

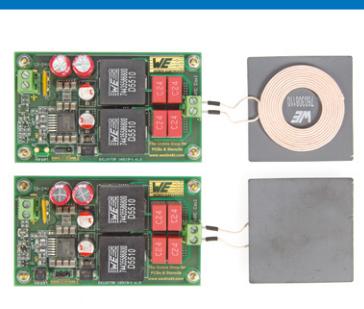


# elektor

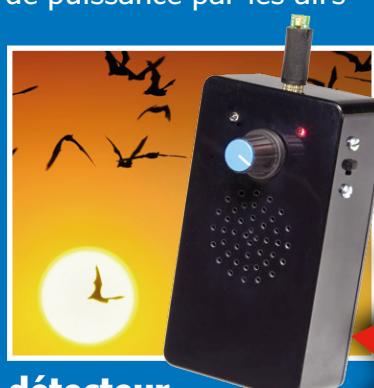
DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER



Windows  
commande Arduino  
par USB et Bluetooth



des watts sans fil  
transfert de 50 W  
de puissance par les airs



déTECTEUR  
de chauve-souris  
PLUS

ISSN 0181-7450

## carte de commande Wi-Fi : le retour



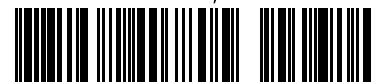
reliez  
des objets  
à votre ordiphone

webradio à tubes fluorescents (VFD) • Industrie 4.0 • SDR d'Elektor réinventé : antenne • Q & R : la CAO • Walabot (capteur 3D pour ordiphone) • mémoires magnétiques • ampli en classe A simple (LM317) • CircuitMaker • imprimante 3D : impression de circuits imprimés • microphone MEMS minuscule • Rétronique : MOS Clock5314(1974) • trucs & astuces : sortir des cosses

Dans cette édition :  
3 projets du labo  
2 projets de lecteur  
Wi-Fi, SDR, USB, VFD,  
Bluetooth ...

(B) 7,90 € • (CH) 13,20 CHF • (CAN) 9,75 CAD • DOM surface 8,20 e • DOM avion 10,20 €  
TOM surface 940 XPF • TOM avion 1620 XPF • Réu/A 9,70 € • Cal/S 950 CFP • Cal/A 1560 CFP • And 7,20 €

L 19624 -461 - F: 7,80 € - RD



- Plus de 45 ans d'expérience
- Envoi en 24 heures
- Plus de 60 000 produits

## TECHNIQUE DE DÉVELOPPEMENT

chez reichelt.fr ! ... prix très intéressants et livraison rapide !

« Le moyen le plus simple d'utiliser le Raspberry Pi !  
Modulable et polyvalent — ça compte ! » »

LE SPOT PUBLICITAIRE DE REICHELT



rch.lt/vfr

FIND OUT MORE ►



### LE PORTABLE MAKER

Le **pi-top** est un portable DIY Raspberry Pi. Mettez la platine Sie Raspberry Pi dont vous disposez dans un pi-top et c'est tout de suite parti ! Idéal pour programmer lorsque vous êtes en déplacement.

- Ecran HD 13,3"
- Carte SD (8 GB) avec pi-topOS préinstallé
- Temps de l'accu : 10 heures

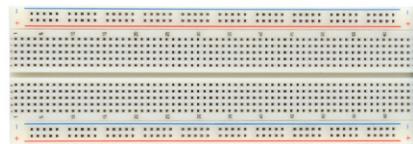
RASP PI-TOP D GN

**252,02**

(sans platine Raspberry Pi)  
(disponible également en anthracite)

#### POUR LE TRAVAIL ET LES LOISIRS PLATINE D'ESSAI À ENFICHER

- 1x terminal de contact, 640 contacts
- 2x terminaux répartiteurs, 200 contacts
- Dimensions : 66 x 174 x 8,5 mm



**2,48**  
STECKBOARD 1K2V

LA TOUTE DERNIÈRE GÉNÉRATION !

### RASPBERRY PI 3

- Processeur Quad Core 1200 MHZ ARM Cortex-A53 64 bits
- 1024 MB RAM LPDDR2
- VideoCore IV Dual-Core-GPU
- WLAN, BT, LAN, USB, HDMI, 40 I/O, CSI, DS1, Audio, ...
- Compatible Windows 10 IoT, Raspbian, RaspBMC, Arch Linux, ...



RaspberryPi

4X 1,2 GHZ

WLAN ONBOARD

10 FOIS PLUS RAPIDE QUE  
LA PREMIÈRE GÉNÉRATION



au lieu de 33,53  
**31,51**  
RASPBERRY PI 3

#### KIT FILS MÉTALLIQUES DE PONTAGE

- 140 pièces



**3,32**  
STECKBOARD DBS

 **ABONNEZ-VOUS DÈS  
MAINTENANT ET GAGNEZ !**

Nous offrons tous les mois par tirage au sort un super cadeau technique aux abonnés de notre Newsletter !

**PARTICIPER MAINTENANT ►**



<http://rch.lt/news>

Prix du jour! Prix à la date du: 22. 9. 2016 Prix en € hors T.V.A., frais de port en sus · reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (Germany) Les langues de notre boutique: 

#### MODES DE PAIEMENT INTERNATIONAUX:



ACHETER EN LIGNE TOUT SIMPLEMENT !



**www.reichelt.fr**

ASSISTANCE TÉLÉPHONIQUE EN ANGLAIS: +49 (0)4422 955-360



Elektor est édité par :  
PUBLITRONIC SARL  
c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
FR - 95731 Roissy CDG Cedex

**@ : service@elektor.fr**  
Tél. : (+33) 01.49.19.26.19  
**du lundi au vendredi de 10h à 13h**  
  
Fax : (+33) 01.49.19.22.37  
  
www.elektor.fr | www.elektormagazine.fr

Banque ABN AMRO : Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603  
BIC : ABNAFRPP

**Publicité :**  
Fabio Romagnoli +32 485 65 40 90  
fabio.romagnoli@eimworld.com

**DROITS D'AUTEUR :**  
© 2016 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 -art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.

Imprimé aux Pays-Bas  
par Seneffeler Misset – Doetinchem  
Distribué en France par M.L.P.  
et en Belgique par A.M.P.



## l'édito

Depuis la rentrée de septembre, les salons professionnels, les journées techniques, les remises de prix se succèdent, mais ne se ressemblent pas. Chacun à sa manière montre que l'électronique change et parfois améliore notre vie. En novembre, c'est au tour d'Elektor de s'exhiber. Nous serons présents en force au salon *electronica 2016* de Munich (Allemagne). Du 8 au 11 novembre, notre stand de 500 m<sup>2</sup> accueillera notamment les candidats du concours *electronica Fast Forward Award 2016*. Nous saurons enfin qui sont les gagnants. Vous, lecteurs et visiteurs, pourrez découvrir – et toucher – nos meilleurs projets récents, en discuter avec nos rédacteurs, et converser avec auteurs et concepteurs.



Passons aux choses moins sérieuses. Un de nos lecteurs, fidèle et actif, m'a envoyé pour rire un lien vers un site qui commercialise des *amulettes Crystal Quantum Radio*. Ces pendentifs sont constitués d'un anneau argenté dans lequel quelques composants passifs (résistances, diodes, condensateurs, bobines...) sont soudés en montage volant dépourvu de toute source d'alimentation. Les dénominations *psychobrouilleur*, *chasseur de fantôme de luxe* ou encore *French drop...* sont aussi mystérieuses que leur mode de fonctionnement. Je suppose que leur principe actif est dans leur prix : 125 \$ ! Soit l'équivalent de trois Raspberry Pi...

Tant qu'à changer ma vie avec l'électronique, au lieu de poudre de perlumpinpin, je choisis de lui donner plutôt un goût de framboise ou de pitaya.

Marilene Thiebaut-Brodier

## Notre équipe

Rédactrice en chef :	Marilene Thiebaut-Brodier (redaction@elektor.fr)
Rédaction internationale :	Thijs Beckers, Jan Buiting, Jens Nickel
Laboratoire :	Ton Giesberts, Luc Lemmens, Clemens Valens (responsable), Jan Visser
Coordination :	Hedwig Hennekens
Ont coopéré à ce numéro :	Thierry Destinobles, Robert Grignard, Émilie Hentges, Jean-Louis Mehren, Denis Meyer, Hervé Moreau, Kévin Petit
Service de la clientèle :	Cindy Tijssen
Graphistes :	Giel Dols, Mart Schroijen, Patrick Wielders
Elektor en ligne :	Daniëlle Mertens

- 5 Bientôt dans Elektor
- 6 Elektor : guide de connexion(s)
- 24 *The Big Red 2017*  
donner raison à la passion
- 26 ElektorBusiness  
Industrie 4.0  
selon un fabricant de semi-conducteurs
- 63 agenda  
novembre 2016
- 64 l'e-choppe d'Elektor
- 80 des nouvelles du monde d'elektor
- 82 hexadoku  
casse-tête pour elektorniciens

**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 8 bienvenue dans la section DÉCOUVRIR
- 9 les mémoires magnétiques  
drôle de composant n°27
- 10 Windows commande Arduino  
par USB et Bluetooth
- 18 CircuitMaker  
trucs & astuces (3)
- 20 Walabot – un capteur 3D  
pour votre ordiphone  
il voit à travers les murs !
- 22 Q & R  
(presque) tout ce que vous avez toujours  
voulu savoir sur... la CAO

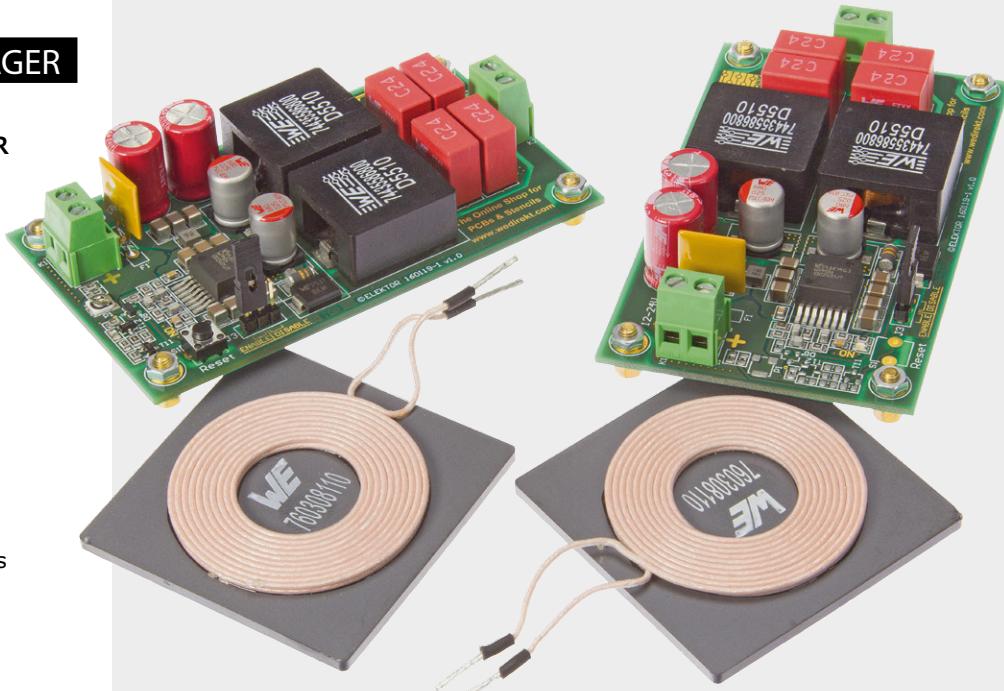
**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 29 bienvenue dans la section CRÉER
- 30 amplificateur en classe A simple  
avec le LM317
- 32 carte de commande Wi-Fi : le retour  
reliez des objets à votre ordiphone
- 36 détecteur de chauve-souris<sup>PLUS</sup>  
avec diviseur de fréquence et extraction  
d'amplitude

# 36

## détecteur de chauve-souris<sup>PLUS</sup>

avec diviseur de fréquence et  
extraction d'amplitude



**des watts sans fil**  
transfert de 50 W de puissance  
par les airs

# 56

En collaboration avec Würth Elektronik, nous présentons un ensemble de deux modules capables de transmettre sans fil, avec un rendement élevé, une puissance de 50 W sur une distance de quelques centimètres. Nos lecteurs peuvent se procurer l'ensemble à un prix spécial pour se lancer dans l'expérimentation de cette technique prometteuse.



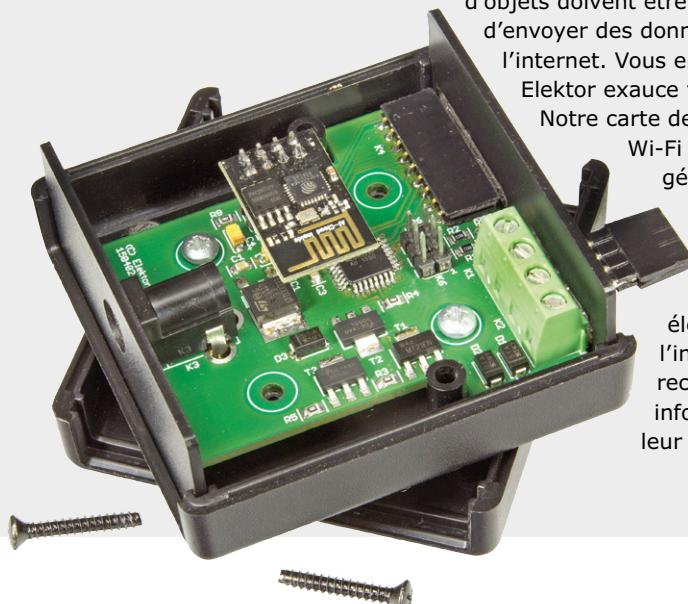
## carte de commande Wi-Fi : le retour

32

### reliez des objets à votre ordiphone

Tout le monde veut des objets connectés. Tout, à l'exception peut-être de l'humeur du chien, se doit de pouvoir être commandé avec un ordiphone ou une tablette et de plus en plus d'objets doivent être capables d'envoyer des données via l'internet. Vous en rêvez, Elektor exaucé vos vœux.

Notre carte de commande Wi-Fi nouvelle génération vous permettra de commander des charges électriques via l'internet et de recevoir des informations sur leur état.



- 47 **SDR d'Elektor réinventé (3)**  
quelle antenne pour la radio ?
- 50 **webradio à tubes fluorescents (1)**  
la technique actuelle s'affiche à l'ancienne
- 56 **des watts sans fil**  
transfert de 50 W de puissance par les airs

**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 69 **bienvenue dans la section PARTAGER**  
Nixie « Canada Dry », épisode 2
- 70 **microphone MEMS minuscule**  
pour le détecteur de chauve-souris<sup>PLUS</sup>
- 72 **imprimer vos circuits imprimés avec une imprimante 3D**  
Des solutions ingénieuses, avec de l'élastomère, un marqueur ou un laser
- 74 **Rétronique**  
MOS Clock 5314 (1974) – précision numérique et affichage des secondes !
- 78 **trucs et astuces**  
serrir des cosses

### bientôt sur ces pages

Le prochain numéro combinera comme toujours théorie et pratique pour **apprendre, concevoir et partager** une électronique qui étonne.

#### Extrait du sommaire du prochain numéro :

- Ampli audio
- Axicat, outil de développement polyvalent sur USB
- Capteurs pour Arduino et Cie
- Débogage Arduino M0
- Interface *mbed* Elektor
- Matrice de LED
- Prototype Tabula
- Radio Raspberry Pi
- *Shield* pour l'Internet des Objets etc.

Sous réserve de modification.

Le numéro de décembre 2016 paraîtra le 23 novembre 2016.

# la communauté d'Elektor

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

Elektor, c'est bien plus qu'un simple magazine. C'est une communauté d'électroniciens, du débutant au professionnel, désireux d'apprendre, de concevoir et de partager une électronique qui étonne.



**Boutique en ligne d'Elektor** : la caverne d'Ali Baba des électroniciens ! 10 % de remise permanente pour les membres GREEN et GOLD. [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor Magazine** : dix numéros par an d'électronique inédite (projets, banc d'essais, cours, trucs et astuces, actualité...). [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr)



**Elektor PCB Service** : gravure à la demande de vos circuits imprimés, en un ou plusieurs exemplaires. [www.elektorpbservice.com](http://www.elektorpbservice.com)



**Elektor GRATUIT & SANS PAPIERS** : lettre d'information à l'affût des nouveautés. C'est gratuit : [www.elektor.fr/inscription](http://www.elektor.fr/inscription)



**Elektor Academy** : l'apprentissage par la pratique au travers de webinaires, séminaires, ateliers, DVD... [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor livres & DVD** : Arduino, Raspberry Pi, microcontrôleurs, Linux et bien d'autres. 10 % de remise pour les membres ! [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor TV** : présentations, comptes-rendus, déballage et évaluation de produits. Pour y voir plus clair. [www.youtube.com/user/ElektorIM](http://www.youtube.com/user/ElektorIM)



**Elektor Labs** : l'incubateur où partager ses projets et participer à ceux des autres. Nous faisons grandir vos idées ! [www.elektormagazine.fr/labs](http://www.elektormagazine.fr/labs)

## connectez-vous à notre communauté

### formule

### GREEN 92,50 € par an

- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✗ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

[www.elektor.fr/formule-greencard](http://www.elektor.fr/formule-greencard)

### formule

### GOLD 127,50 € par an

- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✓ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✓ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

[www.elektor.fr/formule-goldcard](http://www.elektor.fr/formule-goldcard)

### formule

### GRATUITE

- ✗ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✗ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✗ 10 x magazine numérique
- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✗ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

[www.elektor.fr/inscription](http://www.elektor.fr/inscription)

82

248153

1040

489

235332

pays

membres actifs

experts &amp; auteurs

publications

visiteurs (par mois)

# www.elektormagazine.fr

## Explorez le monde de l'électronique

Entièrement rénové, notre site offre aux mordus d'électronique tout un monde de projets, d'articles et vidéos. Un bouton en haut du menu donne accès aux versions française, néerlandaise, allemande et anglaise du site. Le moteur de recherche intelligent permet de trouver rapidement informations et articles. Avec l'abonnement GREEN ou GOLD, vous pouvez naviguer dans toutes les archives d'Elektor et profiter de services complémentaires : offres et remises exclusives... Vous avez également accès aux préférences de votre compte, y compris l'abonnement au magazine papier et à la lettre d'information Elektor.

The screenshot shows the Elektor website homepage. At the top, there's a navigation bar with links for 'NOUVELLES', 'MAGAZINES', 'ELEKTOR LABS', 'ARTICLES', 'SELECT PAGES', and 'LETTRE D'INFORMATION'. Below the navigation is a search bar. The main content area features several news articles with images and titles. One article is titled 'Python : c'est le résultat qui compte' and another is 'Banc d'essai : kit Bluetooth Smart Development d'Anaren'. To the right, there's a sidebar with categories like 'composants', 'auto & moto', 'initiation & formation', 'Elektor', 'alimentation', 'ordinateurs', 'audio/vidéo/photo', 'loisirs & modélisme', 'microcontrôleurs', 'domestique', 'Internet of Things', 'Robotics', 'Wearables', 'PCB Design', 'Tools & Printing', 'Embedded Programming', 'Sensors', 'Leds - Composants', 'Drones', and 'publinouvelles'. At the bottom right, there's a promotional banner for 'des produits attrayants des offres quotidiennes'.

# Elektor : gratuit & sans papiers

## Restez informé, restez passionné !

Comme plus de 120 000 autres électroniciens, grâce à notre lettre d'information gratuite Elektor, vous êtes au courant des dernières tendances et des récents développements de l'électronique.

En outre, les abonnés à Elektor reçoivent régulièrement des offres et remises spéciales pour la boutique en ligne.

**Pour vous abonner :**  
[www.elektor.fr/inscription](http://www.elektor.fr/inscription)

The screenshot shows the cover of 'Elektor.POST' magazine, issue #155, dated 20 décembre 2015. The cover features a close-up image of a soldering iron being used on a green printed circuit board. Below the image, the text 'PAR LE RÉDACTEUR' is visible. A news item titled 'LimiFrog : une grenouille qui va faire un bœuf !' is shown, written by Denis Meyer. The text describes the LimiFrog as a programmable ultra-compact module designed for inventing and prototyping. The magazine cover also includes the text 'NUMÉRO #155' and '20 décembre 2015'.

# bienvenue dans la section **DÉCOUVRIR**



Jens Nickel (Elektor)

## La suite a tardé à venir



C'est sûrement à cause de cet été très chaud que je n'ai pas eu le courage de m'attaquer au 11<sup>e</sup> épisode de mon voyage dans le nuage avant la fin septembre ;-) Comme je l'ai expliqué ici même le mois dernier, j'ai écrit un petit programme pour PC qui pilote, avec des commandes AT, la puce WLAN ESP8266 sur la carte Pretzel. La puce se connecte, à la demande, à un serveur de test (*broker*) sur l'internet comme client MQTT et elle peut même publier des messages. Toutefois le déjà connu courtier Mosquitto ainsi que le très apprécié HiveMQ ont réagi aux premières tentatives avec une coupure de la connexion. Cela est dû au fait que je laisse l'ESP8266 envoyer les caractères « CrLf ». Sans ces caractères ça fonctionne correctement. Après avoir changé de port COM pour le *thread* de réception en cours, j'ai mis le point final au logiciel et enfin publié un nouvel épisode. J'ai failli laisser le mot de passe de mon réseau dans le code mis en ligne...

Lorsque vous lirez ces lignes, l'épisode 12 de mon voyage dans le nuage sera peut-être en ligne : [www.elektormagazine.fr/tags/mon-voyage-dans-le-nuage](http://www.elektormagazine.fr/tags/mon-voyage-dans-le-nuage)

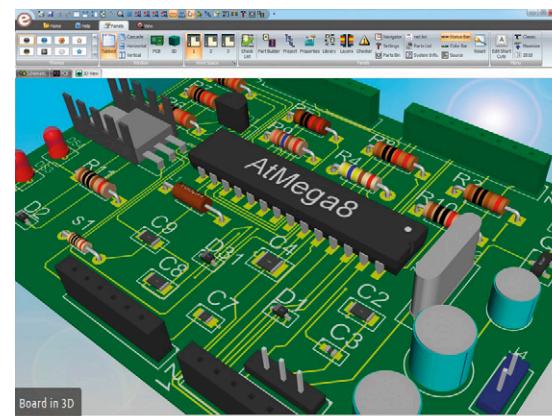
## Tables tactiles

Nous avons parlé dans nos colonnes du projet Tabula – Elektor est fortement impliqué dans la conception de ce matériel. Des objets *manipulables*, dotés d'un circuit électronique (les *tangibles*) peuvent être détectés par des écrans tactiles et doivent permettre à des élèves et à des étudiants de comprendre plus facilement des notions compliquées de l'informatique ou d'autres sciences. Pour se lancer, il fallait de grandes surfaces tactiles, c'est pourquoi le consortium a commandé plusieurs écrans géants de type *Microsoft Surface Hub* qui seront montés sur des tables. Les premiers colis sont arrivés au *Human-Computer Interaction Center* de l'université technique de Rhénanie-Westphalie à Aix-la-Chapelle. Naturellement Elektor a également réceptionné un écran pour son laboratoire d'Aix-la-Chapelle.

## Le plein de CAO

Ma première tâche chez Elektor – il y a maintenant plus de 10 ans – fut de faire traduire un très long article. Il s'agissait d'une présentation des programmes de conception assistée par ordinateur (CAO) ; ils étaient alors proposés en version de démonstration sur un DVD-ROM joint au magazine. Aujourd'hui, les DVD ont disparu, mais nos lecteurs sont toujours intéressés par les logiciels de CAO gratuits.

C'est pourquoi mes collègues Harry Baggen et Thijs Beckers préparent un article qui donnera une vue d'ensemble des différents logiciels gratuits. Et comme les rédacteurs d'il y a dix ans, ils s'efforceront de présenter les points forts et les points faibles de ces différents programmes. L'article devrait paraître dans le prochain numéro, bien entendu dans la section Découvrir. ▶



(160174)

# les mémoires magnétiques

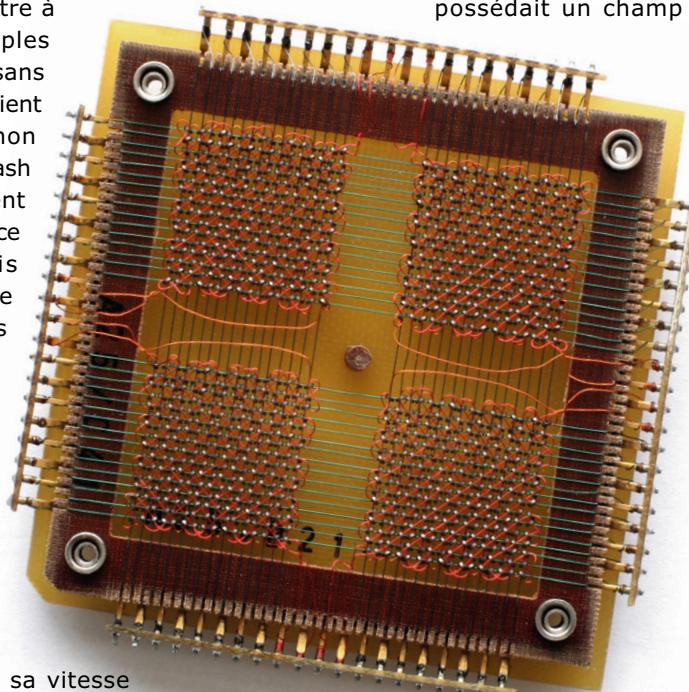
## drôle de composant n°27

**Neil Gruending** (Canada)

De nos jours, entre SRAM, DRAM, Flash et EEPROM, il n'y a que l'embarras du choix pour sauvegarder des données. Les mémoires à accès aléatoire (RAM) de type SRAM et DRAM stockent l'information avec un condensateur, ce qui leur permet d'être à la fois rapides et simples à utiliser. Par contre, sans alimentation, elles oublient tout. Les mémoires non volatiles telles que la Flash ou l'EEPROM conservent leur contenu en l'absence d'alimentation, mais au prix d'une vitesse moindre et de méthodes d'accès plus complexes. Et si nous parlions de la mémoire magnétique qui combine les avantages des deux ? L'un des premiers types disponibles était la mémoire à tores magnétiques, utilisée dans les années 50 et 60 pour sa vitesse bien supérieure à celle d'autres technologies telles que les tubes de Williams (tubes cathodiques). Elle doit son nom à ses tores magnétiques traversés par les fils utilisés pour les opérations de lecture/écriture. Chaque tore contient un 1 ou un 0, en fonction du sens de magnétisation. Mais, petit inconvénient, chaque lecture détruit l'information et il faut un circuit de commande capable de s'en accommoder. Cette méthode de stockage s'est avérée très fiable et pouvait même résister à une IEM. Mais les tores étaient très difficiles à fabriquer, ce qui faisait flamber le prix. Cette mémoire a été supplantée par la SRAM, apparue dans les années 60. Le musée d'histoire de l'informatique à Mountain View (Californie) possède une belle collection de mémoires à tores magnétiques. N'oubliez pas d'acheter dans la boutique de sou-

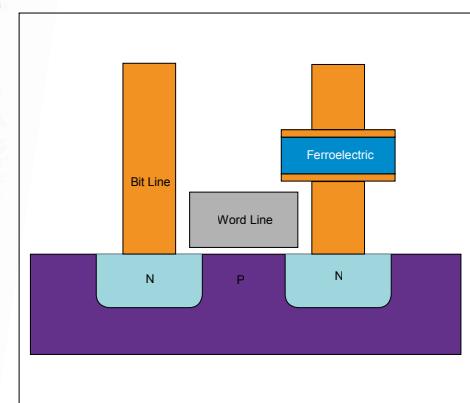
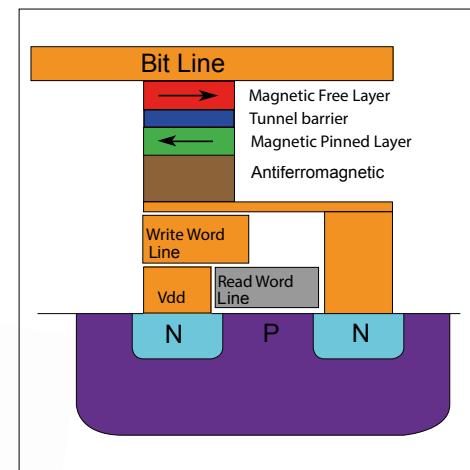
venirs un sous-verre avec une image de mémoire magnétique.

La mémoire magnétique des temps modernes est sans conteste la RAM magnétorésistive ou MRAM développée au cours des trente dernières années. Les premières versions utilisaient des plaques ferromagnétiques séparées par une couche d'isolant. L'une des plaques possédait un champ



magnétique permanent tandis que la magnétisation de l'autre plaque pouvait être modifiée pour stocker un bit. L'état logique de la cellule était ensuite déterminé en mesurant sa résistance qui change en fonction de l'orientation du champ magnétique de la plaque, modifiable par rapport à celle dont le champ est permanent. Les MRAM plus récentes utilisent le couple de transfert de spin des électrons dans les cellules pour diminuer leur consommation d'énergie.

Un autre type de mémoire est la RAM ferroélectrique (FRAM), développée en parallèle de la MRAM. La DRAM conventionnelle utilise un transistor et un condensateur par cellule mémoire. Pour faire une cellule de FRAM, il suffit de remplacer le diélectrique par un matériau ferroélectrique. Ce dernier change le comportement



linéaire de la cellule pour une hystérésis magnétique qui confère à la FRAM sa non-volatilité. Écrire dans une cellule de FRAM est plutôt direct, mais la lecture requiert qu'un transistor mette la cellule dans un état connu. Ensuite on surveille la cellule pour voir si le matériau ferroélectrique entraîne la circulation d'un courant. Cela efface également le contenu de la cellule qu'il faut réécrire.

Les MRAM et FRAM sont toutes deux produites de nos jours par diverses entreprises. Les puces MRAM privilégient la densité et la vitesse tandis que les FRAM se concentrent sur la réduction de la consommation énergétique. L'une et l'autre sont, pour sûr, intéressantes !

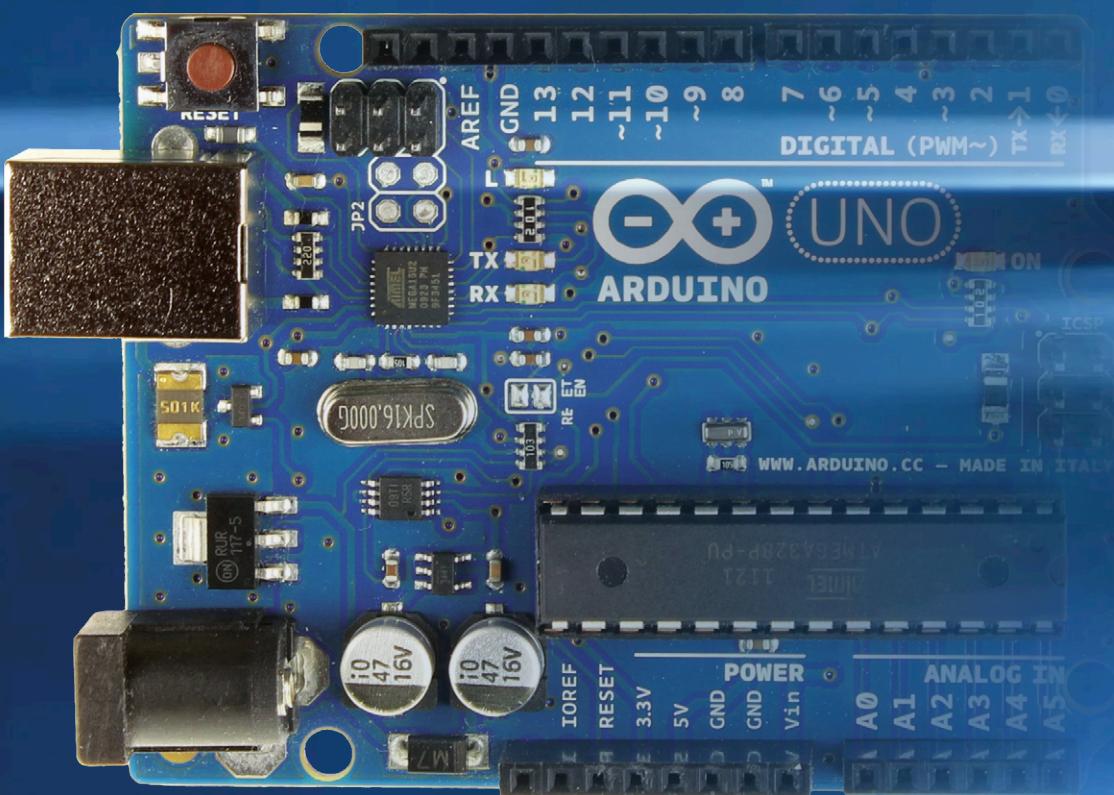
(160016 – version française : Kévin Petit)

Crédit des figures : Wikimedia



Envoyez-moi vos idées en quelques lignes ou sous forme d'un article déjà rédigé : [neil@gruending.net](mailto:neil@gruending.net)

# Windows commande Arduino par USB et Bluetooth



Les ordiphones Windows occupent actuellement une part non négligeable du marché. Le nouveau système d'exploitation Windows Mobile 10 offre plusieurs possibilités pour utiliser un téléphone ou une tablette Windows comme centre de commande d'un projet électronique. Il est possible par ex. de communiquer avec une carte Arduino par USB ou Bluetooth. Microsoft met à disposition des concepteurs les bibliothèques nécessaires.

**Tam Hanna**

Les développeurs sous Windows Mobile 10 peuvent communiquer avec du matériel extérieur de différentes façons. Le choix le plus naturel est la connexion par câble USB. Avec Windows Mobile 10, les développeurs tiers peuvent à nouveau utiliser

l'API (*Application Programming Interface*) des pilotes USB. La programmation à l'aide de l'API, une interface complexe, ne vaut pas la peine pour les petites séries et les projets des amateurs. Microsoft propose néanmoins d'autres interfaces de programmation qui facilitent la connexion entre matériel et ordiphone pour les développeurs.



### Carte Arduino télécommandée

Le protocole « Firmata » est populaire dans le monde Arduino [1]. Ce protocole, dérivé du protocole MIDI, permet par exemple de mettre certaines broches de port au niveau haut ou bas. À l'inverse, la carte Arduino peut transmettre des mesures enregistrées par une entrée analogique.

Microsoft offre une API spécifique, *Windows Remote Arduino*, qui rend ce protocole compatible avec Windows Mobile 10. Le développeur d'application peut ainsi utiliser les fonctions rendues disponibles pour par ex. envoyer un signal afin de régler le niveau d'une broche de carte Arduino sans devoir connaître les détails du protocole :

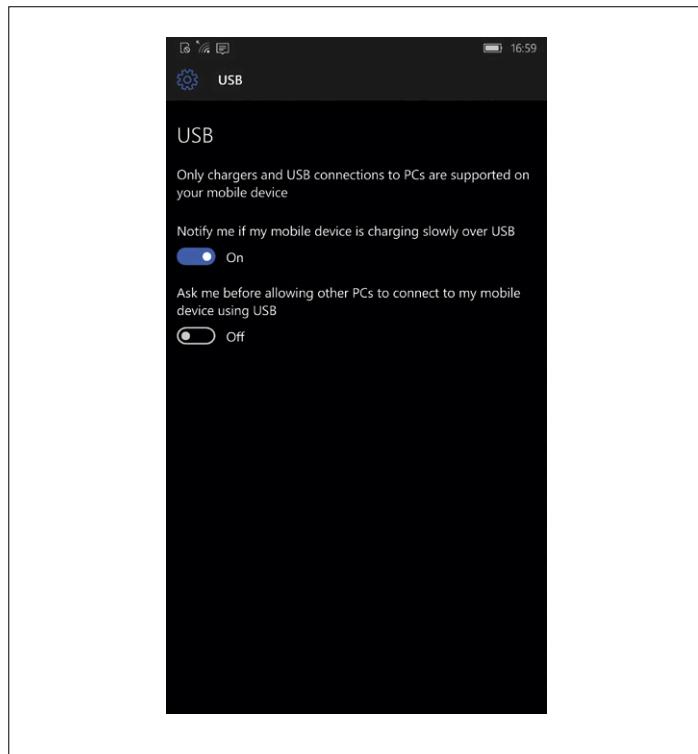


Figure 1. Ce téléphone n'est pas compatible avec l'USB OTG.

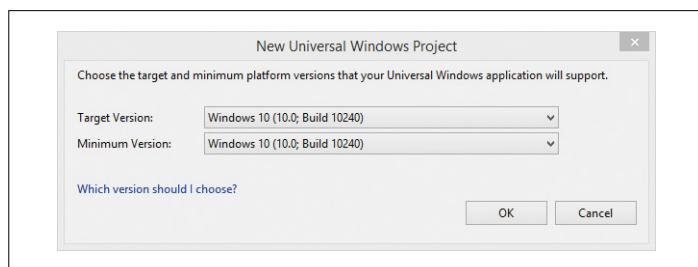


Figure 2. De quelle variante s'agit-il ?

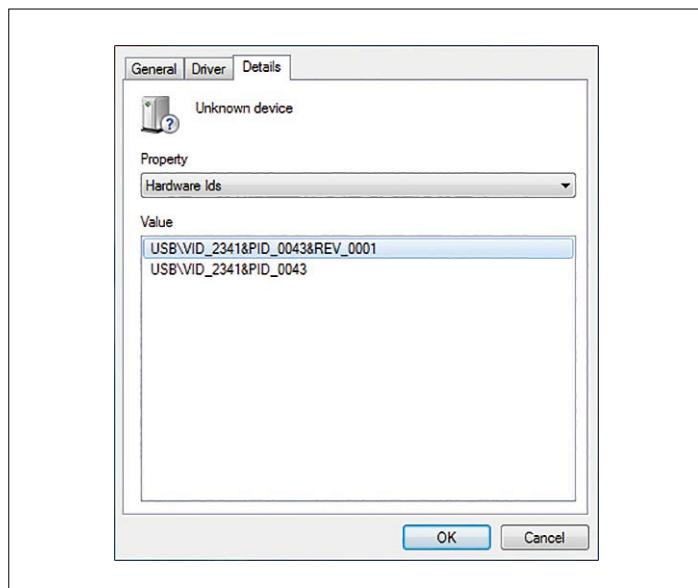


Figure 3. Les VID et PID identifient de manière unique un appareil USB.

```
myArduino.digitalWrite(13, Microsoft.Maker.RemoteWiring.  
PinState.Low);
```

Comme nous allons le voir (et l'essayer), on peut utiliser l'API tant pour la communication par câble USB que par Bluetooth. Avant la lecture de cet article, nous vous recommandons de consulter la petite série d'articles « Windows sur la RasPi » (Elektor 12/2015 [2], 01/2016 et 04/2016) ; nous y abordons entre autres l'utilisation de Visual Studio et d'objets .NET. Comme d'habitude, nous recommandons aux novices de recopier le code à la lettre, puis de progressivement y apporter des modifications. Vous pouvez télécharger le code source de cet article en [3].

### Câble USB

Essayons d'abord la communication par câble USB. Pour cela, il faut un ordiphone Windows Phone 10 qui offre un support complet de l'USB. On peut le vérifier dans l'application *Paramètres* : cliquez sur *Settings*, passez à la rubrique *Devices* et cherchez l'entrée *USB*. Le message d'erreur affiché dans la **figure 1** apparaît sur les appareils non compatibles.

Le modèle *Windows → Universal → Blank App (Universal Windows)* crée dans Visual Studio 2015 un projet qui se lance tant sur un ordiphone que sur un ordinateur. Vous pouvez exécuter notre exemple de programme sur votre ordinateur, si vous connectez la carte Arduino à l'ordinateur et utilisez Windows 10 comme système d'exploitation hôte.

Visual Studio demande dans certains cas (comme dans la **figure 2**) la version à utiliser de la plate-forme Universal Windows. Dans ce cas, sélectionnez la version la moins élevée.

Depuis un certain temps, Microsoft propose un gestionnaire des bibliothèques externes pour Visual Studio, « NuGet », qui peut être téléchargé à partir des bibliothèques communes directement dans le projet actif. *Windows Remote Arduino* en fait partie : cliquez sur *Tools → NuGet Package Manager → Package Manager Console* pour ouvrir le gestionnaire. Entrez dans la fenêtre qui apparaît la commande *Install-Package Windows-Remote-Arduino* pour télécharger les paquets nécessaires depuis l'internet et les intégrer dans votre projet. Il faut ajouter à la main une permission nécessaire sous Windows 10 pour la communication avec le matériel. Effectuez un clic droit sur le fichier *Package.appxmanifest* et sélectionnez l'option *View Code*. Modifiez ensuite le contenu du fichier *manifeste* comme suit :

```
<Capabilities>  
<Capability Name=>internetClient</>  
<DeviceCapability Name=>serialcommunication</>  
<Device Id=>any</>  
    <Function Type=>name:serialPort</>  
</Device>  
</DeviceCapability>  
</Capabilities>
```

Veillez à ce qu'un fichier de manifeste avec l'attribut *DeviceCapability* ne soit plus modifiable avec l'éditeur graphique : un bogue que Microsoft connaît déjà entraîne dans ce cas la corruption du contenu.

Les actions préparatoires se terminent ainsi. Procurez-vous un câble USB OTG adapté à votre téléphone qui convertit le port combiné mini-USB de votre téléphone en un port hôte USB normal. Pour tester le câble, utilisez une clé USB. Si celle-ci est reconnue, vous pouvez sans problème connecter une carte Arduino.

Si vous n'utilisez pas une carte originale Arduino UNO, vous devez d'abord connecter la carte à un PC, car vous devez récupérer les VID (*Vendor ID*) et PID (*Product ID*) de la carte. Ouvrez le gestionnaire de périphériques et recherchez la carte Arduino dans la rubrique *Connexion ou Ports*. Un clic droit vous permet d'ouvrir la page des propriétés, les paramètres recherchés se trouvent sous *Details* → *Hardware Ids*. Avec une carte Arduino Uno, la fenêtre se présente comme dans la **figure 3**.

### Code pour Arduino

Côté Arduino, nous pouvons accéder au logiciel standard Firmata qui se trouve sous *Fichier* → *Exemples* → *Firmata* → *StandardFirmata*. Nous devons doubler la bande passante de la communication pour améliorer les performances du système. Firmata fonctionne par défaut à 57600 bps, une valeur très conservatrice, nécessaire uniquement lorsque le processeur est soumis à une charge supplémentaire élevée ou lors de l'utilisation de la fonction I2C (voir aussi [4]).

```
void setup()
{
    Firmata.setFirmwareVersion(FIRMATA_MAJOR_VERSION,
        FIRMATA_MINOR_VERSION);

    . .
}
```

```
Firmata.begin(115200);

. .

}
```

### Code pour Windows

Ensuite, ouvrez le fichier de mise en page du projet Visual Studio pour y ajouter une étiquette qui peut contenir du texte :

```
<Grid Background={ThemeResource ApplicationPageBackgroundThemeBrush}>
    <TextBlock Name=»TxtStatus»/>
</Grid>
```

L'environnement de programmation [Windows Remote Arduino](#) est composé de plusieurs couches. Dans le cas d'une connexion via le port USB, le code nécessaire ressemble au **listage 1**. Toutes les fonctions qui doivent être exécutées au début du programme sont dans le constructeur de la page principale *MainPage()*. Tout d'abord, il faut créer un objet de la classe *UsbSerial* produit, et maintenant vous pouvez voir pourquoi nous avons besoin des VID et PID de la carte Arduino. Lors de la création de l'objet *myArduino*, il faut donner cet objet USB nommé *myUSB* comme paramètre.

Si la connexion a échoué, le message correspondant apparaît dans l'étiquette. Il n'y a pas lieu de paniquer lors du premier démarrage du programme ; tout devrait toutefois fonctionner lors du prochain démarrage du programme.

### Listage 1. Contrôler des broches par USB.

```
public sealed partial class MainPage : Page
{
    UsbSerial myUSB;
    Microsoft.Maker.RemoteWiring.RemoteDevice myArduino;

    public MainPage()
    {
        this.InitializeComponent();
        myUSB = new UsbSerial("VID_2341", "PID_0043");
        myArduino = new Microsoft.Maker.RemoteWiring.
        RemoteDevice(myUSB);
        myUSB.ConnectionEstablished +=
        MyUSB_ConnectionEstablished;
        myUSB.ConnectionFailed += MyUSB_ConnectionFailed;
        myUSB.begin(115200, Microsoft.Maker.Serial.
        SerialConfig.SERIAL_8N1);
    }

    private void MyUSB_ConnectionFailed(string message)
    {
        TxtStatus.Text = „Connection failed“;
    }

    private void MyUSB_ConnectionEstablished()
    {
        TxtStatus.Text = “Connection to Arduino!“;
    }
}
```

```
runner();

}

async private void runner()
{
    await Task.Run(() => innerRunner());
}

void innerRunner()
{
    myArduino.pinMode(13, Microsoft.Maker.RemoteWiring.
    PinMode.OUTPUT);
    for (;;)
    {
        myArduino.digitalWrite(13, Microsoft.Maker.
        RemoteWiring.PinState.LOW);
        myArduino.digitalWrite(13, Microsoft.Maker.
        RemoteWiring.PinState.HIGH);
        myArduino.digitalWrite(13, Microsoft.Maker.
        RemoteWiring.PinState.LOW);
        myArduino.digitalWrite(13, Microsoft.Maker.
        RemoteWiring.PinState.HIGH);
    }
}
```

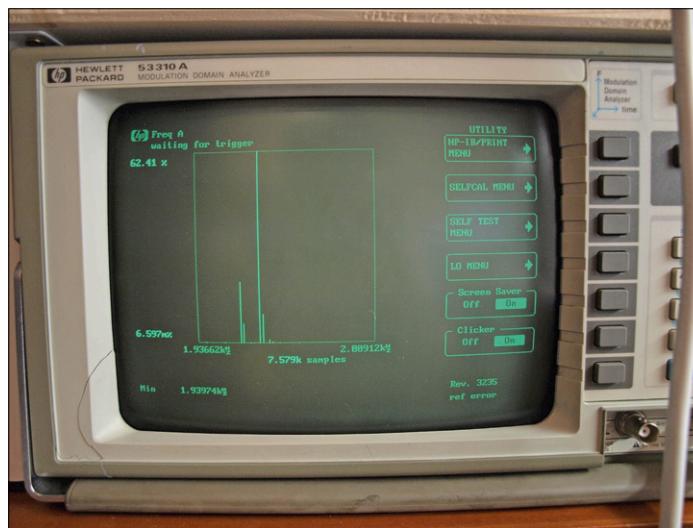


Figure 4. Le signal carré est relativement stable.

#### Seulement pour Windows 10 !

Même si la documentation de [Windows Remote Arduino](#) promet autre chose : le produit ne fonctionne correctement que sous Windows 10. L'auteur déconseille d'utiliser Windows 8.1 suite à une expérience personnelle douloureuse. Il est possible d'utiliser sans problème Windows 8.1 comme système hôte pour Visual Studio si on a physiquement un Windows Phone 10.

#### Et tu, Yun ?

Une carte Arduino Yun est la méthode la plus aisée pour utiliser [Windows Remote Arduino](#) grâce à son module radio WiFi. Une adaptation de configuration est malheureusement nécessaire. Les détails sont décrits en [7].

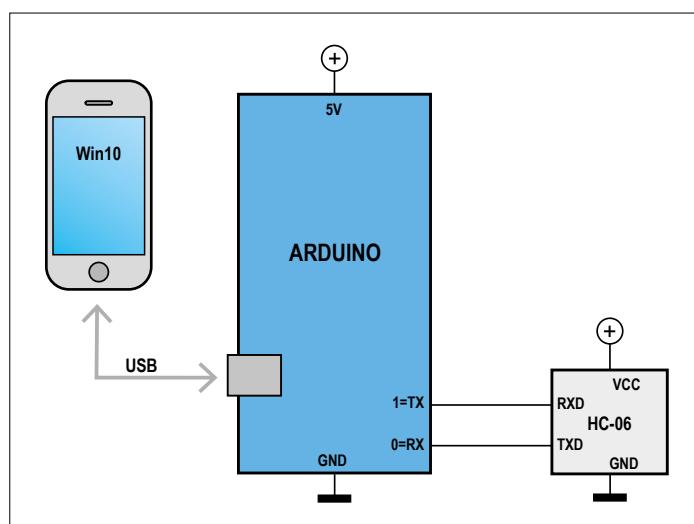


Figure 5. C'est simple d'ajouter le Bluetooth à une carte Arduino.

