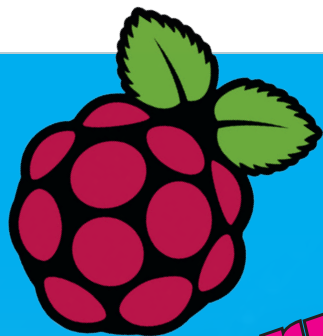
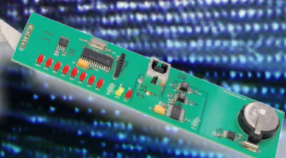
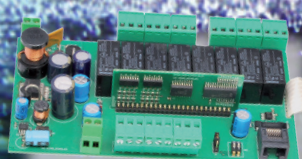


n°124 AUTOMNE 2013**Nouvelle formule****RaspberryPi**
La programmation**L'imprimante****3DAG****La pratique**

- Mini Bus pour la maison
- Transmission audio par LED
- Antivol pour panneaux solaires
- Récepteur de télécommande pour MM53200, UM3750, UM86409

N° 124 Septembre 2013

M 04662 - 124 - F: 7,50 € - RD



Sommaire

ARTICLES

Automne 2013

n° 124



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

05 SÉCURITÉ

ANTIVOL POUR PANNEAUX SOLAIRES

Dans cet article nous allons décrire un montage qui permet la détection de l'enlèvement (du vol) ou l'interruption de fonctionnement d'un des panneaux constituant un système photovoltaïque. Il permet d'activer une alarme localement ou par contrôle à distance (alarme déportée).



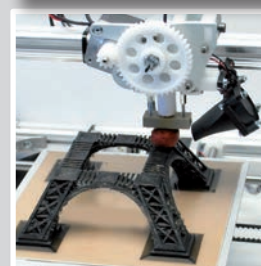
16 IMPRIMANTE 3D

L'IMPRIMANTE 3DRAG

DEUXIÈME PARTIE

LE MONTAGE ET LES PREMIERS PAS

Depuis plusieurs mois, nous étudions avec une certaine intensité le thème de l'imprimante 3D et il y a deux ans, nous avons testé une Makerbot Cupcake pour comprendre ce que représentait le produit. En quelques mois, cette imprimante a montré ses limites et la complexité de son développement nous a un peu refroidis. Puis la RepRap est apparue avec ses différentes versions et nous avons été intéressés par ces performances. Après des mois de tests et d'essais, de montage et de démontage, d'impression de fichiers test et des nuits blanches à imaginer des améliorations, nous avons finalement décidé de vous dévoiler notre interprétation du projet d'imprimante 3D.



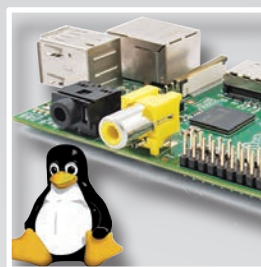
48 INFORMATIQUE

RASPBERRY PI

DEUXIÈME PARTIE

LA PROGRAMMATION

Après avoir essayé, dans le premier article paru dans la revue 123 d'Électronique et Loisirs Magazine, de donner vie au RaspberryPi et d'allumer une LED grâce à une ligne de programme, nous allons vous apprendre dans ce deuxième article à le configurer pour qu'il fonctionne comme un système embarqué. Notre objectif est d'écrire un premier programme.



L'EDITO DE LA RENTRÉE 2013

Chères lectrices, chers lecteurs,

C'est en cette rentrée 2013 que la Rédaction d'Electronique et Loisirs Magazine vous informe du lancement de son nouveau site internet disponible aux adresses suivantes :

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

D'autre part afin de satisfaire les demandes croissantes de la part de nos lecteurs concernant la série d'articles sur l'imprimante 3D et le Raspberry-Pi, nous lançons deux nouveaux sites internet, un dédié à l'imprimante 3D :

www.3dprint.electroniquemagazine.com

et l'autre dédié au RaspberryPi :

www.raspberrypi.electroniquemagazine.com.

Des informations sur le montage et les logiciels seront disponibles en téléchargement gratuit pour l'imprimante 3D, de même pour le RaspberryPi. Au fil du temps les sites seront complétés et nous demandons à nos lecteurs d'être patients. Notre but est de mettre à disposition de nos lecteurs le maximum d'informations mais toujours de qualité.

La Rédaction

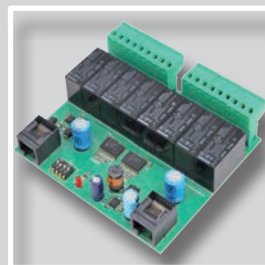
65 DOMOTIQUE

MINI BUS

PREMIERE PARTIE

UN BUS POUR L'AUTOMATISATION

Le MINI BUS est un système flexible pour automatisation domestique (domotique), il peut commander des appareils ou des équipements grâce à son module d'unité de contrôle et de ses modules périphériques reliés entre eux par un bus dont le protocole est I2C (le bus I2C est un bus de données série synchrone bidirectionnel half-duplex. Plusieurs équipements, soit maîtres, soit esclaves, peuvent être connectés au bus). La qualité du signal a été améliorée afin de couvrir de longues distances entre les divers équipements.

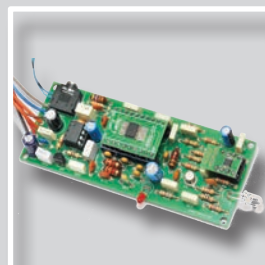


80 AUDIO

TRANSMISSION AUDIO

PAR LED

Nous utilisons habituellement les LED pour signaler un état ou pour éclairer un environnement. Nous vous proposons dans cet article une autre facette de la LED, nous allons utiliser son émission de lumière pour transmettre un signal audio en FM (Modulation de Fréquence).

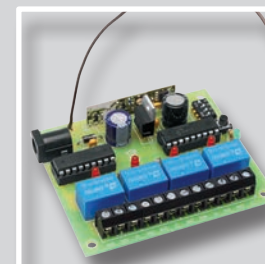


91 TÉLÉCOMMANDE

RECEPTEUR 4 CANAUX

COMPATIBLE MM53200, UM3750 ET UM86409

Le montage que nous vous proposons dans cet article est un récepteur de télécommande compatible avec les émetteurs codés de type MM53200, UM3750, UM86409. Ce récepteur apprend automatiquement les codes et possède des sorties avec relais fonctionnant en mode impulsion ou bistable.



www.3dprint.electroniquemagazine.com

Electronique et Loisirs Magazine

RaspberryPi

Actualisé

Raspberry

Tutoriels

Téléchargements

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 câbles, 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 du système est le **SoC (System On a Chip)** Broadcom 2835 comprenant un processeur **ARM1176JZT-S (ARMv6)** cadencé à 700MHz, un processeur graphique (**GPU**) **VideoCore IV** (permettant le décodage **H.264 Full HD 1080p** et d'un **VFPv2** 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 des périphériques pour le fonctionnement du RaspberryPi sont :

- Le clavier, n'importe quel clavier 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 où réseau câblé il n'y a pas de problèmes particuliers, utilisez l'un des terminations disponibles de votre boîtier ADSL ;
- Un moniteur ou un téléviseur pouvant accepter un signal d'entrée vidéo Composite ou HDMI (High Definition Multimedia Interface), en français :

[illegible]

Dans cet article nous allons décrire un montage qui permet la détection de l'enlèvement (du vol) ou l'interruption de fonctionnement d'un des panneaux constituant un système photovoltaïque. Il permet d'activer une alarme localement ou par contrôle à distance (alarme déportée).



**Stop aux voleurs
de panneaux**

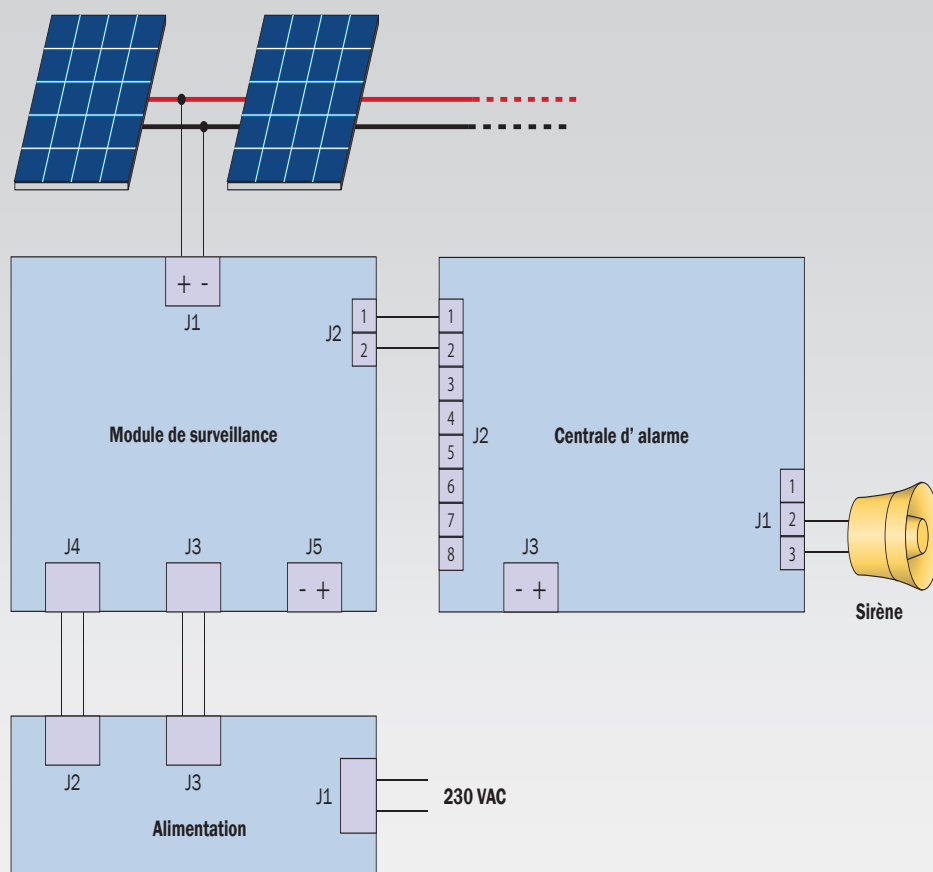
ANTIVOL POUR PANNEAUX SOLAIRES

..... de Onofrio Spinella

L'augmentation du nombre d'installations pour produire de l'énergie au moyen de panneaux photovoltaïques fait l'objet depuis quelques temps d'une attention particulière de la part des voleurs. Comme s'il ne suffisait pas des vols de câbles en cuivre (métal devenu presque précieux parce que son prix a considérablement augmenté au cours des dernières années), maintenant certaines personnes peu scrupuleuses s'en prennent aux installations photovoltaïques en les « allégeant » de quelques panneaux solaires. Le phénomène s'explique par le coût encore élevé des panneaux photovoltaïques (un élément

de 200 Wp* coûte un peu plus de 500 €), qui représentent une marchandise facilement vendable. Il affecte surtout les installations sans surveillance, c'est à dire principalement celles réalisées à l'extérieur des grands centres urbains comme sur les toits des bâtiments dans les zones industrielles isolées à l'écart des villes et donc non surveillées pendant le week-end.

*Wp : ou le **watt-crête (Wc ou Wp, en l'anglais Watt-peak)** est une unité de mesure représentant la puissance maximale d'un dispositif.



L'alarme est composée d'un module de surveillance qui vérifie la présence des panneaux solaires et d'une unité de commande qui analyse les signaux d'alarme et commande les dispositifs d'alerte.

Pour les propriétaires de grandes installations, se pose alors le problème de la protection de l'investissement afin de ne pas le voir « s'évaporer » au soleil, ou plutôt, dans l'obscurité, car c'est la nuit que les voleurs agissent quand ils se sentent moins perturbés.

Certains antivols pour panneaux solaires, disponibles dans le commerce, ont tendance à être coûteux et sont adaptés uniquement pour les systèmes prévus à cet effet.

C'est pourquoi nous avons eu l'idée de concevoir un système d'alarme contre le vol de panneaux solaires qui soit abordable en terme de coût, et modulaire (il suffit d'un module pour chaque ensemble de panneaux photovoltaïques branchés en série), géré par un microcontrôleur et compatible avec n'importe quelle sirène, mais aussi avec le système de télécommande **TDG133** (2 entrées/sorties) qui permet de **recevoir des SMS** quand il **détecte** une **alarme**.

FONCTIONNEMENT

Avant d'analyser le schéma électrique de l'alarme, nous allons expliquer le principe de base du système proposé ici. Commençons par les panneaux solaires : ces derniers fournissent une tension à leurs bornes lorsqu'ils sont soumis à de la lumière, tandis que la nuit, dans l'obscurité complète, aucune tension n'est présente à leurs bornes. En outre, pour éviter toute inversion de polarité lors de la connexion des panneaux, chacun est doté

d'une **diode** en **antiparallèle** (cathode sur le + et anode sur le -) de sorte qu'en cas de connexion inverse, le panneau incriminé est « contourné » dans la chaîne. La diode (ou les diodes s'il y en a plusieurs) se trouve généralement dans une zone à l'arrière du panneau (voir la **figure 1**).

Pour surveiller la présence d'un panneau photovoltaïque pendant la journée, il suffit de mesurer la tension présente à ses bornes, même si elle est faible, car seuls quelques volts et quelques mA suffisent à vérifier qu'un panneau photovoltaïque soit encore en place. Pendant la nuit, ou mieux lorsque le panneau devient inactif en cas de mauvais temps, nous ne pouvons pas détecter de tension, nous appliquons alors une tension continue au panneau et nous mesurons (en limitant l'intensité) le courant dérivé.

Cela est rendu possible par la présence des diodes de protection (s'il n'y en avait pas vous devriez les ajouter...) car elles permettent **l'écoulement du courant dans le sens opposé au sens conventionnel**. De cette façon, il est possible de savoir si **tous les panneaux sont à leur place**, ou bien s'il en manque même un seul, le **courant s'interrompt**.

LE SCHÉMA ÉLECTRIQUE

Notre système d'alarme est essentiellement formé de **deux unités** (même s'il y en a effectivement une troisième, car nous avons prévu un emplacement pour le logement des deux transformateurs de puissance), dont chacune dispose d'un circuit imprimé séparé. Les unités sont un **module de « surveillance »** et un **module « centrale d'alarme »**.

La première est reliée directement à la chaîne des panneaux photovoltaïques et dispose d'un capteur qui détecte la tension le jour ou la circulation du courant inverse pendant la nuit.

La seconde s'interface avec la première au moyen d'un microcontrôleur qui gère les alarmes, l'activation des relais et la signalisation des alarmes qui se sont éventuellement produites.

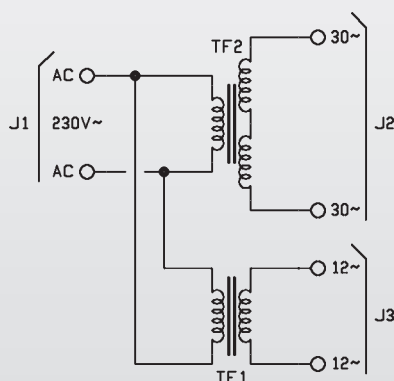
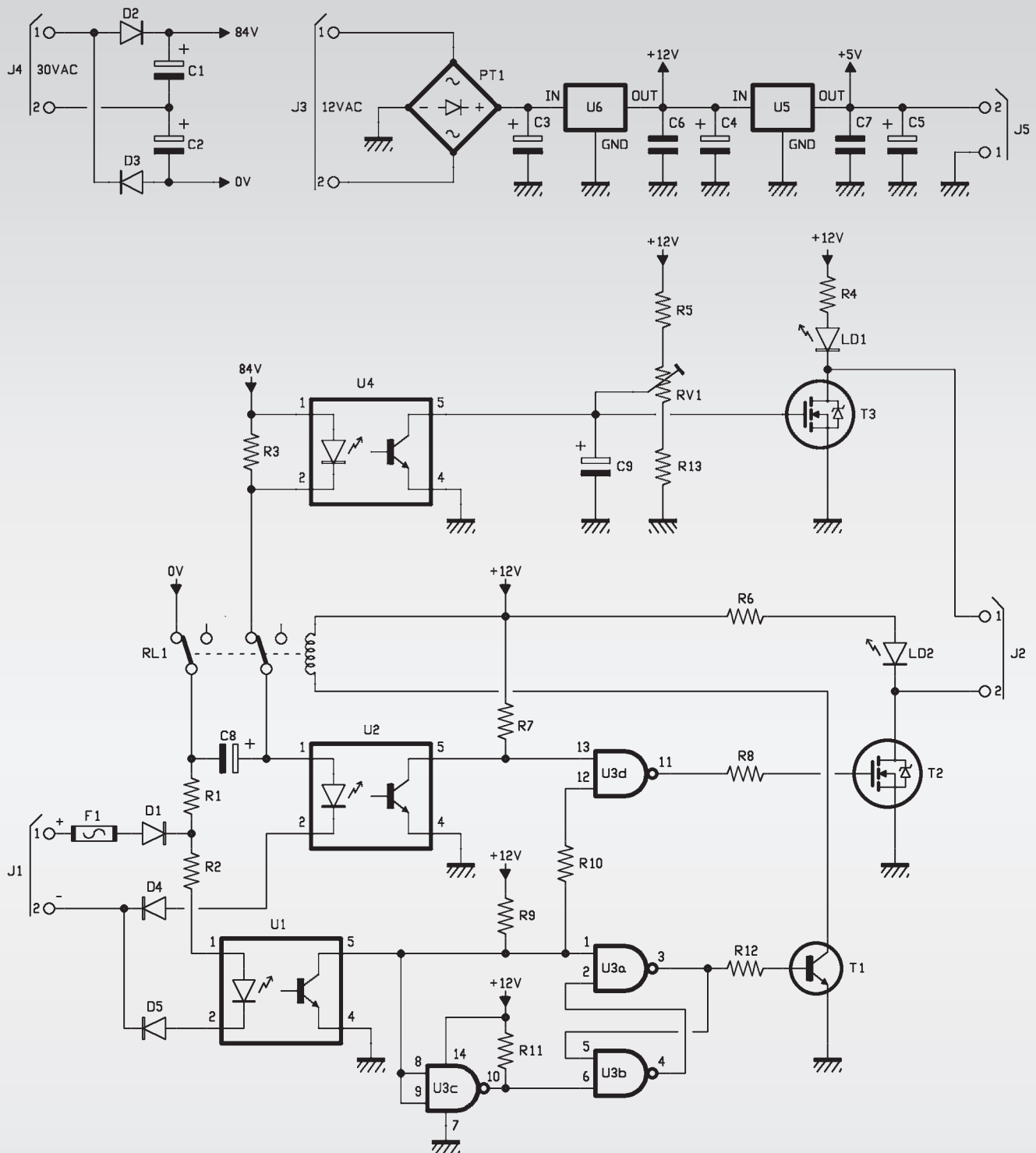


Schéma électrique de l'alimentation, nous remarquons les deux transformateurs séparés.



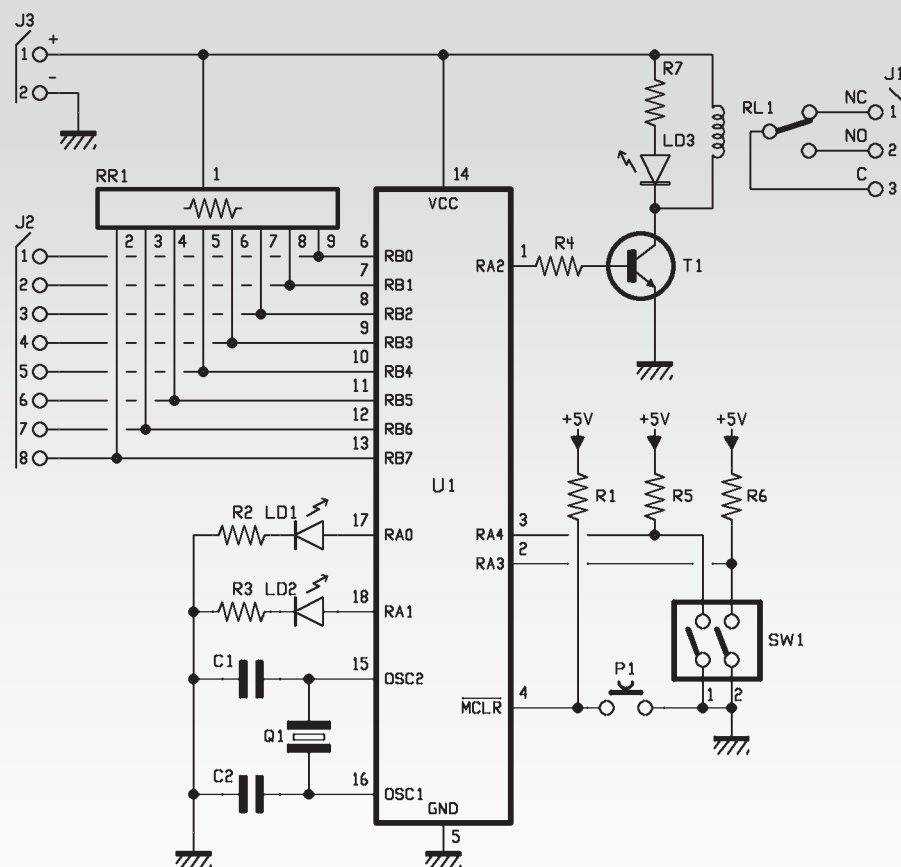
Voyons d'abord le schéma du module de surveillance, où l'on constate que les panneaux solaires sont reliés aux bornes J1, dont le pôle positif est muni d'un fusible (F1) et d'une diode 1N4007 (D1) placés en série. La diode protège contre l'inversion de polarité, tandis que le fusible protège contre un courant excessif, ce qui est utile dans

le cas de conditions extrêmes de rayonnement solaire, en particulier dans le cas de plusieurs panneaux disposés en série ou en parallèle entre eux.

À l'entrée du circuit la tension peut atteindre plus de **450 VDC**, avec un courant de **5 A et plus**. Pour avoir une certaine protection, vous devez disposer

le système à proximité des panneaux photovoltaïques, et si vous devez couvrir des distances de plusieurs mètres, il convient d'ajouter un fusible (toujours 100 mA) directement en série aux bornes de la chaîne des panneaux photovoltaïques, afin d'éviter des courts-circuits dans les connexions qui pourraient faire des dégâts.

Schéma électrique du module de surveillance, en haut à gauche le doubleur de tension de 84 V alimentant les panneaux en « mode nuit », à côté l'alimentation régulée et en dessous la partie logique discrète.



Passons à l'analyse du circuit électrique et imaginons, par commodité, que le système est **initialement** au **repos** c'est-à-dire qu'il fait nuit. Aux bornes de la chaîne de panneaux solaires il n'y a pas de tension, dans ce cas **RL1** est au **repos**, et son contact est en position **normalement fermé** (NC). Un courant de test circule alors de la broche 1 de l'optocoupleur U2 vers le **pôle négatif** de **J1**, où il s'écoulera à travers les diodes de protection des panneaux pour retourner vers le contact NC de RL1.

A noter que l'alimentation inverse de 84 V alimentant les panneaux est fournie par un doubleur de tension formé par les diodes D2 et D3 et les condensateurs électrolytiques C1 et C2. Il fonctionne de la manière suivante : le transformateur connecté à J4 fournit une tension de polarité positive sur l'anode de D2, celle-ci devient conductrice et charge le condensateur C1 à une valeur de tension égale à environ 1,41 fois celle du transformateur soit environ 42 V.

Il en est de même pour D3 et C2 (tension négative), dans ce cas C2 se charge à une tension de 42 V négatifs par rapport à la broche 2 de J4.

Pour chaque alternance appliquée sur J4, C1 et C2 sont chargés à une tension d'environ 42 V en valeur absolue, ce qui entraîne qu'entre l'électrode positive de C1 et l'électrode négative de C2, on obtient une différence de potentiel qui est de 2×42 V soit environ 84 V entre le + de C1 et le - de C2.

Le courant envoyé au bloc de panneaux photovoltaïques circule également dans les résistances R1 et R3 et la LED interne de l'optocoupleur U2, ce qui a pour effet de faire conduire le transistor interne de U2 de sorte que la broche 5 de ce dernier soit portée à environ 0 V (le phototransistor interne est conducteur).

Par contre le phototransistor interne de U1 reste bloqué car la diode D5 est polarisée en inverse.

A noter que même le phototransistor interne de U4 reste bloqué et sa broche 5 se retrouve à un niveau élevé, en raison de R3 qui dérive une partie du courant. Par conséquent, la grille du MOSFET T3 est polarisée et il devient conducteur. LD1 s'allume et la broche 1 du connecteur J2 se trouve au potentiel de la masse (0 V).

En même temps, la broche 5 de l'optocoupleur U2 est à un niveau bas et maintient un zéro logique sur la broche 13 de la porte NAND de U3d (la broche 12 est maintenue à un niveau haut car U1 n'est pas conducteur) de sorte que la sortie de cette dernière se trouve à un niveau logique 1 et fasse conduire le MOSFET T2, dont le drain amène à un potentiel de 0 V logique la broche 2 du connecteur J2 et LD2 s'allume.

Voyons maintenant ce qui se passe lorsqu'il fait jour, les panneaux produisent de l'électricité.

Dans ce cas, la tension positive présente au niveau du contact 1 du bornier J1 fait conduire la diode D1. Ainsi la diode interne de l'optocoupleur U1 est polarisée et fait conduire le phototransistor (état saturé) en amenant à un niveau logique de 0 V la broche 5, et donc un niveau logique haut se retrouve sur la broche 6 du U3b, ce qui permet d'avoir sur la broche 4 un état logique qui dépend de la sortie 3 de U3a. Celui-ci fournit en sortie un niveau logique haut, étant donné que sa broche 1 est forcée à un niveau logique bas ; cette situation détermine la sortie logique de U3a à un niveau logique 0 et le transistor T1 se trouve bloqué. Le relais RL1 se trouve alors au repos et la tension de 84 V n'alimente plus les panneaux photovoltaïques.

Notez que U3a et U3b forment une bascule qui, lorsque le groupe de panneaux photovoltaïques ne fournit pas de courant, active le relais et ferme le circuit de la tension de test nocturne (84 V).

En effet, grâce à U3c, en l'absence de tension générée par les panneaux, les broches 1 et 2 de U3a se trouvent à un niveau logique 1, et quand la sortie U3c est à 0, la broche 4 de la U3d se trouve à un niveau logique haut (1). Compte tenu de cela, nous allons voir

Figure 1 : les diodes de protection (dans ce cas au nombre de trois) sont situées à l'arrière du panneau solaire.



ce qui se passe lorsque nous interrompons la connexion des panneaux photovoltaïques. Dans ce cas, le relais RL1 s'active comme si c'était la nuit, mais comme aucun courant ne circule car le circuit des panneaux photovoltaïques est coupé, U3d présente sur sa sortie un 0 logique et T2 se retrouve bloqué, la LED est éteinte.

Egalement la broche 2 de J2 se retrouve à un niveau haut pendant que la broche 1 restera à un niveau bas 0. Cette condition est détectée par la centrale d'alarme de la carte.

A ce stade, les plus malins d'entre vous penserez qu'il serait assez facile de tromper notre système, en simulant un fonctionnement de nuit, lorsque les panneaux ne produisent pas de courant, en court-circuitant les bornes d'entrée de l'alarme et ainsi simuler l'état de nuit à temps plein, tout en enlevant les panneaux. En effet, cela pourrait se faire, mais seulement en théorie, car en pratique pour éviter cette situation nous avons prévu une parade. En effet, souvenez-vous que U4 n'est pas actif en raison de la présence de R3, elle shunte la LED interne de U4. Si nous court-circuitons l'entrée du module (mode nuit), le courant serait plus important car les panneaux produiraient une chute de tension due à la présence diodes, permettant ainsi, malgré la présence de R3, de rendre U4 conducteur. Sa broche 5 se retrouve à un niveau bas et LD1 s'éteint. La broche 1 de J2 se retrouve à niveau bas. Cette condition va déclencher l'alarme.

Cela étant dit, il convient de faire quelques précisions : la tension que le circuit fournit en « mode nuit » est de 84 V car il est nécessaire de compenser la chute de tension aux bornes des diodes qui protègent les panneaux photovoltaïques, soit environ 0,7 V par diode.

Nous supposons que nous avons une batterie de 30 panneaux en série avec chacun une diode de protection, nous avons donc 31 diodes (y compris celle à l'entrée du module). En plus il faut tenir compte de la LED à l'intérieur de U2 qui, en simplifiant le calcul, introduit une chute de tension de l'ordre de 1,2 V. Donc, notre alimentation doit fournir une tension d'au moins :

$$V = 31 \times 0,7 + 1,2 = 22,9 \text{ V}$$

Maintenant, nous devons faire une observation très importante : imaginez que vous ayez 30 panneaux standards fournissant chacun une tension de 12 V nominale (16 V à vide) et en supposant qu'il n'y ait pas de charge, la tension d'alimentation peut dépasser **460 V**.

Si dans de telles conditions, nous re- lions le module de commande, le relais

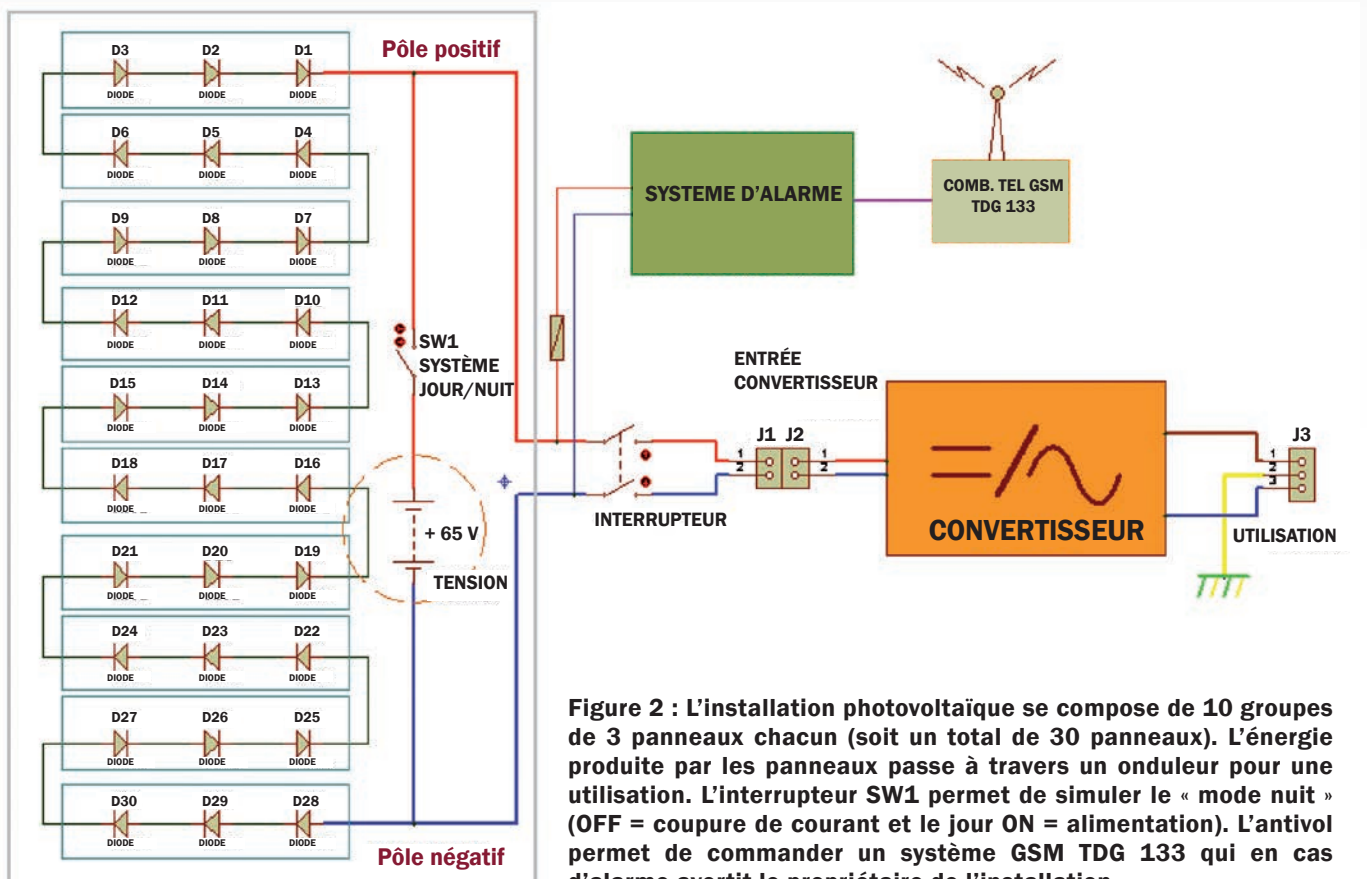


Figure 2 : L'installation photovoltaïque se compose de 10 groupes de 3 panneaux chacun (soit un total de 30 panneaux). L'énergie produite par les panneaux passe à travers un onduleur pour une utilisation. L'interrupteur SW1 permet de simuler le « mode nuit » (OFF = coupure de courant et le jour ON = alimentation). L'antivol permet de commander un système GSM TDG 133 qui en cas d'alarme avertit le propriétaire de l'installation.

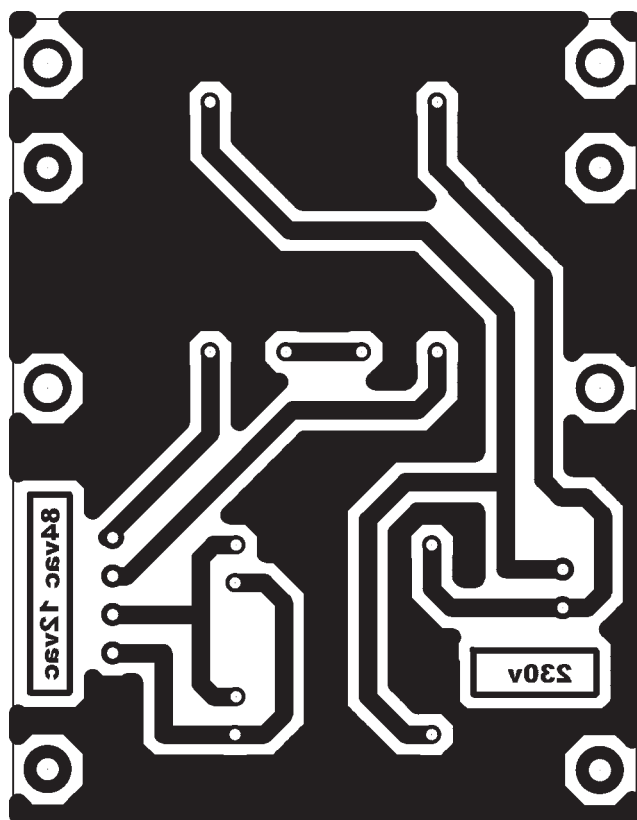
RL1 serait normalement au repos et avant que le système s'active, la tension générée par les panneaux photovoltaïques viendrait s'ajouter pendant une très courte période aux 84 V. Cependant, nous avons adopté pour le circuit un maximum de 7 à 8 mA pour les diodes des photo-coupleurs.

Pour une très courte période de temps, cette situation ne présente aucun danger, en particulier parce que le relais RL1 commute en quelques millisecondes, et isole les 84 V du reste du circuit. Cependant, même si ce n'est pas le cas (RL1 ne commute pas), le circuit ne subira pas de dommages et le microprocesseur permettra de détecter l'alarme, parce que la broche 1 de J2 présentera un niveau logique haut.

Une autre considération à prendre en compte est la longueur des câbles

Liste des composants de l'alimentation du ET969

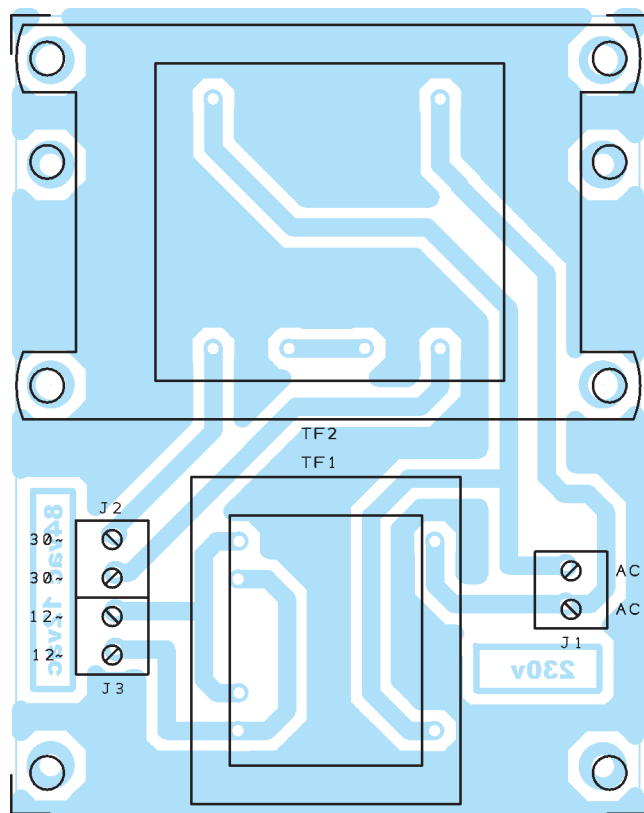
TF1.. Transformateur 0V/12V/5VA
TF2 ..Transformateur 230V/12V/5VA

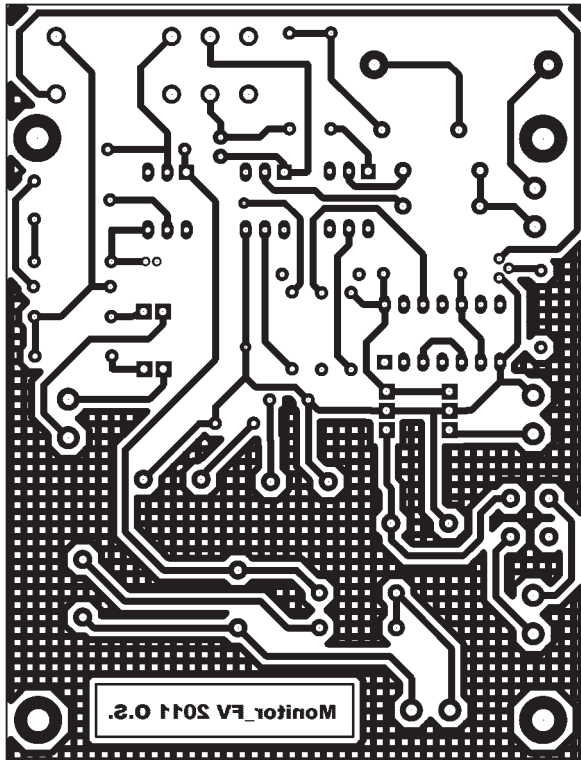


Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de l'alimentation côté soudures.

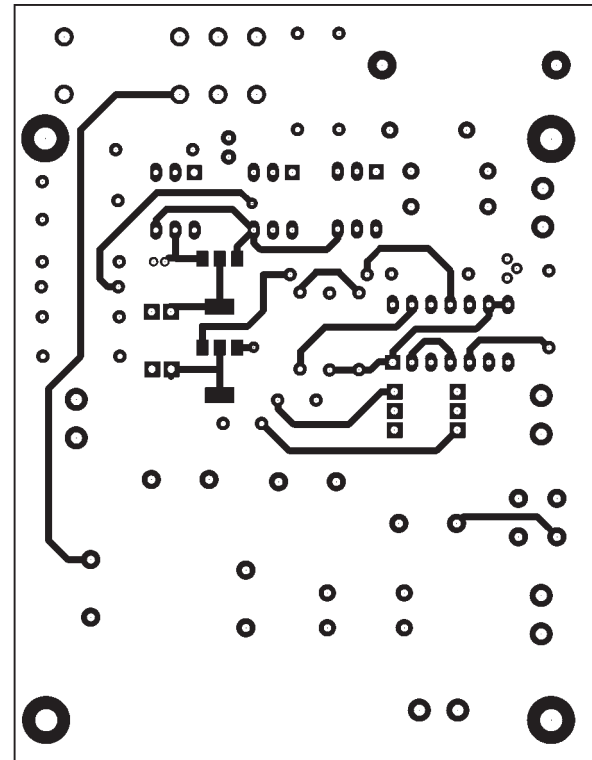
Photo de l'un de nos prototypes de l'alimentation.

Schéma d'implantation de l'alimentation.





Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 du module de surveillance côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 du module de surveillance côté composants.

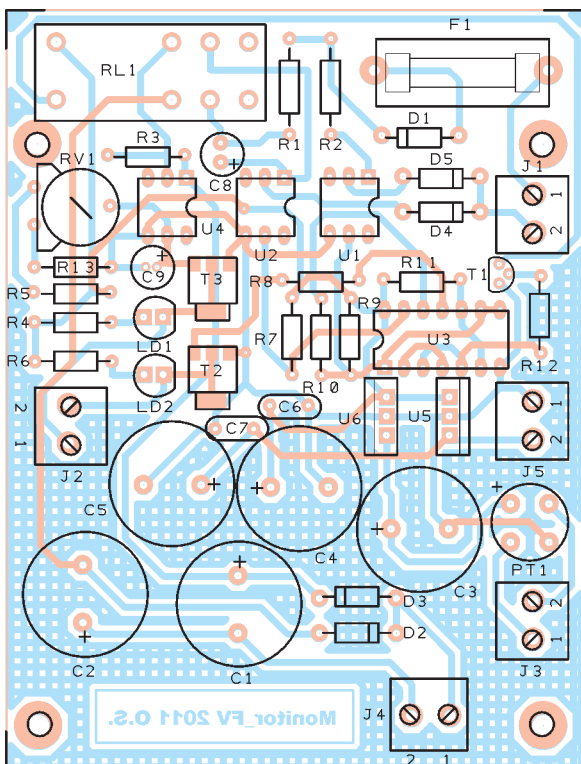


Schéma d'implantation du module de surveillance.

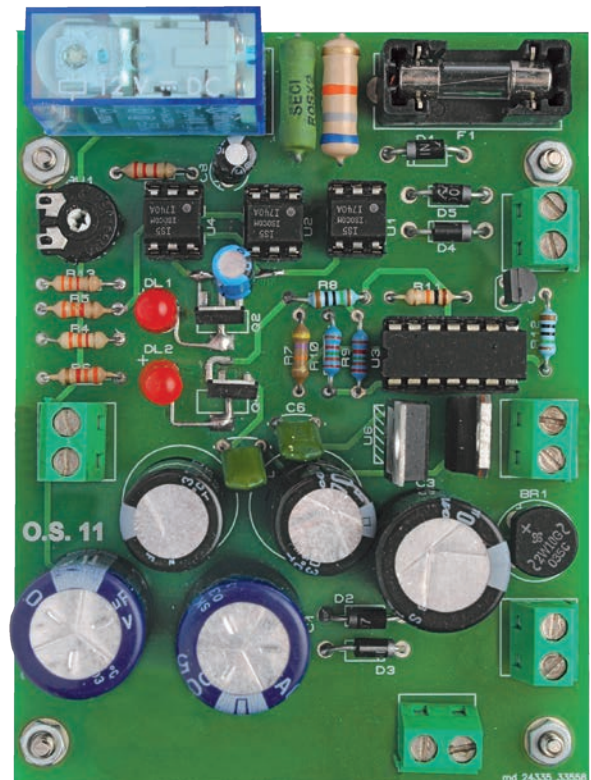


Photo de l'un de nos prototypes du module de surveillance.

de connexion au groupe de panneaux photovoltaïques. Si elle est trop élevée, la résistance électrique qui en résulte peut limiter la conduction de l'opto-coupleur U4, et donc la commande de la grille de T3.

Nous avons prévu le trimer RV1 qui permet d'ajuster la tension de commande de la grille de T3.

Concluons par la description du schéma du module de surveillance, en disant

que le circuit intègre une alimentation régulée complète capable de fournir des tensions de + 12 VDC et + 5 VDC à partir d'une tension de 12 VAC présente sur le bornier J3 et qui provient du transformateur d'alimentation TF1.

Liste des composants du module de surveillance du ET969

R1.....56 k 2 W
R2.....82 k 2 W
R3.....2,2 k
R4.....3,3 k
R5.....3,3 k
R6.....3,3 k
R7.....56 k
R8.....150 1 %
R9.....22 k 1 %
R9.....22 k 1 %
R10.... 22 k 1 %
R11.....10 k
R12.....150 1 %
R13.....3,3 k

RV1... trimmer 100 k
C1.....1000 μ F/50 V électrolytique
C2.....1000 μ F/50 V électrolytique
C3.....2200 μ F/35 V électrolytique
C4.....470 μ F/35 V électrolytique
C5.....220 μ F/25 V électrolytique
C6.....10 nF multicouche
C7.....10 nF multicouche
C8.....10 μ F/100 V électrolytique
C9.....1 μ F/50 V électrolytique
U1.....4N26
U2.....4N26
U3.....4011
U4.....4N26
U5.....7805
U6.....7812
T1.....BC547
T2.....BSP100

T3.....BSP100
D1.....1N4007
D2.....1N4007
D3.....1N4007
D4.....1N4007
D5.....1N4007
PT1Pont de diode W06
LD1....LED 5 mm rouge
LD2....LED 5 mm rouge
F1.....Fusible retardé 100 mA
RL1....Relais 12 V

Divers
Bornier 2 pôles x 5
Bornier 2 pôles x 5
Support CI 2 x 3 broches x 3
Support CI 2 x 7 broches x 1
Porte fusible pour circuit imprimé

Liste des composants de la centrale d'alarme du ET969

R1.....10 k
R2.....470
R3.....470
R4.....150
R5.....10 k
R6.....10 k

R7.....360
RR1....réseau de résistance 47 k
8+C
C1.....22 pF céramique
C1.....22 pF céramique
U1.....PIC 16F84A-04/P
LD1....LED 5 mm verte
LD2....LED 5 mm jaune
LD3....LED 5 mm rouge

T1.....BC 547
SW1....Dip-switch 2 voies
RL1....Relais 12 V
P1.....Microswitch
Q1.....quartz 4 MHz
Bornier 2 pôles x 5
Bornier 3 pôles x 1
Support CI 2 x 9 broches x 1

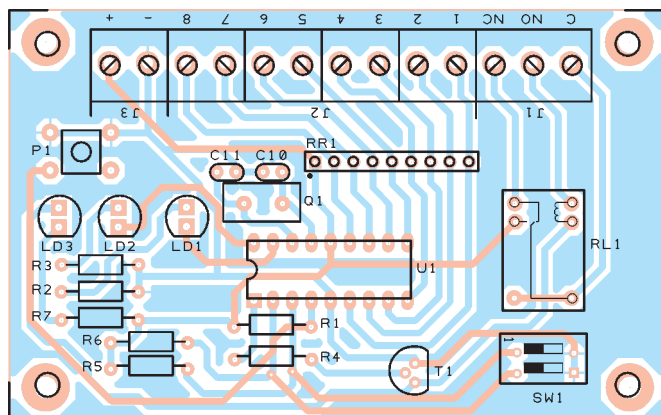


Schéma d'implantation de la carte centrale d'alarme.

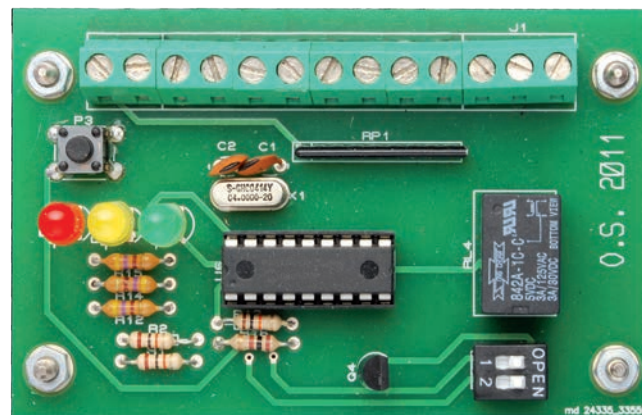
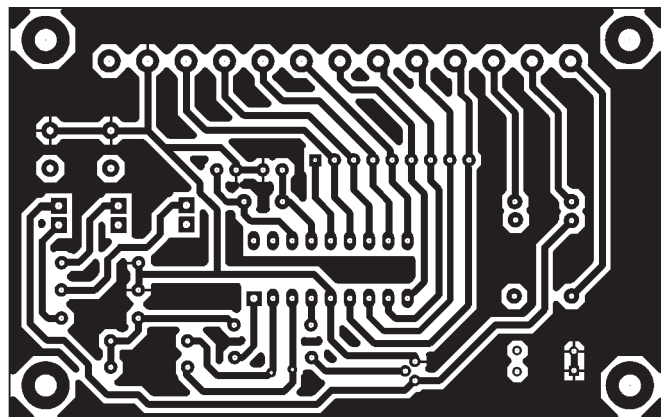
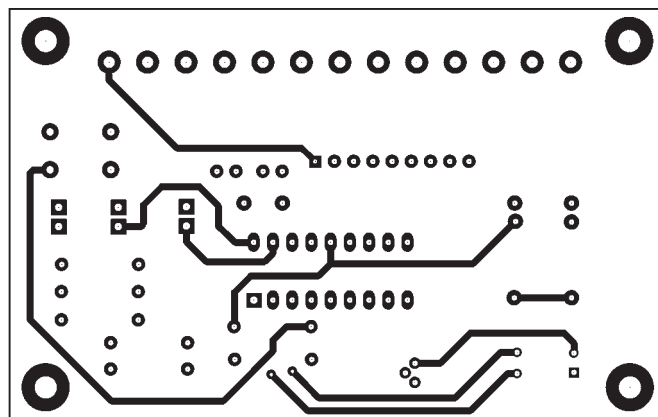


Photo de l'un de nos prototypes de la carte centrale d'alarme.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte centrale d'alarme côté soudures.



Circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 de la carte centrale d'alarme côté composants.



« PEUT ON METTRE DES PANNEAUX SUR SON TOIT ? »

Tous les toits ne permettent pas d'obtenir le même rendement d'une installation photovoltaïque, donc avant d'installer un système, il est important de savoir combien il va coûter. Les scientifiques de l'**Université de Göteborg** ont développé un système permettant de calculer le potentiel réel de production d'énergie solaire en toiture. Le système a été nommé « **SEES** » – **Solar Energy from Existing Structures** (énergie solaire à partir des structures existantes) et permet d'évaluer si le toit d'un bâtiment est plus ou moins adapté à engendrer le maximum d'énergie solaire en utilisant des panneaux photovoltaïques. Cet outil est basé sur des systèmes informatiques d'information géographique (SIG) qui recueillent, stockent, analysent et présentent des données géographiques. Cela signifie que l'outil modélise les toits tels qu'ils sont dans un environnement fiable. Le soleil dans le modèle illumine l'environnement construit en 3 dimensions et simule la projection des ombres des bâtiments, des terrains et de la végétation. L'effet des ombres peut être calculé pour chaque mois ou sur une année complète, ce qui signifie que certaines parties d'un toit peuvent se révéler inadaptées pour collecter l'énergie solaire, même si le toit semble à la fois optimal dans la direction et l'inclinaison. En ce sens, il est possible de calculer le rayonnement solaire total sur chaque partie d'une structure de toit dans une zone donnée, calculé en **kilowattheure par mètre carré (kWh / m²)**.

Dans notre circuit nous utilisons deux transformateurs distincts : TF1 et TF2 (voir le schéma électrique de l'alimentation) afin d'assurer une bonne isolation entre la section de moyenne tension et de basse tension. La tension alternative appliquée à J3 est redressée par le pont de diodes PT1 et filtrée par le condensateur électrolytique C3 afin d'obtenir 16 VDC. Le régulateur U6 (7812) stabilise la tension à 12 V, et fournit la puissance nécessaire pour les circuits des relais, des LED, des opto-coupleurs ainsi que celui de la logique discrète. Avec cette même tension de 12 V nous alimentons le régulateur U5 (7805), qui fournit à son tour

+ 5 VDC que nous retrouvons sur le connecteur J5 et qui alimente la centrale d'alarme.

LA CENTRALE D'ALARME

À ce stade, nous pouvons analyser le schéma électrique de la centrale d'alarme, qui a été dimensionnée pour contrôler des installations de 6 kW de puissance maximale, et pouvant gérer de 1 à 4 groupes de panneaux solaires. Le circuit est confié à un microcontrôleur Microchip PIC16F84 (dont le programme source, écrit en PICBasic, est montré dans le listing 1).

Les 8 pins (broches) du port B sont configurées en entrée et surveillent l'état des 2 lignes de sortie d'un maximum de 4 groupes de panneaux photovoltaïques. Dans des conditions normales, toutes les lignes du port B sont à un niveau logique bas (0), en cas d'alarme un niveau haut (1) est présent.

La détection d'une alarme implique un niveau logique haut sur la sortie RA2 et déclenche le relais RL1, qui permet de commander des flashes clignotants, des sirènes ou tout autre dispositif (par exemple une lampe pour éclairer la zone où les panneaux sont installés et faire fuir les voleurs), mais aussi pour commander le déclenchement d'un module d'alarme à distance via un téléphone fixe ou mobile. Nous devons préciser que, pour éviter des fausses alarmes nous avons introduit un certain délai entre le moment où il y

Tableau 1 - retard d'activation de l'alarme.

État/Temps	30 secondes	1 minute	2 minutes	4 minutes
dip 1	Off	On	Off	On
dip 2	Off	Off	On	On

Listing 1

```
*****
*
'* NAME : UNIT_F84.BAS
'* AUTHOR : [O. SPINELLA]
'* NOTICE : COPYRIGHT (C) 2013 [ELECTRONIQUE LOISIRS MAGAZINE] : TOUS DROITS RESERVES
'* DATE : 23/07/2013
'* VERSION : 1.2
'* NOTES : UNITE CENTRALE D'ALARME POUR PANNEAUX SOLAIRES
*****

*
@ DEVICE PIC16F84,XT_OSC,WDT_OFF,PWRT_ON,PROTECT_OFF

TRISA = %11111000          'Configure RA0, RA1, RA2 en sortie, RA3 et RA4 en entrée
TRISB = %11111111          'Configure le port B en entrée (RB0 à RB7)
'DEFINE BUTTON_PAUSE 50    'Défini le temps de pression sur le poussoir pour le considérer comme pressé (anti rebond)

LED_RUN   VAR PORTA.0       'SORTIE LED CLIGNOTEMENT EN FONCTION DU TEMPS DE REARD IMPOSE
LED_PRE_A VAR PORTA.1       'SORTIE LED PREALARME ET MEMOIRE

OUT       VAR PORTA.2       'SORTIE COMMANDE DE RELAIS ALARME
P1        VAR PORTA.3       'ENTREE DIP SWITCH
P2        VAR PORTA.4       'ENTREE DIP SWITCH
LINEA_A   VAR PORTB.0       'ENTREE MONITORING CANAL A
LINEA_B   VAR PORTB.1       'ENTREE MONITORING CANAL B
LINEA_C   VAR PORTB.2       'ENTREE MONITORING CANAL C
LINEA_D   VAR PORTB.3       'ENTREE MONITORING CANAL D
LINEA_E   VAR PORTB.4       'ENTREE MONITORING CANAL E
LINEA_F   VAR PORTB.5       'ENTREE MONITORING CANAL F
LINEA_G   VAR PORTB.6       'ENTREE MONITORING CANAL G
LINEA_H   VAR PORTB.7       'ENTREE MONITORING CANAL E

PORTA=0
FLASH   VAR word
S_TEMPO VAR WORD
attesa   var word
S_TEMPO=500          'VAUT 1/2 SECONDE AVEC UN QUARTZ DE 4 MHz
MAIN_LOOP:
if p1=1 and p2=1 then flash=60
if p1=0 then flash=120
if p2=0 then flash=240
if p1=0 and p2=0 then flash=480
OUT=0
PAUSE FLASH
TOGGLE LED_RUN
PAUSE FLASH

if portb <> 0 then gosub allarme          'SI AU MOINS UNE DES ENTREES EST A UN NIVEAU BAS
                                           'PASSE EN PREALARME

TOGGLE LED_RUN

GOTO MAIN_LOOP          ' RECOMMENCE LA BOUCLE

*****
ALLARME:                'ROUTINE DE GESTION DE L' ALARME ET DU DELAI DE PREALARME
LED_PRE_A=1
LED_RUN=1
FOR ATTESA = 0 TO FLASH
toggle led_pre_a
PAUSE S_TEMPO
NEXT ATTESA
led_pre_A=1
if portb=0 then goto main_loop          'si les entrées sont rétablies à la fin de la préalarme
OUT=1          ' commence l'appel
pause 3000
RETURN

END
```

a un changement d'état sur les sorties 1 et 2 du connecteur J2 et où la broche RA2 du micro passe à un niveau haut, cette condition constitue un mode « préalarme ». Les broches RA3 et RA4 (entrées) sont utilisées pour définir, au moyen du dipswitch SW1, ce retard (le réglage est effectué en tenant compte du tableau 1).

Notez que la modification du temps fera varier la vitesse de clignotement de LD1. Au repos LD1 clignotera continuellement tant que LD2 restera éteinte. Dans le cas d'une anomalie détectée, avant d'activer le relais d'alarme, le circuit passe en mode « préalarme », signalé au moyen de LD2 pour toute la durée du temps de « préalarme » réglé au moyen du dipswitch SW1.

Si l'événement déclencheur est une fausse alarme de courte durée, le circuit retourne au repos et LD1 clignote en indiquant que tout est en ordre, mais LD2 qui clignotera pendant toute la durée de la « préalarme » restera ensuite allumée pour indiquer qu'un événement s'est produit. Si la condition d'alarme est prolongée au-delà du temps programmé, RA2 passe à l'état haut pendant une durée d'environ 3 secondes, ce qui est suffisant pour effectuer un appel à partir d'un téléphone, ou activer une sirène ou tout autre dispositif.

À ce stade, si la condition d'alarme s'arrête le circuit retourne en mode « surveillance », sinon le cycle se répète tant que la condition d'alarme persiste. La mémoire de l'alarme ou « préalarme », que vous pouvez réinitialiser en appuyant sur P1, vous permet de redémarrer le microcontrôleur en supprimant chaque événement. Si LD2 venait à s'allumer pendant le fonctionnement normal, cela veut dire qu'à un moment le circuit a subi une coupure d'alimentation.

Signalons enfin que, en plus de protéger une installation de panneaux photovoltaïques contre le vol, notre système se prête également à signaler des anomalies telles qu'un câble coupé, un faux contact, un fil en court-circuit ou une connexion interrompue, en observant l'état des LED LD1 et LD2, ainsi que repérer un secteur défectueux pour diagnostiquer d'autres problèmes.

RÉALISATION PRATIQUE ET TESTS

Le montage n'est pas difficile à assembler, commencez par réaliser les circuits imprimés que vous pouvez télécharger sur notre site <http://www.electroniquemagazine.com>, dans la catégorie « revue papier », revue numéro 124 ou de se les procurer tout faits auprès des annonceurs. L'ensemble des schémas d'implantation présents dans ces pages montrent comment assembler les composants.

Pour l'installation, n'oubliez pas, dans le module central d'alarme, de relier les bornes non utilisées du connecteur J2 à la masse, de même pour toutes celles qui ne sont pas reliées à un groupe de panneaux solaires. En ce qui concerne les connexions entre le module de surveillance et le groupe de panneaux photovoltaïques, reportez-vous à la figure 2.

N'oubliez pas de porter une attention particulière, étant donné que les tensions présentes aux connecteurs des groupes de panneaux photovoltaïques peuvent être très élevées, et qu'il y a **risque d'électrocution**.

Vous devez porter des gants en caoutchouc et ne touchez jamais les câbles ou les embouts des tournevis avec vos mains (préférez des tournevis isolés à 1000 V). Les connexions des panneaux solaires vers l'onduleur doivent être les plus courtes possibles (essayez de ne pas dépasser quelques mètres) et connectez l'ensemble.

Quel que soit le câble que vous utilisez, n'oubliez pas que vous devez avoir une isolation au moins égale à la tension maximale qui peut être présente aux bornes du système de panneaux, sinon vous pouvez rencontrer des problèmes majeurs. N'oubliez pas d'installer un interrupteur bipolaire entre les panneaux solaires et le module de surveillance, cela vous permet de déconnecter complètement le système en cas d'intervention.

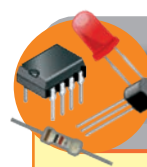
Notez également que de nombreux onduleurs commercialisés sont équipés d'un dispositif qui permet de vérifier l'isolement des groupes de panneaux

photovoltaïques par rapport à la terre, de sorte que les extrémités des groupes doivent être bien isolées de la terre. Sinon, l'onduleur ne démarre pas et signale un état de « défaut d'isolement ».

L'étalonnage du circuit se fait au moyen du trimmer RV1, qui doit être réglé pour allumer la LED LD1. Son réglage dépend du nombre de panneaux solaires et peut être effectué en simulant l'enlèvement d'un ou plusieurs panneaux afin de trouver le seuil de déclenchement.

A cet égard, nous considérons que les tests sont effectués lorsque vous avez calibré le trimmer RV1 ; si vous supprimez un seul panneau du système le circuit passe dans le mode « préalarme ». Ce test ne peut être effectué qu'au cours de la nuit, car le jour le module de surveillance détecte la tension produite par les panneaux.

Les deux circuits imprimés et les transformateurs associés peuvent trouver place dans un boîtier étanche du type utilisé dans les installations électriques, et qui peut-être équipé d'un couvercle en plexiglas transparent. Montez la carte microcontrôleur de sorte que les LED dépassent des trous appropriés sur un côté de la boîte. ■



Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet antivol pour panneaux solaires est disponible auprès de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les typons des circuits imprimés et le **programme .hex** du microcontrôleur sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **www.electroniquemagazine.com** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 124 section « télécharger ».

3DRAG Le montage et les premiers pas



De Simone Majocchi

Depuis plusieurs mois, nous étudions avec une certaine intensité le thème de l'imprimante 3D et il y a deux ans, nous avons testé une Makerbot Cupcake pour comprendre ce que représentait le produit. En quelques mois, cette imprimante a montré ses limites et la complexité de son développement nous a un peu refroidis. Puis la RepRap est apparue avec ses différentes versions et nous avons été intéressés par ces performances. Après des mois de tests et d'essais, de montage et de démontage, d'impression de fichiers test et des nuits blanches à imaginer des améliorations, nous avons finalement décidé de vous dévoiler notre interprétation du projet d'imprimante 3D.

Lorsque nous avons acheté la première **RepRap** en kit, un modèle **Kent Strapper** dérivé d'un modèle **Prusa Mendel**, nous avons passé les deux premiers jours à étudier des vidéos, à serrer des vis, des tiges filetées pour venir à bout d'une situation difficile, car l'assemblage n'est pas si évident et si simple à réaliser.

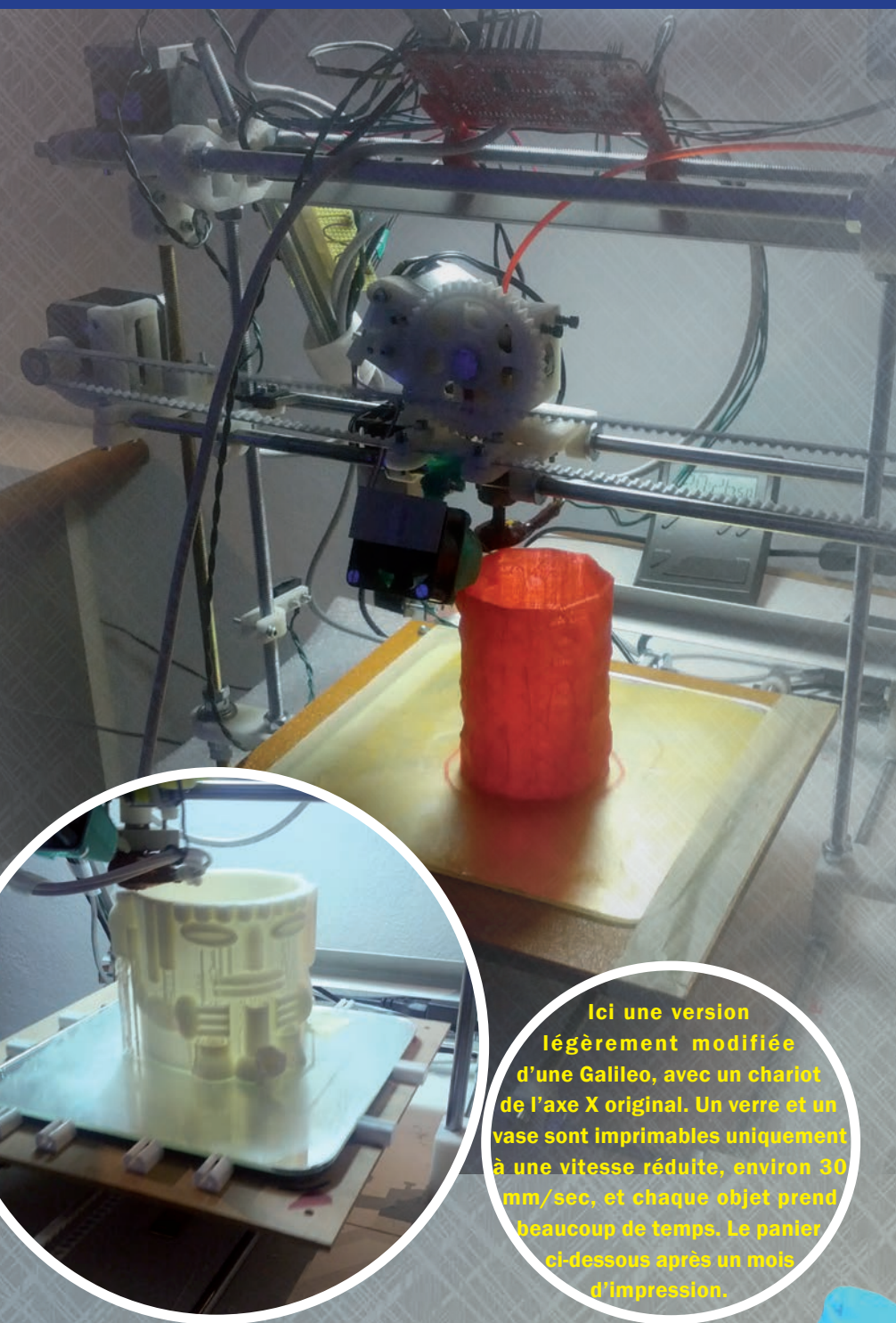
C'était la première imprimante que nous avons montée après près de deux ans à compter de la MakerBot. Armés de patience, et d'une équipe d'ingénieurs, nous avons terminé l'assemblage dans un délai raisonnable, et nous sommes passés ensuite à la partie électronique.

Une carte **Sanguinololu** avec un driver StepStick et un plateau d'impression traitée avec un mélange Award (colle acrylique pour une bonne prise de l'ABS et du PLA sans plaque chauffante). Les moteurs étaient déjà câblés ainsi que les microswitch des butés.

En utilisant quelques bandes et à l'aide d'un schéma de raccordement, elle était enfin prête à imprimer. Connecté à l'ordinateur, le contrôleur FTDI a immédiatement activé les pilotes que nous avions précédemment installés pour les cartes Arduino et nous nous sommes retrouvés avec le classique port COM via USB.

Les indications fournies avec l'imprimante Kent Strapper nous ont conduit à télécharger les programmes **Pronterface** et **Skeinforge** dans la version disponible au moment du téléchargement.

Pronterface est un bon programme capable de gérer les mouvements de niveau d'une RepRap ainsi que les paramètres fonctionnels, tandis que le découpage - qui est la transformation d'un **modèle 3D en une série de « tranches » en 2D** à imprimer dans l'ordre - a été confié au logiciel **Skeinforge**, écrit en Python et à certains égards très compliqué à utiliser en raison de la quantité de paramètres configurables. Afin de ne pas nous perdre dans l'étude de **Skeinforge**, nous avons utilisé un profil prêt à l'emploi pour l'ABS et nous nous sommes aventurés dans la première impression, en téléchargeant un modèle sur le site Thingiverse. Le résultat ? Pas enthousiasmant, parce que nous avons pris un mauvais modèle et un mauvais profil.



Ici une version légèrement modifiée d'une Galileo, avec un chariot de l'axe X original. Un verre et un vase sont imprimables uniquement à une vitesse réduite, environ 30 mm/sec, et chaque objet prend beaucoup de temps. Le panier ci-dessous après un mois d'impression.

Ne sachant pas encore comment visualiser les fichiers **STL** et la façon de voir les aperçus de manière compréhensible du site Thingiverse, nous avons choisi une empreinte de dinosaure, quoique avec une certaine valeur éducative, du point de vue esthétique c'était un monticule d'une certaine importance.

COMMENÇONS LES ESSAIS

N'étant pas convaincus par **Pronterface** et **Skeinforge**, nous avons décidé de

profiter du temps d'impression de nos premières pièces – réglage des têtes 30 mm/sec pour l'impression et 60 mm/sec pour le déplacement conduit à une lente progression pour chaque pièce - pour rechercher des solutions alternatives et des suggestions.

Après quelques recherches, nous avons découvert un monde beaucoup plus riche et plus articulé à ce que nous nous attendions et nous avons commencé à comprendre la signification des différents paramètres.

Parmi les différents logiciels d'impression disponibles, nous avons décidé d'utiliser **Repetier-Host** avec des caractéristiques optimales pour nos besoins, et avec lui nous sommes passés à **Slic3r** pour la transformation du format **STL** en **G-Code**. (Vous trouverez une description plus détaillée de ces logiciels dans d'autres articles dédiés à l'impression 3D).

En changeant de logiciel d'impression et de logiciel de visualisation (Slicer), nous avons commencé à nous familiariser avec notre imprimante et ses fonctionnalités, dans le même temps nous avons opté pour le PLA, un matériau plus intéressant de notre point de vue que l'ABS car sa température de fusion est plus basse et il est disponible avec une plus grande variété de couleurs.

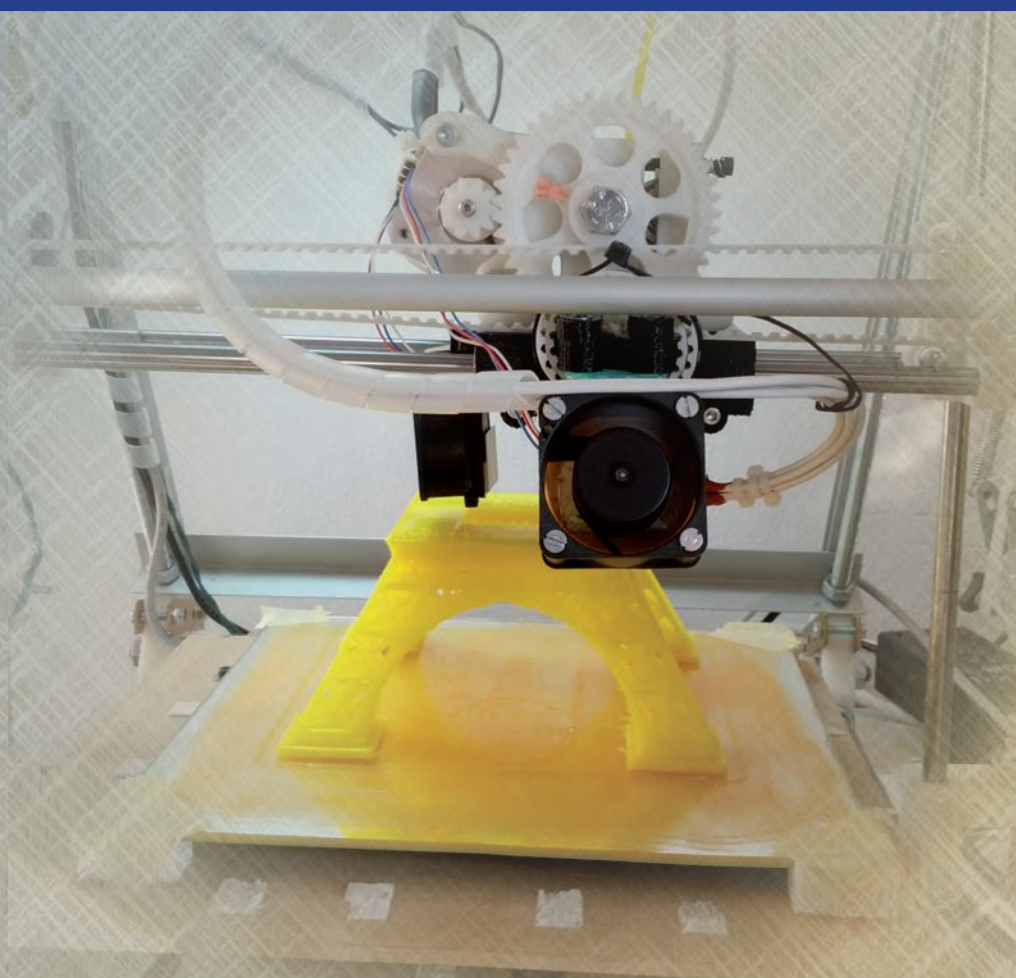
En quelques semaines, nous avons défini une série d'objets 3D pour évaluer la qualité d'impression à la fois en termes de cohérence, de vitesse, et de précision. Plus précisément, les tests ont été effectués sur des objets classiques tels que 3D Print Badge, Space Invader et Mulher.



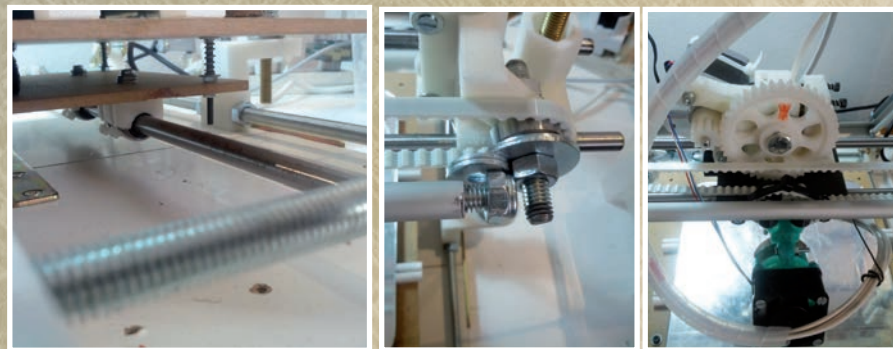
Pour ces trois thèmes que nous avons fait de nombreuses copies, en différentes couleurs, et différentes tailles, en les remplissant de manière plus ou moins dense et avec divers paramètres tels que le nombre de couches pour les côtés et le fond, jusqu'à la modification des paramètres apparemment intouchables tels que le diamètre de la buse et le débit de l'extrudeuse (tête).

UTILISONS LE PLA AVEC UN VENTILATEUR

Une des premières choses que nous avons apprises, c'est la nécessité de monter un ventilateur pour refroidir le PLA après l'extrusion: sans lui, toutes les parois fines et les détails sont stratifiés trop rapidement, lorsque la buse dépose à nouveau du matériel. Même ce qu'on appelle « pont » ou trait suspendu, réussit bien avec le ventilateur alors que sans lui il poserait problème. Nous pourrions confier la gestion du ventilateur à la carte **Sanguinololu**, mais guidés par la paresse, nous avons utilisé un simple interrupteur et une connexion directe au 12 V pour alimenter un simple ventilateur récupéré d'un dissipateur de chaleur d'un processeur d'un vieux PC.



La Tour Eiffel n'est pas un problème pour notre imprimante Galileo grâce aux modifications apportées : le nouveau chariot Y sur roulement, la tige de stabilisation et de traction de la courroie de l'axe des X, et jusqu'au ventilateur doté d'une membrane en forme de cône afin d'optimiser le flux d'air. Avec tous ces changements, les impressions multicolores comme par exemple la photo du buste peuvent également se réaliser à une vitesse de 60 mm/sec.

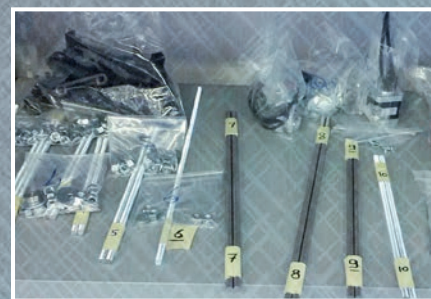
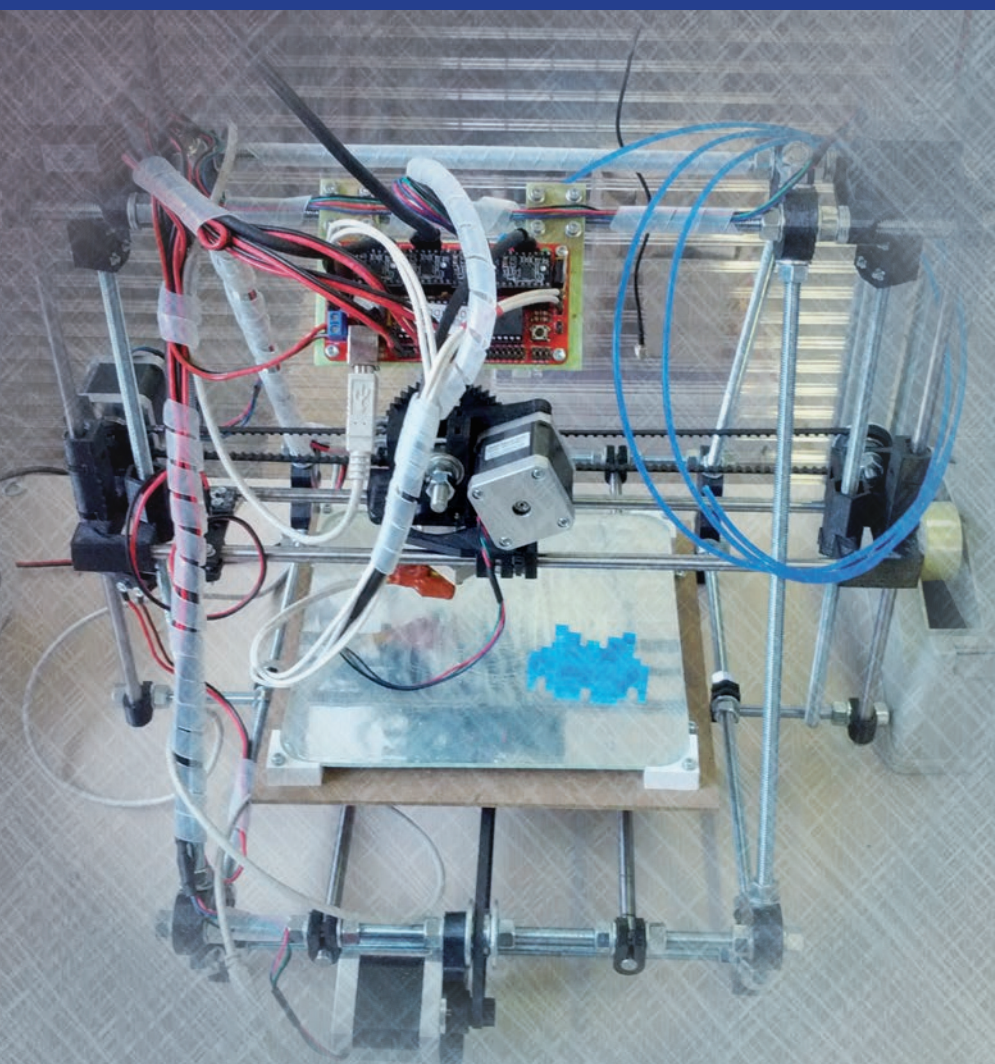


La partie de la gestion du flux d'air, que nous avons créé à partir de deux solutions existantes est disponible sur notre site 3dprint.electroniquemagazine.com. Une goutte de colle nous a permis d'intégrer les deux objets en prenant d'abord l'articulation et en la fixant au chariot et le second, une ellipse en forme de tuyère. Avec cet ajout, notre imprimante a commencé à travailler avec une bonne stabilité, même pour des objets fins ou des petites pièces.

AMÉLIORONS LES PERFORMANCES

Après avoir atteint une qualité d'impression correcte d'objets assez fidèle à l'objet d'origine, nous nous sommes posé la question cruciale : précision plus élevée ou vitesse d'impression plus rapide ?

La réponse a été celle de ceux qui veulent aller au fond des choses pour être



de Michelin Bibendum) qui a résulté de la fabrication imparfaite de deux tiges filetées qui ont affecté le mouvement de l'ensemble du chariot de l'axe des X, et de l'extrudeuse.

En faisant monter et descendre le chariot nous avons constaté que cela produisait un mouvement de rotation autour de l'axe vertical Z ainsi que la déformation de la tige filetée. Nous avons essayé de régler la fixation du moteur, puis nous avons remplacé la barre par une autre, mais finalement les oscillations sont restées. La seule solution était de remplacer l'ensemble du système formant le chariot avec quelque chose de plus stable.

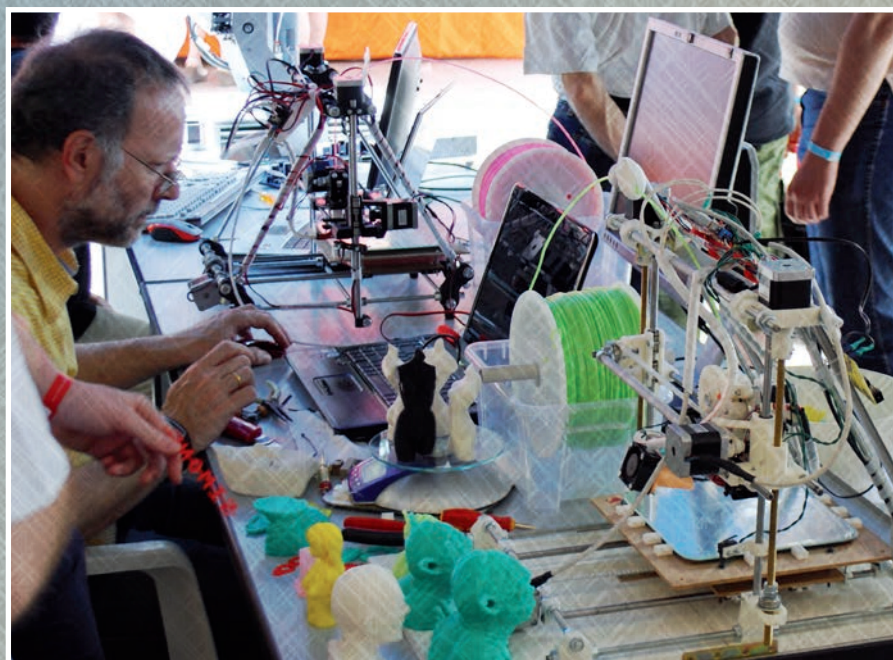
Encore une fois, nous avons passé beaucoup de temps pour trouver une solution technique et l'idée est venue de concevoir un nouveau support pour le chariot de l'axe des X,

en mesure de dire aux lecteurs ce qui se passe dans chaque situation, et avec un peu de chance, en obtenant également un meilleur résultat que prévu.

Le premier aspect est celui de la précision de l'impression : nous avons trouvé un problème important lié à la stabilité de la structure de l'imprimante **Galileo**, en fait, qui entraînait en résonance même avec un moteur au top, et même à faible vitesse, en introduisant de petits décalages typiques pour remplir de petites zones.

La résonance provoquait l'oscillation de la structure et altérait même les mouvements du moteur pas à pas, et de ce fait cela produisait des segments ondulés ou même des parties plus courtes que prévu. Pour remédier à ce problème nous avons ajouté des profilés en aluminium en L et C pour former un cadre rigide sur la partie postérieure verticale haute et la partie postérieure horizontale basse. Avec ce changement, la qualité a été significativement améliorée en augmentant un

peu la vitesse, mais toutes les impressions ont été encore pénalisées par une «saucisse» (comme le bonhomme



Les deux imprimantes de notre exposition l'année dernière, la Prusa Mendel et la version Galileo en avant plan, vous remarquerez la qualité d'impression d'objets de toutes sortes, petits et grands.

avec des roulements linéaires pour un nouveau système de barres lisses chargées de soutenir et de guider le chariot tandis que les tiges filetées doivent seulement gérer le déplacement vertical au moyen de vis avec un jeu horizontal susceptible d'annuler le balancement des tiges filetées. Ce changement nous a obligé à modifier un peu la Galileo, en changeant certains éléments de la structure et en utilisant des barres lisses qui ne sont pas fournies dans le kit.

Étant donné que nous étions en pleine modification, nous avons adapté le chariot du plan Y, en remplaçant toute une série de pièces équipées de **douilles à billes (LM8UU)** pour le guidage linéaire et qui remplacent les guidages en plastiques avec moins de frottements et une durée de vie accrue.

Au terme de cette série de modifications, somme toute peu coûteuse et avec les roulement à faible coût, nous avons repris nos modèles pour vérifier le résultat.

STABLE ? TRÈS STABLE

Avec quelques substitutions et l'ajout de roulements qui amélioreraient le mouvement en annulant les jeux et les imprécisions, la Galileo a changé radicalement sa qualité d'impression et avec une vitesse de 30 à 40 mm/s chaque copie était presque parfaite.

Nous avons essayé d'imprimer à 0,25 et 0,20 comme épaisseur de la couche Z, nous avons obtenu des morceaux de grande compacité et dont la surface était très légèrement rugueuse au toucher, lors du passage de l'axe Z. Avec ce résultat, nous avons imprimés plusieurs objets de formes diverses, et nous avons obtenu pour nos trois modèles de test une qualité qui, au début de l'aventure, n'aurions jamais imaginé.

Nous avons aussi constaté que les courroies et tout le matériel doit être contrôlé régulièrement pour que le tout soit bien fixé, tous les 4 ou 5 impressions car l'ensemble se détache inévitablement. Il suffit qu'une courroie ne soit pas parfaitement lisse pour créer des résonances inattendues, alors que

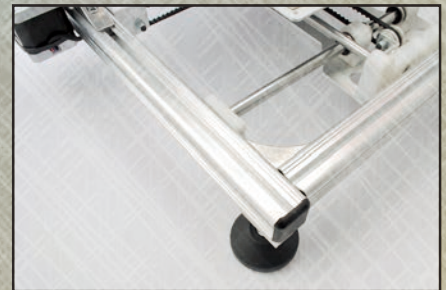
certaines courroies en nylon correctement placées autour d'un roulement linéaire empêchent un jeu imperceptible, mais visible dans l'impression, par rapport à l'élément qui devrait le tenir.

LES DERNIÈRES MODIFICATIONS

Avec l'augmentation de la qualité dans les limites physiques de l'imprimante, qui a toujours une résolution de 0,1 mm dans le mouvement de l'axe des X et de l'axe des Y, ainsi qu'une résolution de 0,0125 mm dans l'axe Z, nous avons commencé à modifier les paramètres liés au déplacement. Ces valeurs sont celles que divers fabricants indiquent pour distinguer leur imprimante de la concurrence, en mentionnant la vitesse maximale d'impression en mm/s au-delà de laquelle il y aura des problèmes d'extrusion, en maintenant le rythme et la stabilité de l'ensemble de la structure.

Nos travaux précédents sur le cadre en profilés d'aluminium et l'introduction de douilles à billes ont effectivement augmenté la rigidité et diminué les frictions, mais le charriot de l'extrudeuse, avec sa masse, est la véritable limite de cette approche de l'imprimante 3D. Des modèles tels que l'imprimante **Ultimaker** ont introduit la fixation de l'extrudeuse sur le chariot, tout en maintenant le moteur qui entraîne le fil de matière plastique sur le côté de l'imprimante.

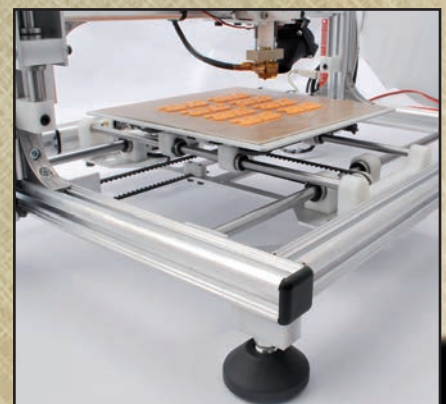
Notre imprimante relève le défi de créer une nouvelle RepRap, plus solide, plus facile à installer, avec des performances rapides et haut de gamme. En analysant les autres imprimantes, nous avons mis en évidence les principaux aspects du projet et tous les objectifs ont été atteints.



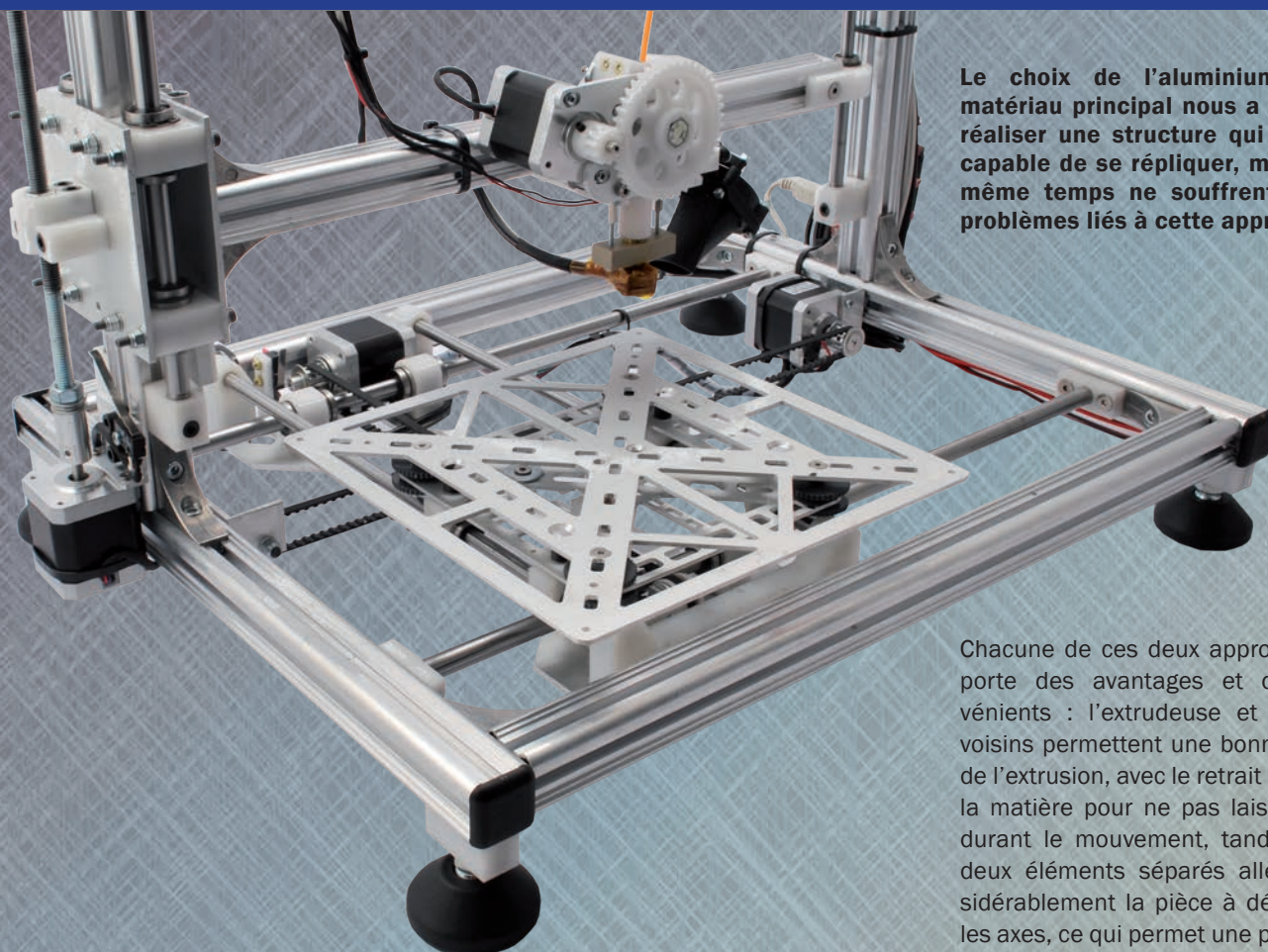
Notre 3DRAG construite avec des profilés en aluminium.



La fixation entre les profilés en aluminium est simple mais très solide.



Le mouvement est de type X / Y grâce à notre système de barres et courroies.

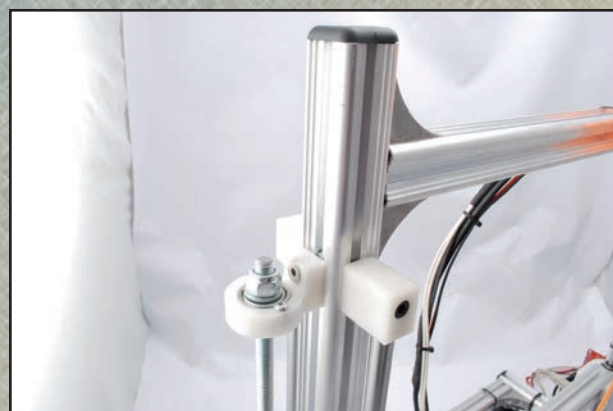
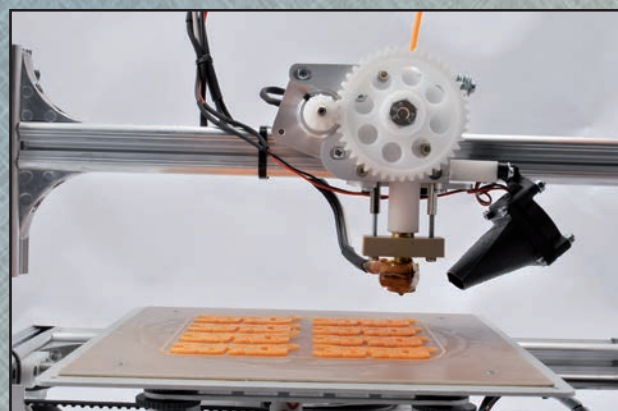
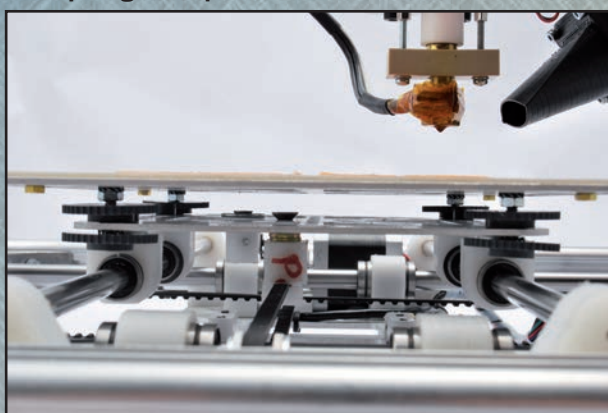


Le choix de l'aluminium comme matériau principal nous a permis de réaliser une structure qui n'est pas capable de se répliquer, mais qui en même temps ne souffrent pas des problèmes liés à cette approche.

Chacune de ces deux approches comporte des avantages et des inconvénients : l'extrudeuse et le moteur voisins permettent une bonne maîtrise de l'extrusion, avec le retrait efficace de la matière pour ne pas laisser les fils durant le mouvement, tandis que les deux éléments séparés allègent considérablement la pièce à déplacer sur les axes, ce qui permet une plus grande vitesse d'impression et le déplacement.

Notre **Galileo**, comme la **Mendel**, a été conçue pour coupler l'extrudeuse et le moteur (l'extrudeuse présente un point chaud) en adaptant une séparation d'une certaine complexité. La possibilité pour augmenter la vitesse doit concerner donc le raidissement de la structure et l'élimination des parties présentant des jeux dus aux tolérances ou à l'élasticité des différentes parties. Dans notre cas, nous avons relevé que le système de **courroies/chariot X** présente un dernier point faible et nous avons inséré une barre de poussée entre le moteur et l'axe de rotation de

Parmi les différentes possibilités, celle d'une impression selon les deux axes X et Y a été notre choix. L'aluminium, les barres du châssis, les roulements linéaires forment une structure légère mais ferme. L'extrudeuse n'est pas sans rappeler le type Wade, mais elle est faite d'aluminium et d'autres matériaux usinés avec une machine CNC pour obtenir une plus grande précision et robustesse.



l'autre extrémité de la courroie, nous avons ainsi désolidarisé la barre du chariot de la traction générée par la courroie. Toutes ces modifications font que nous avons réalisé une imprimante de qualité avec une vitesse de **60 millimètres par seconde et une qualité d'impression de 150 dpi**.

APRÈS GALILEO, LA PRUSA MENDEL

L'expérience de notre première RepRap nous a fait penser que le modèle **Prusa Mendel**, produit phare de la famille, était à notre portée avec une approche plus industrialisée. Nous nous sommes donc procuré les pièces en plastique sur le marché et nous avons pris dans une quincaillerie professionnelle un peu de barres, de vis et de boulons comme liste de matériel.

En suivant les instructions du site Wiki, nous nous sommes aventurés dans l'assemblage de deux imprimantes en même temps et au bout de quelques jours, les deux Prusa ont été achevées et prêtes à imprimer. Le nombre de pièces et quelques parties de l'assemblage se sont montrés assez critiques : malgré notre installation précédente, nous n'avons pas été intimidés par le nombre de pièces, et pourtant nous avons été obligés de démonter une partie piègeuse parce que nous nous sommes trompés dans certaines vues de perspective du plan de montage.

