R9 ..... 100 k  
 R10 ... 100 k  
 R11 ... 22  
 R12 ... 22  
 R13 ... 22  
 R14 ... 22  
 C1 ..... 1 µF polyester

C2 ..... 1 µF polyester  
 C3 ..... 1 µF  
 C4 ..... 1 µF polyester  
 C5 ..... 1 µF polyester  
 C6 ..... 220 µF 50 V électrolytique  
 C7 ..... 1 µF  
 C8 ..... 1 µF  
 C9 ..... 10 µF 63 V électrolytique  
 C10 ... 1 µF  
 C11 ... 220 µF 50 V électrolytique  
 C12 ... 100 nF  
 C13 ... 220 nF  
 C14 ... 220 nF  
 C15 ... 1 nF  
 C16 ... 1 nF  
 C17 ... 1 µF  
 C18 ... 1 µF  
 C19 ... 1 µF

C20 ... 1 µF  
 C21 ... 1 µF  
 C22 ... 1 µF  
 C23 ... 1 nF  
 C24 ... 1 nF  
 C25 ... 1 µF  
 C26 ... 1 µF  
 JAF1 .. 33 µH  
 JAF2 .. 33 µH  
 JAF3 .. 33 µH  
 JAF4 .. 33 µH  
 DS1 ... 1N4007  
 DL1 ... LED  
 IC1 ... TPA3100  
 J1-J6 . cavaliers  
 F1 ..... fusible 3 A.  
 S1 ..... interrupteur

**Tableau 1 : Paramétrage du gain**

Gain 1	Gain 0	Gain amplificateur (dB)	Impédance d'entrée (kΩ)
J3	J4	TiP	TiP
0	0	20	32
0	1	26	16
1	0	32	16
1	1	36	16

nous voyons la prise d'entrée de l'alimentation qui peut varier de **10 à 26 V**. La diode **DS1** sert à protéger le circuit des inversions de polarité.

Les condensateurs de **C6 à C11** servent à filtrer et à découpler l'alimentation et les diverses sections du circuit intégré.

À gauche de **IC1** vous pouvez voir les entrées **BF «L»** et **«R»** qui peuvent être configurées en mode **symétrique** et **asymétrique**. Comme notre amplificateur est «stéréo», nous ne prendrons considération que les composants du seul canal **«L»**.

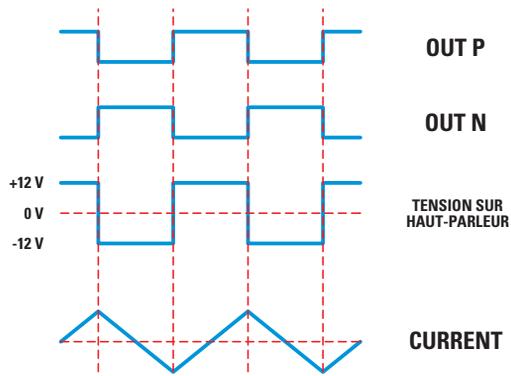
À la base notre circuit comporte une entrée symétrique (connecteur **RCA**), laquelle dans le cas de l'entrée **BF «L»** est reliée entre **GND** et **+EN**. Nous avons prévu un réglage de volume avec le potentiomètre **R1A** : dans ce cas, l'entrée **-EN** est reliée à la **masse** en fermant **J1**. Si, pour votre propre application, vous avez besoin de l'entrée symétrique, vous pouvez réaliser une connexion entre **-EN** et **+EN** en laissant **J1** ouvert.

Les condensateurs **C13** et **C14** sont les condensateurs de **bootstrap** pour le pilotage des MOSFET côté haut (comme nous l'avons expliqué dans l'article).

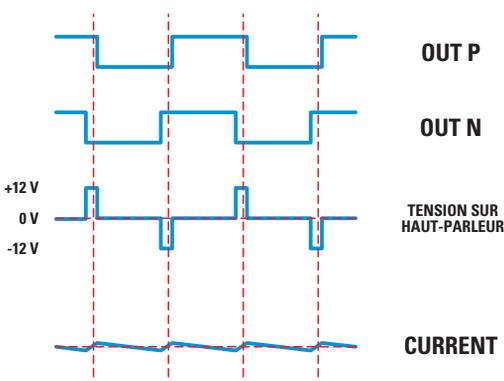
Les groupes **RC, C16, R12, C19**, sont deux **snubbers** servant à limiter les pics de commutation du signal de sortie, afin d'améliorer la distorsion et les émissions électromagnétiques.

**JAF1, C17** et **JAF2, C13**, constituent deux groupes de filtrage de second ordre avec une fréquence de coupure d'environ **28 kHz** qui filtrent le signal pilotant le haut-parleur.

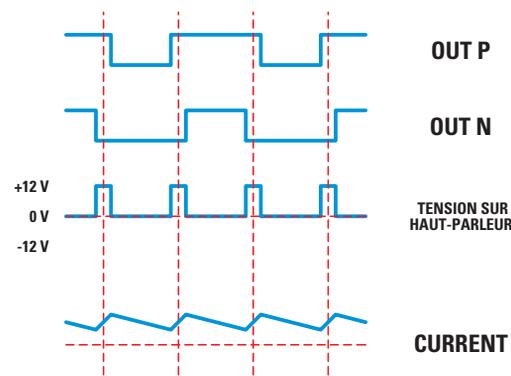
**Figure 11 : Forme d'onde d'un amplificateur classe D traditionnel avant le filtre de sortie.**



**Figure 12 : Forme d'onde du circuit intégré TPA3100D2 avant le filtre sans signal d'entrée.**



**Figure 13 : Forme d'onde du circuit intégré TPA3100D2 avant le filtre avec signal d'entrée.**



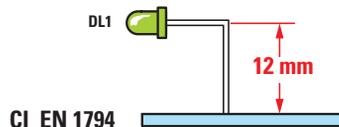
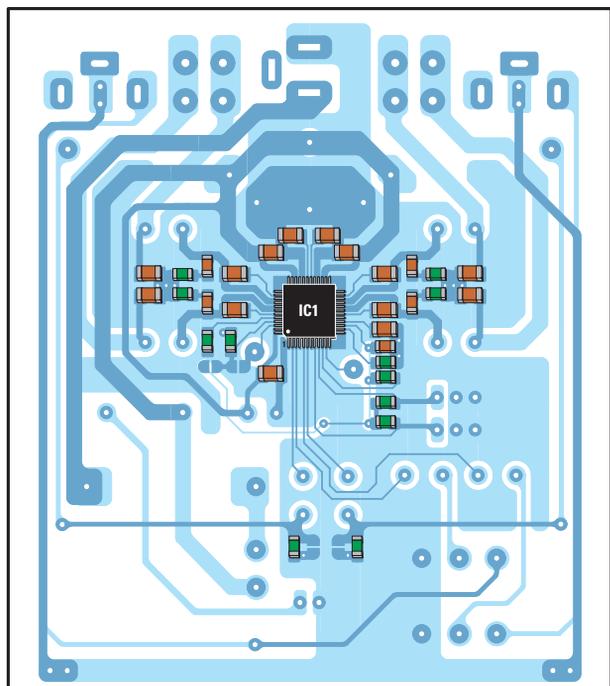


Figure 14 : Ce circuit imprimé est disponible déjà monté en CMS. Pour compléter le circuit vous devrez souder les composants restants dans les positions prévues et indiquées. Voyez ci-dessus comment replier les pattes de la LED pour que sa tête sorte du trou pratiqué en face avant du boîtier.

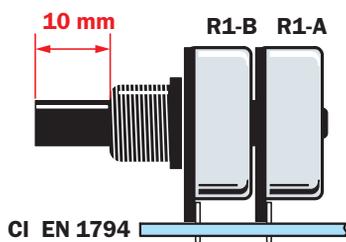
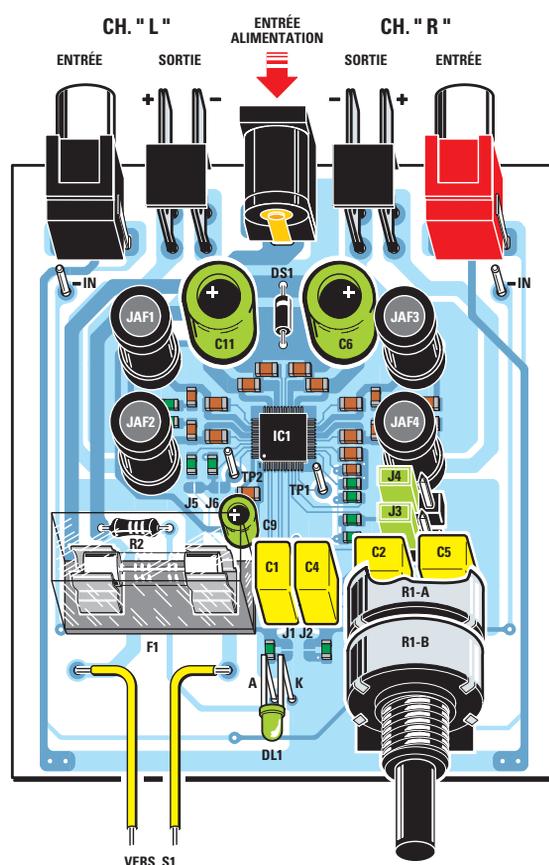


Figure 15a : Schéma d'implantation des composants de l'amplificateur utile pour monter ces composants traversants. Notez en haut les prises d'entrée et de sortie des canaux L et R. La longueur de l'axe du potentiomètre R1-A/R1-B à conserver est de 10 mm.



Sous **IC1**, vous avez différents cavaliers dont voici les fonctions :

En sélectionnant **J3** et **J4** vous pourrez modifier le gain de **20** à **36 dB**, comme le montre le Tableau 1.

La broche **46 «FAULT»** passe au niveau bas ; dans le cas où l'étage final passerait en protection, nous avons prévu la possibilité de prélever le signal de **TP2** et de le connecter à la broche **45 «MUTE»** à l'aide de **J6**.

En pratique, si la broche **FAULT** passe au niveau haut (amplificateur en protection), l'étage final se met en condition de **MUTE**.

La broche **11** de «**SYNC**» (synchronisme) du circuit intégré **IC1** est accessible par **TP1** et cela est utile avec les systèmes de multi-amplification.

**Dans le tableau 1 vous constatez qu'en fonction de J3 et J4 il est possible de changer le gain de l'amplificateur.**

## La réalisation pratique

Comme l'indique la figure 14, sur le circuit imprimé de cet amplificateur **EN1794** des composants **CMS** sont déjà montés (dans la liste des composants ces composants sont inscrits en bleu). Vous devrez donc compléter le montage en insérant les composants restants que vous trouverez inclus dans le matériel disponible.

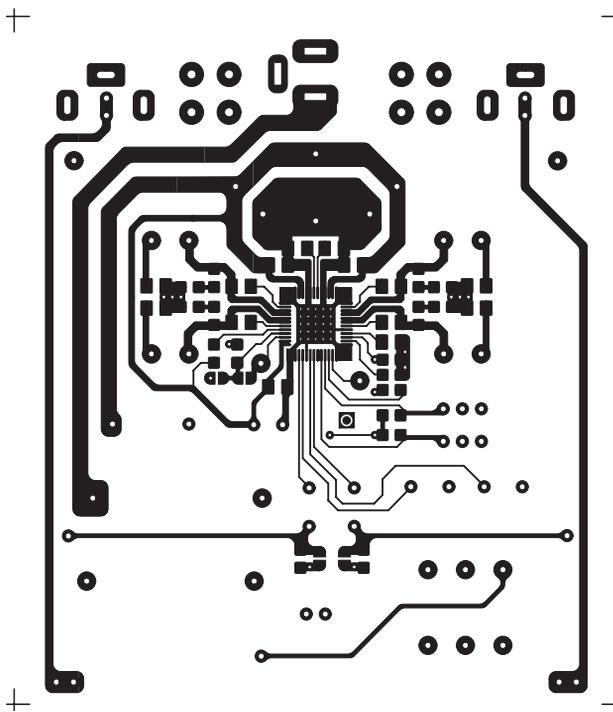


Figure 15b-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés, côté composants.

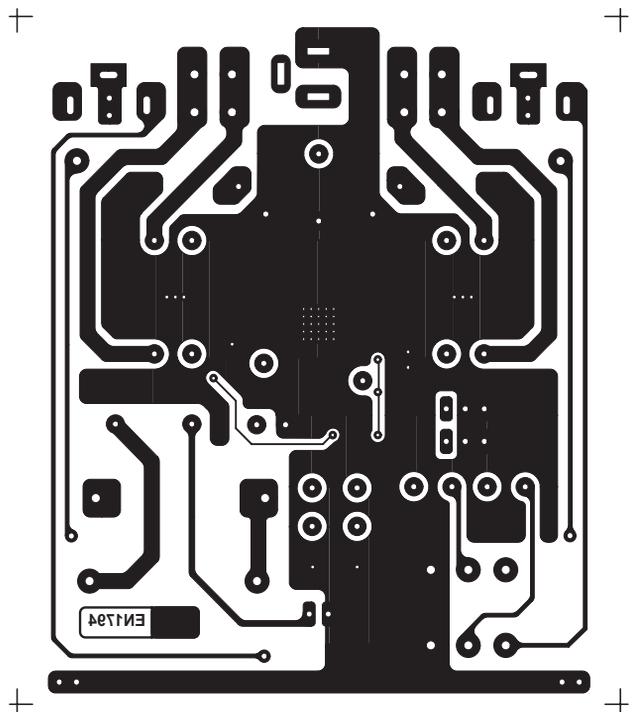


Figure 15b-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés, côté soudures des composants traversants.

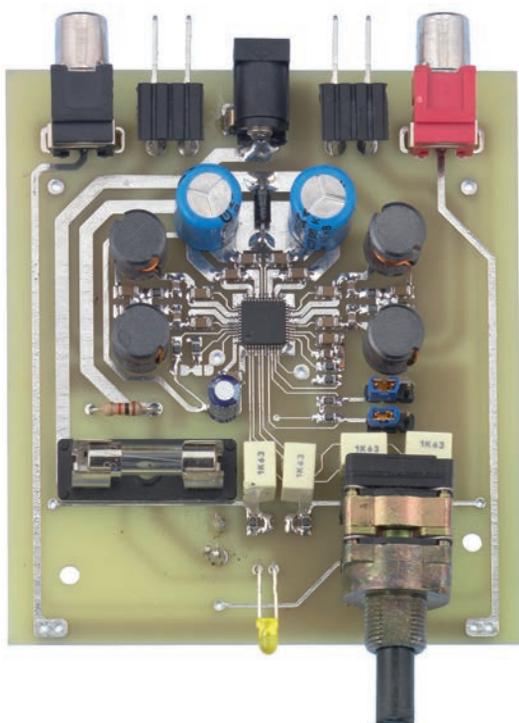


Figure 16 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'amplificateur en classe D EN1794.



Figure 17 : Photo de l'amplificateur réalisé pour nos tests de laboratoire, inséré dans le boîtier métallique préparé. Ci-dessus le circuit inséré dans le boîtier métallique vu en coupe frontale et postérieure.



Commencez par la diode au silicium **DS1** en orientant vers le haut sa bande repère-détrompeur blanche et continuez par les condensateurs polyester **C1-C2-C4-C5** en les insérant dans les positions indiquées (voir figure 15).

Poursuivez avec les électrolytiques **C6-C9-C11**, en orientant le côté marqué du signe + comme l'indique la figure 15. Insérez les 4 selfs **JAF1-JAF2-JAF3-JAF4** et soudez leurs sorties sur les pastilles avec beaucoup de soin.

En bas vous pouvez monter maintenant la LED **DL1** après avoir replié ses pattes en **L** de manière à la rendre horizontale (voir figure 15), c'est-à-dire parallèle au circuit imprimé.

Insérez maintenant les deux cavaliers **J3-J4** et le porte-fusible dans lequel vous devrez insérer le fusible de **3 A** (voir figure 15).

Montez maintenant les prises de liaisons externes à insérer dans les fenêtres que vous trouverez déjà faites sur le panneau arrière du boîtier. Insérez, à partir de la gauche du dessin de la figure 15, la prise **BF** d'entrée, la prise faston de sortie, relative au canal **CH.»L**», au centre la prise d'alimentation, puis la prise faston de sortie et la prise BF d'entrée relative au canal **CH.»R**».

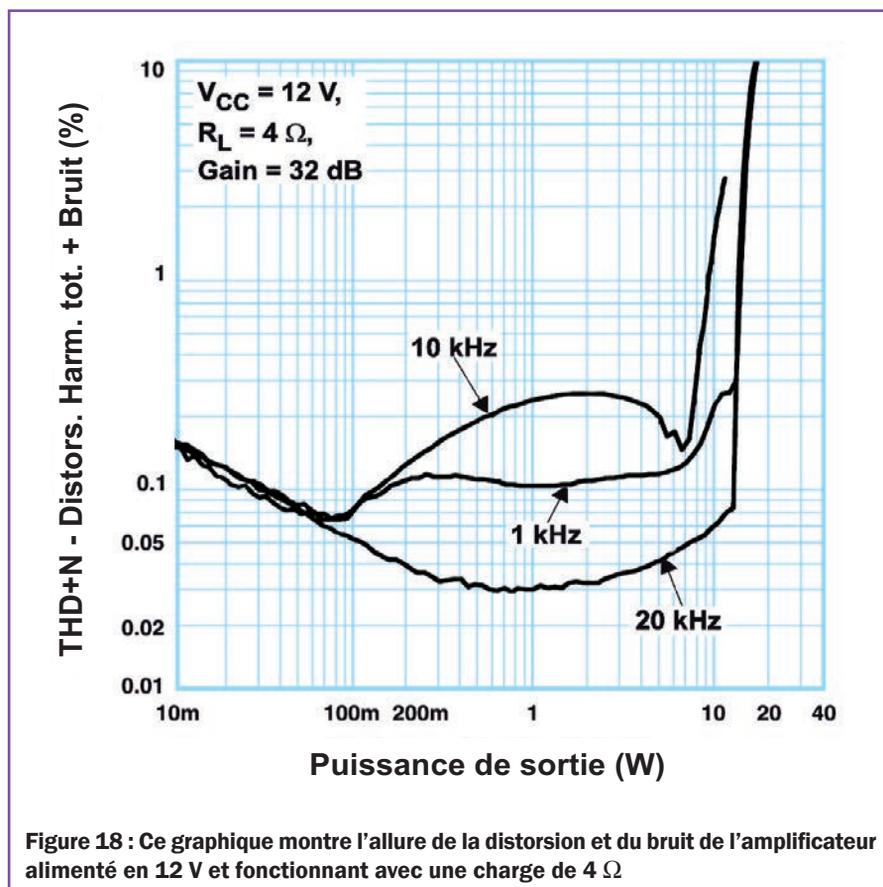
En bas, vous pouvez terminer le montage en soudant, à gauche, les deux fils de connexion avec l'interrupteur **S1** et, à droite, le double potentiomètre **R1/A+R1/B** dont l'axe est à raccourcir à 10 mm afin que la bonne longueur sorte de la face avant.

## Fonctions des cavaliers

En ce qui concerne la fonction dévolue aux cavaliers dans le circuit, précisons que :

**J3** et **J4** contrôlent le gain de l'amplificateur selon le Tableau 1. Dans la configuration de la figure 15 le gain est de **36 dB**.

**J1** et **J2** servent à configurer l'entrée en mode symétrique / asymétrique.



Dans le cas le plus commun, «asymétrique», il faut les fermer avec une goutte d'étain.

**J5** et **J6** sont laissés ouverts.

Il ne vous reste qu'à insérer la platine terminée dans le boîtier déjà préparé pour procéder aux essais et au paramétrage.

## Les essais et le paramétrage

Avant d'insérer votre amplificateur dans le boîtier, il vous reste à effectuer une brève vérification.

Avant tout, procédez à un rapide contrôle visuel du circuit, afin de vérifier les soudures et la correcte polarité des condensateurs électrolytiques. Avec une goutte d'étain, court-circuitez les cavaliers **J1** et **J2**.

Mettez les **jumpers** (cavaliers) sur **J3** et **J4** comme l'indique la figure 15, de manière à obtenir un gain de **20 dB**.

Reliez deux haut-parleurs aux sorties, appliquez un signal audio sur les entrées **BF** et alimentez l'appareil avec une tension comprise entre **12** et **26 V**.

Si tout est parfait, vous pourrez enfin vous régaler pendant de longs moments avec votre musique préférée.

## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet amplificateur stéréo classe D **EN1794** 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/119.zip> ◆

# SURVEILLANCE À DISTANCE

## SON & IMAGE

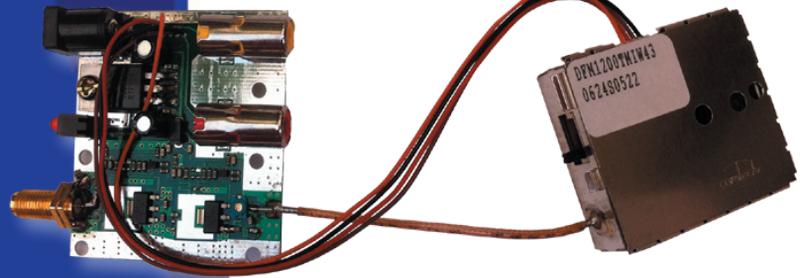
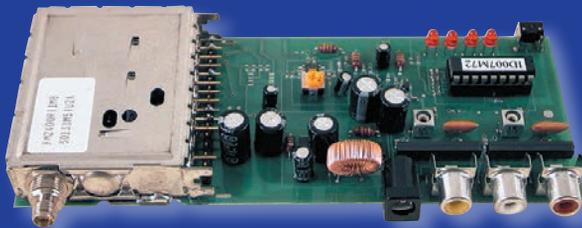
### ÉMETTEUR 1,2 & 2,4 GHZ 20, 200 ET 1000 MW

Alimentation : 13,6 VDC. 4 fréquences en 2,4 GHz : 2,4 - 2,427 - 2,454 - 2,481 GHz ou 8 fréquences en 1,2 GHz 20 mW: 1,112 - 1,139 - 1,193 - 1,220 - 1,247 - 1,264 - 1,300 GHz ou 4 fréquences en 1,2 GHz 1 W: 1,120 - 1,150 - 1,180 - 1,255 GHz. Sélection des fréquences : dip-switch. Stéréo : audio 1 et 2 (6,5 et 6,0 MHz). Livré sans alim ni antenne.

TX2-4G .....	Emetteur 2,4 GHz 4 c monté 20 mW .....	39,00 €
TX2-4G-2-....	Emetteur monté 4 canaux 200 mW .....	99,00 €
TX1-2G .....	Emetteur 1,2 GHz 20 mW monté 8 canaux .....	48,00 €
TX1-2G-2 ....	Emetteur 1,2 GHz monté 1 W 4 canaux.....	79,00 €



### RÉCEPTEUR 4 CANAUX 1,2 & 2,4 GHZ



Alimentation : 13,6VDC. 4 fréquences en 2,4 GHz : 2,4 - 2,427 - 2,454 - 2,481 GHz ou 8 fréquences en 1,2 GHz : 1,112 - 1,139 - 1,193 - 1,220 - 1,247 - 1,264 - 1,300 GHz. Sélection des fréquences : dip-switch pour le 1,2 GHz et par poussoir pour les versions 2,4 GHz. Stéréo : audio 1 et 2 (6,5 et 6,0 MHz). Fonction scanner pour la version 1,2 GHz. Livré sans alimentation ni antenne.

RX2-4G.....	Récepteur monté 2,4 GHz 4 canaux.....	39,00 €
RX1-2G.....	Récepteur monté 1,2 GHz 8 canaux.....	48,00 €

### MODULES EMETTEURS 2.4 GHZ



20 MW 27,00 €

200 MW 87,00 €

### VERSION 256 CANAUX

Extensions pour émetteurs TX2.4G / TX1.2G et récepteurs RX2.4G / RX1.2G : permettent d'atteindre 256 canaux. Le pas est de 1 MHz. Sélection des canaux par dip-switch. Fréquences de départ : 2,3 pour les versions TX2.4G / REX2.4G et 1,2 pour les TX 1,2G / RX 1,2G. Extension vendue sans émetteur ni récepteur.

TEX1.2.....	Kit extension 1,2 à 1,456 GHz .....	19,80 €
TEX2.3.....	Kit extension 2,3 à 2,556 GHz .....	19,80 €
REX1.2.....	Kit extension 1,2 à 1,456 GHz .....	19,80 €
REX2.3.....	Kit extension 2,3 à 2,556 GHz .....	19,80 €



# COMELEC

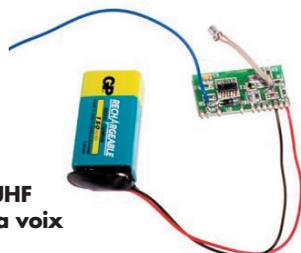
CD 908

13720 BELCODÈNE

Tél. : 04 42 70 63 90

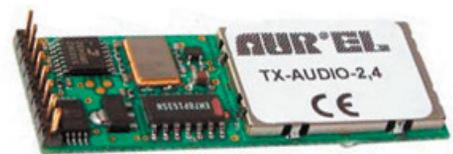
Fax : 04 42 70 63 95

37,00 €



Micro-emetteur UHF  
commandé par la voix  
Réf : ET317

44,80 €



Emetteur audio stereo multicanal 2,4 GHz  
Réf : TX-AUDIO-24

## ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR COMPLETS & MONTÉS AVEC BOÎTIER

Ce microémetteur, pouvant couvrir un rayon d'environ 300 mètres, sert aux policiers et aux détectives privés pour découvrir les trafiquants de drogue, pour démasquer les receleurs et les usuriers ou coincer des délinquants coupables de délits. Le kit ne peut être utilisé que pour l'usage personnel, car les lois concernant le respect de l'intimité interdisent l'écoute des conversations privées à l'insu et sans le consentement des personnes

EN1507KM ..... 39.50 € TTC  
 EN1508KM ..... 69 € TTC

## ÉMETTEUR/RÉCEPTEUR A/V SANS FIL 5.8GHZ AVEC ÉMETTEUR IR 4 CANAUX

Transmission sans fil de signaux A/V à travers les murs et d'une pièce à l'autre. La fréquence utilisée de 5.8GHz engendre moins d'interférences qu'une fréquence de 2.4GHz. Utilisez n'importe lequel de vos appareils A/V en tant que poste émetteur. Envoyez de la musique de vos appareils audio vers n'importe quel haut-parleur connecté dans une autre pièce. Regardez des films DVD sur votre deuxième télé sans déplacer votre lecteur DVD. Regardez la télévision par câble ou des émissions par satellite sur plusieurs télé chez vous. Regardez des images venant de votre ordinateur (ordinateur avec sorties vidéo et audio est requis) sur une télé sans l'entrelacement habituel de câbles. Avec fonction relais IR : possibilité de renvoyer le signal de la télécommande vers l'émetteur via le récepteur, cet appareil permet d'envoyer le signal à l'appareil de votre choix ex. votre lecteur DVD ou CD, etc. Livré avec : 2 x péritel vers RCA A/V, module IR et 2 blocs secteur. Câbles vidéo optionnels : Jack vers RCA : AVB020/2.0, AVB020/5.0

AVMOD19 : .....99.00 € TTC

## EMETTEUR 4 CANAUX 10 MW À 2,4 GHZ

Emetteur miniature 2,4 GHz 4 canaux (2,413 - 2,432 - 2,451 - 2,470 GHz) sélectionnables par commutateur idéal pour le modélisme ou toutes applications demandant du matériel léger et de petites dimensions. Cet émetteur a été testé en fonctionnement près de trois heures consécutives. Nous vous recommandons de bien suivre les consignes de raccordement. Cet émetteur est livré avec son antenne.

Puissance de sortie HF : 10 mW.

Impédance de sortie HF : 50 Ω. Entrée Vidéo : 75 Ω

Rapport signal/bruit : 45 dB

Entrée audio : Capsule microphonique

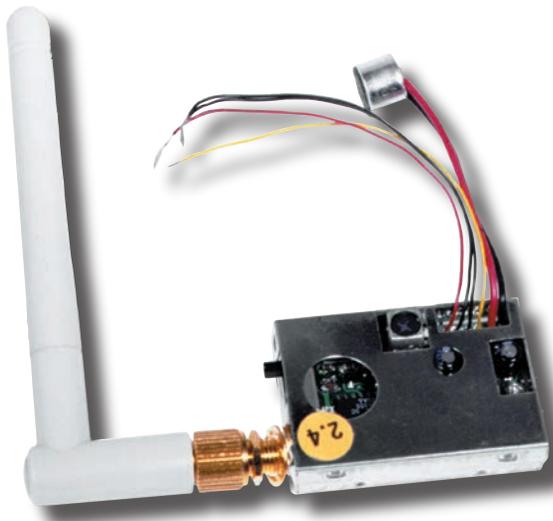
Alimentation : 12 Vcc

Consommation : 140 mA

Dimensions : 40 x 30 x 7,5 mm.

Poids : 17 g.

ER170 : .....49.00 € TTC



51,80 €



Emetteur audio digital 2.4 Ghz avec antenne  
 Réf : TX-AUDIO-24/AE

Réf : RX98 35,10 €



Réf : TX98 37,80 €

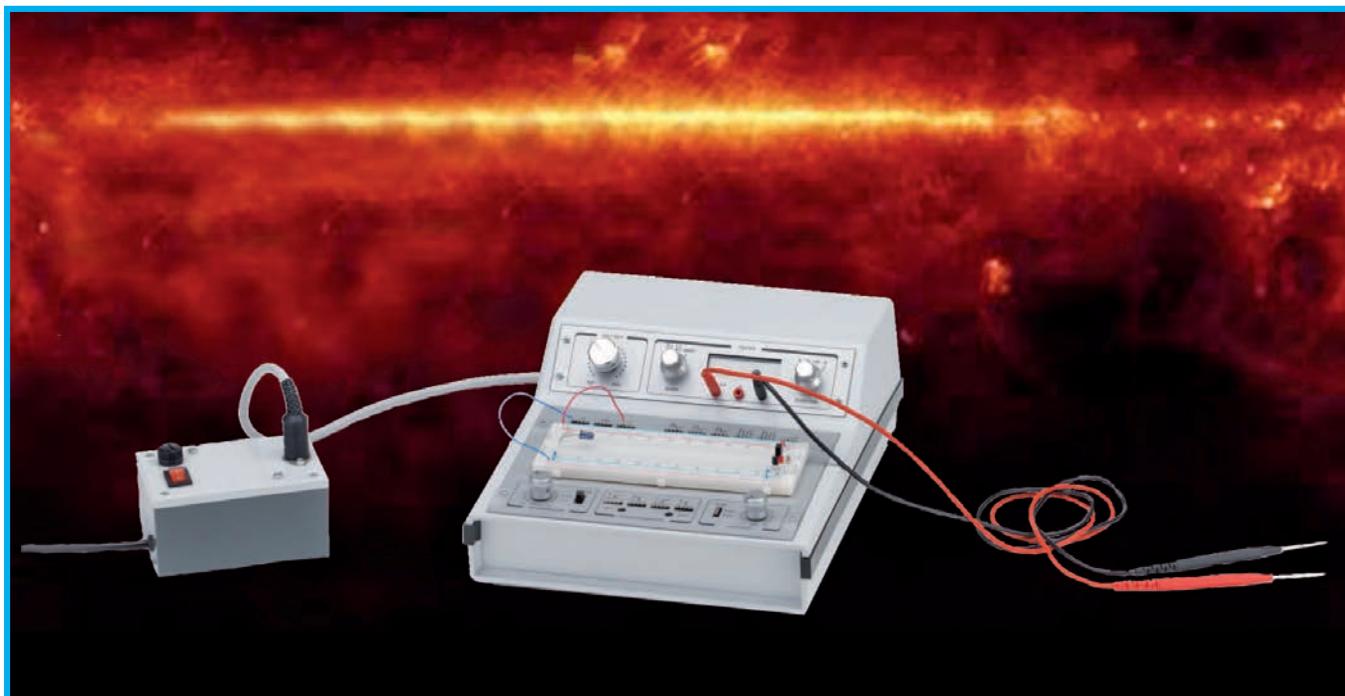


Emetteur UHF  
 Transmetteur UHF

**Retrouvez  
 les caractéristiques  
 techniques  
 des kits sur notre site :  
[WWW..COMELEC.FR](http://WWW..COMELEC.FR)**

# Les rayons infrarouges avec le Minilab

Dans cet article nous chercherons à découvrir ce que sont les rayons infrarouges et nous réaliserons avec le Minilab certaines expérimentations qui vous aideront à comprendre comment fonctionnent les dispositifs électroniques utilisant ces invisibles radiations électromagnétiques.



**P**ar une belle journée ensoleillée de printemps, nous nous promenons au jardin quand tout à coup nous entrons dans une zone d'ombre : nous ressentons tout de suite une sensation de froid.

Si, intrigué par ce phénomène, vous décidez de faire une vérification avec un **thermomètre**, vous découvrirez quelque chose d'assez étrange : contrairement à ce que vous pensiez, la température de l'air dans la zone **ensoleillée** et celle de la zone à l'**ombre** sont absolument **identiques**.

Mais alors d'où vient la sensation de froid que votre corps perçoit ?

Elle vient du fait qu'en passant d'une zone en **pleine lumière** à une zone **ombragée**, nous nous sommes subitement privés des **rayons infrarouges** présents dans la **lumière solaire**.

Maintenant, si quelqu'un vous demandait ce que sont les **rayons infrarouges**, vous ne sauriez probablement pas quoi répondre, puisque ces radiations ont, entre autres propriétés, celle d'être complètement **invisibles** à l'œil humain.

Les infrarouges, en effet, sont des ondes électromagnétiques dont la **longueur d'onde** est supérieure à **780 nanomètres (nm)**, qui est la valeur délimitant le passage par le spectre de la lumière **visible**, précisément de la zone du **rouge**, à celle de la lumière **invisible**.

Le champ occupé par les infrarouges, ou **I.R.** de l'anglais **Infra-Red**, est très étendu et part de la longueur d'onde minimale de **780 nm** pour arriver à la longueur d'onde maximale de **1 000 000 de nm**, soit aux confins des **ondes radio** et plus précisément la frontière avec les microondes.

Ainsi, sans même nous en apercevoir, nous sommes constamment immergés dans ces **ondes électromagnétiques**, dont l'importance est très grande, parce que sans leur présence la vie sur notre planète ne serait même pas imaginable.

Ce sont en effet les rayons infrarouges produits par les explosions continues qui ont lieu à la surface du Soleil : en traversant l'espace avec la lumière visible, ils irradient la Terre, ce qui lui fournit la **chaleur** indispensable au maintien des organismes vivants.



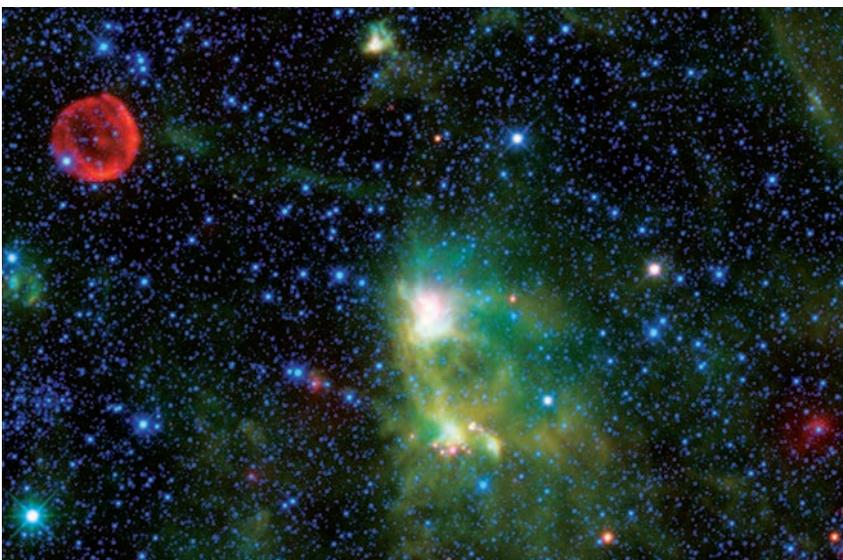
**Figure 1 : Les expérimentations que nous vous proposons dans cet article vous aideront à comprendre ce que sont les rayons infrarouges et comment ils se propagent.**

Chaque fois qu'ils traversent un corps, les rayons infrarouges relâchent à l'intérieur une certaine quantité d'énergie, qui se transforme en **chaleur**.

Et même s'ils sont invisibles à l'œil humain, c'est justement leur capacité à produire de la **chaleur** qui les distingue au sein du vaste spectre des radiations électromagnétiques dont ils font partie et qui permet de détecter leur présence.

Mais en dehors de la production de chaleur, les rayons infrarouges sont à leur tour eux-mêmes **générés** par les corps **chauffés**.

Quand, par exemple, vous vous régalez de la douce tiédeur produite par un beau feu de bois dans l'âtre, vous ne faites rien d'autre que percevoir la radiation infrarouge venant de la combustion du bois.



**Figure 2 : En décembre 2009 la NASA a lancé dans l'espace le satellite WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer), point de départ de l'exploration du ciel dans la bande infrarouge. Le satellite est doté d'un télescope IR hyper sophistiqué lequel, en travaillant à une température de  $-265^{\circ}\text{C}$ , soit quasiment au zéro absolu, est capable de détecter même les plus faibles radiations provenant des galaxies lointaines. Voici la constellation Cassiopee sur l'une des innombrables photos envoyées vers la Terre. Sur la photo en infrarouge certains corps célestes, invisibles avec les télescopes optiques, sont bien présents. D'autres photos réalisées par le WISE sont disponibles sur le site [http://www.nasa.gov\\_pages/WISE/main/index.html](http://www.nasa.gov_pages/WISE/main/index.html)**

Toutefois, il n'est pas nécessaire qu'une substance soit **incandescente** pour émettre des rayons infrarouges, parce que tous les corps ayant une température supérieure au **zéro absolu** (soit  $-273^{\circ}\text{C}$  environ) en émettent continuellement une certaine quantité, qui dépend de leur **température**.

Cela est dû à l'**agitation** continue des **atomes** et des **molécules** composant la matière. Cette incessante oscillation, appelée **agitation thermique**, dépend de la **température** du corps et s'accompagne toujours d'une **émission** d'une certaine quantité de **rayons infrarouges**.

Plus la température est élevée, plus forte est l'agitation des atomes et des molécules et par conséquent plus importante est la quantité de rayons infrarouges émis. Ce phénomène est mis à profit pour réaliser des **thermomètres** qui permettent de mesurer à distance la température d'un corps. Il est utilisé en médecine dans une analyse appelée **thermographie**, laquelle permet de tracer une **carte thermique** très précise du corps humain : toutes les zones qui ont des températures différentes sont colorées de manières différentes.

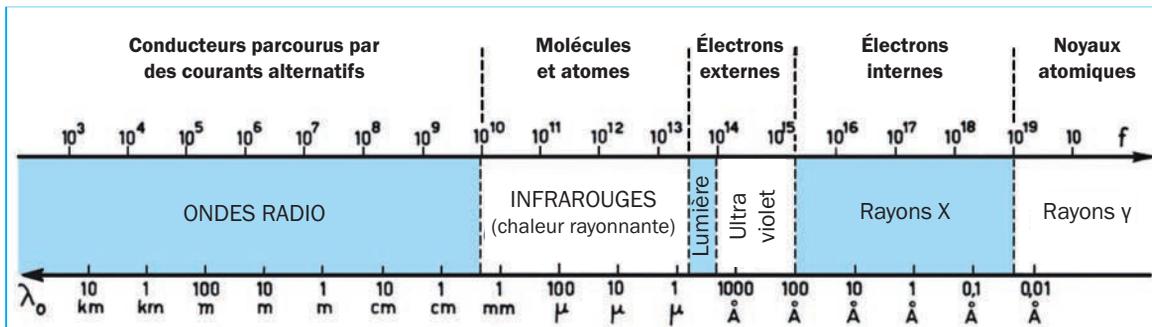
Il est très utile également pour la **photographie de la Terre par satellite** car il permet de relever de vastes étendues de notre planète à l'aide d'appareils spéciaux, sensibles aux infrarouges.

Comme ils sont très peu absorbés par la **vapeur d'eau**, quand on photographie le sol de très haut il est possible d'observer la conformation des terrains même lorsque les **nuages**, la **brume** ou le **brouillard** les occultent. Les ampoules et les lasers aux infrarouges sont très répandus en médecine où ils sont utilisés, bien sûr, dans les **thérapies aux infrarouges**.

De plus –*last but not least*– le rayonnement infrarouge est une des principales composantes d'un phénomène extrêmement important pour notre planète et dont on parle beaucoup ces derniers temps : l'**effet de serre**.

## Les LED à infrarouges

C'est justement parce qu'ils sont **invisibles** que les rayons infrarouges sont très employés en électronique.



**Figure 3 :** Voici où se situent les radiations (ou rayonnement) infrarouges au sein du spectre des ondes électromagnétiques. Le rayonnement infrarouge occupe une zone assez étendue, allant d'une longueur d'onde de 780 nm, aux confins de la lumière visible, à une longueur d'onde d'environ 1 mm, aux confins des ondes radio (précisément les microondes). Dans la partie supérieure du graphique on a indiqué la nature des sources des différentes ondes électromagnétiques. Comme vous pouvez le voir, les rayons infrarouges sont produits par la vibration des atomes et molécules : la fameuse agitation thermique. En général les ondes électromagnétiques se divisent en :

- **ondes radio** : elles ont une fréquence allant de  $10^{-10}$  Hz à  $10^{10}$  Hz soit 10 GHz. La longueur d'onde varie de quelques dizaines de km à quelques mm. Elles sont produites par des courants oscillants et des circuits spéciaux dits oscillateurs ;
- **radiations infrarouges** : leur fréquence va de  $10^{10}$  Hz (10 GHz) à  $10^{14}$  Hz. Leur longueur d'onde va de quelques mm à quelques dizaines de microns. Elles sont produites par les atomes et molécules en vibration ;
- **ondes lumineuses** : elles ont une fréquence autour de  $10^{14}$  Hz. Leur longueur d'onde est comprise entre 400 et 780 nm (1 nm ou nanomètre est égal à  $10^{-9}$  m soit un milliardième de mètre. Elles sont produites par les électrons qui occupent les orbites les plus externes de l'atome, électrons qui après avoir «sauté» sur une orbite encore plus extérieure, reviennent sur l'orbite d'origine en émettant des photons de lumière ;
- **radiations ultraviolettes** : leur fréquence va d'environ  $10^{14}$  Hz à  $10^{15}$  Hz. Leur longueur d'onde va de 400 nm à 10 nm. Comme les ondes lumineuses elles sont produites par les transitions d'électrons sur les orbites externes ;
- **rayons X** : ils ont une fréquence allant de  $10^{15}$  Hz à  $10^{19}$  Hz et une longueur d'onde de 10 nm à quelques millièmes de nm. Ils sont produits par la transition des électrons tournant dans les orbites les plus internes de l'atome ;
- **rayons gamma** : leur fréquence s'étend au-delà de  $10^{19}$  Hz et leur longueur d'onde est inférieure à 3 centièmes d'Angstrom (1 Angstrom correspond à  $10^{-10}$  m). Ils sont irradiés par les particules constituant le noyau de l'atome.

Nom bande	Limite supérieure	Limite inférieure
<b>Standard DIN/CIE</b>		
IR-A	0,7 $\mu$ m	1,4 $\mu$ m
IR-B	1,4 $\mu$ m	3 $\mu$ m
IR-C	3 $\mu$ m	1.000 $\mu$ m (1 mm)

<b>Classification astronomique</b>		
proche	0,7 - 1 $\mu$ m	5 $\mu$ m
moyen	5 $\mu$ m	25 - 40 $\mu$ m
lointain	25 - 40 $\mu$ m	250 - 350 $\mu$ m (1 mm)

<b>Système scientifique</b>		
proche (NIR)	0,75 $\mu$ m	1,4 $\mu$ m
onde courte (SWIR)	1,4 $\mu$ m	3 $\mu$ m
onde moyenne (MWIR)	3 $\mu$ m	8 $\mu$ m
onde longue (LWIR)	8 $\mu$ m	15 $\mu$ m
lointain (FIR)	15 $\mu$ m	1.000 $\mu$ m (1 mm)

**Figure 4 :** Les radiations infrarouges sont divisées en plusieurs catégories en fonction de leur longueur d'onde. Dans le tableau ci-contre vous trouverez différentes classifications parmi les plus répandues.