Si la connexion fonctionne, le message de réussite est affiché dans l'étiquette et un nouveau fil (*thread*) est démarré avec `runner()`. Ce fil permet de sélectionner pour la broche 13, alternativement les niveaux haut et bas, pour produire une onde carrée. Le tout fonctionne dans les coulisses avec les octets de commande qui sont envoyés à la carte Arduino. Cela ne concerne cependant pas le développeur d'applications. L'API implémentée dans [Windows Remote Arduino](#) est étroitement liée à l'API Arduino normale, les fonctions sont semblables à celles d'un croquis Arduino ordinaire.

Les appareils Windows Mobile n'acceptent des programmes que lorsqu'ils sont en mode développeur sous *Paramètres* → *Mises à jour & Sécurité* → *Pour les développeurs*. Ensuite déployez le programme de contrôle sur le téléphone et veillez à sélectionner la plate-forme cible appropriée dans le champ *Architecture*. La carte Arduino connectée émet un signal carré au lancement du programme. L'image représentée par la **figure 4** est produite grâce à un analyseur de spectre de l'auteur.

#### Bluetooth pour Arduino

Le Bluetooth fonctionne sur pratiquement tous les téléphones Windows. Il est possible d'ajouter cette fonction à une carte Arduino à l'aide d'un module de type HC-06 bon marché, commandé chez AliExpress. La connexion est si primitive que le schéma de la **figure 5** est presque inutile.

Il faut envisager de passer à la version antérieure de la bibliothèque Firmata, si l'on constate une petite incompatibilité. Ouvrez le gestionnaire de bibliothèques de l'IDE Arduino et installez la version 2.4.4 pour supprimer l'erreur documentée en [5]. Ensuite, vous devez encore adapter le code à la vitesse de transmission du module qui est de 9600 bps par défaut :

```
void setup()
{
  Firmata.setFirmwareVersion(FIRMATA_MAJOR_VERSION,
    FIRMATA_MINOR_VERSION);
  ...
  Firmata.begin(9600);
  ...
}
```

#### Bluetooth sous Windows

Une nouvelle bibliothèque est nécessaire sur Windows Phone pour donner accès au Bluetooth. Votre modification du fichier `Package.appxmanifest` doit être faite à la main, car l'éditeur déclare incorrectement les « capacités internes » :

```
<Capabilities>
<Capability Name=>internetClient</>
  <DeviceCapability Name=>bluetooth.rfcomm</>
<Device Id=>any</>
<Function Type=>name:serialPort</>>
</Device>
</DeviceCapability>
</Capabilities>
```

Notre programme qui tourne sur Windows Phone [3] appelle

## Listage 2. Connexion par Bluetooth.

```

BluetoothSerial myBTSerial;
Microsoft.Maker.RemoteWiring.RemoteDevice myArduino;
public MainPage()
{
    this.InitializeComponent();
    btScanner();
}

async public void btScanner()
{
    var radios = await Radio.GetRadiosAsync();
    var bluetoothRadio = radios.FirstOrDefault(radio =>
        radio.Kind == RadioKind.Bluetooth);

    if (bluetoothRadio != null && bluetoothRadio.State == RadioState.On)
        TxtStatus.Text = "Scan!";
}

```

dans le cadre du constructeur `MainPage()` la fonction `btScanner()` (voir **listage 2**). À la place de l'objet `UsbSerial` utilisé jusqu'à présent, nous avons recours à une instance de `BluetoothSerial`, prévue pour une communication sur courte distance.

La fonction `btScanner` sert plusieurs maîtres : à la première étape, nous utilisons la méthode `GetRadiosAsync` pour obtenir une liste de tous les modules radio installés dans le téléphone actuellement utilisé. Si le module radio standard est présent et activé, nous lançons le processus d'analyse à l'étape suivante. L'objet radio retourné par `GetRadiosAsync` présente une propriété intéressante : si on l'inspecte dans le débogueur, il semble vide. Son contenu n'apparaît sur l'écran que pendant l'énumération. Dans le code, nous nous limitons à sélectionner le premier module et à établir une connexion avec lui.

Avant d'exécuter le programme, vous devez appairer le module avec Windows Phone 10. Le moteur de recherche intégré dans `Windows Remote Arduino` trouve uniquement les modules radio ayant une relation d'appairage. L'ID requis dans le cadre des appariements est 1234 pour un module dans la configuration d'origine.

La pile Bluetooth de Microsoft a l'une ou l'autre particularité qui, en conjonction avec le micrologiciel souvent peu stable du module radio, conduit à l'hilarité. Leur élimination commence par un redémarrage du module. Si cela ne fonctionne pas, il faut redémarrer le téléphone.

Le reste du programme Windows est le même que pour le câble USB ; nous mettons la broche 13 de la carte Arduino au niveau haut, puis au niveau bas.

**La figure 6** montre la forme de l'onde du point de vue de l'analyseur de spectre. Il est évident que la connexion sans fil cause de plus gros problèmes de latence.

### Brut de décoffrage

La bibliothèque Firmata est un grand soulagement pour les concepteurs inexpérimentés en informatique. Si vous voulez

```

DeviceInformationCollection aColl = await
BluetoothSerial.listAvailableDevicesAsync();
TxtStatus.Text += "\n Result: " + aColl.Count().
ToString();
if (aColl.Count() > 0){
    myBTSerial = new BluetoothSerial(aColl[0]);
    myArduino = new Microsoft.Maker.RemoteWiring.
RemoteDevice(myBTSerial);
    myBTSerial.ConnectionEstablished +=
    MyBTSerial_ConnectionEstablished;
    myBTSerial.ConnectionFailed +=
    MyBTSerial_ConnectionFailed;
    myBTSerial.begin(9600, Microsoft.Maker.Serial.
SerialConfig.SERIAL_8N1);
}
else {
    TxtStatus.Text = "No BT-Module!";
}
}

```

tirer le maximum du matériel, vous devez impérativement implémenter votre protocole propre. Nous voulons aborder ici brièvement ce sujet.

Pour accroître la motivation et alimenter la réflexion sur la résolution des problèmes, nous utiliserons ici un écran OLED qui communique par SPI. Nos fidèles lecteurs connaissent bien l'écran de 0,96 pouce présenté dans l'édition d'avril 2016 [6]. Connectez-le à la carte Arduino (déjà reliée au module Bluetooth), ce qui donne le circuit représenté sur la **figure 7**.

Comme la tâche est plus complexe, nous pouvons créer un nouveau projet à ce stade. Son constructeur appelle également, comme dans les exemples de code précédents, la méthode asynchrone `runner()` responsable du traitement de la communication de données (**listage 3**).

Nous ouvrons un `StreamSocket` après le processus d'analyse. Cette classe assure également des connexions série au matériel externe dans la plate-forme Windows Universal.

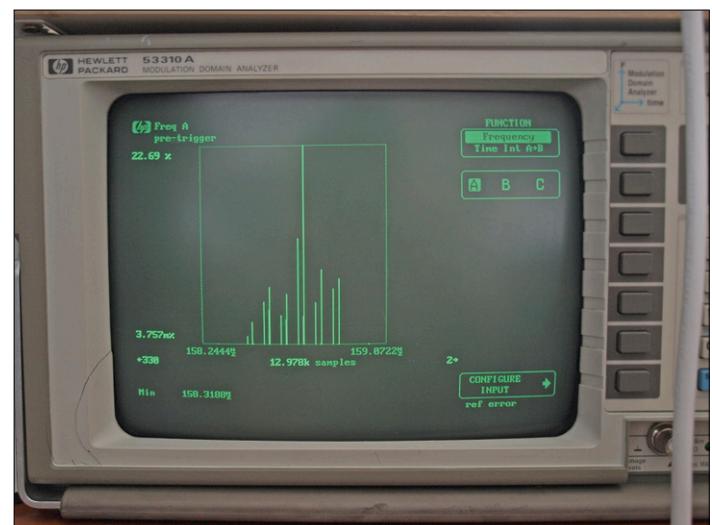


Figure 6. Le Bluetooth est plus soumis aux latences que les liaisons filaires.

**Listage 3. Envoyer des caractères depuis l'ordiphone.**

```
public sealed partial class MainPage : Page
{
    RfcommDeviceService myService;
    StreamSocket mySocket;
    DataWriter myWriter;

    public MainPage()
    {
        this.InitializeComponent();
        runner();
    }

    async void runner()
    {
        DeviceInformationCollection dIC = await
        DeviceInformation.FindAllAsync(RfcommDeviceService.
        GetDeviceSelector(RfcommServiceId.SerialPort));
        myService = await RfcommDeviceService.
        FromIdAsync(dIC[0].Id);
        DeviceInformation a = dIC[0];
        mySocket = new StreamSocket();
        try
        {

```

```
            await mySocket.ConnectAsync(myService.
            ConnectionHostName, myService.
            ConnectionServiceName);
            byte[] thisChar = { (byte)1, (byte)'H', (byte)'e',
            (byte)'l', (byte)'l', (byte)'o', (byte)0 };
            myWriter = new DataWriter(mySocket.OutputStream);
            while (1 == 1)
            {
                myWriter.WriteBytes(thisChar);
                Task<UInt32> aTask = myWriter.StoreAsync().
                AsTask();
                await aTask;
                await Task.Delay(250);
            }
        }
        catch (Exception e)
        {
            e = e;
        }
    }
}
```

**Listage 4. Recevoir des caractères avec la carte Arduino.**

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define OLED_MOSI 9
#define OLED_CLK 10
#define OLED_DC 11
#define OLED_CS 12
#define OLED_RESET 13
Adafruit_SSD1306 display(OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_-
    DC, OLED_RESET, OLED_CS);

char mode=0;
char readCtr=0;
char myField[32];

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC);
    display.clearDisplay();
    delay(2000);
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.println("Online!");
    display.display();
}

void loop() {
    if(Serial.available())
    {
        switch(mode)
        {
            case 0: // attendre Départ

```

```
            if(Serial.available())
            {
                char val=Serial.read();
                if(val==1){
                    mode=1;
                    readCtr=0;
                }
                break;
            case 1: // lire et reproduire
                if(Serial.available())
                {
                    char val=Serial.read();
                    if(val==0){
                        // fin