Les barres horizontales avec le moteur de la platine ont été les plus difficiles à monter pour des raisons d'orientation des pièces en plastique, à peine visibles dans les guides en ligne. Puis, par la loi de Murphy, les pièces sont destinées à être installés dans le sens contraire par erreur ou mauvaise interprétation du plan de montage. À mesure que le montage progressait, nous avons constaté que les instructions s'éloignaient progressivement de la situation réelle de l'assemblage des pièces à notre disposition : la structure métallique et plastique correspondent au montage et sont standardisées, mais la partie électronique et celle de l'extrudeuse sont en constante évolution, nous avons dû interpréter le montage sur la base de nos expériences antérieures.

La **Prusa Mendel** a été, cependant, à la hauteur des attentes en rivalisant avec notre **Galileo** modifiée à l'occasion avec une carte à base d'Arduino. Une fois le montage terminé et la calibration effectuée, elle s'est vite montrée être stable, rapide et capable d'imprimer avec une qualité et une précision qui ont dû nécessiter plusieurs réglages pour notre **Galileo**.

Bien sûr la **Prusa Mendel** a des caractéristiques de base que nous avons obtenues que grâce aux modifications apportées à la **Galileo**, et donc l'**absence d'oscillations sur l'axe des Z** ou la **robustesse du chariot** sur roulements ont immédiatement permis d'obtenir jusqu'à 60 mm/sec sans aucun problème. La familiarité avec les différents paramètres d'extrusion, puis de tranchage (slicing), nous ont permis d'obtenir après quelques gravures des réglages optimaux.

LES BIENFAITS DE L'OPEN SOURCE

Prusa Mendel, étant actuellement le modèle de référence de la RepRap le plus diffusé, vous pouvez compter sur une multitude de pièces mécaniques, accessoires et modifications utilisables immédiatement. Tandis que pour la RepRap, avec ses déclinaisons, nécessite des changements dans la structure pour une évaluation de l'application envisagée que vous pouvez trouver sur le web.

À la lumière de notre expérience, nous avons donc décidé de proposer aux connaisseurs le kit complet **Prusa Mendel**, avec toutes les pièces, les plastiques et les cartes électroniques, tandis que pour ne pas fermer la porte à ceux qui ont des compétences particulières en mécanique nous avons entrepris la conception de notre version de

Caractéristiques de l'imprimante 3DRAG

- **Structure :**

- aluminium profilé de section carrée de 27,5 mm de côté;
- plateau mobile monté sur roulement et sur barres de 8 et 10 mm.

- **Chariot X/Y :**

- structure de la base en aluminium perforé (Ø 3mm) approprié pour la réduction de la masse;
- étages supérieurs en aluminium de 2 mm convenablement perforés pour réduire la masse.

- **Éléments de fixation, supports et raccordements en polyoxyméthylène**

(polymère de la famille des polyacétals), présentant une résistance élevée à la traction et aux chocs, une excellente résistance à la fatigue, une très bonne résistance aux agents chimiques et une excellente stabilité, traités par machine CNC.

- **Technologie :** FFF (Fused Filament Fabrication) pour le PLA et l'ABS.

• **Extrudeuse** pas à pas avec buse de 0,5 mm et NTC de 100K en verre, et ventilateur actionné manuellement.

• **Mouvement :** 3 moteurs pas à pas de type Nema 17 pour les axes X / Y (plaque d'impression) et pour l'axe Z (support de l'extrudeuse).

• **Contrôleur :** Sanguinololu 1.3a ou compatible.

• **Alimentation :** 12 V 3 A max.

• **Client USB 2.0** FTDI vers Série compatible Arduino.

• **Dimension** utile pour l'impression : 20 x 20 x 20 cm.

• **Dimensions de la plaque du support d'impression :** 21,5 x 21,5 cm.

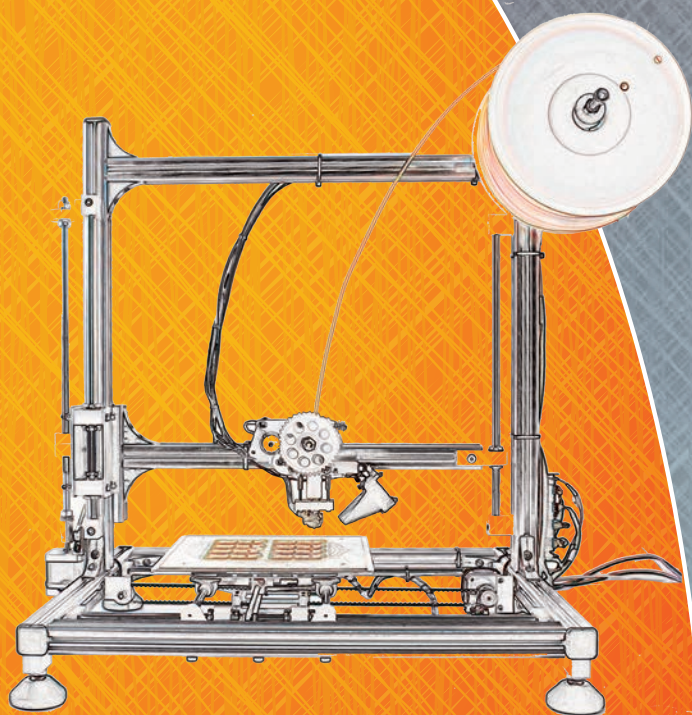
• **Vitesse d'impression typique :** 120 mm/s.

• **Vitesse maximale d'impression :** de 150 à 300 mm/sec (en fonction de l'objet à imprimer).

• **Résolution nominale :** axes X et Y : 0,015 mm ; axe Z : 0,39 micron.

- **Dimensions / poids :**

- Largeur 60 cm
- Profondeur: 43 cm
- Hauteur: 59 cm
- Poids: 8,7 kg



Une imprimante 3D pour tous

3DRAG : c'est le nom de l'imprimante 3D développée par notre équipe dans le but de mettre à la disposition des passionnés, des écoles, des artisans et fidèles lecteurs de notre revue *Electronique et Loisirs Magazine*, un outil avec des fonctionnalités professionnelles à un prix abordable. En bref, une imprimante 3D pour tous ! Comme expliqué dans cet article, il a fallu près de deux ans d'études, de tests et de modifications pour réaliser une machine facile à assembler, très silencieuse et précise, capable d'imprimer jusqu'à une vitesse de 120 à 150 millimètres par seconde, mais dans certains cas (selon l'objet) pouvant aller jusqu'à 300 mm/s.

Dans les prochains mois, nous participerons à des salons et des événements dans lesquels vous aurez l'occasion de voir fonctionner notre imprimante 3D. Mais en tout cas nous préparons un site dédié à l'imprimante 3D à l'adresse suivante :

www.3dprint.electroniquemagazine.com dans lequel nous proposerons des images, des vidéos, et des séquences d'assemblages ainsi que des fichiers d'impression liés à notre imprimante.

Mendel avec trois objectifs simples : facilité d'installation, performance comparable à la **Prusa Mendel**, 100% compatible avec toutes les cartes électroniques, et logiciels pour **RepRap**.

APRÈS DEUX MOIS, LA LUMIÈRE

L'exigence de la simplicité du montage nous a amené à quitter le système de pièces moulées en plastique et tiges filetées standards M8 pour passer aux profilés d'aluminium avec des encoches conçues pour fixer des pièces sur les côtés. Pour une seule pièce, cette solution ne serait pas rentable, mais pour une production en série d'imprimantes, ces matériaux deviennent abordables. En contrepartie de cette structure, très stable et facile à monter grâce à une série d'articulations et de fixations, notre imprimante n'est pas « compatible » avec le monde de la mécanique et de l'évolution des **RepRap**.

Chaque pièce a été conçue pour offrir le plus de légèreté possible là où elle est nécessaire - comme par exemple le système d'entraînement du plateau d'impression, et de rigidité pour supprimer les vibrations et les résonances indésirables. Comparée à une **Mendel**, notre imprimante utilise le plan X/Y pour l'impression et Z pour le chariot (extrudeuse). Cela nous a permis de simplifier le système d'extrusion (tête d'impression) qui n'a plus à se déplacer sur un axe horizontal, mais simplement est fixé à la structure qui se déplace dans l'axe Z. Bien qu'à première vue, il peut sembler complexe, notre système de courroies pour déplacer la plaque d'impression n'est pas comme celui qui déplace l'extrudeuse dans une imprimante de type **Darwin** et **Ultimaker** puisque l'intersection des barres et les courroies ne posent pas de problème à la plaque supérieure. Les dimensions ont été définies pour avoir un design compact et un centre de gravité bas aligné avec les deux courroies.

Notre support de la plaque d'impression est conçu pour accueillir un carreau de **vetronite** (c'est un stratifié constitué de tissu de verre et de résine d'époxyde, avec un indice de température de 180°C il possède de bonnes propriétés d'isolation électrique) qui procure une bonne adhérence avec le **PLA**, une bonne stabilité dimensionnelle (capacité d'un matériau à maintenir ses dimensions face aux variations de température, d'humidité et de certaines charges physiques) et une certaine économie. La surface de la base en verre époxy doit être traitée avec du papier abrasif fin pour exposer la fibre de verre, et lors de nos essais nous avons obtenu une finition mate et lisse avec une excellente prise en main, même avec des morceaux d'une certaine taille. Comparé à beaucoup d'autres solutions que nous avons testées au cours des mois d'expérimentation, cela s'avère être la plus intéressante pour des gravures avec du **PLA**. Cependant les dimensions du support ont été adaptées pour le montage d'un chauffage standard à la base de la **Prusa** (environ 21 x 21 cm) sur lequel vous pouvez fixer une plaque d'impression à condition que ce ne soit pas trop lourd.

Parmi les premières impressions réalisées avec notre imprimante, il est intéressant de mentionner la belle **Tour Eiffel**

(seulement la moitié supérieure) qui a été réalisée à une vitesse d'environ 85 mm par seconde et un développement vertical de pas moins de 20 centimètres. Le résultat nous a stupéfiés au premier abord, car à partir d'une valeur initiale de 60 mm/s en impression et 120 mm/s en déplacement, nous avons obtenu une augmentation de la vitesse de 140% par rapport au logiciel Repetier-Host. Néanmoins, toute la structure est presque parfaite, dans les moindres détails et d'une grande précision dans le positionnement des éléments. L'image de la pièce imprimée parle d'elle-même.

ET MAINTENANT, LE KIT

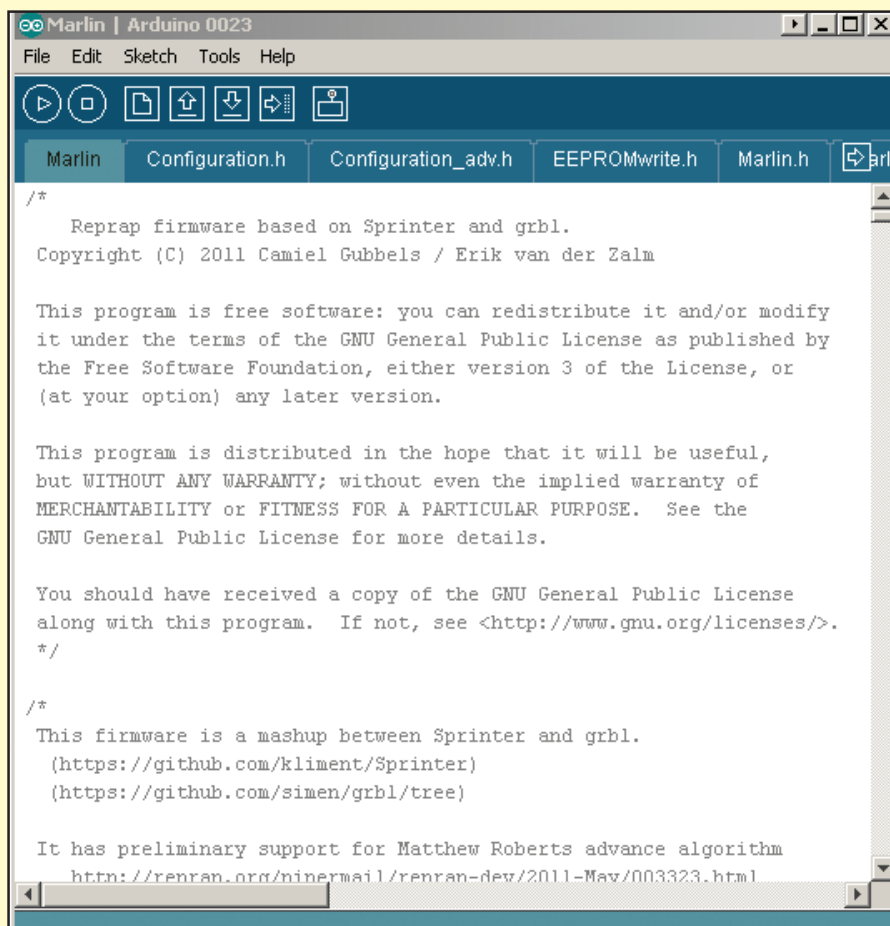
Avec les résultats que nous avons obtenus par notre interprétation de la mécanique de la **RepRap** - toujours en cours - et l'état de réglages fins, nous sommes arrivés à la version 1.0 entièrement fonctionnelle. Nous ne pouvions pas faire autrement que de concevoir un kit pratique et complet. Au moment d'écrire ces lignes (Juillet 2013), nous avons finalisé

les aspects spécifiques de l'électronique qui est - selon les spécifications - compatible avec les firmwares et les logiciels Open Source disponibles actuellement pour la **RepRap**. Cela vous permettra de mettre à niveau votre imprimante avec les nouvelles versions des firmwares et des logiciels qui peu à peu seront en mesure de faciliter l'impression 3D et de la rendre plus intuitive pour les utilisateurs.

Nous avons déjà choisi le firmware **Marlin** qui convient parfaitement aux caractéristiques mécaniques des courroies, la position et le sens de rotation des moteurs et le type de connexion pour la détection par les microswitchs de la position initiale (0, 0, 0) appelée aussi **position HOME**. En utilisant un environnement de développement **Arduino IDE 0022** ou **0023**, vous pouvez reprogrammer la carte d'un simple clic de la souris. Le logiciel **Marlin**, par ailleurs, peut être reconfiguré de manière assez simple en agissant sur le fichier source « **configuration.h** » (voir l'encadré plus loin) qui contient tous les paramètres et les caractéristiques fonctionnels de la mécanique.

Modifications du fichier « configuration.h »

Nous allons aborder dans cette partie les modifications à apporter aux fichiers du programme **Marlin** afin de le faire fonctionner avec l'imprimante. Cela concerne principalement les fichiers « **configuration.h** » et « **pin.h** ». Le firmware est constitué de plusieurs fichiers textes qui apparaissent sous forme d'onglet dans l'IDE de l'Arduino. Cela vous semblera complexe quand vous les ouvrirez. Heureusement pour nous, nul besoin de comprendre l'intégralité de toutes ces lignes de code pour faire fonctionner l'imprimante. L'essentiel de nos interventions se feront dans l'onglet « **configuration.h** ».



Le logiciel Marlin constitué de fichiers textes représentés sous formes d'onglets : vous pouvez voir l'onglet « configuration.h » en haut à gauche.

Tout d'abord nous devons apporter des modifications dans l'onglet « **pin.h** » à la ligne 246.

//uncomment one of the following lines for RAMPS v1.3 or v1.0, comment both for v1.2 or 1.1

```
#define RAMPS_V_1_3
```

```
//#define RAMPS_V_1_0
```

Il suffit de mettre en commentaire (c'est-à-dire insérer // en début de ligne) la ligne ne correspondant pas à votre version de la carte électronique de commande Ramps et sauvegarder.

Maintenant regardons le fichier « **configuration.h** », voici les paramètres à modifier :

Paramètres généraux :

#define BAUDRATE 115200 : définit la vitesse de communication entre le PC et la carte Arduino (115200 ou 250000 bauds)

#define MOTHERBOARD 34 : définit le type de carte et de branchement (33 ou 34)

Paramètres de gestion de la température : les lignes suivantes définissent le type de sonde de température

```
#define TEMP_SENSOR_0 6
```

```
#define TEMP_SENSOR_1 0
```

```
#define TEMP_SENSOR_2 0
```

```
#define TEMP_SENSOR_BED 1
```

Paramètres de gestion des capteurs de fin de course (endstop):

```
const bool X_ENDSTOPS_INVERTING = false
```

```
const bool Y_ENDSTOPS_INVERTING = false
```

```
const bool Z_ENDSTOPS_INVERTING = false
```

définit le type de fonctionnement des microswitchs de fin de course, choisir true = switch mécanique et false = switch optique

Paramètres de gestion des axes :

```
#define DISABLE_X false
```

```
#define DISABLE_Y false
```

```
#define DISABLE_Z false
```

```
#define DISABLE_E false // For all extruders
```

définit si les moteurs seront activés pour chaque axe (False = activé)

```
#define INVERT_X_DIR false // pour Mendel mettre false,
```

```
#define INVERT_Y_DIR true // pour Mendel mettre false,
```

```
#define INVERT_Z_DIR true // pour Mendel mettre false,
```

```
#define INVERT_E0_DIR true // pour l'extrudeuse v9 à entraînement directement mettre sur true, pour l'extrudeuse à engrenages valeur false
```

```
#define INVERT_E1_DIR false // pour l'extrudeuse v9 à entraînement directement mettre sur true, pour l'extrudeuse à engrenages valeur false
```

```
#define INVERT_E2_DIR false //définit le sens de fonctionnement des axes.
```

Paramètres pour définir le point de départ de la tête d'impression (HOME 1 = MAX et HOME -1 = MIN) :

```
#define X_HOME_DIR -1
```

```
#define Y_HOME_DIR -1
```

```
#define Z_HOME_DIR -1
```

Paramètres pour définir la taille du plateau d'impression et la hauteur maximale pour la tête d'impression :

```
#define X_MAX_POS 205
```

```
#define X_MIN_POS 0
```

```
#define Y_MAX_POS 205
```

```
#define Y_MIN_POS 0
```

```
#define Z_MAX_POS 150
```

```
#define Z_MIN_POS 0
```

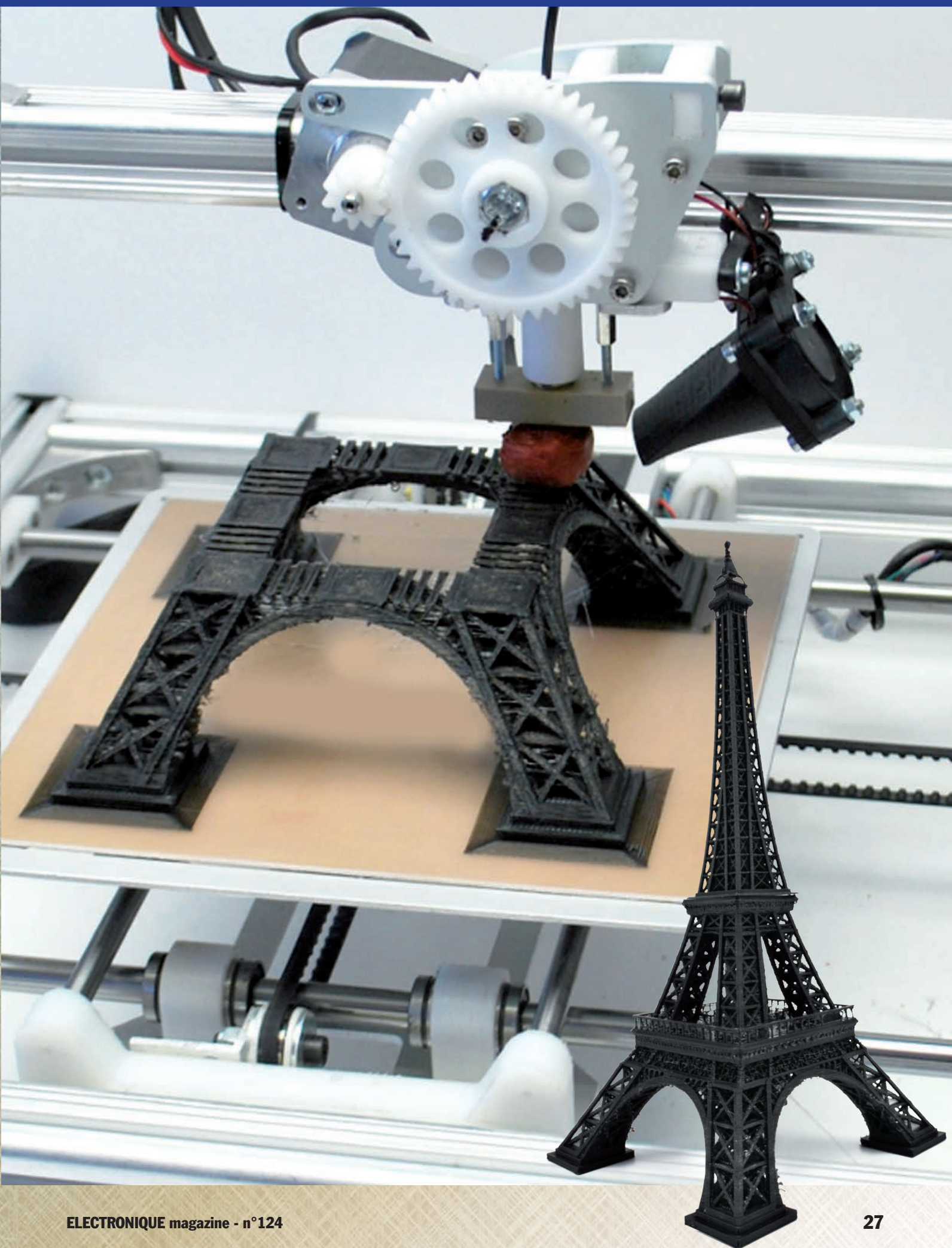
Paramètres de gestion du moteur (calibration, vitesse et accélération) :

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {80,80,2560,700}
```

```
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {400, 400, 1, 45} // (mm/sec)
```