On les met en œuvre couramment dans les **capteurs** pyrométriques, lesquels sont capables d'allumer une **lumière**, d'ouvrir une **porte** ou bien de déclencher une **alarme** dès que vous entrez dans leur champ d'action.

Le rayonnement infrarouge est à la base du fonctionnement des **visseurs nocturnes**, lesquels permettent de voir sans être vu même en conditions d'**obscurité absolue** parce que, en projetant à travers l'**illuminateur** un faisceau de **rayons infrarouges**, ces derniers se réfléchissent sur les objets de la même manière que la lumière visible et sont détectés par une **caméra vidéo** spéciale qui restitue ainsi une parfaite vision de ce qui nous entoure même dans l'obscurité la plus totale.

Les viseurs aux infrarouges sont utilisés dans le domaine militaire mais ils ont également des applications civiles.

Ils sont employés par exemple par les **pompiers** pour s'orienter dans un environnement saturé de **fumée**, car elle est transparente aux rayons infrarouges, à la différence de la lumière visible.

Un dispositif que tout le monde connaît et fonctionnant avec les rayons infrarouges est la **télécommande** du **téléviseur**.

Dans ce cas, chaque fois que l'on presse une touche, une série d'impulsions infrarouges se produit, de manière à former un **code**, qui est lu et interprété par le récepteur situé dans le téléviseur.

Rappelons que les rayons infrarouges sont des ondes électromagnétiques en tout point identiques à celles composant la lumière : la seule différence est que le rayonnement infrarouge a une **fréquence plus basse**.

C'est pourquoi, comme la lumière, ces rayons ont une **portée** limitée et ils ne peuvent traverser les **obstacles**, par lesquels ils sont **réfléchis**.

C'est du fait de cette propriété qu'ils sont employés pour réaliser les **barrières infrarouges** utilisées dans les dispositifs d'**alarme**.

Les **barrières infrarouges** sont constituées d'une **diode émettrice** (LED) et d'une **diode réceptrice**, toutes les deux à infrarouges, distantes de quelques mètres et orientées de telle

manière qu'en conditions normales le **faisceau** de **rayons** invisibles, émis par la diode émettrice (LED), atteigne la diode réceptrice.

**Note :** Nous appellerons désormais LED la diode émettrice, puisque cet acronyme signifie Light Emitting Diode ou Diode Electro Luminescente (donc diode émettrice de lumière).

Dès qu'un corps quel qu'il soit interrompt le faisceau, la diode réceptrice, détectant l'absence de radiation infrarouge, engendre un signal d'alarme qui informe l'utilisateur d'une présence anormale.

Une **LED** à infrarouges n'est pas très différente d'une banale **LED**.

La différence tient uniquement des substances avec lesquelles on a réalisé le **dopage** de la jonction : elles sont ici étudiées de telle manière que lorsqu'on applique entre l'anode et la cathode de la **LED-IR** une tension supérieure à sa **tension de seuil**, au lieu d'émettre de la lumière comme une LED normale, elle émet une radiation principalement dans le champ de l'infrarouge.

La **LED-IR** possède une courbe d'émission de la radiation infrarouge comme celle représentée en figure 5 : son émission est maximale pour une longueur d'onde déterminée.

Dans le cas de la LED-IR **TSAL6200** que nous utiliserons dans nos expérimentations, l'émission maximale se trouve à une longueur d'onde de **940 nm**.

La diode **réceptrice** à infrarouges est une diode qui incorpore dans son boîtier un **filtre IR** : la fonction de ce dernier est de laisser arriver sur la jonction uniquement la radiation infrarouge.

Quand la diode est exposée à la radiation infrarouge, une **tension** est engendrée sur sa jonction, tension dont la valeur dépend de l'intensité de la radiation reçue.

La diode réceptrice a elle aussi sa **courbe de sensibilité** en fonction de la longueur d'onde, comme le montre la figure 6.

La diode **BPW41** présente une courbe allant de **800 nm** à **1150 nm**, avec un maximum de sensibilité vers **940 nm**.

Quand on couple une **LED-IR** et une diode réceptrice, pour obtenir le

meilleur fonctionnement, mieux vaut vérifier que les deux présentent leurs pics de rendement maximum à la **même longueur d'onde** ou à des longueurs d'onde très proches.

Dans la première expérimentation que nous avons préparée avec le Minilab, nous utiliserons une **LED-IR** et une **diode réceptrice à infrarouges** pour comprendre comment l'émission et la réception de ces rayons ont lieu.

La figure 7 donne le schéma électrique du circuit de notre première expérimentation.

La LED infrarouge **TSAL6200**, **DTX1**, est reliée à travers une résistance de **330 Ω** à l'alimentation du **Minilab**.

La tension d'alimentation peut être modifiée progressivement en partant d'un minimum de **1,25 V** pour arriver à un maximum de **14,5 V** environ.

À une distance d'environ **11-12 cm** on a placé la diode **réceptrice** infrarouge **DRX1 BPW41**, laquelle est montée en parallèle avec une résistance de **33 kΩ**.

Aux extrémités de la résistance est relié le **voltmètre** du **Minilab**, qui permet de mesurer la tension continue **Vu** présente sur la diode réceptrice.

Le principe de fonctionnement du circuit est très simple.

Nous fournissons à la LED **TSAL6200** une tension **continue** au moyen de l'alimentation du **Minilab** : la jonction de la diode est traversée par un courant **Itx**, dont la valeur dépend de la valeur de la tension appliquée.

Si on applique une tension progressivement croissante, en partant d'une valeur minimale de **1,25 V** pour arriver à une valeur maximale de **14,5 V**, on obtient un courant **Itx** qui varie d'un minimum d'environ **2 mA** à un maximum d'environ **35 mA**.

En correspondance de la valeur minimale de courant on obtient une **faible** émission de rayons infrarouges, qui va croissant au fur et à mesure qu'on augmente la valeur du courant **Itx**.

Étant donné que ces rayons infrarouges ne sont pas visibles par l'œil humain, la seule manière d'évaluer la quantité émise par la diode est de positionner face à la LED-IR, à une certaine distance,

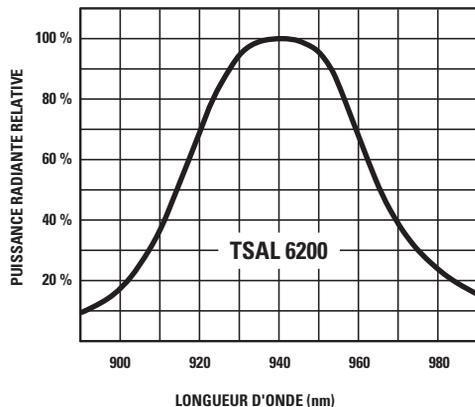


Figure 5 : Le graphique montre l'évolution de la puissance radiante produite par la LED-IR TSAL6200 dans une gamme de longueurs d'onde comprise entre 900 et 980 nanomètres. Le pic maximum est à 940 nm.

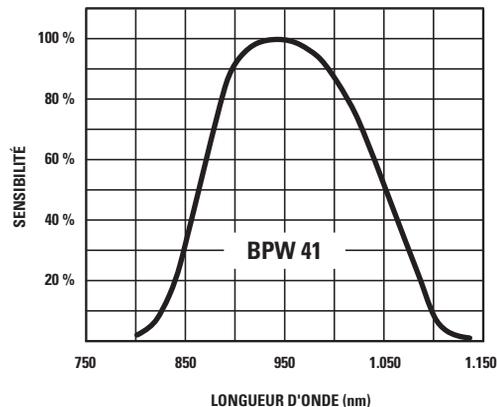
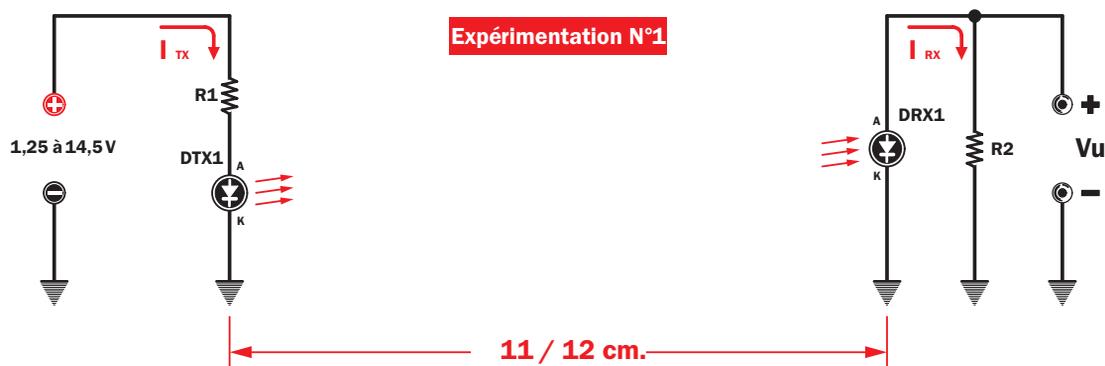


Figure 6 : La courbe indique comment varie la sensibilité de la diode réceptrice BPW41 lorsqu'on fait varier la longueur d'onde de la radiation incidente. Comme vous pouvez le voir, le maximum de sensibilité est autour de 940 nm.



### Liste des composants

- R1 ..... 330  $\Omega$
- DTX1 . LED-IR (diode TX infrarouge) TSAL6200
- R2 ..... 33 k
- DRX1 diode RX infrarouge BPW41

Figure 7 : Schéma électrique du circuit que vous utiliserez pour étudier la propagation des rayons infrarouges.

une diode **réceptrice** à infrarouges, la **BPW41** et de mesurer la **tension** se produisant sur sa jonction.

La tension est mesurée en reliant aux extrémités de la diode le **voltmètre** du Minilab.

L'expérimentation consiste à appliquer à la diode **LED-IR** une certaine valeur

de tension, à y faire circuler un certain courant  **$I_{tx}$**  et à mesurer avec le **voltmètre** du Minilab la valeur correspondante de la tension produite sur la diode **réceptrice**.

Reportons ensuite sur un graphique les valeurs du courant  **$I_{tx}$**  traversant la LED-IR et les valeurs de **tension** mesurées sur la diode **réceptrice**.

Nous voilà capables d'évaluer comment se fait la réception des signaux infrarouges.

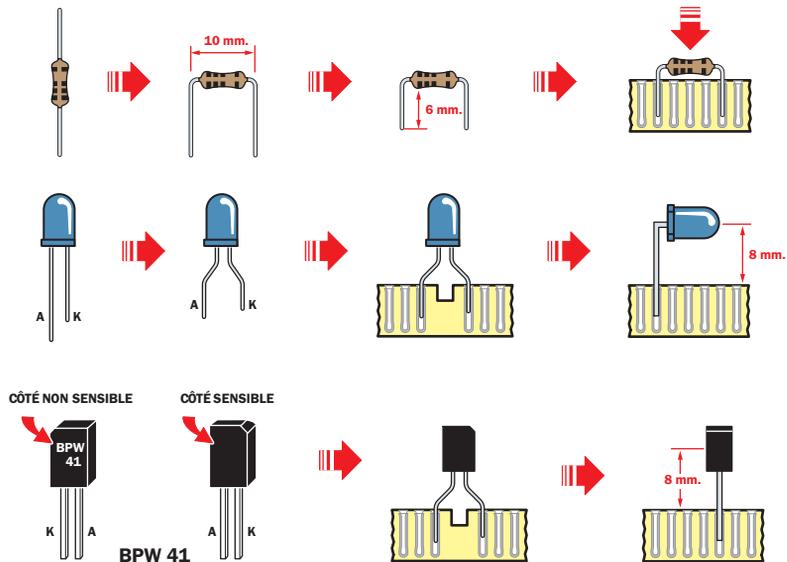
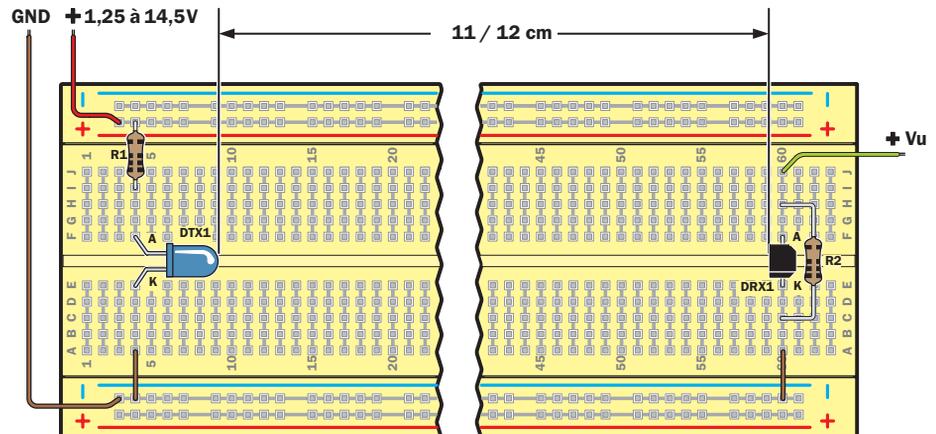
Pour réaliser l'expérimentation, vous devrez tout d'abord effectuer le montage du circuit sur la **plaque d'essais** du **Minilab** comme indiqué ci-après, montage qui, comme vous le voyez, est des plus simples.

## LES MONTAGES DU MINILAB

### Expérimentation n° 1

### Comment se propagent les rayons infrarouges?

Le circuit que nous allons réaliser se compose de la **LED-IR**, de la **diode réceptrice** et de **deux résistances**.



Prenez tout d'abord les **deux résistances R1 et R2** que vous pourrez identifier facilement si vous regardez les **couleurs** imprimées sur leur enrobage, comme indiqué ci-dessous :

**330  $\Omega$  orange - orange - rouge - or**  
**33 k $\Omega$  orange - orange - orange - or**

Au moment du montage, faites attention à bien insérer à fond les fils des composants dans les trous de la plaque d'essais, si vous voulez éviter les problèmes de fonctionnement du circuit. Les résistances seront repliées comme d'habitude, de manière à avoir une distance entre fils d'environ **8 mm** comme indiqué sur la figure. Avant de les insérer dans la plaque d'essai nous vous conseillons de passer légèrement sur les fils métalliques un morceau de **papier de verre**, de manière à enlever les éventuelles traces d'oxydation. Puis insérez-les dans les positions prévues.

Maintenant prenez dans le matériel disponible la LED-IR **DTX1 TSAL6200**. Comme pour n'importe quelle LED, il est possible d'identifier l'anode et la cathode par la longueur des fils : le plus **long** est celui de l'**anode (A)** de la LED-IR et le plus **court** est bien sûr la **cathode (K)**. Ecartez ces deux fils et insérez-les dans la plaque d'essai : l'**anode (A)** vers le **haut**, comme l'indique la figure. Puis repliez-les à angle droit vers la **droite**, de telle manière que la LED-IR se retrouve en position **horizontale** sur le circuit. Ajustez sa position pour qu'elle pointe bien à l'horizontale vers la droite, comme le montre le dessin.

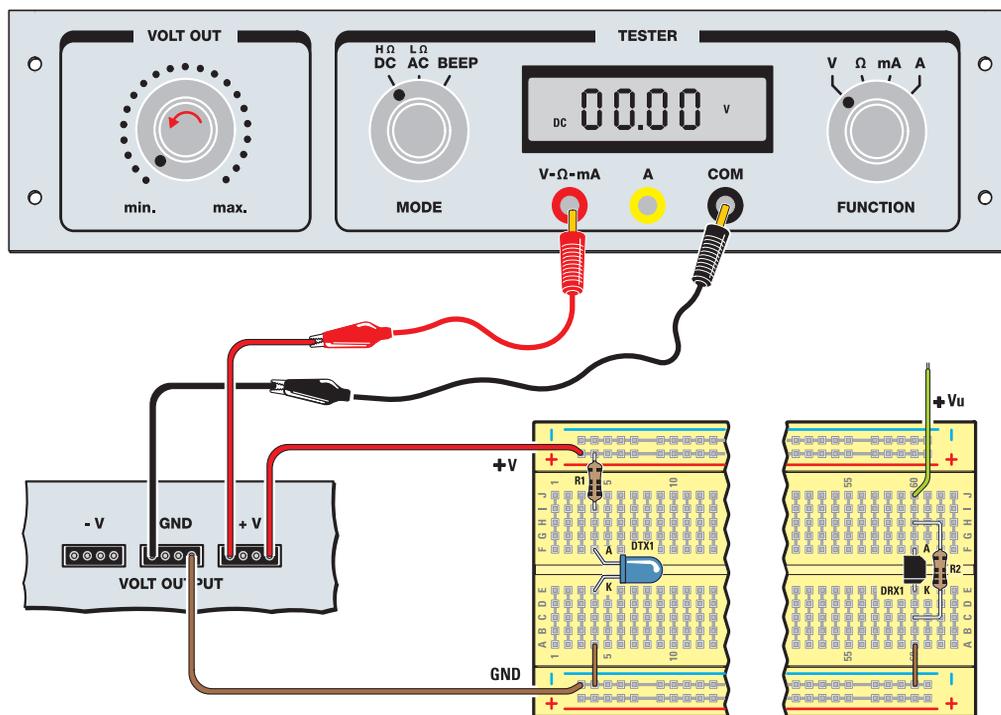
Prenez ensuite la diode **réceptrice DRX1 BPW41**, son boîtier est un parallélépipède, dans lequel **un seul** des côtés est **sensible** à la radiation. Pour l'identifier, il suffit de localiser le côté sur lequel se trouve le **marquage** du composant. Le côté **sensible** est le côté **opposé**.

Si vous regardez ce côté **sensible** de la diode réceptrice, vous avez son **anode (A)** à **gauche** et sa **cathode (K)** à **droite**, comme l'indique la figure. Insérez la diode réceptrice sur la plaque d'essais dans la position attribuée, en ayant pris soin de tourner l'**anode (A)** vers le **haut**. La diode réceptrice se trouve alors à une distance d'environ **11-12 cm** de la **LED-IR**. Faites toujours très attention, chaque fois que vous montez une diode, de bien respecter son orientation parce que sinon votre circuit **ne fonctionnerait pas**. Après l'avoir insérée dans la plaque d'essai, contrôlez que la **LED-IR** et la diode **réceptrice** sont bien **alignées** entre elles, de manière à obtenir la meilleure réception possible.

Il ne vous reste, pour terminer le montage, qu'à effectuer les **liaisons** comme l'indique la figure : attention, les fils doivent être soigneusement dénudés aux extrémités, insérés bien à fond dans les trous de la plaque d'essai, de manière à réaliser un très bon contact. Comme toujours, vous devrez soigner particulièrement ce point, si vous voulez que le circuit fonctionne parfaitement.

Insérez dans la plaque d'essai les **deux fils rouge et marron** qui serviront pour la connexion à l'**alimentation** du **Minilab**. Le fil **rouge** est à relier à la ligne **rouge (+)** située **en haut** de la plaque d'essai et le fil **marron** à la ligne **bleue (-)** située **en bas** et utilisée comme **masse (GND)** du circuit. Enfin insérez le fil **vert**, qui sera utilisé pour lire la tension **Vu** à la sortie de la diode réceptrice.

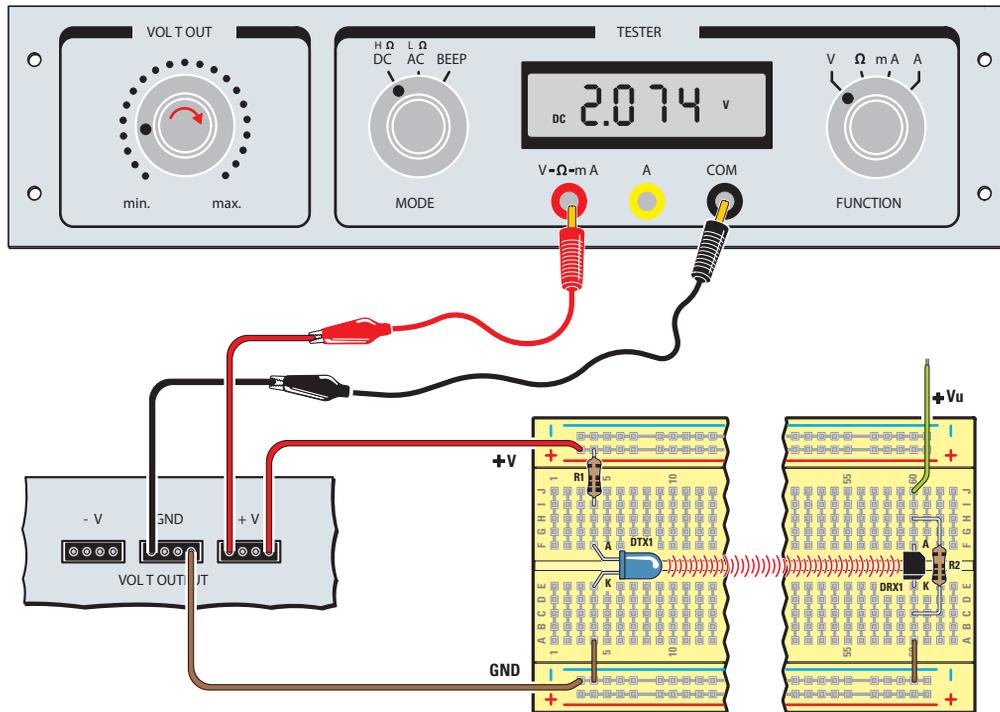
Effectuez un dernier contrôle visuel pour vous assurer que tous les composants ont bien été montés dans les bonnes positions et que les liaisons ont toutes été bien faites.



Arrivés à ce point vous devez relier la plaque d'essai à l'**alimentation** du **Minilab**.

Pour cela, reliez le fil **rouge** de la plaque d'essai à n'importe lequel des quatre trous du connecteur **+V** comme l'indique la figure. Reliez en outre le fil **marron** du **GND** à n'importe lequel des quatre trous du connecteur **GND**. Tournez le bouton du Minilab **V OUT** complètement vers la **gauche** et mettez-le en position **min**. Placez le commutateur **MODE** sur **DC** et le commutateur **FUNCTION** sur **V**.

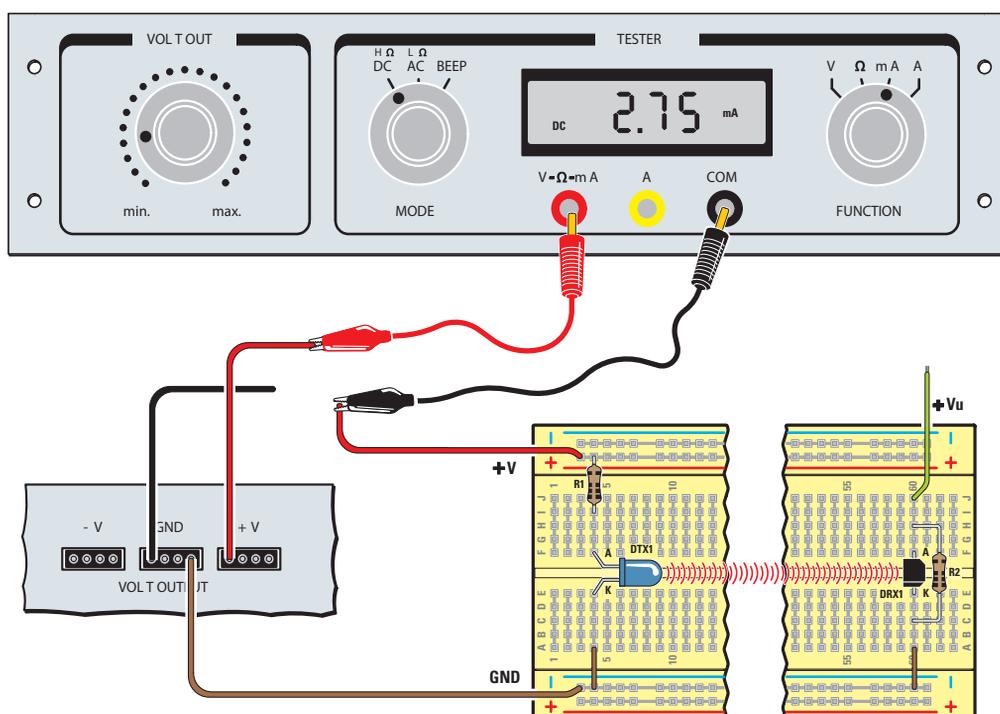
Prenez ensuite un morceau de fil **noir** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **GND**. Prenez maintenant un morceau de fil **rouge** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **+V**. Reliez le morceau de fil **noir** à la douille **COM** du multimètre et le morceau de fil **rouge** à la douille **V-Ω-mA** toujours en utilisant les petits câbles munis de pointes de touche reliées aux petits câbles à crocodiles. Cette liaison vous servira à mesurer avec le **voltmètre** la tension que nous allons devoir fournir à la **LED-IR**.



Allumez le **Minilab**. Avec le bouton **V OUT** complètement tourné dans le sens **anti horaire** vous devriez lire sur l'afficheur une valeur d'environ **1,25 V**.

Maintenant tournez lentement le bouton **V OUT** dans le sens **horaire** jusqu'à lire sur l'afficheur une valeur d'environ **2,00 V**. Nous disons **environ** parce qu'il n'est pas nécessaire de régler une valeur précise. Il suffit que la valeur lue sur l'afficheur soit comprise entre **+/- 0,1 V** par rapport à la valeur de référence, soit dans ce cas entre **1,9** et **2,1 V**.

Supposons que vous lisiez une valeur de **2,074 V**. Notez cette valeur. Après avoir mesuré la tension appliquée au circuit de la LED-IR nous allons mesurer le courant **I<sub>tx</sub>** traversant la LED-IR.

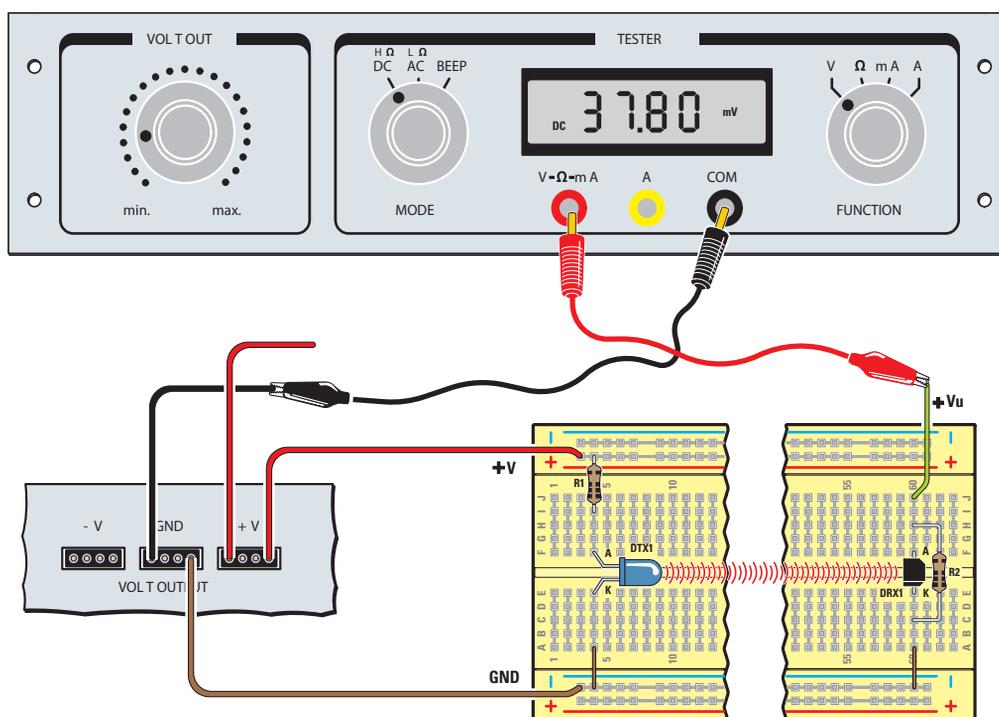


Pour cela, débranchez le câble crocodile reliant la pointe **COM** du **multimètre** du **Minilab** au morceau de fil noir. Débranchez le fil **rouge** reliant la plaque d'essai au connecteur **V+**. Après avoir débranché le fil, **tournez** le commutateur **FUNCTION** pour le mettre sur la position **mA**, laquelle permet de lire des valeurs de courant très **faibles**.

**Attention** : n'oubliez jamais de débrancher le crocodile correspondant à l'entrée **COM** du morceau de fil **noir avant de régler** le commutateur **FUNCTION** ; sinon vous pourriez **endommager** irrémédiablement le multimètre du **Minilab**.

Reliez ensuite le crocodile correspondant à la pointe **COM** du multimètre au fil **rouge** de la plaque d'essai que vous venez de débrancher. Le crocodile correspondant à la pointe **V-Ω-mA** du multimètre reste en revanche relié au morceau de fil **rouge** inséré dans le connecteur **V+**. Ainsi vous avez monté l'**ampèremètre**, c'est-à-dire l'appareil qui permet de mesurer le courant, **en série** avec la **LED-IR**.

Vous verrez alors apparaître sur l'afficheur la valeur du courant **Itx** en **mA** qui traverse la **LED-IR**. Supposons que vous lisiez une valeur de **2,75 mA**, correspondant à **2,75 mA**. Notez cette valeur.



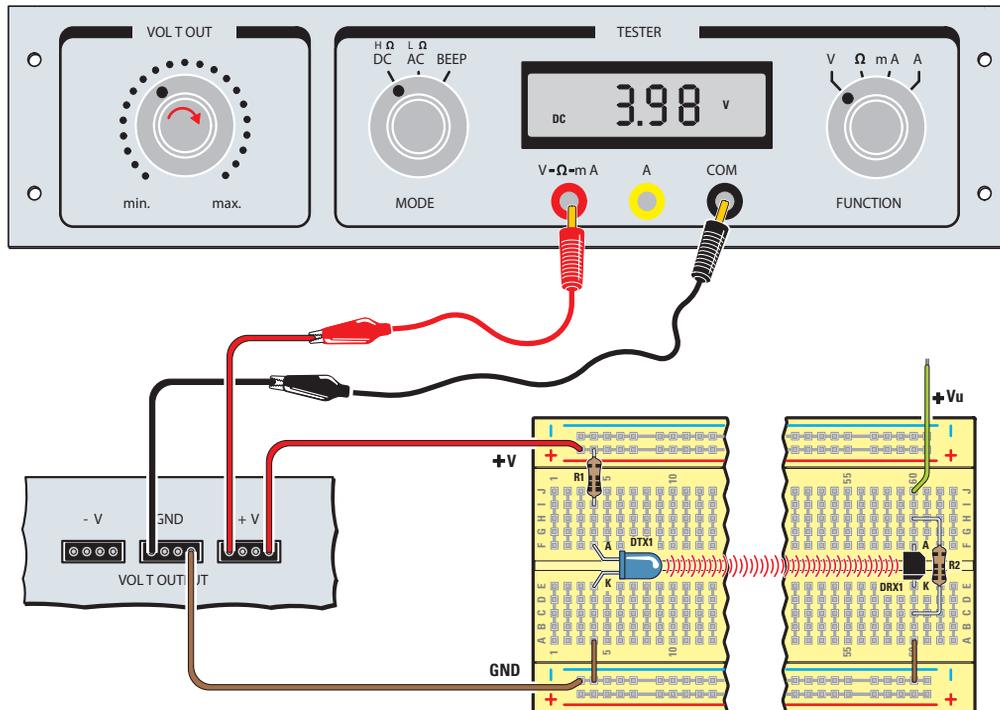
Mettez le commutateur **FUNCTION** sur la position **V**. Déplacez le crocodile correspondant à la pointe **V-Ω-mA** du petit câble **rouge** au petit câble **vert**, comme l'indique la figure.

**Attention** : n'oubliez pas de **tourner d'abord** le commutateur **FUNCTION** et **déplacez le crocodile seulement après**.

Restaurez la connexion du fil **rouge** de la plaque d'essai au connecteur **V+** et reliez le crocodile correspondant à la pointe **COM** au morceau de fil **noir**, comme l'indique la figure. Vous mesurerez ainsi avec le voltmètre la tension présente sur la diode **réceptrice** : elle est mesurée dans ce cas non plus en **V** mais en **mV**. En effet, vous verrez que sur l'afficheur, à côté de la valeur, l'unité **mV** apparaît.

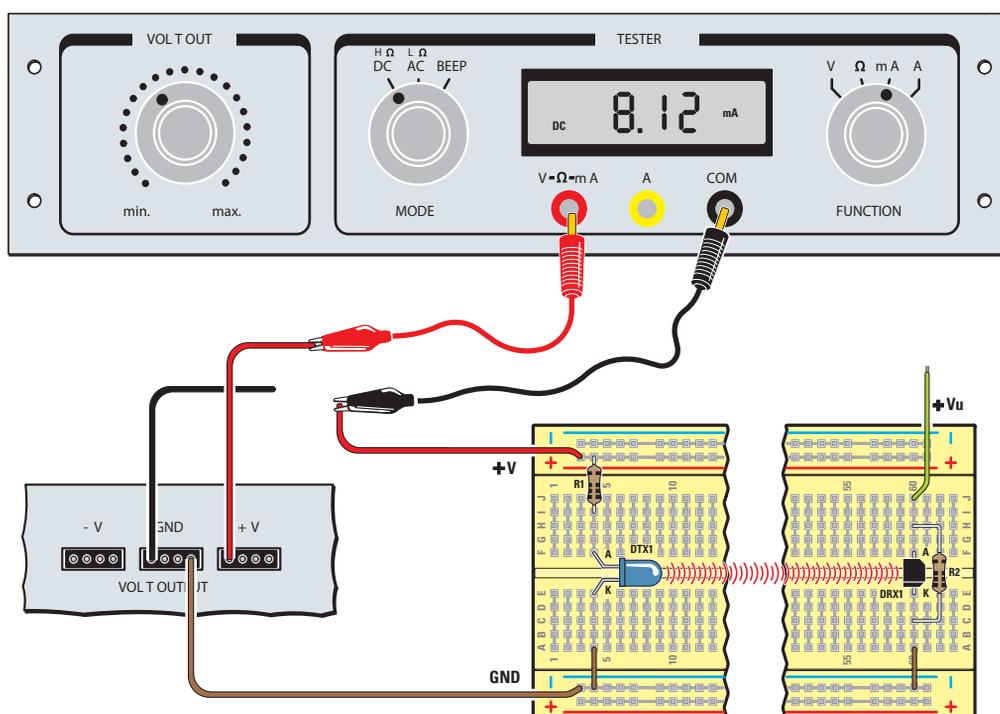
Supposons que vous lisiez sur l'afficheur la valeur **37,8 mV**, soit **37,8 mV**. Cette fois encore notez la valeur lue. Maintenant vous allez dessiner un **tableau** comme celui représenté ci-dessous et y reporter les trois valeurs que vous venez de lire :

tension LED-IR (V)	courant $I_{tx}$ (mA)	tension diode réceptrice (mV)
2,074	2,75	37,8



Toujours en maintenant le sélecteur **FUNCTION** sur la position **V**, débranchez le petit câble correspondant à la pointe **V-Ω-mA** du multimètre du petit câble **vert** et reliez-le au morceau de petit câble **rouge** comme l'indique la figure.

Ainsi vous allez mesurer la tension appliquée au circuit de la **LED-IR**. Tournez lentement le bouton **V OUT** dans le sens **horaire**, jusqu'à lire sur l'afficheur une valeur d'environ **4,00 V +/- 0,1 V**. Supposons que vous lisiez sur l'afficheur une valeur de **3,98 V**. Notez cette valeur.



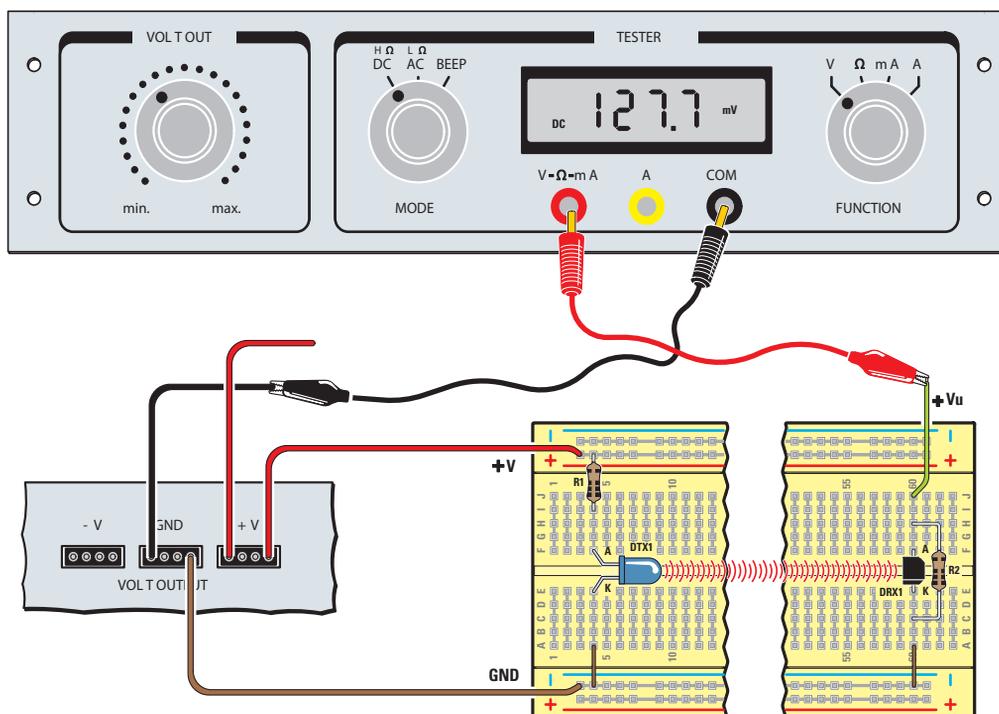
Nous allons maintenant mesurer la nouvelle valeur du courant **Itx**. Pour cela, débranchez le câble à crocodile relié à la pointe **COM** du **multimètre** du morceau de fil **noir**. Débranchez le fil **rouge** qui relie la plaque d'essai au connecteur **V+**.

Après avoir débranché le fil, réglez le commutateur **FUNCTION** sur la position **mA**, laquelle permet de lire des valeurs de courant très **faibles**.

**Attention** : n'oubliez jamais de débrancher le crocodile correspondant à l'entrée **COM** du morceau de fil **noir** **avant** de **régler** le commutateur **FUNCTION** ; sinon vous pourriez **endommager** irrémédiablement le multimètre du **Minilab**.

Reliez le crocodile correspondant à la pointe **COM** du multimètre au fil **rouge** de la plaque d'essai que vous venez de débrancher. Reliez ensuite le crocodile correspondant à la pointe **V-Ω-mA** du multimètre au **morceau** de fil **rouge** relié au connecteur **V+** comme l'indique la figure.

Vous verrez alors apparaître sur l'afficheur la nouvelle valeur du courant **Itx** en **mA** qui traverse la **LED-IR**. Supposons que vous lisiez une valeur de **8,12 mA**, correspondant à **8,12 mA**. Notez cette valeur.



Placez le commutateur **FUNCTION** sur la position **V**. Déplacez le crocodile correspondant à la pointe **V-Ω-mA** du petit câble **rouge** au petit câble **vert**, comme l'indique la figure.

**Attention** : n'oubliez pas de **tourner d'abord** le commutateur **FUNCTION** et **déplacez** le **crocodile** seulement **après**.

Restaurez la connexion du fil **rouge** de la plaque d'essai au connecteur **V+** et reliez le crocodile correspondant à la pointe **COM** au morceau de fil **noir**, comme l'indique la figure. Vous mesurerez ainsi avec le voltmètre la tension présente sur la diode **réceptrice**.

Supposons que vous lisiez sur l'afficheur la valeur **127,7 mV**. Maintenant reportez dans le tableau les trois valeurs que vous venez de lire :

tension LED-IR (V)	courant Itx (mA)	tension diode réceptrice (mV)
2,074	2,75	37,8
3,98	8,12	127,7

Continuez ainsi en augmentant la tension d'alimentation de la **LED-IR** de **2 V** en 2 V et mesurez chaque fois le **courant I<sub>tx</sub>** traversant la **LED-IR** ainsi que la tension en **mV** présente sur la diode **réceptrice**.

Supposons qu'à la fin des mesures nous obtenions un tableau comme celui-ci :

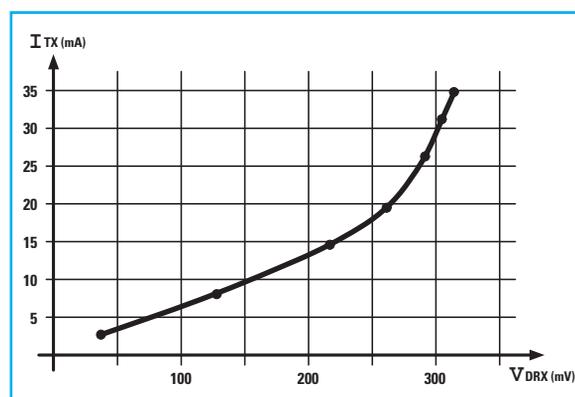
tension LED-IR (V)	courant I <sub>tx</sub> (mA)	tension diode réceptrice (mV)
2,074	2,75	37,8
3,98	8,12	127,7
6,04	14,7	216,7
8,03	19,6	261,3
10,45	26,4	291,5
12,06	31,3	304,9
14,5	34,9	314,3

Prenez maintenant une feuille de papier millimétré et reportez sur l'axe vertical les valeurs en mA du courant I<sub>tx</sub> que vous avez mesuré sur la LED-IR et sur l'axe horizon les valeurs en mV que vous avez mesuré sur la diode réceptrice. Réunissez les points obtenus et vous aurez fait un graphique très voisin de celui donné ci-dessous.

## Conclusion

Comme vous le voyez, la courbe que vous avez obtenue a une allure **plutôt linéaire** au départ du trait. C'est que la tension aux extrémités de la diode **réceptrice** croît de manière **quasi proportionnelle** tant que la valeur du courant **I<sub>tx</sub>** traversant la **LED-IR** est **faible**.

Puis la courbe augmente sa pente qui **s'accroît** rapidement pour s'arrêter sur une valeur de tension d'environ **350 mV**. Cela signifie que nous travaillons dans la zone de **saturation** de la diode réceptrice. Pour une utilisation correcte de cette diode réceptrice, il faut préférer la zone **linéaire** et éviter la partie de la courbe proche de la **saturation**, parce que dans ce dernier cas le signal serait **distordu**.



## Expérimentation n°2

### Transmettons un signal avec les rayons infrarouges

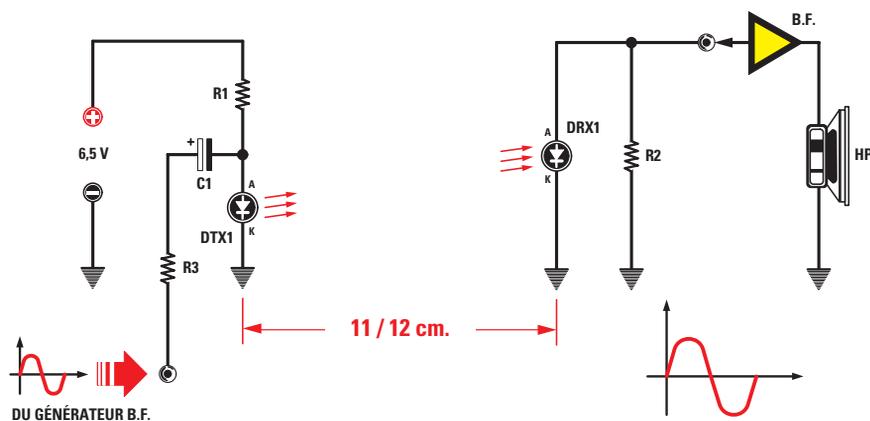
Notre seconde expérimentation nous permettra de vérifier s'il est possible d'**émettre** à **distance** un **signal électrique** à travers les **rayons infrarouges**.

Dans la figure ci-dessous nous donnons le schéma électrique de la nouvelle expérimentation qui consiste à appliquer un signal électrique **sinusoïdal** à la **LED-IR** et à relier la diode **réceptrice**, placée à une **distance** d'environ **11-12 cm**, à l'**amplificateur** et au **haut-parleur** du **Minilab**.

