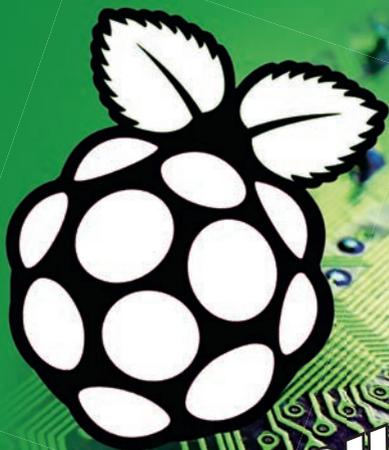


n°125 HIVER 2013

Nouvelle formule**3DRAG****de l'idée à l'objet****Un serveur WEB avec RASPBERRY PI**

- Transmission audio CPL
- Préamplificateur numérique
- Mini Bus pour la maison (suite)
- Chargeur Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ion, Li-Po, Li-Fe, Pb

N° 125 Décembre 2013

M 04662 - 125 - F: 7,50 € - RD



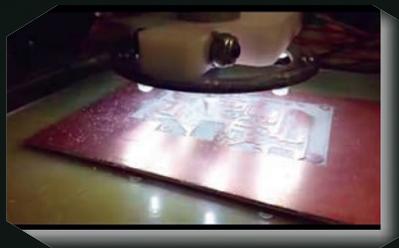
3DRAG

Une imprimante 3D

Cette imprimante 3D permet de créer des objets en plastique de formes diverses d'une taille maximum de 20 x 20 x 20 cm à l'aide de fil en ABS ou PLA de 3mm. L'impression est extrêmement rapide et précise, même à vitesse élevée. Destinée au grand public, elle a été conçue et fabriquée en profilés d'aluminium pour offrir maniabilité, légèreté et rigidité et supprimer les vibrations et résonances indésirables. Elle est compatible avec tous les logiciels et firmwares RepRap (disponible gratuitement). L'imprimante utilise les axes X et Y pour le plan d'impression et Z pour la tête d'extrusion. Cette configuration particulière permet de simplifier le système d'extrusion qui n'a plus à se déplacer sur un axe horizontal. Il est simplement fixé sur la structure qui se déplace dans l'axe Z. Les dimensions ont été étudiées pour rendre l'imprimante compacte avec un centre de gravité bas aligné sur les deux courroies. Le support d'impression est conçu pour accueillir une plaque de veronite qui offre une bonne adhérence au PLA avec une remarquable stabilité dimensionnelle.

CARACTÉRISTIQUES :

- Structure : Profilé en aluminium rigide et léger.
- Montage simplifié avec joints métalliques et inserts en polyoxyméthylène (usiné avec un pantographe cnc (delrin™))
- Plateau d'impression sur axes X / Y
- Extrudeuse (moteurs pas à pas) sur axe Z
- Taille d'impression maximum 20 x 20 x 20 cm
- Résolution X et Y : 0,015 mm - Z 0,39 micron
- Buse de 0,5 mm compatible PLA et ABS
- Vitesse d'impression typique 120 mm / sec
- Vitesse d'impression maximale : 150 à 300 mm / sec (en fonction de l'objet à imprimer)
- Dimensions plaque de support d'impression: 21,5 x 21,5 cm
- Largeur 60 cm • Profondeur : 43 cm • Hauteur : 59 cm • Poids : 8,7 kg
- Alimentation : 12V 3A max (fournie)



**Nouveau !
Réalisez vos
circuits imprimés
avec la 3DRAG**

Vidéo disponible sur :

www.3dprint.electroniquemagazine.com

**Lot de 5 feuilles
adhésives pour imprimante 3D**

Réf. A3D-FEUILLES3D 10,90 €



Tube de pate thermique - 5grammes

Réf. PASTADISSIP 3,40 €



Ensemble plateau pour imprimante 3D

Réf. A3D-33 12,90 €



Ruban KAPTON 8mm longueur 33m

Réf. A3D-KAPTON833 4,90 €



Plateau chauffant pour imprimante 3D

Réf. A3D-3DHEATERPLATE 28,90 €



Ruban KAPTON 55mm longueur 33m

Réf. A3D-KAPTON5533 17,96 €



Moteur pas à pas bipolaire NEMA 17 - 2.5A

Réf. A3D-STEPMOT 21,60 €



Extrudeur

à section chauffante pour le 3DRAG

Réf. A3D-31 55,80 €

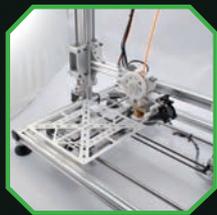


**Thermistance NTC 100K pour plateau chauffant
de la 3DRAG**

Réf. A3D-NTC100K 5,40 €



à la portée de tous



3DRAG
(en Kit) **689,00 €**

3DRAG
(Version montée) **879,00 €**

Carte contrôleur sans driver
pour la 3DRAG

Réf. 3DCONTROLLER **42,90 €**



Carte contrôleur complète
avec driver pour la 3DRAG

Réf. 3DCONTR-DRIVER **78,60 €**

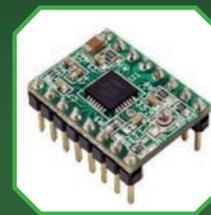


Bobines ABS

- 1kg- 3mm de diamètre - Noire **31,50 €**
- 1kg- 3mm de diamètre - Blanche **27,00 €**
- 2Kg- 3mm de diamètre : noire, jaune, verte **55,90 €**

Driver pour carte contrôleur
de la 3DRAG

Réf. 3DDRIVER **9,90 €**



Bobines de PLA

- 1KG - 3mm de diamètre : Naturelle, or, blanche, Noire **25,50 €**
- 1KG - 3mm de diamètre : Jaune, orange, rouge, rose, vert pomme, turquoise, bleue **27,00 €**
- 2.3KG - 3mm de diamètre : Noire, naturelle, jaune, orange, rouge, rose, vert pomme, turquoise, bleue **52,20 €**



Sommaire

ARTICLES

Hiver 2013
n° 125



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

www.electroniquemagazine.com
www.electronique-magazine.com

06 INFORMATIQUE **UN SEVEUR WEB AVEC LE RASPBERRY PI : TROISIÈME PARTIE**

Il est temps maintenant de faire le grand saut, en transformant le RaspberryPi en un système complet de gestion du port GPIO à distance (en réseau), face à des événements. En d'autres termes, nous allons contrôler notre LED via un réseau.



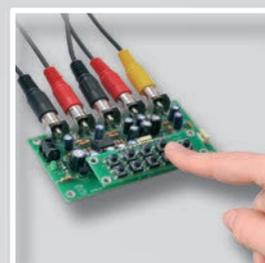
23 ALIMENTATION **CHARGEUR D'ACCUMULATEUR UNIVERSEL : PREMIÈRE PARTIE**

Ce chargeur d'accumulateur professionnel possède la particularité de charger/décharger tout type d'accumulateur : Ni-Cd (nickel-cadmium), Ni-MH (nickel-hydrure métallique), Li-Po (lithium-ion polymère), Li-Io (lithium-ion), Li-Fe (lithium fer phosphate) et Pb (plomb). Nous vous avons présenté par le passé des montages de chargeurs de batteries, mais aujourd'hui avec les nouvelles technologies disponibles sur le marché (notamment celles aux Lithium), nous avons réfléchi à un chargeur programmable compatible avec les batteries de dernières générations.



35 AUDIO **PRÉAMPLIFICATEUR STÉRÉO AVEC COMMANDE DE TONALITÉ NUMÉRIQUE**

Ce préamplificateur augmente suffisamment le niveau de sortie du signal BF des tuners, enregistreurs de cassette, lecteurs CD ou des lecteurs MP3 pour attaquer l'entrée d'un amplificateur de puissance stéréo. Il dispose d'un contrôle numérique avec des boutons, et non par potentiomètre, des graves et des aigus, ainsi que d'une sortie de basses dédiée à un subwoofer actif.



L'EDITO NOËL 2013

Chères lectrices, chers lecteurs,

La Rédaction d'Electronique et Loisirs Magazine vous souhaite une **Bonne et Heureuse Année 2014.**

Nous profitons de cette occasion pour vous faire part de l'immense succès des trois nouveaux sites internet que nous avons mis à votre disposition le trimestre dernier :

electroniquemagazine.com,
3dprint.electroniquemagazine.com,
raspberrypi.electroniquemagazine.com.

Nous remercions tous nos internautes et lecteurs pour leur soutien. D'autre part en cette nouvelle année nous continuerons à développer des projets pour l'imprimante 3DRAG et nous avons pensé entre autre, pour nos fidèles lecteurs qui souhaitent réaliser leurs projets, à transformer notre imprimante 3D en graveuse de circuits imprimés (voir la vidéo sur notre site). Nous vous proposerons aussi des nombreux autres accessoires pour l'imprimante et le RaspberryPi, ainsi que des montages high-tech et des nouveaux cours.

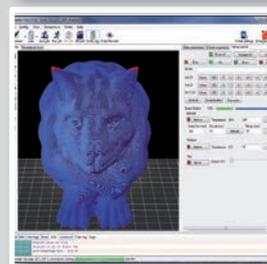
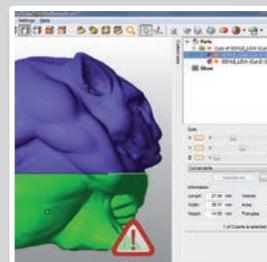
La Rédaction



44 IMPRIMANTE 3D

3DRAG DE L'IDÉE À L'OBJET TROISIÈME PARTIE

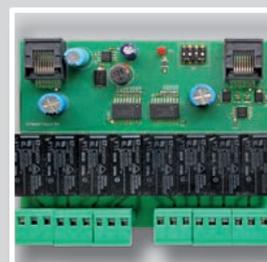
Dans le précédent numéro d'Électronique et Loisirs Magazine, le numéro 124, nous avons décrit le montage de l'imprimante 3DRAG dont vous pouvez retrouver l'intégralité sur notre site www.3dprint.electroniquemagazine.com avec plus de 470 images en haute qualité pour les versions 1.0 et 1.1 de la 3DRAG. Dans ce troisième épisode de notre série d'articles sur les imprimantes 3D, nous allons nous concentrer sur le processus qui permet de passer de l'idée à un objet fini, en analysant chaque étape pour adapter les dernières solutions et les technologies de pointe.



67 DOMOTIQUE

MINI BUS, UN BUS POUR L'AUTOMATISATION : DEUXIÈME PARTIE

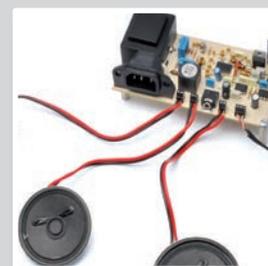
Nous continuons dans cette deuxième partie la présentation du MINI BUS, un système domotique flexible, avec la description du module d'extension et des modules périphériques spécialisés reliés à un module central via le protocole I2C. Le système possède en outre une amplification du signal I2C afin de couvrir de longues distances.

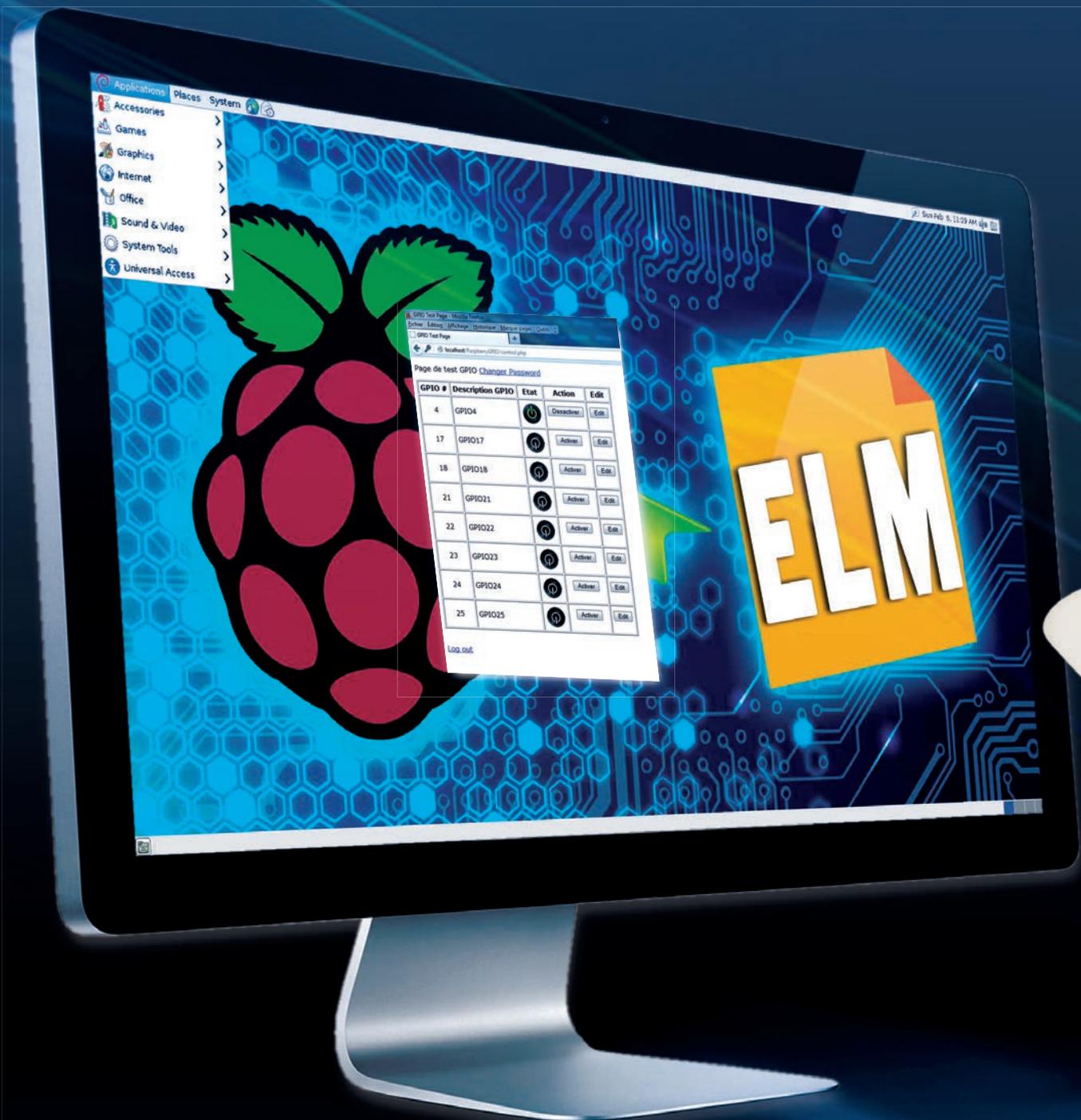


81 MAISON

TRANSMETTEUR AUDIO PAR COURANT PORTEUR

Lorsque vous voulez construire un réseau local, le problème est le câblage de l'installation, il existe une autre solution au réseau sans fil, une technique appelée Power Line Communication (PLC). Cet appareil permet de transmettre un signal audio en utilisant la ligne secteur 220 VAC de sorte qu'il soit disponible partout dans la maison sans avoir à tirer des câbles ou acheter des émetteurs/récepteurs radio.





Dans le numéro **124 d'Electronique et Loisirs Magazine**, nous avons brièvement décrit la signification des paquets de **Linux** et leurs méthodes de gestion. Dans cet article que nous pouvons considérer comme un **didacticiel**, nous allons travailler sur l'installation technique et la gestion des paquets. **Dès le premier article (n° 123)**, nous vous avons promis de construire avec vous une architecture qui puisse profiter d'un grand nombre de possibilités disponibles dans le monde des systèmes embarqués, en

utilisant comme fil conducteur la gestion d'une LED. Nous avons étudié la possibilité d'interfacer le **port GPIO** à l'aide d'une ligne de commande d'un petit programme en langage **Python**.

Il est maintenant temps d'aller de l'avant et d'étendre cette architecture pour **gérer notre LED via le Web**, en utilisant un **navigateur** comme sur n'importe quel PC en réseau. Grâce à cette approche progressive, nous construisons un modèle ou un exemple de projet, qui contient tous les éléments

nécessaires pour atteindre les objectifs initialement prévus et peut être étendu afin de s'adapter à un large éventail des besoins du monde réel des systèmes embarqués.

Nous avons souligné à plusieurs reprises, mais nous tenons à le répéter que **tout ce que nous expérimentons et réalisons s'applique non seulement au RaspberryPi, mais peut être utilisé sur différentes plateformes embarquées fonctionnant sous Linux, et dans certains cas**

RASPBERRYPI - 3

Un serveur de base de données et un serveur web avec RaspberryPi

..... de Marco Magagnin

Il est temps maintenant de faire le grand saut, en transformant le RaspberryPi en un système complet de gestion du port GPIO à distance (en réseau), face à des événements. En d'autres termes, nous allons contrôler notre LED via un réseau.



même sous Windows, nous le verrons dans un prochain numéro.

Dans le style de **Linux**, nous allons faire l'inventaire de ce dont nous avons besoin pour réaliser notre idée. Dans un projet **Linux** embarqué c'est la partie la plus difficile et c'est à ce stade que s'exprime l'expérience des concepteurs **Linux**. Dans cette phase, vous devrez **connaître les packages Linux** qui offrent certaines caractéristiques, leurs dépendances et leur compatibilité avec d'autres packages que

vous aimeriez inclure dans votre architecture. Pour ce projet, nous avons fait un choix entre plusieurs possibilités en tenant compte de la finalité de l'enseignement de ces articles et en donnant la priorité à l'aspect didactique par rapport à la performance. Nous allons y consacrer quelques lignes plus tard.

Revenons maintenant à notre liste, en passant à l'analyse du problème. C'est la voie qui, à partir de la fonctionnalité que vous voulez atteindre, va anticiper

les problèmes à résoudre, trouver des solutions à toutes les circonstances qui peuvent survenir et, enfin, établir le concept final qui devra être construit.

Au lieu d'un ensemble de schémas, nous vous proposons une approche simple, un peu comme dans les réunions préliminaires d'un projet définies par le terme « brainstorming » (ou remue-méninges, c'est une technique de résolution créative de problèmes sous la direction d'un animateur).

Tout d'abord, puisque nous voulons gérer la LED via le web, nous avons besoin d'un **serveur web** et d'une **application qui reste constamment en cours d'exécution sur le système, en attendant les requêtes provenant de l'extérieur** et qui soit capable de **répondre avec des pages web**. Ces requêtes peuvent contenir des demandes d'actions que notre serveur Web doit être capable de comprendre et d'exécuter directement ou d'exécuter la tâche par l'intermédiaire d'une autre application.

Pour le serveur web nous avons choisi **Apache 2**, un serveur Web utilisé par de nombreuses entreprises professionnelles pour de grands sites, apprendre à le connaître ne sera pas une perte de temps.

Mais fonctionne-t-il sur **RaspberryPi** ? La réponse est oui. Une fois que vous avez choisi votre serveur web, il faut quelque chose qui vous permette d'écrire et de gérer des pages Web d'une manière qui, non seulement interprète une structure de pages HTML graphiques, mais qui donne aussi la possibilité de comprendre et de traiter les demandes provenant de requêtes. Il s'agit donc de quelque chose de programmable, ou d'un langage de programmation adapté pour être intégré dans une structure de pages Web.

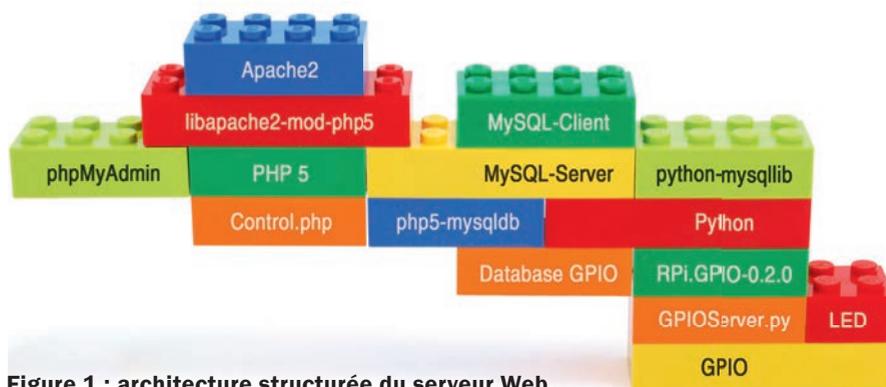


Figure 1 : architecture structurée du serveur Web.

Nous avons choisi le **PHP**, qui est un **langage de script particulièrement adapté pour le développement de pages web professionnelles** et peut être intégré facilement dans le **code HTML**. Le sens originel de **PHP** est « **Page Personnelle d'Accueil** », puis transformé en « **Hypertext Preprocessor** ». Le **PHP** est un langage de script interprété ne nécessitant **pas de compilation**. Il est principalement utilisé pour le développement d'applications Web côté serveur, mais peut aussi être utilisé pour **écrire des scripts en ligne de commande** ou des **applications autonomes avec une interface utilisateur graphique**.

Le but de ce langage est de permettre aux développeurs d'écrire des pages

web dynamiques rapidement, il est utilisé par les géants du web comme **Facebook**. **PHP** fonctionne-t-il également sur le **RaspberryPi** ? Oui, est-ce difficile à apprendre ? Selon nous, moins qu'il n'y paraît, mais cela dépend toujours des capacités de chacun. Nous vous proposerons des exemples que vous pourrez adapter selon vos besoins pour ajouter ou modifier des fonctionnalités.

Maintenant, vous devez penser aux fonctionnalités que vous voulez mettre en œuvre, et savoir si vous allez rencontrer un problème. Supposons que vous avez déjà tout réalisé pour pouvoir gérer la LED à l'aide d'un bouton sur une page Web. Appelez la page à l'aide du navigateur et appuyez sur le bouton approprié, la LED s'allume et reste dans cet état jusqu'à ce que vous décidiez de la désactiver.

Est-ce que c'est bien ? Malheureusement pas, ou plutôt, ça dépend. Tant que le **RaspberryPi est en marche, le voyant reste allumé**, mais si pour une raison quelconque, la carte s'éteint ou redémarre, le **voyant s'éteint**. Nous avons vu que les pins (broches) du **port GPIO**, au démarrage du **RaspberryPi**, sont initialisées comme « **sortie** » (« **OUT** »), avec un niveau logique à **0** (« **LOW** »), ce qui laissera la LED éteinte. Le problème qui se présente est que nous sommes toujours convaincus que nous n'avons pas eu l'information que la carte a été redémarrée.

Pour la maintenir allumée, nous devrions utiliser la commande à plusieurs reprises sur la page Web, méthode peu convaincante ... il faut trouver une autre solution. Dans un microcontrôleur nous aurions écrit la valeur de l'état de la LED dans la mémoire **EEPROM**.

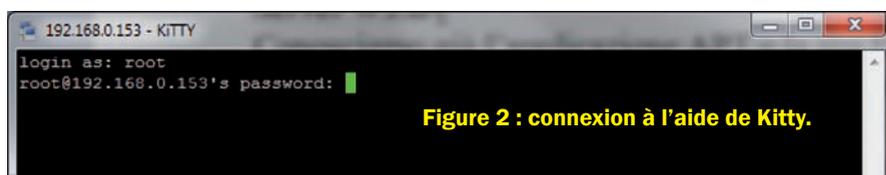


Figure 2 : connexion à l'aide de Kitty.

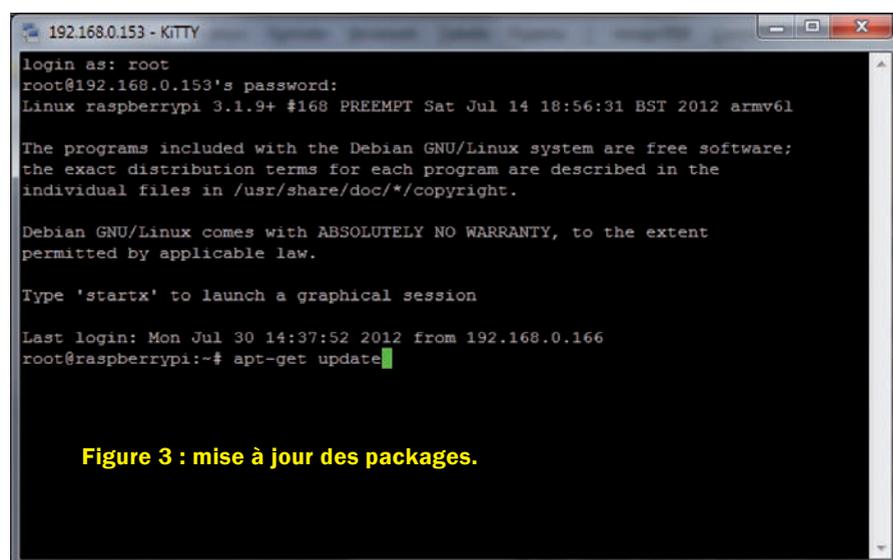


Figure 3 : mise à jour des packages.

En cas de **réinitialisation**, le programme aurait été **lire la valeur dans l'EEPROM** pour la **restaurer** à la **condition antérieure** à la **remise à zéro**.

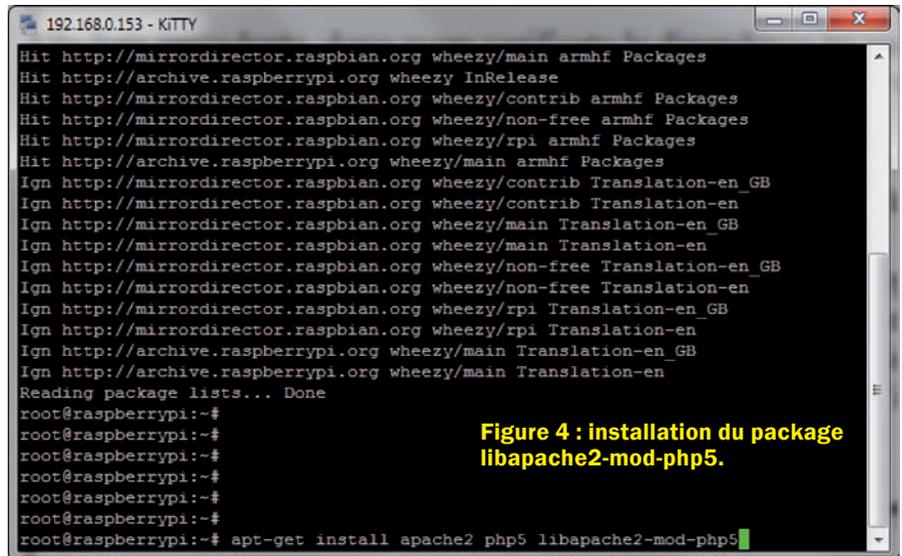
Dans un système embarqué, en général **il n'y a pas de mémoire EEPROM**, à la place, on **utilise un ou plusieurs fichiers** - par exemple, un pour chaque broches I/O (entrées/sorties). **Ces fichiers sont écrits, à chaque fois, à partir d'une page Web et, à l'aide d'une commande de lecture du fichier, on restaure la condition initiale en cas de redémarrage du système.** Le problème avec les fichiers est **l'impossibilité d'avoir un accès multiple pour l'écriture.**

Si deux utilisateurs, chacun à partir de la commande d'une page, **voulaient changer en même temps le statut de la LED**, un deux **génèrerait une erreur**. Nous avons besoin d'une solution plus robuste et dans des cas comme ceux-ci, **la solution est l'utilisation d'une base de données**. Nous allons donc utiliser une base de données. Nous allons choisir une base de données professionnelle qui est en fait la norme, c'est **MySQL (Structured Query Language = langage de requêtes)** une **base de données relationnelle** sous **Linux**, utilisée par les grandes entreprises. Elle dispose de riches fonctionnalités et est dotée de performances exceptionnelles.

Fonctionne-t-elle sur le **RaspberryPi** ? La réponse est **oui**. Est-elle compatible avec le **serveur Web Apache 2** ? **Oui**. Et avec le langage **PHP** ? Également **oui**, mais avec une extension de la bibliothèque appropriée, rappelons-le !

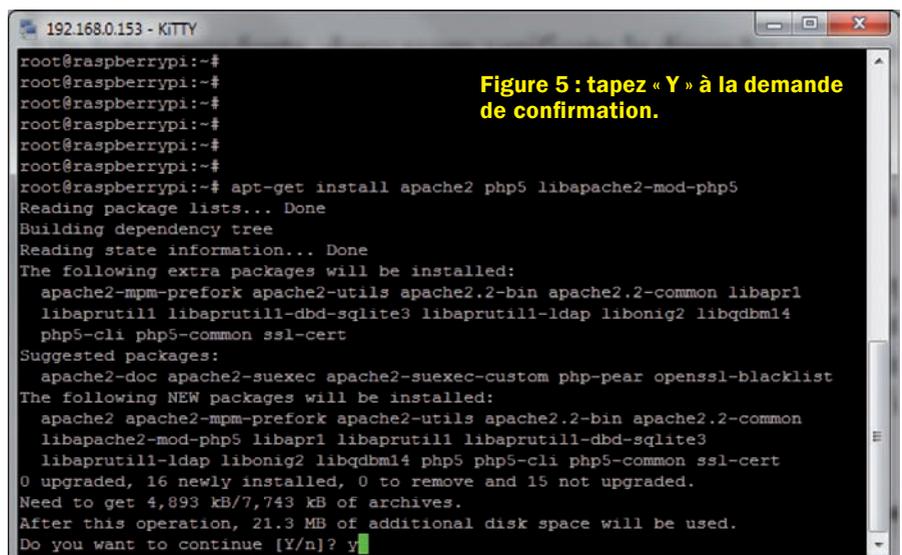
Est-elle difficile à utiliser ? Cette fois-ci ça dépend, à notre avis moins que ce qu'il n'y paraît, mais vous devrez apprendre une étape à la fois, avec des exemples déjà préétablis. Ceux qui utilisent **Access** de **Microsoft** seront déjà habitués. Maintenant, nous devons imaginer que le programme devra **commencer au redémarrage pour restaurer l'état initial de la broche avant la coupure.**

Dans notre cas, puisque nous voulons réaliser un projet qui soit un modèle pour de futures applications réelles, nous allons adopter une solution plus sophistiquée, qui est un véritable programme



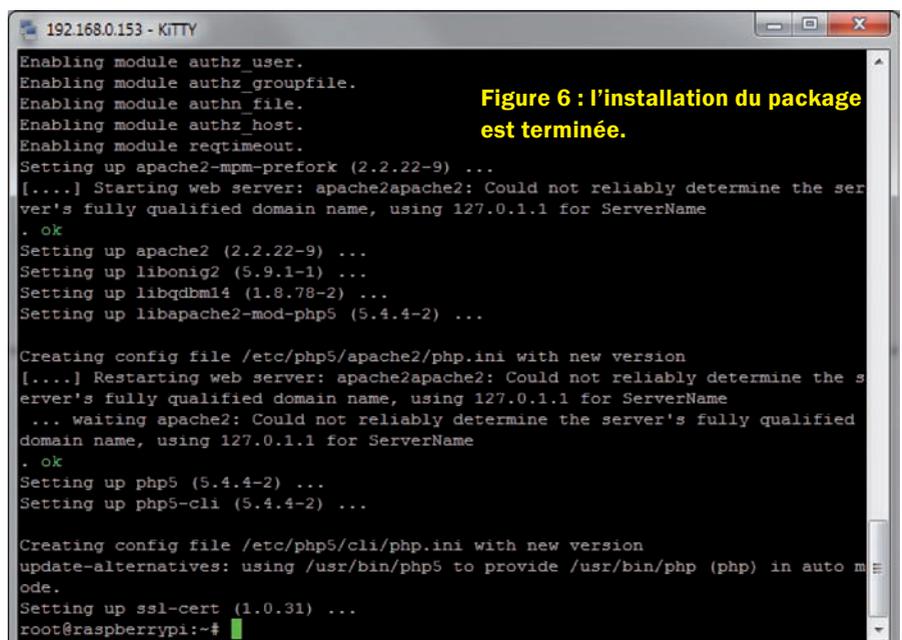
```
192.168.0.153 - KITTY
Hit http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/main armhf Packages
Hit http://archive.raspberrypi.org wheezy InRelease
Hit http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/contrib armhf Packages
Hit http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/non-free armhf Packages
Hit http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/rpi armhf Packages
Hit http://archive.raspberrypi.org wheezy/main armhf Packages
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/contrib Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/contrib Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/main Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/main Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/non-free Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/non-free Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org wheezy/rpi Translation-en_GB
Ign http://archive.raspberrypi.org wheezy/main Translation-en_GB
Ign http://archive.raspberrypi.org wheezy/main Translation-en
Reading package lists... Done
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~# apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5
```

Figure 4 : installation du package libapache2-mod-php5.



```
192.168.0.153 - KITTY
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~#
root@raspberrypi:~# apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following extra packages will be installed:
 apache2-mpm-prefork apache2-utils apache2.2-bin apache2.2-common libapr1
 libaprutil1 libaprutil1-dbd-sqlite3 libaprutil1-ldap libonig2 libqdbm14
 php5-cli php5-common ssl-cert
Suggested packages:
 apache2-doc apache2-suexec apache2-suexec-custom php-pear openssl-blacklist
The following NEW packages will be installed:
 apache2 apache2-mpm-prefork apache2-utils apache2.2-bin apache2.2-common
 libapache2-mod-php5 libapr1 libaprutil1 libaprutil1-dbd-sqlite3
 libaprutil1-ldap libonig2 libqdbm14 php5 php5-cli php5-common ssl-cert
0 upgraded, 16 newly installed, 0 to remove and 15 not upgraded.
Need to get 4,893 kB/7,743 kB of archives.
After this operation, 21.3 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue [Y/n]? y
```

Figure 5 : tapez « Y » à la demande de confirmation.



```
192.168.0.153 - KITTY
Enabling module authz_user.
Enabling module authz_groupfile.
Enabling module authn_file.
Enabling module authz_host.
Enabling module reqtimeout.
Setting up apache2-mpm-prefork (2.2.22-9) ...
[...] Starting web server: apache2apache2: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using 127.0.1.1 for ServerName
. ok
Setting up apache2 (2.2.22-9) ...
Setting up libonig2 (5.9.1-1) ...
Setting up libqdbm14 (1.8.78-2) ...
Setting up libapache2-mod-php5 (5.4.4-2) ...

Creating config file /etc/php5/apache2/php.ini with new version
[...] Restarting web server: apache2apache2: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using 127.0.1.1 for ServerName
... waiting apache2: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using 127.0.1.1 for ServerName
. ok
Setting up php5 (5.4.4-2) ...
Setting up php5-cli (5.4.4-2) ...

Creating config file /etc/php5/cli/php.ini with new version
update-alternatives: using /usr/bin/php5 to provide /usr/bin/php (php) in auto mode.
Setting up ssl-cert (1.0.31) ...
root@raspberrypi:~#
```

Figure 6 : l'installation du package est terminée.

fonctionnant continuellement pour **adapter les requêtes Web à la gestion physique du port GPIO**.

Cette solution pénalise un peu les performances, mais offre plusieurs avantages : elle permet de **centraliser la gestion du port GPIO**, comprenant également le traitement des fonctions liées à des événements (interruptions), comme appuyer sur un bouton pour activer une séquence « style feux de circulation » à LED. Cet événement ne pourrait pas être intercepté par une structure basée uniquement sur le web.

La centralisation de la fonction dans un programme s'exécutant en permanence, permet de déclencher l'événement à la fois par le bouton physique et du web.

Cette solution permet de gérer les formulaires web, les bases de données et les programmes de gestion en construisant une architecture évolutive. L'architecture évolutive signifie que quand un matériel n'est plus en mesure de supporter la charge d'une application,

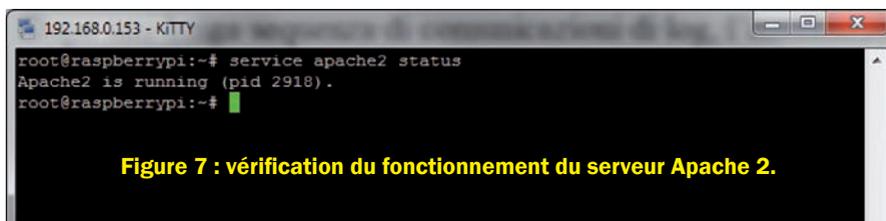


Figure 7 : vérification du fonctionnement du serveur Apache 2.

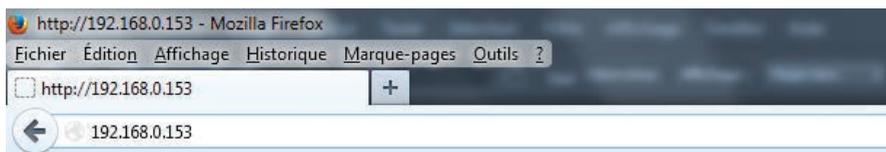


Figure 8 : page de test du serveur.

It Works !

This is the default web page on this server

The web server software is running but no content has been added, yet.

les modules qui constituent la même architecture peuvent être déployés sur un matériel dédié, agissant uniquement sur les paramètres de configuration. Par exemple, dans notre projet, nous pourrions déplacer la base de données sur un autre ordinateur, en laissant le serveur web et la gestion du programme gérant

le **port GPIO** au **RaspberryPi** et tout fonctionnerait normalement, comme nous allons le démontrer dans la pratique.

Magie ? Non, juste une combinaison du monde embarqué de **Linux** et de bonnes pratiques de conception.

Bases de données relationnelles

L'histoire des bases de données débute dans les années 60, avec la recherche d'un modèle de représentation des données qui soit autant que possible standard et indépendant des langages de programmation. En fait, on assiste à une prolifération de produits propriétaires et hétérogènes. A la fin des années 60, il y eut une tentative pour normaliser, grâce au consortium **CODASYL** (organisme Américain de codification des systèmes de bases de données), qui à plusieurs reprises a proposé un modèle de représentation des données pour rejoindre certains constructeurs. **Edgar F Codd** travaillait au siège d'**IBM** (en Californie) en tant que chercheur sur la technologie émergente des disques durs, lorsqu'il a observé l'inefficacité de l'approche du **CODASYL** avec le nouveau mode de stockage des données, principalement due à l'absence de fonctions de recherches efficaces et rapides. En 1970, il a commencé à produire divers documents afin de schématiser une nouvelle approche de la construction des bases de données, aboutissant à un « **modèle relationnel des bases de données partagées** » (pour de grandes banques de données communes).

Dans ces documents, **Codd** a décrit un nouveau système pour stocker et éditer des grandes quantités de données. Au lieu d'utiliser les « lignes » (« **record** », en informatique) reliées entre elles par un certain type de structure en arborescence, comme dans le cas du **CODASYL**, il a pensé à utiliser une « **table** » de lignes de longueur fixe. Cette méthode aurait été très inefficace pour l'archivage de données « éparpillées », où le tableau aurait contenu différentes « cellules » vides. Cette erreur a été corrigée en divisant les données en plusieurs tables, où les éléments facultatifs ont été déplacés, plutôt que de perdre de l'espace dans la table principale.

À ce jour, les bases de données relationnelles sont le type de base de données les plus utilisées. Les raisons de ce succès sont dues à deux facteurs :

- Fournir des systèmes simples et efficaces pour représenter et manipuler des données.
- Ces bases sont fondées sur un modèle relationnel en théorie solide.

La structure du modèle relationnel est précisément la « **relation** », à savoir **un tableau à deux dimensions constitué de lignes et de colonnes**. La relation représente les entités qui sont censées être intéressantes dans la base de données.

Chaque instance d'entité trouvera sa place dans une composante de la relation, et les attributs de la relation représentent les propriétés de l'entité.

Par exemple, si la base de données représente des personnes, vous pouvez définir une relation appelée « **Personne** », dont les attributs décrivent les **caractéristiques des personnes**. Chaque composante de la relation « **Personne** », représente une personne en particulier. Une représentation de la définition de cette relation pourrait être la suivante : **Personnes (nom, date de naissance, sexe, état civil)**. Les composantes dans une relation est un ensemble au sens mathématique du terme, c'est-à-dire une collection de différents éléments non ordonnés. Pour distinguer l'une de l'autre composante, on utilise le concept de « **clé primaire** », c'est un ensemble d'attributs qui vous permettent **d'identifier de façon unique** une composante dans une relation. Bien sûr, dans une relation il peut y avoir des combinaisons d'attributs qui vous permettent d'identifier de façon unique une composante, mais parmi les attributs, un seul d'entre eux a été choisi pour être utilisé comme « **clé primaire** ». Les **attributs de la clé primaire ne peuvent pas prendre la valeur nulle** (ce qui signifie que la valeur n'est pas déterminée), car ils ne permettent pas d'identifier une composante en particulier dans une relation. Cette propriété entre les relations et leurs clés primaires prend le nom « **d'intégrité des entités** ».

Souvent, pour obtenir une clé primaire « économique », c'est à dire qui ne se compose que de quelques attributs facilement manipulables, nous introduisons un ou plusieurs attributs fictifs, qui contiendront les identifiants uniques pour chaque composante de la relation, généralement c'est un champ d'incrémentement automatique.

Chaque attribut d'une relation est caractérisé par un nom et un domaine. Le domaine indique les valeurs qui peuvent être prises à partir d'une colonne de la relation. Souvent, un domaine est défini par la déclaration d'un type de l'attribut (par exemple, en disant que c'est une chaîne de dix caractères), mais vous pouvez également définir des domaines plus complexes et précis.

Par exemple, pour l'attribut « sexe » de notre relation « Personne », nous pouvons définir un domaine pour lequel les seules valeurs valides sont « M » et « F », ou pour l'attribut « date_naissance » nous pourrions définir un domaine pour lesquelles les seules dates après le 1er Janvier 1960 sont considérées comme valides, si dans notre base de données il n'est pas prévu qu'il y ait des personnes dont la date de naissance soit antérieure.

Le **SGBD (Système de Gestion de Base de Données)** vérifie que, dans les attributs, des relations sont insérés seulement si les valeurs sont autorisées par leurs domaines. Une caractéristique fondamentale des domaines dans une base de données relationnelle, c'est qu'ils sont « atomiques », c'est à dire que les valeurs dans les colonnes ne peuvent pas être séparées dans des domaines simples de valeurs. Plus formellement, **vous ne pouvez pas avoir des attributs à valeurs multiples**.

Par exemple, si une caractéristique des personnes dans notre base de données était aussi d'avoir un ou plusieurs enfants, il ne serait pas possible d'écrire la relation de personnes de la façon suivante : Personnes (nom, date_naissance, sexe, état_civil, enfants), car il ne serait pas possible de déterminer a priori le nombre de « champs » réservés aux enfants, en plus de perdre la caractéristique de l'atomicité des attributs. Dans la pratique, les tableaux ne sont pas autorisés dans les composantes.

Tableau 1 :

Prénom	Nom	Date_naissance	Sexe	Etat_civil
Jean	Doz	03/06/1973	M	Célibataire
Quentin	Durward	29/12/1974	M	Concubinage
Marie Claire	Mimine	12/08/1967	F	Mariée

Chaque relation trouve une **correspondance physique** dans une « **table** » d'une base de données, à laquelle peut être associée tout une série d'éléments, tels que les index de recherche, les liens entre les tables, des clés, tout ceci afin d'optimiser l'intégrité et l'efficacité de l'accès aux données. Par intégrité, nous entendons la capacité de la base de données à contenir uniquement des données formellement correctes et cohérentes avec toutes les autres données des différentes tables. L'ensemble des tableaux, des éléments, des privilèges d'accès aux utilisateurs et maintenant même les modules de gestion des données portent le nom de « **Base de Données** ».

Pour la création, la gestion, l'accès et en général l'utilisation des bases de données relationnelles, on utilise couramment le **langage SQL (Structured Query Language)** qui est un langage de script à partir d'un terminal, intégré dans presque tous les langages de programmation et qui permet l'indépendance des structures de données des langages de programmation.

Installons les packages choisis

Serveur Web : nous savons déjà que l'application **APT** et ses fonctionnalités **apt-get**, est ce que nous allons utiliser pour l'installation de notre architecture applicative. À la liste précédente, après avoir vérifié les dépendances entre les packages, nous devons ajouter quelques packages de connexion. Le premier **crée une relation entre le serveur Web Apache 2 et le langage interprété PHP5**, appelé **libapache2-mod-php5**.

Pour utiliser la base de données **MySQL** avec le langage **PHP**, nous avons besoin d'un second package, **php5-mysql**, qui fournit un **module pour les connexions de la base de données MySQL directement à partir des scripts PHP**.

À la fin de la longue introduction et des spécifications supplémentaires décrites ci-dessus, nous allons mettre en place une architecture structurée comme celle visible sur la figure 1, en utilisant la « métaphore des briques ».

Démarrez le **RaspberryPi** comme d'habitude, en le connectant à distance à l'aide de **Kitty**. Au « **login** » entrez en tant qu'utilisateur « **root** » avec le mot de passe approprié, puis commencez à installer tous les paquets que nous avons énumérés, avec seulement trois lignes de commande que nous décrivons ci-dessous.

Regardons d'abord la commande pour actualiser la liste des packages (voir les figure 2 et 3) :

apt-get update

Puis, avec une seule commande, **installez le serveur Web avec le langage PHP5**, pour cela vous avez besoin du package adéquate pour les connexions avec la base de données (la figure 4) :

apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5

Tapez « **Y** » à la demande de confirmation de la quantité d'espace qui sera utilisée (voir la figure 5). Après une longue séquence de communications, l'installation se termine.

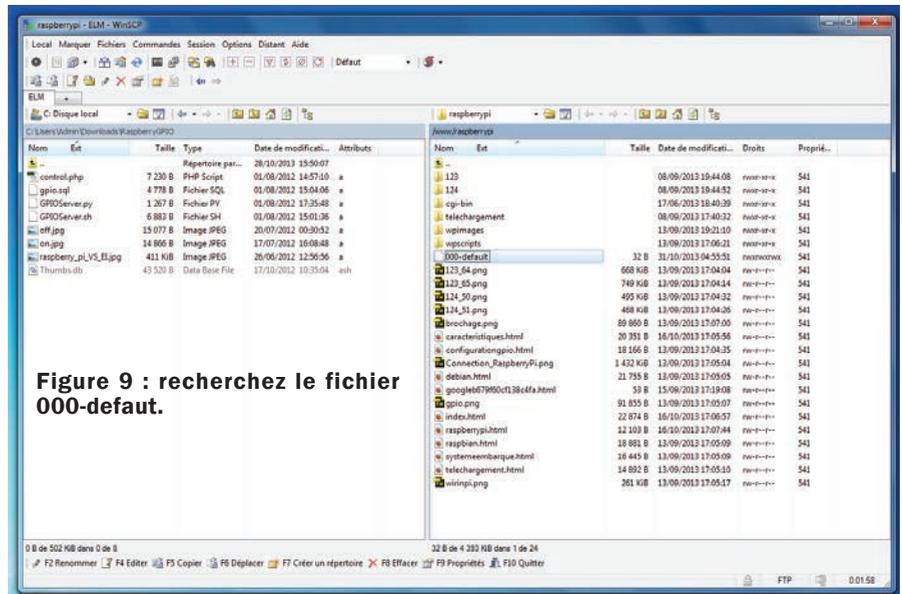


Figure 9 : recherchez le fichier 000-default.

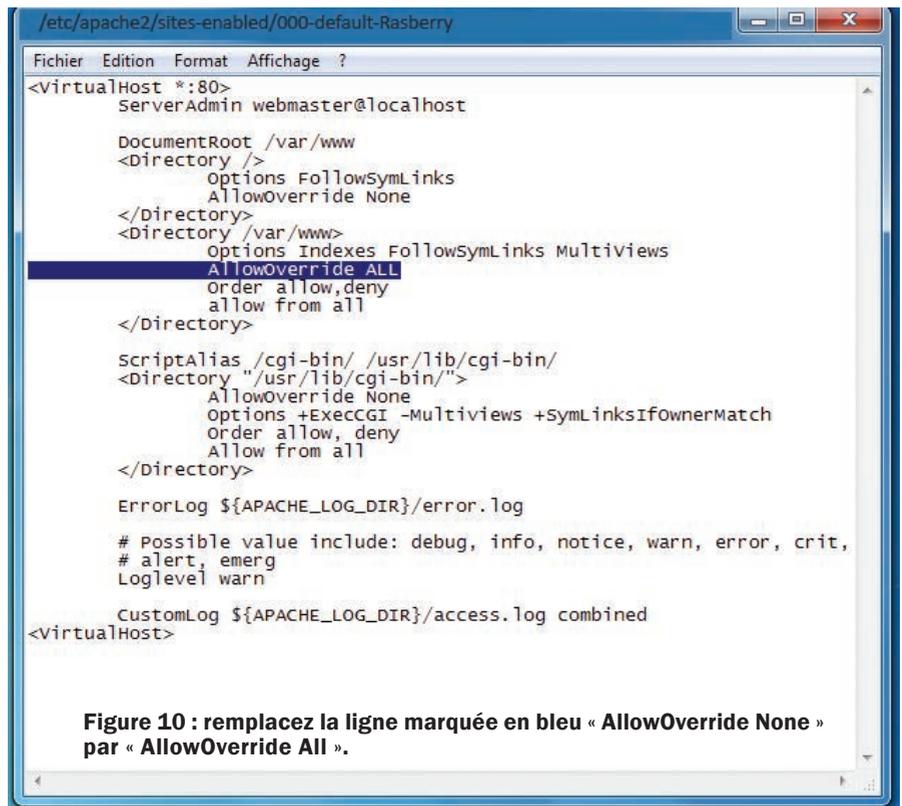


Figure 10 : remplacez la ligne marquée en bleu « AllowOverride None » par « AllowOverride All ».

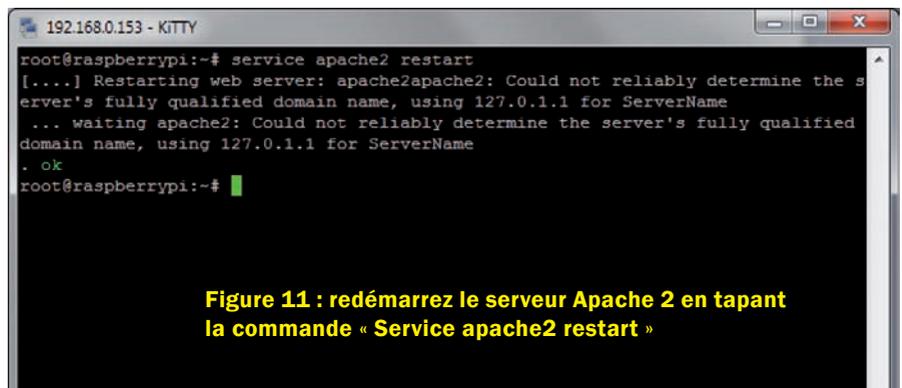


Figure 11 : redémarrez le serveur Apache 2 en tapant la commande « Service apache2 restart »

moment à la demande du mot de passe administrateur pour l'installation de l'environnement de la base de données (voir la figure 14).

Tapez le mot de passe, sélectionnez « **OK** » avec la touche « **Tab** » et appuyez sur « **Entrée** ». Vous devez confirmer le mot de passe, saisissez à nouveau les données, allez sur « **OK** » et appuyez sur « **Entrée** » (voir la figure 15). Une fois l'installation terminée, vous pouvez vérifier le bon déroulement avec la commande (voir la figure 16) :

service mysql status

Si vous obtenez une page comme celle de la figure 16, cela signifie que le serveur de base de données est fonctionnel et que, étape par étape, vous transformerez le **RaspberryPi** en un vrai serveur web, également connu sous le nom de **LAMP** qui sont les initiales de **Linux, Apache, MySQL et PHP**.

Les rôles de ces quatre composants sont les suivants :

Linux assure l'attribution des ressources aux autres composants (c'est rôle du **Système d'exploitation** dit **OS** (operating system) ; **Apache** est le **serveur web « frontal »**, il est « devant » tous les autres et **répond directement aux requêtes du client web** (navigateur) ; **MySQL** est un système de **gestion de bases de données** (SGBD), il permet de stocker et d'organiser des données ; le langage de **script PHP** permet la **génération de pages web dynamiques et la communication avec le serveur MySQL**.

D'autres variantes existent sous **Windows** et **MAC** : **WAMP** pour **Windows Apache MySQL PHP**, et **MAMP** pour **Macintosh Apache MySQL PHP**.

Pour administrer, gérer et, dans notre cas, apprendre à connaître le monde des bases de données avec une interface graphique, nous ajoutons à notre liste l'ensemble **phpMyAdmin**, un **add-on** (paquet qui complète un logiciel hôte pour lui apporter de nouvelles fonctionnalités) en **PHP**, écrit spécifiquement pour faciliter l'administration et la gestion de la base de données **MySQL**.



Figure 16 : vérification de l'installation à l'aide de la commande « **service mysql status** » .

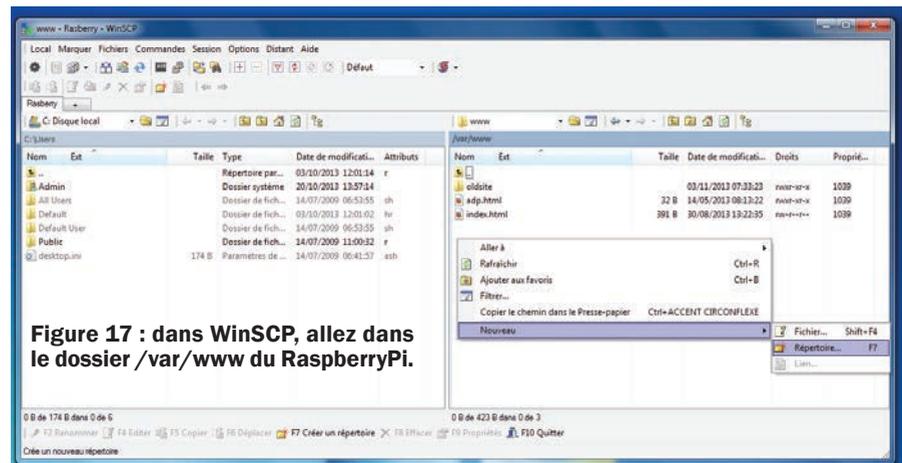


Figure 17 : dans WinSCP, allez dans le dossier **/var/www** du **RaspberryPi**.

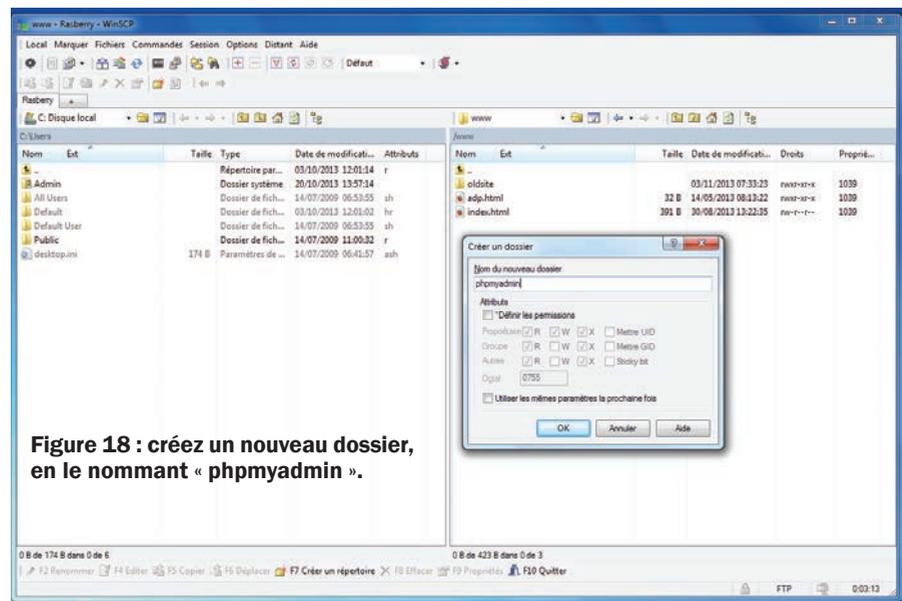


Figure 18 : créez un nouveau dossier, en le nommant « **phpmyadmin** ».

L'installation est très simple, vous téléchargez le paquet (package) en l'enregistrant par exemple sur le bureau de Windows, à partir de l'adresse suivante : http://www.phpmyadmin.net/home_page/downloads.php. Dans **WinSCP**, vous allez dans le dossier **/var/www** du **RaspberryPi** (voir la figure 17), ensuite vous

créez un nouveau dossier, en le nommant « **phpmyadmin** » et en veillant à écrire le nom du dossier en minuscules (voir les figures 18 et 19).

Maintenant décompressez sur votre ordinateur le fichier « **phpMyAdmin-4.0.8-all-languages** » que vous venez de télécharger, sélectionnez tout le

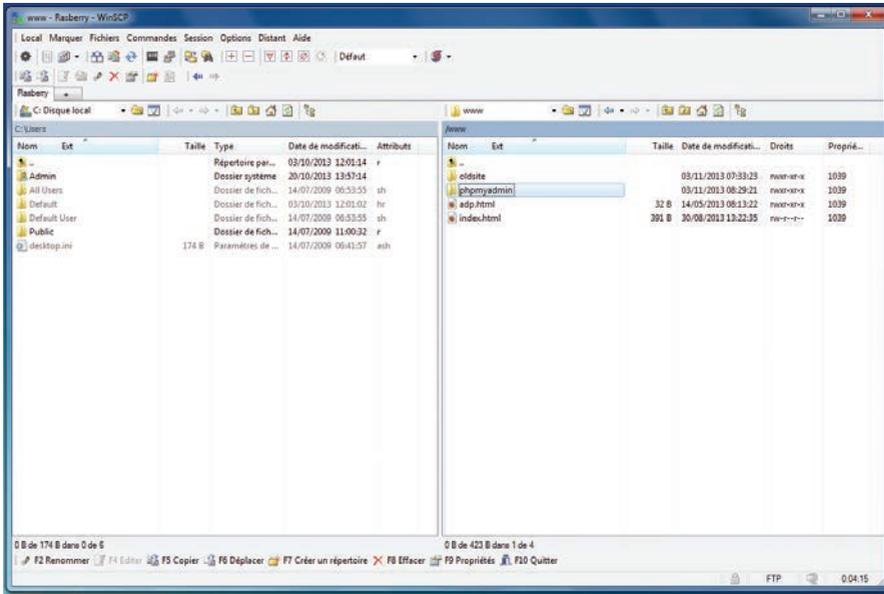


Figure 19 : le dossier « phpmyadmin » apparaît dans le répertoire du RaspberryPi.

Figure 20 : copie du dossier « phpMyAdmin-4.0.8-all-languages » vers le répertoire du RaspberryPi.

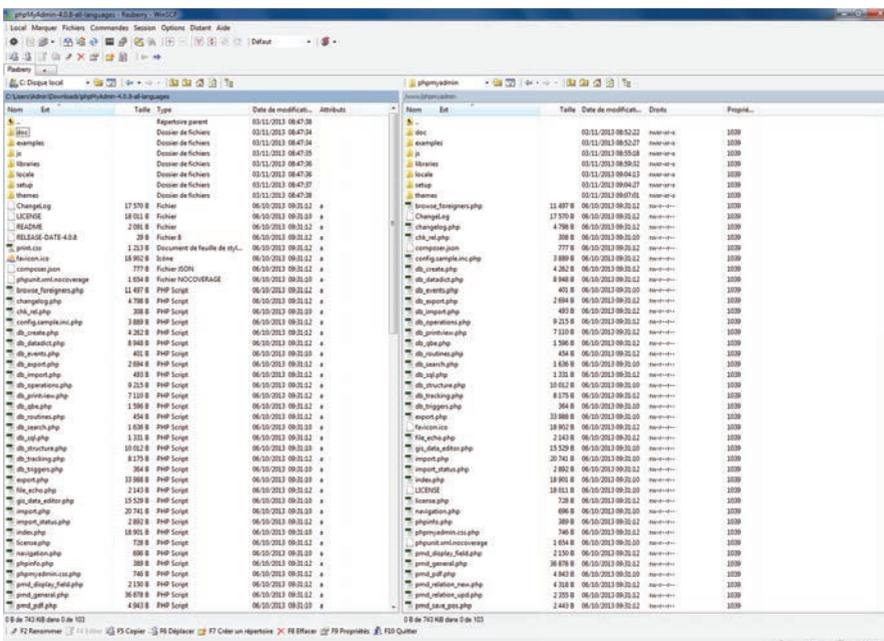
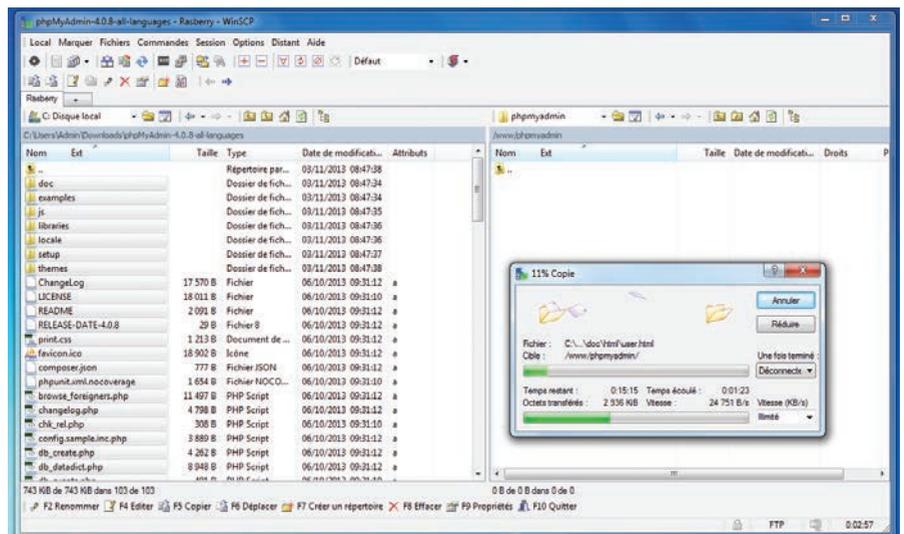


Figure 21 : Tous les dossiers et fichiers ont été copiés vers le répertoire du RaspberryPi.