```
#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {8000,8000,100,10000} // X, Y, Z, E maximum start speed
```

Les trois derniers paramètres sont les plus délicats à gérer, normalement vous n'avez pas à toucher le reste des paramètres, du moins dans un premier temps. Lorsque vous voudrez optimiser vos impressions, vous serez peut être amenés à modifier d'autres paramètres. Normalement, arrivé à ce stade, vous devez pouvoir commencer à imprimer vos premiers objets en PLA. Désormais, tout sera une affaire de calibration.





Notre imprimante est de dimensions réduites, et compatible avec la plupart des bureaux de taille standard.

Pour rendre l'impression et les réglages plus simples et plus reproductibles, les microswitchs sont dotés de vis qui permettent un réglage fin de chaque position du zéro. Ce n'est pas un ajustement automatique, mais une fois que vous avez réglé les vis aux bons endroits, vous aurez un positionnement constant et fiable.

PASSONS À LA PRATIQUE

Imprimer avec la **3DRAG** est simple, mais nécessite un certain nombre d'étapes pour que tout soit prêt et correctement configuré. Nous allons voir maintenant ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas oublier de faire pour arriver sans problème à notre première impression.

A la lecture de notre précédent article paru dans la revue 123 d'Électronique et Loirs Magazine, vous avez peut-être décidé de vous équiper d'une imprimante 3D ?

Et la nôtre la 3DRAG ? Et bien, dans la suite de cet article nous allons passer à la pratique en vous guidant étape par étape dans la configuration de l'ordinateur et dans la préparation et l'étalonnage de l'imprimante elle-même,

puis vous effectuerez votre première impression avec du PLA pour vérifier la configuration de l'ensemble.

La check-list initiale

Pour utiliser votre imprimante **3DRAG** vous avez besoin d'une série d'éléments dont voici la liste :

- L'imprimante **3DRAG** en kit et montée par vous-même ou achetée déjà montée ;
- D'une alimentation 12 VDC et au moins 4 A, éventuellement à découpage ;
- Un ordinateur de type PC avec un système d'exploitation **Windows** (**Linux** convient très bien) ;
- Une connexion Internet pour télécharger les différents logiciels et modèles sur notre site www.3dprint.electronique-magazine.com ;
- Un câble de connexion USB de type B/A (comme celui de l'Arduino) ;
- Au moins 100 grammes de fil en **PLA** de 3mm ;

- Un couteau avec une lame large ;
- Un tapis en caoutchouc pour ne pas endommager le bureau ;
- Tournevis, petites pinces, petit couteau et lime à ongles.

Tout le monde doit être capable de s'aménager un espace sur un bureau qui a la bonne taille pour accueillir à la fois l'imprimante, l'ordinateur, le matériel et les outils à utiliser pour réaliser vos impressions. Voyons maintenant en détail chaque élément de la liste et examinons les premières précautions d'installation.

1 - L'imprimante **3DRAG** :

En partant de l'hypothèse que votre **3DRAG** a été assemblée correctement en suivant les instructions de montage en ligne, ou parce que vous l'avez achetée déjà montée, dans cette phase vous devez placer l'imprimante sur une table et ajuster les pieds de telle manière qu'elle soit **parfaitement horizontale** et d'aplomb, **elle ne doit pas être bancal**.

Si vous disposez d'un niveau, placez-le sur chacun des quatre bords de la structure rectangulaire de la base et ajustez les pieds jusqu'à ce que vous obtenez un positionnement homogène et stable.

Cette première étape est essentielle pour éviter de compromettre les éventuelles modifications ultérieures, nous pensons qu'il est facile d'arriver à une position stable et équilibrée.

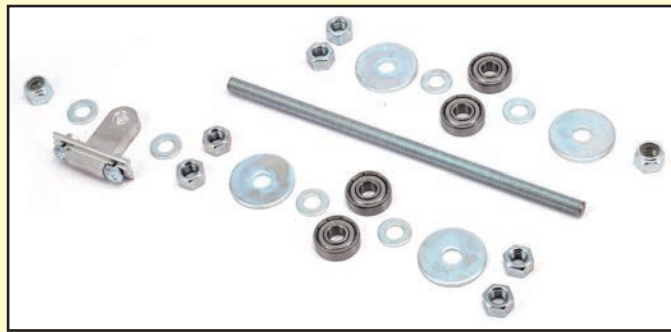
L'alimentation à découpage utilisée pour la 3DRAG est capable de délivrer 15VDC sous 4 A.



MONTAGE DE NOTRE 3DRAG

Sur le site spécialement dédiée pour cette imprimante (www.3dprint.electroniquemagazine.com) est disponible la séquence de montage détaillée de l'imprimante, y compris beaucoup d'autres informations. Pour des raisons d'espace dans la revue, nous ne pouvons pas publier la totalité qui occupe plus de 200 pages ! Ceux d'entre vous qui voudront assembler l'imprimante devront alors faire référence à notre site. Dans la revue nous fournissons une séquence de montage simplifiée pour faire comprendre, à ceux qui ont l'intention d'acheter le produit, la composition de la structure, des éléments, mais aussi de se faire une idée des compétences et des difficultés qui s'imposent. Disons que tous les matériaux qui sont prévus pour le montage de l'imprimante ne sont pas présents dans la boîte en vrac, mais sont divisés en plusieurs colis contenant tous les éléments nécessaires à la réalisation d'une partie spécifique de l'imprimante.

- 1. Par exemple**, si nous prenons en considération le premier élément que nous vous conseillons de monter (le **support de la bobine** par exemple, d'un montage très simple qui vous permettra la prise en main des outils), vous pouvez observer que tout le matériel est inséré dans un sachet et que les photos et la liste complète des éléments présents à l'intérieur sont documentées sur notre site internet. La première photo que vous trouverez sera donc celle-ci :



tandis que vous trouverez ci-dessous la liste du matériel à l'intérieur de l'emballage qui - entre autres choses - vous permettra de vérifier que toutes les pièces nécessaires sont présentes. Dans ce cas spécifique le sachet comprend :

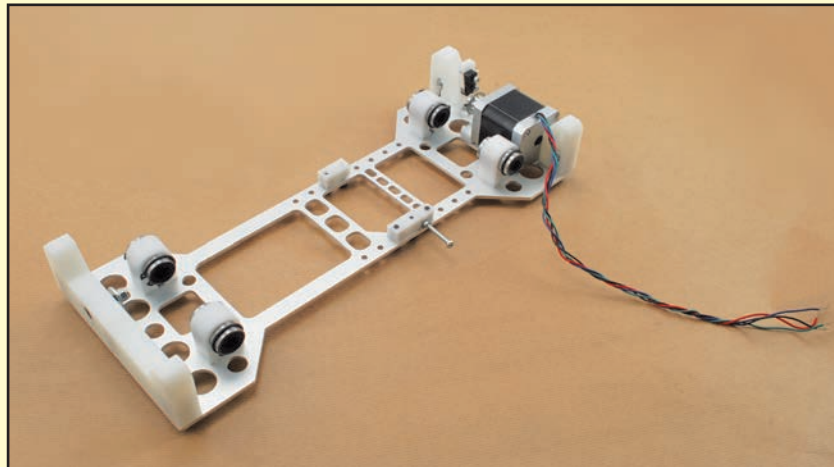
- 1 tige filetée de 19 cm type M8 ;
- 4 rondelles M8 x 30 ;
- 6 écrous classiques M8 ;
- 2 écrous autobloquants M8 ;
- 6 rondelles M8 x 16 ;
- 1 support en aluminium articulé de marque **Alfer**, avec 2 vis et 2 écrous ;
- 4 roulements à billes 8 x 22 x 7 mm avec protection contre la poussière.

La séquence de montage qui suit va vous permettre, étape par étape, d'assembler le support pour la bobine, facilement et sans erreur, ce qui constitue la première partie de la machine.



2. Le chariot de l'axe des X :

C'est certainement la pièce en métal la plus grande, convenablement perforée pour maintenir la solidité nécessaire à l'ensemble, mais d'un poids le plus faible possible. Plus léger sera le chariot dans son ensemble, plus rapides seront les mouvements et par conséquent, plus grande sera la vitesse d'impression.

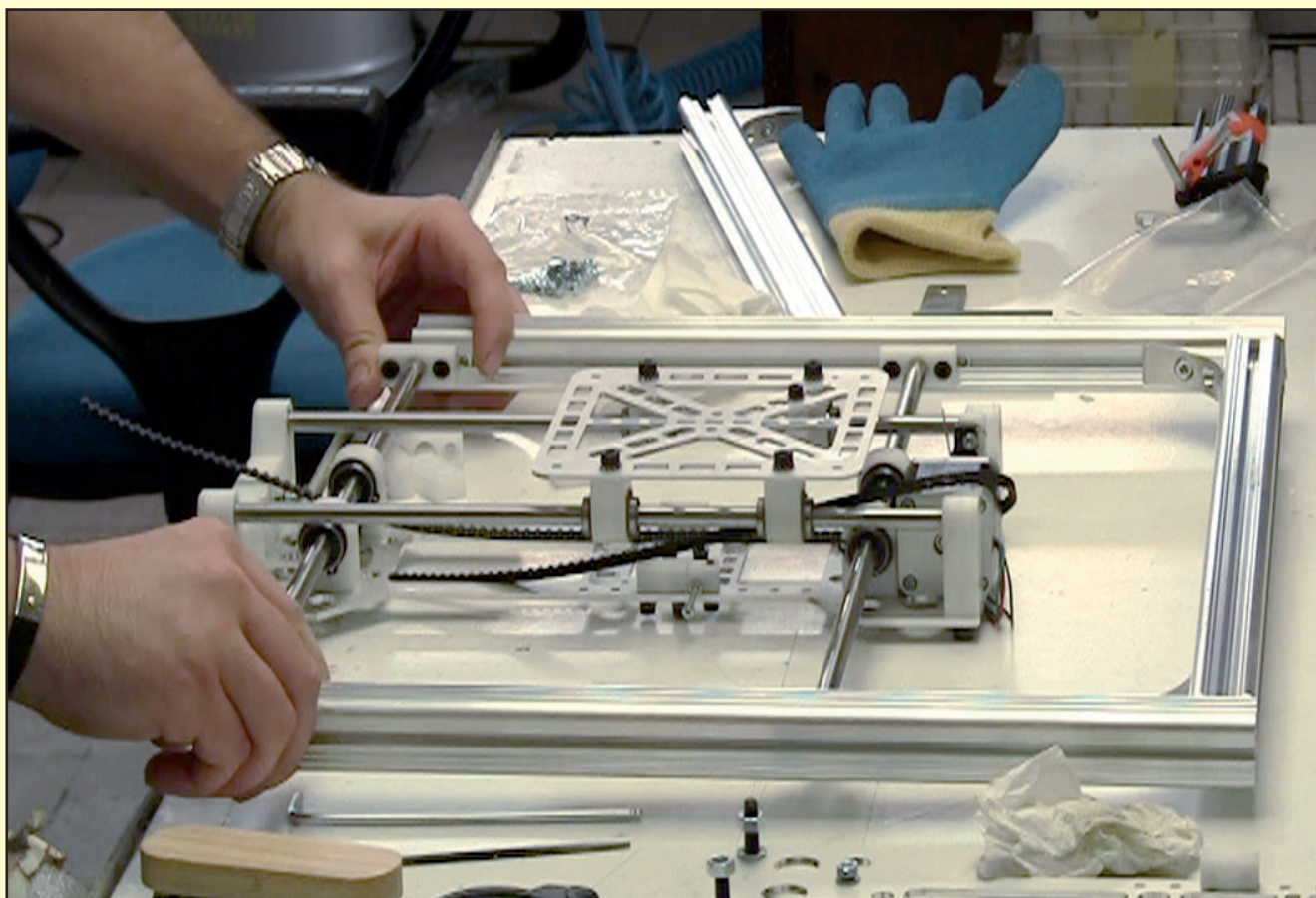


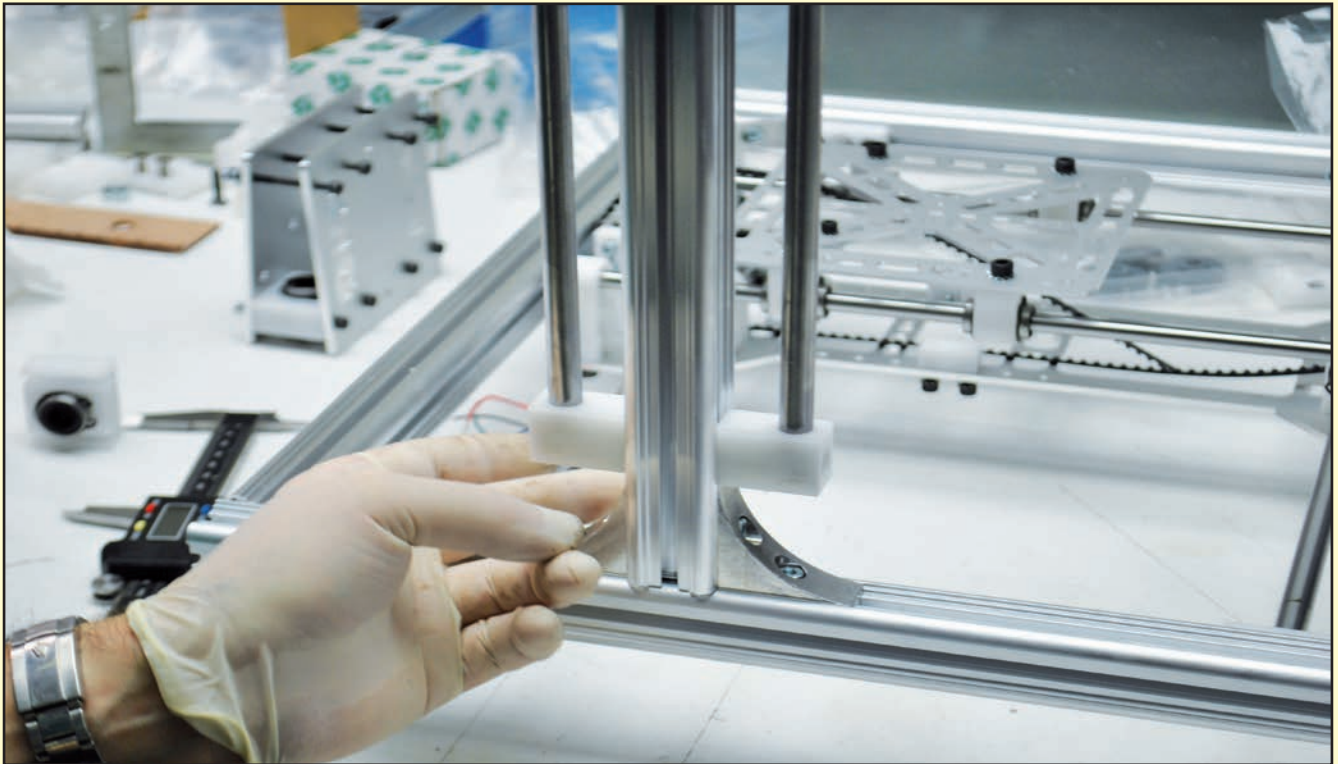
3. Montage du châssis de base avec les pieds :

A partir de ce moment, notre structure prend forme avec le montage des quatre profilés en aluminium qui représentent le châssis (la base) de l'imprimante et à l'insertion des quatre pieds qui offrent une bonne stabilité. Les barres en aluminium sont fixées entre elles au moyen d'équerres qui s'adaptent parfaitement à la forme des barres.

4. Montage latéral du côté gauche du cadre :

C'est le profilé du côté gauche qui assure le coulisement du chariot de l'axe Z, et c'est pour cette raison que l'on utilise également deux barres cylindriques lisses fixées sur les côtés.





5. Montage du chariot de l'axe Z et application sur le côté latéral gauche :

Ce chariot, sur lequel sera fixé le bras qui supporte l'extrudeuse (la tête d'impression), se déplace verticalement et est entraîné par une tige filetée actionnée par un moteur pas à pas. C'est certainement l'une des pièces les plus importantes (et critique) de notre imprimante 3D.



6. Montage latéral du côté droite avec le guide :

Il produit de la robustesse à la structure et permet au bras auquel l'extrudeuse est fixée de se déplacer correctement.

7. Montage du bras avec prédisposition de l'extrudeuse :

C'est le bras qui coulisse verticalement et au centre duquel est monté l'extrudeuse. D'un côté de ce bras est fixé de manière solidaire le chariot de l'axe Z tandis que le côté opposé est libre de coulisser sur une barre lisse.

8. Montage de la traverse supérieure du cadre :

Permet de donner de la rigidité à la structure et sert également de poignée pratique pour notre imprimante 3D.

9. Montage du moteur et de la tige filetée de l'axe Z :

Assure le déplacement vertical de l'extrudeuse, en agissant sur le chariot vertical et sur le bras auquel est fixée l'extrudeuse.

10. Montage du moteur et de la poulie de l'axe X :

C'est l'un des moteurs qui assure le déplacement du chariot le long des axes X et Y.

11. Montage de l'extrudeuse et fixation au bras :

C'est l'un des mécanismes les plus complexes par le fait qu'il doit pousser le fil à se fondre dans la partie chaude de l'extrudeuse. Il est entraîné par un moteur pas à pas qui fait partie intégrante du mécanisme.

12. Montage de l'extrudeuse chauffante :

Elle doit être montée sous la partie mécanique et a pour but de chauffer le fil en plastique jusqu'à l'amener à la température de fusion et de le faire sortir de la buse d'un diamètre de 0,5 mm.

13. Montage de la plaque d'impression :

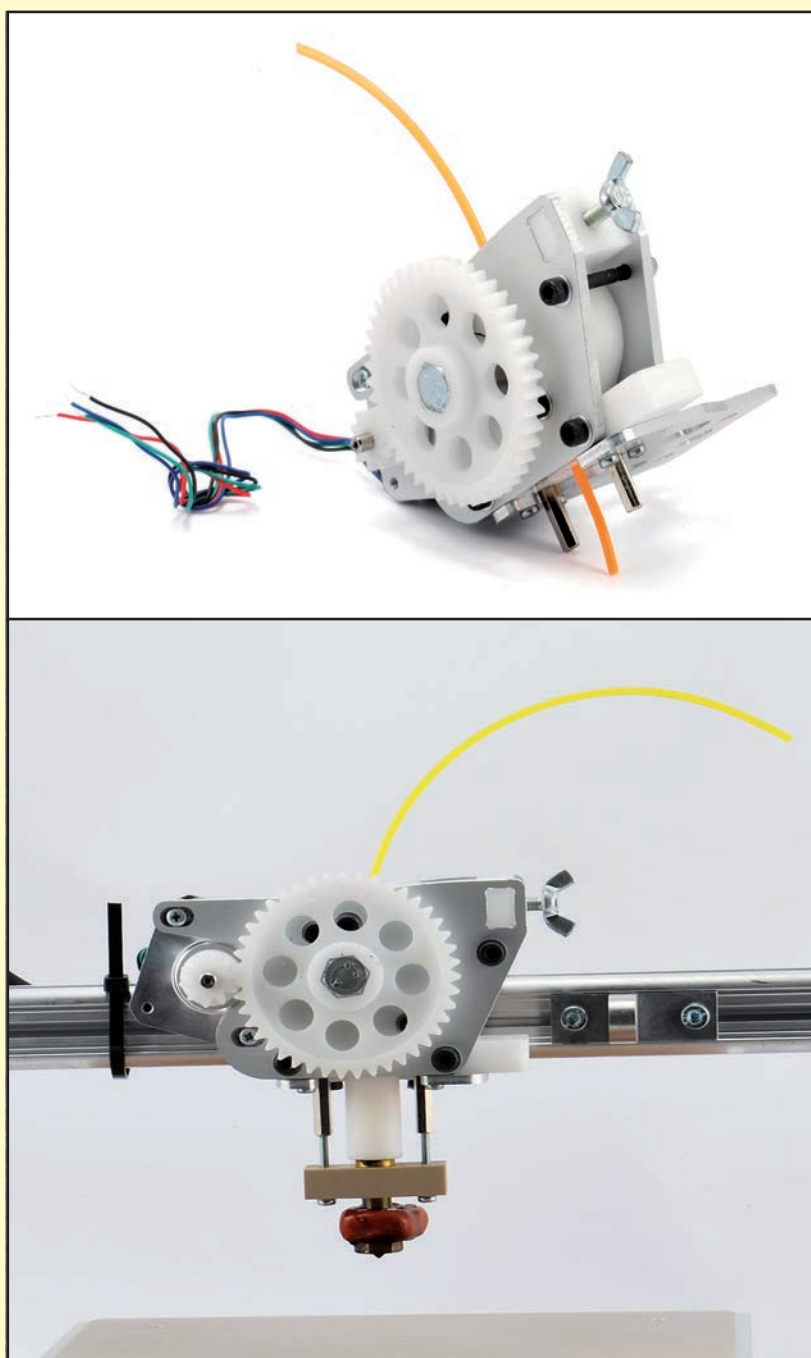
La plaque d'impression est montée sur son support au moyen de quatre rondelles de réglage qui, en phase d'étalonnage, permettent d'obtenir un plan parfait.

14. Assemblage du support de bobine sur le châssis :

Le bras qui reçoit la bobine de matière plastique est fixé sur le côté le plus haut, à droite, de la structure de la machine.

15. Montage du ventilateur :

Le ventilateur est fixé au voisinage de l'élément chauffant au moyen d'un support métallique sur lequel est également fixé le commutateur de mise sous tension et hors tension.



16. Fixation de la carte électronique et des micro-interrupteurs sur le châssis :

La carte électronique de commande est fixée sur le côté vertical droit de la structure tandis que les trois micro-interrupteurs sont montés de manière à assurer un signal de « fin de course » pour les axes X, Y et Z.

17. Câblage électrique :

Le kit comprend tous les câbles et accessoires pour connecter à la carte électronique les 4 moteurs, les 3 micro-interrupteurs, le ventilateur, le système de chauffage de l'extrudeuse avec le capteur de température et l'alimentation électrique de 15V 4 A.

18. Connexion au PC :

La connexion est réalisée à l'aide d'un câble USB et est utilisée pour commander le système avec le logiciel présent sur l'ordinateur, mais aussi de mettre à niveau le programme de la carte.

19. Calibration de « fin de course » des axes X, Y :

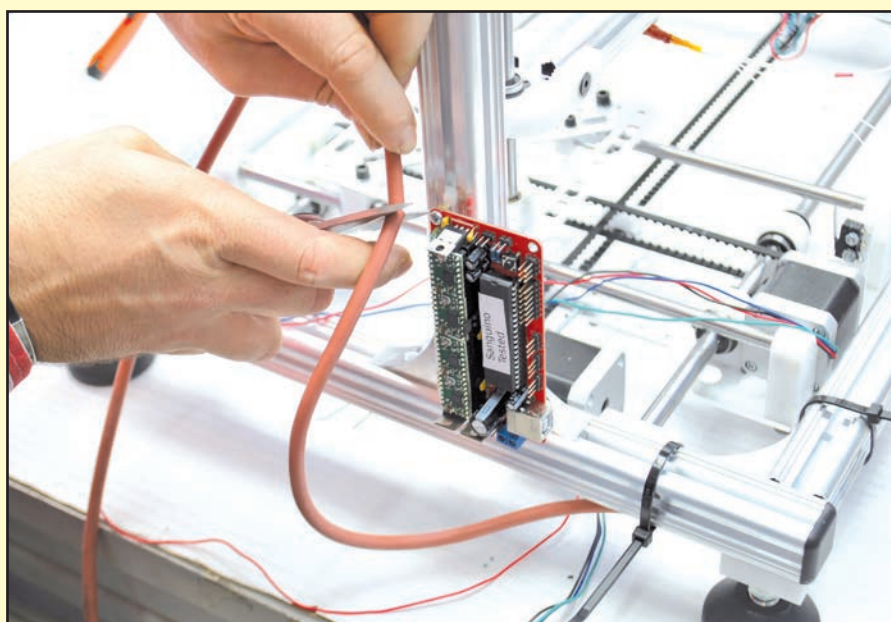
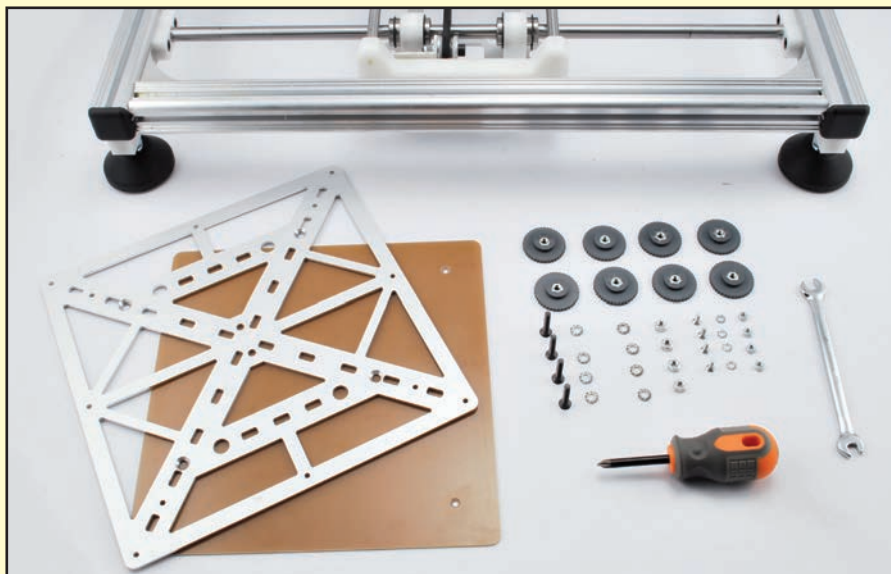
Les axes X et Y sont calibrés à la position 0 au moyen de vis qui agissent sur deux micro-interrupteurs.

20. Réglage de « fin de course » de l'axe Z et de son bras :

Le réglage de « fin de course » de l'axe Z nécessite un soin particulier, ainsi qu'une planéité parfaite de la plaque d'impression. Le point « 0 » de l'axe Z doit être ajusté de sorte qu'il se trouve à 2 ou 3 dixièmes de millimètres par rapport au plan, quelle que soit la position du plan X et Y.

21. Réglage de la plaque d'impression :

Pour effectuer le réglage de la plaque, il faut régler les 4 vis dans la partie inférieure de la plaque d'impression afin d'obtenir une parfaite planéité de celle-ci.



Le site www.3dprint.electroniquemagazine.com vous aidera dans la préparation mécanique et le câblage électrique des différents éléments qui composent notre imprimante 3DRAG.

Il est évident que la table ou le bureau utilisé doit être fermement fixé au sol, et doit être capable de résister à des contraintes sans entrer en résonance ou en oscillation. Essayez avec la main de faire basculer l'ensemble, s'il reste sensiblement stationnaire essayez d'ajuster au mieux, sinon, si l'ensemble vacille, il est préférable de chercher autre chose.

L'impression à des vitesses élevées, supérieures à 90 mm/s, par exemple, crée une série de contraintes sur les axes X et Y de manière à transmettre celles-ci à la surface sous-jacente. Si l'ensemble commence à vaciller, il est presque certain que le positionnement de l'extrudeuse (tête d'impression) sur l'axe des Z va être touché, affectant ainsi le résultat final.

La structure de la **3DRAG** est de nature à minimiser les jeux et les vibrations, mais si l'imprimante est positionnée sur quelque chose d'instable, un jeu inévitable apparaîtra. Sur ce point, nous tenons à insister sur le fait que nous avons vu tout type d'imprimante **3D RepRap** être tout simplement affectée par ce phénomène.

2 - L'alimentation de 12 VDC à 15 VDC

Si vous examinez la **3DRAG**, vous remarquerez qu'elle possède 3 moteurs dédiés correspondants aux 3 axes X, Y et Z, plus un moteur pour l'extrudeuse (« tête d'impression ») et le chauffage de la matière plastique.

Chacun de ces composants absorbe une quantité d'énergie importante, par exemple l'extrudeuse peut consommer jusqu'à 20 watts soit avec 1,7 A et avec une résistance d'environ 6,8 Ω pour le chauffage.

Les moteurs consomment chacun environ 1,25 A et même s'ils ne sont pas en puissance maximale, il est facile d'arriver à 3 A au total, avec un pic à 4 A. Si l'alimentation utilisée n'est pas assez puissante, l'imprimante peut se comporter de manière insatisfaisante en perdant quelques pas d'impression ou en ne maintenant pas correctement la température.

Lors de nos tests, nous avons constaté que des alimentations multi-tension, de type de celles utilisées pour les ordinateurs portables, n'arrivait pas à fournir le courant nécessaire sans fluctuations appréciables de la tension de sortie. L'importateur de ces produits d'origine Chinoise nous a fait comprendre que la puissance indiquée sur l'emballage ne correspond malheureusement pas toujours à la réalité.

Parce que votre **3DRAG** a un certain coût, économiser sur l'alimentation pourrait être un mauvais choix, donc vérifiez les caractéristiques : 12 ou 15 VDC et au moins 4 A soit une puissance nominale d'au moins 50 W, et une puissance supérieure serait un choix judicieux.

3 - L'ordinateur

Pour les lecteurs qui ont lu l'article consacré à l'imprimante 3D publié dans le numéro 123 d'Électronique et Loisirs Magazine, savent déjà que l'imprimante ne reçoit pas directement des commandes du port USB (équipée d'un convertisseur série), mais un fichier au format texte contenant des commandes **G-code**.

Le programme du microcontrôleur transforme ces commandes en déplacement des différents moteurs et

de l'extrusion de la matière plastique du fil en fusion. Le **G-code** représente essentiellement l'objet sous la forme de **couches bidimensionnelles**, l'imprimante ne fait aucun traitement spécial, elle se limite à la gestion des paramètres fonctionnels tels que les accélérations, la correction continue de la température de l'extrudeuse. L'ordinateur est donc indispensable pour effectuer une série de fonctions qui vous permettent de passer du modèle au format **STL** ou format **OBJ (stéréolithographie ou maillage 3D)** au modèle au format **G-code** pour l'imprimante.

Certaines opérations, telles que le tranchage (**slicing**), nécessitent des quantités importantes de mémoire RAM, et au moins la puissance de traitement d'un Dual-Core. Un Netbook pourrait être suffisant pour envoyer du G-code à l'imprimante, mais ne serait pas assez puissant si vous prévoyez de faire du slicing.

Du point de vue de l'espace disque, les modèles 3D ne sont pas particulièrement volumineux et déjà le **Méga-octet (Mo)** est une taille significative pour un modèle. Le logiciel occupe peu d'espace, même si un poste de travail complet doit inclure un environnement de développement IDE Arduino pour la reprogrammation du firmware. Sur le plan pratique, nous vous recommandons également de stocker les fichiers **G-Code** générés par le logiciel afin de gagner du temps lorsque vous souhaitez reproduire un objet.

Le système d'exploitation que nous avons utilisé pour nos tests est Windows 7, mais vous pouvez aussi utiliser Linux et MAC OSX. Les logiciels Repetier Host, Skeinforge et Slicer existent pour Linux, Windows 32 et 64 bits et MAC OSX.



Type de câble USB nécessaire pour connecter le PC à l'imprimante 3DRAG.

Vous les trouverez en téléchargement sur notre site dédié à l'imprimante 3D. Pour les besoins de cet article, nous ne considérons pas l'aspect de la modélisation 3D, car il y a beaucoup de logiciels disponibles et chacun d'entre eux nécessiteraient un article séparé juste pour faire une présentation.

Ce n'est pas notre objectif de vous apprendre à modéliser, par contre nous tenons à vous guider à travers le processus de la première impression et du développement d'un objet déjà prêt au format STL.

4 - La connexion à Internet

Cela est essentiel à la fois dans la première phase pour le téléchargement initial des logiciels, et pour télécharger les mises à jour et les modèles 3D que nous mettrons à disposition.

Pour toutes les opérations concernant le tranchage (slicing) nous vous recommandons d'utiliser le programme **Repetier-Host**, tandis que le firmware Marlin est recommandé pour la 3DRAG. Les logiciels sont disponibles sur notre site : www.3dprint.electroniquemagazine.com avec éventuellement les dernières mises à jour. **Repetier-Host** est un package qui contient tout ce dont vous avez besoin pour commencer et il comprend également un logiciel pour trancher qui est actuellement représenté par **Slic3r** et **Skeinforge**. Difficile de dire qui est le mieux des deux, Slic3r semble plus convivial que Skeinforge.

En téléchargeant **Repetier-Host**, vous aurez le package d'installation qui pourra accueillir tous les logiciels nécessaires dans leurs répertoires respectifs.

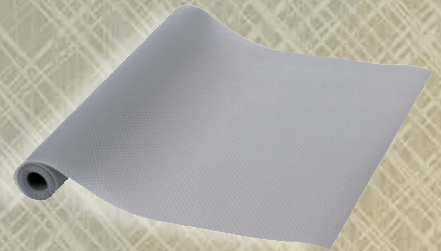
Le firmware **Marlin** est disponible sur notre site, mais comme il s'agit du code pour compiler avec l'environnement de développement IDE de l'Arduino, il doit être téléchargé sous la forme de fichier ZIP et décompresser sur votre PC.

Ouvrez ensuite le fichier « **Marlin.pde** » avec un IDE 0022 ou 0023 (les versions ultérieures ne sont pas compatibles avec le firmware en raison des changements des noms des bibliothèques et autres modifications).



Pour enlever l'objet imprimé de la plaque de vetronite, vous pouvez utiliser un couteau avec une lame large.

Pour préserver le bureau, il est conseillé d'installer la 3DRAG sur un tapis en caoutchouc.



La carte électronique de l'imprimante peut également être programmée avec un firmware différent de celui de Marlin, il y en a plusieurs autres - mais il est important que vous définissiez des valeurs correctes dans le fichier de configuration afin de vous assurer que quel que soit le firmware utilisé, la mécanique et les moteurs sont bien gérés.

Sur notre site vous trouverez une page dédiée à la **3DRAG** concernant le fichier « configuration.h » du logiciel Marlin afin d'optimiser les caractéristiques mécaniques et électriques de notre imprimante, mais attention à ne pas utiliser une configuration pour une version différente de celle qui a été prévue.

Nous proposerons également sur notre site www.3dprint.electroniquemagazine.com, que nous compléterons au fil du temps, des dizaines de modèles à télécharger et prêts à être imprimés au format STL.

5 - Un câble USB

La connexion entre l'ordinateur et l'imprimante nécessite un câble de **connexion USB** avec un connecteur de **type B**, utilisé sur certaines imprimantes et sur la carte Arduino UNO. Il y a quelques années il était le type le plus commun de câble USB, alors qu'aujourd'hui les câbles sont presque toujours munis d'un connecteur mini ou micro USB à une extrémité pour la connexion à d'autres hubs, lecteurs de cartes mémoire, Smartphones et tablettes. Le câble ne doit pas être trop long, mais il doit être

choisi de manière à relier directement l'imprimante à votre ordinateur, sans concentrateur USB (ou Hub).

Les spécifications indiquent que la longueur maximale ne doit pas dépasser 5 mètres, au-delà un répéteur doit être utilisé.

6 - Au moins 500 grammes de fil en PLA de 3mm

Les matériaux disponibles pour imprimer avec la technologie **FFF** (Fused Filament Fabrication) sont principalement au nombre de deux : l'**ABS** et le **PLA**. Le premier est une matière thermoplastique qui est obtenue par mélange de trois composants qui sont l'**Acrylonitrile**, le **Butadiène** et le **Styrène**. Les caractéristiques de l'ABS peuvent être modifiées en jouant sur le rapport des trois composants et les modifications concernent la température de fusion, la plasticité et la résistance du matériau.

L'**ABS** utilisé pour les imprimantes 3D a une température de fusion comprise entre **230** et **260 degrés Celsius**, et en raison précisément de ces températures, il est soumis à une tension dans le système d'extrusion et souffre du phénomène de détachement dû à la dilatation et à la contraction de la matière en raison de l'amplitude thermique importante.

Le **PLA** est un matériau de fabrication récente, basé sur les matières premières organiques, biodégradables et respectueux de l'environnement.

Son nom complet est **polylactate** (ou **acide polylactique**). C'est un **polymère** entièrement **biodégradable** qui, dans sa forme native est présenté comme une substance de couleur neutre et légèrement laiteuse. Le PLA peut-être obtenu à partir d'amidon de maïs, un produit résultant de la fermentation des sucres ou de l'amidon sous l'effet de bactéries synthétisant l'acide lactique. Dans un second temps, l'acide lactique est polymérisé par un nouveau procédé de fermentation, pour devenir de l'acide polylactique. Sans aucun additif, à l'état solide il présente une certaine fragilité et une structure vitreuse. Avec l'ajout d'additifs appropriés, sa plasticité est augmentée et on peut changer sa couleur.

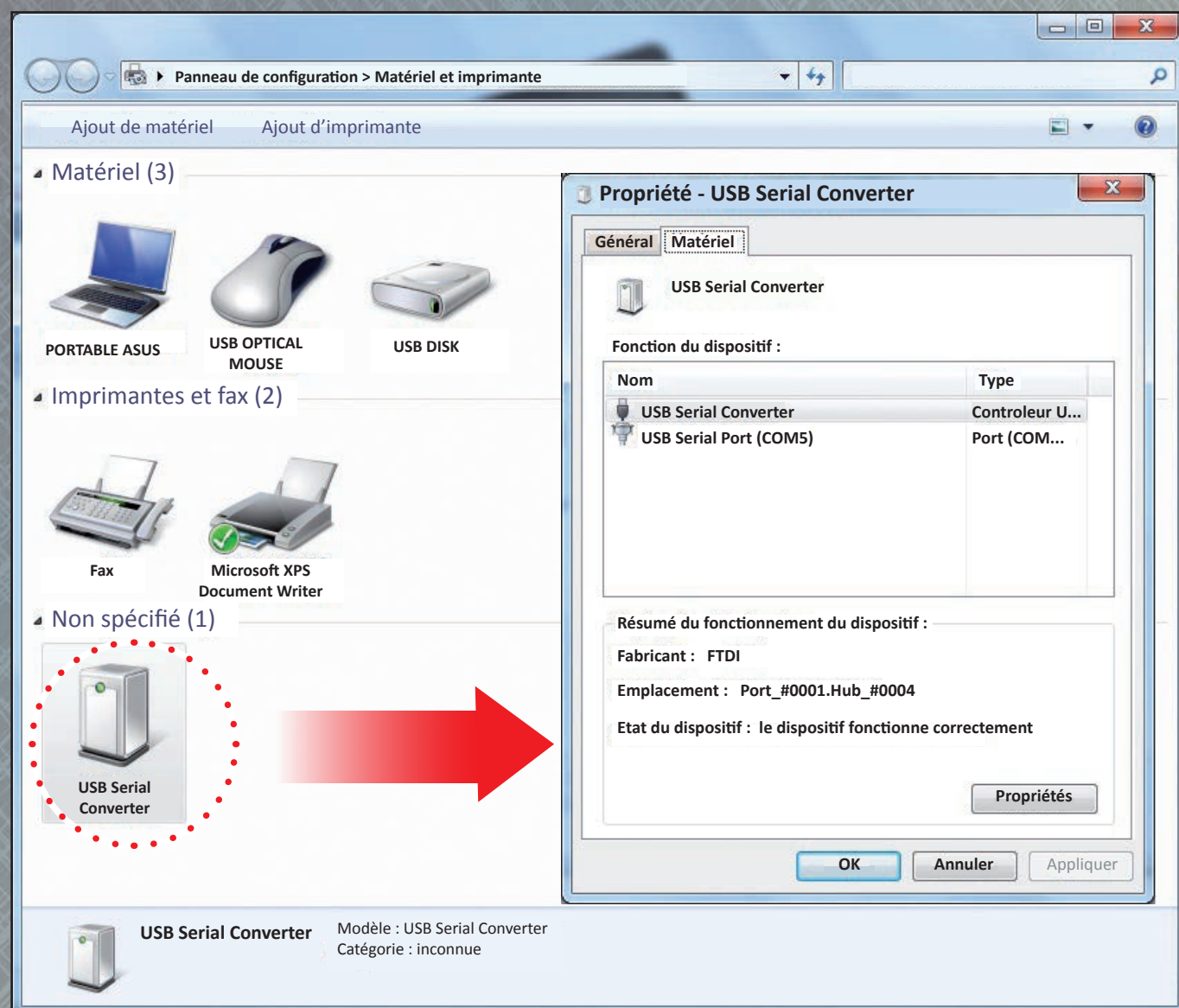
Par rapport à l'ABS qui est toujours opaque, on peut obtenir de l'APL avec couleurs transparentes ou semi-transparentes. Même avec le PLA, la température de fusion peut varier en fonction des additifs et de la plage de travail de l'imprimante 3D, elle varie de **190** à environ **220 degrés Celsius**, une température plus basse, moins problématique, avec une émission réduite de fumées.

Pour réaliser votre première impression, vous devez vous équiper d'une bobine de **PLA** d'au moins 500 grammes de fil d'un diamètre de 3 mm. Sur le marché, il existe deux diamètres – 3 mm et 1,75 mm – notre imprimante **3DRAG** utilise celui avec un diamètre **3 mm**.

Vous trouverez chez notre partenaire la société **COMELEC** (www.comelec.fr) de **nombreuses bobines de PLA de très haute qualité** en **différentes couleurs** et en **différentes tailles** de 3, 2, 1 ou 0,5 kg. **Les matériaux et la qualité du fil ont fait l'objet de nombreux tests de notre part** et tous les exemples que nous publions dans les articles consacrés aux **impressions 3D** ont été réalisés avec ces PLA.

7 - Un couteau avec une lame large

Le détachement de l'objet imprimé du support en verre époxy nécessite une certaine prudence et un couteau ayant une lame large, comme celui montré sur la photo ci-après.



Après avoir connecté le câble USB à l'imprimante et configuré correctement le PC, vérifiez que le pilote de la puce FTDI a bien créé un nouveau port série dans le panneau de configuration.

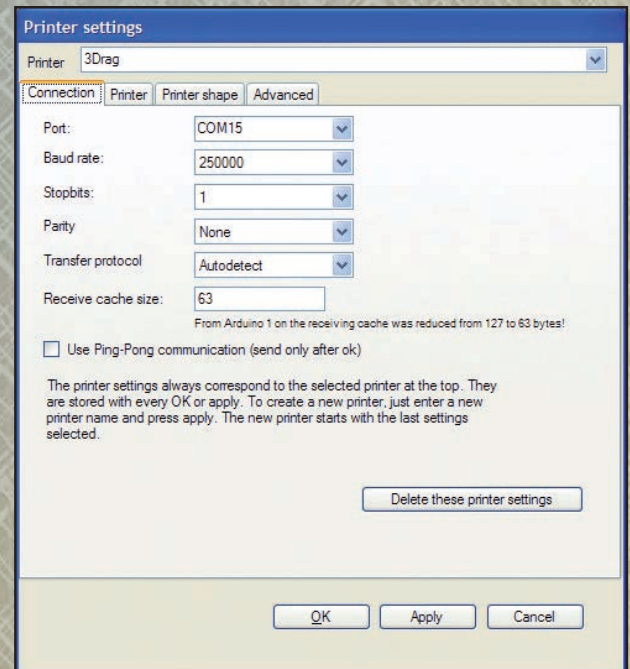
Si vous imprimez avec l'option « bord » activée dans **slc3r**, tous vos objets seront solidement ancrés à la vetronite, mais simplement en soulevant un coin avec la lame du couteau, puis en poussant la lame sous l'objet délicatement, vous obtiendrez un détachement en douceur. N'utilisez pas de cutter avec une lame mince car elle casserait facilement quand vous voulez enlever l'objet.

8 - Un tapis de caoutchouc pour protéger le bureau

L'extrudeuse de votre 3DRAG fond à haute température le PLA ou l'ABS et il est tout à fait normal qu'il y ait un peu de gouttes de matière en fusion qui sortent de la buse quand elle n'imprime pas, cependant cette matière est à haute température.

Selon l'emplacement de la plaque d'impression, la matière pourrait atteindre la surface du bureau et endommager ce dernier. En plus de cela, l'imprimante doit être installée de manière stable et par conséquent nous suggérons l'utilisation d'un tapis en caoutchouc, capable de protéger la surface du bureau des gouttelettes

Avec Repetier-Host, la première des choses à faire est de créer le profil de la configuration de l'imprimante en enregistrant le nom et en cliquant sur le bouton « Appliquer » (Apply).



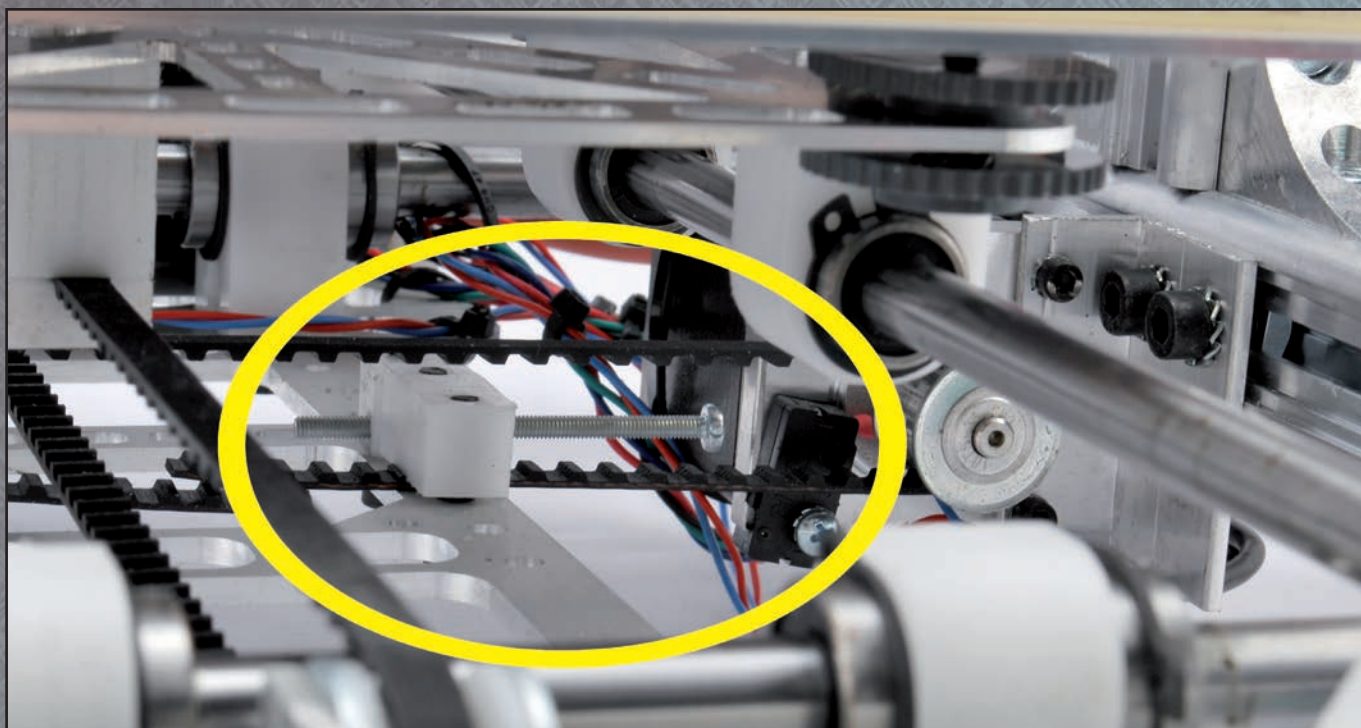
de matière plastique en fusion et en même temps d'empêcher l'imprimante de perdre de l'adhérence et de se déplacer sur le bureau. Par exemple, un tapis de dimensions 150 x 50 cm, avec une structure à bulle d'un côté et de l'autre côté une surface lisse qui assure une bonne étanchéité et un nettoyage facile.

9 - Tournevis, petites pinces, petit couteau et lime à ongles

Pendant la première phase de mise en œuvre vous aurez besoin de quelques outils pour travailler sur des vis et des boulons qui maintiennent la plaque d'impression, et avec une pince à bec effilé, vous pouvez retirer de l'extrudeuse



Réglage du fin de course de l'axe Y (ci dessus) et de l'axe X (ci-après) en vous aidant d'un tournevis.



le fil qui coule sans vous brûler. Le petit couteau et la lime sont deux outils indispensables pour affiner les objets qui viennent d'être imprimés. Si la **3DRAG** est calibrée correctement, vous aurez très peu de finitions à faire, et lorsque que vous retirerez l'objet de la plaque d'impression à l'aide du cutter, il faudra passer un coup de lime pour les imperfections. Il est possible que des impressions créent des fils minces entre deux points éloignés de l'objet, mais appartenant à la même tranche horizontale. Ces fils peuvent être enlevés avec un simple briquet, mais ne vous attardez pas trop sinon il pourrait prendre feu ou l'objet pourrait se ramollir et se déformer.

MISE EN ŒUVRE

Avec tout le matériel disponible et listé, le logiciel téléchargé sur votre ordinateur, vous pouvez procéder à l'installation de l'imprimante. Branchez le câble USB à l'imprimante, l'alimentation de l'imprimante, puis branchez le câble USB à l'ordinateur et vérifiez que le pilote pour la puce FTDI a correctement été installé, en créant un nouveau port série. Si le port ne semble pas être présent, c'est que le pilote n'a pas été trouvé. Il peut être dans l'environnement de développement de l'IDE Arduino, dans le dossier des pilotes.

Il y a une possibilité que le pilote se trouve dans un dossier « zip » par exemple « **FTDI USB Drivers.zip** » en fonction de la version que vous avez téléchargée, mais l'important c'est d'utiliser le pilote fourni avec l'environnement Arduino.

Le numéro du port **COM** peut avoir une **valeur très grande** et cela dépend du nombre d'appareils équipés d'un port série, y compris virtuels, qui ont été connectés à l'ordinateur avant l'imprimante. Une clé UMTS ou un dongle Bluetooth, par exemple, peuvent créer différents ports série et si vous en avez utilisé par le passé, ne soyez pas surpris si vous avez une imprimante dont le port est **COM20** ou plus. Si vous avez d'autres appareils avec des ports série assurez-vous que l'imprimante est correctement installée, vérifiez le matériel dans le panneau de configuration.

LA CONNEXION AVEC REPETIER-HOST

Lancez **Repetier-Host** et cliquez sur l'icône de configuration de l'imprimante (en haut à droite marqué « **Paramètres de l'imprimante** » ou « Printer settings »), ensuite créez le profil de la **3DRAG**.

Parmi les 4 fenêtres vous pouvez modifier les paramètres du port de communication utilisé, la taille de la zone d'impression (200 x 200 x 200). Vous pouvez également choisir la fréquence de rafraîchissement de la température : la valeur par défaut est de 3 secondes, et le minimum de 1 seconde. Vous pouvez également changer le point où vous placez l'imprimante après l'impression, d'habitude le point est **0,0** (x, y).

La 3DRAG n'a pas de zone de récupération du filament fondu qui coule pendant l'attente du début de l'impression, et l'extinction de l'extrudeuse à la fin de l'impression. Regardez bien les 4 fenêtres et n'oubliez pas de donner le nom du profil de la 3DRAG (en l'écrivant dans le champ en haut) avant de cliquer sur le bouton « Appliquer » (Apply). De cette façon, vous conservez les valeurs par défaut, et vous aurez votre profil de la 3DRAG. La prochaine étape après ces réglages est la connexion entre le logiciel et l'imprimante.

Appuyez sur le bouton « **connect** » en haut à gauche et voyez ce qui se passe dans la fenêtre de commande de la partie inférieure de l'interface. Vous devriez voir une série de lignes défiler, dont une qui vous indique que la 3DRAG est connecté avec le firmware **Marlin**.

RÉGLAGES DE FIN DE COURSE

Lorsque la connexion est établie, l'interface est activée dans le panneau de contrôle, nous devons alors effectuer les différents réglages de fin de course. Chacun des trois axes X, Y et Z sont en fait calibrés à la position 0, détectée par un micro-interrupteur qui est normalement fermé et qui appuie sur une vis « fixée » à son mouvement relatif.

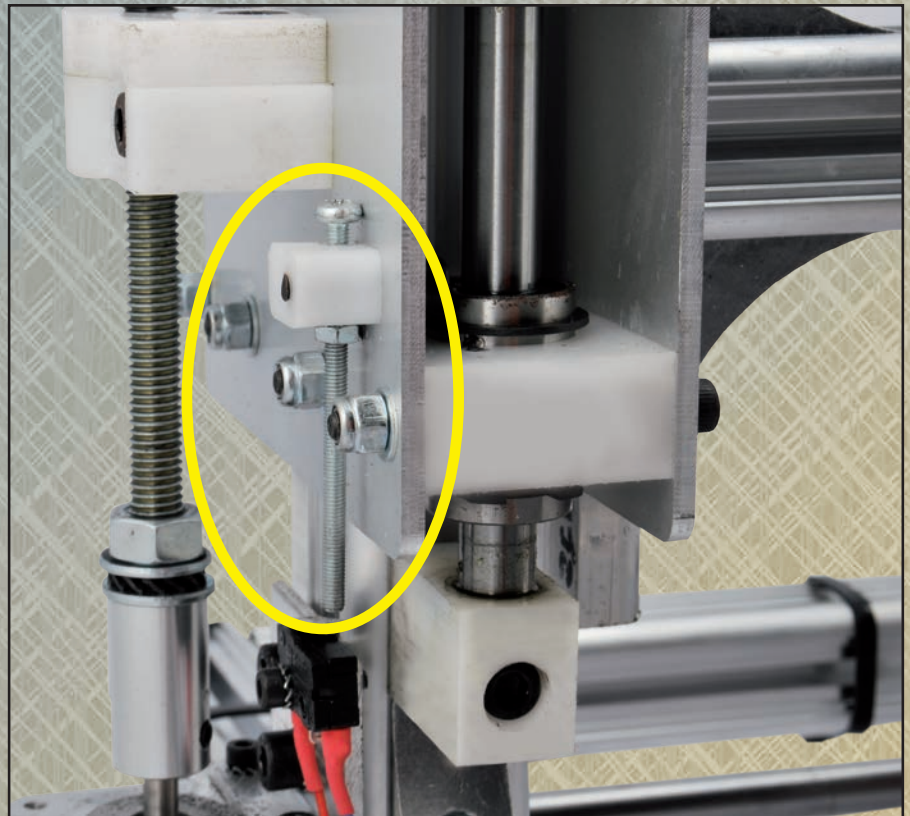
La vis doit être ajustée pour obtenir une position satisfaisante et permettre de profiter de l'ensemble du plan d'impression prévu. Alors que les axes X et Y ne sont dans l'ensemble pas très compliqués à régler et peuvent être vérifiés en cliquant sur l'icône de la maison représentant les axes X et Y, le **réglage de l'axe Z nécessite des soins particuliers.**

Puisque la 3DRAG est capable d'imprimer des couches de 0,1 mm, il est également clair que la planéité de la plaque d'impression doit être parfaite par rapport à l'extrudeuse. Il est nécessaire **d'ajuster le « 0 » de l'axe Z pour que le haut de la buse d'impression soit à 2 ou 3 dixièmes de millimètre par rapport au plan**, quelle que soit la position des plans des X et Y.

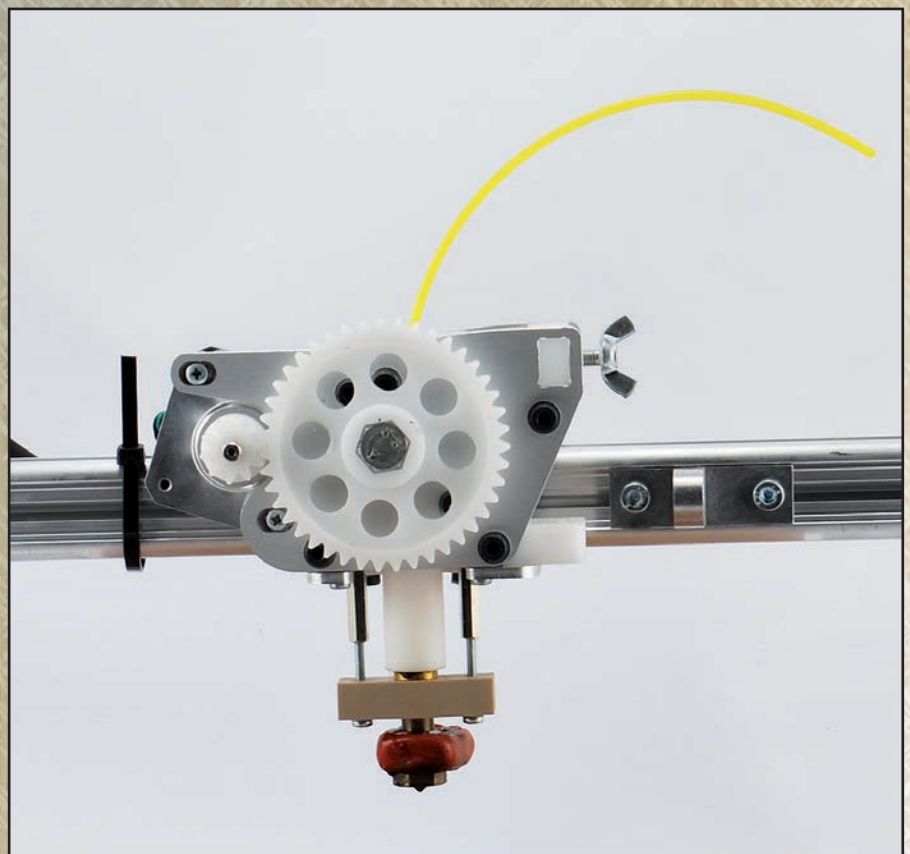
Pour obtenir ce résultat, nous devons réaliser des réglages fins : dans la partie inférieure de la plaque d'impression, se trouvent 4 vis de réglage, composée chacune d'un pied ayant à l'intérieur un boulon et une vis fixée à la plaque d'impression.

Chacun des pieds permet de soulever ou d'abaisser la plaque d'impression par rapport à son angle (coin), avec une extrême précision. Le calibrage doit être fait afin de maintenir l'extrudeuse et la plaque à la même distance en chaque point.

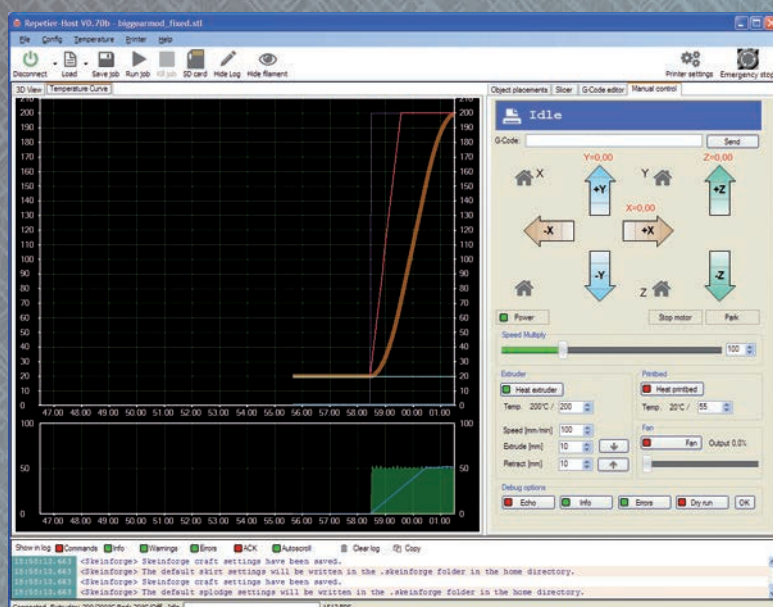
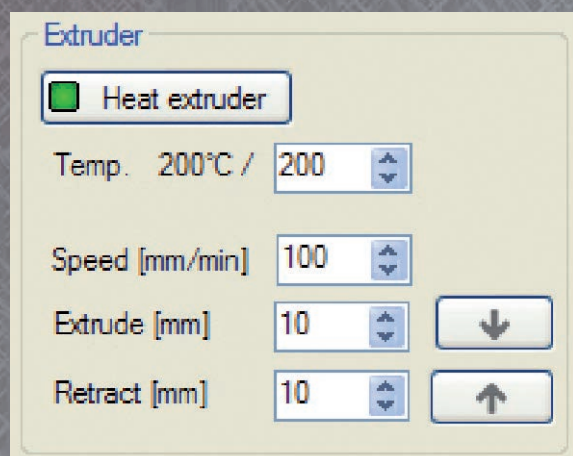
Prenez un repère sur l'axe Z de manière à amener l'extrudeuse presque en contact avec la plaque d'impression (vous avez déjà effectué précédemment le réglable de fin de course de cet axe). Vous pouvez utiliser une feuille de papier pour vérifier que l'extrudeuse ne touche pas la surface d'impression, mais qu'elle ne soit pas trop soulevée.



Ici vous apercevez l'extrémité de la vis de réglage de fin de course de l'axe Z avec le micro-interrupteur correspondant.



Ici l'extrudeuse avec le moteur et le mécanisme d'entraînement du fil à l'intérieur de la buse en laiton chauffée, d'un diamètre intérieur de 0,5 mm.



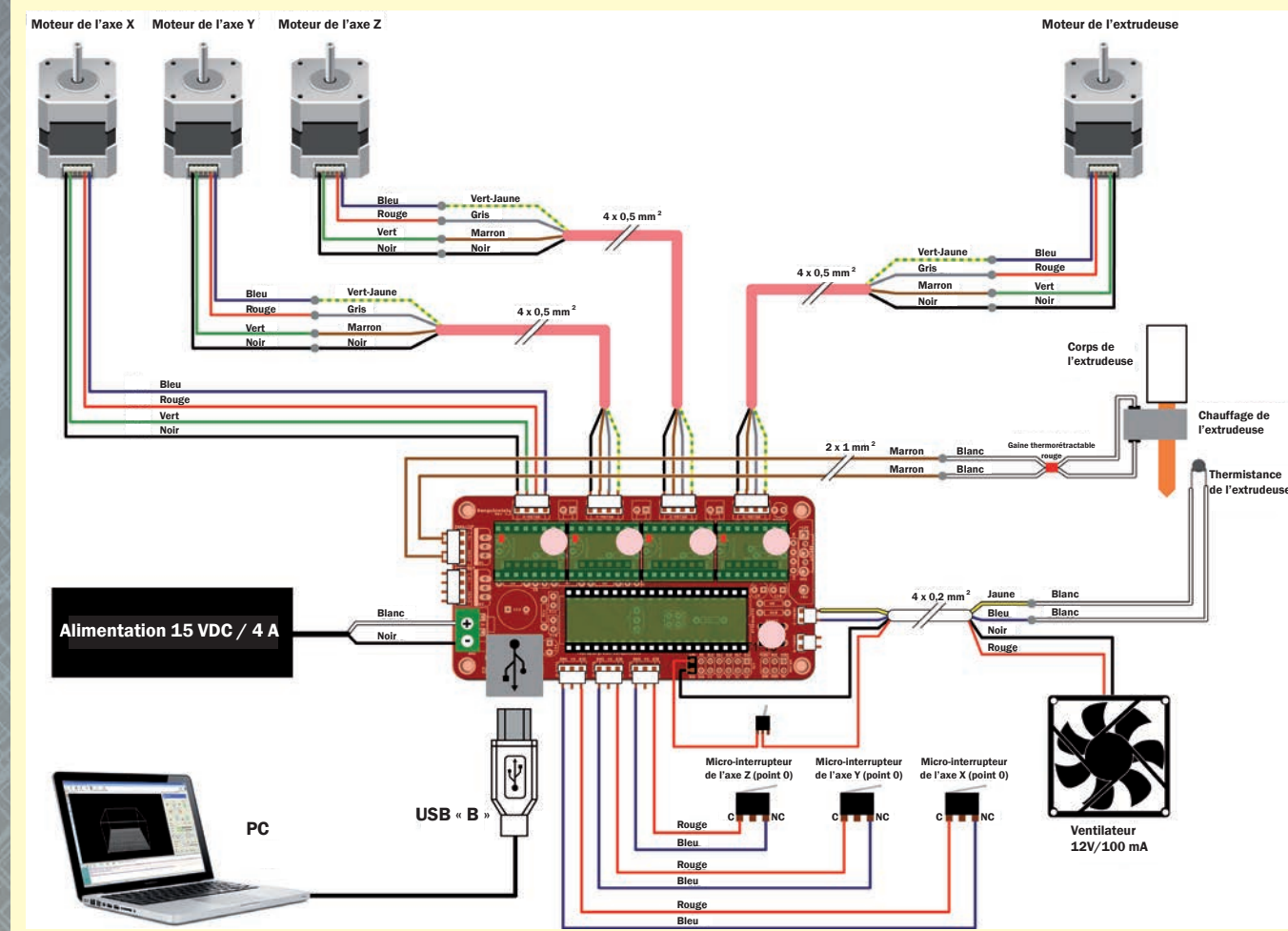
Vous pouvez suivre l'évolution de la température de l'extrudeuse à l'aide du graphique à partir du PC.

Vous devez être en mesure de glisser entre l'extrudeuse et la plaque une feuille sans laisser aucun espace.

Même l'épaisseur d'une carte de visite est trop importante par rapport à ce dont nous avons besoin.

Déplacez la plaque d'impression dans un autre coin et répétez la procédure avec la feuille de papier pour régler

Calibrer les drivers de puissance



les pieds d'un autre angle et ainsi de suite. Contrôlez chacun des 4 coins pour voir s'il n'a pas affecté - même un peu - les trois autres. Déplacer la plaque d'impression au centre en l'alignant sur l'extrudeuse et vérifiez que la distance est toujours égale à l'épaisseur de la feuille de papier.

Effectuez un déplacement vertical sur l'axe des Z de quelques centimètres vers le haut et puis prenez un point de référence pour vérifier que la distance exacte est maintenue même après ce mouvement vers le haut et vers le bas. Si l'espace entre la plaque et l'extrudeuse a été modifié, agissez sur la vis de réglage associée au micro-interrupteur de l'axe Z, sans toucher aux réglages des pieds.

Répétez cette opération jusqu'à ce que la distance entre la plaque et l'extrudeuse

soit toujours la même en tout point et égale à l'épaisseur d'une feuille de papier.

VÉRIFIONS L'EXTRUDEUSE

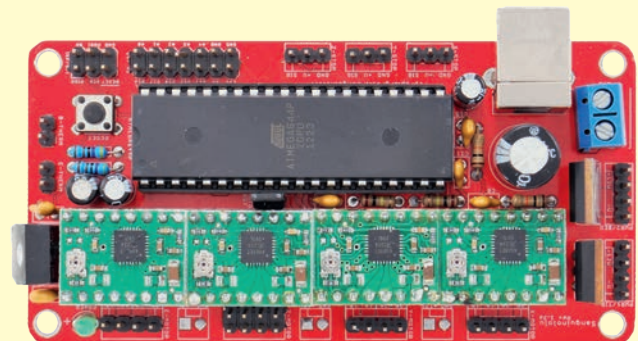
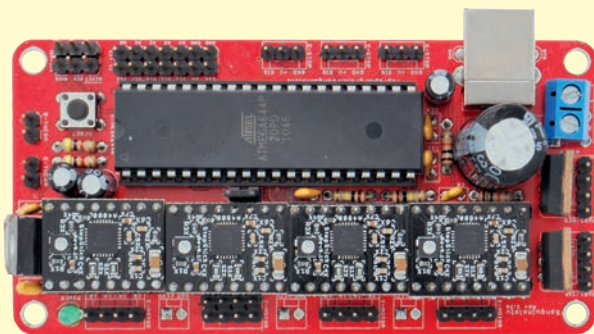
Maintenant, portons notre attention sur l'extrudeuse, pour utiliser l'imprimante il est important de bien comprendre comment elle fonctionne, et comment le fil passe de l'état solide à l'état liquide.

Le trajet du fil en matière plastique débute à partir de la bobine disposée sur un support dont les roulements sont placés dans le coin supérieur droit de l'imprimante, puis le fil passe à travers un tampon nettoyeur et descend vers la partie supérieure de l'extrudeuse, où il pénètre dans le guide et avance en direction de la roue dentée. Les dents assurent une bonne adhérence sur le fil

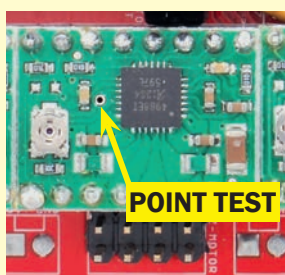
grâce à la butée maintenue par la pression du ressort. Si le ressort n'est pas assez tendu, le fil ne sera pas entraîné d'une manière uniforme, mais pourra bouger, tandis que si le ressort est trop tendu, il y a risque de déformation du fil avec des problèmes lors de l'extrusion. Ensuite, juste après la roue dentée se trouve un trou qui guide le fil vers le cylindre en Téflon d'un diamètre interne de 3 mm. A la fin de ce cylindre se trouve une buse en laiton calibrée avec un trou à son extrémité d'un diamètre de 0,5 mm et chauffée par le bloc contenant la résistance de puissance.

La roue dentée déplace le système à deux engrenages de l'extrudeuse, et pousse le fil dans le tube en Téflon dont la partie en laiton chauffée fait descendre progressivement le fil vers son extrémité avant, en se ramollissant et fondant.

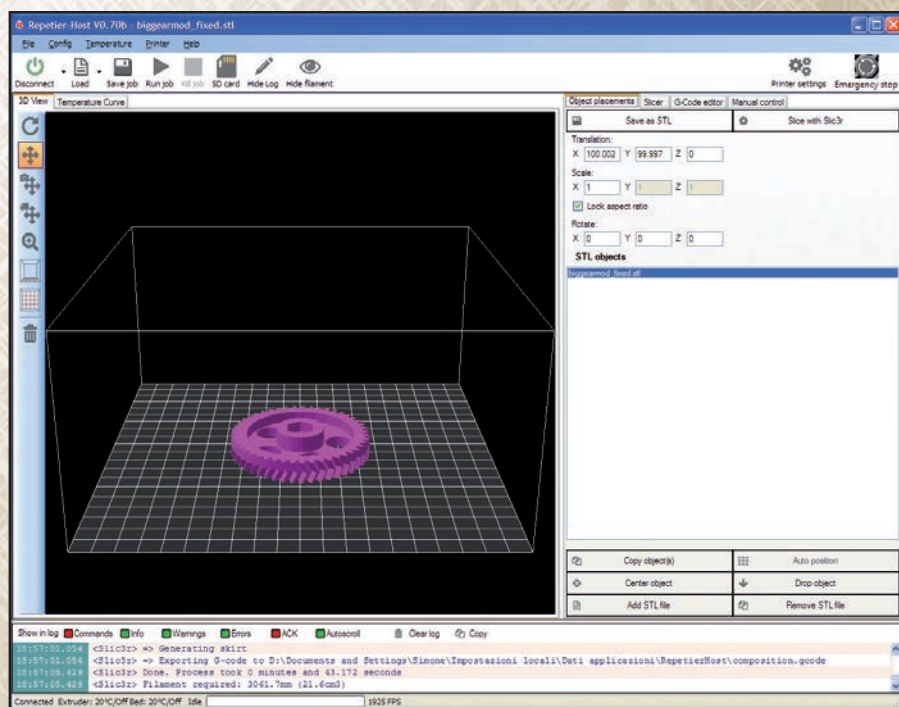
La carte de contrôle utilisée dans notre imprimante est une **Sanguinololu** qui comprend **4 drivers de puissance** qui commandent **4 moteurs pas à pas** (celui de l'extrudeuse et des 3 axes X, Y, Z). Les modules d'alimentation disponibles sur le marché sont essentiellement au nombre de **2** et sont facilement **identifiables par la couleur de leur circuit imprimé (PCB)**. Ces produits de la société **Pololu** ont des PCB de **couleur verte** alors que celles des autres fabricants ont des PCB de **couleur noire**. Les deux modules utilisent un trimmer pour le réglage de la limitation du courant de sortie maximal, ainsi que d'une série de résistances fixes, qui font partie du même réseau de limitation.



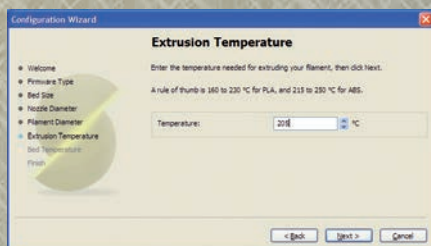
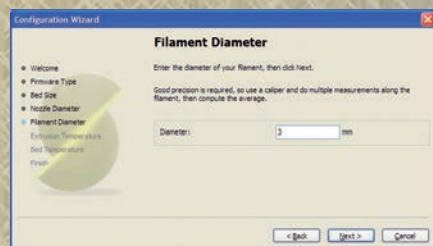
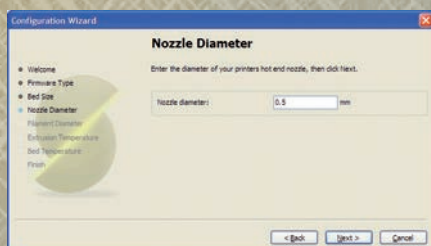
Dans notre imprimante **3DRAG**, les drivers sont **calibrés d'origine**, vous **ne devez pas les toucher** sinon cela peut détruire la puce utilisée. Cela vaut en particulier pour les modules de type **Pololu** (PCB verts) qui utilisent un réseau résistif fixe qui permet au driver de fournir un courant plus important que nécessaire, avec le danger de détruire immédiatement le module. Si vous avez besoin de remplacer et de réajuster l'un de ces modules afin de pouvoir utiliser notre **3DRAG**, procédez comme suit : débranchez tous les moteurs et alimentez la carte **Sanguinololu uniquement via le port USB** du PC. Avec un multimètre mesurez la tension entre le **point test** et la masse et réglez le trimmer pour lire **0,4 V** sur le multimètre. C'est tout.



Cette tension correspond à un **courant maximum de 1A**, compatible avec nos moteurs. Dans le cas du driver de couleur noire, il faut tourner complètement le trimmer pour obtenir le courant de 1A, dans ce cas, en effet, le réseau résistif fixe utilisé ne permet pas de dépasser cette valeur. En d'autres termes, les modules d'alimentation de ce type, tout en utilisant la même puce que le modèle **Pololu**, qui est capable de fournir 2,5 A, sont limités par le réseau fixe à 1 A, cependant ce courant est plus que suffisant pour notre **3DRAG**.



Voici à quoi ressemble le fichier STL téléchargé dans Repetier-Host avant de procéder à son tranchage.



Alors que, quand le fil est souple, la poussée de la roue dentée le fait s'étendre jusqu'à toucher les parois, ce qui crée un bouchon entre la partie en Téflon et la buse en laiton. C'est aussi la raison pour laquelle quand on retire le fil, il se crée une aspiration à la pointe qui bouche la sortie de matière en fusion. Si la buse s'est refroidie, le « bouchon » s'étend sur le bord et empêche de tirer le fil.

La première fois que vous insérez le fil, cela peut être un peu compliqué, car il faut couper le fil transversalement et l'incliner, la pointe en direction de la roue dentée. Cela vous aidera à insérer le fil dans le trou en dessous de la roue dentée. Vous pouvez soit choisir d'enfiler manuellement le fil dans le trou avec l'extrudeuse ouverte - c'est la partie qui pousse le fil à travers le roulement libre - ou avec le système d'entraînement de la roue dentée. Dans ce second cas, vous devez façonner à la main le fil de telle sorte qu'il soit droit ou recourbé avec la pointe vers gauche.

Appuyez dans l'interface de **Repetier-Host**, sur « **Contrôle Manuel** », puis sur « **Stop Moteur** » pour libérer les moteurs, ensuite, à la main, tournez dans le sens horaire la grande roue dentée de l'extrudeuse. Le fil sera tiré vers l'intérieur de l'extrudeuse et avec un peu d'attention en mesure de passer dans le trou du dessous.

A ce stade, vous pouvez serrer le ressort qui maintient la butée, en essayant d'obtenir une bonne adhérence et une pression pas trop excessive. Les dents de la vis procurent un bon grip et ne doivent donc pas trop serrer le câble sur elles. Maintenant activer le chauffage de l'extrudeuse, avec la « chaleur de l'extrudeuse » (**heat extruder**) réglée sur la **température 200 °C**. Vous pouvez suivre la variation de la température du chauffage en choisissant la « **courbe de**

Les différentes figures représentent les fenêtres de l'assistant de configuration du logiciel Slic3r, où les principaux paramètres de l'imprimante sont mémorisés. L'interface fournit des profils indépendants pour les paramètres d'impression, les paramètres du filament et les paramètres de l'imprimante.

Tableau 1 : configuration matérielle de la 3DRAG