Si la transmission à infrarouges fonctionne et si on applique le **signal BF** aux extrémités de la **LED-IR**, nous devrions entendre dans le haut-parleur un **son** qui reproduit exactement le signal appliqué.

## Liste des composants

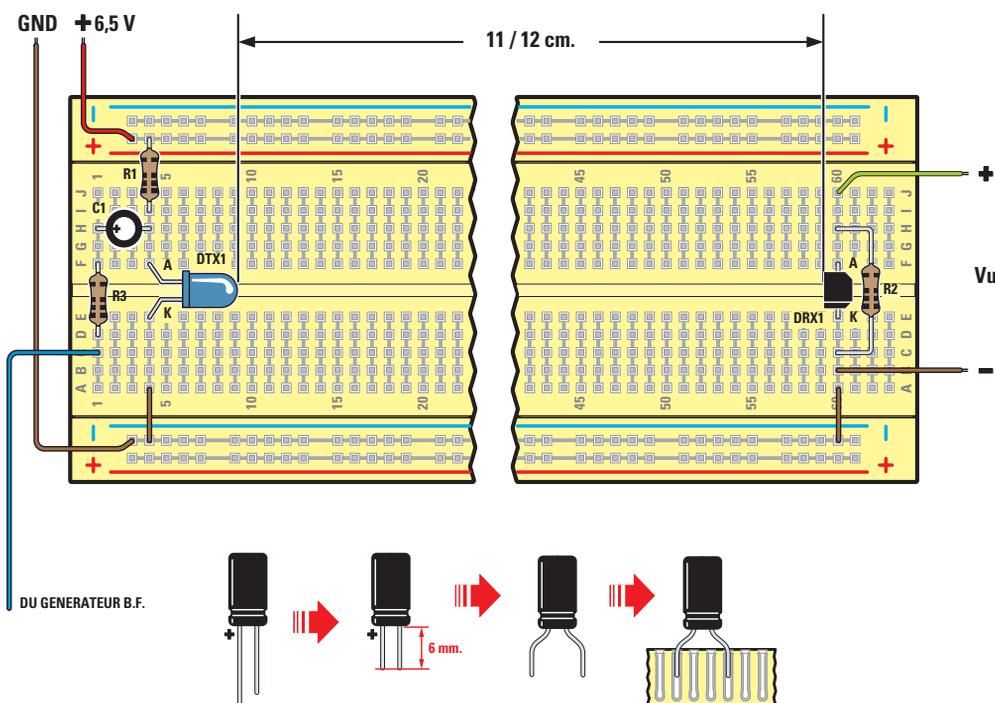
R1 ..... 330 Ω  
 R3 ..... 820 Ω  
 C1 ..... 10 μF électrolytique  
 DTX1 . LED-IR (diode TX infrarouge) TSAL6200  
 R2 ..... 33 k  
 DRX1 diode RX infrarouge BPW41



Comme vous pouvez le noter, on applique au circuit d'entrée une tension continue de **6,5 V** permettant de faire travailler la **LED-IR** dans sa zone de travail la plus **linéaire**.

Aux extrémités de la **LED-IR** on applique, à travers la **résistance R3** et le **condensateur électrolytique C1** le signal **sinusoidal BF (basse fréquence)** prélevé sur le **générateur BF** du **Minilab**.

Pour effectuer l'expérimentation vous devrez apporter une légère modification au circuit que vous avez construit précédemment, comme l'indique la figure suivante.



Prenez dans le matériel disponible la **résistance R3** de **820 Ω** que vous pourrez facilement identifier si vous regardez les couleurs imprimées sur son enrobage.

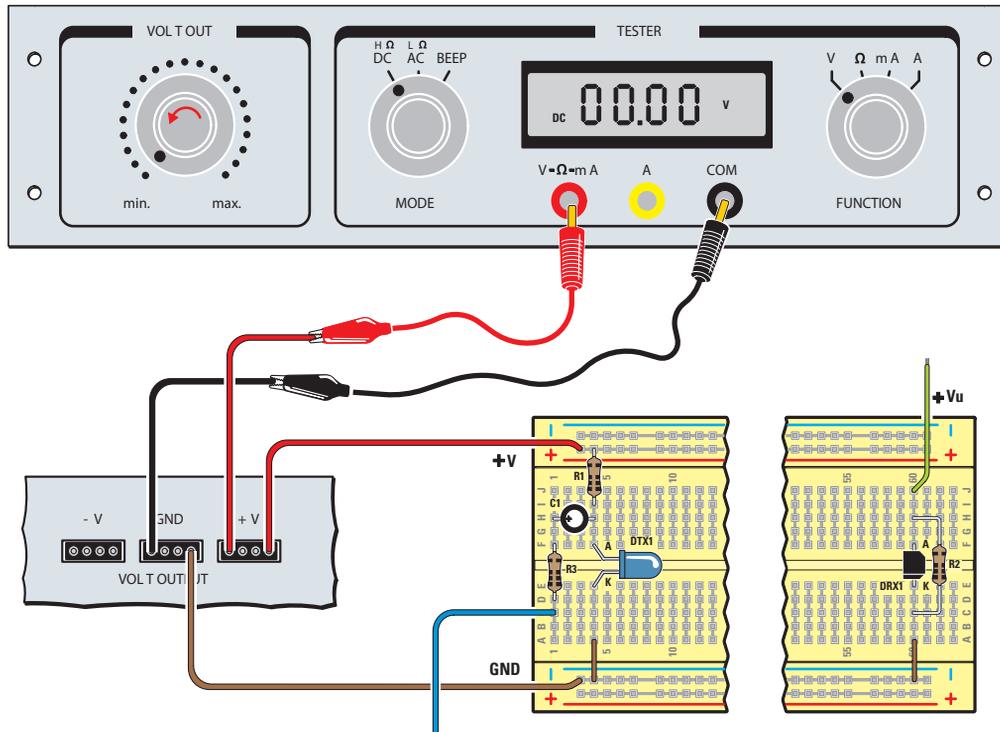
**820 Ω** gris - rouge - marron - or

Repliez les fils de sortie de la résistance de telle manière qu'ils soient distants **10 mm** et insérez-la dans la position prévue.

C'est ensuite au tour du **condensateur électrolytique C1** de **10 μF**, à insérer en faisant très attention à la **polarité** : pour les condensateurs électrolytiques, la patte la plus **longue** correspond au **positif (+)**. Tournez cette patte **positive** vers la **gauche** comme l'indique le dessin.

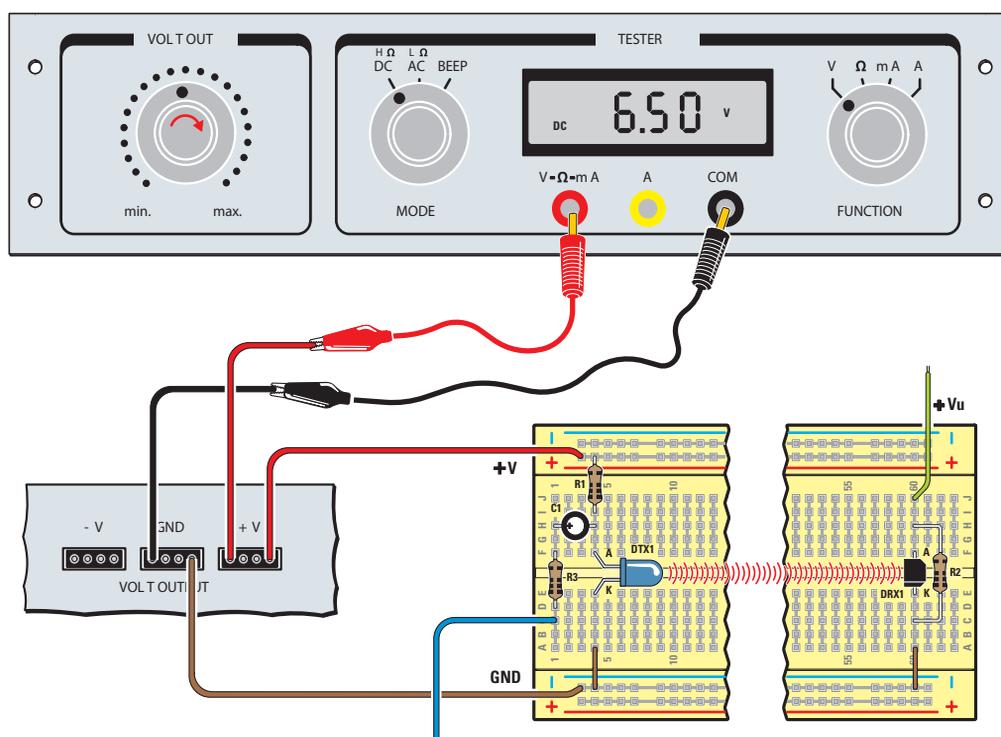
Reliez à la plaque d'essai le fil **bleu** qui servira à la liaison au **générateur BF** du **Minilab**.

Procédez ensuite aux liaisons de la plaque d'essais au **Minilab** comme suit.



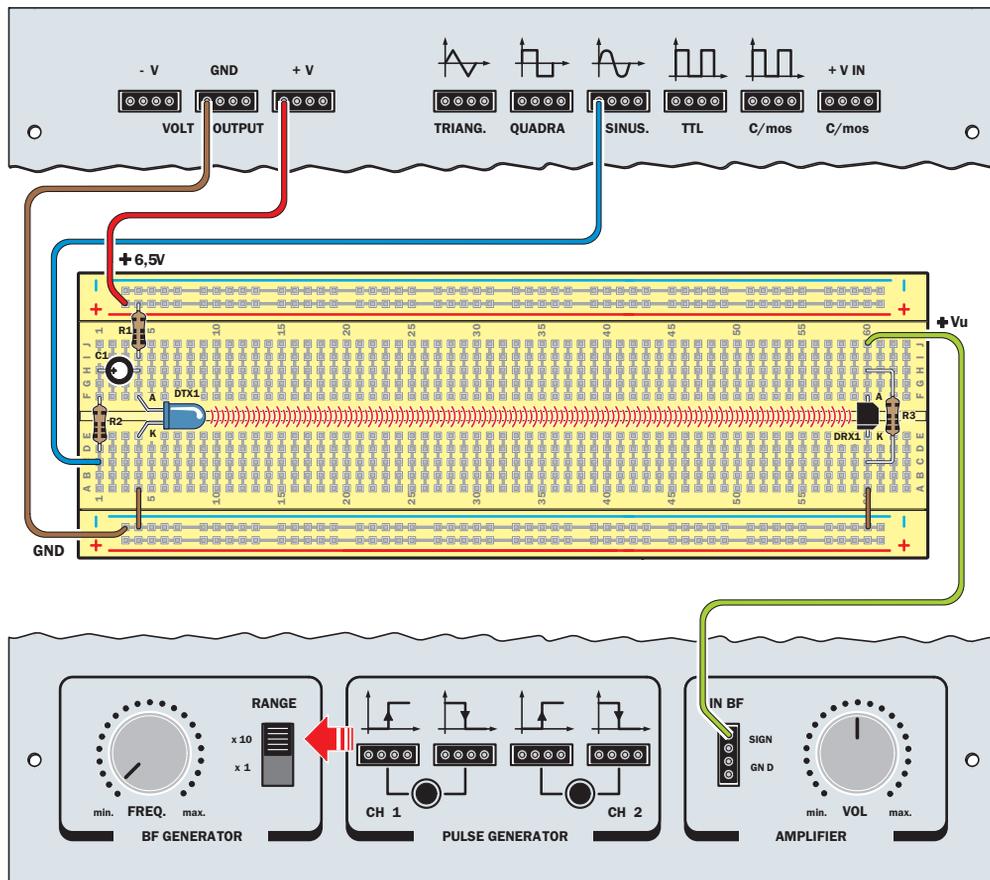
Reliez le fil **rouge** de la plaque d'essai à n'importe lequel des quatre trous du connecteur **+V** comme l'indique la figure. Reliez en outre le fil **marron** de **GND** à n'importe lequel des quatre trous du connecteur **GND**. Tournez le bouton **V OUT** entièrement vers la **gauche**, soit en position **min**. Réglez le commutateur **MODE** sur **DC** et le commutateur **FUNCTION** sur **V**.

Prenez un morceau de fil **noir** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **GND**. Prenez un morceau de fil **rouge** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **+V**. Reliez maintenant le morceau de fil **noir** à la douille **COM** du multimètre et le morceau de fil **rouge** à la douille **V-Ω-mA** toujours en utilisant les petits câbles munis de pointes reliés aux petits câbles à crocodiles. Cette liaison vous servira à mesurer avec le **voltmètre** la tension que nous allons fournir à la **LED-IR**.



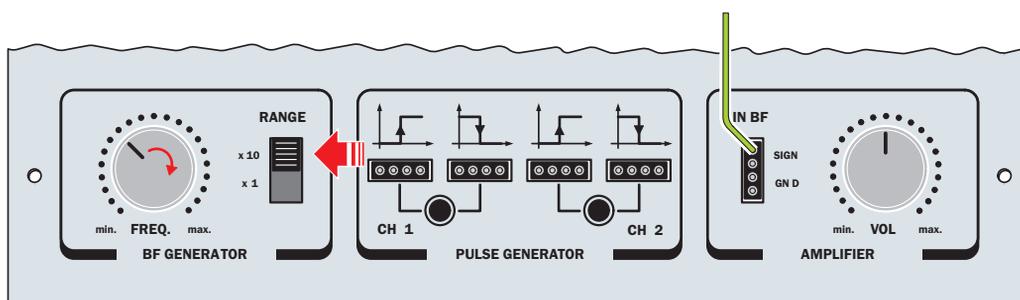
Allumez le **Minilab**. Tournez lentement le bouton **V OUT** dans le sens **horaire** jusqu'à lire sur l'afficheur une valeur d'environ **6,5 V**.

Nous disons **environ** parce qu'il suffit d'aboutir à une valeur comprise entre **6,4** et **6,6 V**.



Reliez le fil **bleu** de la plaque d'essai au connecteur **SINUS (sinusoïdal)** du **générateur BF** du **Minilab**. Mettez le sélecteur **RANGE** sur la position **x10** et tournez le bouton **FREQ** complètement dans le sens **anti horaire**. Reliez le fil **vert** de la plaque d'essai au connecteur **IN BF** du **Minilab**, correspondant à l'entrée de l'**amplificateur basse fréquence**, comme l'indique la figure.

À titre de curiosité, ce connecteur présente **quatre trous**. Les deux supérieurs sont reliés ensemble et correspondent tous les deux à l'entrée **SIGN**. Les deux inférieurs sont eux aussi reliés ensemble et correspondent à l'entrée **GND (masse)**. Les entrées **GND** ne sont pas utilisées dans ce cas parce que la masse est déjà reliée à l'amplificateur à travers le connecteur **GND V OUTPUT**. Tournez le bouton **VOL** de **AMPLIFIER** à peu près à la **moitié**.



Reliez le fil **bleu** de la plaque d'essai au connecteur **SINUS (sinusoïdal)** du **générateur BF** du **Minilab**. Mettez le sélecteur **RANGE** sur la position **x10** et tournez le bouton **FREQ** complètement dans le sens **anti horaire**. Reliez le fil **vert** de la plaque d'essai au connecteur **IN BF** du **Minilab**, correspondant à l'entrée de l'**amplificateur basse fréquence**, comme l'indique la figure.

À titre de curiosité, ce connecteur présente **quatre trous**. Les deux supérieurs sont reliés ensemble et correspondent tous les deux à l'entrée **SIGN**. Les deux inférieurs sont eux aussi reliés ensemble et correspondent à l'entrée **GND (masse)**. Les entrées **GND** ne sont pas utilisées dans ce cas parce que la masse est déjà reliée à l'amplificateur à travers le connecteur **GND V OUTPUT**. Tournez le bouton **VOL** de **AMPLIFIER** à peu près à la **moitié**.

## Conclusion

Cette seconde expérimentation démontre qu'il est possible d'utiliser les rayons infrarouges pour **transmettre** à distance un signal électrique. Ce phénomène est largement mis à profit dans les **télécommandes**, lesquelles permettent d'actionner à distance le **téléviseur**, le **magnétoscope**, l'**amplificateur Hi-Fi**, etc. Une autre application domestique assez répandue est celle des **casques à infrarouges**, avec lesquels on peut commodément écouter la chaîne stéréo ou le téléviseur même la nuit, sans déranger les voisins.

Ces dispositifs fonctionnent d'une manière légèrement différente de celle que nous avons décrite lors de notre expérimentation : ils permettent d'envoyer et de recevoir facilement le signal à une distance de l'ordre de quelques dizaines de mètres (quelques centimètres dans notre expérimentation). Dans ce cas en effet, bien qu'on se serve des rayons infrarouges, la transmission du signal est très proche de celle d'un signal **radiophonique en FM**.

La transmission se fait ainsi : l'émetteur produit un signal infrarouge à une fréquence constante d'environ 50 kHz, appelé porteuse. La porteuse à 50 kHz est ensuite modulée en fréquence par le signal que l'on veut transmettre, par exemple le signal provenant d'un microphone ou bien de la sortie d'un amplificateur audio. L'appareil récepteur sépare ensuite le signal de la porteuse pour le transformer à nouveau en un signal électrique semblable à celui du départ : ce signal est amplifié et envoyé dans un casque ou vers des enceintes. À la différence des ondes radio, la portée des infrarouges est réduite à quelques dizaines de mètres et on les utilise pour la communication entre ordinateur, Palm et téléphone mobile.

L'avantage de cette technologie tient au fait qu'aucun parasite de type électromagnétique pouvant interférer avec d'autres appareils électriques n'est à déplorer.

## OBSERVONS LA TRANSMISSION À INFRAROUGES À L'OSCILLOSCOPE

Ceux qui ont acheté le **Minilab** dans la version «**Avancée**», vont maintenant pouvoir voir tout cela à l'aide de l'**oscilloscope** pour **PC** : il vont en effet voir à l'écran comment se fait la transmission d'un **signal infrarouge**. Quand nous avons effectué l'expérimentation, nous avons vu que si l'on applique au circuit un **signal sinusoïdal** provenant du **générateur BF** du Minilab, le même signal est transformé par la **LED-IR** en **radiation infrarouge**. La radiation est captée par la **diode réceptrice**, laquelle la transforme à nouveau en un **signal électrique** : ce signal, une fois amplifié, est diffusé comme un **son** par le haut-parleur.

Nous allons pouvoir visualiser avec l'**oscilloscope** pour **ordinateur** le signal électrique aux extrémités de la **LED-IR** et celui présent aux extrémités de la diode **réceptrice** et ainsi voir comment se comporte le signal durant la transmission. Nous essaierons ensuite de **faire varier** la **fréquence** du signal sinusoïdal et nous verrons sur la diode **réceptrice** comment se modifie le signal de **sortie**.

Enfin, nous essaierons de voir comment a lieu la transmission d'un signal de forme différente (signal non **sinusoïdal**) lorsqu'on applique à l'entrée de notre circuit un signal **carré** et un signal **triangulaire**.

### Matériel nécessaire pour effectuer l'expérimentation

**PC avec prise USB**

**Revue ELECTRONIQUE & loisirs magazine numéro 111**

**Circuit de calibration EN1691**

**Platine EN1690 + logiciel VA**

**Câble RG1.05**

**Câble RG1.102**

Rappelons que dans la revue **ELECTRONIQUE & loisirs magazine numéro 111** nous avons expliqué en détail comment **installer** le **logiciel VA** et comment le **configurer**. Pour éviter d'inutiles répétitions, nous vous renvoyons à la (re)lecture de l'article Minilab EN3000-5 : pages 43 et 44 (installation du logiciel Visual Analyser), pages 45 à 47 (configuration de Visual Analyser) et pages 48 à 52 où nous avons expliqué en détail comment s'effectue la procédure de **calibration**. Tout cela, rappelons-le, dans le numéro 111 de l'Été 2010 : si vous ne l'avez pas, demandez à la rédaction d'ELM de vous l'envoyer ou de le télécharger sur le site internet.

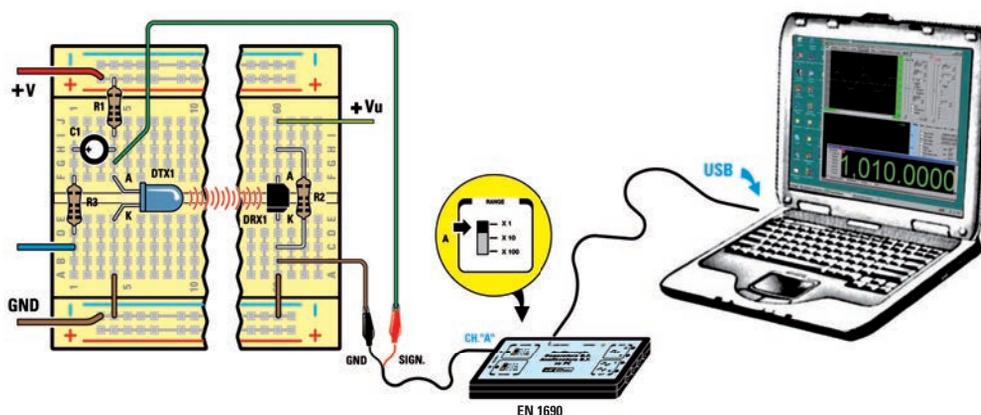
Une fois la calibration de l'oscilloscope effectuée, reliez au canal **CHA** de la platine **EN1690** le circuit que vous avez construit, comme l'indique la figure, en utilisant le **petit câble** muni d'un côté d'une **BNC** et de l'autre de **deux crocodiles**.

Si vous regardez bien la platine **EN1690** vous verrez qu'elle comporte deux petits **inverseurs**. Celui du canal **CHA** est celui de **dessus** : pour effectuer les mesures que nous avons mises au programme, cet inverseur doit être réglé en position **x1** soit **tout vers le haut**.

Les **crocodiles** seront ensuite reliés au fur et à mesure dans les différentes positions que nous allons voir sur la plaque d'essai.

Pour effectuer les mesures, vous devrez préparer le circuit ainsi :

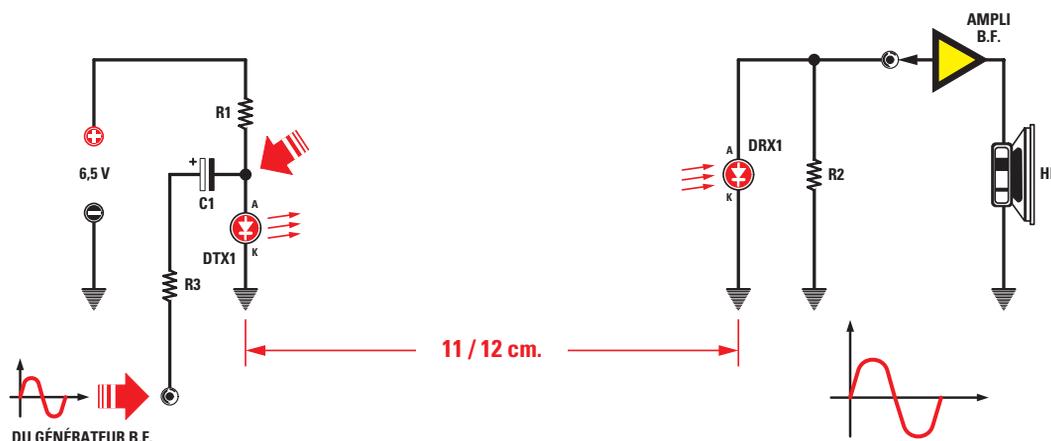
- reliez trois morceaux de fil sur la plaque d'essai ainsi :
- l'un, de couleur **marron**, est à relier à la ligne **bleue** repérée par le **signe -**, correspondant dans ce cas à la **masse (GND)** du circuit.
- l'autre, de couleur **vert foncé**, est à relier à l'**anode (A)** de la LED-IR **TSAL6200**, au point indiqué sur la figure
- un troisième fil, de couleur **vert clair**, est à relier à l'anode (**A**) de la diode **réceptrice BPW41** comme le montre la figure.



Reliez maintenant le crocodile noir du câble provenant de la platine **EN1690** au morceau de fil relié à la **masse (GND)** et le crocodile rouge au morceau de fil **vert foncé** que vous avez relié à l'**anode (A)** de la **LED-IR**, comme le montre la figure. Prenez soin de **ne pas intervertir** les deux crocodiles.

Comme le crocodile **noir**, correspondant à la masse de la platine **EN1690**, c'est-à-dire de votre **oscilloscope**, est relié à la **masse** du circuit à mesurer, la mesure que nous ferons sera une mesure de la tension présente à la **sortie** de l'**oscillateur** référée à la **masse du circuit**, indiquée dans le schéma électrique ci-après par un petit **triangle rayé**.

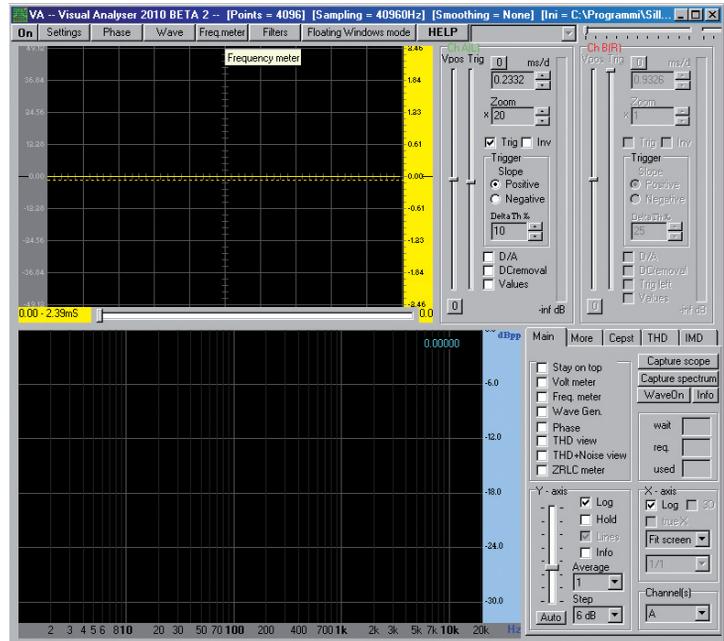
Comme vous pouvez le voir, dans ce cas la masse du circuit coïncide avec le pôle **négatif** de l'**alimentation** du Minilab. Pour une meilleure compréhension, nous avons repéré par une **flèche** sur le schéma électrique le point sur lequel est prélevé le signal pour l'oscilloscope.



Après avoir relié l'oscilloscope, vous devrez relier la plaque d'essai à l'alimentation du Minilab, après quoi vous devrez alimenter le circuit avec la tension de **6,5 V**. Vous devrez en outre relier la plaque d'essai au Minilab et procéder comme précédemment indiqué dans la description de l'expérimentation **N.2**. Lorsque le signal BF est audible à travers le haut-parleur du Minilab, vous êtes prêts à l'observer à l'oscilloscope.

La première mesure consiste à voir avec l'oscilloscope pour PC le signal qui est transmis, en le prélevant aux extrémités de la LED-IR : précisément entre son anode (A) et la masse.

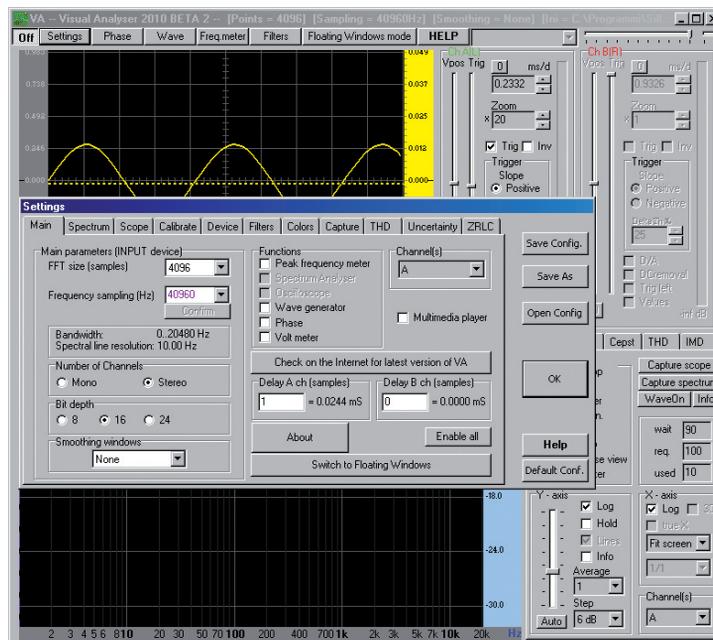
Pour cela, après avoir allumé l'ordinateur, cliquez deux fois sur l'icône VA comme l'indique la première figure de la section « configuration du VA » que vous trouverez aux pages 45 à 47 du numéro 111 d'ELECTRONIQUE & loisirs magazine. Suivez les indications données dans les figures suivantes, jusqu'à voir apparaître à l'écran la fenêtre principale du VA représentée ci-dessous. La fenêtre qui apparaît à l'ordinateur se compose de deux écrans.



L'écran supérieur est l'écran de l'oscilloscope, que nous utiliserons pour voir les divers signaux présents dans notre circuit.

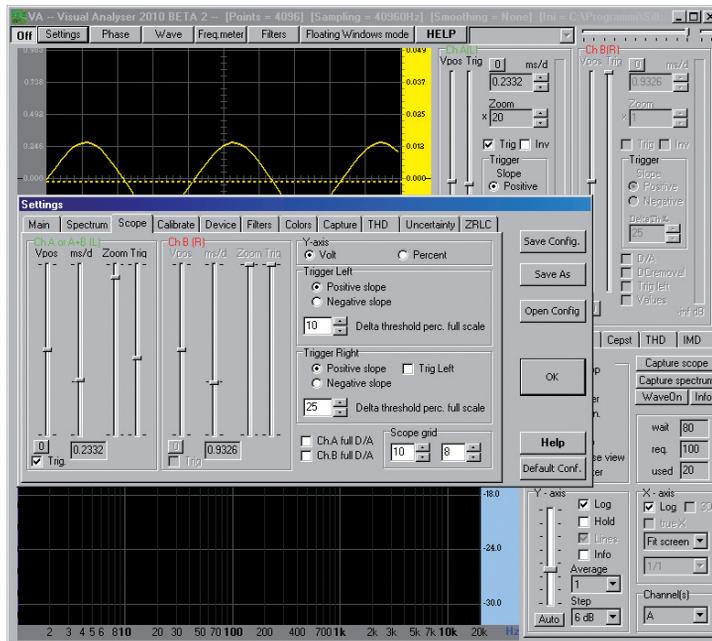
L'écran inférieur, correspondant à l'analyseur de spectre, n'est pas utilisé.

Cliquez sur la touche **Settings** en haut à gauche de l'écran. À l'intérieur de la fenêtre qui s'ouvre, celle du **Main** (la Principale), contrôlez que tous les paramètres correspondent à ceux de la figure ci-après.



Cliquez ensuite sur l'option **Scope** située sur la barre et dans la fenêtre qui s'ouvre contrôlez le paramétrage de ces commandes :

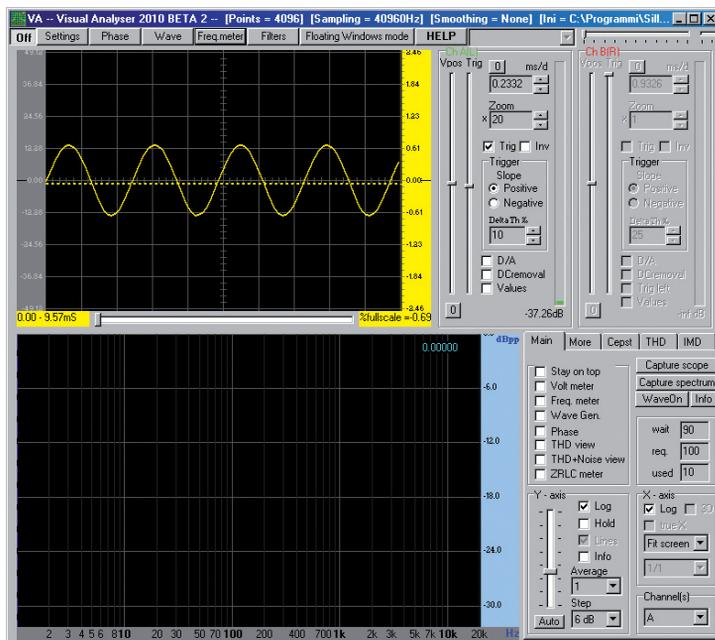
- le curseur **Vpos** doit être positionné exactement au **centre** de la course ;
- réglez le curseur **ms/d** de manière à obtenir dans la case de dessous la valeur **0,2332 ms/d (ms/division)** ;
- positionnez le curseur **Zoom** complètement vers le haut ;
- réglez le curseur **Trig** de telle manière que la ligne pointillée du **trigger** aille aussi se positionner exactement au **centre** de l'écran ;
- en bas à gauche, la case **Trig** doit être **cochée** ;
- la case **Positives Slope** du **Trigger Left** et la case **Y-axis** dans l'indication **V** doivent être **cochées** aussi.



Si l'une des commandes est paramétrée différemment, modifiez-la opportunément, comme l'indique la figure.

Vous êtes maintenant prêts à visualiser à l'écran le signal présent sur l'**anode (A)** de la LED-IR. Pour **activer l'oscilloscope** vous devez cliquer avec la touche **gauche** de la souris sur l'option **ON** que vous voyez en haut à gauche dans la barre des options.

L'indication se transformera en **OFF** et à l'écran vous verrez apparaître un **signal sinusoïdal** comme celui de la figure ci-après : c'est le signal présent aux extrémités de la **LED-IR**.



Pour effectuer la première mesure nous réglerons la fréquence à **1 kHz**. Pour cela, vous devrez procéder ainsi :

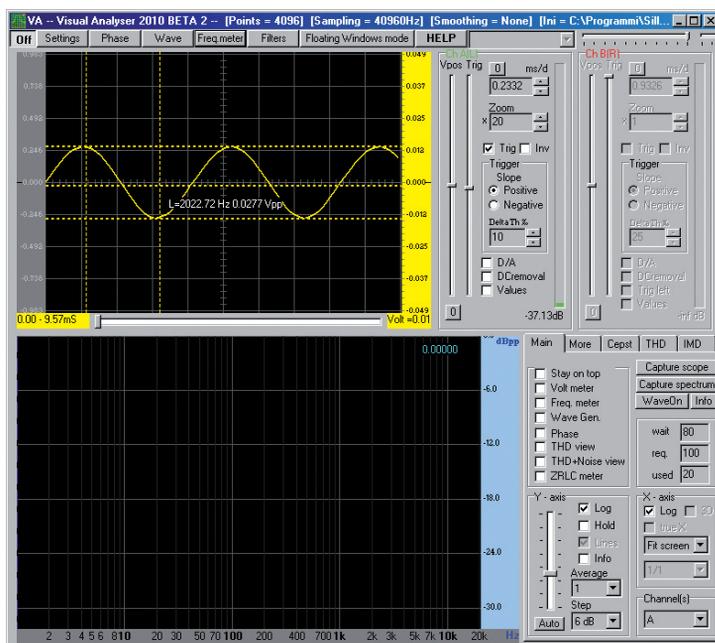
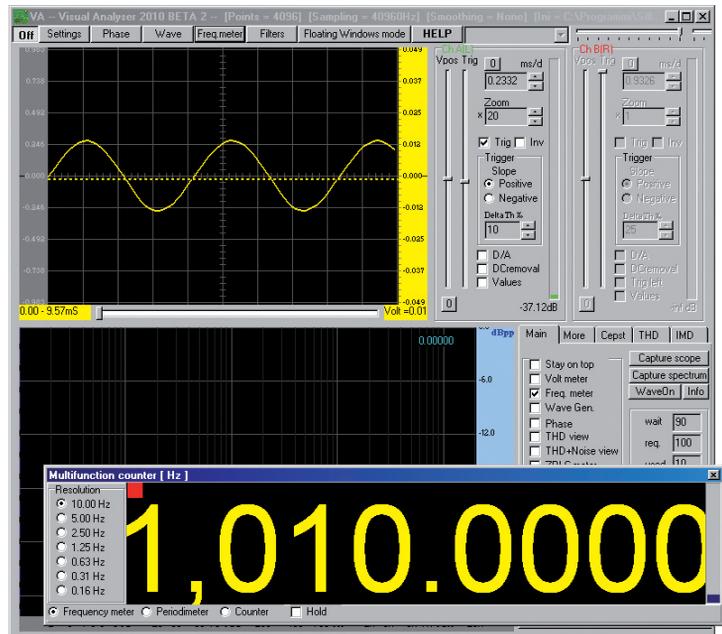
- Cliquez sur la touche **FREQ. METER** située en haut dans la barre des options. À l'écran la valeur de la **fréquence** de l'**onde sinusoïdale** produite par le **générateur BF** du **Minilab** et mesurée par le **fréquencemètre** du VA apparaît ;

- mettez le sélecteur **RANGE** du **BF Generator** sur la position **x10** ;

Maintenant tournez lentement le bouton **FREQ** du **BF Generator** jusqu'à lire sur l'afficheur du PC une valeur proche de **1 000 Hz**.

Dans l'exemple de la figure, la fréquence de la sinusoïde est de **1 010 Hz**. Notez que la valeur est écrite en notation **américaine**, la **virgule** correspondant à l'ancien point séparateur des **milliers** (remplacé chez nous par un espace, par exemple 1 000).

Dans la notation américaine, le **point** sépare les unités des **décimales** et vaut donc notre virgule. À gauche vous pouvez choisir la **résolution** de la mesure de fréquence. Dans ce cas, si vous avez sélectionné **10 Hz** vous obtiendrez une valeur de fréquence qui ne pourra être modifiée que de **10 Hz** en **10 Hz**.



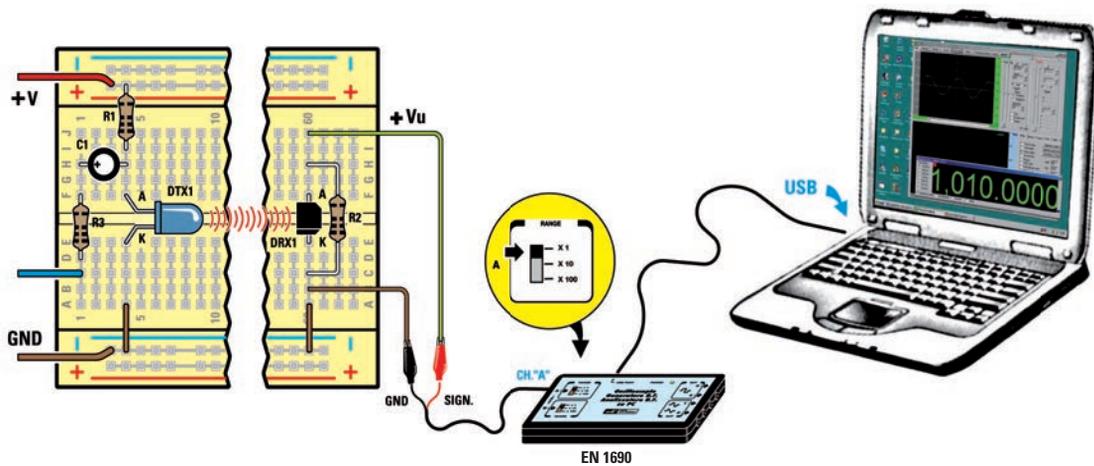
Si vous voulez mesurer l'**amplitude** du signal, vous pouvez le faire très simplement de la manière suivante :

- pointez la **flèche** de la souris exactement en face du **niveau maximum** du **pic supérieur** de l'onde sinusoïdale visualisée à l'écran ;
- cliquez avec la touche **gauche** et une ligne horizontale s'affiche, comme le montre la figure ;
- en maintenant pressée la touche gauche, **faites glisser** verticalement vers le bas la nouvelle ligne pointillée qui apparaît jusqu'à la faire coïncider avec le **niveau minimum** du **pic inférieur** de l'onde sinusoïdale, comme le montre la figure ;

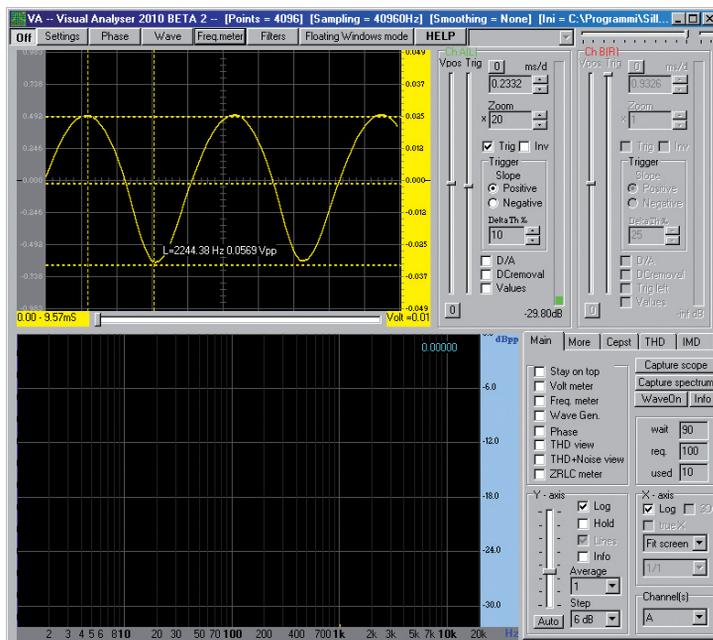
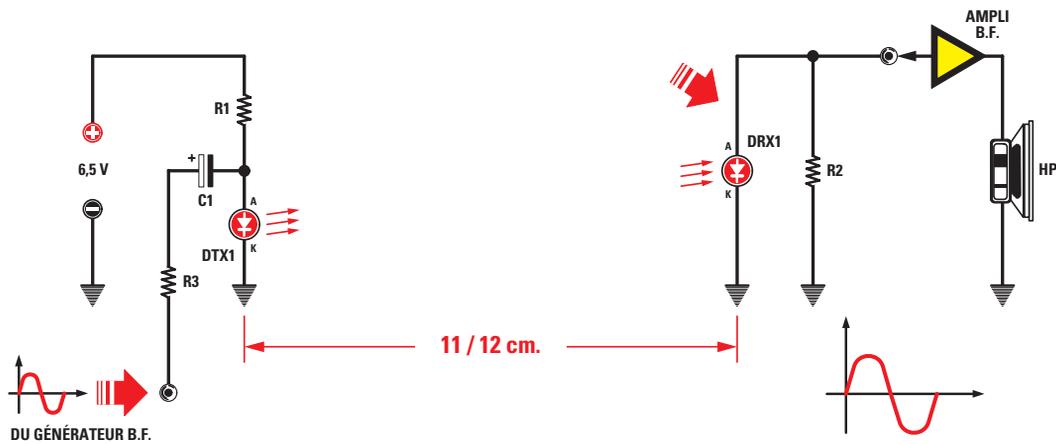
Si avant vous avez effectué correctement la procédure de **calibration du VA**, quand la ligne coïncidera avec la limite inférieure de la sinusoïde, vous verrez visualisée à l'écran l'**amplitude crête-crête** en **V** de votre onde sinusoïdale, comme le montre la figure.

Dans l'exemple représenté, la valeur est de **0,0277 Vcc** soit **27,7 mVcc**. Après avoir mesuré l'**amplitude** et la **fréquence** du signal sinusoïdal présent sur la **LED-IR**, mesurons le signal aux extrémités de la diode **réceptrice**.

Débranchez le **crocodile rouge** du fil **vert foncé** et reliez-le au fil **vert clair**, correspondant à l'**anode (A)** de la diode **réceptrice**, comme le montre la figure.



Dès que vous aurez terminé la liaison, vous verrez apparaître à l'écran de l'oscilloscope un signal comme celui représenté dans la figure ci-après.