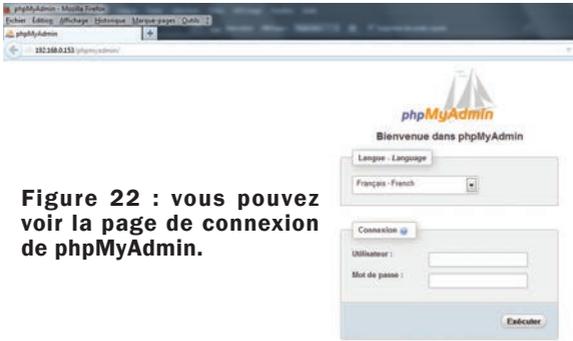


Figure 22 : vous pouvez voir la page de connexion de phpMyAdmin.



Figure 23 : tapez « root » et « pi ».

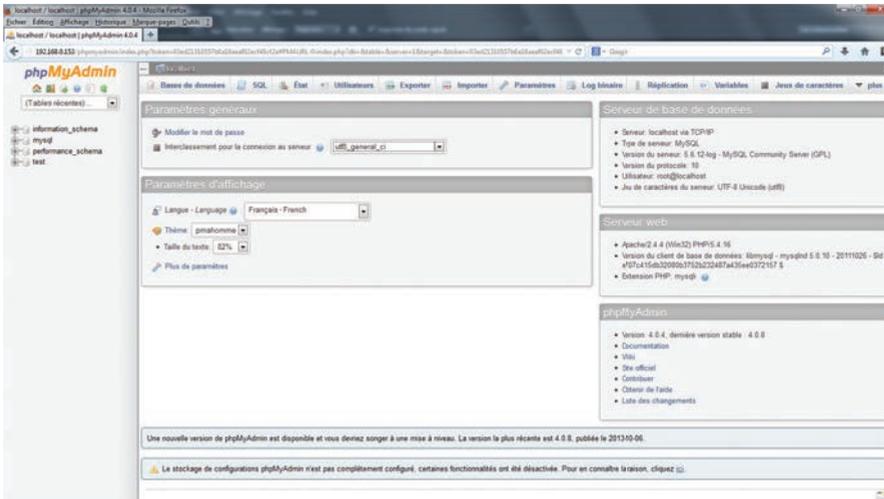


Figure 24 : vous voyez apparaître la page d'accueil de phpMyAdmin.

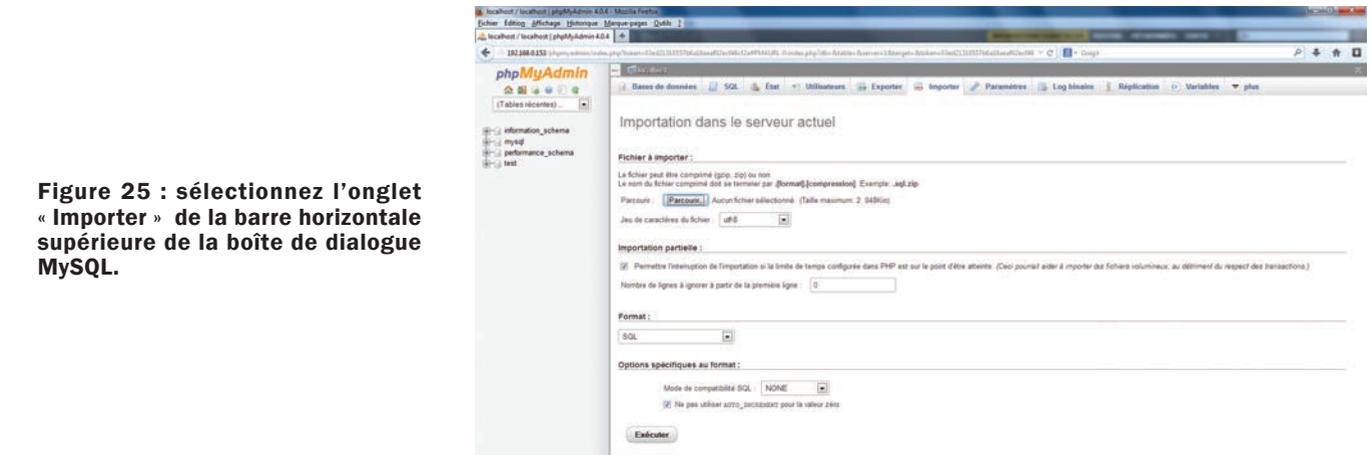


Figure 25 : sélectionnez l'onglet « Importer » de la barre horizontale supérieure de la boîte de dialogue MySQL.

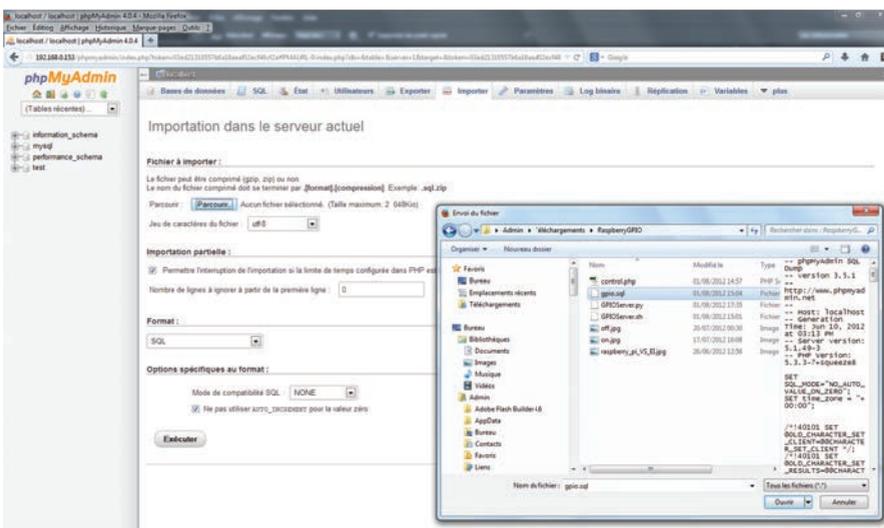


Figure 26 : sélectionnez « Parcourir » et dans la boîte de dialogue qui s'ouvre sélectionnez le fichier « gpio.sql » puis cliquez sur « Ouvrir ».

contenu et déplacez-le dans le dossier « **phpmyadmin** » du **RaspberryPi** (voir la figure 20). Le résultat obtenu est représenté sur la figure 21.

Pour vérifier le fonctionnement de **phpMyAdmin**, ouvrez le navigateur et tapez l'URL :

<adresse-IP-du-RasperryPi>/phpmyadmin

Si vous obtenez l'écran illustré sur la figure 22, c'est que l'installation s'est bien déroulée, mettez-vous alors sous la racine et tapez le mot de passe que vous avez choisi lors de l'installation de **MySQL** et appuyez sur « **Exécuter** » (voir la figure 23).

Après quelques secondes, si vous obtenez l'écran illustré sur la figure 24, c'est que vous avez la confirmation que l'ensemble du processus d'installation s'est correctement déroulé, et que votre carte **RaspberryPi** se comporte comme un serveur web.

Jusqu'à présent, nous avons construit l'épine dorsale de notre projet en installant et configurant les paquets standards disponibles pour **Linux**.

Maintenant, nous devons adapter la structure à l'application qui va nous permettre de faire fonctionner notre LED à distance, via le serveur web.

Pour cette application, nous avons développé un petit programme que vous pouvez télécharger sur notre site www.electroniquemagazine.com dans le sommaire de la revue 125 section « télécharger ». Le fichier se nomme : **RaspberryGPIO.zip**.

Le projet se compose de **trois modules** :

- le premier « **gpio.sql** » est un fichier texte qui contient les instructions pour générer la base de données dans l'environnement **MySQL**, avec toutes les tables et les données nécessaires à notre application. Il ne devra être utilisé qu'une seule fois lors de la configuration pour générer la base de données :
- le deuxième « **control.php** » est toujours un fichier texte qui contient

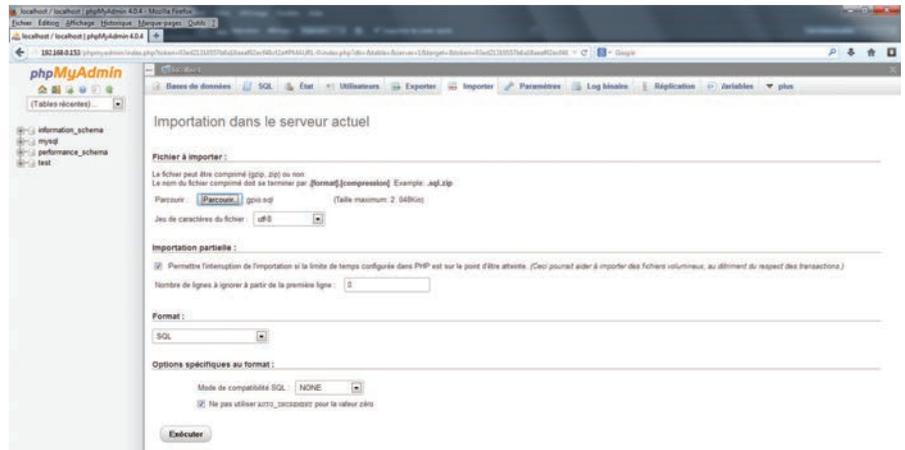


Figure 27 : appuyez sur la touche « Exécuter » pour que les instructions SQL créent toutes les tables de la base de données.

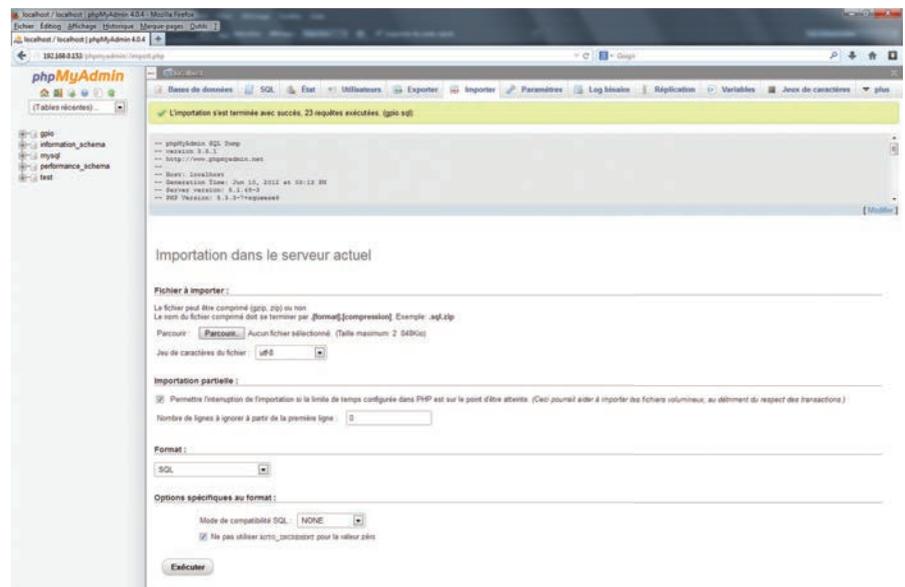


Figure 28 : vous voyez apparaître le message suivant « L'importation s'est terminée avec succès, 23 requêtes exécutées » (gpio.sql).

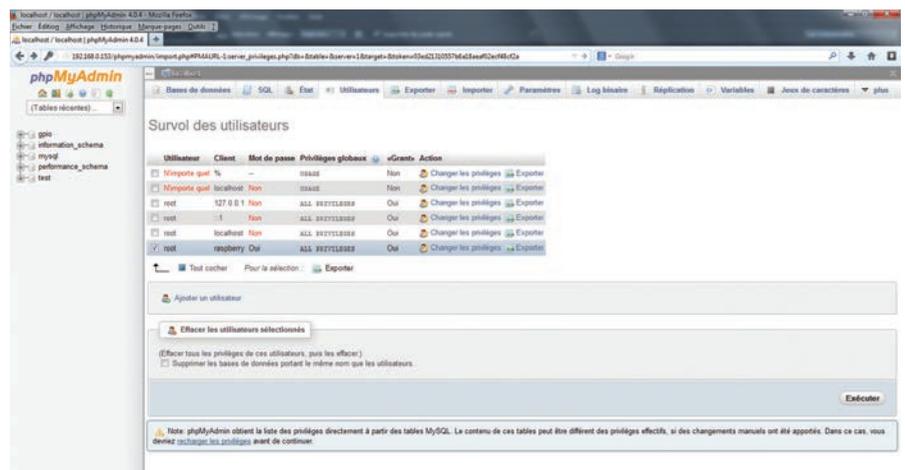


Figure 29 : sélectionnez l'onglet « Utilisateurs » sur la barre horizontale supérieure de la boîte de dialogue.

les **instructions PHP pour gérer les pages web** de notre application avec toutes les actions programmées qui seront détaillées plus loin.

Ce programme sera appelé par le serveur Web quand des données seront soumises dans l'URL de notre application :

• le troisième programme du projet est « **GPIOServer.sh** », ce programme est toujours en cours d'exécution en mémoire afin de maintenir la correspondance entre l'état électrique des broches du **port GPIO** et leur représentation dans les tables de la base de données.

Ce programme est un « **Shell script** » qui est un fichier texte contenant une liste de commandes comme celles que vous utilisez dans une console de commande. Dans notre cas, nous avons décidé de l'écrire en langage **Python** - plus significatif d'un point de vue pédagogique - il servira de base pour tous les exemples que nous allons vous proposer dans l'avenir et qui peuvent fonctionner sous des plateformes embarquées autres que **Linux/RaspberryPi**. C'est ce que nous espérons vous offrir très bientôt. Les deux autres fichiers sont **deux images jpeg** qui visualisent les boutons **ON/OFF** affichés dans les pages web de notre application.

Nous avons fait en sorte que le fichier **GPIOServer.sh** puisse fonctionner avec plusieurs applications. Téléchargez et décompressez le fichier dans un dossier de votre PC.

Commencez par créer la base de données pour l'application dans un environnement **MySQL**. Revenez à la fenêtre du navigateur, celle de la figure 24 et sélectionnez l'onglet « **Importer** » de la barre horizontale supérieure de la boîte de dialogue **MySQL** (voir la figure 25). Sélectionnez « **Parcourir** » et dans la boîte de dialogue qui s'ouvre sélectionnez le fichier « **gpio.sql** » puis cliquez sur « **Ouvrir** » (voir la figure 26).

Appuyez sur la touche « **Exécuter** » pour que les instructions **SQL** créent toutes les tables de la base de données, et remplissent les données qui serviront d'échantillon (voir la figure 27).

Si tout s'est déroulé correctement, vous verrez apparaître le message de la figure 28, qui confirme que votre base de données « **gpio** » a été créée avec succès. Pour que les programmes soient en mesure de se connecter et d'utiliser la base de données « **gpio** », il est nécessaire de définir un ou plusieurs utilisateurs qui ont les privilèges

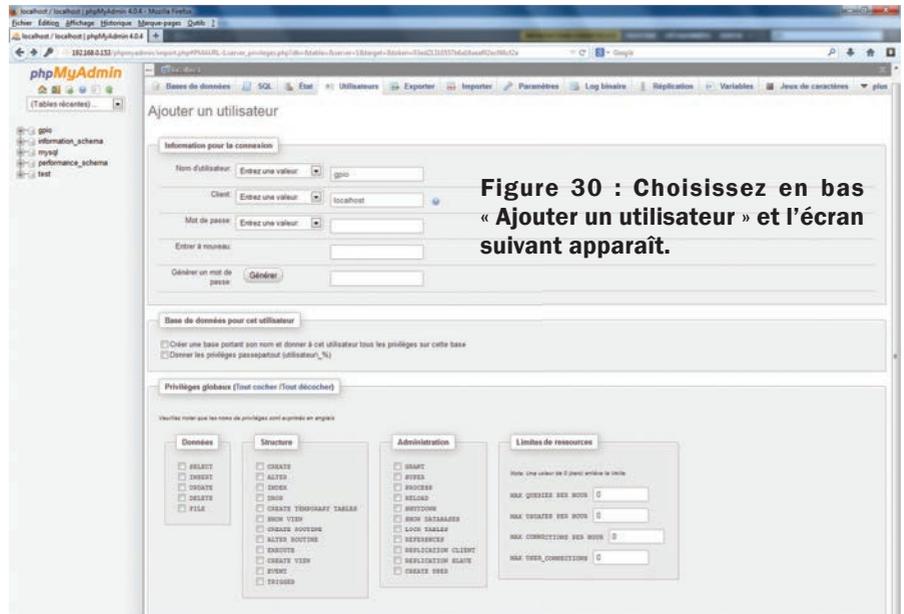


Figure 30 : Choisissez en bas « Ajouter un utilisateur » et l'écran suivant apparaît.

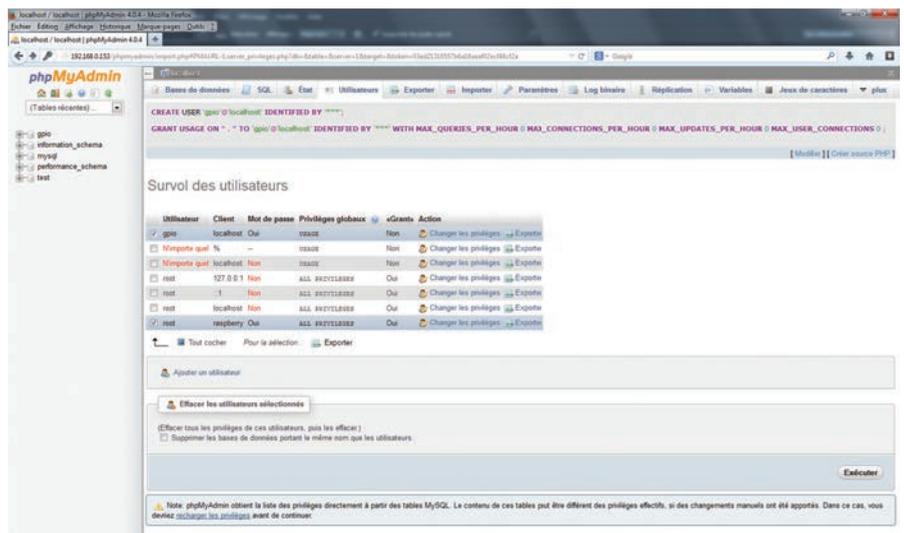


Figure 31 : cette page apparaît avec une liste d'utilisateurs, cette fois l'utilisateur « gpio » est présent (en haut première ligne).

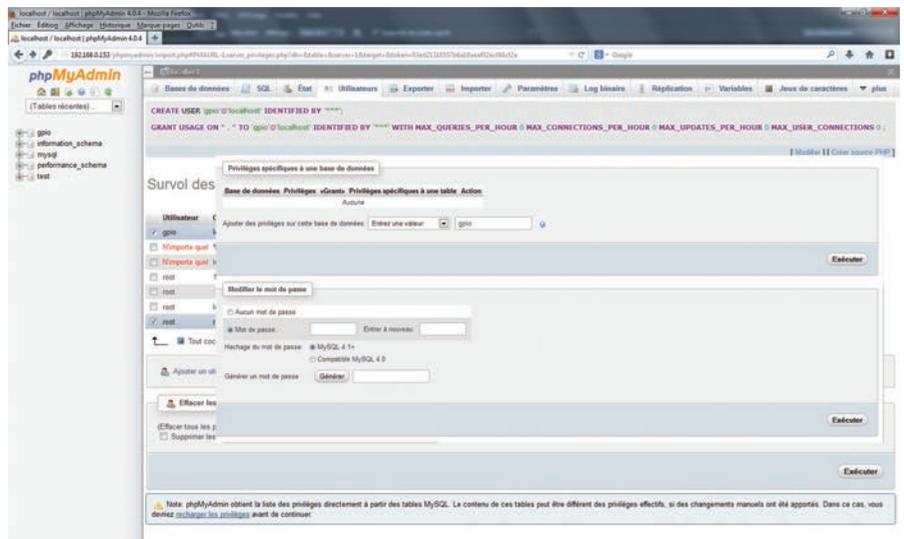


Figure 32 : pour ajouter des privilèges spécifiques à la base de données », vous devez taper « gpio » dans la zone « Ajouter des privilèges sur la base suivante ».

d'effectuer toutes les opérations requises par les applications.

Il est de bonne pratique pour la sécurité et pour éviter le risque d'opérations non désirées sur les différentes bases de données, de définir un utilisateur spécifique pour chaque base de données, ce que nous ferons dans notre cas. Pour cela, sélectionnez l'onglet « **Utilisateurs** » sur la barre horizontale supérieure de la boîte de dialogue (voir la figure 29).

Choisissez en bas « **Ajouter un utilisateur** » et l'écran de la figure 30 apparaît.

Comme « **nom d'utilisateur** » vous entrez « **gpio** » et comme **hôte** « **localhost** » avec le mot de passe « **pi** », à taper deux fois pour la confirmation. Cliquez ensuite sur « **Ajouter un utilisateur** », une page avec une liste d'utilisateurs apparaît, avec cette fois l'utilisateur « **gpio** » qui est listé (voir la figure 31).

Maintenant, vous devez donner des privilèges à la base de données. Sous l'utilisateur « **GPIO** », sélectionnez « **Modifier les privilèges** » et la page suivante apparaît sous la rubrique « **privilèges spécifiques à la base de données** », sur la ligne « **Ajouter des privilèges sur la base suivante** » tapez « **gpio** » comme sur la figure 32.

Ensuite appuyez sur le bouton « **Exécuter** » en bas à droite et la page de la figure 33 doit apparaître. Sélectionnez tous les privilèges avec « **Sélectionner tout** », laissez tout le reste inchangé et cliquez une nouvelle fois sur « **Exécuter** » dans la même page. Vous obtenez normalement la page illustrée sur la figure 34, confirmant tout votre travail.

Félicitations pour arriver jusque-là, vous avez créé et administré une base de données **MySQL complète**.

Pour se déconnecter (sortir) de **phpMyAdmin**, vous devez sélectionner l'icône sur le côté supérieur gauche à côté de la maison, celui qui représente une porte de sortie avec une flèche verte. C'est le seul moyen de sortir, pas vraiment facile à trouver.

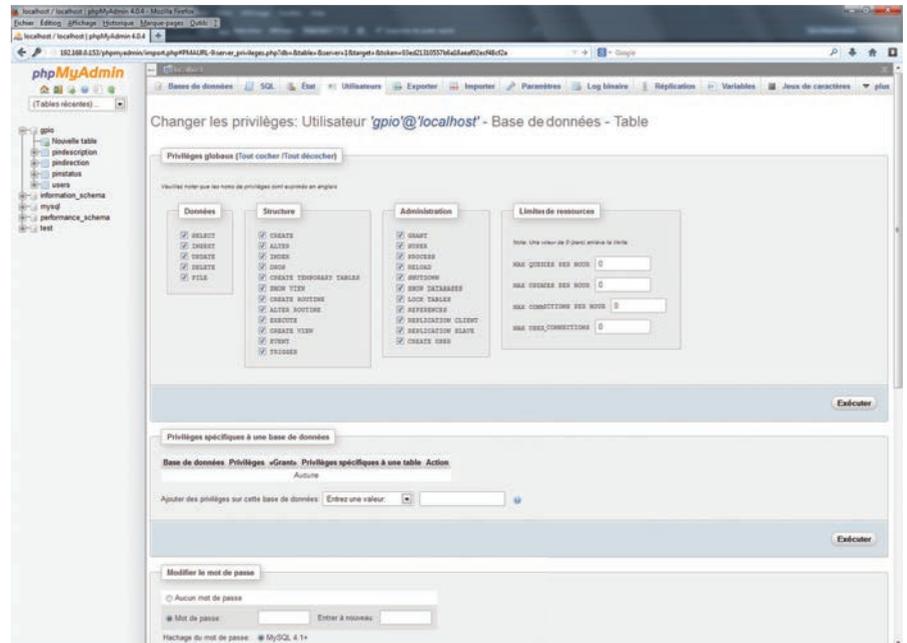


Figure 33 : sélectionnez tous les privilèges avec « **Sélectionner tout** », laissez tout le reste inchangé et cliquez une nouvelle fois sur « **Exécuter** ».

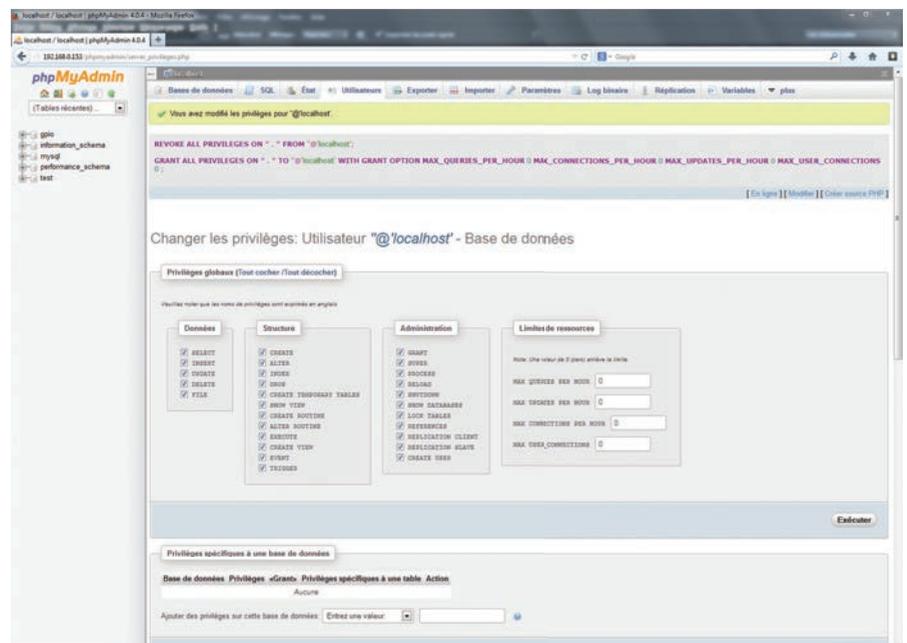


Figure 34 : Vous obtenez l'écran suivant confirmant que les privilèges ont été modifiés.

Maintenant, regardons les paramètres du serveur Web et passons au programme **PHP** pour la gestion des pages dans le dossier approprié du **RaspberryPi**. Le dossier est **/var/www**, le même que celui où nous avons déjà installé **phpMyAdmin**. Sous **WinSCP**, assurez-vous que vous êtes connecté avec l'utilisateur « **root** », déplacez le fichier **control.php** et les deux images **.jpg** dans le dossier **www**, comme le montre la figure 35.

Maintenant, ouvrez le fichier **control.php** en cliquant une seule fois et **modifiez les deux lignes représentées en bleu** sur la figure 36. Pour configurer le nom d'utilisateur et le mot de passe qui sera utilisé par le programme pour accéder à la base de données « **gpio** », insérez le nom d'utilisateur et le mot de passe que vous avez configuré précédemment.

\$MySQLUsername = "gpio";
\$MySQLPassword = "pi";

Enregistrez et fermez, vous pouvez déjà faire un premier test de gestion du **port GPIO** à l'aide d'une page en ouvrant votre navigateur et en tapant l'adresse :

<adresse-IP-du-RaspberryPi>/control.php

Vous voyez apparaître normalement la première page de votre application avec une demande concernant l'utilisateur et le mot de passe, respectivement, vous tapez « **admin** » et « **gpio** » comme indiqué sur la figure 37, puis appuyez sur « **Log In** », vous obtenez la page représentée sur la figure 38.

En clair, si vous utilisez la fonction « **Activer** » pour notre LED, il ne se passera rien car il manque la dernière brique à notre installation. Maintenant, nous allons ajouter cette brique, c'est-à-dire **l'interaction du programme Python entre la base de données et le port physique GPIO**.

Pour vous connecter à la base de données, comme nous l'avons fait dans notre précédent article, la connexion au **port GPIO** nécessite un module supplémentaire entre **Python** et **MySQL**.

Son nom est : **python-mysqldb**

c'est un package auto-installable, nous allons utiliser la commande habituelle (voir la figure 39) :

apt-get install python-mysqldb

Maintenant, nous installons le programme **Python** comme un lien entre **la base de données** et le **port GPIO** du dossier du **PC** vers le dossier du **RaspberryPi/home/**, comme le montre la figure 40.

Ouvrez et modifiez les deux champs en bleu de la figure 35, pour configurer correctement l'utilisateur et le mot de passe nécessaires pour se connecter à la base de données « **gpio** », puis enregistrez et fermez. Ce type de programme fonctionne de manière permanente dans la mémoire, il nécessite une « **couche** » (« coquille » ou « **Shell** ») dédiée, dans la pratique il requiert une fenêtre d'un terminal qui lui est dédié.

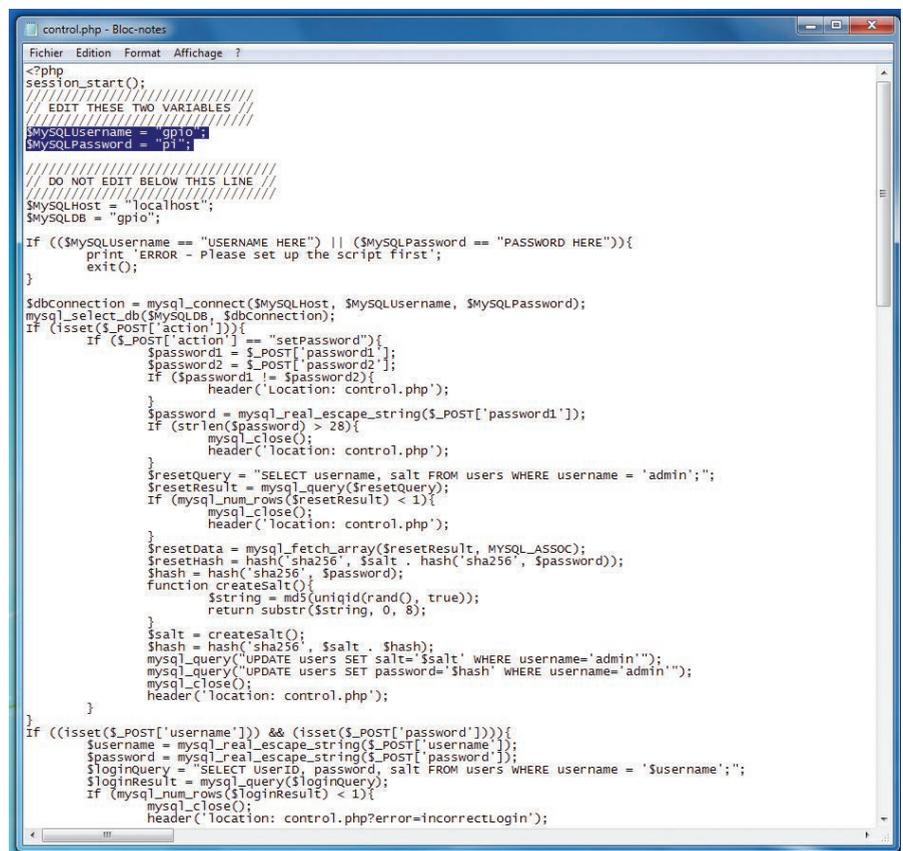
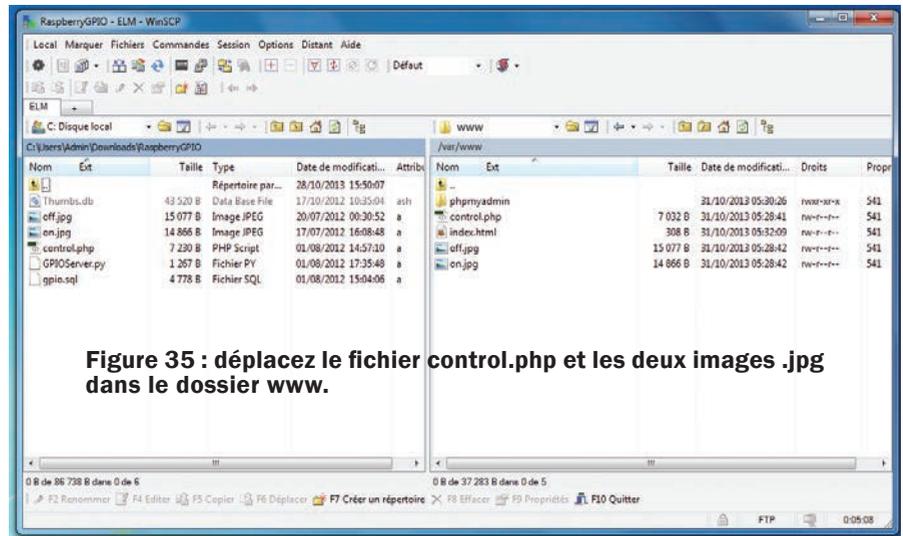


Figure 36 : ouvrez le fichier control.php et modifiez les deux lignes représentées en bleu.

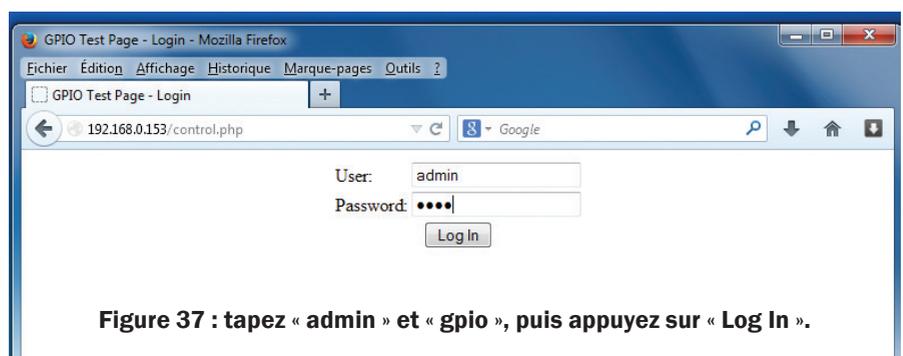
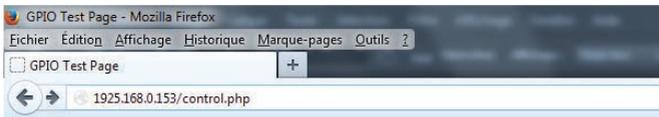


Figure 37 : tapez « admin » et « gpio », puis appuyez sur « Log In ».



Page de test GPIO [Changer Password](#)

GPIO #	Description GPIO	Etat	Action	Edit
4	GPIO4		Activer	Edit
17	GPIO17		Activer	Edit
18	GPIO18		Activer	Edit
21	GPIO21		Activer	Edit
22	GPIO22		Activer	Edit
23	GPIO23		Activer	Edit
24	GPIO24		Activer	Edit
25	GPIO25		Activer	Edit

[Log out](#)

Figure 38 : vous voyez apparaître la page de test GPIO avec les boutons pour activer ou désactiver les broches de GPIO.

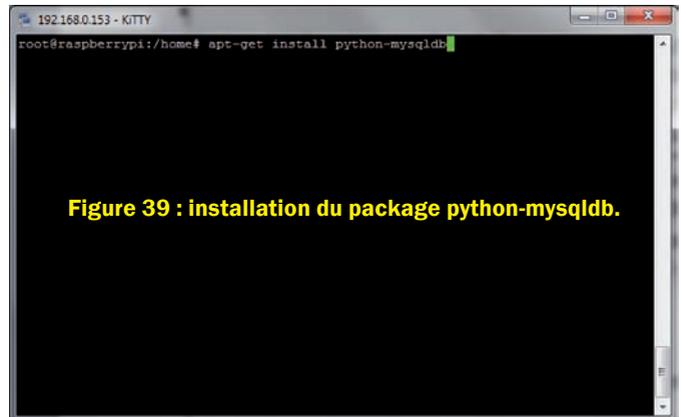


Figure 39 : installation du package python-mysqldb.

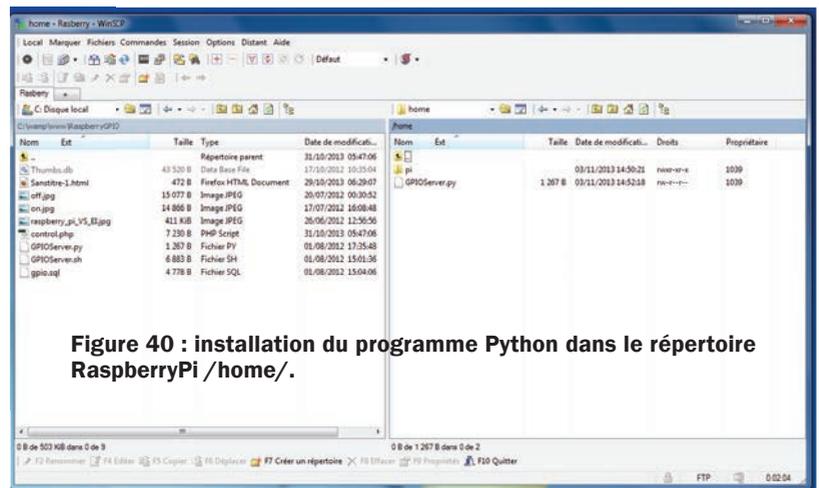


Figure 40 : installation du programme Python dans le répertoire RaspberryPi /home/.

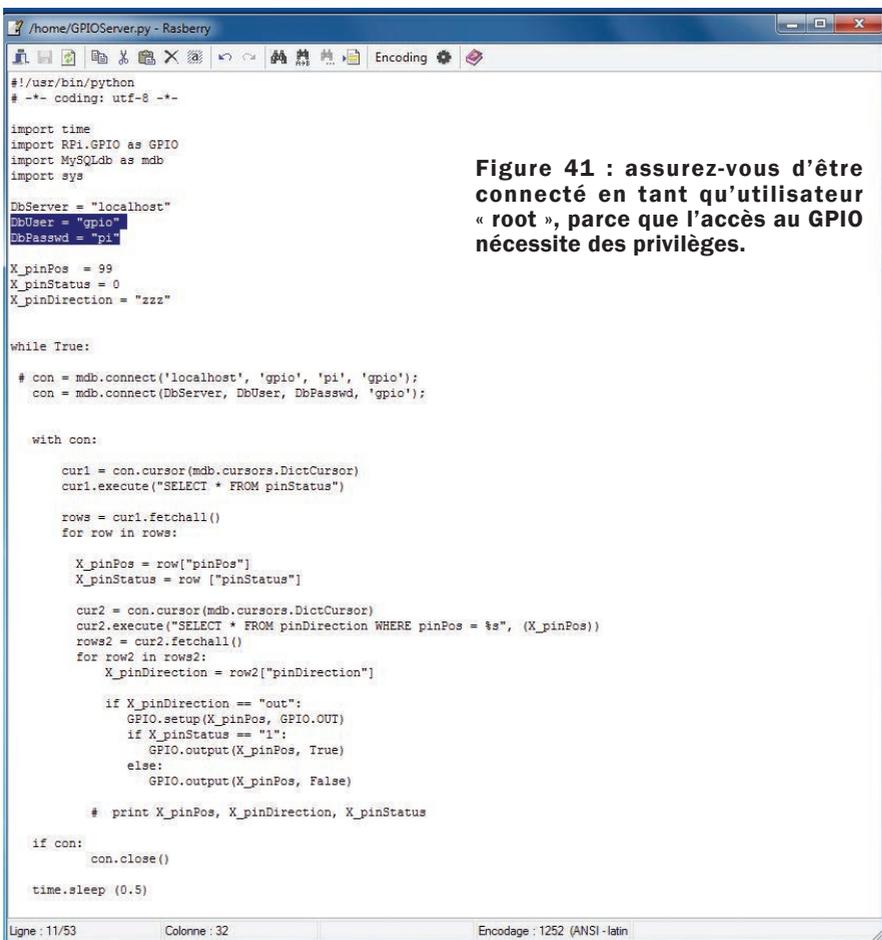


Figure 41 : assurez-vous d'être connecté en tant qu'utilisateur « root », parce que l'accès au GPIO nécessite des privilèges.

Vous pouvez utiliser en toute sécurité une fenêtre de terminal sur votre PC, assurez-vous d'être connecté en tant qu'utilisateur « root », parce que l'accès au GPIO nécessite des privilèges, positionnez-vous dans le dossier « home » à l'aide de n'importe quelle commande :

cd /home

et tapez la commande (figure 41) :

python GPIOServer.py

Pour faire fonctionner le programme **GPIOServer** vous devez maintenir la fenêtre du terminal ouverte, cependant dans cette même fenêtre, vous ne pouvez pas exécuter d'autres commandes car le programme est en cours d'exécution.

Pour cela il faut ouvrir des fenêtres supplémentaires, comme illustrée sur la figure 42. Il est ainsi possible d'effectuer d'autres opérations, en conjonction avec les programmes déjà en cours d'exécution. C'est la preuve, s'il était besoin de le rappeler, que **Linux** est un véritable

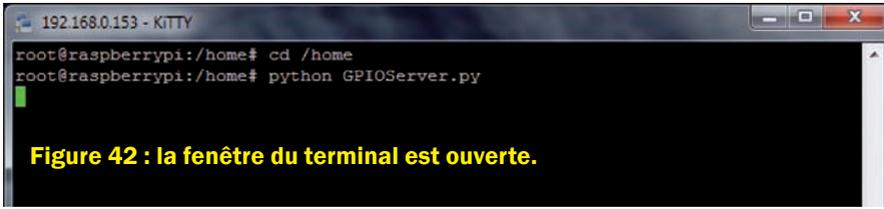


Figure 42 : la fenêtre du terminal est ouverte.

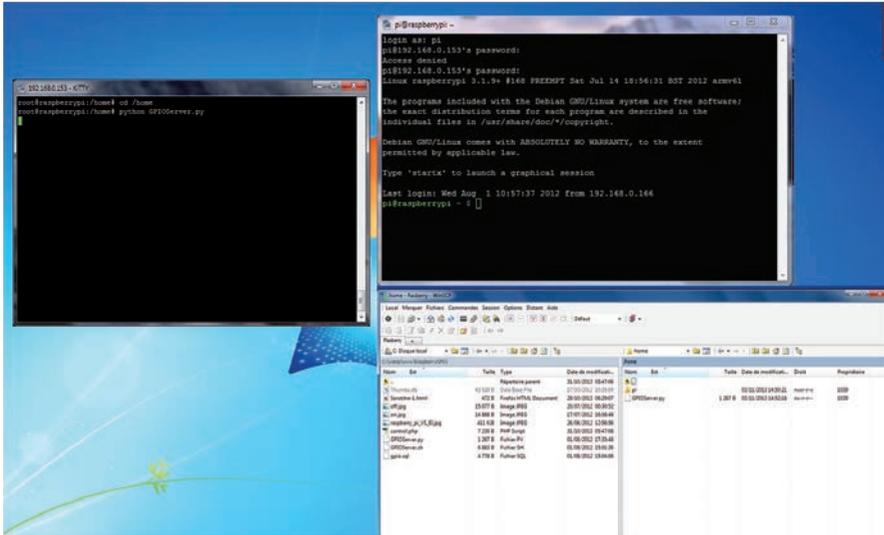
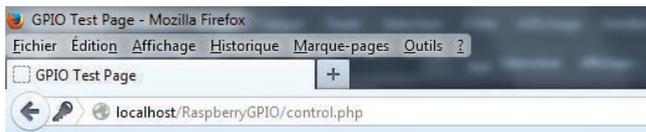


Figure 43 : sont en fonctionnement le serveur SSH avec ces trois sessions ouvertes : celles du terminal PC, le serveur web Apache, le serveur de base de données MySQL, et notre programme GPIOServer.py



Page de test GPIO [Changer Password](#)

GPIO #	Description GPIO	Etat	Action	Edit
4	GPIO4		Desactiver	Edit
17	GPIO17		Activer	Edit
18	GPIO18		Activer	Edit
21	GPIO21		Activer	Edit
22	GPIO22		Activer	Edit
23	GPIO23		Activer	Edit
24	GPIO24		Activer	Edit
25	GPIO25		Activer	Edit

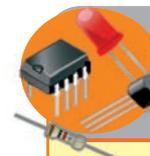
[Log out](#)

Figure 44 : le bouton change de statut et devient « OFF » et l'image change pour représenter un état « ON » en vert, et la LED sur le port GPIO du RaspberryPi doit être allumée.

système d'exploitation multitâche et que sous **Linux**, « **tout est fichier** ». A ce moment, en dehors des processus de service du système d'exploitation du **RaspberryPi**, sont en fonctionnement le **serveur SSH** avec **trois sessions ouvertes** : celles du **terminal PC**, le serveur web **Apache**, le serveur de base de données **MySQL**, et notre programme **GPIOServer.py** (voir la figure 43).

Essayons de vérifier le fonctionnement de l'ensemble de l'architecture, pour cela revenons au navigateur avec la **page de test GPIO** sur la figure 38. Appuyez sur le bouton « **Activation** » de la ligne « **GPIO4** ». Vous devriez observer dans la page réponse, visible sur la figure 44, que le bouton change de statut et devient « **OFF** » et que l'image change pour représenter un état « **ON** ». D'autre par la LED sur le port **GPIO** du **RaspberryPi** doit être allumée. Pour arrêter ce que nous appelons aujourd'hui notre « **Serveur GPIO** », il suffit de se déplacer sur le terminal et **appuyez simultanément sur les touches « Ctrl » et « C »**, pour revenir à l'invite de commande en ligne.

Dans le **prochain numéro 126** d'**Electronique et Loisirs Magazine**, nous aborderons les extensions pour l'architecture et nous analyserons plus en détail les listings des programmes proposés, pour vous permettre de comprendre l'information et de la modifier à votre convenance. Nous apprendrons plus en profondeur, comment utiliser **phpMyAdmin**. ■



Comment se procurer le RaspberryPi et ses accessoires

Le **RaspberryPi** et ses accessoires sont disponibles auprès de notre annonceur **COMELEC**.

Sur notre site internet dédié au **RaspberryPi**, vous pouvez télécharger gratuitement tous les programmes et applications : **www.raspberrypi.electroniquemagazine.com**

COMELEC
Tél. : 04 42 70 63 90
www.comelec.fr



Chargeur d'accumulateur universel

Première partie

Ce chargeur d'accumulateur professionnel possède la particularité de charger/décharger tout type d'accumulateur : Ni-Cd (nickel-cadmium), Ni-MH (nickel-hydrure métallique), Li-Po (lithium-ion polymère), Li-Io (lithium-ion), Li-Fe (lithium fer phosphate) et Pb (plomb). Nous vous avons présenté par le passé des montages de chargeurs de batteries, mais aujourd'hui avec les nouvelles technologies disponibles sur le marché (notamment celles aux Lithium), nous avons réfléchi à un chargeur programmable compatible avec les batteries de dernières générations.

..... de **Mirco Segatello**



Cela nous a conduit à vous présenter ce projet qui présente certaines caractéristiques intéressantes parmi lesquelles figurent des dimensions compactes, un boîtier à l'allure professionnelle, un refroidissement passif grâce à l'adoption d'un dissipateur thermique surdimensionné, un **courant de sortie jusqu'à 5 A**, la **possibilité de charger jusqu'à 12 accumulateurs au Nickel** et jusqu'à **6 au Lithium**, le choix d'une **charge à courant constant ou tension constante**, et bien plus encore. Le rendement global de l'appareil a été optimisé afin de réduire les pertes de courant lors de la phase de charge.

Le **programme au format .hex, qui est disponible sur notre site internet**, contient des fonctionnalités et des algorithmes optimisés pour améliorer la gestion de la charge.

La conception du circuit et la complexité du programme permettent la gestion des dernières générations d'accumulateurs au **lithium-ion** et les nouveaux accumulateurs au **lithium fer phosphate (Li-Fe)**. Ce dernier est un accumulateur au **lithium-ion dont la cathode est faite en phosphate de fer**. Ce type d'accumulateur s'est rapidement répandu en robotique du fait de ses avantages par rapport à ceux

au **lithium-ion (Li-ion)** classiques. Il supporte beaucoup plus de cycles de recharge ce qui lui donne une grande longévité, avec de plus une résistance interne qui diminue au lieu d'augmenter avec le vieillissement.

Il n'est pas non plus nécessaire de privilégier les charges partielles, il supporte des ampérages élevés ce qui lui permet à la fois de **fournir beaucoup de puissance** et d'être **rechargé rapidement**, il n'a pas les mêmes risques d'incendie et résiste jusqu'à 70 °C. La **stabilité de la tension est très élevée** pendant presque **toute la décharge**. Ce type d'accumulateur est susceptible à

terme de remplacer les accumulateurs au **lithium-ion**. Le montage a été conçu pour réaliser un chargeur flexible et complet, il est aussi bien valable pour la maison que dans le domaine du modélisme.

Les accumulateurs rechargeables

Les batteries qui sont actuellement les plus couramment utilisées sont de type : Ni-Cd (nickel-cadmium), Ni-MH (nickel-hydrure métallique), Li-Po (lithium-ion polymère) auxquelles ont été récemment ajoutés des polyphosphates de fer (Li-Fe) et au Pb (plomb). Voici les principales caractéristiques :

1 Les accumulateurs de type Ni-Cd et Ni-MH :

Actuellement, dans la plupart des équipements commerciaux les piles peuvent être remplacées par ces accumulateurs, sauf dans les cas où la **différence de tension de 1,2 V pour les accumulateurs Ni-MH et Ni-Cd contre 1,5 V pour les piles pose un problème**.

Les accumulateurs rechargeables coûtent plus cher qu'une pile de même capacité (en moyenne 4 à 5 fois

plus), mais permettent au moins 500 recharges qui, à long terme, réalisent des économies significatives.

Par rapport aux accumulateurs **Ni-Cd**, les accumulateurs de type **Ni-MH (nickel-hydrure métallique)** à **volume égal ont une capacité plus élevée**, tandis que la durée de vie est similaire (500 à 1000 cycles de charge / décharge).

D'autre part les accumulateurs **Ni-MH** n'ont pratiquement pas « **d'effet mémoire** » par rapport aux accumulateurs **Ni-Cd**, mais par contre ils présentent l'inconvénient de ne pas dépasser 50°C pendant le processus de charge sous peine de dégâts.

D'un point de vue écologique, les accumulateurs **Ni-MH** sont moins polluants car ils ne contiennent pas de métaux lourds tels que le **cadmium**. Par contre lorsque ces deux types d'accumulateurs **Ni-Cd** et **Ni-MH** ne sont pas complètement déchargés, lors de la recharge ils souffrent d'une part de « **l'effet mémoire** » (terme utilisé pour les accumulateurs **Ni-Cd**), et d'autre part de l'effet « **lazy battery effect** » ou « **voltage depression** » (terme utilisé pour les accumulateurs **Ni-MH**).

Le problème apparaît après quelques temps d'utilisation des accumulateurs,

lorsque tous les **cycles de décharge sont identiques** (exemple : décharge pendant dix heures à C/20, recharge complète, répété de nombreuses fois), ou ce qui revient sensiblement au même, dans des appareils munis d'une détection de la tension d'alimentation. Cette détection est destinée à provoquer l'arrêt de l'appareil, lorsque les accumulateurs sont censés être vides.

Cette sécurité est nécessaire au bon fonctionnement de l'appareil lui-même et évite aussi la destruction irréversible des accumulateurs par décharge profonde, mais elle intervient alors que les **accumulateurs ne sont pas complètement vides** et toujours à la même valeur de décharge.

Un accumulateur **Ni-Cd** possède une **électrode composée de petits cristaux de cadmium**. Dans certaines conditions, on observe un accroissement de la taille des cristaux. Cet agrandissement diminue la surface de contact entre l'électrode et l'électrolyte ce qui provoque une **baisse de tension de la partie dégradée et augmente la résistance interne de l'accumulateur**. Alors que la tension nominale du **Ni-Cd** est de **1,2 V** par élément, cette structure dégradée présente une tension nominale plus basse, d'environ **1,08 V** par élément.

Caractéristiques techniques :

- Convient pour charger les accumulateurs de type : **Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ion, Li-Po, Li-Fe, Pb**.
- Charge en mode **courant constant / tension constante**.
- **Courant de charge** réglable de **0,1 A à 5 A**.
- Possibilité de charger **1 à 12 cellules** au **Nickel** ou **1 à 6 cellules** au **Lithium** ou **1 à 6 cellules** au **Plomb**.
- Puissance maximale de sortie **50 W**.
- Charge à courant constant réglable de **0,1 A à 1 A**.
- Possibilité de charger sur une durée de 25 heures avec réglage par intervalle de 30 minutes.
- Possibilité de coupure (Cut-Off) en cas de surchauffe par capteur externe.
- Possibilité de coupure (Cut-Off) lorsqu'une limite de temps est atteinte.
- Possibilité de coupure (Cut-Off) lorsque la limite de capacité est atteinte.
- Possibilité de coupure (Cut-Off) lorsque la charge est complète avec détection du pic de tension (delta-pic) pour les accumulateurs de type Ni-Cd et Ni-MH.
- **Charge rapide CC/CV** pour les cellules au **Lithium**.
- Fonctionnement automatique ou manuel.
- Protection contre les inversions de polarité et les surtensions en entrée et en sortie.
- Protection contre les courts-circuits et le débranchement accidentel des accumulateurs.
- Protection contre la surchauffe par sonde thermique interne.
- Tension d'alimentation de **11 VDC à 16 VDC**.
- Possibilité de **connexion à un PC via le port série avec visualisation et stockage des données en utilisant le logiciel CBAT**.

Lors de l'utilisation, le résultat est que chaque accumulateur réagit comme s'il comportait **deux parties distinctes**, une partie **normale à 1,2 V** et une partie à **1,08 V dégradée**. L'énergie sera d'abord prélevée dans la partie présentant la tension la plus élevée, lorsque cette partie sera presque vide, on viendra alors puiser aussi dans la partie dégradée, le seuil de tension passera alors brutalement de 1,2 à 1,08 V par élément.

Ce changement crée une **discontinuité dans la courbe de décharge** de l'accumulateur, la **tension passe rapidement sous le seuil minimum de fonctionnement de l'appareil** et provoque l'arrêt de ce dernier et donc la décharge.

Vu de l'utilisateur comme de l'appareil, on peut croire à une perte de capacité. En fait, le reste de la capacité est toujours disponible, mais avec une tension inférieure. On observe notamment ce phénomène dans les cas suivants :

- Lors des décharges partielles identiques suivies d'une recharge complète, cycles répétés de l'accumulateur, (il apparaît une différence de structure entre la partie chargée puis déchargée et la partie jamais déchargée) ;
- Lors de la charge régulière d'une batterie à base de **nickel** avec un **chargeur inadapté** : la charge terminée, la batterie reçoit un courant d'entretien supposé compenser l'autodécharge.

Malheureusement, après un certain temps, **ce courant d'entretien engendre la dégradation progressive des éléments de l'accumulateur par cristallisation localisée de l'électrolyte**. Après une décharge partielle, le chargeur après la recharge complète, recommence en injectant à nouveau le courant d'entretien, **altérant encore davantage le couple Ni-Cd**. L'appareil ou le chargeur **ne vidant jamais l'accumulateur** jusqu'à son seuil minimal, participent à **une augmentation successive de la partie dégradée**. Cette structure altérée est normale et fait partie du fonctionnement de l'accumulateur.

Pour récupérer un accumulateur qui est affecté par « **l'effet mémoire** », il suffit de le connecter sur un système de décharge approprié (déchargeur),

destiné à le vider jusqu'au **seuil minimum de 1V par élément**, la partie de la capacité qui a une « mauvaise » tension nominale, sera restaurée. Il pourra alors être procédé à la recharge de l'accumulateur qui retrouvera une grande partie de sa performance.

Ces opérations ne doivent pas être effectuées sans matériel adapté, ni précautions. **Tous les accumulateurs électriques sont dangereux** : ils peuvent s'échauffer, **prendre feu**, voire même **exploser et provoquer des dommages corporels graves**.

Il vaut mieux utiliser un chargeur / déchargeur adapté tel que celui décrit dans ces pages plutôt que de prendre le risque de détruire la batterie en faisant descendre sa tension **en dessous de 1 V**.

Quant à l'effet « **lazy battery effect** », il est similaire mais ne se produit pas aussi brusquement que « **l'effet mémoire** ». Une décharge profonde jusqu'à une tension de 1 V appliquée de temps en temps évite la formation de cristaux de grandes dimensions au niveau des électrodes.

Pour de vieux accumulateurs déchargés de manière excessive ou non utilisés pendant une longue période, il est conseillé d'effectuer un ou plusieurs cycles complets de charge / décharge à faible courant (jusqu'à 5 cycles), utiles pour éliminer « **l'effet mémoire** » et régénérer l'électrolyte en nettoyant les électrodes des sédiments cristallins. La décharge sera lente mais profonde, **jusqu'à une tension de 0,7 V**.

Cette procédure, appelée « **reconditionnement** » (remise en état), effectuée de temps en temps améliore les performances et la durée de vie de l'accumulateur. L'idéal serait de décharger chaque cellule individuellement.

Pendant de longues périodes de non-utilisation, il est conseillé de laisser l'accumulateur **Ni-Cd déchargé** et le **Ni-MH avec une charge résiduelle de 30%** et de les stocker dans un environnement à **basse température** pour limiter l'**autodécharge**. La charge d'un accumulateur de type **Ni-Cd** ou **Ni-MH** peut être décrite de la manière suivante :

La **capacité** représente la **quantité de courant présente** dans l'**accumulateur, mais pas la quantité d'énergie**. Pour connaître cette quantité d'énergie (qui s'exprime en Wattheure (Wh)), il faut multiplier la capacité par la tension de l'accumulateur : **Ah x V = Wh**. Il est important de **ne pas confondre quantité de courant et quantité d'énergie**.

Par exemple, si on branche deux accumulateurs de 1,2V 1 Ah en série on obtient l'équivalent d'un accumulateur de ... 1 Ah, alors que la **quantité d'énergie a doublé**. **Cn ou C/n** indiquent la **durée pendant laquelle on a déchargé l'accumulateur** (ici « **n** » heures). Un accumulateur d'une capacité C2 = 2000 mAh peut donc fournir un courant de 200 mA pendant 10 heures.

Courant x durée = capacité, ou A x h = Ah.

La **charge lente s'effectue à courant constant** (1/10 de la capacité maximale) pour une **durée comprise entre 14 et 16 heures**. Dans ce cas, on suppose que la décharge de l'accumulateur soit complète, sinon il faudrait une décharge complète avant de démarrer le cycle de charge. La charge lente est préférable pour les accumulateurs généralement utilisés dans les téléphones sans fil, lecteurs de CD et les appareils portables grand public.

La **charge rapide s'effectue à courant constant** (2/10 à 4/10 de la capacité maximale) pendant **une période de 3 à 6 heures**, on suppose dans ce cas que l'accumulateur est complètement déchargé. Ce type de charge est utilisé pour les appareils de bricolage (perceuse sans fil,...) et certains jouets. La **charge ultra-rapide s'effectue à un courant de 0,51 C jusqu'à un maximum de 2 C** (2 fois la capacité maximale) pour certains types d'accumulateurs au nickel-cadmium, reconnaissables sur leur corps par un logo « **charge ultra-rapide** » et qui sont habituellement utilisés dans les ordinateurs portables et les caméras. La **charge dure environ une heure**.

Quel que soit le type de charge adopté, au cours de la phase initiale, les accumulateurs peuvent présenter une résistance élevée qui peut induire en erreur

le détecteur de courant du chargeur. Pour contourner ce problème, le courant débute à partir de la valeur zéro au début de la charge, et augmente progressivement jusqu'à la valeur de la charge nominale en un temps de deux minutes environ (**Soft Start**).

Pendant la charge, le courant est brièvement interrompu à intervalles réguliers afin de permettre la mesure de la tension de l'accumulateur à courant nul. La valeur mesurée est très précise et n'est pas affectée par le courant de charge, ni même par les chutes de tension dans les câbles ou dans les composants internes du chargeur. Pour la charge rapide, il est nécessaire de détecter la fin de charge avec l'une des méthodes suivantes :

- détection du pic de tension présent lors de la fin de la charge complète (**delta-pic**), déterminé par l'analyse de la variation de la tension aux bornes de l'accumulateur pendant la charge (**pente de la tension dV/dt**) ;
- détection de l'augmentation soudaine de la température (**pente de la température dT/dt**) qui se produit dans ce type d'accumulateur lorsque la charge est totale ;
- détection d'une température de seuil (T_{max}) prédéterminée au cours de la phase de charge ;

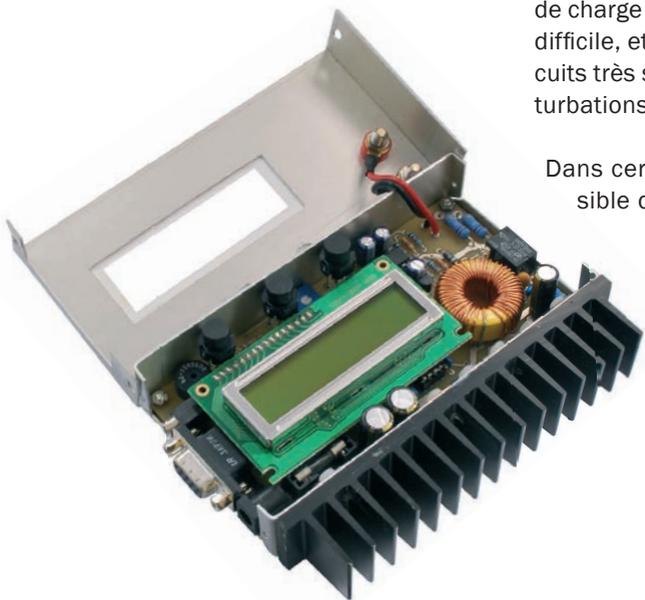
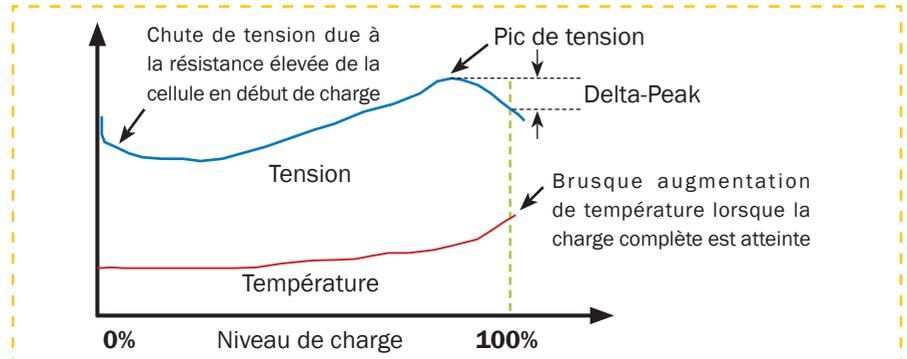


Photo de l'un de nos prototypes réalisé dans un boîtier en aluminium, vous pouvez remarquer l'imposant dissipateur de chaleur.