```
// Sanguinololu 1.2 ci-dessus = 62
#define MOTHERBOARD 62
//=====Réglages Thermiques =====
// 5 est un thermistor 100K – ATC Semitec 104GT-2 (4.7k pullup)
#define TEMP_SENSOR_0 5
//Les résistances de pullups sont nécessaires si vous connectez directement un interrupteur de fin de course (ENDSWITCH) entre le signal et la
broche de masse.
const bool X_ENDSTOPS_INVERTING = false; // mettre la valeur à « true » pour inverser la logique des fins de course.
const bool Y_ENDSTOPS_INVERTING = false; // mettre la valeur à « true » pour inverser la logique des fins de course.
const bool Z_ENDSTOPS_INVERTING = false; // mettre la valeur à « true » pour inverser la logique des fins de course.
// Désactive l'axe quand il n'est pas utilisé.
#define DISABLE_X false
#define DISABLE_Y false
#define DISABLE_Z true
#define DISABLE_E false // Pour tous les extrudeuses
#define INVERT_X_DIR false // pour la Mendel mettez « false », pour Orca mettez « true »
#define INVERT_Y_DIR false // pour la Mendel mettez « false », pour Orca mettez « true »
#define INVERT_Z_DIR false // pour la Mendel mettez « false », pour Orca mettez « true »
#define INVERT_E0_DIR true // pour l'extrudeuse à entraînement direct v9 mettez « true », pour l'extrudeuse à engrenages mettez « false »
#define INVERT_E1_DIR true // pour l'extrudeuse à entraînement direct v9 mettez « true », pour l'extrudeuse à engrenages mettez « false »
#define INVERT_E2_DIR true // pour l'extrudeuse à entraînement direct v9 mettez « true », pour l'extrudeuse à engrenages mettez « false »
// REGLAGES DES FINS DE COURSE :
// Définit la direction des fins de courses au point d'origine ; 1=MAX, -1=MIN
#define X_HOME_DIR -1
#define Y_HOME_DIR -1
#define Z_HOME_DIR -1
// Limites des déplacements à partir du point d'origine
#define X_MAX_POS 200
#define X_MIN_POS 0
#define Y_MAX_POS 200
#define Y_MIN_POS 0
#define Z_MAX_POS 220
#define Z_MIN_POS 0
// Paramètres par défaut
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {64.25,64.25,2560,600} // réglage par défaut de l'unité pour l'Ultimaker
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE {500, 500, 50, 500} // (mm/sec)
#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {9000,9000,100,10000} // X, Y, Z, E vitesse maximale au début de l'accélération pour les déplacements. Les valeurs par défaut pour E sont bonnes pour les versions Skeinforge 40 +, pour les anciennes versions elles sont plus élevées.
#define DEFAULT_ACCELERATION 1000 // X, Y, Z et E accélération maximale en mm/s² pour les déplacements d'impression
#define DEFAULT_RETRACT_ACCELERATION 1000 // X, Y, Z et E accélération maximale en mm/s² pour se rétracter
```

température » en cliquant sur l'onglet correspondant. Le trait gras correspond à la température moyenne, et le trait fin rouge indique la température relevée. Dans la partie inférieure de l'écran, vous pouvez voir le graphe qui représente la puissance avec laquelle la résistance de chauffage est commandée. Lorsque la température atteint **200 °C**, vous pouvez positionner l'extrudeuse à 5 ou 6 cm de la plaque (cliquez sur la flèche + **Z** à droite vers le haut) et commencez à extruder le plastique en cliquant sur le bouton qui a une flèche pointant vers le bas et dont l'intitulé est « **Extrude [mm]** ».

La valeur que nous préconisons se situe entre **30 et 40 mm** de fil pour chaque pression de touche. On actionne le moteur de l'extrudeuse et le fil commence à descendre, jusqu'à ce qu'il remplisse la buse et alors l'extrusion du fil fondu commence.

Celui-ci doit descendre de manière uniforme et former un anneau sur la plaque d'impression, et en superposant anneau sur anneau au fur et à mesure que l'extrusion se poursuit. Si vous remarquez que le flux n'est pas continu ou que la roue dentée a des à-coups,

vous devez vérifier la pression du ressort sur la butée et réglez le potentiomètre du driver du moteur pas à pas.

Gardez à l'esprit que si vous extrudez un matériau avec les réglages que vous avez indiqués et que vous faites fondre le plastique à une vitesse supérieure à la normale il se peut que le plastique n'est pas le temps de chauffer correctement, il aura alors du mal à sortir de la buse. La pince vous permettra d'enlever les rouleaux de fil extrudés du verre époxy du plateau. Rappelez-vous que **le plastique est fondu à 200 °C** et que bien

qu'il semble solide, il peut être encore **très chaud**. L'extrudeuse est certainement plus chaude et **ne doit pas être touchée en toutes circonstances**. Le logiciel affiche la température mesurée et vous pouvez **toucher le bout de l'extrudeuse si et seulement si elle est inférieure à 45 °C**.

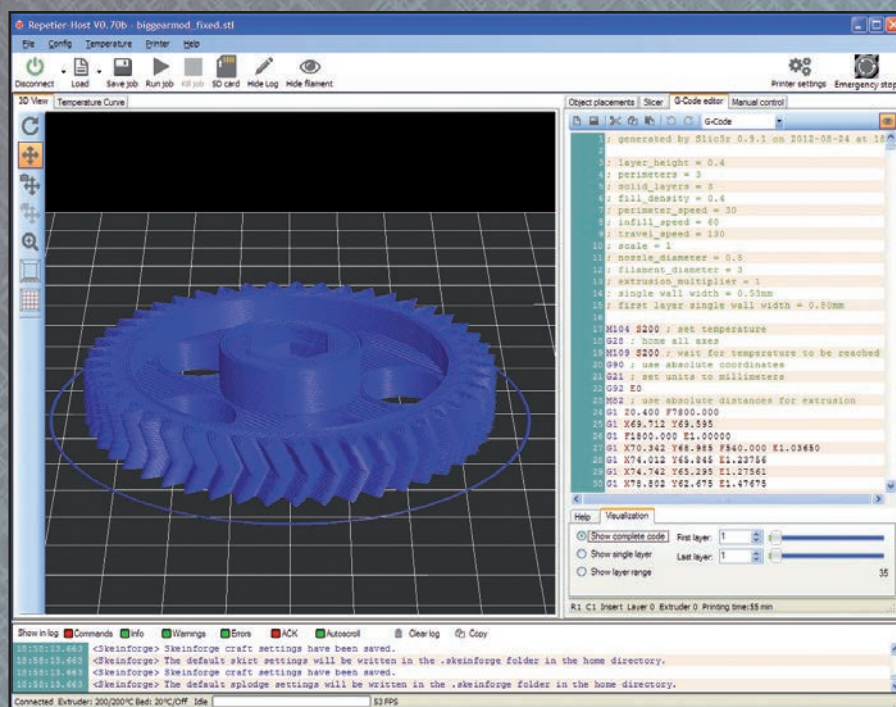
VERS L'IMPRESSION

Il est temps de télécharger votre premier fichier STL et procéder à son impression. Pour cela aller sur notre site et télécharger le fichier « **biggearmod_fixed.stl** ». Maintenant vous pouvez l'importer dans **Repetier-Host** en cliquant sur l'icône « **LOAD** » (Charger) et en sélectionnant le fichier.

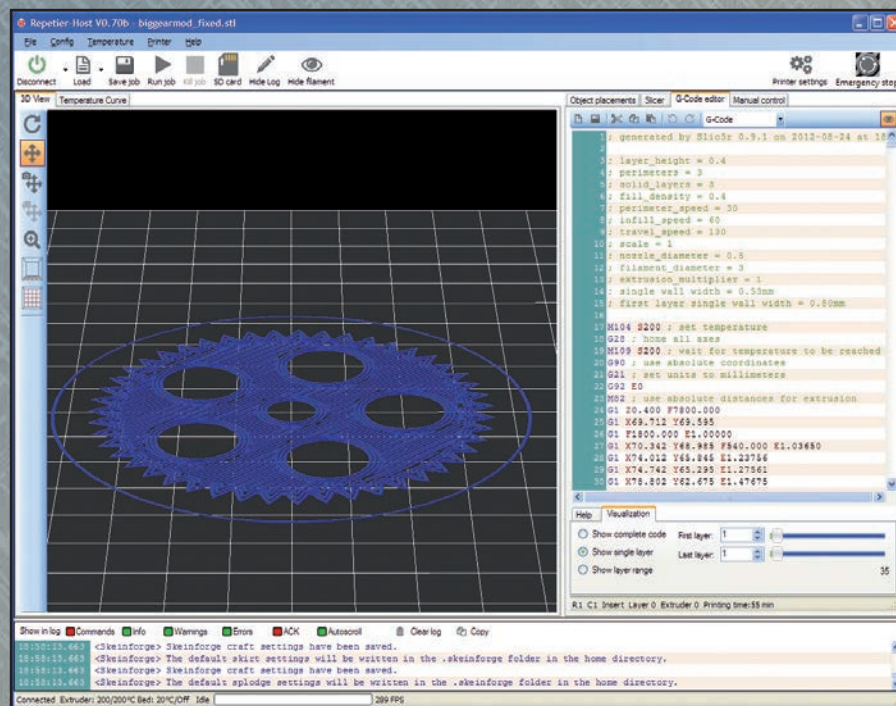
Allez à l'onglet « **Object Placement** » (Placement d'objets) et observez de quelle manière la roue dentée est positionnée par rapport au quadrillage qui représente votre surface d'impression avec un carré égal à un centimètre réel. Familiarisez-vous avec les différents icônes de la partie gauche pour vous déplacer, zoomer et faire pivoter la vue, mais aussi pour déplacer l'objet sur le quadrillage. Sur le côté droit de l'interface, vous trouverez différentes boîtes de dialogue pour gérer le chargement et le positionnement de plusieurs objets et, nous vous invitons à vous attarder sur les différentes options pour comprendre le fonctionnement de l'interface.

Repetier-Host est un bon programme et offre également plusieurs fonctions pour gérer les objets avant de les imprimer. Apprendre à l'utiliser peut permettre, par exemple la mise à l'échelle des modèles pour les rendre plus ou moins grands en fonction de votre volume d'impression disponible. Allez à l'onglet « **Slicer** » et sélectionnez le bouton « **Active** » dans la boîte de dialogue **Slic3r**, puis cliquez sur le bouton « **Configurer** ». L'assistant de configuration (« Wizard ») apparaît avec une série de fenêtres qui vont définir les principaux paramètres de l'imprimante à partir de laquelle vous allez imprimer.

Depuis la **version 9.1**, l'interface permet la création de profils indépendants des paramètres d'impression,



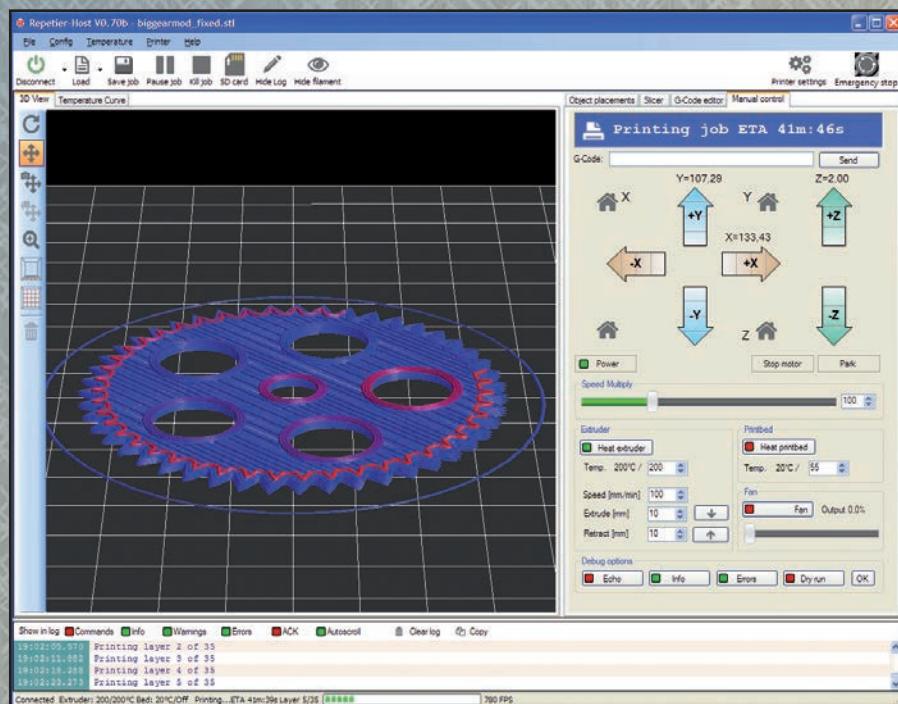
A la fin du processus de découpage, dans la fenêtre de l'éditeur G-Code, vous trouverez le code généré par Slic3r.



Utilisez le curseur pour vous déplacer entre les différentes « couches », puis choisissez « Visualisation », et activez « Show single layer » (Afficher une seule couche).

des paramètres du filament et des paramètres de l'imprimante. Chacun d'eux comprend un certain nombre de réglages, et nous vous recommandons de prendre le temps d'explorer les différentes fenêtres et options disponibles. Pour effectuer le tranchage, nous avons encore à créer au moins un profil pour chaque groupe de réglages.

Pour la **3DRAG**, la configuration optimale est disponible dans le **Tableau 1** et nous vous invitons à retranscrire les données sur votre ordinateur. Sélectionnez le profil que vous avez créé et enregistré le dans l'écran **Slicer** de **Repetier-Host** puis appuyez sur le bouton « **Slice with Slic3r** ». Attendez que le processus arrive à son terme, puis



Dans la fenêtre 3D de Repetier-Host, le fil qui vient d'être déposé s'affiche en rouge, tandis que celui qui a refroidi est en bleu.

vous verrez apparaître dans l'éditeur **G-Code** le code généré par **Slic3r** dans la fenêtre de droite. Notez qu'au début du code, se trouve une synthèse de tous les principaux paramètres utilisés pour générer le fichier d'impression. C'est très utile lorsque vous sauvegardez le fichier **G-code** pour chaque objet pour pouvoir le reproduire plus tard.

Au chargement du fichier tous les paramètres sont disponibles. Vous pouvez inspecter les différentes couches qui seront imprimées, en bas à gauche choisissez l'onglet « **Visualisation** », puis activez « **Show single layer** » (Afficher une seule couche). Le curseur vous permettra de passer entre les couches. Les contrôles sur la gauche vous permettent de faire pivoter, redimensionner et déplacer le contenu de

la fenêtre d'affichage. Si vous souhaitez enregistrer le **G-code**, utilisez l'icône représentant une disquette au-dessus de la fenêtre de texte qui affiche le code. Il peut être rechargé avec l'icône « **LOAD** » (chargement) qui vous permet d'ouvrir les deux types de fichiers **STL** et **G-code**, écrivez les informations dans l'onglet correspondant.

PRÊTS, IMPRIMONS !

Avec le modèle d'objet chargé, l'extrudeuse chauffée et l'imprimante calibrée et stabilisée, vous pouvez enfin appuyer sur l'icône « **Run Job** » et créer votre premier objet en 3D. Le plateau d'impression sera positionné à 0,0 et l'extrudeuse à 0, alors que la température va augmenter jusqu'à la

valeur réglée pour la première couche (généralement 5 degrés de plus). Lorsque la température est atteinte, il faudra encore 3 secondes et puis tout se passera bien.

La première chose qui va être tracée est le périmètre, il sert à délimiter la zone dans laquelle l'objet sera imprimé et permet également à l'extrudeuse de travailler avec un flux régulier avant de passer à l'objet lui-même.

Si vous avez effectué toutes les étapes attentivement, vous verrez apparaître une piste bien écrasée sur le plan d'impression, d'environ 0,5 mm de large et épaisse comme une feuille de papier, mais surtout homogène.

Si le pourtour s'avère plus écrasé ou plus mince sur un côté que sur l'autre, cela veut dire que le plan n'est pas parfaitement aligné avec l'axe Z. Si le défaut est léger, vous pouvez continuer l'impression, mais si le matériau extrudé adhère d'un côté mais de l'autre, il faut tout arrêter et recommencer l'étalonnage avec les pieds en dessous de la plaque d'impression.

La première couche est très importante car elle doit rester fixée à la plaque d'impression pour toute la durée de l'impression ainsi que la pièce. Si elle est trop « écrasée », vous obtenez une déformation des premières couches avec un effet d'évasement. C'est précisément parce qu'il y a une meilleure adhérence, que la vitesse de traçage de cette couche et la température de la matière plastique sont différentes : la vitesse est inférieure et la température est plus élevée.

Comme vous l'aurez remarqué, dans la fenêtre 3D de **Repetier-Host**, le dépôt du fil s'affiche, la couleur rouge correspond au fil qui vient d'être déposé alors que la couleur bleu correspond aux couches de fil plus froides. Une fois la première couche terminée, vous verrez bouger la vis qui déplace l'axe Z et le mouvement deviendra plus rapide sur les axes X et Y.

En premier ce sont les périmètres qui sont tracés et ensuite le remplissage.



Voici enfin le résultat de l'impression une fois la pièce nettoyée de toutes les petites imperfections à l'aide de la lime.

Pour l'engrenage, vous pouvez essayer de le réimprimer en définissant le **paramètre de remplissage** à **1**. Cela prendra plus de temps, mais la pièce finie sera beaucoup plus solide et robuste. Regarder la pièce se construire sur la plaque d'impression - comme nous aimons le dire - c'est un peu comme regarder l'herbe pousser.

Au début nous étions fascinés, par la suite nous laissons la **3DRAG** faire son travail d'impression qui est un processus assez fastidieux tandis que nous faisons autre chose.

Dans l'interface de **Repetier-Host**, en haut à droite vous avez une estimation du temps restant jusqu'à la fin de l'impression, tandis que dans la ligne du bas vous avez un décompte pour la couche en cours d'impression et le nombre total de couches de l'objet.

NOUS ARRIVONS À LA FIN

Lorsque la dernière couche est terminée, la plaque d'impression est repositionnée à 0,0, l'extrudeuse reste à l'endroit où elle s'est arrêtée et l'alimentation de l'appareil de chauffage est coupée. Après quelques minutes d'inactivité les moteurs sont également éteints.

Si les réglages ont été corrects, vous avez un engrenage solidement ancré à la plaque d'impression et vous devez maintenant le détacher délicatement sans l'endommager.

Prenez le grand couteau et insérez la lame sur 6 ou 7 centimètres, de sorte que vous êtes bien à plat sur la plaque d'impression. La pointe doit être poussée sous l'objet en faisant un peu pression, mais sans trop forcer.

Si la lame s'enfonce sous le plastique, au fur et à mesure des pressions successives, vous sentirez des petits craquements qui indiquent la séparation de l'objet de la vetronite. Ne vous précipitez pas et surtout ne poussez pas trop fort, car cela pourrait endommager la structure de l'imprimante ou - pire - faire partir un coup de lame. Vous ne devez évidemment jamais tirer la lame vers vous, mais toujours la pousser

vers l'extérieur et vous ne devez pas mettre la main sur le côté opposé de l'objet par rapport à la lame pour avoir plus de force.

Si vous avez imprimé avec le « bord » actif, il sera un peu plus facile d'insérer la lame sous l'objet, sinon vous devrez faire preuve de patience.

N'insérez pas la lame qu'en un seul point, mais en différents points, de manière à affaiblir l'ancrage de l'objet.

Si au contraire la pièce vient presque immédiatement, c'est probablement que la vetronite n'a pas été assez traitée avec du papier de verre, ou que la première couche a été déposée trop loin (en hauteur) de la plaque d'impression.

Vous pouvez comprendre comment doit être réglée la distance pour la première couche en observant votre engrenage dans la partie fixée à la plaque d'impression : si vous voyez des bandes séparées les unes des autres c'est que l'extrudeuse est trop loin, si vous voyez côte à côte des bandes très compactes, mais toujours distinctes, c'est que la distance de l'extrudeuse est correcte.

Si vous voyez un grand nombre de bandes fusionnées entre elles c'est que l'extrudeuse est trop proche de la plaque d'impression.

Si vous avez créé la pièce avec un bord actif, il est temps d'enlever l'objet délicatement, et de prendre la lime pour supprimer toutes les imperfections, la première couche doit subir un nettoyage pour enlever les arêtes.

VARIATIONS SUR UN THÈME

Maintenant que vous connaissez la vitesse à laquelle imprimer avec les paramètres par défaut, vous devez répéter le découpage avec un ensemble de valeurs différentes et agir spécifiquement sur les valeurs du périmètre et de la densité de remplissage. Vous pouvez également essayer de retoucher la vitesse pour voir ce qu'il se passe.

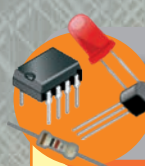
Rappelez-vous que la vitesse indique combien de millimètres sont réalisés chaque seconde et si vous augmentez la densité de remplissage de la même couche, il faudra plus de fil et donc plus de temps.

De même, le périmètre aura besoin de plus de temps. Vous devez donc créer une série de profils d'impression et de gestion de l'extrudeuse qui seront appropriés pour différents objets.

De l'objet complètement rempli qui doit être robuste, pour les figurines et modèles 30%, et 15% pour les modèles de très grande taille et simples. Avec cet article traitant de la première impression, nous n'avons qu'effleuré le monde de l'imprimante 3D et maintenant, avec un peu de patience, vous devez étudier les effets de chaque paramètre.

Ne vous inquiétez pas si certaines impressions sont de mauvaise qualité, cela nous est arrivé et il suffit de tout arrêter rapidement pour éviter le gaspillage de matériau.

Enfin, n'oubliez notre site dédié à l'imprimante **3DRAG** www.3dprint.electroniquemagazine.com qui contient en plus de la séquence d'assemblage, des informations sur les logiciels, et une série d'observations et de suggestions spécifiques. ■



Comment construire l'imprimante 3DRAG

Notre imprimante **3DRAG** est disponible auprès de notre partenaire **COMELEC** (voir les publicités) sous forme de kit complet comprenant tous les pièces mécaniques, électriques et électroniques (bloc d'alimentation inclus) nécessaires pour l'imprimante, **Les fils PLA et ABS ne sont pas compris dans le kit** et peuvent être commandés séparément.

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.



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 déclenchables 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 déclenchables 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).

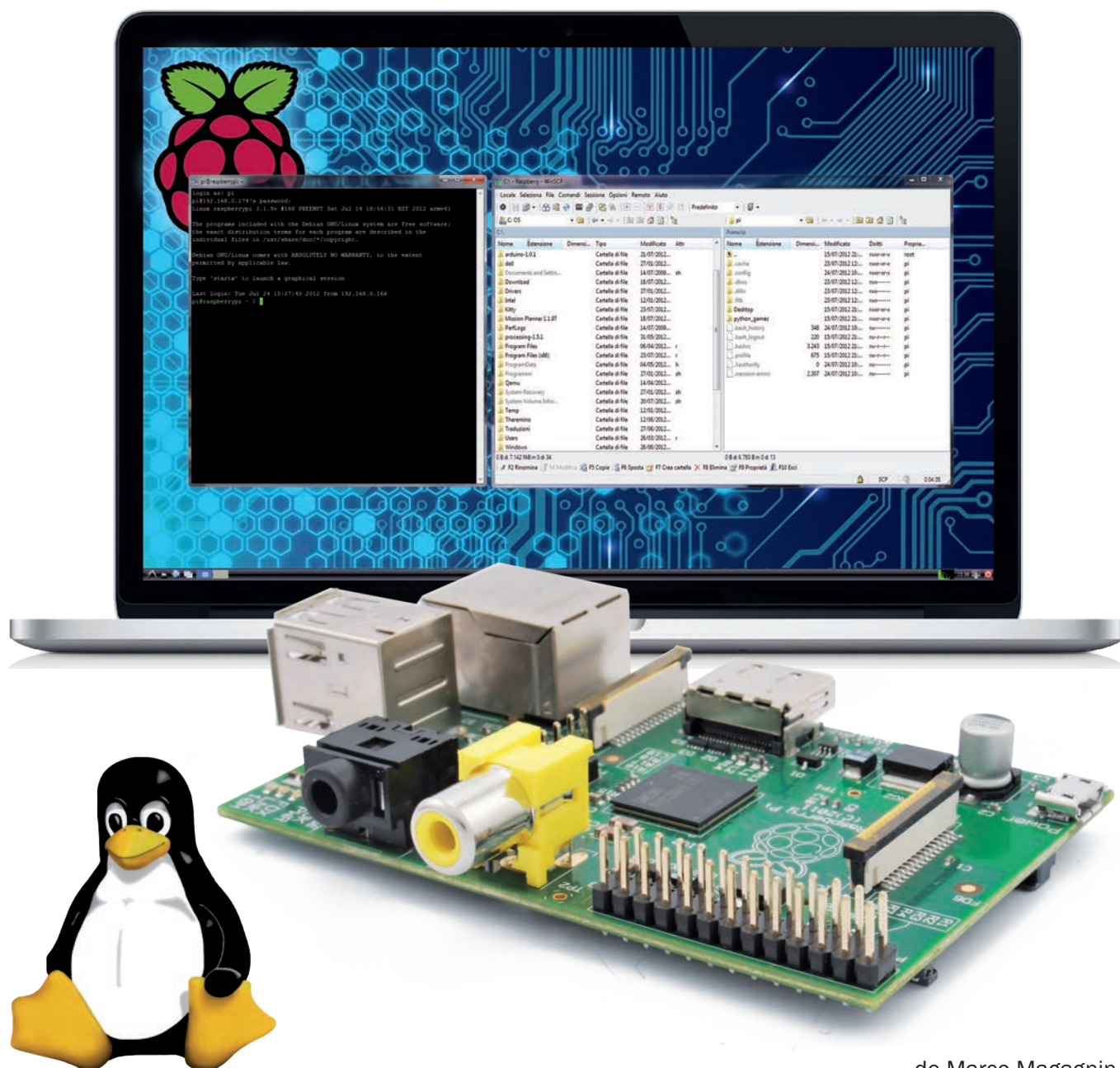
TDG135 115,00 €
Télécommande bidirectionnelle
GSM 2 entrées/2 sorties relais.

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).

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

RaspberryPi : votre prochain système embarqué

Deuxième partie



de Marco Magagnin

Après avoir essayé, dans le premier article paru dans la revue 123 d'Électronique et Loisirs Magazine, de donner vie au RaspberryPi et d'allumer une LED grâce à une ligne de programme, nous allons vous apprendre dans ce deuxième article à le configurer pour qu'il fonctionne comme un système embarqué. Notre objectif est d'écrire un premier programme.

Notre premier article sur le **RaspberryPi** a suscité un grand intérêt de la part de nos lecteurs et pour répondre à leurs questions techniques toujours plus nombreuses, nous avons décidé de déployer un site internet spécialement dédié au **RaspberryPi** que vous pouvez consulter à l'adresse suivante : **www.raspberrypi.electroniquemagazine.com**.

Ce site apportera un certain nombre de réponses à nos lecteurs et proposera le téléchargement de **distributions Linux**, d'**utilitaires** et d'exemples d'**applications**. Il répondra à l'évolution toujours plus rapide des environnements technologiques, en le mettant à jour rapidement. La démonstration que nul n'est à l'abri de cette évolution, et donc nous non plus, nous n'avions pas encore terminé le premier article concernant « l'approche » du **RaspberryPi**, que deux événements nous ont fait réfléchir.

Le premier est une évolution du nouveau système d'exploitation « **Raspbian** » disponible en téléchargement sur notre site **www.raspberrypi.electroniquemagazine.com** et compatible avec les anciennes applications.

Le deuxième événement est la disponibilité croissante d'alternatives qui, sous des formes diverses, font leur apparition sur le marché.

Prenez par exemple la carte **MK802** à base de système **Android**, que nous allons décrire dans les prochains numéros. Cette dernière est également orientée **Linux**, c'est un petit bijou de 25 cm², de faible coût.

Tout cela nous amène à poursuivre sur la voie du système embarqué en mettant l'accent sur le système Linux, pour lequel nous allons travailler sur la gestion et la coordination des services, des processus et des programmes sur un projet concret. Ce projet sera développé étape par étape avec à chaque fois l'explication d'un thème qui permettra d'acquérir la connaissance et la compréhension du système.

Dans ce deuxième article, nous vous proposons une brève introduction à « **Raspbian** », son installation et sa configuration, puis nous vous exposerons

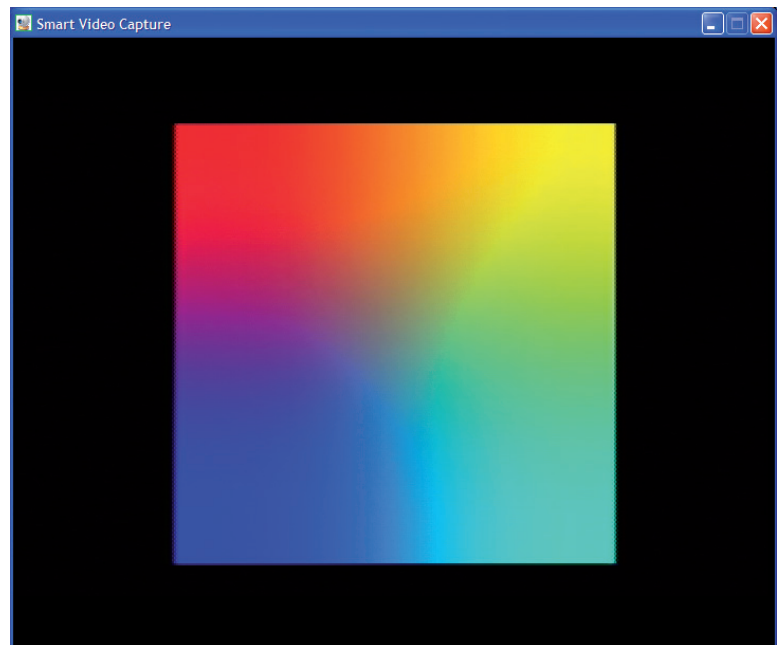
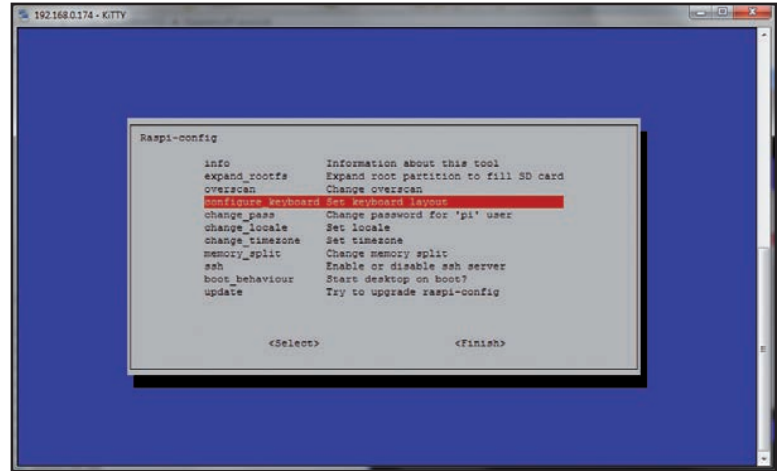


Figure 1 : test rapide de l'écran.

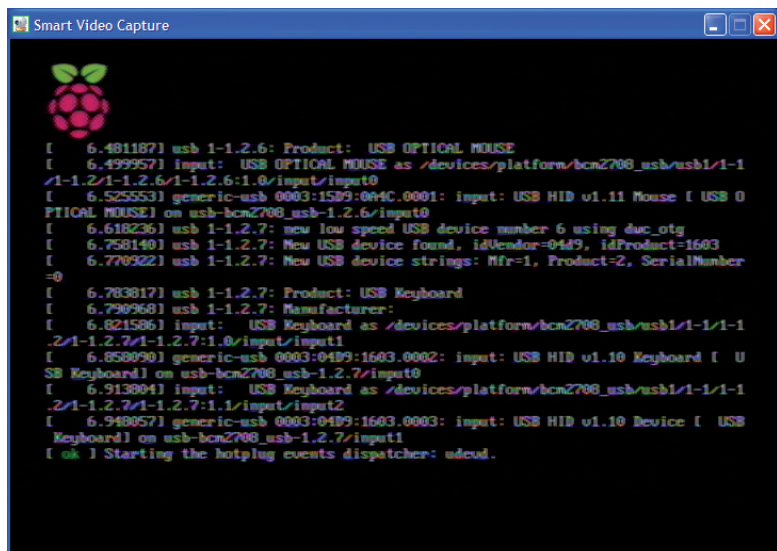


Figure 2 : défilement des commandes au démarrage.

le sujet d'un projet qui visera à couvrir les nombreuses fonctions et apprendre de plus en plus de fonctionnalités et de possibilités du système embarqué.

Ensuite, pour rester dans le dur du sujet, nous aborderons un certain nombre de configurations à mettre en place pour faire du **RaspberryPi** un système intégré. Enfin nous écrivons un premier petit programme (en Python) pour prouver, s'il en était encore besoin, que **Linux** n'est pas si difficile que l'on veut bien le croire.

RASPBIAN

Deux mots sur le fonctionnement de la nouvelle version du système **Raspbian**, une distribution dérivée du système **Debian Linux** (version « **Wheezy** »), qui est optimisée pour une utilisation sur le **RaspberryPi**. **Raspbian** permet une meilleure utilisation des ressources de la carte comme une gestion optimisée de la mémoire réelle et virtuelle, une pleine utilisation du processeur ainsi qu'une optimisation du calcul en virgule flottante et une plus grande vitesse de navigation sur le Web.

Nous lui avons réservé un très bon accueil, elle dispose d'une application de configuration qui démarre immédiatement après la première installation et peut être rappelée à tout moment.

Cette application simplifie considérablement un certain nombre de paramètres initiaux, que nous devons nécessairement expliquer dans cet article, en introduisant un certain nombre de nouvelles commandes et les concepts qui leur sont associés.

Continuons maintenant sur l'explication du premier démarrage du système. Si vous avez commencé avec l'ancienne version du système d'exploitation, passez sans tarder à **Raspbian**, si vous commencez maintenant il n'y a aucun problème.

Préparer une carte SD en utilisant le programme **Win32DiskImager** (voir le tutoriel sur notre site dédié au RaspberryPi) et le fichier image **2013-05-25-wheezy-raspbian.zip** que vous pouvez télécharger sur notre site

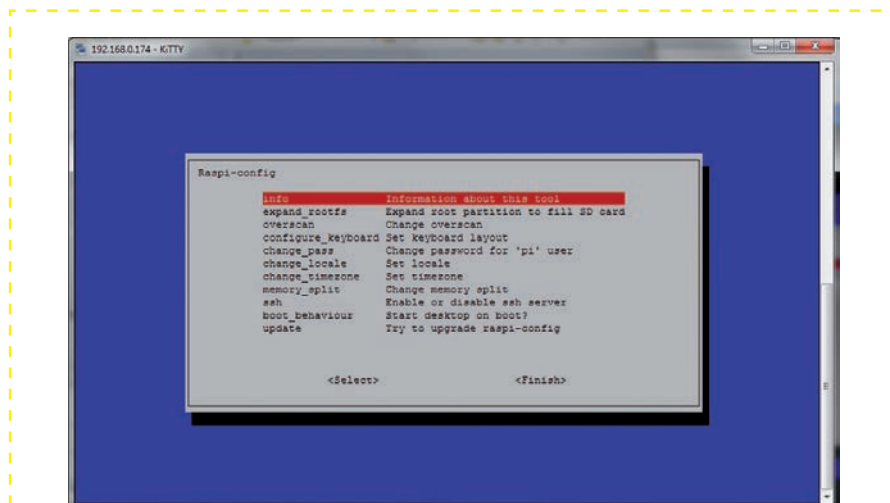


Figure 3 : fenêtre de configuration de l'application

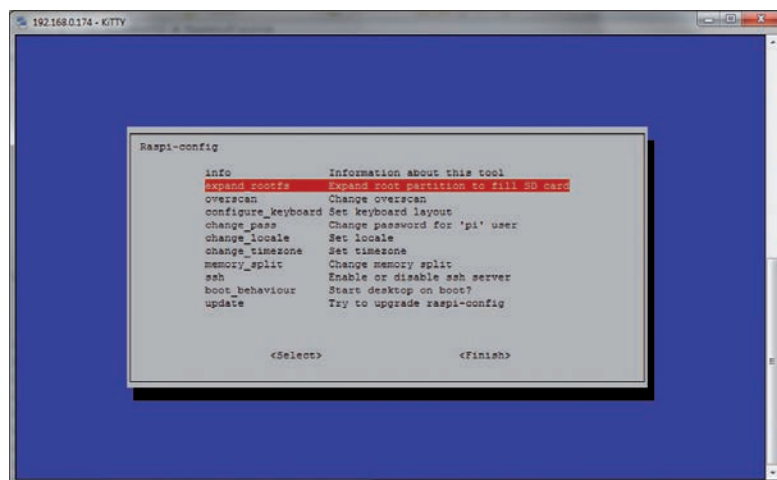


Figure 4 : sélectionnez à l'aide des touches fléchées « Expand root partition to fill SD card »

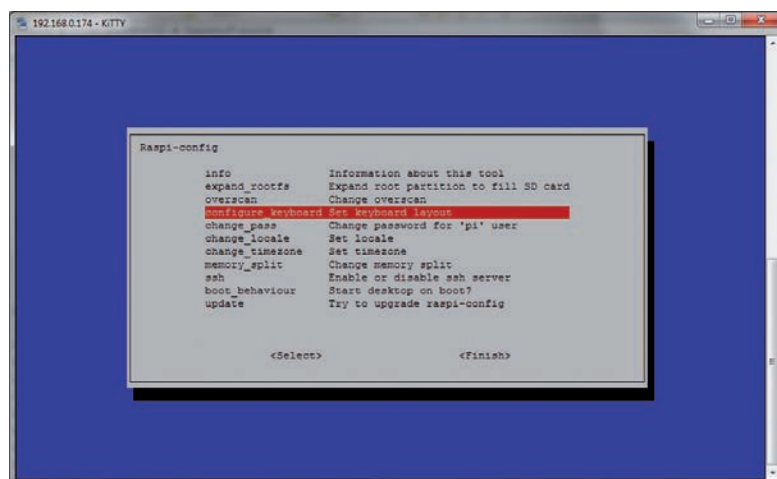


Figure 5 : sélectionnez à l'aide des touches fléchées « Set keyboard layout »

www.raspberrypi.electronicmagazine.com. Une fois la carte SD préparée, insérez-la dans le **RaspberryPi** et connectez tous les périphériques externes. Vous verrez un test rapide de l'écran (voir la figure 1), puis un écran

avec une liste de commandes qui défilent rapidement au démarrage (voir la figure 2), et enfin la séquence de démarrage s'arrête à l'écran du menu de configuration de l'application, visible à la figure 3.

Tout d'abord, à l'aide des touches fléchées, sélectionnez l'élément de la figure 4 :

expand_rootfs

Si nous voulons sélectionner les options du menu en bas de la page ou au niveau suivant, nous devons utiliser la touche « Tab ». **Expand_rootfs** nous permet d'étendre la partition ou l'espace occupé par **Linux** sur la carte SD, jusqu'à la pleine capacité de celle-ci. En d'autres termes, si nous avons chargé l'image de **Raspbian** d'une taille de 1,9 Go sur une carte SD de 8 Go, le système va continuer à voir seulement 1,9 Go jusqu'à ce que nous utilisions cette fonction.

Pour ce faire avec la version précédente du système d'exploitation, il était nécessaire d'effectuer une série d'opérations, en utilisant le logiciel **Gparted** de partitionnement sous **Linux**. Pour l'instant, nous allons entrer dans les écrans suivants.

Sélectionnez l'entrée suivante (voir la figure 5) :

configure_keyboard

et effectuez la même opération de configuration du clavier décrite dans le précédent numéro (n° 123) d'Électronique et Loisirs Magazine. Maintenant vous devez configurer correctement les paramètres de la date et de l'heure avec la commande suivante (voir la figure 6) :

change_timezone

Dans les écrans suivants choisissez « **Europe** » (voir la figure 7) et « **Paris** » (voir la figure 8).

La fonction « **memory_split** » permet de **scinder la quantité** de mémoire **RAM** entre le processeur ARM et le processeur vidéo. C'est l'une des caractéristiques les plus importantes de **Linux**, à savoir la possibilité de fractionner les ressources disponibles entre les divers composants matériels.

Dans la configuration par défaut, **224 Mo** sont attribués au processeur **ARM** et **32 Mo** au processeur vidéo.

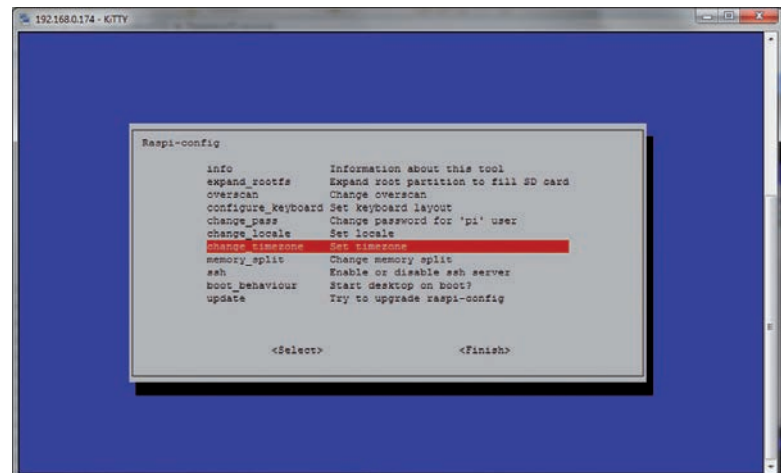


Figure 6 : configuration de la date et de l'heure, sélectionnez à l'aide des touches fléchées « Set timezone »

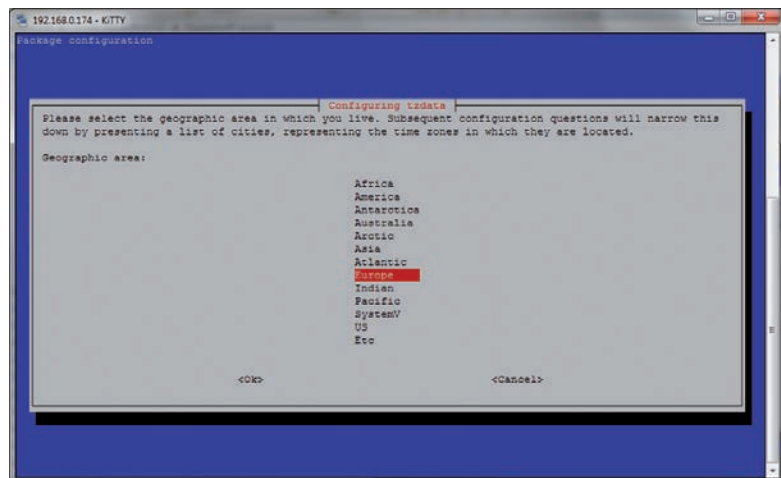


Figure 7 : choisissez « Europe ».

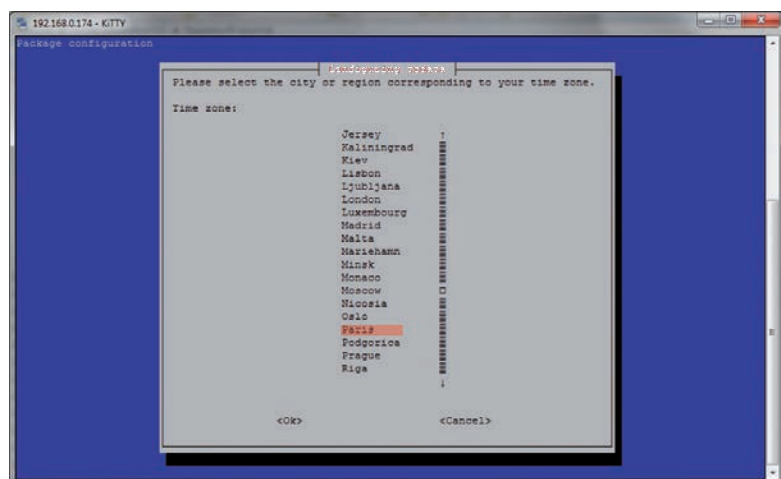


Figure 8 : sélectionnez « Paris »

Les autres configurations peuvent fournir une plus grande quantité de mémoire pour la vidéo, au détriment de celle attribuée à l'ARM. Étant donné que nous allons vers une utilisation

embarquée (« **embedded** ») dans le cas du **RaspberryPi**, avec de nombreuses applications « internes » et pratiquement pas d'utilisation vidéo, laissez la configuration par défaut.

Le choix suivant nous permet de prévoir une ultime considération, étant donné que nous utilisons le **RaspberryPi** comme un système **Linux** embarqué, nous devons garder à l'esprit que ce type de système n'a normalement pas la possibilité d'être géré en connectant directement un écran, un clavier et une souris.

Les systèmes embarqués, généralement sont conçus pour être gérés comme une application en ligne, avec des commandes provenant d'un terminal à distance et/ou par transfert de fichiers à distance.

Justement la fonction fournie par le serveur **SSH (Secure Shell)**, c'est à dire l'activation de l'option du menu « **ssh** » nous permet de transformer immédiatement le **RaspberryPi** en un système **gérable à distance**.

Nous sélectionnons l'élément du menu « **Enable or disable ssh server** » (voir la figure 9), ensuite l'écran de la figure 10 apparaît, sélectionnez « **Enable** » (« Activer »), puis sur « **OK** » comme indiqué en figure 11.

Maintenant, une brève explication sur la commande « **boot_behavior** ».

Si nous ne changeons rien, à la fin de la séquence de démarrage le **RaspberryPi** demande le « **login** ».

Si nous choisissons <YES> (OUI) l'écran suivant à la fin du chargement va commencer par l'**interface graphique** et vous permet d'utiliser le **RaspberryPi** comme n'importe quel PC, si nous choisissons <NO> (NON), le **RaspberryPi** passe en **mode console**.

Si vous laissez la configuration sur <NO> et si vous voulez retourner à l'interface graphique tapez la commande :

startx

Une fois la configuration terminée, sélectionnez l'item <Finish> (Terminer) comme indiqué en figure 12, utilisez pour cela la touche « **Tab** », puis « **OK** » dans l'écran suivant pour confirmer. Le **RaspberryPi** va mettre un certain temps pour redémarrer, car il va reformater la carte SD utilisée.

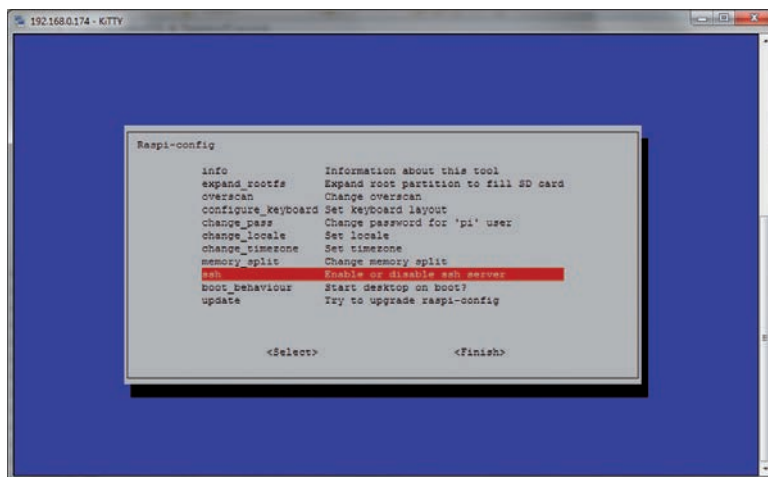


Figure 9 : sélectionnez l'élément du menu « Enable or disable ssh server ».

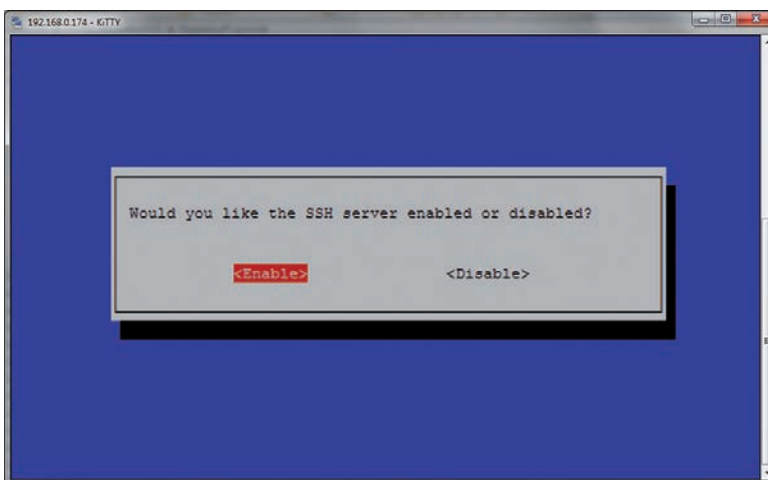


Figure 10 : sélectionnez « Enable ».

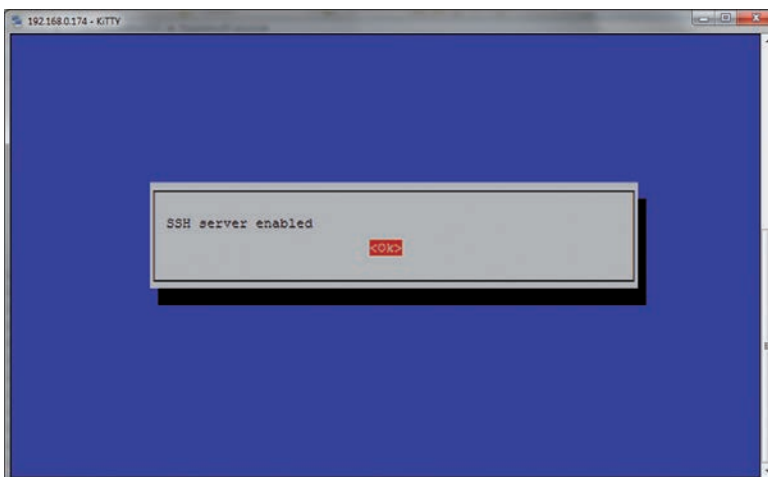


Figure 11 : cliquez sur « OK »

Il faudra probablement revenir au menu de configuration pour modifier la date et, finalement, vous pourrez l'utiliser en tapant les codes suivants (voir la figure 13) :

raspberrypi login : pi
password : raspberry

Sur cet écran, notez l'**adresse IP** attribuée au **RaspberryPi** à partir du

serveur DHCP sur votre réseau, vous pouvez la trouver au bas de la ligne dans le message « **My IP address is** » (« Mon adresse IP est : »), juste au-dessus de la ligne de connexion. Si vous souhaitez modifier ou consulter certains éléments de configuration, il suffit d'exécuter l'application de configuration avec la commande :

sudo raspi-config

« **sudo** » permet de configurer le mot de passe pour le **super utilisateur (root)**, nous en avons parlé dans le numéro 123 d'Électronique et Loisirs Magazine.

Après cette procédure simplifiée de configuration du **RaspberryPi**, nous l'avons correctement adapté pour fonctionner en tant que système embarqué. Nous vous invitons à essayer de nouveau d'allumer la LED avec les commandes que nous avons montrées dans le numéro 123. Cette phase est très importante et est appelée **test de non-régression** (ce test consiste à ce que des corrections de bogues ou d'ajout de fonctionnalités nouvelles dans un programme ne provoquent pas une perturbation des fonctions existantes par un effet secondaire). Le test est effectué dans un projet lorsqu'une mise à jour du système d'exploitation a lieu ou lorsque des changements importants sont apportés. Il sert à vérifier que la nouvelle configuration n'a pas d'impact négatif sur l'ancienne et que les fonctionnalités sont préservées. Nous avons fait le test et la LED s'allume.

QUE VOULONS-NOUS FAIRE ?

Le potentiel d'un système embarqué est bien supérieur à celui nécessaire pour allumer une LED. L'architecture **Linux** a la capacité de gérer de nombreux processus et, par conséquent, de nombreux programmes simultanément, séparément ou en coordination l'un avec l'autre. **Linux** peut aussi gérer le travail en mode autonome ou en communication avec d'autres systèmes externes, que ce soient d'autres ordinateurs, des microcontrôleurs, des capteurs ou des humains. C'est un véritable ensemble pour construire des projets de toute

taille et de toute complexité. Le succès d'un projet en système embarqué réside dans une approche globale du problème à résoudre, ou dans sa décomposition en modules plus petits, en définissant les caractéristiques de chaque module et le choix des meilleurs outils pour y parvenir.

Ces outils peuvent être des packages (déjà disponibles dans le monde Linux) à installer et à intégrer les uns avec les autres; ou, si vous possédez nos programmes, nous nous devons d'intégrer, d'affiner, et de personnaliser ou créer des fonctionnalités spécifiques. Dans ce cas, il faut utiliser un ou plusieurs des outils d'intégration, des scripts ou des langages de programmation.

À la figure 14 nous avons voulu montrer cette réalité comme un tas de briques à partir desquelles nous prenons de temps en temps des parties nécessaires pour nos réalisations. Imaginons un projet assez complexe qui évolue de notre simple LED à allumer à un système qui permette de surveiller, via le connecteur GPIO, plusieurs autres systèmes externes pouvant archiver des informations envoyées et reçues d'une base de données et des requêtes permettant la gestion à distance via Internet avec différents modes.

Revenons à notre LED ; nous ne voulons plus l'allumer à partir d'une ligne de commande, mais plutôt à partir d'un processus (programme qui fonctionne en permanence sous Linux) qui allume

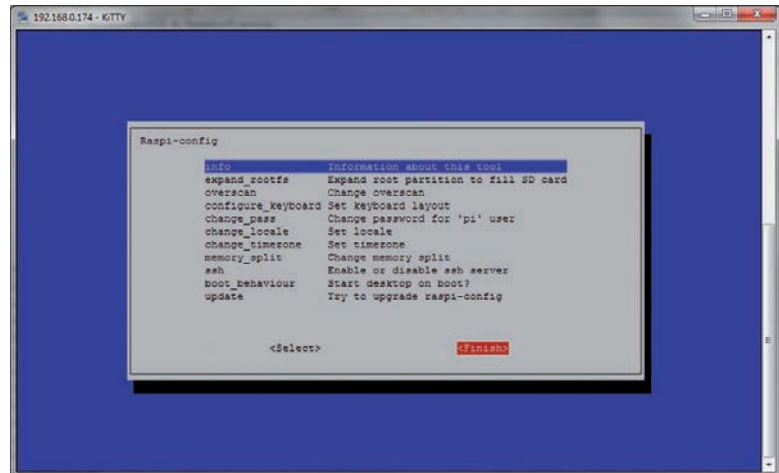


Figure 12 : une fois la configuration terminée, sélectionnez l'item <Finish> (Terminer), utilisez pour cela la touche « Tab », puis « OK » dans l'écran suivant pour confirmer.

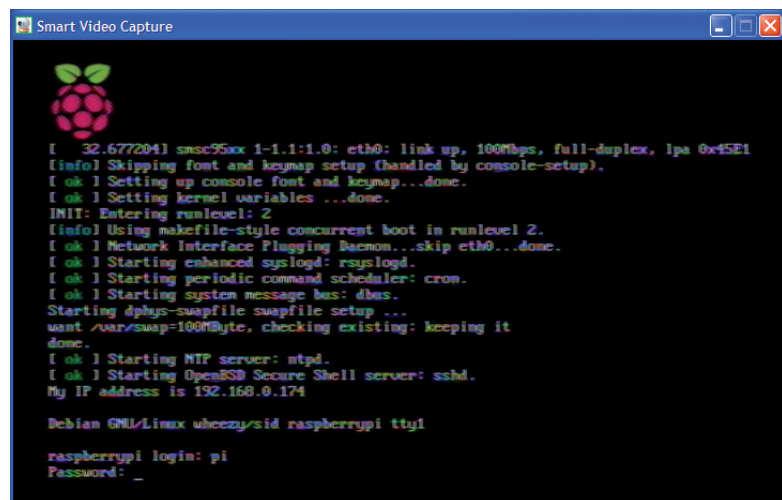


Figure 13 : tapez le login (pi) et le mot de passe (raspberry).

Applications et librairies (bibliothèques)

Dans le monde de **Linux**, il n'y a pas de configuration par défaut de ce qui pourrait être défini comme un PC standard. En fait, il existe plusieurs familles de distributions basées sur le noyau de référence, telles que **Debian**, pour notre **RaspberryPi**, et sur une collection plus ou moins riche d'applications réservées aux utilisateurs en général, ou dans le but de soutenir l'environnement professionnel en particulier, tels que les graphistes, les administrateurs système, les concepteurs de réseaux, les animateurs, et bien d'autres.

Cela ne signifie pas que vous ne pouvez pas enrichir toute distribution avec des applications sur votre PC pour pouvoir fonctionner. Les applications sont en grande majorité, disponibles gratuitement, sous la forme de paquets à télécharger. Ils sont prêts à être installés.

Quand nous parlons de paquets, il s'agit d'un fichier d'archive contenant le logiciel (compilé ou sous forme code source), prêt à être installé sur la machine d'une manière presque automatisée.

S'il existe des dépendances entre les paquets (c'est-à-dire une relation entre les paquets), elles sont normalement résolues automatiquement. Par exemple, si une application audio nécessite un driver son particulier, la liste des packages d'installation fait d'abord installer l'application qui l'inclut. Autrefois, les dépendances devaient être résolues « à la main », dans chaque cas par l'installation manuelle des différents paquets dans le bon ordre.

L'utilitaire **APT** (**A**dvanced **P**ackaging **T**ool) est généralement utilisé pour installer, retirer et mettre à jour les applications distribuées sous forme de paquets (dans **Debian**, l'extension est **.deb**).

L'utilitaire fournit le programme **apt-get** qui permet de mettre à jour automatiquement votre système **Debian** et pour installer les paquets ou programmes avec différentes options de fonctionnement.

apt-get update : mise à jour de la liste de tous les paquets disponibles pour la distribution;

apt-get install : installe un paquet ou une liste de paquet ; télécharge, décompresse et installe les paquets répertoriés et toutes leurs dépendances.

Par exemple, la commande « **sudo apt-get install apache2** » installe le serveur web **Apache 2** et toutes ses dépendances sous **Debian**.

apt-get remove <paquet> : désinstalle du système le paquet dont le nom est mentionné, mais laisse toutefois en place les fichiers de configuration du paquet.

apt-get autoremove <paquet> : désinstalle le paquet indiqué avec ses dépendances logicielles. Ceci laisse toutefois en place les fichiers de configuration du paquet.

apt-get clean : supprime la totalité des paquets présents dans le répertoire : **/var/cache/apt/archives**, cela est très utile avec le **RaspberryPi** pour libérer de l'espace.

apt-get upgrade : met à jour tous les paquets installés sur le système vers les dernières versions disponibles.

apt-get dist-upgrade : met à jour tous les paquets installés vers les dernières versions en **installant de nouveaux paquets si nécessaire**, par opposition à l'upgrade simple qui n'ajoute pas de nouveaux paquets.

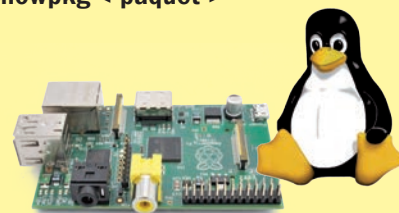
L'utilitaire **APT** offre également la fonction **apt-cache search** qui permet la recherche d'une chaîne de caractères dans la liste des paquets connus, les principales utilisations sont :

- pour trouver les paquets dont la description contient le paquet : **apt-cache search <paquet>**

- pour afficher les informations détaillées sur un paquet : **apt-cache show <paquet>**

- pour lister toutes les dépendances d'un paquet et la liste de tous les paquets possibles qui satisfont ces dépendances. C'est utile si vous souhaitez installer un paquet dans sa version 'testing' sur une version 'stable', pour vous assurer qu'il n'est pas dépendant d'autres paquet 'testing' : **apt-cache depends <paquet>**

- pour afficher des informations sur les versions disponibles du paquet et de ses dépendances : **apt-cache showpkg <paquet>**



la LED en fonction d'un événement externe (par exemple un bouton relié à l'une des broches de GPIO). Nous utiliserons donc un « langage de programmation » à partir de l'exemple des briques de la figure 14, par exemple le langage **Python**.

Ensuite, nous voulons que les données d'état (ON/OFF) et les événements soient stockés pour archiver l'état de toutes les entrées et sorties, lors, par exemple, d'un redémarrage de la machine, afin de restaurer ainsi l'état des E/S avant son extinction.

Dans un microcontrôleur nous utilisons la mémoire EEPROM, dans un système embarqué on utilise plutôt une base de données relationnelle de type « **MySQL** ». La présence d'une base de données nous donne la possibilité de centraliser toutes les informations

gérées par le système d'une manière structurée et, par conséquent, nous fournit un point de départ, par exemple, pour accéder et gérer en ligne via le Web. Nous réalisons ainsi tout ce dont nous avons besoin, à savoir : un serveur Web, de type « **Apache** ».

Avec la configuration appropriée et la création de pages web personnalisées (en utilisant un langage de programmation **PHP**), nous pouvons interroger l'état de notre LED à partir d'une page Web. Pour une structure de ce type nous pouvons encore ajouter d'autres fonctionnalités ; par exemple la possibilité de gérer avec d'autres processus (programmes) des périphériques externes tels qu'une interface à base d'**Arduino** ou de type **FlyPort** d'**OpenPi-cus**, la gestion des messages de type **Web Service** (c'est un programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes), ou une **API** (Application Programming Interface) qui est une interface de programmation normalisée de **classes**, de **méthodes** ou de **fonctions** qui sert de façade à un logiciel offrant des services à d'autres logiciels selon les besoins spécifiques.

Notre base de données pourrait alors devenir riche avec ces données et être visualisée également via le Web. En poursuivant le raisonnement, notre page Web pourrait nous permettre de gérer à distance et de manière centralisée l'ensemble des dispositifs à travers le réseau. Par exemple, une fois que vous aurez maîtrisé le Web Service (API), nous pourrions commencer à «utiliser les services, toujours plus nombreux, sur le web ... » tels que la météo et les intégrer dans notre système, bloc après bloc et fonction après fonction. Nous pourrions aussi ajouter des processus de gestion de la voix, de sorte que certains événements soient annoncés par synthèse vocale, telles que l'utilisation du logiciel **Open Source** « **eSpeak** ».

De plus, il est possible d'intégrer le tout dans des **services FTP**, pendant que du côté Web nous produisons des statistiques, ou nous fournissons des instructions sur l'utilisation d'un tel système avec le logiciel **Gnuplot** (produit des représentations graphiques,

en deux ou trois dimensions, de fonctions numériques ou de données), ou le site web **Wiki** (c'est un site web dont les pages sont modifiables par les visiteurs afin de permettre l'écriture et l'illustration collaboratives des documents), et beaucoup d'autres encore. Et puis ... pour l'instant, il semble que c'est assez, mais ne pensez pas que c'est une tâche impossible.

Nous procéderons étape par étape, décortiquerons l'ensemble en petits modules maniables. Nous analyserons le choix, l'assemblage, la personnalisation et l'intégration des composants les plus appropriés, et vous serez surpris par ce que vous pourrez obtenir à partir d'un ordinateur de la taille d'une carte de visite. Évidemment, ce que vous apprendrez avec le **RaspberryPi** sera utilisable sur d'autres systèmes **Linux** embarqués. Arrêtons de discuter, et voyons tout de suite comment passer de la théorie à la pratique. Le moment est venu d'utiliser notre **RaspberryPi** à distance comme un système embarqué réel, et écrire le premier programme.

UTILISATION COMME UN SYSTÈME EMBARQUÉ

En général, les systèmes embarqués n'ont pas de moniteur, de clavier et de souris, ils sont conçus pour fonctionner à l'intérieur d'une boîte, enfermés dans un placard pour le matériel. Leur gestion se fait à distance (de l'extérieur), par l'intermédiaire de lignes de commandes provenant d'un terminal (console) et pouvant aussi contrôler la gestion des fichiers (file manager). Vous pouvez également gérer l'interface graphique en mode distant (« terminal distant »). Nous verrons plus tard ce dernier mode. Pour l'instant, arrêtons-nous sur la console et le gestionnaire de fichiers. La moitié du chemin a déjà été accomplie quand nous avons activé le serveur SSH (Secure Shell) dans la configuration initiale. Maintenant, nous devons mettre en place les services de ce serveur sur le PC qui sera utilisé pour la gestion à distance.

Les informations suivantes traitent de la gestion à distance sous **Windows** sur

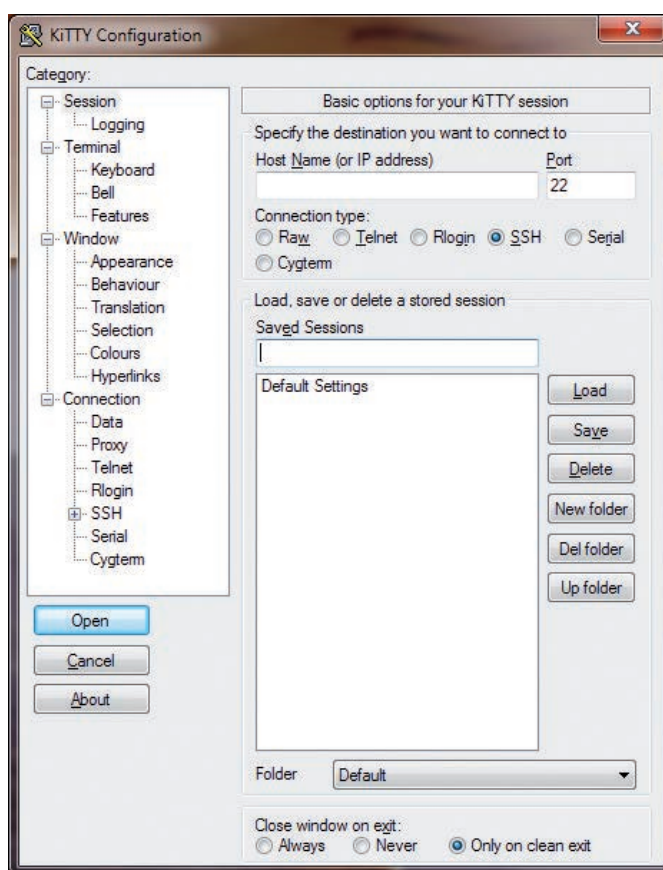


Figure 15 : vous pouvez voir la fenêtre de configuration Kitty.

un PC normal, et les amateurs de **Linux** n'ont certainement pas besoin de cette information. Le **PC** et la carte **RaspberryPi** doivent être connectés au même réseau local interne.

Nous avons besoin de deux programmes d'interface pour le PC, un pour la ligne de commande de la console et l'autre pour le gestionnaire de fichiers.

Pour le premier, nous recommandons **Kitty**, une version améliorée de **PuTTY** pour **Windows**, le meilleur programme de terminal distant écrit pour le monde Linux. Il peut être téléchargé sur notre site www.raspberrypi.electroniquemagazine.com et ne nécessite pas d'installation ; il s'agit d'un simple exécutable prêt à être lancé avec un double-clic.

Configurons-le pour la première fois. Lors du lancement nous voyons apparaître à l'écran la fenêtre de configuration **Kitty** comme illustré en figure 15. Commençons par configurer une session consacrée au **RaspberryPi** et nous l'enregistrons, afin que nous puissions l'utiliser à nouveau. D'abord, nous tapons **RaspberryPi** (ou un autre nom de votre choix) sous « **Saved Sessions** » (voir la figure 16), puis nous appuyons sur l'onglet à droite « **Save** » (Enregistrer).

Maintenant, insérons l'**adresse IP** du **RaspberryPi** dans « **Host Name (or IP adress)** » ce qui veut dire « Nom de l'hôte (ou adresse IP) » comme indiqué sur la figure 17 ; adresse IP que nous devrions avoir noté précédemment, sinon nous pouvons la récupérer en utilisant la commande :

ifconfig

Appuyons encore sur « **Save** » (Enregistrer). Maintenant, allons dans « **Category** » et « **Connection** » (voir la figure 18 coté gauche), tapons « **5** » dans le champ de la boîte de dialogue « **Seconds between keepalives** » et cochons la case « **IPv4** ».

Le premier paramètre vous permet de garder la connexion active, même si vous n'avez pas entré de commandes pendant un certain temps, sinon le **serveur SSH**, pour des raisons de sécurité, termine les sessions inactives après

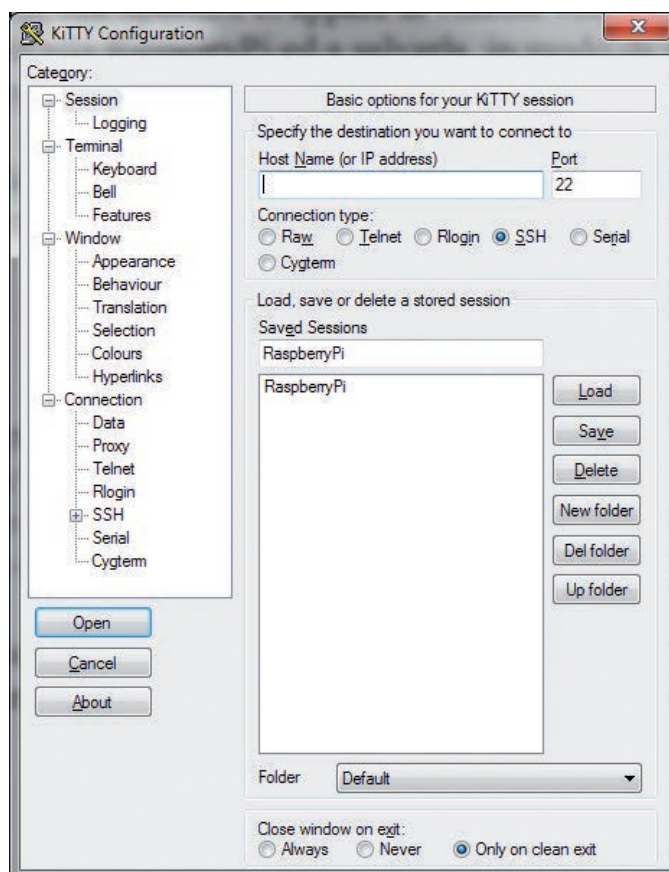


Figure 16 : dans la boîte de dialogue « **Saved Sessions** » tapez **RaspberryPi**

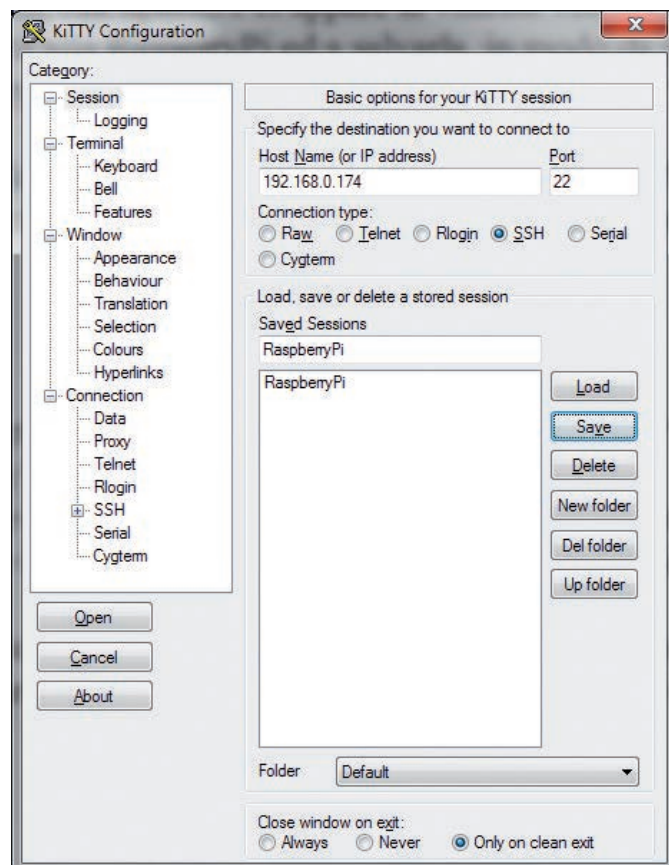


Figure 17 : dans la boîte de dialogue « **Host Name (or IP address)** » entrez l'adresse IP du **RaspberryPi** et cliquez sur **save**.

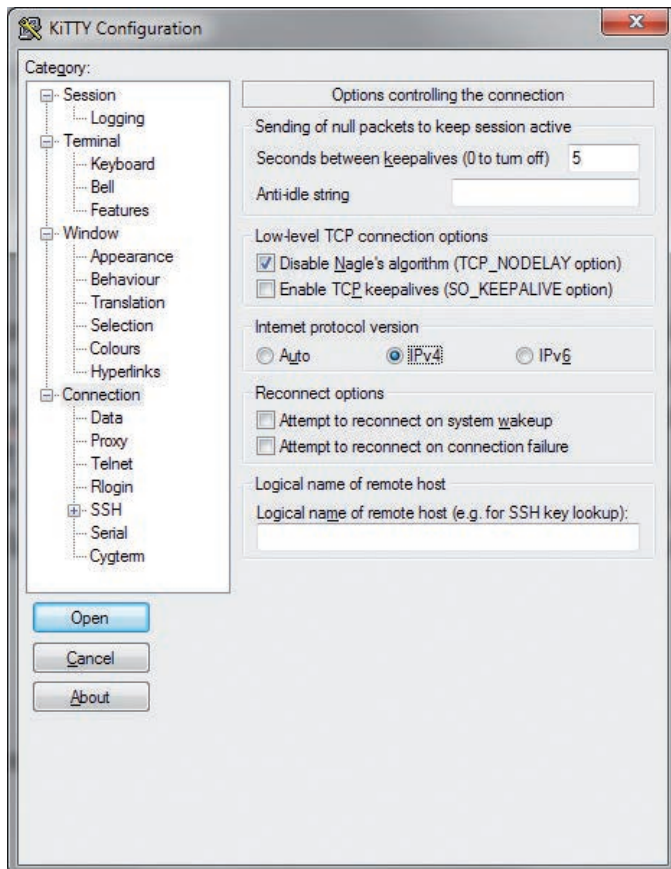


Figure 18 : allez dans « **Category** » et « **Connection** », tapez « **5** » dans le champ de la boîte de dialogue « **Seconds between keepalives** » et cochez la case « **IPv4** ».

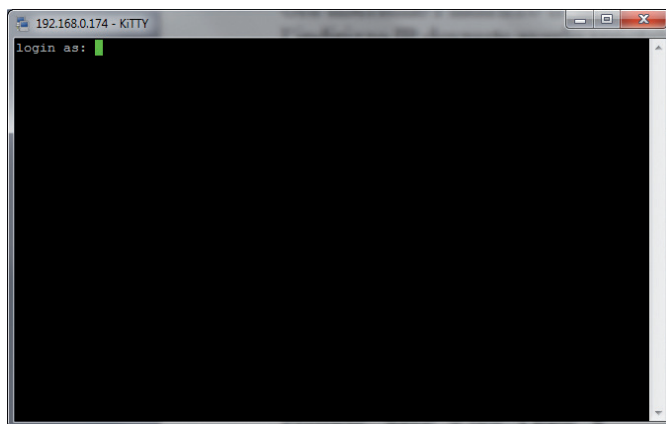


Figure 19 : connectez-vous en utilisant le login du RaspberryPi.

un certain laps de temps. Le second paramètre sélectionne le **protocole IPv4** comme protocole de communication (**IPv4** est la première version d'**Internet Protocol** (IP) à avoir été largement déployée, et qui forme encore en 2013 la base de la majorité des communications sur Internet, avec l'**IPv6**).

Une **adresse IPv4** est représentée sous la forme de **quatre nombres décimaux**

séparés par des points comme par exemple 198.62.55.67.).

Ensuite, appuyez sur « **Save** » (Enregistrer) puis « **Open** » (Ouvrir).

Une fenêtre apparaît et à ce stade, elle vous demande de vous connecter « **login** », comme si vous utilisiez le **RaspberryPi** à partir de son clavier (voir la figure 19).

Connectez-vous et essayez de taper une commande ou, encore, essayez d'allumer et d'éteindre la LED, rappelez-vous que l'utilisation du port **GPIO** nécessite les droits « **root** ».

Maintenant, pour le gestionnaire de fichiers, vous devez télécharger sur notre site www.raspberrypi.electronicmagazine.com le programme « **WinSCP** » et l'installer. **WinSCP** est un **client SFTP** graphique pour **Windows**, il permet la copie sécurisée de fichiers entre un ordinateur local et un ordinateur distant. Il peut effectuer toutes sortes d'opérations de base avec les fichiers, telles que le téléchargement ou le transfert de fichiers.

Il vous permet également de renommer les fichiers et les dossiers, de créer de nouveaux dossiers, et de modifier les propriétés des fichiers et des dossiers ainsi que de créer des liens.

Exécutez le programme d'installation **winscp515setup.exe**, choisissez la langue « **French-Français** », puis l'écran de la figure 20 apparaît, cliquez sur suivant, choisissez « **J'accepte les conditions** » et cliquez sur « **suitant** » comme indiqué sur la figure 21. Cliquez ensuite sur « **installation typique (recommandé)** » (voir la figure 21a).

L'écran suivant apparaît, sélectionnez le type d'interface en cochant le bouton « **Interface Commander** » comme indiqué à la figure 22. L'assistant d'installation affiche les divers réglages sélectionnés lors des étapes précédentes comme indiqué en figure 23. Cliquez sur « **installation** » et après quelques instants l'écran de la figure 24 apparaît en vous indiquant que le processus d'installation est terminé. Appuyez sur « **Terminer** » pour lancer le programme.

Nous vous recommandons de créer deux raccourcis sur votre bureau un pour **Kitty** et l'autre **WinSCP** afin de simplifier la tâche.

En ouvrant le programme **WinSCP** (double clic sur le raccourci bureau), l'écran de la figure 26 apparaît. Configurez le programme comme indiqué en figure 27, en choisissant **SCP** pour le « **protocole de fichier** », **192.168.0.174** pour « **Nom d'hôte** »,



Figure 20 : écran d'accueil de l'installateur WinSCP, cliquez sur suivant pour continuer.

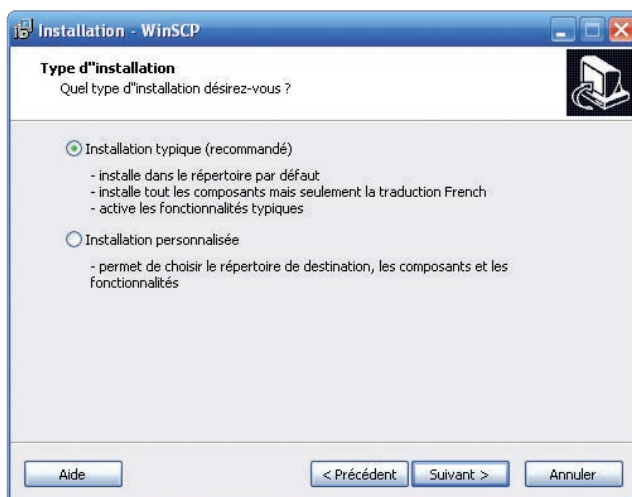


Figure 21 : choisissez « J'accepte les conditions » et cliquez sur « suivant ».



Figure 22a : cliquez sur « installation typique (recommandé) ».

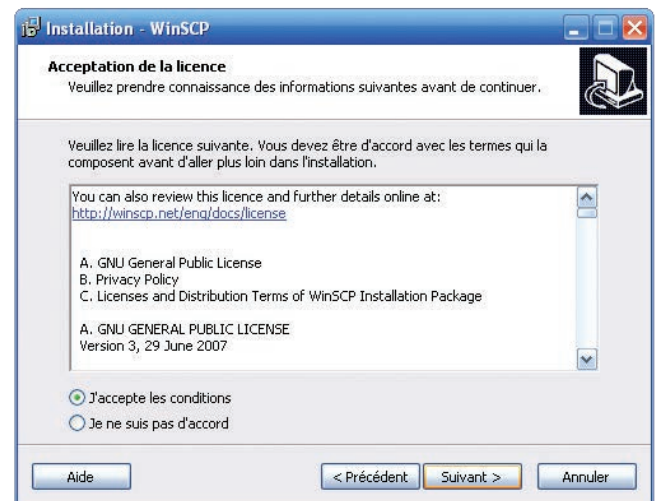
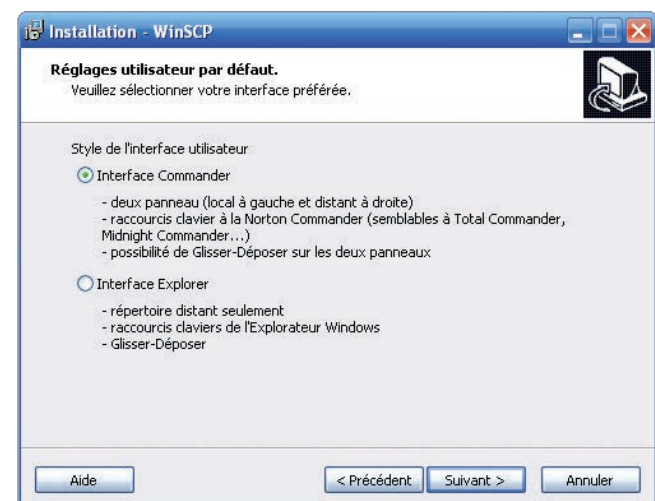


Figure 23 : l'assistant d'installation affiche un résumé des réglages sélectionnés lors des étapes précédentes, cliquez sur le bouton « installation ».



pi pour « **Nom d'utilisateur** » et **raspberry** pour le « **Mot de passe** ». Pour sauvegarder la configuration cliquez le bouton « **Sauver** » en bas vers la droite, enregistrez la session sous le nom : **Raspberry** vous obtenez alors l'écran représenté sur la figure 28.

Cliquez sur « **Connecter** », notre gestion à distance de l'environnement est

prête et apparaîtra comme en figure 29, avec deux sessions ouvertes. Dans **WinSCP** sur la **gauche**, nous avons le système de fichiers du **PC** et à **droite** celui du **RaspberryPi**, qui correspond au dossier personnel de notre RaspberryPi. L'interface familière supprime tous les doutes quant à son utilisation. Et bien, il est temps de passer à la programmation.

PREMIER PROGRAMME EN PYTHON

La première question est : **Pourquoi le langage Python?** Nous répondrons à plusieurs reprises, que nous avançons pas à pas dans le développement de notre projet. Plus tard, nous utiliserons différents langages de programmation, afin de vous donner l'occasion de



Figure 24 : le processus d'installation est terminé, appuyez sur « Terminer » pour lancer le programme.

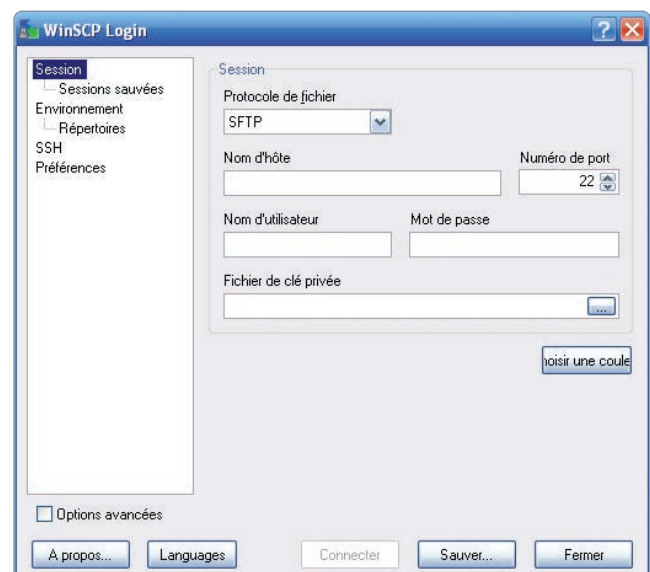


Figure 26 : Au premier lancement de WinSCP, l'écran de configuration de la connexion apparaît.

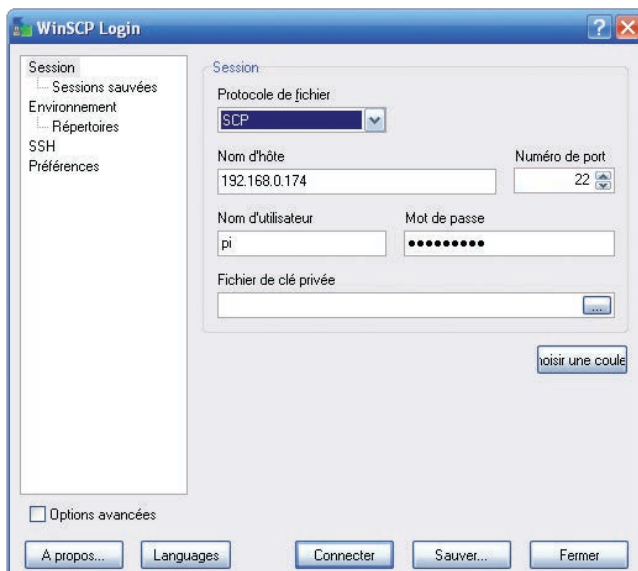


Figure 27 : choisissez SCP pour le « protocole de fichier », 192.168.0.174 pour « Nom d'hôte », pi pour « Nom d'utilisateur » et raspberry pour le « Mot de passe ». Pour sauvegarder la configuration, cliquez le bouton « Sauver » en bas vers la droite.

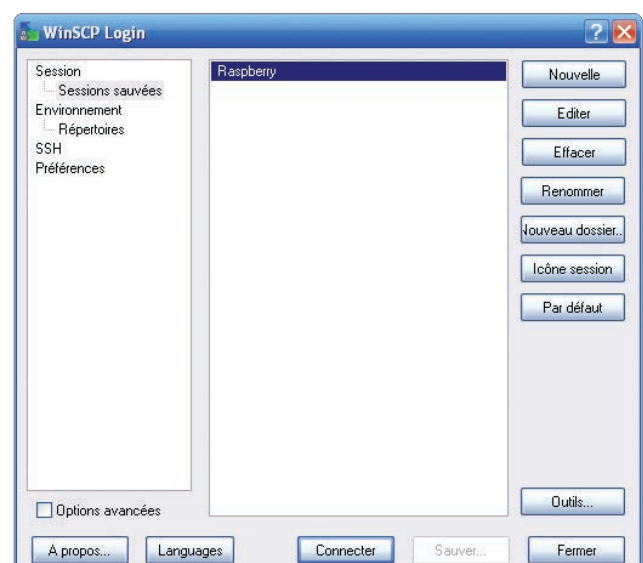


Figure 28 : enregistrez la session sous le nom : Raspberry, cliquez sur le bouton « Connecter ».

les connaître et de les comparer, tout en mettant l'accent sur la simplicité.

C'est pour cette raison, que nous avons été attirés par les langages dits **interprétés** qui ne nécessitent pas de compilation, mais d'un autre programme appelé « **interprète** » et dont les instructions sont écrites dans un fichier texte et exécutées à l'aide d'une commande appropriée. Parmi ces langages nous trouvons celui-ci le plus populaire et le plus pratique à utiliser.

Cependant différents langages peuvent être utilisés dans une gamme infinie d'applications.

Nous nous attendons à ce que le **Web** utilise plus le langage **PHP (Hypertext Preprocessor)** c'est un langage de programmation compilé à la volée principalement utilisé pour produire des pages **Web dynamiques** via un **serveur HTTP**, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale), qui a été

utilisé pour développer **Facebook** et la majeure partie des sites Web, c'est un très bon investissement en termes de connaissances et d'enrichissement en programmation.

Nous aborderons également la transformation des programmes en listes de commandes de type console, un peu ce qui se passe avec le fichier de **.bat** dans **Windows**, mais avec une utilisation beaucoup plus puissante et généralisée. Enfin, nous allons utiliser

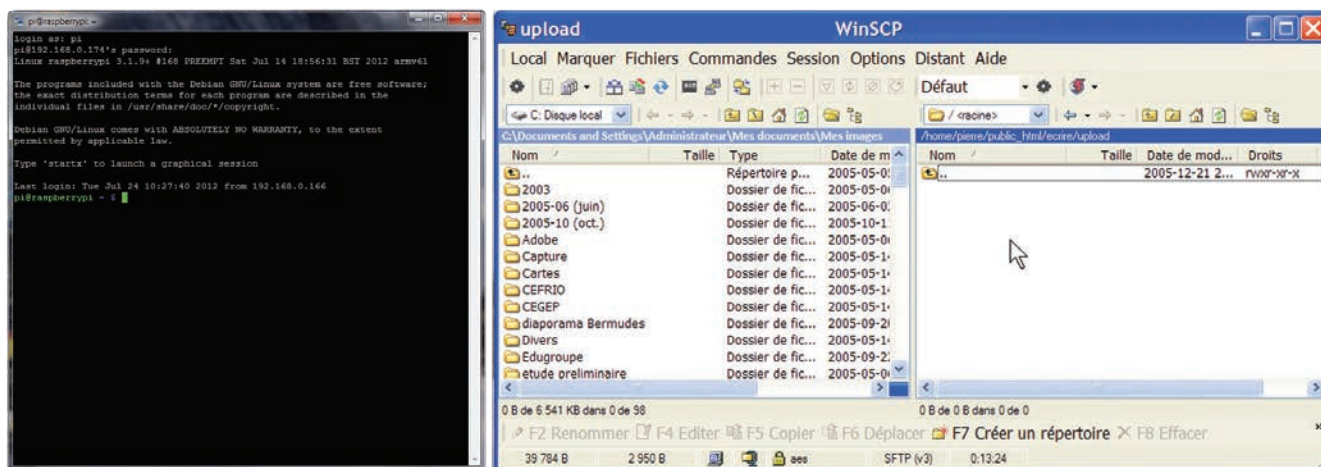


Figure 29 : la gestion à distance de l'environnement apparaît, avec deux sessions ouvertes. Dans WinSCP sur la gauche, nous avons le système de fichiers du PC et à droite celui du RaspberryPi, qui correspond au dossier personnel de notre RaspberryPi.

Figure 30 : l'interpréteur Python répond avec la version installée.

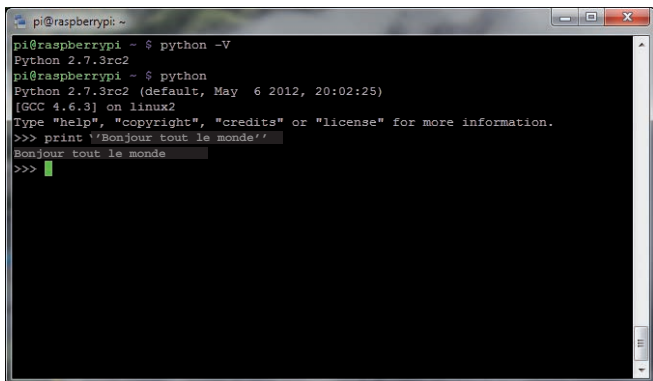
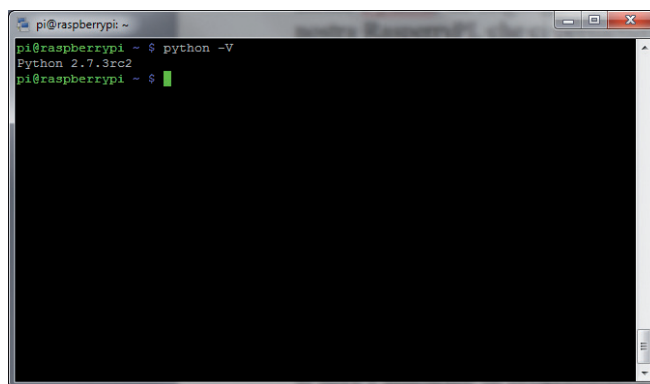


Figure 31 : L'instruction est immédiatement exécutée et "Bonjour tout le monde" s'affiche en dessous de la commande print.

le langage **Python** qui est puissant mais simple et, surtout, qui est déjà disponible dans notre **RaspberryPi**.

Tout cela va nous permettre d'avoir nos premières satisfactions sous le couvert de programmeurs **Linux**. Nous commençons par une brève introduction au langage **Python**. Pour vérifier sa présence sur un ordinateur il suffit de taper la commande :

python -V (V majuscule)

Si c'est le cas, l'interpréteur **Python** nous répond avec la version installée (voir la figure 30).

Si vous tapez uniquement **python**, cela ouvre l'environnement de programmation. Pour lancer un programme, vous devez taper la commande :

python nom du fichier

Essayons de taper **python**, à l'invite de commande **>>>** nous tapons :

print "Bonjour tout le monde"

et appuyez sur la touche **enter** ("Bonjour" est trop trivial). L'instruction est immédiatement exécutée (voir la figure 31). Pour quitter tapez **exit ()** avec les parenthèses.

Passons à la façon de programmer dans un fichier. Dans la section du **RaspberryPi** de la fenêtre **WinSCP** positionnez le curseur de la souris dans une zone vide de droite, cliquez sur le

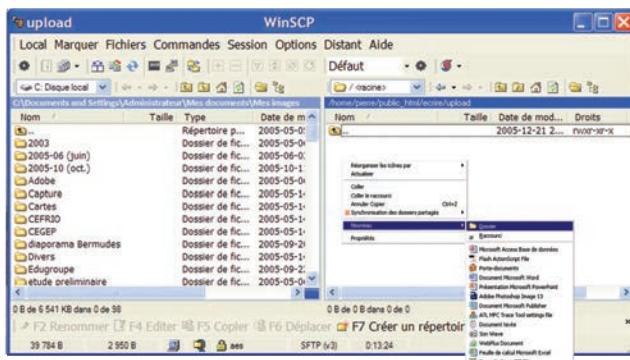


Figure 32 : dans la section du RaspberryPi de la fenêtre WinSCP, positionnez le curseur de la souris dans une zone vide de droite, sélectionnez « Nouveau » puis « Fichier ».

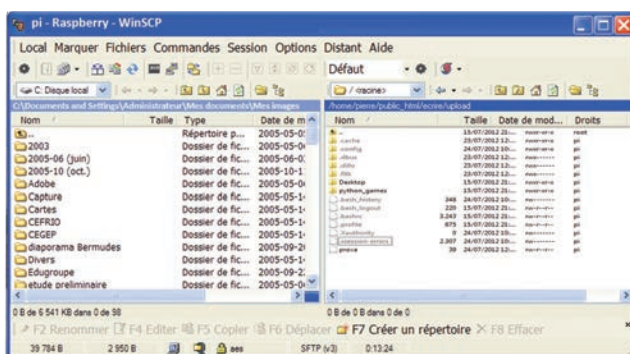


Figure 34

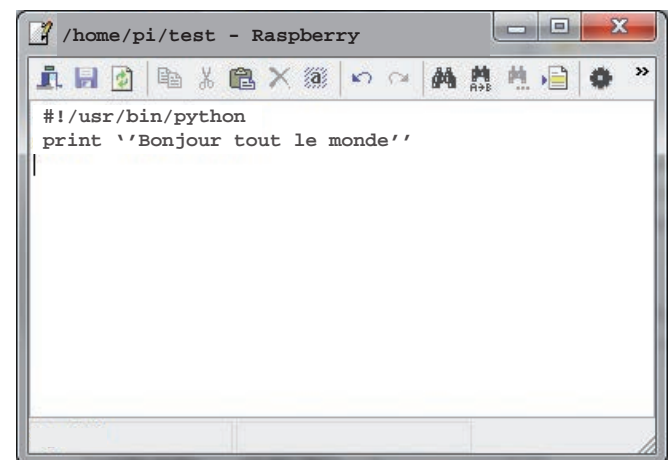


Figure 33 : nous nommons le fichier, par exemple « Test ».

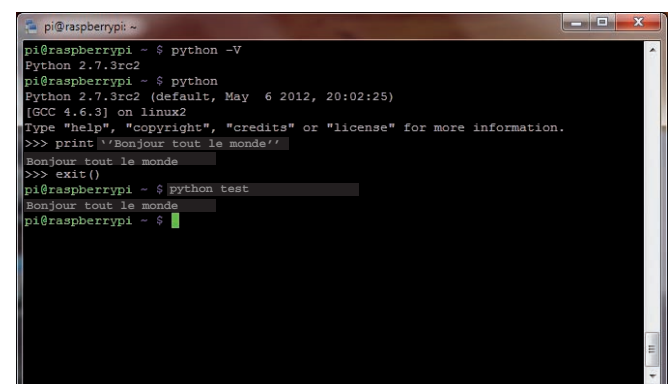


Figure 35 : à partir de la console, tapez « python test »

bouton droit de la souris et sélectionnez « **Nouveau** » puis « **Fichier** » (voir la figure 32). Nous donnons un nom, comme par exemple « **Test** », puis appuyez sur **enter**, à l'intérieur écrivons (voir les figures 33 et 34) :