                        myField[readCtr]=val;
                        display.clearDisplay();
                        display.setTextSize(2);
                        display.setTextColor(WHITE);
                        display.setCursor(0,0);
                        display.println(myField);
                        display.display();
                        readCtr=0;
                        mode=0;
                    }
                    else
                    {
                        myField[readCtr]=val;
                        readCtr++;
                    }
                }
                break;
            }
        }
    }
}
```

Après avoir établi la connexion, nous créons le flux de bits à transmettre, qui est ensuite enregistré sur le socket destiné à la carte Arduino par une classe `DataWriter`.

Cette procédure, très complexe à première vue, est nécessaire, puisque l'inscription des données transmises par `WriteBytes` ne survient que dans le cadre du traitement de la tâche `AsyncTasks` retournée par la fonction `StoreAsync`. À l'étape suivante, nous attendons 250 ms pour donner le temps à la carte Arduino de recevoir les données transmises. C'est nécessaire pour éviter la surcharge du tampon. Une telle erreur se manifeste par un écran comme celui de la **figure 8**.

À la fin du code, on trouve encore une petite finesse concernant .NET. L'utilisation de `e = e` facilite le placement d'un point d'arrêt, avec lequel nous pouvons analyser une éventuelle *Exception*.

### Croquis Arduino

Ainsi, nous pouvons nous tourner vers le croquis qui tourne sur la carte Arduino Uno. La bibliothèque de pilotes nécessaire pour l'écran est disponible au téléchargement dans le gestionnaire de bibliothèques sous le nom « Adafruit SSD1306 ». Pour des raisons de confort, nous voulons recourir à la bibliothèque Adafruit GFX qui prépare les graphiques de base.

Dans le cadre de la fonction `setup()`, nous donnons à la bibliothèque `display` l'ordre d'établir une connexion avec notre écran (**listage 4**).

Tout le génie se trouve dans la méthode `loop` qui réalise un petit automate fini. Expliquons-nous : un automate fini est un programme qui alterne entre plusieurs états de fonctionnement définis. Dans notre cas, il s'agit d'indiquer soit l'attente du bit de commencement 1, soit la réception de bits.

De cette façon, cette version du programme est également exécutable. Les erreurs de type « *No more data is available*. (Exception from HRESULT: 0x80070103) » sont supprimées en relançant le téléphone et/ou le module radio.

### En résumé

La mauvaise réputation de Windows Mobile 10 n'est pas méritée, la communication par Bluetooth fonctionne globalement sans problèmes. Cet article se limite à envoyer des informations du téléphone à la carte Arduino. Dans les deux cas, il est naturellement également possible de recevoir des données. ↵

(150763 – version française : Thierry Destinobles)

### Ça ne marche pas !

Quand une application basée sur *Windows Remote Arduino* ne veut absolument pas se connecter à la carte Arduino, vous pouvez vérifier le fonctionnement du matériel et du téléphone ainsi que la version de Firmata grâce à *Windows Remote Arduino Experience*, programme disponible dans la boutique d'applications de Microsoft.

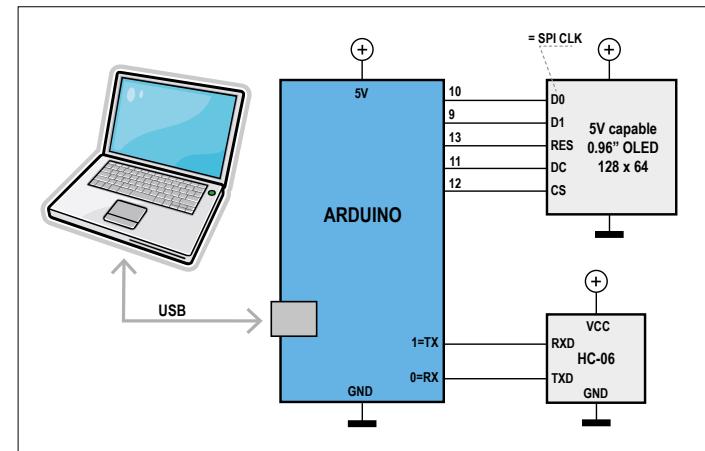


Figure 7. Interfaces SPI et série vont de pair.

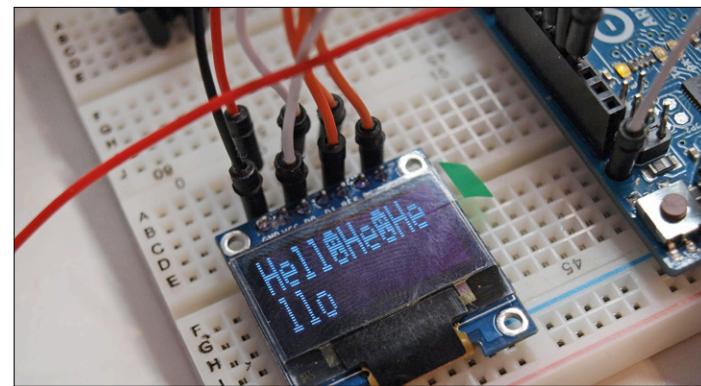


Figure 8. Ici, trop de données ont été transférées.

### Liens

- [1] Protocole Firmata : [www.arduino.cc/en/Reference/Firmata](http://www.arduino.cc/en/Reference/Firmata)
- [2] Windows sur la carte RPI (1), Elektor 12/2015 : [www.elektormagazine.fr/150465](http://www.elektormagazine.fr/150465)
- [3] Page de cet article : [www.elektormagazine.fr/150763](http://www.elektormagazine.fr/150763)
- [4] <https://sourceforge.net/p/firmata/mailman/message/22824115/>
- [5] <https://github.com/ms-iot/remote-wiring/issues/80>
- [6] Windows sur la carte RPI (3), Elektor 04/2016 : [www.elektormagazine.fr/150520](http://www.elektormagazine.fr/150520)
- [7] <https://create.arduino.cc/projecthub/mohanp/windows-remote-arduino-yun-wifi-and-networkserial-b3290a>

### Trop lent !

Le module HC-06 fonctionne à 9600 bps par défaut. Il faut lui envoyer une commande AT pour obtenir une vitesse plus élevée. Vous trouverez d'autres informations à ce sujet dans la documentation.

# CIRCUITMAKER

## trucs & astuces (3)

Neil Gruending (Canada)

### création d'un circuit imprimé

L'épisode précédent nous a appris à ajouter un schéma à un projet. Nous verrons ici comment créer une carte et des fichiers Gerber.

#### Du schéma à la carte

Commençons par ajouter un circuit imprimé (PCB, *Printed-Circuit Board*) à notre projet avec la commande *Home* → *Add new PCB*. Le fichier que CircuitMaker nous invite à baptiser contient une carte dont les dimensions sont par défaut 100 mm × 100 mm (**fig. 1**).

Nous pouvons changer ces dimensions via *Home* → *Board* → *Board Shape* → *Redefine Board Shape* et *Edit Board Shape*, mais la méthode recommandée est de dessiner la forme de la carte sur la couche *Keepout* au moyen des outils *Line* et *Arc*. De cette façon les lignes formant la zone d'exclusion (*keepout*) s'appliqueront aussi au placement des composants et aux règles de routage. Une fois la carte dessinée, nous sélectionnons tous

les éléments de la couche *Keepout* via *Home* → *Clipboard* → *Select All on Layer*, puis cliquons sur *Define From Selected Objects* du menu *Board Shape*.

Nous pouvons maintenant transférer vers la carte les composants du schéma avec *Home* → *Project* → *Update PCB Document*. CircuitMaker compile alors automatiquement tous les documents afin de déterminer la hiérarchie de la conception et créer toutes les informations relatives aux connexions. L'outil *Comparator* analyse les différences entre le schéma et les documents liés à la carte, puis les utilise pour créer un avis de modification technique (ECO, *Engineering Change Order*, **fig. 2**). On peut valider cet ECO et appliquer à la carte les changements listés (bouton *Execute Changes*), ou empêcher leur application en décochant la colonne *Enable*.

Tous les composants du schéma ainsi que la liste des connexions (*netlist*) sont ensuite mis à jour dans la carte. Lors du placement des composants, pensez à utiliser les raccourcis (*View* à *Help group* à *Shortcuts*), ils font gagner un temps précieux. J'utilise par exemple la barre d'espace plutôt que ma souris pour faire pivoter un composant. Une fois l'ensemble en place, nous pouvons passer à l'étape du routage.

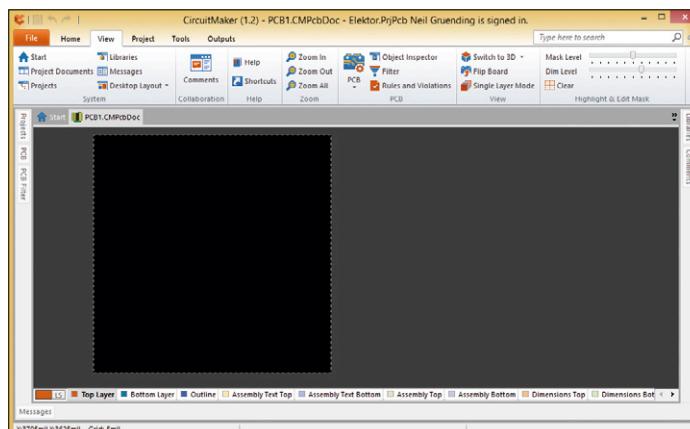


Figure 1. Le circuit imprimé de 100 × 100 mm créé par défaut.

#### Routage de la carte

CircuitMaker offre plusieurs outils interactifs de routage. L'outil *Interactive Routing* permet de tracer une piste unique, le programme s'assurant qu'elle ne croise aucune autre piste ou obstacle. L'outil *Differential Pair* permet de router simultanément les deux côtés d'une paire différentielle. L'outil *Interactive Multi-Routing* sert à router ensemble un groupe de pistes à la façon d'un bus de données.

Lorsqu'on route une piste, le raccourci *Maj+R* aide à passer rapidement d'une option à l'autre :

- *Ignore* : permet de placer une piste à n'importe quel endroit de la carte.
- *Stop at first obstacle* : arrête la piste lorsqu'elle rencontre un obstacle.
- *Push* : tente de pousser les pistes hors du chemin de la piste en cours de routage (**fig. 3**).
- *Autoroute on current Layer* : ajoute à l'outil *Interactive Routing* un « autorouteur » simple qui choisit la meilleure option de routage en cas d'obstacle.

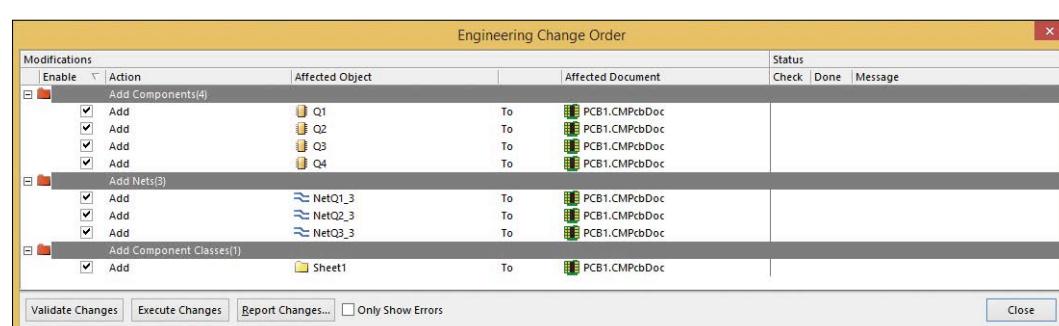


Figure 2. La fenêtre *Engineering Change Order*.

Le routeur interactif de CircuitMaker vérifie en permanence que la piste en cours de routage ne viole pas accidentellement les règles de conception suivies. À chaque nouveau projet est affecté un ensemble de règles par défaut que nous pouvons modifier avec l'éditeur *Design Rules Editor* (*Home* → *Design Rules* → *Define Design Rules*), p. ex. les critères d'espacement (*clearance*, **fig. 4**). On peut ainsi paramétriser un espacement de 0,15 mm près de certains composants, et de 0,25 mm entre les pistes. Le système de règles permet de grouper des composants et des connexions dans des classes que l'on peut ensuite utiliser dans les règles de conception.

### Fichiers Gerber et modèles STEP

La carte étant routée, nous pouvons produire les fichiers nécessaires à sa fabrication. Même si tous les faonniers ne l'acceptent pas, le format Gerber est le plus répandu et est d'ailleurs assez simple. Il regroupe dans différents fichiers (un par couche) les informations destinées aux outils de phototraçage et de perçage.

Avant de créer les fichiers Gerber, il est toutefois prudent de vérifier le circuit avec l'outil *Outputs* → *Reports* → *Design Rule Check*. Il y a bien une vérification en ligne (en temps réel), mais afin de minimiser le temps de traitement cette vérification ne porte que sur un sous-ensemble des règles de conception. C'est pourquoi il vaut mieux lancer le mode *Batch* (bouton *Run Design Rule Check*), qui lui effectue une vérification beaucoup plus minutieuse. Une fois la vérification terminée, CircuitMaker signale les erreurs trouvées dans un fichier HTML et dans le panneau *Messages*. Un clic sur une erreur la décrit et renvoie à l'endroit concerné.

Une fois les erreurs corrigées, nous créons les fichiers Gerber avec la commande *Output* → *Fabrication* → *Gerber*. Une fenêtre *Gerber Setup* s'ouvre, dans laquelle nous pouvons spécifier les couches, précisions (nombre de chiffres significatifs) et unités à convertir. On peut aussi paramétriser le dessin des perçages et les formes de base (*apertures*). Notez que par défaut CircuitMaker produit des fichiers Gerber RS274X, autrement dit les *apertures* ne sont pas dans un fichier séparé, mais incorporées dans chacun des fichiers. Un clic sur le bouton *Ok* produit tous les fichiers Gerber et les archives dans un fichier zip. Ne reste plus alors qu'à revérifier ces fichiers à l'aide d'un visualiseur Gerber.

On peut également créer un modèle STEP de la carte avec la commande *Outputs* → *Export* → *Step*. Le modèle produit inclut aussi tous les modèles STEP des composants pertinents de la bibliothèque CircuitMaker. On peut alors utiliser ces modèles dans un logiciel de CAO pour traiter les aspects mécaniques du projet, par exemple la conception du boîtier. Pour visualiser votre carte en 3D (**fig. 5**), utilisez la commande *View* → *View* → *Switch to 3D*.

### Rendez-vous sur CircuitMaker !

Cette série n'aura qu'à peine effleuré toutes les possibilités offertes par CircuitMaker. Je vous encourage donc à explorer sa documentation en ligne [1], en particulier le tutoriel [2] qui explique comment utiliser CircuitMaker « de l'idée à la fabrication ».

(160017 – version française : Hervé Moreau)

### Liens

- [1] <http://documentation.circuitmaker.com/>
- [2] <http://documentation.circuitmaker.com/display/CMAK/From+Idea+to+Manufacture++Driving+a+PCB+Design+through+CircuitMaker>

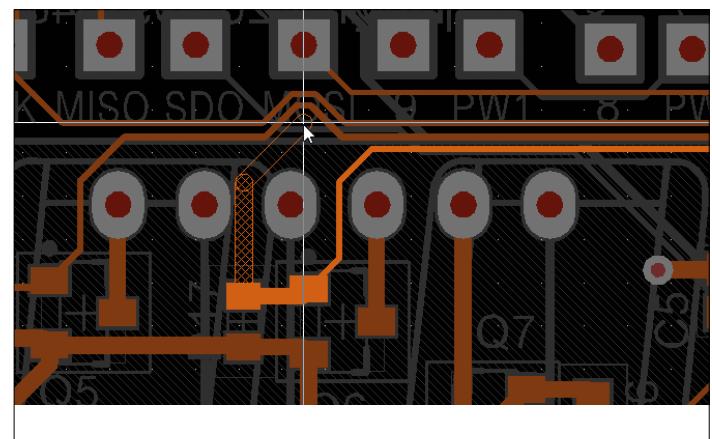


Figure 3. L'outil de routage interactif.

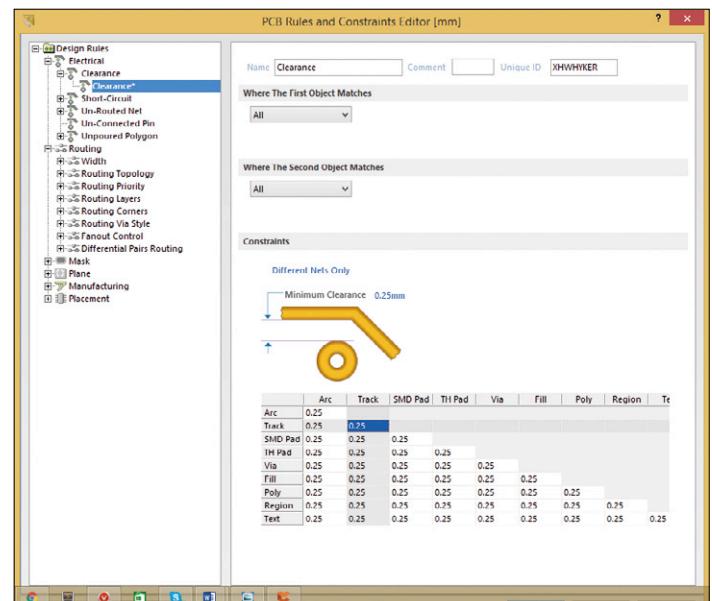


Figure 4. L'éditeur des règles de conception.

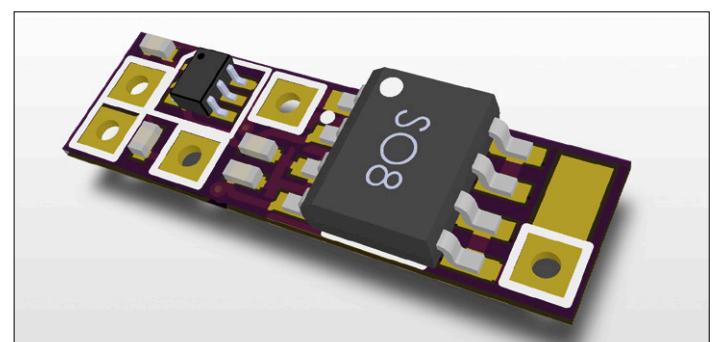


Figure 5. Le visualiseur 3D de CircuitMaker.

# Walabot - un capteur 3D pour votre ordiphone

## il voit à travers les murs !

Naftali Chayat, Vayyar Imaging Ltd. (Israël)

Imaginez un capteur capable de créer une image en 3D de son environnement sans indiscretions, de voir sous une surface opaque ou bien de détecter d'infimes mouvements. Walabot, logé dans un élégant boîtier de la taille d'un téléphone portable, peut faire tout cela.

Encore mieux, vous pouvez le relier à un téléphone portable et vous en servir comme d'un scanner ou dispositif de surveillance portable. Walabot utilise les ondes radio pour sonder son environnement, à travers l'air ou des matériaux tels que le placoplâtre®. Nous vous présentons ici ses capacités à l'aide de deux applications de détection de gestes : un « air piano » et un « tourneur de pages ». Intéressons-nous d'abord au fonctionnement de ce capteur.

### Le capteur Walabot

Walabot est livré avec ou sans boîtier, prêt à être intégré à votre projet. Il faut juste un câble USB pour le relier à son hôte : PC, téléphone ou tablette.

Walabot est basé sur la puce d'émission/réception radio multicanal VYYR2401 développée par Vayyar Imaging Ltd. La puce est reliée à plusieurs paires d'antennes qui irradient l'espace devant la carte puis collectent les ondes réfléchies, voir **figures 1 et 2**. Les informations sont transmises à l'hôte via un contrôleur USB ; un pilote logiciel sur l'hôte se charge de collecter et traiter les données pour en extraire une image.

La puce VYYR2401 scanne très rapidement la gamme de fréquences désirée afin de ne pas créer de perturbations sur une fréquence donnée. Elle consomme très peu d'énergie, moins de 0,1 mW. La gamme de fréquences dépend du modèle, de 3,3 à 10,3 GHz pour le modèle américain, de 6,3 à 8,3 GHz pour le modèle européen. La théorie de Fourier est appliquée pour convertir les réponses en fréquence dans le domaine temporel ; plus le délai est long, plus l'objet est loin.

Le pilote logiciel se charge de construire l'image (**fig. 3**). Pour chaque paire d'antennes, on peut calculer la distance par rapport à l'objet détecté. En alignant et en combinant dans le temps les signaux émis et reçus, il est possible d'estimer avec précision la localisation de chaque objet.

L'interface de programmation (API) du Walabot permet de fournir des données sur l'environnement dans plusieurs formats : carte 3D, carte de distance et d'azimut ou encore coordonnées de l'objet détecté. L'API prend en charge trois modes de fonc-

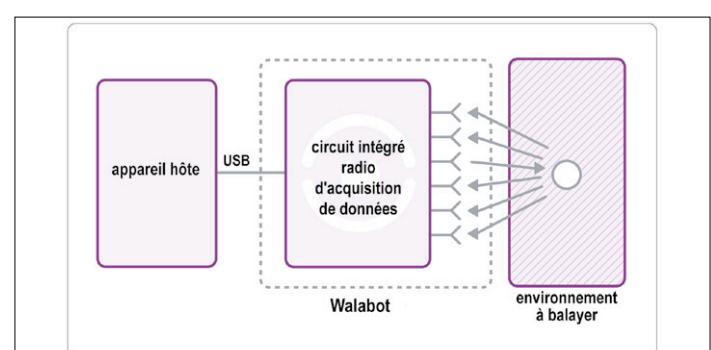
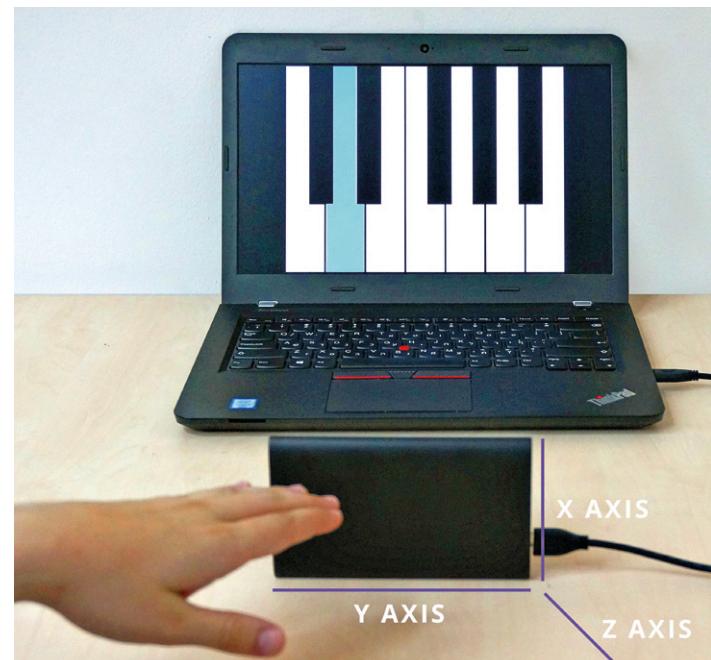


Figure 1. Fonctionnement du Walabot.

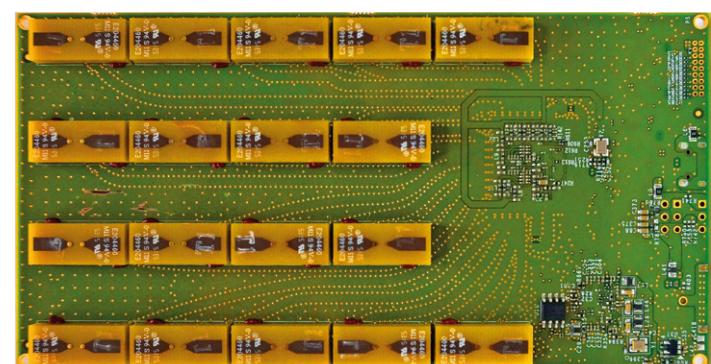


Figure 2. Le réseau d'antennes permet au Walabot de « voir ».

tionnement fondamentaux : *capteur de proximité* (détection d'un tuyau dans un mur par ex.), *standard* (détection d'une personne dans une pièce) et *données brutes* (traitement des signaux comme on le souhaite). Il est possible d'activer un filtre MTI (pour **Moving Target Indicator** ou indicateur de cible mouvante) afin que le capteur se concentre sur les changements (objets en mouvement) et ignore les retours statiques (l'arrière-plan). Dans les projets d'exemple, nous utiliserons le capteur en mode *standard* avec une sortie *coordonnées cartésiennes*. Nous détecterons la position de la main de l'utilisateur pour commander un ordinateur. L'API logicielle cache à l'utilisateur la quantité de calculs, plus ou moins magiques, nécessaires à l'extraction des images et laisse l'utilisateur se concentrer sur son application.

### Exemple n°1 : piano

Comment réaliser un « air piano » ? Tout d'abord il faut définir un ensemble de gestes et les associer aux coordonnées détectées par Walabot. Lorsque le capteur est orienté comme dans l'illustration en début d'article, la coordonnée X correspond aux mouvements haut-bas (enfoncement des touches), Y aux mouvements gauche-droite (sélection de la touche), et Z aux mouvements avant-arrière. Il est important que le Walabot repose sur son côté le plus long avec le câble à droite, comme sur la photo, sinon il vous faudra apprendre à jouer du piano la tête en bas !

En effectuant plusieurs balayages, on peut obtenir la position X-Y-Z de la main et agir en fonction. Nous voulons d'abord fournir un retour visuel à l'utilisateur afin qu'il puisse voir quelle la touche il sélectionne (paramètres Y et Z) et s'il est en train d'actionner la touche ou non (paramètre X). Ensuite, nous voulons bien sûr jouer un son lorsqu'une touche est pressée ! Voici le pseudo-code :

#### Initialiser le Walabot

##### Boucle

- Mesurer X,Y,Z
- Traduire Y-Z en une position sur l'écran
- si la position est dans les limites de l'écran, afficher le curseur
- si la position est suffisamment proche d'une touche, la mettre en surbrillance
- - si X se trouve au-dessous du seuil (main suffisamment basse)
- - - changer l'apparence de la touche (touche enfoncée)
- - - jouer un son

##### Fin de boucle

#### Désactiver le Walabot

Le code d'exemple et une vidéo du code en action sont disponibles en [1].

### Exemple n°2 : tourneur de pages

Un autre exemple d'interface basée sur la détection de gestes est le fait de tourner les pages d'un livre en faisant passer votre main devant le Walabot, vers la gauche ou la droite. Dans ce cas, seule l'évolution de la coordonnée Y est importante pour déterminer si la main bouge vers la gauche ou la droite.

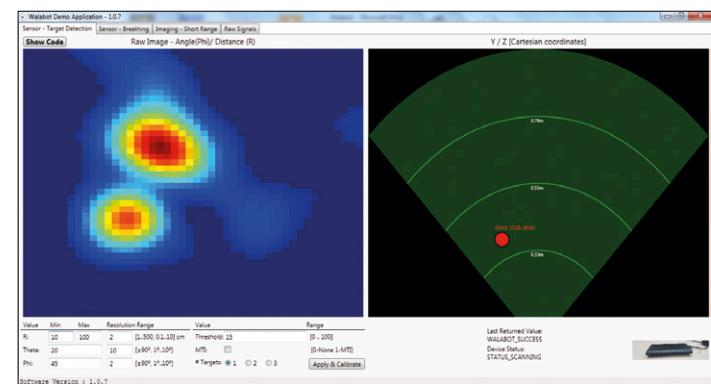


Figure 3. Le pilote interprète et affiche les données.

Vous pouvez voir cet exemple en action sur [3]. Voici le pseudo-code :

#### Initialiser Walabot

##### Boucle

- Mesurer X,Y,Z
- (détection des mouvements et de leur direction)
- si un mouvement vers la gauche est détecté -> page suivante
- si un mouvement vers la droite est détecté -> page précédente

##### Fin de boucle

#### Désactiver le Walabot

Le code d'exemple et une vidéo du code en action sont disponibles en [2].

### Et après ?

Le capteur Walabot ouvre un nombre infini de portes à vos projets — il permettra à vos robots d'éviter les collisions, de surveiller votre sommeil pour vous prévenir en cas d'apnée ou encore de détecter un tuyau dans un mur (en voilà un que vous ne percerez pas). Vous trouverez des vidéos sur ces utilisations en [3].

Il existe plusieurs variantes du Walabot (voir [4]) ; les projets décrits ici requièrent le modèle « Maker » ou « Pro ». N'oubliez pas de sélectionner la version légalement autorisée à l'endroit où vous vous trouvez (FCC, CE ou autre).

L'API est décrite en [5]. Vous trouverez de nombreux exemples d'applications, avec le code, en [6].

Et **vous**, qu'allez-vous faire de Walabot ? Nous sommes sûrs que vous ne manquerez pas d'idées !

(160033 – version française : Kévin Petit)

### Liens

- [1] [www.walabot.com/applications/projects/piano](http://www.walabot.com/applications/projects/piano)
- [2] [www.walabot.com/applications/projects/pageflipper](http://www.walabot.com/applications/projects/pageflipper)
- [3] [www.youtube.com/channel/UCULlgO9fDk3jFhDVWKAcDjg](http://www.youtube.com/channel/UCULlgO9fDk3jFhDVWKAcDjg)
- [4] [www.walabot.com](http://www.walabot.com)
- [5] <http://api.walabot.com>
- [6] [www.walabot.com/applications/projects](http://www.walabot.com/applications/projects)



# (presque) tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur ... la CAO

David Ardouin

Depuis une trentaine d'années, les techniques de conception autour de l'électronique ont bien changé. L'omniprésence de l'informatique a révolutionné notre passion. Souvenirs et évolution...

**Q** *Qu'appelle-t-on « CAO » au juste ?*

**R** La CAO est l'acronyme de **C**onception **A**ssistée par **O**rdinateur (ou **C**omputer **A**ided **D**esign pour les anglophones). Les plus jeunes d'entre nous ont toujours connu et utilisé l'outil informatique, mais il y a seulement quelques dizaines d'années, tout le travail était fait à la main. Ce constat s'applique à l'électronique bien entendu, mais également à tous les métiers de conception, aussi bien en mécanique, qu'en acoustique ou programmation. Cette assistance numérique a permis la croissance exponentielle des domaines les plus pointus, du plus petit biocapteur au plus imposant des avions de ligne.

**Q** *Dis Papy, comment on faisait de l'électronique à ton époque ?*

**R** Les plus « moustachus » des lecteurs s'en souviennent encore, dans les années 80 il n'y avait pas d'internet, très peu d'écrans et le papier était le roi. Les amateurs attendaient avec impatience leur revue favorite pour y photocopier les circuits imprimés et les réaliser eux-mêmes à l'aide de mixtures plus ou moins ragoûtantes. Les projets personnels se faisaient avec un bon crayon et une gomme. On traçait les pistes au feutre ou à l'aide de décalcomanies directement sur le cuivre. Les caractéristiques des composants étaient répercutées dans des bibles de plusieurs centaines de pages et on

allait s'approvisionner chez le revendeur du coin en priant que les pièces soient en stock.

**Q** *Aujourd'hui, comment l'informatique nous assiste-t-elle ?*

**R** Grâce à l'internet, nous avons accès instantanément à pléthore d'informations. Les catalogues et caractéristiques des composants sont accessibles en quelques clics. Les simulateurs électroniques tels que LTSpice ou SIMetrix affichent sur écran une analyse détaillée du fonctionnement virtuel du circuit (**fig. 1**). Tracer les caractéristiques fréquentielles d'un filtre, aussi complexe soit-il, n'a jamais été aussi simple. D'autres licences vont encore plus loin, c'est le cas de Proteus qui est capable de simuler non seulement la partie analogique, mais également le logiciel embarqué dans les microcontrôleurs. Certains s'y fient à tel point qu'ils n'éprouvent même plus le besoin de sortir le fer à souder pour monter une maquette et vérifier le fonctionnement. Le tracé du schéma peut aujourd'hui utiliser des bases de données de symboles établies par les fabricants eux-mêmes. Les suites logicielles sont bien plus que de simples outils de dessin ; elles sont capables de nous alerter en cas d'erreurs d'interconnexion des composants et vérifient en permanence le respect des règles lors du tracé des pistes. Ainsi, les circuits imprimés simples ou multicouches atteignent un niveau de détails inégalé (**fig. 2**) et

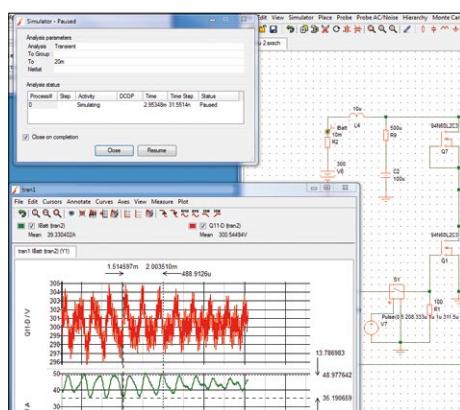


Figure 1. Aperçu de l'interface du simulateur SIMetrix.

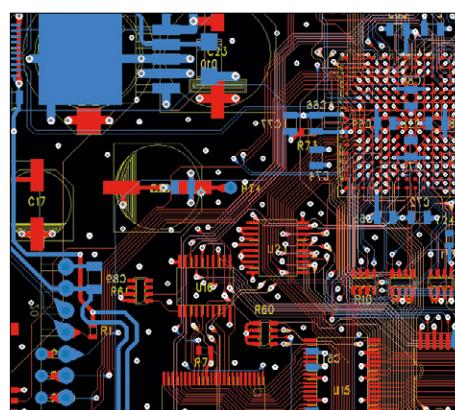


Figure 2. Extrait d'un « petit » routage moderne.

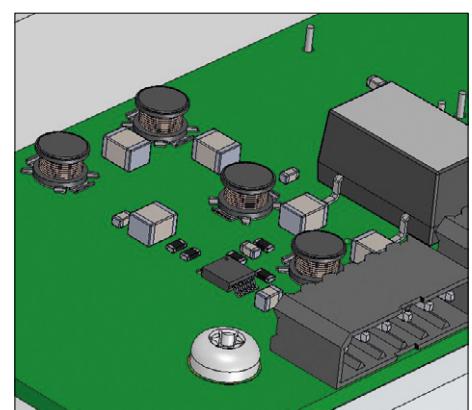


Figure 3. Intégration mécanique 3D.

l'ordinateur est même capable de réaliser le placement des composants et le tracé des pistes automatiquement.

## **Q** *Quels sont les progrès les plus récents ?*

**R** Depuis quelques années, l'électronique et la mécanique bénéficient d'une modélisation combinée en trois dimensions qui permet d'étudier à l'écran l'intégration des cartes dans leur environnement (fig. 3). Cela simplifie non seulement la phase de dessin technique, mais permet aussi de résoudre les problèmes thermiques. Enfin, il n'a jamais été aussi simple, rapide et économique de faire réaliser son circuit imprimé par des services de professionnels n'importe où dans le monde.

## Q *Et la programmation dans tout ça ?*

**R** Aussi étrange que cela puisse paraître, le code informatique pouvait également s'écrire sans ordinateur. On utilisait des cartes perforées où les instructions (en langage assembleur) et les opérandes étaient représentés par poinçonnage d'une matrice cartonnée. L'arrivée de langages de haut niveau, beaucoup plus faciles à comprendre pour l'humain, a été rendue possible par l'arrivée des compilateurs, véritables interfaces Homme/Processeur. Une seule instruction moderne (opération sur bases de données en SQL par ex.) remplace une quantité inimaginable de carton ! Plus proche de notre époque, on peut également citer Matlab/Simulink (ou son équivalent gratuit Scilab/Xcos) qui mixe habilement programmation, calculs matriciels et interface graphique (**fig. 4**) pour simuler et résoudre des problèmes de mathématiques ou d'automatisme.

## L'auteur

David Ardouin est passionné de technique et ingénieur en électronique, diplômé de l'ESEO d'Angers. Parmi ses réalisations personnelles, on peut citer la CLIC Clock publiée par Elektor en décembre 2013 ainsi que la serrure tactile Pattern Lock publiée en avril 2013. Il est le père de deux filles de 5 et 6 ans qu'il a pris soin d'initier à l'électronique et qui manient le fer à souder avec plaisir.

Ses activités professionnelles consistent pour l'essentiel à la conception matérielle de systèmes embarqués pour les domaines de l'industrie, des énergies nouvelles et de l'aéronautique. Il travaille principalement avec les suites PADS (Mentor Graphics), Altium Designer, Atmel Studio, SIMetrix et SolidWorks...

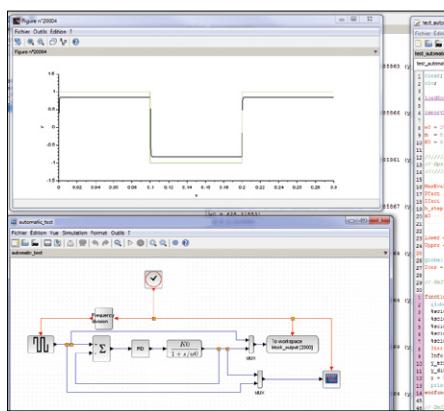


Figure 4. Détail de l'environnement de travail SciLab.



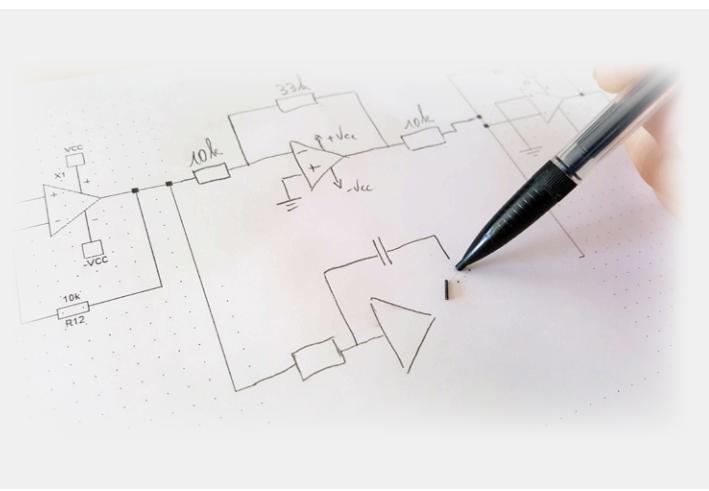
Figure 5. Détail du calculateur en ligne Webench

**Q** *Comment peuvent encore évoluer ces outils ?*

**R** Dans notre monde ultra connecté, la tendance est aux projets collaboratifs et au partage. L'essor des cartes basées sur des environnements ouverts comme Arduino en est la preuve quotidienne. Les concepteurs de logiciels gagnent énormément de temps en réutilisant des pilotes de bas niveau déjà éprouvés par d'autres et disponibles gratuitement (et qui vous épargnent par là même la lecture des centaines de pages de documentation du microcontrôleur pour trouver le registre voulu). Le développement de programmes se fera de plus en plus par interface graphique (à la manière de ce qui se fait avec LabView) au détriment de la bonne vieille ligne de code. Côté matériel, les fabricants de circuits intégrés (avec le complet WEBENCH de Texas Instruments par ex.) mettent en ligne des outils qui élaborent une partie du schéma, calculent les composants associés, créent la nomenclature et permettent de commander l'ensemble des pièces (**fig. 5**). Ces nouvelles façons de concevoir déchargent l'humain des tâches rébarbatives pour qu'il puisse se concentrer sur l'architecture de haut niveau de son système. Le travail collaboratif et la réutilisation de briques existantes seront encore stimulés par l'émergence de suites de développement entièrement en ligne.

Toutefois, et heureusement pour nous humains, il nous reste encore quelques longues années avant que les machines, qui nous auront longtemps assistés, finissent par nous remplacer, au point que l'électronique devienne alors intégralement **Conçue Par Ordinateur**.

(160029)



# The Big Red raison à la

## Outlook

*anticiper pour être prêt*

## Start-ups 2016

*l'aventure sous toutes ses facettes*

## Financing & Funding

*l'assise de votre entreprise*

## Technologies

*tout ce que vous devez savoir*

## Company Pages

*être vu, être connu, être reconnu*

## Elektor Talents

*trouver différemment de nouveaux collègues*

## Back to the Future

*un œil dans le rétro*

Le *Big Red* parle de **passion**. De la **passion** d'entreprendre et d'améliorer les choses. De la **passion** insufflée dans un produit ou un service. De la **passion** des entrepreneurs qui comprennent que pour être unique il faut innover. De la **passion** qui a aussi pour guides un plan de financement solide et une stratégie de communication réfléchie. De la **passion** que vous nous communiquerez lorsque vous nous parlerez, à nous rédacteurs d'Elektor, de votre entreprise.

**Qui n'aimerait pas être aussi passionné ?**



# donner passion

# START UP



NOUVEAU

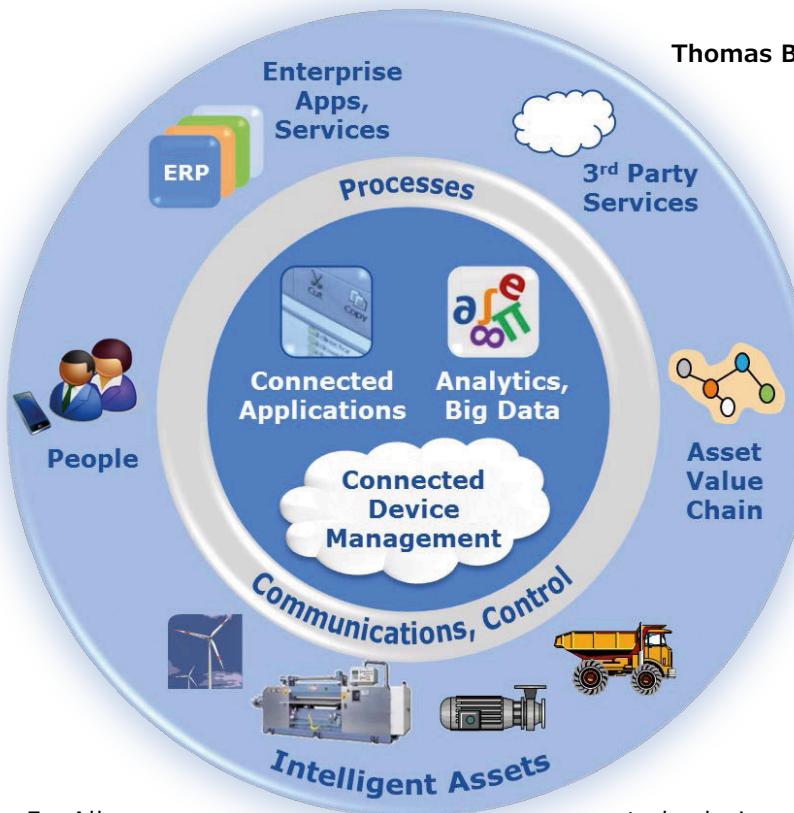
*The Big Red rassemble tous ceux qui veulent vivre une électronique qui innove et entreprend.*

INSCRIVEZ-VOUS MAINTENANT ! [www.elektor.com/the-big-red-2017](http://www.elektor.com/the-big-red-2017)

# Industrie 4.0

## selon un fabricant de semi-conducteurs

Thomas Brand, ingénieur d'applications, Analog Devices



En Allemagne, non seulement l'Industrie 4.0 bénéficie d'une bonne réputation dans le monde économique, mais elle est également encouragée par le monde de la politique dont les objectifs socio-économiques sont principalement l'amélioration de la compétitivité industrielle de l'Allemagne. Les élus promeuvent une stratégie duale qui unit les perspectives de l'industrie des équipementiers et des entreprises utilisatrices, surtout dans les domaines de l'automatisation et de la construction de machines et d'installations. Il s'agit d'une part d'introduire de nouvelles technologies dans leur propre production et d'autre part de mettre sur le marché ces technologies et produits.

### Stratégie duale

Du point de vue des gros fournisseurs qui considèrent les bénéfices potentiels de l'Industrie 4.0 dans l'industrie des équipementiers, le principal objectif est de développer le monde de la production et

ses technologies grâce au rapprochement entre les technologies de l'information et de la communication, et les projets conventionnels de haute technologie. Dans le même temps apparaissent les conditions de maîtrise d'une dynamique de marché et d'une complexité toujours croissantes. Pour les entreprises qui produisent sur des marchés pilotes, il s'agit de concevoir des technologies et des produits intelligents pour de nouveaux marchés et ensuite les introduire sur ces marchés.

Les entreprises qui peuvent contribuer sous ces deux angles sont en bonne position pour poursuivre une telle stratégie duale. Les entreprises de la branche des semi-conducteurs sont exemplaires dans ce domaine.

Ainsi, des fabricants de semi-conducteurs comme Analog Devices travaillent sur le projet complexe de transformer leurs lieux de production en usines intelligentes (*Smart Factories*) entièrement automatisées, de fournir à l'industrie de production des technologies et produits novateurs

Il y a actuellement dans l'industrie un changement de paradigme, baptisé « Industrie 4.0 » par le gouvernement allemand. Ailleurs dans le monde, on utilise fréquemment comme expressions synonymes (*Industrial Internet of Things, Smart Factory* ou *Cyber Physical (Production) Systems*). Il s'agit en fait de la numérisation et de la mise en réseau mondiales de la chaîne de valeur ajoutée et de ses produits.

et de les soutenir lors de la conversion de leurs usines en *Smart Factory*. Les petites et moyennes entreprises (PME) y jouent un rôle particulièrement important, puisqu'elles représentent la grande majorité des entreprises industrielles en Allemagne (plus de 98%) et offrent donc le plus grand potentiel. Quelle forme le soutien peut-il prendre, à quels défis les fabricants de semi-conducteurs font-ils face, et quelles chances ou perspectives s'ouvrent à eux : tout cela est expliqué en détail ci-après.

### Smart Factory ou pas ?

D'abord, il s'agit pour les entreprises de peser le pour et le contre : la transformation en usine intelligente est-elle une dépense inutile ou sera-t-elle quand même profitable ?

Pour clarifier cette question centrale, de nombreuses études ont déjà été menées par différents analystes des marchés. Tous les résultats démontrent que les bénéfices de l'Industrie 4.0 l'emportent sur les inconvénients, c'est pourquoi les

entreprises devraient saisir cette chance pour pérenniser leurs activités. Les résultats peuvent être divisés en trois catégories, en particulier pour les fabricants de semi-conducteurs : de nouvelles technologies, de nouvelles offres en matière de produits et de nouveaux modèles d'affaires. Celles-ci couvrent toute la chaîne de valeur ajoutée et ses produits - des

avec des fonctions de sécurité intégrées, ou encore des capacités de récupération d'énergie. On peut voir sur la **figure 2** un composant ou système entier de ce type, avec le capteur d'accélération basé sur le MEMS (micro-système électromécanique) ADXL356 d'Analog Devices. Il s'agit ici d'un capteur d'accélération sur trois axes, peu coûteux et peu bruyant, avec

ADRadioNet. Pour ce dernier protocole, il s'agit d'une norme développée spécialement par Analog Devices qui se distingue par un protocole de communication *multi-hop* sans-fil et auto-réparateur, par une haute évolutivité et un faible besoin de mémoire. Des procédures de cryptage intégrées comme AES-128, AES-256, etc. aident à modérer

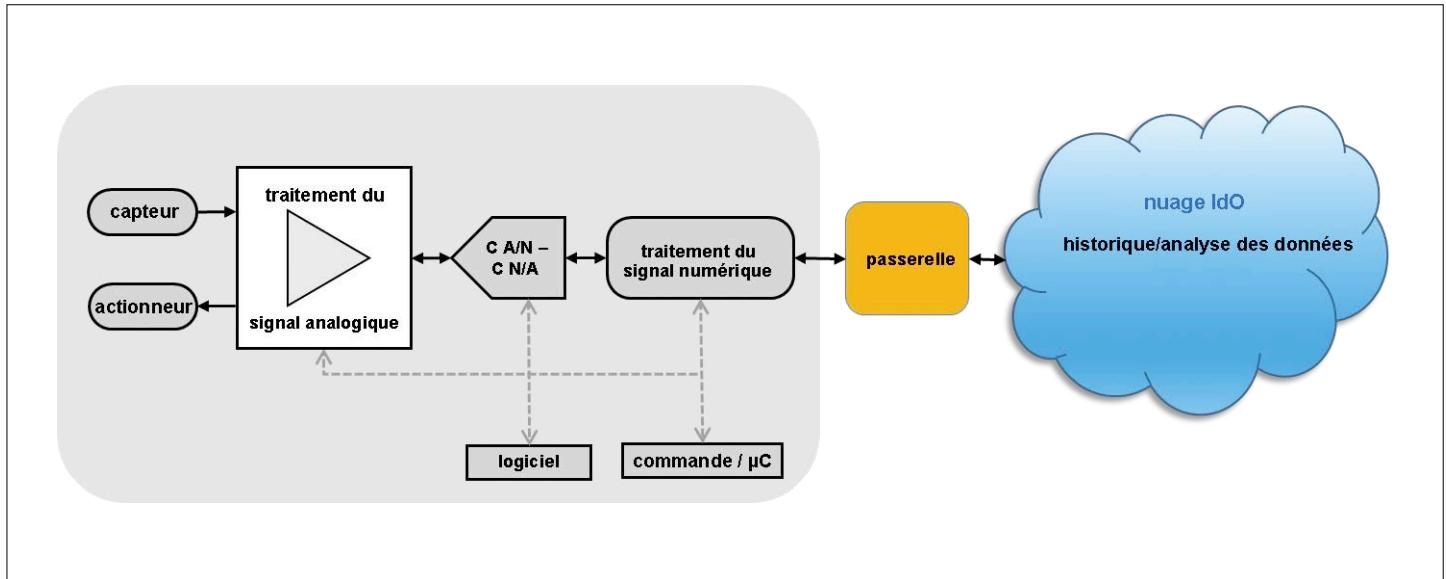


Figure 1. Chaîne de valeur ajoutée de l'usine intelligente.

capteurs via le nuage jusqu'aux prestations de services associées. Ainsi, pour réaliser des usines intelligentes, il faut impérativement des produits intelligents et économies en énergie et/ou des systèmes en totale autarcie, qui peuvent être intégrés le plus simplement possible (*Plug & Play*) dans la structure de production existante. Ces systèmes sont constitués de dispositifs à semi-conducteurs et de capteurs les plus divers, combinés à des circuits de traitement des signaux analogiques et numériques. La chaîne de valeur ajoutée commence avec ces éléments, car ils servent à enregistrer des grandeurs physiques et à convertir, préparer ainsi que traiter des données numériques (voir **figure 1**).

Si on considère cette chaîne de valeur ajoutée, les exigences du marché changeront à l'avenir, c'est pourquoi les fabricants de semi-conducteurs doivent adapter leurs entreprises ainsi que leurs produits aux réalités de l'usine intelligente. La tendance technologique est de plus en plus aux produits intelligents et extrêmement économies en énergie, si possible

une plage de mesure de  $\pm 40$  g (pleine échelle), qui convainc dans sa catégorie surtout par une dérive et une consommation très faibles. Grâce à son boîtier hermétique, il convient par ex. pour des mesures d'angle d'inclinaison précises dans des conditions environnementales difficiles, pour des mesures de vibration à haute résolution ainsi que des mesures (à long terme) efficaces dans des réseaux de capteurs à piles ou sans fil. Il peut être utilisé dans la surveillance d'infrastructure (*Structural Health Monitoring*, SHM), dans les commandes de vol (*Attitude Heading Reference*, AHRS) et pour d'autres applications où de fortes accélérations peuvent apparaître soudainement.

L'ADXL356 constitue ainsi la base du système, complétée par d'autres fonctions : traitement intégré des signaux par des convertisseurs A/N et microcontrôleurs, différentes interfaces analogiques et numériques, en partie isolées ou sans fil, qui supportent des normes de communication comme Ethernet, 6LoWPAN ou encore

la peur d'une possible cyberattaque. En outre, la sécurité fonctionnelle joue un rôle crucial dans le développement de ces systèmes, car elle aussi prend de plus en plus d'importance dans l'usine intelligente.

### Des capteurs, mais pas seulement

Pour les fabricants de semi-conducteurs, à l'avenir étendre son offre de capteurs et autres composants à semi-conducteurs ne suffira plus. Pour être reconnues comme des acteurs clé du marché et pouvoir exploiter pleinement le potentiel de l'Industrie 4.0, les entreprises doivent étoffer leur gamme de produits existante avec des technologies de communication et des microprocesseurs économies en énergie. De son côté, Analog Devices a déjà des solutions très prometteuses dans sa gamme de produits. Dans le domaine de la communication, les solutions HART sont par exemple proposées pour étendre relativement facilement des voies de communication traditionnelles et surchargées, en conservant l'infrastructure existante

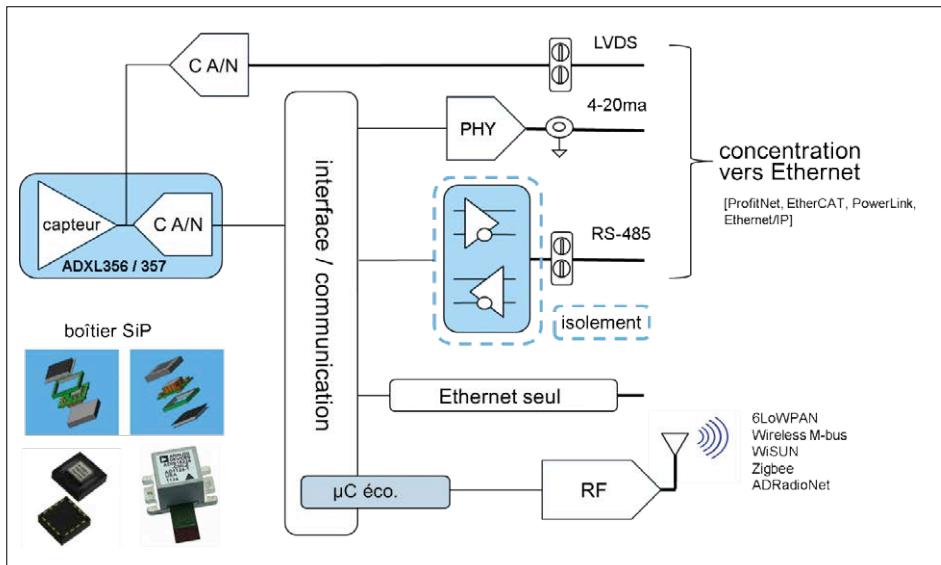


Figure 2. Solution à capteur intelligent, basée sur un micro-système électromécanique (MEMS).

et en utilisant des technologies performantes et économies en énergie.

Une autre conclusion de l'étude est que les entreprises souhaitent un soutien global de leurs fournisseurs pour une intégration plus rapide et plus efficace des futurs produits. Ainsi les entreprises sont soulagées et elles peuvent rester concentrées sur leur cœur de métier. Le soutien pourrait prendre la forme de partenariats ou de coopérations.

## Finances et plus

Malgré les nombreux avantages de l'Industrie 4.0, il reste une question : pourquoi nombre d'entreprises n'investissent-elles pas depuis longtemps déjà dans l'usine intelligente ?

Une des barrières essentielles est (pour l'instant) que la valeur ajoutée de l'usine intelligente n'est pas reconnue, idem pour les investissements qui y sont liés. Ainsi, le retour sur investissements par ex. est encore très difficile à calculer, car il manque avant tout des critères d'évaluation financiers. Les fabricants de semi-conducteurs sont donc contraints d'effectuer un travail pédagogique et d'expliquer à leurs clients les avantages de l'usine intelligente et la valeur ajoutée des investissements nécessaires.

Les PME ne sont pas les seules à devoir réaliser des investissements pour exploiter leur propre usine intelligente. Les prestataires de solutions intelligentes doivent également fortement investir dans leur offre de produits et dans l'éven-

tuelle réorientation des différents départements de l'entreprise. Il faut investir dans de nouveaux modèles commerciaux et technologies, ainsi que dans le développement et l'instauration d'actions commerciales, les mesures de qualification et la gestion commerciale.

Des sujets comme la protection des données et la sécurité informatique jouent également un rôle crucial dans la transformation en cours du monde de la production. Ils sont non seulement une condition indispensable pour réussir l'introduction de l'Industrie 4.0, mais ils sont également des facteurs de succès et d'acceptation essentiels des systèmes numériques. Les entreprises devront, impérativement et très tôt, planifier de nouvelles stratégies pour prendre le virage de l'Industrie 4.0 et acquérir de l'expérience dans l'utilisation des technologies correspondantes. Ce processus requiert toutefois de la patience, car de nombreuses technologies pertinentes pour l'Industrie 4.0 ne seront pleinement exploitées que dans 5 à 10 ans. Le processus de passage à l'Industrie 4.0 durera par conséquent encore longtemps. En outre, comme il n'y a pas de définition claire de l'Industrie 4.0, il est difficile de déterminer quand l'Industrie 4.0 sera pleinement établie. Au lieu d'une révolution industrielle, on parle donc plutôt d'évolution industrielle.

De nouveaux acteurs et concurrents arrivent sur le marché avec le changement du monde de la production. Des

alliances naissent, elles marqueront le futur de la production. Une branche ou une entreprise sera de moins en moins seule pour décider de son avenir. L'informatique et les services par exemple y jouent également un rôle décisif parce que la productivité maximale potentielle ne peut être atteinte que par l'union et la fusion des mondes virtuel et réel.

## Participer

Les entreprises ont à présent compris que les progrès actuels vont à toute allure et sont très difficiles à rattraper. Celui qui considère l'Industrie 4.0 comme une tendance passagère a raté le train de l'innovation. Les événements sur les marchés actuels montrent sans l'ombre d'un doute qu'une tendance claire et irréversible est en marche. Les grands points d'interrogation, comme les normes manquantes, les sécurités absentes, une connaissance insuffisante de la thématique, etc. disparaissent et la confusion autour de l'avenir du monde de la production s'estompe. En résumé, il faut retenir que l'Industrie 4.0, le passage à l'usine intelligente et ses indispensables technologies offrent un potentiel énorme pour les fabricants de semi-conducteurs et le succès de leurs entreprises. ▶

(160170 – version française : Thierry Destinobles)



## En savoir plus sur l'Industrie 4.0

L'édition « IoT et Industrie 4.0 » du magazine Elektor Business (en anglais) est disponible en téléchargement gratuit, même pour les non-membres : [www.elektormagazine.com/files/attachment/3101](http://www.elektormagazine.com/files/attachment/3101)

# bienvenue dans la section CRÉER

Clemens Valens, labo d'Elektor

PAR

CRÉER

DÉCOUVRIR



## Michael Faraday (1771 – 1867)

Michael Faraday, l'un des plus grands scientifiques de tous les temps, a deux unités à son nom : le faraday et le farad. La première, quelque peu obsolète, ne fait pas partie du SI. La seconde nous intéresse plus particulièrement : c'est l'unité *par excellence* pour exprimer la valeur d'un condensateur. Initialement proposé comme unité de la charge électrique, le farad fut finalement retenu pour indiquer la capacité électrique en 1873 alors que le *Committee for the Selection and Nomenclature of Dynamical and Electrical Units*, nouvellement formé et composé entre autres de Thomson (le futur Lord Kelvin), Maxwell et Siemens, publie son premier rapport. En 1861, Latimer Clark et Charles Bright sont les premiers à proposer le farad comme unité de la charge électrique avec l'*ohma* pour le potentiel, le volt pour la résistance et le *galvat* pour le courant. S'ils avaient été entendus, aujourd'hui un courant d'un *galvat* au travers d'une résistance d'un volt produirait une tension d'un *ohma* :  $\Omega = I \times R$ .

Mais pourquoi Latimer Clark et Charles Bright ont-ils proposé des unités ? Pouvaient-ils être pris au sérieux par la *British Association for the Advancement of Science* ? En creusant un peu l'histoire, nous découvrons rapidement que Latimer est le cerveau du duo tandis que Charles détient les cordons de la bourse. La carrière de Latimer décolle lorsqu'il devient ingénieur en chef à l'*Electric (and International) Telegraph Company*. À l'époque, l'une des grandes préoccupations des compagnies de télégraphe concerne les câbles et en particulier leurs pertes. Sur le plan électrique, une part d'incompréhension subsiste alors, et le manque de normalisation ne simplifie pas les choses ; chaque ingénieur utilise sa propre méthode pour mesurer et répertorier la résistance des câbles. Après avoir accumulé une longue expérience des câbles, Latimer noue un partenariat avec Charles Bright, connu pour avoir posé le premier câble au fond de l'Atlantique en 1858.



Bien que ce câble n'ait pas fait long feu, Charles persiste et participe à la pose du premier câble transatlantique réellement durable. Le duo cherche à améliorer les câbles sous-marins et découvre qu'un système harmonisé d'unités électriques serait utile. Et comme il n'y en a pas, ils décident de l'inventer.

Latimer est un esprit plutôt brillant. En 1854, il dépose un brevet sur des tubes pneumatiques et se retrouve associé à un projet de boucle géante de distribution des colis à Londres (*Retour vers le futur* ?). C'est la gloire en 1855 lorsque la cellule de Clark, pile de 1,4328 V très stable, est élue norme de tension internationale et conserve ce titre plus d'une dizaine d'années.

Et Michael Faraday dans tout ça ? Il développe d'incroyables théories sur tout un nombre d'applications, dont la charge électrique et les câbles sous-marins. Latimer connaît Michael qui lui a présenté certaines expériences en 1853 ou 1854. Il propose sans doute le farad comme unité en signe de son admiration du génie de Faraday. Bien vu !

(160177 – version française : Émilie Hentges)

# amplificateur en classe A simple

Jurgen Michiels (Belgique)

avec le LM317

Dans un projet d'amplificateur audio, on peut jouer sur diverses caractéristiques (puissance, distorsion, robustesse, etc.), mais il est parfois intéressant d'expérimenter avec des composants qui a priori n'ont pas été conçus pour cette application. On peut obtenir de bons résultats, comme avec cet amplificateur en classe A simple, basé sur le LM317.

Le LM317 est un régulateur de tension ajustable bien connu, introduit par National Semiconductor en 1976. Il maintient sa tension de sortie 1,25 V au-dessus de celle sur sa broche de contrôle. L'intensité du courant à travers cette broche n'est que de 100  $\mu$ A, celle du courant de sortie peut atteindre 1,5 A. Le comportement de ce circuit est donc assimilable à celui d'un amplificateur ; peut-on en concevoir un sur cette base ?

## Fonctionnement

La **figure 1** reprend le schéma de principe de notre amplificateur asymétrique (*Single-Ended*). La sortie de l'ampli-op IC3 attaque IC1. IC2 est configuré en source de courant, afin de permettre la

circulation du courant lors des alternances négatives du signal. Le courant est déterminé par R9, son intensité (en A) est égale à  $1,25 \text{ V} / R9$ , où 1,25 V est la différence de tension entre la sortie et la broche de contrôle du LM317. R11 et R10 fixent le gain du montage. La contre-réaction d'IC3 compense la tension de décalage de 1,25 V, pour maintenir la tension moyenne de sortie égale à 0 V.

En résumé : deux LM317, un ampli-op et trois résistances, c'est tout ce dont nous avons besoin pour réaliser un amplificateur en classe A. Un plus pour les audiophiles : pas de condensateur sur le chemin du signal audio.

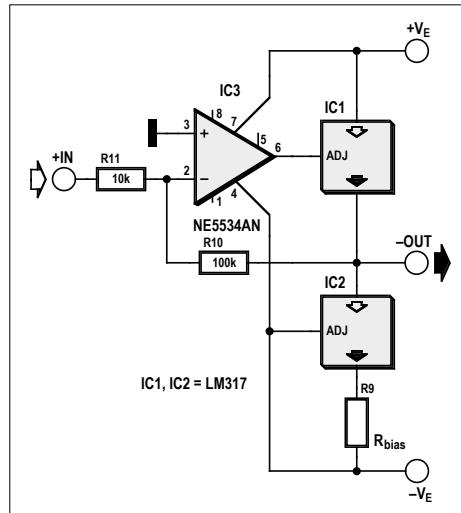


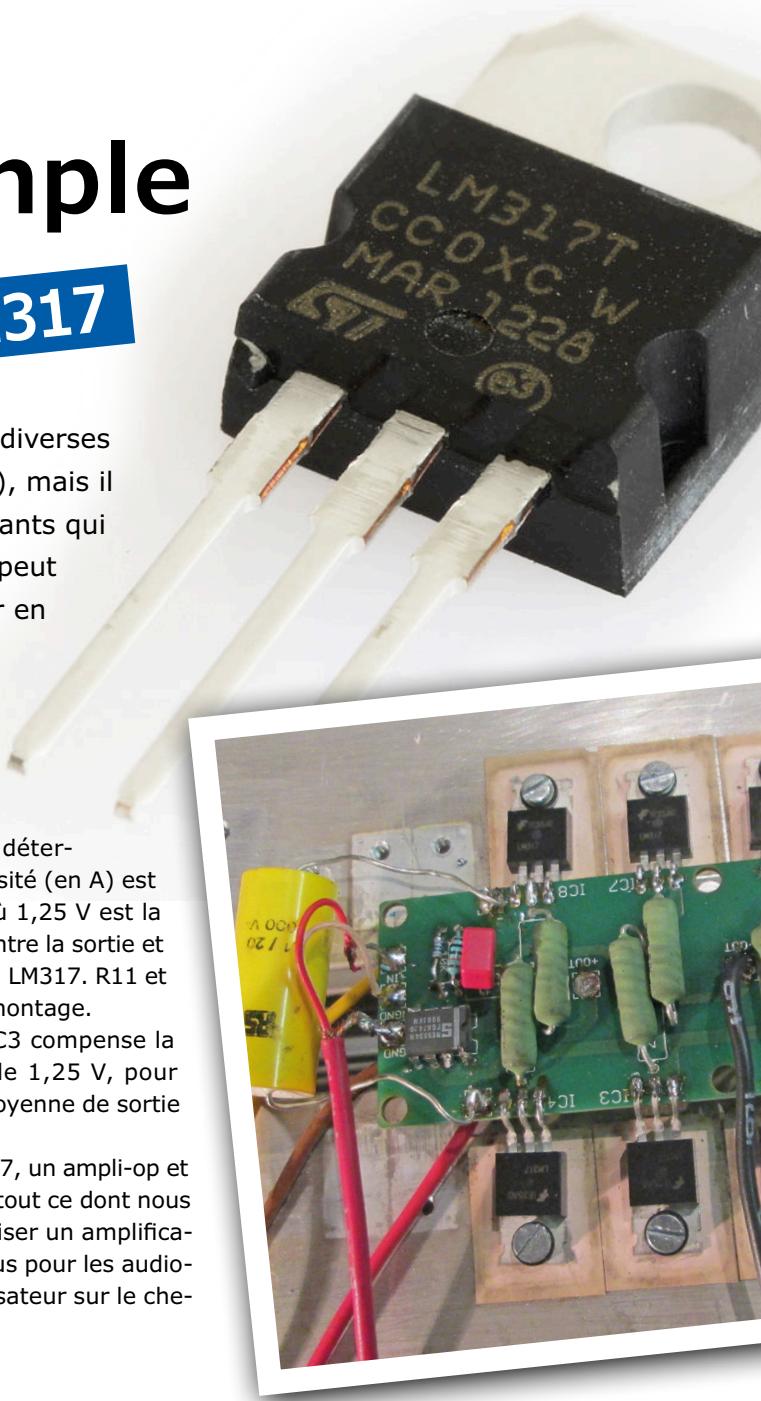
Figure 1. Le principe de cet amplificateur en classe A est très simple.

## Schéma

Le LM317 ne peut débiter que 1,5 A, cela limite donc la puissance de l'amplificateur, à moins de mettre plusieurs circuits intégrés en parallèle (**figure 2**).

La tension d'entrée maximale du LM317 est de 40 V, une alimentation symétrique de  $\pm 20$  V sera donc le maximum théorique pour notre amplificateur. L'ampli-op sélectionné n'accepte lui que  $\pm 18$  V ; nous avons donc opté – pour plus de sûreté – pour une alimentation non régulée de  $\pm 15$  V.

Nous pouvons maintenant déterminer le courant de repos. Pour une charge de  $8 \Omega$ , l'intensité maximale théorique du courant est de



$$15 \text{ V} / 8 \Omega = 1,875 \text{ A.}$$

Ceci nous donne une puissance maximale théorique de 14 W, on aura en pratique un bon 12 W. Ces chiffres sont valables pour une charge résistive pure, ce qui est loin d'être le cas d'un haut-parleur. Nous avons dès lors fixé la valeur de notre courant de repos à 2,2 A, un peu plus que le maximum théorique. La valeur de  $R_{bias}$  (R9) est alors de

$$1,25 \text{ V} / 2,2 \text{ A} = 0,56 \Omega.$$

La puissance dissipée par la résistance est un peu inférieure à 3 W, un modèle

de 5 W est conseillé.

Enfin, la consommation de notre amplificateur au repos (il fonctionne en classe A !) sera d'environ

$30 \text{ V} \times 2,2 \text{ A} = 66 \text{ W}$  (à multiplier par deux pour un montage stéréo).

### LM317 en parallèle

Avec quatre LM317, le courant total maximal est de 6 A. Le courant de repos étant fixé à 2,2 A, nous aurons un maximum de 4,4 A dans les LM317 du dessus, 2,2 dans ceux du dessous ; pas de souci à se faire. Pour une charge de  $4 \Omega$ , il nous faudrait deux fois plus de courant,

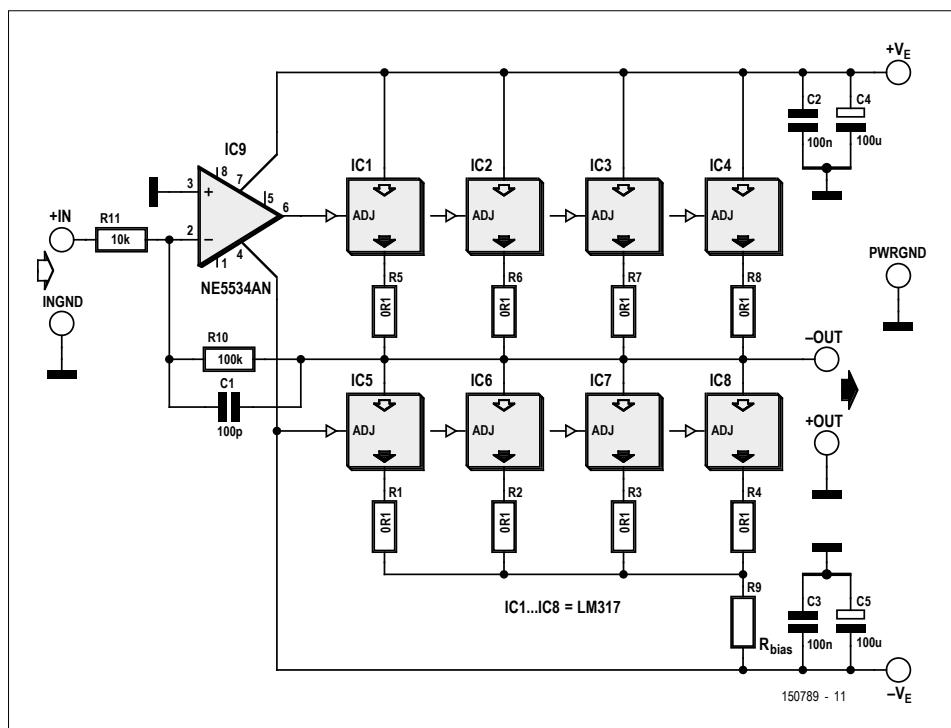
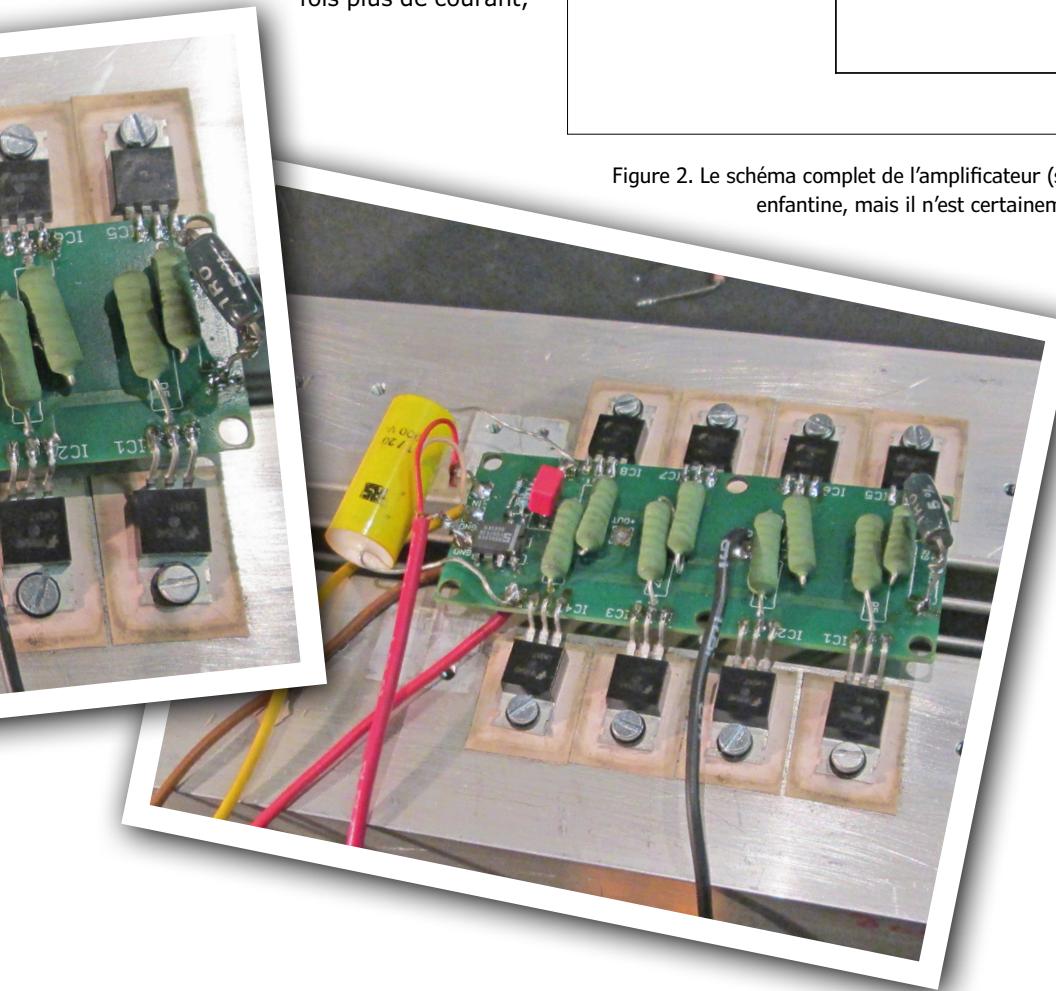


Figure 2. Le schéma complet de l'amplificateur (sans l'alimentation) est d'une simplicité enfantine, mais il n'est certainement pas mauvais pour autant.



aucun condensateur sur le chemin du signal

plus que ne peuvent supporter quatre LM317, à moins de réduire la tension d'alimentation.

Nous avons encore ajouté des résistances d'équilibrage des courants à la sortie des

LM317, et quelques condensateurs pour le découplage de l'alimentation.

L'impédance d'entrée de l'amplificateur est déterminée par R11, fixée ici à  $10 \text{ k}\Omega$ .

Le gain du montage est égal au rapport entre R10 et R11 :

$$A = -R10 / R11.$$

Nous avons opté pour un gain de 10, la valeur de R10 sera donc de  $100 \text{ k}\Omega$ . Le condensateur C1, en parallèle avec R10, limite la bande passante et prévient les risques d'oscillation à haute fréquence. Avec une valeur de  $100 \text{ pF}$ , la bande passante est limitée à  $100 \text{ kHz}$  ; vous pourrez expérimenter si le cœur vous en dit.

Les caractéristiques de l'amplificateur dépendent essentiellement de l'ampli-op sélectionné. Avec le NE5534, la distorsion harmonique totale ne devrait pas dépasser 0,05%.

N'oubliez pas non plus que le montage est inverseur, il faudra donc connecter le « plus » du haut-parleur à la masse, et le « moins » à la sortie de l'amplificateur (si du moins vous estimatez que le respect de la « phase absolue » est important). Les fichiers du circuit (au format Eagle) et un dessin du circuit imprimé sont disponibles sur la page du projet [1].

(150789 – version française : Jean-Louis Mehren)

### Lien

[1] [www.elektormagazine.fr/150789](http://www.elektormagazine.fr/150789)

# carte de commande Wi-Fi : le retour

## reliez des objets à votre ordiphone

Roy Aarts (stagiaire, labo d'Elektor) et Clemens Valens (labo d'Elektor)

Tout le monde veut des objets connectés. Tout, à l'exception peut-être de l'humeur du chien, se doit de pouvoir être commandé avec un ordiphone ou une tablette et de plus en plus d'objets doivent être capables d'envoyer des données via l'internet. Vous en rêvez, Elektor exauce vos vœux. Notre carte de commande Wi-Fi nouvelle génération vous permettra de commander des charges électriques via l'internet et de recevoir des informations sur leur état.

En juin 2013, nous avons publié une carte Wi-Fi de commande à distance capable d'attaquer un ruban à LED RVB, trois relais ou moteurs, ou d'autres charges [1]. Malheureusement, comme c'est courant dans l'industrie électronique, le module Wi-Fi au cœur de cette carte, le WizFi220 de WIZnet, est

devenu plus ou moins obsolète et nous avons été forcés d'arrêter la production de notre carte.

Les modules Wi-Fi vont et viennent et, au deuxième semestre 2014, un nouveau venu est apparu : le premier module Wi-Fi à base d'ESP8266, l'ESP-01 (**fig. 1**).



L'ESP8266 est une puce à bas coût fabriquée par l'entreprise chinoise Espressif. Elle comporte une pile TCP/IP complète ainsi qu'un microcontrôleur. Les modules, très vite devenus populaires, sont fabriqués par AI-Thinker, mais on trouve aussi des clones sans marque. Ces modules sont tellement peu chers que nous n'avons pas pu résister à la tentation de redonner vie à notre carte de commande Wi-Fi avec un module ESP-01.

## Le circuit

À l'origine, la carte de commande Wi-Fi était un projet Arduino avec un logiciel développé pour l'ATmega328 ; ensuite elle a été portée sur un µC PIC18F14K50 pour ajouter l'USB et réduire le nombre de broches. La carte n'utilisait que des composants traversants. La nouvelle carte renoue avec l'ATmega328, mais en version CMS, tout comme les autres composants. Il n'y a plus de port USB (**fig. 2**). L'alimentation a également été simplifiée : la tension d'entrée est maintenant limitée à 12 V CC au lieu de 24 V CC et le régulateur à découpage a été remplacé par un modèle linéaire (IC1). Cela améliore la CEM en réduisant les émissions et rend la carte plus compacte.

Comme le µC (IC2) a plus de broches que

celui de la version précédente, nous avons étendu le port d'extension K4 à huit bits. Les trois sorties de puissance utilisent des transistors MOSFET (T1, T2 et T3), chacun capable de commuter jusqu'à 4 A ( $R_{DS(ON)} = 100 \text{ m}\Omega$ ), soit bien plus que le 1 A que nous recommandons de ne pas dépasser. Chacune des sorties est dotée d'une diode de roue libre permettant la commande de charges inductives comme des relais. Le module ESP-01 prend place sur le connecteur K5. Attention à bien orienter le module : le connecteur est symétrique et les broches ne sont pas étiquetées. Pour vous aider, nous avons placé le module en bord de carte : il n'y a donc qu'une seule orientation possible pour que le boîtier ferme.

La communication avec le module Wi-Fi se fait via un port série. Un signal additionnel est utilisé pour réinitialiser le module si nécessaire. Les autres broches ne sont pas utilisées. Elles doivent toutefois être reliées afin d'empêcher que l'ESP-01 n'entre dans un des modes de reprogrammation de son micrologiciel.

## Le logiciel

Pour faire fonctionner le système, il faut du logiciel. Ce sera un croquis Arduino dans le µC et une appli Android pour l'in-

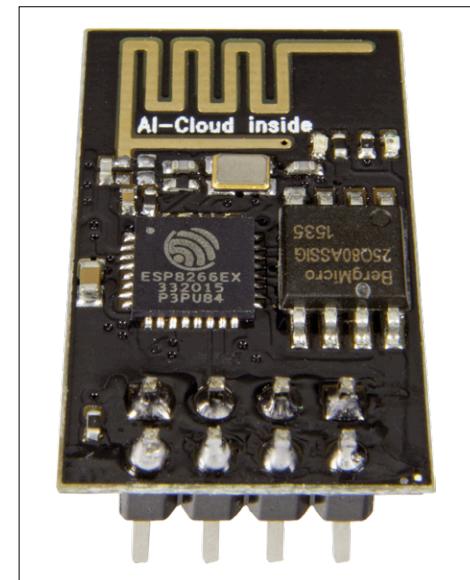


Figure 1. L'ESP-01 est un module série -> Wi-Fi bon marché doté de seulement huit broches. Deux des broches se disputent le rôle de la broche n°1 (pastilles carrées).

terface utilisateur.

Le croquis se comporte comme un simple serveur web à l'écoute de commandes. Dès qu'il en reçoit une qu'il peut comprendre, une nouvelle valeur pour les sorties R, V, B ou pour l'une des broches du port d'extension par ex., le programme

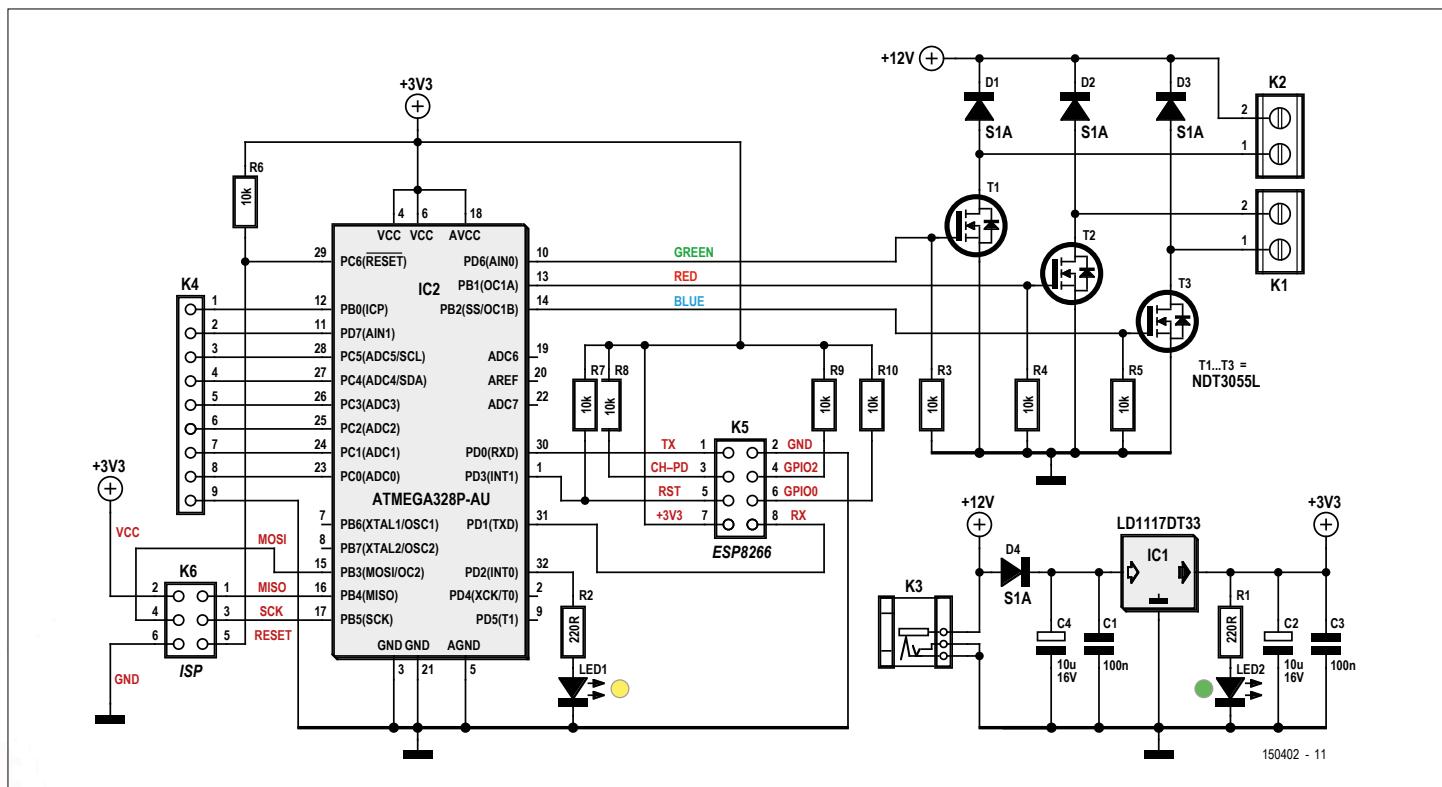


Figure 2. Le circuit de notre carte de commande Wi-Fi : un microcontrôleur ATmega328P, trois MOSFET de puissance et quelques autres composants. C'est le module relié à K5, absent du schéma, qui fait le plus gros du boulot.

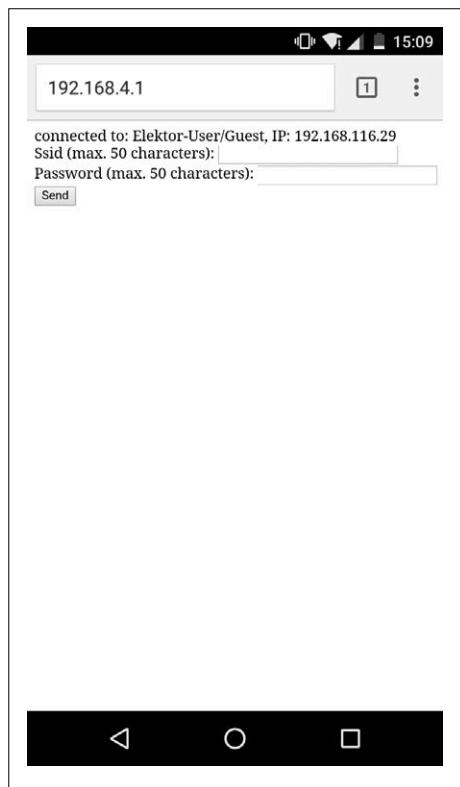


Figure 3. Le formulaire de configuration du point d'accès de l'ESP-01 vous permet de configurer le module pour votre réseau.

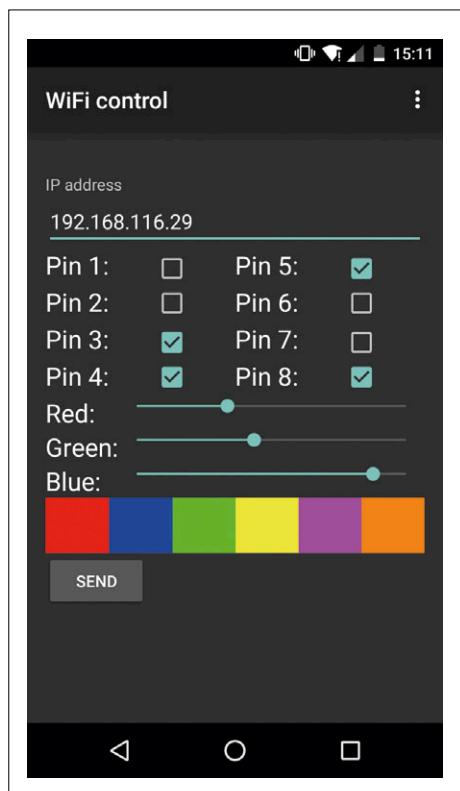


Figure 4. L'écran principal de l'appli Android. N'oubliez pas de tapoter le bouton *Send* pour transmettre vos commandes à la carte de commande Wi-Fi par l'intermédiaire du serveur web.

extrait les paramètres et les applique. Il retourne ensuite la nouvelle valeur de la sortie. Les sorties R, V et B produisent des signaux MLI dont le rapport cyclique pourra varier entre 0 et 100 %. Les sorties numériques seront, quant à elles, actives ou non.

Lorsque la carte est mise sous tension ou réinitialisée, le croquis exécute sa fonction *setup*. Cette fonction doit tout d'abord s'occuper des données (les ignorer) provenant du module ESP-01 à travers le port série au débit étrange de 76800 bauds avant que le module ne le change pour 115200 bauds. À partir de là, le module Wi-Fi est prêt à être utilisé. Le débit plutôt élevé des données n'est pas vraiment pratique, la tolérance aux erreurs est très mince. Nous avons constaté que chaque module ESP interprète le débit de 115200 bauds à sa façon et nous avons dû créer un algorithme pour nous y adapter automatiquement. L'algorithme démarre la communication un peu au-dessous de 115200 bauds, envoie une commande AT au module et essaie de comprendre la réponse ; si celle-ci n'est pas claire, le µC augmente légèrement la vitesse et tente à nouveau d'établir la communication. Cette boucle est répétée jusqu'à ce que la communication soit établie.

Le croquis est aussi à l'écoute des connexions à destination de l'adresse IP spéciale 192.168.4.1. Il s'agit de l'adresse du point d'accès (AP) du module, nécessaire pour configurer l'intégration du module dans votre réseau. Si une requête de connexion arrive à cette adresse, depuis un ordiphone par ex., le croquis retourne un formulaire de configuration où l'utilisateur pourra saisir le SSID et le mot de passe du réseau à utiliser avec la carte de commande Wi-Fi. Une fois ces informations sauvegardées, le module ESP tente automatiquement de se connecter au réseau configuré.

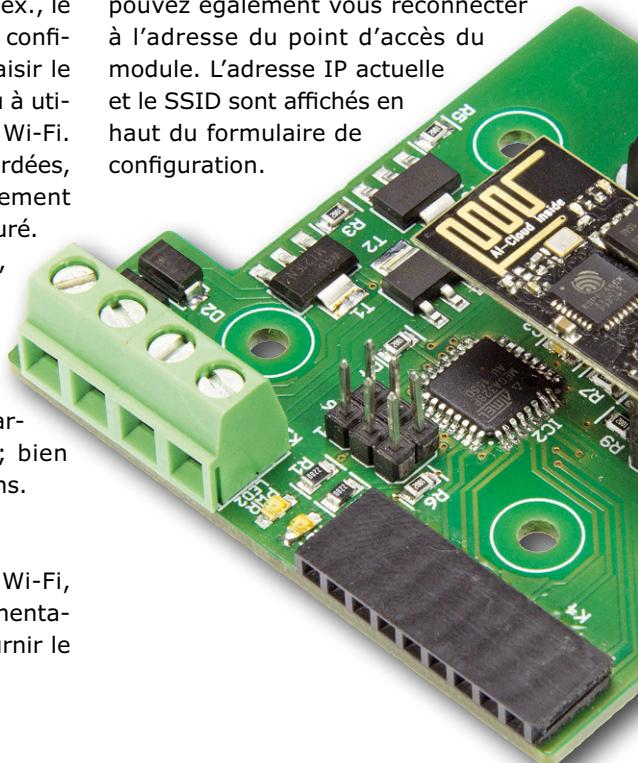
Pour exclure le module du réseau, il suffit de vous reconnecter à l'adresse spéciale et de changer les paramètres.

Le code source du croquis et celui de l'appli sont disponibles dans l'archive 150402-11.zip (voir [2]) ; bien entendu, adaptez-les à vos besoins.

courant requis par la charge. Mettez-la sous tension. Si vous ne voyez pas de fumée, c'est bon signe ; continuez. Depuis un appareil Android (2.3 ou sup.) doté d'une connexion à l'internet et de connectivité Wi-Fi, rendez-vous sur le Google Play Store et installez l'appli *Wi-Fi control* (Elektor Team).

Connectez l'appareil Android au point d'accès nommé « *ESP8266* [...] ». Si vous n'êtes pas sûr(e) de vous, il s'agit du réseau Wi-Fi avec un signal très fort lorsque vous êtes à proximité du module et qui disparaît lorsque vous mettez ce dernier hors tension. Vous n'aurez pas besoin d'un mot de passe pour la connexion.

Sur l'appareil Android, démarrez un navigateur web et dirigez-le vers l'adresse 192.168.4.1. Si tout se passe bien, vous devriez voir un formulaire de saisie de paramètres Wi-Fi (fig. 3) apparaître après quelques secondes. Saisissez-y les paramètres du réseau auquel vous souhaitez vous connecter puis sauvegardez-les. La page affichera ensuite l'adresse IP donnée au module par le réseau. Notez-le. Connectez maintenant l'appareil Android au réseau que le module ESP a rejoint. Lancez l'appli et saisissez l'adresse IP que vous avez notée. Vous devriez pouvoir commander vos charges. N'oubliez pas de cliquer sur le bouton *Send* à chaque fois que vous changez un paramètre (fig. 4). Si vous avez oublié l'adresse IP de votre carte de commande Wi-Fi, vous pourrez très probablement vous connecter à votre routeur Wi-Fi et lui faire afficher la liste des appareils connectés. Vous pouvez également vous reconnecter à l'adresse du point d'accès du module. L'adresse IP actuelle et le SSID sont affichés en haut du formulaire de configuration.



## Utilisation

Installez la carte de commande Wi-Fi, reliez-la à sa charge et à une alimentation (5 à 12 V CC) capable de fournir le

## Liste des composants

### Résistances (0805)

R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10 = 10 kΩ  
R1,R2 = 220 Ω

### Condensateurs (0805)

C1,C3 = 100 nF  
C2,C4 = 10 µF 16 V, boîtier A

### Semiconducteurs

IC1 = LD1117DT33  
IC2 = ATmega328P-AU, programmé, réf. 150402-41 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

T1,T2,T3 = NDT3055L

D1,D2,D3,D4 = S1A

### Divers

LED1 = LED jaune  
LED2 = LED verte  
K1,K2 = borniers à vis à 2 voies, au pas de 5,08 mm  
K3 = embase jack 2,5 mm  
K4 = barrette sécable femelle à 9 voies, au pas de 2,54 mm  
K5 = barrette sécable femelle double rangée,

à 8 voies (2×4), au pas de 2,54 mm  
K6 = barrette sécable mâle double rangée, à 6 voies (2×3), au pas de 2,54 mm

### Autres

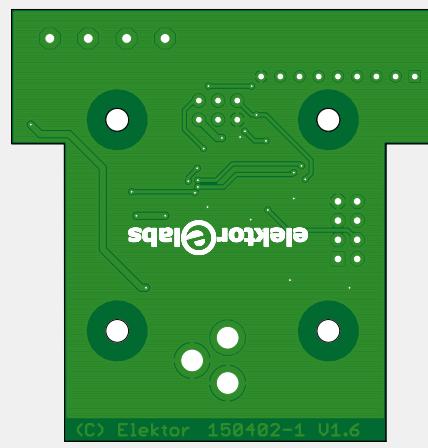
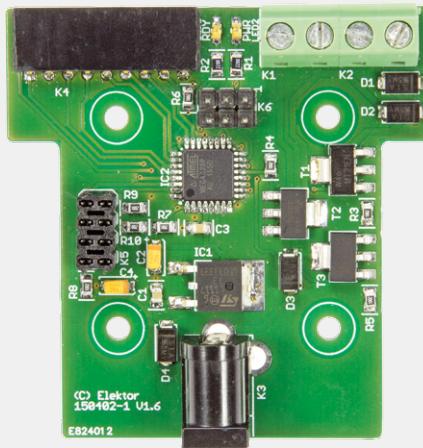
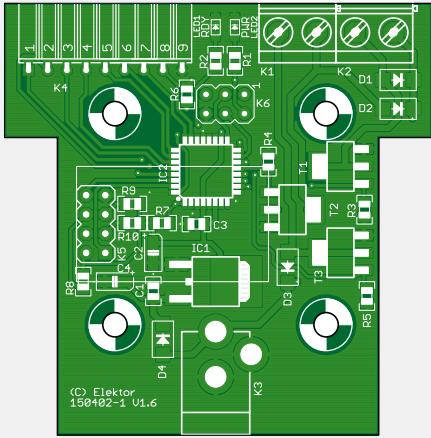
module Wi-Fi ESP8266, réf. 150445-91 (SKU-17326) ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

circuit imprimé, réf. 150402-1 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

micrologiciel ATmega & réglage des fusibles en [2]

appli dans Google Play :

*Wi-Fi control*, Elektor Team [3]



### Pas d'Android ?

Et si je n'ai pas d'appareil Android ? Ou si l'appli ne fonctionne pas sur mon téléphone ou ma tablette ? Pas de soucis. Elektor a pensé à tout ! Nous avons préparé une page web [2] pour votre navi-

gateur web (il devra prendre en charge HTML 4.01 ou sup.). Affichez la page, saisissez l'adresse IP du module (pas celle de son point d'accès) et commandez vos charges. Cela fonctionne même sur

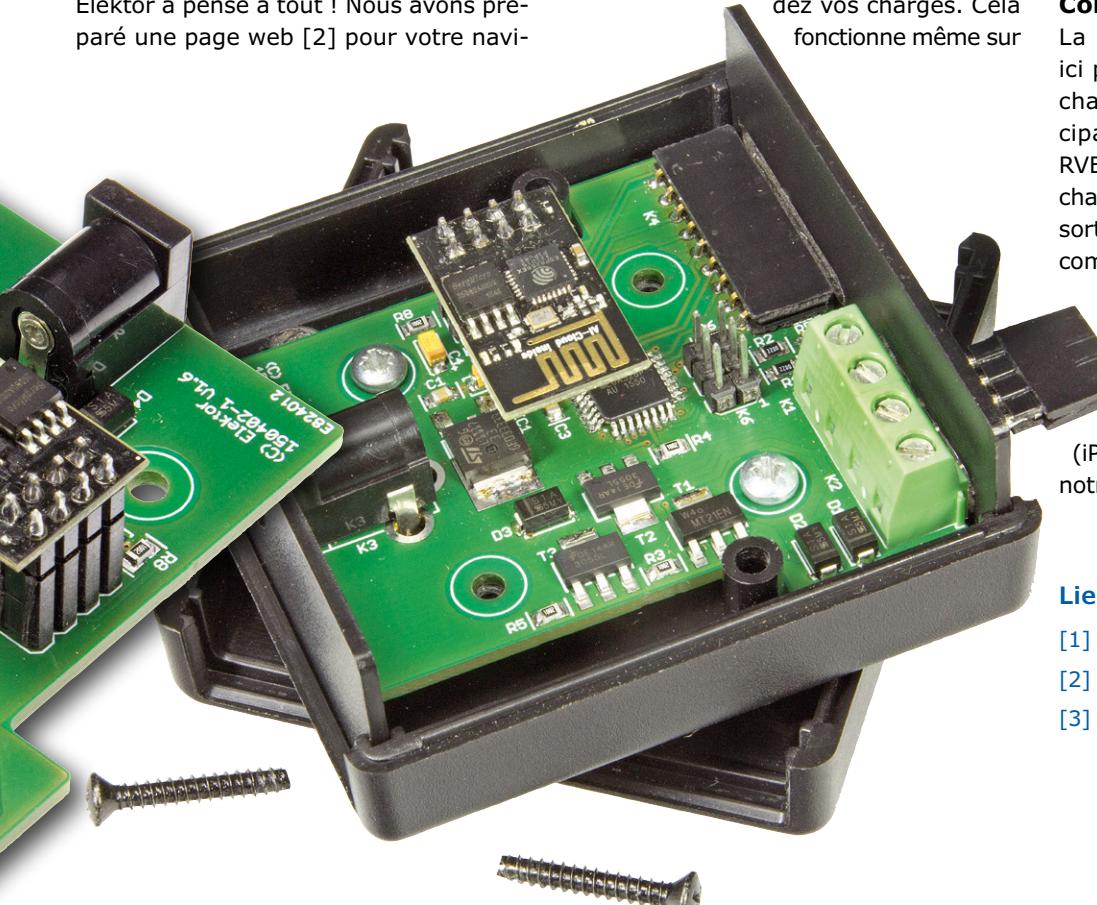
les appareils (un peu) fermés tels que les iPhones et iPads (pour peu que vous puissiez y copier nos fichiers HTML).

### Conclusion

La carte de commande Wi-Fi décrite ici permet de commander jusqu'à trois charges en MLI. Bien qu'elle soit principalement destinée aux rubans à LED RVB, vous pouvez l'utiliser pour d'autres charges (relais, moteurs...). De plus, huit sorties tout ou rien sont disponibles pour commander de petites charges telles que des optocoupleurs.

La carte est commandée à distance, via une connexion Wi-Fi, depuis un appareil Android avec notre appli ou n'importe quel appareil (iPhone ou PC par ex.) capable d'afficher notre page web. Amusez-vous bien !

(150402 – version française : Kévin Petit)



### Liens

[1] [www.elektormagazine.fr/120718](http://www.elektormagazine.fr/120718)

[2] [www.elektormagazine.fr/150402](http://www.elektormagazine.fr/150402)

[3] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.elektor.Wi-Ficontrol>



# détecteur de chauve-souris **PLUS**

**Kenneth Horton** (Royaume-Uni)

Devant le balcon de mon appartement chypriote passent chaque soir des vols de chauves-souris. Pour suivre ces petits êtres dont les ailes baleinées semblent, comme l'écrivait Jule Renard, « chercher des bougies à souffler », j'ai construit ce détecteur, sans doute le plus élaboré de ceux publiés jusqu'ici par Elektor.

Les chauves-souris utilisent des ultrasons pour communiquer et chasser. Les ultrasons sont des ondes sonores ordinaires, c.-à-d. des ondes de pression qui se propagent à travers l'air. L'oreille humaine perçoit les fréquences sonores comprises entre 20 Hz et 20 kHz, la limite supérieure baissant rapidement avec l'âge. Les chauves-souris utilisent quant à elles des fréquences allant de

20 kHz à plus de 100 kHz. Les espèces de chauves-souris sont nombreuses. Chacune émet un cri distinctif, une suite de « clics » dont l'animal analyse les échos pour localiser sa proie. Certaines chauves-souris émettent à une fréquence constante, d'autres ont un cri dont la fréquence varie en décroissant. La durée et le taux de répétition de ces cris diffèrent d'une espèce à l'autre.

La plupart des espèces émettent entre 30 kHz et 70 kHz, mais il y a des exceptions. La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) peut ainsi émettre sur une fréquence aussi basse que 18 kHz, tandis que le cri du Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) peut atteindre 100 kHz. Visitez le site *Durham Bat Group* [1] pour en savoir plus. Les chauves-souris ne sont pas les seules à utiliser les ultra-



# avec diviseur de fréquence et extraction d'amplitude

sons, de nombreux petits animaux et insectes produisent eux aussi des sons imperceptibles à l'oreille humaine. Notre détecteur vous ouvrira les portes de ce monde mystérieux.

## Hétérodyne ou diviseur ?

Pour écouter les chauves-souris, il faut bien sûr un détecteur capable de convertir les ultrasons en sons audibles. J'ai trouvé

sur l'internet des circuits pour deux types de détecteurs. Le premier est de type *hétérodyne*, la technique à l'œuvre dans les récepteurs radio. Son inconvénient est de nécessiter un réglage et de ne pouvoir capter qu'une bande de fréquences étroite à la fois. Le second type *divise la fréquence* des ondes ultrasonores pour les rendre audibles. Bien que cette division (souvent par 16) fonctionne pour une large plage de

fréquences, l'amplitude des ondes ultrasonores (leur volume) est perdue. L'encadré **Les détecteurs de chauve-souris** décrit brièvement les quatre types de détecteurs les plus utilisés.

Je n'ai trouvé qu'un seul circuit tentant de pallier les inconvénients des détecteurs hétérodyne et à diviseur. Conçu par J. Errington et S. Frenhard, le circuit en

## Principales caractéristiques

- Circuit hybride analogique-numérique
- Faible consommation : moins de 5 mA en veille
- Diviseur paramétrable : 16, 17, 23 et 31
- Fréquence de coupure inférieure paramétrable : 8 kHz, 15 kHz, 18 kHz et 25 kHz
- Choix entre sensibilité et économie de la pile
- Extraction d'amplitude améliorée
- Sortie audio sinusoïdale
- Désactivation de l'amplificateur audio et mise en veille en l'absence de signal
- Deux LED témoins : *Mute* et *Signal détecté*
- Mode test pour le matériel et le logiciel
- Microphone à MEMS ou à électret
- Un seul composant monté en surface

question utilise la méthode de la division de fréquence, mais détecte aussi l'amplitude des ultrasons, qui peut donc être transmise à l'étage audio. Si les auteurs ont montré que chaque étage de leur circuit fonctionnait, ils n'ont hélas pas construit de prototype opérationnel. Pas découragé pour autant, je me suis appuyé sur les explications de J. Errington [2] pour redessiner les différentes parties du circuit original. Le détecteur issu de mes efforts fonctionnait parfaitement, mais souffrait de quelques défauts :

- le courant de veille était d'environ 15 mA, une valeur acceptable, mais peu satisfaisante ;
- le facteur de division était de 16 ; l'entrée et la sortie étaient donc dans un rapport harmonique, ce qui augmentait les risques de rétroactions indésirables ;
- la sortie était une onde carrée plutôt discordante ;
- le détecteur pouvait aussi traiter des « intrus », par ex. des voix aiguës.

### Principe du circuit

Le circuit comprend six modules de base (**fig. 1**).

L'alimentation fournit la tension de référence pour les amplis op et délivre 5 V pour le µC PIC.

L'entrée du microphone est d'abord amplifiée par un préamplificateur à trois étages afin d'augmenter le niveau des signaux faibles. Les composantes d'amplitude et de fréquence du signal sont ensuite séparées : amplitude extraite par un « redresseur de précision », fréquence mise en forme par une bascule de Schmitt avant son traitement numérique.

Les signaux d'amplitude et de fréquence ainsi séparés vont à un µC PIC qui utilise la fréquence d'entrée pour synthétiser une onde sinusoïdale de fréquence audible. Cette onde est modulée par le signal d'amplitude afin de reproduire le volume sonore du cri de la chauve-souris. L'onde est ensuite acheminée vers un haut-parleur ou un casque. Afin d'économiser l'énergie, l'ampli audio est coupé en l'absence de signal d'entrée. Voilà pour le principe du détecteur. Voyons les différentes sections du circuit (**fig. 2**).



### Alimentation

Le circuit est alimenté par une pile de 9 V PP3 (6LR22 ; 6F22). Pour fournir la tension de référence aux AOP, la tension de la pile est divisée par R1 et R2, et appliquée au tampon IC1. Cet ampli op fournit une référence de 0 V, la pile délivre  $\pm 4,5$  V par rapport à la référence. Les condensateurs C1 à C10 lissent la tension des rails d'alimentation. Bien qu'assez peu conventionnels, C9 et C10 sont essentiels ici puisqu'ils évitent les auto-oscillations indésirables, un problème majeur qui affectait le circuit d'origine.

La tension de 5 V attendue par le PIC est fournie par le régulateur IC5 de 5 V/100 mA et lissée par les condensateurs C22 à C24.

### Préamplificateur du microphone

Le microphone est relié au circuit via

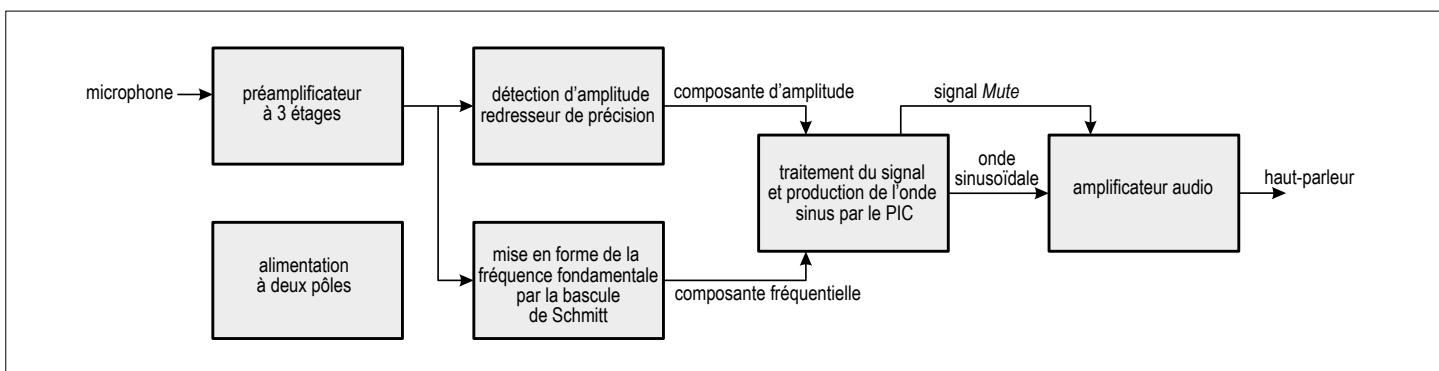


Figure 1. Diagramme fonctionnel du circuit.

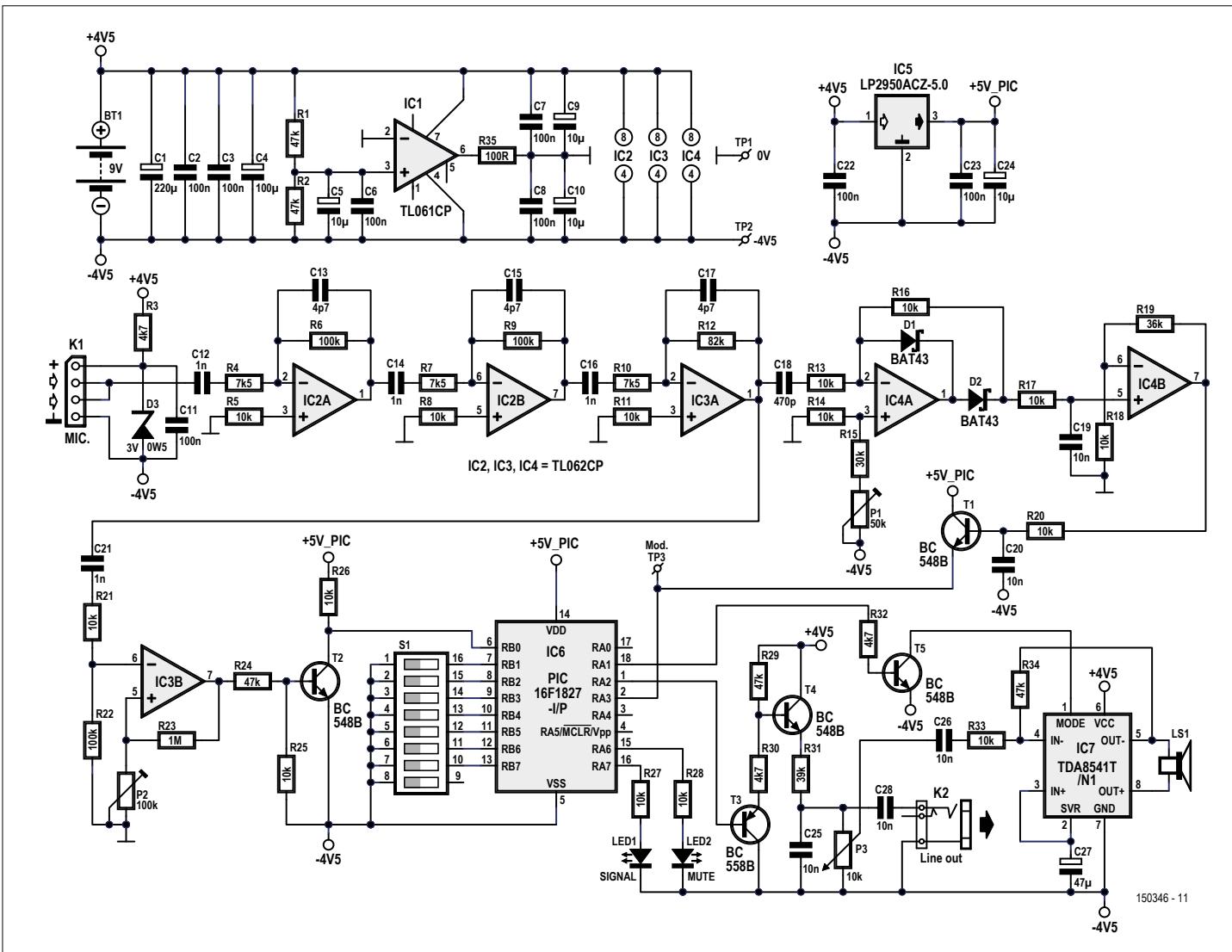


Figure 2. Schéma du détecteur à division de fréquence **et** détection du volume sonore.

le connecteur K1. Les composants R3, C11 et D3 autorisent différents types de microphones ; j'y reviendrai plus loin.

La sortie du microphone passe par le simple filtre passe-haut formé par C12 et R14, puis va à IC2A, AOP avec un gain d'environ 13. C13 atténue quelque peu les fréquences élevées indésirables. J'ai choisi un TL062 pour IC2 en raison de sa très basse consommation. Le TL062CP a un produit gain-bande passante de 1 MHz (même si certains fabricants prétendent qu'il vaut 2 MHz). En théorie la fréquence de coupure supérieure vaut env. 77 kHz avec un gain de 13, mais en pratique elle s'avère considérablement plus élevée.

La sortie d'IC2A traverse ensuite deux amplificateurs configurés de la même façon (IC2B et IC3A), pour un gain total d'env. 1,860.

À cette étape du conditionnement, le signal est séparé en sa composante fré-

quentielle fondamentale haute et sa composante d'amplitude.

#### Détection de l'amplitude

Pour isoler la composante d'amplitude, C18 et R13 forment un filtre passe-haut élémentaire relié à un redresseur de précision, ou « super diode », construit autour d'IC4A, R16, D1 et D2. Cette constellation agit comme une diode conventionnelle, mais sans la chute de tension directe associée. Avec une diode ordinaire, les petites tensions d'entrée (inférieures à la « tension directe » de la diode) sont perdues. Avec un redresseur de précision, même ces petites tensions sont transférées vers la sortie, qui reproduit donc l'entrée de façon plus fidèle. En l'absence de signal d'entrée, la sortie d'un redresseur de précision conventionnel est au niveau de la tension de référence ; ce niveau est déplacé vers

celui du rail positif lorsqu'un signal est appliqué à l'entrée. Les derniers étages numériques du détecteur ont besoin d'une amplitude référencée à la tension négative de la pile. Pour cela une tension de polarisation variable est ajoutée à l'entrée positive d'IC4A, via R15 et l'ajustable P1. De cette façon, en l'absence de signal d'entrée, la sortie d'IC4A est polarisée au niveau du rail négatif.

La composante haute fréquence de la sortie d'IC4A est supprimée par R17 et C19, et il ne reste que la composante d'amplitude du signal. Celle-ci est amplifiée environ 4,6 fois par IC4B. Sa sortie est reliée au transistor T1, qui agit comme émetteur suiveur et tamponne la sortie d'IC4B. Sans signal d'entrée, la tension de l'émetteur de T1 vaut env. 0,3 V par rapport au moins de la pile, et atteint environ 4,4 V en présence d'un signal très fort. Ce signal d'amplitude va au µC PIC,

**Listage 1. Extrait du code source PIC** (code complet en [3]).