Evolution de la tension aux bornes d'un accumulateur Ni-Cd pendant la charge à courant constant.

- détermination d'un délai au-delà duquel on interrompt la charge (limite de la durée de charge).

Pour déterminer la fin de la charge on peut utiliser une ou plusieurs techniques simultanément en suivant le faible courant supplémentaire visant à accroître davantage la capacité stockée. Cela peut produire une augmentation maximale de 5% de la charge, mais c'est contre-productif pour la durée de vie de l'accumulateur.

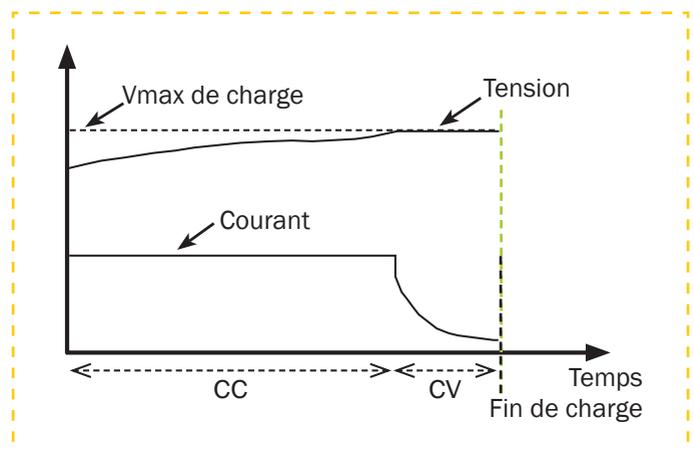
Pour le **nickel-hydrure de métal**, le « **delta-pic** » est moins prononcé par rapport aux **nickel-cadmium** et **s'annule avec des courants de charge inférieurs à 0,5 C**. L'augmentation de la température réduit encore la valeur du « **delta-pic** », ainsi que le vieillissement des cellules. La détection de fin de charge des batteries **Ni-MH** devient difficile, et nécessite d'utiliser des circuits très sensibles, soumis à des perturbations de natures diverses.

Dans certains chargeurs, il est possible de fixer une limite de temps

maximale au-delà de laquelle la charge est interrompue. Dans tous les cas, **il est important de ne pas maintenir une température trop élevée de l'accumulateur**. Les accumulateurs à base de nickel préfèrent une charge rapide. Lorsqu'ils sont entièrement chargés, on peut leur appliquer un courant de charge de maintien très faible (moins de 0,05 C), afin de compenser l'autodécharge et égaliser le niveau de charge des cellules car elles possèdent chacune un niveau d'autodécharge différent.

2 Les accumulateurs de type Li-Io :

Le **lithium** possède un fort potentiel électrochimique, grâce à son faible poids il dispose d'une **haute énergie spécifique** (en fonction de la masse et du volume), sa **durée de vie est très longue** et son **autodécharge est très limitée** (1% par mois). De plus il n'est pas soumis à « **l'effet mémoire** ». C'est pourquoi ce type d'accumulateur est le plus utilisé dans les téléphones mobiles et autres appareils portables.



Le convertisseur DC / DC bimodal

Pour notre application, il est nécessaire de disposer d'un générateur à **tension constante et à courant constant**, avec une efficacité élevée, capable de fonctionner avec une tension d'alimentation de **12 VDC**.

En sortie le courant continu doit être réglable entre **0,1 A** et **5 A** avec une gamme de tension variable entre **0,5 V** et **25 V**. A partir de ces caractéristiques, il est nécessaire d'utiliser une alimentation à découpage qui puisse **fournir une tension de sortie supérieure ou inférieure à celle disponible à l'entrée**.

L'application de base pour les alimentations à découpage prévoit soit la configuration de type **convertisseur « Buck »** ou de type **convertisseur « Boost »**, la première (visible en figure 1) permet d'obtenir **une tension de sortie proportionnelle au rapport cyclique (δ_1) du signal de régulation** selon la formule :

$$V_0 = \delta_1 \times V_1$$

la tension de sortie sera toujours inférieure à celle de l'entrée. Ce type de convertisseur est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur.

Le fonctionnement d'un **convertisseur « Buck »** peut être divisé en deux phases suivant l'état de l'interrupteur SW1. A l'**état passant**, l'interrupteur **SW1 est fermé**, la tension aux bornes de l'inductance vaut $V_L = V_1 - V_0$.

Le courant traversant l'inductance augmente linéairement. La tension aux bornes de la diode étant négative, aucun courant ne la traverse.

A l'**état bloqué**, l'interrupteur est **ouvert**. La diode devient passante afin d'assurer la continuité du courant dans l'inductance. La tension aux bornes de l'inductance vaut $V_L = -V_0$ et le courant traversant l'inductance décroît.

La seconde configuration de type « **Boost** » (visible en figure 2) ou « **hacheur parallèle** », est une alimentation à découpage qui **convertit une tension continue en une autre tension continue de plus forte valeur**. Il permet d'avoir une tension de sortie qui dépend de la valeur du rapport cyclique du signal de régulation selon la formule :

$$V_0 = \frac{V_1}{1 - \delta_2}$$

Son fonctionnement peut être divisé en **deux phases distinctes** selon l'état de l'interrupteur **SW1** :

- une phase d'accumulation d'énergie lorsque l'interrupteur **SW1 est fermé** (état passant), cela entraîne l'augmentation du courant dans l'inductance donc le **stockage d'une quantité d'énergie sous forme d'énergie magnétique**. La diode D est alors bloquée et la charge est alors déconnectée de l'alimentation.

- lorsque l'interrupteur **SW1 est ouvert**, l'inductance se trouve alors en série avec la source d'alimentation et sa f.e.m. s'additionne à celle de l'alimentation (effet survolteur). Le courant traversant l'inductance traverse ensuite la diode D, le condensateur C ainsi que la charge. Il en résulte un **transfert de l'énergie accumulée dans l'inductance vers la capacité**.

Dans ce cas, la **tension de sortie sera toujours supérieure à la tension d'entrée**. En combinant les deux configurations, on obtient un type de **convertisseur bimodal** utilisé dans notre chargeur (voir la figure 3).

Dans la pratique on remplace les deux inductances par une seule.

Si nous désignons par δ_1 le rapport cyclique de l'interrupteur **SW1** et δ_2 le rapport cyclique de l'interrupteur **SW2**,

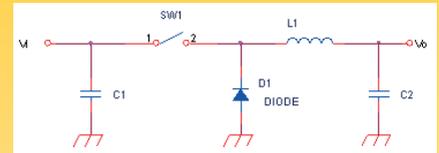


Figure 1 : schéma de principe du convertisseur de type « Buck » ou « hacheur série ».

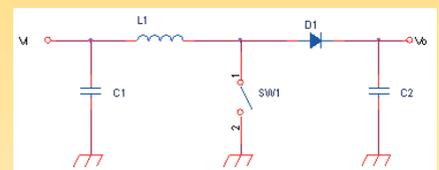


Figure 2 : schéma de principe du convertisseur de type « Boost » ou « hacheur parallèle ».

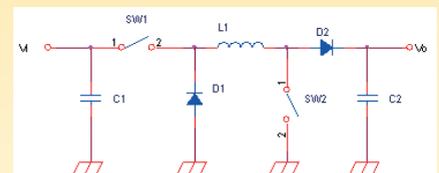


Figure 3 : structure du convertisseur bimodal qui est la base de notre chargeur.

la tension de sortie sera donnée par l'équation :

$$V_0 = V_1 \cdot \frac{\delta_1}{1 - \delta_2}$$

Pour obtenir le rendement maximum des deux interrupteurs du convertisseur nous utilisons deux transistors **MOSFET** de puissance avec **deux diodes Schottky D1 et D2**.

Une diode **Schottky** a un **seuil de tension directe très bas** et un **temps de commutation très rapide**, cela permet de transférer de fortes intensités pour le redressement de puissance.

Rechargeables et recyclables

Chaque année, plus de 800 000 tonnes de batteries automobiles et 200 000 tonnes de batteries industrielles et 160 000 tonnes de piles (dont 30% sont des accumulateurs rechargeables) sont vendues sur le marché de l'Union Européenne. Quand ils deviennent des déchets, en raison de leur teneur en mercure, plomb et cadmium, ils constituent une grave menace pour l'environnement. Actuellement l'Union Européenne collecte, traite et recycle les piles usagées, mais sont encore éliminées dans une proportion importante dans les décharges ou dans les incinérateurs. Seuls l'Autriche, la Belgique, l'Italie, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Suède et la France disposent d'un programme national de collecte de tous types de batteries.



En France le programme se nomme **Batribox**, c'est un programme national initié par la société **Screlec** (www.screlec.fr), qui est un éco-organisme prenant en charge la collecte et le recyclage de piles et batteries. Le programme **Batribox** s'appuie sur un réseau national de plus de 5000 points de collecte et une filière de recyclage performante. Les partenaires (fabricants, distributeurs, associations de consommateurs et de protection de l'environnement...) adhèrent au programme **Batribox** pour faciliter la collecte et le recyclage des piles et batteries.

Pourquoi collecter les piles et les batteries ?

Certains métaux contenus dans les piles et batteries usagées peuvent nuire à notre environnement s'ils ne sont pas correctement traités en fin de vie. Par ailleurs, ces métaux peuvent être récupérés et recyclés utilement pour fabriquer de nouvelles piles et batteries ou participer à la fabrication d'objets de notre vie quotidienne. Nous avons donc tout intérêt à les récupérer.

Que faut-il déposer dans les Batribox ?

Les piles, contenues dans les petits appareils de la vie courante, mais aussi les batteries de nos appareils électroniques (outils portatifs, téléphones mobiles, ordinateurs...) ainsi que les batteries intégrées dans les appareils électriques tels que les robots ménagers lorsque celles-ci sont accessibles.

Une Batribox près de chez vous :

Les piles et les batteries usagées doivent être déposées dans les bacs de collecte Batribox que vous trouverez à proximité des grandes surfaces alimentaires ou spécialisées (bricolage, hi-fi, téléphonie) ou chez les détaillants. Si l'appareil n'est pas démontable, il peut être déposé dans les bacs DEEE (Déchets des Equipements Electriques et Electroniques). L'appareil sera démonté par un professionnel pour en récupérer la batterie.

La filière de recyclage Batribox :

Piles et batteries sont regroupées, triées et acheminées vers des centres de recyclage agréés (voir le site www.batribox.fr). Les différents procédés utilisés permettent de récupérer les métaux qui entrent à nouveau dans le cycle de production de nouvelles piles et batteries ou dans la fabrication d'articles en acier inoxydable. Pour réglementer l'élimination des piles, la Commission Européenne a publié la directive 2006/66 qui a été mise en œuvre dans la législation des gouvernements nationaux cette année. Dès le début de l'année, le décret 188/08 impose aux fabricants de prendre en charge la fin de vie des batteries vendues et l'interdiction de déposer des batteries dans des décharges ou des incinérateurs.

Enfin, avec les accumulateurs au **lithium**, le risque de pollution de l'environnement est limité (contrairement aux accumulateurs au **cadmium**). La charge s'effectue en peu de temps, mais il est nécessaire de disposer d'un chargeur particulier. Les accumulateurs au **lithium-ion ne doivent jamais être laissés complètement déchargés**, et s'ils sont stockés pendant quelques mois, ils ne doivent pas être complètement chargés car ils vont gonfler et s'endommager.

Donc pour le stockage à long terme, on doit laisser une charge résiduelle de 30% environ (3,4 à 3,5 V par cellule). Leur charge s'effectue avec un processus appelé **CC/CV**, à savoir **une première partie à courant constant (CC) jusqu'à atteindre la tension de seuil, et une deuxième partie à tension constante (CV) dans laquelle le courant est graduellement réduit en maintenant la tension de charge à la valeur de la tension de seuil.**

Lorsque le courant de **sortie est inférieur à 10% de la charge nominale**, égale à 1C, la charge est considérée comme **complète**. Selon la technologie de fabrication en **Lithium-Ion (Li-Ion)** ou en **Lithium Polymère (Li-Po)**, les valeurs peuvent différer.

3 Les accumulateurs de type Li-Fe :

Alors qu'ils ont été introduits sur le marché récemment, ils sont déjà largement utilisés dans les outils électriques professionnels, en particulier ceux de fabrication américaine. Ils présentent des caractéristiques intéressantes telles qu'une **haute capacité** (comparable à celle du **Li-Ion**), un coût qui n'est pas excessif et la possibilité de **fournir**

un courant de très haute capacité jusqu'à 30C (une batterie de capacité 2000 mA/h peut délivrer jusqu'à 60 A). Une autre caractéristique intéressante est la possibilité de **recharger ces accumulateurs avec un courant égal à 4C**, et dans des temps inférieurs à **15 minutes**. Ces caractéristiques peuvent être évaluées en raison de leur large utilisation dans les visseuses, perceuses et outils électriques portatifs, en particulier dans les activités où le temps de recharge à une importance capitale.

La technologie utilisée comprend une **cathode** qui est faite en **phosphate de fer lithié** et dont l'acronyme est **Li-Fe**. Les accumulateurs de ce type ont une tension nominale de l'ordre de **3,3 V** par cellule et sont disponibles avec des capacités de **1 000 mA/h à 2 000 mA/h**.

La méthode de charge est la même que celle des accumulateurs au **lithium**, mais les **tensions sont différentes**, donc le chargeur doit avoir un **programme spécifique** pour ce type d'accumulateurs. À la fin de la charge l'accumulateur **Li-Fe** présente un comportement similaire au **Ni-Cd** et la tension a tendance à diminuer, c'est un problème lors de la recharge des cellules où une peut se charger plus que les autres. Dans ce cas, la tension de la cellule la plus chargée tend à diminuer, et compense alors l'augmentation de la tension des autres cellules, de sorte que le chargeur mesure de fausses indications sur l'état de charge réelle des cellules. Par conséquent, les cellules doivent être **parfaitement équilibrées** au moyen d'une charge individuelle, ou par l'utilisation d'un système qui égalise la charge des cellules pendant la phase de recharge. Si vous prévoyez de longues périodes de stockage, vous devez laisser une charge de 30 à 50%. Tous les six mois, il est conseillé une décharge et une recharge à 50%.

4 Les accumulateurs au Plomb

Ils ont une faible capacité énergétique par unité de volume et sont donc beaucoup plus volumineux que les autres. Cependant ils ont la particularité d'être en mesure de **rester en charge pendant de longues périodes**

sans danger et sont peu coûteux. Ils sont principalement utilisés comme batteries de secours.

Dans la pratique, une batterie doit être rechargée tous les 20 à 40 jours, afin d'éviter que sa capacité résiduelle devienne inférieure à 60 à 70% de sa capacité, ce qui aurait pour effet le début d'une sulfatation qui se produit lorsque la batterie est déchargée (il se forme sur les plaques du sulfate sous forme cristalline). **Plus la batterie est déchargée, plus la quantité de sulfate sur les plaques augmente jusqu'à un moment où les plaques sont totalement recouvertes** par une couche de sulfate de plomb blanc, ce qui stoppe l'activité électrochimique de la batterie qui **ne peut plus être chargée**. C'est la raison pour laquelle un **accumulateur au plomb ne doit jamais être complètement déchargé**. Il convient également de noter que même des décharges partielles, mais prolongées et répétées dans le temps, donnent lieu plus lentement au même phénomène.

La méthode standard pour charger des accumulateurs au plomb étanches consiste à appliquer un **courant constant de 0,4 C**, et de vérifier que la tension de chaque cellule atteigne la valeur de **2,3 V** à une température ambiante comprise entre 20 et 25° C.

Une batterie complètement déchargée se recharge entièrement en quelques heures. Lors d'une décharge profonde, on procède à **une charge à tension constante de valeur 2,3 V par cellule** et un **courant qui diminue graduellement jusqu'à zéro**, point où l'on considère que la charge est complète.

Une surcharge (avec un courant limité) ne cause pas dans l'immédiat de dommage, mais peut réduire la durée de vie de la batterie par la décomposition de l'électrolyte à l'intérieur, ce qui libère de l'oxygène et de l'hydrogène sous forme gazeuse et altère sa qualité. Nous vous recommandons de recharger complètement la batterie avant de longues périodes de stockage, et de la maintenir dans un environnement froid pour limiter l'autodécharge. En outre, il faut vérifier que la tension ne chute pas en dessous d'un minimum recommandé.



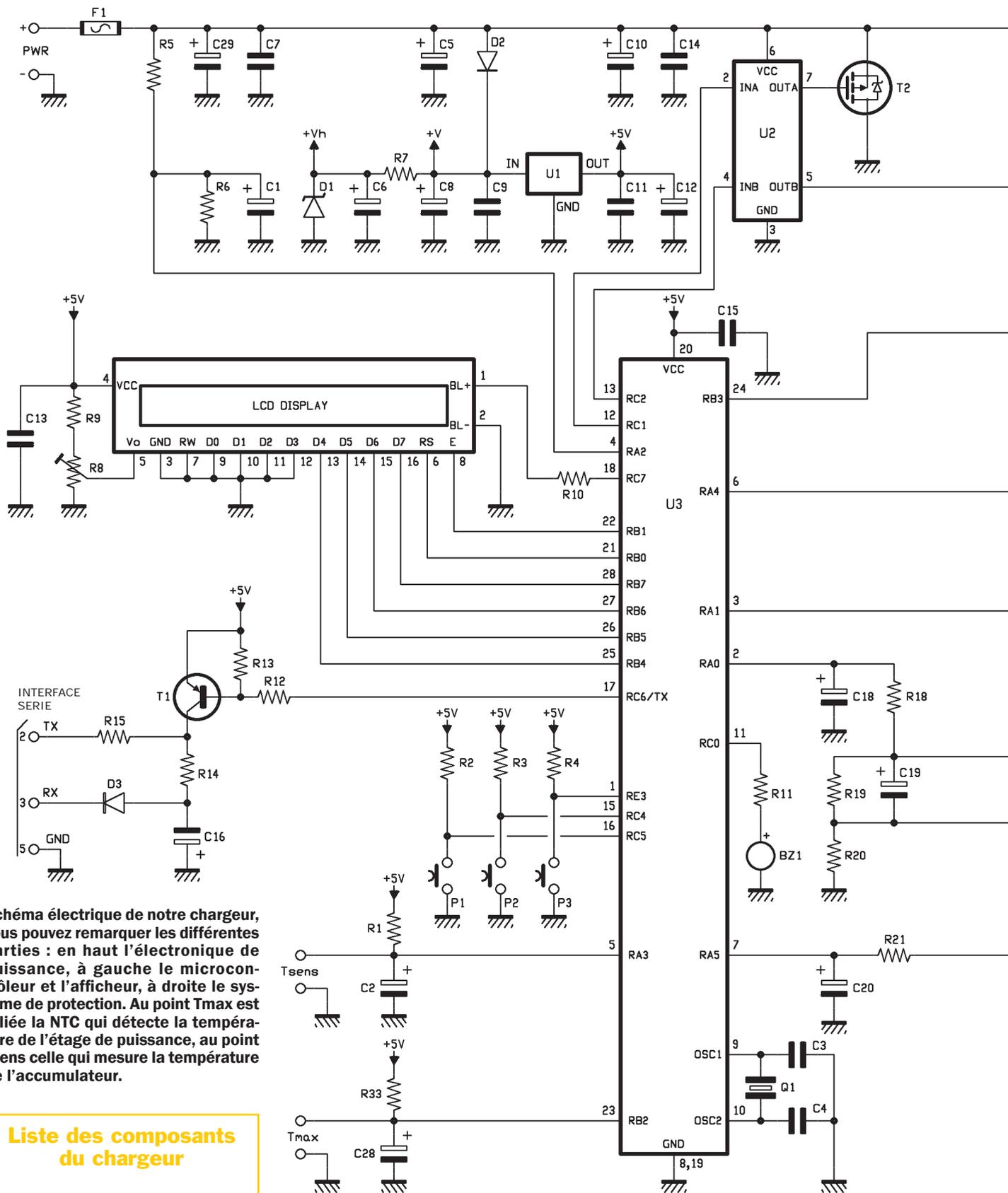


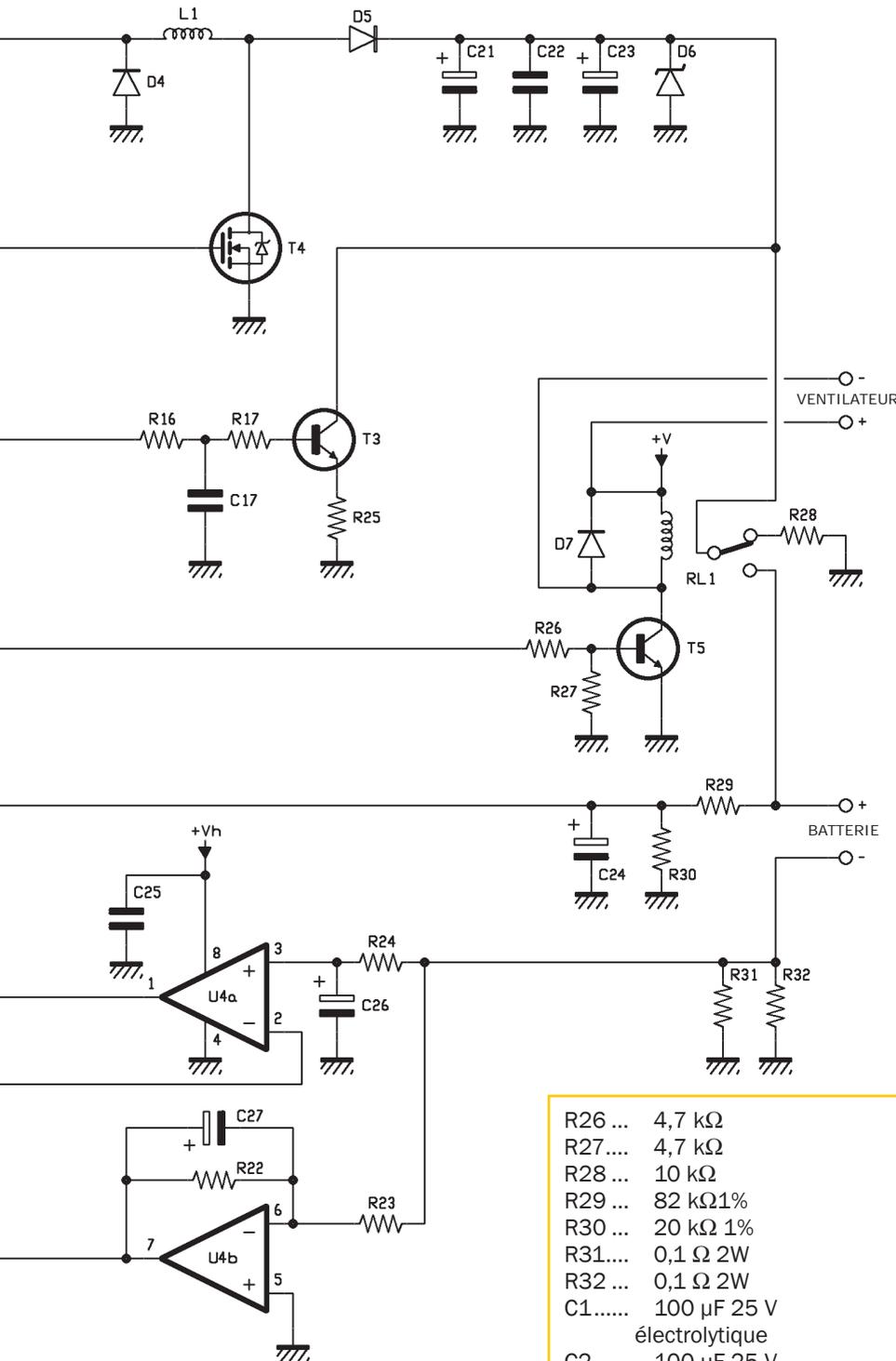
Schéma électrique de notre chargeur, vous pouvez remarquer les différentes parties : en haut l'électronique de puissance, à gauche le microcontrôleur et l'afficheur, à droite le système de protection. Au point Tmax est reliée la NTC qui détecte la température de l'étage de puissance, au point Tsens celle qui mesure la température de l'accumulateur.

Liste des composants du chargeur

R1.....56 k 2 W
 R1..... 10 kΩ 1%
 R2..... 10 kΩ
 R3..... 10 kΩ
 R4..... 10 kΩ
 R5..... 33 kΩ 1%

R6..... 8,2 kΩ 1%
 R7..... 560 Ω
 R8..... Trimmer 2,2 kΩ
 R9..... 4,7 kΩ

R10.... 47 Ω
 R11 ... 100 Ω
 R12 ... 4,7 kΩ
 R13 ... 4,7 kΩ



R14....	2,2 kΩ
R15 ...	220 Ω
R16....	150 Ω
R17....	150 Ω
R18 ...	4,7 kΩ
R19 ...	3,3 kΩ 1%
R20 ...	180 Ω 1%
R21....	4,7 kΩ
R22 ...	3,9 kΩ 1%
R23 ...	200 Ω 1%
R24....	4,7 kΩ
R25 ...	0,47 Ω 2W

R26 ...	4,7 kΩ
R27	4,7 kΩ
R28 ...	10 kΩ
R29 ...	82 kΩ 1%
R30 ...	20 kΩ 1%
R31....	0,1 Ω 2W
R32 ...	0,1 Ω 2W
C1.....	100 μF 25 V électrolytique
C2.....	100 μF 25 V électrolytique
C3.....	22 pF céramique
C4.....	22 pF céramique
C5.....	1000 μF 25 V électrolytique
C6.....	10 μF 25 V électrolytique
C7.....	100 nF multicouche
C8.....	100 μF 25 V électrolytique
C9.....	100 nF multicouche
C10....	1000 μF 25 V électrolytique
C11....	100 nF multicouche

C12....	10 μF 25 V électrolytique
C13....	100 nF multicouche
C14....	100 nF multicouche
C15....	100 nF multicouche
C16....	10 μF 25 V électrolytique
C17....	100 μF 25 V électrolytique
C18....	100 μF 25 V électrolytique
C19....	100 μF 25 V électrolytique
C20....	100 μF 25 V électrolytique
C21....	10 μF 25 V tantale
C22....	100 nF multicouche
C23....	470 μF 25 V électrolytique
C24....	1 μF 25 V électrolytique
C25....	100 nF multicouche
C26....	100 μF 25 V électrolytique
C27....	100 μF 25 V électrolytique
C28....	100 μF 25 V électrolytique
C29....	10 μF 25 V tantale
D1.....	Zener 8,2V 1/2W
D2.....	1N4007
D3.....	1N4148
D4.....	SR860
D5.....	SR860
D6.....	Zener 33V 1W
D7.....	1N4007
T1.....	BC327
T2.....	IRF9Z34N
T3.....	BD243
T4.....	IRF3205
T5.....	BC337
U1.....	7805
U2.....	TC4428CPA
U3.....	PIC18F2550-I/SP (MF810)
U4.....	TS272CN
Q1.....	Quartz 4 MHz
LCD....	Afficheur LCD 16 caractères 2 lignes (CDL4162)
BZ1....	Buzzer passif
P1.....	Bouton poussoir
P2.....	Bouton poussoir
P3.....	Bouton poussoir
L1.....	Inductance 220 μH 5A (220L5)
RL1....	Relais 12 V

Divers :

- Fiche alimentation pour circuit imprimé
- Prise jack 3,5mm pour circuit imprimé
- Connecteur femelle DB9 pour circuit imprimé
- Thermistance NTC 10 kΩ
- support circuit intégré 4+4 (x 2)
- support circuit intégré 14+14
- Porte fusible pour circuit imprimé
- Fusible 10A
- Fiche banane 4 mm femelle rouge
- Fiche banane 4 mm femelle noire
- Mica pour TO220 (6 pièces)
- Barrette 16 pôles mâle
- Barrette 16 pôles femelle
- Dissipateur thermique 150 x 75 x 25 mm

Caractéristiques des accumulateurs

Type	Tension Nominale [V]	Courant de charge	Vmin tension minimale de décharge [V]	Vmax tension maximale pendant la charge [V]	Courant de maintien	Vbat tension d'alarme [V]	Charge en % de la masse	Densité d'énergie en [Wh/Kg]
Ni-Cd	1,2	1C-2C ultrarapide 0,5C rapide 0,1C lente 0,5C rapide 0,1C lente	0,85	1,60	0,05C	1,70	15	50-80
Ni-Mh	1,2	<1C	1,0	1,60	0,03-0,05C	1,70	30	60-120
Li-Po	3,7	<1C-2C	3,0	4,20	—	4,25	1	130-200
Li-Io	3,6	<1C	2,7	4,10	—	4,15	1	110-160
Li-Fe	3,3	<1C-4C	2,0	3,60	—	3,65	1	90-150
Pb	2,0	<0,1C-0,4C	1,7	2,35	0,1C	2,45	30	30-50
Alcaline	1,5	—	—	—	—	—	0,3	80-160

La tension nominale **Vmin** de décharge est la tension minimale pour laquelle l'accumulateur peut être déchargé sans dommages irréversibles. **Vmax** est la tension maximale atteinte par l'accumulateur pendant la phase de charge. Le courant de maintien est celui qui peut être appliqué pour une durée indéterminée. **Vbat** est la tension d'alarme au-delà de laquelle l'accumulateur sera endommagé.

Le schéma électrique

En regardant le schéma électrique, il vous permet de comprendre comment le circuit est composé : il dispose d'une **section numérique** gérée par un **microcontrôleur** et une **section analogique** dédiée à la gestion de l'**étage de puissance** (étage de sortie) ainsi que de l'acquisition des paramètres de la charge et de l'état de (ou des) l'accumulateur(s).

Commençons par la description de l'étage de puissance, qui est alimenté avec une tension continue comprise entre **11** et **16 VDC**. Le fusible **F1** offre une protection contre les surcharges de courant, et agit aussi lors de l'inversion de la polarité de la tension d'alimentation.

Le **5 V** nécessaire à l'alimentation du microcontrôleur et de l'afficheur LCD provient d'un régulateur de type **7805** monté en configuration classique.

La diode **D2** évite tout endommagement de l'étage faible puissance, la diode **Zener D1** et la résistance **R7** procurent une tension stabilisée légèrement **supérieure au 5 V**, destinée à l'amplificateur opérationnel fonctionnant en mode d'alimentation unique.

Le cœur du circuit est un microcontrôleur de la firme MICROCHIP, un **PIC18F2550**, que nous avons choisi non pas parce qu'il dispose d'un port de communication USB mais plutôt pour **sa fréquence d'horloge élevée de 48 MHz**. Cela répond entièrement à nos besoins, vu la quantité de calculs mathématiques requis par le programme dans un laps de temps court. Nous avons choisi ce microcontrôleur, car il peut générer en interne **une modulation de largeur d'impulsions à une haute fréquence** (MLI ; en anglais : Pulse Width Modulation, soit PWM), ce qui est essentiel pour faire fonctionner l'étage de commutation du chargeur. Sa grande capacité de **mémoire FLASH (32 KB)** permet d'écrire un programme très avancé avec de nombreuses fonctionnalités.

Au **PIC18F2550** sont connectés les boutons poussoirs, l'afficheur LCD, le buzzer, et la communication série de type unidirectionnelle (du circuit vers le PC), juste pour que le chargeur envoie des données sur le port série.

A la place du classique MAX232, nous avons utilisé un simple transistor qui agit comme un adaptateur de niveau, du TTL au RS232. Le transistor est passant en présence de 12 V positifs et fournit un 0 logique, alors qu'il reste bloqué en présence du -12 V et fournit alors un niveau logique 1, le tout en parfait accord avec la norme RS232.

Pour contrôler les paramètres de charge de (ou des) l'accumulateur(s) (tension de charge, courant absorbé et température), nous avons configuré certaines broches du microcontrôleur pour effectuer des mesures analogiques grâce au convertisseur analogique/numérique (A/N) **intégré à 10 bits**. En particulier l'entrée **ANO** (broche 2, RAO) est utilisée pour lire la



tension de sortie de l'amplificateur opérationnel U4a, afin d'effectuer la **mesure du courant** de charge. Sur le schéma vous pouvez voir que le circuit **U4a amplifie la faible tension** présente aux bornes de la **résistance de shunt** (R31 en parallèle avec R32) qui est proportionnelle au courant de charge de la batterie. C'est une tension positive par rapport à la masse, l'amplificateur opérationnel est utilisé en configuration **non-inverseur**.

Lors de la décharge, toujours aux extrémités de la résistance de shunt (R31 en parallèle avec R32), est présente une faible tension proportionnelle au courant, mais de signe opposé, et donc négative par rapport à la masse, qui est **amplifiée** par l'amplificateur opérationnel **U4b**, monté en configuration **inverseur**.

Pour mesurer la température interne du chargeur et celle externe de (ou des) l'accumulateur(s), nous utilisons deux **thermistances NTC** (Negative Temperature Coefficient) de valeur 10 k Ω à 25 °C, dont la résistance diminue de façon uniforme avec la température. La conversion des données mesurées par les thermistances est confiée au programme du microcontrôleur.

La thermistance **Tsens** mesure la température de (ou des) l'accumulateur(s) et doit être plaquée contre le pack d'accumulateur lors de la charge,

la thermistance **Tmax** mesure la température de l'étage de puissance du chargeur.

Pour la mesure de la tension aux bornes de (ou des) l'accumulateur(s), nous utilisons un **pont diviseur** formé par les résistances **R29** et **R30**. Ces résistances, comme vous avez pu le constater dans la liste des composants, sont des résistances de précision avec une tolérance de 1%, afin d'avoir une mesure précise.

Le circuit de décharge est constitué par le transistor **T3**, les résistances **R16**, **R17** et **R25** et le condensateur **C17**. Le fonctionnement est très simple, le **signal PWM** du PIC présent sur la broche **RB3** (24) est converti en une **tension continue** à l'aide du filtre formé par **R16** et **C17**, proportionnelle au rapport cyclique du signal **PWM**. On retrouve une tension qui est convertie en un courant à travers la résistance **R17** pilotant la **base** du transistor **T3**. Celui-ci devient plus au moins conducteur en fonction du signal PWM et **dérive le courant de l'accumulateur vers la masse** au travers de la résistance **R25**.

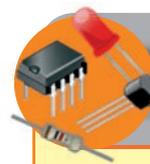
L'énergie de la batterie (ou de l'accumulateur) est dissipée sous forme de chaleur par le transistor **T3** qui est monté sur un radiateur. En fixant la **puissance maximale à 6 W**, dissipée dans le transistor, le courant

de décharge de la batterie est limité selon l'équation :

$$I_{max} \text{ (décharge)} = 6 / V_{Bat}$$

Le relais **RL1**, à la sortie du circuit, protège la batterie. Il est activé seulement après la vérification du bon fonctionnement du chargeur et lorsque la batterie est complètement chargée (fin de charge).

Dans le prochain numéro d'Electronique et Loisirs Magazine, nous décrirons la réalisation pratique du chargeur et nous examinerons les divers menus de l'afficheur et le programme « Data Logger » sur le PC. ■



Comment construire ce montage

Tout le matériel nécessaire pour construire ce chargeur est disponible auprès de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **www.electroniquemagazine.com** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 125 section « télécharger ».

Accessoires Apple pour Iphone



Câble USB2.0 pour iPod, Ipad, Iphone Réf. PCMP13 **4,40 €**



Chargeur avec double connexion USB Réf. PSSEUSB5 **8,80 €**



Outils pour réparation Réf. VTSDIP2 **11,50 €**



Comelec 12 / 2013 - Prix TTC

Large gamme de produit sur notre site, vos achats en ligne sur www.comelec.fr

CD 908 13720 BELCODÈNE
Tél. 04 42 70 63 90 • Fax 04 42 70 63 95

COMELEC

Contrôle à distance Utiliser son téléphone GSM comme télécommande et récepteur d'alarmes

Installations antivol pour les bâtiments civils et industriels, pour les voitures, contrôle des systèmes de climatisation, chauffage, contrôle de pompes et de systèmes d'irrigation, contrôle d'installations industrielles etc.



Comelec 12 / 2013 - Prix TTC

TDG133 87,00 €
Télécommande bidirectionnelle
GSM 2 entrées/2 sorties relais.

Permet de piloter deux relais à distance (en mode monostable ou bistable) grâce à des messages SMS (sécurisés par mot de passe) envoyés depuis votre téléphone portable. Mémorisez jusqu'à huit numéros de téléphone d'appel d'alarme déclençables via les 2 entrées. Convient également comme récepteur de système d'accès piloté par 200 numéros de téléphone. Requiert une carte SIM (non incluse).

TDG134 83,00 €
Télécommande GSM
1 sortie relais.

Système à utiliser en association avec le système électrique d'ouverture du portail. La fermeture peut être activée en envoyant un appel avec le téléphone portable via la carte Sim insérée sur la platine GSM. L'appel ne coûte rien. Le dispositif enverra une commande à la centrale de contrôle du portail qui procédera à l'ouverture ou la fermeture. Gestion à distance des utilisateurs via SMS (demande de mot de passe d'authentification) ou via le PC local (avec l'interface FT782M en option) avec le logiciel approprié. Alimentation de 9 à 32 Vdc. Le système comprend: le dispositif monté et testé avec le module GSM/GPRS SIM900 et l'antenne. Boîtier en option. Requiert une carte SIM (non incluse).

TDG140 94,50 €
Télécommande GSM bidirectionnelle
2 entrées/2 sorties relais.

Avec commandes par DTMF ou SMS. Système de contrôle à distance bidirectionnel qui utilise le réseau GSM pour activer et contrôler. Possibilité de mémoriser 8 numéros pour l'envoi des alarmes déclençables via les 2 entrées. Alimentation comprise entre 9 et 32 Vdc. Applications typiques en mode SMS ou DTMF :

- Installations antivol pour les bâtiments civils et industriels.
- Installations antivol pour voitures
- Contrôle des systèmes de climatisation / chauffage.
- Contrôle de pompes et de systèmes d'irrigation.
- Contrôle d'installations industrielles. Carte SIM (non incluse).

TDG135 115,00 €
Télécommande bidirectionnelle
GSM 2 entrées/2 sorties relais.

Avec composeur téléphonique. Utilisé dans le secteur de la sécurité et de l'automatisme à distance, il dispose de 2 entrées optoisolées et de 2 sorties relais contrôlables par DTMF, appel téléphonique (menu vocal guidé) et commande SMS. Les deux sorties peuvent être utilisées pour gérer à distance des dispositifs divers tels que des lumières, moteurs, etc. Le dispositif offre la possibilité de mémoriser 8 numéros de téléphone pour l'envoi de message d'alarme par appel téléphonique ou sms. La gestion des paramètres peut être faite à distance par SMS ou en local via un PC avec le logiciel adéquat (nécessite une interface USB). L'utilisateur peut personnaliser les messages vocaux et les écouter à l'aide du petit HP incorporé. Boîtier en option. Carte SIM (non incluse).

COMELEC
CD 908 - 13720 BELCODÈNE
Tél. : 04 42 70 63 90
Fax : 04 42 70 63 95
www.comelec.fr

Préamplificateur stéréo avec commande de tonalité numérique

PSMAX5406 de DAVIDE SCULLINO



Ce préamplificateur augmente suffisamment le niveau de sortie du signal BF des tuners, enregistreurs de cassette, lecteurs CD ou des lecteurs MP3 pour attaquer l'entrée d'un amplificateur de puissance stéréo. Il dispose d'un contrôle numérique avec des boutons, et non par potentiomètre, des graves et des aigus, ainsi que d'une sortie de basses dédiée à un subwoofer actif.

Cela fait quelques temps que nous n'avons pas proposé à nos lecteurs un projet dédié à la préamplification audio en stéréo (à part le petit **amplificateur 2 x 10 W** du numéro **123 d'Electronique et Loisirs Magazine** avec lequel ce montage s'adaptera parfaitement), peut-être parce que nous sommes trop occupés pour décrire les nouvelles technologies de l'imprimante **3DRAG**, et de la dernière génération de microprocesseurs du **RaspberryPi**, et plus encore.

Il semble donc juste de combler ce vide, en vous proposant quelque chose de nouveau et en accord avec notre philosophie

qui est de **conjuguer les circuits classiques lorsque cela est possible en incluant une touche moderne**. C'est pour cette raison que vous êtes peut-être amoureux de l'électronique numérique ou que vous détestiez les nouvelles puces audio communiquant en **bus I2C** et gérées par microcontrôleurs.

Soyez sans inquiétude, nous ne sommes pas là pour parler d'un préamplificateur BF classique ou d'un super circuit réservé aux familiers de la programmation. Nous sommes de retour sur le thème « audio », mais avec quelque chose de spécial.

Le circuit intégré MAX5406

Le composant utilisé dans notre préamplificateur décrit dans ces pages tient sur une seule puce et intègre un **réglage de tonalité**, un **double potentiomètre logarithmique** pour le **réglage du volume**, un **double atténuateur linéaire** pour gérer la **balance** entre les voies, le tout en version **stéréo** et **commandé par l'intermédiaire de simples boutons poussoirs** connectés aux broches appropriées.

En outre, il dispose d'un **double filtre passe-bas**, d'un **mélangeur pour une sortie externe mono subwoofer**, un circuit de « **MUTE** » contrôlé par un signal externe ou par un bouton (le niveau de sortie passe à -90 dB), un contrôleur d'alimentation (« **SHUTDOWN** ») gérable par un signal extérieur à l'aide d'un niveau logique ou à l'aide d'un bouton.

Le contrôle de tonalité est réalisé à l'aide de filtres électroniques de type **Baxandall** dont les connexions des condensateurs aux broches appropriées fixent les fréquences d'égalisation. Pour la section des graves, la fréquence de coupure est calculée en tenant compte de la constante de temps formée par les potentiomètres électroniques internes et de leurs condensateurs externes, selon la formule :

$$f_b = \frac{1}{2\pi \times R_{pot} \times C_b}$$

où **Rpot** est la résistance de chaque potentiomètre des graves, qui est typiquement de **116 kΩ**. Ensuite, le condensateur externe **Cb** (qui est connecté

entre les broches 11 et 12 pour le canal de gauche et entre les broches 36 et 37 pour le canal de droite) est calculé avec la formule suivante :

$$C_b = \frac{1}{2\pi \times R_{pot} \times f_b}$$

Quant à la section des aigus, la formule est identique, mais dans ce cas la résistance typique du potentiomètre est de **3,5 kΩ** :

$$C_a = \frac{1}{2\pi \times R_{pot} \times f_a}$$

Le condensateur externe **Ca** est connecté entre les broches 9 et 10 pour le canal de gauche et entre les broches 38 et 39 pour le canal de droite. Le filtre passe-bande de la section **subwoofer** se compose d'un filtre passe-haut pour chacun des canaux droite et gauche, et nécessite un condensateur entre les broches 14 et 15 (pour le canal de gauche) et entre les broches 33 et 34 (pour le canal de droite), la valeur de ces deux condensateurs est calculée selon la formule suivante :

$$C_{pa} = \frac{1}{2\pi \times R_s \times f_{pa}}$$

En considérant que la résistance vaut **13,8 kΩ** et que la fréquence doit être fixée entre **15** et **20 Hz**. En ce qui concerne la cellule passe-bas, celle qui atténue les fréquences inférieures à la limite du **subwoofer**, elle est constituée par l'unique condensateur connecté entre les broches 16 et 17 et sa valeur est calculée selon la formule suivante :

$$C_{pb} = \frac{1}{2\pi \times R_{sub} \times f_{pb}}$$

En considérant que la résistance **Rsub** vaut **10,6 kΩ** et que la fréquence de coupure **fpb** doit être comprise entre environ **80** et **100 Hz**. Les lignes de commande de tonalité, volume et balance sont résumées dans le tableau du data sheet du **MAX5406**.

En plus de cela, le **MAX5406** prévoit une entrée « **MUTE** » (mise en sourdine) disponible à la broche 19. Cette entrée dispose d'une résistance de tirage interne (pull-up), dès qu'elle est mise à un niveau zéro logique pendant un instant, le **volume descend en dessous du minimum** (-90 dB), et l'étage de sortie est silencieux. Vous pouvez restaurer le volume normal en appliquant à nouveau un zéro logique.

Une autre fonction intéressante est réalisée par la broche **AMB** (31) (**Abience Control**), le signal audio est disponible en sortie sur la broche **LMR** (7) et en entrée sur la broche (8) **AMBLI**.

De même **LPR** (41) et **AMBRI** (40) pour le canal de droite, quand la broche (31) **AMB** est à un **zéro logique** pendant un instant, le **signal est transmis à l'extérieur par la broche LMR** pour le canal de gauche et **LPR** pour le canal de droite.

Le **MAX5406** reçoit alors le retour du signal qu'il envoie aux contrôles de tonalité, volume et de balance sur les lignes **AMBRI** pour le canal gauche et **AMBRI** pour le droit. En appliquant de nouveau une impulsion à un niveau

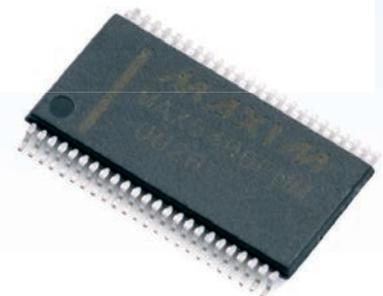
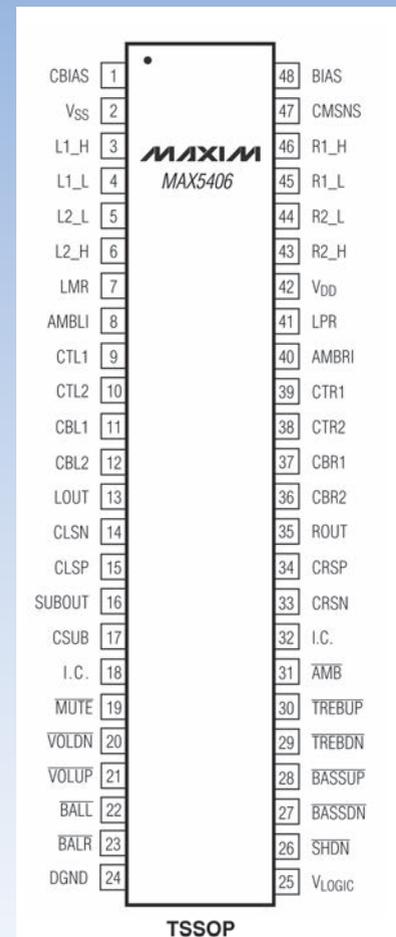
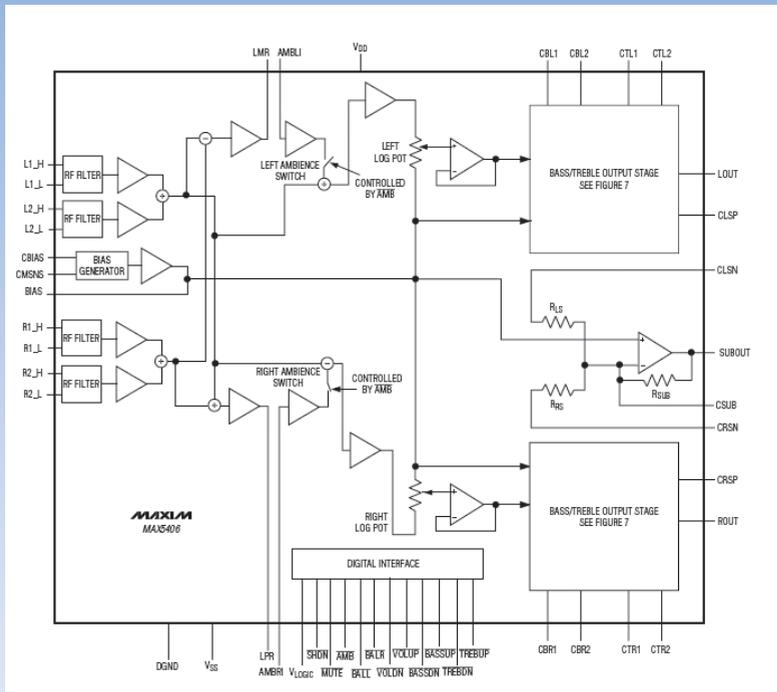
Caractéristiques techniques :

- Tension d'alimentation : 10 à 15 VDC
- Courant consommé : 20 mA
- Tension maximale d'entrée : 800 mVeff
- Gain en tension : 4,5 V
- Bande passante : de 20 Hz à 60 000 Hz
- Atténuation du volume : 0 dB à -60 dB
- Accentuation / atténuation des graves : ± 14 dB
- Accentuation / atténuation des aigus : ± 15 dB
- Bande passante sortie subwoofer : 15 Hz à 100 Hz

En effet, même si l'article traite d'un **préamplificateur Hi-Fi stéréo** avec un **contrôle de tonalité**, le projet décrit ici présente une nouveauté intéressante, puisque pour la première fois nous employons le nouveau circuit intégré de chez **MAXIM** dédié spécifiquement à de nombreuses

fonctions audio, allant du contrôle de volume à celui de la tonalité, en passant par la mise en sourdine (**muting**). En bref, une nouvelle puce qui occupe une petite surface, mais qui permet un total contrôle audio numérique.

Cependant, la chose intéressante qui distingue ce montage d'autres similaires utilisés dans des solutions compactes Hi-Fi, Home Cinéma ou dans un téléviseur, est le fait **qu'il ne nécessite**



logique zéro sur la broche **AMB**, le signal audio reprend son parcours normal.

Vous remarquez que les signaux des deux canaux passent normalement à travers deux commutateurs CMOS qui transfèrent directement les signaux aux étages de volume, balance et de tonalité.

La déviation ainsi réalisée par **AMB** sert, par exemple, à incorporer dans la chaîne audio des filtres spéciaux, à traverser les deux voies au moyen d'un déphasage pour créer un effet pseudo stéréo lorsque vous avez affaire à une source audio mono, ou pour passer à travers un égaliseur.

Vous pouvez à tout moment désactiver le **MAX5406** sans couper l'alimentation, pour cela il suffit de porter à un niveau logique **0** la broche (26) **SHDN (SHUT DOWN)**.

Elle est normalement maintenue à un niveau logique **1** par la **résistance interne de pull-up**, dès qu'elle passe à **0** le **MAX** est désactivé et ne consomme que 0,2 μ A, mais **garde en mémoire les réglages de tonalité, de volume et de balance**.

Cela signifie que le niveau du volume, la position de la balance et des tonalités retrouvent leurs « positions » d'avant le **SHUT DOWN**.

pas d'être géré par un microcontrôleur ou microprocesseur via le bus I2C, le bus SPI ou d'autres types de bus. Notre petite puce est **conçue pour fonctionner directement avec de simples boutons ou des lignes numériques compatibles TTL (0/5 V)** afin qu'elle soit utilisable par tout le monde.

Ceux qui ne savent pas programmer et qui aiment l'électronique du « bon vieux temps » pourront savourer ce

montage sans qu'il **soit nécessaire d'avoir à programmer un quelconque firmware**.

Par conséquent, c'est une excellente technologie de pointe qui pourra être réalisée par toute personne sachant faire un montage électronique. Le composant que nous utilisons est le circuit intégré **MAX5406**, qui contient **un étage correcteur de tonalité** (graves et aigus), et **un contrôle de volume**



stéréo (potentiomètre logarithmique). Il dispose de **deux entrées** et de **deux sorties audio**. La particularité des entrées est qu'elles peuvent

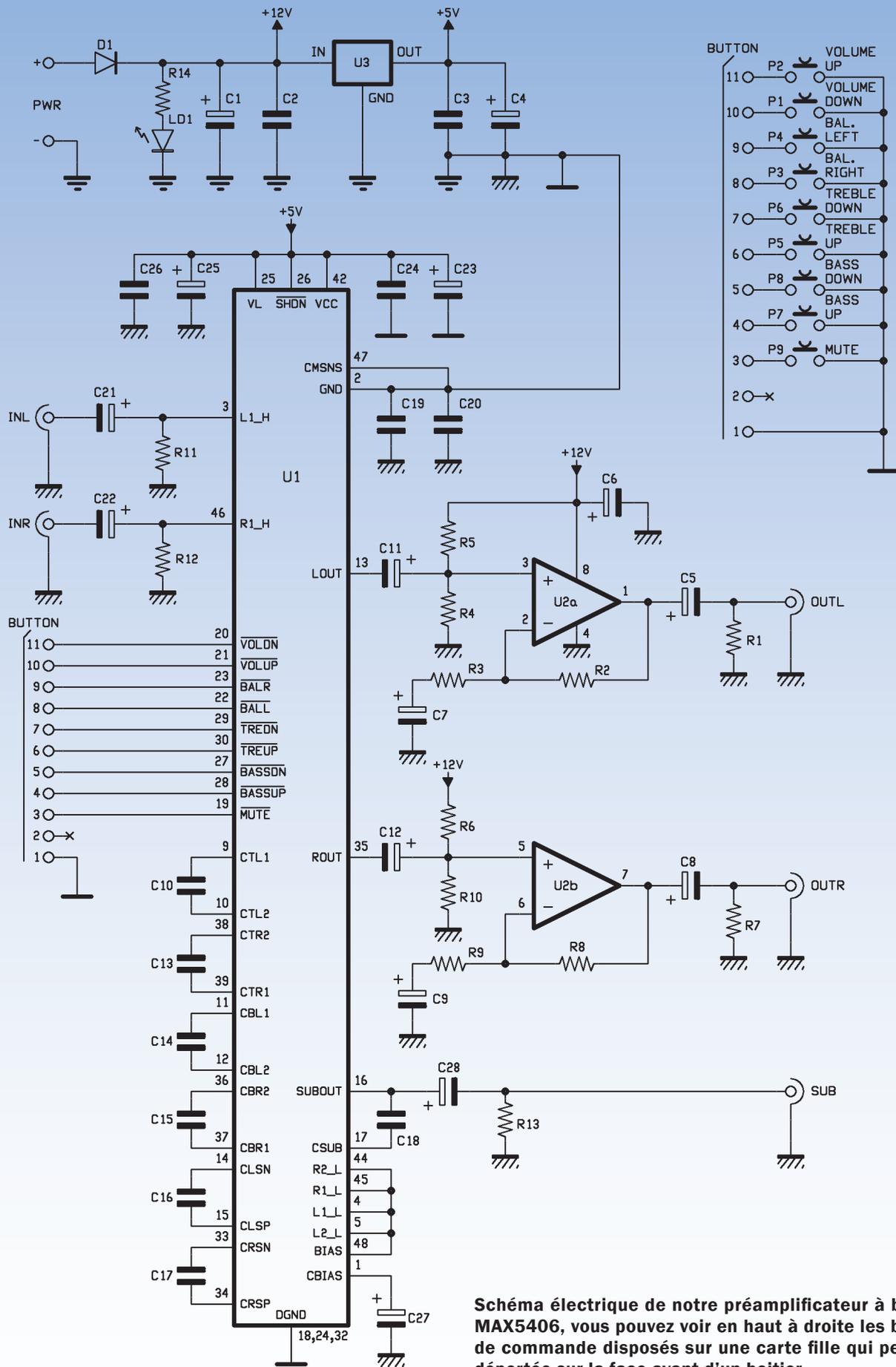


Schéma électrique de notre préamplificateur à base de MAX5406, vous pouvez voir en haut à droite les boutons de commande disposés sur une carte fille qui peut être déportée sur la face avant d'un boîtier.

être **configurées soit pour fonctionner en mode asymétrique** (un fil relié au signal, l'autre à la masse), soit **en mode symétrique** (les deux broches de chaque entrée ont exactement la même relation à la masse), par exemple lorsque vous devez faire un système de sonorisation avec de longs câbles.

Cette dernière solution consiste à faire parcourir le signal à amplifier le long d'une ligne à trois fils, en envoyant la composante du signal sur deux conducteurs, le troisième se référant à la masse. L'avantage, par rapport à une connexion traditionnelle (appelée asymétrique parce que le signal se déplace dans un seul fil par rapport à la masse) est que si une perturbation (comme le bourdonnement induit par le réseau à 220 VAC ...) affecte le câble, elle se propage de manière symétrique sur les deux fils qui transportent le signal. En reliant ces derniers à un amplificateur ayant une entrée différentielle, ce qui en résulte est un signal nettoyé de la perturbation, puisque la différence amplifiée est la différence entre la tension de la ligne positive et celle de la ligne négative, donc la perturbation a la même grandeur mais sa polarité est inversée, celle de la première ligne annule celle de la deuxième ligne.

En plus des commandes de tonalité et de volume, le **MAX5406** possède une **sortie audio pour un caisson de grave amplifié**. Cette sortie est dotée d'un filtrage des signaux gauche et droite à l'aide d'un filtre passe-bande à double cellule, puis d'un mélangeur pour obtenir une seule composante audio.

En plus de cela, le circuit intégré dispose de broches « d'insertion » du signal audio, dans lesquelles vous pouvez insérer des circuits qui mettent en œuvre des contrôles tels que l'effet d'ambiance ou d'égalisation. Le signal peut soit directement atteindre la sortie, ou être détourné à l'aide d'une commande appliquée sur la broche **AMB**.

La partie du contrôle de tonalité est composée de filtres actifs dont les fréquences de coupure sont fixées au moyen d'un condensateur pour chaque filtre, et pour chaque canal (donc il y a 4 condensateurs). Pour le filtrage du caisson actif, la fréquence du filtre



Un son à partir de 780.000 €

... pourrait venir d'une cascade de pièces de monnaie, d'un magnifique moteur construit sur mesure ou de la porte d'un appartement de luxe ... « Mais lors de la dernière édition de l'IFA (www.ifa-berlin.de), l'événement électronique grand public qui se tient chaque fin de Septembre dans les halls d'exposition de Berlin, le magazine Allemand AUDIO (www.audio.de) a décerné, afin de nous montrer comment effectuer une installation Hi-Fi dans un auditorium de 110 places seulement, le titre de WEHMS (Wold More Expensive Hi-fi System) à une chaîne stéréo Hi-Fi d'un coût de pas moins de 780.000 € ! Oui, vous avez bien lu : 780 000 € ! »

La chaîne qui est considérée comme l'essence de la haute-fidélité, est constituée d'une paire d'enceintes KEF 207/2 (130 000 €), d'un amplificateur de puissance McIntosh MC 2 kW (2000 watts en sortie, 110 000 €), d'un préamplificateur Mark Levinson 502 (28 000 €), d'un subwoofer Velodyne DD 1812 (la pièce la moins chère seulement 14 000 €), d'un lecteur Digital Stream Player (lecteur de fichiers audio) Linn Klimax DS (16 000 €), d'un tourne-disque Clearaudio Statement (105 000 €) et, enfin, d'une seconde platine Transrotor Artus (118 000 €). Tout cela est complété par un vidéoprojecteur SIM2 HT-5000 équipé d'un écran de projection Steward StudioTec (le tout, pour la modique somme de 73 000 €).

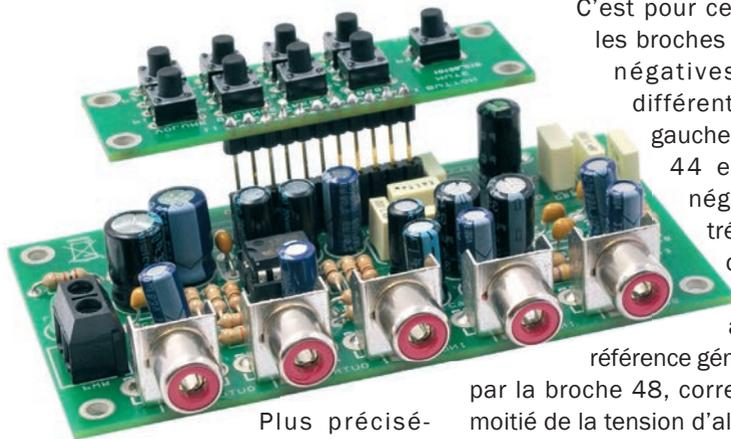
Parmi tous les composants, ceux certainement les plus impressionnants sont les deux platines, la Clearaudio Statement et la Transrotor Artus. La première pèse 350 kg et comporte un plateau maintenu en suspension par une structure élastique et maintenu à plat par un pendule de 80 kg ! La seconde est un peu plus petite et pèse 220 kg, elle est soutenue par des colonnes, et utilise également un système d'alignement du plateau sur la base d'un pendule à trois masses.

Le passe-bas peut être déterminée de l'extérieur, par l'intermédiaire d'un condensateur qui fixe la fréquence de coupure.

Le schéma électrique

Voyons comment le **MAX5406** est utilisé dans notre montage.

Le circuit intégré reçoit les signaux audio des canaux gauche et droit à travers deux condensateurs de découplage, respectivement **C21** et **C22** (voir le schéma électrique). Le signal passe ensuite vers le contrôle de tonalité et de volume. Pour la tonalité comme pour le volume, la commande s'effectue simultanément pour les deux canaux.



Plus précisément, le circuit utilise deux boutons pour la commande du volume (haut et bas ; augmentation/diminution), de même pour la commande des graves (haut et bas ; augmentation/diminution) et deux autres boutons pour la commande des aigus (haut et bas ; augmentation/diminution). La balance est contrôlée par deux boutons, un vers le canal de gauche et l'autre vers le canal de droite.

Un dernier bouton vous permet d'activer la fonction « **MUTE** » qui sert à couper instantanément le préampli ou à bloquer le signal audio. Lorsque l'on appuie sur le bouton une fois, le circuit est coupé, et une nouvelle pression permet de revenir à l'état où se situait le volume. Notez qu'avec le « **MUTE** » le volume d'écoute est ramené en dessous de celui correspondant au réglage effectué par P1 et P2, qui peut avoir un maximum de -60 dB (le MUTE atténue d'environ 90 dB).

En ce qui concerne les contrôles de tonalité, les condensateurs externes fixant les fréquences de coupure des filtres sont pour les aigus **C10** pour le canal de gauche, **C13** pour le canal de droite ; pour les graves **C14** pour le canal de gauche, **C15** pour le canal de droite.

Bien que le circuit intégré dispose d'entrées différentielles, nous adoptons pour les deux canaux la configuration « **entrée asymétrique** », soit un câble avec le signal audio plus la masse. Nous ne prévoyons pas d'avoir à utiliser le préamplificateur dans des environnements de sonorisation qui comprennent des longueurs de câbles importantes et dont le signal peut être perturbé (le circuit est étudié pour une utilisation Hi-Fi de salon).