```
#!/usr/bin/python  
print "Bonjour tout le monde"
```

La première ligne indique à l'interface une ligne de commande qui indique où trouver le programme pour lequel

les lignes de codes suivantes peuvent être interprétées et exécutées. Revenons à la console et tapez « **python test** » et le tour est joué ; bienvenue à la programmation **Python** et **Linux** en général (voir la figure 35).

Maintenant, revenons à notre LED, nous allons écrire un petit programme en **Python** qui permet de gérer le port **GPIO**. Un premier obstacle à surmonter est la nécessité de trouver une bibliothèque de gestion du GPIO, qui n'est

pas incluse dans l'installation de base. Nous ne connaissons pas la raison de cette absence, mais nous allons apprendre à installer une bibliothèque dans une langage. Téléchargez sur notre site www.raspberrypi.electronicmagazine.com le fichier **RPi.GPIO-0.2.0.tar.gz**. Nous avons essayé la version **RPi.GPIO-0.3.1a.tar.gz**, mais pour le moment elle ne fonctionne pas.

Enregistrez le fichier où vous voulez sur votre PC, puis aller dans les paramètres

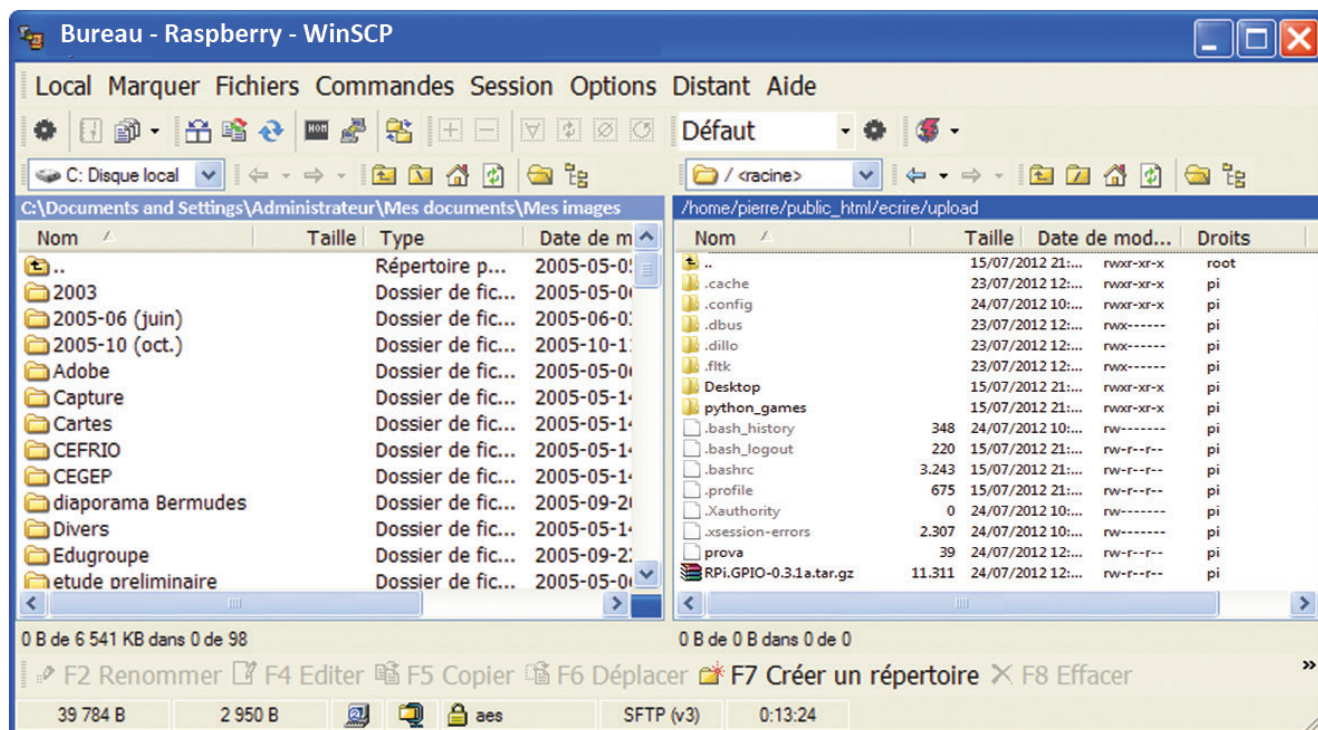


Figure 36 : sélectionnez le dossier où vous avez sauvegardé le fichier et déplacez-le (drag and drop) dans le dossier du RaspberryPi.

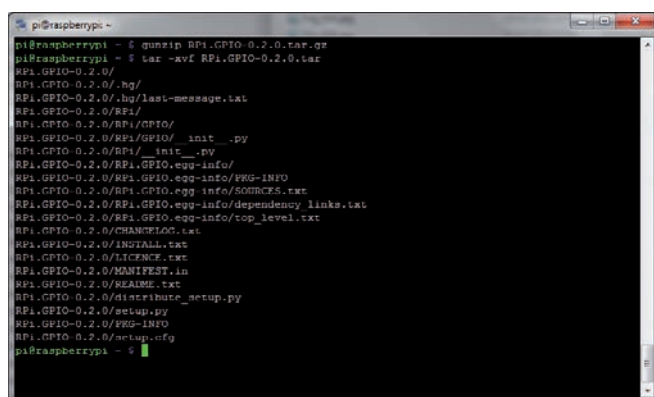


Figure 37 : décompression du fichier « .tar ».

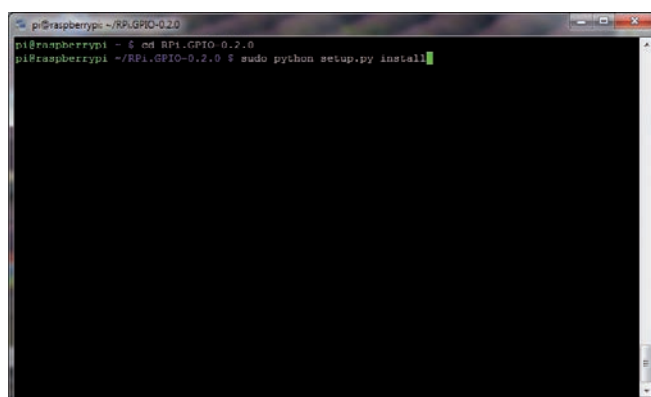


Figure 38 : Avec la commande cd, vous exécutez la commande d'installation.

de **WinSCP**, sélectionnez le dossier où vous avez sauvegardé le fichier et déplacez-le (drag and drop) dans le dossier du **RaspberryPi** (voir la figure 36). Nous verrons très souvent ces types de fichiers dans le monde de **Linux**. De quoi s'agit-il ? Le suffixe « **gz** » est l'équivalent du format « **zip** » dans **Windows**. C'est un format compressé pour réduire l'espace occupé par les fichiers sur le disque et permettre aussi de réduire le temps de transfert. La première étape consiste à décompresser le fichier pour le ramener à son format et sa taille originale.

Utilisez la commande :