```

; We have a valid signal
Mainloop_20
  btfss Switch_7 ; Switch 7 - Amplifier inhibit
  goto Mainloop_30
  Amp_on          ; Switch on Amp

Mainloop_30
  Set_timer_0      ; Timer 0 is used for low frequency cut-off timing
  Signal_LED_on

; NOTE the timing of the remainder of this code is critical
; Do not add to the overall size of the loop.
; The loop will handle input frequencies up to about 150 KHz.

Mainloop_40
  movfw Division_ratio ; Number of steps in the sinewave
  movwf Count          ; Used as sinewave table offset

; Wait for interrupt - PORTB 0 to go High
Mainloop_50
  btfsc INTCON,TMR0IF ; Test for Timer 0 timeout
  goto Mainloop_10     ; Frequency too low - reject

  btfss INTCON,INTF   ; Wait for next input INT pin (B0) (Schmitt trigger in)
  goto Mainloop_50    ; Go back and wait

  movfw Low_cutoff    ; Timer 0 is used for low frequency cut-off timing
  movwf TMR0           ; Reset timer 0

  bcf INTCON,INTF    ; clear interrupt on INT pin (B0) (Schmitt trigger in)

  movfw Count          ; Use count to select entry in sinewave table
  addwf Table_pointer,w ; Add in the base of the table
  callw                ; Get the sign wave amplitude value

  movwf INDF0          ; Write to D to A.
  ; Use indirect addressing so don't need banksel!