C'est pour cette raison que les broches 4 et 5 (bornes négatives de l'entrée différentielle du canal gauche) et les broches 44 et 45 (bornes négatives de l'entrée différentielle du canal droit) sont portées à la tension de référence générée en interne par la broche 48, correspondant à la moitié de la tension d'alimentation.

Ceci parce que nous alimentons le **MAX5406** avec une unique alimentation, si nous avons utilisé une alimentation symétrique, les broches auraient été connectées à la masse (0 V).

Aux sorties du **MAX5406**, du moins celles des canaux stéréos, nous avons ajouté un amplificateur opérationnel sur chacune d'elle, ce qui a pour effet d'élever le niveau du signal de sortie suffisamment pour compenser les pertes dans le **MAXIM** et attaquer correctement un amplificateur de puissance à partir de sources telles que les platines cassette, les lecteurs CD et tuners, car elles ne dépassent pas 500 mVeff.

Chaque amplificateur opérationnel travaille en configuration non-inverseuse et génère un gain en tension d'environ 5. Les deux amplificateurs opérationnels sont de type faible bruit et sont contenus dans un seul boîtier intégré de type **TL072** ou **LS4558**. La sortie **subwoofer** est directement connectée à la broche 16 qui est la sortie du **MAX5406**, le condensateur de découplage **C28** bloque la **composante continue DC** du signal et se décharge au repos à travers la résistance **R13**. Le filtre passe-bande de la section du subwoofer (caisson de graves) utilise les condensateurs **C16** et **C17**, qui déterminent la fréquence de coupure inférieure des cellules passe-bas respectivement pour les canaux gauche et droit.

Dans notre application, le **MAX5406** fonctionne avec une alimentation unique, pour utiliser le générateur interne du « **potentiel de bias** » (courant de polarisation de l'étage), nous mettons à la masse la broche **47**. Le générateur nécessite alors un condensateur

Liste des composants du préamplificateur stéréo

R1..... 10k
R2..... 47k
R3..... 10k
R4..... 100k
R5..... 100k
R6..... 100k
R7..... 10k
R8..... 47k
R9..... 10k
R10.... 100k
R11 ... 47k
R12 ... 47k
R13 ... 10k
R14.... 1k

C1..... 220 µF/ 35 V électrolytique
C2..... 100 nF multicouche
C3..... 100 nF multicouche
C4..... 220 µF/ 16 V électrolytique
C5..... 10 µF/ 100 V électrolytique
C6..... 10 µF/ 100 V électrolytique
C7..... 1 µF/ 100 V électrolytique
C8..... 10 µF/ 100 V électrolytique
C9..... 1 µF/ 100 V électrolytique
C10.... 4,7 nF 63 V polyester
C11.... 1 µF/ 100 V électrolytique
C12.... 1 µF/ 100 V électrolytique
C13.... 4,7 nF 63 V polyester
C14.... 18 nF 63 V polyester
C15.... 18 nF 63 V polyester
C16.... 680 nF 63 V polyester
C17 ... 680 nF 63 V polyester
C18.... 150 nF 63 V polyester
C19.... 100 nF multicouche
C20.... 100 nF multicouche
C21.... 2,2 µF/ 16 V électrolytique
C22.... 2,2 µF/ 16 V électrolytique
C23.... 47 µF/ 16 V électrolytique
C24.... 100 nF multicouche
C25.... 47 µF/ 16 V électrolytique
C26.... 100 nF multicouche
C27 ... 47 µF/ 16 V électrolytique
C28.... 10 µF/ 100 V électrolytique

D1..... 1N4007

LD1.... led 3mm verte

U1..... MAX5406EUM
U2..... TL072
U3..... 78L05

P1 à P9 Microswitch
Bornier 2 pôles x 1
Connecteur femelle RCA pour circuit imprimé x 5
Connecteur femelle 11 broches pour circuit imprimé x 1
Connecteur mâle 11 broches pour circuit imprimé x 1

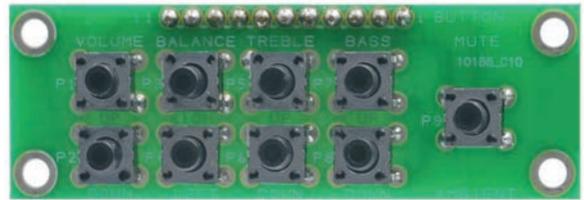
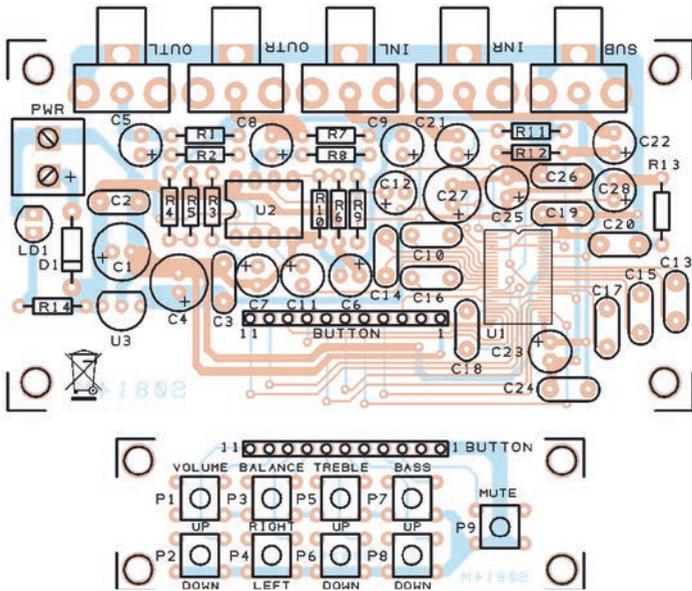
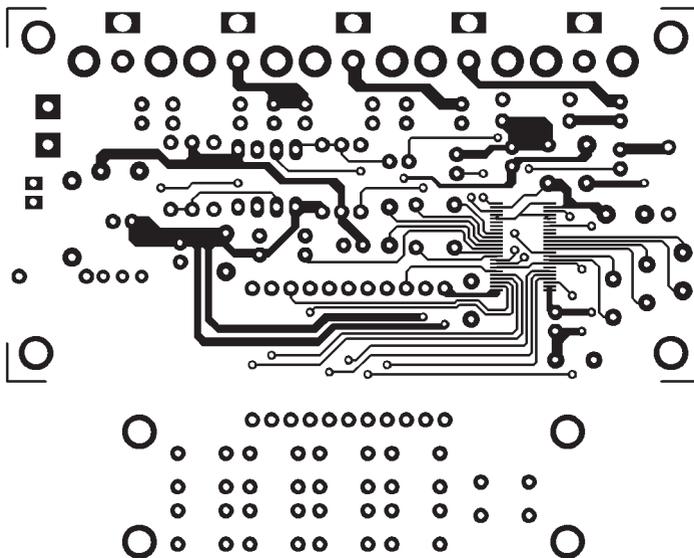
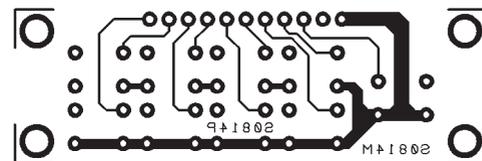
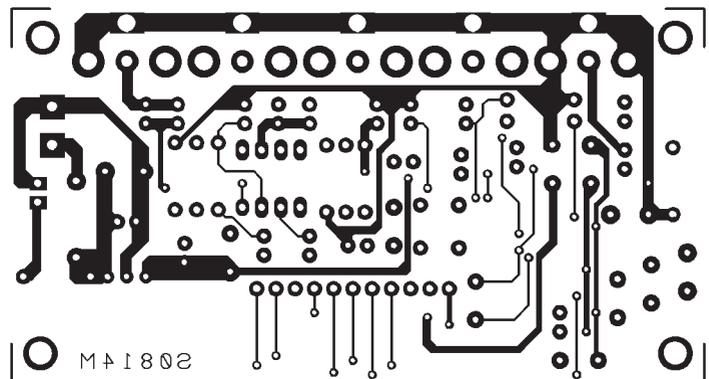


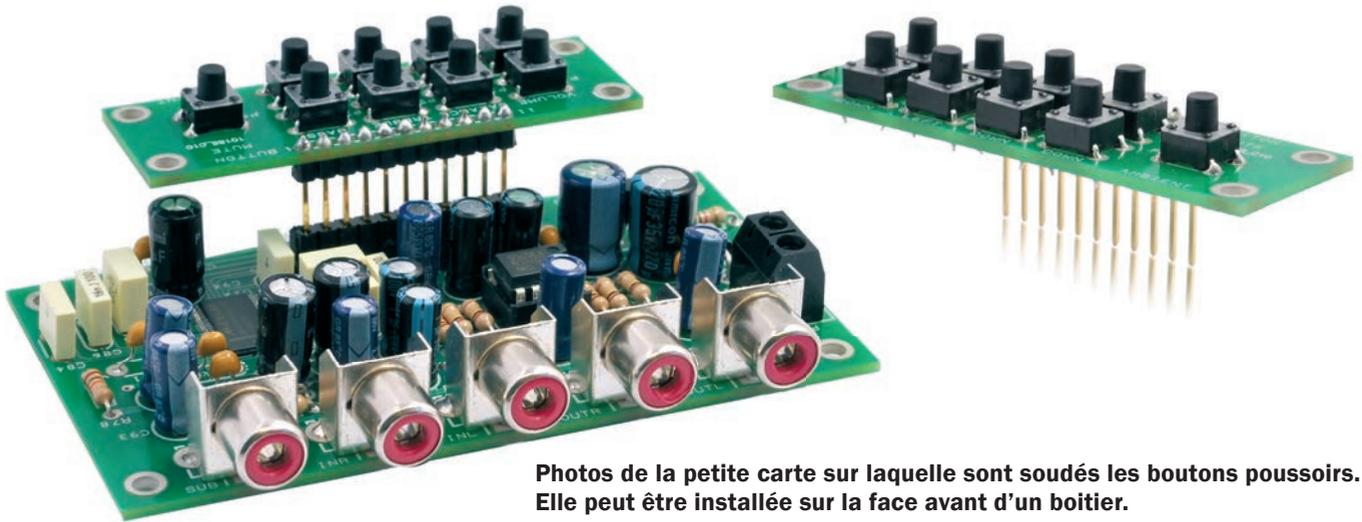
Photo de l'un de nos prototypes de notre préamplificateur à base de MAX5406, vous pouvez voir la platine comprenant les boutons de commande qui peut être déportée sur la face avant d'un boîtier.

Schéma d'implantation des composants de notre préamplificateur à base de MAX5406.

Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 côté soudures de notre préamplificateur à base de MAX5406.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 côté composants de notre préamplificateur à base de MAX5406.



Photos de la petite carte sur laquelle sont soudés les boutons poussoirs. Elle peut être installée sur la face avant d'un boîtier.

de filtrage externe **C27** polarisé et connecté entre la broche **1** et la masse. La tension de référence est disponible sur la broche **48 (BIAS)** sur laquelle nous avons connecté les broches négatives des entrées audio.

Selon le constructeur, nous avons gardé des pistes séparées pour les broches d'alimentation 5 V analogiques et numériques, et leurs masses respectives, qui sont reliées aux condensateurs de filtrage **C3** et **C4**. Les condensateurs **C23** et **C24** filtrent le **5 V logique**, tandis que les condensateurs **C25** et **C26** filtrent le **5 V analogique**.

Vous aurez remarqué que les deux bornes des condensateurs **C19** et **C20** sont reliées à la masse, ces composants sont court-circuités uniquement en régime continu. En fait, lorsque le circuit est en fonctionnement, ils servent à by passer (filtrer) les perturbations qui pourraient provenir de la section numérique, et perturber la section analogique à travers la masse numérique **DGND** (broche 2).

L'ensemble du montage est alimenté par une tension de **12 V** appliquée aux bornes + PWR et - PWR à travers la diode **D1** qui sert de protection contre les inversions de polarité. La broche **8** du double amplificateur opérationnel **U1** est directement reliée à la cathode de la diode **D1** et la broche **4** à la masse, **U1** est alimenté en **12 V**. Un régulateur intégré de type **7805** fournit une tension stabilisée de **5 V** au **MAX5406** à partir de la tension présente sur la cathode de **D1**, puis filtrée par le condensateur

C4 (220 μ F) pour les parasites basses fréquences et **C3** pour les parasites hautes fréquences, qui peuvent se propager autour du préamplificateur.

Réalisation pratique

Et bien, à ce stade, nous pensons que nous vous avons fourni toutes les informations nécessaires pour utiliser correctement le circuit, maintenant nous allons voir comment mettre en œuvre le préamplificateur avec le contrôle de tonalité.

Pour le montage, nous avons prévu l'utilisation de deux circuits imprimés, un qui contient uniquement les boutons poussoirs que vous pouvez placer sur la face avant du boîtier dans lequel vous aurez installé la carte principale du préamplificateur (compte tenu des faibles dimensions des circuits imprimés vous pouvez les intégrer directement dans le boîtier d'un amplificateur de puissance) et l'autre contient tous les composants, ainsi que les connecteurs RCA pour les entrées et sortie audio.

Le premier circuit est un **simple face**, tandis que le second est un **double face**, vous pouvez **télécharger les typons des circuits à l'échelle 1 : 1 au format « pdf » sur notre site internet www.electroniquemagazine.com, page « revue » 125 section « télécharger »**. Le circuit des touches peut aussi être réalisé à l'aide d'une plaque d'essais pour les tests. Gravez le circuit et percez les trous, insérez et soudez les 9 boutons poussoirs miniatures (attention au sens

du contact), ensuite insérez et soudez le connecteur mâle à 11 contacts au pas de 2.54mm qui servira de connexion avec le circuit de base.

Quant à ce dernier, comme l'élément le plus critique est le circuit MAX5406 qui est en boîtier CMS au pas de 1 mm, faites correspondre ses pattes avec celles du circuit imprimé (**attention au sens le repère détrompeur en « U » doit se situer vers C25**). Commencez par souder délicatement, à l'aide d'un petit fer à souder de 20 W avec une pointe fine métallique et de la soudure de diamètre 0,5 mm, la patte 1 (du côté de C10 et C27). Vérifiez que les autres pattes du MAX5406 soient bien en face des autres emplacements du circuit imprimé, éventuellement bougez un peu le circuit, puis soudez la broche à l'opposé en diagonale, soit la broche 25, puis continuez en alternance (48 puis 24, 2, 26....), avec le plus grand soin pour éviter un excès d'étain entre les broches.

Faites des pauses pour laisser refroidir le circuit intégré MAX. Lorsque vous avez terminé de souder, assurez-vous qu'il n'y ait pas de courts-circuits en vérifiant à l'aide d'une loupe. Si vous avez besoin d'enlever de l'étain en excès, prenez de la tresse fine à des-souder, et ensuite appliquez le fer à souder en mettant la pointe aux endroits critiques jusqu'à ce que la tresse « absorbe » l'étain excédant.

Maintenant que vous avez soudé correctement le seul composant CMS, passez aux composants traditionnels, en plaçant d'abord les résistances,

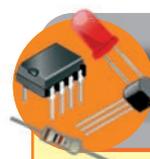
la diode, le support de l'amplificateur opérationnel TL072, ensuite les condensateurs non polarisés et les électrolytiques (respectez la polarité en plaçant correctement la bande qui indique le moins). Finissez par souder la LED verte et les fiches RCA sur le circuit imprimé.

Terminez en soudant dans les endroits appropriés les connecteurs mâles et femelles à 11 contacts au pas de 2,54 mm, vous pouvez opter à la place pour un câble plat multiconducteur en ayant auparavant dénudé et étamé chaque fil. Terminez l'installation en insérant et en soudant le bornier d'alimentation au pas de 5 mm, puis introduisez dans le support l'amplificateur opérationnel (vous pouvez choisir soit une LS4558 ou un TL072 ou TL082).

Votre préamplificateur est désormais prêt à être utilisé, car il n'a pas besoin de réglage.

Pour le faire fonctionner, il nécessite une tension continue, de préférence stabilisée, d'une valeur **comprise entre 10 VDC et 15 VDC**.

Cet amplificateur se contente d'une consommation en courant de vingt milliampères. C'est pour cette raison et pour sa très petite taille, qu'il devient facile de l'intégrer dans le coffret d'un amplificateur existant (peut-être pour remplacer une section d'un préampli en panne ou de médiocre qualité) ou d'autres appareils (comme les amplificateurs pour guitares et autres instruments de musique). ■



Comment construire ce montage

Tout le matériel nécessaire pour construire ce préamplificateur est disponible auprès de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les typons des circuits imprimés sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **www.electronicmagazine.com** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 125 section « télécharger ».

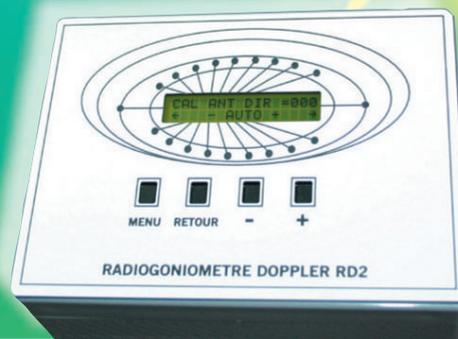
GONIOMÈTRE DOPPLER DE 50 MHz à 1.2 GHz

- Commutation pour 4 antennes • Sélection d'impulsions vers le + 5V ou vers le 0V pour activer les antennes.
- Rotation des antennes; CW ou CCW.
- Contrôle indépendant de chaque antenne.
- Auto calibration vers le devant du véhicule.
- Afficheur LCD standard de 2 lignes X 16 caractères.
- Un affichage similaire à 36 LED et aussi numérique "000-359" de la direction.
- Tous les menus sont montrés clairement sur l'afficheur LCD.
- Mémoire permanente pour toutes les calibrations et options.
- Traitement principal du signal fait par le soft.
- Microcontrôleur PIC 16F877, mémoire de programmation Flash, mémoire EEDATA, USART, ADC, chrono...
- Mémorisation de la calibration de 3 radios.
- Sortie chronométrée ou sur demande vers APRS, interface GPS.
- Option d'affichage d'un S-mètre, l'entrée est ajustable de 0 < 2 à 5 V. pour un affichage de 00 < 99.
- 7 niveaux de traitement du signal. Possibilité d'affichage instantané des données brutes.
- Sélectivité Maximum des filtres audio analogues et numériques de +/- 0.1 Hz.
- En cas de perte du signal, mémorisation de la dernière bonne direction.
- Haut-parleur intégré et alimentation 12 Vdc.
- Rétro-éclairage LED de l'afficheur.

Le **Gonio Doppler RD2** présenté ici n'intègre pas de récepteur particulier. Il est prévu pour être utilisé conjointement à des matériels déjà existants, portatifs, mobiles (dans le cas de recherches sur le terrain) voire fixes. Ainsi, tout récepteur VHF ou UHF, disposant d'une sortie BF, peut être couplé à ce gonio Doppler capable de couvrir une très large plage de fréquences, en fonction des besoins (de 50 MHz à 1,2 GHz). Nous ne sommes donc plus limités, dans le cadre des recherches de balises de détresse, aux seules fréquences 121,5 (ou 121,375), 243 et 406 MHz

Réf. RD2
199,00 €
Vendu sans antennes

SUPER
* Promotion



Comelec 12 / 2013 - Prix TTC

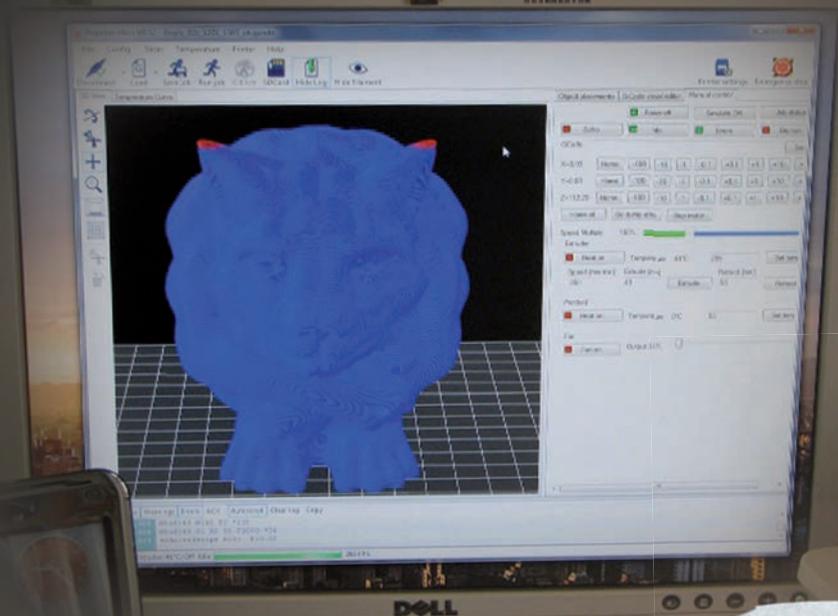
COMELEC

CD 908 - 13720 BELCODENE

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

*Cette offre est valable Jusqu'à épuisement du stock disponible. www.comelec.fr

De Simone Majocchi



Dans le précédent numéro d'Électronique et Loisirs Magazine, le numéro 124, nous avons décrit le montage de l'imprimante 3DRAG dont vous pouvez retrouver l'intégralité sur notre site www.3dprint.electroniquemagazine.com avec plus de 470 images en haute qualité pour les versions 1.0 et 1.1 de la 3DRAG. Dans ce troisième épisode de notre série d'articles sur les imprimantes 3D, nous allons nous concentrer sur le processus qui permet de passer de l'idée à un objet fini, en analysant chaque étape pour adapter les dernières solutions et les technologies de pointe.

Chris Anderson ou tout simplement l'évolution inévitable du marché. Ce qui importe, c'est de prendre une place au premier rang et de ne pas rester spectateurs.

Dans notre voyage à travers le monde de l'impression en trois dimensions, nous vous avons expliqué dans le premier article comment nous sommes arrivés à ce projet de **RepRap** et comment il a transformé un créneau professionnel coûteux en un créneau « d'amateurs » d'un coût abordable. Ce phénomène a retenu l'attention dans beaucoup de médias.

*L'expression longue traîne (de l'anglais long tail) a été employée pour la première fois en 2004 par Chris Anderson dans un article du magazine Wired pour décrire une partie du marché des entreprises telles qu'Amazon ou Netflix qui vendent de nombreux produits, chacun en petite quantité. Il pense que les produits qui sont l'objet d'une faible demande, ou qui n'ont qu'un faible volume de vente, peuvent collectivement représenter une part de marché égale ou supérieure à celle des best-sellers, si les canaux de distribution peuvent proposer assez de choix, et créer la liaison permettant de les découvrir.

Nous sommes encore au début d'un long voyage et sauf en cas de bouleversement mondial, nous pouvons affirmer que nous sommes au début de la **nouvelle révolution industrielle**.

Des grandes usines à une myriade de micro entreprises, de quelques « capitaines d'industrie » à de nombreux artisans créateurs et inventeurs, c'est la **Long Tail** * (longue traîne) d'après

Les cinq étapes de l'impression 3D

Sans vouloir trop simplifier, nous pouvons résumer l'ensemble du processus en cinq phases :

- **Conception**
- **Modélisation**
- **Découpage**
- **Impression**
- **Finition**

Évidemment, chaque étape mène à l'autre, mais selon la phase, il est possible de choisir en termes d'approche des variations et des alternatives. Du point de vue pratique, les **trois premières étapes** sont basées sur le **logiciel** qui peut être choisi parmi un ensemble, tandis que la **quatrième** et la **cinquième phase** sont essentiellement liées au processus de fabrication de la pièce et **font partie de l'imprimante**.

Ce n'est pas toujours obligatoire de partir de la première étape pour aller à la cinquième. Vous pouvez imprimer un fichier en **G-Code** préparé à l'avance sans se soucier de l'impression et finir avec un couteau et une lime, ou alors vous pouvez passer du temps dans la modélisation. Au lieu de cela, nous recommandons **de prendre le temps de maîtriser les différentes phases**, du moins d'un point de vue théorique, afin d'acquérir la connaissance sur le sujet qui vous aidera à comprendre quand l'impression 3D est possible et si elle est à la portée de votre équipement.

La conception

La première phase de la création d'un objet est la conception, à savoir la phase dans laquelle à l'aide d'outils simples – tel qu'un crayon et une feuille de papier – on dessine un croquis qui définit la forme et la taille de l'objet. Cette étape peut être difficile pour ceux qui n'ont pas l'habitude de faire des croquis sur papier, mais elle vous aidera à aborder la phase suivante qui est la modélisation, avec les idées beaucoup plus claires.

Si ce sont des pièces mécaniques, disposer d'exemples peut être d'une grande aide, mais si vous devez réaliser des pièces qui doivent s'intégrer

dans des structures existantes, des mesures précises sont indispensables. Une recherche sur différents sites de modèles 3D peut vous inspirer pour réaliser ce que vous avez à l'esprit. Quand vous avez une idée précise de ce que vous voulez faire, vous pouvez passer à la prochaine étape qui est la modélisation.

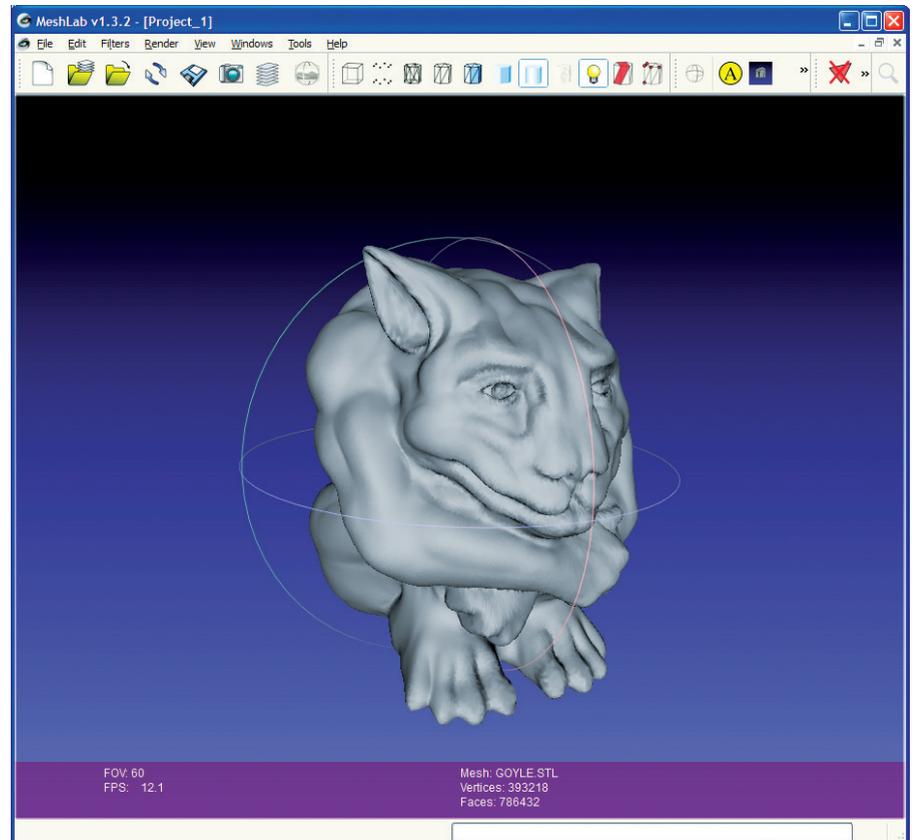
La modélisation

Cette étape permet de transformer votre croquis en un modèle 3D composé de **primitives géométriques** ou d'une surface structurée réalisée avec les « outils main ». A ce stade un bon programme de modélisation tridimensionnelle est essentiel. Sur Internet, s'ils sont sous différentes formes libres ou en version d'évaluation, chacun d'eux a ses propres avantages et inconvénients.

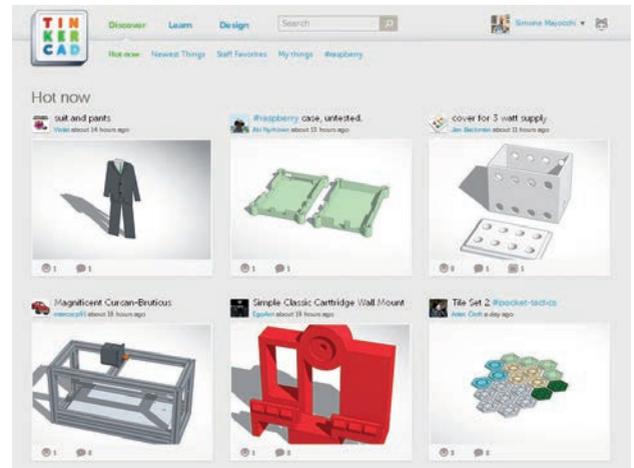
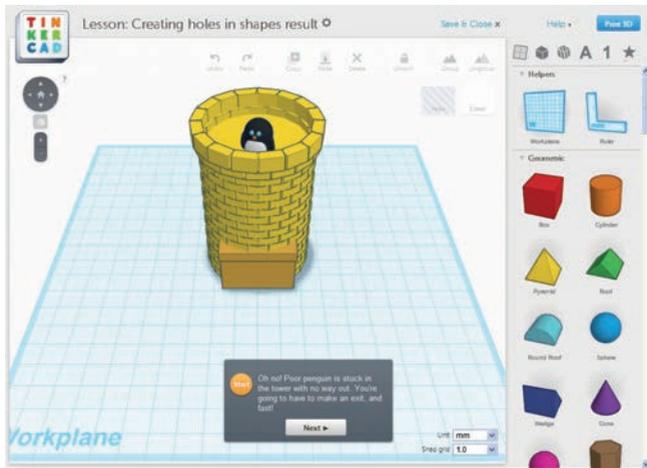
Les plus connus sont : **SketchUp** développé par Google, la suite

Autodesk, Sculpttris, Blender, MeshLab et plus encore. Rappelez-vous, cependant, que les bons programmes peuvent générer des fichiers de type **OBJ, MFA** ou **STL**. Seuls **ces trois formats sont gérés par le logiciel de découpe**. Si vous êtes habitué à un autre programme de modélisation qui ne possède pas les formats mentionnés, vous pouvez toujours opter pour une conversion à l'aide de **MeshLab** (meshlab.sourceforge.net) qui accepte les formats PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, COLLADA, PTX, V3D, PTS, APTS, XYZ, GTS, TRI, ASC, X3D, X3DV, VRML et ALN, et exporte aux formats PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, COLLADA, VRML, DXF, GTS, U3D, IDTF, X3D. Ce programme est également utile pour partir d'un fichier STL ou OBJ, et de le convertir et l'importer dans un format accepté par votre programme de modélisation.

Retournons à la modélisation, nous allons vous familiariser avec ce monde en examinant les fonctionnalités des programmes suivants :



L'interface de MeshLab est simple et intuitive. Une fois que vous avez téléchargé un fichier dans l'un des nombreux formats 3D reconnus par le programme, vous pouvez le faire pivoter, l'agrandir ou le déplacer avec la souris. Le programme peut aussi exporter au format STL.



Sur le web, vous trouverez Tinkercad, une application WebGL pour créer des objets en trois dimensions à partir d'un ensemble de primitives graphiques. Un cours interactif pratique (en anglais) vous enseigne également l'utilisation l'interface.

Bien qu'initialement le potentiel de Tinkercad puisse sembler faible, la navigation dans la bibliothèque des utilisateurs, montre que vous pouvez également créer des modèles d'une grande complexité.

Tinkercad (www.tinkercad.com)

Ce site WebGL offre la fonctionnalité d'une application, mais sans rien installer sur votre ordinateur. **Tinkercad** dispose aussi d'une série de tutoriels (en anglais) qui permettront non seulement de vous familiariser avec les fonctions spécifiques, mais aussi d'apprendre les bases de la modélisation. Nous le recommandons à ceux qui n'ont jamais utilisé ce type d'applications. La partie principale de l'écran, à gauche représente le plan sur lequel les objets sont disposés, tandis que sur la droite, il y a une zone où sont rassemblés des objets sous plusieurs formes disponibles. Avec la souris et les icônes, la navigation devient très intuitive. Vous pouvez sélectionner un ou plusieurs objets pour les regrouper et les redimensionner.

En peu de temps, vous apprendrez les différentes manières de déplacement et de redimensionnement que l'interface vous offre. Malgré sa simplicité, elle est très complète. A la fin de chaque séance de travail, vous pouvez enregistrer ce qui a été fait sur une base de données permanente - en créant votre compte - et puis continuer par la suite votre projet. Une série de formes prédéfinies avec des fonctions de regroupement, de copie et de soustraction est disponible dans le menu « outils » avec lesquels vous pouvez créer des compositions, même complexes, prêtes à être affichées de

manière interactive ou enregistrées sur votre ordinateur dans un format approprié pour le tranchage et l'édition avec d'autres programmes.

En général, cette solution est idéale pour ceux qui n'ont pas de grands besoins et veulent faire des objets simples dans un laps de temps court. L'interface est également très « légère » et amusante, tout en offrant tout ce dont vous avez besoin pour réaliser un travail complexe. « Un défaut, qui à notre avis semble être trompeur,... » est l'approche très colorée du site qui conduit souvent à voir l'objet comme une composition de formes indépendantes ; or **dans une impression 3D celui-ci est réalisé en une seule pièce**, et non pas séparé en plusieurs volumes et en plusieurs couleurs.

Sketchup (www.sketchup.com/intl/fr/)

Ceux qui préfèrent une approche plus structurée et une plus grande évolutivité en termes de richesse fonctionnelle et de complexité des modèles, peuvent télécharger **SketchUp**. C'est l'un des logiciels les plus populaires dans le monde de la modélisation et de la conception grâce au grand nombre d'utilisateurs qui en ont fait la connaissance grâce à Google. Récemment, **Google SketchUp** a été diffusé pour éviter que ce projet - à un stade quasi-expérimental - ne soit plus suivi et développé comme il le mérite. **SketchUp** existe à

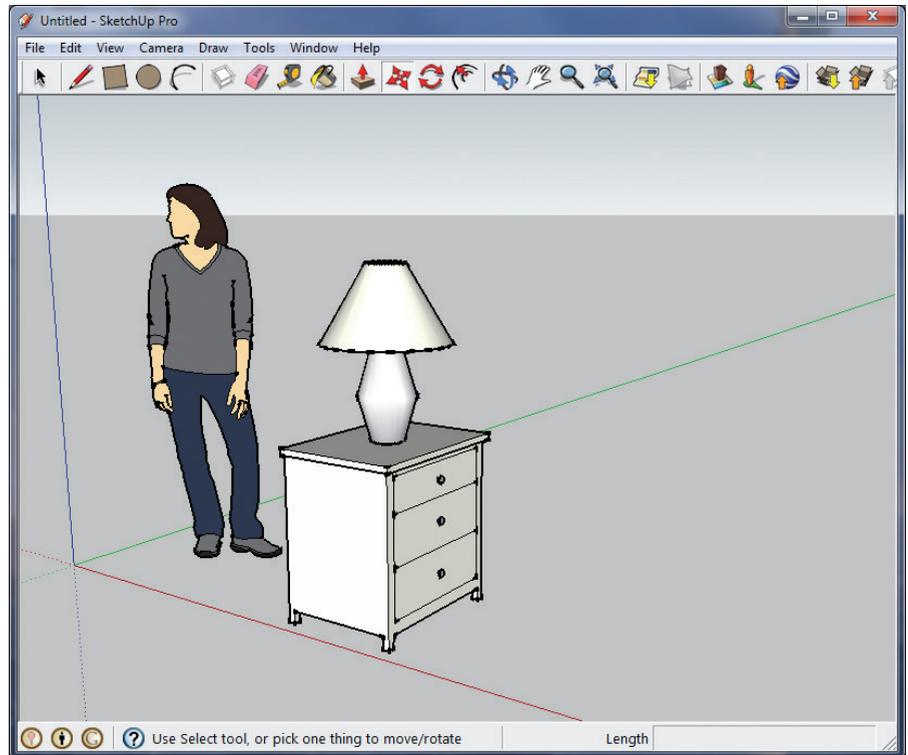
la fois en version gratuite, et en version Pro payante, mais pour les besoins de modélisation 3D des objets à imprimer, la version gratuite est plus que suffisante, même si certaines fonctions de modélisation de solides sont réservées à la version Pro. Comme il s'agit d'une application conçue pour la réalisation de modèles de bâtiments et de monuments, il pourrait y avoir un problème pour deviner la bonne échelle à partir de laquelle il faut travailler.

En effet le programme dispose d'une pré-configuration conçue pour de gros objets de plusieurs centaines de mètres qu'il représente avec une échelle de l'ordre du centimètre (cela convient pour un palais, mais pas pour un objet de quelques centimètres seulement). Au démarrage, le programme présente une série de pré-églages possibles et chacun a sa propre échelle et son système de mesure de référence, étant donné la nature globale de l'application, elle dispose à la fois du système métrique et impérial (pouces, miles, etc.).

Vous pouvez également créer une pré-configuration personnalisée avec l'échelle et les dimensions appropriées, c'est la meilleure solution pour ne pas avoir ensuite un modèle qui soit apparemment juste, mais dans les étapes ultérieures se révèle beaucoup plus grand que prévu.

Les fichiers créés avec les programmes de modélisation sont caractérisés par la présence de données nécessaires et suffisantes pour définir non seulement la forme dans l'espace, mais aussi les dimensions. **Quand un objet doit être « imprimé » en 3D à partir des programmes que nous allons étudier par la suite, il doit avoir des dimensions précises, définies dans le programme de modélisation.** En d'autres termes, **le fait qu'un objet soit visuellement correct, ne signifie pas qu'il soit à la bonne échelle** (ou aux bonnes dimensions).

La meilleure façon d'éviter de mauvaises surprises est de garder un œil dans la zone en bas à droite de « **Sketchup** » où les mesures de l'objet ou de la déformation appliquée s'affichent. L'instrument « **Metro** » vous permet de mesurer d'un point du sommet à un point d'un côté de l'objet ou de la zone affichée.



Sketchup est né dans les laboratoires de Google et a été récemment acquis par Trimble. Il exporte également les fichiers vers le format STL (image ci-dessous).

À la fin du processus, vous devez exporter l'objet au format OBJ ou au format de fichier Collada, pour l'importer ensuite dans **MeshLab** où vous pouvez vérifier toutes les caractéristiques de l'objet (taille, présence de problèmes), puis procéder à son **exportation au format STL**.

Avec **Sketchup** vous avez également la possibilité d'accéder à une importante bibliothèque d'objets et de structures créés au fil des ans par les utilisateurs. Il s'agit d'une collection accessible en choisissant la commande : **File** (Fichier) -> **3D Warehouse** (Banque d'images 3D) -> **Get models** (Obtenir des modèles). Une fenêtre du navigateur s'ouvre en vous proposant des dizaines de modèles prêts à être insérés dans votre projet.

Pour le moment, la plupart des modèles sont de type architectural et environnemental : des tables, des meubles, des bâtiments, des structures, avec seulement une petite partie de ce qui peut être utilisé directement pour créer des objets adaptés à l'impression 3D.

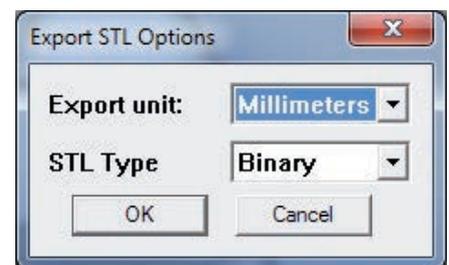
Cependant, ils peuvent vous procurer l'inspiration nécessaire dont vous avez peut-être besoin. Pour accéder à la même archive vous pouvez utiliser l'icône « **Components** » (Composants) qui ouvre une fenêtre avec une liste réduite et liée à l'historique de vos activités avec l'application.

Sculptris

(<http://pixologic.com/sculptris/>)

Cette application est radicalement différente des autres, c'est pour cela que nous la portons à votre attention. Au lieu de construire un modèle à partir de primitives géométriques, **Sculptris vous permet d'interagir avec une sphère ou des formes comme vous le feriez dans le monde réel en travaillant de la pâte à modeler.** Vous pouvez façonner la forme comme vous voulez, l'étirer, la réduire, la pincer à l'aide de la souris de façon vraiment interactive et le résultat est très intéressant.

Pour être honnête, travailler avec **Sculptris** est un plaisir en soi car il offre une habileté manuelle avec des résultats très rapides et visuellement agréables. Si vous ajoutez à cela la possibilité de créer des modèles imprimables en 3D avec votre imprimante, le plaisir augmente encore plus. Le goût des créations réalisées avec ce programme est – de ce que nous avons vu jusqu'ici – très différent de tout le reste. Si vous connaissez les « **metaballs** » (technique utilisée en infographie pour créer des formes organiques ou représenter des fluides ; en français, on trouve

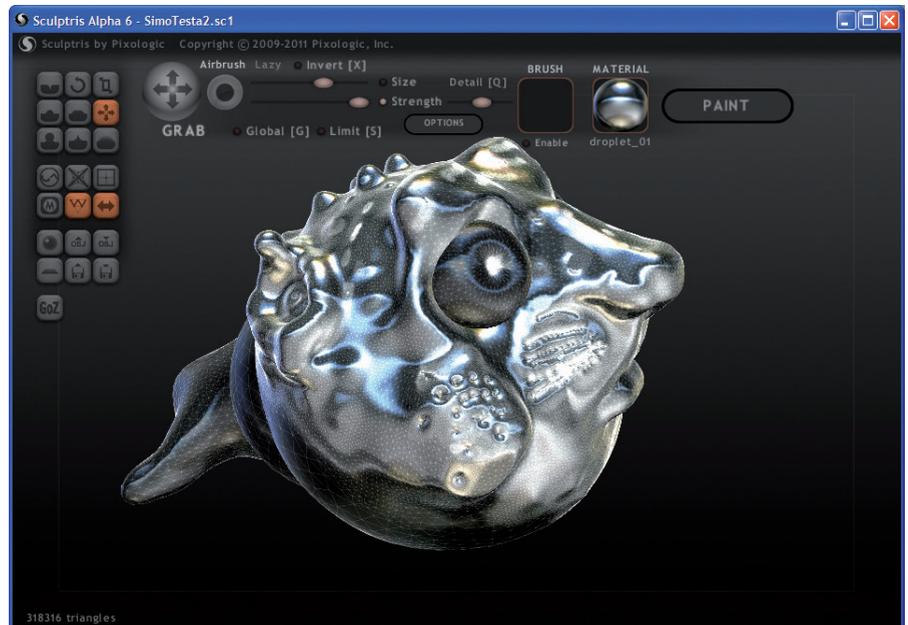


également la dénomination « **objets mous** », ce concept a été inventé par **Jim Blinn** au début des années 80), vous reconnaîtrez de nombreuses similitudes dans la technologie utilisée par **Sculptris**. Il y a une version appelée **Alpha6**, qui lors de nos tests, nous a montré que nous pouvions réaliser des modèles parfaitement imprimables, si vous avez la bonne idée d'utiliser un programme de conversion intermédiaire d'un **OBJ** avec prise en charge pour l'exportation **STL**.

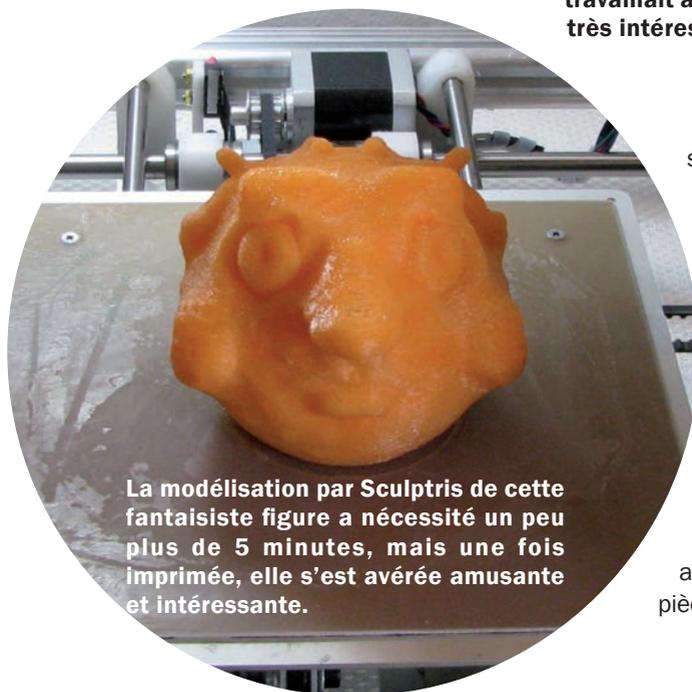
Dans notre cas nous avons utilisé **Netfabb** (<http://www.netfabb.com/downloadcenter.php?basic=1>) et non pas **MeshLab**, parce qu'avec **Netfabb** nous avons pu gérer la coupe du modèle pour créer une base d'impression parfaitement plate et correctement alignée dans le plan XY.

Avec les sphères et leurs mouvements « souples » - sans rupture - sur tous les axes, définir le plan de référence XY sur lequel placer tout le reste est en effet très difficile. Avec un peu de pratique, cependant, vous pouvez au moins aplanir l'objet dans la partie inférieure pour créer une base potentielle, puis finir avec une coupe précise dans **Netfabb**.

Comme le programme vous permet de composer un modèle en ajoutant autant de sphères que vous voulez, avec des matériaux différents, vous obtenez une visualisation intéressante, mais comme dans le cas de **Tinkercad**, il faut se rappeler que **l'impression sera effectuée en mode monochrome**, à moins que vous n'imprimiez chaque élément



Sculptris est un logiciel de modélisation 3D gratuit, il interagit comme si l'on travaillait avec de la pâte à modeler. Le résultat donne un aspect « organique » très intéressant.



La modélisation par Sculptris de cette fantaisiste figure a nécessité un peu plus de 5 minutes, mais une fois imprimée, elle s'est avérée amusante et intéressante.

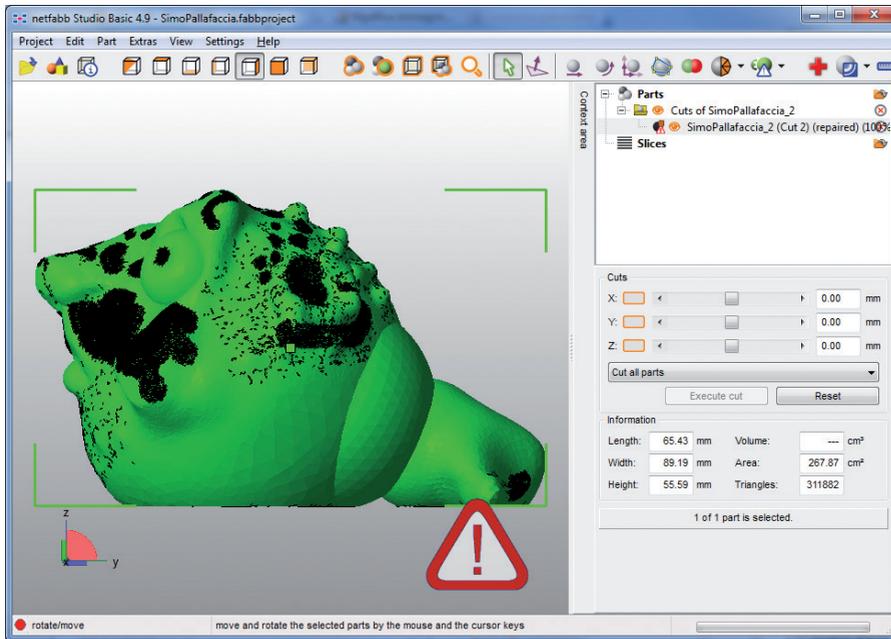
séparément et prévoyez un système d'assemblage des différentes parties.

La version que nous avons « téléchargée » contient trois modèles à partir desquels nous avons commencé. Cependant la taille de l'objet fini était minuscule (environ un demi-centimètre) et pour cela nous avons dû redimensionner la pièce avant traitement ultérieur.

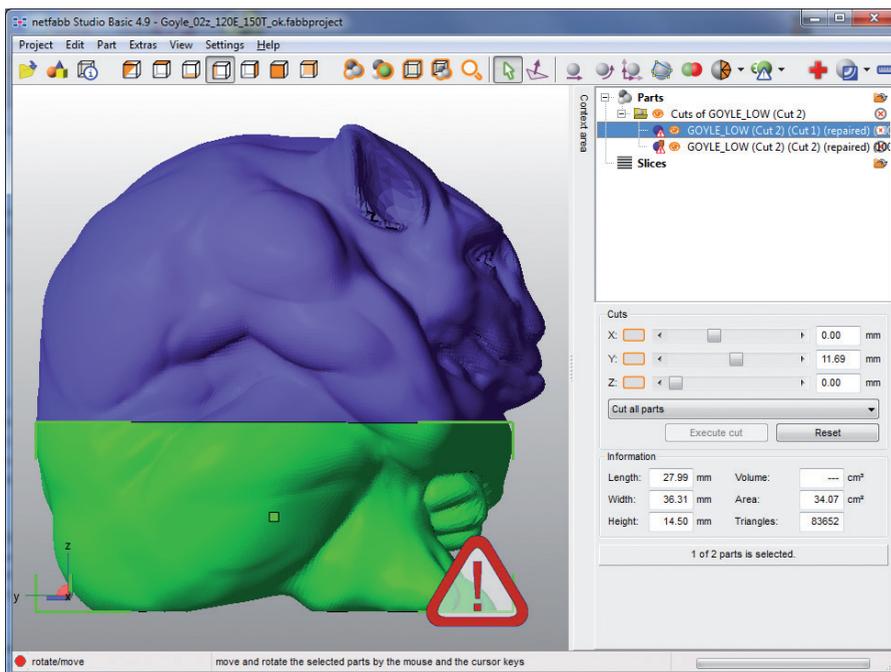
Même ici **Netfabb** s'est révélé utile avec ces fonctions nécessaires pour atteindre l'objectif. Depuis que **Sculptris** est sorti, de nombreux utilisateurs et artistes se sont consacrés à la création de nombreux modèles et images, atteignant des niveaux de qualité tout à fait remarquables. Le **forum de Sculptris** se trouve à cette adresse : www.zbrushcentral.com/forum.php et vaut bien une visite juste pour voir ce qui a été fait avec ce programme.



Avec Sculptris, beaucoup d'utilisateurs ont fait des modèles de haute qualité et avec beaucoup de détails. La création avec d'autres programmes aurait été très difficile.



Netfabb est un programme qui vous permet non seulement de tester et visualiser les fichiers STL, mais aussi de réparer les failles qui pourraient rendre le tranchage et l'impression problématiques.



Une caractéristique de Netfabb est la fonction « CUT », qui permet de couper en plans perpendiculaires chacun des trois axes de l'objet. Ceci est utile pour adapter le format d'objets volumineux en les fractionnant afin qu'ils puissent être imprimés.

Netfabb

Avant de passer au « tranchage » (slicing), nous voulons attirer votre attention sur ce programme, disponible en téléchargement (version gratuite uniquement avec les fonctionnalités de base),

ou en version professionnelle payante. Par rapport à d'autres logiciels, **Netfabb Studio Basic** et **Professional** ont été conçus pour résoudre les problèmes de ceux qui veulent créer ou utiliser des modèles 3D pour leurs impressions successives sur une imprimante 3D.

L'impression peut se faire soit par le biais d'un logiciel qui nécessite un format approprié pour le découpage – comme par exemple un fichier STL – soit en produisant directement le G-Code déjà « tranché ». **Une des caractéristiques du programme est sa capacité d'analyser les objets afin d'identifier les problèmes qui pourraient affecter l'impression.** Lors de la construction d'un modèle, en fait, il devrait être hypothétiquement « étanche », c'est à dire que sa surface se compose d'une série de triangles adjacents qui doivent être normalement fermés.

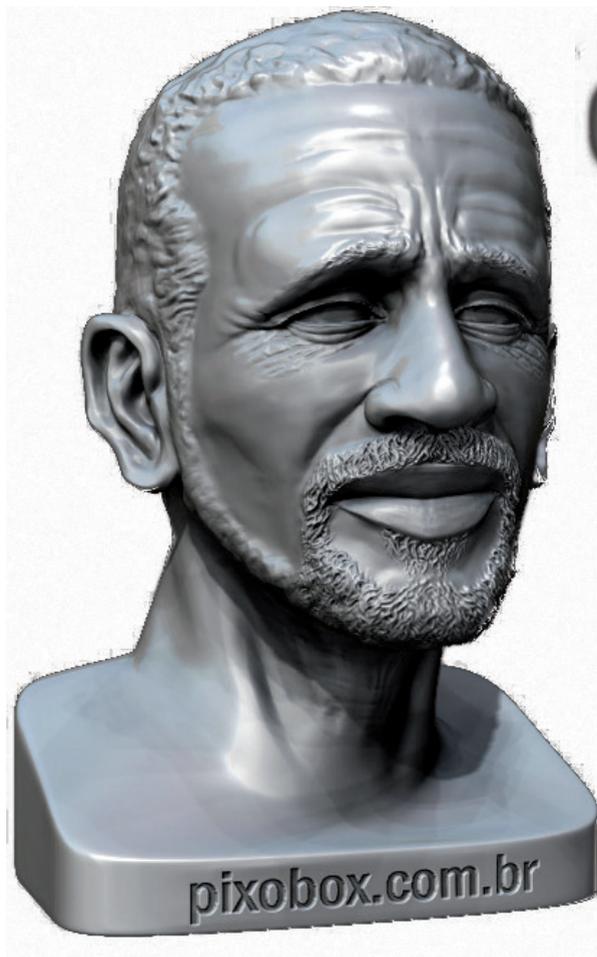
Il arrive cependant que, pour une raison quelconque, vous perdiez la continuité et des trous se forment dans le modèle qui rendent problématique le « tranchage », d'un point de vue mathématique, cela revient à essayer de créer des tranches juste par « remplissage » du modèle 3D. **Netfabb est en mesure d'analyser les données en identifiant toutes les situations problématiques et est aussi capable d'essayer de résoudre les problèmes avec une procédure de « réparation ».**

Ceux d'entre vous qui visitent les sites qui offrent des modèles prêts à être « tranchés », auront remarqué que le terme « **netfabbé** » est entré dans la description de plusieurs articles juste pour indiquer que le modèle a été soumis à un processus de « **réparation** » et est donc déjà dans la configuration optimale pour l'impression.

En plus de la réparation, **Netfabb** possède une fonctionnalité encore plus intéressante, **c'est de couper l'objet le long d'un plan orienté sur n'importe lequel des trois axes**, vous pouvez ainsi transformer un objet en plusieurs objets plus petits, facilement ré-assemblables grâce à la coupe nette et précise.

Vous pouvez « disséquer » un fichier **OBJ** ou **STL** pour vous permettre de résoudre les problèmes de certains objets qui ont - pour diverses raisons - une surface d'appui non parfaite, « polluée » par des « pics » qui empêchent un bon ancrage sur le support d'impression. Dans la pratique, **Netfabb** charge le modèle, puis divise le plan de l'objet en deux parties distinctes, pour cela choisissez l'option de coupe et « d'étanchéité ».

Sur le net, vous trouverez de nombreux sites qui offrent des modèles 3D prêts à être traités par le logiciel de tranchage, puis imprimés. Certains sont de véritables références permettant de tester les capacités de votre imprimante.



Les deux parties figurent ainsi sur la liste des objets, vous pouvez donc continuer à enregistrer et exporter.

Le logiciel de tranchage (slicing)

L'imprimante est en mesure d'exécuter une série d'instructions dans un langage spécifique, appelé **G-Code** et dont nous vous avons présenté **les différentes commandes** dans le premier article de cette série, paru dans le **numéro 123 d'Electronique et Loisirs Magazine**. Pour passer d'un modèle au format **OBJ** ou **STL** au format **G-Code**, un processus complexe en termes de traitement mathématique doit être effectué pour passer d'un modèle 3D à une série de sections en deux dimensions X/Y empilées opportunément sur l'axe Z. Le processus de « tranchage » (**to slice= découper**) est celui qui précède l'impression réelle et qui doit gérer des paramètres complexes structuraux et opérationnels de l'impression.



Sur ce détail, vous pouvez voir comment le logiciel de tranchage a créé et ajouté un support pour permettre le dépôt adéquat des parties horizontales, sinon elles se retrouveraient dans le vide.

C'est en fait le **logiciel de tranchage qui finalise les détails de l'objet**, reconnaît les formes, les plans, les volumes pleins et vides, évalue les inclinaisons des parois verticales et définit la vitesse de déplacement lors de la phase d'extrusion, le remplissage, le déplacement des filaments en suspension. En résumé, il effectue toute une série de processus qui détermine les effets pratiques sur les méthodes de construction de chaque tranche.

plissage, le déplacement des filaments en suspension. En résumé, il effectue toute une série de processus qui détermine les effets pratiques sur les méthodes de construction de chaque tranche.

Les supports

Le logiciel de tranchage est également chargé de créer des structures d'appui dans le cas où le modèle aurait des parois trop inclinées - moins de 45 degrés par rapport au plan XY - ou des parties saillantes dans lesquelles il n'y a rien, le fil tomberait dans le vide, sans être en mesure de créer la structure. Un exemple classique d'un objet qui a besoin d'un support est un buste où le menton est saillant par rapport à la nuque.

Si vous regardez le modèle **Pixobox** que nous avons choisi comme exemple, vous remarquerez que le menton est en suspension dans le vide, ainsi que les

deux lobes des oreilles et doivent faire partie de la tête. Pour imprimer correctement ce modèle, vous devez activer la génération des supports dans les paramètres du logiciel de tranchage, il en résulte l'image ci-contre.

L'aptitude du logiciel de tranchage est de créer un support qui d'une part soit assez solide pour supporter le fil une fois qu'il a atteint la quantité requise, et d'autre part doit pouvoir facilement être retiré sans affecter les parties du modèle reposant sur lui. La génération des supports demande beaucoup de mémoire et de traitement et peut provoquer des erreurs dans certains modèles lorsque vous activez l'option.

Combattre l'étanchéité

Une autre fonction du logiciel de tranchage est la gestion de « l'étanchéité » de l'objet sur le plateau d'impression, ou sa capacité à créer une structure qui résiste à la contraction du support d'impression lors de son refroidissement, sinon cela diminuerait la résistance au détachement de l'objet. Plus le modèle est grand et plus le risque de détachement, en partant des bords vers le centre, est important. Les imprimantes 3D haut de gamme ont une plaque d'impression chauffée et contrôlée par logiciel.



Cette version gothique de la Vénus de Milo a été imprimée sur notre 3DRAG à une vitesse de 120 mm/sec et avec une base très réduite. La tenue sur la plaque d'impression a été grandement améliorée en utilisant fonction « BRIM » (bord) présente dans Slic3r.

Garder la plaque à une température appropriée permet d'imprimer l'objet sans lacunes. Cette solution consomme beaucoup d'énergie et l'imprimante est potentiellement dangereuse parce que la totalité de la surface d'impression se trouve à une température de 70°C à 90°C, c'est assez élevé pour se faire une belle brûlure si vous touchez accidentellement la plaque d'impression.

La solution alternative est d'utiliser un plateau d'impression à base de carreaux de verre traité avec de la colle PVA ou en verre époxy.

Il existe une différence significative pour le matériel d'impression : le **PLA se rétrécit moins avec les changements de température**, tandis que **l'ABS est plus sensible au phénomène et provoque le détachement**. Ceci est essentiellement dû au fait que la température de fusion est plus élevée et que le coefficient de dilatation thermique est plus grand. Si le plateau de l'imprimante est chaud, il doit être géré avec des paramètres appropriés lors du « tranchage », dans les phases d'impression des premières couches et d'impression en régime continu.

Poursuivons sur le thème de la température, le logiciel de tranchage est également impliqué dans la gestion d'un éventuel ventilateur de refroidissement de l'imprimante. Si vous utilisez du **PLA**, le ventilateur de refroidissement est indispensable pour avoir une « **stabilité de la forme** » pour les détails et lors d'un remplissage prolongé d'une partie de l'objet de faible densité.

Comme l'effet du ventilateur est différent selon la distance par rapport à la plaque d'impression, il est prévu qu'il ne soit actif qu'à partir d'une certaine hauteur et à une vitesse déterminée, également proportionnelle à la taille de la « tranche » d'impression.

Dans la pratique, le logiciel de tranchage calcule le temps d'impression de la tranche et décide d'activer ou non le ventilateur. Si une tranche prend du temps, le matériel se refroidit par lui-même et à la prochaine étape il sera solidifié. Si une couche est imprimée rapidement, lorsque le matériau est déposé pour la couche suivante, on trouve une base molle et déformable.

Pour les petites couches à imprimer la vitesse du ventilateur doit être élevée, tandis que pour les couches (« tranches ») plus grandes, la vitesse du ventilateur doit être plus faible.

Radeau ou périmètre ?

Revenons au sujet de l'impression, il y a deux écoles de pensée qui se sont succédées au fil du temps. Initialement, le logiciel de « tranchage » le plus répandu était **Skeinforge**, développé

par **Enrique**, ce logiciel était composé d'une série d'outils composés par des scripts en langage **Python**.

Ce logiciel parmi ses nombreuses options disposait d'un « **radeau** » (« **RAFT** ») sur lequel l'objet était ensuite réalisé. La structure en réseau de type « **radeau** » pouvait diminuer une partie des tensions dues au retrait de la matière, tout en maintenant l'adhérence par rapport au plan d'impression. Le radeau avait tendance à ôter de la matière à l'objet et la base n'avait pas toujours une belle finition.

Le programmeur du logiciel **Slic3r** était défavorable à la technique du « **radeau** » et il ne l'a pas inséré dans les capacités de son programme de « tranchage », mais après de nombreuses demandes pour trouver une solution au détachement des pièces plus larges, **Alessandro Ranellucci** a décidé d'ajouter la fonction « **BRIM** » (**bord**) qui **génère une série de périmètres fixés au bord de la première couche**, s'étendant de manière efficace sur la base qui est conforme au plan d'impression.

Le mode de réalisation de ces périmètres est unique et aboutit à une surface qui est difficile à décoller par traction ou retrait. Lors de nos tests, cette méthode s'est avérée efficace.

Le monde de Skeinforge

Ce logiciel de découpage ne brille pas pour sa simplicité d'utilisation, mais c'était au début et il offrait un ensemble de paramètres d'impression qui s'est avéré être très appropriée pour toutes sortes d'expérimentations et d'impressions 3D.