```
gunzip RPi.GPIO-0.2.0.tar.gz
```

qui restitue un fichier avec le suffixe « **.tar** ». Les fichiers de format « **.tar** » remontent aux anciennes versions d'ordinateur à bande (« **tar** » de l'anglais **tape archiver**, littéralement « archiver pour bande »). Ce format permet de regrouper un ensemble de fichiers distincts en un seul, par exemple, de les stocker sur une bande. Ensuite, décompressez le fichier « **.tar** », vous obtenez un dossier du même nom avec tous les fichiers séparés à l'intérieur. Ce résultat est obtenu avec la commande (voir la figure 37) :

```
tar -xvf RPi.GPIO-0.2.0.tar
```

Que veut dire cette commande ? On extrait tous les fichiers (**-x**) en indiquant tous les messages du journal de la console (**-v**) et le contenu du fichier (**f**) dans un dossier portant le même nom que le fichier (sans l'extension « **.tar** »).

Le dossier que nous obtenons **RPi.GPIO-0.2.0** contient notre bibliothèque au format code source qui doit être maintenant installée pour qu'elle soit reconnue par le langage **Python**.

En fait, l'installation se compose de différents modules provenant de la recompilation de **Linux** et **Python** et leur repositionnement dans les dossiers appropriés.

Avec la commande **cd** (**changement de répertoire**, comme dans **Windows**), placez-vous dans le répertoire spécifié :

```
pi@raspberrypi ~ $ cd RPi.GPIO-0.2.0
```

dans lequel vous pouvez entrer la commande d'installation suivante **sur une seule ligne** (voir la figure 38) :

```
pi@raspberrypi ~/$ RPi.GPIO-0.2.0 $
sudo python setup.py install
```

Si tout va bien et que vous ne voyez pas de messages d'erreurs dans la liste des commandes qui s'exécute à l'écran, cela veut dire que tout semble correct. Ouvrez le fichier « test » et écrivez :

```
#!/usr/bin/python

import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setup(7, GPIO.OUT)
GPIO.output(7, True)
```

La déclaration d'importation est utilisée pour inclure la bibliothèque **RPi.GPIO** dans le programme et vous donner un nom de référence qui sera utilisé dans le reste du programme. Le **GPIO.setup** initialise le périphérique (matériel) et établit la configuration de chaque broche (pin) en entrée ou en sortie (en fait, ce sont les contrôles à l'exportation et le réglage des directions que nous avons utilisés à partir de la ligne de commande). Enfin, l'instruction **GPIO.output** définit le niveau du signal présent sur les broches que vous voulez utiliser. A partir de l'interface de commande, et après avoir défini les broches du GPIO nous pouvons accéder à notre LED qui dans ce cas sera reconnue comme un **périphérique virtuel GPIO4**. Celui qui a écrit la bibliothèque GPIO pour Python a décidé d'utiliser comme référence l'emplacement physique de cette broche, pour nous la LED correspond à la broche 7. Il n'y a pas de remède à ces différences et nous devons nous rappeler des conventions de chaque langage. Enregistrez et fermez le fichier, lancez-le avec la commande :

```
sudo python test
```

rappelez-vous que le GPIO nécessite des privilèges « root » pour être géré, utilisez la commande **sudo**.

Est-ce que la LED s'allume ? Pour l'éteindre, modifiez la dernière ligne du programme :

```
GPIO.output(7, False) ; sauvegardez et relancez.
```

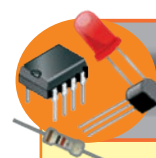
Nous allons continuer à compliquer un peu le programme. Insérons une boucle « **while** » pour faire allumer et éteindre la LED à intervalles réguliers.

```
#!/usr/bin/python

import time
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setup(7, GPIO.OUT)