  decfsz Count,f      ; The sinewave is read end to beginning to save time
  goto Mainloop_50     ; by having end of loop = 0
  goto Mainloop_40     ; Count expired, need to reload

```

le condensateur C20 filtre les éventuelles composantes haute fréquence restantes.

**Bascule (trigger) de Schmitt**

Avant d'être traité par IC3B, le signal de haute fréquence sortant d'IC3A traverse le simple filtre passe-haut composé de C21 et R21. IC3B est configuré en bascule de Schmitt et produit une onde carrée à partir du signal d'entrée. La bascule ajoute une quantité variable d'hystérisis au signal d'entrée via R32 et l'ajustable P2, ce qui empêche les petites fluctuations du signal d'entrée – autour de la tension de référence – de déclencher des faux basculements. La sortie d'IC3B est tamponnée par T2 de façon à avoir pour référence le rail négatif de la pile, puis

est transmise au PIC.

Le reste du circuit a pour référence le moins de la pile.

**Microcontrôleur**

Le microcontrôleur IC6, cœur du détecteur, utilise comme horloge son quartz interne de 16 MHz. Son rôle principal est de :

- rejeter les fréquences d'entrée inférieures au seuil ;
- synthétiser une onde sinusoïdale audio à partir des composantes d'amplitude et de fréquence ;
- désactiver l'amplificateur audio lorsqu'il n'est pas utilisé ;
- indiquer l'état du détecteur via deux LED.

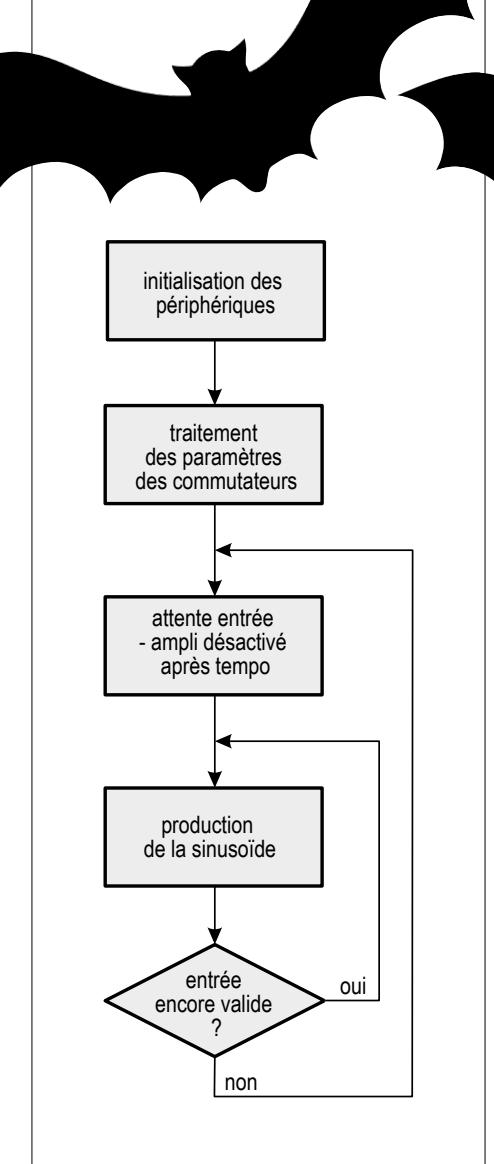


Figure 3. Organigramme très simplifié du programme.

De façon plus précise, ce microcontrôleur traite deux signaux d'entrée. L'entrée analogique RA3 reçoit une tension reliée à l'amplitude du cri, tandis que RB0 reçoit une onde carrée donc la fréquence est celle du cri.

Sept commutateurs DIP reliés à RB1-RB7 contrôlent la façon dont le PIC traite les signaux d'entrée.

Le µC a deux sorties. RA2 produit une onde carrée (approchée) qui est une version « divisée » de la fréquence d'entrée, modulée par l'amplitude d'entrée. RA1, la seconde sortie, envoie un signal MUTE à l'ampli audio lorsqu'il n'y a pas de signal d'entrée.

Les deux LED témoin LED1 (SIGNAL) et

LED2 (MUTE) sont commandées par RA6 et RA7.

### Amplificateur audio

L'onde sinusoïdale produite par le µC est trop faible pour attaquer le haut-parleur et doit d'abord être tamponnée. Sa partie la plus basse a toujours un niveau proche du moins de la pile, tandis que son pic sera de quelques centaines de mV pour les signaux faibles et atteindra environ 4,4 V pour les signaux très forts. T3, R29 et R30 forment un émetteur-suiveur qui suit le signal de sortie. L'émetteur de T3 a toujours un potentiel env. 0,6 V plus haut que la sortie du contrôleur. Le diviseur de tension R29/R30 est relié à un second émetteur-suiveur, T4, qui re-référence le signal au moins de la pile via R31 et P3, le potentiomètre de réglage de volume. Le condensateur C25 effectue un certain lissage de la sinusoïde. Le signal audio va ensuite à l'amplificateur audio IC7 via P3, C26 et R33. Le gain de l'amplificateur est défini par R34. J'ai choisi pour IC7 un TDA8541 car il a été spécialement conçu pour les circuits alimentés

par piles, et aussi parce qu'il peut être mis en veille lorsqu'il n'est pas utilisé, ce dont se chargent R32 et T5.

### Micrologiciel

Le micrologiciel du PIC est linéaire de bout en bout, quelques sauts conditionnels branchant si nécessaire le code en amont ou en aval. J'ai utilisé un certain nombre de macros pour favoriser la lisibilité du code source, téléchargeable en [3]. L'archive zip contient par ailleurs la **configuration des fusibles du PIC**.

Le **listage 1** montre un extrait du code, mais il sera plus facile de suivre la courte description qui suit en téléchargeant le code complet. Si vous n'êtes pas à l'aise avec le code « PIC », l'organigramme de la **figure 3** vous donnera une idée du fonctionnement du programme.

La première section du code initialise tous les périphériques du µC. La suivante pré-configure les commutateurs et stocke les valeurs appropriées en RAM afin d'accélérer le traitement ultérieur.

Le programme attend ensuite un signal d'entrée sur RB0. Le signal est traité et comparé avec la fréquence de coupure basse sélectionnée. Si sa fréquence est supérieure à ce seuil, l'amplificateur est

activé et le code se branche sur la section produisant la sinusoïde audio.

Tant qu'un signal valide est reçu et a une fréquence supérieure à la fréquence de coupure, le programme poursuit la production d'une onde sinusoïdale basée sur la fréquence d'entrée. Lorsque le signal s'arrête, la routine revient à la ligne de code attendant l'arrivée d'un signal valide. L'amplificateur est désactivé si après un court délai aucun nouveau signal n'apparaît.

La routine de production de l'onde sinusoïdale traite les signaux d'entrée jusqu'à env. 150 kHz.

Le temporisateur *timer 0* est utilisé pour la synchronisation de la fréquence de coupure inférieure. Le *timer 1* sert au contrôle de la durée maximale d'attente de l'amplificateur.

Il y a une certaine gigue autour de la fréquence de coupure, et cette instabilité peut faire manquer des impulsions lorsque la fréquence d'entrée est proche de cette fréquence de coupure. En effet l'arrivée des impulsions d'entrée n'est pas synchrone avec la boucle de synchronisation (*timing*) du code, ce qui signifie qu'il peut y avoir une temporisation légèrement différente avant la détection de chaque impulsion.

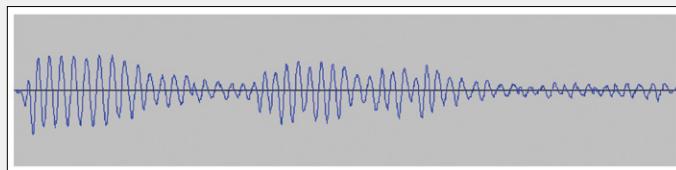
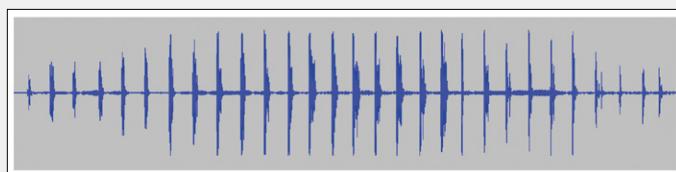
### Les détecteurs de chauve-souris

Il existe quatre types de détecteurs. Les détecteurs hétérodynes combinent le signal reçu avec celui d'un oscillateur dont la fréquence est proche de celle du cri de l'animal. Il en résulte deux nouvelles fréquences : une qui est égale à la somme des deux fréquences initiales, l'autre à leur différence. Si la fréquence différentielle appartient au spectre audible, le signal va à l'amplificateur. Les récepteurs radio utilisent le même principe. L'avantage de ces détecteurs est qu'ils conservent les caractéristiques du cri, dont l'amplitude. Leur inconvénient est de ne pouvoir capter qu'une bande très étroite de fréquences à la fois. De plus ils nécessitent un réglage : comme avec une radio, vous ne capterez rien si votre détecteur est mal accordé ! Les détecteurs à diviseur divisent (souvent par 16) la fréquence du signal reçu au moyen d'un compteur numérique. Cette division transpose le signal ultrasonore dans le spectre audible. L'avantage est que même les signaux de très hautes et très basses fréquences restent audibles sans réglage. Par contre l'amplitude et les autres caractéristiques du cri sont perdues. À moins que la sortie ne soit traitée, le détecteur produit par ailleurs une onde carrée assez discordante.

Les détecteurs dits à expansion de temps enregistrent le cri de la chauve-souris, p. ex. dans une puce mémoire, puis le repassent à une vitesse beaucoup plus lente. Ils conservent l'ensemble des caractéristiques du cri, mais ne détectent rien

durant la lecture du son : si p. ex. la vitesse de lecture est de 1/10, 1 s de lecture fait perdre 10 s d'enregistrement.

Le premier tracé ci-dessous montre un cri typique de chauve-souris : une succession de clics brefs. Le second tracé est l'agrandissement d'un des clics.



La quatrième approche consiste à relier un microphone (adapté) à un ordinateur capable de traiter les fréquences ultrasonores. Ce type de détecteur ne fonctionne donc pas en temps réel puisqu'on ne sait pas ce qu'on enregistre. L'avantage est qu'on peut rentrer chez soi pour ralentir les cris et les écouter dans le confort d'un bon fauteuil !



En pratique ce n'est pas un problème puisque la fréquence de coupure peut être définie bien en deçà de la fréquence des cris détectés.

La fonction des sept commutateurs DIP mentionnés plus haut est résumée dans l'encadré **Configuration des commutateurs DIP**. Leur configuration par défaut (ouvert) convient à la plupart des utilisations. Vous pouvez donc éventuellement

les omettre, ou utiliser des fils de liaison pour les configurer de façon définitive. Notez que leur position n'est lue qu'une fois, à la mise sous tension du détecteur. Il faut donc éteindre puis rallumer le détecteur après les avoir modifiés.

### Construction

La **figure 4** montre le dessin du circuit imprimé conçu par le labo d'Elektor ainsi que la **liste des composants**. Les coins du circuit ont été découpés de façon à ce que la carte s'encastre parfaitement dans un boîtier Camdenboss BIM.

Le microphone, le contrôle de volume (P3), les deux LED, la pile et le haut-

parleur de  $8 \Omega$  sont reliés à la carte par des fils courts et logent eux aussi dans le boîtier (**fig. 5**). Il est recommandé d'utiliser des câbles blindés fins pour le microphone.

Si vous souhaitez utiliser un enregistreur (de type ordiphone ou ordinateur portable), vous pouvez ajouter un signal *Line-out* en câblant un jack de 3,5 mm aux bornes de P3, via un condensateur de liaison de 10 nF (C28, cf. schéma). On peut aussi ajouter une sortie casque en insérant un jack multi-contact (*switched*) de 3,5 mm à la connexion du haut-parleur. Ces deux connecteurs sont optionnels.

Montez d'abord les petits composants (résistances, condensateurs, diodes...). Pour les circuits intégrés en boîtier DIP, utilisez de préférence des supports pour CI. Le seul CMS est IC7, en boîtier SO-8. Veillez à bien respecter la polarité des

## Configuration des commutateurs DIP (résumé)

Le fonctionnement du détecteur peut être adapté à différentes situations en configurant le bloc S1 des commutateurs DIP.

Par défaut les commutateurs sont tous en position *Ouvert*.

Leur configuration n'est prise en compte qu'à la mise sous tension du détecteur.

### Commutateur 1

- Ouvert = extraction d'amplitude activée (par défaut)
- Fermé = extraction d'amplitude désactivée

### Commutateurs 2 & 3

- 2 Ouvert, 3 Ouvert = division par 23 (par défaut)
- 2 Ouvert, 3 Fermé = division par 17
- 2 Fermé, 3 Ouvert = division par 16
- 2 Fermé, 3 Fermé = division par 31

### Commutateurs 4 & 5

- 4 Ouvert, 5 Ouvert = fréquence de coupure à 25 kHz (par défaut)
- 4 Ouvert, 5 Fermé = fréquence de coupure à 18 kHz
- 4 Fermé, 5 Ouvert = fréquence de coupure à 15 kHz
- 4 Fermé, 5 Fermé = fréquence de coupure à 8 kHz

### Commutateurs 6 & 7

- 6 Ouvert, 7 Ouvert = amplificateur désactivé après 1 s et contrôle de validité du signal long (par défaut)
- 6 Fermé, 7 Ouvert = amplificateur désactivé après 5 s et contrôle de validité du signal bref
- 6 Ouvert, 7 Fermé = amplificateur désactivé en permanence (pour enregistrement via *Line-out*)
- 6 Fermé, 7 Fermé = test logiciel et matériel

Le **commutateur 1** désactive l'extraction d'amplitude ; les cris sont reproduits à plein volume.

Les **commutateurs 2 et 3** définissent le rapport de division et le nombre d'étapes utilisées pour produire la sinusoïde.

Plus le diviseur est grand, plus la fréquence de la sortie audio est basse, et plus la sinusoïde est précise puisqu'un grand diviseur permet d'utiliser plus de points de calcul pour chaque cycle de l'onde.

L'utilisation de nombres premiers pour les diviseurs minimise les risques de contre-réaction. Exception : 16, utilisé ici pour assurer la compatibilité de l'instrument avec d'autres détecteurs à division de fréquence.

Les **commutateurs 4 et 5** définissent la valeur de la fréquence de coupure inférieure.

**Commutateurs 6 et 7** : lorsque 7 est ouvert, le commutateur 6 permet de paramétrer la sensibilité. Lorsque 6 est ouvert, l'amplificateur se désactive après 1 s d'inactivité et n'est réactivé qu'après réception de cinq cycles d'un cri. Afin d'éviter tout « clic d'activation », une brève temporisation a été introduite entre l'activation de l'ampli TDA8541 et la production du son, donc le début de certains cris peut être perdu.

Lorsque 6 est fermé, l'amplificateur reste activé 5 s et il ne faut que trois cycles d'un cri pour le réactiver ; le détecteur reste donc plus longtemps en mode « prêt ». Ce mode consomme plus de courant et favorise les faux déclenchements.

Lorsque 7 est fermé et que 6 est ouvert, l'amplificateur est désactivé en permanence. Cette configuration permet d'enregistrer les cris avec l'optionnelle sortie *Line-out*, le haut-parleur interne n'étant dans ce cas pas utilisé.

Lorsque les commutateurs 6 et 7 sont tous deux fermés, le logiciel lance une routine de test. Les LED clignotent et un son continu est produit ; selon la position du commutateur 1, ce son sera ou non modulé par l'entrée du microphone.

## Liste des composants de la carte principale

### Résistances

R1, R2, R24, R29, R34 = 47 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R3, R30, R32 = 4,7 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R4, R7, R10 = 7,5 kΩ 1 %, 0,6 W, 350 V  
 R5, R8, R11, R13, R14, R16-R18, R20, R21, R25-R28, R33 = 10 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R6, R9, R22 = 100 kΩ, 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R12 = 82 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R15 = 30 kΩ 5 %, 0,33 W, 250 V  
 R19 = 36 kΩ 5 %, 0,33 W, 250 V  
 R23 = 1 MΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R31 = 39 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R35 = 100 Ω 5 %, 0,25 W, 250 V  
 P1 = 50 kΩ 10 %, 0,5 W, ajustable, 23 tours  
 P2 = 100 kΩ 10 %, 0,5 W, ajustable, 23 tours  
 P3 = 10 kΩ 20 %, 0,2 W, potentiomètre rotatif, logarithmique, mono, avec poussoir

### Condensateurs

C1 = 220 µF 20 %, 50 V, pas de 5 mm, 10×16 mm  
 C2, C3, C6, C7, C8, C11, C22, C23 = 100 nF 10 %, 50 V, X7R, pas de 5,08 mm  
 C4 = 100 µF, 20 %, 50 V, pas de 3,5 mm, 8×11 mm  
 C5, C9, C10, C24 = 10 µF 20 %, 50 V, pas de 2 mm, 5×11 mm  
 C12, C14, C16, C21 = 1 nF 5 %, 100 V, C0G/NP0, pas de 5,08 mm  
 C13, C15, C17 = 4,7 pF ±2,5 pF, 500 V, NP0, pas de 5,08 mm  
 C18 = 470 pF 5 %, 100 V, C0G/NP0, pas de 5,08 mm  
 C19, C20, C25, C26, C28 = 10 nF, 10 %, 100 V, X7R, pas de 5,08 mm  
 C27 = 47 µF, 50 V, pas de 2,5 mm, 6,3×11 mm

### Semi-conducteurs

D1, D2 = BAT43, DO-35  
 D3 = BZX79-C3V0, zener 3 V, 0,5 W, DO-35  
 LED1 = bleue, 3 mm, forte intensité  
 LED2 = rouge, 3 mm, forte intensité  
 T1, T2, T4, T5 = BC548B  
 T3 = BC558B  
 IC1 = TL061CP, DIP-8  
 IC2, IC3, IC4 = TL062CP, DIP-8  
 IC5 = LP2950ACZ-5.0, LDO, 5 V, 0,1 A, TO-92  
 IC6 = PIC16F1827-I/P, DIP-18, programmé, réf. 150346-41 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))  
 IC7 = TDA8541T/N1, SMD SOIC-8, réf. Newark/Farnell 1854043

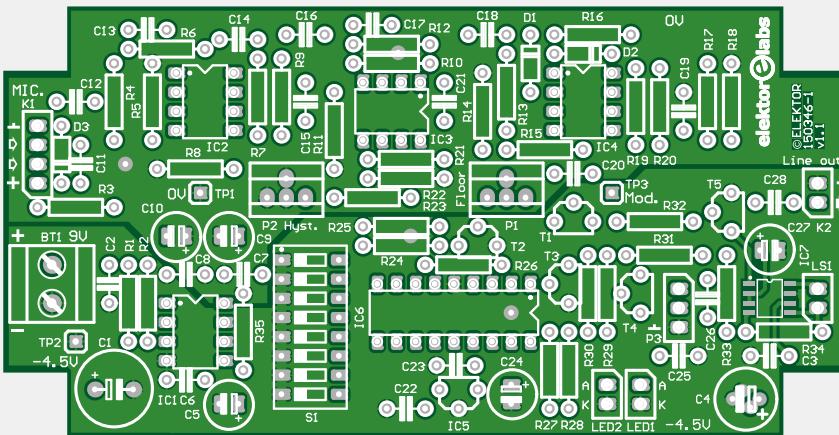
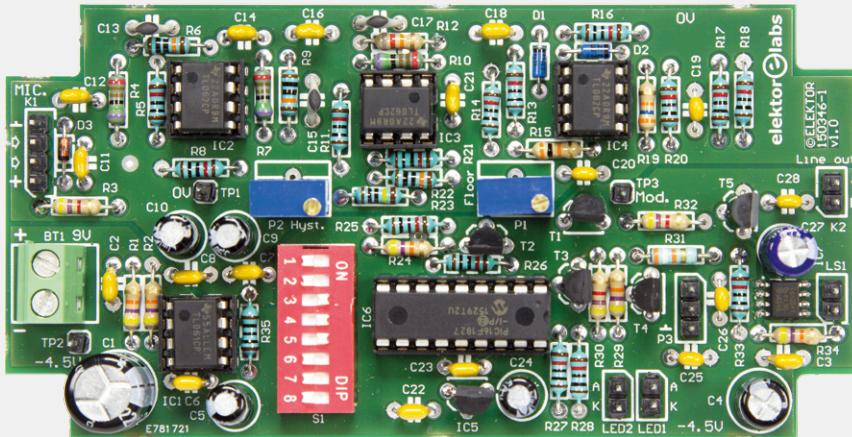


Figure 4. Le circuit imprimé dessiné par le labo d'Elektor pour le détecteur d'ultrasons à extraction d'amplitude.



### Divers

K1 = barrette à 4 broches, verticale, pas de 2,54 mm  
 K2, LED1, LED2, LS1 = barrette mâle, 1x2, verticale, pas de 2,54 mm  
 BT1 = bornier pour CI à 2 voies, au pas de 5,08 mm, 630 V  
 TP1, TP2, TP3 = 1 broche de barrette mâle  
 S1 = blocs de commutateurs DIP 8 voies  
 BT1 = support de pile avec fils et contacts à pression (pour pile PP3, 9 V)

Boîtier, ABS, 40 × 65 × 120 mm, Camdenboss BIM2004/14-BLK/BLK, réf. Newark/Farnell 2445837  
 LS1 = haut-parleur miniature, 8 Ω, >0,5 W  
 MIC. = connecteur pour microphone, femelle, 3,5 mm, 3 contacts, encartable  
 Circuit imprimé, réf. 150346-1 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))  
 Jeu de composants, dont CI et mini-carte MEMS 150346-91.  
 Réf. 150346-71 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

condensateurs électrolytiques, transistors, CI et diodes que vous montez. Les ajustables P1 et P2 sont de type vertical, c.-à-d. avec leurs trois broches alignées.

### Microphones et gains

Le choix du microphone est sans doute la partie la plus délicate de ce projet. Un microphone MEMS (*Micro Electro-Mechanical Systems*, microsystème électromécanique) nécessite une alimentation externe, tandis qu'un microphone à électret « à 2 fils » a une broche d'alimentation commune à la broche de sortie. La **figure 6** montre les trois choix possibles.

Ma préférence va aux microphones MEMS, car même s'ils sont très petits, donc difficiles à monter, ils sont généralement très sensibles aux ultrasons. Le SPU0410H-R5H-PB pour lequel j'ai opté fonctionne très bien. Knowles, son constructeur, a d'ailleurs sorti une version spéciale pour ultrasons pendant que je rédigeais cet article, le SPH0641LU4H-1. L'autre option possible est donc le microphone à électret (fig. 6b et 6c). J'ai testé et obtenu des résultats satisfaisants avec les modèles MCE-4000 et EK3132, ainsi qu'avec un électret récupéré dans un vieux téléphone sans fil. Si je conseille

les MEMS, c'est aussi parce que j'ai trouvé que de nombreux autres microphones à électret répondaient très mal aux ultrasons.

Pour les hautes fréquences, les microphones à électret que j'ai testés présentaient une sortie plus faible que celle des MEMS. Pour obtenir plus de gain, il peut donc être nécessaire d'augmenter jusqu'à 120 kΩ, voire 150 kΩ, la valeur des résistances de contre-réaction R6, R9 et R12. Une valeur de 150 kΩ baisse à env. 50 kHz la fréquence de coupure supérieure théorique des AOP TL062CP, une valeur qui peut s'avérer trop basse



Figure 5. Le boîtier, ouvert pour montrer le câblage.

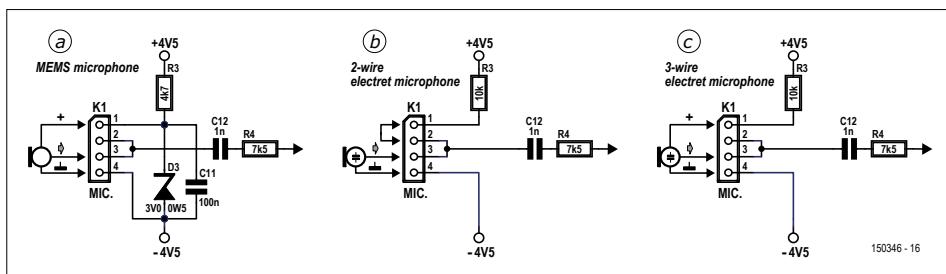


Figure 6. Les trois microphones possibles : MEMS (a, conseillé...), électret à 2 fils (b), électret à 3 fils (c).

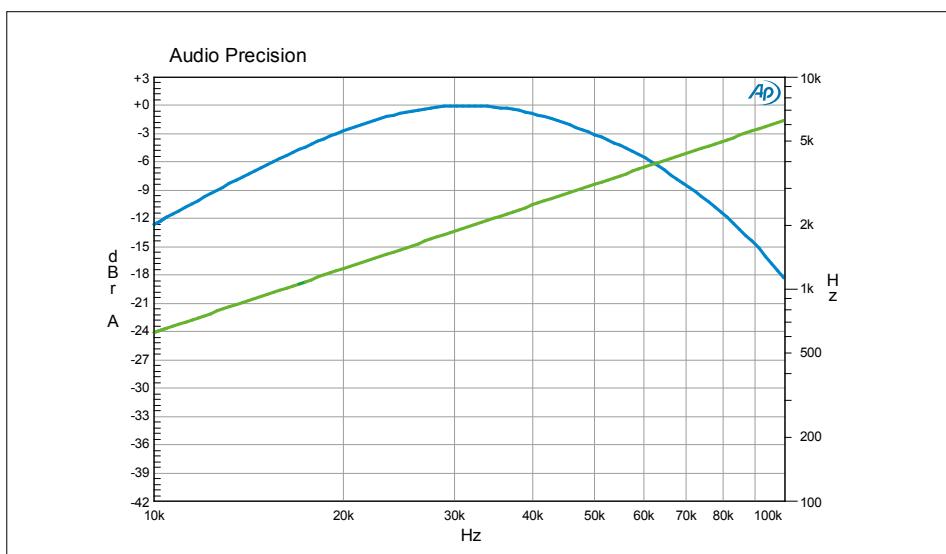


Figure 7. Les réponses en fréquence obtenues avec le TL062CP (en bleu) et avec le LF353 (en vert). La réponse à plus de 100 kHz n'est nécessaire que pour certaines espèces de chauves-souris.

pour certaines espèces de chauves-souris. Si c'est un problème, on peut remplacer IC2 par un LF353 à broches compatibles. Il plaira la réponse en fréquence maximale bien au-delà de la fréquence la plus élevée émise par les chauves-souris. IC3A atténuerait encore les fréquences les plus élevées, mais pas de façon significative. L'inconvénient du LF353 est qu'il augmente la consommation du circuit.

Le graphique de la **figure 7** montre la réponse en fréquence du circuit mesurée avec l'analyseur audio de précision du labo d'Elektor. La courbe en bleu est la réponse obtenue avec un TL062CP, la verte celle obtenue avec un LF353, tous deux montés en IC2. Le signal a été injecté directement en IC2A, autrement dit les caractéristiques du microphone et ses effets sur la réponse en fréquence ne sont pas pris en compte.

À volume fort, le gain plus élevé nécessaire aux électrets peut entraîner une modulation de la sinusoïde par des contre-réactions indésirables. L'effet sera particulièrement notable si R6, R9 et R12 sont remplacées par des 150 kΩ. Si vous optez pour un microphone à électret, gardez donc le volume assez faible, ou utilisez un casque.

La carte est équipée d'un connecteur à quatre broches facilitant la connexion des microphones.

### Carte pour microphone MEMS

Nous avons conçu pour le microphone MEMS une mini-carte (**fig. 8 et 9**), que par ailleurs nous vous proposons préassemblée et testée (réf. 150346-91). Elle se glisse dans le manchon d'un jack stéréo de 3,5 mm (**fig. 10**) et vous épargnera le souci des capacités parasites environnantes.

### Réglage

Vérifiez attentivement l'absence de ponts de soudure sur votre circuit. Placez tous les commutateurs en position « ouvert », branchez la pile de 9 V et allumez le détecteur. Connectez un multimètre entre TP1 et TP2 (TP = *Test Point*). Vous devriez mesurer pour TP1 environ la moitié de la tension de la pile. Une au moins des deux

LED doit être allumée. Faites cliquer un trousseau de clés devant le microphone : le haut-parleur doit produire un son. Le réglage des ajustables P1 et P2 doit se faire dans un endroit silencieux et éloigné de toute source d'ultrasons.

Souvenez-vous que bon nombre d'appareils électriques et électroniques peuvent produire des ultrasons !

Réglons d'abord P1 – qui définit le niveau audio – pour les cris les plus faibles. Reliez un multimètre entre TP2 (« moins » de la pile) et TP3 (Mod.). Réglez P1 de façon à mesurer 0,3 V. Utilisez de préférence une pile usagée (mais encore bonne) car la tension variera légèrement à mesure que la tension de la pile chutera. Il s'agit d'un réglage initial, vous modifierez P1 plus tard si nécessaire.

P2 définit l'hystérosis pour la bascule de Schmitt, et on le réglera de préférence avec le commutateur 6 en position « ouvert ». Tournez P2 jusqu'à ce que la LED bleue SIGNAL s'éteigne ; ce n'est pas un problème si elle clignote de temps en temps. Faites tinter vos clés devant le microphone : la LED rouge MUTE doit s'éteindre et la LED bleue SIGNAL doit s'allumer. Lorsque le tintement cesse, la LED SIGNAL doit s'éteindre et la LED MUTE doit se rallumer au bout d'une seconde, le temps que l'amplificateur se mette en veille. Ajustez P2 jusqu'à ce que la LED rouge s'allume expressément à chaque arrêt du signal d'entrée.

Le réglage du détecteur est terminé.

## Mode test

Lorsque les commutateurs 6 et 7 sont fermés, le programme entre en mode test à la mise sous tension du détecteur. Les deux LED clignotent, et avec un rapport de division de 23 c'est un son de 1 kHz qui est produit. D'autres rapports produisent des sons de fréquences correspondantes. Si le commutateur 1 d'extraction d'amplitude est ouvert, le son est modulé par l'entrée microphone. En l'absence de signal, le son sera assez faible. On peut s'en servir pour ajuster P1 de façon à percevoir le cri des chauves-souris éloignées. Si le microphone capte un signal, le volume sonore augmentera. Si le commutateur 1 est fermé, le son est produit à plein volume.

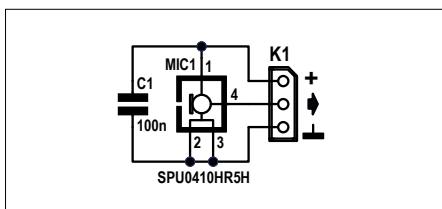


Figure 8. Le circuit pour le microphone MEMS SPU0410HR5H.



Figure 10. Le microphone MEMS peut être logé dans le manchon d'un jack de 3,5 mm.

## Liste des composants de la carte pour microphone MEMS

### Condensateur

C1 = 100 nF 5 %, 25 V, C0G/NP0, CMS 1206, optionnel

### Divers

MIC1 = microphone MEMS SPU0410H-R5H-PB (Knowles), réf. Mouser 721-SPU0410HR5H-PB

K1 = connexions pour fils ou barrette mâle Connecteur audio, prise, 3,5 mm, 3 contacts,



Figure 9. La mini-carte conçue spécialement pour le microphone MEMS.

### câblé

Circuit imprimé, réf. 150346-2 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

Carte à microphone MEMS préassemblée, réf. 150346-91 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

## Fonctionnement

Le fonctionnement est très simple. Configurez d'abord les commutateurs (**enca-dré**) selon le mode de fonctionnement souhaité. Allumez le détecteur et réglez le volume sonore.

La réaction du haut-parleur sur le microphone est toujours un problème potentiel avec ce genre de détecteur. Elle sera moins susceptible d'affecter un système à MEMS, mais, comme je l'ai dit plus haut, avec un électret l'indispensable gain élevé peut provoquer une pernicieuse contre-réaction qui modulera la sinusoïde produite. Donc, encore une fois, avec un électret utilisez plutôt un casque ou un volume faible.

Au moins une des LED est allumée lorsque le détecteur est sous tension. Vous savez donc toujours si votre appareil est en marche ou non. Voici comment interpréter les LED :

### LED Mute allumée, LED Signal éteinte

Le détecteur est en veille et attend un signal. L'amplificateur est désactivé pour préserver la pile.

### LED Mute allumée, LED Signal allumée ou clignotante

Un signal a été détecté, mais n'a pas été reconnu comme celui d'une chauve-souris. L'amplificateur est désactivé pour préserver la pile.

### LED Mute éteinte, LED Signal allumée

Une chauve-souris a été détectée. Son cri

devrait être audible via le haut-parleur. La LED Signal reste allumée après le cri et s'éteint lorsque le détecteur se remet en veille.

Si le détecteur est équipé d'une sortie *Line out* et s'il est relié à un enregistreur, l'amplificateur interne peut être désactivé en permanence en plaçant le commutateur 6 sur ouvert et le 7 sur fermé.

Je rappelle que la configuration des commutateurs n'est lue qu'à la mise sous tension, donc qu'il faut éteindre puis rallumer le détecteur en cas de modification d'une ou plusieurs positions.

## Modifications du circuit

Selon le type de microphone utilisé, il peut être nécessaire d'ajuster le gain total des AOP IC2 et IC3A. Dans le cas d'un microphone MEMS, on peut augmenter le gain en remplaçant R12 par une 100 kΩ, et le diminuer en utilisant pour R6 ou R9 (ou pour les deux) une 82 kΩ.

Comme expliqué précédemment, avec un microphone à électret ce sont les valeurs de R6, R9 et R12 qui importent. Essayez de les choisir aussi identiques que possible. Il est déconseillé d'utiliser des résistances de plus de 150 kΩ, elles réduiront la bande passante des AOP. Je rappelle qu'IC2 peut être remplacé par un LF353 pour améliorer cette bande passante.

Les résistances-talons de 10 kΩ des LED réduisent la consommation. Choisissez une valeur plus faible pour des LED plus puissantes, mais comme il est fort pro-

bable que vous utiliserez le détecteur dans l'obscurité...

R19 définit le gain de l'amplitude ainsi que le niveau sonore des signaux forts. Je recommande de ne pas y toucher, mais sachez qu'une valeur plus grande augmentera le gain, et vice versa.

Plusieurs paramètres peuvent être modifiés dans le code [3], notamment la fréquence de coupure inférieure, le diviseur, la temporisation de l'amplificateur et le seuil validant la nature « chauve-souris » du signal d'entrée. Par commodité, tous ces paramètres sont déclarés comme constantes (lignes `#define`). Le code inclut aussi des tables de sinus pour les divisions par 13, 19, 29 et 37 avec lesquelles vous pouvez expérimenter.

La boucle de synchronisation (*timing loop*, **listage 2**) a été rigoureusement pensée et ne devrait pas être modifiée.

Le boîtier enfin : un dessin comme celui de la **figure 11** le rendra moins impersonnel !

Je remercie John Errington de m'avoir encouragé à reprendre et améliorer son circuit original.

(150346 – version française : Hervé Moreau)

## Liens

[1] Durham Bat Group :  
[www.durhambats.org.uk/  
bat\\_calls.htm](http://www.durhambats.org.uk/bat_calls.htm)

[2] Types de détecteurs :  
[www.skillbank.co.uk/bat\\_detectors/  
index.html](http://www.skillbank.co.uk/bat_detectors/index.html)

[3] Page du projet :  
[www.elektormagazine.fr/150346](http://www.elektormagazine.fr/150346)

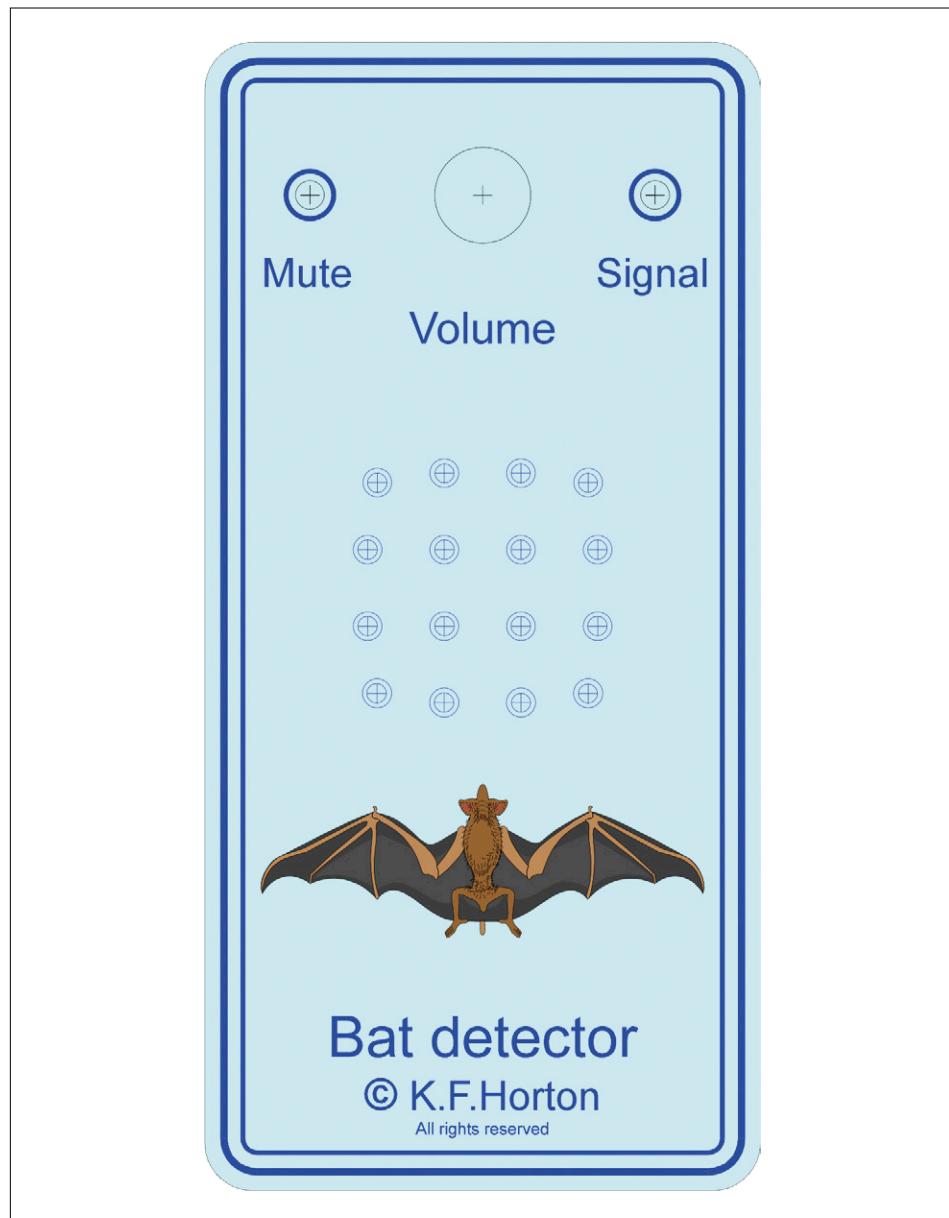


Figure 11. N'hésitez pas à personnaliser votre boîtier en vous inspirant de ce dessin !  
Taille réelle : 152 × 72 mm.

## Listage 2. Déclaration des constantes pour la boucle *timing*.

```
#define Quick_amp_off .10 ; Delay before switching off amp in 1/10 seconds - switch 6 high
#define Slow_amp_off .50 ; Delay before switching off amp in 1/10 seconds - switch 6 low

#define Long_Valid_count .5 ; Number of valid input triggers before taking action - switch 6 high
#define Short_Valid_count .3 ; Number of valid input triggers before taking action - switch 6 low

#define ratio_a .23 ; Division ratio - switch 2 high & 3 high (13,16,17,19,23,29,31,37)
#define ratio_b .17 ; Division ratio - switch 2 high & 3 low (13,16,17,19,23,29,31,37)
#define ratio_c .16 ; Division ratio - switch 2 low & 3 high (13,16,17,19,23,29,31,37)
#define ratio_d .31 ; Division ratio - switch 2 low & 3 low (13,16,17,19,23,29,31,37)

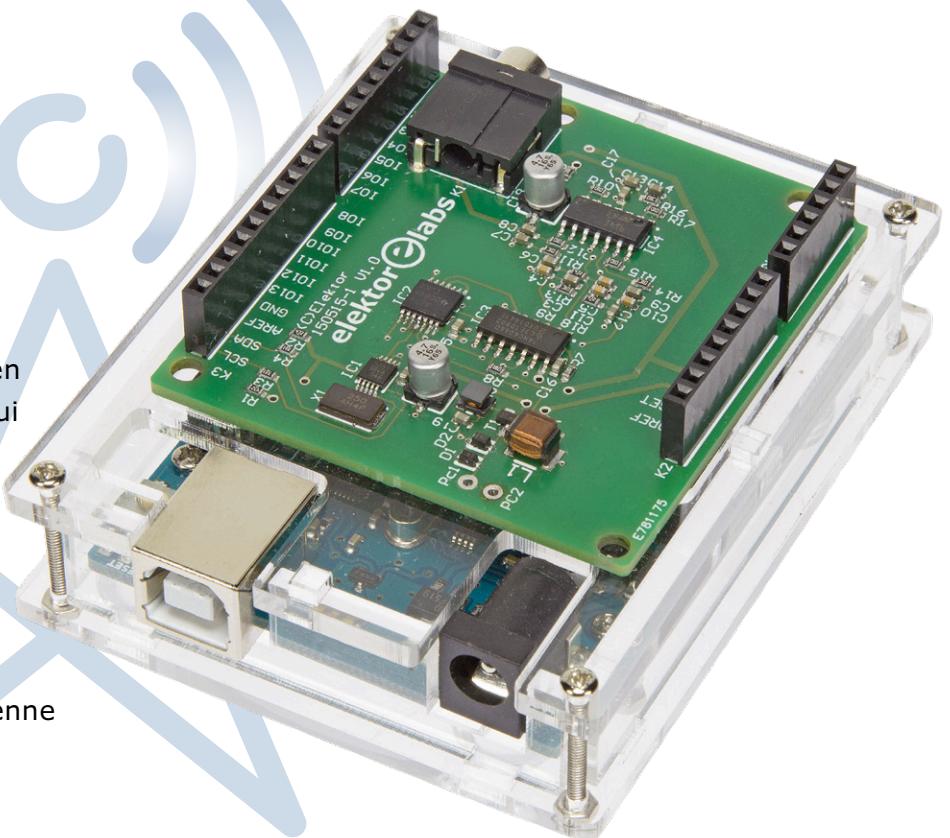
#define LF_cutoff_a .25000 ; Low frequency cut off - switch 4 high & 5 high
#define LF_cutoff_b .18000 ; Low frequency cut off - switch 4 high & 5 low
#define LF_cutoff_c .15000 ; Low frequency cut off - switch 4 low & 5 high
#define LF_cutoff_d null ; Preset at approximately 8 kHz - switch 4 low & 5 low
```

# SDR d'Elektor réinventé (3)

## quelle antenne pour la radio ?

Burkhard Kainka (Allemagne)

La bonne réception de la modulation d'amplitude sur les bandes amateurs en ondes courtes ne tient qu'à un fil : celui de l'antenne ! Le plus simplement du monde, on tend, à une dizaine de mètres de hauteur, un fil de 30 m entre deux arbres, assez éloignés de la maison. Hélas, ce n'est pas possible partout. Cherchons donc un compromis acceptable, une petite antenne discrète, mais efficace.



L'expérience le prouve, ce n'est pas la tension maximale du signal d'antenne qui compte le plus, mais bien le rapport signal/bruit. Des parasites, il y en a à profusion et même de plus en plus, surtout dans les habitations. Les ordinateurs, les alimentations secteur, les autres appareils électroniques domestiques, les moteurs et tout le reste sont des sources de parasites au point de former une pollution électromagnétique dense capable de noyer les ondes courtes.

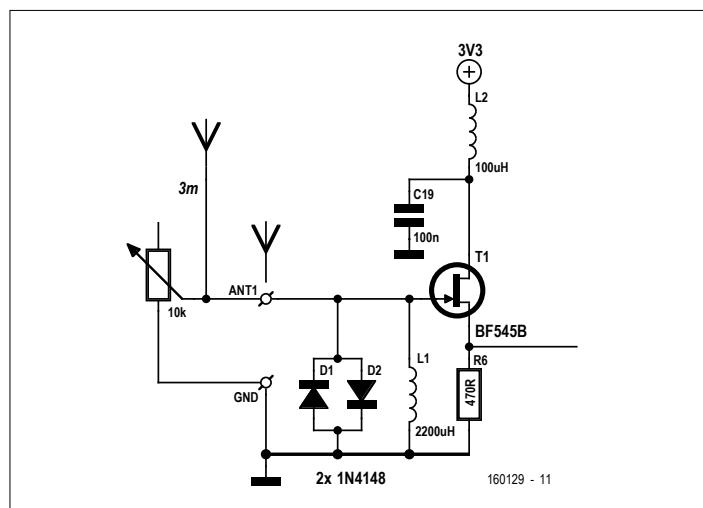


Figure 1. Antenne intérieure avec atténuateur.

### Atténuateur d'antenne

Sur le *shield* SDR, il y a déjà un convertisseur d'impédance à FET (T1) avec une bobine HF (L1) et des diodes d'écrêtage (D1/D2). L'antenne SDR la plus simple, un fil d'à peu près 3 m de long jeté sur une armoire ou simplement sur le sol de la pièce, suffit déjà. En soirée, on peut ainsi écouter beaucoup de stations de radio puissantes en ondes courtes. Certains signaux de la bande des 75 m sont tellement forts qu'ils peuvent déjà saturer le récepteur. On se sert alors d'un potentiomètre en parallèle sur l'entrée d'antenne (**fig. 1**) pour les atténuer.

Dès qu'on branche l'antenne, le niveau de bruit monte considérablement. La force du bruit de fond diffère d'une bande à l'autre et peut facilement recouvrir les signaux faibles. Il ne vient pas seulement de l'antenne, mais peut s'infiltrer par un conducteur de terre « brouillé ». Le plus souvent, le PC est relié à la terre par un conducteur de protection. Mais sur le chemin entre la vraie terre et la prise de courant, il a déjà récolté toutes sortes de cochonneries. Puis viennent le câble USB et son signal à large bande, de sorte que la masse d'Arduino est contaminée par un plus fort signal encore. Même une antenne extérieure idéale ne peut rien y faire, puisqu'à l'entrée, les parasites de terre se retrouvent en série avec le signal d'antenne. Cependant, une bonne antenne délivre en tout cas un signal plus fort pour prévaloir sur le bruit de fond.

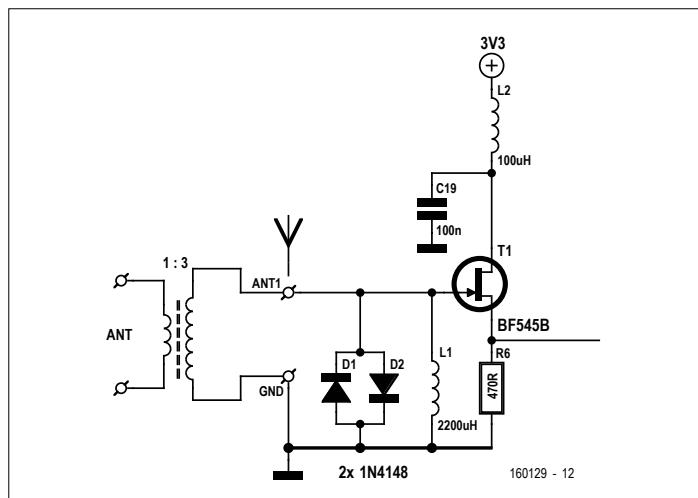


Figure 2. Utilisation d'un transformateur haute fréquence (HF).

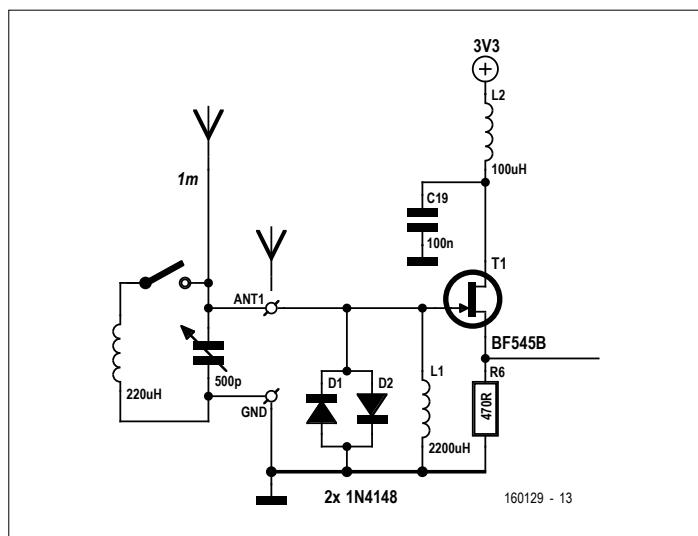


Figure 3. Circuit d'entrée accordé.

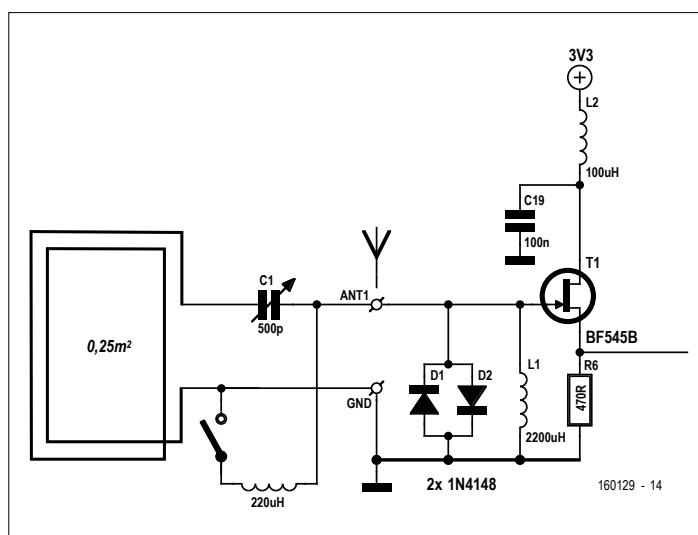


Figure 4. Antenne-cadre pour grandes ondes et ondes moyennes.

## Transformateur d'isolement

Supposons que vous ayez une antenne extérieure parfaite avec câble coaxial ou une installation d'antenne AM sur le toit. Il faudra encore veiller à ce que des parasites ne s'infiltrent pas via la masse. Le meilleur remède est un transformateur d'isolement HF (fig. 2). On peut le bobiner sur un noyau ou utiliser un noyau à deux trous. Généralement, on met deux spires à l'enroulement côté antenne et six côté SDR.

## Circuit résonant

Les signaux sur les ondes longues ou moyennes sont nettement meilleurs quand l'accord se fait par circuit résonant (fig. 3). Il hausse la tension du signal à la résonance et atténue en même temps les signaux indésirables aux multiples de la fréquence de réception. Avec un condensateur variable de 500 pF, la bobine interne de 2,2 µH permet d'atteindre déjà le bas de gamme de radiodiffusion en grandes ondes, avec lesquelles une antenne d'un mètre suffit. Ce circuit est cependant relativement sélectif et réclame un ajustement à chaque changement de fréquence. Pour la gamme d'ondes moyennes à partir de 500 kHz, on branche en parallèle une bobine ou une inductance fixe de 220 µH. L'antenne filaire est superflue si l'on se sert d'une bobine pour ondes moyennes sur un barreau de ferrite, auquel cas on remarque tout de suite un rapport signal/bruit bien supérieur. Cela tient au fait que cette antenne reçoit principalement la composante magnétique des ondes radio, alors que les parasites à proximité des brouilleurs se confinent davantage dans le champ électrique alternatif.

Il vaut toujours la peine, quand on travaille sur un récepteur, de comparer avec d'autres postes de radio. Il arrive par exemple qu'un très simple poste à transistor sur piles reçoive en ondes moyennes avec nettement plus de clarté que la radio logicielle. C'est précisément ce que le petit poste capte par antenne ferrite, donc sans liaison à la terre. Il reste donc à déparasiter la SDR avec autant d'efficacité.

Une autre comparaison est éclairante, avec une chaîne compacte stéréo dotée d'une gamme AM. Le plus souvent, ces appareils sont équipés d'une antenne-cadre avec plusieurs spires, raccordée par un long câble. La notice explique qu'il faut placer l'antenne à distance de l'installation. Les sections numériques de l'appareil produisent tellement de parasites qu'il n'est pas possible d'y incorporer une antenne ferrite. L'expérience montre que la distance revêt une grande importance. Il faut au moins un demi-mètre pour avoir une bonne réception. En bande FM, les soucis sont bien moindres parce que le maximum de parasites se situe dans les gammes plus basses.

## Antenne-cadre

La solution pourrait venir d'une antenne-cadre. Plus sa superficie est grande, plus le signal est fort. L'antenne spiralée devrait avoir deux tours de 0,5 m de côté (fig. 4). On utilise donc 4 m de fil ou mieux, 8 m pour l'éloigner de deux mètres de l'ordinateur. Raccordée directement, elle constitue une excellente antenne à large bande utilisable déjà en ondes courtes. Mais pour les ondes moyennes et longues, l'inductance est encore trop basse, on peut alors insérer un condensateur variable en série. Du coup, l'antenne-cadre fait partie du circuit d'entrée et peut entrer en résonance dans les grandes ondes. Ajouter une petite inductance de 220 µH permet d'atteindre les ondes moyennes.

## L'antenne fouet

L'antenne fouet n'est sûrement pas mauvaise, à en juger par sa généralisation sur automobile. S'il vous prend l'envie, un soir, parqué hors agglomération, d'explorer les ondes moyennes avec votre autoradio, vous serez étonné de la qualité de réception. Une antenne de ce genre doit être installée au bon endroit. Le mieux, c'est sur le toit ou sur un mât le plus loin possible des maisons. Si ce n'est pas possible, reste à la faire dépasser de la fenêtre ou, à la rigueur, la coller sur la vitre.

On peut alors y brancher un long câble blindé. Mais ça ne marche pas sans un préamplificateur (**fig. 5**) ou un convertisseur d'impédance. Le plus simple, c'est un JFET en préampli et convertisseur d'impédance, alimenté à distance par le câble. Arduino dispose d'une tension adéquate de 3,3 V, à filtrer de plus belle. Pour que l'antenne soit utilisable partout, elle se complète d'un potentiomètre d'atténuation et d'un filtre passe-bas simple.

Avec une mise en place convenable, cette antenne fournit assez de signal dans toutes les bandes. Reste quand même une difficulté à surmonter : par la ligne de masse arrivent encore des interférences à large spectre depuis l'ordinateur et d'autres appareils sur le réseau électrique.

## Et la gagnante est : l'antenne boucle

Toutes ces expériences ont montré qu'une antenne magnétique offre la meilleure solution dans la maison, puisqu'on peut l'éloigner de l'ordinateur en la plaçant près d'un mur extérieur ou sur une fenêtre. Toutes ces considérations plaident en faveur d'une boucle magnétique avec préamplificateur et alimentation à travers le câble coaxial (**fig. 6**).

La boucle elle-même se construit avec 4 m de câble coaxial tendus à la fenêtre en carré de 1 m de côté. La boucle proprement dite est l'âme, le conducteur intérieur. La tresse de blindage est reliée à la masse et protège l'antenne du champ électrique. Au milieu du côté supérieur, il faut que le blindage soit interrompu pour qu'il n'agisse pas comme conducteur fermé. C'est un transistor basse fréquence BC547B qui sert de préamplificateur. Le gain vaut aussi pour les bandes supérieures. La faible résistance d'entrée du transistor présente pour l'antenne presque un court-circuit, ce qui lui confère une largeur de bande extrême. Le préamplificateur est relié (et alimenté) par un coaxial de la longueur nécessaire. Le découplage du signal, avec atténuateur et éventuel passe-bas, reste identique. À vrai dire, ce concept simple mérite encore d'être perfectionné. L'impédance n'est pas bien adaptée au câble et des améliorations sont possibles question linéarité et tolérance aux signaux forts. Mais l'une et l'autre réclameraient un renforcement du courant de collecteur, alors que l'amplificateur, tel qu'il est, séduit par sa simplicité et fonctionne à merveille.

Cette antenne donne d'excellents résultats à toutes les fréquences de 150 kHz jusqu'à 30 MHz. Même en journée, avec elle, la SDR atteint en grandes ondes un étonnant rapport signal/bruit. Comparée à d'autres antennes, la boucle présente presque toujours les meilleures caractéristiques. Il y a chez moi, à l'extérieur, une descente d'antenne que je n'utilisais plus. Installée à une dizaine de mètres de haut, cette antenne fournit bien un signal de tension élevée, mais aussi un large

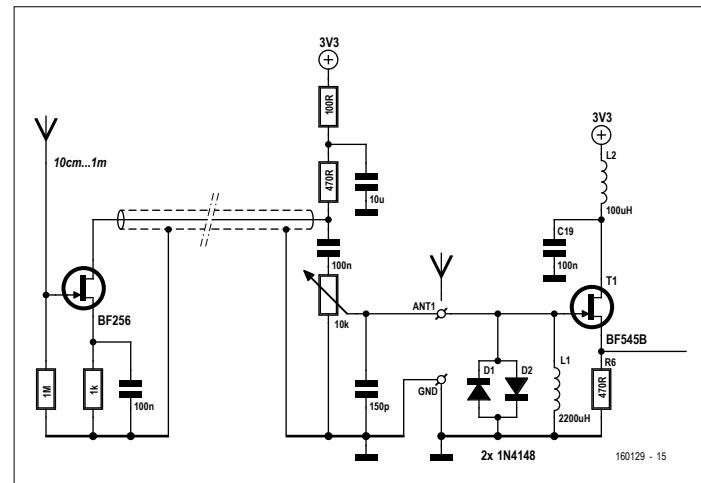


Figure 5. Antenne fouet avec préamplificateur.

▶ l'antenne magnétique obtient un excellent score

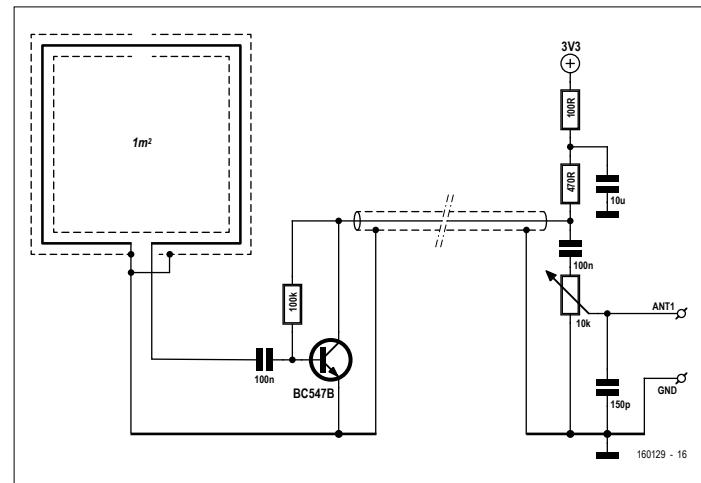


Figure 6. Boucle d'antenne à large bande avec préamplificateur.

spectre de parasites. La réception avec la boucle blindée donne de bien meilleurs résultats. ▶

(160129 - version française : Robert Grignard)

- Vous maniez le fer à souder, vous savez utiliser un oscillo.
- Vous comprenez la langue de Shakespeare et celle de Bono.
- Vous appréciez celle de Rabelais, de Céline ou de Renaud.
- Vous ne craignez pas Kraftwerk dans le texte ni sa techno.

Venez rejoindre notre équipe de traducteurs techniques.

Contactez la rédaction : [redaction@elektor](mailto:redaction@elektor)

# webradio à tubes fluorescents (1)

## la technique actuelle s'affiche à l'ancienne

C'est chouette une radio de cuisine qui lit les CD, donne l'heure et mesure le temps de cuisson sans être encombrante. Mais quand elle ne donne plus que du bruit, il faut la remplacer. Pourtant, son bel afficheur était bien pratique, complet et compact. Pourquoi ne pas le recycler dans une radio d'un nouveau genre ?

Michael Buser (Allemagne)

C'est une bonne idée, surtout quand on est dans l'électronique. Et pour passer du désir à la réalisation pratique, il suffit de faire une recherche sur l'internet pour trouver des études détaillées de ce type d'afficheur.

Mais à peine avais-je puisé aux bonnes sources tout le nécessaire, que le VFD (Vacuum Fluorescent Display) a été réduit à l'état de FD, je l'ai laissé choir, ce qui a malheureusement fait se dissiper le Vide dans l'atmosphère  $\otimes$ .

Par bonheur, on trouve de pareils afficheurs dans les boutiques de déstockage, si bien que j'ai pu acquérir à bon compte un nouveau vieux, un VFD du type FV651G (figure 1), superbe, bien que pas tout à fait aussi beau que l'ancien.

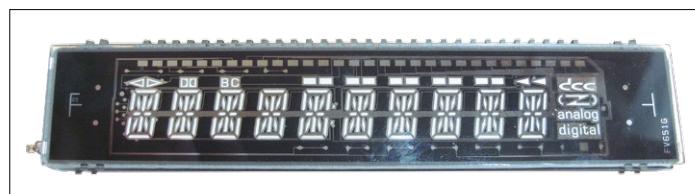


Figure 1. Le VFD FV651G est l'afficheur fluorescent utilisé.

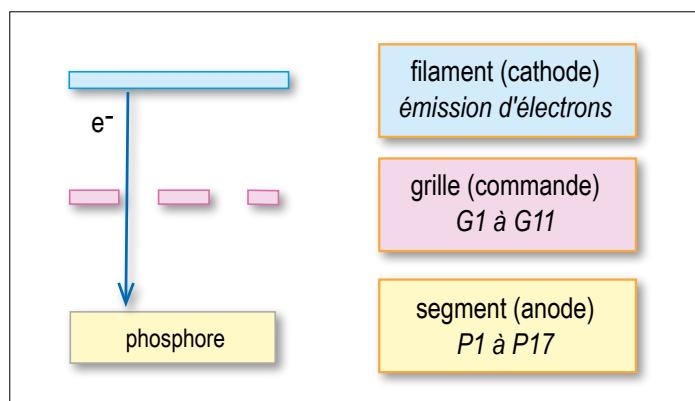


Figure 2. La structure du VFD. Les segments d'anode couverts de phosphore s'éclairent sous la projection d'électrons.

### Un VFD, comment ça marche ?

Les VFD reposent sur le même principe que les tubes triodes (cf. figure 2), mais appliqué à chaque segment lumineux. Les détails de construction se trouvent sur [1] et [2]. En gros, ils travaillent comme suit : comme dans les autres tubes, le filament assure le chauffage de la cathode pour produire l'émission d'électrons. Les anodes sont constituées par les segments de l'afficheur, porteurs d'une couche fluorescente. Les électrons incidents provoquent la phosphorescence. Le potentiel de grille commande le flux d'électrons. Négatif, il empêche de s'allumer tous les segments, d'habitude au nombre de dix-sept. Positif, il leur permet de s'allumer, mais un potentiel d'anode négatif en repousse les électrons, c'est la manière de sélectionner les segments à éteindre. En revanche, si le segment est assez positif, les électrons le frappent et sa couche est excitée. Les contacts de grilles G1 à G12 déterminent les positions adressées et les contacts P1 à P17, chacun des segments.

Selon sa fiche technique, le type FV651G demande une tension alternative de 3,7 V pour le chauffage et 32 V comme tension de grille. C'est cette dernière qui rend pesante la commande. L'afficheur possède onze positions, la dernière à droite présente des symboles spéciaux adaptés à l'usage premier auquel il était destiné. Chaque position peut avoir jusqu'à 17 éléments lumineux à commander séparément ; le double point, 17<sup>e</sup> segment, n'est disponible qu'à une seule position.

Comme tous les segments sont interconnectés, il faut les piloter en multiplex. Cela représente donc un tableau de 11 colonnes sur 17 lignes, à réaliser de préférence par logiciel.

### Chauffage

Dans l'ancienne radio de cuisine, c'est un transformateur secteur avec un secondaire à prise médiane qui alimentait les filaments. Comme la nouvelle est normalement tributaire d'un bloc secteur indépendant de 12 V, il fallait trouver une parade. Cette tension alternative ne doit pas forcément être à 50 Hz. La solution est à la figure 3, avec ce bon vieux temporisateur NE555 et un transformateur bobiné maison.

Originalité par rapport au circuit habituel, D1 produit un rapport cyclique presque symétrique. Le transformateur est bobiné sur un noyau de ferrite en matériau N27 d'un diamètre extérieur de 16 mm. Côté primaire, il y a 40 spires de fil de cuivre émaillé, 2 x 18 au secondaire. En charge, il fournit un peu plus

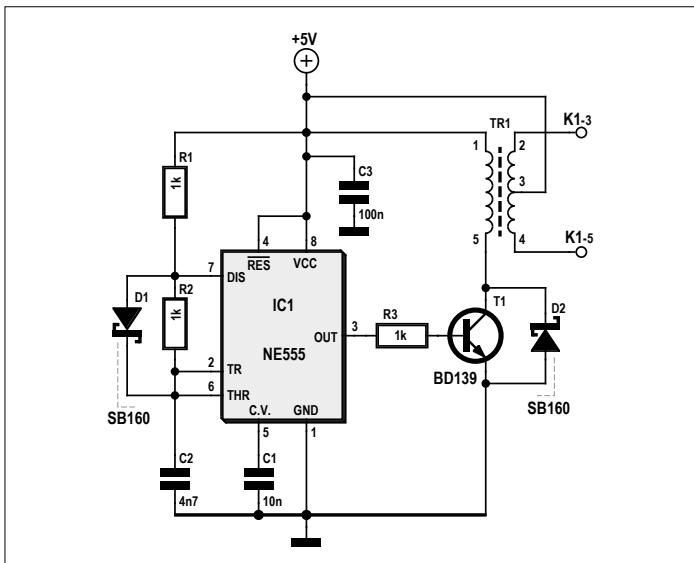


Figure 3. Le circuit d'appoint conçu par Kerry D. Wong alimente le chauffage.

de  $2 V_{eff}$  sur chaque secondaire. Le circuit a été développé par Kerry D. Wong [3]. Il ne faut pas relier à la masse la tension de chauffage pour éviter l'apparition de lumières fantômes sur des segments non activés, mais polariser la prise médiane du transformateur au +5 V.

## Tension anodique

Il faut aussi partir du bloc de 12 V pour créer la tension d'anode au moyen d'un convertisseur survolteur (**figure 4**). Seules les valeurs des résistances diffèrent du circuit de base de la fiche technique du LM2577.

Selon le constructeur, on calcule la tension de sortie par la formule :

$$V_{\text{out}} \equiv 1.23 \text{ V} \times (1 \pm B5 / B6)$$

Les valeurs choisies pour  $R_5$  et  $R_6$  conduisent à la tension anodique souhaitée de 32,5 V.

## Commande de grilles

Il y a en tout 28 électrodes de l'afficheur à piloter : P1 à P17 et G1 à G11. À cause de la haute tension d'anode de 32 V, il convient d'utiliser des tampons à tension de sortie élevée. La puce UDN2981 supporte 50 V et convient très bien ici ; avec huit pilotes à bord, quatre boîtiers suffiront. On les commande par le niveau usuel de 5 V.

Pour ne pas devoir sacrifier à cette fin toutes les lignes d'E/S de l'ATmega32 prévu, on intercale chaque fois un verrou à 8 bits. Ils sont groupés par quatre et commandés en parallèle ; les groupes sont choisis par le signal de validation LE (*Latch Enable*). On réduit ainsi le nombre de sorties nécessaires au pilotage de l'afficheur à douze 8 bits de données et

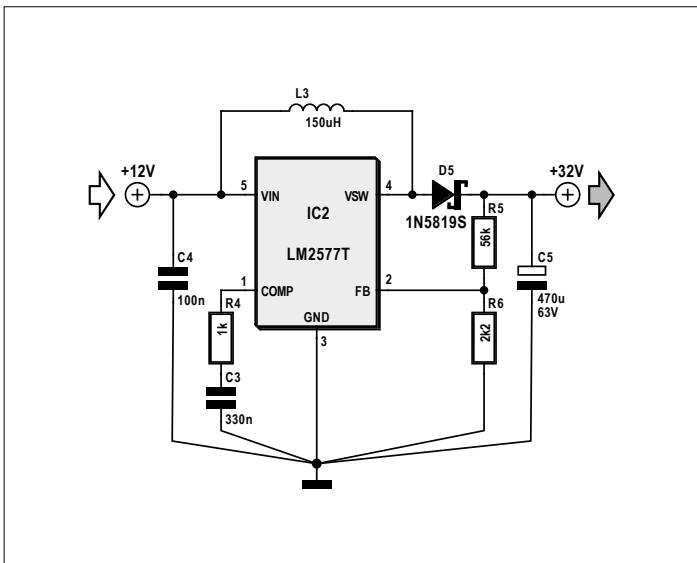


Figure 4. Autre circuit d'appoint pour produire la tension anodique avec un convertisseur survoltéur.

4 signaux LE. Le contrôleur peut encore interroger quelques composants. Le circuit complet de la section affichage se trouve dans le document *Muxer\_Schaltplan.pdf* dans le fichier d'archive *Muxer.zip* (téléchargement en [4]). Les fichiers Eagle correspondants y sont aussi.

## Micrologiciel pour ATmega

Pour le microcontrôleur, l'afficheur est représenté par une valeur de 32 bits répartis sur quatre octets, un par verrou. Mais en réalité, sa principale tâche est de transférer ces quatre octets sur le port à 8 bits, à la fréquence de multiplexage, et de produire les signaux de commande des verrous. Le **tableau 1** donne la liste des significations des bits dans les mots de 32 bits. On n'utilise pas les quatre bits de poids le plus faible. Les définitions correspondantes sont dans les fichiers *fv651.c* et *fv651.h* du téléchargement. La structure de données *TDispControl* résume les variables requises pour la commande :