Si une fonctionnalité n'était pas disponible dans **Skeinforge**, c'est qu'elle n'était probablement pas mise en œuvre. Malgré sa richesse, peu de personnes l'on adopté car elles le trouvaient trop complexe pour une opération « triviale » comme le « tranchage ». Bien sûr **Skeinforge** nous a permis de produire des impressions de grande complexité et de les répéter en ajustant les paramètres jusqu'à ce que nous obtenions le meilleur résultat possible pour notre imprimante.

Mais pour les imprimantes 3D qui étaient en dehors de la communauté des expérimentateurs, **Skeinforge** était une source de problèmes, également en raison d'une procédure d'installation qui nécessite une dépendance à d'autres langages comme par exemple le langage Python.

Le témoin passe à Slic3r

Dans le monde de l'**Open Source**, si quelque chose n'est pas optimal, il y a toujours quelqu'un qui va prendre en charge le problème et essayer de trouver une solution alternative. C'est le cas d'**Alexandro Ranellucci** qui a développé le logiciel **Slic3r**, il voulait simplifier les complexités du processus de « tranchage » à travers une interface utilisateur différente, avec moins de paramètres, et ne reposant plus

sur une chaîne d'outils et le langage **Python**, mais facile à installer grâce à l'absence de dépendances.

Slic3r peut fonctionner aussi bien avec une console utilisant des lignes de commandes ou via une interface graphique pour répondre aux besoins d'intégration du logiciel dans un programme d'impression, dans le cas par exemple d'une préparation d'un fichier **G-Code** à imprimer plus tard à l'aide d'une **carte mémoire SD** et d'un **système d'impression autonome**.

Dans le cas d'une utilisation autonome via l'interface graphique, **Slic3r** permet de créer une composition de plusieurs objets sur le plateau, de les mettre à l'échelle, de leur appliquer une rotation à chacun d'entre eux pour obtenir le résultat souhaité. La composition finale peut également être enregistrée au format

STL et pas seulement au format **G-Code**, afin de permettre un traitement ultérieur.

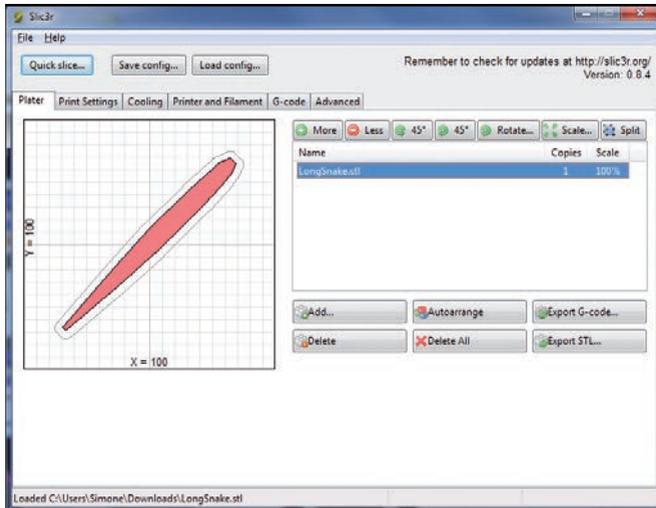
Les fonctions de visualisation sont assez limitées, tandis que la manipulation d'objets peut résoudre de nombreux problèmes liés aux dimensions incorrectes, la surface du support qui n'est pas parfaite ou pour une impression combinée.

Techniquement, les résultats obtenus avec la version « **intégrée** » (embedded) sont les mêmes qu'avec la version **indépendante**, cependant il peut y avoir des versions différentes (plus anciennes) pour la version « intégrée », **il vaut mieux apprendre à utiliser Slic3r avec la version indépendante**.

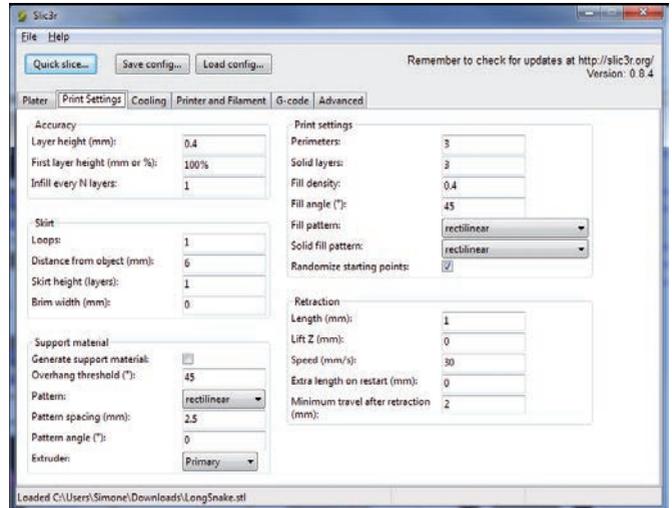
En termes de paramètres et d'organisation des éléments, la version « intégrée » est un peu plus légère, mais tous les paramètres sont accessibles.



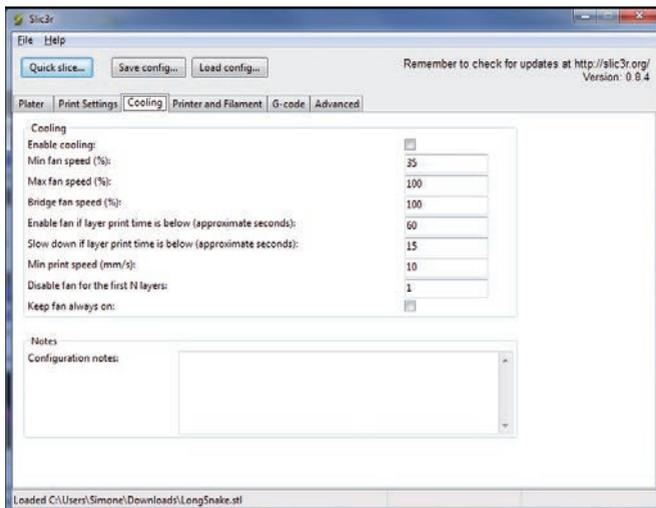
Dans cette image nous voyons en détail le pied du modèle de la page précédente. Vous pouvez remarquer les différents contours d'une seule couche qui partent de l'objet pour élargir la base de soutien. Cela réduit le risque de décollement dû à la contraction thermique et aux sollicitations mécaniques.



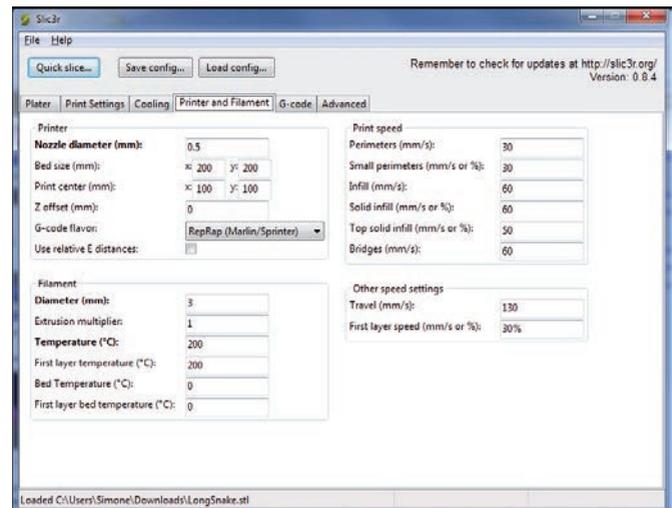
L'interface de Slicer 0.8.4 a six panneaux : le premier permet de charger un fichier STL ou OBJ en gérant la disposition sur le support d'impression.



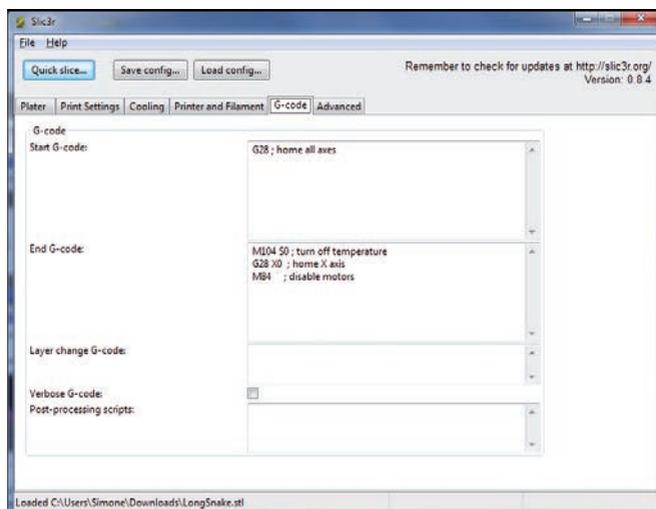
Dans cette fenêtre, vous pouvez gérer l'épaisseur des couches, le nombre de périmètres et d'autres paramètres liés à la création physique de l'objet 3D.



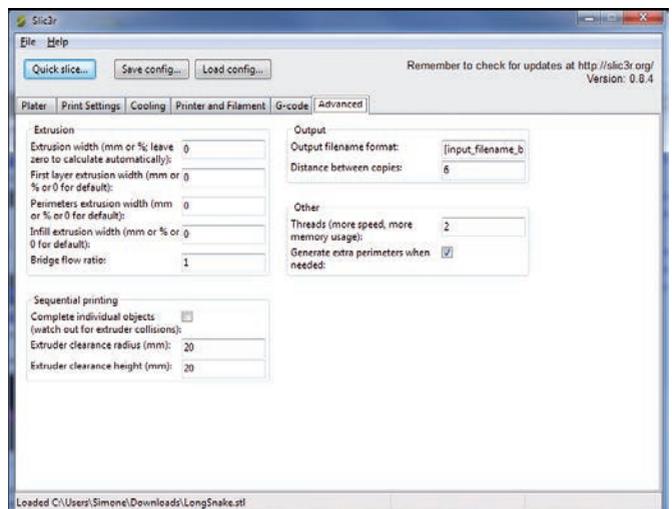
Si votre imprimante dispose d'un ventilateur, avec les options de refroidissement vous pouvez gérer les divers paramètres.



La dimension de la plaque d'impression, la vitesse d'extrusion, le déplacement et l'impression sont définis comme paramètres de l'imprimante.



Des instructions spéciales au début et à la fin de l'impression peuvent être ajoutées au fichier G-Code à travers les champs de cette fenêtre.



Les paramètres avancés, pour les plus expérimentés, sont rassemblés dans la fenêtre « paramètres avancés » et peuvent être laissés tels quels.

Regardez et apprenez les deux versions, cela vous permettra de connaître en profondeur les mécanismes de « tranchage » et le paramétrage avec lequel vous gérez votre imprimante. Rappelez-vous que dans de nombreux cas, un simple jeu de paramètres peut rendre une mauvaise impression satisfaisante.

Et maintenant, imprimez !

Lorsque le fichier **G-Code** est prêt, vous pouvez enfin le transmettre à l'imprimante 3D. Ce processus s'appuie sur divers logiciels qui, dans ce cas également, ont été développés par différents utilisateurs. Les programmes sont généralement disponibles pour **Windows**, **MacOS** et **Linux**, mais ce n'est pas toujours le cas.

Étant donné que le découpage est une étape essentielle pour l'impression, certains programmes prévoient une intégration directe des logiciels **Skeinforge**, **Slic3r** ou autre. Même dans ce cas, on est parti d'une situation assez complexe réservée aux initiés pour ensuite aller vers une simplification de l'interface et de l'installation. Actuellement les logiciels les plus populaires pour l'impression sur une **RepRap** sont **PrintRun**, **ReplicatorG** et **Repetier-Host**.

PrintRun

Dans le style de **Skeinforge**, **PrintRun** est un ensemble d'applications qui vous permet d'envoyer un fichier au format **G-Code**, généré par un logiciel de « tranchage », à une imprimante 3D par communication série. Il inclut **Printcore** qui envoie le G-Code, **Pronsole** qui permet d'envoyer du G-Code sous forme de ligne de commande, **Pronterface** qui envoie du G-Code via une interface graphique pour l'utilisateur, et une petite collection de scripts très utiles.

Le package est conçu pour être utilisé principalement sous **Linux**, mais il est également disponible pour **Windows** et **MACOSX**. Avant d'installer **PrintRun** sous **Linux**, assurez-vous d'installer auparavant les dépendances nécessaires à la fois pour **Pronterface** et **Skeinforge**.

Pour pouvoir le faire fonctionner sous **Windows**, il faut installer auparavant les programmes suivants : **Python**, **Pyserial**, **Pyreadline**, **WxPython**. Dans la dernière version publiée au mois de Juillet 2013 - la dernière, au moment d'écrire ces lignes - **PrintRun a remplacé Skeinforge par Slic3r**.

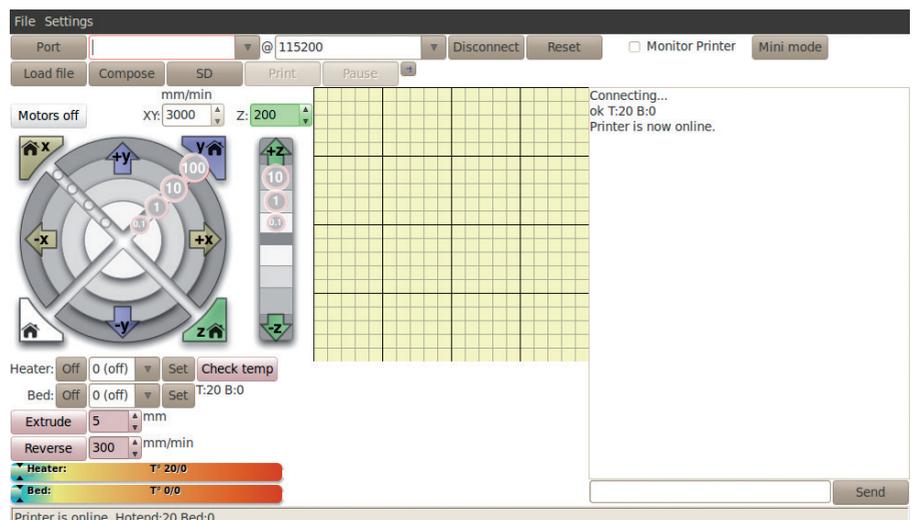
La version embarquée et le programme parviennent à découper, selon les paramètres définis, avec les valeurs saisies dans le profil **Slic3r**. Lorsque vous transférez un fichier **STL**, le processus de « tranchage » débute automatiquement, et vous pouvez suivre la procédure dans l'interface de la console. **PrintRun** dispose également d'une fonction qui permet de combiner entre eux plusieurs fichiers **STL** avant de commencer le « tranchage », mais il ne dispose pas des fonctionnalités avancées de redimensionnement et de placement présentes dans d'autres logiciels. Il a été le premier et a ouvert la voie, il a

été une source d'inspiration pour beaucoup, mais si vous êtes débutant, il vaut mieux l'oublier.

ReplicatorG

C'est le logiciel que les utilisateurs d'imprimantes **MakerBot Industries** utilisent pour piloter leur imprimante 3D, mais dans l'esprit habituel des logiciels « **Open** » (ouvert). **ReplicatorG** est capable de travailler aussi avec d'autres types d'imprimantes, telles que l'**Ultimaker** ou la **RepRap**. L'interface de ce logiciel n'est pas sans rappeler l'environnement de développement **IDE** de l'**Arduino**. A partir de cet environnement, vous pouvez reprogrammer le firmware de la carte électronique de l'imprimante.

Comme pour un logiciel d'impression, **ReplicatorG** supporte l'ensemble du processus d'impression avec des fonctions particulières réservées aux



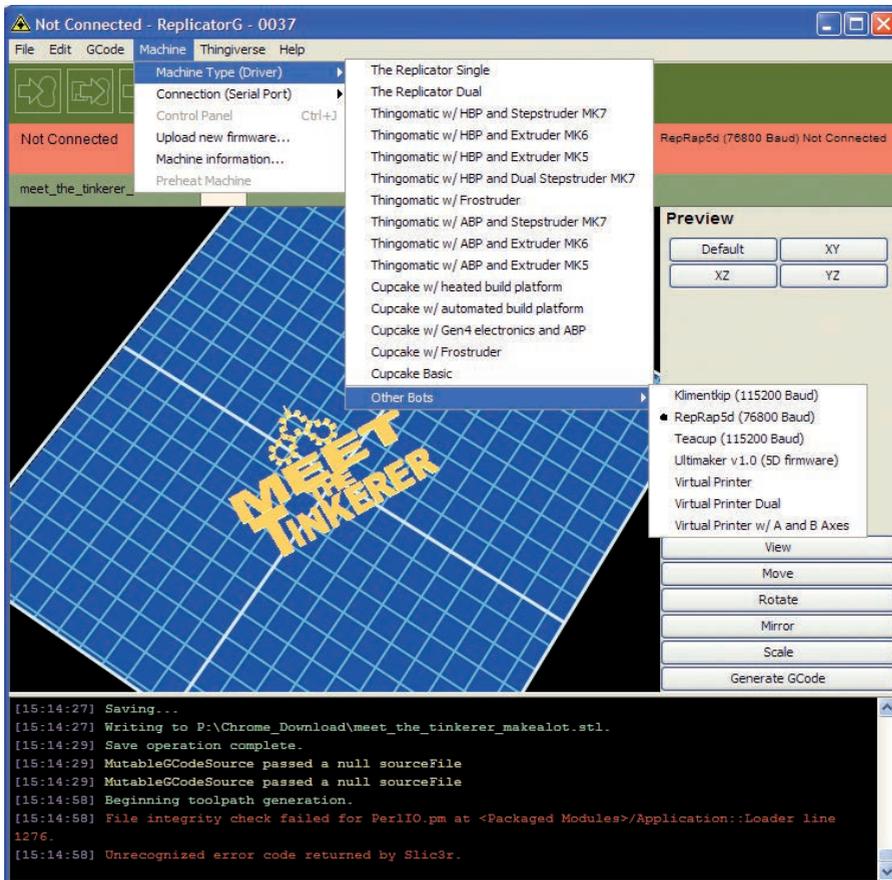
Le programme Pronterface fait partie de la suite PrintRun, qui est l'une des solutions pour gérer l'impression et le « tranchage » à l'aide de scripts et d'une interface graphique.

produits **MakerBot**, telles que la **gestion d'une carte mémoire SD** ou d'une **double extrudeuse** du dernier modèle sur le marché. Bien sûr, ce package prend en charge le « tranchage » dans différentes options. Celles-ci sont variées et comprennent trois versions : celle de **Skeinforge** (utilisable seulement si **Python** est installé correctement), celle de **Slic3r** et celle de **Miracle-Grue**. Une fois que vous avez créé le **G-Code** avec les paramètres spécifiés par le profil (modifiable par

l'utilisateur à l'aide de l'interface du logiciel de « tranchage »), celui-ci est ajouté à l'interface où vous pouvez voir ce qui se produit et, si vous le souhaitez, apporter des modifications.

Repetier-Host

Pour le moment c'est **notre logiciel d'impression préféré**. Il s'agit d'un hôte qui privilégie **Slic3r**, mais il est également compatible avec **Skeinforge**.



ReplicatorG est le logiciel que les utilisateurs de produits Makerbot utilisent préférentiellement pour gérer leur imprimante, mais le logiciel gère également les imprimantes RepRap.

En particulier, il dispose d'une interface graphique où vous pouvez gérer l'impression en positionnant l'objet dans l'espace, en le mettant à l'échelle ou en lui appliquant une rotation, tout ceci de manière indépendante.

Une fois que vous avez réglé tous les modèles, vous pouvez choisir lequel utiliser et comment paramétrer le logiciel de « tranchage ». A cet égard **Repetier-Host** utilise le **Registre de Windows** pour stocker les paramètres et grâce à cela, vous pouvez créer plusieurs configurations. Le **G-Code**, une fois généré par le logiciel de « tranchage », est chargé dans le second onglet du programme.

En le sélectionnant on accède à sa visualisation en 3D, soit sous forme d'une unique couche, soit comme l'ensemble de toutes les couches. Le **G-Code** est représenté comme un seul segment d'un « fil » et peut donc être inspecté, par rotation, par zoom et contrôlé avant de lancer l'impression.

C'est un programme très utile et intéressant grâce auquel vous pouvez consulter le fichier **G-Code** pour détecter les problèmes, les défauts ou les points critiques.

Certains paramètres du programme permettent également de modifier l'affichage afin de réduire le « poids » du traitement 3D ou en améliorer la qualité.

Le **G-Code** généré par le logiciel de « tranchage » est enregistré dans un **fichier temporaire**, mais **Repetier-Host** vous permet d'enregistrer le fichier pour une utilisation ultérieure, en économisant sur le temps de « tranchage ».

Si la situation est satisfaisante, vous pouvez passer au troisième onglet, qui est dédié à la commande manuelle de l'imprimante avec le déplacement de la buse, le réglage de la température, l'envoi des commandes directement à l'imprimante et le contrôle de la vitesse réelle lors de l'impression en pourcentage tel que défini dans le **G-Code**. Un

panneau alternatif à la visualisation 3D, vous permet d'avoir un graphique de la température, mesurée à des intervalles de temps définis dans les préférences.

Il est également intéressant de noter que, selon l'onglet sélectionné sur la droite, la fenêtre 3D affiche différentes visualisations : « **Object Placements** » visualise le fichier **STL** chargé dans l'espace d'impression ; « **G-Code Visual Editor** » affiche l'objet comme une construction faite à partir d'un fil couche par couche ainsi que le résultat final en une seule couche ; « **Manual Control** » anime la visualisation 3D en reproduisant visuellement l'avancement de l'impression 3D avec le fil de couleur rouge sortant de l'extrudeuse et de couleur bleu pour le fil qui a refroidi.

Repetier-Host permet aussi de faire une impression sans extrusion pour vérifier si l'imprimante est en mesure d'effectuer les mouvements. Cette fonction est utile pour tester différentes vitesses. Dans l'ensemble, grâce à des mises à jour fréquentes et une bonne intégration avec **Slic3r**, c'est à notre avis le logiciel le plus productif et pratique du moment.

Vers la finition

Le processus d'impression d'un objet 3D peut aller de **quelques minutes à plusieurs dizaines d'heures**, selon la qualité, la taille, le remplissage et le nombre de couches. Le même objet peut en effet être imprimé avec des résultats différents et des durées très différentes : si la vitesse et la qualité sont faibles, avec deux périmètres, une passe sur l'axe des Z de 0,3 mm ou plus et un remplissage de 0,3 l'impression sera rapide.

Par contre avec un remplissage de 0,5 mm, une passe sur l'axe des Z de 0,2 mm et trois ou quatre périmètres remplis avec une densité de 0,5, ralentira l'impression.

Il faut tenir compte que les vitesses maximales d'impression et de déplacement de la **Prusa** et de la **Galileo** sont de **30 à 90 mm/s pour l'extrudeuse et 100 ou 120 mm/s pour le déplacement**, avant de commencer à perdre en qualité.

Avec la **3DRAG** ces valeurs passent de **90 à 120 mm/s pour l'extrudeuse et de 120 à 160 mm/s pour le déplacement.**

Dans tous les cas, vous devrez attendre encore plus longtemps car l'imprimante procure la tentation de créer des objets volumineux et en haute définition. N'oubliez pas de suivre le développement des deux ou trois premières couches, avec un accent particulier sur l'uniformité et la bonne adhérence sur la surface de la première couche.

Eventuellement **corrigez le réglage du 0 de l'axe Z** en faisant tourner manuellement la tige filetée de l'axe Z juste pour élever ou abaisser de ce qu'il faut l'extrudeuse. Les périmètres fixés par le logiciel de « tranchage » servent à cela, et permettent à l'extrudeuse un écoulement régulier, mais vous permettent aussi d'évaluer la manière

dont la première couche sera déposée sur le support d'impression.

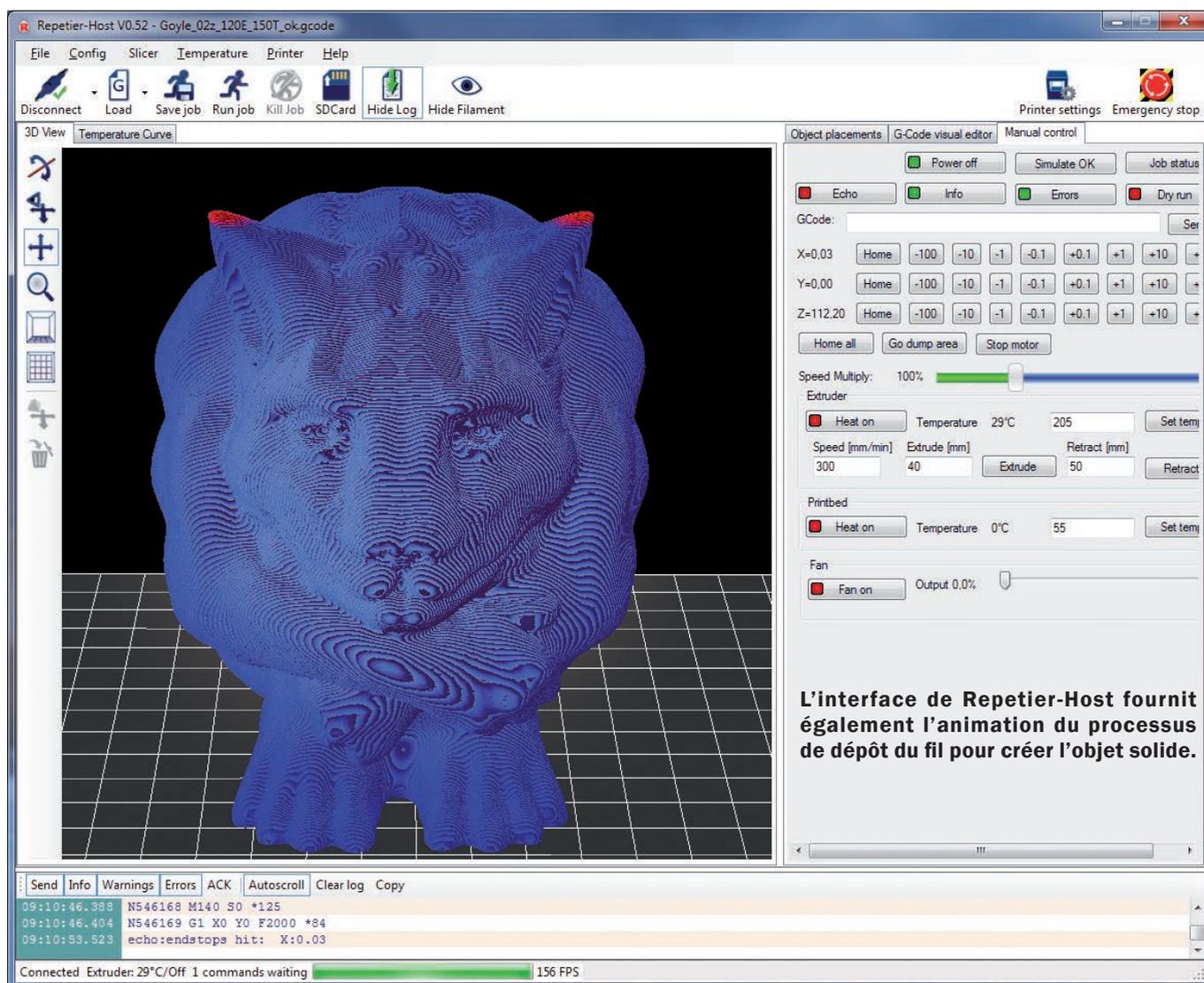
Après les vingt premières couches vous devrez peut-être activer le ventilateur pour refroidir le PLA, si votre imprimante ne le gère pas, vous devrez alors utiliser un circuit dédié pour piloter le ventilateur en PWM. Après l'impression, vous pouvez procéder à la séparation de l'objet du support d'impression. Il est toujours préférable d'attendre que les dernières parties de l'objet soient imprimées et solidifiées pour atteindre la température ambiante, sinon l'objet peut se déformer.

Selon la taille et la forme de l'objet, son détachement pourrait demander un certain effort. Un des facteurs qui influencent cette étape est le traitement de la surface du plan : si vous avez de la veronite comme dans la **3DRAG**, il ne

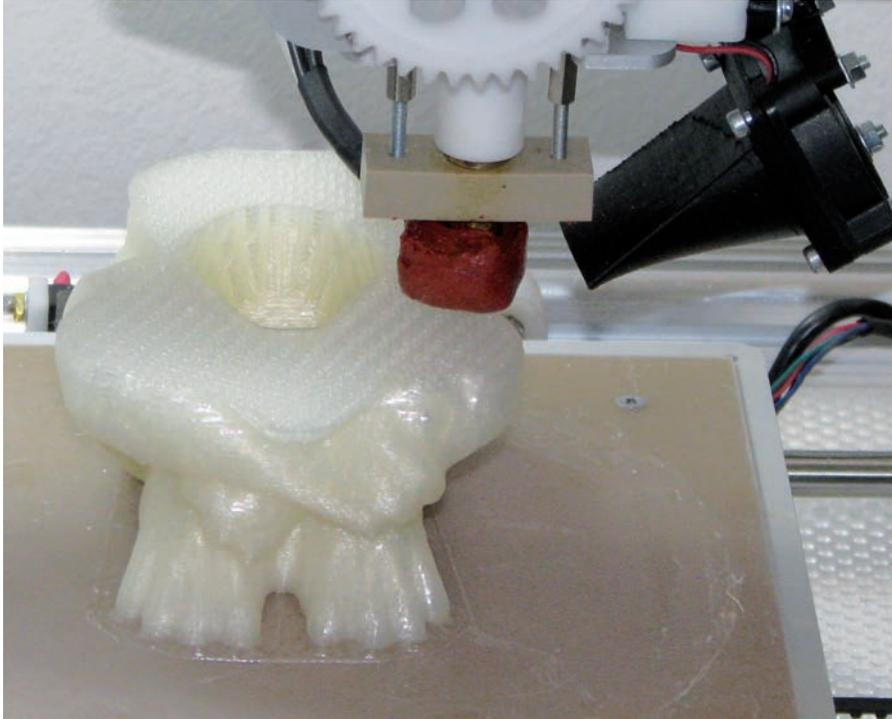
devrait pas être très difficile à retirer, mais si vous avez un morceau de verre traité avec de la colle, vous pourriez avoir à faire un plus grand effort.

Dans tous les cas, vous devez utiliser un outil de coupe avec une lame large afin de détacher l'objet d'un côté. Si vous avez utilisé le paramètre **BRIM (bord)**, vous devez soulever les couches externes lentement et essayer de glisser la lame sur la partie inférieure de l'objet.

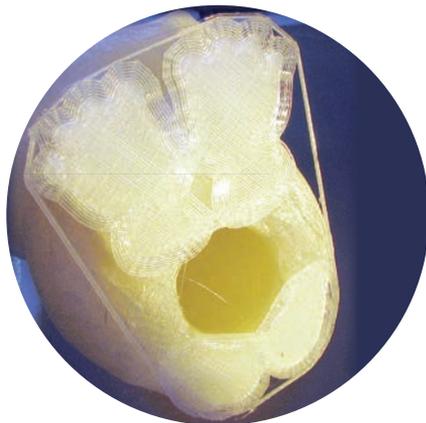
Malheureusement, il s'agit d'une procédure potentiellement dangereuse, car un dégagement soudain pourrait vous faire planter la lame dans une jambe ou une main. La **direction de la poussée doit donc toujours être dirigée vers l'extérieur et ne doit pas l'être en direction d'une main ou d'une jambe.**



L'interface de Repetier-Host fournit également l'animation du processus de dépôt du fil pour créer l'objet solide.



L'impression de cet objet de taille moyenne se déroule sans que vous puissiez voir les moindres signes de faiblesse dans la partie qui adhère au support d'impression.



Pour obtenir une bonne base d'appui, nous avons réduit de quelques millimètres la partie inférieure de l'objet en utilisant Netfabb.

Entraînez-vous avec de petits objets ayant une surface de base limitée sur le support, et surtout essayez d'apprendre à utiliser la lame pour décoller l'objet de manière progressive.

Si vous imprimez sur du verre sans traitement parce que vous étiez en mesure de calibrer l'axe Z à la perfection et a réussi de maintenir propre la surface du carreau, vous aurez peu de problèmes de détachement de l'objet à la fin de l'impression, une bonne solution serait de taper d'un côté.

pièces qui font partie de l'objet. Il peut aussi y avoir des fils et des petites gouttelettes en suspension dans le cas où l'objet contienne des colonnes, des arêtes ou des parois éloignées.

L'effet « toile d'araignée » que vous pouvez trouver en certains endroits peut être facilement résolu avec un couteau ou, si vous osez, avec un briquet (seulement pour le PLA). Une lime à ongles est idéale pour les finitions. En général, sauf pour les supports à ôter, votre objet 3D doit déjà être « fini ».

Comme il s'agit d'un processus d'impression, si vous avez une surface non homogène, avec des accrocs dans le filage ou des cicatrices, vous devez passer en revue les paramètres d'écoulement et de rétraction du fil.

L'épaisseur des couches conduit à des effets visibles sur la qualité de la surface, mais en expérimentant différents paramètres, vous pouvez trouver des valeurs optimales pour la vitesse d'impression et la configuration mécanique de l'extrudeuse.

Dans le prochain numéro **126 d'Electronique et Loisirs Magazine**, nous aborderons les caractéristiques matérielles et les logiciels (firmware de la carte électronique) de l'imprimante **3DRAG**. ■

Cette phase demandera inévitablement de la pratique et rappelez-vous que la violence n'est pas une bonne solution. Une fois l'objet libéré, vous devez effectuer un travail de finition avec un couteau : le bord et les supports doivent en effet être retirés en essayant de ne pas endommager les



Trois sujets identiques, parfaitement imprimés avec la 3DRAG.

1. Installation des drivers et configuration des logiciels

Connectez l'alimentation 12V, puis la prise USB à la carte Arduino. Installez le logiciel Arduino qui se trouve dans le CD. Vérifiez que la carte Arduino est reconnue par votre PC. Pour cela, allez dans le « Gestionnaire de périphériques », la carte Arduino doit apparaître dans la liste des périphériques (voir la figure 1).

Si elle n'est pas reconnue, installez les drivers manuellement en faisant un clic-droit dessus. Le pilote de la carte Arduino se trouve dans le répertoire « drivers » de votre logiciel Arduino installé sur votre PC.

Notez le port COM correspondant à votre carte qui apparaît dans le « Gestionnaire de périphériques ». Lancez le logiciel Arduino (voir la figure 2).

Une fois le logiciel Arduino lancé, sélectionnez votre carte, cliquez sur « Outils » puis « Type de carte » (voir la figure 3).

Sélectionnez ensuite le port COM que vous avez noté précédemment (voir la figure 4).

2. Transfert du firmware à l'aide de l'IDE Arduino

Ouvrez ensuite à l'aide de l'environnement de développement **IDE** de l'**Arduino** en sélectionnant « Fichier » puis « Ouvrir » le dossier firmware du CD dans lequel il vous faut sélectionner selon le modèle de votre imprimante : **Marlin.pde** (Arduino avant 1.0) ou **Marlin.ino** (Arduino après 1.0). Cliquez ensuite sur téléverser voir les figures 5 et 6).

Le transfert est terminé lorsque « **Completed** » est affiché dans la barre inférieure.

3. Connexion avec Repetier-Host

Avant de commencer la configuration de Repetier-Host, vous devez remplir les critères suivants :

les parties électroniques et mécaniques de l'imprimante doivent être correctement assemblées. Pour cela aidez-vous du site internet : <http://3dprint.electroniquemagazine.com> (plus précisément voir le câblage électrique du montage). la carte électronique doit être détectée et pilote de l'Arduino doit être reconnu par votre ordinateur.

Le firmware Marlin doit être uploadé via l'environnement de développement de l'Arduino. Repetier-Host doit être installé sur votre ordinateur. Vous pouvez le télécharger à l'adresse suivante : <http://3dprint.electroniquemagazine.com/logiciels.html>.

La première étape consiste à régler la communication de Repetier-Host. Pour cela téléchargez sur notre site un exemple de **G-Code** par exemple le **vase torsadé** à l'adresse : <http://3dprint.electroniquemagazine.com/vase%20torsade-GCode.zip>. Décompressez le « zip » et vous devez obtenir le fichier : **vase torsade.gcode**. Lancez **Repetier-Host** vous obtenez la figure 7.

Ensuite charger le fichier **G-Code** « **vase torsade.gcode** » en sélectionnant l'onglet « **Fichier** » (en haut à gauche) puis en cliquant sur « **Charge G-Code** » (voir la figure 8), une fenêtre s'ouvre et sélectionnez le fichier « **vase torsade.gcode** » dans le dossier où vous l'avez dé-zippé et cliquez sur le bouton « **Ouvrir** » de la fenêtre. Vous devez obtenir normalement l'image de la figure 9, notez que sur la droite de l'écran, vous voyez apparaître le G-Code en sélectionnant l'onglet « **Editeur G-code** ».

Maintenant nous allons effectuer les réglages de l'imprimante, pour cela allez à l'onglet « **Configuration** » (en haut à gauche à côté de « Fichier ») puis choisissez « **réglages imprimante** » (voir la figure 10). La fenêtre « **Paramètres imprimante** » s'ouvre (figure 11), changez le port de communication correspondant à votre imprimante. Le port COM est donné dans l'étape de l'installation des **pilotes Arduino** (dans notre cas c'est COM6 voir la figure 12).

Ensuite réglez la vitesse de communication de la carte Arduino avec Repetier-Host, par défaut vous êtes à **115200 BAUD** mais sous **Marlin** vous pouvez aller jusqu'à **250000 BAUD** (voir la figure 13). Cochez la case « **Utilisez communication aller/retour** » (communication ping-pong) qui permet la vérification et la correction des paquets d'instructions envoyés à la carte Arduino (voir la figure 14).

Connectez-vous maintenant à votre imprimante **3DRAG** à l'aide du bouton rouge « **Connecter** », (voir la figure 15) une fois la connexion établie à l'imprimante, le bouton devient vert et l'inscription change en « **Déconnecter** ». Vous devez normalement lire les températures de l'extrudeuse mesurées par les thermistances qui devraient avoisiner à +/- 5 °C la température ambiante. Si ce n'est pas le cas, alors vous avez un défaut de câblage ou de configuration de votre de votre thermistance dans le firmware. Si vous voyez 0 °C, votre thermistance n'est pas connectée.

4. Configuration du firmware via Repetier-Host

Nous allons effectuer les réglages du firmware de la carte Arduino. En effet, il n'est pas nécessaire de remplir les valeurs de pas par mm, de vitesse et d'accélération dans le firmware avant de lancer le logiciel Repetier Host. Repetier a un accès direct à la mémoire de la carte Arduino et peut modifier les variables stockées dans la carte (même durant l'impression, ce qui est bien pratique pour l'étape de calibration). Pour cela allez dans « **Configuration** » et ensuite sélectionnez « **Configuration EEPROM du firmware** » (voir la figure 16) du menu sous Repetier (pour le firmware Marlin, l'interface EEPROM ne fonctionne que si on l'active au préalable en annulant le commentaire EEPROM_SETTINGS et EEPROM_CHITCHAT dans le firmware pour permettre l'édition de l'EEPROM via Repetier-host).

Modifions le nombre de pas par mm dans le cas où nous utilisons une courroie GT2 sur une poulie de 20 dents avec une valeur de micro-stepping de 16. Dans le cas où nous utilisons des poulies GT2 16 dents, le nombre de dents par mm est de 100 (le nombre de dent est inscrit sur la poulie). Vous voyez apparaître la configuration suivante à la figure 17.

5. Vérification de la configuration

La première étape consiste à déplacer manuellement les axes, poussez les chariots X et Y au centre de leurs axes, si vous sentez une résistance - Ne pas forcer ! -, il suffit de stopper le blocage des moteurs (voir la figure 18).

Pour l'axe Z, essayez de monter l'extrusion hors du plateau (au moins 20 mm) et rester aussi horizontal que possible pour ne pas nuire à la structure.

La seconde étape consiste aux déplacements des axes, déplacez l'axe X de 10 mm dans le sens X+ (en cliquant sur la flèche dans Repetier). S'il ne se passe rien, vérifiez le câblage du moteur de l'axe X. Le déplacement doit donc être de 10mm à l'opposé de votre endstop X. S'il se rapproche de votre endstop, vous avez alors une inversion de direction à corriger voir la figure 19).

Dans la troisième étape nous allons inverser la direction du moteur. Il existe 2 moyens différents pour inverser le sens de rotation du moteur :

- mécaniquement, en effet le branchement du moteur est constitué dans l'ordre du contact 1 et 2 pour la première bobine et du contact 3 et 4 pour la seconde bobine. Intervertir les fils d'une bobine revient à inverser le sens du moteur.
- d'un point de vu logiciel, il suffit de se rendre dans le fichier « configuration.h » du firmware Marlin ou Repetier et de modifier la ligne « **#define INVERT_X_DIR** » pour inverser la valeur, mettez « false » à la place de « true » ou inversement.

Procédez de la même manière pour les axes Y et Z.

La quatrième étape consiste à vérifier les capteurs de fin de course "endstop", il faut tout d'abord s'assurer que l'endstop est fonctionnel.

Pour se faire, vérifiez que la LED rouge est allumée lors d'un contact (liaison USB nécessaire au minimum). Appuyez sur l'origine X (Home symbole de la maison à gauche) et positionnez votre doigt sur le bouton « reset » sans appuyer (il vous permettra de tout arrêter si vous avez un problème sans rien endommager) et vérifiez que le chariot X s'arrête après avoir touché le capteur de fin de course. Si vous voyez un problème, n'hésitez pas à appuyer sur le bouton reset de la carte (voir la figure 20).

Si l'axe se dirige à l'opposé du capteur de fin de course, effectuez la modification des constantes dans le **firmware Marlin** concernant les capteurs de fin de course. Recommencez les mêmes opérations pour l'axe Y. Montez l'endstop Z pour être sûr que la buse ne touche pas la plaque chauffante durant l'opération, puis effectuez la même opération.

La cinquième et dernière étape est le contrôle du fonctionnement des éléments chauffants. Pour cela cliquez sur « chauffage extrudeuse » et vérifiez si la température de l'extrudeuse augmente, faites de même pour la plaque.

Si rien ne bouge, vérifiez votre câblage. Votre résistance chauffante est peut-être mal connectée (pensez à utiliser un multimètre pour mesurer la résistance aux bornes de la partie chauffante).

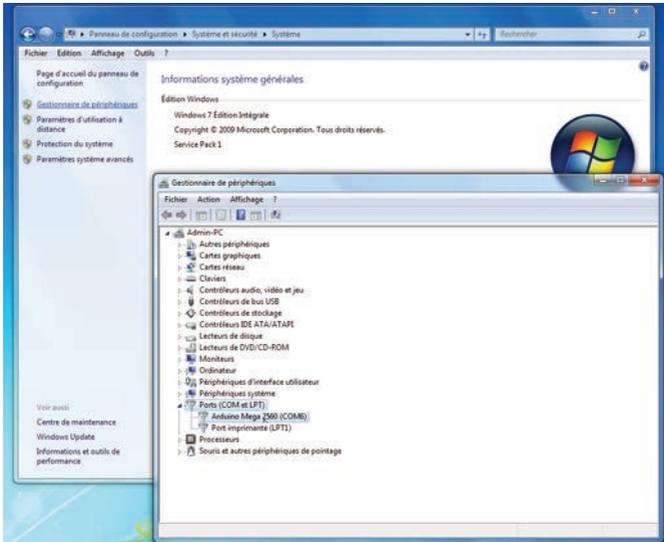


Figure 1 : la carte Arduino apparaît dans le « Gestionnaire de périphériques ».

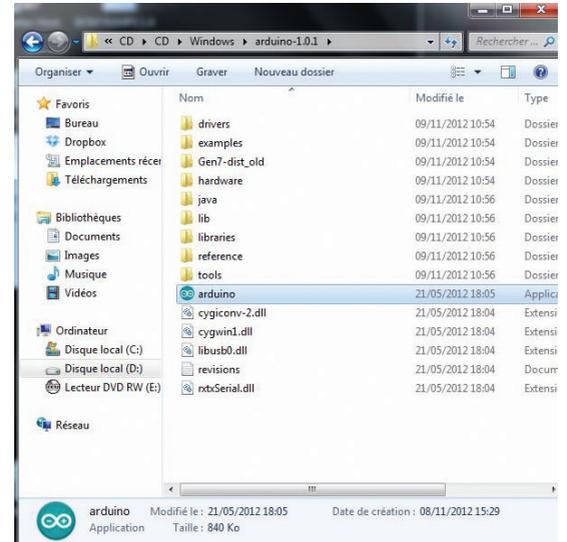


Figure 2 : lancement du logiciel Arduino

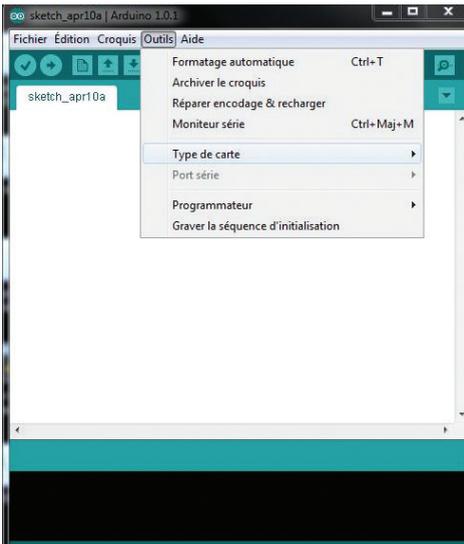


Figure 3 : sélection de la carte

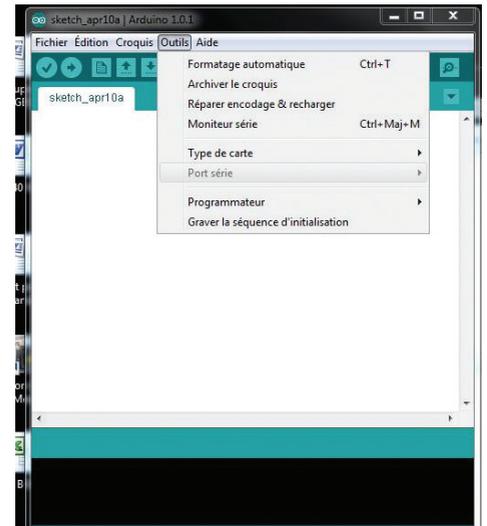


Figure 4 : sélection du port COM

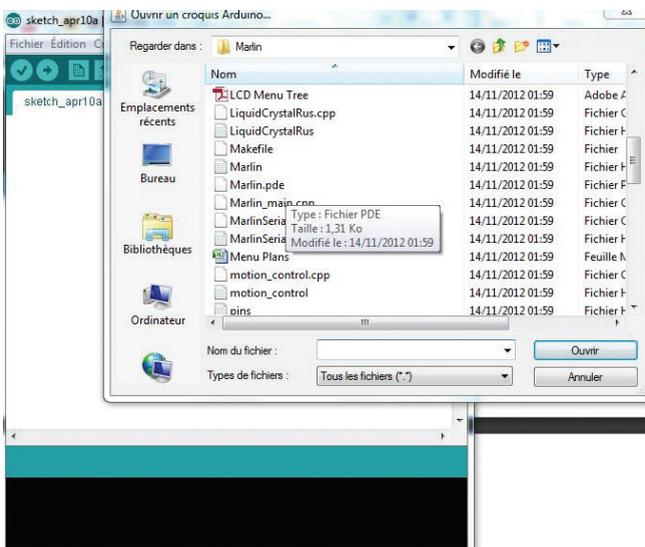


Figure 5 : ouverture du firmware sous Arduino.

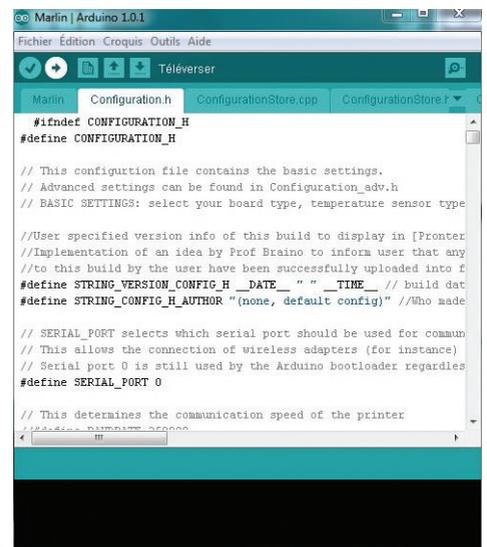


Figure 6 : fichier « Configuration.h » du firmware.

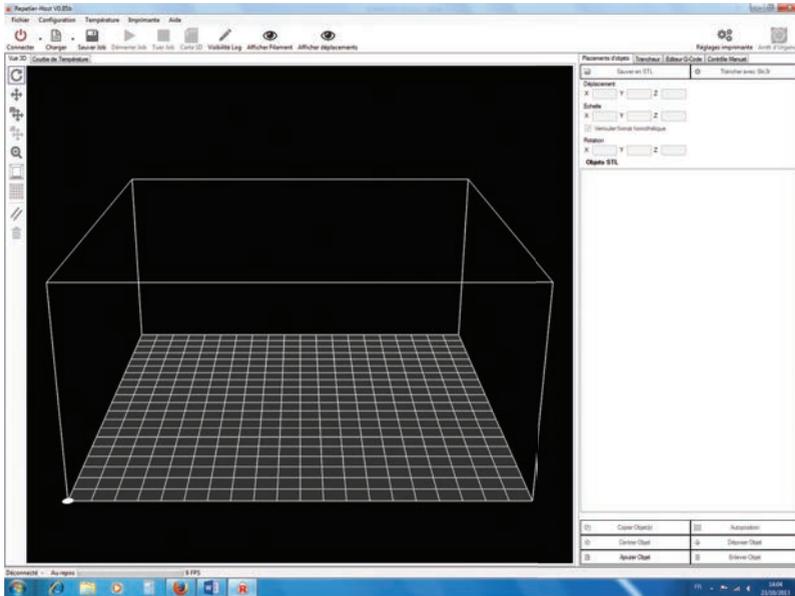


Figure 7 : au lancement de Repetier-Host vous obtenez cet écran.

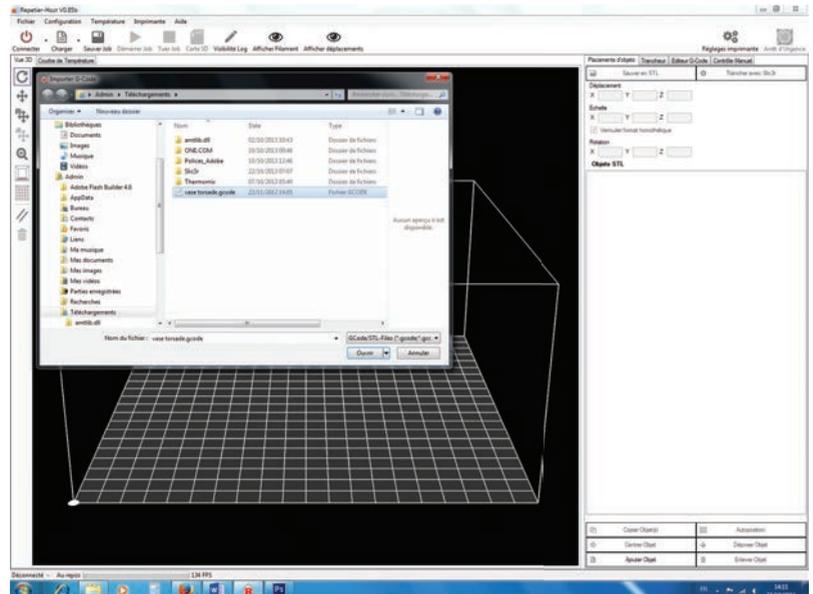


Figure 8 : sélectionnez l'onglet « Fichier » (en haut à gauche) puis en cliquant sur « Charge G-Code » choisissez le fichier vase torsade.gcode.

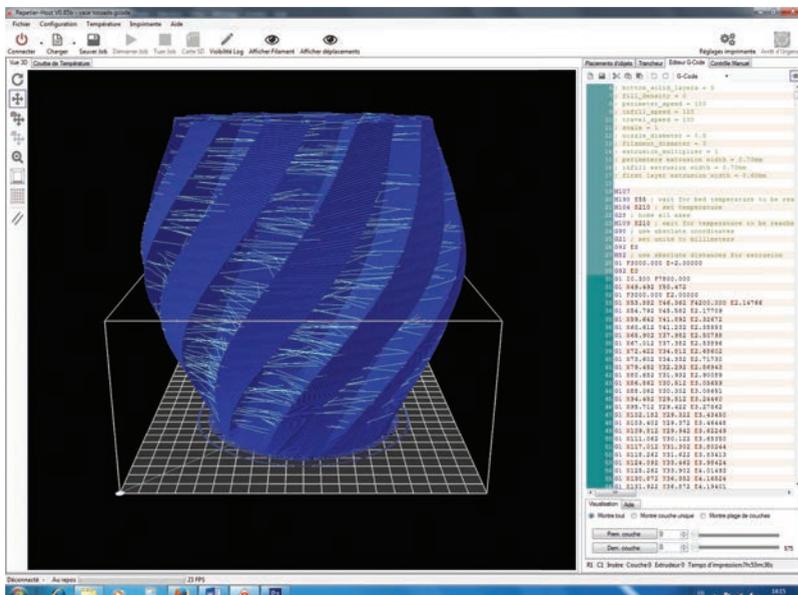


Figure 9 : en chargeant le fichier vase torsade.gcode vous obtenez cette vue en 3 dimensions, à gauche apparaît le G-Code dans l'onglet « Editeur G-Code » sous forme de fichier texte.

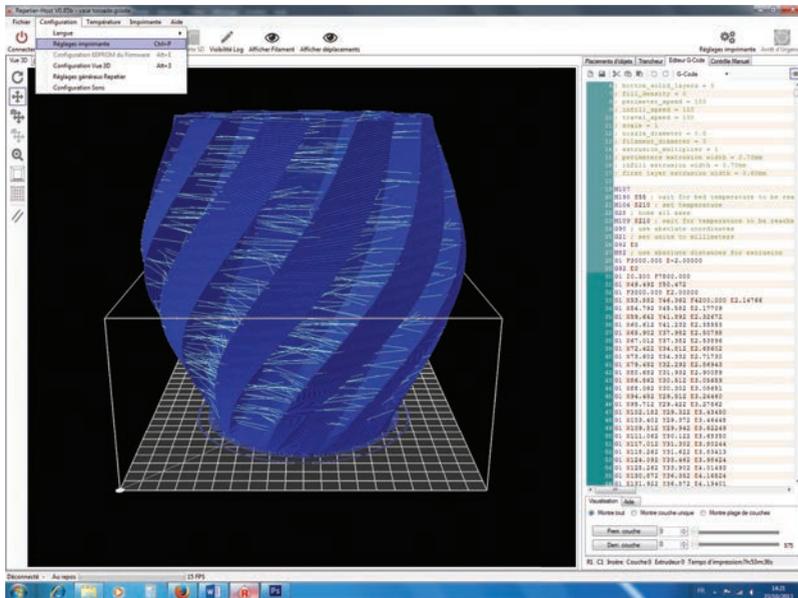


Figure 10 : réglages de l'imprimante, allez à l'onglet « Configuration » (en haut à gauche à côté de « Fichier ») puis choisissez « réglages imprimante ».

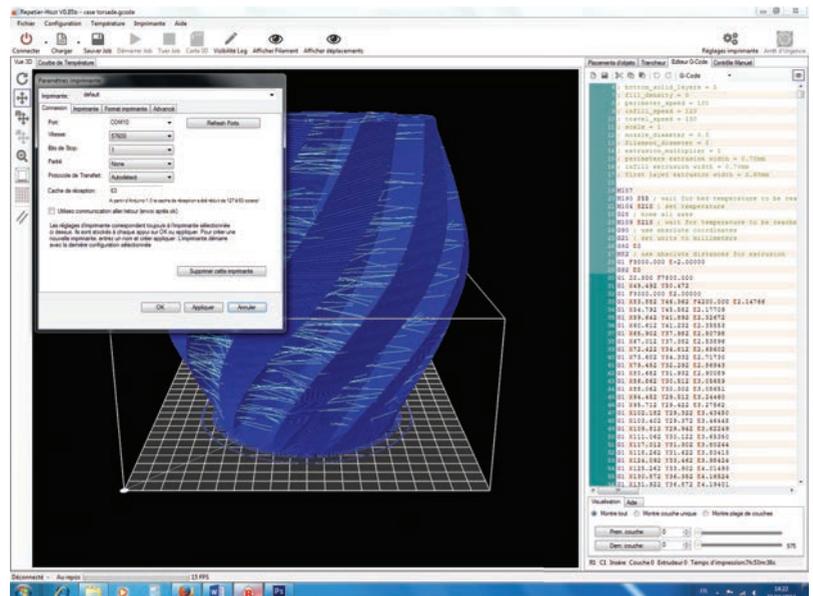


Figure 11 : la fenêtre « Paramètres imprimante » s'ouvre, changez le port de communication correspondant à votre imprimante.

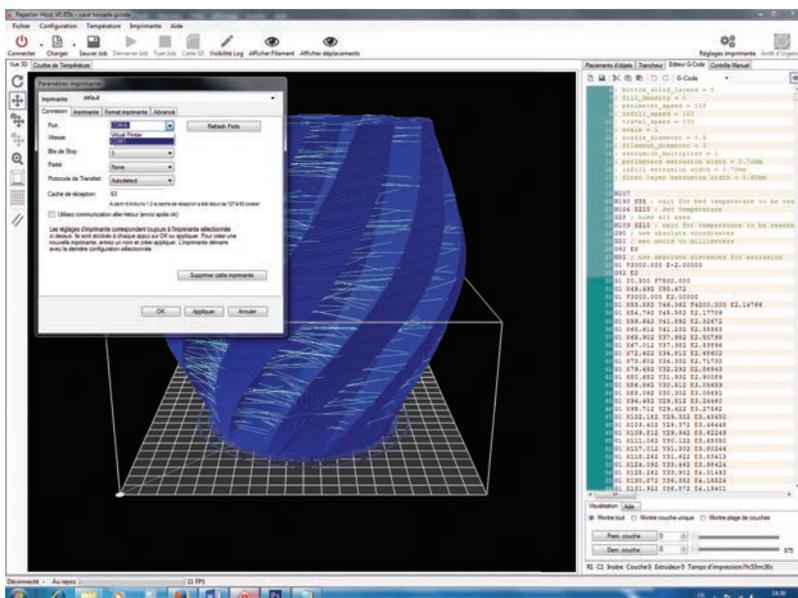


Figure 12 : dans notre cas, c'est le port COM6.

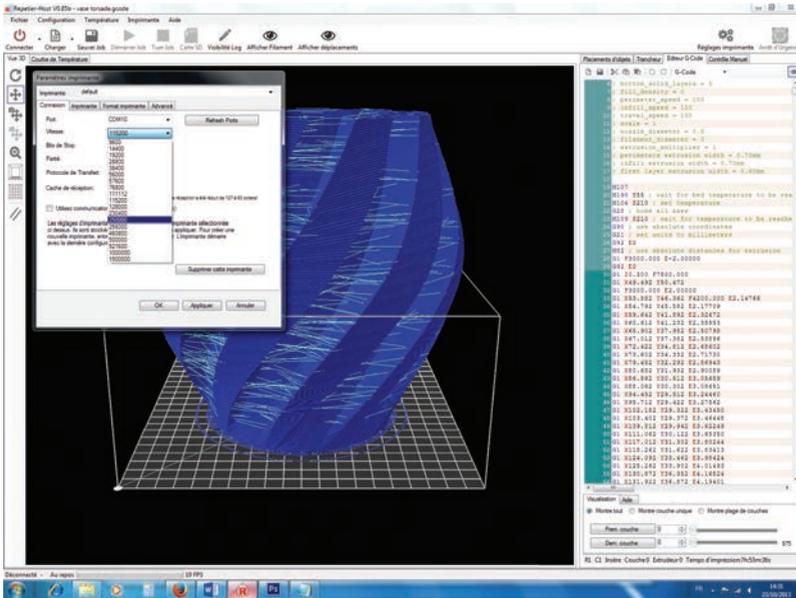


Figure 13 : réglage de la vitesse de communication de la carte Arduino avec Repetier-Host, par défaut elle est de 115200 BAUD, mais sous Marlin elle peut aller jusqu'à 250000 BAUD.

Figure 14 : la case « Utilisez communication aller/retour » permet la vérification et la correction des instructions envoyées à la carte.