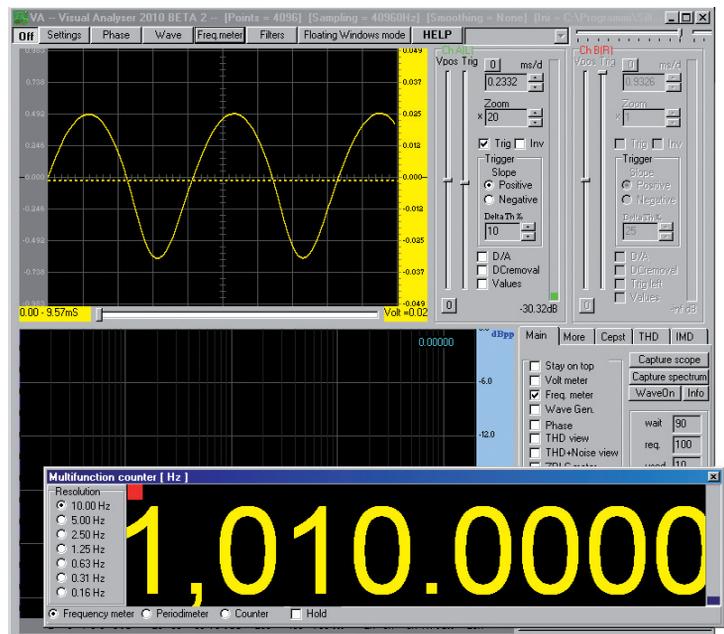
Comme on le voit, le signal présent sur la diode **réceptrice** reproduit parfaitement le signal sinusoïdal que nous avons appliqué sur la **LED-IR**.

Cela confirme qu'il est parfaitement possible d'émettre un signal électrique au moyen des rayons infrarouges.

Dans ce cas également nous pouvons mesurer l'**amplitude** du signal aux extrémités de la diode **réceptrice**, avec le même système que celui utilisé précédemment.

Comme vous pouvez le voir, l'amplitude du signal sur la diode **réceptrice** est de **0,0569 Vcc** soit **56,9 mV crête/crête**.

En cliquant sur la touche **Freq.meter** vous pourrez vérifier que la fréquence est encore de **1 010 Hz**, c'est-à-dire identique à celle du signal d'entrée.

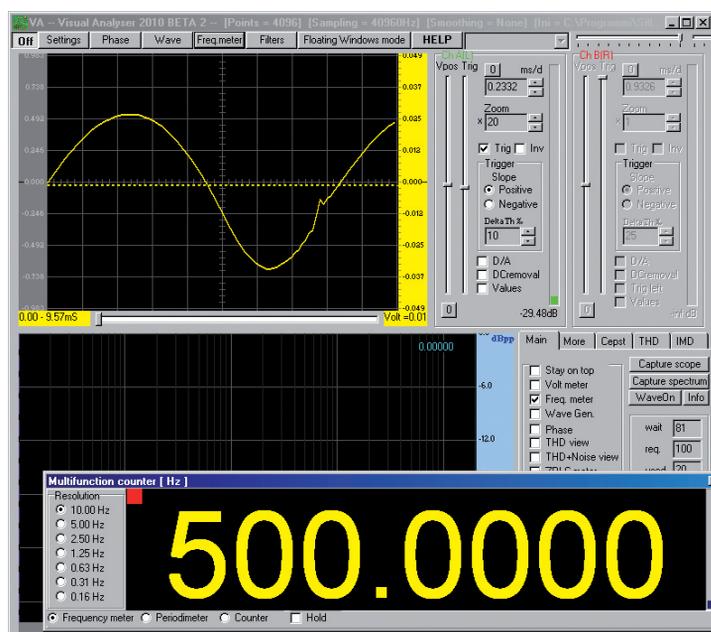


Il pourrait alors être intéressant de voir ce qui arrive au signal sur la diode **réceptrice** lorsque nous faisons varier la **fréquence** du signal sur la **LED-IR**.

Pour cela il faut agir sur le bouton **FREQ** du générateur **BF**.

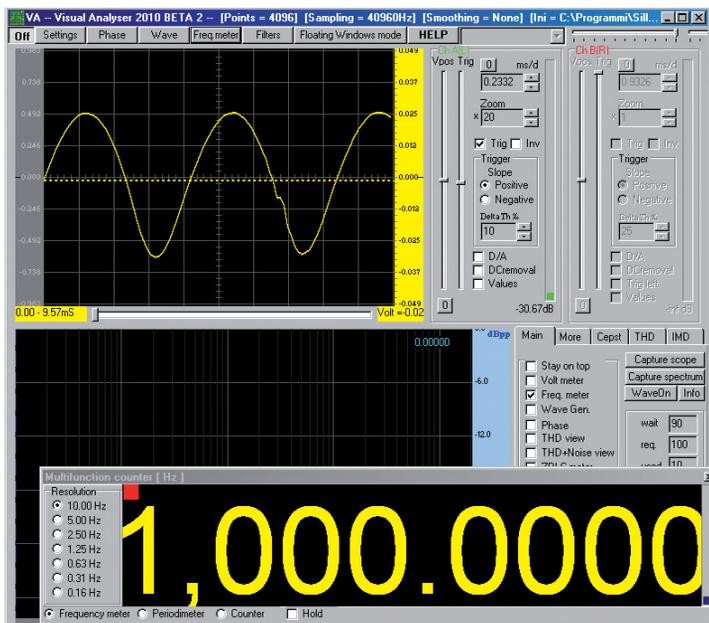
Tournez le bouton **FREQ** dans le sens **anti horaire** de manière à **réduire** la fréquence du signal.

Cliquez ensuite sur la touche **Freq.meter** de l'oscilloscope, de manière à lire la valeur de la **fréquence**. Supposons que vous lisiez une valeur de **500 Hz**, comme indiqué dans la figure suivante.

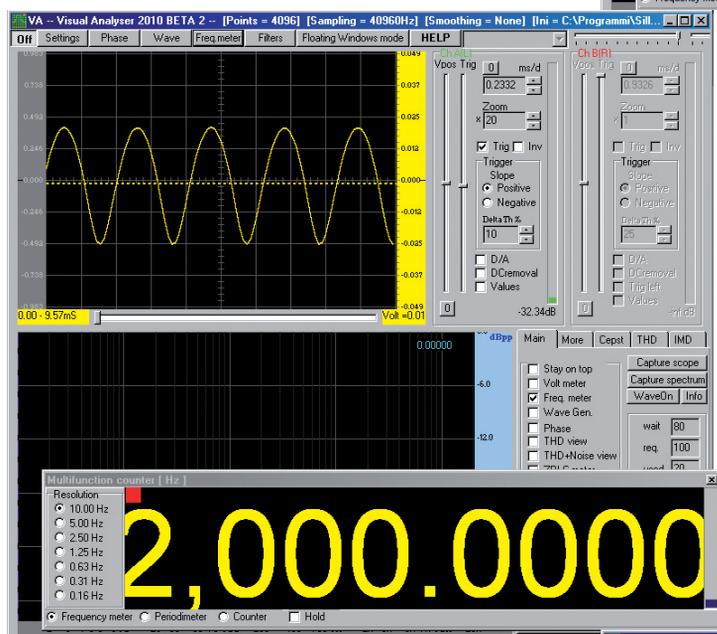


Comme vous pouvez le voir, le signal a légèrement **plus d'amplitude** que le précédent. Sa forme est toutefois parfaitement sinusoïdale, comme celle du signal en entrée. Maintenant augmentons la fréquence, en tournant lentement le bouton **FREQ** dans le sens **horaire**. Supposons que la valeur de la fréquence lue sur le fréquencemètre soit exactement de **1 000 Hz**. Comme vous pouvez le voir, l'amplitude du signal se **réduit** légèrement quand la **fréquence** augmente, mais sa forme reste la même.

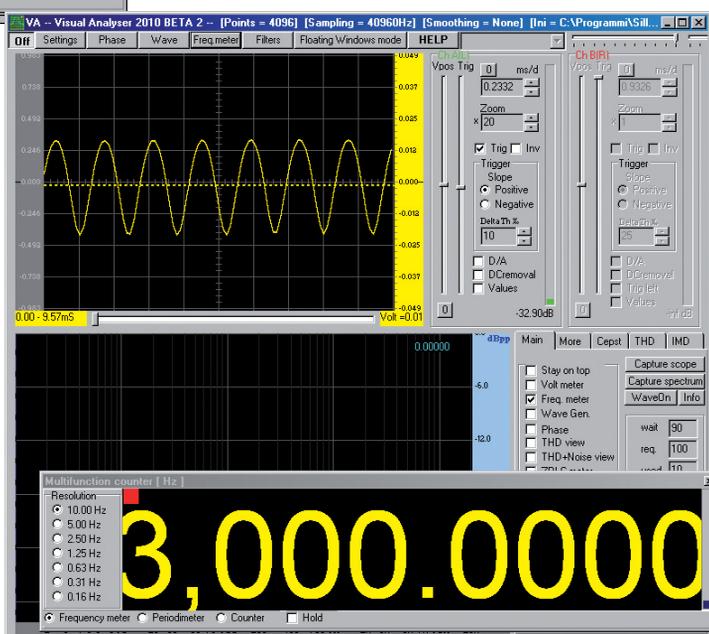
Augmentons encore la valeur de la **fréquence**, jusqu'à **2 kHz**.



L'amplitude du signal se réduit encore lorsque la fréquence augmente. Si nous augmentons encore la fréquence, jusqu'à **3 kHz**, nous devons nous attendre à trouver un signal d'amplitude encore moindre.



Comme vous le voyez, cela se vérifie ponctuellement et d'autre part (bien que l'amplitude du signal soit nettement inférieure) sa forme est encore parfaitement sinusoïdale.

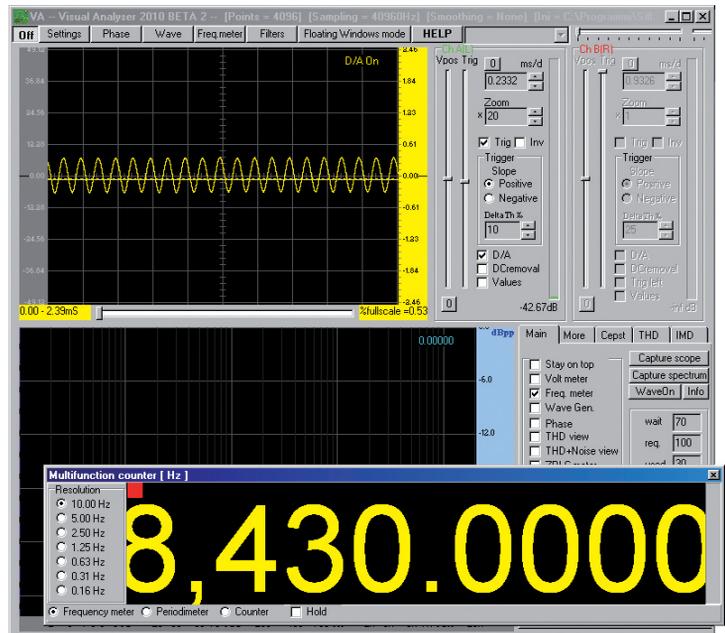


Nous pourrions avoir maintenant la curiosité d'augmenter jusqu'au **maximum** la fréquence du signal produit par le **Minilab**, en tournant complètement dans le sens horaire le bouton **FREQ** pour voir ce qui se passe.

Dans l'exemple de la figure, vous pouvez voir comment se présente le signal de sortie à une fréquence d'environ **8 400 Hz**. Son amplitude est bien sûr réduite mais le signal est encore parfaitement appréciable et sa forme est encore parfaitement sinusoïdale.

Vous vous demandez probablement pourquoi le signal de sortie est ainsi réduit en amplitude au fur et à mesure que la fréquence croît.

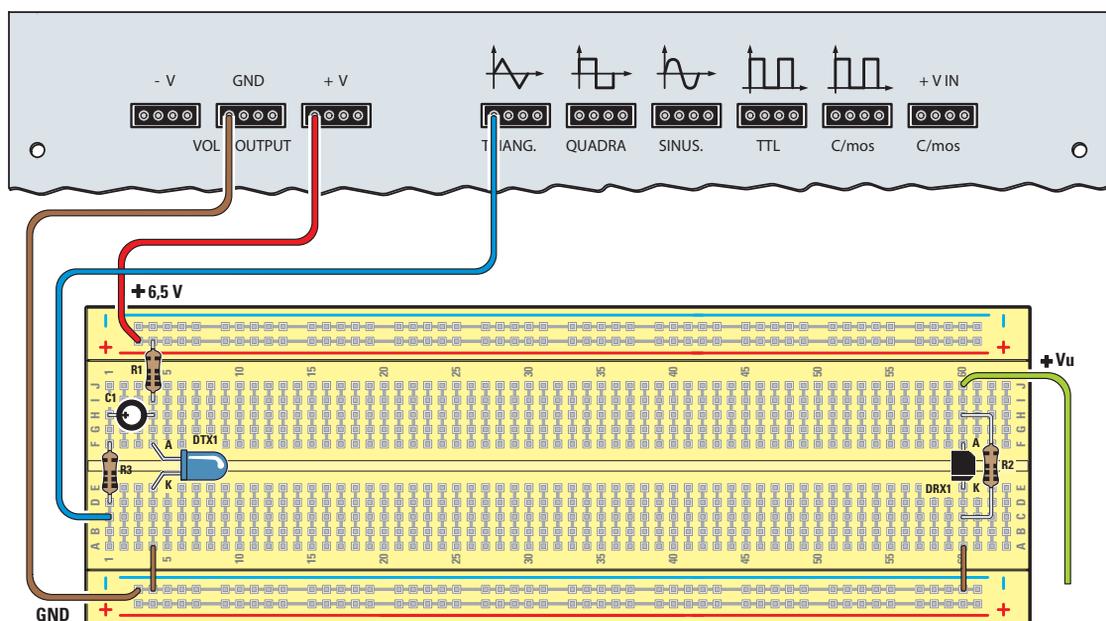
Ce phénomène est dû au fait que la jonction de la diode réceptrice présentant une certaine valeur de **capacité**, elle se comporte pratiquement comme un petit condensateur relié en parallèle aux extrémités de la résistance **R2** de **33 kΩ**.



Le circuit équivaut à un **filtre passe-bas**, dont l'effet est d'**atténuer** le signal au fur et à mesure que sa **fréquence** croît. Ainsi s'explique le phénomène que nous avons pu constater à l'oscilloscope.

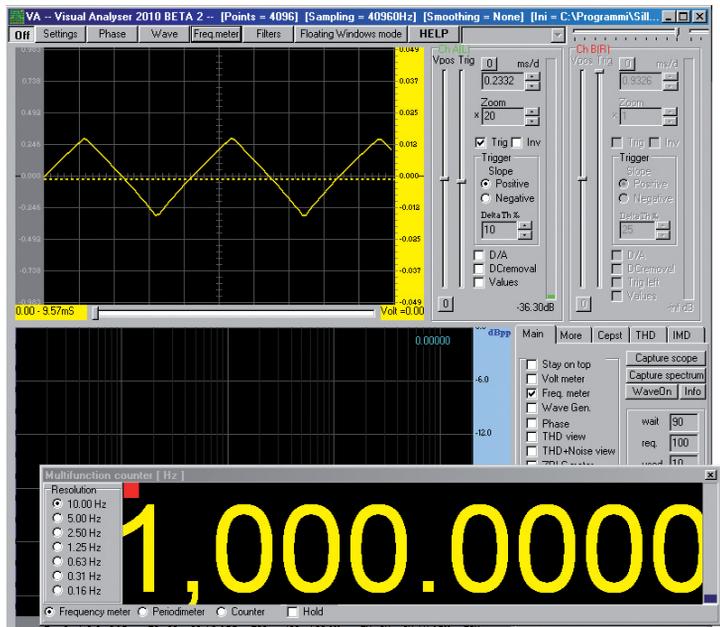
Une autre chose est intéressante à voir : ce qui se passe si au lieu d'une onde **sinusoïdale**, nous utilisons un signal de forme différente, par exemple une onde **triangulaire** ou bien une onde **carrée**.

Pour obtenir le signal à onde **triangulaire** produit par le **générateur BF** du **Minilab**, il suffit de déplacer le fil du connecteur **SINUS.** au connecteur **TRIANG.**, comme l'indique la figure.



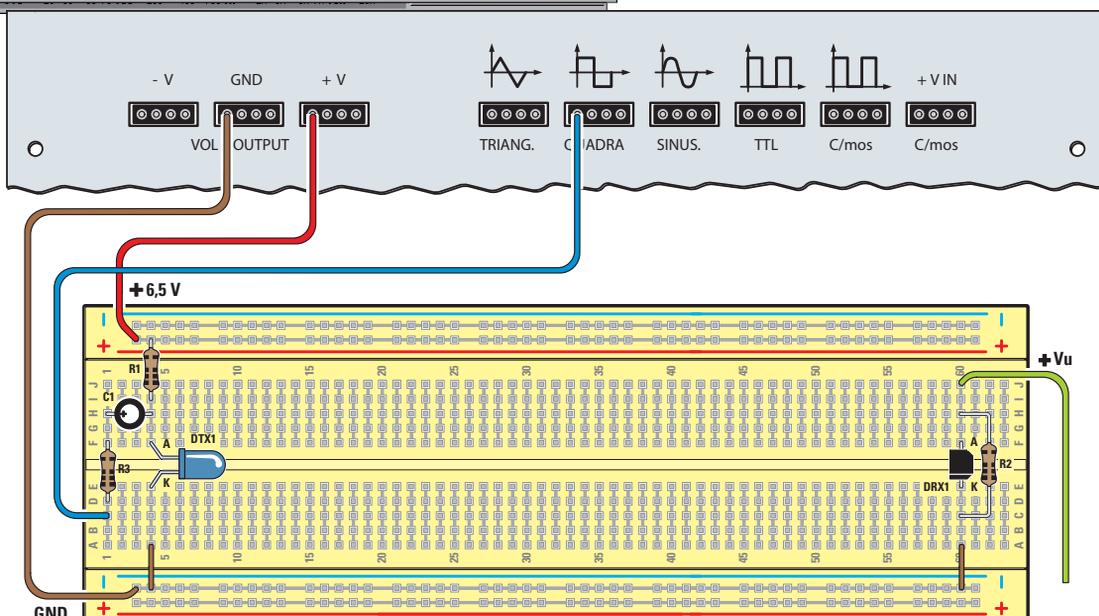
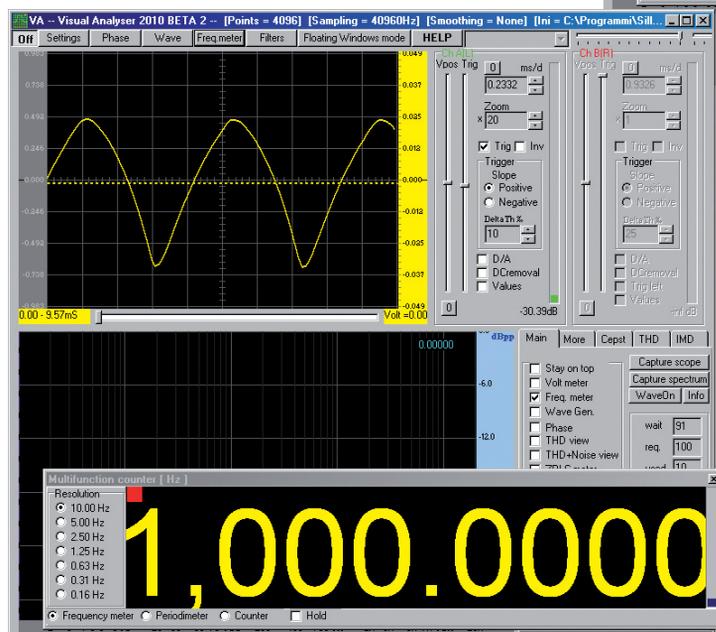
Tournez le bouton **FREQ** du **générateur BF** dans le sens anti horaire, de manière à réduire la fréquence à une valeur d'environ **1 kHz**. Reliez le crocodile **rouge** au fil **vert foncé**, de manière à prélever le signal sur la **LED-IR**. À l'écran vous verrez apparaître l'onde **triangulaire** produite par le générateur BF, comme le montre la figure.

Déplacez maintenant le crocodile rouge du fil vert foncé au fil vert clair pour prélever le signal sur la diode réceptrice. À l'écran de l'oscilloscope, vous voyez l'onde présente sur l'anode du BPW41.

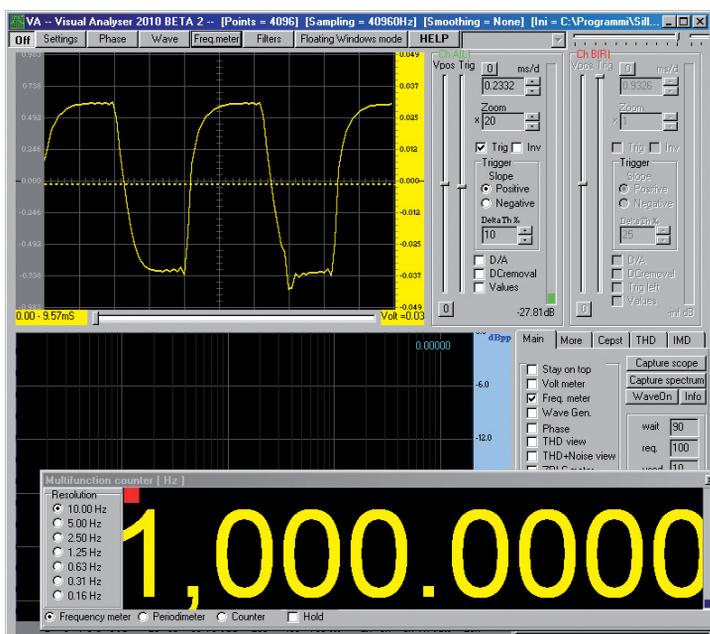
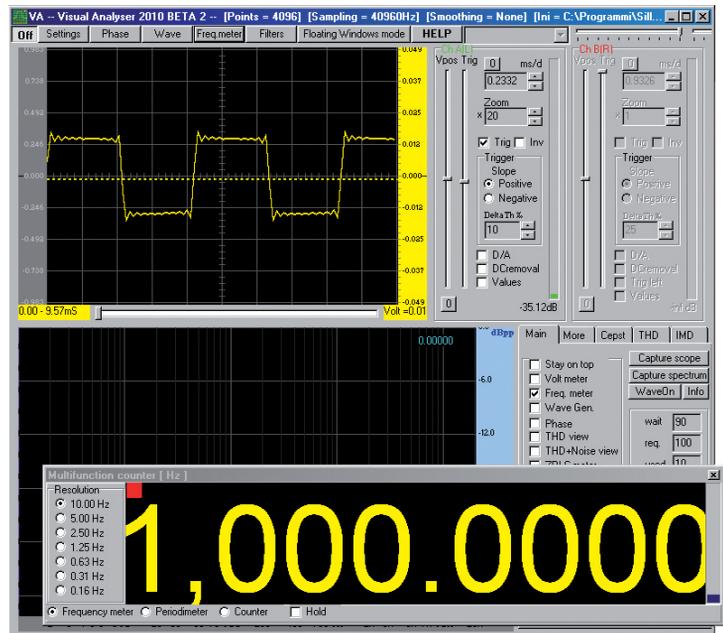


Comme vous pouvez le voir, la forme de l'onde est légèrement différente de celle de l'entrée, quoique les deux soient assez semblables. On aperçoit une légère **distorsion**, comme un arrondi, due à l'élimination des **harmoniques** supérieures composant l'onde triangulaire du fait de la **capacité parasite** de la diode **réceptrice**.

Voyons maintenant ce qui se passe si nous appliquons à l'entrée une onde **carrée**. Reconnectez à nouveau le crocodile rouge au fil vert foncé, de manière à prélever à nouveau le signal sur la LED-IR. Déplacez le fil d'entrée de la plaque d'essai sur le connecteur **QUADRA** comme l'indique la figure.



À l'écran vous verrez apparaître l'onde **carrée** produite par le générateur BF, comme le montre la figure. Les petites **oscillations** que l'on voit sur la partie supérieure de l'onde carrée ne sont pas dues à un fonctionnement imparfait du générateur mais à la présence du condensateur d'entrée **C1**.



Maintenant, si vous reliez le crocodile **rouge** au fil **vert clair**, vous verrez apparaître à l'écran le signal présent aux extrémités de la diode **réceptrice**.

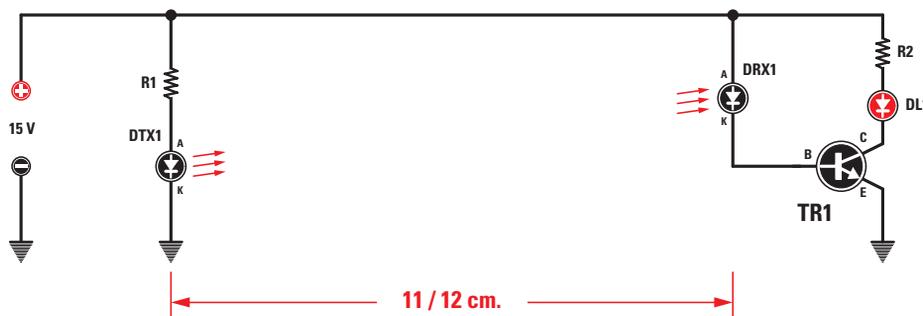
Comme vous pouvez le voir, alors qu'en entrée nous avons appliqué une parfaite onde carrée (mises à part les petites ondulations introduites par le condensateur d'entrée), l'onde à la sortie est plus **arrondie**. Comme dans le cas de l'onde triangulaire, l'onde carrée n'est pas non plus reproduite fidèlement parce que la capacité parasite présente sur la jonction de la diode réceptrice atténue les harmoniques supérieures composant l'onde carrée, ce qui a pour effet de présenter une onde nettement plus émoissée.

Nous pouvons donc en conclure qu'avec notre circuit tout simple il est possible d'émettre fidèlement un signal sinusoïdal jusqu'à une fréquence d'environ **8 kHz**, mais il n'est pas possible d'en faire autant avec d'autres formes d'onde, comme l'onde triangulaire ou bien l'onde carrée. Dans ce cas en effet la capacité parasite de la diode réceptrice atténue les harmoniques supérieures et par conséquent la forme de l'onde à la sortie est **distordue**.

## Expérimentation n°3

### Construire une barrière à infrarouges

Dans cette expérimentation nous construirons une **barrière à infrarouges** simple et nous verrons ce qui se passe quand un objet traverse le faisceau de rayons de la barrière. Voici le schéma électrique de notre barrière à infrarouges.

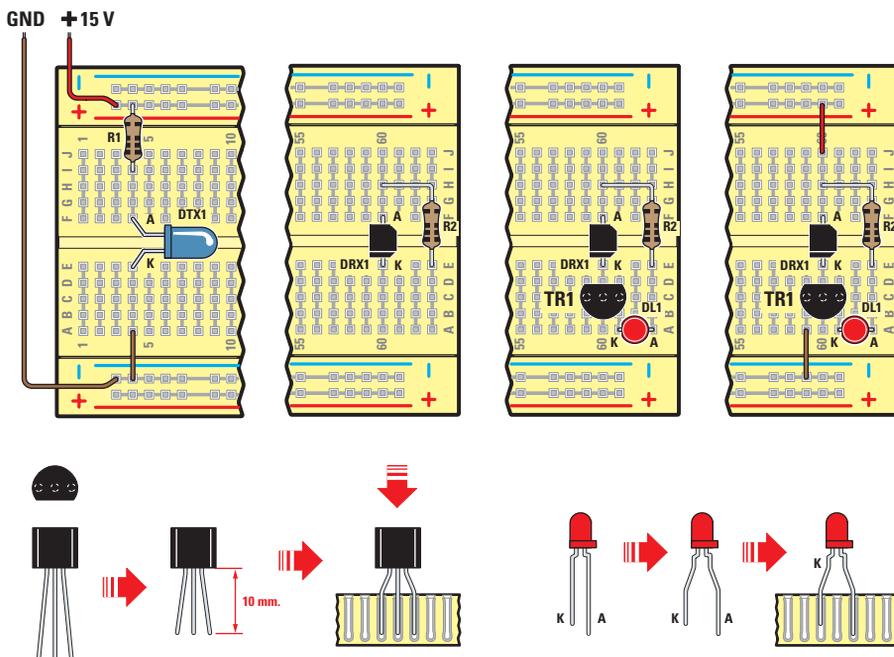


- R1 ..... 330 Ω
- DTX1 . LED-IR (diode TX infrarouge) TSAL6200
- DRX1 diode RX infrarouge BPW41
- R2 ..... 1 k
- DL1 ... LED-IR
- TR1 ... NPN BC547

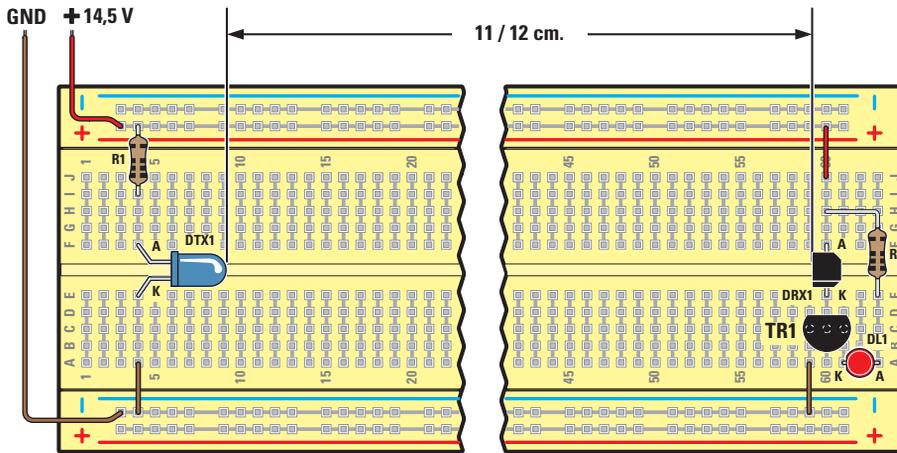
Le circuit émetteur est formé de la LED-IR **TSAL6200** à laquelle est appliquée une tension de **+ 15 V** à travers la résistance **R1**. Ainsi la diode émet l'**intensité maximale** de radiation infrarouge qui est captée par la diode réceptrice **BPW41** située à une distance d'environ **11-12 cm**. La **LED-IR** et la diode **réceptrice** sont **alignées**, de manière à former une véritable **barrière**. La radiation infrarouge arrivant sur la diode réceptrice provoque sur sa jonction un **courant** qui pilote la base du transistor **TR1** et le maintient en **conduction**.

Ainsi la LED-IR **DL1** est **allumée**, dès que quelque chose traverse la barrière, le faisceau de rayons infrarouges est **interrompu** et sur la diode réceptrice plus aucun **courant** ne circule. Ainsi le courant de base s'annule et le transistor **TR1** est **bloqué**, ce qui **éteint** la LED-IR **DL1**.

Pour réaliser cette expérimentation vous devrez modifier légèrement la plaque d'essai comme indiqué ci-après. Vous devrez tout d'abord enlever (côté gauche de la plaque d'essai) le **condensateur** électrolytique **C1**, la **résistance** **R3** et le câble de liaison de couleur **bleue**.



Vous devrez ensuite insérer la **résistance R2** de **1 kΩ** dans la nouvelle position sur la plaque d'essai comme l'indique la figure. Puis vous devrez insérer dans la plaque d'essai le **transistor TR1** sans omettre d'orienter son **méplat** vers le **haut**.



Insérez ensuite la **LED-IR** dans la position prévue, en l'orientant de telle manière que son **anode (A)**, c'est-à-dire sa patte la plus longue, soit tournée vers la **droite**. Déplacez enfin la **liaison** à fil située en bas d'un cran vers la gauche, de telle manière qu'elle corresponde à l'**émetteur** du transistor et réalisez la liaison en haut, comme l'indique la figure.

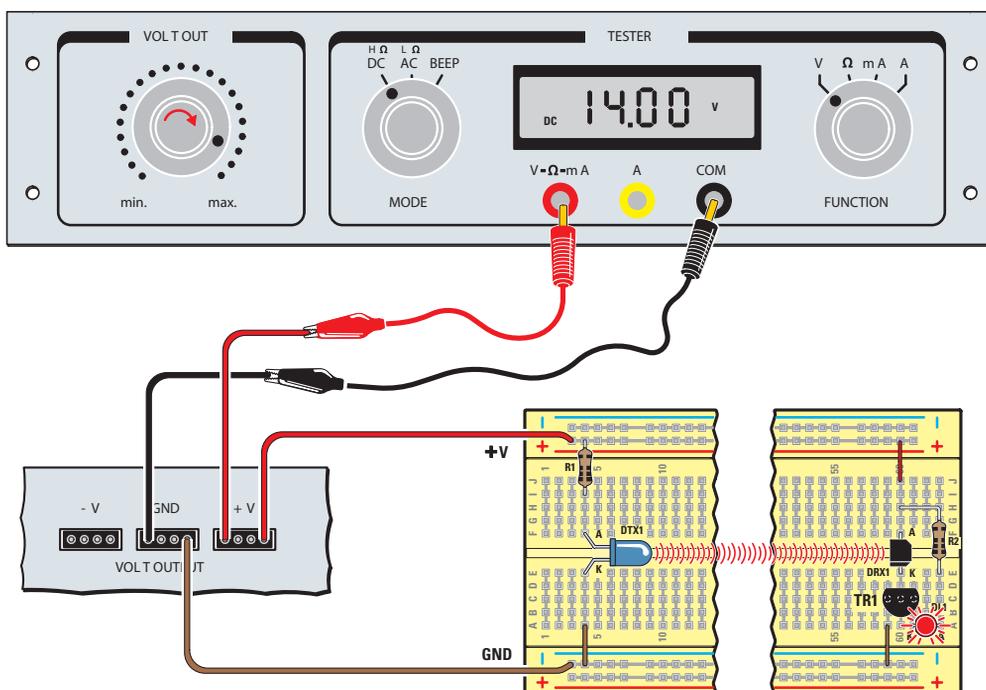
À la fin le circuit ressemblera à celui de la figure suivante :

Faites alors un dernier contrôle pour être certains de n'avoir commis aucune erreur et vous voilà prêts à faire fonctionner votre barrière à infrarouges.

Toutefois, vous devrez auparavant relier la plaque d'essai au Minilab. Reliez le fil **rouge** de la plaque d'essai à n'importe lequel des quatre trous du connecteur **+V** comme l'indique la figure. Reliez en outre le fil **marron** du **GND** à n'importe lequel des quatre trous présents sur le connecteur **GND**. Tournez le bouton **V OUT** entièrement vers la **gauche** en position **min.** Réglez le commutateur **MODE** sur **DC** et le commutateur **FUNCTION** sur **V.**

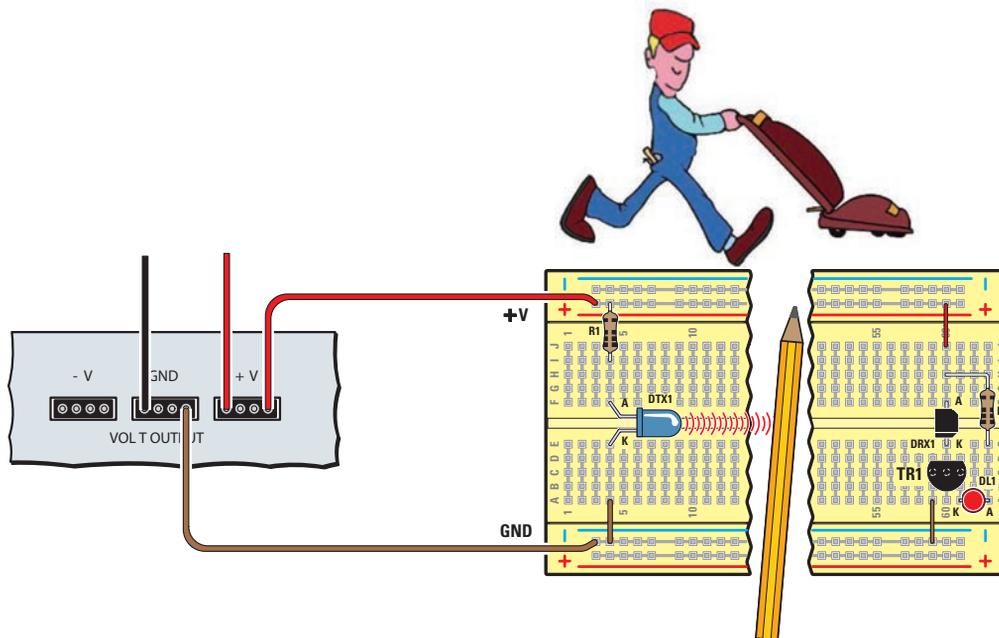
Prenez un morceau de fil **noir** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **GND**. Prenez un morceau de fil **rouge** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **+V**. Reliez le morceau de fil **noir** à la douille **COM** du multimètre et le morceau de fil **rouge** à la douille **V-Ω-mA** toujours en utilisant les petits câbles munis de pointes de touche reliées aux petits câbles à crocodiles.

Cette liaison vous servira à mesurer avec le **voltmètre** la tension que nous devons fournir à la **LED-IR**. Allumez le Minilab. Avec le bouton **V OUT** complètement tourné dans le sens **anti horaire**, vous devriez lire sur l'afficheur une valeur d'environ **1,25 V**. Tournez lentement le bouton **V OUT** dans le sens **horaire** jusqu'à lire sur l'afficheur une valeur d'environ **14 V**. Nous disons **environ** parce qu'il suffit de régler une valeur comprise entre **13,8** et **14,2 V**.



Si la **LED-IR** et la diode **réceptrice** ont été bien **alignées** et si aucun obstacle n'est **interposé** entre elles, vous devriez maintenant voir la LED-IR **DL1 allumée**.

Si vous interposez un objet quelconque sur le parcours des rayons infrarouges, par exemple un crayon, vous verrez que la **LED-IR s'éteint**.



Le comportement de la barrière confirme ce que nous avons dit : les rayons infrarouges ont une propagation **directionnelle**, identique à celle des **rayons lumineux**. Si on interpose un **obstacle** matériel sur leur parcours, les rayons infrarouges ne peuvent le traverser et, comme ils ne peuvent atteindre la diode réceptrice, le signal d'alarme est activé.

Mais en dépit de leur ressemblance avec les ondes lumineuses, il n'est pas sûr que les matériaux **opaques** à la lumière se comportent de la même manière avec les rayons infrarouges.

Par exemple, certains types de **plastiques** et le **plexiglas** de couleur **foncée** sont parfaitement **transparents** à ces radiations, comme vous pouvez facilement le vérifier. Et que penser de la fumée ?

Maintenant que vous avez construit votre barrière, vous pouvez vous amuser à observer comment se comportent les différents matériaux, quels sont ceux qui se laissent le plus facilement **traverser** par les rayons infrarouges et quels sont ceux qui en revanche **s'opposent** à leur passage. Vous pourrez ainsi découvrir des **différences** intéressantes, caractérisant ces invisibles radiations.



# À la découverte de l'énergie du futur



**229,00 €**

**KNS14**

**119,00 €**

**KNS12**

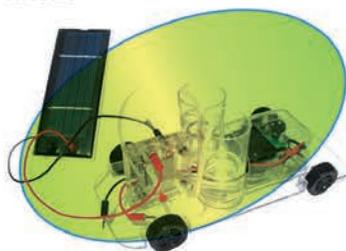


## KIT D'EXPÉRIENCES HYDROGÈNE-ÉOLIEN

Ce kit d'expériences hydrogène-éolien vous permet de créer votre propre énergie renouvelable grâce à de l'eau, du vent et une pile à combustible

**Apprendre en se divertissant avec ces kits didactiques. Comment utiliser l'énergie du soleil, du vent, de l'eau pour produire le combustible du futur.**

**65,00 €**  
**KNS10**



**Voiture à hydrogène**

Cette voiture produit son carburant grâce à une pile à combustion et l'électrolyse. Découvrez comment l'oxygène et l'hydrogène se forment dans deux réservoirs. La voiture se conduit elle-même et vire de 90° dès qu'elle rencontre un obstacle.

**69,00 €**  
**KNS9**



**Kit d'expériences à hydrogène**

Ce kit montre comment produire et stocker une énergie renouvelable grâce à de l'eau et l'électrolyse. L'énergie produite peut ensuite être utilisée pour alimenter un véhicule ou un appareil électronique.

**105,00 €**  
**KNS13**



**Kit d'expériences à bioénergie**

Ce kit offre la dernière version de la pile à combustible et utilise l'éthanol comme carburant. Ce kit produit directement de l'électricité à partir de l'éthanol (alcool) et ceci sans combustion. Éthanol non inclus.

**119,00 €**  
**KNS11**



**Voiture à hydrogène & station-service**

Ce bolide du futur vous fait découvrir de façon ludique le monde de l'énergie renouvelable et de la technologie de l'automobile. Le mécanisme intérieur est à admirer à travers les parties transparentes de la carrosserie.

# Impédancemètre USB pour PC

## Seconde partie : le logiciel

En reliant à votre ordinateur l'impédancemètre USB que nous vous avons présenté dans le numéro 112 d'**ELECTRONIQUE & loisirs** magazine, vous pouvez mesurer facilement l'impédance des selfs, des condensateurs, des transformateurs audio, des haut-parleurs et de toute une vaste gamme d'autres composants électroniques. En effet, en plus de la valeur absolue de l'impédance en  $\Omega$ , cet appareil calcule automatiquement la valeur de la composante réactive et de la composante résistive, l'angle de phase et le circuit équivalent série et parallèle.



**D**ans le numéro 112 d'**ELECTRONIQUE & loisirs** magazine, nous vous avons présenté cet instrument de mesure majeur de tout laboratoire d'électronique – professionnel ou amateur – et nous vous avons donné tous les éléments pour le construire. Le matériel nécessaire est toujours disponible auprès de nos annonceurs.

Beaucoup de lecteurs nous ont sollicités pour que nous vous aidions à **installer, paramétrer** et surtout **utiliser** le **logiciel** contenu dans le CD-Rom **CDR1746** disponible avec le matériel. C'est avec plaisir que nous accédons à leur requête dans cette seconde partie de l'article.

### Réquisits minimaux de l'ordinateur

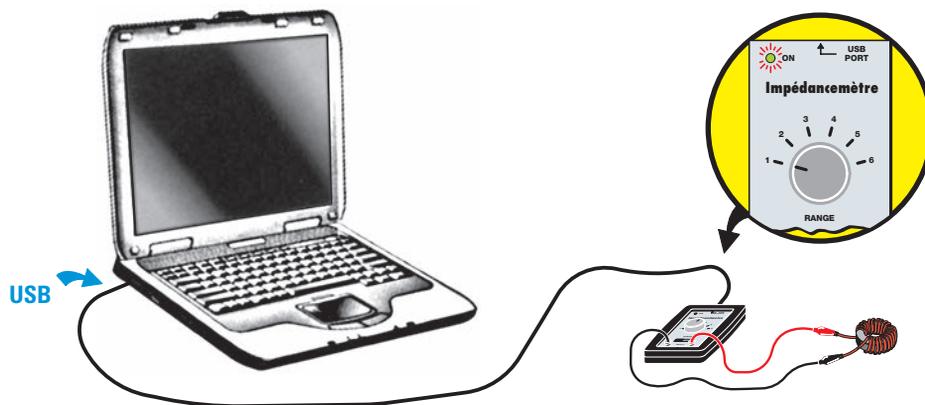
- Système d'Exploitation : Windows XP Professionnel, XP Home Edition, Vista 32
- Type : PENTIUM
- Ram : 32 Mo
- Espace disponible sur le disque dur : au moins 20 Mo
- Lecteur CD-Rom 8x ou bien lecteur DVD 2x
- Carte vidéographique 800 x 600 16 bits
- Une prise USB disponible

## INSTALLATION ET CONFIGURATION DU LOGICIEL

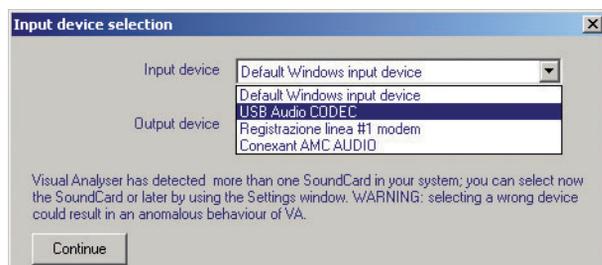
Vous devez tout d'abord procéder à l'**installation** du **logiciel** de travail se trouvant dans le **CD-Rom** que l'on vous donne avec le matériel disponible : installez-le sur l'ordinateur que vous dédiez au laboratoire d'électronique. Il doit être doté d'un **port USB** (ce qui est plutôt facile à trouver sur un ordinateur de moins de 15 ans !) et être en possession des caractéristiques minimales indiquées ci-dessus. Pour effectuer cette installation, il vous suffit de suivre les indications simples fournies au chapitre : «**Installation du logiciel**» à la fin de l'article.