```
typedef struct {
    uint32_t data;
    uint8_t gitter;
    uint16_t anode;
} TDispControl;
```

La variable `data` contient la trame de 32 bits pour les quatre verrous, `gitter` est le nombre qui désigne la position actuelle dans l'afficheur (de 0 à `MAX_DIGITS`). La variable `anode` contient la trame de bits pour les 17 segments. C'est la routine `flush_VFD()` du **listage 1** qui transfère le contenu de `data` dans les quatre verrous.

**Tableau 1. Signification des 32 bits**

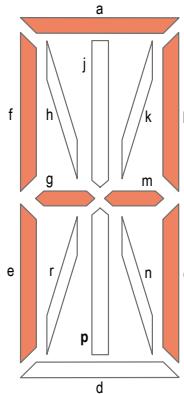


Figure 5. Pour que les segments s'allument, il faut que les bits correspondants du tableau 2 soient au niveau haut (1).

**Tableau 2. Commande des segments de la figure 5**

bit	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
électrodes	P1 à P17																
segments			a	b	f	k	j	h	m	g	n	p	r	c	e	d	

On découpe le mot de 32 bits en quatre octets adressés successivement au port A, lequel est relié aux entrées des verrous. Après chaque transfert, il faut donner une impulsion à l'entrée de validation du verrou concerné pour que l'octet voulu y soit mémorisé. L'impulsion produite par un `nop` dure 760 ns. Avec une horloge à 16 MHz, l'opération complète prend 9 µs.

## Tableau ASCII

Reste à savoir comment les trames de bits pour les caractères à afficher arrivent dans la variable `data`. C'est la fonction `mux_VFD()` qui s'en occupe. Pour que la lettre « A » s'inscrive correctement sur l'afficheur, comme à la **figure 5**, il faut allumer les segments a, b, c, e, f, g et m. On utilise pour cela une table de signes qui contient la formule adéquate de bits pour chaque signe à montrer. Le **tableau 2** donne l'exemple de la lettre A. La valeur décimale correspondante est donc 14 534. Le tableau contient ainsi une valeur de 16 bits pour chaque signe utilisé. Il est également repris dans le téléchargement, on peut le modifier au besoin. Les mots de 16 bits qui en découlent sont stockés dans la mémoire du microcontrôleur et leurs codes ASCII servent d'index. Pour des raisons de place, on ne peut pas inclure dans le tableau résultant tous les signes possibles, il convient donc de vérifier qu'y sont représentés tous ceux réellement nécessaires. Le code du tableau ASCII ainsi que les fonctions de vérification se trouvent dans le **listage 2**.

En appelant la valeur ASCII de A = 65, la deuxième des trois conditions `if` trouve et renvoie la valeur dans la table située à la position  $65 - \text{LUT\_A} + \text{LUT\_A\_OFFSET} = 10$ .

On voit dans les minuscules un certain nombre de zéros. Petit exercice : remplissez le tableau pour que toutes les minuscules soient affichées...

Là, il faut encore un peu chipoter sur les bits pour qu'ils viennent aussi à la position voulue dans des mots de 32 bits. Dans la structure `TDispData`, `digits` contient les dix caractères à afficher et `symbols` un bit pour chaque `symbol` spécial affiché en 11<sup>e</sup> position.

## Listage 1. Traitement des mots de 32 bits

```
void flush_VFD() {
    uint8_t data;

    data = (ctrl.data & 0xFF); //1st byte
    PORT_VFD_DATA = data;
    LE_VFD_0_ON; //impulse with nop =
    asm volatile („nop“); //760ns
    LE_VFD_0_OFF; //measured with scope

    data = ((ctrl.data >> 8) & 0xFF); //2nd byte
    PORT_VFD_DATA = data; //delay between 1st and 2nd impulse =
    LE_VFD_1_ON; //2us
    asm volatile („nop“);
    LE_VFD_1_OFF;

    data = ((ctrl.data >> 16) & 0xFF); //3rd byte
    PORT_VFD_DATA = data; //delay between 1st and 3rd impulse =
    LE_VFD_2_ON; //4.7us
    asm volatile („nop“);
    LE_VFD_2_OFF;

    data = ((ctrl.data >> 24) & 0xFF); //4th byte
    PORT_VFD_DATA = data; //delay between 1st and 4th impulse =
    LE_VFD_3_ON; //7.5us
    asm volatile („nop“);
    LE_VFD_3_OFF;
}
```

```

typedef struct {
    uint8_t digits[MAX_CHARS]; // un pour chaque position
    union TSymbolssymbols;
    // afficher ou non symbole spécial
} TDispData;

```

Le temporisateur appelle toutes les 5 ms la fonction `mux_VFD()`. Celle-ci lit les caractères dans `digits`, produit le motif de bits et envoie les caractères à l'afficheur. Cette routine est assez volumineuse, aussi je vous renvoie aux commentaires du code dans le téléchargement.

La variable `display` du type `TDispData` constitue avec les fonctions du **Listage 3** l'interface pour l'unité d'affichage.

## Présentation des caractères

L'instruction suivante donne un exemple d'inscription de la lettre A à la quatrième position de l'afficheur :

```
display.digits[4] = 65
```

L'appel de la fonction `setVFDDisplayData(4, 'A')` exécute la même chose, mais est un peu plus ordonné et effectue une vérification de la plage de valeur. Les fonctions de commande de l'afficheur se trouvent dans les fichiers `fv651g.c` et `fv651g.h` du téléchargement. Le code source complet est un projet Studio 6.2 d'Atmel dans le fichier *Software\_1.zip*. Ce micrologiciel complète la section affichage de la radio de

### Listage 2. Tableau ASCII et fonctions de vérification

```

uint16_t lookupVFDSegTable(uint8_t index) {
    static const flash uint16_t lookupSeg[SEGMENT_LOOKUP_TABLE_SIZE] = {
        14343, 4100, 12483, 12485, 6340, 10437, 10439, 12292, 14535, 14532, //0...9
        14534, 14535, 10243, 14343, 10435, 10434, 10375, 6342, 528, 536, //A...J
        1584, 2051, 7430, 6438, 14343, 14530, 14375, 14562, 10437, 8720, //K...T
        6151, 4388, 6190, 1320, 784, 8193, //U...Z
        103, 2247, 195, 4295, 83, 0, 0, 2130, 0, 0, //a...j
        0, 0, 0, 0, 103, 0, 0, 66, 0, 0, //k...t
        7, 36, 46, 0, 37, 73 //u...z
    };
    if (inRange(LUT_0, LUT_9, index)) {return(lookupSeg[index - LUT_0]);} //48...57
    if (inRange(LUT_A, LUT_Z, index)) {return(lookupSeg[(index - LUT_A) + LUT_A_OFFSET]);} //65...90
    if (inRange(LUT_a, LUT_a, index)) {return(lookupSeg[(index - LUT_a) + LUT_a_OFFSET]);} //97...12
    return (0);
}

```

### Listage 3. Interface d'affichage

```

void init_VFD(); //initialize all data structures
void mux_VFD(); //displays next digit, timer controlled

void clearVFDDisplay(uint8_t withSymbols); //clears display
    withSymbols = true //deletes all symbols
    withSymbols = false //lets symbols untouched

void clearVFDDisplayData(uint8_t index); //deletes position „index“ in display
    //0 = most right digit

void setVFDDisplayData(uint8_t index, uint8_t data); //shows „data“ on digit „index“

void setVFDDisplayText(uint8_t index, const char *data); //shows string „*data“,
    //starts @ position „index“

void setVFDDisplayInt(uint8_t index, uint8_t anzStellen, uint8_t wert);
    //shows number „wert“ whith „anzStellen“
    //digits starting from right

void clearRunText();

void setRunText( const char *data );