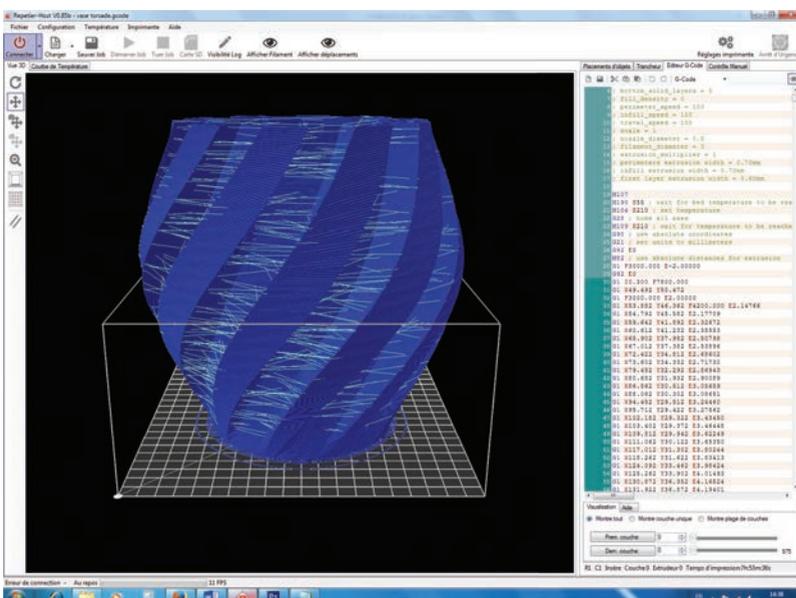
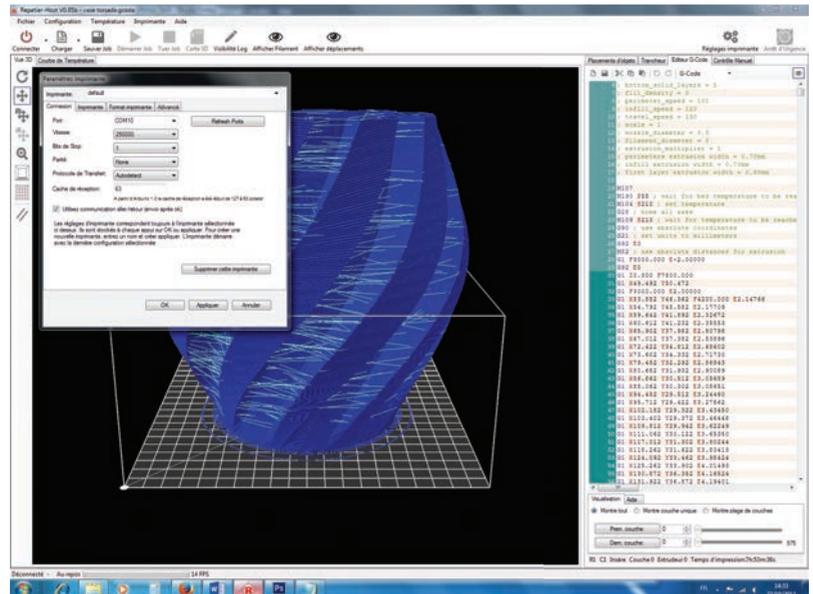


Figure 15 : la connexion à la 3DRAG se fait à l'aide du bouton rouge « Connecter », une fois la connexion établie à l'imprimante, le bouton devient vert et l'inscription change en « Déconnecter ».

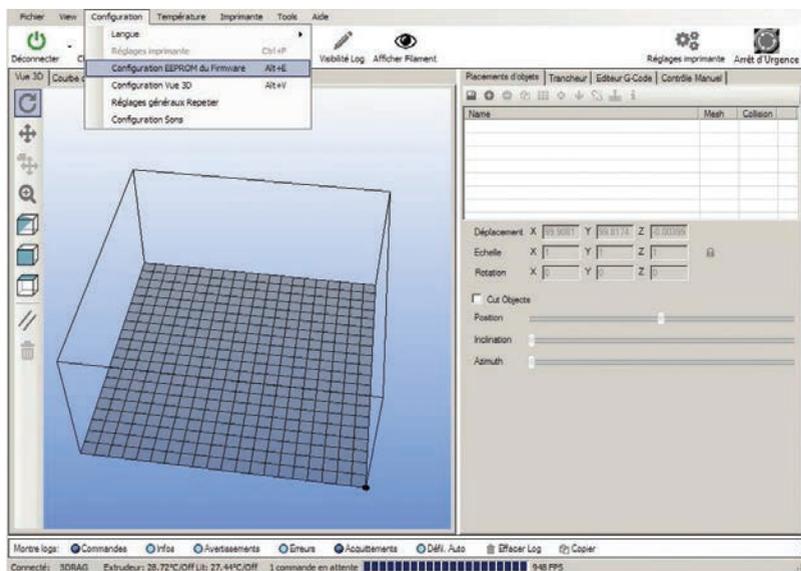


Figure 16 : configuration du firmware sous Repetier-Host.

Figure 17 : réglages de l'EEPROM dans le cas de Marlin.

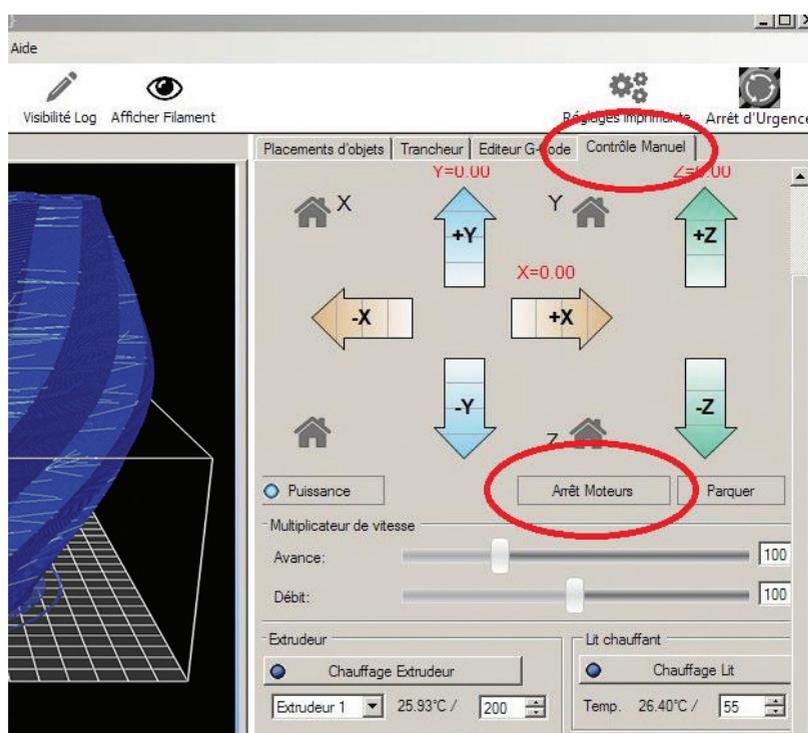
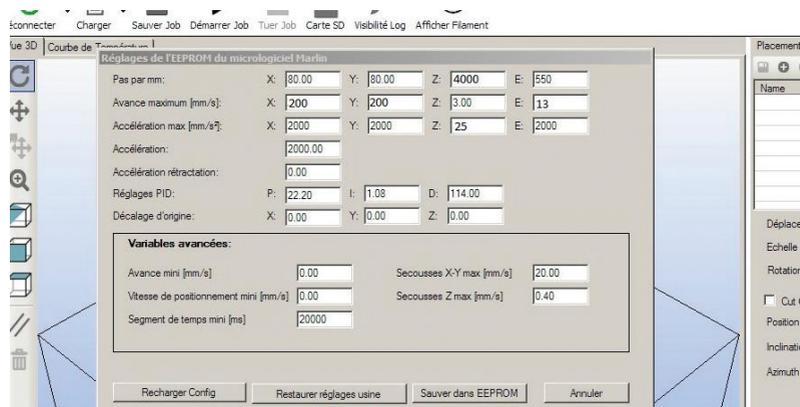


Figure 18 : arrêt des moteurs pour le déplacement manuel.

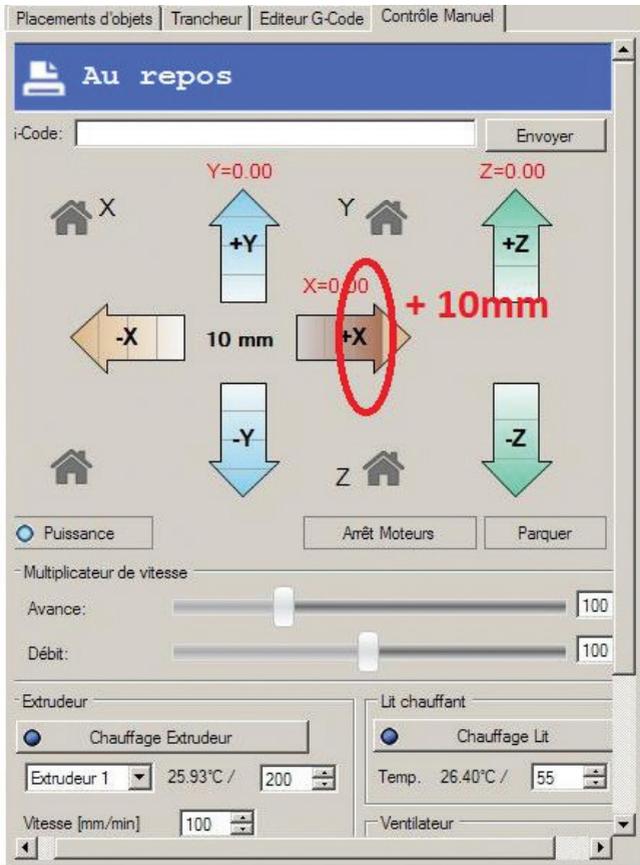


Figure 19 : déplacement de l'axe X.

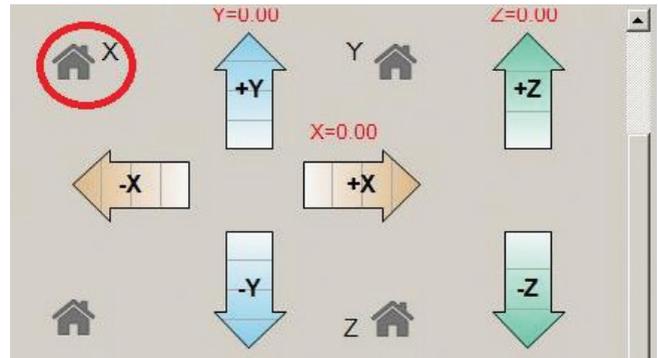


Figure 20 : positionnement de l'origine X.

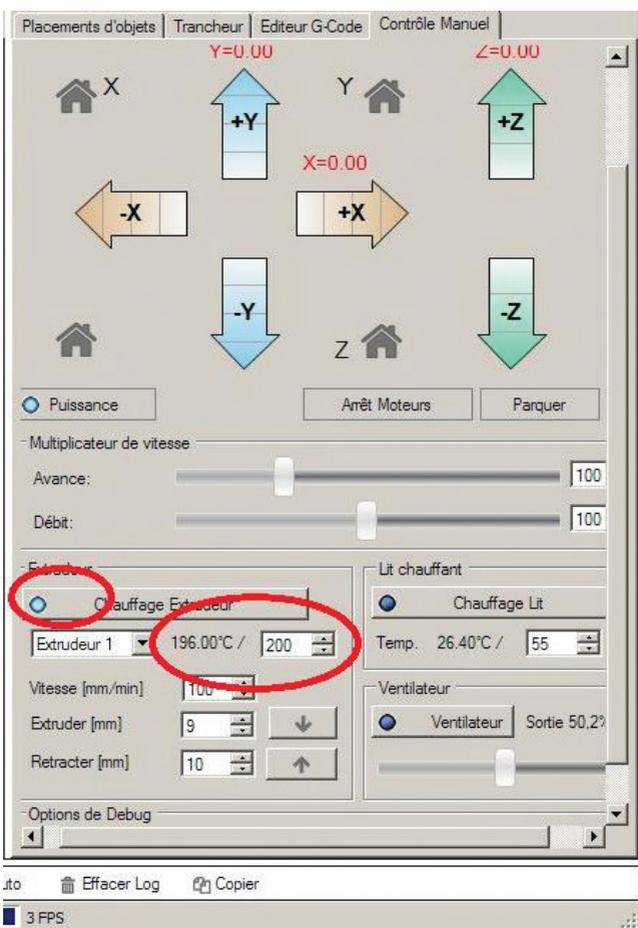
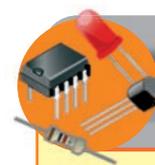


Figure 21 : chauffage de l'extrudeuse.



Comment construire ce montage

Notre imprimante 3DRAG est disponible auprès de notre partenaire COMELEC (voir les publicités) sous forme de kit complet comprenant tous les équipements mécaniques, électriques et électroniques (bloc d'alimentation inclus) nécessaires pour l'imprimante, à l'exclusion des fils PLA et ABS qui peuvent être commandés séparément.

COMELEC
CD 908 13720 Belcodène
www.comelec.fr



CULTIVEZ VOTRE HOBBY AVEC NOS MONTAGES

de Kits électroniques

Devenez un expert avec nos kits et modules.
Mettez en "pratique" votre connaissance en programmation!

Kit Réf. K6400
30,45 €

SERRURE CODÉE

Kit Réf. VM188
19,90 €

MINUTEUR IMPULSION-PAUSE 1s à 60h

Kit Réf. K8004
15,30 €

CONVERTISSEUR DE TENSION CONTINUE EN IMPULSIONS

Kit Réf. K4001
9,90 €

UN AMPLIFICATEUR MONO 7 W

Kit Réf. MK125
7,45 €

INTERRUPTEUR CRÉPUSCULAIRE

Kit Réf. MK120
13,50 €

BARRIÈRE INFRAROUGE TX & RX

Kit Réf. MK138
8,90 €

THERMOSTAT

Kit Réf. MK127
12,60 €

MICROBUG COUREUR

Kit Réf. MK182
15,80 €

CHAMBRE D'ÉCHO NUMÉRIQUE

Kit Réf. MK189
8,95 €

MONITEUR BATTERIE DE VOITURE

Réf. FT908M
113,00 €

LOCALISATEUR GSM (Vendu monté)

Réf. FT849
128,00 €

LOCALISATEUR GSM / GPS (Vendu monté)

MINI BUS, UN BUS POUR L'AUTOMATISATION

2^{eme} partie

Nous continuons dans cette deuxième partie la présentation du MINI BUS, un système domotique flexible, avec la description du module d'extension et des modules périphériques spécialisés reliés à un module central via le protocole I2C. Le système possède en outre une amplification du signal I2C afin de couvrir de longues distances.

..... de MATTEO DESTRO

Comme nous l'avons décrit dans l'article précédent du numéro 124 d'Electronique et Loisirs Magazine, la **Domotique** est l'ensemble des techniques électroniques, d'automatisme, d'informatique et de télécommunications utilisées dans les maisons et plus généralement dans les bâtiments, qui permettent de **centraliser le contrôle des différents systèmes** et sous-systèmes d'une maison (chauffage, volets roulants, porte de garage, portail d'entrée, prises électriques, etc.).

La domotique vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort (gestion d'énergie, optimisation de l'éclairage et du chauffage), de sécurité (alarme) et de communication (commandes à distance, signaux visuels ou sonores et pour de nombreuses applications). Nous pouvons donc conclure qu'une « maison intelligente » se réfère à un environnement domestique bien conçu et offre à l'utilisateur des installations qui sont capables de remplir des fonctions partiellement autonomes ou planifiées.



Nous avons commencé l'étude d'un système bus qui nous permet de gérer en mode automatique des points de contrôle à la fois en « **entrée** » et en « **sortie** ».

En particulier, nous avons parlé du module **MASTER** (maître) qui, grâce au signal **I2C** amplifié, peut être en mesure de communiquer sur de grandes distances, et interagir avec une variété de modules appelés module **SLAVE** (module « esclave »).

Dans cet article, nous allons étudier la carte d'extension qui complète le module **MASTER** (maître), et les premières unités esclaves (modules « SLAVE »).

Dans le **prochain article du numéro 126 d'Electronique et Loisirs Magazine**, nous compléterons la description des modules **SLAVE** et nous introduiront les concepts de base utilisés pour le développement du programme résidant dans le microcontrôleur **PIC18F2620** qui est le cœur du module **MASTER** (maître).

INTRODUCTION

Comme nous l'avons déjà décrit, le système se compose d'un module **MASTER** (maître) qui est le cerveau du système, et d'une série de modules **SLAVE** (en option), qui vous permettent de gérer des entrées et des sorties numériques. Toutes les **entrées** sont **opto-isolées**, tandis que toutes les **sorties** disposent de **relais**. **Il n'est pas obligatoire d'avoir des modules esclaves (SLAVE) connectés au bus**, cela dépend de vos besoins pour atteindre votre objectif comme le montre la figure 1 que nous vous avons présentée dans la première partie.

Schéma de fonctionnement : dans le diagramme ci-après, vous pouvez voir les différentes connexions entre les modules du système. L'unité de commande est composée d'un module contenant une carte de base **MASTER**, dotée d'une carte principale et d'une carte d'extension, reliées entre elles par le protocole **I2C**.

L'unité de commande est connectée à la carte esclave (**SLAVE**) par l'intermédiaire

du **HUB** central en utilisant le **MINIBUS**. Les différentes cartes esclaves sont reliées entre elles, ainsi qu'à la carte principale (**MASTER**) par l'intermédiaire du **HUB** central.

On peut connecter jusqu'à un maximum de 7 cartes esclaves (**SLAVE**) dans n'importe quelle combinaison entre les différents types disponibles : cartes esclaves en sorties sur relais, cartes esclaves en entrées uniquement, et cartes esclaves avec 4 entrées et 4 sorties sur relais.

Nous complétons la description de l'unité principale **MASTER** du numéro **124 d'Electronique et Loisirs Magazine** avec les dessins des circuits imprimés à l'échelle 1 : 1 (voir les 2 pages suivantes), et nous étudierons le schéma de principe de la **carte d'extension** qui abrite les opto-coupleurs pour les entrées numériques, le circuit intégré driver **ULN2803ADW** qui pilote directement les relais (il dispose en interne de 8 transistors **Darlington**), ainsi que l'extension des entrées/sorties, le circuit **MCP23017**, qui est géré par le **PIC18F2620** via le bus **I2C**.

La carte d'extension

La **carte d'extension** dispose de **8 entrées** numériques **opto-isolées** grâce à deux circuits **TLP280**, d'un circuit intégré, le **ULN2803ADW**, qui permet de piloter jusqu'à **8 charges indépendantes** pour une intensité pouvant aller jusqu'à 500mA sur un canal et avec une tension de coupure maximale de 40V, ici il est utilisé pour la **gestion des relais des sorties**.

Le circuit intégré **MCP23017** fournit **16 extensions** qui peuvent être configurées en **entrées** ou en **sorties**, il est géré par le microcontrôleur **PIC18F2620** par l'intermédiaire du bus **I2C** qui sert d'interface entre les 2 **TLP280**, le **ULN2803ADW** et le **PIC18F2620**.

Les deux circuits intégrés **U2** et **U3** sont de classiques **TLP280**, qui comportent chacun **quatre opto-coupleurs distincts** (voir la figure 2). La section d'entrée est formée par une **photodiode connectée en parallèle inverse** qui, lorsqu'elle est

soumise à une **tension**, fait **entrer en conduction le phototransistor couplé optiquement**.

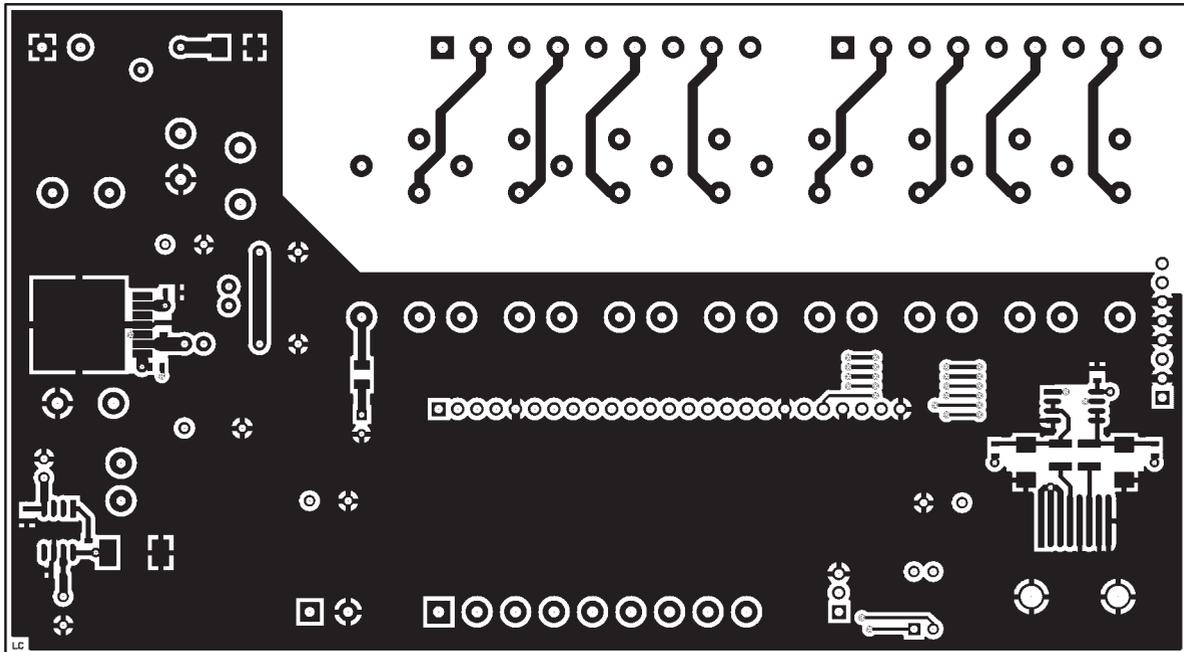
La **tension de seuil** minimale (**VF**) pour que les photodiodes des circuits **U2** et **U3** entrent en conduction est de l'ordre de **+ 1,25 V**. Donc, la tension que l'on doit appliquer à l'entrée de la photodiode doit être **supérieure à ce seuil**. Il est évident qu'entre la borne d'entrée et l'anode de la photodiode est interposée une **résistance de 4,7 kΩ** qui assure une **limitation du courant** circulant dans la photodiode. Avec cette résistance, vous pouvez utiliser n'importe quelle tension d'entrée comprise entre **+ 12 VDC** et **+ 24 VDC** sans que le photocoupleur soit endommagé.

La **résistance de 1,5 kΩ** qui est connectée à la masse sert dans le cas où la borne d'entrée est laissée flottante, assurant ainsi une **référence stable** par rapport à la **masse**. Si vous utilisez en entrée la tension d'alimentation **+ 12 VDC** générée par la carte de base, la **masse doit être connectée en interne** à l'aide du cavalier **J1** (position « **2-3** » sur la carte principale).

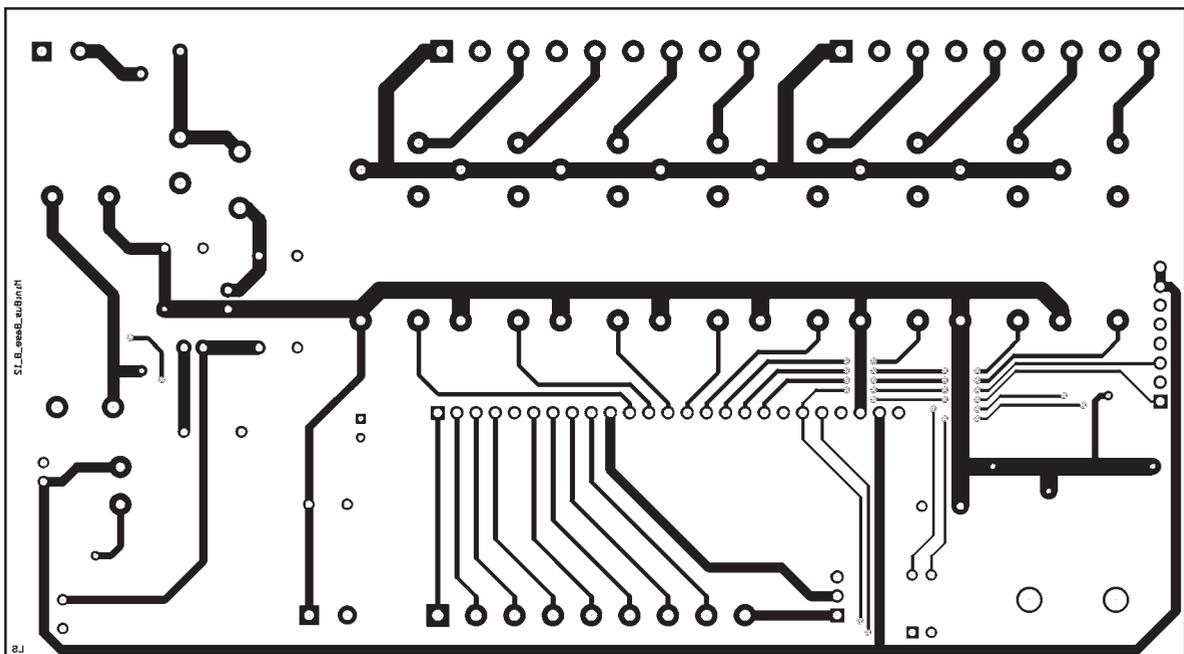
Dans le cas où la tension d'alimentation des entrées est générée à partir d'une **alimentation externe**, vous devez également utiliser la **masse externe** pour le module, dans ce cas le cavalier **J1** doit être positionné sur « **1-2** ». Dans ce second cas, l'isolation galvanique des entrées des opto-coupleurs est optimale.

Les **sorties** des opto-coupleurs qui correspondent aux collecteurs des différents transistors sont connectées au **port A** du circuit intégré **U4** qui est configuré en entrée (c'est le même principe que celui utilisé avec le PIC). Pour chaque entrée, vous devez utiliser une **résistance de tirage** connectée au **+ 5 V** (résistance de « **pull-up** »). En ce qui concerne les **sorties sur relais**, celles-ci sont commandées par le circuit intégré **U1** (**ULN2803ADW**) relié directement au **port B** du circuit **U4** configuré en sortie. Dans ce cas, pour chaque sortie nous utilisons une **résistance de « pull-down »** qui permet de **forcer l'état** d'une broche à la **masse** (niveau logique 0), cela permet d'éviter des niveaux indéterminés.

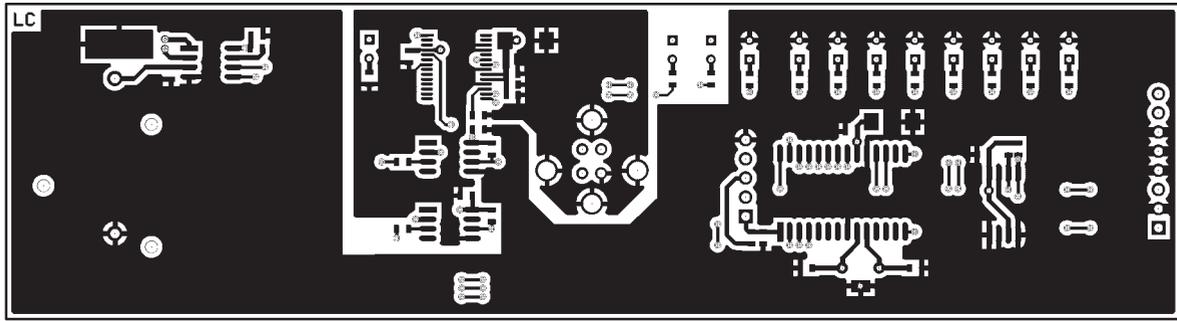
Rappel concernant les circuits imprimés de la carte MASTER et de la carte frontale
du numéro 124 d'Electronique et Loisirs Magazine



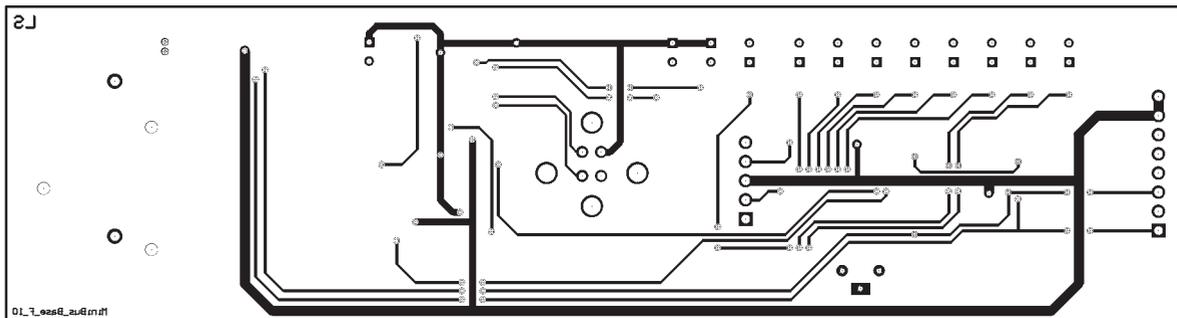
Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte de base MASTER côté composants.



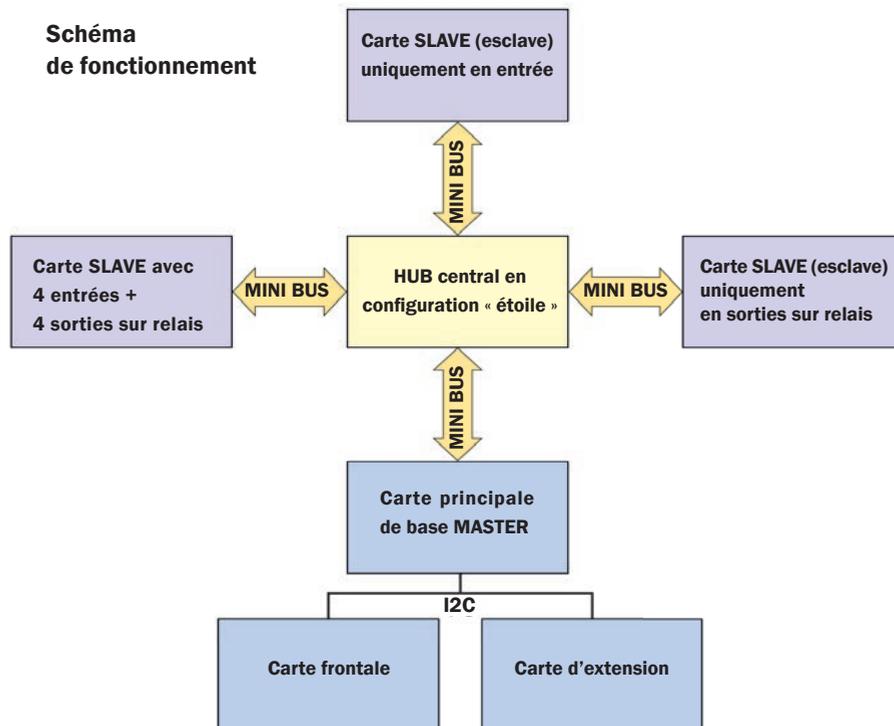
Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte de base MASTER côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte frontale côté composants.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte frontale côté soudures.



Parlons maintenant du circuit intégré **U4**, le **MCP23017** de **Microchip**, qui permet d'étendre le nombre d'entrées/sorties. Il fournit **16 entrées/sorties** (E/S) numériques **configurables individuellement** soit en « entrée » ou soit en « sortie », comme vous le feriez avec les ports d'un microcontrôleur. Le **MCP23017** intègre des interfaces de type **I2C** ou **SPI**. Ici nous utilisons l'interface **I2C**.

Dans notre application, les broches du **port A** sont configurées comme des **entrées** numériques (**GPAX**, où x représente le numéro de la broche qui va de 21 à 28), et les broches du **port B** (**GPBX**, broches 1 à 8) sont configurées comme des **sorties** numériques. Les broches **12 (SCL)** et **13 (SDA)** sont utilisées pour la communication du bus **I2C**, tandis que les broches **20** et **19 (INTA et INTB)** sont laissées « flottantes » (ce sont des broches d'interruption). Dans notre application ces broches ne sont pas utilisées, car il faudrait continuellement scruter (interroger) les entrées.

Les broches d'interruption INTA et INTB peuvent servir dans d'autres applications, selon la façon dont elles sont programmées, par exemple s'il y a eu des changements dans les entrées du port A ou B.

La broche **19 (reset)** est forcée au **+ 5 V**. En interne, le circuit intégré **U4** dispose d'une série de registres, ils doivent être configurés en fonction du type d'application.

La correspondance des registres internes varie en fonction de la valeur attribuée au bit « **BANK** » (banc) du **registre IOCON**. Dans le cas où ce bit est mis à « **1** », les registres associés au **port A** et au **port B** sont **séparés dans deux bancs distincts**, alors que si le bit est mis à « **0** », les registres sont **mémorisés de manière séquentielle** (méthode utilisée dans notre application). La figure 3 montre l'adressage des registres dans les deux cas.

Nous ne décrivons pas la signification de chaque registre, mais uniquement les plus pertinents pour notre application. Le premier registre à analyser est **IODIRx** (où x identifie le port A ou B), ce registre définit les **broches x** du port

qui sont configurées soit en **entrée**, soit en **sortie**. Dans notre cas, le **port A** doit être configuré en « **entrée** » donc **IODIRA = 0xFF**, tandis que le **port B** doit être configuré en « **sortie** », donc **IODIRB = 0x00**.

Le registre **IPOLx** est utilisé pour définir le **signe de la valeur lue du registre GPIOx**. En d'autres termes, si les bits du registre **IPOLx** sont définis à « **1** », cela signifie que la valeur lue sur le port **GPIOx** sera l'inverse de la valeur réelle présente sur le port. À l'inverse si les bits de **IPOLx** sont définis à « **0** » la valeur lue sur le port **GPIOx** sera la valeur réelle présente sur le port.

Ce concept est utilisé pour savoir comment les « entrées » doivent travailler, c'est-à-dire si elles doivent être **actives** sur un « **front montant** » ou sur un « **front descendant** ». La valeur à attribuer au registre **IPOLx** est définie par l'utilisateur via le programme de configuration. Cette configuration est appliquée seulement au **port A** qui est configuré en « **entrée** ». Le registre **IPOLx** pour le **port B** est forcé à **0x00**.

Le registre **GPIOx** traduit la valeur du port associé, ainsi dans le cas du port A, qui est configuré en « **entrée** » uniquement, il indique l'état actuel des entrées. A l'inverse en ce qui concerne le port B, qui est configuré en « **sortie** », il reporte l'état qui est affecté aux sorties.

Enfin, le registre **OLATx** indique la valeur à attribuer au port qui est configuré en « **sortie** ». Pour le port A, cela n'a pas de sens et il est donc forcé à **0x00**. Par contre pour le **port B**, cela dépend de la valeur que vous souhaitez affecter à la sortie (active ou inactive). Comme toutes les sorties sont considérées comme des relais, l'utilisateur peut décider si elles doivent travailler comme **NC** (normalement fermé) ou **NO** (normalement ouvert).

Le programme génère alors un **registre de masque** qui contient des **opérateurs booléens** (XOR) indiquant si les valeurs doivent être écrites ou pas dans le registre de destination **OLATB**. Afin de clarifier les concepts exposés, observez la figure 4 qui montre la configuration de la section d'entrée et de la section de sortie pour le module **MASTER** (maître).

Comme vous pouvez le constater, les sorties des relais **2, 3, 4** et **5** ont été configurées comme sorties **NO** (normalement ouvert) et celles des relais **1, 6, 7** et **8** comme **NC** (normalement fermé). Rappelons que par défaut, les relais montés sur le circuit imprimé ont un contact de travail **NC**, donc avec cette configuration, nous aurons **4 relais au repos** (relais 1, 6, 7 et 8) et **4 relais activés** (relais 2, 3, 4 et 5).

Veillez noter que le masque n'est pas la valeur assignée à la sortie pour activer le relais, mais la sortie doit se comporter en fonction de la valeur qui lui est appliquée. Donc, si le relais est configuré pour fonctionner en **NC**, lorsque la sortie est activée, le relais passe à l'état **NO** (si la charge est connectée à la borne **NO**, elle sera activée). Si le relais est configuré pour fonctionner en **NO**, lorsque la sortie est activée, le relais passe à l'état **NC** (si la charge est connectée à la borne **NO** elle sera désactivée).

Revenons aux entrées, pour les entrées **1 à 6**, elles sont **actives** sur le **front montant**, tandis que pour les entrées **7 et 8** elles sont **actives** sur le **front descendant**. Donc dans le premier cas, l'interrupteur doit se **fermer** (de OFF à ON) en mettant en **conduction sur le front montant** la section de l'opto-coupleur associée.

Dans le second cas, l'interrupteur doit s'**ouvrir** (de ON à OFF) en **bloquant sur le front descendant** la section de l'opto-coupleur associée. La carte d'extension doit être insérée dans le connecteur approprié sur la carte **MASTER** comme visible sur la figure 6.

Pour connecter le module **MASTER** au module **SLAVE**, nous utilisons un câble réseau de type **RJ45** de catégorie 5E. Le câblage doit être de type 1 :1, c'est-à-dire « **droit** ». **Il ne doit pas être de type « croisé »**. La figure 5 montre le câblage aux deux extrémités du câble, respectez le même ordre et les couleurs des différents fils.

Le module **MASTER** est conçu pour être inséré dans un **rail DIN modulaire**. En particulier, nous avons utilisé un boîtier référencé « **9MH53** » chez Italtronic (code 05.0902530) avec sa face avant à usiner (code P05090201P).

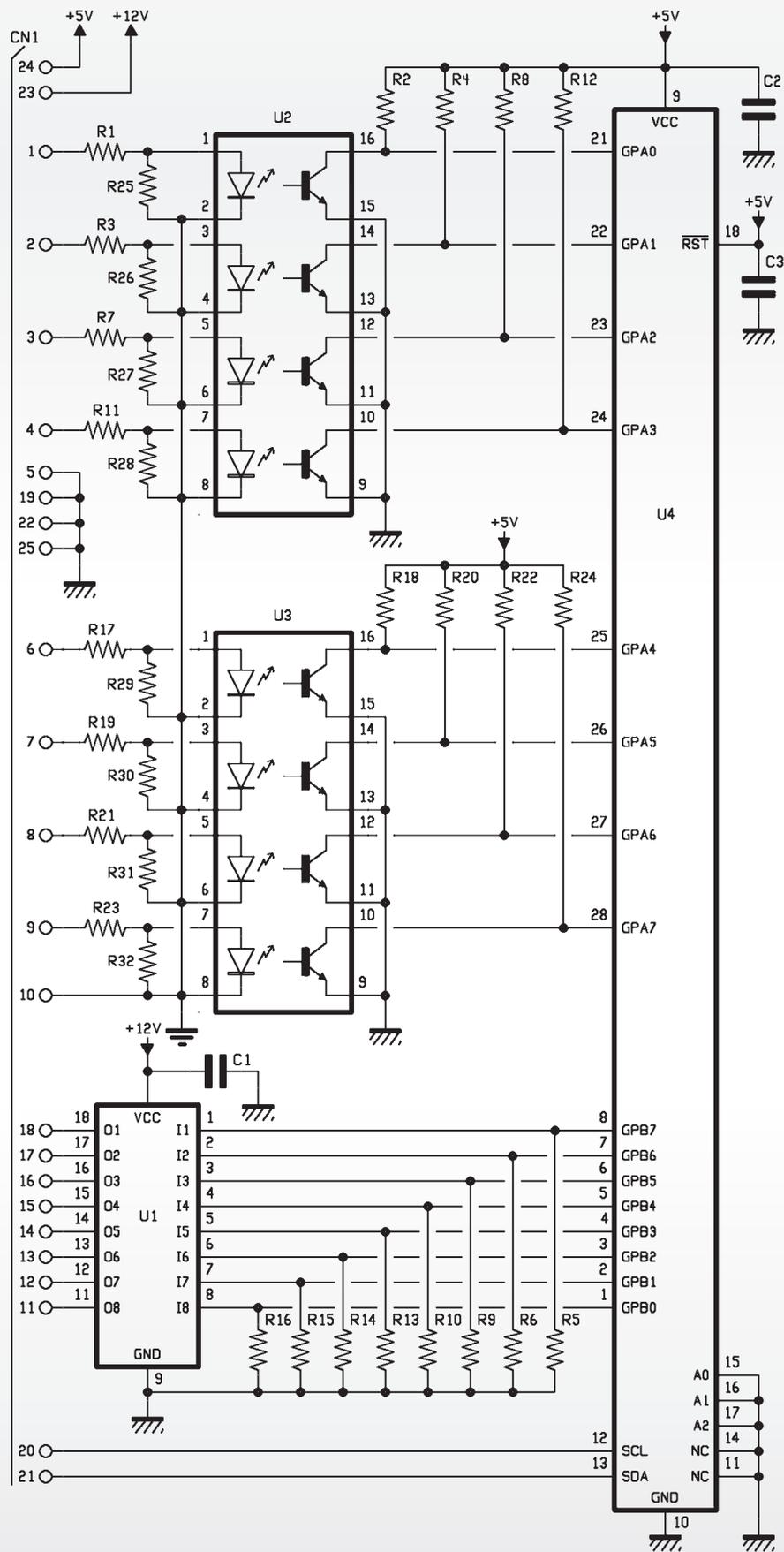
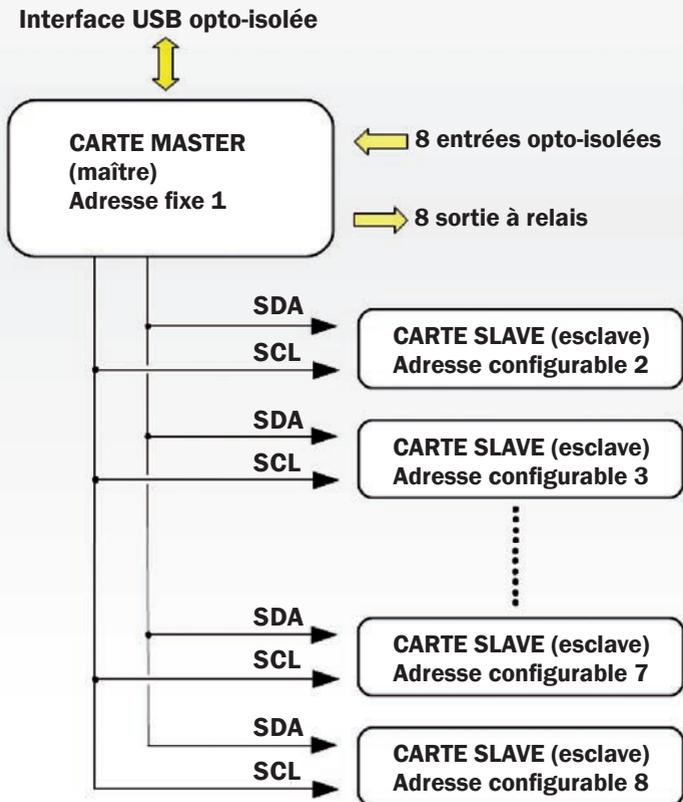


Schéma électrique de la carte d'extension 16 E/S, à droite le circuit U4 (MCP23017) relié au bus I2C, à gauche les 2 circuits opto-coupleurs U2 et U3 (TLP280), et en bas à gauche le circuit U1 (ULN2803ADW) qui pilote les relais.



La carte esclave peut être configurée en 3 catégories distinctes

- 8 entrées opto-isolées
- 8 sorties à relais
- 8 entrées opto-isolées
- 4 entrées opto-isolées et 4 sorties à relais

Figure 1 : schéma de connexion des différents modules SLAVES (esclaves) avec le module MASTER (maître).

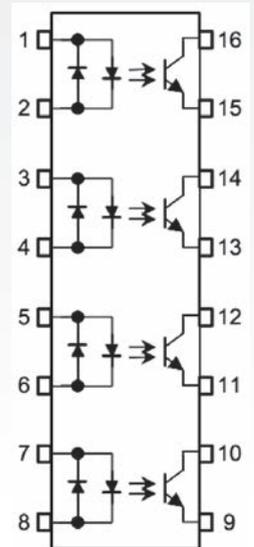


Figure 2 : schéma synoptique de l'opto-coupleur TLP280.

Adresse ICON.BANK = 1	Adresse ICON.BANK = 0	Accès à
00h	00h	IODIRA
10h	01h	IODIRB
01h	02h	IPOLA
11h	03h	IPOLB
02h	04h	GPINTENA
12h	05h	GPINTENB
03h	06h	DEFVALA
13h	07h	DEFVALB
04h	08h	INTCONA
14h	09h	INTCONB
05h	0Ah	IOCON
15h	0Bh	IOCON
06h	0Ch	GPPUA
16h	0Dh	GPPUB
07h	0Eh	INTFA
17h	0Fh	INTFB
08h	10h	INTCAPA
18h	11h	INTCAPB
09h	12h	GPIOA
19h	13h	GPIOB
0Ah	14h	OLATA
1Ah	15h	OLATB

Figure 3 : Tableau représentant l'adressage des registres, si le bit est à « 1 », les registres associés au port A et au port B sont séparés en deux bancs distincts, alors que si le bit est à « 0 », les registres sont mémorisés de manière séquentielle (méthode utilisée dans notre application).

Configuration des broches de la carte (adresse 1)

Configuration des sorties relais



Configuration des entrées



Figure 4 : Configuration de la section d'entrée et de la section de sortie pour le module MASTER.

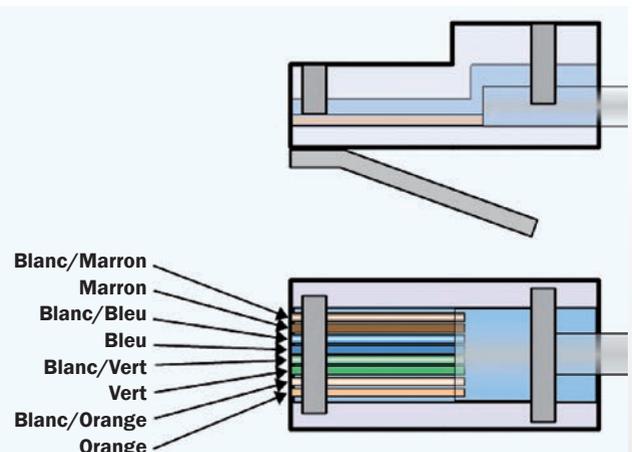
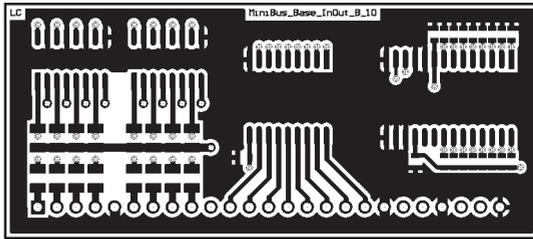


Figure 5 : les modules MASTER et SLAVE utilisent pour la connexion un câble réseau de type RJ45 de catégorie 5E. Le câblage doit être de type « droit », il ne doit pas être de type « croisé ».



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte d'extension 16 E/S.

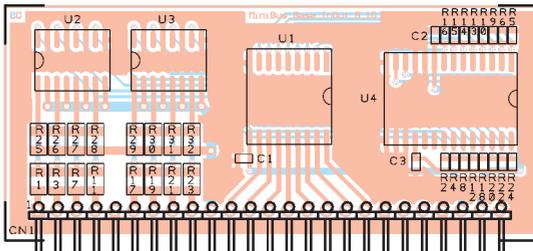


Schéma d'implantation des composants de la carte d'extension 16 E/S, prenez soin de bien positionner les repères détrompeurs en U avant le soudage des circuits intégrés en CMS.

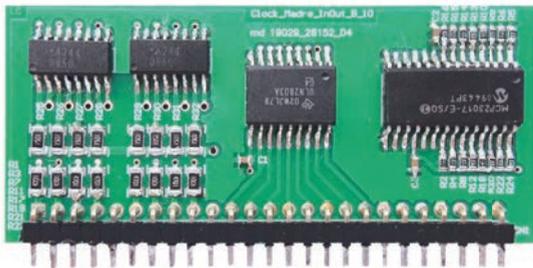


Photo de l'un de nos prototypes de la carte d'extension 16 E/S.

Liste des composants de la carte d'extension

- R1.....4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R2.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R3.....4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R4.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R5.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R6.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R7.....4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R8.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R9.....4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R10 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R11 ...4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R12 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R13 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R14 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R15 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R16 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R17 ...4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R18 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R19 ...4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R20 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R21 ...4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R22 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R23 ...4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R24 ...4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 - R25 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R26 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R27 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R28 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R29 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R30 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R31 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - R32 ...1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 - C1.....100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 - C2.....100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 - C3100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 - U1.....ULN2803ADW
 - U2.....TLP280_4
 - U3.....TLP280_4
 - U4.....MCP23017
- Divers
connecteur mâle 25 broches soudé à 90 °

Figure 6 : la carte d'extension doit être insérée dans le connecteur approprié sur la carte MASTER comme visible sur la photo ci-contre.

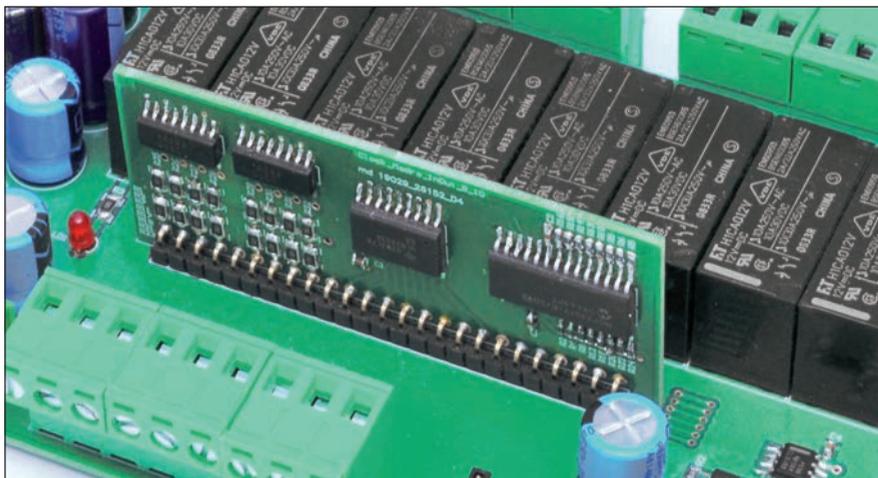
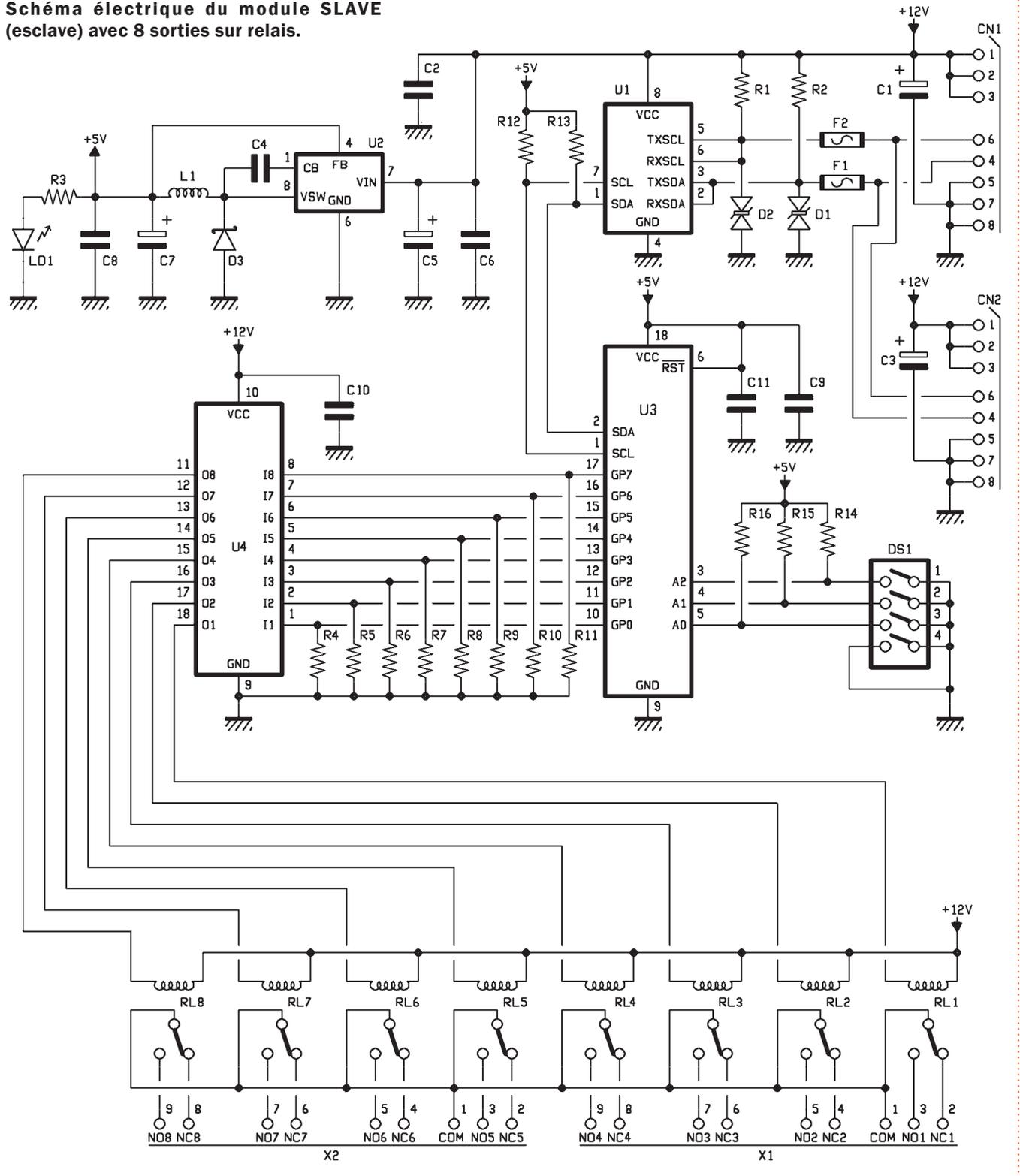


Schéma électrique du module SLAVE (esclave) avec 8 sorties sur relais.



Nous allons maintenant décrire les différents modules SLAVE (esclaves).

Module esclave avec sortie sur relais

Rappelons que l'ensemble des liaisons des communications entre les différents

modules est réalisé par l'intermédiaire du bus **I2C**. Chaque module **SLAVE** dispose d'un circuit intégré, un **MCP23008**, qui permet d'augmenter le nombre d'entrées/sorties (I/O), via une communication en **I2C**. Les distances entre le module **MASTER** et les modules **SLAVE** (esclaves) peuvent atteindre des **dizaines**

de mètres en fonction de l'application, il n'est pas alors possible d'exploiter les différents modules connectés en utilisant le **signal I2C avec le niveau de tension original de + 5 V**.

Commençons par l'analyse du schéma électrique.

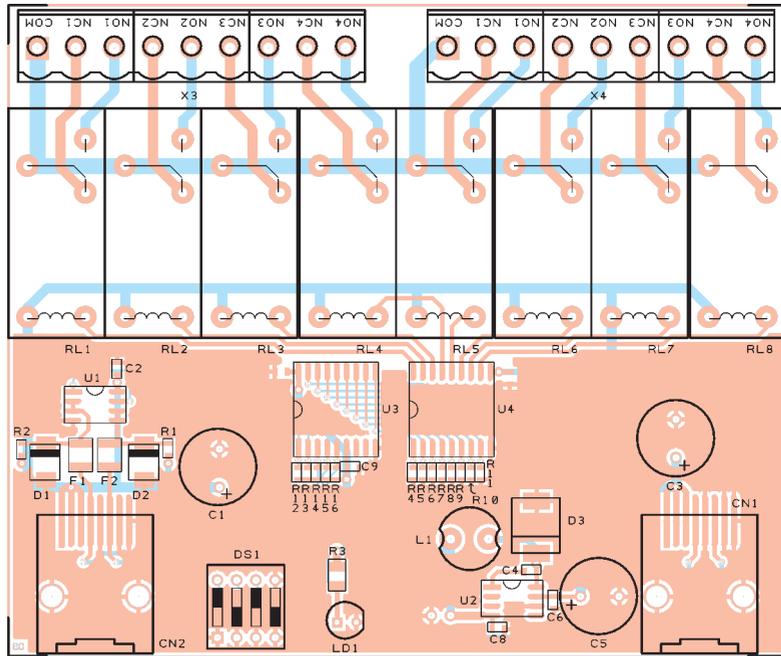


Schéma d'implantation des composants de la carte module SLAVE (esclave) à 8 relais, prenez soin de bien positionner les repères détrompeurs en U avant le soudage des circuits intégrés en CMS. Les condensateurs C10 et C11 sont proches de U3 et U4.

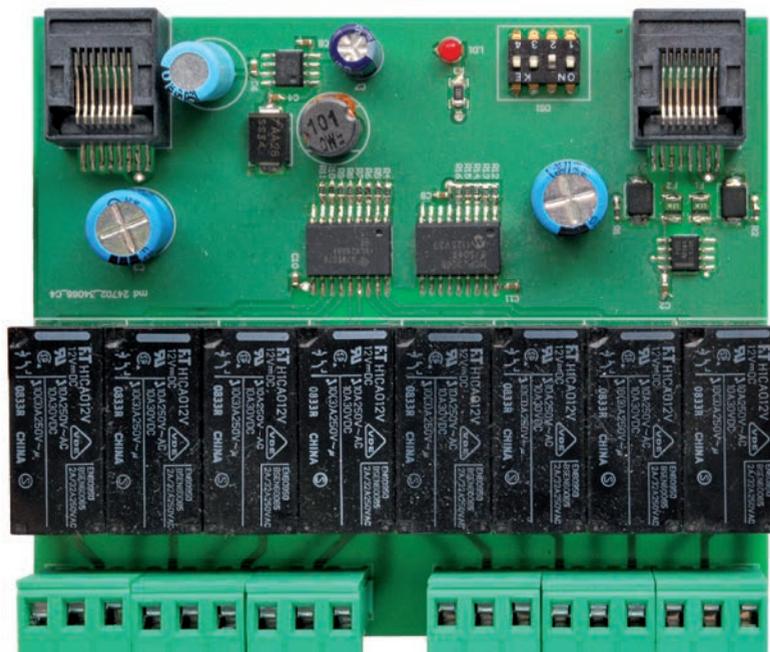
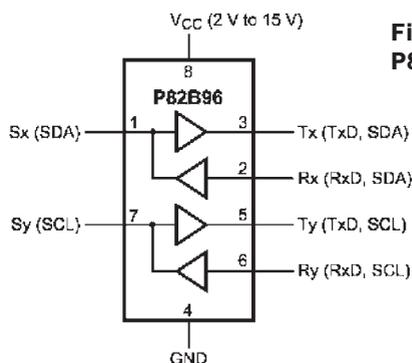


Photo de l'un de nos prototypes de la carte module SLAVE (esclave) à 8 relais.

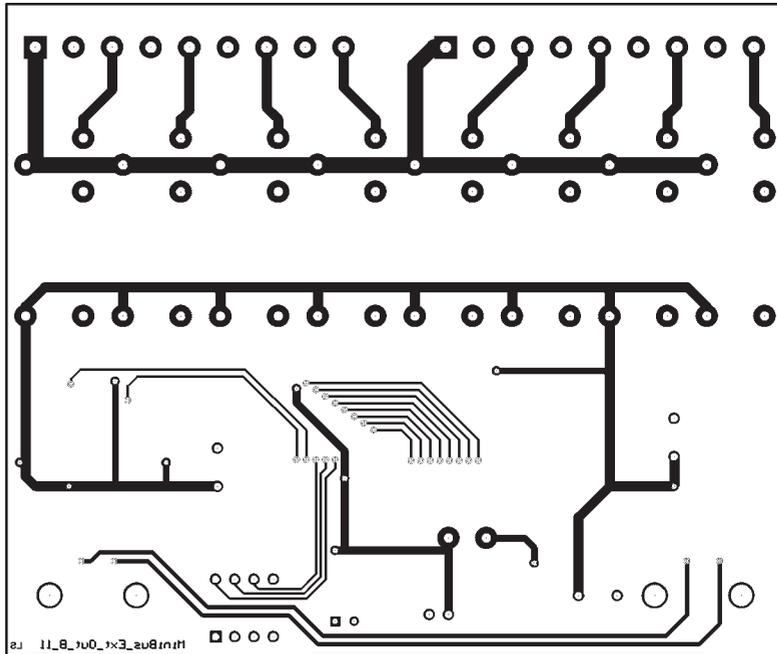
- R4..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R5..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R6..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R7..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R8..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R9..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R10.... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R11 ... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R12 ... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R13 ... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R14.... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R15 ... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R16.... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- C1..... 220 μF 50 V électrolytique
- C2..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C3 220 μF 50 V électrolytique
- C4..... 10 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C5..... 100 μF 25 V électrolytique
- C6..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C7..... 100 μF 25 V électrolytique
- C8..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C9..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C10.... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- C11.... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
- D1..... SMBJ13CA
- D2..... SMBJ13CA
- D3..... SS34
- LD1.... LED 3 mm rouge
- U1..... P82B96
- U2..... LM2674M_5.0
- U3..... MCP23008
- U4..... ULN2803ADW
- L1 Inductance 100 μH 800 mA
- DS1 ... Dip-Switch 4 contacts
- RL1.... Relais 12V JW1FSN
- RL2.... Relais 12V JW1FSN
- RL3.... Relais 12V JW1FSN
- RL4.... Relais 12V JW1FSN
- RL5.... Relais 12V JW1FSN
- RL6.... Relais 12V JW1FSN
- RL7.... Relais 12V JW1FSN
- RL8.... Relais 12V JW1FSN
- F1 Fusible réarmable polyswitch 50 mA
- F2 Fusible réarmable polyswitch 50 mA
- Divers
- CN1 ... connecteur RJ45 pour circuit imprimé Molex 95501-6889
- CN2 ... connecteur RJ45 pour circuit imprimé Molex 95501-6889
- X3 bornier 3 pôles au pas de 5,08 mm (x3)
- X4 bornier 3 pôles au pas de 5,08 mm (x3)

Figure 7 : schéma synoptique du circuit P82B96 amplificateur de signal I2C.

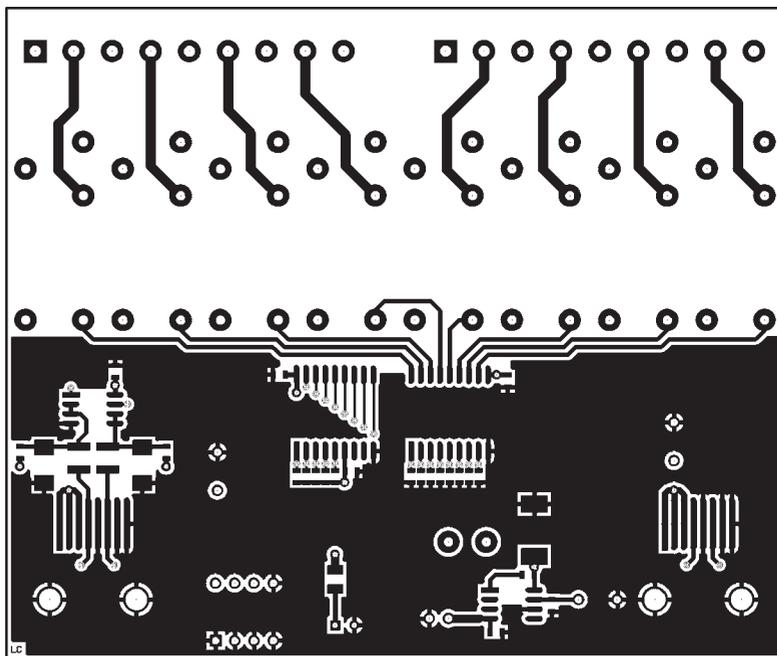


Liste des composants du module SLAVE avec 8 sorties relais

- R1..... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R2..... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
- R3..... 3,3 kΩ 1% boîtier 1206 CMS



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte module SLAVE (esclave) à 8 relais côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte module SLAVE (esclave) à 8 relais côté composants.