**Note** : à ce propos, précisons que le logiciel a été contrôlé sur différents ordinateurs équipés des Systèmes d'Exploitation : **XP Home edition - XP Professional - Vista**. Cela ne permet toutefois pas d'exclure qu'en présence d'une configuration matérielle et/ou logicielle particulière de votre PC, des problèmes de fonctionnement ne se manifestent.

Une fois l'installation terminée vous devrez relier le connecteur **USB CONN1** de l'**impédancemètre** au **port USB** libre de votre **ordinateur**, en utilisant un simple **câble USB** pour imprimante, comme l'indique la figure ci-dessous.



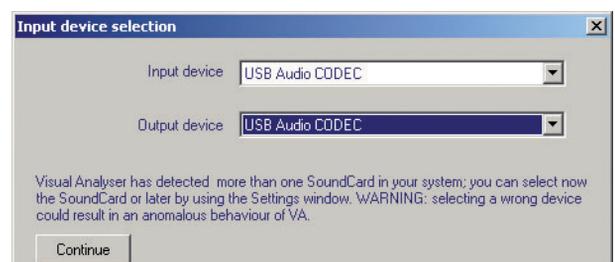
Après avoir effectué la liaison avec le port **USB** du PC, vérifiez que la LED située sur la platine **EN1746** de l'impédancemètre est **allumée**, elle confirme la présence de l'alimentation. Procédez ensuite à la **configuration** du **logiciel** : pour cela, nous vous recommandons de suivre point par point les indications que nous donnons ci-après. Lancez le logiciel en cliquant sur l'icône présente sur le Bureau de l'ordinateur. Si la fenêtre ci-dessous apparaît :



c'est que le logiciel a détecté la présence de plus d'une carte son dans votre PC. Pour utiliser le logiciel de l'impédancemètre il est donc nécessaire de sélectionner la carte son nommée **USB Audio CODEC**, présente à l'intérieur de la platine **EN1667**. Pour cela, cliquez avec la touche gauche sur la flèche située à côté de la mention «**Default Windows input device**» et vous verrez s'ouvrir une série d'options, comme celles de la figure suivante, cela dépend de la configuration de votre ordinateur. Sélectionnez alors la mention **USB Audio CODEC**, comme l'indique la figure.

Cliquez maintenant avec la touche gauche de la souris sur la flèche située à côté de la mention «**Default Windows output device**». Dans ce cas aussi vous verrez s'ouvrir différentes options, comme celles de la figure.

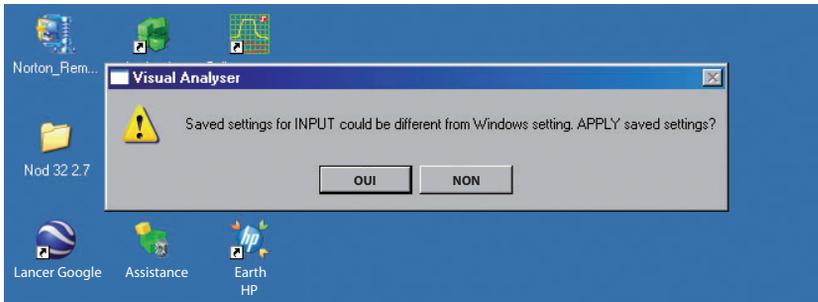
Sélectionnez à nouveau la mention **USB Audio CODEC**. Après avoir effectué la sélection de la carte son, pressez la touche **Continue** pour confirmer.



**Note** : la procédure que l'on vient d'effectuer sert à sélectionner la **carte son (device)** qui sera utilisée par le port USB de votre PC pour effectuer les communications en **entrée (input)** et en **sortie (output)**. Si cette procédure n'est pas menée correctement, **il n'est pas possible** d'effectuer la mesure.

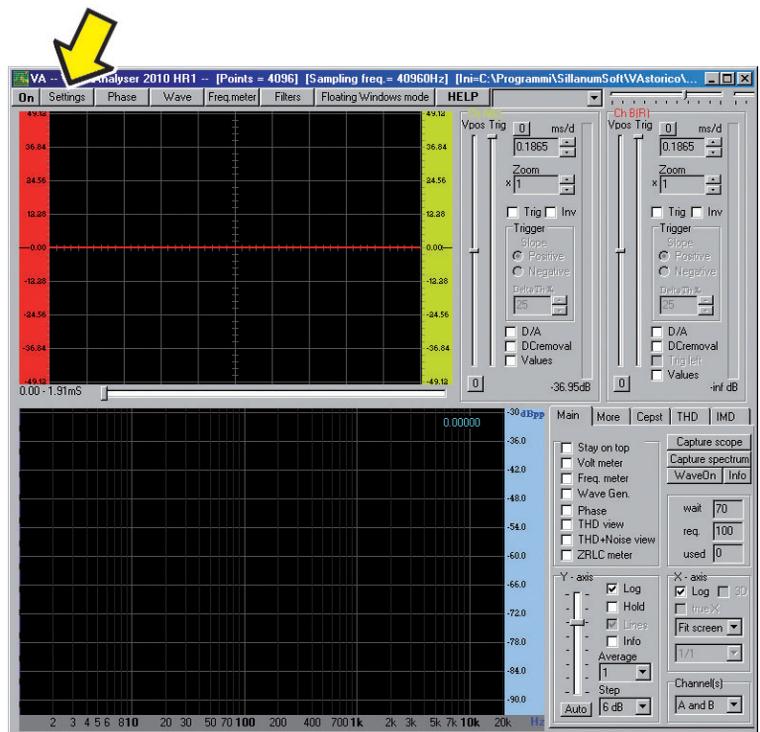
Les fenêtres que nous avons indiquées n'apparaissent qu'au moment de la première installation. Il est de toute façon toujours nécessaire de sélectionner la carte son **USB Audio CODEC** en entrée et en sortie chaque fois que le logiciel est lancé, mais cela sera fait à travers la fenêtre de **Settings**, comme nous l'expliquons plus loin.

Après avoir pressé la touche **Continuer**, vous verrez apparaître à l'écran la fenêtre suivante :

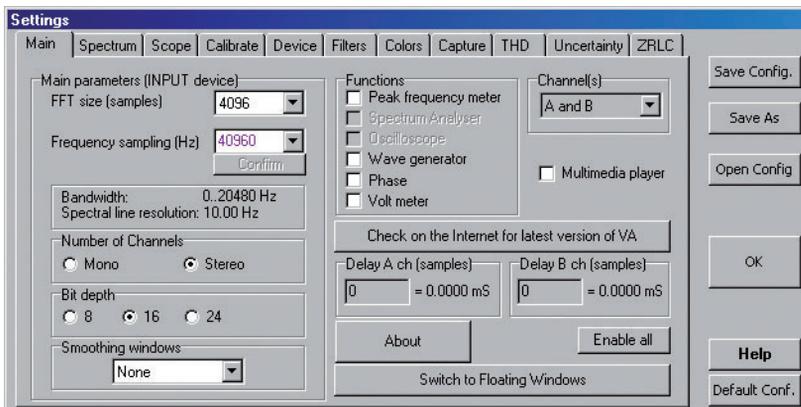


dans laquelle vous devrez confirmer en cliquant sur la touche «**OUI**».

Vous verrez alors apparaître à l'écran la fenêtre principale, comme le montre la figure suivante :

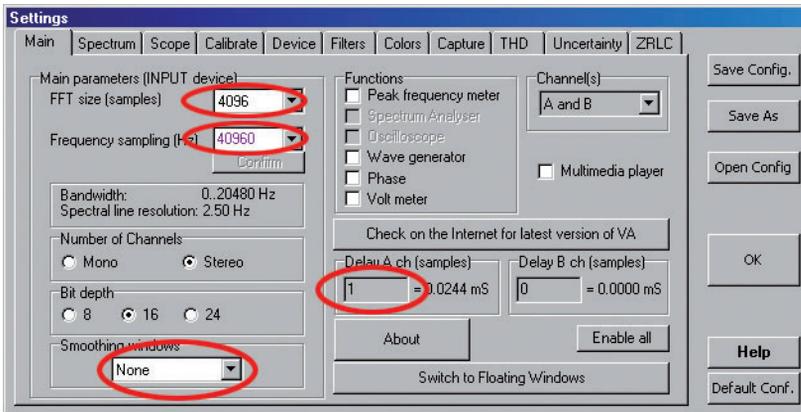


Dans cette fenêtre, cliquez avec la touche gauche de la souris sur le mot «**Settings**» situé en haut à gauche dans la barre des options : l'écran suivant apparaît alors.



Dans cette fenêtre, vous devrez modifier certains paramètres :

- la **FFT size** est à paramétrer à **4096** ;
- la **Frequency sampling** doit être **40960** ;
- dans la case **Smoother windows** sélectionnez l'option «**None**» ;
- cliquez avec la touche gauche sur la case **Delay A ch (samples)** et, dans l'espace blanc qui s'ouvre, écrivez la valeur **1**.

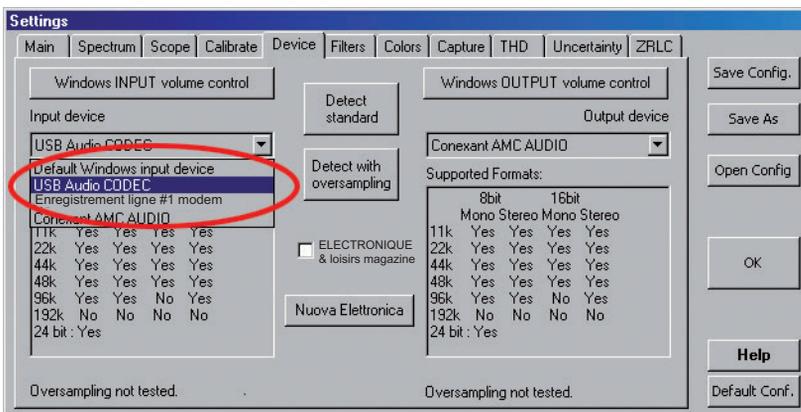
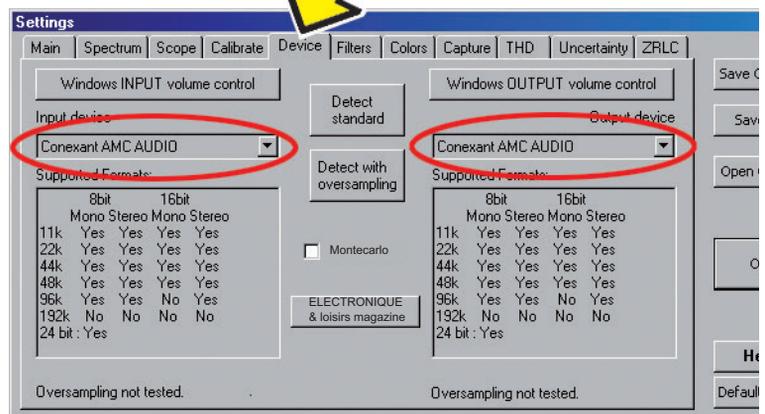


Après avoir paramétré ces valeurs, vérifiez que les autres paramètres correspondent avec ceux reportés dans la figure et, si ce n'est pas le cas, modifiez-les correctement.

Cliquez ensuite sur l'option «**Device**» située sur la barre du haut et vous verrez apparaître la fenêtre suivante.

Cette fenêtre permet de **désactiver la carte son** présente à l'intérieur de votre PC, représentée dans ce cas par le mot «**Conexant**» et d'habiller à la place la carte **extérieure EN1746** de l'impédancemètre, que vous avez précédemment reliée au port **USB**.

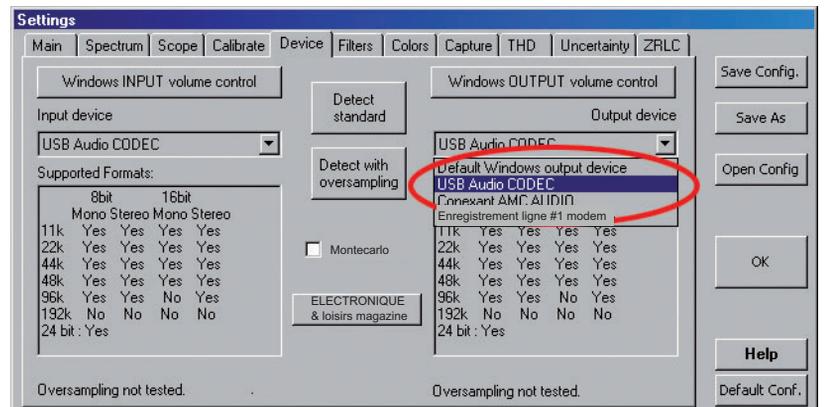
Pour cela, vous devez sélectionner l'option «**USB Audio CODEC**» dans la fenêtre «**input device**», comme l'indique la figure suivante :



et dans la fenêtre «**output device**» comme l'indique la figure ci-dessous :

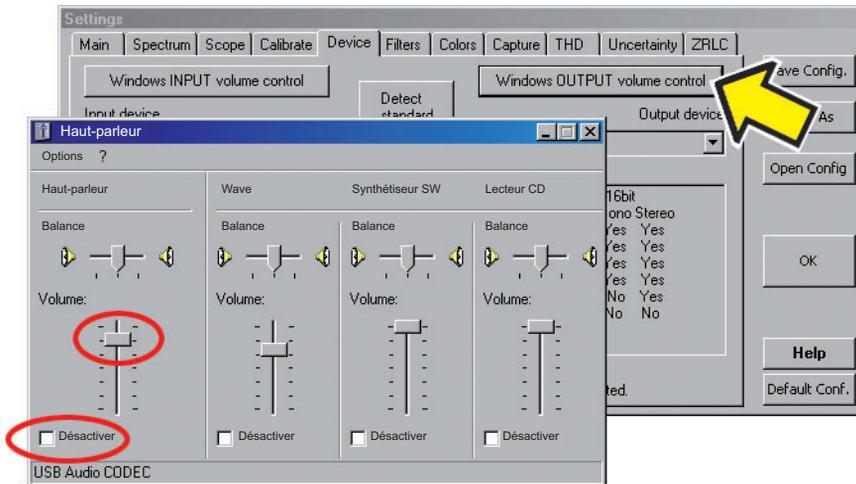
**Note** : la procédure d'habilitation de la platine EN1746 que nous avons décrite doit être exécutée chaque fois que le logiciel est lancé. Dans le cas contraire, la mesure ne peut être effectuée parce qu'il manque la reconnaissance de l'impédancemètre par l'ordinateur.

Durant la phase de reconnaissance, vous pourrez voir apparaître à l'écran la fenêtre suivante :



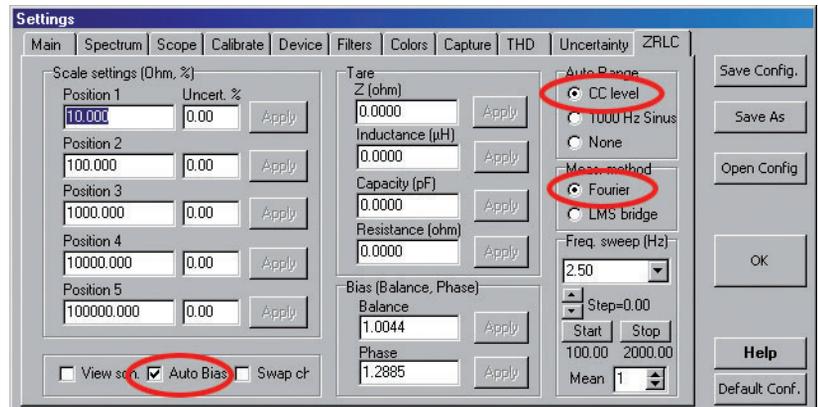


Cliquez sur la touche **OK** pour continuer.



Après avoir effectué la reconnaissance de la platine de l'impédancemètre, vous devrez effectuer une dernière vérification, celle du **niveau** du **mixer** de Windows concernant la section de **sortie**. Toujours sur la fenêtre de l'option «**Device**», cliquez sur la touche «**Windows OUTPUT volume control**» et vous verrez apparaître l'écran suivant:

Dans la section **Haut-parleur**, vérifiez que le curseur du volume est bien positionné **au maximum**, c'est-à-dire tout **vers le haut**. Vérifiez en outre que la case du bas marquée «**Désactiver**» n'est pas cochée. Si c'est le cas, ou bien si le volume est réglé au **minimum**, vous ne devriez **pas** voir apparaître sur l'écran de l'impédancemètre les sinusoides de calibration et de mesure et l'instrument **ne fonctionnerait pas**. Cliquez maintenant sur l'option «**ZRLC**» et la fenêtre suivante apparaît :



Dans cette fenêtre, il est possible de sélectionner certains paramètres utilisés par l'impédancemètre au moment de la **mesure**. Pour un fonctionnement correct de l'instrument, vous devrez insérer les paramètres suivants :

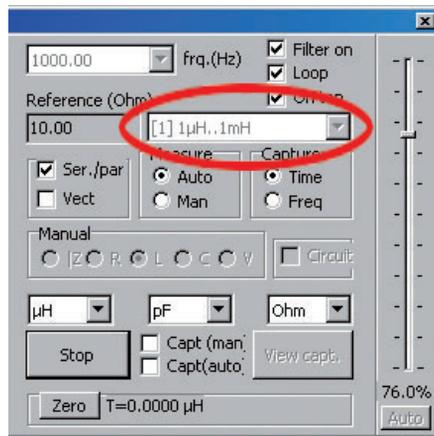
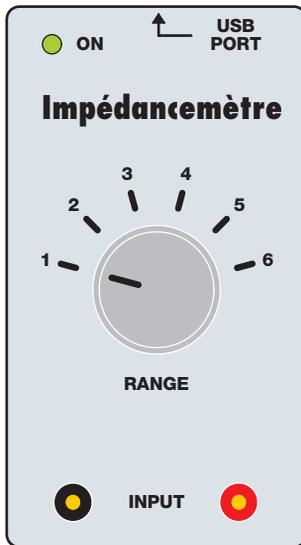
- dans la section **Auto Range** cochez la case **CC level** ;
- dans la section **Meas.method** cochez la case **Fourier**.
- cochez la case **AutoBias**.

La case **Autobias** permet de sélectionner l'exécution de la Calibration en mode **Automatique** ou bien **Manuel**. Pour le moment nous ne prendrons en compte que le fonctionnement de l'instrument en mode **Auto**, c'est pourquoi la case doit être cochée. Les autres valeurs présentes dans cette fenêtre ne doivent pas être modifiées. Après avoir ainsi configuré le logiciel du **VA**, vous êtes prêts à effectuer une mesure de l'impédance.

## LES COMMANDES DE L'IMPÉDANCEMÈTRE

Avant de passer à la mesure proprement dite, nous allons analyser avec vous sommairement les fonctions des diverses **commandes** de l'impédancemètre.

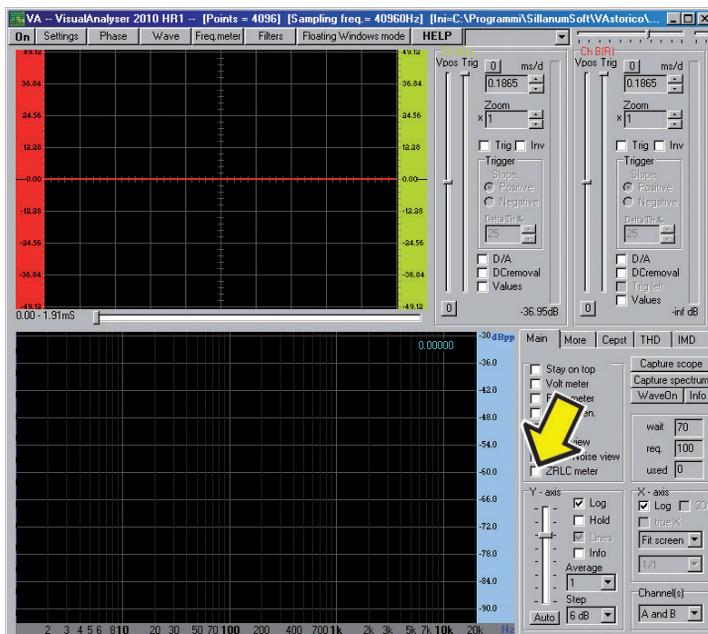
La seule commande «matérielle» que vous trouvez sur l'impédancemètre est le **commutateur S1** qui permet de sélectionner les cinq différents calibres de l'instrument.



Avant d'effectuer la mesure, il faut s'assurer que la position du commutateur correspond bien au calibre sélectionné sur la fenêtre de mesure présente dans le logiciel, comme l'indique la figure ci-dessous, sinon vous pourriez faire des erreurs grossières de mesure.

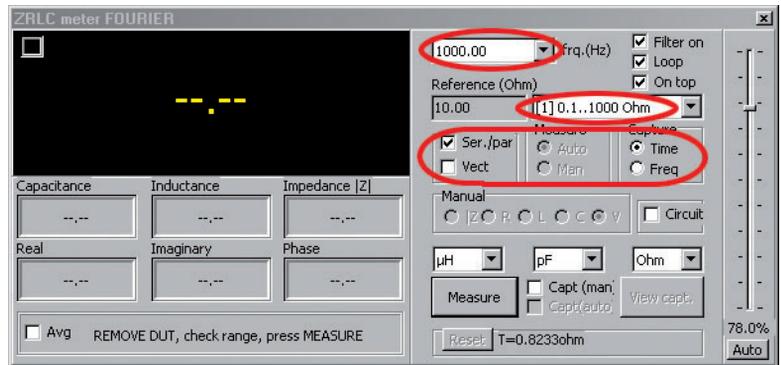
Vérifiez ensuite que le connecteur **CONN1** de l'**impédancemètre** est bien relié au port **USB** de votre **ordinateur** et que, lorsque l'ordinateur est allumé, la LED présente sur l'instrument est **allumée**, cela confirme le fonctionnement correct de l'alimentation par le port USB du PC.

Sélectionnez maintenant la fenêtre principale du **VA** et cliquez avec la touche gauche de la souris sur la case **ZRLC meter**, comme l'indique la figure suivante.



La fenêtre ci-dessous s'ouvre alors, c'est celle qui sera utilisée pour effectuer la mesure de l'impédance.

Comme vous pouvez le voir, la fenêtre offre différentes options que nous allons brièvement expliquer dans ce paragraphe. Pour le moment, nous ne nous intéresserons qu'à l'explication des paramètres nécessaires pour effectuer la mesure de l'impédance dans le mode le plus simple, c'est-à-dire le mode **automatique**. Leur fonction sera mieux expliquée et paraîtra plus claire lors des mesures que nous effectuerons.



## frq. (Hz)

Dans cette case, on peut sélectionner la fréquence à laquelle la mesure est effectuée.

## Filter on

En cochant cette case, on peut insérer un **filtre logiciel** qui permet de réduire la distorsion de la sinusoïde utilisée pour la mesure. Normalement, il devrait toujours être activé.

## Loop

Cette case doit être cochée si l'on souhaite effectuer un cycle de mesure répété périodiquement en mode automatique. Si on active cette option **Loop**, l'instrument effectue automatiquement un cycle de mesure après un certain intervalle de temps et le résultat visualisé sur l'afficheur est mis à jour.

## On top

Si on coche cette case, la fenêtre de mesure est maintenue toujours présente à l'écran.

## Reference ( $\Omega$ )

Dans cette case la valeur de la **résistance de précision** en  $\Omega$ , correspondant au calibre sélectionné, est indiquée. Dans la case blanche juste à côté, on peut sélectionner le calibre dans lequel la mesure doit être effectuée. Les calibres apparaissant dans la fenêtre correspondent aux **cinq positions** du **commutateur** présent sur la platine et les valeurs indiquées sont calculées pour une fréquence de mesure de **1 kHz**.

**Note** : au moment de la mesure, le calibre sélectionné dans cette **fenêtre** et celui du **commutateur** doivent absolument **coïncider**. Dans le cas contraire, la mesure serait **erronée**.

## Ser./par

Cette abréviation signifie **Serial/Parallèle**. Si avant d'effectuer la mesure la case **Circuit** a été cochée, en cochant cette case, une fois la mesure effectuée, il est possible de visualiser à l'écran la configuration du circuit **équivalent série** ou bien la configuration du circuit **équivalent parallèle** et les **valeurs** afférentes.

## Vect.

En cochant cette case, quand la mesure est effectuée, s'ouvre une fenêtre dans laquelle l'impédance mesurée est visualisée sous forme **vectorielle**, avec la composante **réelle**, la composante **imaginaire** et l'angle de **phase** correspondant.

## Measure

Si on coche la case **Auto**, la mesure est effectuée en automatique, alors que si on coche la case **Manual** on a la possibilité d'effectuer la mesure en mode complètement manuel. Lors de cette première approche de l'impédancemètre, nous ne prendrons en compte que la mesure en mode **Auto**.

## Manual

Si nous savons déjà que l'impédance à mesurer est une **résistance** ou bien une **capacité** ou encore une **inductance**, en cochant la case Manual nous pouvons effectuer la mesure ; nous devons alors ensuite cocher directement une des cases **R**, **L**, **C**. De cette manière on obtient uniquement la valeur absolue de la résistance, de la capacité ou bien de l'inductance dans les unités de mesure sélectionnées.

À l'intérieur des trois cases situées sous ces options, on peut choisir l'unité de mesure dans laquelle sera exprimée la valeur d'inductance, de capacité et de résistance mesurée par l'impédancemètre. Précisément, dans le cas d'une inductance (self) les unités de mesure seront :  **$\mu\text{H}$ ,  $\text{mH}$ ,  $\text{H}$** .

Dans le cas d'une capacité (condensateur) les unités de mesure seront :  **$\text{pF}$ ,  $\text{nF}$ ,  $\mu\text{F}$** .

Dans le cas de la résistance les unités de mesure seront :  **$\Omega$ ,  $\text{k}\Omega$ ,  $\text{M}\Omega$** .

### Circuit

Si cette case a été cochée **avant** d'effectuer la mesure, au moment de la présentation du résultat, **en cochant** la case **Ser./par**, le circuit **équivalent série** de l'impédance mesurée est visualisé à l'écran, avec l'indication de la valeur de la composante résistive **R** et de la composante réactive **XI** ou bien **Xc**, selon que la réactance est inductive ou bien capacitive. Si en revanche la case **Ser./par** n'est pas cochée, on peut visualiser le circuit **équivalent parallèle** correspondant, avec l'indication des nouvelles valeurs de **R**, **XI** et **Xc parallèle**.

### Measure

En cliquant sur cette touche on lance la mesure proprement dite. Si la case **Loop** n'est pas cochée, **un seul cycle** de mesure est effectué. Si la case **Loop** a été cochée, l'instrument effectue automatiquement un cycle de mesure à chaque **0,1 seconde** et affiche la valeur mise à jour.

### Auto

À droite de la fenêtre de mesure de l'impédancemètre est situé un  **curseur vertical**, réglable de **0** à **100%**, lequel permet d'optimiser l'**amplitude** du **signal sinusoïdal** utilisé pour la mesure de manière à éviter les distorsions. Ce curseur est utilisé uniquement quand on effectue la mesure en mode manuel parce que, en mode automatique, l'optimisation de l'amplitude du signal est gérée directement par l'ordinateur. La parfaite optimisation de l'amplitude du signal sinusoïdal utilisé pour la mesure est signalée par l'apparition d'une lumière de couleur **verte** durant la phase d'exécution de la calibration.

### Capacitance

Dans ce cadre est visualisée la valeur de la **capacité** mesurée dans les unités choisies.

### Inductance

Dans ce cadre apparaît la valeur d'**inductance** mesurée dans les unités choisies.

### Impedance (Z)

Dans ce cadre apparaît la valeur absolue de l'impédance mesurée dans les unités choisies.

### Real

Dans ce cadre apparaît la valeur de la partie **réelle** de l'impédance.

### Imaginary

Dans ce cadre apparaît la valeur de la partie **imaginaire** de l'impédance.

### Phase

C'est là qu'est visualisé l'**angle** de **phase** existant entre tension et courant.

### Bias

Cette case apparaît uniquement en mode de fonctionnement manuel, c'est-à-dire si on n'a pas coché la case **Autobias** dans la fenêtre **ZRLC** de **Settings**. En mode manuel, après avoir pressé la touche **Measure**, si on coche cette case, on effectue la **calibration** de l'instrument. Après vous avoir expliqué dans les grandes lignes les fonctions des différentes commandes présentes dans la fenêtre de mesure, voyons maintenant comment s'effectue la mesure proprement dite.

## MESURONS UNE IMPÉDANCE

La mesure de l'impédance s'articule en trois phases distinctes :

- **calibration**
- **mise à zéro**
- **mesure**

La **calibration** sert à éliminer le «**bruit de fond**» présent dans le circuit de mesure. Cette opération doit être effectuée chaque fois que l'on modifie un quelconque paramètre de mesure, par exemple si l'on modifie la **fréquence** de travail de l'impédancemètre.

La **calibration** est à effectuer avec les bornes de sortie de l'impédancemètre **ouvertes**, c'est-à-dire **sans** avoir relié **aucune impédance**. Dans cette condition, si vous regardez le schéma de la figure 3 (dans le **numéro 112 d'ELECTRONIQUE & loisirs magazine**) vous verrez que les deux signaux, c'est-à-dire celui prélevé en **amont** de la résistance de précision et celui prélevé en **aval** de cette même résistance **coïncident**, en l'absence d'une impédance reliée aux bornes de l'instrument.

La calibration a pour fonction d'**égaliser** les deux signaux de manière à éliminer la moindre petite différence présente entre les deux canaux du **convertisseur USB**.

**Note** : prenez soin de bien effectuer la calibration dans cette condition, c'est-à-dire avec les bornes de l'impédancemètre **ouvertes**, sinon vous risquer de commettre des erreurs de mesure grossières.

La **mise à zéro** sert en revanche à mettre à zéro l'instrument et elle doit être effectuée en mettant les deux bornes de sortie de l'impédancemètre en **court-circuit**. Dans cette condition, le signal présent à l'entrée de l'amplificateur **IC1/B** (voir figure 3 dans le **numéro 112 d'ELECTRONIQUE & loisirs magazine**) est mis à **zéro** et cela vous garantit une précision de mesure maximale. La mise à zéro est utilisée surtout quand la valeur de l'impédance que l'on va mesurer est **très faible**.

La **mesure** consiste en revanche dans la détection de la **valeur absolue** de l'impédance et de ses composantes, c'est-à-dire de la **résistance**, de la **réactance** et de l'**angle de phase**. La mesure peut être effectuée en deux modes, en **Auto** ou bien en **Manual**. Nous allons maintenant examiner le fonctionnement de l'instrument en mode **Auto**.

## Fonctionnement en mode Auto

Avec cette fonction la mesure est simplifiée au maximum. Les opérations à effectuer sont les suivantes :

- dans la fenêtre **Settings**, cliquez sur l'option **ZRLC** et cochez la case **AutoBias**.

Vous allez ensuite devoir ouvrir la fenêtre de mesure de l'impédancemètre, en cochant la case **ZRLC** à partir de la fenêtre principale comme indiqué au chapitre **INSTALLATION ET CONFIGURATION DU LOGICIEL**.

Dans la fenêtre de mesure qui s'ouvre ensuite vous devrez :

- paramétrer la **fréquence de travail**, à choisir dans la case **freq.(Hz)** ;
- cocher la case **Filter on** ;
- cocher la case **Loop** de manière à ce que la valeur de la mesure soit constamment mise à jour sur l'afficheur. Cette fonction est très utile quand on souhaite observer comment l'impédance évolue dans le temps ;
- cocher la case **On top** ;
- sélectionner le **calibre** que vous jugez le plus proche de l'impédance que vous devez mesurer, en le choisissant parmi les **cinq** différents **calibres** disponibles dans la case blanche. En même temps vous devrez mettre le commutateur **S1** dans la position correspondante.

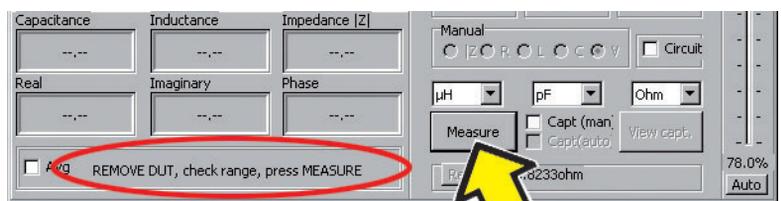
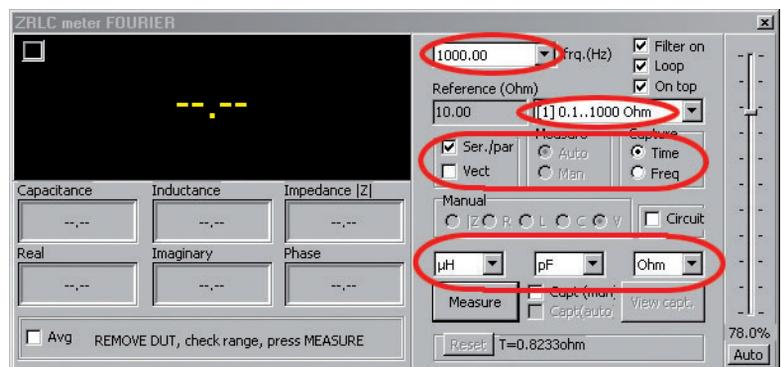
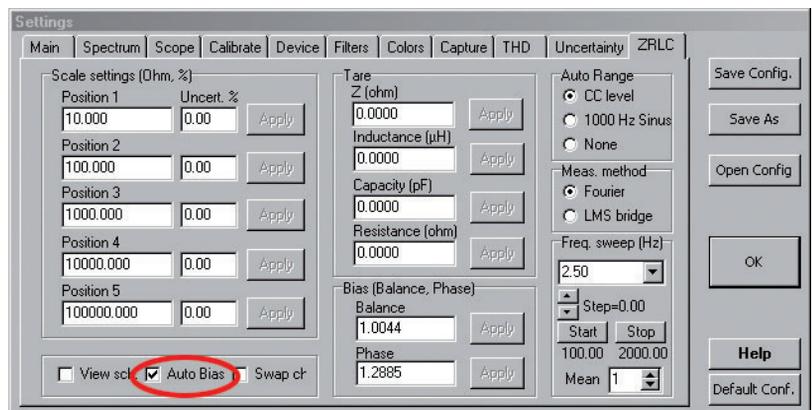
**Exemple** : si vous sélectionnez le **calibre numéro 3**, vous devrez mettre également le commutateur dans la position **3**. Attention, la position du commutateur doit correspondre au calibre choisi, sinon le résultat de la mesure sera erroné. Vous devrez :

- cocher la case **Auto** pour confirmer l'exécution en automatique ;
- cocher la case **Time** dans la section **Capture** ;
- sélectionner l'**unité de mesure** dans laquelle vous voulez que les valeurs mesurées soient exprimées ;

Une fois les différents paramètres réglés, vous êtes prêts pour effectuer la mesure. Sur la ligne située en bas à gauche vous verrez l'indication :

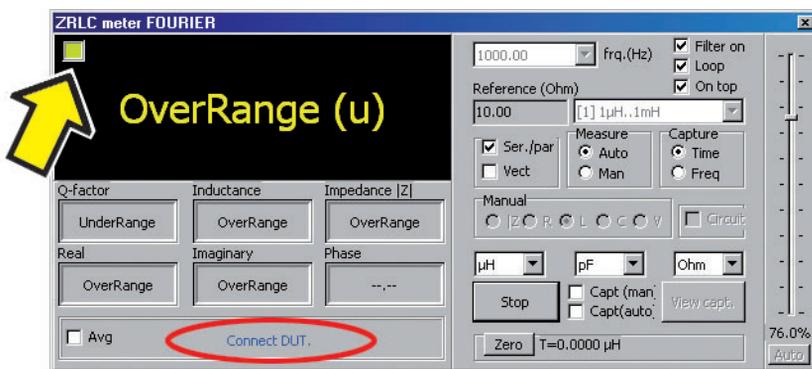
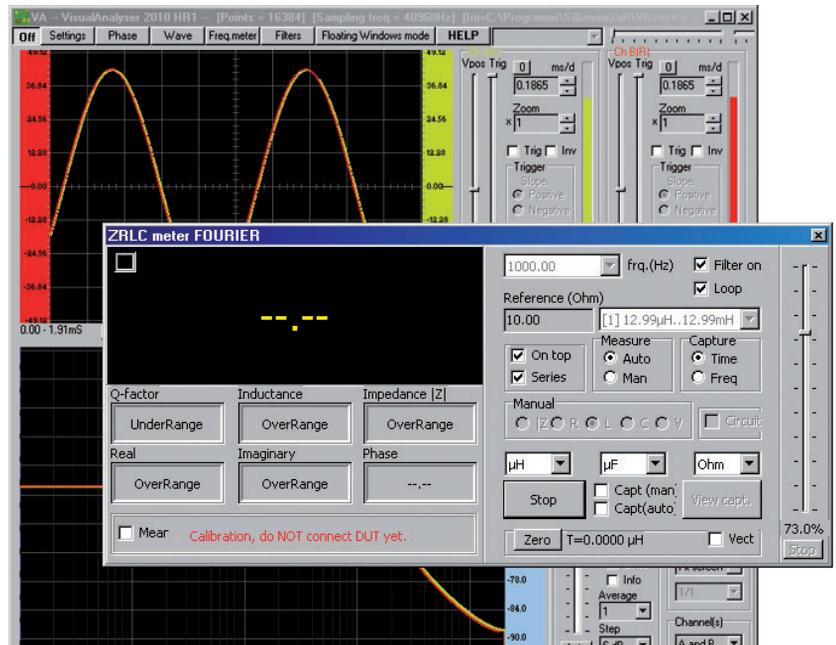
«**REMOVE DUT, check range, press MEASURE**».

Vérifiez que les bornes de l'impédancemètre sont bien **ouvertes**, c'est-à-dire qu'**aucune impédance** n'est reliée à ses extrémités, ensuite cliquez sur la touche **Measure**.



Vous verrez que le mot **Measure** sur le poussoir se change en mot **Stop**, cela confirme que la mesure a commencé. Sur la ligne située en bas à gauche apparaît l'indication :

«**Calibration, do NOT connect DUT yet**»



Ce qui signifie que l'instrument effectue la **calibration**, durant laquelle il vérifie si l'amplitude de la sinusoïde de mesure est correcte et effectue l'**égalisation** des deux canaux du convertisseur **USB**.

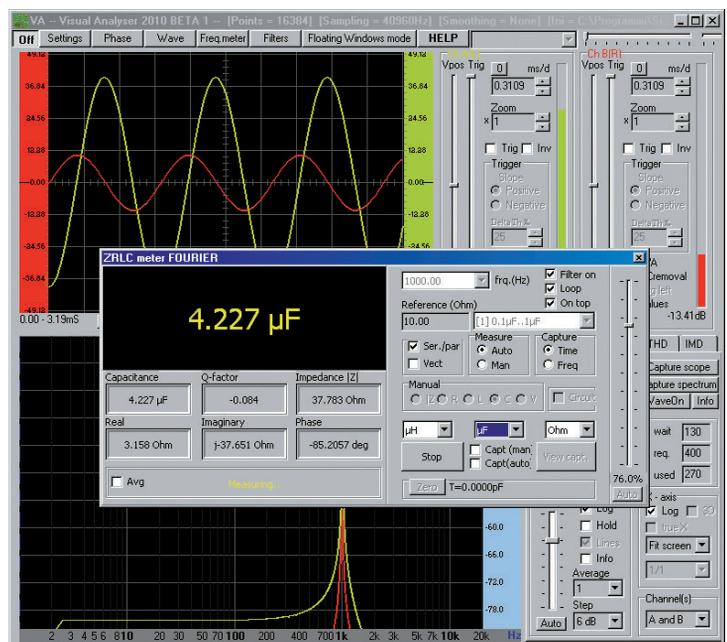
Au terme de la calibration, vous verrez que le petit cadre situé en haut à gauche dans la fenêtre de lecture prend la couleur **verte** : c'est que le niveau du signal a été paramétré correctement.

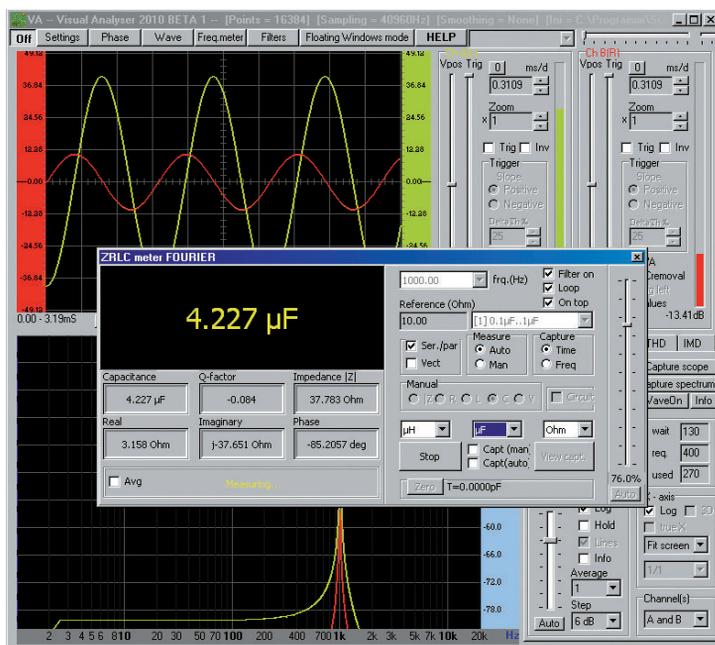
Cela indique que l'instrument a ajusté le niveau de la sinusoïde qui sera appliquée à l'impédance à mesurer en fonction du calibre précédemment paramétré. Une fois la calibration terminée, vous verrez apparaître l'indication :

«**Connect DUT**»

Reliez alors aux bornes de l'impédancemètre l'**impédance** que vous désirez mesurer. L'instrument effectue automatiquement la comparaison entre la **sinusoïde** présente aux extrémités de la **résistance de précision** et celle présente aux extrémités de l'**impédance**.

En faisant le rapport entre l'amplitude des deux sinusoïdes, il trouve la valeur absolue de l'impédance, c'est-à-dire son **module** et, par leur déphasage, l'**angle de phase**. Avec ces deux paramètres, l'instrument est en mesure de calculer la composante **résistive R**, la composante réactive **XL** ou bien **Xc** et la valeur de l'**inductance** ou de la **capacité** qui compose la partie **réactive**.





Sur le panneau situé en bas à gauche dans la fenêtre de mesure les valeurs apparaissent :

- Si l'impédance est de type **capacitif**, le mot **Capacitance** apparaît et juste au dessous la valeur de la **capacité**. Si l'impédance est de type **inductif**, le mot **Inductance** apparaît et au dessous le valeur de l'**inductance**.

- **Q-factor** : le facteur de qualité **Q** de la self ou bien du condensateur apparaît.
- **Impedance |Z|** : la valeur absolue de l'**impédance** en  $\Omega$  apparaît.
- **Real** : la valeur de la composante **résistive** en  $\Omega$  apparaît.
- **Imaginary** : la valeur de la composante **réactive j** en  $\Omega$ , précédée du signe - si nous mesurons une réactance capacitive et par le signe + si nous mesurons une réactance inductive apparaît.
- **Phase** : l'**angle de phase** entre tension et courant, en degré sexagésimal, précédé par le signe + ou bien par le signe - apparaît.

Il est intéressant de noter qu'en interprétant le **signe** de l'**angle de phase**, l'instrument est en mesure de comprendre si l'impédance que nous sommes en train de mesurer est de type **inductif** ou bien de type **capacitif**.

Dans le premier cas, sous le mot **Inductance** apparaîtra la valeur d'**inductance** dans les unités de mesure choisies par vous, alors que sous le mot **Imaginary** apparaîtra la valeur de la **réactance inductive Xl** en  $\Omega$ . Sous le mot **Phase** sera indiquée la valeur de l'**angle de phase** avec signe + **positif**.