void tickRunText();

```

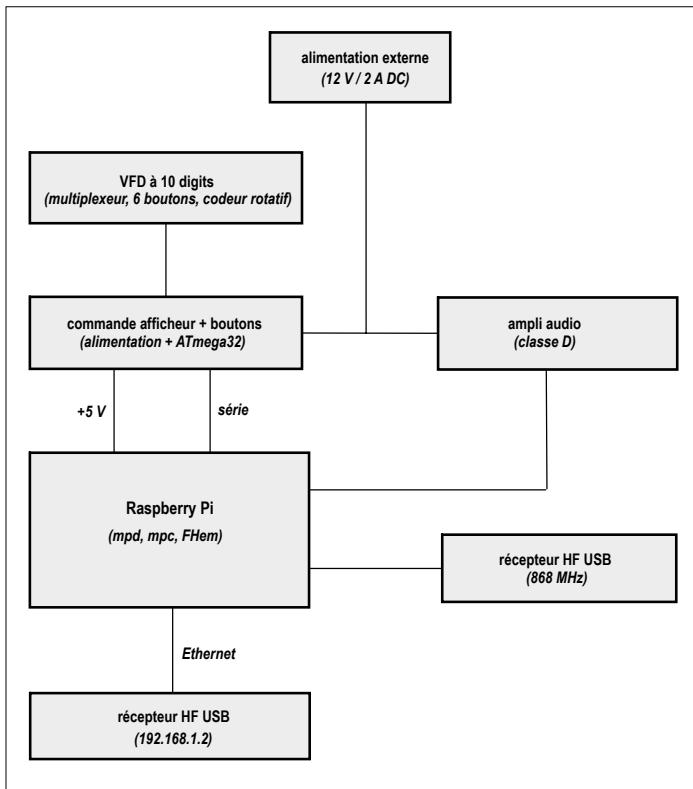


Figure 6. Diagramme fonctionnel de l'ensemble de la radio de cuisine.

Publicité

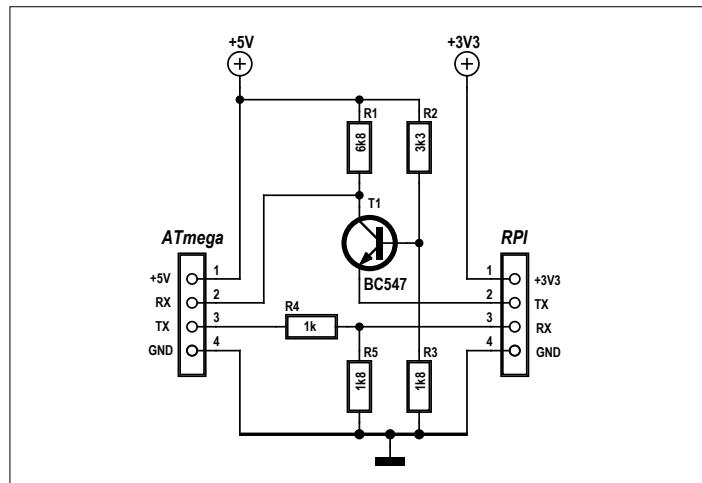


Figure 7. Entre le 5 V de l'ATmega et le 3,3 V du RPi, il faut un convertisseur de niveau sur l'interface sérielle.

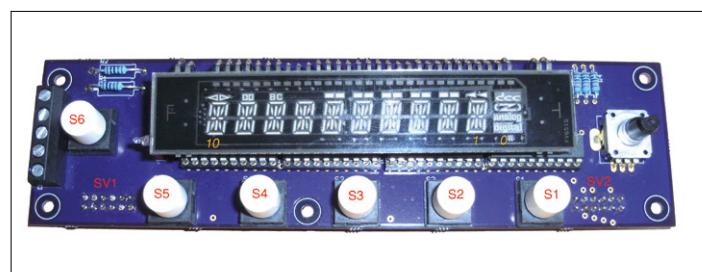


Figure 8. Le circuit imprimé Muxer avec afficheur, pilotes, verrous, boutons et codeur rotatif.

cuisine, avec les boutons pour la manipulation. Il y manque évidemment le principal, la webradio elle-même, fondée sur un Raspberry Pi. C'est ce que nous verrons la prochaine fois.

#### Diagramme fonctionnel de la webradio

Comme avant-goût, la **figure 6** vous donne déjà un aperçu de cette radio de cuisine branchée. La carte RPi est reliée à l'ATmega par interface sérielle. Mais comme le RPi travaille sous 3,3 V et l'ATmega sur 5 V, il faut changer de niveau (**figure 7**). De l'ATmega vers le RPi, il suffit d'un simple diviseur de tension par R4 et R5. Mais dans l'autre sens, il faut éléver le niveau. La solution est simple : le diviseur de tension R2/R3 fixe le potentiel de base de T1 à 1,8 V environ. Son émetteur est sur Tx. Pour un « 1 », T1 bloque, alors son collecteur est amené à 5 V par la résistance de polarisation R1. Pour un « 0 », T1 conduit et son collecteur descend au niveau bas. Comme autre solution, on pourrait alimenter les deux puces en 3,3 V et se passer de convertisseur de niveau. Mais alors, on devrait installer, pour le signal d'horloge de l'ATmega, un quartz à 12 MHz.

#### Circuits imprimés et construction

Mon premier circuit imprimé s'appelle *Muxer* (**figure 8**), il porte l'afficheur, les verrous, les pilotes, six boutons-poussoirs et un codeur rotatif. Les deux embases à picots SV1 et SV2 sont installées sur la face soudure. Les pilotes et verrous se trouvent sous l'afficheur. Le schéma [4] indique les lignes de port utilisées pour SV1 et SV2. Le deuxième circuit imprimé (**figure 9**) est celui de l'alimen-



Figure 9. Circuit imprimé partiellement assemblé avec l'alimentation et le contrôleur.

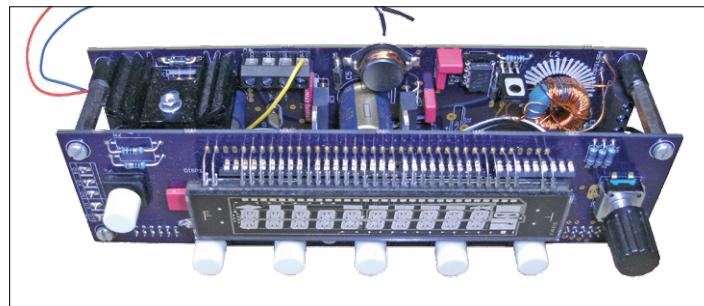


Figure 10. Les deux circuits imprimés du module réunis en sandwich.

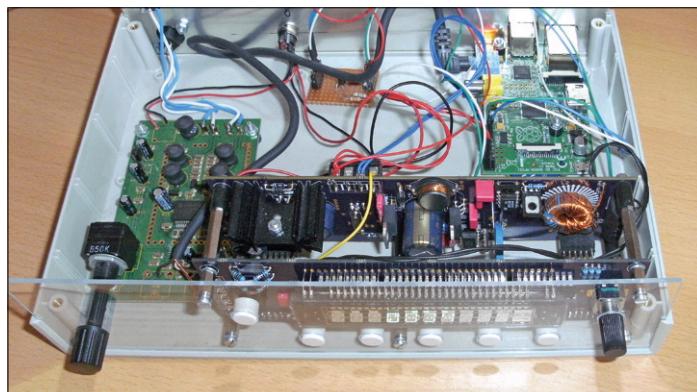


Figure 11. Le prototype terminé dans son boîtier moulé, avec le RPi et les circuits d'appoint, dont le convertisseur de niveau.

tation et du microcontrôleur ATmega32. On y trouve aussi l'horloge en temps réel et sa pile de secours, ainsi que les connexions entre l'interface sérielle de l'ATmega et la carte RPi. Après assemblage et essais, les deux circuits imprimés sont unis en un module compact qui se loge dans un boîtier moulé. Le circuit imprimé à gauche convertit le 12 V de l'alimentation externe en un puissant 5 V qui servira aussi à la carte RPi.

### Conclusion

Il n'est pas indispensable que ce module serve d'afficheur à une radio de cuisine moderne, connectée à l'internet, mais vous pouvez le faire. Auquel cas, vous aurez besoin de la deuxième et dernière partie de cet article qui décrira le protocole de communication et le logiciel nécessaire à la webradio basée sur RPi. ▀

(150720 – version française : Robert Grignard)

### Liens

- [1] *Technik der Vakuumfluoreszenz-Anzeigen :*  
<http://elektroniktutor.de/technologien/vfd.html>
- [2] *A guide to VFD operation :*  
[www.noritake-itron.com/SubPages/ApplicNotesE/vfdoperapn.htm](http://www.noritake-itron.com/SubPages/ApplicNotesE/vfdoperapn.htm)
- [3] *Alimentation du filament :*  
[www.kerrywong.com/2013/06/05/vfd-filament-driver-using-555](http://www.kerrywong.com/2013/06/05/vfd-filament-driver-using-555)
- [4] *Téléchargements :* [www.elektormagazine.fr/150720](http://www.elektormagazine.fr/150720)

### L'auteur

Après une formation de technicien en télécommunications et un cursus à l'université technique en électricité et communications, Michael Busser a travaillé une vingtaine d'années au FTZ (Bureau central des télécoms) et ensuite sur différents projets chez T-Systems. Après une formation de troisième cycle pour les enseignants des écoles professionnelles à l'université de Kaiserslautern, il est depuis deux ans professeur d'électrotechnique et d'informatique au BBS TGHS à Bad Kreuznach. Vous pouvez communiquer avec lui à l'adresse : michael.busser@t-online.de.

Publicité



# EAGLE

Powerful PCB Design tailored to meet the needs of professional engineers, makers and students.

New to working with PCB Design?

Working on your own projects at home?

Looking for an easy to learn & to use tool at affordable costs?

Find out more at [cadsoft.io](http://cadsoft.io)



# des watts sans fil



En collaboration avec Würth Elektronik, nous présentons un ensemble de deux modules capables de transmettre sans fil, avec un rendement élevé, une puissance de 50 W sur une distance de quelques centimètres. Nos lecteurs peuvent se procurer l'ensemble à un prix spécial pour se lancer dans l'expérimentation de cette technique prometteuse.

Projet : **Würth Elektronik & Ton Giesberts** (labo d'Elektor)

Rédaction : **Harry Baggen** (labo d'Elektor)

Le transport d'énergie sans support matériel est un sujet qui stimule l'imagination. On a conduit de nombreuses recherches

dans ce domaine depuis quelques années et la technologie a évolué au point de se commercialiser rapidement, en par-

ticulier pour le rechargement des ordiphones. Mais son champ d'application est évidemment beaucoup plus vaste, sur-

## Offre spéciale pour les lecteurs d'Elektor

En collaboration avec le spécialiste des composants Würth Elektronik, Elektor a composé un kit de tous les composants pour construire un émetteur et un récepteur complets. Würth Elektronik parraine dans ce kit les deux circuits imprimés et tous les composants produits par Würth Elektronik, y compris les bobines d'émission et de réception, relativement chères, grâce à quoi nous pouvons temporairement proposer aux lecteurs d'Elektor un kit complet d'émission et de réception d'une valeur approximative de 150 € au prix d'**à peine 49,95 €** (frais de port en sus). Attention, c'est une action limitée dans le temps et dans le nombre de kits disponibles. N'attendez pas trop pour en commander un dans l'e-choppe !

**Pour les deux circuits imprimés, une solide expérience de la fabrication en CMS est nécessaire.**

# transfert de 50 W de puissance par les airs



Figure 1. Les deux cartes assemblées avec les deux bobines de puissance.

tout dès qu'il s'agit de puissances supérieures à quelques watts. Ses avantages sont nombreux, ne fût-ce que dans l'industrie et le domaine médical, en raison de son énorme pouvoir d'isolation, par exemple là où les bagues de collecteur et les contacts mécaniques sont interdits. Différents fabricants ont développé des composants spéciaux pour le transfert de puissance sans fil. L'un de ces spécialistes innovateurs n'est autre que Würth Elektronik, qui dispose de tout un assortiment de bobines pour le transfert d'énergie par induction. Würth Elektronik propose aussi différents schémas d'applications au pro-

fit des électroniciens intéressés par cette technique relativement neuve et qui voudraient acquérir plus d'expérience en se procurant les composants nécessaires.

En coopération avec Elektor, Würth Elektronik a pris l'initiative de faire mieux connaître à nos lecteurs la transmission de puissance sans fil au moyen de ce projet d'émetteur et de récepteur jusqu'à 50 W. Il s'agit ici d'un système d'une tout autre classe que pour recharger des appareils selon le standard chinois Qi, limité à 15 W, et même 5 W pour les téléphones.

Pour mettre en œuvre concrètement ce projet, nous livrons en kit tous les composants et les circuits imprimés pour l'ensemble des deux modules. Ils sont en grande partie parrainés par Würth Elektronik, si bien que le kit revient à moins de 50 €, comptez un euro par watt, pour une expérimentation approfondie. Sachez encore que le nombre de kits ainsi disponibles est limité.

## Circuit résonant

Comment peut-on faire ainsi transiter de l'énergie sans conducteurs ? En fait, c'est assez simple : deux bobines à une

certaine distance l'une de l'autre communiquent entre elles l'énergie par le biais d'un champ magnétique alternatif (**figure 2**). Tout l'art repose sur la qualité du couplage entre les deux bobines, de telle sorte que la plus grosse partie possible du flux magnétique produit par la bobine émettrice parvienne à celle de réception.

Differentes topologies sont envisageables pour l'oscillateur du module émetteur. L'une des plus fréquentes est l'oscillateur ZVS, pour *Zero Voltage Switching*, qui réalise la commutation au passage par zéro de la tension. Le principe de ce type d'oscillateur est représenté succinctement avec deux MOSFET à la **figure 3**. La bobine émettrice forme avec le condensateur un circuit résonant parallèle qui établit d'embrée la fréquence d'oscillation. Le circuit se met à osciller dès l'établissement de la tension continue. L'un des FET commencera toujours à conduire en premier. Le couplage symétrique de la grille de l'un avec le drain de l'autre produit un déphasage de  $180^\circ$  qui fait que les FET conduisent à tour de rôle. Chaque côté du circuit LC se retrouve ainsi alternativement branché à la masse.

Ce type d'oscillateur présente des avantages par rapport à d'autres versions :

- autoamorçage avec une seule tension

d'alimentation

- très faible perte de puissance par la commutation automatique des MOSFET au passage par zéro
- forme quasi sinusoïdale de la tension et du courant.

Autre avantage : on peut utiliser le même circuit que celui de l'émetteur pour le récepteur, qui fonctionne alors en redresseur synchrone actif et l'énergie transmise est récupérée au même endroit sur le récepteur que la source sur l'émetteur. En pratique, pareil circuit se prête à la transmission de puissances jusqu'à 200 W, seuls les composants doivent y être adaptés. À signaler aussi que ce circuit est purement matériel, il n'a besoin d'aucun processeur à bord, contrairement aux chargeurs sans fil de téléphones au standard Qi. Avec sa haute gamme de puissances, il est idéal pour l'alimentation de plus gros circuits électroniques ou pour l'éclairage.

### Le circuit pratique

Commençons par le diagramme fonctionnel du convertisseur, à la **figure 4**. Outre le réseau LC, les MOSFET et les filtres, on y voit deux circuits intermédiaires pour le pilotage des MOSFET. Ils accélèrent la commutation de ces transistors et sont alimentés par une tension stabilisée pour assurer un bon fonctionnement, parce que

si quelque chose rate, ces MOSFET s'en iront sans ambages rejoindre le dernier des Mohicans. Et il y a encore une électronique de protection qui cloue à terre les pilotes si le courant dans le réseau LC dépasse une valeur de consigne. Il n'en faut un que dans le module émetteur. Reportons-nous au schéma définitif de la **figure 5**, il compte clairement plus de composants que dans celui vu au début. Nombre d'entre eux servent au déparasitage et au découplage, ils sont bien nécessaires au bon travail du circuit et à la réduction de l'émission de champs parasites.

Parcourons donc le schéma. En haut, à gauche, le connecteur d'alimentation sur lequel on branche une source de tension stabilisée. Ce peut être une alim de labo, mais un adaptateur secteur de 19 V pour portable, d'une puissance d'au moins 70 W conviendra très bien. Derrière le fusible thermique à réarmement automatique F1, on trouve la résistance R18 de l'ampèremètre de sécurité, elle précède le volumineux filtre d'ondulation où le courant traverse les inductances L1 et L2 pour atteindre l'oscillateur et la bobine L4 d'émission ou de réception. Le circuit résonant se compose de L4 et du montage en série/parallèle des condensateurs C8 à C11. Sa fréquence est de 100 kHz environ, elle glisse légèrement quand les bobines se rapprochent l'une de l'autre. Les deux MOSFET T5 et T6 ramènent à tour de rôle un côté du réseau LC à la masse. Chacun de ces transistors dispose de son propre circuit de commande pour assurer des flancs raides aux impulsions de commutation, ce qui maintient à un minimum la déperdition dans chaque FET. Les circuits de commande se composent d'un étage push-pull (T3/T8 et T4/T9) précédé d'un étage intermédiaire (T2/T7 et T1/T10) avec un couplage entre entrée et sortie par D3/R7 et D4/R8.

Ces circuits de commande ont impérativement besoin d'une excellente tension d'alimentation pour attaquer au mieux les MOSFET, ils ont donc leur propre ligne stabilisée. C'est le rôle de IC1, un régulateur abaisséur à commutation de la série de modules MagI<sup>3</sup>C de Würth. La tension de sortie se règle à 9,6 V au moyen du diviseur R11/R14. Le module est entouré d'une impressionnante armada de condensateurs réservoirs et de découplage. La LED D7 indique

## Caractéristiques techniques

- puissance maximale : 50 W
- puissance permanente recommandée : 0 à 40 W
- tension d'alimentation : 12,5 à 24 V<sub>cc</sub>/min. 3 A
- tension d'alimentation recommandée : 19,5 V (adaptateur de PC portable)
- distance entre les bobines : max. 1 cm pour un transfert optimal de puissance
- rendement : 88 % à 40 W et 0,5 cm de distance entre bobines

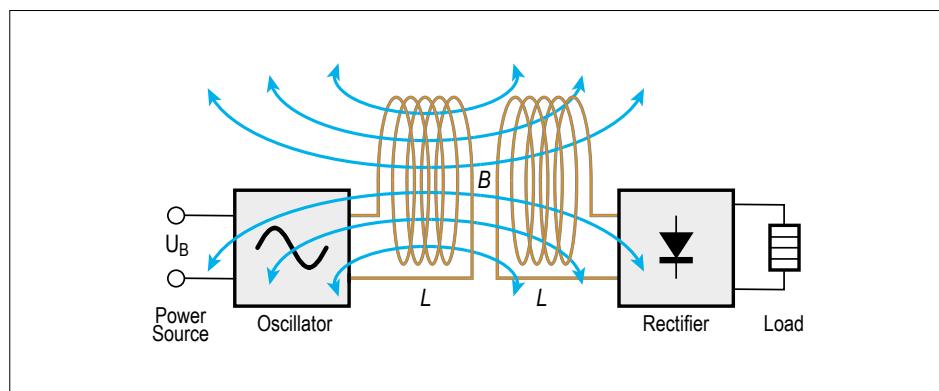


Figure 2. Le principe théorique du transfert de puissance sans fil.

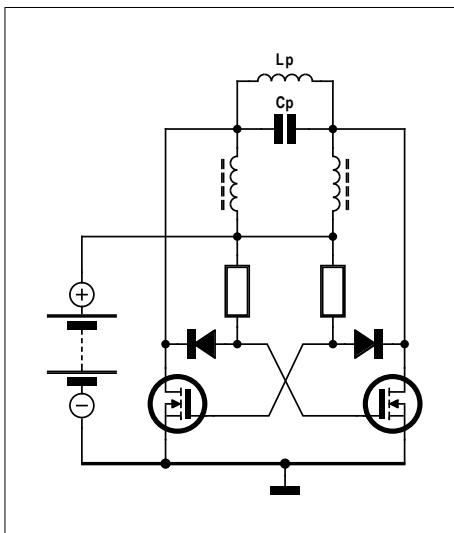


Figure 3. L'ossature de l'oscillateur à commutation au passage par zéro de la tension.

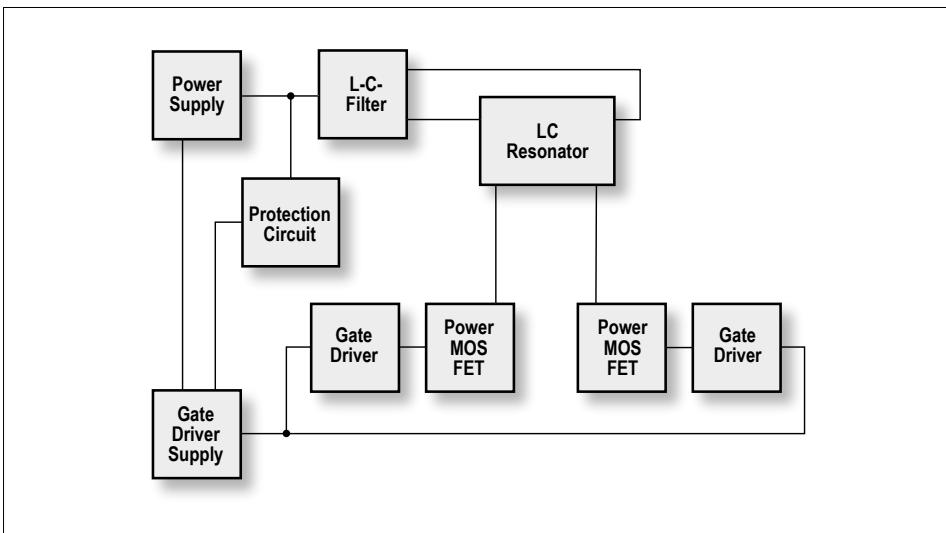
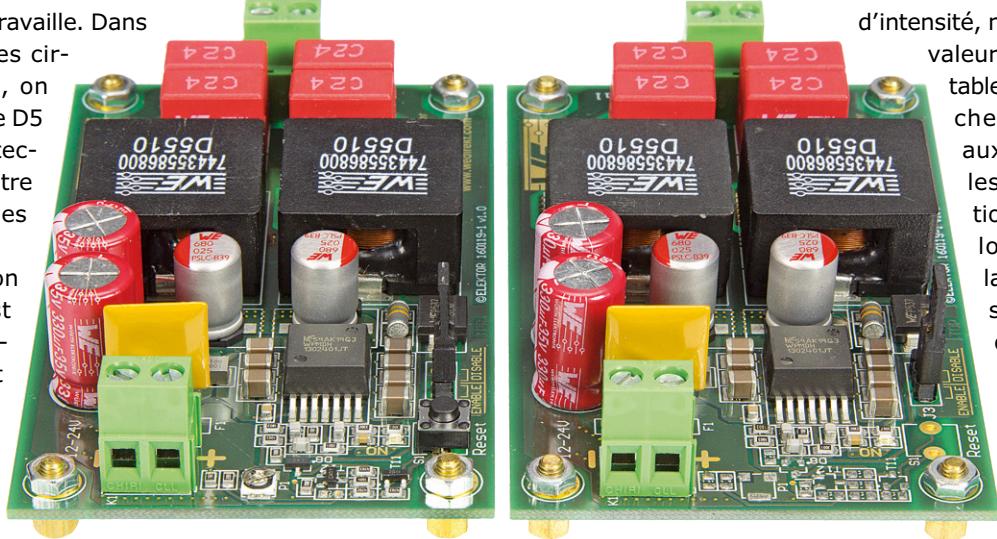


Figure 4. Diagramme fonctionnel du convertisseur de puissance sans fil.

quand le régulateur travaille. Dans la ligne stabilisée des circuits de commande, on trouve encore la diode D5 et une diode de protection TVS et ESD (contre transitoires et charges statiques).

L'entrée de validation EN du régulateur est polarisée par un cavalier sur le bloc J1 et le diviseur R9/R13. Il permet de mettre l'alimentation, et par conséquent



d'intensité, mais la plus grande valeur n'est pas souhaitable si l'on veut empêcher tout dommage aux MOSFET. Malgré les diverses protections dans le circuit, lors des essais au labo d'Elektor, plusieurs d'entre eux ont donné leur vie pour les progrès de la technique, or, leur remplacement sur le circuit imprimé

## Pas friand d'ordiphone (Qi) grillé ? N'en alimentez jamais avec ce système !

l'émetteur ou le récepteur, sous ou hors tension. Normalement, il est en position ENABLE et c'est l'alimentation principale qui commute le régulateur.

Le circuit de l'ampèremètre, réservé au circuit imprimé de l'émetteur, est fait des composants dans le cadre coloré. La puce IC2, un moniteur de courant, mesure la tension aux bornes du shunt R18 et fournit à la sortie, la broche 1, un courant directement proportionnel à la tension sur R8 :  $I_{out} = 0,004 \times U_{R18}$ . Ce courant-ci produit une tension sur le diviseur composé des résistances R20, R21 et P1. La portion de cette tension, réglée par P1, est conduite à l'entrée d'un thyristor dis-

cet formé de T11 et T12. Si la tension d'entrée au nœud R23/R24 dépasse une certaine valeur, environ 0,6 V, le thyristor s'amorce et met à la masse l'entrée EN du régulateur abaisseur. Du coup, la tension sur les circuits de commande s'annule et l'oscillateur s'arrête.

Le circuit reste dans cet état jusqu'à ce que l'alimentation soit coupée ou que le bouton S1 provoque une RAZ. La résistance R27 détermine le courant maximal dans D8 et T11, tandis que D8 fait en sorte que la détection de sous-tension sur R9/R13 ne soit pas influencée par R25/R26 quand le thyristor est inactif. On peut régler entre 1,6 et 3 A la limite

est assez pénible. Pour un maximum de sécurité, mieux vaut limiter le transfert de puissance à quelque 40 W. Souvent, lors de la mise sous tension, les sécurités entrent en action. On s'en aperçoit par un bref allumage de la LED bleue D7. Il faut alors pousser sur le bouton de RAZ pour relancer le circuit. La LED bleue reste allumée tant que le convertisseur travaille.

### La construction

Un même circuit imprimé, celui de la **figure 6**, convient pour l'émetteur comme pour le récepteur. Par souci de compacité, les composants couvrent ses

deux faces. Les grosses bobines de filtrage et les condensateurs sont principalement sur la face supérieure, l'autre porte entre autres les MOSFET. Une liste des composants reprend les pièces communes aux deux modules, l'autre celles prévues uniquement pour la protection de l'émetteur (dans le cadre coloré).

La pratique des CMS est requise pour la construction des circuits imprimés, sinon s'abstenir ! Le plus commode est de recourir à un four à refusion et un fer à air chaud. Enduire la face supérieure de chaque circuit

imprimé de pâte à souder, puis positionner soigneusement chaque composant. Le kit comprend une grande variété de valeurs de résistances et de condensateurs, il importe de bien les identifier au préalable. C'est vrai aussi pour les transistors. Vérifiez aussi la polarité des électrolytiques, les photos des cartes construites peuvent vous y aider. N'oubliez pas de contrôler aussi les composants pour l'émetteur seul. Quand chaque circuit imprimé est garni, vous pouvez l'enfourner.

Il est possible de monter les composants de la face supérieure au moyen d'un fer à

air chaud, mais ce n'est pas facile avec les grosses bobines de filtre L1 et L2 qui présentent un grand plan de masse, lequel absorbe beaucoup de chaleur. Vous pouvez alors utiliser un fer à souder ordinaire, les connexions des bobines sont accessibles à travers les trous dans la ferrite. Il y a sous la puce IC1, le régulateur, un radiateur qui sert de masse de puissance. Cette surface **doit** être soudée au circuit imprimé. En utilisant de la pâte à souder et un fer à air chaud, on voit la puce descendre un peu au moment où la pâte fond, c'est le signal que la soudure

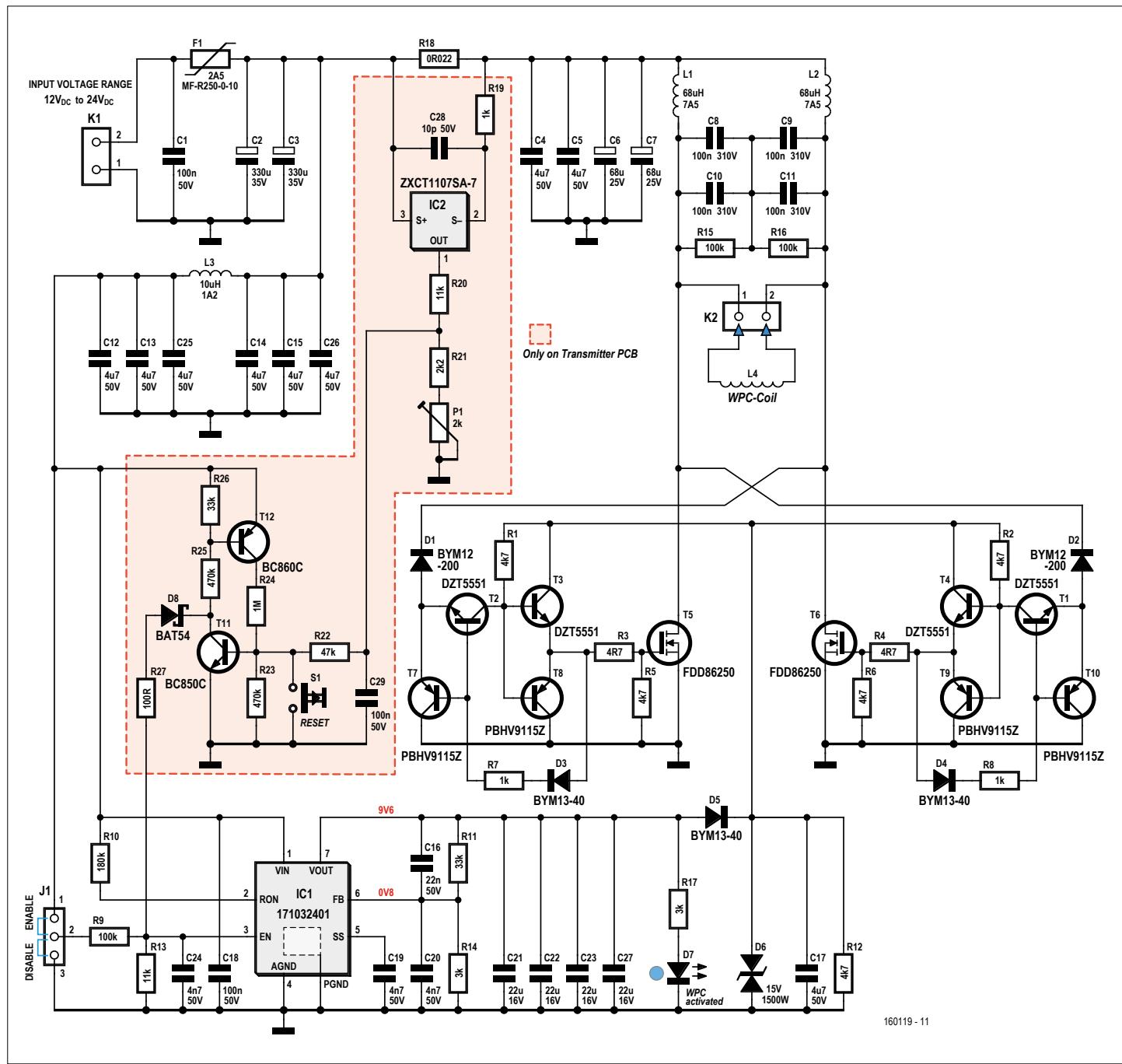


Figure 5. Le schéma du circuit complet. Le récepteur est identique à l'émetteur, les composants dans le cadre coloré en moins.

est prise. On ne le remarque pas avec un fer ordinaire, il faut plutôt deviner si l'opération a réussi.

Vient le tour de la face inférieure de chaque circuit imprimé. Comme la « cuisson » d'une carte à CMS double face ne peut se faire au four à refusion sans précautions spéciales, il faut s'y mettre à la main, à l'aide d'un fer à air chaud ou d'un fer ordinaire, en fonction de vos propres compétences en soudage de CMS. Ici aussi, il y a des composants qui ne doivent aller que sur le module émetteur. Sur l'autre circuit imprimé, les places restent vides.

Après tout cela, il reste encore à souder quelques composants à fils : le fusible F1, les électrolytiques C2 et C3, les condensateurs C8 à C11, le bouton-poussoir S1, les deux bornes à vis encartables K1 et K2 et l'embase pour le cavalier J3.

Les photos **7** et **8** sont destinées à vous permettre de vérifier si tout est correctement monté. Sur ce, libre à vous de passer au premier essai.

### Expérimentation !

Raccordez sur le connecteur K2 de chaque carte une bobine spéciale à fond en fer

rite. Sur l'émetteur, branchez à K1 une alimentation (de portable) et sur K1 du récepteur, une charge. Pensez que la tension de sortie est à peu près égale à celle de l'alimentation de l'émetteur. Commencez prudemment à petite puissance, par exemple avec une grosse résistance de  $47\ \Omega$  et 10 W. Mettez sur *Enable* le cavalier J3 de chaque carte. Approchez les bobines l'une de l'autre, plaques de ferrite à l'extérieur, comme à la **figure 9**, en intercalant un morceau de bois ou de plastique de 5 mm d'épaisseur, par exemple. Jusqu'à un bon centimètre,

## Liste des composants

### Résistances :

R1, R2, R5, R6, R12 =  $4,7\ k\Omega$ , 1 %, 0,25 W, CMS 1206  
 R3, R4 =  $4,7\ \Omega$ , 1 %, 0,25 W, CMS 1206  
 R7, R8 =  $1\ k\Omega$ , 1 %, 0,25 W, CMS 1206  
 R9 =  $100\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R10 =  $180\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R11 =  $33\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R13 =  $11\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R14, R17 =  $3\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R15, R16 =  $100\ k\Omega$ , 1 %, 0,25 W, CMS 1206  
 R18 =  $0,022\ \Omega$ , 5 %, 0,5 W, CMS 1206

### Condensateurs :

C1, C18 =  $100\ nF/50\ V$ , 10 %, X7R, CMS 0805  
 C2, C3 =  $330\ \mu F/35\ V$ , 20 %,  $0,15\ \Omega\ 10 \times 16$  mm, radial  
 C4, C5, C12 à C15, C17, C25, C26 =  $4,7\ \mu F/50\ V$ , 10 %, X7R, CMS 1210  
 C6, C7 =  $68\ \mu F/25\ V$ ,  $0,015\ \Omega$ , 8x12 mm, radial, Can - CMS  
 C8, C9, C10, C11 =  $100\ nF/310\ V_{CA}$ , 10 %, polypropylène, au pas de 10 mm  
 C16 =  $22\ n/50\ V$ , 10 %, X7R, CMS 0805  
 C19, C20, C24 =  $4n7/50\ V$ , 5 %, NP0, CMS 0805  
 C21, C22, C23, C27 =  $22\ \mu/16\ V$ , 20 %, X5R, CMS 1210

### Inductances :

L1, L2 =  $68\ \mu H$ , 20 %, 7,5 A, 0Ω0273, CMS (Würth 74435586800)  
 L3 =  $10\ \mu H$ , 20 %, 1,2 A, 0Ω322, CMS (Würth 74438336100)  
 L4 (pas sur la carte) =  $24\ \mu H$ , 10 %, 6 A,  $0,1\ \Omega$  (Würth Wireless Power Charging Coil)

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = BYM12-200, DO-213AB (MELF)  
 D3, D4, D5 = BYM13-40, DO-213AB (MELF)  
 D6 = diode WE-TVSP 15 V/1500 W, DO-214AB  
 D7 = LED bleue, CMS 0805  
 T1, T2, T3, T4 = DZT5551, CMS SOT-223  
 T5, T6 = FDD86250, CMS TO252  
 T7, T8, T9, T10 = PBHV9115Z, CMS SOT-223  
 IC1 = module WE\_VDRM\_Power-Module CMS TO263-7 (Würth 171032401)

### Divers :

K1, K2 = bornier à 2 vis au pas de 5 mm  
 J1 = embase à 3 picots au pas de 2,54 mm  
 J1 = cavalier au pas de 2,54 mm  
 F1 = fusible PTC  $0,048\ \Omega$ ,  $I_{hold}\ 2,5\ A/30\ V$  (MF-R250-0-10)  
 circuit imprimé 160119-1

### Composants supplémentaires pour l'émetteur

R19 =  $1\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R20 =  $11\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R21 =  $2,2\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R22 =  $47\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R23, R25 =  $470\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R24 =  $1\ M\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R26 =  $33\ k\Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 R27 =  $100\ \Omega$ , 1 %, 125 mW, CMS 0805  
 P1 = potentiomètre d'ajust.  $2\ k\Omega$  25 %, 0,2 W, CMS (p.ex. Bourns 3364W-1-202E)  
 C28 =  $10\ pF/50\ V$ , 5 %, C0G/NP0, CMS 0805

C29 =  $100\ nF/50\ V$ , 10 %, X7R, CMS 0805  
 D8 = BAT54, CMS SOT-23  
 T11 = BC850C, CMS SOT-23  
 T12 = BC860C, CMS SOT-23  
 IC2 = ZXCT1107SA-7, CMS SOT-23  
 S1 = bouton-poussoir à contact travail, SPST-NO (FSM4JRT)

Le kit de tous les composants avec les circuits imprimés pour 1 émetteur + 1 récepteur : 160119-71

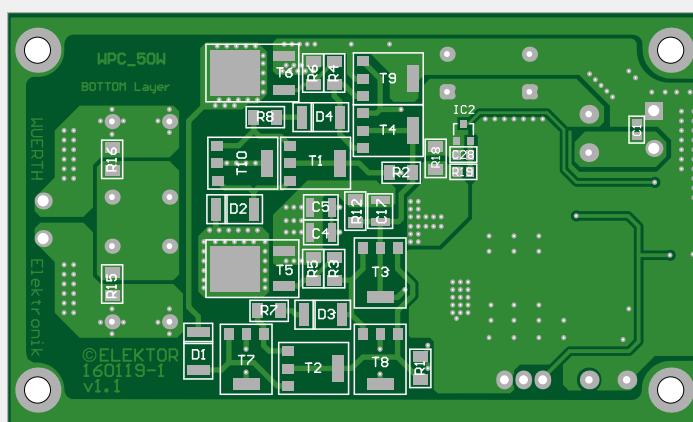
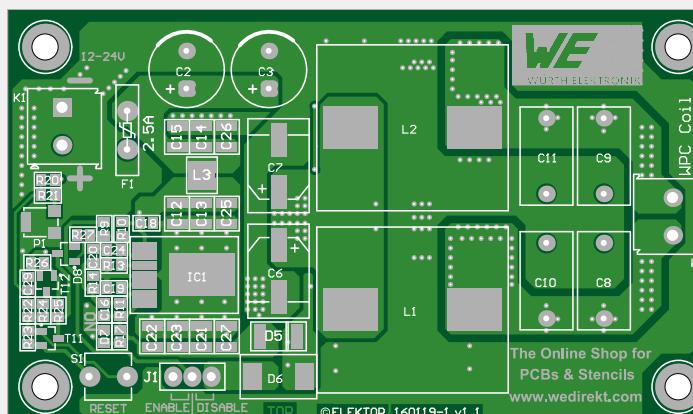


Figure 6. Le circuit imprimé pour l'émetteur et le récepteur est chargé de composants (CMS) sur les deux faces.

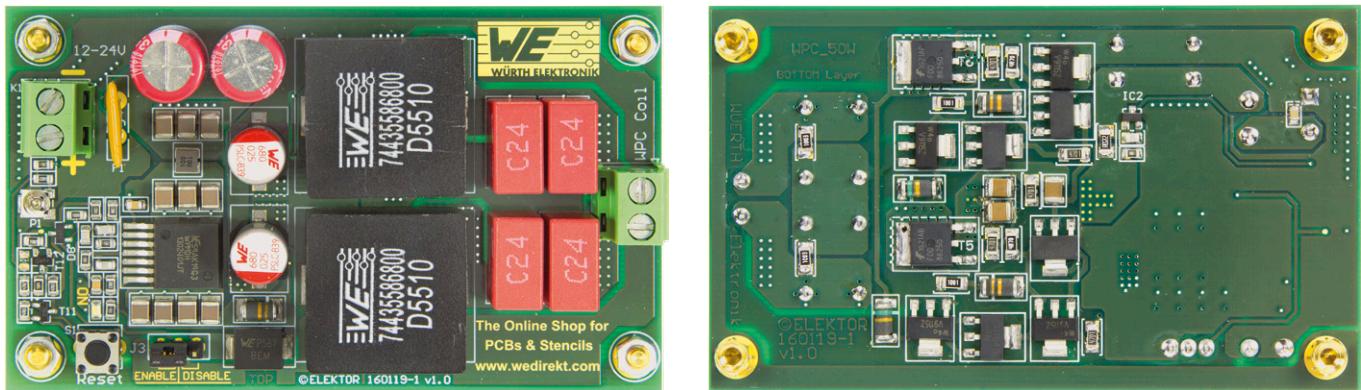


Figure 7. Côté face et côté pile du circuit imprimé tout construit de l'émetteur.

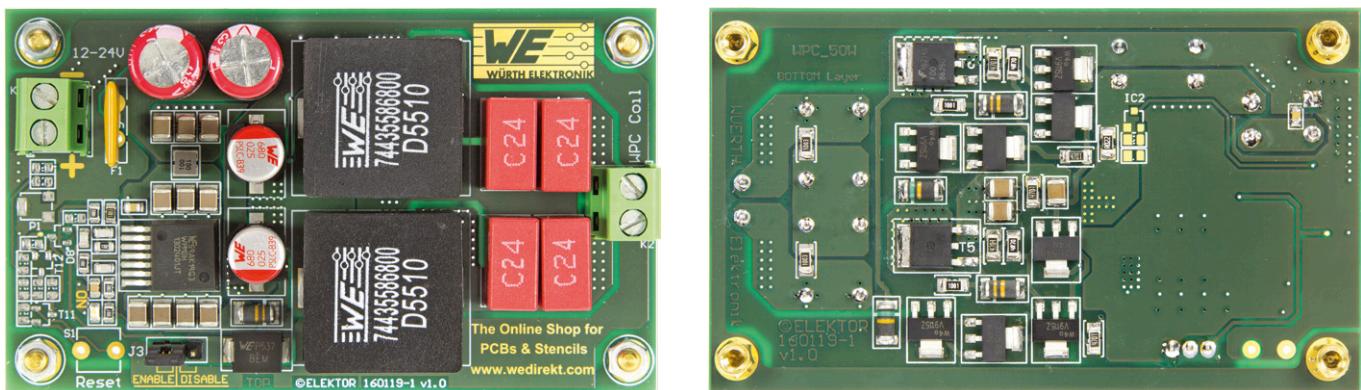


Figure 8. Côté face et côté pile du circuit imprimé terminé du récepteur.

le rendement reste fort élevé, il s'atténue ensuite comme la tension de sortie. Vous pouvez alors enclencher l'alimentation et voir la LED D7 s'allumer. Sinon, poussez sur S1. Il se peut que la LED ne s'allume toujours pas, c'est probablement la limitation de courant qui est trop sensible. Réduisez alors le réglage de P1. Si la LED D7 s'allume et que tout semble normal, mesurez la tension sur la résistance de charge.

Tout marche comme prévu ? Vous pouvez alors charger davantage. Si vous tenez à la survie des MOSFET, limitez la charge à 40 W. En principe, le circuit peut aller au moins

jusqu'à 50 W, mais là, malgré les sécurités prévues, la prudence est de mise. La position du potentiomètre P1 de limitation de courant dépend de la puissance que vous voulez transmettre. Le plus sûr est de le régler pour une réaction à une puissance tout juste supérieure.

Cet ensemble est conçu pour expérimenter le transfert de grande puissance sans fil. Nous ne proposons pas d'application pratique, à vous de voir à quoi le faire servir et surtout donner libre cours à votre imagination.

(160119 – version française :  
Robert Grignard)

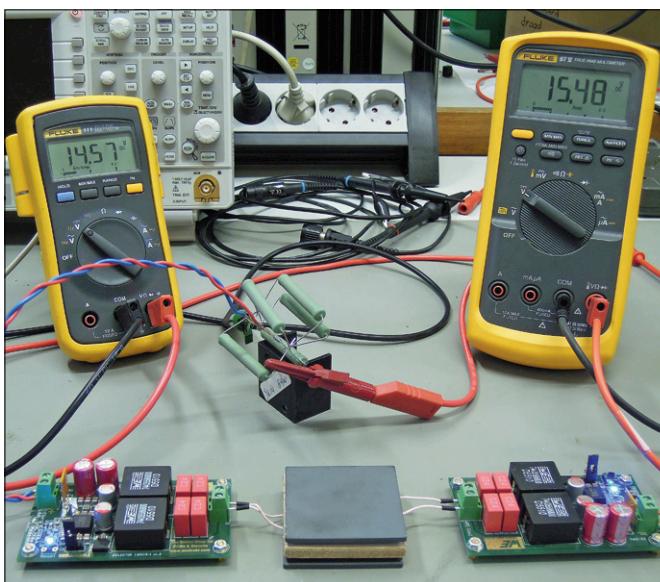


Figure 9. Montage d'essai au labo d'Elektor. La charge est formée de cinq résistances de puissance en parallèle.

**Lien :** [1] [www.we-online.com/web/en/electronic\\_components/produkte\\_pb/application\\_notes/anp032.php](http://www.we-online.com/web/en/electronic_components/produkte_pb/application_notes/anp032.php)



## novembre 2016

### ◆ Epoqu'Auto (automobiles anciennes)

04 au 06/11 – Lyon  
[www.epoquauto.com](http://www.epoquauto.com)

### ◆ Paris Manga & Sci-Fi Show

04 au 06/11 – Paris  
[www.parismanga.fr](http://www.parismanga.fr)

### ◆ RailExpo (modélisme ferroviaire)

04 au 06/11 – Chartres

### ◆ IBS (salon du bâtiment intelligent)

08 au 09/11 – Paris  
[www.ibs-event.com](http://www.ibs-event.com)

### ◆ Mobility for Business

(solutions et applications mobiles)

08 au 09/11 – Paris

[www.mobility-for-business.com](http://www.mobility-for-business.com)

### ◆ Salon de la photo

10 au 14/11 – Paris  
[www.lesalondelaphoto.com](http://www.lesalondelaphoto.com)

### ◆ SATIS (Technologies de l'Image et du Son)

15 au 17/11 – Paris  
[www.satis-expo.com](http://www.satis-expo.com)

### ◆ Educatec/Educatice (éducation et formation)

16 au 18/11 – Paris  
[www.educatec-educatice.com](http://www.educatec-educatice.com)

### ◆ Paris Open Source Summit

(Linux et logiciels libres)

16 au 17/11 – Paris

[www.opensourcesummit.paris](http://www.opensourcesummit.paris)

### ◆ MIF expo (produits et

innovations Made in France)

18 au 20/11/2016 – Paris

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

### ◆ Semaine Européenne de la Réduction des Déchets

19 au 27/11

[www.serd.ademe.fr/](http://www.serd.ademe.fr/) &  
[www.ewwr.eu/fr](http://www.ewwr.eu/fr)



### ◆ Assises de l'embarqué

29/11/2016 – Paris

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

### ◆ JTSE (Journées Techniques du Spectacle et de l'Événement)

29 au 30/11 – Paris

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

### Un événement oublié ?

Vous organisez une conférence, un salon... ou bien vous participez à un séminaire ou tout autre événement qui aurait sa place ici, partagez cette information avec tous les lecteurs.

Envoyez-nous tous les détails à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr).



Plus de  
nouveaux produits  
en stock que  
n'importe quel  
autre distributeur.



Commandez dès maintenant sur

**mouser.fr**



# bienvenue dans votre e-chope

Elektor recommande



## Imprimante 3D de marque DREMEL

La toute nouvelle imprimante 3D Idea Builder de DREMEL (3D40) est enfin là. Elle utilise le même type de filament que la 3D20. Ce filament PLA présente un diamètre de 1,75 mm et il est biodégradable. La tête d'impression a été complètement repensée, elle est maintenant plus large et plus robuste. Cela améliore la fusion du filament, ainsi l'imprimante 3D40 convient aussi bien pour les applications professionnelles que domestiques. Globalement, cette imprimante est la meilleure que nous ayons

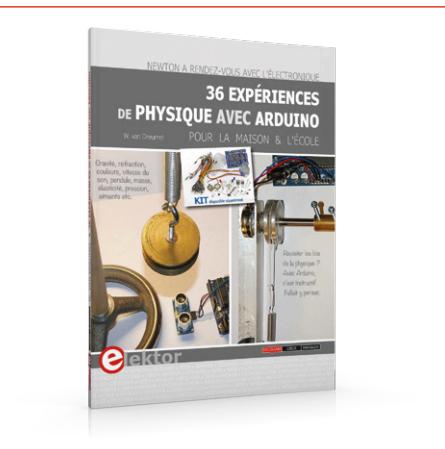
testée. Elle est très facile à utiliser. Le calage semi-automatique fonctionne bien, c'est une excellente fonction qui permet de produire des impressions de grande qualité. La DREMEL 3D40 a conservé les qualités de la 3D20 et gagné en convivialité, solidité et fiabilité.

**René Bohne**  
*faiseur en action*

[www.elektor.fr/dremel-3d-idea-builder-3d40](http://www.elektor.fr/dremel-3d-idea-builder-3d40)



## 36 Expériences de Physique avec Arduino



Ce livre n'est pas un manuel de physique : pas d'équations différentielles ni de courbes abstraites, mais des phénomènes physiques de la vie quotidienne. C'est une approche nouvelle et créative des leçons de physique grâce aux techniques modernes de mesure et de traitement des données. L'électronique utilisée (Arduino) est simple. Ajoutez-y le logiciel gratuit CoolTerm pour enregistrer les mesures et les retravailler ensuite sous Excel.



Prix (membres) : 22,41 €

[www.elektor.fr/arduino-36-experiences](http://www.elektor.fr/arduino-36-experiences)

## Kit de démarrage



**du livre 36 Expériences de Physique avec Arduino.**

Ce kit a été spécialement conçu pour réaliser les expériences décrites dans le livre « 36 expériences de physique avec Arduino ». Profitez de cette offre pour acquérir le livre et le kit. La physique rébarbative, c'est fini !



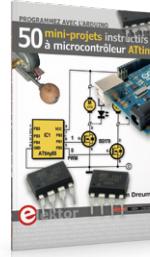
Prix (membres) : 26,96 €

[www.elektor.fr/kit-demarrage-36-experiences-arduino](http://www.elektor.fr/kit-demarrage-36-experiences-arduino)

## Vos favoris :

- 50 mini-projets instructifs à microcontrôleur ATTiny

[www.elektor.fr/50-mini-projets-attiny-arduino](http://www.elektor.fr/50-mini-projets-attiny-arduino)



- Elektor Uno R4

[www.elektor.fr/elektor-uno-r4](http://www.elektor.fr/elektor-uno-r4)

- SDR d'Elektor réinventé

[www.elektor.fr/sdr-reloaded](http://www.elektor.fr/sdr-reloaded)

- BBC micro:bit

[www.elektor.fr/bbc-micro-bit](http://www.elektor.fr/bbc-micro-bit)

- Red Pitaya for test and measurement

[www.elektor.fr/red-pitaya-livre](http://www.elektor.fr/red-pitaya-livre)

- DVD Elektor 2010-2014

[www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014](http://www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014)

## DVD Elektor 2010-2014



Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 2010 à 2014. Elektor propose à ses lecteurs des montages électroniques de conception professionnelle et aisément reproductibles, dans les domaines de l'électronique et de l'informatique appliquées. Il leur apporte également des informations sur l'évolution technologique et les nouveaux produits.



Prix (membres) : 62,10 €

[www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014](http://www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014)

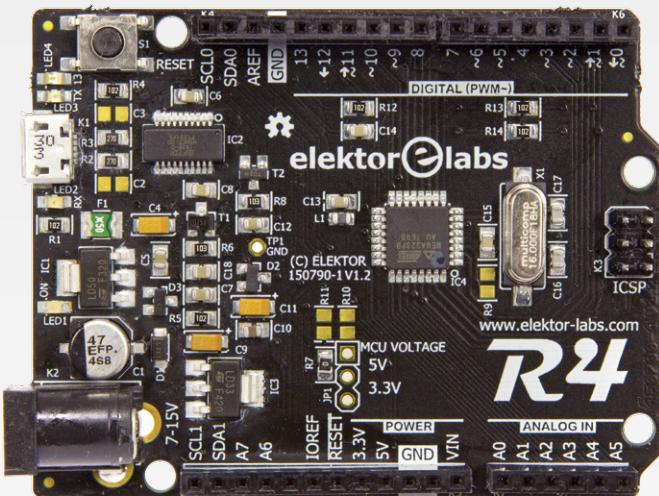


Quand un fabricant propose la version B d'un produit donné, les différences entre nouveau et ancien produits sont généralement peu significatives. Ce n'est pas le cas pour l'ATmega328P d'Atmel au cœur de l'Arduino Uno R3. La version B de ce µC a tellement de nouvelles fonctions que l'abandon de la version R3 est justifié : passez à l'Elektor Uno R4.

#### Points forts :

- ATmega328PB à 16 MHz
- 2x UART
- 2x I<sup>2</sup>C
- 2x SPI
- 9 sorties à MLI
- 8 entrées analogiques
- 24 broches d'E/S à usage général
- Régulateurs de tension embarqués 5 V et 3,3 V
- Paquet (installation + bibliothèque) compatible Arduino
- Code source ouvert, matériel libre

Uniquement pour les membres Elektor :  
20% de remise !



Prix (membres) : 23,96 €

[www.elektor.fr/elektor-uno-r4](http://www.elektor.fr/elektor-uno-r4)

## Elektor Uno R4

Nouveau microcontrôleur, plus d'E/S et plus de possibilités !

## pi-top

Kit « ordinateur portable » pour Raspberry Pi !

## e-choppe Elektor en ligne

Votre panier d'achats pour l'électronique

### Atlas DCA75 Pro



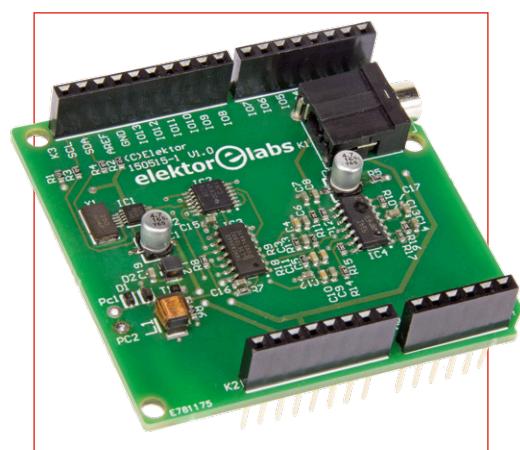
### Tuto Arduino Uno 45 projets électroniques originaux



Cet instrument d'analyse des semi-conducteurs dernier cri affiche les caractéristiques des composants sur son écran graphique ou sur PC. Reliez les sondes à n'importe quel composant pour voir sur l'écran LCD les résultats de test (brochage, caractéristiques). Cet instrument reconnaît les transistors IGBT, MOSFET, JFET entre autres, les régulateurs de tension, les diodes, les LED, les triacs (jusqu'à 10 mA), les thyristors (jusqu'à 10 mA), etc.

Alarme silencieuse, détecteur de présence, luxmètre, commande de moteur, accès depuis l'internet, commande sans fil sont quelques-uns des projets Arduino Uno brillants et passionnantes de ce livre, vérifiés et testés par l'auteur. Ces 45 projets sont faciles à réaliser et bien décrits (schémas, photos). Les explications et la description des composants utilisés facilitent l'adaptation des montages à ses besoins.

### SDR d'Elektor réinventé



#### Shield Arduino comme récepteur SDR

Une radio logicielle, SDR pour *Software Defined Radio*, est un outil universel de travail en HF, qui permet aussi d'effectuer des mesures. Les caractéristiques du récepteur, c'est le logiciel qui les définit. Pour l'interface de communication, nous disposons à présent de la plateforme Arduino sur laquelle monter un nouveau *shield*.



Prix (membres) : 112,46 €

[www.elektor.fr/atlas-dca75-pro](http://www.elektor.fr/atlas-dca75-pro)



Prix (membres) : 31,32 €

[www.elektor.fr/tuto-arduino-uno](http://www.elektor.fr/tuto-arduino-uno)



Prix (membres) : 26,96 €

[www.elektor.fr/sdr-reloaded](http://www.elektor.fr/sdr-reloaded)

# Rejoignez la communauté Elektor

## Devenez membre GOLD maintenant !



Également disponible  
abonnement « zéro papier » GREEN !

[www.elektor.fr/membres](http://www.elektor.fr/membres) 

### formule GOLD

- ✓ 10x magazine imprimé
- ✓ 10x magazine numérique
- ✓ accès à l'archive d'Elektor (des milliers d'articles)
- ✓ accès à plus de 1 000 fichiers Gerber
- ✓ le DVD annuel d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ des offres exclusives

### formule GREEN

- ✓ 10x magazine numérique
- ✓ accès à l'archive d'Elektor (des milliers d'articles)
- ✓ accès à plus de 1 000 fichiers Gerber
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ des offres exclusives

**layar**  
INTERACTIVE PRINT

- 1  Téléchargez l'appli gratuite Layar
- 2  Scannez cette page
- 3  Découvrez le contenu interactif

SCANNEZ CETTE PAGE ET REGARDEZ LA VIDÉO





Métamorphosez votre nano-ordinateur Raspberry Pi grâce à « pi-top » ! Le kit « pi-top » permet d'assembler en peu de temps son propre ordinateur portable, animé par RPi – et sans fer à souder ! Ensuite vous pouvez le personnaliser avec vos propres circuits électroniques.

### Caractéristiques

- Compatible avec tout RPi (non inclus)
- Manuel richement illustré
- Système d'exploitation Raspbian (Jessie) pré-installé sur carte SD (8 Go)
- Écran LCD HD 33 cm, interface eDP, rés. 1366 x 768
- Batterie intelligente, 10h d'autonomie, interface 2 fils SMBus V 2.0
- Clavier US (programmable), pavé tactile
- Alimentation
- Boîtier acrylique

#### Nota :

le kit pi-top est optimisé pour RPi 3, ne comprend pas de clé WiFi.



**Prix (membres) : 278,96 €**  
[www.elektor.fr/pi-top-diy-laptop-us](http://www.elektor.fr/pi-top-diy-laptop-us)

## Elektor Uno R4

Nouveau microcontrôleur, plus d'E/S et plus de possibilités !

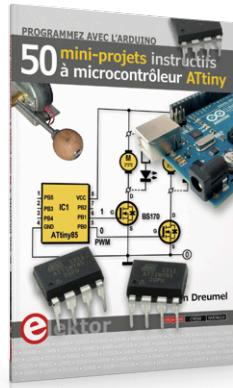
### pi-top

Kit « ordinateur portable » pour Raspberry Pi !

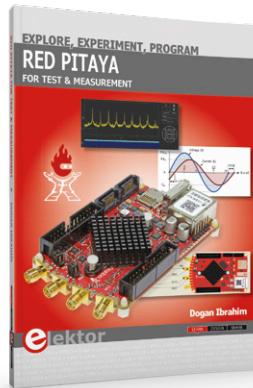
## e-choppe Elektor en ligne

Votre panier d'achats pour l'électronique

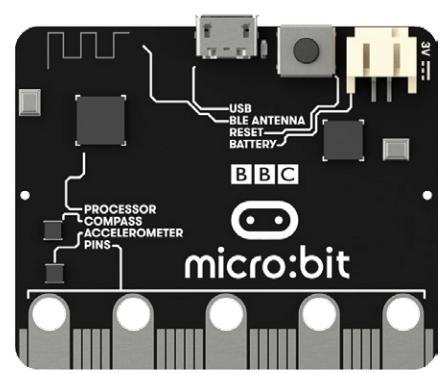
### 50 mini-projets instructifs à µC ATTiny



### Red Pitaya for Test & Measurement



### BBC micro:bit



Pour mettre au point des montages à microcontrôleur, la carte Arduino est parfaite. Ensuite, on peut obtenir le même résultat avec un autre µC, plus petit et moins cher, comme l'ATTiny. Ce livre montre comment faire à l'aide de 50 applications originales, voire déjantées. Dans ces pages, ni théorie ni mathématiques, que de la pratique ! ATTiny programmé avec une carte Arduino ; croquis disponibles sur cette plateforme transposables pour l'ATTiny.



Prix (membres) : 22,41 €

[www.elektor.fr/50-mini-projets-attiny-arduino](http://www.elektor.fr/50-mini-projets-attiny-arduino)



Prix (membres) : 31,45 €

[www.elektor.fr/red-pitaya-livre](http://www.elektor.fr/red-pitaya-livre)

La carte BBC micro:bit est compacte et programmable dans différents langages, idéale pour faire ses débuts dans l'électronique programmée sans être intimidé. Elle combine capteurs (magnétomètre, accéléromètre), boutons, LED et BlueTooth. Chaque élément est programmable sans restriction grâce à un logiciel facile à utiliser, disponible sur un site consultable à partir d'un PC/telephone. Concevez des jeux, connectez-vous à l'Internet des Objets...

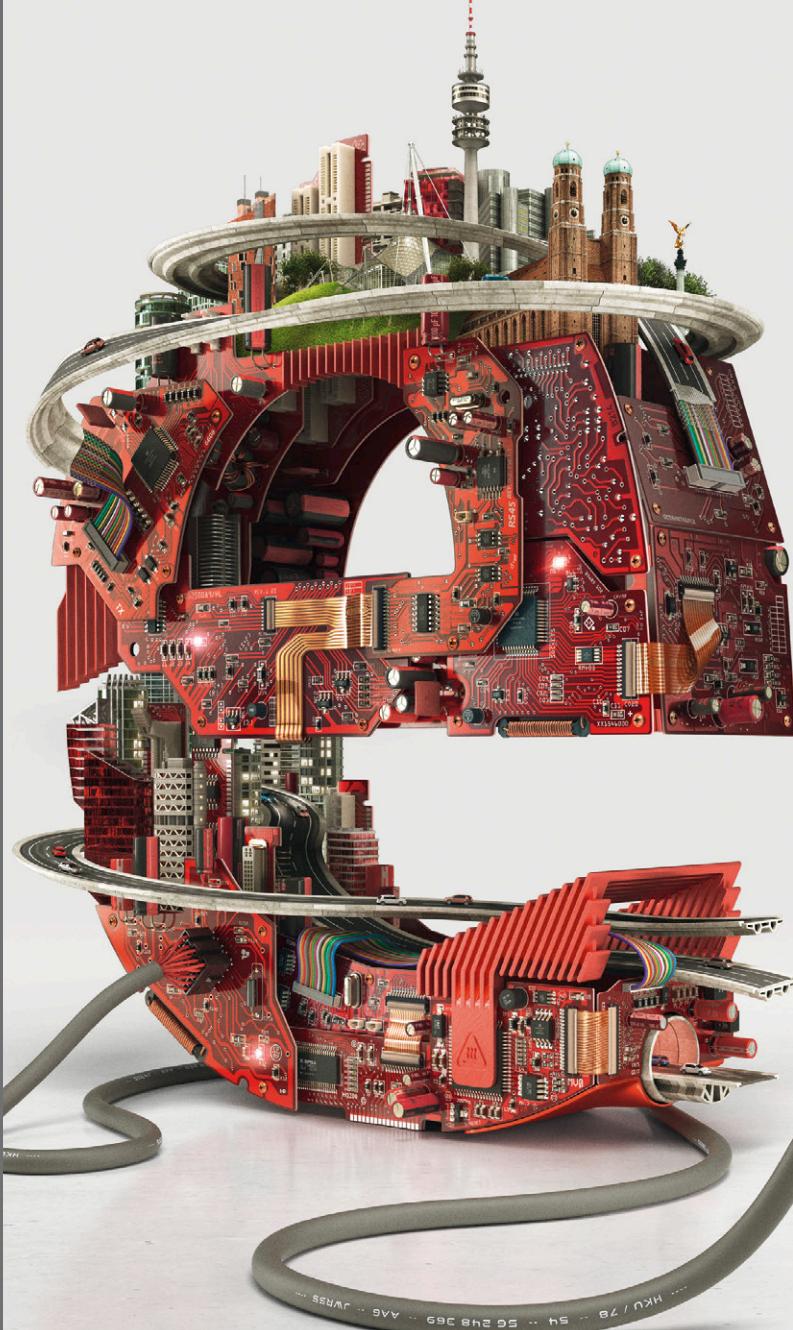


Prix (membres) : 15,26 €

[www.elektor.fr/bbc-micro-bit](http://www.elektor.fr/bbc-micro-bit)



Messe München  
Connecting Global Competence



# Planet e: Where the future begins.

L'électronique de demain.  
Aujourd'hui.

Billets et enregistrement:  
[electronica.de/en/tickets](http://electronica.de/en/tickets)



Salon leader mondial des composants électroniques,  
systèmes et applications.

Messe München | 8-11 novembre 2016 | [electronica.de](http://electronica.de)



**electronica 2016**  
inside tomorrow

# bienvenue dans la section **PARTAGER**



Thijs Beckers (rédaction d'Elektor)

## Nixie « Canada Dry », épisode 2

Dans mon éditorial de la section PARTAGER du mois de septembre, je vous ai présenté le projet d'un de nos traducteurs, Kees de Groot : Nixie « Canada Dry », une horloge avec des afficheurs à tubes Nixie, mais sans tubes Nixie.... A leur place, il veut mettre des chiffres en verre acrylique éclairés par le champ. Certains lecteurs ont répondu et je voudrais *partager* avec vous la correspondance de M. Welschen.

« L'idée de donner un effet similaire au tube Nixie n'est pas neuve. Déjà dans les années 60 et 70, Philips Telecommunicatie Industrie à Hilversum avait une console de service pour central

téléphonique équipée de pareille imitation pour afficher les numéros d'appel. Voici comment elle fonctionnait.

*Imaginez dix plaques rondes de polyméthacrylate de méthyle l'une derrière l'autre, séparées par un petit intervalle. On a foré dans chacune d'elles de petits trous pour former un chiffre. Les trous y sont placés de manière à ce qu'il n'y en ait jamais deux l'un derrière l'autre. Autour des plaques, dix lampes, une par chiffre, munies d'un masque qui occulte les neuf autres plaques. L'éclairage*

*d'une plaque provoque la diffusion de la lumière sur les points et le chiffre correspondant devient visible de face. Une rangée de ces objets permet alors de montrer le numéro de téléphone. Selon qu'il s'agissait d'un appel entrant ou sortant, les couleurs des plaques (vert et ambre) étaient différentes. J'ignore comment on améliorait la réflexion sur les bords. Sur*

*d'autres produits plus récents qui utilisent le même procédé, on voit que les bords sont lisses et simplement peints en blanc. Aujourd'hui, on utiliserait des plaques transparentes et des LED RVB pour les éclairer, mais la saturation des couleurs reste à déterminer.*

*Si vous voulez profiter de l'effet de concentration sur les bords de la lumière incidente sur la surface, pour le rendre visible, utilisez de l'acrylique chargé en pigmentation. Le pigment utilise la lumière incidente pour en émettre lui-même de sa propre couleur. C'est une technique employée sur les panneaux solaires, entre autres. On installe une bande de cellules solaires sur le pourtour de la plaque où elles reçoivent plus de lumière que si elles étaient directement exposées au soleil. Le site (texte en anglais) <http://po.st/share-nixie2> devrait vous éclairer davantage sur le sujet (une autoroute pour le flux solaire). Entre-temps, on a réussi la construction expérimentale d'un tel panneau de plusieurs mètres carrés.*

Et nous revoici sur une idée de projet. Je suis sûr qu'il y aura bientôt du nouveau. ▶

(160183 – version française : Robert Grignard)