Tableau 1 : paramétrage du dip-switch DS1

Adresse			Dip-Switch			Description
A2	A1	A0	3	2	1	
0	0	0	ON	ON	ON	Non autorisé
0	0	1	ON	ON	OFF	Adresse logique 2
0	1	0	ON	OFF	ON	Adresse logique 3
0	1	1	ON	OFF	OFF	Adresse logique 4
1	0	0	OFF	ON	ON	Adresse logique 5
1	0	1	OFF	ON	OFF	Adresse logique 6
1	1	0	OFF	OFF	ON	Adresse logique 7
1	1	1	OFF	OFF	OFF	Adresse logique 8

En haut à droite vous pouvez voir le circuit intégré **U1** un **P82B96**. Le **P82B96** est un circuit intégré en technologie bipolaire qui permet d'adapter (c'est un « buffer ») le signal du bus **I2C** à des niveaux de tension et de courant plus élevés que ceux d'origine (de + 5 V à + 12 V).

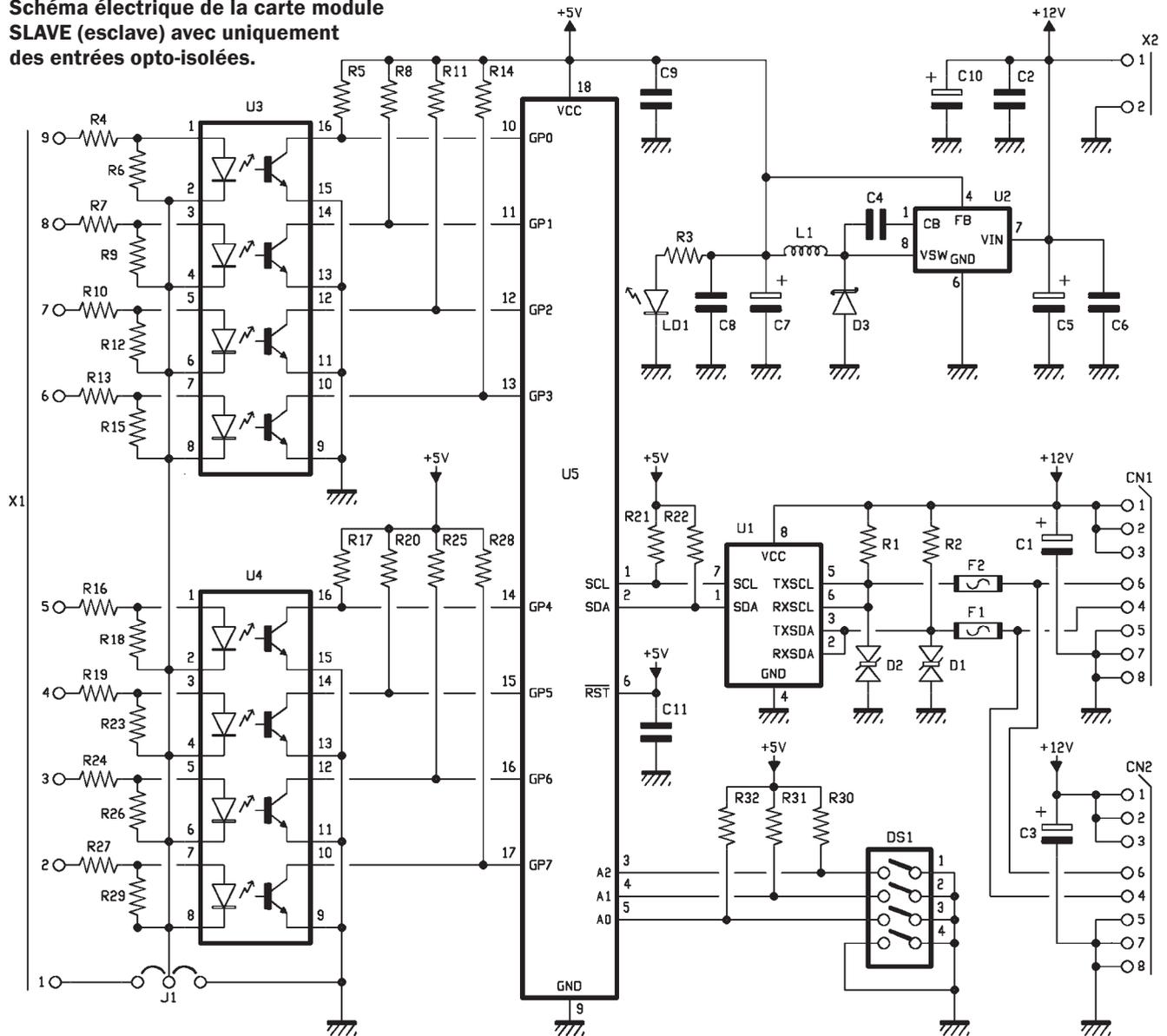
La figure 7 montre le schéma de principe du **P82B96**, comme vous pouvez le voir les broches **Sx** et **Sy** sont utilisées pour connecter respectivement les lignes **SDA** et **SCL** au niveau de tension de + 5 V, tandis que les broches **Tx**, **Rx** et **Ty**, **Ry** servent respectivement pour la transmission (**Tx**, **Ty**) / réception (**Rx**, **Ry**) des signaux **SDA** et **SCL** à un niveau de tension de + 12 V. Comme pour le module **MASTER**, les broches **Tx**, **Rx** et **Ty**, **Ry** sont reliées au + 12 V par l'intermédiaire de résistances de tirage (« pull up »).

Le module est connecté à l'aide d'un câble de type **RJ45** de catégorie 5E comportant 8 fils, il transporte les signaux **SCL** et **SDA** « bufférisés » du bus **I2C** plus le + 12 V pour l'alimentation nécessaire au fonctionnement du module. La carte est équipée de deux connecteurs **RJ45** (CN1 et CN2) afin de permettre une connexion en cascade entre les différents modules. Les deux connecteurs sont reliés l'un à l'autre en « parallèle », et donc l'ordre de connexion des câbles importe peu.

Le signal **I2C** est ainsi transmis au circuit **P82B96**, lequel reconvertit les signaux **SDA** et **SCL** à leur niveau d'origine + 5V et les amène au circuit **MCP23008** (**U3**) qui est un circuit d'extension des entrées/sorties. Il est capable de gérer jusqu'à 8 lignes d'entrées/sorties indépendamment, chacune d'elle est reliée aux entrées du circuit intégré **ULN2803ADW** (**U4**).

Chacune des 8 lignes dispose d'une résistance de « pull-down » qui permet de forcer l'état d'une broche à la masse (niveau logique 0), cela évite la présence de niveaux indéterminés dans le cas où les entrées du **ULN2803ADW** se retrouveraient dans un état « flottant » (les lignes peuvent rester « flottantes » si le circuit intégré **U3** n'est pas correctement configuré, s'il est endommagé ou non présent).

Schéma électrique de la carte module SLAVE (esclave) avec uniquement des entrées opto-isolées.



Liste des composants du module SLAVE avec uniquement des entrées opto-isolées

R1..... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R2..... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R3..... 3,3 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R4..... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R5..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R6..... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R7..... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R8..... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R9..... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R10... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R11... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R12... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R13... 2,2 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R14... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R15... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R16... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS

R17.... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R18... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R19... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R20... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R21.... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R22... 2,2 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R23... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R24... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R25... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R26... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R27... 4,7 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R28... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R29... 1,5 kΩ 1% boîtier 1206 CMS
 R30... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R31... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 R32... 4,7 kΩ 1% boîtier 0603 CMS
 C1..... 220 µF 50 V électrolytique
 C2..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 C3..... 220 µF 50 V électrolytique
 C4..... 10 nF 50 V céramique boîtier

0603 CMS
 C5..... 100 µF 25 V électrolytique
 C6..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 C7..... 100 µF 25 V électrolytique
 C8..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 C9..... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 C10... 220 µF 50 V électrolytique
 C11... 100 nF 50 V céramique boîtier 0603 CMS
 U1..... P82B96
 U2..... LM2674M_5.0
 U3..... TLP280_4
 U4..... TLP280_4
 U5..... MCP23008
 LD1.... LED 3 mm rouge
 D1..... SMBJ13CA
 D2..... SMBJ13CA
 D3..... SS34

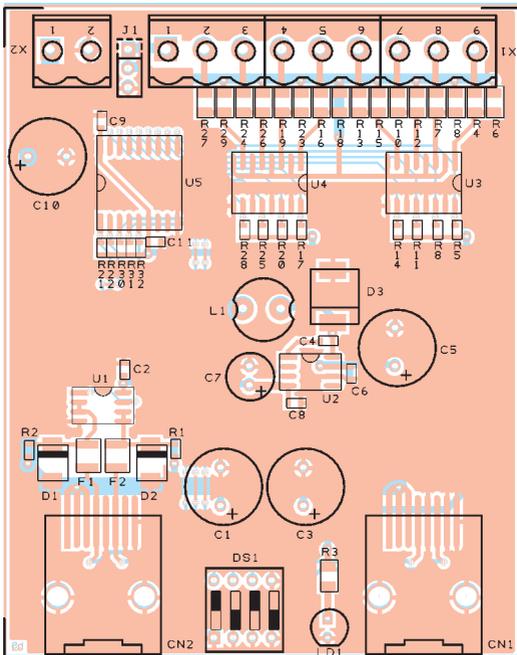


Schéma d'implantation des composants de la carte module SLAVE (esclave) avec uniquement des entrées opto-isolées, prenez soin de bien positionner les repères détrompeurs en U avant le soudage des circuits intégrés en CMS.

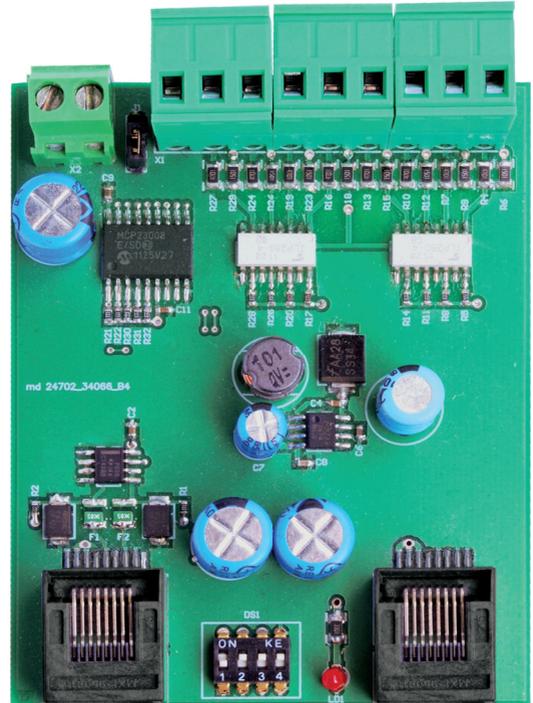
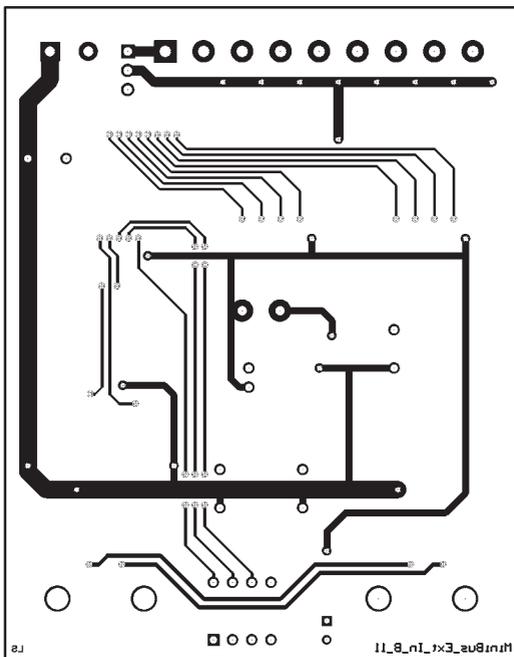
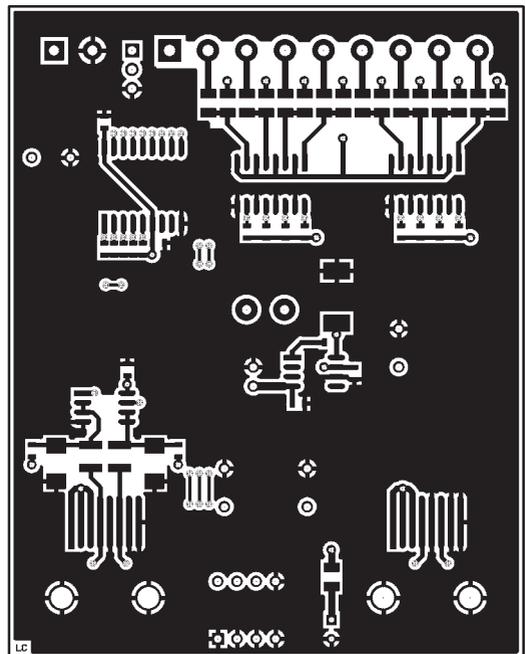


Photo de l'un de nos prototypes de la carte module SLAVE (esclave) avec uniquement des entrées opto-isolées.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte module SLAVE (esclave) avec uniquement des entrées opto-isolées côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte module SLAVE (esclave) avec uniquement des entrées opto-isolées côté composants.

DS1 ... Dip-Switch 4 contacts
 F1 Fusible réarmable polyswitch 50 mA
 F2 Fusible réarmable polyswitch 50 Ma
 L1 Inductance 100 μ H 800 mA

Divers
 CN1 ... connecteur RJ45 pour circuit imprimé Molex 95501-6889
 CN2 ... connecteur RJ45 pour circuit

imprimé Molex 95501-6889
 X1 bornier 3 pôles au pas de 5,08 mm (x3)
 X2 bornier 2 pôles au pas de 5,08 mm
 Jumper + barrette 3 contacts

Les sorties du circuit intégré **U4** sont directement connectées sur les bobines des relais respectifs alimentés par le 12 V. Veuillez noter que les sorties de **U4** disposent de transistors **Darlington** en configuration « **collecteur ouvert** ».

Chaque module **SLAVE** (esclave) doit avoir une **adresse physique unique différente de 0**. Cette adresse est affectée au module **MASTER** (maître). Rappelons que l'**adresse logique** de chaque module est égale à l'**adresse physique incrémentée de 1**.

Donc, si on attribue à un module **SLAVE** une **adresse physique de 1**, cela signifie que le logiciel doit déclarer ce module **SLAVE** avec une **adresse logique égale à 2** et doit le configurer comme un module ayant uniquement des sorties sur relais.

Pour attribuer une adresse physique, on utilise **DS1** dont le paramétrage est indiqué dans le **Tableau 1**.

Enfin, il reste à souligner que la section d'alimentation utilise le circuit intégré **U2** un **LM2674M5.0** monté en configuration « **abaisseur de tension** » et déjà utilisé pour la section d'alimentation du module **MASTER** (maître). Le courant maximum que peut fournir **U2** est de 500 mA avec un rendement maximal de 92%. La tension + 5 V est appliquée à l'ensemble de la carte à l'exception des circuits **U1** et **U4** qui sont alimentés en + 12 V.

La LED **LD1** indique que le module est alimenté et qu'il est relié au système. Les borniers **X1** et **X2** fournissent des contacts **NC** (normalement fermé) et **NO** (normalement ouvert) des relais ainsi que leur contact commun **COM**. Le commun (COM) n'est relié qu'à un seul point d'un bornier. Notez que dans cet exemple on utilise le contact **NO** pour la connexion des charges.

Module SLAVE avec uniquement des entrées opto-isolées

Le module en question dispose de composants quasiment identiques au module précédent (voir le schéma électrique), à l'exception du fait qu'il **gère seulement des entrées opto-isolées**.

Donc, à partir du connecteur **RJ45** nous retrouvons le circuit intégré **U1** (P82B96) qui est le « **buffer** » du bus **I2C**, le circuit intégré **U5** (MCP23008) qui dispose d'une extension des entrées/sorties et la section d'alimentation avec le circuit intégré **U2** (LM2674M5.0).

L'**isolation galvanique** des entrées est réalisée en utilisant deux circuits intégrés **TLP2804** (U3 et U4), chacun d'eux comporte **4 opto-coupleurs distincts** comme illustré sur la figure 2.

La section d'entrée est formée par une **photodiode connectée en parallèle inverse**, qui lorsqu'elle est **soumise à une tension** fait entrer en **conduction** le **phototransistor** couplé optiquement.

La tension de seuil minimale de chaque photodiode (**VF**) pour qu'elle entre en conduction est de + **1,25 V**, la tension que l'on doit appliquer à chaque entrée du module doit dépasser ce seuil.

Entre la borne d'entrée et l'anode de la photodiode est interposée une résistance de **4,7 kΩ** qui assure une **limitation du courant circulant** dans la **photodiode**. Avec cette résistance, vous pouvez utiliser n'importe quelle tension d'entrée comprise entre + **12 VDC** et + **24 VDC** sans que le photocoupleur soit endommagé.

La résistance de **1,5 kΩ** qui est connectée à la masse sert dans le cas où la borne d'entrée est laissée flottante, assurant ainsi une **référence stable par rapport à la masse**.

Si vous utilisez en entrée la tension d'alimentation + 12 VDC, la masse doit être connectée en interne à l'aide du cavalier **J1** (position « **2-3** » sur la carte). Dans le cas où la tension d'alimentation des entrées est générée à partir d'une alimentation externe, vous devez également utiliser la masse externe pour le module, dans ce cas le cavalier **J1** doit être positionné sur « **1-2** ».

Les sorties des opto-coupleurs sont munies de transistors montés en « **collecteur ouvert** », pour que les entrées du circuit **U5** fonctionnent correctement, nous devons utiliser des résistances de « **pull up** » sur chaque collecteur des

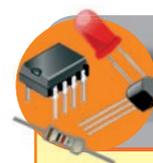
transistors des circuits **U3** et **U4** (c'est le même concept de PIC).

Pour le paramétrage de l'**adressage physique**, nous utilisons le dip-switch **DS1** comme dans le module précédent (voir le Tableau 1).

Le bornier X1 est utilisé pour la connexion des entrées (broches 2 à 9), en général on connecte des interrupteurs ou des boutons. La borne 1 est utilisée pour relier soit la masse interne, ou dans le cas d'une alimentation externe, la masse externe.

Dans ce cas le cavalier **J1** doit être positionné sur « **1-2** ». Le bornier X2 amène l'alimentation +12 VDC pour le fonctionnement du module. Si vous utilisez l'alimentation interne pour alimenter les entrées des photocoupleurs, vous devez connecter la masse en interne, dans ce cas le cavalier **J1** doit être positionné sur « **2-3** ».

Dans le prochain numéro **126 d'Electronique et Loisirs Magazine**, nous allons compléter la description des modules **SLAVE** (esclave) à **4 entrées et 4 sorties** sur relais, ainsi que le **module HUB**. Nous étudierons les fonctions du programme, la configuration des entrées/sorties, les différents types de modules SLAVE connectés au BUS I2C et l'association des entrées/sorties pour l'exécution des commandes **SET**, **RESET** ou **TOGGLE** pour une sortie désirée. ■



Comment construire ce montage

Tout le matériel nécessaire pour construire le **MINI BUS** est disponible auprès de nos annonceurs. Les typons des circuits imprimés et le **programme .hex** sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **www.electroniquemagazine.com** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 125 section « télécharger ».

Cet appareil permet de transmettre un signal audio en utilisant la ligne secteur 220 VAC de sorte qu'il soit disponible partout dans la maison sans avoir à tirer des câbles ou acheter des émetteurs/récepteurs radio.



TRANSMETTEUR AUDIO PAR COURANT PORTEUR

de Fulvio De Santis

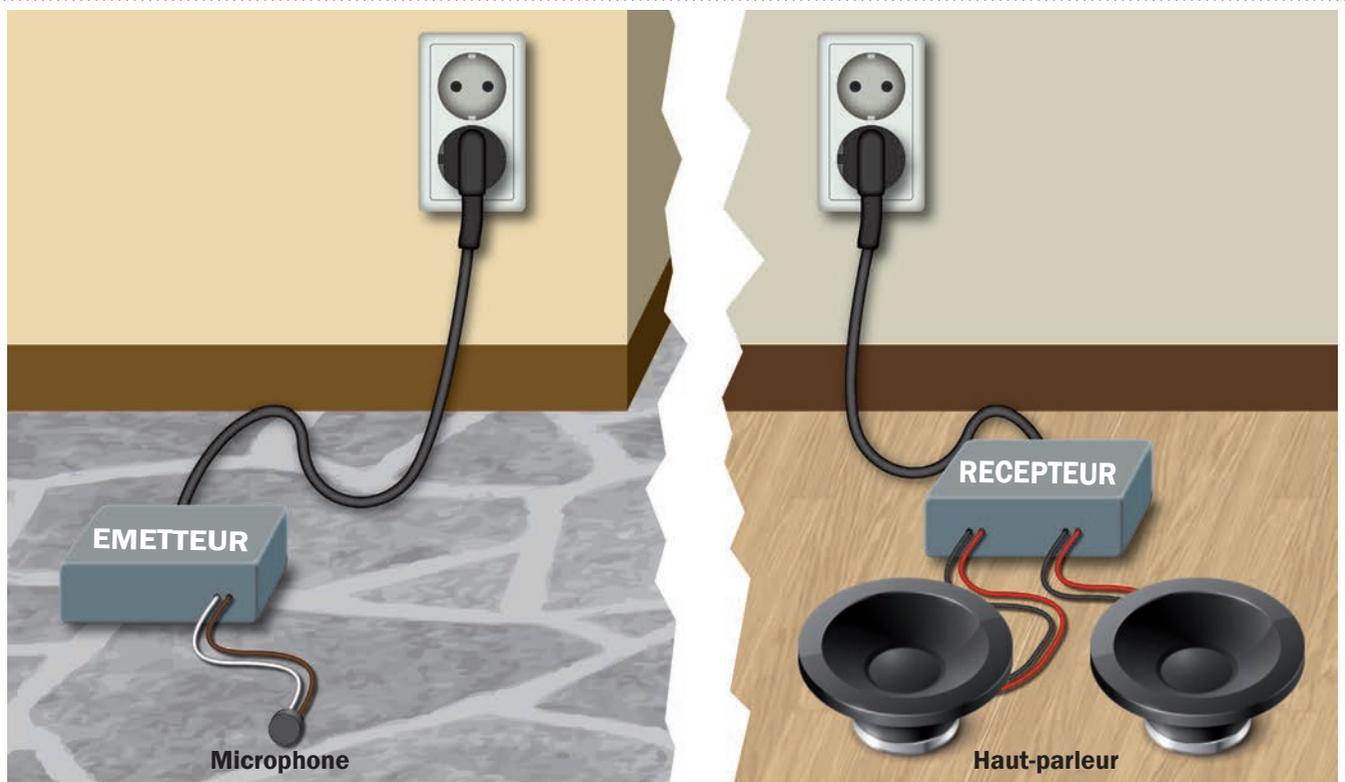
Beaucoup d'entre vous connaissent les réseaux de communication sans fil à large bande dits « **LAN Wireless** » et ont apprécié leur utilité lorsqu'ils ont dû relier en réseau plus d'ordinateurs ou périphériques pour accéder à **Internet**. Cependant peu de personnes réalisent un réseau classique **Ethernet** avec du câble.

Les réseaux sans fils ont résolu de nombreux problèmes, en particulier au sein des ménages où le passage des câbles et, pire encore, le perçage d'un mur qui a peu de valeur esthétique, attire les foudres des épouses... C'est pourquoi les réseaux sans fils ont un grand succès, pas seulement dans les maisons mais dans de nombreux bureaux, ils vous permettent d'entrer avec votre ordinateur et être immédiatement connecté. Un peu comme ce qui se passe avec le **Wi-Fi** dans les hôtels, les aéroports, etc. Les réseaux sans fils résolvent le problème de ceux qui ne veulent pas créer un système de réseau local traditionnel, mais ils présentent des faiblesses : le risque d'intrusion par des tiers (pour éviter cela, il existe des protocoles de sécurité) en raison du fait que la couverture dépasse souvent les lieux où sont implantées les bornes d'émissions des fréquences radios, qui sont aussi considérées comme malsaines à cause des ondes radios qui nous inondent chaque jour.

Lorsque vous voulez construire un réseau local, le problème est le câblage de l'installation, il existe une autre solution au réseau sans fil, une technique appelée **Power Line Communication** (PLC). En Français on l'appelle la **communication par « courants porteurs en ligne »** (abréviation : **CPL**), elle permet de construire un réseau informatique sur le réseau électrique d'une habitation ou d'un bureau, voire d'un quartier ou groupe de bureaux.

Cette idée est apparue dans les années 30 et a fait l'objet de nombreuses applications. Le principe des **CPL** consiste à superposer au courant électrique alternatif de 50 ou 60 Hz un signal à une plus haute fréquence et de faible énergie. Ce deuxième signal se propage sur l'installation électrique et peut être reçu et décodé à distance. Ainsi le signal est reçu par tout récepteur **CPL** de même catégorie se trouvant sur le même réseau électrique.

Cette façon de faire comporte cependant un inconvénient : le réseau électrique n'est pas adapté au transport des hautes fréquences car il n'est pas blindé. En conséquence, la plus grande partie de l'énergie injectée par le modem **CPL** est rayonnée sous forme d'onde radio. On classe traditionnellement les **CPL** en deux catégories en fonction du débit offert.



Synoptique d'un système de transmission audio par « courant porteur ».

1 Les **CPL à haut débit** utilisent des modulations multi-porteuses de type **OFDM** (Orthogonal frequency division multiplexing) dans la bande 1,6 à 30 MHz (bande HF allant de 3 à 30 MHz).

2 Les **CPL à bas débit** utilisent des techniques de modulations assez simples, par exemple quelques porteuses (mais une seule à la fois) en modulation de fréquence. Les bandes des fréquences utilisées sont comprises entre 9 et 150 kHz en Europe.

En haut comme en bas débit, la **communication est soumise aux bruits et aux atténuations**, il est donc nécessaire de mettre en œuvre un contrôle d'intégrité. En résumé, il s'agit de **superposer à la tension sinusoïdale du secteur 230 VAC une porteuse de fréquence appropriée éloignée de celle du réseau**.

D'autres systèmes de communication utilisent le secteur 230 VAC pour le contrôle, pour la domotique, ou pour le transport d'informations simples telles que des données de mesures, des signaux audio, des commandes d'appareils. Dans cet article, nous allons vous décrire **la manière de transporter de**

la musique dans les câbles du réseau électrique 230VAC de votre maison, en injectant le signal dans une prise et en le récupérant dans une autre.

Peu importe ce que vous transportez (analogique ou numérique), l'avantage est qu'il suffit de se connecter à une prise (qui devient un réseau). Par exemple en branchant une interface **Internet** à une prise et ensuite en connectant votre ordinateur sur n'importe quelle prise de la maison, il sera connecté au **WEB**. Dans notre cas, nous réalisons une sorte de diffusion de musique d'ambiance. **L'unité d'émission injecte à une prise le signal audio**, qui peut ensuite être reçu par un **récepteur connecté à une prise n'importe où dans la maison**. Le système peut également être utilisé dans les hôtels et autres lieux où le signal à diffuser est de la musique ou de la voix.

La technique par « courant porteur » (Power Line)

Mais avant de vous décrire le projet, voyons en quelques lignes la technique de communication par « courant porteur » (Power Line Communication).

Comme le montre la figure 1, la **communication CPL** est utilisée dans des installations résidentielles, à l'intérieur et à l'extérieur des maisons, des bâtiments industriels et commerciaux.

Par exemple, dans les maisons et dans les magasins, les applications possibles sont la gestion de la distribution d'énergie, le contrôle des lumières, la gestion des systèmes de climatisation, les contrôles à distance via Internet et le téléphone, la surveillance des systèmes d'alarme et, enfin, comme dans le cas de notre projet, la transmission et la réception de signaux audio (voix et musique).

À ce jour, beaucoup de facteurs ont ralenti l'adoption de ce système de communication, dont les principaux sont la lenteur du développement des réglementations internationales, et certaines contraintes techniques imposées par les réseaux électriques. Pour le premier point, nous devons considérer qu'il est obligatoire pour un système de communication ouvert d'avoir des règles et des normes pour maintenir certaines qualités sans compromettre les caractéristiques du réseau électrique et de l'environnement domestique, cet aspect est

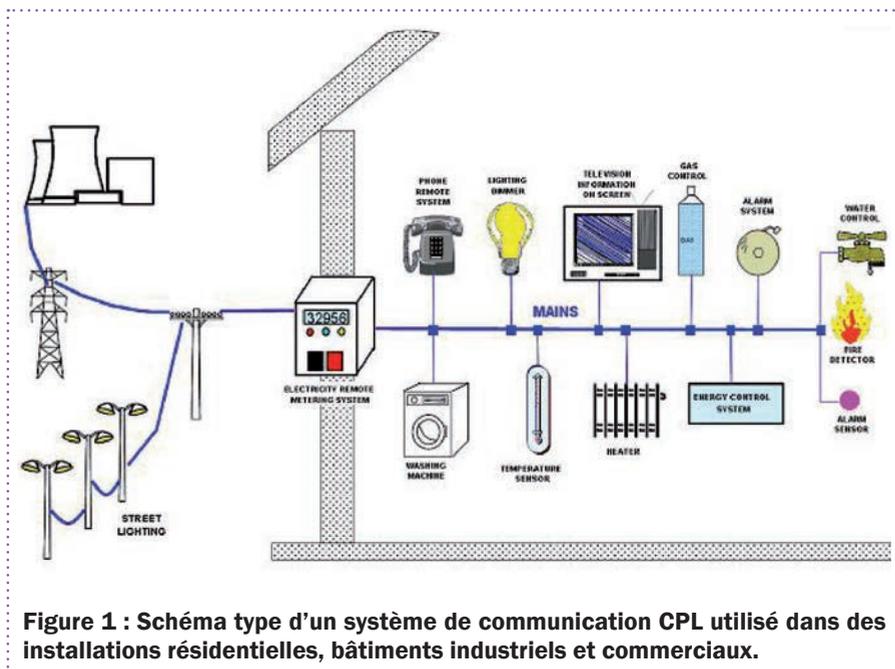


Figure 1 : Schéma type d'un système de communication CPL utilisé dans des installations résidentielles, bâtiments industriels et commerciaux.

plus pertinent en raison de la présence de nombreux équipements différents.

Récemment, le **CENELEC** ou **Comité Européen de Normalisation Electro-technique** a publié des mises à jour relatives à l'installation de matériel électrique basse tension, en particulier la norme **EN50065-4-2** par rapport aux filtres de découplage de tension et des exigences de sécurité, et la norme **EN50065-7** pour les impédances des composants d'un système **CPL**. Depuis 2000, grâce aux progrès de la technologie et à l'émergence du consortium industriel « **Home Plug** », on assiste au développement rapide de la communication **CPL** en moyennes et grandes vitesses sur le marché public, mais sans protocole standard. Par la suite, en 2005, a été fondé l'évolution du « **Home Plug** » le « **Home Plug AV** », qui permet actuellement d'avoir en **CPL** jusqu'à **200 Mbps** (1 Mbps = 1 000 kbit/s) avec le **protocole standard IEEE P1901** pour la maison, en mesure de rivaliser avec la norme 802.11 des réseaux **Wi-Fi**.

Quant aux contraintes techniques du réseau électrique, on observe en figure 2 un scénario typique qui représente le comportement du réseau électrique, à savoir une faible impédance de la ligne électrique, et la présence de différents types de bruit. Le signal reçu présente un faible niveau avec un mélange de bruit de haut niveau. Dans les bâtiments résidentiels, les bruits « faible impédance » sont pertinents pour déterminer la présence d'appareils et d'équipements de différents types qui induisent des niveaux élevés de signaux parasites.

Donc les dispositifs de couplage au réseau utilisés pour les **communications CPL** doivent avoir un bon fonctionnement et une grande fiabilité dans des environnements critiques et cela s'applique à toutes les parties dont ils sont composés : les interfaces de couplage à la ligne d'alimentation et le circuit d'alimentation qui peut rajouter des parasites. **L'impédance du réseau électrique est une variable importante**

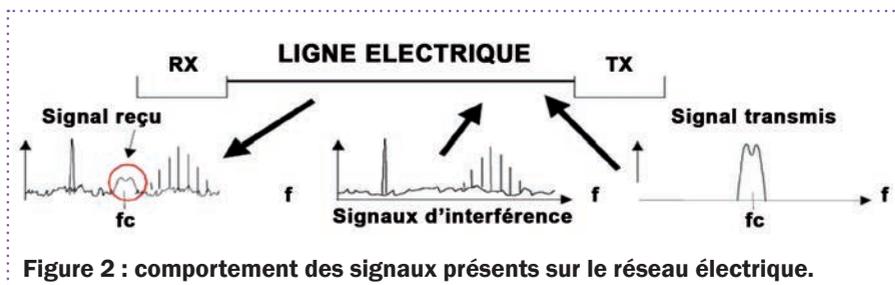


Figure 2 : comportement des signaux présents sur le réseau électrique.

dans les considérations relatives aux aspects de la conception d'un **système de communication CPL**.

Ce constat a été fait à partir de mesures expérimentales, nous avons remarqué que **l'impédance**, en raison des charges sur le réseau et des transformateurs d'impédance pour la distribution de l'énergie, **peut varier de 1,5 Ω à 8 Ω** à une fréquence de test de 100 kHz.

Dans les endroits résidentiels, les éléments qui influent sur l'impédance sont les **filtres EMI** présents dans les appareils multimédia domestiques tels que les téléviseurs de dernière génération, lecteurs DVD, ordinateurs, chaînes Hi-fi, modems, ainsi que les moteurs des machines à laver, réfrigérateurs, lave-vaisselle, climatiseurs, aspirateurs, qui ont généralement une impédance de type inductif. La **présence de charges résistives** peut impliquer une **atténuation de 2 à 50 dB** en fonction de la puissance relative, tandis que des **charges capacitives peuvent provoquer des résonances avec des impédances inductives**, impliquant ainsi des **atténuations très variables en fonction la fréquence**. La figure 3 montre l'évolution de l'impédance de la ligne en fonction de la fréquence, selon le test de conformité EN50065 réalisé grâce à l'utilisation de réseaux tests.

Par conséquent, l'équipement connecté à la même ligne que celle de l'utilisateur est la principale source de génération de signaux parasites ou de bruits. Les équipements les plus utilisés sont le TRIAC pour éteindre les lampes, les moteurs électriques, les alimentations à découpage et les lampes fluorescentes ; les moteurs universels qui se trouvent dans les appareils ménagers et de cuisine.

Comme pour le TRIAC, le moteur génère du bruit synchrone avec la fréquence du réseau, qui apparaît sous forme d'harmoniques du signal sinusoïdal 50 Hz. Les lumières génèrent un bruit aléatoire et non synchrone avec la fréquence 50 Hz du secteur, ce sont les éléments les plus utilisés en durée que les autres, et qui perturbent souvent la fréquence de travail des communications des lignes électriques (10 à 150 kHz), dégradant ainsi la fiabilité du système de communication.

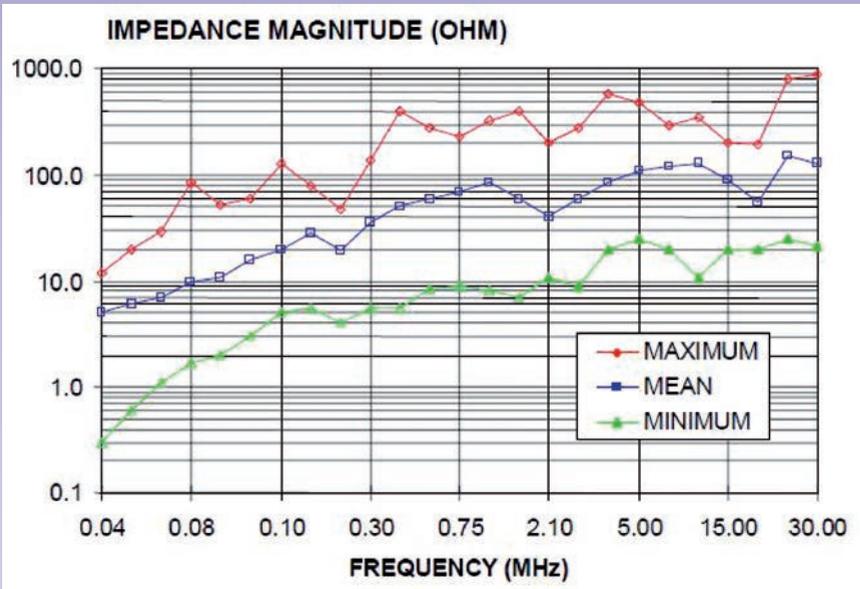


Figure 3 : Valeur de l'impédance de la ligne en fonction de la fréquence (source STMicroelectronics).

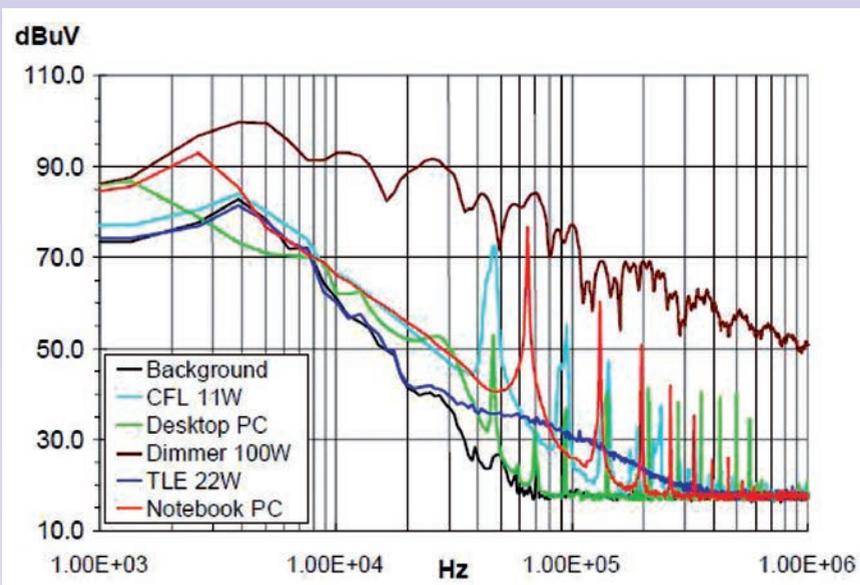


Figure 4 : Mesure du bruit de fond sur la ligne électrique d'une lampe halogène de 100 W, d'un ordinateur portable, d'un ordinateur de bureau, d'une lampe LFC (fluorescente compacte), d'une lampe TLE (lampe tri-couleur fluorescente), à une fréquence de travail de 50 Hz et sous une tension de 230 VAC (source STMicroelectronics).

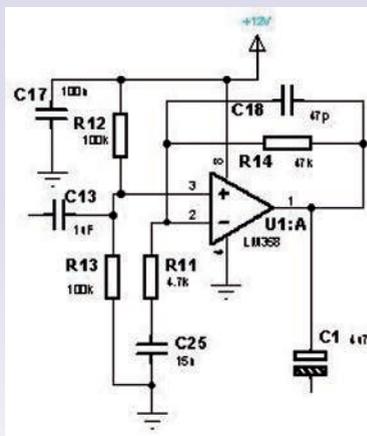
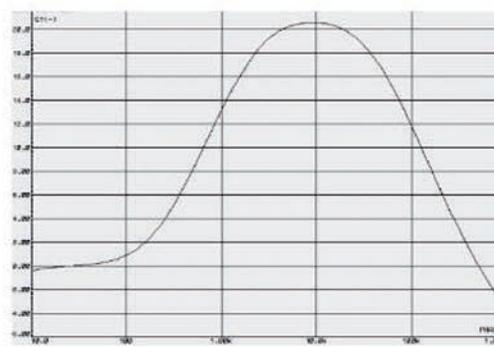


Figure 5 : schéma de l'amplificateur BF et sa réponse en fréquence.



La figure 4 montre le niveau de bruit de certaines sources détectées sur la ligne secteur en fonction de la fréquence.

Notre projet

Nous devons dans un premier temps établir l'ébauche du système et réfléchir aux problèmes auxquels nous devons faire face. Le projet que nous vous proposons est similaire à un système émetteur/récepteur radio, doté des dernières technologies. Le principe de fonctionnement est basé sur la **transmission de l'information audio à l'aide d'une modulation de fréquence**, une **porteuse haute fréquence est superposée à la fréquence 50 Hz du secteur et se déplace sur les câbles du réseau 230 VAC**. La superposition est réalisée par l'unité appelée « **émetteur** » en se connectant à n'importe quelle prise électrique du secteur 230 VAC. En tout point du secteur, avec une prise vous pouvez **recupérer le signal à l'aide du récepteur**, qui représente l'unité « **distante** ». Celui-ci doit filtrer les signaux parasites présents sur la ligne électrique, amplifier sélectivement le signal et le démoduler, ensuite en extraire le signal audio avec une amplification appropriée pour attaquer un casque ou des haut-parleurs.

L'émetteur

L'émetteur se compose de **cinq sections** : l'amplificateur audio, le VCO, le filtre actif passe-bas à quatre pôles, le couplage à la ligne secteur 230 VAC et l'alimentation. Le signal audio provenant de sources externes (appareils mono/stéréo) est appliqué sur l'entrée **LINE stéréo** ou sur l'entrée **MIC microphone**, il atteint ensuite l'amplificateur opérationnel **U1 (LM358)** sur son entrée non-inverseuse, qui amplifie le signal avec un gain de 10.

Sur la figure 5, nous voyons la réponse en fréquence de la section amplificateur BF. Sur le graphique, nous constatons que l'amplification est maximale aux fréquences les plus élevées (effet d'accentuation) ce qui compense l'atténuation provoquée par le réseau. Le signal ainsi amplifié est envoyé à la broche de contrôle de la fréquence du **VCO** réalisé avec un classique **NE555** monté en

Schéma électrique de l'émetteur de notre système de communication.

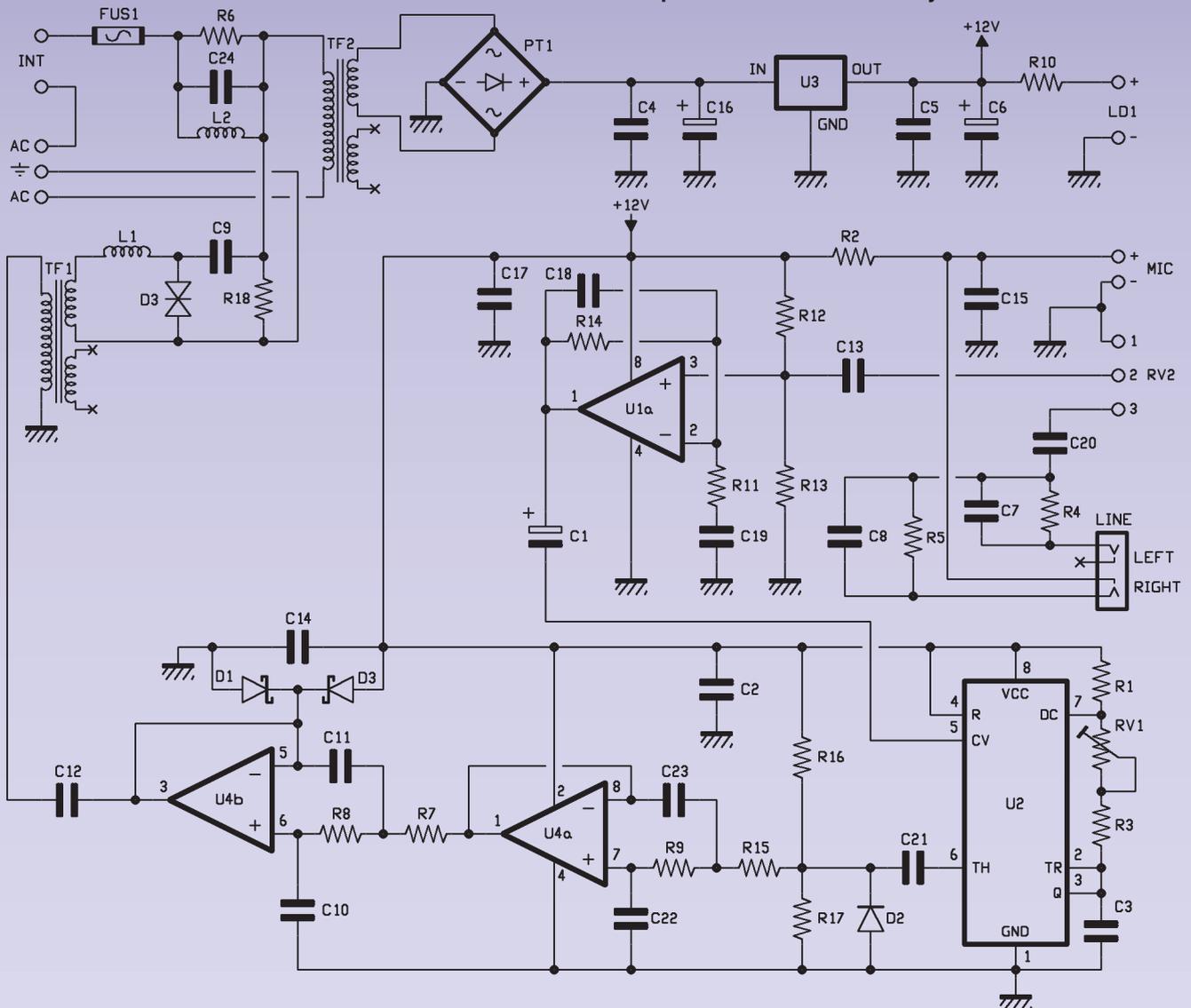
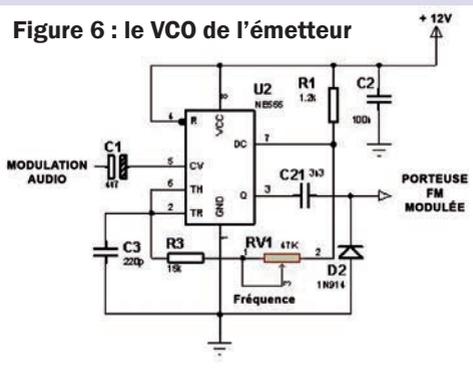


Figure 6 : le VCO de l'émetteur



configuration astable. Nous obtenons ainsi un **signal rectangulaire modulé en fréquence**. La fréquence générée par l'oscillateur **VCO**, ajustée par le potentiomètre **RV1** à 70 kHz, est utilisée comme **porteuse modulée** pour l'émission du signal audio (voir le schéma de la section VCO dans la figure 6).

La porteuse est ensuite filtrée par le filtre actif passe-bas à quatre pôles, constitué des deux sections de l'amplificateur opérationnel **U4** (TCA0372), qui permet d'éliminer les harmoniques de hautes fréquences du signal FM. Le **TCA0372** peut fonctionner dans une gamme de fréquences allant du continu (DC) jusqu'à 1,1 MHz et est capable de délivrer un courant de 1 A, ce qui garantit le bon fonctionnement de l'émetteur même dans des situations de surcharge de la ligne électrique, lorsque l'impédance est basse en raison de la présence de charges importantes sur le réseau électrique.

Le filtre est capable d'éliminer les signaux parasites et les harmoniques de la porteuse avec une atténuation très forte en dehors de la bande, comme

vous pouvez le voir sur la figure 7, où vous trouverez le schéma électrique et la réponse en fréquence du filtre.

Dans cette même figure 7, vous pouvez remarquer la présence des **diodes Schottky D5 et D6** (BAT85S) à la sortie de l'amplificateur opérationnel, dont la présence est essentielle pour protéger le **TCA0372** contre des **surtensions supérieures au + 12 V et inférieures au 0 V** en provenance du réseau. Le niveau de la porteuse modulée à la sortie du **TCA0372** est d'environ 10 V crête à crête (0 - 10V), ce qui est plus que suffisant pour assurer une bonne réception. Cette amplitude permet de compenser l'atténuation du signal tout au long du trajet dans le réseau électrique, tout en faisant attention à ne pas provoquer des interférences avec les équipements qui sont connectés au réseau.

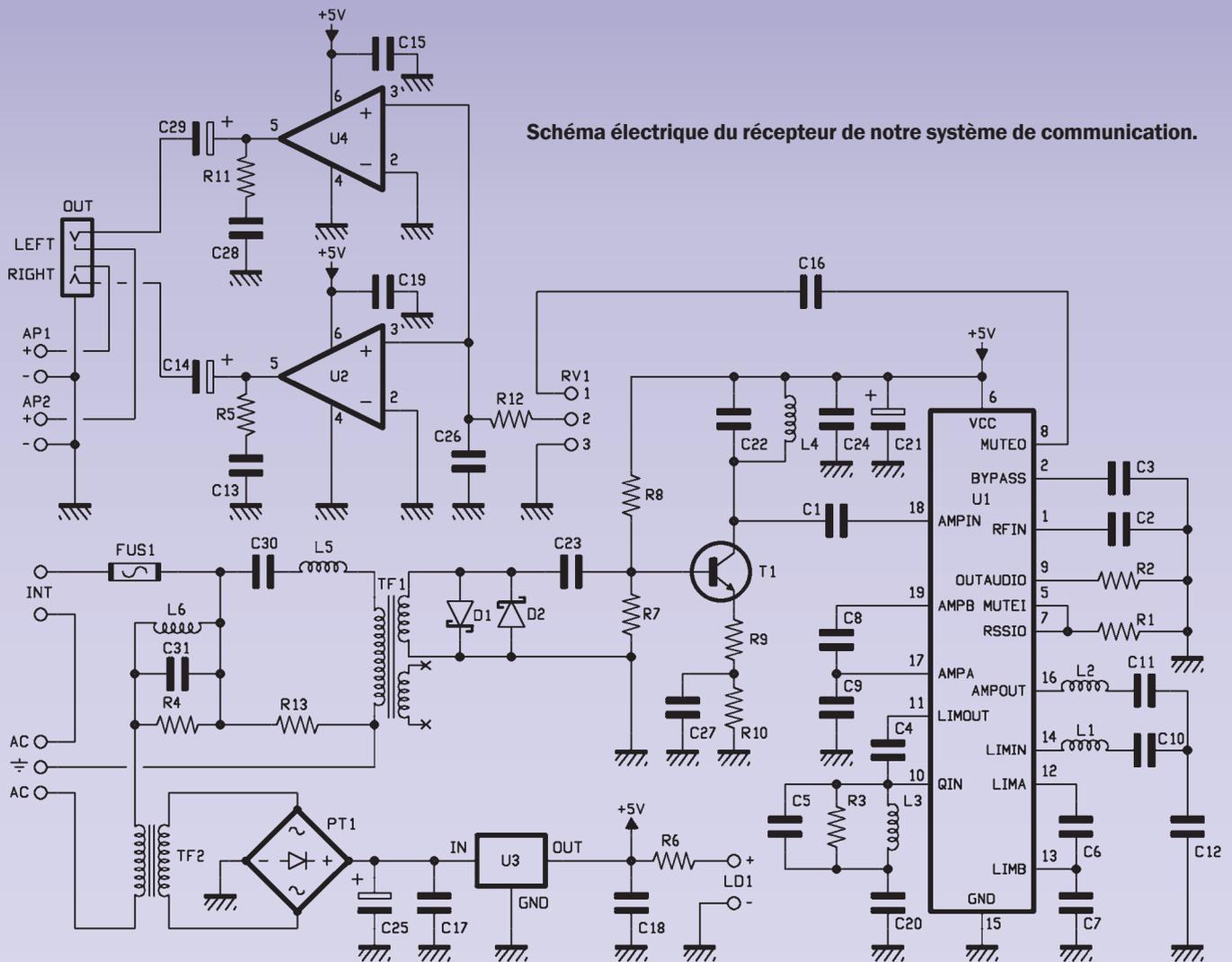


Schéma électrique du récepteur de notre système de communication.

La section de couplage au réseau est d'une grande importance, elle est utilisée pour injecter sur le réseau électrique le signal modulé. Elle doit répondre à des exigences de rendement et de couplage au réseau et doit garantir une bonne sélectivité pour la porteuse modulée, ainsi qu'une protection contre les surtensions présentes sur le réseau.

Sur la figure 8 est représenté le schéma de l'interface de couplage au réseau électrique 230 VAC. La liaison de l'interface de couplage est de type « phase-terre » et la connexion au réseau électrique est réalisée par un transformateur. Nous avons choisi d'adopter le couplage de type « phase-terre », d'après nos tests, il s'est avéré être mieux que le couplage de type « phase-phase », car il est moins affecté par les perturbations. Évidemment, pour le bon fonctionnement du système, la **condition essentielle est une**

bonne mise à la terre de l'installation électrique, qui est également exigée par la réglementation en vigueur.

Si vous regardez le schéma électrique de l'émetteur, la sortie du filtre actif que nous avons décrit ci-dessus est reliée au **primaire du transformateur TF2 (PT6E)**, qui est un transformateur avec un primaire et deux secondaires, dont un seul est utilisé pour l'alimentation. Le rapport de transformation est de 1 : 1 et la fréquence de fonctionnement est comprise entre **3 kHz et 1 MHz**, ce qui permet une **forte atténuation des basses fréquences potentiellement perturbatrices**, plus particulièrement la **fréquence du réseau 50 Hz**, ainsi que des pics de tension et du bruit des fréquences harmoniques de la porteuse.

Du secondaire de **TF1**, le signal **TX** est filtré par la self **L1 (150 µH)** et le condensateur **C9 (33 nF)** qui constituent

un **filtre passe-bande passif** dont la **fréquence centrale** est de **70 kHz**. La diode **Transil D3 (1V5KE12CA)** en parallèle avec le filtre **LC** et le **secondaire TF1**, élimine les pics de tension positifs et négatifs supérieurs à 12 V provenant du réseau 230 VAC, protégeant ainsi l'émetteur.

Sur figure 9, nous pouvons voir la réponse en fréquence à la sortie de la section de couplage ; dans le graphique l'amplitude maximale est centrée sur la fréquence porteuse **70 kHz** avec une bande passante d'environ **± 20 kHz** à **- 3 dB** du niveau maximal, ce qui garantit la **reproduction du spectre audio**. Nous observons, par ailleurs, que la **fréquence du réseau à 50 Hz est atténuée d'environ 70 dB** et cela se traduit par un excellent **rejet des interférences** causées par la fréquence du réseau sur l'émetteur. L'interface de couplage dispose d'un filtre passif formé

Figure 7 : schéma du filtre actif passe-bas et sa réponse en fréquence.

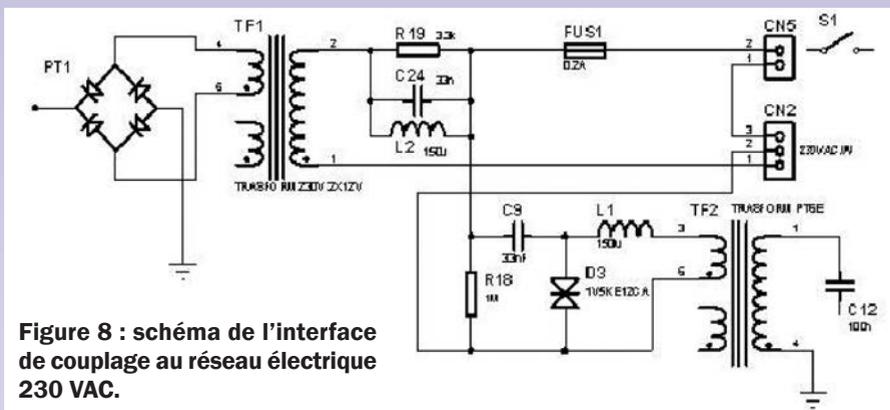
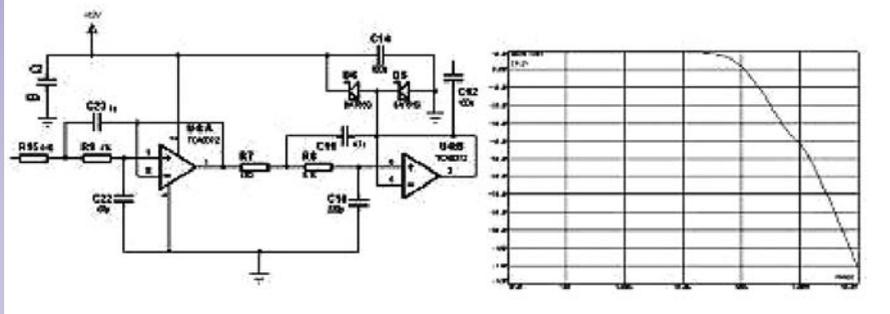


Figure 8 : schéma de l'interface de couplage au réseau électrique 230 VAC.

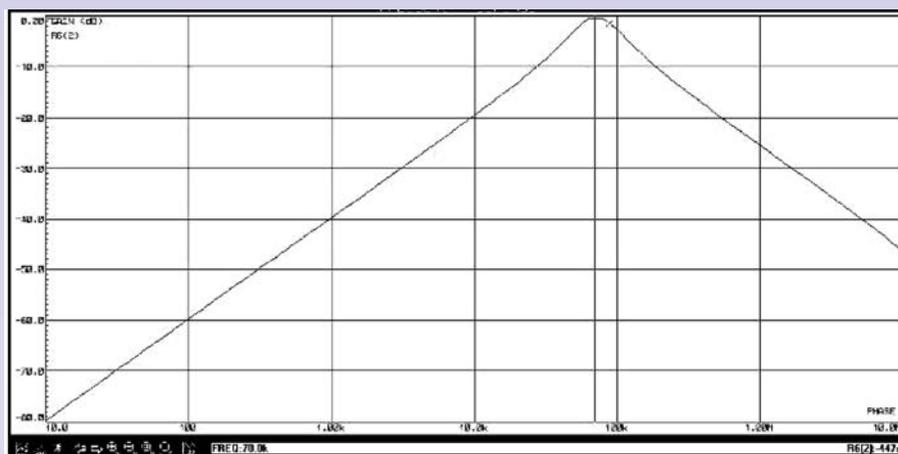


Figure 9 : la réponse en fréquence de la section de couplage.

par **L2**, **C24** et **R6** qui permet d'atténuer de manière sélective les fréquences de fonctionnement de l'émetteur, afin de ne pas endommager le circuit d'alimentation de ce même émetteur (TX).

L'alimentation de l'émetteur + 12 V est constitué du régulateur intégré **U3** (MC7812) qui est capable de délivrer un courant jusqu'à 1A.

Il est important de filtrer correctement la tension d'alimentation à travers le condensateur électrolytique **C16** de **1000 µF**, pour filtrer les bruits basses fréquences présents sur le réseau 50 Hz.

Le récepteur

Le récepteur se compose de **quatre sections** : le couplage au réseau électrique 230 VAC, l'amplification et la démodulation du signal **FM**, la section d'amplification audio et l'alimentation du circuit. Comme dans l'émetteur, la section de couplage à la ligne électrique 230 VAC joue un rôle fondamental dans le récepteur. Le filtre passe-bande passif constitué du condensateur **C30**, et de la self **L5** et de l'enroulement primaire du transformateur **TF1** (PT6E) réalise le filtrage des fréquences en dehors de la bande du signal **FM** composé de la **fréquence**

porteuse et de la **modulation audio**. Sur la figure 10 vous pouvez voir le schéma de la section de couplage à la ligne électrique 230 VAC. Les diodes **Schottky D1** et **D2** (BAT85S) protègent la section de l'amplificateur et celle de la démodulation **FM** contre les surtensions provenant du réseau. Dans le graphique de la figure 11, vous pouvez voir la simulation de la réponse en fréquence de la section de couplage à la ligne électrique 230 VAC. Notez la **forte atténuation hors de la fréquence centrale** et en particulier à la fréquence du secteur (50 Hz), qui est atténuée de plus de 60 dB par rapport au niveau maximal. La **bande passante** à - 3 dB s'étend entre - 20 kHz et 30 kHz par rapport à la fréquence centrale correspondant à la porteuse à 70 kHz.

Le **filtre réjecteur de bande** (ou coupe bande ou filtre cloche) constitué de la self **L6**, et du condensateur **C31** et de la résistance **R4** empêche que le signal modulé vienne interférer avec le circuit d'alimentation, ce qui provoquerait un dysfonctionnement du récepteur. La figure 12 montre la **réponse en fréquence du signal FM modulé** par le transistor amplificateur **T1**. Le gain de l'étage est d'environ **12 dB** et sa sélectivité est assurée par le circuit **LC résonnant** constitué de la self **L4** et du condensateur **C22**. Ce circuit permet une réduction supplémentaire des fréquences en dehors de la bande utile.

La figure 13 représente la **simulation de l'analyse spectrale du signal FM**, c'est-à-dire la **porteuse à 70 kHz modulée par un signal échantillonné dans une bande audio de 8 kHz, avec un indice de modulation égal à 0,5** présente à l'entrée du circuit intégré **SA615 démodulateur FM**. Notez que la porteuse à 70 kHz avec ses **deux bandes latérales** représentent la **modulation à 8 kHz** et la **répartition de ses harmoniques** avec des niveaux inférieurs. Le cœur du récepteur est le circuit intégré **U1** (SA615) dont le synoptique est visible sur la figure 14 et qui présente des performances élevées. Il est composé d'un mélangeur HF, d'un oscillateur HF, d'un amplificateur/limiteur FI, d'un détecteur de quadrature et d'un circuit MUTE (silencieux).