Dans le second cas, sous le mot **Capacitance** apparaîtra la valeur de **capacité** dans les unités de mesure choisies par vous, alors que sous le mot **Imaginary** apparaîtra la valeur de la **réactance capacitive Xc** en  $\Omega$ . Sous le mot **Phase** sera indiquée la valeur de l'angle de phase avec signe - **négatif**. Pour plus de clarté dans les exemples qui suivent nous vous montrerons comment on effectue la mesure d'une inductance et d'une capacité.

## COMMENT CHOISIR LE CALIBRE

Comme vous l'avez compris, le logiciel de l'impédancemètre est constitué d'une partie concernant la mesure de l'impédance proprement dite, que nous avons décrite précédemment et d'une partie logicielle que nous avons présentée autrefois sous le nom de **VA (Visual Analyser)**. Vous vous interrogez peut-être sur les motifs de ce «couplage».

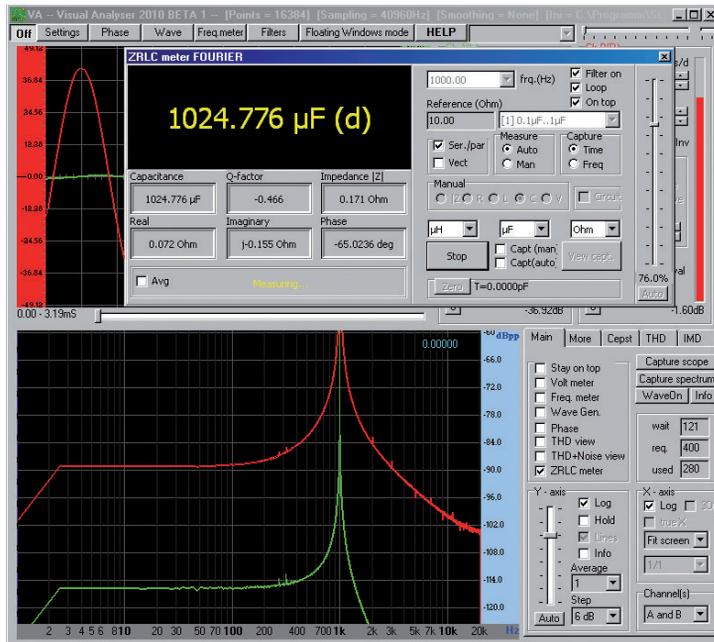
Ce choix a été arrêté parce que les plus férus de nos lecteurs ainsi que tous ceux qui ont construit notre **Oscilloscope** et **Analyseur de Spectre EN1690** et qui donc se sont familiarisés avec l'utilisation du **VA** seront à même d'effectuer les mesures sans commettre d'erreurs et de les compléter par des observations pertinentes. Ils auront toujours la possibilité de contrôler visuellement l'allure des signaux sinusoïdaux utilisés durant la mesure.

Comme nous vous l'avons dit précédemment, les deux sinusoïdes apparaissant à l'écran représentent la **tension** sinusoïdale appliquée aux extrémités de l'impédance et le courant, sinusoïdal aussi, qui la traverse.

Précisément, la sinusoïde **verte** apparaissant à l'écran représente la **tension** aux extrémités de l'impédance, alors que la sinusoïde **rouge** représente la tension aux extrémités de la résistance de précision et correspond au courant traversant l'impédance.

Le logiciel **VA** couplé avec celui de l'impédancemètre, permet non seulement de visualiser les deux sinusoïdes à l'écran de l'oscilloscope et de les manipuler comme n'importe quel signal électrique - en augmentant ou réduisant leur **amplitude**, en modifiant leur **base de temps** ou bien en les immobilisant à l'écran au moyen du **trigger** - mais encore de trouver leur **spectre**.

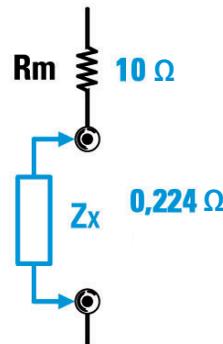
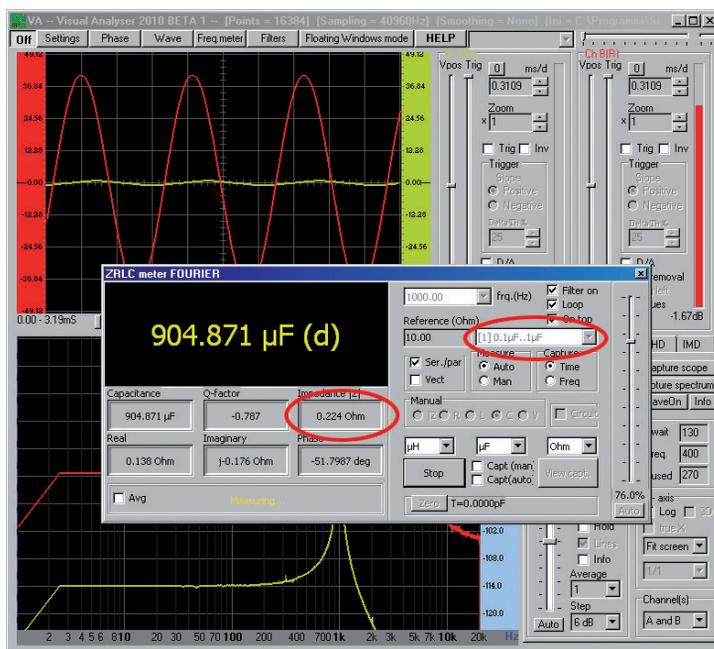
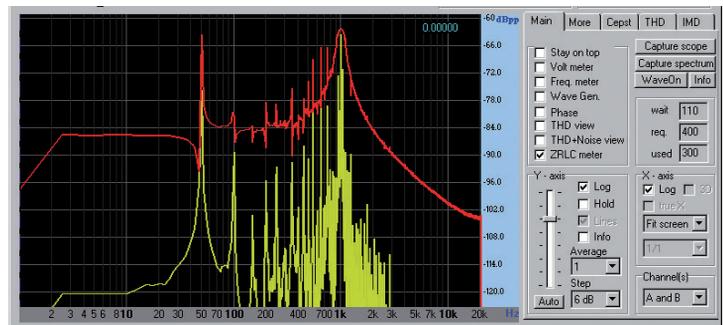
Cela contribue à éviter des erreurs de mesure, parce que l'analyseur de spectre permet de s'apercevoir immédiatement si une des deux sinusoïdes contient des **composantes harmoniques indésirables**, ce qui impliquerait un phénomène de **distorsion**, avec pour conséquence une imprécision de la mesure.



Si en effet une ou les deux sinusoïdes contenait des harmoniques, leur spectre ne serait plus celui représenté par la figure ci-contre, dans laquelle ne sont présentes que les deux fondamentales qui composent la sinusoïde du courant et celle de la tension :

Mais ce serait un spectre très similaire à celui représenté dans la figure suivante, dans lequel sont présentes, à côté des deux fondamentales, certaines composantes harmoniques indésirables.

Dans ce cas la mesure ne serait pas exacte. Si on regarde ensuite l'amplitude des deux sinusoïdes à l'écran de l'oscilloscope, on peut choisir le bon calibre dans lequel on va effectuer la mesure. Prenons un exemple : supposons que nous voulions effectuer en **Auto** la mesure d'une impédance de valeur inconnue, en partant du calibre le plus bas, c'est-à-dire par la **position numéro 1**. Nous sélectionnons donc dans la fenêtre de mesure le **calibre numéro 1** et nous positionnons le **commutateur** situé sur l'impédancemètre lui aussi en **position 1**.



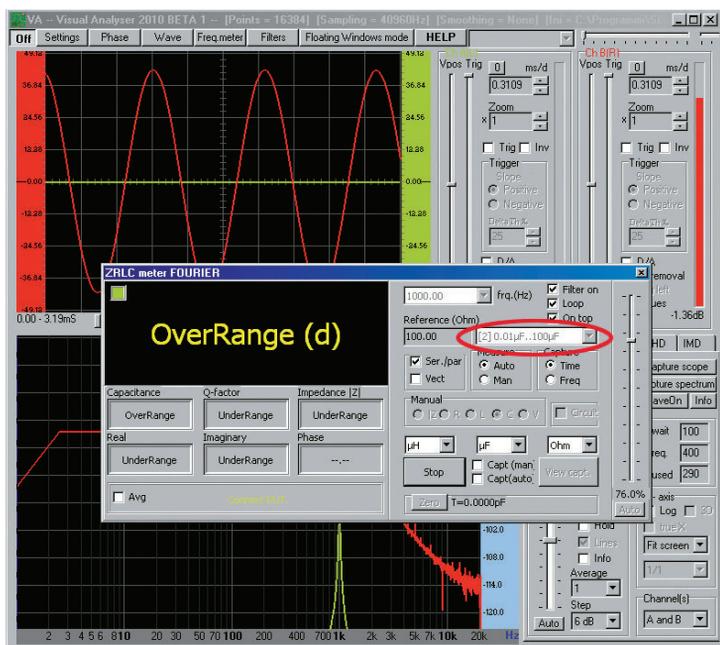
Dans cet calibre qui est le minimum, l'impédance mesurée est très faible, égale à **0,224 Ω**.

Comme vous pouvez le voir, en utilisant la résistance de précision la plus **faible** à votre disposition, c'est-à-dire celle de **10 Ω**, la sinusoïde de la tension aux extrémités de l'impédance, de couleur verte, a une amplitude très faible. La mesure est encore acceptable, mais nous sommes à la limite, à tel point que l'instrument nous indique avec la lettre **d** (**down**) la nécessité de réduire encore la valeur de la résistance de précision, ce qui n'est pas possible.

Mettons-nous sur le **calibre numéro 2** et positionnons le **commutateur** situé sur l'impédancemètre lui aussi dans la **position 2**, puis insérons la résistance de précision de **100 Ω**.

La sinusoïde de la tension sera cette fois pratiquement **plate**, parce que toute la tension fournie par l'impédancemètre chute dans la résistance de précision, laquelle est de valeur bien plus élevée que celle de l'impédance à mesurer.

Cela signifie que la mesure n'est plus acceptable et cela est signalé par la mention **Overrange** suivie de la lettre **d** qui signifie «**down**». L'instrument nous suggère dans ce cas de **diminuer** significativement la valeur de la résistance de précision et de réessayer.



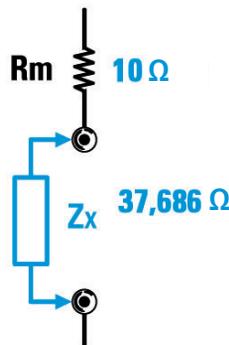
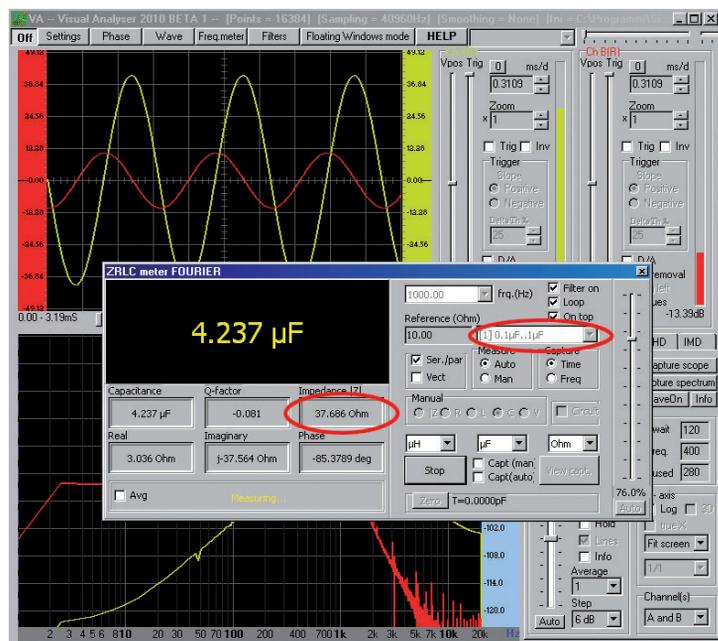
Naturellement, les choses seraient encore pires si nous choissions un calibre plus élevé.

Comme vous l'avez vu, en regardant l'amplitude des sinusoïdes nous nous rendons compte immédiatement que, si l'on veut mesurer une valeur **très faible** d'impédance, il faut utiliser le **calibre numéro 1**.

Pour une meilleure compréhension de ce que nous disons, il suffit de regarder le schéma synoptique de la figure 2 dans le **numéro 112 d'ELECTRONIQUE & loisirs magazine**. Appliquons la règle du pont diviseur : l'amplitude des deux sinusoïdes dépend du rapport entre la résistance de précision et la valeur de l'impédance. Il va de soi que plus forte est la valeur de la résistance de précision et plus grande est la chute de tension à ses extrémités.

Dans les trois figures qui suivent nous avons en revanche reproduit une situation dans laquelle la valeur de l'impédance à mesurer est plus élevée, elle est égale à environ **35 Ω**. Dans la figure suivante, nous avons effectué la mesure sur le **calibre numéro 1**, lequel prévoit d'utiliser une résistance de précision de **10 Ω**. Comme on peut le voir, dans ce cas la valeur de la résistance de précision est **plus faible** que l'impédance à mesurer. Par conséquent la sinusoïde verte, qui représente la **tension** aux extrémités de l'impédance, est plus élevée que la sinusoïde rouge prélevée aux extrémités de la résistance de précision, qui représente le **courant**. La mesure est parfaitement correcte.

Dans la figure suivante, la mesure a été effectuée en revanche sur le **calibre numéro 2**, lequel prévoit d'utiliser une résistance de précision de **100 Ω**.

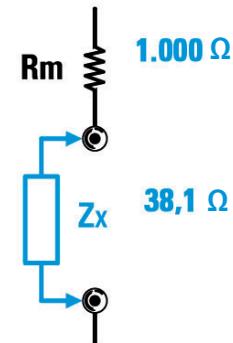
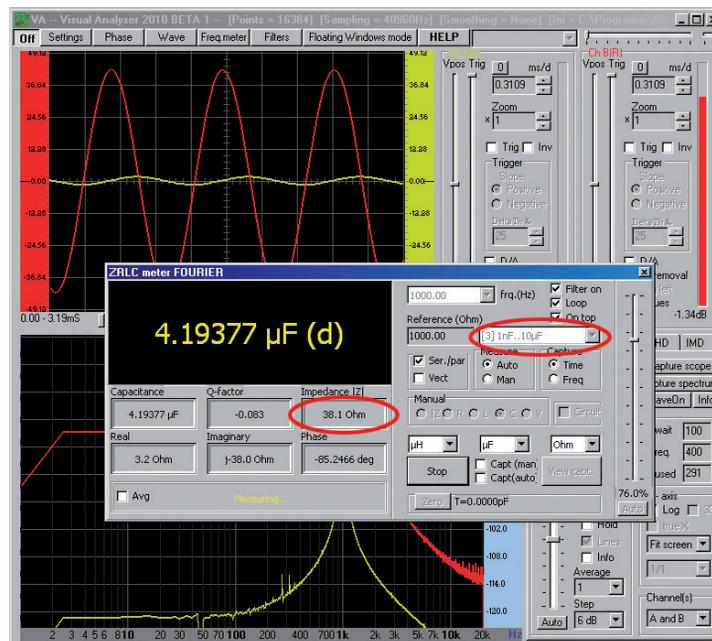
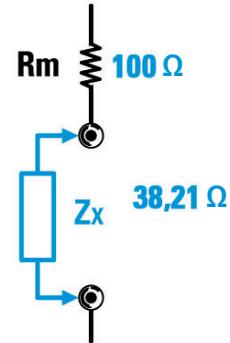


Maintenant la situation est renversée parce que la résistance de précision a une valeur **plus élevée** que l'impédance à mesurer. Par conséquent la sinusoïde rouge prélevée aux extrémités de la résistance de précision est elle aussi plus élevée que la sinusoïde verte prélevée aux extrémités de l'impédance. L'amplitude de la sinusoïde verte est cependant encore très suffisante et dans ce cas aussi la mesure est correcte.

Dans la figure suivante, en revanche, on a représenté une mesure sur le **calibre numéro 3**, lequel prévoit l'utilisation d'une résistance de précision de **1 k**, c'est-à-dire de valeur **bien plus grande** que celle de l'impédance à mesurer.

Dans ce cas, presque toute la tension chute dans la résistance de précision, représentée par la sinusoïde rouge, alors que très peu de tension chute dans l'impédance, représentée par la sinusoïde verte, laquelle est de très faible amplitude.

L'instrument ne considère pas la mesure comme valide et avec la lettre «**d**» il conseille de diminuer le calibre.



Étant donné que généralement on ne connaît pas la valeur de l'impédance à mesurer, la règle que nous vous conseillons de suivre est d'effectuer une première mesure qui vous fournisse la valeur en  $\Omega$  de votre impédance et ensuite de choisir la valeur de la résistance de précision la plus proche de la valeur que vous avez mesurée.

De cette manière, en contrôlant en même temps l'amplitude des sinusoïdes à l'écran, vous serez à même d'effectuer la mesure dans les meilleures conditions.

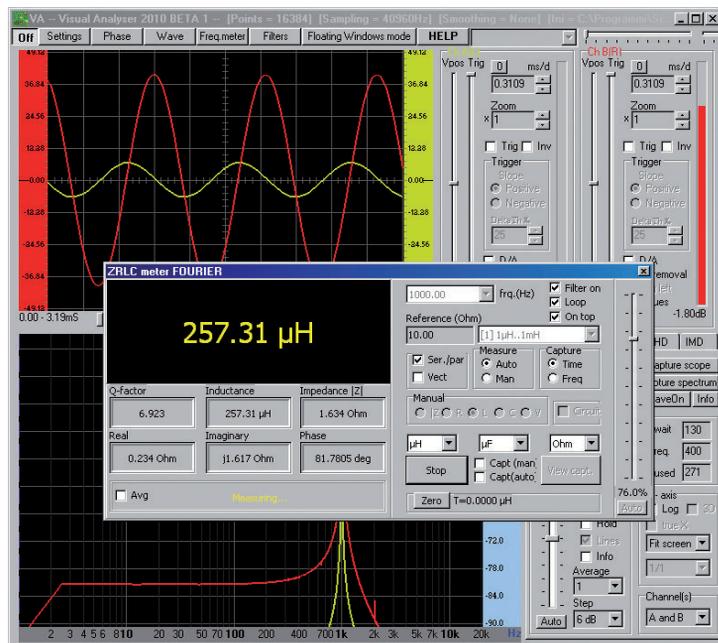
Chaque fois qu'à côté de la valeur vous voyez apparaître la lettre «**d**» (**down**), il faudra **réduire** la valeur de la résistance de précision. Si en revanche vous voyez apparaître la lettre «**u**» (**up**), il faudra **augmenter** la valeur de la résistance.

Si c'est le point d'interrogation «**?**» qui apparaît, c'est que l'instrument a détecté une anomalie dans l'exécution de la mesure, laquelle dans ce cas ne peut être considérée comme valide et doit être refaite.

## MESURONS UNE INDUCTANCE

Dans cet exemple nous avons mesuré une inductance de **250  $\mu\text{H}$**  à une fréquence de **1 kHz**.

Après avoir paramétré la fréquence de travail et les autres paramètres comme indiqué précédemment et avoir sélectionné sur le **calibre numéro 1**, effectuons tout d'abord la **calibration** avec les **bornes ouvertes** et ensuite, à la demande de l'instrument, insérons l'**inductance** à mesurer. Lorsque la mesure est terminée, les différentes valeurs mesurées apparaissent, comme l'indique la fenêtre ci-dessous que nous donnons à titre d'exemple.



Comme vous pouvez le voir, la mesure a fourni une valeur d'inductance de **257  $\mu\text{H}$** , ce qui correspond avec une assez bonne précision à sa valeur nominale. Outre la valeur de l'inductance, qui est une valeur absolue, c'est-à-dire ne dépendant pas de la fréquence, l'instrument fournit les autres paramètres relatifs à la fréquence de mesure à **1 kHz**, soit précisément :

**Q-factor : 6,923** est le rapport entre la réactance **XL (Imaginary)** et la partie résistive (**Real**). Ce nombre exprime la «qualité» de l'inductance : précisément, plus elle est élevée, meilleure est l'inductance, parce que sa composante résistive est faible par rapport à sa composante inductive.

**Inductance : 257,31  $\mu\text{H}$**  dans cette fenêtre, la valeur de l'inductance apparaît dans les unités de mesure choisies, dans ce cas  $\mu\text{H}$ .

**Impédance |Z| : 1,634  $\Omega$**  est la valeur absolue, c'est-à-dire le module de l'impédance exprimée en  $\Omega$ .

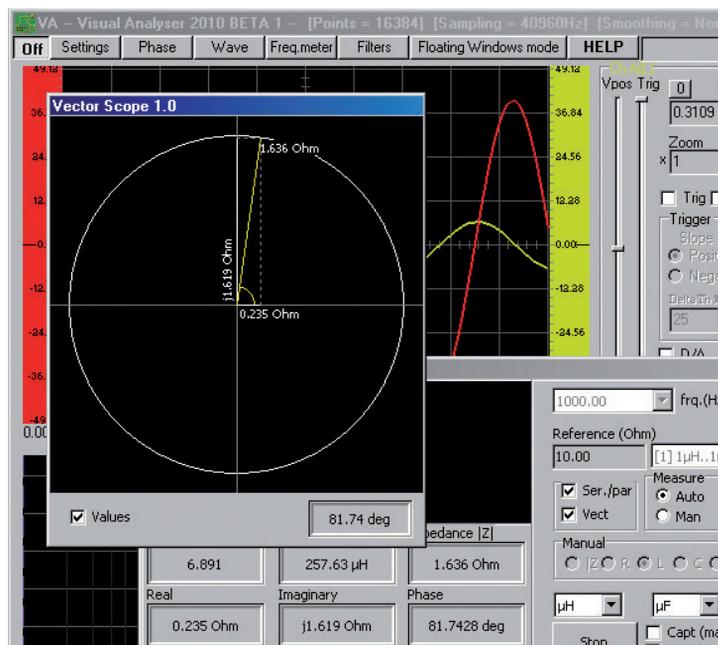
**Real : 0,234  $\Omega$**  est la valeur de la composante **résistive** de l'impédance.

**Imaginary : j 1,617  $\Omega$** , la composante **imaginaire** est constituée par la réactance **XL**.

**Phase : 81,78°** l'angle de phase n'est pas de **+90°** parce que l'inductance n'est pas pure, mais présente une **composante résistive**, qui réduit l'angle de phase.

Comme vous pouvez le voir, la sinusoïde **rouge**, qui représente le courant et la sinusoïde **verte** qui représente la tension aux extrémités de l'inductance, ont toutes deux une amplitude permettant de considérer la mesure comme parfaitement valide.

Si vous désirez voir la représentation vectorielle de l'impédance que vous venez de mesurer, vous n'avez rien d'autre à faire qu'à cocher la case **Vect** dans la fenêtre de mesure et vous verrez apparaître la fenêtre ci-dessous :



Dans la fenêtre du Vector Scope sont représentés les deux vecteurs formant l'impédance, c'est-à-dire la composante **résistive R**, située sur l'**axe horizontal** du graphique – dans ce cas elle vaut **0,235  $\Omega$**  –, la composante **réactive XI**, située sur l'**axe vertical** vers le haut – elle vaut **1,619  $\Omega$**  – et enfin l'**impédance** résultante **Z** – laquelle vaut **1,636  $\Omega$** .

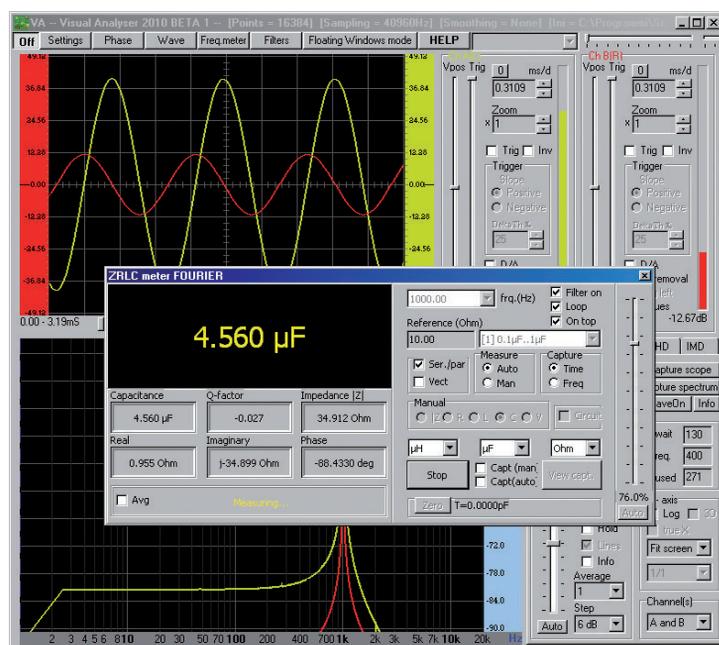
Dans l'angle en bas à droite de cette même fenêtre, la valeur de l'**angle de phase** en degré sexagésimal – angle précisant de combien la tension est en **avance** sur le courant – est indiquée.

La flèche représentant l'**impédance Z** est tournée vers le haut, c'est-à-dire qu'elle appartient au **1° quadrant**, parce que nous mesurons une réactance de type **inductif**. En cochant la case **Values** on visualise sur le graphique les valeurs en  $\Omega$ .

## MESURONS UNE CAPACITÉ

Dans cet exemple nous voulons mesurer un **condensateur électrolytique** de **4,7  $\mu\text{F}$**  à une fréquence de travail de **1 kHz**. Après avoir paramétré la fréquence de travail et les paramètres que nous avons indiqués précédemment, effectuons tout d'abord la **calibration** avec les **bornes ouvertes** et ensuite, à la demande de l'instrument, insérons le condensateur que nous voulons mesurer.

L'instrument procède à la mesure et visualise dans la fenêtre les différentes valeurs mesurées, comme l'indique la fenêtre ci-dessous.



Comme vous pouvez le voir, la mesure a fourni une valeur de capacité de **4,56  $\mu\text{F}$** , ce qui correspond avec une bonne approximation à sa valeur nominale de **4,7  $\mu\text{F}$** . Songez que la tolérance de ce composant est d'environ **+/-20%**.

Outre la valeur de la capacité, l'instrument fournit aussi dans ce cas les paramètres dépendant de la fréquence de mesure de **1 kHz** :

**Q factor : - 0,027** Dans le cas du condensateur c'est le rapport entre la partie résistive (**Real**) et la réactance **Xc(Imaginary)**. Plus le Q-factor est **faible**, meilleure est la qualité du condensateur.

**Impedance : 34,912  $\Omega$**  C'est la valeur absolue, c'est-à-dire la valeur du module de l'**impédance |Z|** en  $\Omega$ .

**Real : 0,955  $\Omega$**  C'est la valeur de la composante **résistive R** de l'impédance.

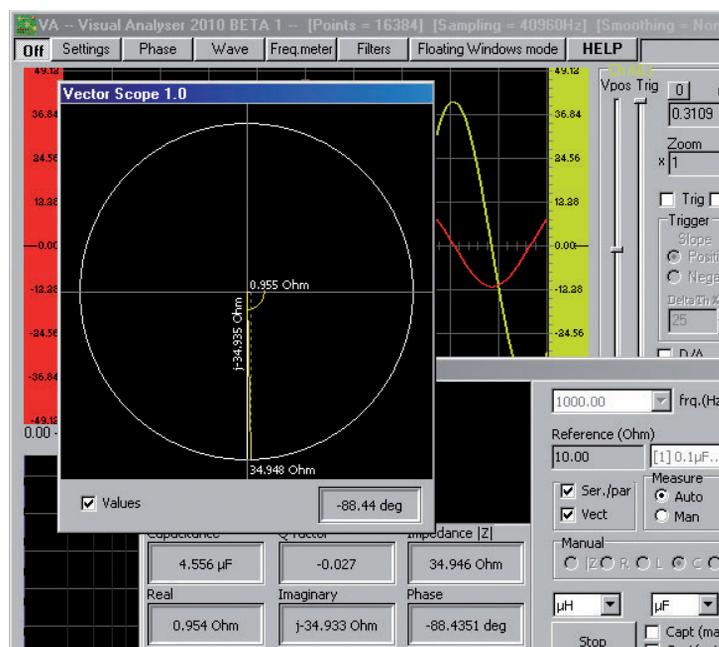
**Imaginary : -j 34,899  $\Omega$**  La composante **imaginaire** est constituée par la **réactance Xc**.

Dans ce cas, étant donné que nous mesurons un condensateur, l'opérateur imaginaire **j** est précédé du signe **-**.

**Phase : -88,43°** Dans ce cas aussi, l'angle de phase n'est pas de **-90°** comme nous pouvions nous y attendre, parce que la composante n'est pas une capacité pure mais présente une partie résistive, telle que l'angle de phase se réduit à environ **88°**.

Comme précédemment, on peut visualiser la représentation vectorielle de l'impédance que vous venez de mesurer en cochant la case **Vect**.

La fenêtre ci-dessous s'ouvre alors.



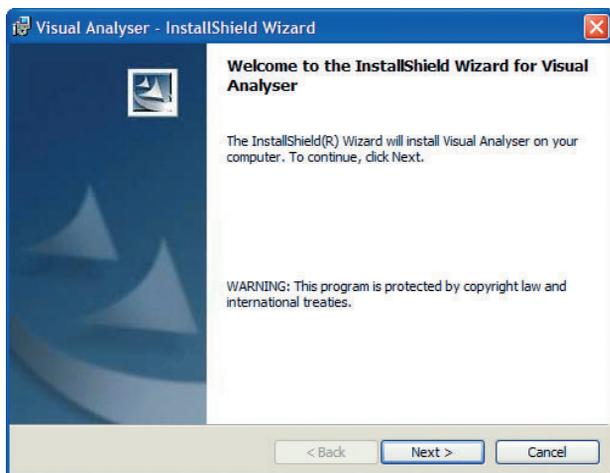
Vous voyez, représentées sous **forme vectorielle**, la composante **résistive R**, qui vaut **0,955  $\Omega$** , la composante **réactive Xc** qui vaut **-j 34,935  $\Omega$** , et l'impédance résultante **Z**, correspondant à **34,946  $\Omega$** .

Dans ce cas la flèche représentant l'**impédance Z** est tournée vers le **bas** et appartient au **4° quadrant**, parce que nous mesurons une réactance de type **capacitif**.

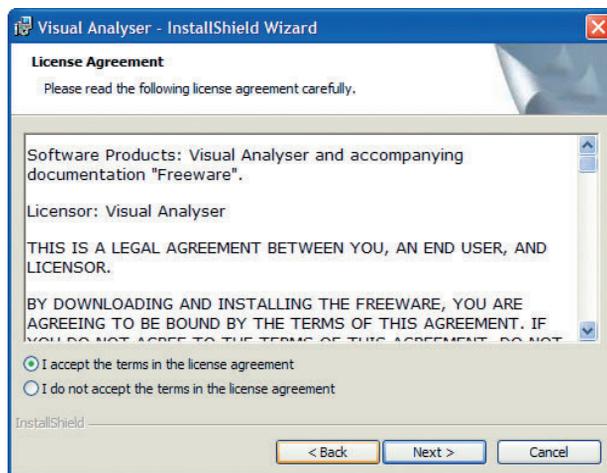
## CONCLUSIONS

Dans la première partie de l'article et dans la seconde, nous vous avons expliqué comment construire l'impédancemètre et accompagnés pour une première approche de son utilisation, en nous limitant à des mesures simples de capacité et d'inductance. Nous avons voulu vous faire acquérir une bonne maîtrise des commandes principales de cet instrument. Nous n'avons pas voulu aller au-delà afin de vous laisser le plaisir de découvrir les innombrables possibilités d'application que cet appareil nous offre.

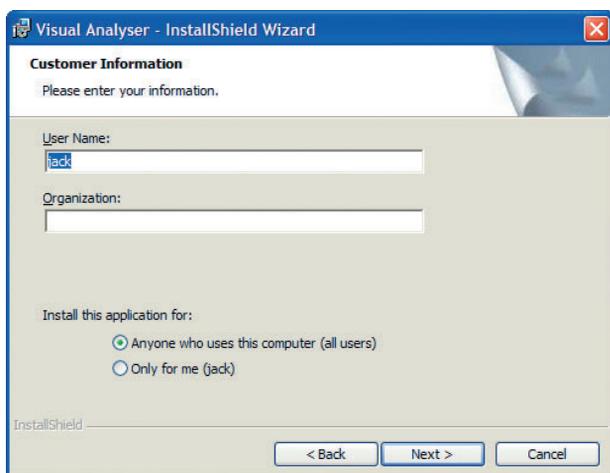
## INSTALLATION DU LOGICIEL «VISUAL ANALYSER»



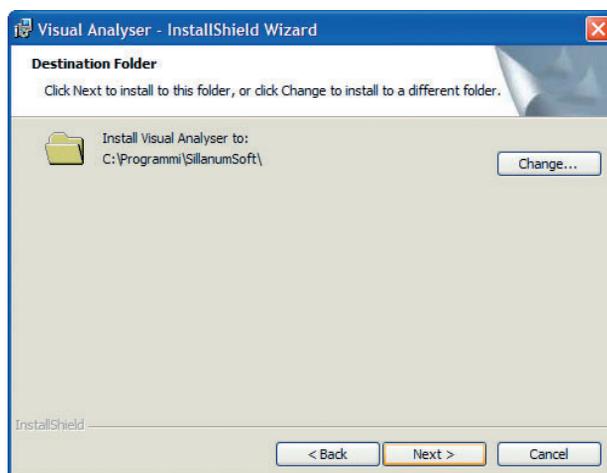
**Figure 1 :** Le CD-Rom contenant le logiciel Visual Analyser une fois inséré dans le PC, vous verrez s'ouvrir cette première fenêtre. Cliquez sur Next.



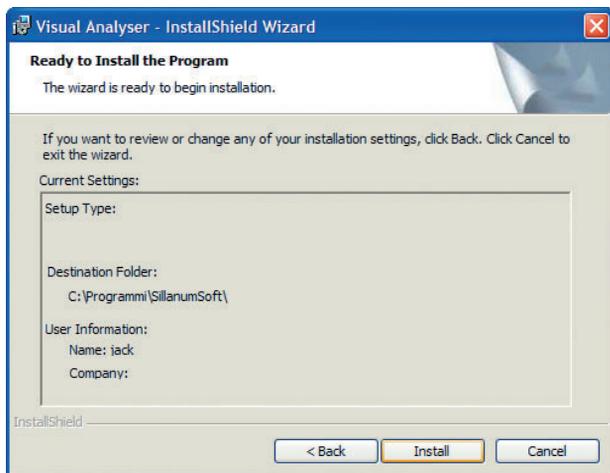
**Figure 2 :** Sélectionnez la mention «I accept the terms in the license agreement» en cliquant avec la souris sur la case «I accept...», puis sur Next.



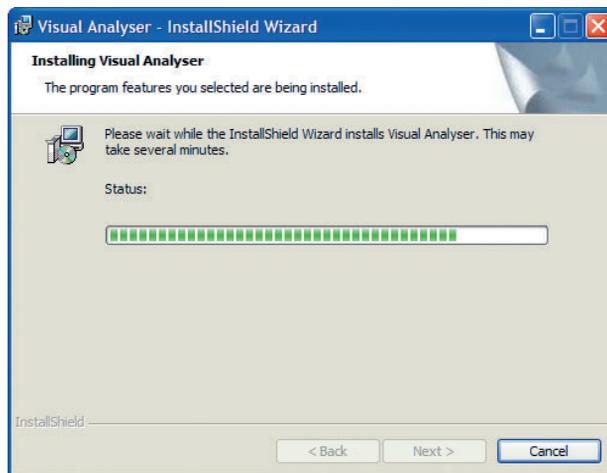
**Figure 3 :** Insérez votre nom dans la barre et sélectionnez en bas la mention «Anyone who uses this ordinateur» ou bien «Only for me», puis cliquez sur Next.



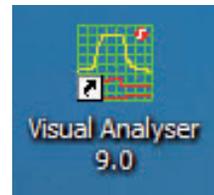
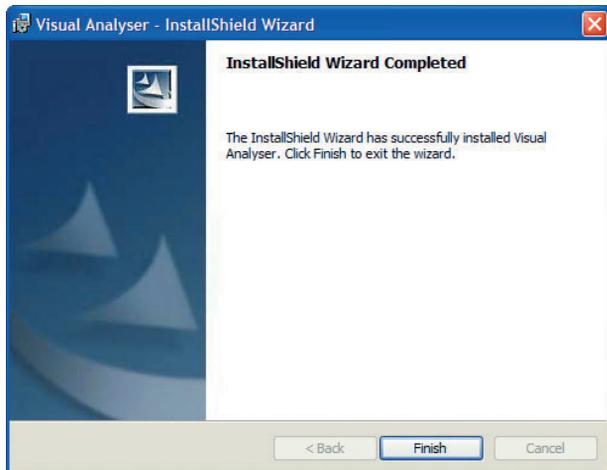
**Figure 4 :** Dans cette fenêtre, qui indique le répertoire d'installation du programme Visual Analyser, vous devez simplement cliquer sur la touche Next.



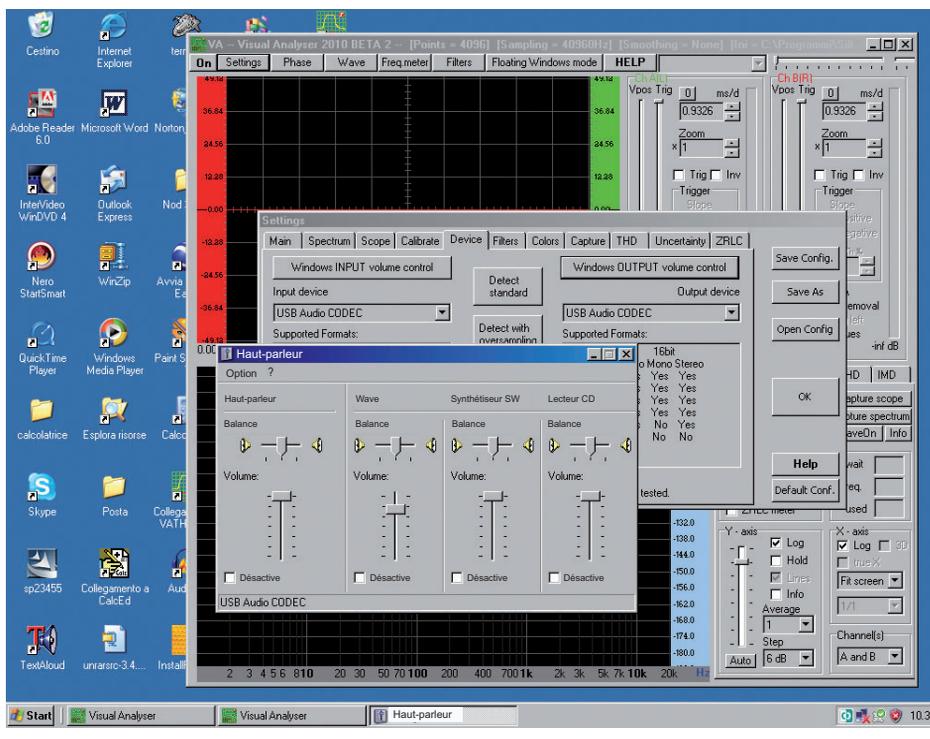
**Figure 5 :** Cet écran s'ouvre alors automatiquement et cette fois, pour continuer l'installation, vous devez simplement cliquer sur la touche Install.



**Figure 6 :** Le processus d'installation du programme commence alors, il est signalé par les barres qui se succèdent rapidement à l'écran.



**Figure 7 :** Lorsque l'installation est terminée, cette fenêtre s'ouvre automatiquement : vous devez alors cliquer sur la touche Finish. Sur le Bureau du PC vous verrez apparaître l'icône du programme Visual Analyser.



**Figure 8 :** Si pendant la mesure de l'impédance le signal sinusoïdal n'apparaît pas à l'écran, vérifiez que le réglage du mixer de Windows est correctement paramétré. Pour cela, cliquez sur l'option Settings de la fenêtre principale. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionnez l'option Device. Après avoir obtenu la reconnaissance de la platine USB Audio Codec, cliquez sur l'option «Windows OUPUT volume control» et vérifiez que le potentiomètre de réglage du Haut-parleur est bien positionné au maximum, c'est-à-dire tout vers le haut et que la case du bas (à côté du mot Désactivé) ne soit pas cochée.



## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet impédancemètre USB **EN1746** 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/119.zip> ◆

# Testeur d'injecteur pour automobile

Nos fidèles lecteurs se souviendront que lors de nos parutions précédentes, 40 à 80%, des articles publiés dans notre magazine étaient consacrés à l'automobile. Nous avons décrit des projets sur les feux clignotants, les feux de croisement, les systèmes d'allumage électronique, divers systèmes d'alarme, le contrôle de l'éclairage, ainsi de suite. Aujourd'hui ces produits ont évolué en raison des développements technologiques de plus en plus élaborés dans les voitures et intègrent presque tous des circuits intégrés programmés d'usine. Nous avons réussi encore à concevoir un projet d'injecteur pour la voiture, cet article suscitera certainement un grand intérêt pour nos lecteurs.

**L'**idée de la réalisation de ce petit appareil a été suggérée à notre rédaction par un fidèle lecteur mécanicien qui a pensé qu'en combinant la mécanique et l'électronique il pourrait concilier «le travail et le plaisir».

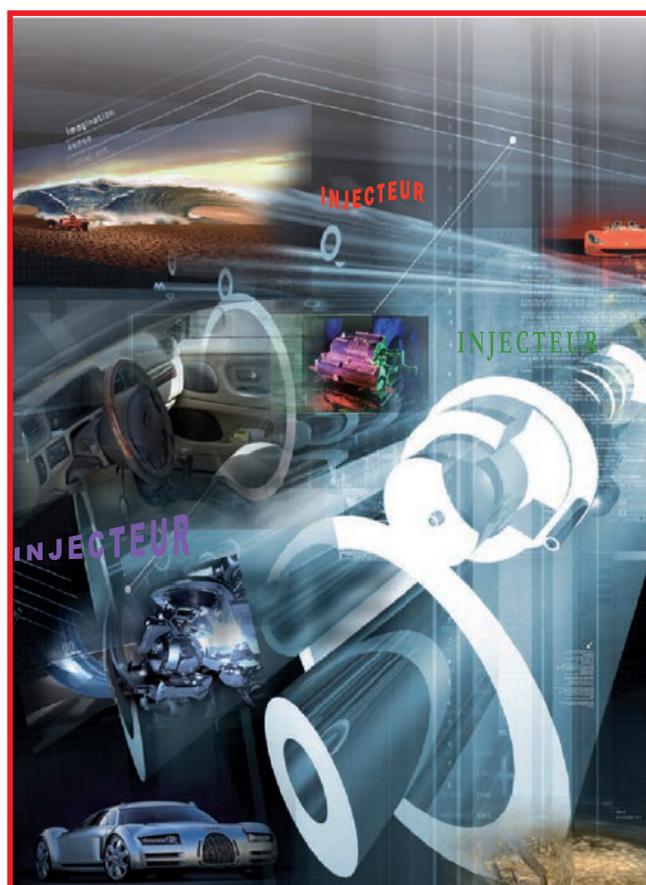
La fabrication de ce produit ad hoc très utile pour un usage quotidien dans son atelier est d'autant plus agréable que dans le projet que nous décrivons, les produits analogues sur le marché exigent un investissement financier assez conséquent.

**Note :** le mécanicien a obtenu un injecteurs d'essai gratuit en échange de tests de contrôle effectués «sur site»: nous avons ainsi amélioré l'efficacité de ce produit avant la publication de ce projet doté de fonctionnalités professionnelles.

## Le schéma électrique

Comme vous pouvez le voir sur le schéma de câblage reproduit à la figure 3, un oscillateur formé par IC1 /A génère une fréquence donnée par les composants R1 et R2 et C1.

Cet oscillateur restera actif tant que l'entrée 6 de IC1/A reste à l'état logique 1.



Le potentiomètre R2 ajuste la fréquence de 1 à 100 Hz environ. Le signal alternatif généré est envoyé à l'entrée de IC1/D, et à l'aide du potentiomètre R4, on peut modifier le rapport cyclique, en d'autres termes celui-ci élargit ou rétrécit le temps de l'impulsions.