# microphone MEMS minuscule pour le détecteur de chauve-souris<sup>PLUS</sup>

Harry Baggen (labo d'Elektor)

Pour écouter les chauves-souris, il faut un détecteur spécifique, qui convertit les signaux ultrasonores (de 20 à 100 kHz) en sons audibles. Le circuit du « détecteur de chauve-souris<sup>PLUS</sup> »

utilise un microphone spécial, capable de capter les ultrasons. Son boîtier est cependant minuscule et délicat à souder, il faut donc le manipuler avec un soin tout particulier.



L'article sur le détecteur de chauve-souris laisse au lecteur le choix entre plusieurs types de microphones : électrostatique à électret (à 2 ou 3 fils), ou bien basé sur un microsystème électromécanique (MEMS – *Micro Electro-Mechanical System*). Les microphones spécifiés pour des fréquences supérieures à 20 kHz sont difficiles à trouver, et on est souvent obligé de tester un modèle donné pour savoir s'il convient à l'application envisagée. Le microphone MEMS SPU0410LR5H de Knowles est l'un des rares modèles dont la courbe de sensibilité, disponible dans la fiche technique, soit tracée jusque 80 kHz.

Nous utilisons un modèle équivalent du même fabricant, le SPU0410HR5H, pour notre détecteur de chauve-souris. Son seul inconvénient est que le boîtier

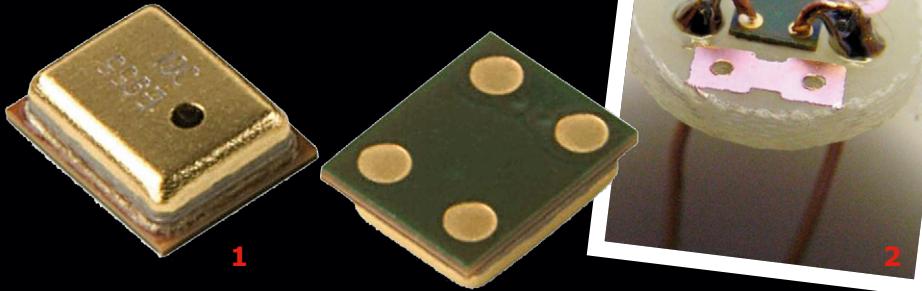
est conçu pour un montage en surface (**figure 1**), et qu'il est plutôt inadapté à un montage manuel. Les amateurs n'ont pas tous l'expérience nécessaire pour manipuler les CMS, et Kenneth Horton (le concepteur du détecteur de chauve-souris) a trouvé une solution astucieuse en dessinant un petit circuit imprimé rond, avec un trou rectangulaire en son centre. Le boîtier prend place dans ce trou, connexions côté « pistes », et quelques morceaux d'un gros fil de cuivre sont courbés et soudés entre les trous du circuit imprimé et les contacts du microphone (**figure 2**). C'est en effet très bien pensé,

mais ce montage requiert du temps et de la patience.

Afin de faciliter le montage du détecteur de chauve-souris, nous avons redessiné un circuit imprimé séparé pour le microphone MEMS, et y avons ajouté un condensateur de découplage de 100 nF (**figure 3**). Un panneau de 121 circuits imprimés (11 × 11) a été réalisé au labo d'Elektor, puis découpé à la main ; la soudure des microphones a été réalisée dans un four à refusion pour CMS.

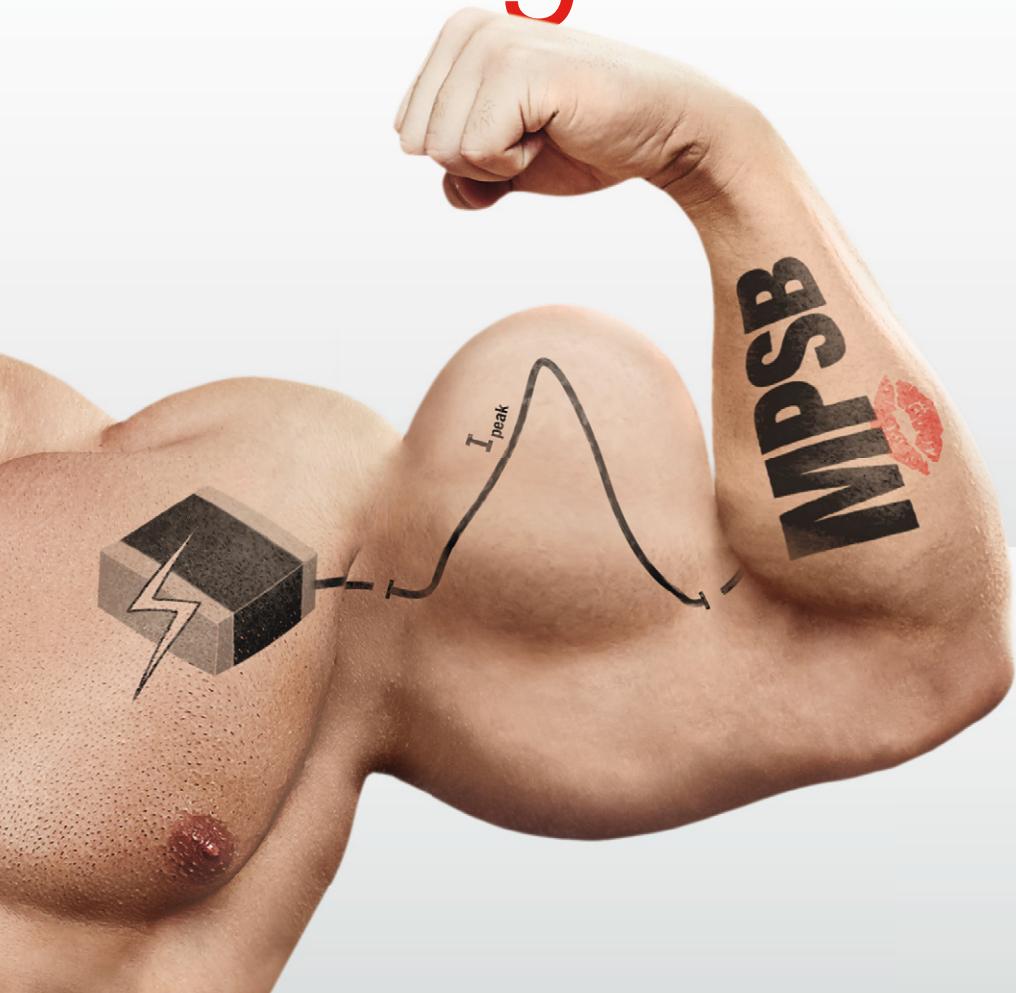
C'était relativement rapide, mais il faut reconnaître que nous commençons à avoir pas mal d'expérience en matière de CMS ! Le bon fonctionnement des circuits a été testé, et ils ont ensuite été soigneusement rangés dans le stock de votre *e-choppe* préféré (réf. 150346-91), pour y être mis à la disposition des réalisateurs du détecteur. Ceux-ci n'auront plus qu'à monter les composants à fils sur le circuit imprimé du détecteur, ce n'est ni difficile ni fastidieux...

(160083 – version française : Jean-Louis Mehren)





# huge peak strong bead!



electronica Munich Hall B6 Booth 404

#strongBEAD

*WE speed up  
the future*



Gold Sponsor **electronica Fast Forward Award**, powered by Elektor

The WE-MPSB series is the world's first ferrite bead that specifies how it performs under high current transients. This unique bead protects and extends the life of your application. It features an ultra-low  $R_{DC}$  which delivers the lowest self-heating in its class at high currents. The WE-MPSB is ideal for DC/DC applications requiring high efficiency. For more information, please visit [www.we-online.com/WE-MPSB](http://www.we-online.com/WE-MPSB)

Design your filter with our free online software – **REDEXPERT**. You will have the best guidance to ensure your circuit can withstand transient peak currents using our peak-specified WE-MPSB ferrite beads:

[www.we-online.com/MPSB-designer](http://www.we-online.com/MPSB-designer)

Products in original size:



0603



0805



1206



1612



1812



2220



3312

- muscular peak current capability
- high rated currents
- ultra-low  $R_{DC}$  to minimize unwanted losses
- effective broadband filtering

# imprimer vos circuits imprimés avec une imprimante 3D

## Des solutions ingénieuses avec de l'élastomère, un marqueur ou un laser

Si vous possédez une imprimante 3D, vous voulez bien sûr la rentabiliser.

Certains utilisateurs ont trouvé des solutions originales pour réaliser des circuits « imprimés » ; certes de manière plus ou moins détournée, mais ça fonctionne. C'est en tout cas moins cher et plus rapide que de recourir à un fabricant de circuits imprimés.

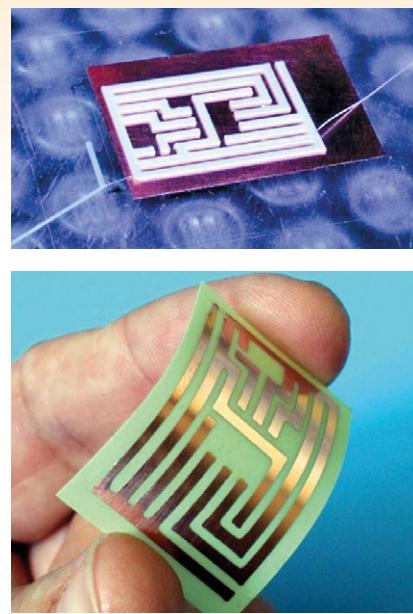
**Harry Baggen** (labo d'Elektor)

Il existe diverses méthodes pour réaliser ses propres circuits imprimés. La plus connue est sans doute celle qui consiste à isoler, puis révéler et graver chimiquement une plaque cuivrée, recouverte d'un film photosensible. Une autre méthode consiste à photocopier le tracé du circuit imprimé sur du papier transfert à l'aide d'une imprimante laser, puis à transférer l'encre (*toner*) sur le cuivre par échauffement (par exemple avec un vieux fer à repasser). On peut aussi graver « à l'anglaise », c'est-à-dire graver des rainures isolantes dans le cuivre, avec une perceuse à main munie d'un foret ou d'une fraise (ou avec une machine automatique équipée d'un logiciel adéquat, mais cet outil est très coûteux et hors de portée des amateurs que nous sommes).

De nombreux techniciens se sont entre-temps équipés d'une imprimante 3D pour fabriquer divers objets. Certains d'entre eux, qui pratiquent aussi l'électronique et réalisent leurs circuits imprimés, se sont demandé si leur imprimante ne pouvait pas être utilisée à cette fin. Différentes méthodes ont dès lors été mises au point, elles sont décrites sur l'internet.

### Avec un filament d'élastomère

La première idée qui vient à l'esprit est de déposer sur le cuivre une simple couche de filament plastique qui prend la forme du dessin du circuit imprimé. Le cuivre est ensuite gravé chimiquement, les parties

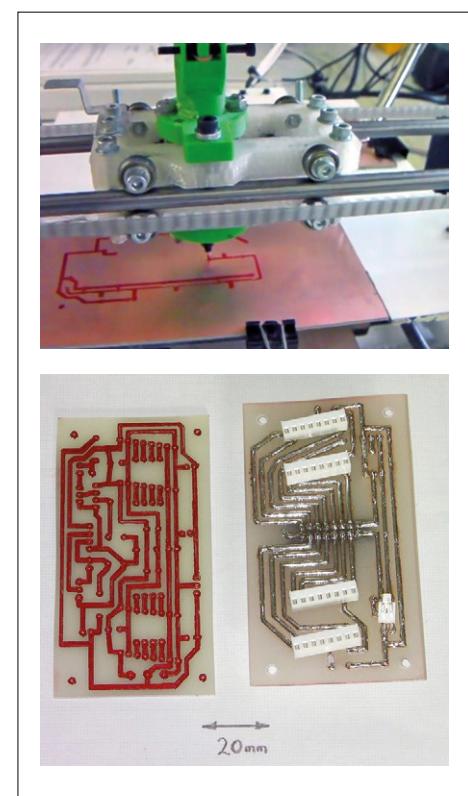


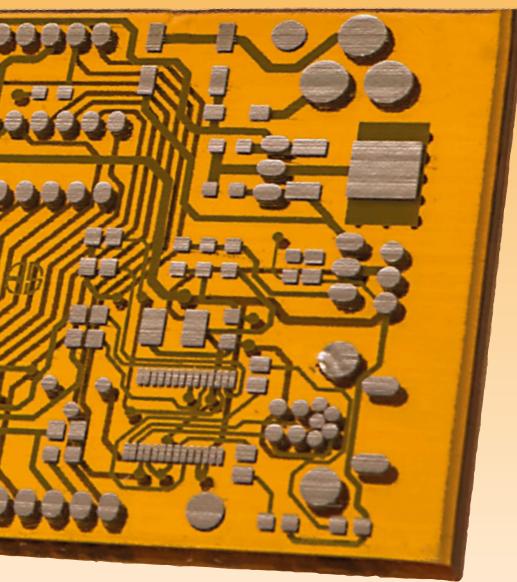
protégées par le filament restant intactes. En expérimentant, l'utilisateur *mikey77* (très actif sur le site *Instructables* [1]) a constaté que la méthode ne fonctionnait pas bien : les filaments usuels en ABS ou PLA n'adhèrent pas assez au cuivre. Il a alors essayé un filament d'élastomère, le *NinjaFlex*, qui tient bien sur la plupart des matériaux. La plaque cuivrée est fixée sur le plateau de son imprimante *Makerbot Replicator 2* avec de la colle en aérosol. Il a même pu réaliser ainsi des circuits imprimés flexibles.

### Avec un marqueur

Les autres méthodes 3D utilisent en général une tête d'impression modi-

fiée, par exemple pour y placer un marqueur. Sur la page *Plotting* (traçage) de *RepRap* [2], vous pouvez voir comment des pistes sont dessinées avec un marqueur permanent à pointe fine sur un circuit vierge. La description est très détaillée, et on vous explique aussi quels logiciels utiliser pour obtenir le *G-code*, nécessaire à la commande de l'imprimante (*RepRap* ou autre), à partir du tracé du circuit imprimé. Après dessin des pistes, le cuivre peut être gravé de manière classique, par exemple avec du





perchlorure de fer.

Le site vous prévient que la méthode n'est utilisable que pour des pistes assez larges ou des îlots de cuivre, vu la taille de la pointe du marqueur, et son manque de stabilité. Pour un circuit standard avec des composants traversants, c'est néanmoins tout à fait suffisant. Le support de marqueur a bien entendu été réalisé avec l'imprimante 3D ; divers exemples sont sur *Thingiverse*, dont l'*Elastico Pen Holder* [3].

## Méthode du marqueur

### « inversée »

On peut « inverser » la méthode précédente ! Autrement dit, on recouvre l'ensemble du cuivre d'encre avec un gros marqueur permanent, puis on ôte l'encre là où le cuivre doit être attaqué lors de la

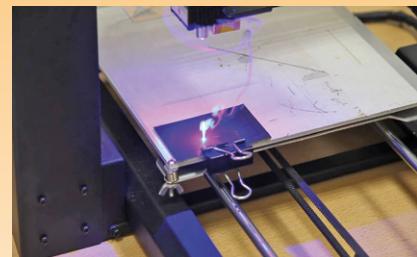
gravure, à l'aide d'un fin poinçon fixé à la tête de l'imprimante. Arvid Mortensen décrit la méthode sur son site *Lamja* [4]. Il ne trace que les pistes d'isolement, et laisse les parties de cuivre inutilisées intactes, un peu comme on le ferait en gravant des rainures avec une perceuse. Cela ne nuit pas au fonctionnement, et les circuits montrés sur le site ont belle allure : les lignes sont bien droites, et la résolution semble meilleure qu'avec la méthode classique du marqueur. Arvid fournit également les fichiers pour réaliser le support du poinçon, qu'il a créé pour une imprimante K8200 de Velleman.

### Avec un laser

Il fallait s'y attendre, quelques bricoleurs se sont laissé tenter par l'utilisation d'un laser ! Pour éliminer des pistes de cuivre, il doit falloir un laser d'une puissance considérable, mais nous n'avons rien trouvé à ce sujet.

Une méthode alternative – et sans doute moins dangereuse – consiste à utiliser un

bonne ventilation est impérative ; ou alors, il faut trouver un film adhésif dans un autre matériau. Les morceaux de film adhésif entre les pistes d'isolement sont retirés à la main, ne laissant que le tracé



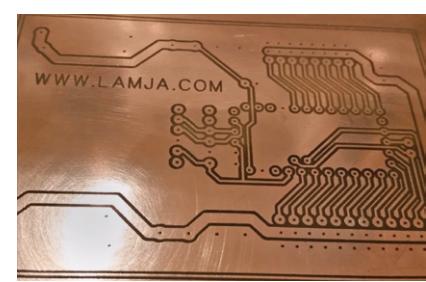
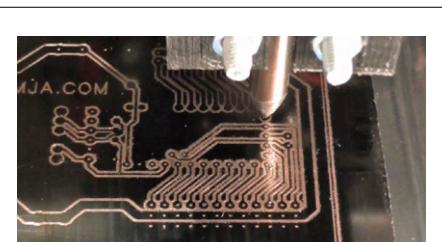
▶ Il fallait s'y attendre, quelques bricoleurs se sont laissé tenter par l'utilisation d'un laser !

laser d'une puissance de quelques watts pour « brûler » un dessin sur une plaque cuivrée [5] ; le laser utilisé est un modèle à base de semi-conducteurs, d'une puissance de 2,1 W, facilement trouvable. Le laser est fixé à la tête de l'imprimante, et la plaque de cuivre, préalablement recouverte d'un film adhésif en vinyle, est collée sur le plateau de l'imprimante. L'imprimante est chargée avec le dessin inversé du tracé, et le laser brûlera donc des pistes d'isolement sur le film adhésif. Attention : certains PVC dégagent des dioxines toxiques en brûlant, et une

du circuit imprimé sur le cuivre. La plaque cuivrée sera ensuite gravée chimiquement (là aussi il faut veiller à bien ventiler, nous ne l'avions pas encore rappelé...). La qualité du produit fini est acceptable.

Avec un peu d'ingéniosité, et quelques petites adaptations du matériel, voilà de nouvelles applications pour votre imprimante 3D !

(160191 – version française : Jean-Louis Mehren)



## Liens

- [1] <https://3dprint.com/11367/3d-print-copper-circuit-board/>
- [2] <http://reprap.org/wiki/Plotting>
- [3] <http://www.thingiverse.com/thing:671711>
- [4] <http://www.lamja.com/?p=635>
- [5] <http://3dprintingindustry.com/news/z-present-diode-laser-etching-pcb-82860/>

# MOS Clock 5314 (1974)

## précision numérique et affichage des secondes !



Le succès délivrant de l'horloge *MOS clock 5314* (sic) a perduré longtemps après sa publication en 1974, et le nombre de cartes vendues a lui aussi été phénoménal. Y a-t-il quelque leçon à tirer de cet engouement datant du déclin du règne TTL ? Probablement que non.

**Jan Buiting,**  
rééditeur en chef (édition en anglais)

Deux raisons m'ont incité à évoquer ici l'horloge *MOS Clock 5314* (article non publié en français). La première vient du cœur : certains lecteurs mentionnent encore en aparté « votre horloge MOS » lorsqu'ils m'écrivent pour me demander « *les plans svp Jan de la carte Elektor numéro [1234] de l'année [<1980] que je viens de retrouver mais n'ai jamais finie* ». Nostalgie ? Je préfère appeler cette démarche l'effet « retraite et redécouverte du grenier ».

Quoi qu'il en soit, si des lecteurs se souviennent encore de cette horloge au point

d'y faire allusion lorsqu'ils me demandent la photocopie d'un autre article, ce projet a vraiment dû marquer son époque (comme Junior, SC/MP, Crescendo, Formant, Mondrian ou le décodeur Filmnet). La seconde raison est beaucoup plus triviale : je suis en effet simplement tombé sur la MOS Clock 5314 en fouillant dans l'espace de rangement réservé au barda et autres e-débris de la rubrique *Rétronique*.

La relique en main, j'ai testé l'impression de déjà-vu sur quelques collègues sélectionnés de façon non-aléatoire. Deux d'entre eux, Harry Baggen et Jan Visser, appartenant par ailleurs eux-mêmes au patrimoine elektorien, l'ont vite reconnue : « Cette bonne vieille MOS Clock ! Où l'as-tu dénichée ? »

### L'obsession du temps

Comme nous l'a confirmée en 2013 la publication de l'horloge Clic (Cadran Lumineux Interactif Circulaire), vous aimez les horloges à cadran insolite ou présentant un design original (comme celui de l'horloge Tour du Rhin). Bien avant cela, en 1975, le numérique faisait fureur dans le domaine de l'horlogerie. Je me souviens qu'à l'âge de 17 ans, les poches surtout pleines de rêve, je voulais absolument me payer une montre avec une trotteuse, car dans mon esprit elle rivaliserait avec la précision d'une montre digitale. C'était l'époque où les maniaques de la précision synchronisaient leur montre sur la fin du long bip émis par les radios (aujourd'hui ce sont des signaux radio ou satellitaires qui mettent

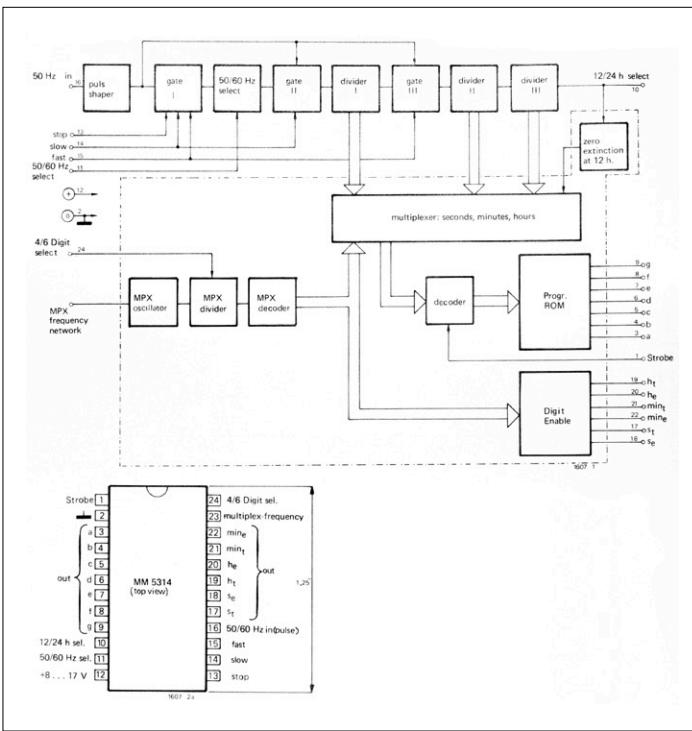


Figure 1. Dessinés par Elektor, l'architecture et le brochage d'un circuit intégré classique, l'horloge MM5314 de National Semiconductor.

nos appareils à l'heure, ce qui n'empêche personne d'être à la bourse). Les horloges numériques affichant les secondes restaient encore l'apanage des scientifiques.

### La sensation MM5314

Si déjà l'affichage des secondes (qui laissait entendre une précision Numérique !) surprit l'électronicien en herbe de 1974, le recours à un seul circuit intégré (CI) l'épata carrément. Un M-O-S en plus, un Métal-Oxyde-Semiconducteur ! Il faut dire qu'à l'époque les magazines regorgeaient de circuits d'horloges à CI TTL aussi bruyants qu'énergivores.

Le MM5313 de National Semiconductor

semblait le plus à même d'éradiquer ces TTL, mais le composant était *cher*, un mot qui, déjà il y a 40 ans, avait le don de faire pâlir l'équipe néerlandaise du labo d'Elektor, en surnombre à l'époque. Heureusement, le 5313 était décliné en version à 24 broches sans BCD. Ce MM5314 avait l'avantage, loué par l'article de 1974, d'être *moins cher* et de ne pas avoir cette inutile sortie BCD puisque, voyez-vous, pour attaquer un afficheur à 7 segments il est bien plus malin et *moins coûteux* d'utiliser le multiplex, et avec quelques-uns de nos transistors NPN et PNP bon marché, vous économisez un florin ou deux.

Vous pouviez même en économiser d'autres, clamait l'auteur dès le troisième paragraphe, en vous passant des deux chiffres affichant les secondes. Tant pis pour la « précision numérique », ou l'expression « Le temps c'est de l'argent » revisitée par les Hollandais.

L'article ne mentionne nulle part que le MM5314(N) est un composant de National Semiconductor. Le schéma et le brochage semblent avoir été redessinés par Elektor (fig. 1) alors que je suis sûr que les graphistes disposaient des références de NS (elles étaient imprimées en bleu !) Un authentique MM5314N est devenu aussi rare que *cher* (essayez eBay), et par là

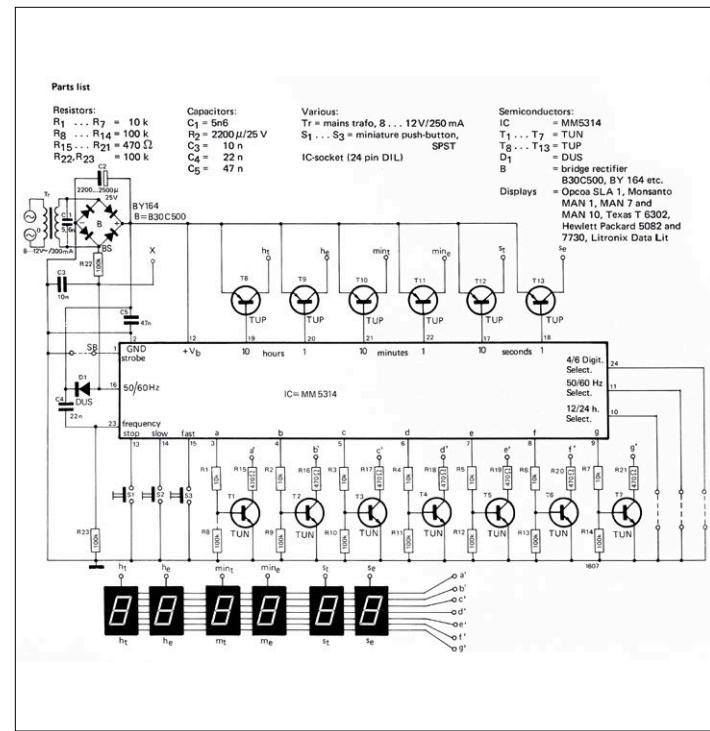


Figure 2. Schéma et liste des composants de l'horloge MOS 5314 de 1974.

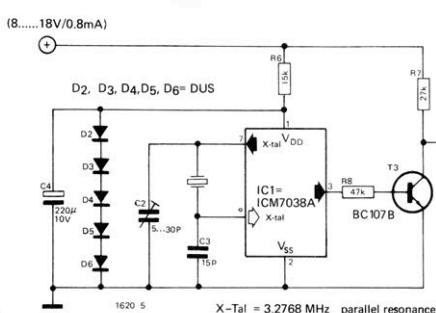


Figure 3. Cette référence temporelle piézoélectrique empêche la désynchronisation de l'horloge 5314 durant les pannes de courant.

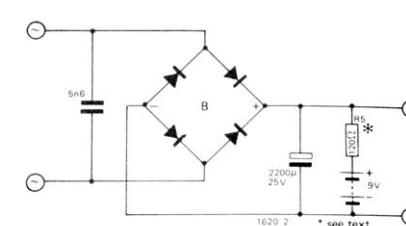


Figure 4. Grâce à ce fantastique circuit d'alimentation de secours, l'horloge fonctionne encore lorsqu'elle est débranchée.

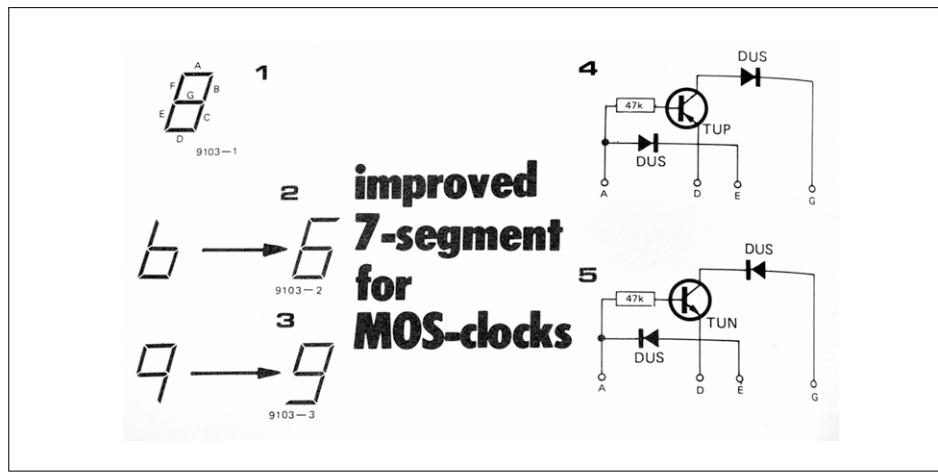


Figure 5. TUP (Transistor Universal PNP), TUN (Transistor Universal NPN) et DUS (Diode Universal Silicon) pour une mise en plis très « 1975 » du 6 et du 9.

### Rien à déclarer ? Si, mon exaspération.

Dans les années 1970, tout ce qui relevait de la technologie, surtout l'électronique, était considéré aux yeux d'un douanier comme marchandise suspecte et précieuse. Et bien évidemment, les précieux prototypes du labo d'Elektor voyageaient déjà d'un salon à l'autre à travers toute l'Europe. Avant de se rendre sur un salon parisien, l'équipe du labo d'Elektor devait ainsi se conformer à la réglementation des accises, douanes et taxes de trois pays : Pays-Bas, Belgique et France. Soit, pour chaque appareil transporté, cinq formulaires à remplir (chacun accompagné de six copies carbone) et autant de traductions certifiées à fournir.

Et pas question de badiner avec les douanes. Pas de papiers en règle ? → Chaque objet était estimé à 30 000 FF par défaut → Plus 3000 FF de taxes à payer comptant → Pas de liquide ? Biens confisqués, et un séjour à l'hôtel pour l'infortuné contrevenant.

Las de ces tatillonnes tracasseries kafkaïennes, les Elektoriens de l'époque conclurent un accord avec les douanes néerlandaises. Avant chaque départ vers l'étranger, deux agents venaient sur place inspecter les biens, les « scellaient » et remplissaient la paperasserie nécessaire. Sans oublier d'accepter un café et de papoter avec l'équipe. Habitués des visites du vendredi soir, deux agents des douanes de la ville de Sittard devinrent même des fans d'Elektor.

Avec l'aide de ces messieurs, un autocollant spécial fut conçu pour officialiser chaque matériel, volumineux ou non, devant passer les douanes. Les douaniers y apposaient un impressionnant coup de tampon, et plus tard l'équipe du labo y imprimait ou gribouillait des numéros de référence.

L'épouvantable paperasserie fut réduite à quelques feuilles de « carnet » et copies carbone, les autocollants et leurs fontes psychédéliques faisant le reste. Et, oui, tout cela était légal, du moins aux Pays-Bas. À droite, juste pour le plaisir, l'autocollant ajouté sous le boîtier de l'horloge MOS.



même un véritable objet de collection. Il tire sa précision de la fréquence du réseau (50 Hz ou 60 Hz), ce qu'on trouverait presque risible au vu de la précision atomique actuelle des GPS et autres DCF77. Cela dit, cette méthode garantissait une stabilité remarquable sur six mois ou plus, et il est probable que ma montre de 1975 et sa bruyante trotteuse ne faisaient pas mieux. Puisqu'elle utilisait la fréquence du réseau comme référence, l'horloge MOS ne nécessitait aucun réglage – si elle s'écartait d'une seconde ou plus, je suppose qu'il fallait s'en plaindre auprès de son fournisseur d'électricité.

Comme le MM5314 était dépourvu de BCD, la commutation des segments à un instant précis nécessitait une technique de multiplexage, quelques transistors d'attaque, sans oublier l'alimentation (fig. 2). Comme aucun logiciel de CAO n'existe en 74, le dessin du circuit imprimé a visiblement été réalisé à grand renfort de ruban adhésif et de transferts de symboles Letraset.

Il n'est pas difficile de remarquer que cette version de l'horloge perd l'heure exacte si elle n'est pas alimentée durant plus de 200 ms (merci C2) et qu'elle doit être réglée à chaque remise sous tension. La carte principale portant le circuit d'horloge et la carte de l'afficheur étaient vendues séparément sous les références 1607A (10,42 FF HT) et 1607B (7,70 FF HT). La fin de l'article annonçait la publication prochaine de deux cartes d'extension : un pilotage par quartz, et une alimentation de secours. Rappelez-vous qu'en 1974 l'horloge en temps réel (RTC) n'existe pas.

### Extensions

J'ai retrouvé les extensions promises en parcourant l'index récapitulatif du magazine : elles ont été publiées dans l'article MOS Clock (2) de juin 1975, soit six mois après l'annonce de décembre 1974. Le numéro suivant, celui de juillet/août, décrivait un afficheur à 7 segments amélioré pour les horloges MOS.

La base de temps par quartz (fig. 3) comprend un CI supplémentaire, le coûteux ICM7038A d'Intersil. Je doute qu'il puisse rivaliser avec la précision sur le long terme qu'offre la fréquence du réseau, mais il est bien sûr indispensable pour que l'horloge donne encore l'heure lorsque la pile (fig. 4) prend le relais

après une coupure de courant. L'alimentation CC brute fournit une charge lente à un mini-bloc d'alimentation de 9 V (sic). L'obscur « courant de rafraîchissement sur une pile sèche » dont parle l'article me semble très douteux, voire dangereux. Les améliorations apportées à l'horloge MOS originale logeaient sur une unique platine référencée 1620 et vendue 6,34 FF HT. Aucun exemplaire n'a survécu aux vigoureux coups de balai hollandais donnés de temps à autre dans nos lieux de stockage.

Apparemment trop austères pour l'époque, les chiffres 6 et 9 furent agrémentés d'un segment horizontal au moyen de transistors et diodes (**fig. 5**). Ce segment brille un peu moins que les autres en raison de la chute de tension supplémentaire.

### Le temps ne prend pas la poussière

Le prototype de la MOS Clock 5314 retrouvé dans le grenier d'Elektor semblait en bon état. Seule chose suspecte, l'absence de fiche au bout du cordon d'alimentation. J'ai donc vérifié la résistance des deux fils CA et du boîtier avant de câbler une fiche.

L'unité s'est allumée normalement et a affiché une heure aléatoire que j'ai vite réglée à l'aide des trois boutons arrière. Facile, même sans mode d'emploi.

### Distorsion temporelle incluse

J'ai bien sûr ouvert le rudimentaire boîtier en aluminium (**fig. 6**). La « mise à jour esthétique du 6 et du 9 » est dûment installée, de même qu'un transistor (BC557) et une diode (1N914). Il manque hélas :

- un fusible et un interrupteur de secteur (absence toutefois légale à l'époque) ;
- la pile de secours ;
- la référence temporelle ICM7038A ;
- un électrolytique à fortes fuites (désolé pour vous, traqueurs de mauvais condos) ;
- un primaire de 110 V sur le transfo d'alimentation (pensée aux lecteurs américains).

Les trois boutons de réglage de l'heure étaient à l'origine montés sur la carte verticale d'affichage, mais Jan Visser, le constructeur de l'horloge, choisit de les déplacer sur le panneau arrière (voyez-vous pourquoi ?) Également monté à l'ar-

rière, un interrupteur à bascule permet de sélectionner la fréquence. Passer discrètement sur 60 Hz lors d'un salon se tenant à Paris ou à Londres devait être un moyen astucieux de prolonger de 20 % la présence de l'équipe. Ou, inversement, de pratiquer une distorsion temporelle de +16,6 % aux USA – où la MOS Clock 5314 n'a jamais été malgré d'impressionnantes autocollants destinés aux douanes (**encadré**) et où... elle n'aurait de toute façon jamais pu être allumée (voyez-vous pourquoi ?).

Et voilà que je réalise que cette horloge aussi précise qu'en avance sur son temps n'a pas de réveil ! Bigre, serai-je à l'heure pour le prochain article ? ►

(160102 – version française : Hervé Moreau)

## ESTP 2004

www.elektor.tv



Rétro est une rubrique mensuelle sur les pages glorieuses et jaunies de l'électronique, avec occasionnellement des montages de légende décrits dans Elektor. Si vous avez des suggestions de sujets à traiter, merci de les télégraphier à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)

### L'article original

Pour célébrer le retour de la MOS Clock 5314, nous avons scanné l'article (anglais) du numéro de décembre 1974 d'Elektor. Téléchargement ici : [www.elektormagazine.fr/160102](http://www.elektormagazine.fr/160102).

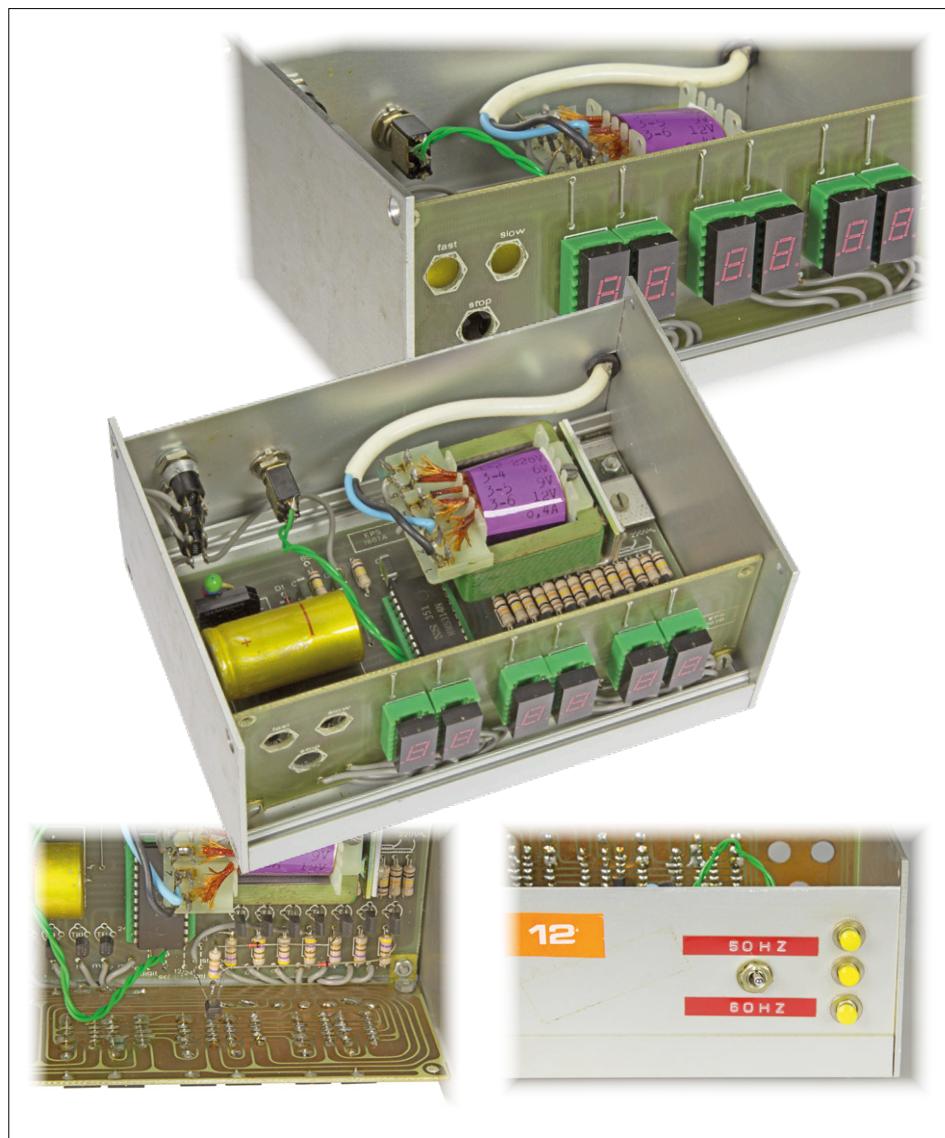
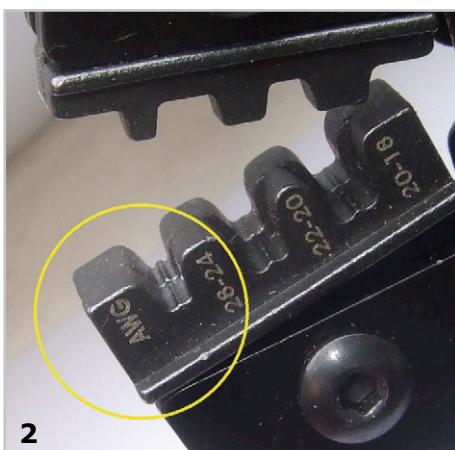
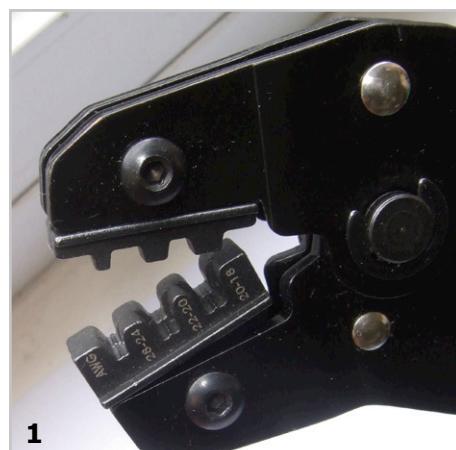


Figure 6. L'intérieur du boîtier (150 × 105 × 65 mm). Le génial panneau rouge transparent qui encadre l'afficheur (voir photo en tête d'article) est revêtu d'une couche de blanc cassé sur sa face intérieure. J'ignore comment le lettrage noir a été appliqué, mais il a formidablement bien résisté à l'épreuve du temps.



2



1



# trucs & astuces

## sertir des cosses

Stephen Bernhoeft

Quand on ne l'a jamais fait, sertir les cosses de connecteurs à broche peut tourner à la frustration. Le premier souci, c'est de trouver un outil adéquat. Je vous recommande la pince SN-28B de la **figure 1**. Remarquez-y la finesse des détails sur les mâchoires AWG 28-24, en particulier les deux filières en forme de cœur (**2**).

Le côté câble de la cosse entre dans l'ouverture la plus large de la mâchoire AWG. Avec habileté, il faut poser la partie à sertir du câble exactement à cet endroit, sans risquer d'écraser le connecteur proprement dit, mâle ou femelle.

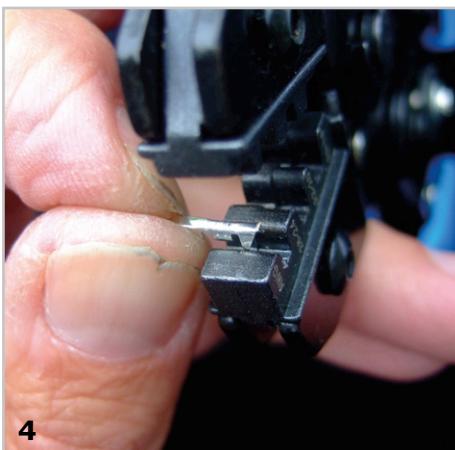
À la photo **3**, vous voyez un tel connecteur à broche, c'est cette partie-là qui, pour être préservée, ne doit pas venir trop près de la mâchoire, elle demande toute votre attention lors de l'insertion (**4**). Quand tout est en place, enclinez soigneusement les mâchoires (clic, clic...) pour arriver doucement au sertissage (**5**). Vous pouvez vous aider du levier (**6**) pour relâcher l'assemblage.

Pour préparer le câble, présentez-le contre une cosse libre et marquez l'endroit où dénuder le fil (~ 3 mm) jusqu'au bout de la cosse (**7**).

Puis dénudez la zone marquée, torsadez doucement les brins et vérifiez. Il importe que le fil nu ne s'étende pas jusqu'à la zone de contact (**8**).



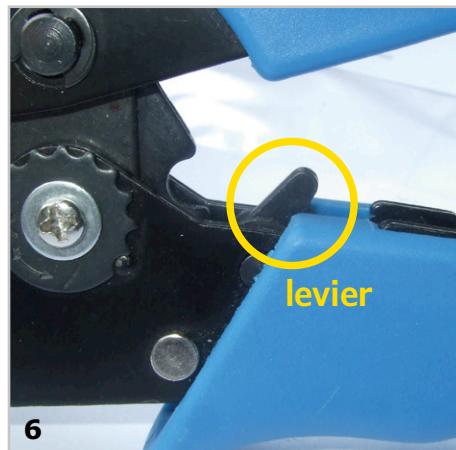
3



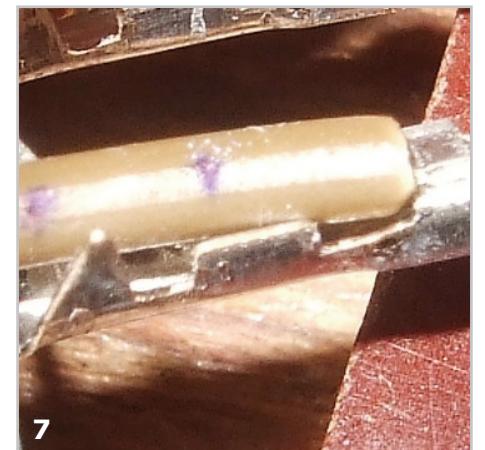
4



5



6



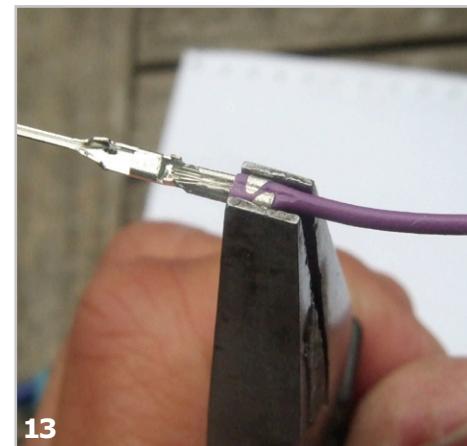
7



15



14



13

## les lecteurs écrivent aux lecteurs

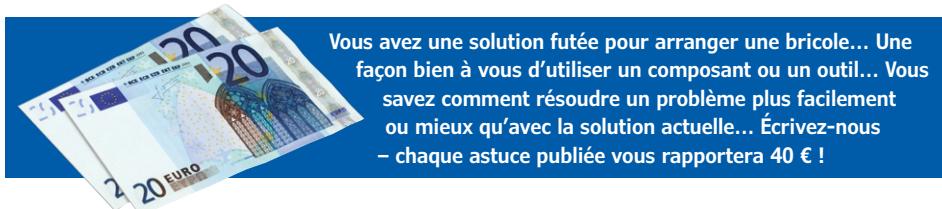
Ensuite, insérez soigneusement le câble préparé dans la cosse. Des fils de plus gros diamètres peuvent nécessiter de les pincer pour qu'ils entrent dans la cosse. Il est possible de sentir quand les fils nus torsadés touchent la partie active de la cosse.

La mise en place est cruciale : trop longue, le fil interfère avec la zone de contact (9) ; trop courte, le fil ou la gaine pourrait échapper au sertissage (10) final. Au début, on peut facilement en rater la moitié.

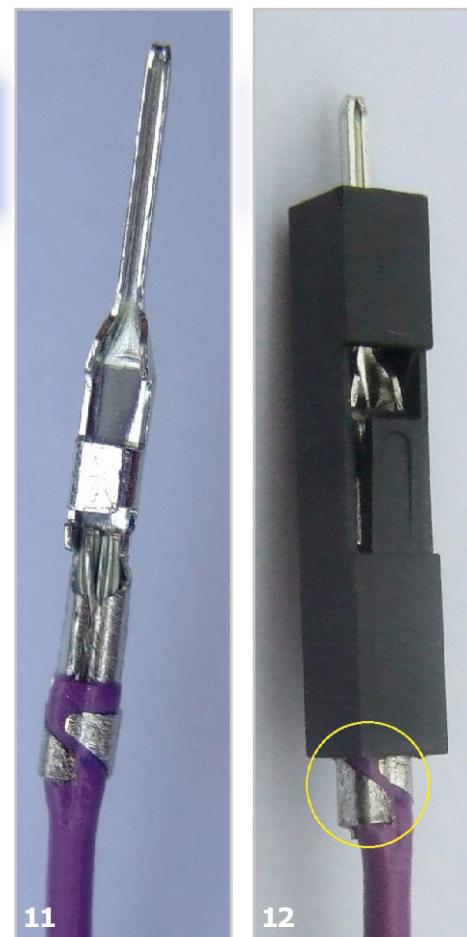
Quand les poignées de la pince arrivent en bout de course, l'outil s'ouvre automatiquement. Avec de la chance et du soin, vous serez récompensé par un résultat tel qu'à la figure 11.

Arrive le moment d'introduire la cosse assemblée dans son boîtier. Il se peut que la partie câblée de la cosse entre difficilement dans le boîtier (12). Il convient alors de la serrer convenablement où elle coince (13). Réessayez, ce coup-ci, ça va marcher ! (14, 15).

(160192 – version française : Robert Grignard)

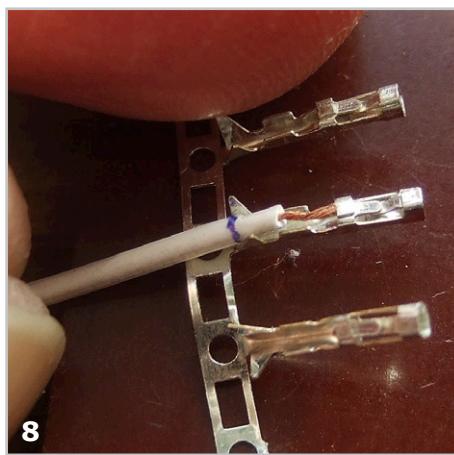


Vous avez une solution futée pour arranger une bricolage... Une façon bien à vous d'utiliser un composant ou un outil... Vous savez comment résoudre un problème plus facilement ou mieux qu'avec la solution actuelle... Écrivez-nous – chaque astuce publiée vous rapportera 40 € !

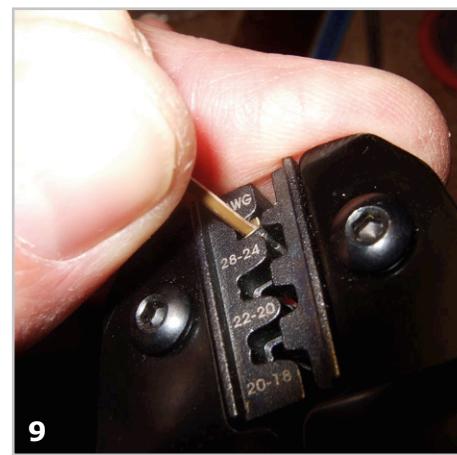


11

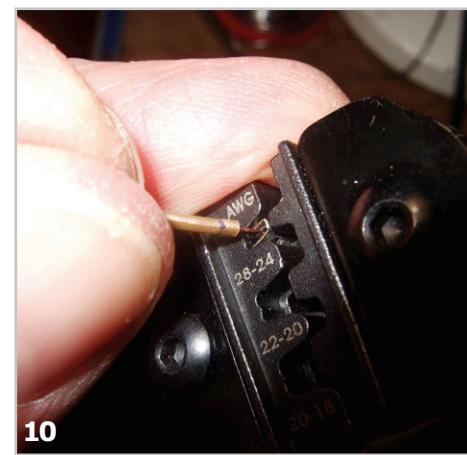
12



8



9

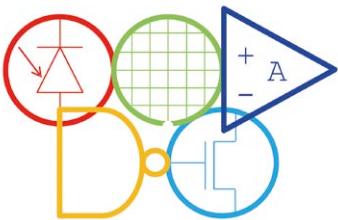


10

compilées par Robert van der Zwan

## Électroniad

Vendredi 14 octobre, une « Olympiade de l'électronique », appelée Electroniad, s'est tenue à Malines en Belgique. L'événement était organisé pour célébrer le 10<sup>e</sup> anniversaire de Caelestie, l'un des acteurs mondiaux de la conception et de la réalisation de capteurs d'images haut de gamme. Les équipes de quatre électroniciens (étudiants, professionnels et amateurs) devaient répondre à un quiz sur l'électronique : analogique, numérique, capteurs, micro-systèmes, applications, histoire ([www.electroniad.org](http://www.electroniad.org)). Un abonnement gratuit au magazine Elektor a été offert aux lauréats.



et de la réalisation de capteurs d'images haut de gamme. Les équipes de quatre électroniciens (étudiants, professionnels et amateurs) devaient répondre à un quiz sur l'électronique : analogique, numérique, capteurs, micro-systèmes, applications, histoire ([www.electroniad.org](http://www.electroniad.org)). Un abonnement gratuit au magazine Elektor a été offert aux lauréats.

## Fast Forward : du rapide en effet

Les membres du jury d'*electronica* 2016 ainsi que d'Elektor délibèrent en ce moment même pour désigner les finalistes de l'*electronica Fast Forward Start-up Award*. Tâche extrêmement ardue s'il en est ! Qui seront les heureux vainqueurs le 11 novembre prochain au salon *electronica* de Munich ? Honnêtement, rien n'est joué pour l'instant puisque des candidatures de dernière minute sont encore déposées.

## READ ONLY MEMORY

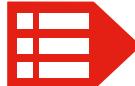
Le magazine Elektor et son éditeur sont fiers de leur histoire. Cette rubrique montre pourquoi.

### Le GBDSD — un crack !

Vous vous souvenez de la GameBoy Nintendo ? Cette console de jeu était déjà sur le marché depuis à peu près 10 ans quand Steve Willis surgit avec une idée lumineuse : pourquoi ne pas utiliser la GameBoy comme oscilloscope de poche plutôt que de jouer à de pauvres petits jeux avec elle ? Le circuit était logé dans un boîtier pour mémoire ROM. Le GBDSD d'Elektor était né. Seules les sondes de l'oscilloscope étaient conventionnelles. La cartouche GBDSD de Steve décrit dans les numéros d'octobre et novembre 2000 d'Elektor a suscité un véritable engouement. Il s'agissait du premier circuit CMS préassemblé d'Elektor. Des milliers d'exemplaires ont été vendus.

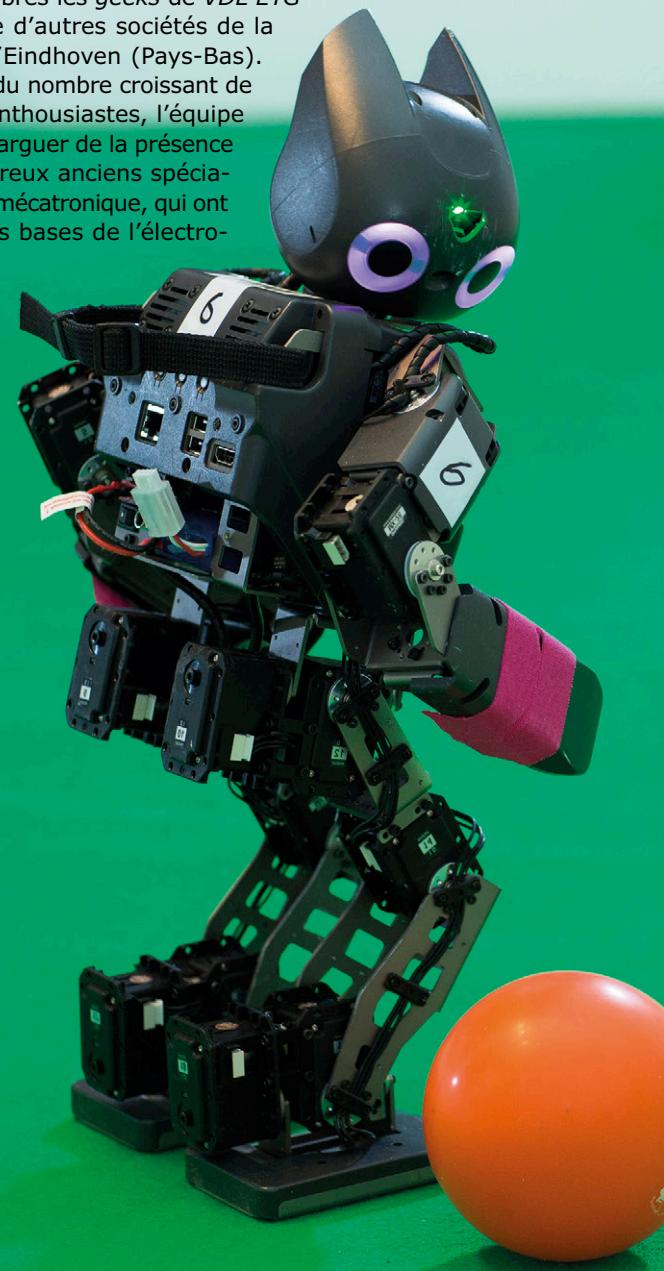


**INDISCRÉTIONS** • Conrad Djedjebi est originaire du Bénin en Afrique de l'Ouest. Diplômé de l'École supérieure il travaille temporairement chez Elektor pour doper le circuit logique programmable FPGA d'Elektor avec un rôle charnière en peaufinant les salles de rédaction mises à la disposition des partenaires commerciaux d'Elektor grande force d'attraction. Ces salles permettent d'intégrer des nouvelles spécifiques aux partenaires à toute la base



## RoboCup, coupe du monde

RoboCup est une organisation mondiale qui a pour ambition de développer une équipe de football de robots capable de battre des champions de football humains d'ici à 2050. Evelien Snel, traductrice néerlandaise pour Elektor, fait partie de l'une des équipes RoboCup qui participent à la ligue des « tailles moyennes » (*Mid Sized*). Quel est son rôle dans le football RoboCup ? Pour Evelien, l'aventure commence en 2000 dans l'équipe CFT : la *Philips Cyber Football Team*. Aujourd'hui, l'équipe travaille sous le nom de *VDL Robot Sports* et compte parmi ses membres les *geeks* de *VDL ETG* ainsi que d'autres sociétés de la région d'Eindhoven (Pays-Bas). Au-delà du nombre croissant de jeunes enthousiastes, l'équipe peut se targuer de la présence de nombreux anciens spécialistes en mécatronique, qui ont appris les bases de l'électro-



# de football: gagneront-ils un jour ?

nique dans les années 1970 grâce au magazine *Elektuur*, aujourd'hui rebaptisé *Elektor*.

« 2050 peut sembler très lointain » souligne Evelien, « mais beaucoup de travail reste à faire. En ce moment même, les quatre ligues concentrent leurs efforts sur une partie du problème. La ligue des Humanoides, absorbée par la frappe du ballon et la position debout, diffuse de nombreuses séquences attachantes sur YouTube. La ligue des « petites tailles » (*Small Sized*) donne de très bons résultats en matière de stratégie de jeu, mais est trop rapide et trop petite pour attirer un large public. La ligue Simulation est la seule à gérer onze joueurs par équipe, dans un environnement virtuel cependant. La ligue des « tailles moyennes » est la seule à pouvoir jouer contre des humains. Un match important de la ligue peut facilement drainer plus de 1 000 spectateurs. »

Au final, les différentes ligues devront mettre en commun leurs connaissances et leur expérience pour atteindre leur but ultime. Mais beaucoup d'informations sont d'ores et déjà partagées. Les Championnats du monde annuels prévoient aussi une journée entière de conférences avec des présentations techniques sur les tout derniers développements. La plupart des développements logiciels et matériels sont des solutions à code source ouvert et les équipes partagent et communiquent des informations de manière informelle. Selon Evelien, cette méthode de travail ressemble de près à celle des *faiseurs* ou du labo d'*Elektor*.

Parole d'*Elektor* : pour qu'ils deviennent suffisamment humains au point de gagner contre eux, Evelien et ses coéquipiers apprennent à leurs robots à lire le magazine *Elektuur* (voir photo). Information confidentielle toutefois. À ne pas divulguer aux autres équipes !

[www.robocup.org](http://www.robocup.org)

[www.youtube.com/watch?v=1h5147KLikU](http://www.youtube.com/watch?v=1h5147KLikU)



d'électronique de l'ouest d'Angers, nouveau contrôleur • Udo Bormann joue un et en leur fournissant ainsi un canal d'information d'une d'information d'*Elektor* actuellement en ligne ... ... ...

## PROFIL D'EXPERT

*Elektor* est au cœur d'un réseau de plus de 1 000 experts et d'auteurs engagés dans la publication de livres, d'articles, de DVD, de webinaires et autres événements. Coup de projecteur !

Nom : **Bart Dierickx**

Âge : **57 ans**

Formation : maîtrise en sciences « génie électronique » et doctorat à l'université de Louvain, Belgique

Projet en cours : directeur technique de Caeleste, contributeur à de nombreux projets de développement de capteurs d'images allant « au-delà de l'état actuel de la technique », également organisateur de l'*Electroniad* 2016



### **Qui êtes-vous, Bart Dierickx ?**

J'ai commencé comme concepteur de CCD (charge coupled device) à l'Université catholique néerlandophone de Louvain puis exploré les capteurs d'images CMOS à l'IMEC. En 2006, j'ai créé Caeleste, une société désormais à la pointe de la technologie des capteurs d'images. Je suis un passionné de physique quantique en tant que science à la base de la détection d'images.

### **QU'EST-CE QUI vous a poussé à développer des produits électroniques ?**

Tout petit, j'étais fasciné par les avions, et plus tard par les expéditions spatiales. Je fais partie d'une génération qui a grandi avec la conviction que l'espace était à deux pas de chez nous. Puis je me suis rapidement aperçu que le domaine de l'électronique était la compétence clé qui me manquait.

### **Quel est le projet dont vous êtes le plus fier et pourquoi ?**

Mon équipe et moi-même avons fabriqué de nombreuses pièces uniques. Parfois, je me targue d'avoir conçu certaines puces toujours à la surface d'une planète ou d'une comète. Je suis aussi très fier d'avoir cofondé plusieurs entreprises solides et formé bon nombre d'excellents ingénieurs.

### **Qu'espérez-vous accomplir ces cinq prochaines années ?**

J'aimerais poursuivre le développement de la masse critique de Caeleste dans le vaste domaine de la détection d'images, tout en restant bien sûr en contact étroit avec les développements technologiques et conceptuels qui nous attendent, quoi qu'il arrive.

### **Pourquoi votre entreprise a-t-elle décidé d'organiser l'*Electroniad* ?**

Tout a commencé avec l'idée amusante de célébrer notre 10<sup>e</sup> anniversaire. En fait, nous avons d'abord appelé notre initiative « l'Olympiade de l'électronique ». Mais l'un de nos collaborateurs a eu l'excellente idée de demander l'autorisation au Comité international olympique d'utiliser le terme « Olympiade ». Sans surprise, la réponse a été un non ferme. Puis nous avons trouvé le nom d'*Electroniad*. Une deuxième bonne raison pour ce changement était le fait que dans la détection d'images, nous sommes à la croisée de presque tous les sous-domaines de l'immense discipline de l'électronique : analogique, mixte, numérique, opto-électronique, circuits imprimés, protocoles, physique des solides, fabrication des CMOS. Mais n'oublions pas une chose : de nous amuser. Pas besoin de suivre une formation pour ça.

### **Supposons qu'on vous donne 500 \$ pour faire vos achats dans la boutique d'*Elektor* : qu'achetez-vous et pourquoi ?**

Pour Caeleste, des livres et des tutoriels sur DVD sur la conception électronique, notamment ceux qui approfondissent notre compréhension du fonctionnement des circuits.

(160190 – version française : Émilie Hentges)

# hexadoku casse-tête pour elektorniciens

Souffrez-vous de TMS ? Les troubles musculo-squelettiques ont augmenté de 60% au cours des dix dernières années. Ils sont dus au stress, au travail statique ou bien encore aux gestes répétitifs. Remplir votre grille d'hexadoku participe dans une toute petite mesure à la prévention des TMS. C'est l'occasion de changer de posture, de remplacer le clavier par un crayon...

Une grille hexadoku est composée de chiffres du système hexadécimal, de 0 à F. Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de telle façon que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) n'apparaissent **qu'une seule et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (délimités par un filet gras).

Certains chiffres, déjà placés dans la grille, en définissent la situation de départ.

Pour participer, inutile de nous envoyer toute la grille, il suffit de nous donner **la série de chiffres** sur fond grisé.



**Participez et gagnez !** Nous tirons au sort **trois** des réponses internationales correctes reçues dans les délais ; leurs auteurs recevront chacun un bon d'achat Elektor d'une valeur de **50 €**. À vos crayons !

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avec vos coordonnées par courriel, avant le **25 novembre 2016** à l'adresse **hexadoku@elektor.fr**

## Les gagnants

La solution de la grille du numéro de septembre est **52C37**

Les trois bons Elektor d'une valeur de 50 € vont à :

Nicholas **Simon** (Belgique), Dan **Wiedenhöver** (Allemagne), Steffen **Zerlik** (Allemagne).

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

			4	8	5	2		F							
	5	1	C		8			9	B	E					
C			A	9	2	3	4	7	D						5
6	D				5	B	E				4				
E	3	A	D	F	2			9	5	7	1	6			
	D			B	1					3	2	C			
7	9		6				8	1	4						
	C		0		2	F									
	F		2		E	A									
B	5		3				6	8	C						
	1			E	D				A	C	3				
A	C	E	5	6	1		B	9	0	D	2				
D	7				A	9	C				8				
F			9	5	B	0	7	E	6			A			
	6	9	7		4			B	E	5					
		F	D	6	1		C								

2	D	E	7	3	6	5	F	9	A	C	8	4	B	1	0
F	3	1	8	4	D	E	9	0	B	6	2	C	5	7	A
9	4	C	A	0	7	8	B	5	3	D	1	2	6	E	F
0	B	5	6	A	C	1	2	E	F	4	7	9	3	D	8
1	E	F	C	B	2	6	8	A	4	9	3	D	7	0	5
A	5	B	D	9	E	C	0	6	2	7	F	8	4	3	1
3	0	4	9	D	A	7	1	8	5	E	C	B	2	F	6
6	7	8	2	5	3	F	4	1	D	B	0	A	9	C	E
C	8	3	5	6	F	4	D	2	E	1	9	0	A	B	7
7	6	A	E	1	0	9	3	4	8	F	B	5	C	2	D
4	F	0	B	8	5	2	C	3	7	A	D	1	E	6	9
D	2	9	1	E	B	A	7	C	6	0	5	F	8	4	3
B	9	2	3	7	1	0	E	D	C	5	A	6	F	8	4
5	C	D	0	F	8	3	6	7	9	2	4	E	1	A	B
8	A	6	F	C	4	D	5	B	1	3	E	7	0	9	2
E	1	7	4	2	9	B	A	F	0	8	6	3	D	5	C

Tout recours est exclu, de même que le sont, de ce jeu, les personnels d'Elektor International Media et leur famille. Un seul gagnant par foyer.

# FORUM LED EUROPE

LYON – FRANCE  
CITÉ CENTRE DES CONGRÈS

**GAGNEZ DU TEMPS !**

Recevez gratuitement votre badge  
d'accès en vous pré-enregistrant sur :

[www.forumled.com](http://www.forumled.com)

# EXPO & CONGRÈS

8ÈME ÉDITION  
8 & 9 DÉCEMBRE 2016

**N'IMAGINEZ PAS LE FUTUR  
VIVEZ LE !**

Contact / Informations  
Laurent Gitenet  
Tel : +33 (0)4 37 40 31 65  
Email : [info@forumled.com](mailto:info@forumled.com)

Organisé par



[www.forumled.com](http://www.forumled.com)



## Entrepreneurs, Startups, Makers !

Donnez vie à votre projet dès aujourd'hui avec ST

ST offre la plus large gamme de composants électroniques de pointe et un ensemble complet d'outils de développement pour faciliter la conception de vos solutions technologiques :

- Microcontrôleurs STM32 à très faible consommation et haute performance
- Solutions de sécurité embarquée STSAFE
- Capteurs de mouvement, environnementaux et de distance
- Solutions de connectivité à faible consommation incluant Bluetooth Low Energy & NFC
- Solutions de gestion et de récupération de l'énergie
- Composants analogiques et solutions audio

Platinum-Sponsor



Plus d'informations sur  
<http://smarter.st.com/grow-your-idea/>