Dans notre montage, le **SA615** est utilisée comme amplificateur, limiteur et

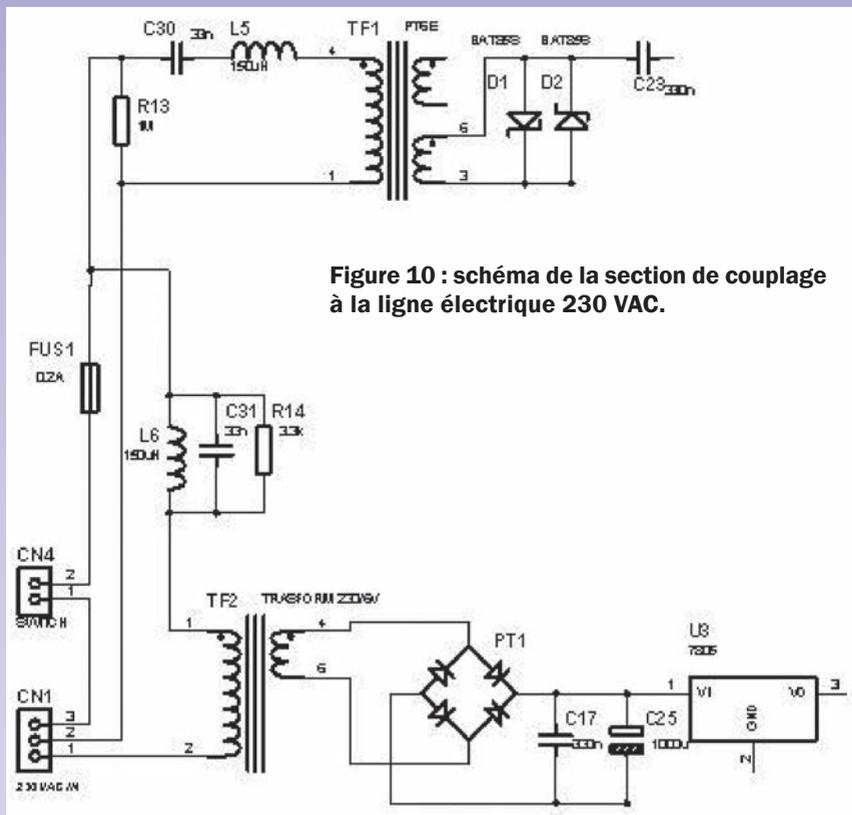


Figure 10 : schéma de la section de couplage à la ligne électrique 230 VAC.

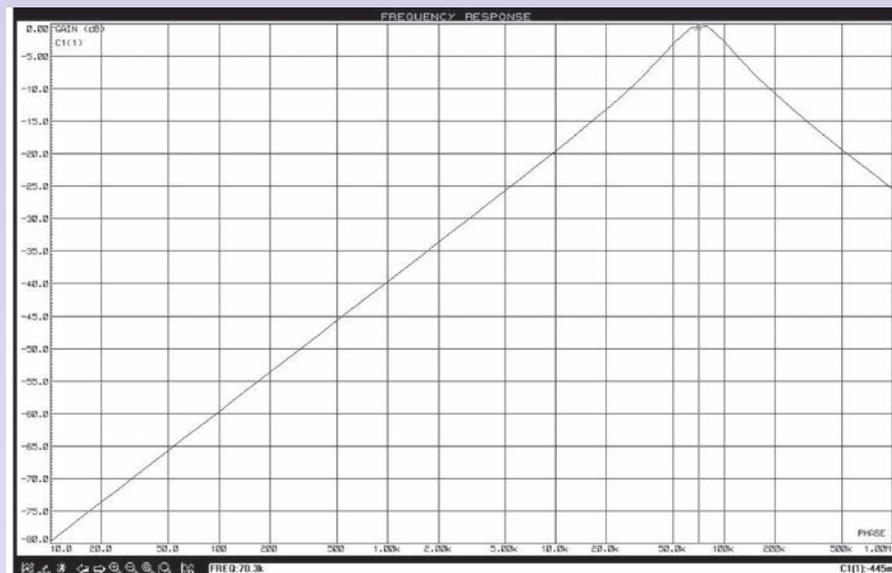


Figure 11 : simulation de la réponse en fréquence de la section de couplage à la ligne électrique 230 VAC.

démodulateur du signal FM provenant du transistor **T1** monté en amplificateur sélectif.

Comme nous le voyons sur le schéma du récepteur, le signal **FM** provenant de **T1** entre dans le **SA615** par la broche **18** (AMP IN FI) et sort par la broche **16** pour passer ensuite à travers un filtre passe-bande constitué des selfs **L1** et **L2** et des condensateurs **C10**, **C11** et **C12**. Du filtre le signal retourne à la

broche **14** dont la fonction est d'amplifier/limiter le signal avant d'attaquer le démodulateur **FM**.

Celui-ci extrait le signal audio de la porteuse **70 kHz** et le transmet à travers la broche **8** à l'étage amplificateur audio constitué des circuits **U2** et **U4** (LM386). Le signal audio ainsi amplifié est dirigé vers les haut-parleurs gauche et droite ou à un casque stéréo branché au connecteur CN2.

Réalisation pratique

Pour la fabrication des circuits imprimés, vous pouvez télécharger les typons sur notre site www.electroniquemagazine.com page « revue 125 » et section « Télécharger ». Nous vous recommandons d'utiliser un bon fer à souder à pointe fine ou, mieux encore, une station de soudage CMS pour souder le circuit CMS U1 du récepteur.

Commençons par le récepteur, en premier il faut souder le circuit U1 SA615 en CMS côté composants du circuit imprimé. Avant de commencer l'opération, nettoyez les pistes de cuivre avec de l'alcool pour enlever les dépôts de gras et de saleté. Nous vous conseillons d'utiliser une petite brosse pour nettoyer les pistes de cuivre, ensuite à l'aide d'une petite pince fine disposez correctement le circuit SA615, le repère détrompeur en U doit être vers le transformateur TF2. A l'aide d'une loupe, commencez par souder la broche 1 puis la broche 11 et ainsi de suite en diagonale, en faisant une pause entre chaque soudure pour ne pas surchauffer le SA615.

Une fois le circuit soudé, continuez par les composants traditionnels dans l'ordre suivant : les diodes, les résistances, les inductances, les supports des circuits U2 et U4, les condensateurs d'abord ceux en céramique puis les électrolytiques, le transistor T1, les borniers et le porte fusible. Terminez en soudant le transformateur de couplage et celui d'alimentation (primaire de 220 V et secondaire de 6 V). Après avoir terminé l'installation des composants sur le circuit imprimé, effectuez les liaisons des composants externes après avoir fixé sur la face avant du boîtier l'interrupteur, le bouton du volume, les prises des haut-parleurs et la LED. Pour effectuer les connexions aux haut-parleurs, vous devez préparer des longueurs de câbles d'environ 20 cm de long de 2 x 0,5 mm (rouge et noir) en les serrant aux borniers nommés AP1 et AP2, le fil noir dans le - et le fil rouge dans le +.

Pour l'interrupteur, soudez deux morceaux de fils que vous connectez au bornier « INT ».

Pour le volume des haut-parleurs, il est réglable par le potentiomètre RV1. Vous

Un système CPL à 500 Mbps

Aujourd'hui grâce à l'évolution des technologies et des composants, la vitesse de communication d'un système CPL à travers un réseau électrique situé en aval d'un compteur a considérablement augmenté. Comme en témoigne par exemple cet adaptateur dLAN® 500 AV Wireless+ (www.devolo.fr) qui permet à partir d'une seule prise, de connecter jusqu'à 3 unités (PC, imprimantes, disques durs NAS,...) avec un débit de données pouvant atteindre 500 Mbps. Le dispositif permet l'attribution automatique de la priorité aux données et une cryptographie à 128 bit, ce qui offre une grande sécurité de communication. Il s'agit d'un petit hub qui fournit 3 sorties pour des dispositifs à partir de la ligne électrique 230 VAC et permet une communication des dispositifs reliés.

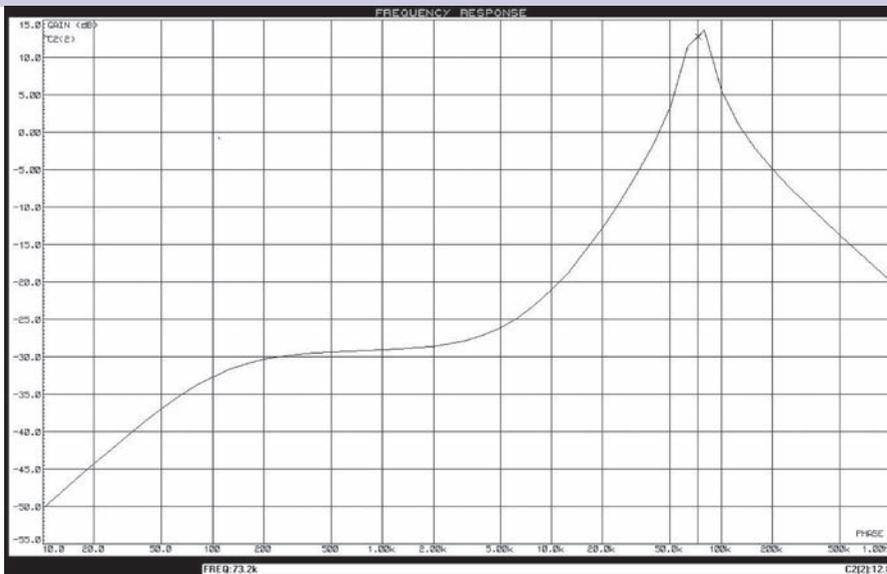


Figure 12 : réponse en fréquence du signal FM modulé par le transistor amplificateur T1.

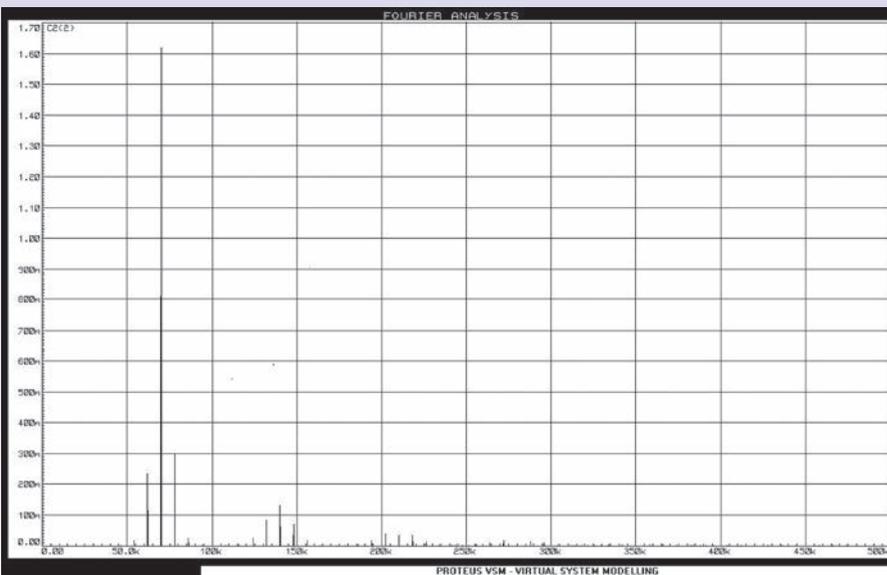


Figure 13 : simulation de l'analyse spectrale du signal FM.

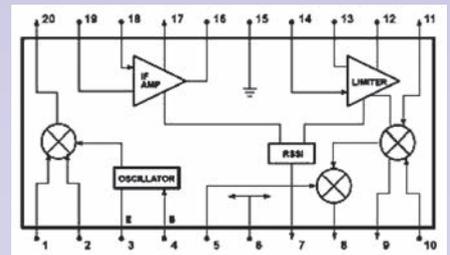
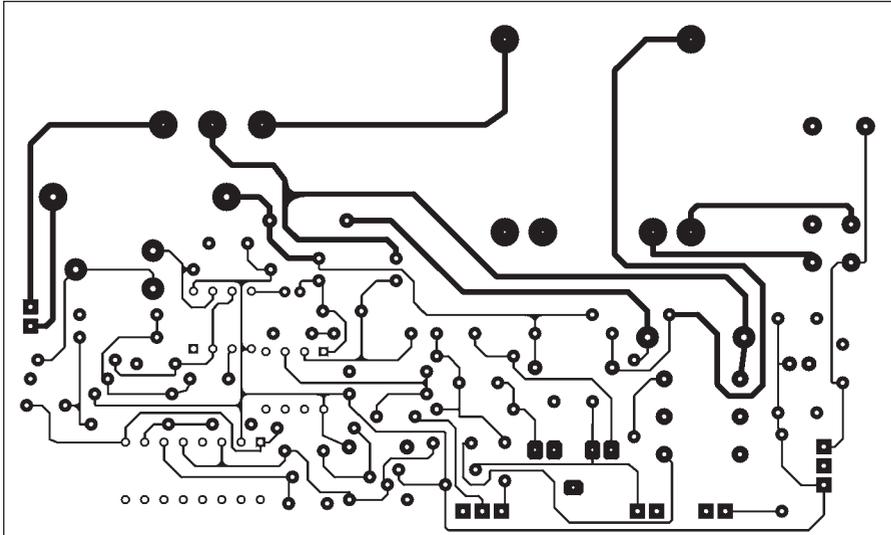


Figure 14 : schéma synoptique du circuit intégré SA615.

devez souder les fils en utilisant un câble blindé à deux conducteurs plus la tresse de blindage. Le point milieu du potentiomètre doit être connecté au point 2, un côté au point 1 et l'autre côté à la masse (point 3). Il vous reste juste à connecter la LED au bornier LD1, en mettant l'anode (la patte la plus longue) avec le + du bornier.

Passons maintenant à l'émetteur auquel s'appliquent les conseils déjà donnés pour le montage du récepteur. En ce qui concerne les composants extérieurs, une attention particulière doit être accordée au microphone, dont la polarité doit être respectée. Vous devez préparer un câble blindé de 20 cm et souder la tresse de blindage à la borne - du microphone et l'autre côté doit être raccordé au - du bornier MIC, de même pour le positif du microphone qui se branche au + du bornier MIC. De même pour le potentiomètre de réglage de l'amplitude du signal audio, il devra être connecté au bornier RV2 de la même manière que celle décrite pour le potentiomètre RV1 du récepteur à l'aide d'un câble blindé.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de l'émetteur côté soudures.

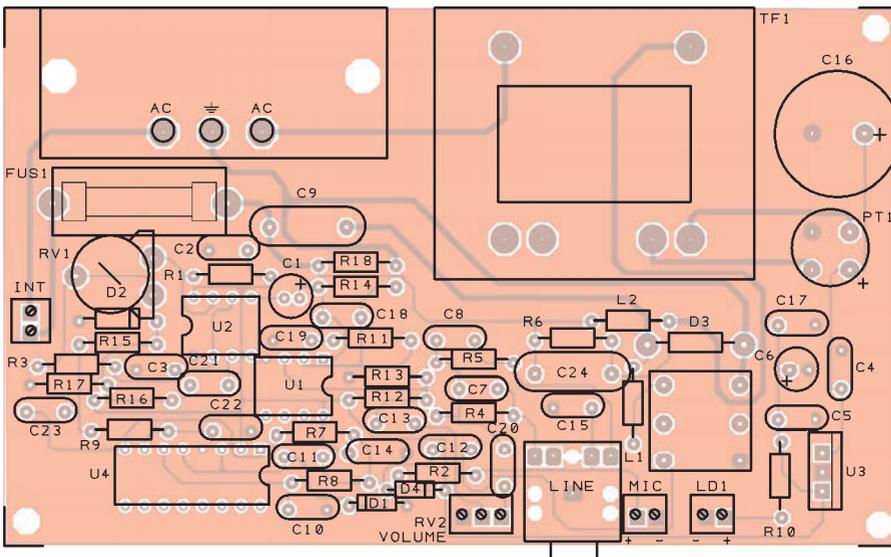
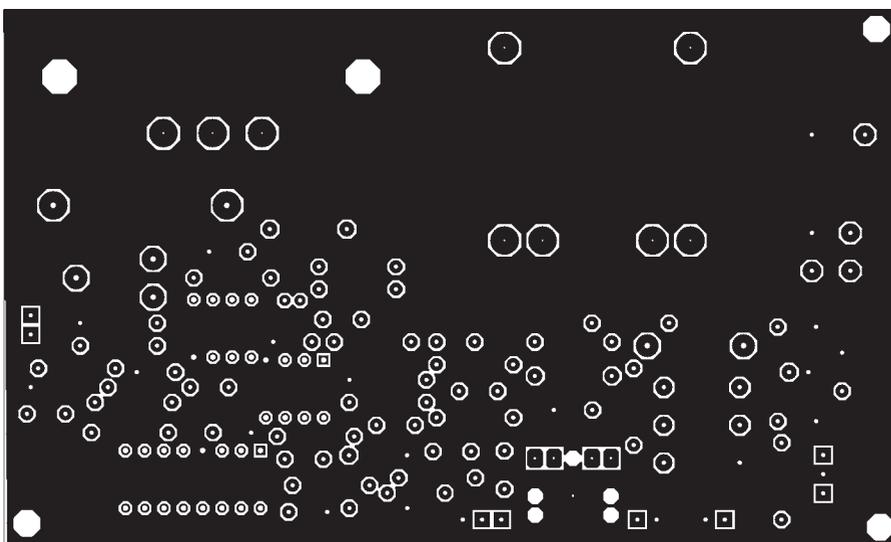


Schéma d'implantation des composants de l'émetteur.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de l'émetteur côté composants.

Liste des composants de l'émetteur (TX)

- R1..... 1,2 k Ω
- R2..... 3,3 k Ω
- R3..... 15 k Ω
- R4..... 10 k Ω
- R5..... 10 k Ω
- R6..... 3,3 k Ω
- R7..... 470 Ω 1%
- R8..... 5,1 k Ω 1%
- R9..... 47 k Ω 1%
- R10.... 1,2 k Ω
- R11 ... 4,7 k Ω
- R12 ... 100 k Ω
- R13 ... 100 k Ω
- R14.... 47 k Ω
- R15 ... 910 Ω 1%
- R16.... 100 k Ω
- R17 100 k Ω
- R18 ... 1 M Ω
- RV1.... Trimmer 47 k Ω
- RV2.... Potentiomètre logarithmique 10 k Ω

- C1..... 4,7 μ F 25 V électrolytique
- C2..... 100 nF céramique
- C3..... 220 pF céramique
- C4..... 100 nF 63 V polyester
- C5..... 100 nF 63 V polyester
- C6..... 10 μ F 25 V électrolytique
- C7..... 820 pF 63 V polyester
- C8..... 820 pF 63 V polyester
- C9..... 33 nF classe X2
- C10.... 220 pF céramique
- C11.... 4,7 nF céramique
- C12.... 100 nF céramique
- C13.... 1 μ F 63 V polyester
- C14.... 100 nF céramique
- C15.... 100 pF céramique
- C16.... 1000 μ F 35 V électrolytique
- C17 100 nF 63 V polyester
- C18.... 47 pF céramique
- C19.... 15 nF céramique
- C20.... 1 μ F 63 V polyester
- C21.... 3,3 nF céramique
- C22.... 68 pF céramique
- C23.... 1 nF 63 V polyester
- C24.... 33 nF classe X2

- L1 Inductance 150 μ H
- L2 Inductance 150 μ H
- U1..... LM358
- U2..... NE555
- U3..... MC7812
- U4..... TCA0372

- D1..... BAT85S
- D2..... 1N914
- D3..... 1V5KE12CA
- D4..... BAT85S

PT1.... Pont de diode 2W08G
 LD1.... LED 5mm rouge
 TF1 Transformateur 230 V/12V
 5VA
 TF2 PT6E

Divers

Support circuit intégré 2 x 4 broches
 (x2)

Support circuit intégré 2 x 8 broches
 Bornier 2 pôles au pas de 2,54 mm
 (x3)

Bornier 3 pôles au pas de 2,54 mm

Prise VDE pour circuit imprimé

Porte fusible pour circuit imprimé

Prise jack stéréo 3,5 mm pour
 circuit imprimé

Microphone préamplifié

*les résistances sont en 1/4 W sauf
 indication contraires

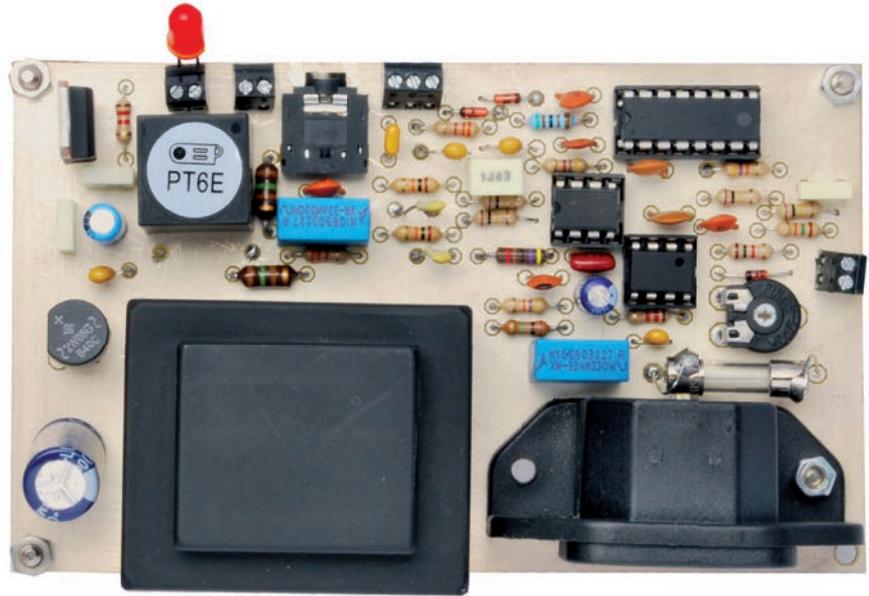
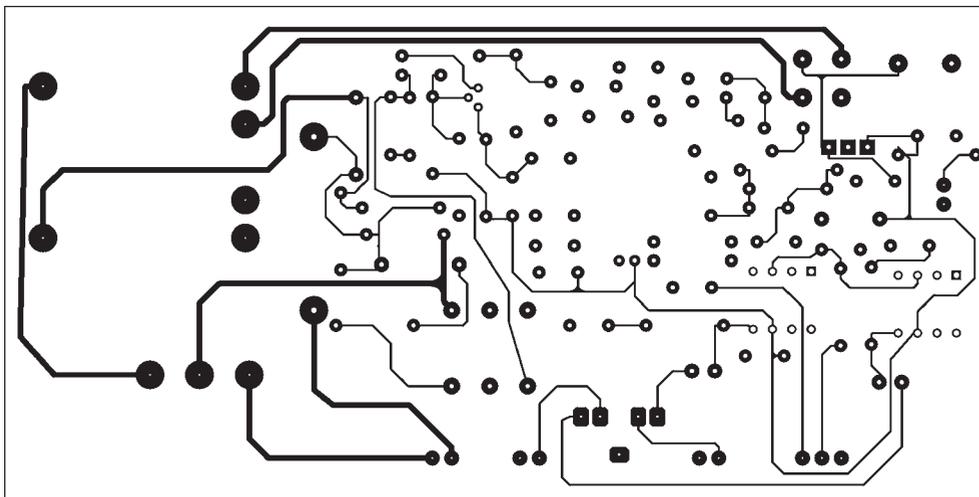
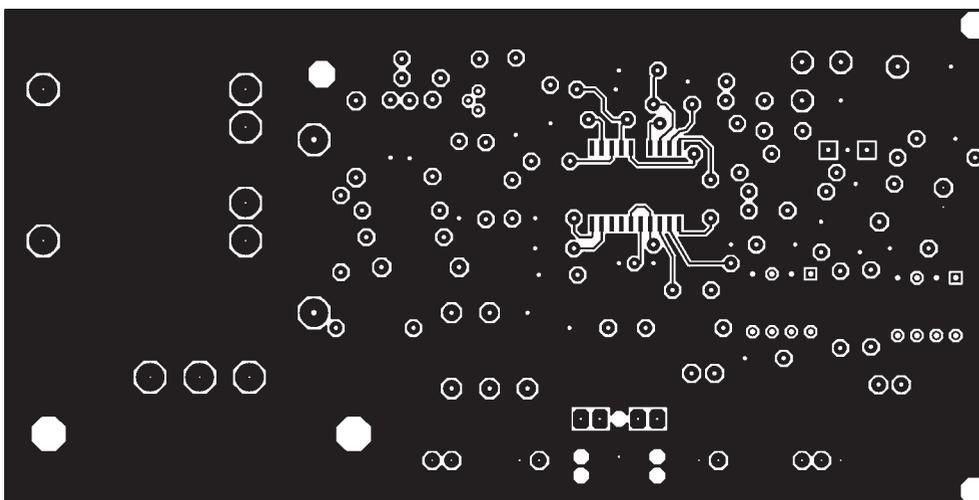


Photo de l'un de nos prototypes de l'émetteur.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 du récepteur côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 du récepteur côté composants.

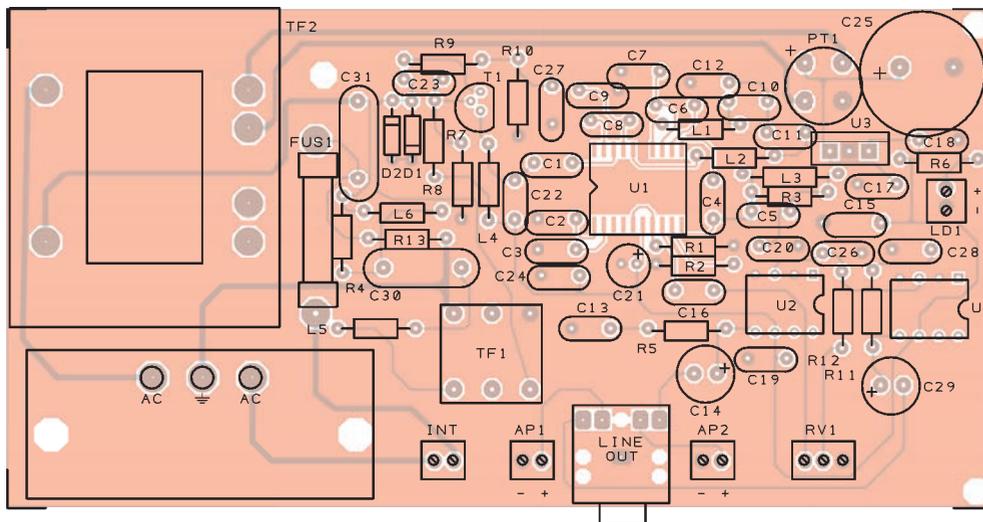


Schéma d'implantation des composants du récepteur.

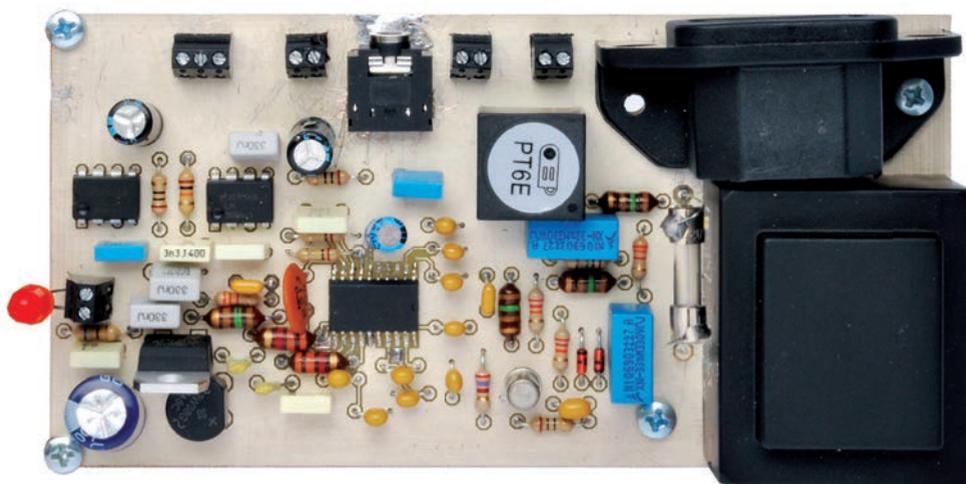


Photo de l'un de nos prototypes du récepteur.

Liste des composants du récepteur

R1..... 100 k Ω
 R2..... 100 k Ω
 R3..... 3,3 k Ω
 R4..... 3,3 k Ω
 R5..... 10 Ω
 R6..... 680 Ω
 R7..... 22 k Ω
 R8..... 22 k Ω
 R9..... 10 Ω
 R10.... 270 Ω
 R11 ... 10 Ω
 R12 ... 10 k Ω
 R13 ... 1 M Ω
 RV1.... Potentiomètre 10 k Ω
 C1..... 100 nF céramique
 C2..... 100 nF céramique
 C3..... 100 nF céramique

C4..... 220 pF céramique
 C5..... 33 nF céramique
 C6..... 100 nF céramique
 C7..... 100 nF céramique
 C8..... 100 nF céramique
 C9..... 100 nF céramique
 C10.... 1 nF céramique
 C11.... 1 nF céramique
 C12.... 10 nF céramique
 C13.... 47 nF 63 V polyester
 C14.... 220 μ F 16 V électrolytique
 C15.... 330 nF 63 V polyester
 C16.... 100 nF 63 V polyester
 C17.... 330 nF 63 V polyester
 C18.... 100 nF 63 V polyester
 C19.... 330 nF 63 V polyester
 C20.... 100 nF céramique
 C21.... 10 μ F 63 V électrolytique
 C22.... 33 nF céramique
 C23.... 330 nF 63 V polyester
 C24.... 100 nF céramique

C25.... 1000 μ F 16 V électrolytique
 C26.... 3,3 nF polyester
 C27.... 100 nF céramique
 C28.... 47 nF 63 V polyester
 C29.... 220 μ F 16 V électrolytique
 C30.... 33 nF classe X2
 C31.... 33 nF classe X2
 L1..... Inductance 3,3 mH
 L2..... Inductance 3,3 mH
 L3..... Inductance 150 μ H
 L4..... Inductance 150 μ H
 L5..... Inductance 150 μ H
 L6..... Inductance 150 μ H
 U1..... SA615D-SMT
 U2..... LM386
 U3..... 7805
 U4..... LM386
 D1..... BAT85S
 D2..... BAT85S
 PT1.... Pont de diode 2W08G
 LD1.... LED 5mm rouge

Vous devez faire la même chose pour l'interrupteur et la diode LED, qui doivent être raccordés respectivement aux borniers INT et LD1.

Réglages et mise en service

Mettez en place les deux cartes RX et TX sur une **surface de travail isolée**, après avoir inséré les fusibles dans les porte-fusibles. Insérez le cordon d'alimentation dans la prise VDE et ouvrez les interrupteurs d'alimentation. Prenez un câble mâle-mâle avec des connecteurs jack 3.5 mm stéréo, insérez une extrémité dans la prise LINE de l'émetteur (si vous avez connecté le microphone il sera coupé) et l'autre extrémité dans une prise de sortie audio mono ou stéréo d'un appareil (sortie casque d'une chaîne Hi-fi, radio, ordinateur, etc.). Réglez à mi-course les potentiomètres des deux cartes, de manière à maintenir le volume à moitié. Maintenant, insérez les deux cordons d'alimentation 230 V dans des prises de courant distinctes en essayant de ne pas trop éloigner l'émetteur du récepteur. Mettez les interrupteur sur la position ON et vérifiez que la LED de chaque carte est allumée. **Évitez tout contact avec des objets métalliques ou directement sur les cartes pour ne pas être électrocuté.** Si tout a été réalisé correctement, vous entendrez un sifflement provenant des haut-parleurs vous indiquant que **le récepteur n'est pas accordé sur la porteuse de l'émetteur.**

T1 2N2222
 TF1 PT6E
 TF2 Transformateur 230 V/6V
 5VA
 AP1.... Haut-parleur 8 Ω
 AP2.... Haut-parleur 8 Ω

Divers

Support circuit intégré 2 x 4 broches (x2)
 Bornier 2 pôles au pas de 2,54 mm (x3)
 Bornier 3 pôles au pas de 2,54 mm
 Prise VDE pour circuit imprimé
 Porte fusible pour circuit imprimé
 Prise jack stéréo 3,5 mm pour circuit imprimé

*les résistances sont en 1/4 W sauf indication contraires

À ce stade, vous effectuez un premier étalonnage grossier au moyen du trimmer **RV1** de l'émetteur, toujours en faisant attention **de ne pas toucher les parties sous tension**. Ajustez la fréquence de sortie du VCO, le sifflement doit s'atténuer fortement dans les haut-parleurs, l'émetteur et le récepteur sont syntonisés.

Allumez la source audio que vous avez connectée à l'émetteur en ajustant, si nécessaire, le volume pour éviter la distorsion. Affiner la syntonisation à l'aide du trimmer RV1 de l'émetteur et réglez le potentiomètre RV2 pour ne pas avoir de distorsion de la source audio, étant donné la proximité des deux cartes, l'écoute peut être perturbée.

Maintenant que tout fonctionne correctement, vous pouvez tester le système sur le terrain, **en mettant les deux cartes sur des planches en bois pour isoler**. Par exemple reliez l'émetteur dans une pièce et le récepteur dans une autre, de cette façon vous serez sûr que l'émetteur et le récepteur seront capables de travailler dans n'importe quel environnement.

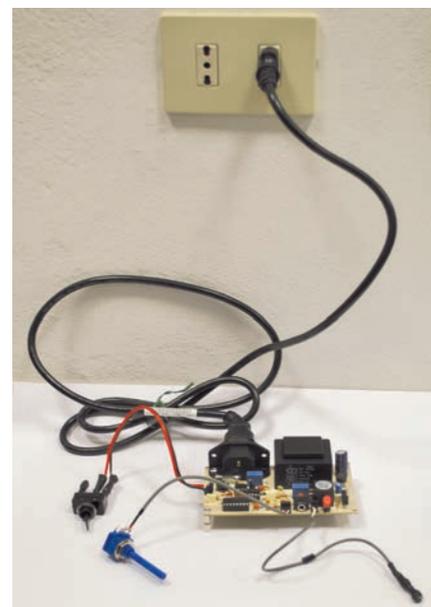
Il est bien entendu que le système ne fonctionne que si l'émetteur et le récepteur sont sur le même réseau électrique, c'est-à-dire en aval (après) le compteur EDF.

En ce qui concerne les applications pratiques, vous pouvez connecter l'émetteur à la sortie casque de votre chaîne Hi-fi dans le salon et écouter la musique dans votre chambre, ou à l'extérieur de la maison, dans le jardin ou sur la terrasse, ou peut-être dans une zone où des écouteurs sans fil ne peuvent pas fonctionner, il suffit alors de brancher le récepteur sur une prise de courant. Vous pouvez également utiliser l'émetteur pour communiquer à l'aide du microphone en parlant à quelqu'un qui est dans un autre endroit de la maison, dans la cave ou dans le jardin. Vous pouvez aussi utiliser le système comme « moniteur pour bébé » pour surveiller un bébé ou une personne qui a besoin d'assistance pendant que vous êtes occupé dans d'autres pièces de la maison.

Pour optimiser l'écoute, retouchez les réglages de l'émetteur pour obtenir un son aussi propre que possible, en réglant le volume du signal audio, puis

la modulation de la porteuse à 70 kHz qui ne doit pas dépasser une certaine valeur, sous peine de distorsion du signal audio. Si vous le souhaitez, vous pouvez augmenter le volume des haut-parleurs ou des écouteurs en ajustant le réglage du volume du récepteur ou en augmentant le volume de la source externe. Lorsque vous avez optimisé le système, **vous devez bloquer le trimmer RV1 de l'émetteur à l'aide d'une goutte de cire appliquée sur son curseur**, afin d'éviter toute modification accidentelle. Essayez également le système pour des communications vocales en débranchant le câble stéréo du connecteur de l'émetteur, de manière à activer automatiquement le microphone de l'émetteur. Parlez à quelques centimètres du microphone et vérifiez que la personne entend clairement la voix du côté du récepteur à travers les haut-parleurs ou des écouteurs.

L'émetteur et le récepteur doivent être installés dans un boîtier en plastique, vous devez percer les faces avant et arrière pour loger les composants externes (interrupteur, LED, potentiomètre,...). N'oubliez pas le passage du cordon d'alimentation et un porte-fusible à montage encastré, sur la face arrière, qui sera relié aux bornes du fusible sur le circuit imprimé. Cela vous évitera d'avoir à ouvrir le boîtier en cas de problèmes. ■



Installation de l'un de nos prototypes dans une pièce, ici l'émetteur. Évitez tout contact avec des objets métalliques ou directement sur les cartes pour ne pas être électrocuté.

ACCESSOIRES & OUTILLAGES

STATION DE SOUDAGE
50W 175-480°C
VTSS5 15,30 €



STATION DE SOUDAGE - 45W/230V - TEMPÉRATURE RÉGLABLE & ÉLÉMENT D'ÉCHAUFFEMENT
VTSSC73 86,40 €



LABO 3-EN-1
LAB1 149,00 €



FER À SOUDER CÉRAMIQUE
30W / 230V
VTSC30N1 8,20 €



FER À SOUDER 30-60W / 230VAC
VTSG60SF 18,00 €



FER À SOUDER SUPERPRO
25-125W 580°
GAS/PRO 69,20 €



EXTRACTEUR DE CIRCUIT INTÉGRÉ
VTIC 1,80 €



POMPE À DESSOUDER
VTD4 2,50 €



PERCHLORURE DE FER
PERCHLO 4,90 €



JEU DE 6 OUTILS D'AIDE AU SOUDAGE.
VTSA 6,50 €



NETTOYEUR POUR FER À SOUDER
VTSTC 7,20 €



SUPPORT POUR FER À SOUDER
STAND60 13,50 €



SOUDURE SANS PLOMB

SOLD100GLF 1mm - 100g 12,90 €
SOLD250GLF 1mm - 250g 27,50 €
SB1500. 1mm - 500g 40,90 €
SB0822. 0,8mm - 50g 5,30 €
SB0810. 0,8mm - 100g 7,30 €
SB0850. 0,8mm - 500g 49,60 €



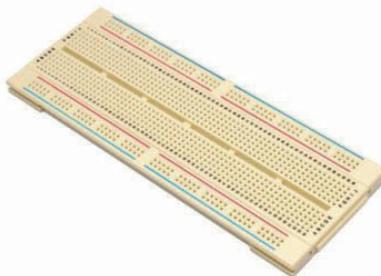
COMELEC
CD 908 - 13720 BELCODÈNE
Tél. : 04 42 70 63 90
Fax : 04 42 70 63 95
www.comelec.fr

ACCESSOIRES & OUTILLAGES

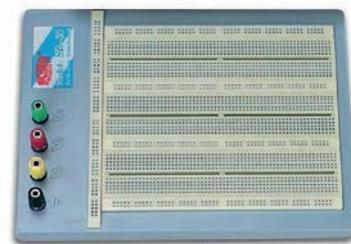
MINI PLAQUE D'ESSAI (COULEUR AU CHOIX)
BBMINI (W) (B) (R) (V) 2,90 €



**PLAQUE EXPÉRIMENTALE -
840 CONTACTS**
BB840 14,00 €



**PLAQUE DE CONNEXIONS SANS
SOUDURE 2420 TROUS**
SD35N 25,50 €



JEU DE 6 TOURNEVIS
HSET20 4,50 €



OUTIL TÉLÉCOM
VTPD3 7,60 €



**LUNETTE DE PROTECTION À
LED**
SP11 6,30 €



**PERCEUSE DE PRÉCISION
+ 6 ACCESSOIRES**
VTHD01 6,80 €



**TROISIÈME MAIN
AVEC LOUPE LAMPE LED ET SUPPORT
POUR FER À SOUDER**
VTHH3 17,90 €



**JEU DE TOURNEVIS DE PRÉCI-
SION 32 EN 1**
VTSCRSET10 12,60 €



BOITE DE RANGEMENT
8 compartiments
OMR7 3,20 €
13 compartiments
OMRC11 4,50 €
20 compartiments
OMR13 7,20 €



VALISE ALUMINIUM 330 X 230 X 150MM
Rouge 1821-R 17,10 €
Gris 1821-G 17,10 €



**VALISE D'OUTILS
POUR CÂBLES RÉSEAU**
VTMUS3 69,90 €



Contact | Plan du site | Favoris | Mon compte | Créer un compte | Devises: € ▼



Accueil

CATÉGORIES

- Abonnement
- Articles
- Alarme
- Alimentation
- Audio
- Automatisme
- Automobile
- Boîte à idées
- Caméra
- Cours
- Débutant
- Divers
- Domotique
- GSM / GPS
- Hauts Fréquences
- Informatique
- Internet
- Laboratoire
- Loisirs
- Maison
- Médical
- Mesure
- Météorologie
- Microcontrôleur
- Minilab
- Modélisme
- Robotique
- Sécurité
- Spectacle
- Télécommande
- Téléphonie
- Top Secret
- Vidéo

CD ROM

CD ROM Numériques

Revue papier

Revue numérique

Top projets

PRODUITS PHARES



N°123 Electronique & Loisirs...
En kiosque Localisateur GSM/GPS...
[Plus d'infos](#)
7,50 €



N°122 Electronique & Loisirs...
Le Radon, ce tueur invisible. Tremblements de...
[Plus d'infos](#)
7,50 €



Abonnement 4 numéros France...
Abonnement pour 4 numéros à partir du numéro 124 à la...
[Plus d'infos](#)
28,00 €

L'imprimante 3D



N° 124 Electronique & Loisirs Magazine en kiosque

Cliquez sur l'image pour feuilleter la revue ou visualisez le sommaire détaillé



TAGS

AUDIO COURS

LABORATOIRE MEDICAL mesure

CONTACTEZ-NOUS

Notre service client est disponible 24h/24, 7j/7

0620 820 534

[CONTACTER NOTRE SERVICE CLIENT](#)

FLUX RSS

Aucun flux RSS ajouté

PayPal



Le site dédié au **RaspberryPi**

www.raspberrypi.electroniquemagazine.com

Electronique et Loisirs Magazine



RaspberryPi

Actuel

- Raspberr...
- Tutoriels
- Téléchargement

Le RaspberryPi est un ordinateur monocarte à processeur ARM conçu par le créateur de jeux vidéo David Braben, dans le cadre de sa Fondation RaspberryPi située au Royaume-Uni. L'ordinateur a la taille d'une carte de crédit, il permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux et des logiciels compatibles. Il est fourni nu (carte mère seule, sans boîtier, alimentation, clavier, souris ni écran) dans l'objectif de diminuer les coûts et de permettre l'utilisation de matériel de récupération avec l'intention de commercialiser un ordinateur à faible coût pour stimuler l'enseignement par la technologie de l'information dans les écoles, en particulier dans les pays en développement.

Principe de fonctionnement

Le cœur de système est le SoC (System On a Chip) Broadcom 2835 comprenant un processeur ARM1176JZF-S (ARMv6) cadencé à 700MHz, un processeur graphique (GPU) VideoCore IV (permettant le décodage H.264 Full HD 1080P et d'un VPx2 pour le calcul en virgule flottante), un processeur de signal numérique (DSP) et 256 Mo de RAM. Il ne nécessite pas de disque dur, le système d'exploitation est contenu dans la carte SD qui agit également comme un dispositif d'amorçage (de démarrage). Vous n'avez pas besoin de disque dur le système d'exploitation est contenu dans la mémoire de stockage de masse de la carte SD qui est le seul périphérique de démarrage.

Donnez vie au RASPBERRYPI

Les connexions nécessaires aux périphériques pour le fonctionnement du RaspberryPi sont:

- Le staveur, n'importe quel staveur de type USB, le système d'exploitation reconnaît le périphérique automatiquement;
- La souris, de type souris USB dans le port qui reste;
- Une connexion au réseau Ethernet par câble (RJ-45). Dans le cas du réseau sans fil il n'y a pas de problèmes particuliers, utilisez l'une des terminaisons disponibles de votre box ADSL;
- Un moniteur ou un téléviseur pouvant accepter un signal d'entrée Vidéo Composite ou HDMI (High Definition Multimedia Interface), en français =

Le site dédié à l'imprimante **3DRAG**

www.3dprint.electroniquemagazine.com

ELECTRONIQUE & LOISIRS MAGAZINE

Accueil

Tous sur la 3DRAG

Montage de la 3DRAG

Logiciels

Impression

La 3DRAG l'imprimante 3D pour tous

Ce site est dédié à l'imprimante 3DRAG, un projet original qui combine la souplesse d'une imprimante RepRap Open Source, une plus grande stabilité et un montage simplifié grâce au matériel qui a été entièrement redessiné. Vous trouverez toutes les informations sur la façon de monter et de mettre en service la 3DRAG. Le site sera mis à jour régulièrement pour vous tenir au courant des derniers développements des logiciels Open Source et des firmwares utilisés par l'imprimante. Nous vous proposons des astuces pour vous aider à tirer le meilleur parti de votre 3DRAG et - dans de nombreux cas - des imprimantes RepRap en général. La page « Impression » comprend des fichiers au format G-code prêts à être imprimés, sans avoir à configurer les paramètres et obtenir un résultat optimal.

NOUVEAUTÉS

Electronique et Loisirs Magazine n° 124

100%: Le montage et les problèmes qui...

Après des mois de tests et d'essais, de montage et de débogage, d'impression de pièces test et des tests menés à l'appui des utilisateurs, nous avons finalement décidé de vous dévoiler notre invention du projet d'imprimante 3D.

Electronique et Loisirs Magazine n° 123

L'imprimante 3D décodeur de...

L'imprimante 3D existe depuis des décennies dans le monde professionnel, mais depuis dans des environnements de fabrication intégrés du monde des amateurs. Nous vous proposons à travers une série d'articles de débiter dans ce domaine 3D d'Electronique et Loisirs Magazine de découvrir l'un des outils les plus brillants du moment.

Où acheter la 3DRAG

Vous pouvez trouver en kit ou en version montée l'imprimante 3DRAG ainsi que tous les accessoires auprès de notre partenaire COMBLEC. Vous trouverez aussi les PLA en nombreuses couleurs.

Mise en oeuvre de la 3DRAG

Montez votre imprimante en kit ou en version montée, suivez le montage et l'installation, ou que vous vous êtes procuré la 3DRAG déjà assemblée, vous pouvez passer à la mise en oeuvre et à la réalisation de la première impression.

Logiciels

Le logiciel est une partie du monde de l'impression 3D. Parmi les logiciels disponibles pour la 3DRAG, nous vous proposons de télécharger le logiciel de modélisation pour convertir vos modèles dans le code compatible pour l'impression, il y a beaucoup de possibilités. Le plus recommandé est que des mises à jour. Cette carte peut, vous savez, vous aider à trouver votre chemin entre les différents logiciels, les mises à jour et les solutions alternatives.

Post à l'impression

Cette carte parle, nous vous proposons en téléchargement gratuit des fichiers au format G-code d'impression - prêts à être imprimés - pour les plus ambitieux d'entre vous, nous proposons également les fichiers au format STL, vous pouvez les télécharger et les utiliser pour l'impression.

Réseaux sociaux

[Facebook](#) [Twitter](#) [LinkedIn](#)

Tous droits réservés Electronique et Loisirs Magazine 3010 Electronique Septembre 2013

ABONNEZ-VOUS

OUI, Je m'abonne à

ELECTRONIQUE
ET LOISIRS
LE MENSUEL DE L'ELECTRONIQUE POUR TOUS

A PARTIR DU N° 126 ou supérieur



N°

Ci-joint mon règlement de € correspondant à un abonnement de 4 revues Annuel

Règlement CB directement sur le site www.electronique-magazine.com rubrique Abonnement

Adresser mon abonnement à :

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Tél. _____ e-mail _____

Date, le _____

Signature obligatoire ▷

L'ASSURANCE de ne manquer aucun numéro en recevant votre revue directement dans votre boîte aux lettres près d'une semaine avant sa sortie en kiosques.

BÉNÉFICIER de 50% de remise** sur les CD-ROM des anciens numéros

TARIFS FRANCE

4 numéros **28€,00**

TARIFS CEE/EUROPE

4 numéros **32€,00**

DOM-TOM/HORS CEE OU EUROPE:

NOUS CONSULTER SUR
www.electronique-magazine.com
rubrique Abonnement

**POUR TOUT CHANGEMENT
D'ADRESSE, N'OUBLIEZ PAS DE
NOUS INDIQUER VOTRE NUMÉRO
D'ABONNÉ (INSCRIT SUR
L'EMBALLAGE)**

Bulletin à retourner à: JMJ – Abo. ELM

B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE - Tél. 0820 820 534 - Fax 0820 820 722

Directeur de Publication
Rédacteur en chef
Jean Marc MOSCATI

Direction - Administration
JMJ éditions
B.P. 20025
13720 LA BOUILLADISSE
Tél.: 0820 820 534

Secrétariat - Abonnements
Petites-annonces - Ventes
A la revue

Vente au numéro
A la revue

Publicité
A la revue

Maquette - Illustration
Composition - Photogravure
JMJ éditions sarl

Impression
Print Courtage
25 Bd Bouès
13003 Marseille

Distribution
NMPP

Hot Line Technique

0820 820 534 *

du lundi au vendredi de 16 h à 18 h

Web

www.electroniquemagazine.com

e-mail

support@electroniquemagazine.com

* prix d'un appel local

JMJ éditions

Sarl au capital social de 7800 €

RCS MARSEILLE: 421 860 925

APE 221E

Commission paritaire: 1015T79056

ISSN: 1295-9693

Dépôt légal à parution

ELECTRONIQUE
ET LOISIRS
LE MENSUEL DE L'ELECTRONIQUE POUR TOUS

EST RÉALISÉ
EN COLLABORATION AVEC :

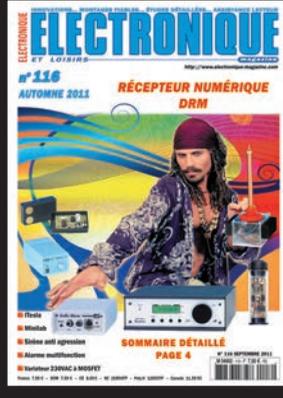
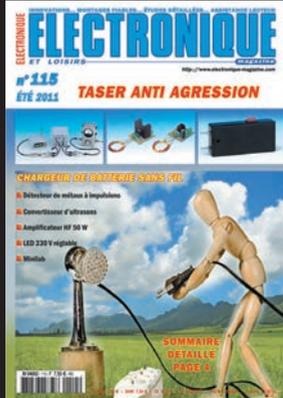
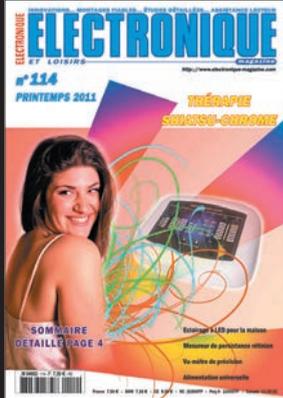
ELETRONICA
NOUVEL
Electronica In

IMPORTANT

Reproduction, totale ou partielle, par tous moyens et sur tous supports, y compris l'internet, interdite sans accord écrit de l'Editeur. Toute utilisation des articles de ce magazine à des fins de notice ou à des fins commerciales est soumise à autorisation écrite de l'Editeur. Toute utilisation non autorisée fera l'objet de poursuites. Les opinions exprimées ainsi que les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas obligatoirement l'opinion de la rédaction. L'Editeur décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces de publicités insérées dans le magazine et des transactions qui en découlent. L'Editeur se réserve le droit de refuser les annonces et publicités sans avoir à justifier ce refus. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés ne sont communiqués qu'aux services internes de la société, ainsi qu'aux organismes liés contractuellement pour le routage. Les informations peuvent faire l'objet d'un droit d'accès et de rectification dans le cadre légal.

9,89 € la revue Frais de port inclus pour la France

(CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.)



Au sommaire : Appareil pour la thérapie SHIATSU-CHROME agissant sur ces points par massage, pour soulager les douleurs et les tensions - Des LED pour créer dans votre maison des effets de lumières enchantées - Une alimentation à tout faire avec transformateurs de récupération ayant un secondaire compris entre 13 et 24 V - Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Mesureur de fréquence de la persistance rétinienne pour effectuer des tests très utiles pour mieux connaître l'état de votre vue - Coussinet diffuseur pour la magnétothérapie, vous aurez la possibilité de soigner des zones plus étendues du corps BF. Etc...

Au sommaire : Chargeur de batterie sans fil, recharger vos batteries au plomb - Détecteur de métaux à impulsions - Taser/dissuadeur anti agression, dispositif délivrant des impulsions à haute tension, portable - MINILAB: Lumières psychédélicques à LED - Convertisseur d'ultrasons en sons audibles - Doubler la puissance du linéaire RF 88-108 MHz - Un automatisme pour faire face aux coupures de courant, ce montage vous permet de rallumer automatiquement les appareils domestiques mais pas tous en même temps, afin d'éviter le désagrément du black-out à répétition - Luminaire à LED en 230 V réglable par variateur Etc...

Au sommaire : Récepteur DRM s'affranchir des frontières pour l'écoute radio - MINILAB : Lumières psychédélicques Variateur 230 VAC à MOSFET - TESLA la note aiguë d'une soprano, le chant d'un rossignol ou la totalité d'un morceau de musique peuvent-ils être reproduit fidèlement Signalisation d'alarme multifonction cet automatisme simple se prête à de multiples exigences - Sirène-flash anti agression - Alarme anti inondation capacitive, une fuite d'eau peut rapidement se transformer en une petite catastrophe domestique - Facteur Q, leçon d'approfondissement, examinons le Quality Factor des composants électroniques, condensateurs, selfs et des circuits résonants.

Au sommaire : «Theremin» en version professionnel - Deux alimentations à découpage avec dimensions réduites et à la possibilité d'obtenir une vaste gamme de tensions - Emetteur FM 88-96 MHz à construire sur la plaque d'essais du Minilab - Convertisseur N/A USB, avec ce microscopique convertisseur R2R nous allons transformer notre interface USB EN1741 en convertisseur N/A Numérique/Analogique - Synthétiseur de 143 MHz à 970 MHz qui, relié au générateur DDS, peut fournir n'importe quelle fréquence comprise entre 143 MHz et 970 MHz avec une résolution de 10 Hz - Platine universelle pour LM358 - Antenne active pour ondes courtes... Etc...

Au sommaire : Surveiller les fissures des murs avec l'USB. Stand-by (veille) off réactivable avec la télécommande. Réduisez votre facture d'électricité. Mesurer la distorsion avec un simple multimètre - Un selfmètre pour mesurer l'inductance des selfs - Mesurer la température avec le Minilab - Platine universelle pour LM358 - un amplificateur différentiel avec alimentation simple. Un sommateur inverseur et non inverseur avec alimentation double un convertisseur tension / courant un comparateur trigger de Schmitt - un intégrateur inverseur - un dérivateur inverseur - un amplificateur pour DDS... Etc...

CD-ROM ENTIÈREMENT IMPRIMABLE

50 € Les 3 CD du Cours d'Électronique en Partant de Zéro



COURS
Niveau
1,2 ou 3

19 € l'unité

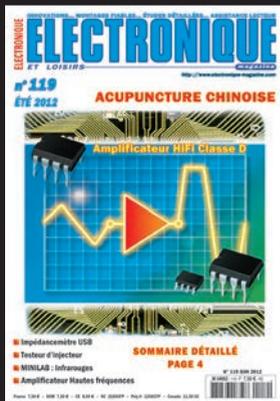


**Numéros
spéciaux
l'unité
5,50 €**

CD - FRAIS DE PORT INCLUS POUR LA FRANCE (DOM-TOM ET AUTRES PAYS: NOUS CONSULTER.)

JMJ/ELECTRONIQUE - B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE règlement par Chèque à l'ordre de **JMJ ÉDITIONS**
Règlement par Carte Bancaire sur notre site : **www.electronique-magazine.com** - Téléphone : 0820 820 534

LISEZ ET IMPRIMEZ VOTRE REVUE SUR VOTRE ORDINATEUR PC OU MAC



Au sommaire : ÉLECTRORÉFLEX le générateur d'ondes «chinoises» utilisés pour contrer les douleurs aiguës de différentes origines - Amplificateur Hi-Fi stéréo 2x20 W en classe D, amplificateur aux dimensions réduites, que vous pourrez relier à votre Ipad, mp3 - Les rayons infrarouges avec le Minilab, expérimentations qui vous aideront à comprendre comment fonctionnent les dispositifs électroniques utilisant ces invisibles radiations électromagnétiques . Impédancemètre USB pour PC Seconde partie, le logiciel - Testeur d'injecteur pour automobile - Les amplificateurs RF à MMIC, très intéressants pour celui qui opère dans le domaine de la radiofréquence . Etc...

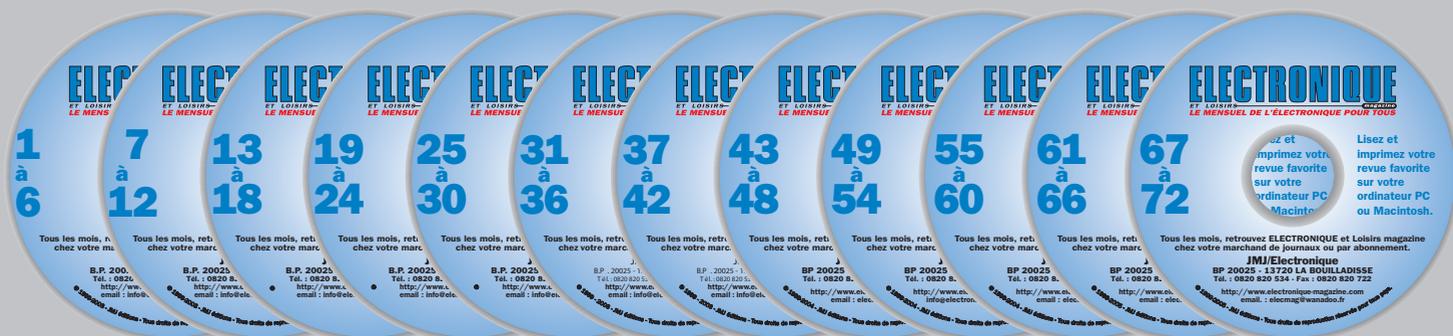
Au sommaire : Analyseur de spectre pour PC - Un récepteur FM à super-réacteur avec une série de propositions d'applications pour le Minilab - Une barre lumineuse à LED pour téléviseur - Amplificateur linéaire RF large bande avec une paire de MOSFET PD55015 - Applications XOR et XNOR avec le programmeur CPLD, dédié aux applications pratiques réalisées avec notre programmeur pour dispositifs CPLD EN1685 - Un montage à ultrasons intéressant - Un antivol à ultrasons - Mini alimentation 9-12-15 V 0,4 A, conçue pour alimenter de petits circuits expérimentaux réclamant une tension de 9-12-15 V et un courant ne dépassant pas 0,4 A. Etc...

Au sommaire : Le QR CODE pour accéder rapidement à des contenus internet - OPEN SOURCE : logiciel open ou free - La simulation de la 3D, est une technique de réalisation et de visualisation d'images, de dessins, photographies et films - Un micro stéréo préamplifié disposant de deux canaux indépendants - MINILAB : Expérimenter les CMOS - LTSpice pour apprendre à simuler vos circuits - Chargez les NiCd et NiMH avec votre alimentation. Il s'agit d'une manière intelligente et écologique de produire de l'énergie - Magnétothérapie RF professionnelle et portable - Le sismographe... ou ces secondes maudites - COURS: Le bruit des résistances. Etc...

Au sommaire : Localisateur GSM/GPS - L'imprimante 3D qui existe depuis des décennies dans le monde professionnel, mais depuis deux ans environ elle commence à faire partie intégrante du monde des amateurs - Un lecteur MP3 Juke-Box sur clé usb 16 go - Comment utiliser une LED comme veilleuse et comme détecteur de lumière - Interrupteur crépusculaire miniature - RaspberryPi un PC au format carte de crédit : Première partie, PC de faible coût , fonctionnant sous un système d'exploitation libre GNU/Linux - Amplificateur stéréo 2 x 10 W - Cours : Tutoriel EAGLE CAD V 6

Au sommaire : Antivol pour panneaux solaires - L'imprimante 3D, le montage et les premiers pas, nous avons finalement décidé de vous dévoiler notre interprétation du projet d'imprimante 3D - RaspberryPi la programmation : il fonctionne comme un système embarqué, objectif, écrire un premier programme - MINIBUS, la qualité du signal a été améliorée afin de couvrir de longues distances entre les divers équipements. - Transmission audio par LED, utiliser son émission de lumière pour transmettre un signal audio en FM (Modulation de Fréquence). - Récepteur 4 canaux compatible MM53200, UM3750 et UM86409.

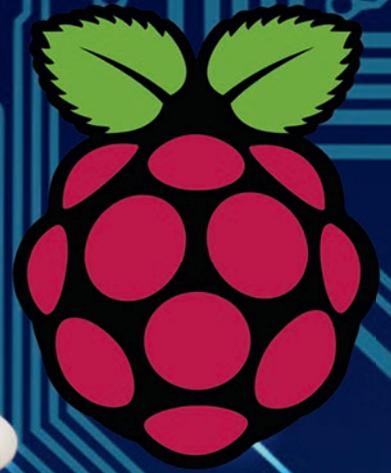
CD 6 Numéros 25 € / CD 12 Numéros 45€



50% De remise pour nos abonnés sur tous les CD de 6 ou 12 numéros



PACK DE DÉMARRAGE RASPBERRY PI



Réf. RASPKIT-PACK
81,00 €



Le Raspberry Pi est un ordinateur monocarte à processeur ARM pas plus gros qu'une carte de crédit. Il réalise de nombreuses fonctions comme se connecter à une télévision, une souris ou un clavier.

Il permet également l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux et des logiciels compatibles.

Le pack comprend:

Le Raspberry Pi modèle B, (512 Mo de RAM),
Le boîtier pour Raspberry Pi,
Une carte micro SDCard HC de 4GB avec le logiciel nécessaire pour exécuter les expérimentations.
Une alimentation à découpage ultras compacte, (68 x 35 x 14 mm) avec sortie USB 5VDC/1A,
Un câble HDMI d'une longueur de 1,5 mètre,
Un câble USB M(A, / Micro(B, de longueur 0,7 mètres et un câble FTP CAT5E de longueur 0,75 mètre.

Contenu de la carte SD

Système opérationnel Raspbian wheezy 2-9-2013 mis à jours le 18 mai 2013
Server SSH activé
Server web apache2 installé et configuré
Server MySQL installé et configuré
Utilisateur «root» activé avec mot de passe «root»
Server emoncms installé et configuré
Les bases de données Raspibase et emoncms chargées et configurées
Paquet espeak installé
Inclus des langages de développement et des bibliothèques de support