Ces impulsions vont piloter l'entrée du circuit intégré IR2111 à l'intérieur duquel il ya un amplificateur et des drivers capables de piloter les deux transistors MOSFET de puissance MFT1 et MFT2, qui seront capables d'activer ou de désactiver jusqu'à 4 injecteurs à la fois.

Il peut arriver que l'origine des dysfonctionnements de l'injecteur ne soit pas une soupape bouchée, mais tout simplement le fil de la bobine qui soit coupé ou en court-circuit.

Pour cette raison nous avons introduit dans notre système, une protection très efficace.

En cas de court-circuit le transistor TR1, un BC547, sera conducteur parce que la tension sur sa base, normalement égale à 0 Volts passera à 0,6 Volts apportant un 0 logique à l'entrée 13 de IC1-C.

Comme vous pouvez le voir IC1/B et IC1 /C forment une bascule type flip-flop: dès que la broche 13 se retrouve à l'état logique 0, la broche 6 de IC1/A elle aussi passe au 0 logique bloquant ainsi l'oscillateur formé par IC1/A - C1 - R1 et R2.

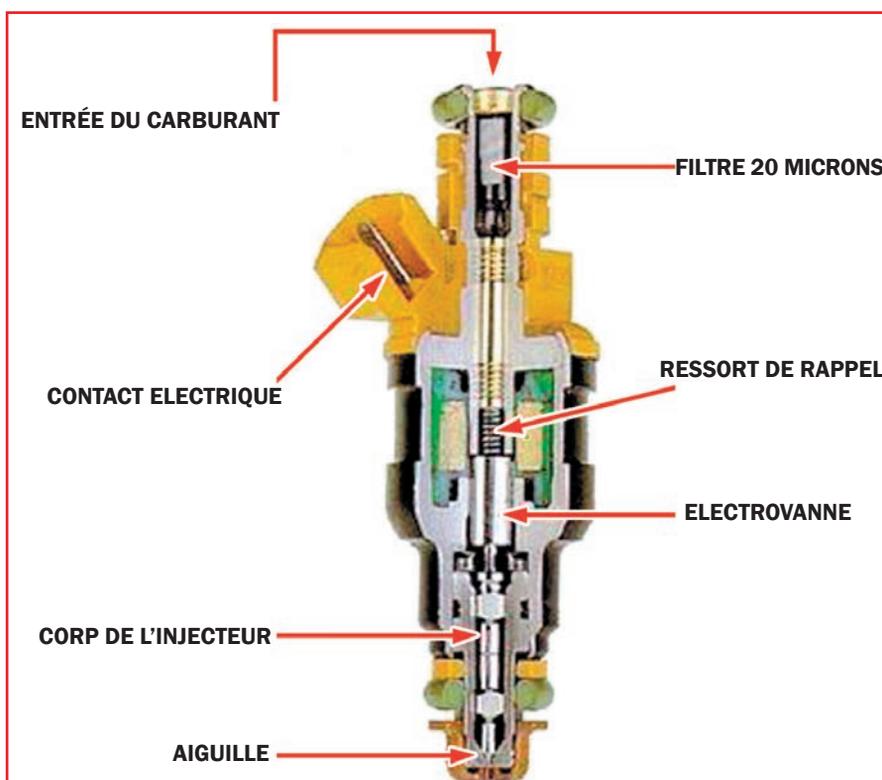
La broche 11 de IC1/C se retrouve au 1 logique et provoque l'allumage de la led DL1 d'alarme.

Pour réaliser une remise à zéro de la bascule et donc de l'appareil, il vous suffira de couper l'alimentation quelques secondes (le temps de décharger les condensateurs) puis de la remettre.

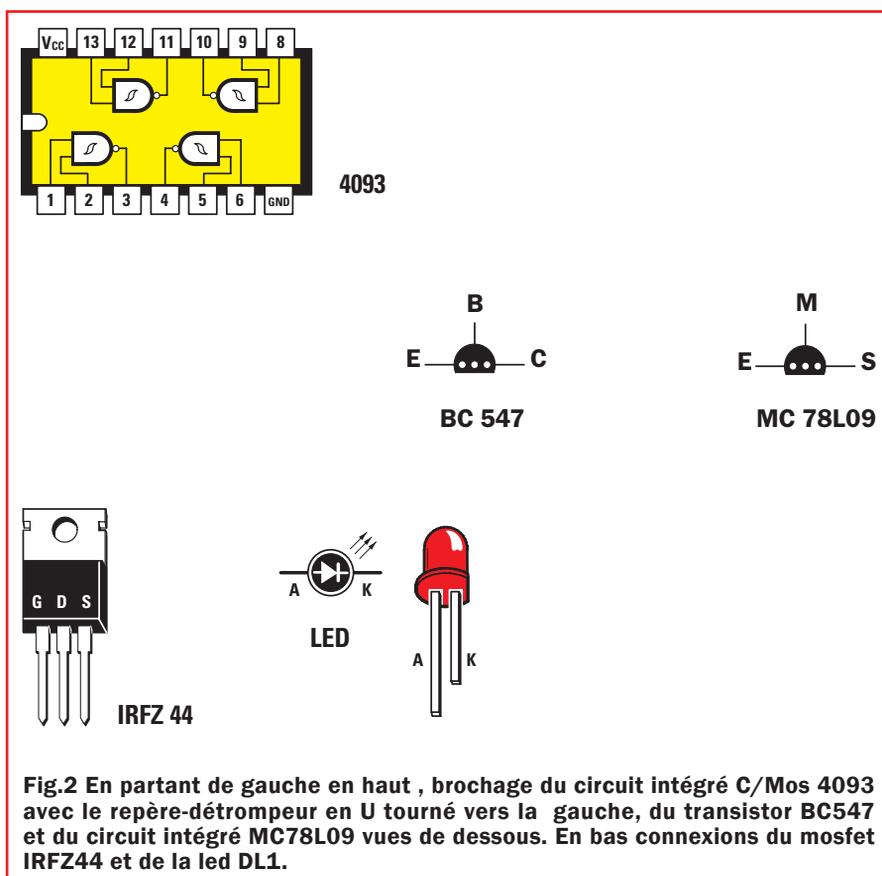
L'ensemble du système peut être alimenté à partir de la batterie de la voiture, même si elle est totalement chargée à 15 volts, parce que nous avons inséré un régulateur de tension 9 Volt (vois IC3).

Ce testeur d'injecteur a été conçu pour vérifier jusqu'à 4 injecteurs simultanément pour les voitures à essence mais vous pouvez aussi l'utiliser pour les voitures diesel.

Bien que les injecteurs soient placés dans une zone accessible du moteur, cela naturellement ne permet pas à n'importe qui de réaliser les raccordements compte tenu de la complexité des développements technologiques des automobiles d'aujourd'hui, une erreur risquerait de créer des catastrophes si vous ne comprenez pas les causes d'un dysfonctionnement anormal de votre automobile. La prudence sera donc conseillée.



**Fig.1** image d'un injecteur vu en coupe, avec l'indication de tous ses composants. Notre oscillateur est doté d'un étage de sortie très robuste qui lui permet de piloter jusqu'à 4 injecteurs à la fois, réduisant considérablement les temps de test.



**Fig.2** En partant de gauche en haut , brochage du circuit intégré C/Mos 4093 avec le repère-détrompeur en U tourné vers la gauche, du transistor BC547 et du circuit intégré MC78L09 vues de dessous. En bas connexions du mosfet IRFZ44 et de la led DL1.

## La réalisation pratique

Comme vous pouvez le voir en regardant le schéma de la figure 5, la réalisation pratique du circuit EN1791 nécessite l'assemblage de très peu de composants.

Comme toujours, nous vous recommandons de commencer le montage par les circuits intégrés IC1 et IC2 et de continuer avec toutes les résistances et les

condensateurs polyester. Vous pouvez ensuite poursuivre en insérant en haut à droite le condensateur électrolytique C7, en orientant du côté visible le signe + comme indiqué en figure 5.

Soudez ensuite le transistor TR1, en prenant soin de mettre à droite le côté plat de celui-ci (voir figure 5).

Pour éviter de plier les pattes de vos composants lors de la manipulation, nous vous suggérons de garder sous la main une éponge plus grande que le circuit.

Placez-la sur les composants à insérer en la maintenant en place délicatement, tourner le circuit imprimé en prenant soin de le poser sur une surface plane.

Après cette manipulation, vous aurez toutes les pattes des composants tournées vers le haut, condition idéale pour procéder à la soudure, vous pourrez alors couper les excédents des pattes de vos composants.

Retourner votre circuit puis installez les deux mosfet MFT1 - MFT2 en pliant

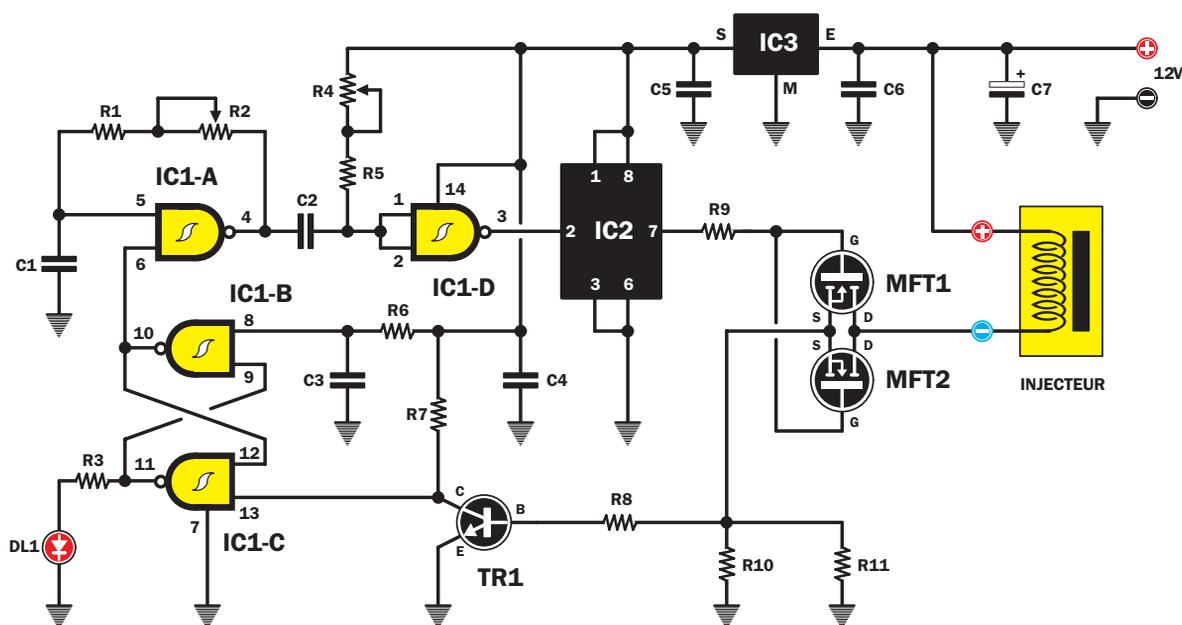


Fig.3 Schéma électrique du circuit de l'injecteur EN1791 et en dessous, la liste des composants utilisés pour sa réalisation.

### Liste des composants EN1791

R1 ... 47 K  
R2 ... 2,2 M pot. lin.  
R3 ... 470  
R4 ... 10 K pot. lin.  
R5 ... 2.2 K  
R6 ... 1 K

R7 ... 1 K  
R8 ... 100  
R9 ... 100  
R10 ... 0.1 ½ watt  
R11 ... 0.1 ½ watt  
C1 ... 100.000 pF polyester  
C2 ... 820.000 pF polyester  
C3 ... 1 µF polyester  
C4 ... 100.000 pF polyester  
C5 ... 100.000 pF polyester

C6 ... 100.000 pF polyester  
C7 ... 100 µF électrolytique  
DL1 ... diode led  
TR1 ... NPN type BC547  
MFT1 ... MOSFET IRFZ44  
MFT2 ... MOSFET IRFZ44  
  
IC1 ... C/Mos type 4093  
IC2 ... Circuit intégré IR2111  
IC3 ... Circuit intégré MC78L09

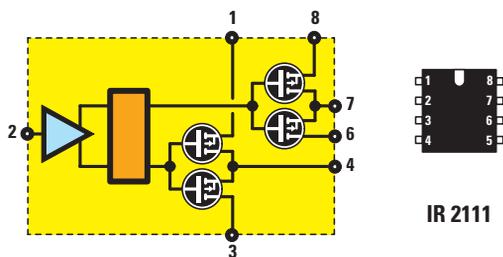


Fig.4 Brochage du circuit intégré IR2111 et schéma bloc, le repère-détrompeur en U tourné vers le haut.

les pattes de manière à faire adhérer parfaitement leur corps sur la surface du circuit imprimé, faites correspondre aux trous appropriés les deux mosfets à insérer.

À ce stade, vous pouvez mettre en place la petite vis de fixation puis les serrer. Il ne vous reste plus qu'à souder les fils restant.

Sur le côté gauche du circuit imprimé vous pouvez fixer les deux potentiomètres R2 - R4 (voir figure 5).

Terminez le montage avec l'insertion de IC3 en orientant vers le bas le côté plat de ce circuit intégré MC78L09 puis insérez ensuite les circuits intégrés IC1 - IC2, en tournant l'encoche en forme de U visible sur leur corps vers le haut (voir figure 5).

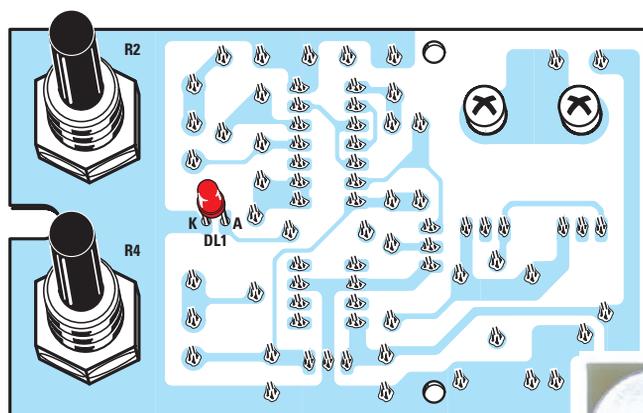
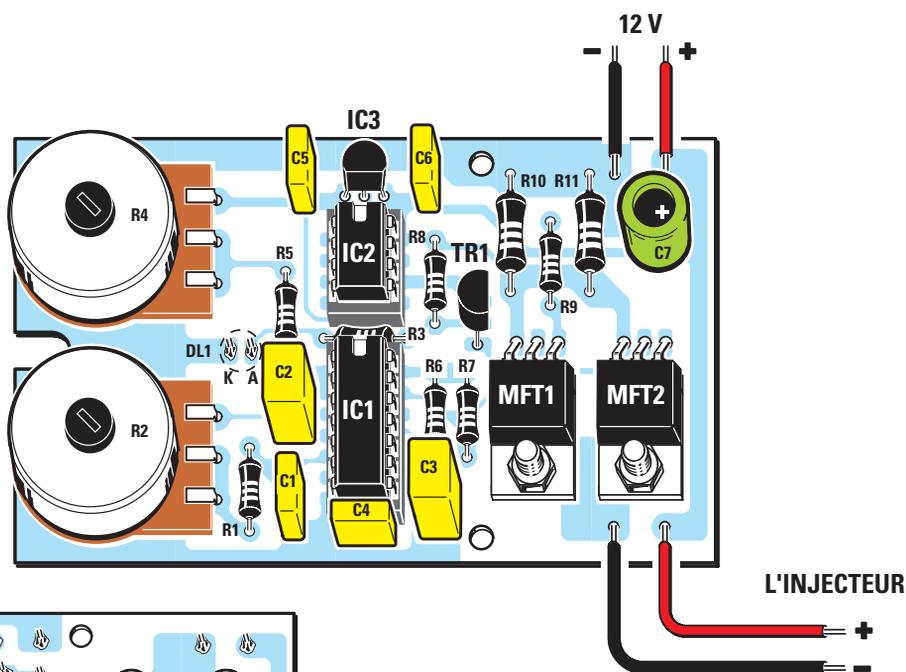
Pour terminer l'assemblage de notre appareil, côté soudure du circuit imprimé, vous devez enfin insérer dans l'emplacement appropriés, la led DL1 qui fera fonction d'indicateur de court-circuit (voir figure 6).

## Montage dans le boîtier

Pour réaliser le circuit de ce testeur d'injecteur, nous avons prévu un boîtier déjà percé d'usine. Ce qui ne vous empêchera pas de l'insérer dans un boîtier différent si vous le souhaitez.

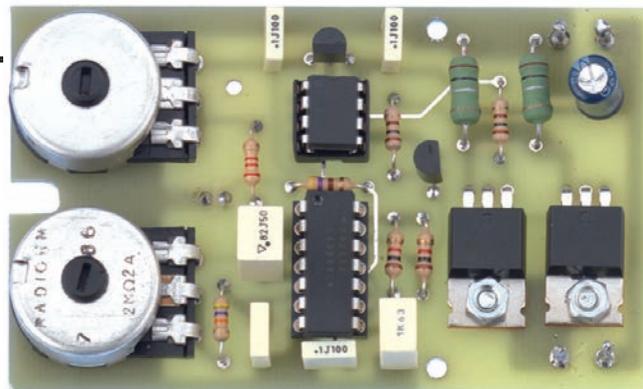
Pour les raccordements externes, nous vous suggérons d'utiliser deux petits câbles noir et rouge dont un sera muni de pinces crocodiles pour faire

**Fig.5 Schéma d'implantation des composants du testeur d'injecteur EN1971. En suivant les indications fournies dans l'article, vous ne rencontrerez pas de difficulté particulière à sa réalisation.**



**Fig.6 Dessin du circuit imprimé côté soudure, sur lequel est prévu le montage de la led DL1.**

**Fig.7 Photo du prototype testeur d'injecteur EN 1971.**



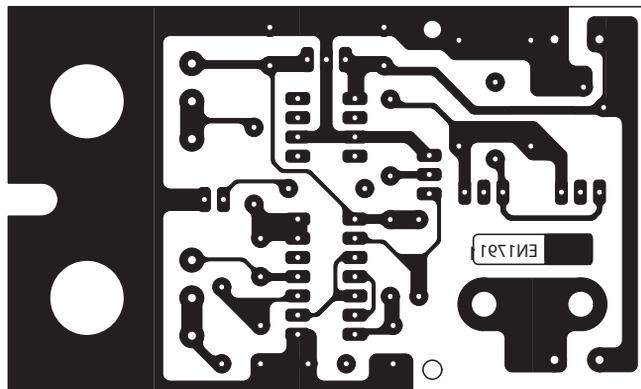


Figure 5a-1 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de EN1791, côté soudures.

Figure 5b-2 : Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de EN1791, côté composants.

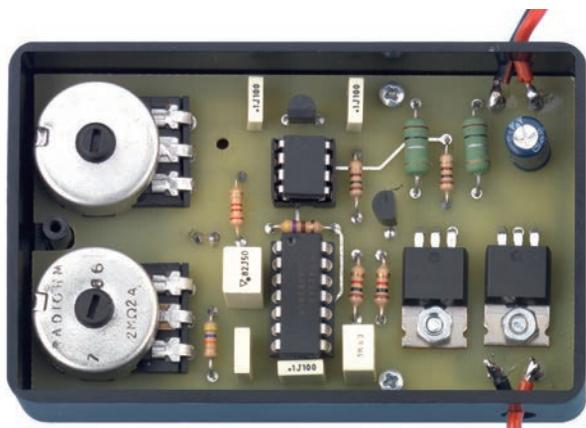
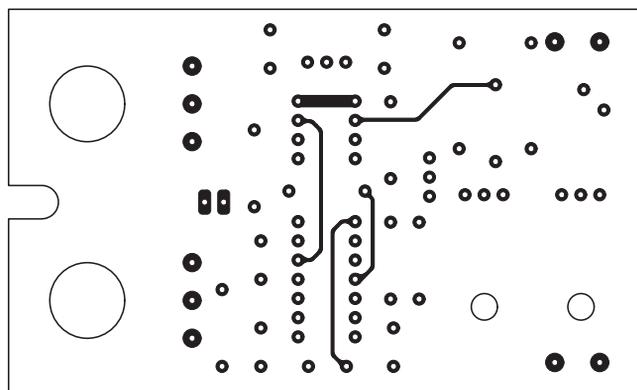
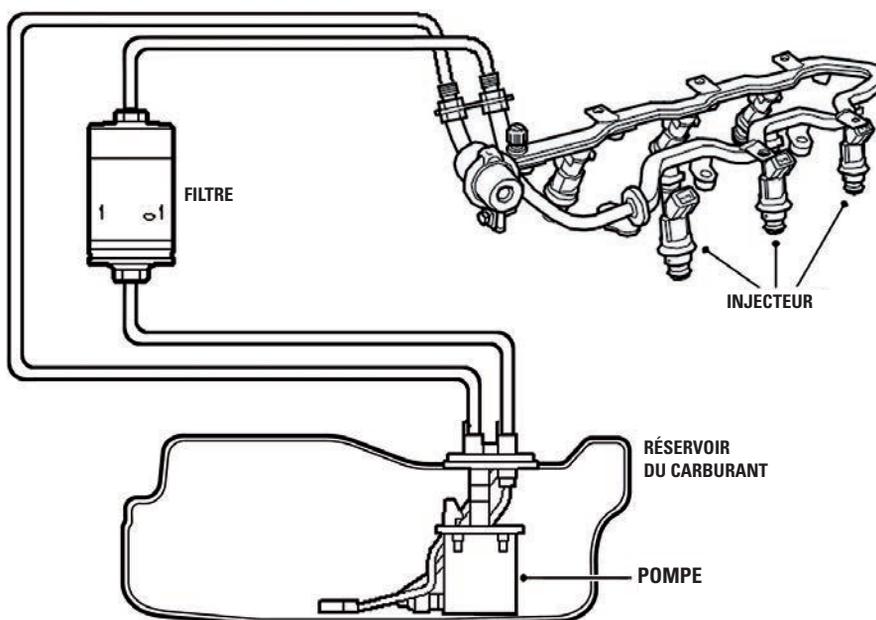


Fig.8 Photo du prototype de EN1791 mis dans son boîtier.

Fig.9 Dessin du schéma du circuit d'alimentation du carburant présent dans les voitures dotées d'injecteurs. Le carburant est aspiré par la pompe puis nettoyé par le filtre avant d'arriver aux injecteurs.



**Fig.10** Photo de l'injecteur de carburant branché sur le distributeur.



**Fig.12** Pour un nettoyage plus soigné, nous vous conseillons d'utiliser une machine à laver à ultrasons réchauffée à 70 degrés.



**Fig.11** Petite machine à laver à ultrasons utilisée pour éliminer les impuretés et les incrustations présentes sur les injecteurs.



la connexion entre l'alimentation 12 V et votre testeur d'injecteur. Nous vous recommandons pour le second câble de connecter seulement deux fils, le rouge et le noir au groupe injecteur, puis d'utiliser un simples «sucre» à 8 bornes pour la connexion en parallèle avec les injecteurs restants.

## Mode d'utilisation

Avant tout il est nécessaire que l'injecteur soit inséré dans un simulateur doté d'une petite pompe qui amènera le carburant à l'intérieur.

**Potentiomètre fréquence** : détermine l'ouverture et la fermeture en fonction du nombre de tours/minutes de l'injecteur. Il débloque tous les problèmes dus aux arrêts inopportuns du dispositif.

**Potentiomètre de rapport cyclique** : détermine le temps d'ouverture de l'injecteur.

**LED rouge allumée** : quand le solénoïde est en court-circuit à la masse. Pensez à débrancher et rebrancher votre appareil puis essayer à nouveau.

**Si l'injecteur est bouché** : en général, l'injecteur qui passe l'épreuve de notre testeur sera soumis à un bain dans une machine à ultrasons spéciale (voir figures 11 et 12), de manière à éliminer toute impureté présente sur ses parois.

Une fois débouché, avec le testeur d'injecteur et une petite pompe nous procéderons ensuite à la mise en fonction en expulsant toutes les impuretés qui pourraient compromettre le fonctionnement.

**Note** : Nous recommandons d'utiliser un réservoir à ultrasons chauffé (à 70 degrés les injecteurs seront ainsi parfaitement nettoyés). **Un supplément «fonctionnement des injecteurs» est disponible gratuitement à l'adresse suivante : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/119.zip>.**

## Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire le testeur d'injecteur **EN1791** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités. Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables à l'adresse ci-dessous : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/119.zip>. ◆

# CONTRÔLEZ VOTRE ENVIRONNEMENT

## RADIOACTIVITÉ

### COMPTEUR GEIGER MULTIFONCTION PROFESSIONNEL

Depuis Tchernobyl – 1986 vingt-cinq ans déjà ! Et plus récemment en mars 2011 Fukushima, nous sommes devenus très méfiants à l'égard des substances radioactives et de la radioactivité en général. Ce 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-Card de 1 Go : avec un PC vous pourrez visualiser l'évolution du niveau de radioactivité ambiante.



Kit complet **327,00€**

Ref. EN1710K

Version montée **412,80 €**

Ref. EN1710KM2

Valise de transport (en option) **21,00 €**

Ref. MK60

## MESUREZ LA POLLUTION DES ONDES QUI VOUS ENTOURENT

Kit complet **190,55 €**

Ref. EN1407

Version montée **252,05 €**

Ref. EN1407KM



### COMPTEUR GEIGER ÉCONOMIQUE 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.

### DÉTECTEUR DE TÉLÉPHONES PORTABLES

Ce détecteur vous apprend, qu'un téléphone portable dans un rayon de 30 mètres, appelle ou est appelé, On peut, grâce à ce détecteur, vérifier que le panneau affichant "Portables interdits" ou "Eteignez vos portables" est bien respecté.. Ce précieux appareil trouvera son utilité dans les hôpitaux, chez les médecins, dans les stations service, les cinémas et, plus généralement, dans tous les services privés ou publics où se trouvent des personnes sensibles aux perturbations radioélectriques.

Kit complet **43,25 €**

Ref. EN1523

Version montée **65,25 €**

Ref. EN1523KM



Retrouvez les caractéristiques techniques des kits sur notre site : [WWW.COMELEC.FR](http://WWW.COMELEC.FR)

# RADIOACTIVITÉ, CHAMPS ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES



Kit complet **126,90 €**

Réf. EN1435

Version montée **178,50 €**

Réf. EN1435KM

## POLLUTION DES ONDES

### POLLUOMETRE HF

Comment mesurer la pollution électromagnétique ?  
Avec cet appareil mesurez l'intensité des champs électromagnétiques HF, rayonnés par les émetteurs FM, les relais de télévision et autres relais téléphoniques.

## DÉTECTEUR DE CHAMPS

### ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Cet appareil permet de mesurer les champs électriques et magnétiques basses fréquences émis par les câbles du réseau électrique ou les câbles à haute ou très haute tension qui passent près d'une habitation. En outre, il permet la mesure des niveaux des signaux radiofréquence émis par les réémetteurs de radio ou de télévision, sans oublier les relais pour téléphones mobiles et même les fours à micro-ondes. Il est capable de mesurer la valeur des champs magnétiques générés par les transformateurs des appareils électroménagers (aspirateur, mixer, frigo, lave linge ou lave-vaisselle) etc...



Kit complet **81,00 €**

Réf. EN1757

Version montée **113,40 €**

Réf. EN1757KM



Kit complet **96,35 €**

Réf. EN1310

Version montée **129,90 €**

Réf. EN1310KM

### CHAMPS-MÈTRE

Comment mesurer la pollution électromagnétique ?  
Avec cet appareil, mesurez l'intensité des champs électromagnétiques HF rayonnés par les émetteurs FM, les relais de télévision et autres relais téléphoniques.

# COMELEC

CD 908 13720 BELCODENE Tél.: 04 42 70 63 90 Fax: 04 42 70 63 95

# Les amplificateurs RF à MMIC

Dans cet article nous vous expliquons comment utiliser au mieux les dispositifs MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) et nous vous fournissons toutes les indications utiles pour concevoir vous-mêmes un étage amplificateur RF (radiofréquence).

**O**n utilise souvent, dans nos circuits montés avec des composants CMS, de petits amplificateurs RF (radiofréquence), les fameux **MMIC**, acronyme de **Monolithic Microwave Integrated Circuits**.

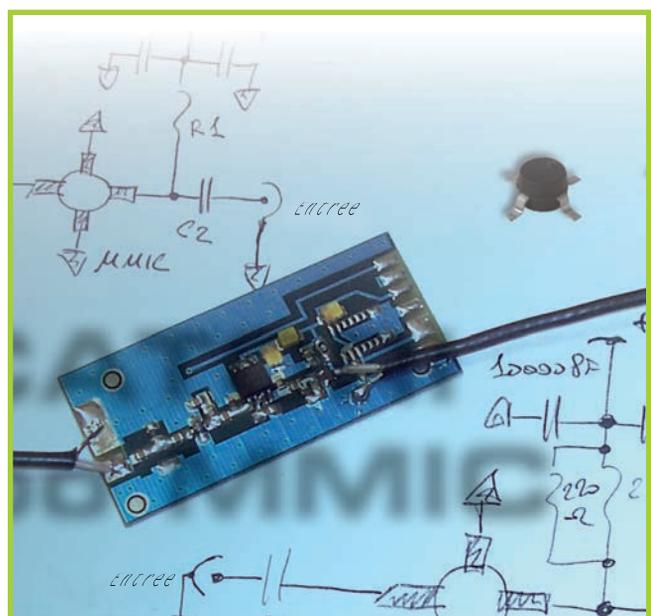
Dans les pages que vous allez lire, nous tenons à vous donner toutes les informations nécessaires pour les utiliser correctement, de façon à en obtenir des prestations optimales. Il s'agit de dispositifs très intéressants pour une personne qui opère dans le domaine de la radiofréquence car ils permettent de réaliser, de manière simple, des étages amplificateurs de signaux et ce à des fréquences allant de quelques centaines de KHz jusqu'à 4 GHz, tout en n'utilisant qu'un très petit nombre de composants. La bande passante obtenue est large et l'impédance d'entrée / sortie est déjà adaptée au 50 Ω typiquement utilisé en radio.

Le circuit comporte des transistors internes (typiquement 2 ou 3) couplés en continu en configuration Darlington et les différentes résistances nécessaires, non seulement pour polariser les étages, mais encore pour introduire la **rétroaction nécessaire** pour obtenir leur large bande passante et l'adaptation d'impédance en 50 Ω (voir figure 1).

La figure 7 donne le brochage de ces composants lesquels, comme vous le voyez, disposent de deux broches de masse (GND), une broche d'entrée (RFIN) et d'une broche de sortie-alimentation (RFOUT + DC).

Comme leurs dimensions sont véritablement réduites, il est fondamental de les mettre en œuvre correctement en ne se trompant pas à propos de ce brochage, afin de ne pas les endommager.

Pour faire fonctionner l'étage d'amplification, il est nécessaire d'utiliser quelques autres composants : deux condensateurs de découplage situés respectivement sur l'entrée et sur la broche de sortie du MMIC, de telle manière que le



générateur et la charge reliée ne modifient pas le **bias** (tension continue) présent(e) sur les broches, une **résistance de limitation de courant** et un **condensateur de by-pass** monté sur la ligne d'alimentation.

Pour minimiser les effets délétères causés par une connexion de masse présentant une **inductance parasite** élevée, tous ces dispositifs **MMIC** ont deux broches de masse. On améliore ainsi la stabilité de l'étage et on s'assure que la bande passante sera effectivement celle promise par le constructeur. Nous vous recommandons donc, au moment du montage sur le circuit imprimé, de bien souder **les deux broches** de masse.

La figure 1 permet de voir à quoi ressemble physiquement un **MMIC** et donne le brochage : regardez en particulier les deux broches **GND** de masse et la broche commune à la sortie **RF** et à l'alimentation **DC**.

La figure 3 représente l'étage complet avec tous les composants nécessaires pour réaliser l'amplificateur : vous voyez que quatre condensateurs et une seule résistance suffisent.

La résistance **R1** remplit la fonction de **limitation de courant**, afin que la chute de tension à ses extrémités soit égale à la différence entre la tension d'alimentation de l'étage et la tension de service typique du **MMIC**.

La valeur de cette résistance est calculée en fonction des valeurs de **courant / tension** de service données par les divers constructeurs.

Le tableau ci-après présente sommairement quelques modèles de **MMIC** fabriqués par les industriels les plus connus :

TYPE de MMIC	CONSTRUCTEURS
MAV11	MINI-CIRCUITS
ERA5	MINI-CIRCUITS
INA10386	AGILENT(HP)
SGA6586	SIRENZA

Dans le **Tableau 1** nous donnons les principales caractéristiques de ces **MMIC**, dont le **gain** en **dB** en fonction de la fréquence, la **puissance de sortie** maxi en **dBm** et le **bruit** en **dB**, la valeur de la **tension** de service **Vbias** et le courant de service **Ibias** : données ô combien utiles pour déterminer, nous allons le voir, la valeur de la résistance de limitation **R1**. Pour tous les amplificateurs **MMIC** que nous prendrons en exemple, la résistance **R1** est calculée à l'aide de la formule :

$$R1 = (V_{cc} - V_{bias}) : I_{bias}$$

où :

**R1** est en **KΩ** ;

**Vcc** est la valeur en **volts** de la tension d'alimentation avec laquelle l'étage sera alimenté ;

**Vbias** est la tension de service en **volts** du **MMIC** indiquée dans le **Tableau 1** ;

**Ibias** est le courant de service en **mA** du **MMIC** indiquée dans le **Tableau 1**.

La puissance **minimale** que cette résistance doit être capable de dissiper est calculée avec la formule suivante :

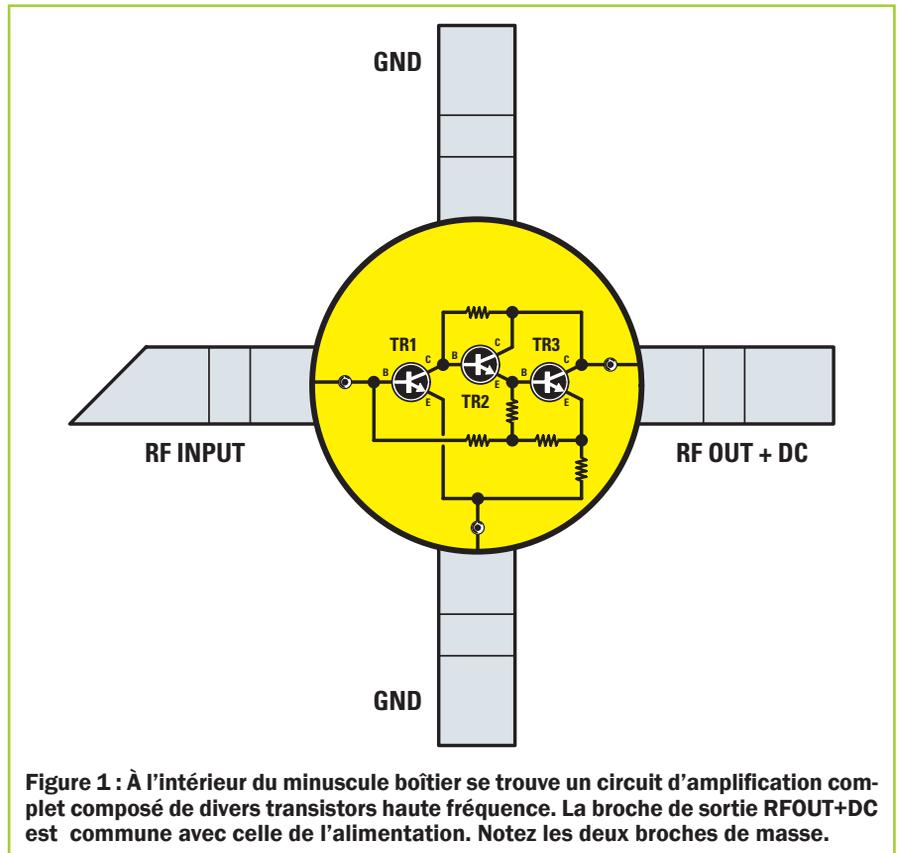
$$WR1 = R1 \times (I_{bias} \times I_{bias})$$

où :

**WR1** est la puissance minimale en **W** ;

**R1** est en  $\Omega$  et **Ibias** en **A**.

Vu les fréquences mises en jeu, il faut utiliser une résistance anti inductive,



**Figure 1** : À l'intérieur du minuscule boîtier se trouve un circuit d'amplification complet composé de divers transistors haute fréquence. La broche de sortie **RFOUT+DC** est commune avec celle de l'alimentation. Notez les deux broches de masse.

par conséquent il n'est pas possible d'utiliser une résistance à fil.

Bien sûr la tension d'alimentation **Vcc** disponible doit toujours être supérieure à la tension de service **Vbias** du **MMIC** considéré ; il est préférable d'avoir entre les deux valeurs une différence d'au moins **4-5 V**.

En ce qui concerne les condensateurs de découplage entrée / sortie **C1** et **C2**, leur capacité détermine la fréquence minimale de travail de l'étage. Ces condensateurs ont en outre pour rôle de **bloquer** la tension continue présente sur les broches du **MMIC**, mais de **laisser passer** sans atténuation le signal **RF**.

Pour calculer leur valeur, il est possible d'utiliser la formule :

$$C1 = C2 = 1\ 000 : (6,28 \times F_{MHz})$$

où :

**C1** et **C2** sont en **nF** ;

**F<sub>MHz</sub>** est la fréquence minimale de travail exprimée en **MHz**.

Ces condensateurs doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire des **céramiques à disque** et présenter une inductance parasite faible.

Les deux condensateurs de by-pass **C3** et **C4**, qui jouent le rôle de filtre, situés sur la ligne d'alimentation, doivent avoir des valeurs différentes au moins d'un **facteur 10** : par exemple, **C3** pourrait avoir une capacité de **10 nF** et **C4** une capacité de **1 nF**.

Les valeurs en absolu à utiliser dépendent de la fréquence de travail de l'amplificateur : dans les fréquences basses nous utiliserons de fortes valeurs de capacité et inversement dans les hautes fréquences des valeurs faibles.

Si l'étage est à **large bande**, il est même conseillé d'augmenter le nombre de ces condensateurs de **by-pass** (toujours avec des valeurs différentes entre eux).

Là encore on devra utiliser des condensateurs céramiques à disque et raccourcir au mieux (au plus court) les fils au moment de les souder sur le circuit imprimé.

Après cette brève introduction, nous allons apprendre à calculer les composants pour réaliser notre étage amplificateur : pour cela nous prenons comme exemple un **MMIC ERA5** et nous le faisons travailler à une fréquence minimale de **50 MHz** avec une tension d'alimentation **Vcc** de **12 V**.

Le schéma utilisé est celui représenté à la figure 3. Dans le **Tableau 1** nous voyons que l'**ERA5** a un **Vbias** égal à **4,9 V** avec un courant **Ibias** de **65 mA** et donc nous pouvons calculer la résistance de polarisation **R1** :

$$R1 = (12 - 4,9) : 65 = 0,109 \text{ K}\Omega$$

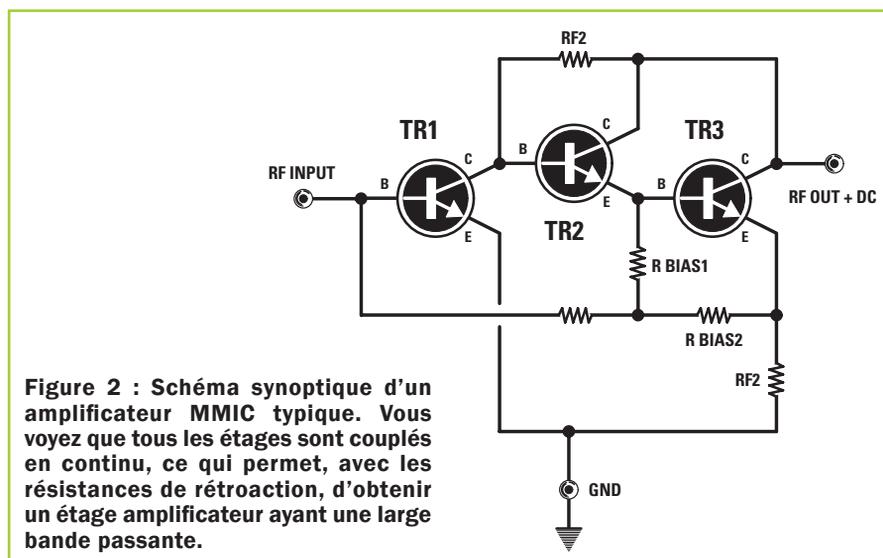
soit **109  $\Omega$**

La puissance minimale de cette résistance doit être de :

$$WR1 = 109 \times (0,065 \times 0,065) = 0,46 \text{ W}$$

**Note** : nous avons converti le courant **Ibias** en **A** !

Comme **109  $\Omega$**  est une valeur non standard, nous pourrions l'obtenir en mettant en parallèle deux résistances de **220  $\Omega$  ¼ W**, ce qui donne une valeur de **110  $\Omega$  ½ W** très proche de la valeur théorique.



**Figure 2 : Schéma synoptique d'un amplificateur MMIC typique. Vous voyez que tous les étages sont couplés en continu, ce qui permet, avec les résistances de rétroaction, d'obtenir un étage amplificateur ayant une large bande passante.**

Les condensateurs **C1** et **C2** auront une capacité de :

$$C1 = C2 = 1\,000 : (6,28 \times 50) = 3,18 \text{ nF}$$

soit **3 180 pF**

Nous pourrions arrondir la valeur et utiliser des condensateurs à disque de **3,3 nF**, valeur normalisée la plus proche de la valeur théorique calculée. Pour les condensateurs **C3-C4** nous pouvons utiliser des valeurs normalisées de **1 nF** et **10 nF**.

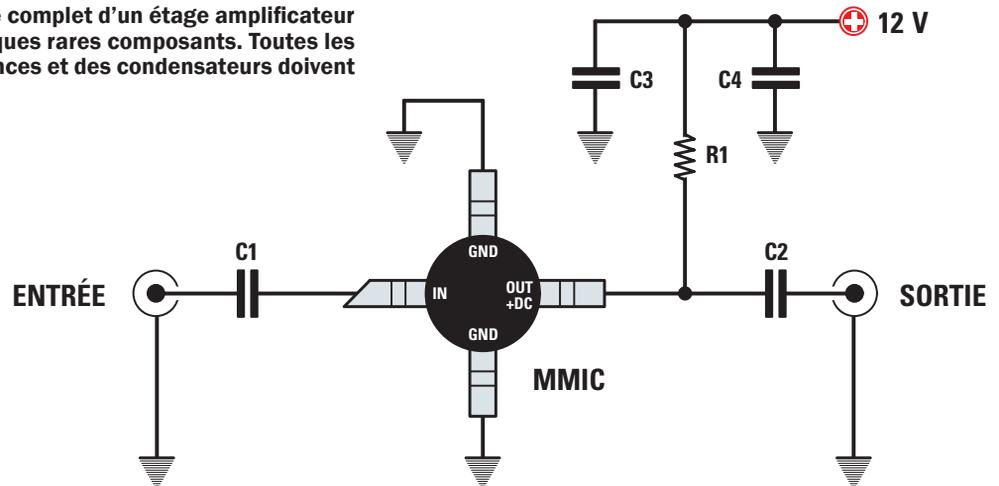
La figure 4 donne le schéma électrique du circuit complet que nous avons conçu : vous voyez que pour l'entrée et la sortie il est nécessaire d'utiliser des connecteurs ayant une impédance de **50  $\Omega$** , comme les **BNC**, afin de réduire les désadaptations d'impédance et d'avoir un blindage correct des connexions.

Bien sûr, il est possible aussi d'utiliser des composants **CMS** qui permettent d'obtenir une amélioration des

**Tableau 1 : caractéristiques des amplificateurs MMIC**

MMIC	Range Freq.	Gain	Max Pout	nF	Vbias	Ibias
MAV11	de 0 à 1.000 MHz	12,7 dB ( 100 MHz)	+17,5 dBm	3,6 dB	5,5 V	60 mA
		12 dB ( 500 MHz)	+17,5 dBm			
		10,5 dB (1.000 MHz)	+17,5 dBm			
ERA5	de 0 à 4.000 MHz	20,2 dB ( 100 MHz)	+18,4 dBm	3,5 dB	4,9 V	65 mA
		19,5 dB (1.000 MHz)	+18,4 dBm			
		15,5 dB	+17 dBm			
		16,7 dB	+14 dBm			
		14,3 dB	+12,5 dBm			
INA10386	de 0 à 1.800 MHz	26,6 dB ( 50 MHz)	+10 dBm	3,8 dB	6 V	45 mA
		26,7 dB ( 100 MHz)	+10 dBm			
			+10 dBm			
			+10 dBm			
			+10 dBm			
SGA6586	de 0 à 4.000 MHz	23,8 dB ( 850 MHz)	+21,5 dBm	3,1 dB	4,9 V	80 mA
		18,4 dB (1.950 MHz)	+19 dBm			
		16,7 dB (2.400 MHz)	+19 dBm			

**Figure 3 : Le schéma électrique complet d'un étage amplificateur se réduit véritablement à quelques rares composants. Toutes les connexions des fils des résistances et des condensateurs doivent être extrêmement courtes.**



performances, car ces composants, par rapport aux traditionnels composants traversants, ont de meilleures caractéristiques (dus à leur faible inductance parasite).

Parfois, dans certains schémas électriques utilisant un amplificateur **MMIC**, on monte une self en série avec la résistance **R1** : nous expliquerons plus loin les raisons de cette configuration. Ces amplificateurs, pour fonctionner correctement, nécessitent un **plan de masse** optimal. C'est pourquoi il faut utiliser pour leur montage un circuit imprimé double face, la face inférieure étant entièrement utilisée comme plan de masse.

Entre les deux faces on doit en outre prévoir plusieurs points de connexion (**vias**), surtout à proximité des broches de masse du **MMIC** et des condensateurs de **by-pass**.

Pour éviter des désadaptations et des réflexions, il est nécessaire d'utiliser des **microstrips** en **50 Ω** pour les pistes du circuit imprimé reliant l'entrée et la sortie de l'amplificateur vers le générateur et la charge. Les **microstrips** ne sont pas autre chose que de normales pistes de cuivre gravées dans la face supérieure du circuit imprimé, dont la face inférieure, on l'a dit, sert de plan de masse.

La valeur de **50 Ω** est déterminée par la **largeur** de la piste laquelle, pour un circuit imprimé double face standard dont l'épaisseur du diélectrique est de 1,6 mm, est égale à environ **2,7 mm**.

La figure 5 représente le circuit réalisé selon ces paramètres. La longueur des **microstrips** n'est pas déterminante pour l'impédance de **50 Ω** laquelle reste toujours constante pour n'importe quelle longueur : si vous devez obtenir une courbe, il est préférable de la réaliser comme le montre la figure 6.

Le circuit ainsi réalisé doit assurer un **gain** d'au moins **20 dB** à **100 MHz** (si vous ne connaissez pas encore l'utilisation des **dB** et des **dBm** nous vous suggérons de chercher dans votre collection d'**ELECTRONIQUE & loisirs magazine** les articles traitant de cette question). Pour éviter les **saturation**s à cause de la production des **harmoniques**, le signal d'entrée ne doit pas dépasser **-2 dBm** : au dessus de ce niveau, l'amplificateur commence à **saturer**, ce qui dégrade la linéarité et produit ainsi des harmoniques du signal d'entrée.

Parfois ce phénomène est voulu, par exemple dans les étages **multiplieurs de fréquence** où l'harmonique est filtrée et amplifiée afin d'obtenir en sortie un signal ayant une fréquence multiple de celle d'entrée : dans ce cas l'étage amplificateur **MMIC** est piloté avec une puissance quasi égale à la puissance maximale de sortie. Dans certains schémas utilisant des **MMIC**, en série avec la résistance de limitation **R1** on monte une self (les raisons en sont exposées ci-après).

Revenons à l'exemple précédent, où un **MMIC ERA5** est alimenté en **12 V** et où par conséquent la résistance **R1** a

une valeur d'environ **110 Ω** pour obtenir la limitation de courant correcte.

Même si cette résistance est reliée entre la sortie du **MMIC** et la tension d'alimentation, d'un point de vue **dynamique** pour le signal **RF** c'est comme si elle était montée en parallèle sur la sortie : en effet, la présence des condensateurs de **by-pass** fait que le pôle positif d'alimentation est dynamiquement «**masse**» pour le signal **RF** (voir figure 3).

Dans ces conditions, la charge effective que le **MMIC** doit piloter n'est pas seulement celle de **50 Ω** (charge reliée à la sortie), mais comprend aussi la résistance **R1** de polarisation ; la charge complexe dans laquelle le **MMIC** doit débiter est donc égale au parallèle entre la résistance **R1** et le **50 Ω**, soit :

$$R_c = (110 \times 50) : (110 + 50) = 34,3 \Omega$$

Par conséquent la charge est bien éloignée du **50 Ω** idéal. Dans ces conditions de désadaptation un **ROS** (c'est-à-dire un **rapport d'onde stationnaire**) se crée, avec pour conséquence des pertes du signal, ce qui bien entendu réduit le gain théorique de l'étage. Le taux de perte en **dB** peut être calculé de la manière suivante :

1 - calculons d'abord le **VSWR** (Voltage Standing Wave Ratio) :

$$VSWR = 50 : \text{valeur effective de la charge}$$

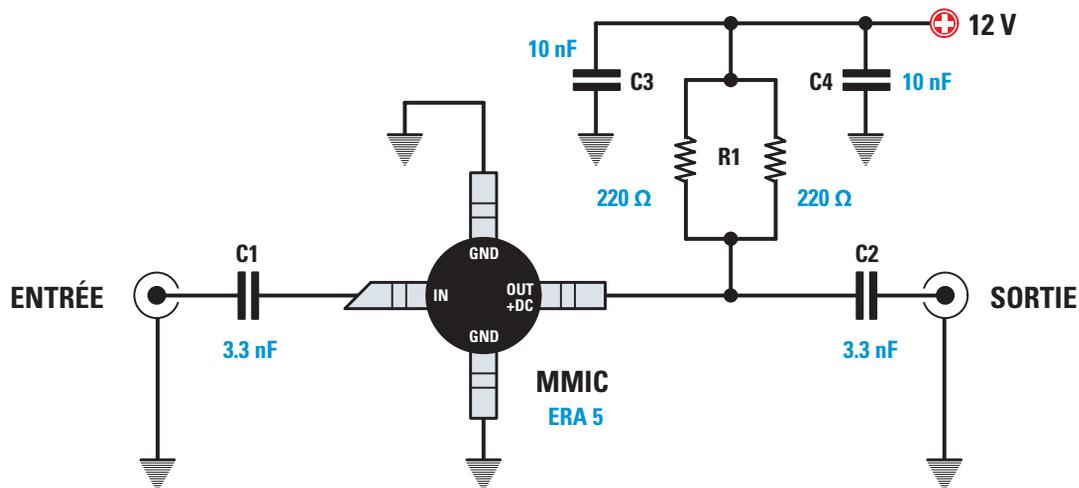


Figure 4 : Dans ce circuit la limitation de courant pour le composant MMIC ERA5 est obtenue par le montage en parallèle des deux résistances R1 (toutes deux de 220 Ω ). La valeur totale obtenue est de 110 Ω comme l'indique le calcul. Si on augmente la capacité des deux condensateurs C1 et C2, il est possible de réduire la fréquence minimale de travail de l'étage.

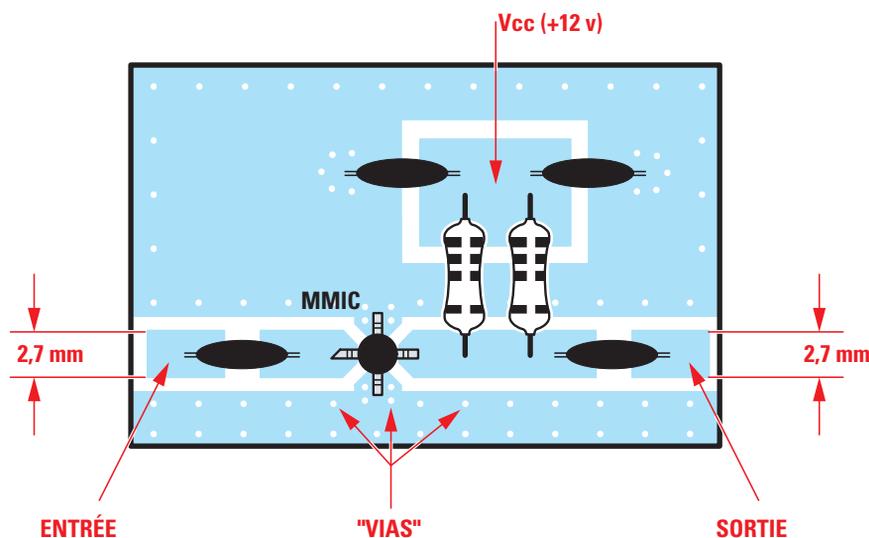


Figure 5 : Ce dessin permet de voir comment réaliser pratiquement le circuit amplificateur. La face cuivrée inférieure du circuit imprimé double face sert de plan de masse. Il faut donc prévoir plusieurs liaisons entre cette face inférieure et la face supérieure au moyen de trous métallisés (VIAS) ou bien à l'aide de trous normaux dans lesquels on enfilerait du fil de cuivre nu de diamètre adéquat (à souder sur les deux faces).

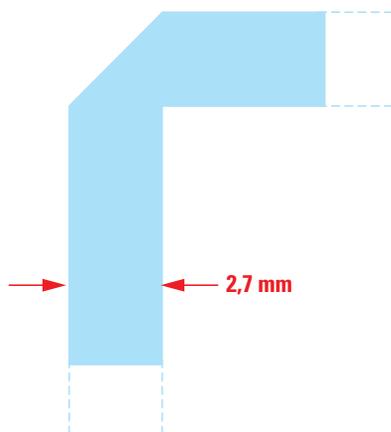
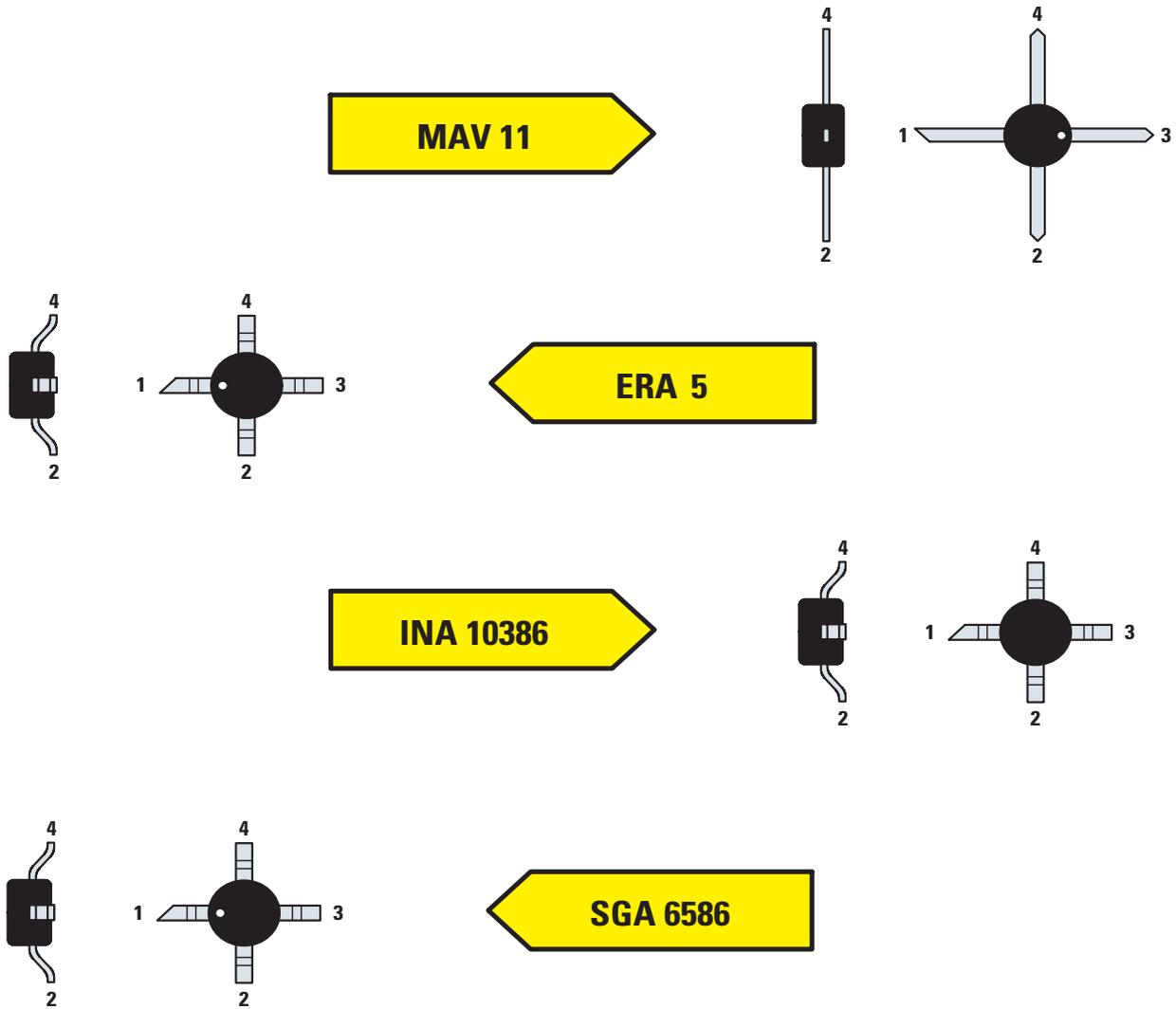


Figure 6 : Ce dessin montre comment procéder s'il est nécessaire d'obtenir une courbe à 90° avec un microstrip, ceci pour éviter une discontinuité de l'impédance caractéristique.



BROCHAGES MMIC	
Broche	Fonction
1	RF INPUT
2	GND
3	RF OUT + DC
4	GND

Figure 7 : Comme vous pouvez le déduire en regardant cette figure, pour savoir quelle est la broche d'entrée d'un amplificateur MMIC, il suffit d'identifier la broche présentant une coupe à 45° ; la broche opposée est celle de sortie et les deux autres sont celles de masse.

Figure 8 : Si on ajoute en série avec la résistance de limitation la self JAF1, on obtient une augmentation du gain et on améliore le ROS de sortie. La self ne doit pas avoir sa fréquence d'auto résonance à l'intérieur de la bande d'utilisation.

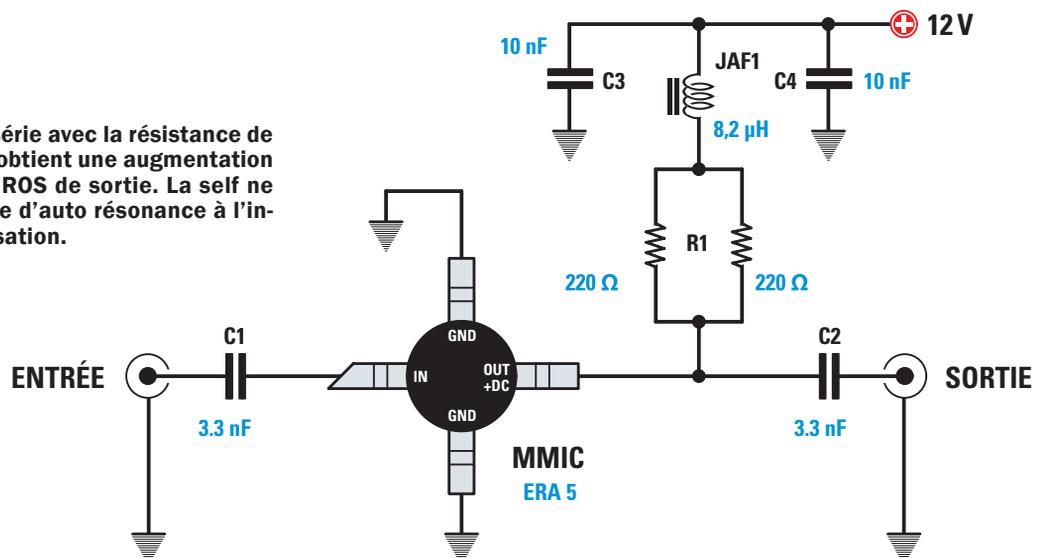


Tableau 2

Return Loss dB	VSWR								
46,064	1,01	13,842	1,51	9,485	2,01	7,327	2,51	5,999	3,01
40,086	1,02	13,708	1,52	9,428	2,02	7,294	2,52	5,97	3,02
36,607	1,03	13,577	1,53	9,372	2,03	7,262	2,53	5,956	3,03
34,151	1,04	13,449	1,54	9,317	2,04	7,230	2,54	5,935	3,04
32,256	1,05	13,324	1,55	9,262	2,05	7,198	2,55	5,914	3,05
30,714	1,06	13,201	1,56	9,208	2,06	7,167	2,56	5,893	3,06
29,417	1,07	13,081	1,57	9,155	2,07	7,135	2,57	5,872	3,07
28,299	1,08	12,964	1,58	9,103	2,08	7,105	2,58	5,852	3,08
27,318	1,09	12,849	1,59	9,051	2,09	7,074	2,59	5,832	3,09
26,444	1,10	12,736	1,60	8,999	2,10	7,044	2,60	5,811	3,10
25,658	1,11	12,625	1,61	8,949	2,11	7,014	2,61	5,791	3,11
24,943	1,12	12,518	1,62	8,899	2,12	6,984	2,62	5,771	3,12
24,289	1,13	12,412	1,63	8,849	2,13	6,954	2,63	5,751	3,13
23,686	1,14	12,308	1,64	8,800	2,14	6,925	2,64	5,732	3,14
23,127	1,15	12,207	1,65	8,752	2,15	6,896	2,65	5,712	3,15
22,607	1,16	12,107	1,66	8,705	2,16	6,867	2,66	5,693	3,16
22,120	1,17	12,009	1,67	8,657	2,17	6,839	2,67	5,674	3,17
21,664	1,18	11,913	1,68	8,611	2,18	6,811	2,68	5,654	3,18
21,234	1,19	11,818	1,69	8,565	2,19	6,783	2,69	5,635	3,19
20,828	1,20	11,725	1,70	8,519	2,20	6,755	2,70	5,617	3,20
20,443	1,21	11,634	1,71	8,474	2,21	6,728	2,71	5,598	3,21
20,079	1,22	11,545	1,72	8,430	2,22	6,700	2,72	5,579	3,22
19,732	1,23	11,457	1,73	8,386	2,23	6,673	2,73	5,561	3,23
19,401	1,24	11,370	1,74	8,342	2,24	6,646	2,74	5,542	3,24
19,085	1,25	11,285	1,75	8,299	2,25	6,620	2,75	5,524	3,25
18,783	1,26	11,202	1,76	8,257	2,26	6,594	2,76	5,506	3,26
18,493	1,27	11,120	1,77	8,215	2,27	6,567	2,77	5,488	3,27
18,216	1,28	11,039	1,78	8,173	2,28	6,541	2,78	5,470	3,28
17,949	1,29	10,960	1,79	8,138	2,29	6,516	2,79	5,452	3,29
17,690	1,30	10,881	1,80	8,091	2,30	6,490	2,80	5,435	3,30
17,445	1,31	10,804	1,81	8,051	2,31	6,465	2,81	5,417	3,31
17,207	1,32	10,729	1,82	8,011	2,32	6,440	2,82	5,400	3,32
16,977	1,33	10,654	1,83	7,972	2,33	6,415	2,83	5,383	3,33
16,755	1,34	10,581	1,84	7,933	2,34	6,390	2,84	5,365	3,34
16,540	1,35	10,509	1,85	7,894	2,35	6,366	2,85	5,348	3,35
16,332	1,36	10,437	1,86	7,856	2,36	6,341	2,86	5,331	3,36
16,131	1,37	10,367	1,87	7,818	2,37	6,317	2,87	5,315	3,37
15,936	1,38	10,298	1,88	7,781	2,38	6,293	2,88	5,298	3,38
15,747	1,39	10,230	1,89	7,744	2,39	6,270	2,89	5,281	3,39
15,563	1,40	10,163	1,90	7,707	2,40	6,246	2,90	5,265	3,40
15,385	1,41	10,097	1,91	7,671	2,41	6,223	2,91	5,248	3,41
15,211	1,42	10,032	1,92	7,635	2,42	6,200	2,92	5,232	3,42
15,043	1,43	9,968	1,93	7,599	2,43	6,177	2,93	5,216	3,43
14,879	1,44	9,904	1,94	7,564	2,44	6,154	2,94	5,200	3,44
14,719	1,45	9,842	1,95	7,529	2,45	6,131	2,95	5,184	3,45
14,564	1,46	9,780	1,96	7,494	2,46	6,109	2,96	5,168	3,46
14,412	1,47	9,720	1,97	7,460	2,47	6,086	2,97	5,152	3,47
14,264	1,48	9,660	1,98	7,426	2,48	6,064	2,98	5,137	3,48
14,120	1,49	9,601	1,99	7,393	2,49	6,042	2,99	5,121	3,49
13,979	1,50	9,542	2,00	7,360	2,50	6,021	3,00	5,105	3,50

Dans notre exemple nous avons :

$$\text{VSWR} = 50 : 34,3 = 1,45$$

2 - la formule permettant de calculer les pertes en **dB** est :

$$-dB = 10 \log x [1 - ((\text{VSWR} - 1) : (\text{VSWR} + 1))]^2$$

**Note** : log est en base 10.

Dans notre exemple nous avons :

$$-dB = 10 \log x [1 - ((1,45 - 1) : (1,45 + 1))]^2 =$$

$$-dB = 10 \log x [1 - (0,45 : 2,45)]^2 =$$

$$-dB = 10 \log x (1 - 0,183)^2 =$$

$$-dB = 10 \log x 0,667 = -1,75 \text{ dB}$$

Par conséquent nous aurons une réduction d'environ **30%** du gain par rapport au gain théorique que l'on peut obtenir avec cet étage. En outre cela dégradera également le **Return Loss (RL)**, un paramètre indiquant l'adaptation de l'impédance de sortie du **MMIC** par rapport à la charge (ou l'inverse). Cette valeur peut être calculée avec la formule :

$$RL = 10 \log x [(VSWR - 1) : (VSWR + 1)]^2$$

Dans notre exemple nous avons :

$$RL = 10 \log x [(1,45 - 1) : (1,45 + 1)]^2$$

$$RL = 10 \log x (0,183)^2 = -14,7 \text{ dB}$$

Au plus cette valeur négative sera élevée, au mieux la charge sera adaptée à la source.

Dans le Tableau 2, il est possible de voir le **return loss** relatif aux différentes valeurs de **VSWR**.

Afin d'éviter que la résistance de polarisation puisse interférer négativement avec les prestations de l'amplificateur et les dégrader, on monte en série avec cette résistance une petite self, de telle façon que sa réactance inductive, en présentant une résistance élevée au

signal **RF** et non au courant continu, contribue à ne pas faire apparaître la résistance de polarisation comme partie de la charge de sortie : on récupère ainsi le gain maximal que l'amplificateur peut offrir.

La valeur de cette self est calculée de telle manière qu'elle présente une réactance inductive **XL** de **500 Ω** à la fréquence minimale du signal d'entrée.

Si, par exemple, nous mettons à **10 MHz** la fréquence minimale de travail, la valeur de la self sera égale à :

$$L = 500 : (6,28 \times F_{\text{MHz}})$$

où :

**L** est la valeur de la self en **μH** ;

**500** est un nombre fixe ;

**6,28** est un nombre fixe ;

**F<sub>MHz</sub>** est la fréquence minimale de travail en **MHz**.

Si nous insérons cette valeur nous obtenons :

$$L = 500 : (6,28 \times \text{MHz}) =$$

$$500 : (6,28 \times 10) =$$

$$500 : 62,8 = 7,96 \text{ μH}$$

valeur que nous pouvons arrondir à **8,2 μH** car c'est la valeur normalisée la plus proche. La figure 6 représente le circuit ainsi modifié.

Avec le logiciel **CAD** pour **hautes fréquences «RFSim99»** il est possible, de manière fort simple, d'effectuer des simulations de désadaptation d'impédances et voir tout de suite comment le **return loss** change en fonction de la valeur de la résistance de charge. ♦

## UN GONIOMÈTRE DOPPLER DE 50 MHz à 1.2 GHz

- Commutation pour 4 antennes .
- Sélection d'impulsions vers le +5V ou vers le 0V pour activer les antennes.
- Rotation des antennes; CW ou CCW.
- Contrôle indépendant de chaque antenne.
- Auto calibration vers le devant du véhicule.
- Afficheur LCD standard de 2 lignes X 16 caractères.
- Un affichage similaire à 36 LED et aussi numérique "000-359" de la direction.
- Tous les menus sont montrés clairement sur l'afficheur LCD.
- Mémoire permanente pour toutes les calibrations et options. .
- Traitement principal du signal fait par le soft.
- Microcontrôleur PIC 16F877, mémoire de programmation Flash, mémoire EEDATA, USART, ADC, chrono...
- Mémorisation de la calibration de 3 radios.
- Sortie chronométrée ou sur demande vers APRS, interface GPS.
- Option d'affichage d'un S-mètre, l'entrée est ajustable de 0 < 2 à 5 V. pour un affichage de 00 < 99.
- 7 niveaux de traitement du signal. Possibilité d'affichage instantané des données brutes.
- Sélectivité Maximum des filtres audio analogue et numérique de +/- 0.1 Hz.
- En cas de perte du signal, mémorisation de la dernière bonne direction.
- Haut-parleur intégré et alimentation 12 Vdc.
- Rétro-éclairage LED de l'afficheur.



Le gonio Doppler RD2 présenté ici n'intègre pas de récepteur particulier. Il est prévu pour être utilisé conjointement à des matériels déjà existants, portatifs, mobiles (dans le cas de recherches sur le terrain) voire fixes. Ainsi, tout récepteur VHF ou UHF, disposant d'une sortie BF, peut être couplé à ce gonio Doppler capable de couvrir une très large plage de fréquences, en fonction des besoins (de 50 MHz à 1,2 GHz). Nous ne sommes donc plus limités, dans le cadre des recherches de balises de détresse, aux seules fréquences 121,5 (ou 121,375), 243 et 406 MHz

RD2 ..... Goniomètre complet sans les antennes ..... 299,00 €

# COMELEC

CD 908 - 13720 BELCODENE

# www.comelec.fr

Tél.: 04 42 70 63 90

Fax: 04 42 70 63 95

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE 80 PAGES ILLUSTRÉES AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DE TOUS LES KITS

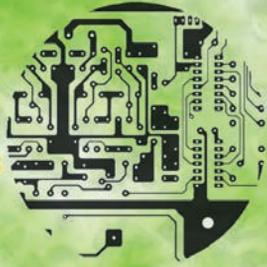
Expéditions dans toute la France. Moins de 5 Kg : port 8,40 €. Règlement à la commande par chèque, mandat ou CB. Bons administratifs acceptés. De nombreux kits sont disponibles, envoyez nous votre adresse et cinq timbres, nous vous ferons parvenir notre catalogue général de 80 pages.

# SERILEC

E.MAIL : SERILEC2@WANADOO.FR

**SPÉCIALISATION:**

PROTOTYPE  
PETITES ET MOYENNES SERIES



**RÉALISATION:**

CIRCUITS SIMPLE FACE  
CIRCUITS DOUBLE FACE  
CIRCUITS MULTICOUCHES DE 3 à 6

FINITION SELECTIVE  
TEST À SONDE

TÉL. : 04.42.24.39.52 FAX : 04.42.24.47.55

70 RUE LOUIS ARMAND  
13795 AIX EN PROVENCE CEDEX

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° 120 ou supérieur

E0119

**ELECTRONIQUE**  
ET LOISIRS  
LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

A PARTIR DU N° 120 ou supérieur



N°

Ci-joint mon règlement de \_\_\_\_\_ € correspondant à un abonnement de 4 revues Annuel

Règlement CB directement sur le site [www.electronique-magazine.com](http://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.

BÉNÉFICIER de 50% de remise\*\* sur les CD-ROM des anciens numéros

## TARIFS FRANCE

4 numéros 28€,00

## TARIFS CEE/EUROPE

4 numéros 32€,00

## DOM-TOM/HORS CEE OU EUROPE:

NOUS CONSULTER SUR  
[www.electronique-magazine.com](http://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

Cherche schéma de multiplexeur et ou électronicien dynamique pour conception d'un stator de moteur (nombre de circuits alimentés, durée de commutation et charges de bobines sont variables.). Cherche aussi schéma de générateur BF d'antibruit ambiant vers enceinte pour bien-être sonore M. Braudel Tél. : 06 38 44 57 57

Achète et recherche Président Lincoln et Jackson 240 canaux même en panne faire offre au Tél. : 03 88 39 98 70

Recherche schéma TV Mitsubishi Réf. CT-29BFST pour réparation. Paiement des frais M. Cougnaud Tél : 06 15 80 81 65 aux repas.

Achète et recherche Multimètre analogique Metrix Modèle 462 faire offre au Tél. : 06 83 63 28 11 E-mail. : schneider.audio@noos.fr

Vends série CMOS de 4000 à 4099 me contacter au Tél. : 03 29 78 76 14 pour le prix

Recherche pour restaurer un ancien récepteur Philips modèle 930A un jeu de lampes comprenant : une lampe B443 deux lampes E438 ou E438B, une lampe 1801, ensemble ou séparément. Faire une offre au Tél. : 02 31 92 14 80

Recherche égaliseur graphique stéréo Yamaha EQ-550 au Tél. : 02 99 33 88 19



## ANNONCEZ-VOUS !

**VOTRE ANNONCE POUR SEULEMENT 2 TIMBRES\* À 0,57 € !**

LIGNES	TEXTE : 30 CARACTÈRES PAR LIGNE. VEUILLEZ RÉDIGER 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 JMJ 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**  
Jean Marc MOSCATI  
redaction@electronique-magazine.com

**Direction - Administration**  
JMJ 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**  
JMJ éditions sarl

**Impression**  
Print Courtage  
25 Bd Bouès  
13003 Marseille

**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

\* prix d'un appel local

**ELECTRONIQUE**  
ET LOISIRS  
LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

EST RÉALISÉ  
EN COLLABORATION AVEC :

**ELECTRONICA**  
Elettronica In

**JMJ éditions**  
Sarl au capital social de 7800 €  
RCS MARSEILLE : 421 860 925  
APE 221E  
Commission paritaire: 1015T79056  
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'Editeur. Toute utilisation des articles de ce magazine à des fins de notice ou à des fins commerciales est soumise à autorisation écrite de l'Editeur. 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'Editeur décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces de publicités insérées dans le magazine et des transactions qui en découlent. L'Editeur 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 :** MINILAB: 3ème partie: construction d'un générateur sinusoïdal Interface AUDIO USB - Un audiomètre médical, vous désirez surveiller votre audition ou celle de vos enfants, appareil facile à réaliser que vous pourrez utiliser également comme oscillographe BF. La résonance série et parallèle d'un quartz. Un jeu de lumières animées par les sons. Filtre paramétrique à module JOP. Testeur de réflexes - Afficheur modulaire à 64 caractères - Rétrospective des montages de Noël - Feu virtuel EN1477 - Simulateur d'aube et crépuscule EN1493 - Enregistreur de voix compact EN1524 - Clignotant à LED bleues - Reproducteur de sons sur EPROM 27256 EN1571 - Etc...

**Au sommaire :** Contrôle de température pour aquarium à cellules de Peltier - Plein feu sur les LED - MINILAB: stop au larcin et autres indiscretions - Mesurer une tension alternative - Adaptateur fréquences pour multimètre - Purificateur d'air électronique à ionisation négative - Soigner l'acrophèné et les vertiges - Charger les batteries avec un dynamo - Jauge de niveau d'eau pour citerne - Oscillateur à quartz et circuit intégré TTL - Diviseur de fréquence numérique - Contrôle de tonalité à un amplificateur opérationnel. Trois préamplificateurs à FET et transistor. Testeur de niveaux logiques pour circuit intégré TTL - Clignotant à quatre LED - Oscillateur à ondes carrées. Etc...

**Au sommaire :** Interphone à un seul circuit intégré - Mesurer la distorsion d'un amplificateur avec un PC - Compteur heures-minutes-secondes, ce compteur de temps ou «timer» offre le choix de compter seulement les secondes ou bien les minutes MINILAB : mesure d'une sinusoïde à l'oscilloscope, apprendre comment mesurer avec l'oscilloscope pour PC l'amplitude d'un signal électrique sinusoïdal et sa fréquence. - Relais piloté par un son ou clap-inter - Deux oscillateurs MAV11 jusqu'à 1 GHz dont un modulé en FM - Mémoire pour le générateur DDS Indicateur lumineux à 12 LED - VCO simple à double monostable - Qu'est-ce que l'impédance et comment la mesurer. Etc...

**Au sommaire :** Réalisez un thérémien en version professionnelle - Deux alimentations à découpage - MINILAB : Émetteur FM 88-96 MHz. Avec le petit émetteur FM de 88-96 MHz, vous comprendrez comment on émet des ondes radio. - Convertisseur N/A USB Avec ce microscopique convertisseur R2R nous allons transformer notre interface USB EN1741 en un convertisseur N/A Numérique/Analogique. - Synthétiseur de 143 MHz à 970 MHz. - Platine universelle pour LM358. - Avec l'antenne active pour ondes courtes que nous vous proposons maintenant de construire, vous pourrez enfin satisfaire votre passion en mettant à profit même un espace vital très réduit... Etc...

**Au sommaire :** Détecteur de trois types de champs polluants «électriques, magnétiques et électromagnétiques» Porté-clé sonore pour MINILAB, avec la commande «Capture», nous vous montrerons comment visualiser sur votre oscilloscope des signaux d'une durée de quelques millièmes de secondes. Capteur infrarouge à réflexion, utile dans de nombreuses applications: contrôle de présence, un interrupteur de proximité etc. Carte USB pour cinq applications et plus - Plicomètre USB pour mesurer la graisse corporelle - Clôture électrique pour protéger les jardins et les élevages. - Microphone actif pour améliorer l'audition - Qu'est-ce que la TNT ?

**8,50 € par revue, frais de port inclus pour la France (CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.)**



**Au sommaire :** Appareil pour la thérapie SHIATSU-CHROME agissant sur ces points par massage, il est possible de restaurer l'équilibre énergétique de l'organisme et de soulager les douleurs et les tensions - Des LED comme éclairage pour créer dans votre maison des effets de lumières enchanteurs - Une alimentation à tout faire avec transformateurs de récupération ayant un secondaire compris entre 13 et 24 V. Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Mesureur de fréquence de la persistance rétinienne pour effectuer des tests très utiles pour mieux connaître l'état de votre vue - Coussinet diffuseur pour la magnétothérapie, vous aurez la possibilité de soigner des zones plus étendues du corps BF. Etc...

**Au sommaire :** Chargeur de batterie sans fil, vous pourrez recharger vos batteries au plomb - Détecteur de métaux à impulsions - Taser/dissuadeur anti agression, dispositif délivrant des impulsions à haute tension, portatif, il peut être utilisé tant pour mesurer l'immunité de nos appareils électroniques par rapport aux parasites que pour la défense personnelle - MINILAB : Lumières psychédéliques à LED - Convertisseur d'ultrasons en sons audibles - Doubler la puissance du linéaire RF 88-108 MHz - Un automatisme pour faire face aux coupures de courant, ce montage vous permet de rallumer automatiquement les appareils domestiques mais pas tous en même temps, afin d'éviter le désagrément du black-out à répétition - Luminaire à LED en 230 V réglable par variateur Etc...

**Au sommaire :** Récepteur DRM s'affranchir des frontières pour l'écoute radio - MINILAB : Lumières psychédéliques Variateur 230 VAC à MOSFET - TESLA La note aiguë d'une soprano, le chant d'un rossignol ou la totalité d'un morceau de musique peuvent-ils être reproduit fidèlement Signalisation d'alarme multifonction cet automatisme simple se prête à de multiples exigences - Sirène-flash anti agression ce dispositif a été conçu pour contribuer à la sécurité personnelle - Alarme anti inondation capacitive Une fuite d'eau peut rapidement se transformer en une petite catastrophe domestique - Facteur Q Léon d'approfondissement, nous examinerons la Quality Factor des composants électroniques - condensateurs et selfs - et celui des circuits résonants. Etc...

**Au sommaire :** Thérémien professionnel ou comment produire de la musique sans toucher l'instrument - Réalisez deux alimentations à découpage élévatrice de tension «step-up» et abaisseur de tension «step-down» - MINILAB : réalisez un émetteur FM de 88-96 MHz - Convertisseur R2R Numérique/Analogique via l'USB - Synthétiseur de fréquence de 143 MHz à 970 MHz avec une résolution de 10 Hz - Platine universelle pour LM358 - amplificateur inverseur - amplificateur non inverseur - amplificateur différentiel - filtre Sallen Key passe-bas du second ordre - filtre Sallen Key passe-haut du second ordre - comparateur de tension à anneau ouvert - oscillateur sinusoïdal à pont de Wien - Antenne active pour ondes courtes - Etc...

**Au sommaire :** Surveiller les fissures des murs avec l'USB - Stand-by (veille) off réactivable avec la télécommande: Réduisez votre facture d'électricité - Mesurer la distorsion avec un simple multimètre - Un selfmètre pour mesurer l'inductance des selfs - Mesurer la température avec le Minilab - Platine universelle pour LM358 (suite) - Nous allons vous proposer en particulier de construire : - un comparateur à fenêtre avec alimentation double - un amplificateur différentiel avec alimentation simple - un sommateur inverseur et non inverseur avec alimentation double - un convertisseur tension / courant - un comparateur trigger de Schmitt - un intégrateur inverseur - un dérivateur inverseur - un amplificateur pour DDS. Etc...

**8,50 € par revue, frais de port inclus pour la France (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**

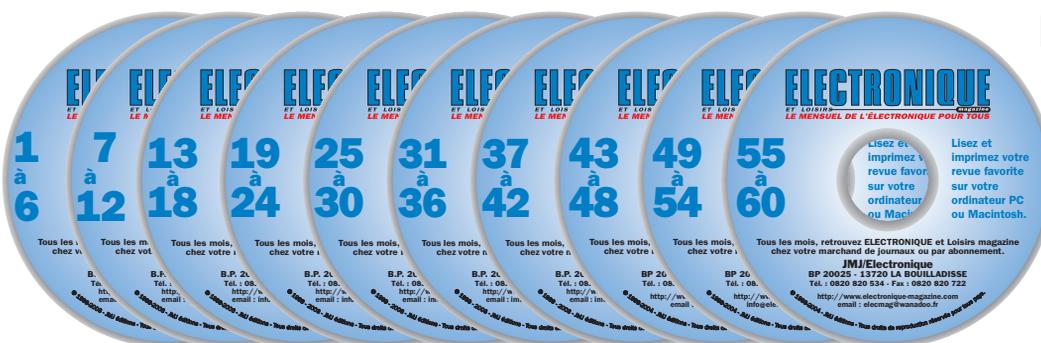


← **COURS**

**SOMMAIRE INTERACTIF ENTièrement IMPRIMABLE**

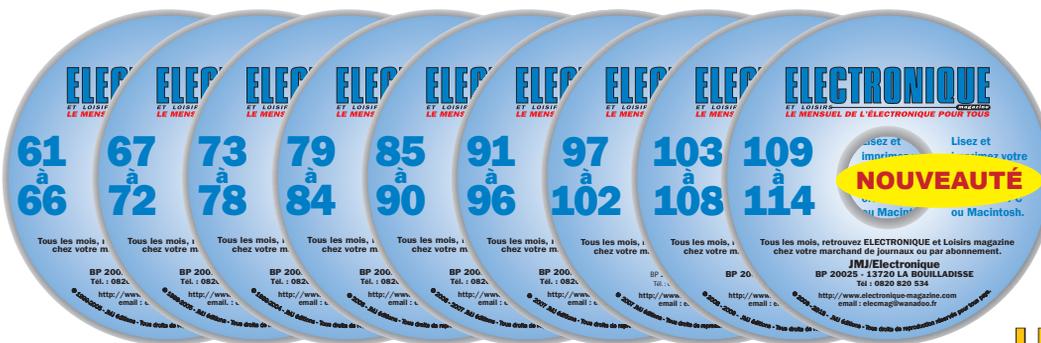


**Numéros spéciaux 5.50 € l'unité**



**LE CD 6 NUMÉROS 25€**

**50% DE REMISE POUR NOS ABONNÉS SUR TOUS LES CD DES ANCIENS NUMÉROS 6 ou 12 NUMÉROS**



**LE CD 12 NUMÉROS 45€**



**FRAIS DE PORT INCLUS POUR LA FRANCE (DOM-TOM ET AUTRES PAYS: NOUS CONSULTER.)**

**JMJ/ELECTRONIQUE - B.P. 20025 - 13720 LA BOULLADISSE** règlement par Chèque à l'ordre de **JMJ ÉDITIONS**  
règlement par Carte Bancaire sur notre site: [www.electronique-magazine.com](http://www.electronique-magazine.com) - téléphone : 0820 820 534

# À la découverte de l'électromédical

## MICROPHONE ACTIF POUR AMÉLIORER L'AUDITION



CUF32  
9,00€

Kit EN1762  
37,50€

CUF10  
6,90€

Version montée EN1762KM 56,25 €

Ce microphone préamplifié vous sera d'une grande utilité si vous souffrez d'un déficit d'acuité auditive et si vous avez besoin d'un support audio externe ou bien si vous aimez capter les sons discrets de l'environnement lors de vos promenades. Le circuit est doté de contrôles de tonalité et de volume et il vous permettra d'égaliser les sons faibles parvenant du monde extérieur.

## DIFFUSEUR POUR LA IONOPHORÈSE



Kit EN1365  
139,00 €

Version montée EN1365KM 198,00 €

Cet appareil permet de soigner l'arthrite, l'arthrose, la sciatique 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.

## GÉNÉRATEUR D'ULTRASONS À USAGE MÉDICAL



Kit EN1627  
315,00 €

Version montée EN1627KM 441,00 €

Cet appareil à ultrasons que nous vous proposons est un générateur d'ultrasons à usage médical : il vous rendra de grands services pour traiter de nombreuses affections (Arthropathie, Arthrose, Arthrite, Névrite, Périarthrite, Tendinite, Epicondylite, Traumatisme par contusion, Retard de consolidation osseuse, Adiposité localisée, Ostéite, Myalgie, Bursite, Lombalgie, Rigidité et douleur articulaire)

## THÉRAPIE PHOTODYNAMIQUE À LED ROUGE



Kit EN1747  
26,70 €

Version montée EN1747KM 38,50 €

Cet appareil permet de tonifier les muscles, de calmer les douleurs articulaires, soigner les verres, traiter l'acné, les taches de la peau, réduire la cellulite et rajeunir l'épiderme en atténuant les rides et autres imperfections. Les rayons infrarouges émis par des LED spéciales ont un effet bénéfique sur l'épiderme.

## CESSEZ DE FUMER GRÂCE À ÉLECTRONIQUE LM ET SON ÉLECTROPUNCTEUR



Kit EN1621  
24,50 €

Version montée EN1621KM 36,00 €

Cesser de fumer sans l'aide de contributeurs externes est plutôt difficile ! L'électrostimulateur, ou électropuncteur, que nous vous proposons 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.

## MAGNETOTHÉRAPIE VERSION VOITURE



Kit EN1324  
89,90 €

Version montée EN1324KM 116,00 €

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).

## GÉNÉRATEUR D'IONS NÉGATIFS POUR AUTOMOBILE



Kit EN1010  
47,00 €

Version montée EN1010KM 69,00 €

Cet appareil se branche sur l'allume-cigare, il a 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.

## STIMULATEUR MUSCULAIRE



Kit EN1003  
59,00 €

Version montée EN1003KM 75,00 €

Cet appareil permet de soulager des douleurs tels que l'arthrose, les céphalées. Il est très pratique à utiliser et de faible encombrement,

## STIMULATEUR ANALGESIQUE



Kit EN1408  
147,10 €

Version montée EN1408KM 189,10 €

Tonifier ses muscles sans effort grâce à l'électronique. Cet appareil Tonifie et renforce les muscles, livré avec (4 électrodes).