while True:
    GPIO.output(7, True)
    time.sleep(2)
    GPIO.output(7, False)
    time.sleep(2)
```

Notez quelques remarques : nous avons inclus une référence dans la bibliothèque pour utiliser la fonction de veille afin de temporiser l'allumage de la LED, puis dans la syntaxe du langage Python, il y a des groupes d'instructions. Tout ceci est géré par les retraits ; il n'y a pas d'accolades ou d'instructions de type « **endif** » ou des « **;** » à la fin des instructions. Ne considérez pas que ce n'est pas un performant, il a un potentiel énorme. Maintenant c'est à vous. Pourquoi ne pas faire un feu de circulation avec trois LED qui vont du vert, au jaune et rouge, avec la séquence initiée par simple pression d'un bouton ? C'est un passage pour piétons, il pourrait rester actif jusqu'à ce que quelqu'un franchisse le passage, par exemple, lors de la détection d'un capteur PIR. Dans le prochain numéro d'Électronique et Loisirs Magazine nous nous familiariserons avec l'installation et la configuration des packages et des services pour activer les fonctions Web et les bases de données.



**Comment
construire
ce montage ?**

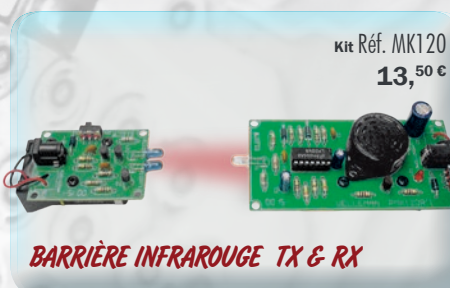
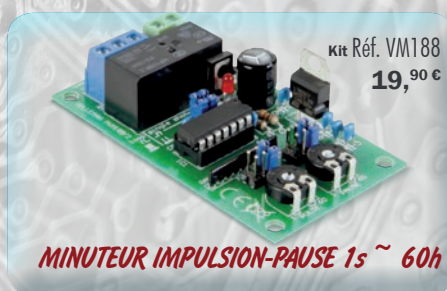
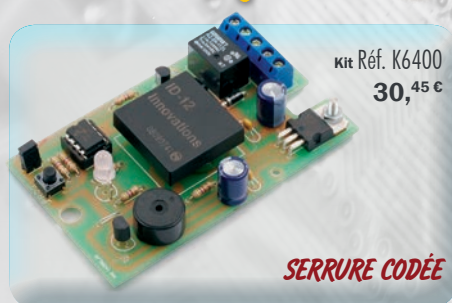
Les programmes sont téléchargeables sur notre site Internet dédié au **RaspberryPi** afin de regrouper tous les programmes et applications : <http://www.raspberrypi.electroniquemagazine.com>



CULTIVEZ VOTRE HOBBY AVEC NOS MONTAGES

de **Kit électronique**

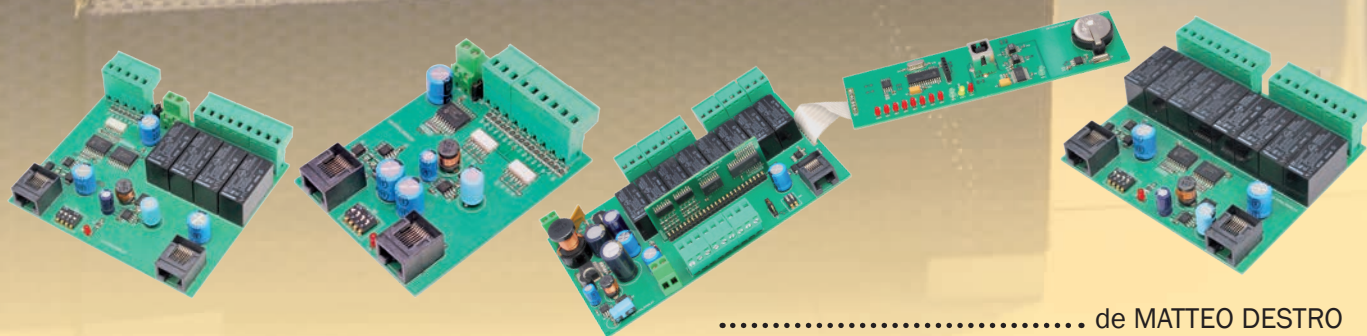
Devenez un expert avec nos kits et modules.
Mettez en "pratique" votre connaissance en programmation!



MINI BUS, un bus pour l'automatisation

Première partie

Le MINI BUS est un système flexible pour automatisation domestique (domotique), il peut commander des appareils ou des équipements grâce à son module d'unité de contrôle et de ses modules périphériques reliés entre eux par un bus dont le protocole est I2C (le bus I2C est un bus de données série synchrone bidirectionnel half-duplex. Plusieurs équipements, soit maîtres, soit esclaves, peuvent être connectés au bus). La qualité du signal a été améliorée afin de couvrir de longues distances entre les divers équipements.



..... de MATTEO DESTRO

La domotique est une matière qui traite des technologies pour améliorer la qualité de vie d'une maison et joue un rôle important pour rendre les équipements, installations et systèmes intelligents. Par exemple, un système électrique peut gérer la régulation de la gestion de l'irrigation de la pelouse en arrosant seulement à certaines heures de la journée et pendant une période de temps prédéterminée. On peut donc conclure qu'avec une « **maison intelligente** », on se réfère à un environnement familial où l'équipement et les systèmes sont capables de remplir des fonctions partiellement autonomes ou programmées par l'utilisateur, qui peut communiquer via des interfaces appropriées telles que des boutons, télécommandes, etc. Le système de contrôle centralisé exécute les ordres donnés par l'utilisateur (par exemple l'éclairage d'une lumière) ou gère de manière autonome une série de processus de régulation.

Le système proposé dans cette série d'articles qui débute dans ce numéro **124 d'Électronique et Loisirs Magazine** a pour objectif la gestion d'entrées et de sorties programmées, de manière à mettre en œuvre une série de contrôles (régulation) utiles à la gestion de la maison, comme par exemple, l'irrigation de la pelouse.

Ce système a été initialement conçu pour gérer l'arrosage d'une pelouse, il a évolué au fil du temps vers un système plus général avec des entrées et des sorties numériques qui répondent aux ordres donnés par la programmation.

En utilisant un logiciel spécialement développé pour cette application, vous pouvez configurer jusqu'à **32 zones** de gestion automatique, chaque zone définie va agir sur l'une des sorties correspondantes.

Chacune des 32 zones peut piloter indépendamment la sortie qui lui est associée en fonction de l'heure et du jour de la semaine. En plus pour chaque jour, vous pouvez définir jusqu'à sept événements. Un événement correspond au moment où la sortie doit être activée et désactivée sur une période de 24 heures.

En outre, vous pouvez forcer, pendant une période déterminée de quelques mois dans l'année, une zone qui gère une sortie associée. **Par exemple, dans le cas où vous devriez arroser la pelouse, vous pouvez décider que cette fonction sera activée à partir du mois de Mai et ce jusqu'au mois de Septembre, et doit être désactivée pour le reste de l'année.**

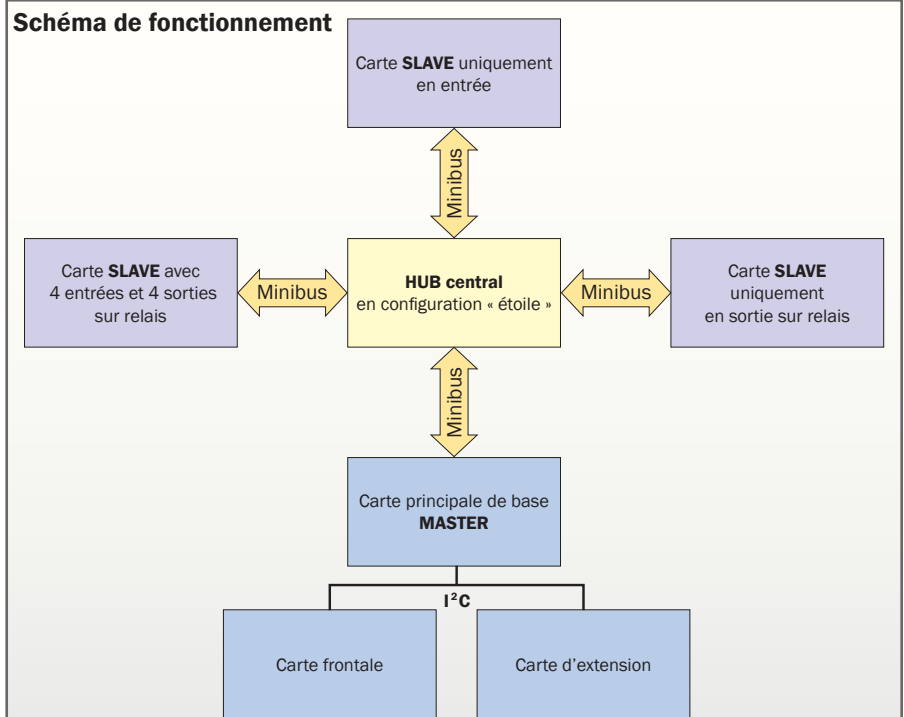
La figure 1 montre un exemple de ce qui a été expliqué précédemment. Comme vous pouvez le voir, vous avez configuré la **zone 1** pour qu'elle actionne la **sortie 1** du **module** dont l'**adresse** est **1**. Cette **zone n'est active que pendant les mois de Mai à Septembre**. Par ailleurs, la **sortie est activée uniquement les jours suivants** : lundi, mercredi, vendredi et dimanche de 06h30 à 19h00.

Pour chaque jour de la semaine vous avez configuré **un seul événement**. En plus de la configuration par logiciel de la zone, vous pouvez définir si les sorties doivent travailler en configuration **NC** ou **NO** (**NC** = **N**ormally **C**losed [**N**ormalement **f**ermé] et **NO** = **N**ormally **O**pen [**N**ormalement **o**ouvert]) et si les entrées s'activent lorsqu'elles reçoivent un **front montant** ou un **front descendant**.

Enfin, pour chaque sortie disponible, le logiciel peut associer une ou plusieurs entrées. Pour chaque entrée, vous pouvez décider de l'état que prendra la sortie **SET** (1), **RESET** (0) ou **TOGGLE** (inversion). Toutes ces fonctions, ainsi que toutes les autres qui ne sont pas encore mentionnées, seront traitées en détail tout au long de la série d'articles.

Nous vous proposons un système composé d'une série de modules d'entrées / sorties (**SLAVE [ESCLAVES]**) pilotés par une unité centrale (définie comme **MASTER [MAÎTRE]**) qui contient toute l'électronique nécessaire pour gérer chaque broche (pin) des modules esclaves ainsi que de l'interface reliée au PC pour la programmation de la mémoire EEPROM.

Schéma de fonctionnement



Dans le diagramme ci-dessus, 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.

Cette dernière contient toutes les informations nécessaires à la gestion des entrées / sorties concernées.

Le système est composé de :

- un module de type **MASTER (MAÎTRE)** comprenant 8 entrées opto-isolées et 8 sorties indépendantes sur relais. Une horloge temps réel (RTC) pour la gestion de la date et de l'heure, une interface USB opto-isolée pour la communication avec un PC et un microcontrôleur **PIC 18F2620** pour la gestion de tous les composants électroniques. Le module **MASTER n'est pas adressable par l'utilisateur**, son adresse logique est 1 (son adresse physique est 0) ;

- jusqu'à **7** modules de type **SLAVE (ESCLAVES)**, qui peuvent être soit des entrées, soit des sorties ou un mélange des deux (soit des entrées et des sorties). Les entrées sont toujours isolées galvaniquement (opto-isolées), tandis que les sorties sont sur relais.

Chaque module doit être **assigné d'une adresse unique** allant de **2 à 8**, l'attribution est faite à l'aide d'un dip-switch. L'adresse physique correspondant à l'adresse logique **moins un**. En pratique, si nous attribuons à une carte **SLAVE** l'adresse logique 8 en réalité les commutateurs DIP fixeront sur cette carte à l'adresse 7.

De ce qui précède nous pouvons résumer sur un schéma de principe les liaisons entre le nombre maximal des différents modules esclaves et le module maître (voir la figure 2). Comme vous pouvez le voir, la connexion physique entre les modules se fait en utilisant le bus **I2C** convenablement configuré pour couvrir des distances importantes. Plus tard, nous discuterons en détail de la façon dont est gérée la connexion physique entre les cartes.

DESCRIPTION DU MATÉRIEL

Dans ce premier article, nous allons examiner la carte principale de base et

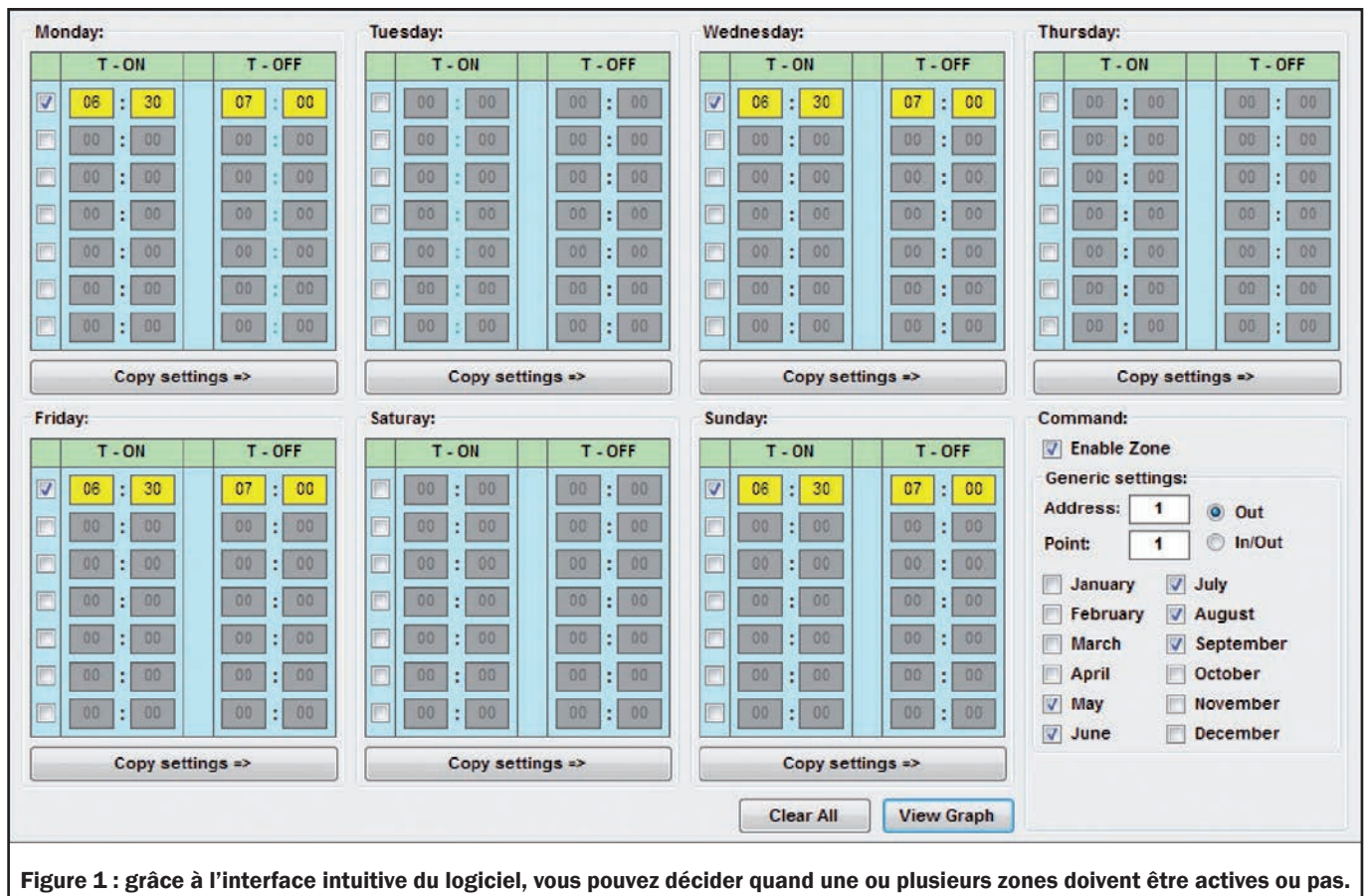


Figure 1 : grâce à l'interface intuitive du logiciel, vous pouvez décider quand une ou plusieurs zones doivent être actives ou pas.

la carte frontale du module **MASTER** (MAÎTRE), laissant la description de la carte d'extension pour le prochain article. Le module **MASTER**, contrairement aux autres, est le seul à pouvoir **fonctionner de manière totalement indépendante**.

En fait, le matériel qu'il contient permet de gérer jusqu'à 8 entrées opto-isolées et 8 sorties sur relais indépendamment, ce qui est suffisamment pour répondre aux besoins d'applications simples.

En regardant le schéma de principe du système (voir la figure 3), nous pouvons voir les différents blocs fonctionnels qui composent le système. Presque tous les blocs sont reliés entre eux via l'intermédiaire du bus de communication **I2C**, à l'exception de l'interface USB pour le PC qui utilise une connexion RS-232.

Le cœur du montage est un **PIC18F2620**, programmé de manière appropriée, qui doit gérer toutes les communications sur le bus **I2C** en fonction de la **configuration de l'utilisateur stockée dans la mémoire externe EEPROM** de 1 Mbits.

Le microcontrôleur doit communiquer, sur le bus I2C, avec les éléments suivants :

- Mémoire **EEPROM** externe de 1 Mbit
- Horloge temps réel (Real Time Clock)

contenant le programme utilisateur pour la gestion des entrées / sorties ;

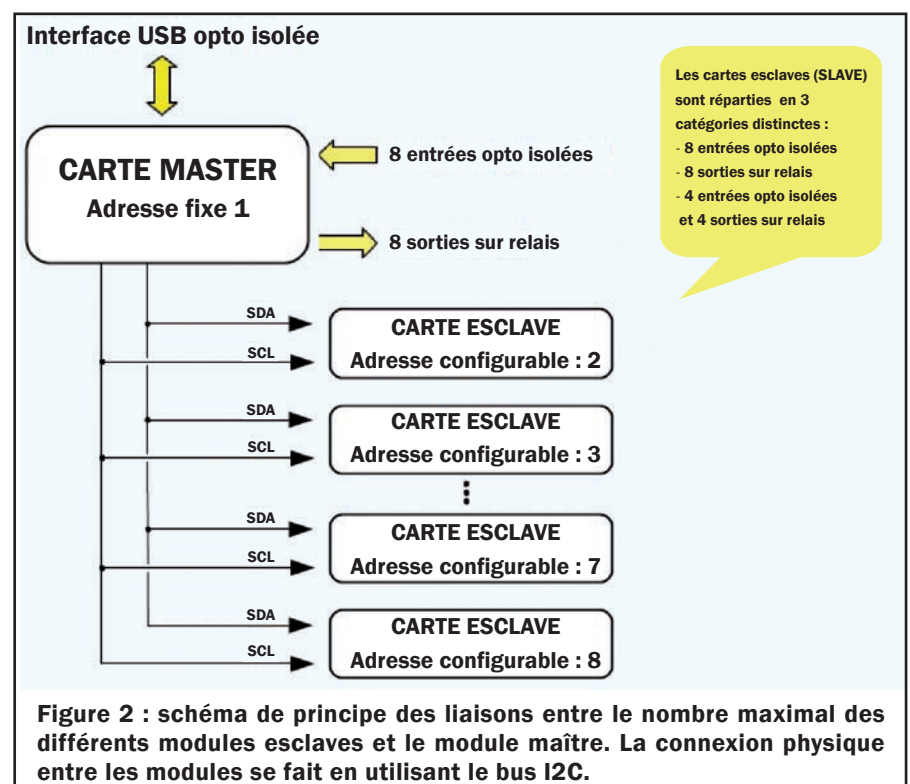
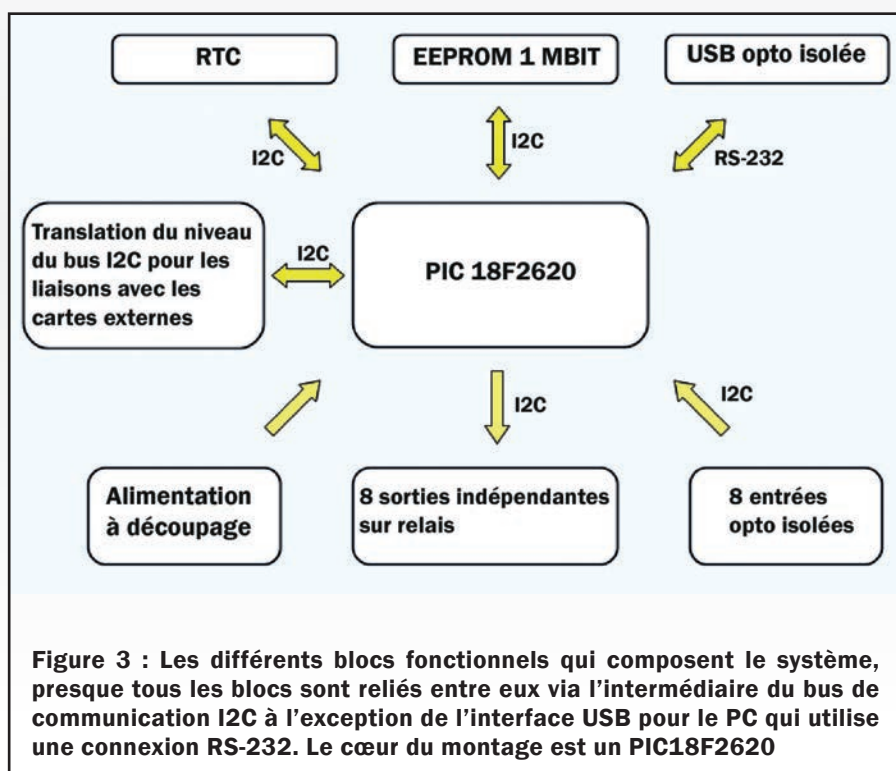


Figure 2 : schéma de principe des liaisons entre le nombre maximal des différents modules esclaves et le module maître. La connexion physique entre les modules se fait en utilisant le bus I2C.



Liste des composants de la carte de base MASTER du MINIBUS

R1.. 2,2 k 1%	0603
R2.. 2,2 k 1%	0603
R3.. 4,7 k 1%	0603
C1.. 10 nF 50 V	céramique 0603
C2.. 100 µF 50 V	électrolytique
C3.. 100 nF 50 V	céramique 0603
C4.. 100 nF 50 V	céramique 0603
C5.. 100 µF 25 V	électrolytique
C6.. 100 nF 50 V	céramique 0603
C7.. 10 nF 50 V	céramique 0603
C8.. 820 µF 35 V	électrolytique
C9.. 100 nF 50 V	céramique 0603
C10.. 560 µF 25 V	électrolytique
C11.. 100 nF 50 V	céramique 0603
C12.. 220 µF 50 V	électrolytique
C13.. 470 µF 50 V	électrolytique
C14.. 220 µF 50 V	électrolytique
C15.. 220 µF 50 V	électrolytique
U1.. LM2674M-5.0	
U2.. P82B96	
U3.. LM2678S-12.0	
D1.. SMBJ13CA	
D2.. SS34	
D3.. SMBJ13CA	
D4.. 80SQ045	
D5.. GI752-E3	
D6.. 1.5KE33CA	
D7.. SMBJ13CA	
LD1.. LED 3 mm rouge	
F1.. Fusible thermique réarmable 50 mA	
F2.. Fusible thermique réarmable 50 mA	
F3.. Fusible thermique réarmable 2500 mA	
L1.. Inductance 100 µH 800 mA	
L2.. Inductance 47 µH 4300 mA	
RL1 à RL8.. Relais FTR-H1CA012V	
DS1.. Dip-Switch 2 pôles	

Divers :

Connecteur RJ45 MOLEX 95501-6889
 Bornier 2 pôles x 2
 Bornier 3 pôles x 9
 Barrette mâle 3 broches
 Barrette mâle 8 broches
 Jumper

[RTC]) pour gérer la date et l'heure, programmable à partir du PC ;

- Les **MCP23017** pour la gestion de la section d'entrées logiques (8 entrées) et la section des sorties sur relais (8 sorties) ;

- L'amplificateur du bus I2C le **P82B96** pour connecter les différentes cartes d'extension.

Dans le cas où il y aurait des modules d'extensions connectés au module **MASTER** (MAÎTRE), le microcontrôleur doit communiquer avec chacun d'entre eux, c'est à dire qu'il doit s'interfacer avec le circuit intégré

MCP23008 qui, en fonction de sa configuration, devra gérer jusqu'à 8 entrées opto-isolées ou 8 sorties sur relais de manière indépendante. Dans le cas d'un module mixte, il devra gérer 4 entrées opto-isolées et 4 sorties sur relais de manière indépendante.

Comme nous avons pu le voir en introduction, le système de communication est basé sur le **BUS I2C** et sur les extensions d'entrées / sorties, en particulier les circuits intégrés **MCP23017** et **MCP23008**. L'électronique du module **MASTER** a été divisée en trois ensembles distincts, qui sont : la **carte frontale**, la **carte de base** et la **carte d'extension**.

Les deux premières peuvent être insérées dans un boîtier 9 modules pour rail DIN, la carte d'extension, soudée sur la carte de base contient l'électronique de commande des entrées opto-isolées et des sorties relais. Les huit entrées et huit sorties sont gérées par le circuit intégré **MCP23017**.

CARTE DE BASE

Nous commençons par la description du schéma électrique de la carte de

base et en particulier la partie alimentation. En observant le schéma, vous pouvez constater qu'il n'y a pas de transformateur d'alimentation et donc que vous ne pouvez pas connecter directement la carte à la tension du réseau électrique. Vous devez choisir un transformateur modulaire sur rail DIN approprié correspondant à la carte, ou une alimentation régulée, toujours sur rail DIN.

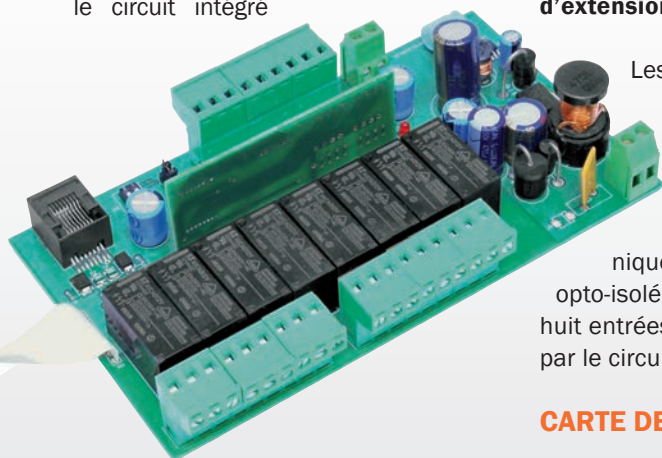
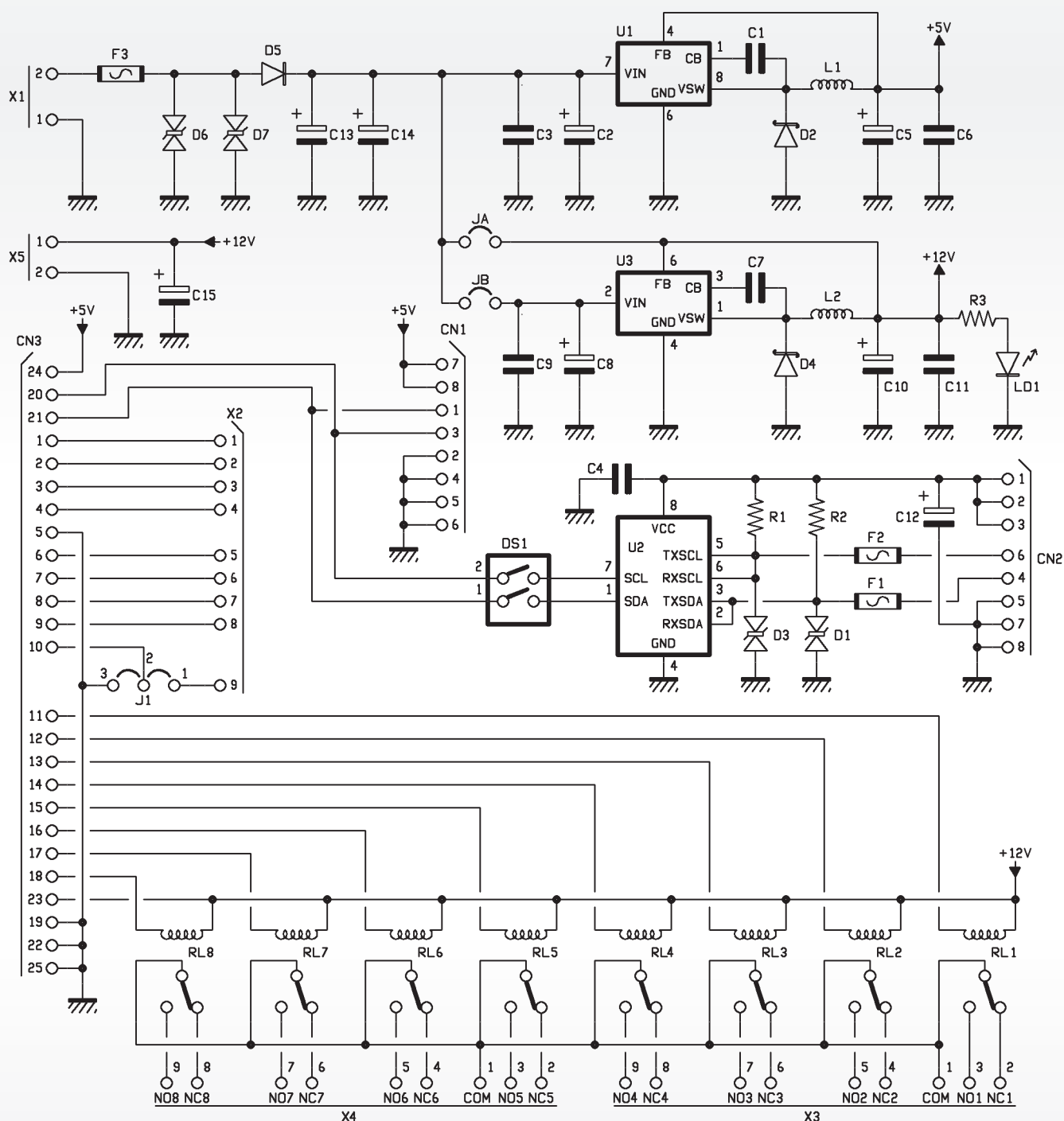


Photo de l'un de nos prototypes de la carte de base MASTER.

Schéma électrique de la carte de base MASTER du MINIBUS, vous pouvez constater qu'il n'y a pas de transformateur dans la partie alimentation.



Dans les deux cas, vous devez faire attention à la tension de sortie, qui doit être compatible avec la tension d'alimentation de la carte.

Si vous utilisez une alimentation externe **stabilisée de 12 VDC / 5A** vous devez **fermer** le pont **JA** et **ouvrir** le pont **JB**, dans ce cas **vous n'avez pas besoin de monter C7, C8, C9, C10, C11, D4, D6, L2 et U3**.

C'est parce que la tension d'alimentation stabilisée de 12 VDC alimente directement la partie en 12 V de la carte au point commun C10, C11 et +12 V. Il est important que l'alimentation soit capable de **fournir au moins 3A**, nécessaires en cas d'utilisation de plusieurs cartes d'extension. Le cas qui nécessite le **plus fort courant**, est lorsqu'on installe les **7 modules** d'extension (SLAVE) avec les sorties relais.

Chaque module **SLAVE** possède **8** relais **Fujitsu** de la série **FTR-H1CA012V** pour un total de **64 relais** (7 x 8 + 8 de la carte MASTER). La bobine de chaque relais consomme **44 mA**, donc si les 64 relais sont activés en même temps la consommation s'élève à environ **2,82 A**, à cela il faut ajouter la consommation de chaque carte électronique. Si par contre nous utilisons une alimentation externe non stabilisée

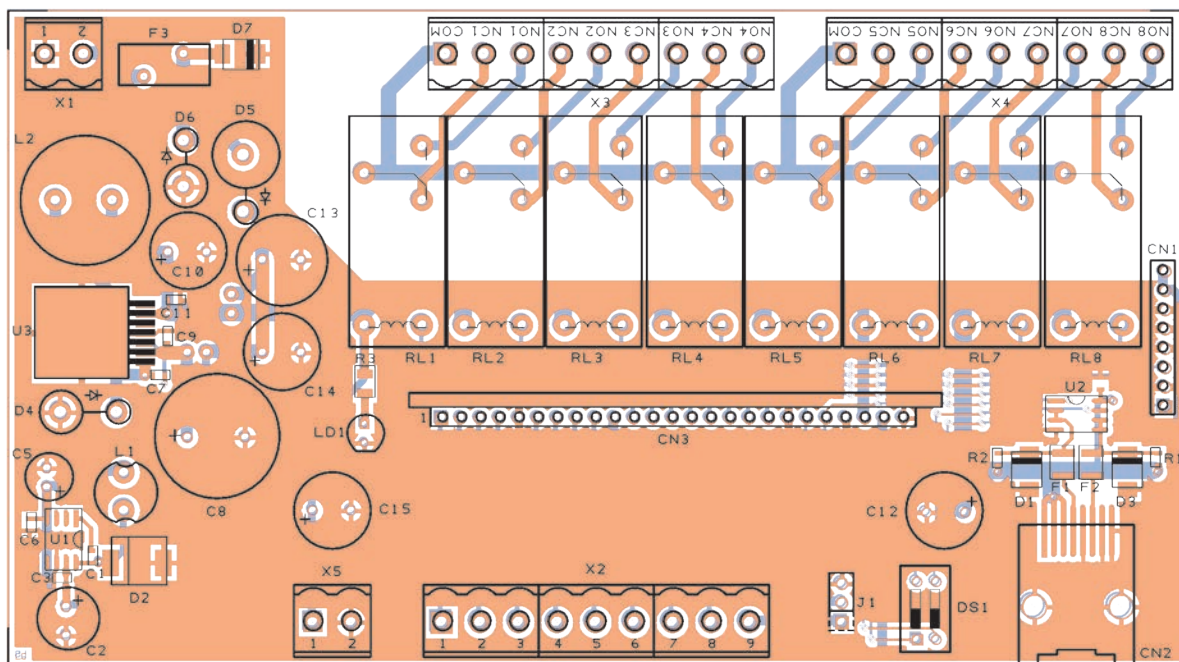


Schéma de câblage de la carte de base MASTER du MINIBUS.

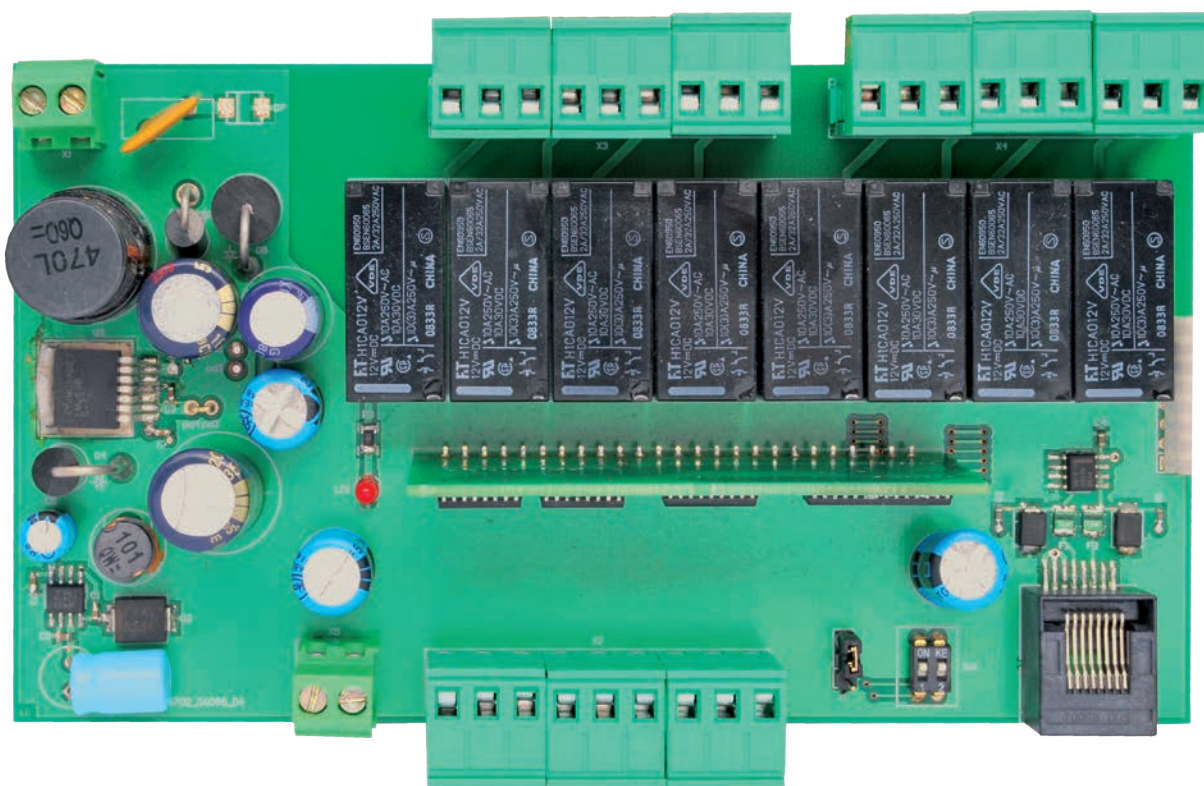


Photo de l'un de nos prototypes de la carte de base MASTER du MINIBUS vu de dessus, à gauche la partie alimentation, à droite les 8 relais et l'emplacement pour la carte frontale.

de **12 à 24 VCA**, nous devons **fermer JB** et laisser **ouvert JA** ; dans ce cas **D7 ne doit pas être montée**. Avec cette configuration, il est également possible d'alimenter le circuit avec une tension de 15 à 24 VDC stabilisés.

Analysons maintenant en détail la section d'alimentation, à partir du connecteur **X1** nous trouvons un **fusible thermique réarmable F3** et deux **TVS** (Transient Voltage Suppressor) ou **diode Transil** (c'est un composant de

protection contre les surtensions) pour l'élimination en entrée des surtensions (D6 ou D7, selon le cas).

La diode D6 intervient pour des tensions supérieures à 33 V, tandis que

D7 intervient pour des tensions supérieures à 12 V. Dans les deux cas la surtension produit la conduction des **TVS** en engendrant un courant anormalement élevé qui fait intervenir le **fusible thermique F3**, lequel, en s'ouvrant, permet de protéger toute l'électronique en aval. La **diode D5** est montée en simple **redresseur mono alternance**.

L'alimentation est constituée de deux étages de type commutation (switching) pour générer les tensions de **+ 5 V** et de **+ 12 V**. Le **5 V** est obtenu à partir du circuit intégré **LM2674M-5.0 (U1)** monté en configuration abaisseur de tension (step-down) et déjà utilisé dans nos précédents montages.

Le courant maximal qu'il peut fournir est de **500 mA** avec un rendement maximal de **92%**. La tension **+ 5 V** alimente tous les circuits intégrés présents sur la carte de base, ceux de la carte frontale ainsi que ceux de la carte d'extension.

Le deuxième étage produit une tension stabilisée de 12 V, nécessaire pour alimenter le circuit intégré **U2** et tous les relais de la carte de base, ainsi que tous les modules esclaves (SLAVE) qui seront connectés au module MASTER par l'intermédiaire du connecteur CN2.

Le connecteur **CN2** est un connecteur de type réseau **RJ45**, vous comprenez que pour le raccordement au module esclave (SLAVE), vous devrez utiliser un câble réseau torsadé serti correctement pour l'application considérée.

La tension **+ 12 V** est également disponible sur le connecteur **X5**, dans le cas où vous voulez alimenter les **entrées des optocoupleurs** de la **carte d'extension** raccordées aux broches du connecteur **X2**.

Dans ce cas, le cavalier **J1** doit être positionné entre les broches **2** et **3**, de sorte que la **masse de référence** de l'étage d'entrée est la même que celle de la carte de base. Si vous voulez alimenter les entrées des optocoupleurs de la carte d'extension avec une tension externe, le cavalier **J1** doit être positionné entre les broches **1** et **2**, afin de découpler la masse de la carte d'extension de celle de la carte de base.

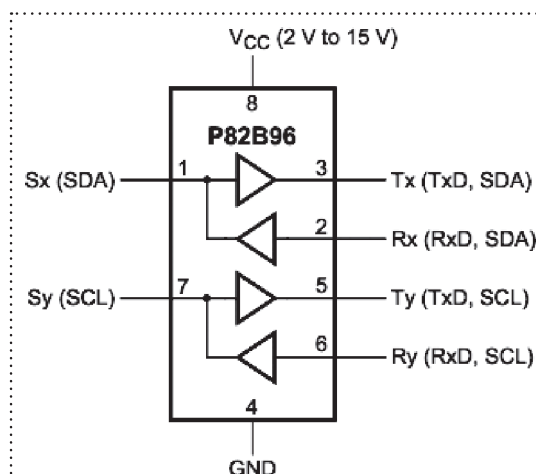


Figure 4 : brochage interne du circuit intégré P82B96, les broches Sx et Sy sont utilisées pour relier respectivement les signaux SDA et SCL au niveau de la tension normale, tandis que les broches Tx, Rx et Ty, Ry sont utilisées pour la partie conversion du niveau du signal jusqu'à 12 V.

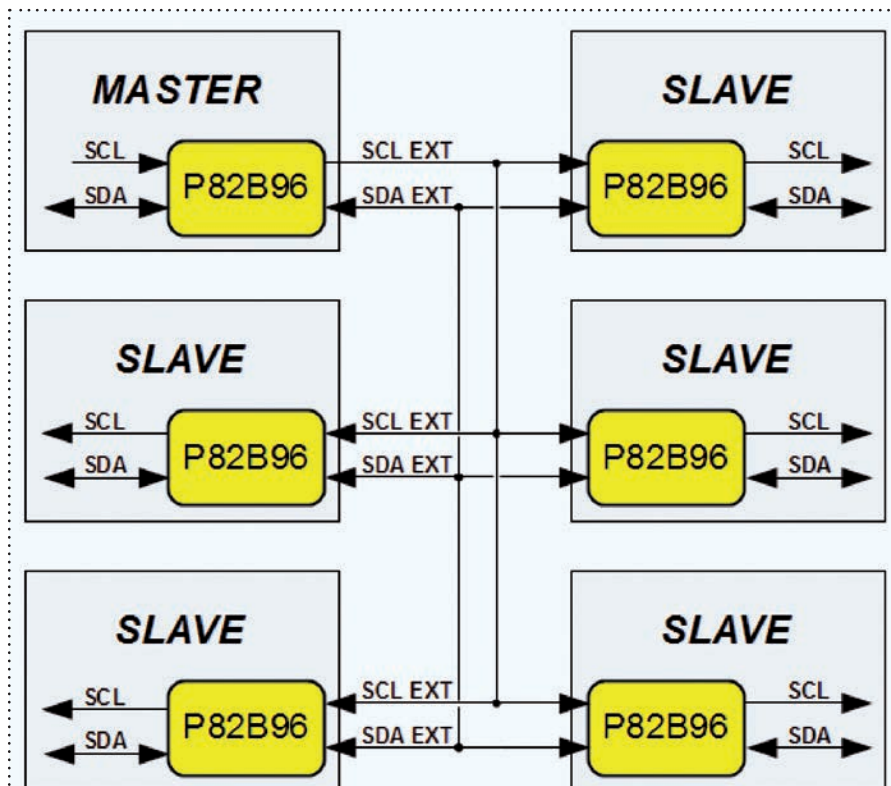


Figure 5 : connexion possible entre le module MASTER et les modules esclaves (SLAVE). Il est important de noter que le circuit intégré P82B96 (buffer I2C) ne peut être connecté qu'en utilisant les broches Tx, Ty et Rx, Ry, il n'est pas possible de connecter plusieurs P82B96 à partir des broches Sx et Sy.

Le circuit intégré utilisé pour fabriquer le **+ 12 V** est un **LM2678S-12.0 (U3)** qui, comme le précédent, est monté en configuration **abaisseur de tension** (step-down). Le courant maximal qu'il peut fournir est de **5 A**, ce qui est plus que suffisant pour l'application envisagée et son rendement maximal est de **92%**.

Le nombre de composants nécessaires au fonctionnement des deux régulateurs en commutation (découpage) est

très réduit, mais il faut faire attention au choix de la valeur de l'**inductance** (élément clé des régulateurs à découpage) et du type de **diode de roue libre**, ainsi qu'à celui des valeurs des **condensateurs** de la section d'entrée et de celle de sortie. Les relais utilisés sont de type **FTR-H1CA012V** dont la bobine fonctionne en **12 V** et sont pilotés par le circuit intégré driver **ULN2803ADW** (8 canaux) monté sur la carte d'extension (connecteur CN3).

Tableau 1

Adresse	Description
0x00100 ÷ 0x001FF	Zone 1
0x00100 ÷ 0x0011F	Lundi Zone 1
0x00100 ÷ 0x00103	Point d'intervention 1 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x00104 ÷ 0x00107	Point d'intervention 2 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x00108 ÷ 0x0010B	Point d'intervention 3 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x0010C ÷ 0x0010F	Point d'intervention 4 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x00110 ÷ 0x00113	Point d'intervention 5 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x00114 ÷ 0x00117	Point d'intervention 6 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x00118 ÷ 0x0011B	Point d'intervention 7 (Début HH:MM) → (Fin HH:MM)
0x0011C	Flag pour activer le point d'intervention. "1" point d'intervention actif , "0" point d'intervention inactif
	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0
	x P7 P6 P5 P4 P3 P2 P1
0x0011D ÷ 0x0011F	Octets libres
0x00120 ÷ 0x0013F	Mardi Zone 1
0x00140 ÷ 0x0015F	Mercredi Zone 1
0x00160 ÷ 0x0017F	Jeudi Zone 1
0x00180 ÷ 0x0019F	Vendredi Zone 1
0x001A0 ÷ 0x001BF	Samedi Zone 1
0x001C0 ÷ 0x001DF	Dimanche Zone 1
0x001E0 ÷ 0x001FF	Flag, adresse et point
0x001E0 ÷ 0x001E3	4 octets pour la gestion du Flag
	12 Bit Gestion des mois associés à la zone (M1 – M12 ; M = "1" mois activé, M = "0" mois désactivé).
	1 Bit Gestion de la zone active, (Z = "1" zone active, Z = "0" zone inactive)
	1 Bit Sélection du module en sortie uniquement (U = "1" module seulement en sortie)
	1 Bit Sélection du module en entrée et en sortie (IU = "1" module E/S)
	M12 M11 M10 M9 M8 M7 M6 M5 M4 M3 M2 M1 x x x x
	x x x x x x x x x x x x x IU U Z
0x001E4	Adresse associée à la zone
0x001E5	Point associé à la zone
0x001E6 ÷ 0x001FF	Libres

La communication à l'ensemble des modules esclaves (**SLAVE**) est réalisée à travers le **bus I2C**. Sur chacun des modules esclaves, est présent un circuit intégré le **MCP23008** qui permet d'étendre le nombre entrées / sortie (jusqu'à 8) et utilise l'interface de communication **I2C** (il existe également une version avec l'interface SPI).

La distance entre le **module maître** (MASTER) et les **modules esclaves** (SLAVE) peut atteindre plusieurs **dizaines de mètres**, ces distances sont beaucoup plus élevées que celles typiques prévues par le protocole.

Il devient alors nécessaire de recourir à un dispositif qui consiste à adapter les niveaux à une valeur de tension supérieure à la valeur originale de 5 V.

Cette fonction est réalisée par le circuit intégré **P82B96** qui est un **buffer bidirectionnel** pour bus **I2C**, il permet de transformer le niveau des impulsions 0/5V à 0/12V, de façon à rendre les données moins sensibles au bruit captés par les fils du bus et augmenter ainsi la distance entre les modules.

La **figure 4** montre le brochage interne du circuit intégré **P82B96** (buffer), les broches **Sx** et **Sy** sont utilisées pour relier respectivement les signaux **SDA** et **SCL** au niveau de la tension normale, tandis que les broches **Tx**, **Rx** et **Ty**, **Ry** sont utilisées pour la partie conversion du niveau du signal jusqu'à **12 V**. Nous découvrons **deux broches** pour **chaque signal SDA** et **SCL**, car il est nécessaire d'assurer un signal **bi-directionnel**.

En pratique les sorties **Tx** et **Rx** sont reliées entre elles avec une résistance de « **pull-up** » (résistance de tirage) reliée au **12 V**. De même pour les sorties **Ty** et **Ry**.

Comme protection en cas de surtension et/ou de courant anormalement élevé, nous utilisons deux fusibles thermiques réarmables F1 et F2 et deux DVS D1 et D3 visibles sur le schéma électrique. Un circuit **buffer** de type **P82B96** est présent sur tous les **modules esclaves**, et amène le signal **I2C amplifié** au niveau initial de tension et de courant.

Le câble utilisé pour les connexions entre les modules transmet les informations du bus I2C et apporte l'alimentation (+ 12 V) utilisée par les

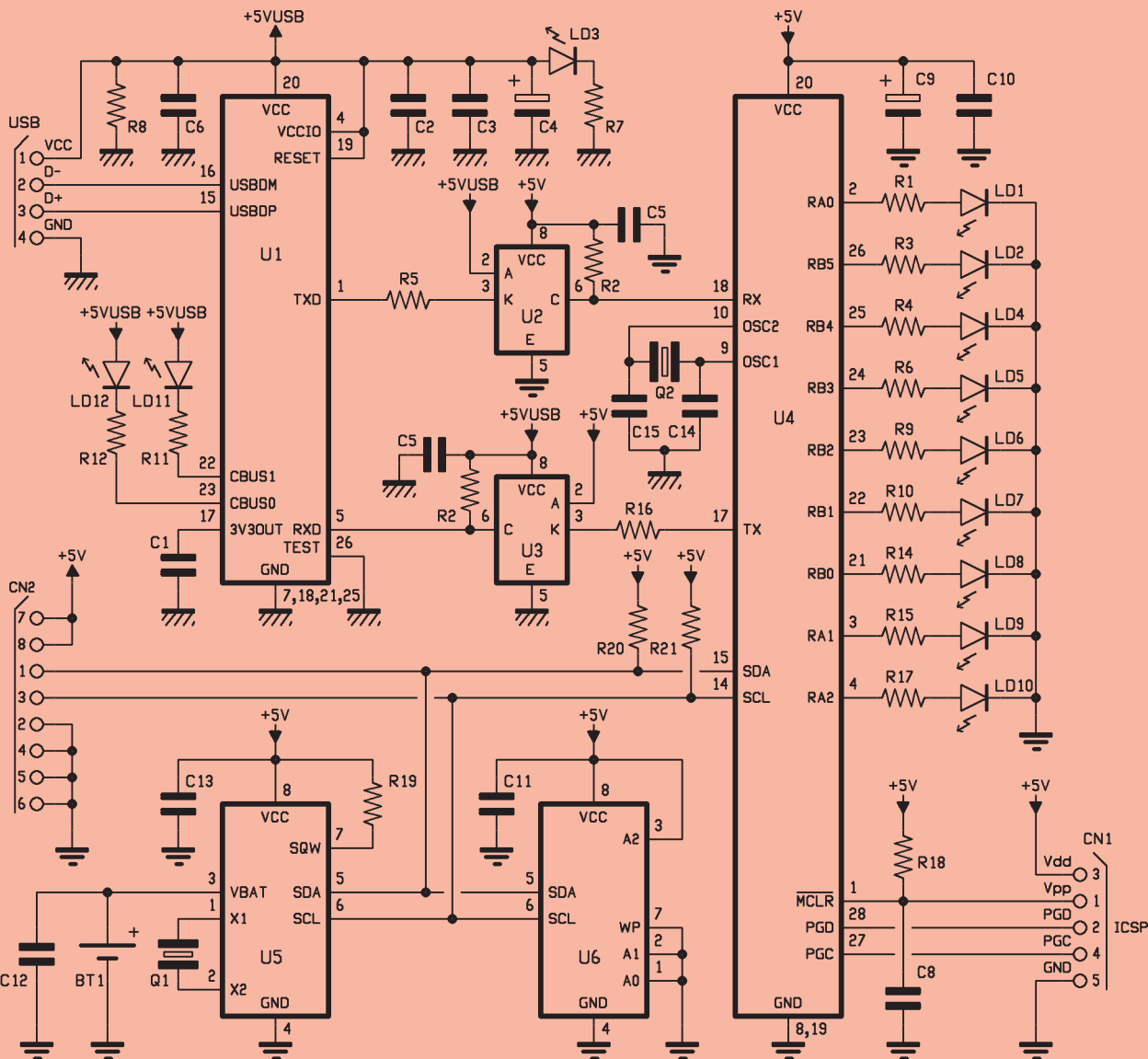


Schéma électrique de la carte frontale, qui abrite le cœur du système, c'est à dire le microcontrôleur (U4) un PIC18F2620 de chez Microchip.

modules esclaves pour dériver la tension d'alimentation interne de + 5 V. La figure 5 montre une connexion possible entre le module **MASTER** et les modules **esclaves** (SLAVE).

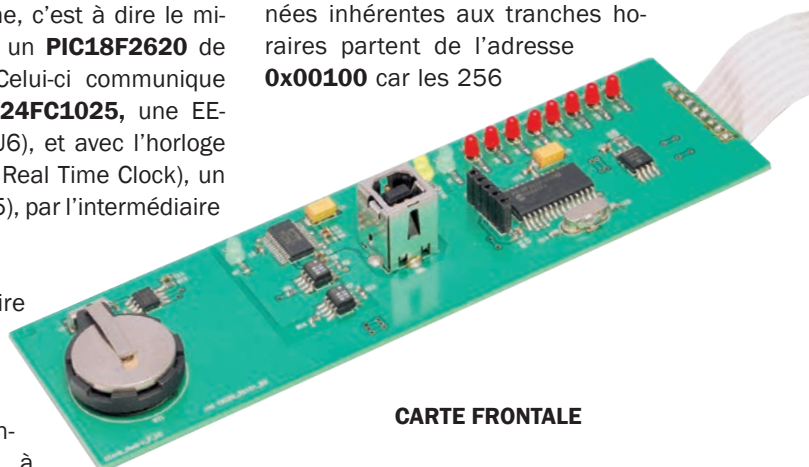
Il est important de noter que le circuit intégré **P82B96** (buffer I2C) **peut être connecté à un ou plusieurs autres circuits P82B96 seulement à un niveau de tension élevée**, c'est-à-dire en utilisant les broches **Tx, Ty et Rx, Ry**, mais il n'est pas possible de connecter plusieurs **P82B96** à partir des broches **Sx et Sy**.

La communication vers la carte frontale est réalisée à travers le connecteur **CN1**

qui amène les signaux SDA et SCL, la masse et l'alimentation + 5 V. Analysons le schéma de la carte frontale, qui abrite le cœur du système, c'est à dire le microcontrôleur (U4) un **PIC18F2620** de chez **Microchip**. Celui-ci communique avec la mémoire **24FC1025**, une EEPROM de 1Mbit (U6), et avec l'horloge temps réel (RTC = Real Time Clock), un **Dallas DS1307** (U5), par l'intermédiaire du bus **I2C**.

Dans la mémoire **EEPROM**, ac-
tuellement, sont
mémorisées seu-
lement les don-
nées inhérentes à

la gestion des **32 plages horaires**, en occupant **8192 octets** (chaque tranche horaire occupe 256 octet). Les données inhérentes aux tranches horaires partent de l'adresse **0x00100** car les 256



CARTE FRONTALE

Tableau 2

Tableau 2								
Adresse	Description							
0x0000 à 0x0007	Adresse et type de module associé							
0x0000	Module 0. Adresse fixe et non programmable. Toujours 8 IN (8 entrées) et 8 OUT (8 sorties)							
0x0001	Module 1. Programmable IN (en entrée), OUT (en sortie) ou IN / OUT (en entrée / sortie) xxx = Adresse du module yy = Type de module "00" Output, "01" In/Out, "11" Input z = "1" Adresse du module affecté, "0" Adresse non affectée							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	z	libre	libre	y	y	x	x	x
0x0002 à 0x0007	Modules 2, 3, 4, 5, 6 et 7							
0x0008 à 0x000F	Etats des entrées							
0x0008	Module 0. Etats des entrées. "0" Entrée active front descendant, "1" Entrée active front montant. Défaut : active front montant							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	x	x	x	x	x	x	x	x
0x0009 à 0x000F	Modules 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7							
0x0010 à 0x0017	Etats des sorties							
0x0010	Module 0. Etats des sorties. "1" contact normalement ouvert, "0" contact normalement fermé. Défaut contact normalement ouvert (NO)							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	x	x	x	x	x	x	x	x
0x0011 à 0x0017	Modules 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7							
0x0018 à 0x001F	Libre							
0x0020 à 0x005F	Module de sortie Adresse 1. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x0020 à 0x0027	Adresse 1 de sortie, Point 1							
0x0020	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0021	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée(3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0022	Type de commande(2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0023	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0024	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0025	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0026	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0027	Type de commande (2 Bit)		Adresse du module d'entrée (3 Bit)		Point du module d'entrée (3 Bit)			
0x0028 à 0x002F	Adresse 1 de sortie, Point 2							
0x0030 à 0x0037	Adresse 1 de sortie, Point 3							
0x0038 à 0x003F	Adresse 1 de sortie, Point 4							
0x0040 à 0x0047	Adresse 1 de sortie, Point 5							
0x0048 à 0x004F	Adresse 1 de sortie, Point 6							
0x0050 à 0x0057	Adresse 1 de sortie, Point 7							
0x0058 à 0x005F	Adresse 1 de sortie, Point 8							
0x0060 à 0x009F	Module de sortie Adresse 2. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x00A0 à 0x00DF	Module de sortie Adresse 3. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x00E0 à 0x011F	Module de sortie Adresse 4. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x0120 à 0x015F	Module de sortie Adresse 5. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x0160 à 0x019F	Module de sortie Adresse 6. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x01A0 à 0x01DF	Module de sortie Adresse 7. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x01E0 à 0x022F	Module de sortie Adresse 8. Entrées associées à chaque point de sortie							
0x0230 à 0x03EF	Libre							
0x03F0 à 0x03FF	Somme de contrôle des octets							

premiers octets sont laissés libres pour d'éventuels développements futurs, comme la mémorisation de flag (drapeau) ou constantes.

Le **tableau 1** nous montre de quelle manière l'espace de la mémoire est allouée pour la gestion d'une **zone** (par exemple la **zone 1**).

Pour chaque jour de la semaine, nous pouvons définir jusqu'à 7 points d'intervention, dont chacun a besoin de

4 octets d'espace de stockage (par exemple de l'adresse 0x00100 à 0x00103).

Dans ces 4 octets sont mémorisés l'heure et la minute d'activation de la sortie correspondante, ainsi que l'heure et la minute de désactivation. Pour savoir si le nième point d'intervention est actif, vous devez enregistrer l'état dans un flag (valeur binaire). Étant donné qu'il y a uniquement **7 points d'intervention**, il suffit d'un **seul octet**

comme indiqué dans le **tableau 1** (par exemple, l'adresse 0x0011C).

Les trois derniers octets des 32 alloués sont libres et forcés à **0xFF**. Ce qui est décrit pour ce jour est valable pour les autres jours de la semaine pour la **zone 1**. Évidemment, il en est de même pour les 31 zones restantes.

Dans le code de toutes les informations que nous venons de décrire, sont placés 4 octets pour stocker le flag

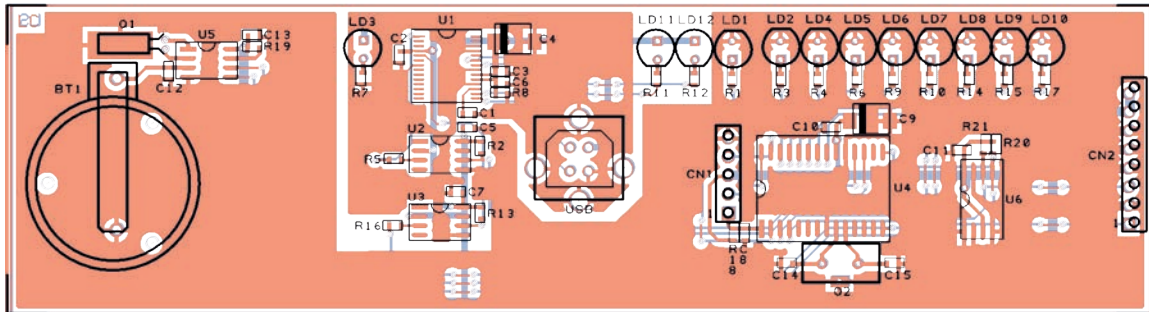


Schéma de câblage de la carte frontale du MINIBUS.

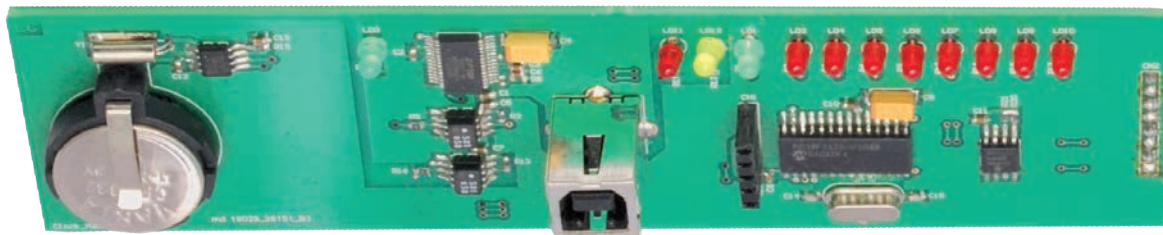


Photo de l'un de nos prototypes de la carte frontale du MINIBUS vu de dessus, à gauche la pile de sauvegarde pour la RTC, au centre le connecteur USB, à droite le PIC.

Liste des composants de la carte frontale du MINIBUS

R1..	470	1%	0603
R2..	2,2 k	1%	0603
R3..	470	1%	0603
R4..	470	1%	0603
R5..	330	1%	0603
R6..	470	1%	0603
R7..	470	1%	0603
R8..	4,7k	1%	0603
R9..	470	1%	0603
R10..	470	1%	0603
R11..	470	1%	0603
R12..	470	1%	0603
R13..	2,2 k	1%	0603
R14..	470	1%	0603
R15..	470	1%	0603
R16..	330	1%	0603
R17..	470	1%	0603
R18..	22 k	1%	0603

R19..	4,7k	1%	0603
R20..	2,2 k	1%	0603
R21..	2,2 k	1%	0603
C1..	100 nF	50 V	céramique 0603
C2..	100 nF	50 V	céramique 0603
C3..	100 nF	50 V	céramique 0603
C4..	10 µF	25 V	tantale
C5..	100 nF	50 V	céramique 0603
C6..	100 nF	50 V	céramique 0603
C7..	100 nF	50 V	céramique 0603
C8..	220 pF	50 V	céramique 0603
C9..	10 µF	25 V	tantale
C10..	100 nF	50 V	céramique 0603
C11..	100 nF	50 V	céramique 0603
C12..	100 nF	50 V	céramique 0603
C13..	100 nF	50 V	céramique 0603
C14..	22 pF	50 V	céramique 0603
C15..	22 pF	50 V	céramique 0603
U1..	FT232RL		
U2..	HCPL0501		
U3..	HCPL0501		
U4 ..	PIC18F2620-I/SO		

U5..	DS1307Z
U6..	24FC1025
LD1..	LED 3 mm verte
LD2..	LED 3 mm rouge
LD3..	LED 3 mm verte
LD4..	LED 3 mm rouge
LD5..	LED 3 mm rouge
LD6..	LED 3 mm rouge
LD7..	LED 3 mm rouge
LD8..	LED 3 mm rouge
LD9..	LED 3 mm rouge
LD10..	LED 3 mm rouge
LD11..	LED 3 mm rouge
LD12..	LED 3 mm jaune
Q1 ..	quartz 32,768 kHz
Q2 ..	quartz 10 Mhz HC49/4H

Divers :

Support de pile CR 2032
Barrette mâle 5 broches
Barrette mâle 8 broches

relatif à la énième zone et 2 octets pour stocker l'adresse et le point de sortie associés à la zone listée.

En ce qui concerne le flag, nous avons :

- le bit « **Z** » indique si la zone est active ou non ;

- le bit « **U** » indique si l'adresse et le point assignés appartiennent au module de sorties uniquement ;

- le bit « **IU** » indique si l'adresse et le point assignés font partie d'un module mixte d'entrées / sorties ;

- tous les bits marqués « **x** » ne sont pas utilisés ;

- les flags de « **M1** » à « **M12** » indiquent pour quels mois de l'année la zone est active (M1 correspond à Janvier, tandis que M12 correspond à Décembre).

En plus de la correspondance décrite ci-dessus, il en existe une seconde comprise dans la mémoire **EEPROM** interne du **PIC18F2620** que vous pouvez voir dans le **tableau 2**. Dans la partie supérieure de la mémoire, les

8 premiers octets (0x0000 à 0x0007) sont affectés à l'information sur les modules connectés au bus.

A l'adresse **0x0000** sont stockées les informations du module **MASTER** et à l'adresse **0x0001** les informations sur le module **SLAVE** dont l'**adresse logique** est **2** (adresse physique 1) et ainsi de suite jusqu'à l'adresse 0x0007 qui correspond aux informations du module SLAVE dont l'adresse logique est 8 (adresse physique 7).

En analysant de plus près un à un les 8 octets décrits précédemment nous avons :

- tous les bits représentés par « **xxx** » identifient l'adresse du module ;

- tous les bits représentés par « **yy** » identifient le type de module associé à l'adresse ci-contre

« **00** » = module ne comprenant que des **sorties uniquement** ;

« **01** » = module des **entrées** et des **sorties** ;

« **11** » = module ne comprenant que des **entrées uniquement**.

- le bit représenté par « **z** » indique que l'adresse a été affectée, et que le module **MASTER** (maître) doit attendre que le bus soit connecté à une adresse esclave « **xxx** ».

La localisation de l'adresse mémoire à partir de l'adresse **0x0008** (démarrant à l'adresse logique 1) jusqu'à l'adresse **0x000F** (en finissant à l'adresse logique 8) contient les **états des entrées**, indiquant si l'entrée n d'un module « **xxx** » est active sur un front montant « **1** » (RE) ou active sur un front descendant « **0** » (FE).

La localisation de l'adresse mémoire à partir de l'adresse **0x0010** (en référence à l'adresse logique 1) jusqu'à l'adresse **0x0017** (en référence à l'adresse logique 8) contient les **états des sorties** ou indiquent si la sortie n d'un module « **xxx** » doit normalement fonctionner dans la configuration fermé « **0** » (NC) ou normalement ouvert « **1** » (NO).

Après toutes ces informations, c'est-à-dire à partir de l'adresse **0x0020**, sont stockées les références des éventuels points d'entrées avec la sortie associée. Pour chaque point de sortie nous pouvons associer un maximum de **8 points d'entrées indépendants** (8 octets).

Chaque point d'entrée dispose de 3 bits pour identifier le point du module d'entrée, 3 bits pour identifier l'adresse du point d'entrée et 2 bits pour identifier l'action que le point d'entrée doit accomplir sur la sortie, c'est à dire **SET** (sortie à 1), **RESET** (sortie à 0) ou **TOGGLE** (inverse l'état de la sortie).

Comme mentionné précédemment, en plus de la mémoire **EEPROM** de **1 Mbit**, est relié sur le **bus I2C** le circuit intégré **DS1307** (Real Time Clock) qui peut être interfacé avec le bus à une fréquence maximale de 100 kHz. Son bon fonctionnement nécessite un quartz de **32,768 kHz** et une pile tampon de 3 V (de type CR2032) afin d'assurer que l'horloge continue de fonctionner en temps réel (RTC) en l'absence d'alimentation.

Les informations de la date et de l'heure sont allouées dans la mémoire interne de la RTC de la manière décrite dans le **tableau 3**.

Pour que l'oscillateur de la **RTC** soit actif, il est nécessaire que le **bit CH** à l'adresse **0x00** soit à **0**. Les informations de la date et de l'heure sont encodées au format **BCD** (**B**inary **C**oded **D**ecimal ou en français Code Binaire Décimal, c'est un système de numération utilisé pour coder sur 4 bits des

nombre en base 10) comme indiqué dans le tableau. Vous pouvez décider si la RTC doit fonctionner en **mode 12 heures** ou en **mode 24 heures**.

Ce paramètre doit être réglé à l'aide du **bit 6** du registre d'adresse **0x02**. Si le **bit 6** est à **1**, le **bit 5** est utilisé pour indiquer si l'heure lue correspond au matin (AM) ou à l'après-midi (PM). Si le mode de fonctionnement est **réglé sur 24 heures**, les **bits 5 et 4** sont utilisés pour définir la valeur de l'heure au format BCD.

La date et l'heure peuvent être réglées en utilisant le logiciel du PC. Une fois que vous avez établi la communication entre le PC et le module MASTER, il sera nécessaire d'ouvrir une fenêtre pour la programmation comme illustré en figure 6. Vous pouvez ensuite synchroniser la RTC de la carte avec la date et l'heure du PC ou configurer manuellement la date et l'heure que vous souhaitez. La communication entre le PC et le PIC18F2620 est obtenue en utilisant un circuit intégré FTDI-FT232 (U1) qui sert d'interface entre l'UART (RS-232) du PIC et l'interface USB du PC.

Afin d'isoler galvaniquement la connexion entre le PC et la carte, nous utilisons les photo-coupleurs U2 et U3 intercalés entre le circuit FT232 et le microcontrôleur PIC. Lorsque le câble USB est connecté au module MASTER, la LED LD3 s'allume. Rappelons que le câble USB, en plus de transporter les signaux de communication, fournit également l'alimentation.

Dans notre application, nous l'utilisons pour alimenter le FT232 (U1) et

Tableau 3

Tableau 3										
Adresse	Type	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	#
0x00	Secondes	CH	10 Secondes			Secondes				00 - 59
0x01	Minutes	0	10 Minutes			Minutes				00 - 59
0x02	Heures	0	12	A/P	10 HR	Heure				01 - 12 00 - 23
			24	10 HR						
0x03	Jour	0	0	0	0	0	Jour			01 - 07
0x04	Date	0	0	10 Date		Date				01 - 28/29 01 - 30 01 - 31
0x05	Mois	0	0	0	10 Mois	Mois				01 - 12
0x06	Année	10 Années				Année				00 - 99
0x07	Contrôle	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	#

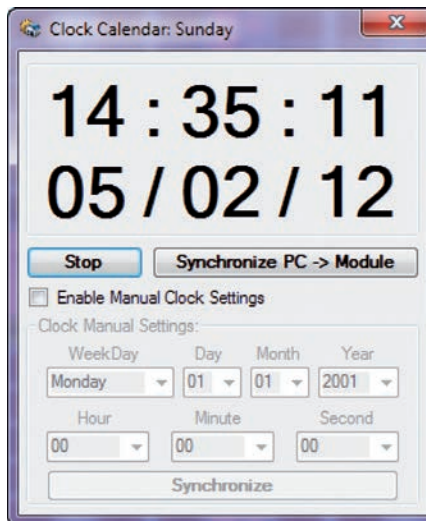


Figure 6 : la date et l'heure peuvent être réglées à partir du PC.

les photo-coupleurs (U2 et U3) ainsi que les 3 L LD3, LD11 et LD12. LD11 et LD12 indiquent une présence de communication entre le PC et le module MASTER. Pour chaque paquet de **données transférées du PC vers le PIC**, LD12 se met à clignoter, dans le cas inverse, c'est-à-dire du **PIC vers le PC**, LD11 clignote. D'autres LED ont été prévues sur la carte pour indiquer des diagnostics, en particulier :

- **LD1** indique si la mémoire EEPROM est programmée ou non, si LD1 clignote, la mémoire n'est pas programmée, si elle est allumée constamment, la mémoire est programmée correctement ;

- **LD2** se réfère au module dont l'adresse logique est 1 (module MASTER), le module MASTER est toujours présent, si LD2 est éteinte le module n'est pas programmé, si elle est allumée le module est programmé ;

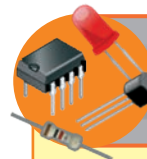
- **LD4** fait référence au module dont l'adresse logique est 2 (module SLAVE), si le module est programmé et si le module est relié au BUS I2C LD4 sera allumée, si le module n'est pas connecté, LD4 clignotera pour indiquer la présence d'une anomalie, si le module n'est pas programmé LD4 est éteinte ;

De même les LED **LD5 à LD10** indiquent le comportement des modules dont les adresses logiques vont de 3 à 8 (unités SLAVE), la description est identique à celle décrite dans le paragraphe précédent.

Toutes les LED que nous venons de décrire sont reliées directement au

PIC18F2620, une partie est reliée au port B et l'autre au port A. La fréquence de travail du microcontrôleur PIC est de **10 MHz**.

Dans le prochain numéro **125 d'Électronique et Loisirs Magazine**, nous allons décrire la carte d'extension du module **MASTER** et des modules **SLAVES**. Nous étudierons en détail le logiciel qui gère l'ensemble du système. ■



Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce système domotique MINIBUS est disponible auprès de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les **typons des circuits imprimés** et le **fichiers .hex** du microcontrôleur sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **www.electroniquemagazine.com** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 124 section « télécharger ».

Apprendre comment utiliser l'énergie du soleil, du vent, de l'eau pour produire le combustible du futur.

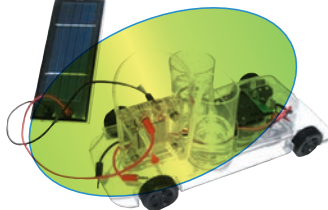
99,00 €
KNS13



Kit d'expériences à bioénergie

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

75,60 €
KNS10



Voiture à hydrogène

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

138,50 €
KNS12



Éolienne à hydrogène

Découvrez comment produire de l'hydrogène grâce à l'énergie éolienne et de l'eau. Expérimentez avec la technologie des combustibles renouvelables et actionnez un petit moteur électrique.

229,00 €
KNS14



Kit d'expériences hydrogène-éolien

kit d'expériences hydrogène-éolien qui permet de créer votre propre énergie renouvelable grâce à de l'eau, du vent et une pile à combustible. Découvrez comment générer une énergie à zéro émission de carbone et l'impact de l'angle des pales d'hélice sur l'efficacité. Le kit inclut un voltmètre à LED/module sonore afin de vous démontrer la puissance qui peut être générée par l'énergie éolienne.

COMEELEC

CD 908 - 13720 BELCODÈNE

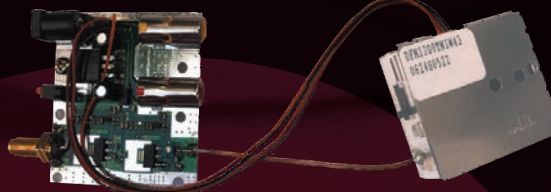
Tél. : 04 42 70 63 90 Fax : 04 42 70 63 95 www.comelec.fr

Surveillance à distance son & image

ÉMETTEUR 1.2 & 2,4 GHZ 20, 200 ET 1000 mW

Alimentation : 13,6 VDC. 4 fréquences en 2.4 GHz : 2,4 - 2,427 - 2,454 - 2,481 GHz ou 8 fréquences en 1.2 GHz : 1,112 - 1,139 - 1,193 - 1,220 - 1,247 - 1,264 - 1,300 GHz ou 4 fréquences en 1.2 GHz 1 W : 1,120 - 1,150 - 1,180 - 1,255 GHz. Sélection des fréquences : dip-switch. Stéréo : audio 1 et 2 (6,5 et 6,0 MHz). Livré sans alim ni antenne.

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



RÉCEPTEUR 4 CANAUX

1,2 & 2,4 GHz



Alimentation : 13,6VDC. 4 fréquences en 2.4 GHz : 2,4 - 2,427 - 2,454 - 2,481 GHz ou 8 fréquences en 1.2 GHz : 1,112 - 1,139 - 1,193 - 1,220 - 1,247 - 1,264 - 1,300 GHz. Sélection des fréquences : dip-switch pour le 1,2 GHz et par poussoir pour les versions 2,4 GHz. Stéréo : audio 1 et 2 (6,5 et 6,0 MHz). Fonction scanner pour la version 1.2 GHz. Livré sans alimentation ni antenne.

- RX2-4G.....Récepteur monté 2.4 GHz 4 canaux..... **39,00 €**
 RX1-2G.....Récepteur monté 1.2 GHz 8 canaux..... **48,00 €**

MODULES EMETTEUR

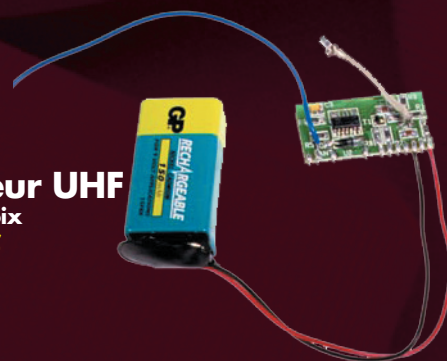
2.4GHz
 20 MW **27,00 €**
 200 MW **87,00 €**



VERSION 256 CANAUX

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

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



Emetteur UHF / Transmetteur UHF



Réf : ET98TX **37,80 €**
 Réf : ET98RX **35,10 €**



Micro-emetteur UHF

commandé par la voix
 Réf : ET317 **37,00 €**



RÉCEPTEUR UHF PROFESSIONNEL

Micro récepteur réalisé autour d'un module RX-FM AUDIO à 433 MHz. Il est fourni complet avec son coffret et un mini casques. Alimentation (non incluse) : Pile de 9 volt.

Kit Réf : ET208 **54,00 €**
 Monté **83,00 €**



La portée de notre système est comprise entre 50 et 300 mètres, selon les conditions de fonctionnement et l'environnement.

COMEELEC

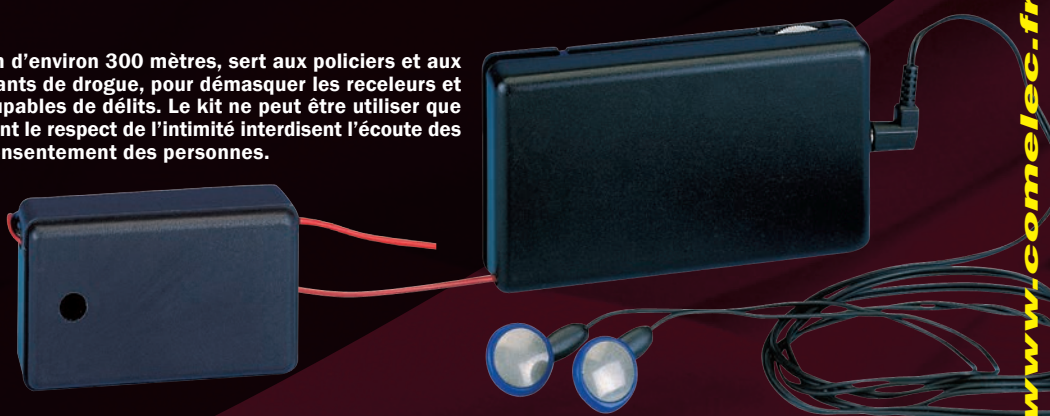
CD 908 13720 BELCODÈNE Tél. : 04 42 70 63 90 Fax : 04 42 70 63 95

ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR COMPLET, MONTÉE AVEC BOÎTIER

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

Kit Réf : EN1507KM 39,50 €

Kit Réf : EN1508KM 69,00 €



MINI MICRO DE SCENE HF SUR 868 MHZ

Kit Réf : ET406 30,00 € Monté 48,00 €

Kit Réf : ET407 54,00 € Monté 86,00 €



Cet ensemble radio est composé d'un mini émetteur audio et d'un récepteur adapté. Sa portée comprise entre 50 et 200 mètres selon les obstacles à franchir vous permettra aisément de réaliser un micro de scène pour artiste ou d'écouter au casque le son de votre téléviseur. Il fonctionne dans la nouvelle bande UHF des 868 MHz. Il utilise des modules Aurel classiques, employés couramment dans les systèmes de télécommande.

Emetteur audio stereo multicanal 2,4 GHz

Réf : TX-AUDIO-24 44,80 €

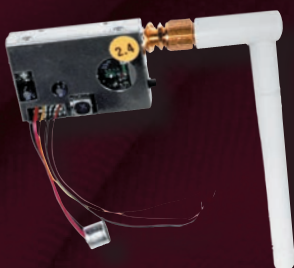


EMETTEUR 4 CANAUX 10 MW À 2,4 GHz

Réf : ER170 Monté 49,00 €

Emetteur miniature 2,4 GHz 4 canaux (2,413 - 2,432 - 2,451 - 2,470 GHz) sélectionnables par commutateur idéal pour le modélisme ou toutes applications demandant du matériel léger et de petites dimensions. Cet émetteur a été testé en fonctionnement près de trois heures consécutives. Nous vous recommandons de bien suivre les consignes de raccordement. Cet émetteur est livré avec son antenne. Puissance de sortie HF : 10

mW. - Impédance de sortie HF : 50 Ω. Entrée Vidéo : 75 Ω - Rapport signal/bruit : 45 dB - Entrée audio : Capsule microphonique - Alimentation : 12 Vcc - Consommation : 140 mA - Dimensions : 40 x 30 x 7,5 mm. - Poids : 17 g.



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

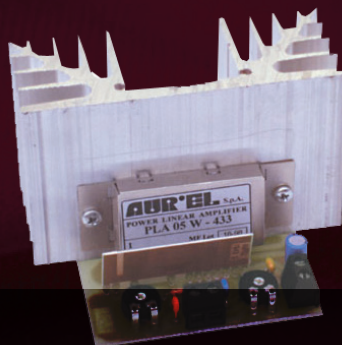


Réf : AVMOD19 99,00 €

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

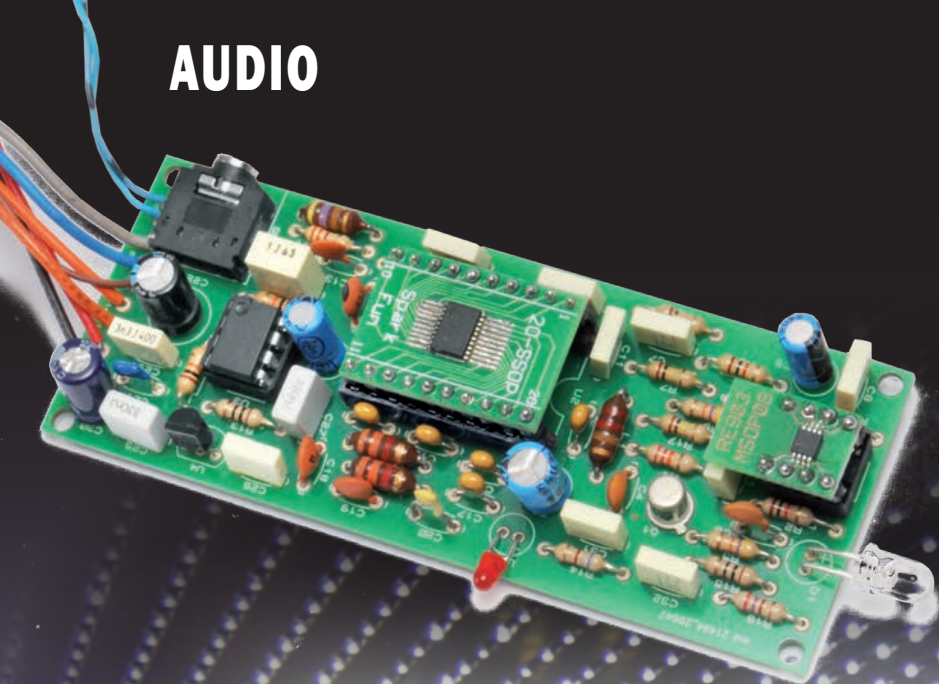
EMETTEUR BOOSTER AUDIO 400mW

Kit Réf : ET224 64,00 € Monté 80,50 €



Une version améliorée de l'émetteur vers le système de son par radio. Vous permet de relier jusqu'à une distance d'environ 1 km avec une excellente performance acoustique et est donc adapté pour les systèmes d'amplification sans fil dans de grands espaces et de diffusion de son dans les supermarchés, terrains de sport, des bâtiments entiers, etc. Le circuit de base de transmission est le module hybride FM TX Audio, piloté par le booster UHF PA433 0,5 W max, alimentation 12 volts. Le kit comprend tous les composants, les deux modules Aurel et les ailettes du radiateur.

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



Transmission audio par LED

de FULVIO DE SANTIS

Nous utilisons habituellement les LED pour signaler un état ou pour éclairer un environnement. Nous vous proposons dans cet article une autre facette de la LED, nous allons utiliser son émission de lumière pour transmettre un signal audio en FM (Modulation de Fréquence).



Envoyer et recevoir des informations en utilisant des faisceaux lumineux est certainement une alternative intéressante par rapport aux systèmes traditionnels, même si les communications par radiofréquence sans fil paraissent futuristes. Car nous savons quels sont les risques de l'utilisation de sources de fréquences radio, en particulier dans la maison, mais en général, partout où elles opèrent. Dans l'avenir, nous le pensons, nous disposerons dans nos foyers, dans les lieux de travail et dans tous les environnements où il

sera nécessaire d'avoir des points d'information, des sources lumineuses émetteurs de signaux sous la forme de variations de lumière ou **lumière modulée**, qui nous permettront d'envoyer des informations et des données des stations de réception fixes ou mobiles. Imaginez alors, la possibilité de naviguer sur Internet tout simplement en allumant une ampoule à LED et en recevant ses rayons lumineux à travers un récepteur USB doté d'une photodiode connectée à votre ordinateur, iPhone, ou Tablette.

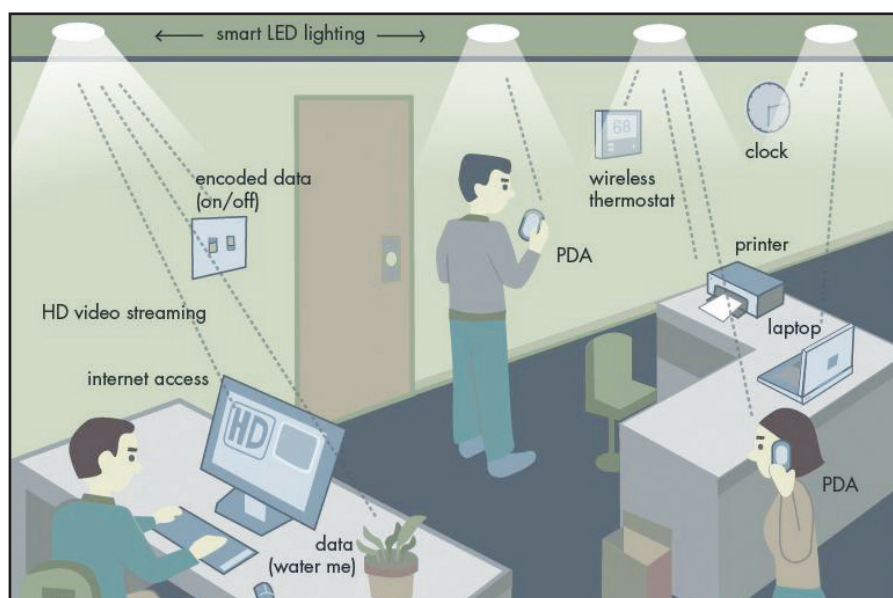


Figure 1 : Solutions à LED utilisant des systèmes sans fil.

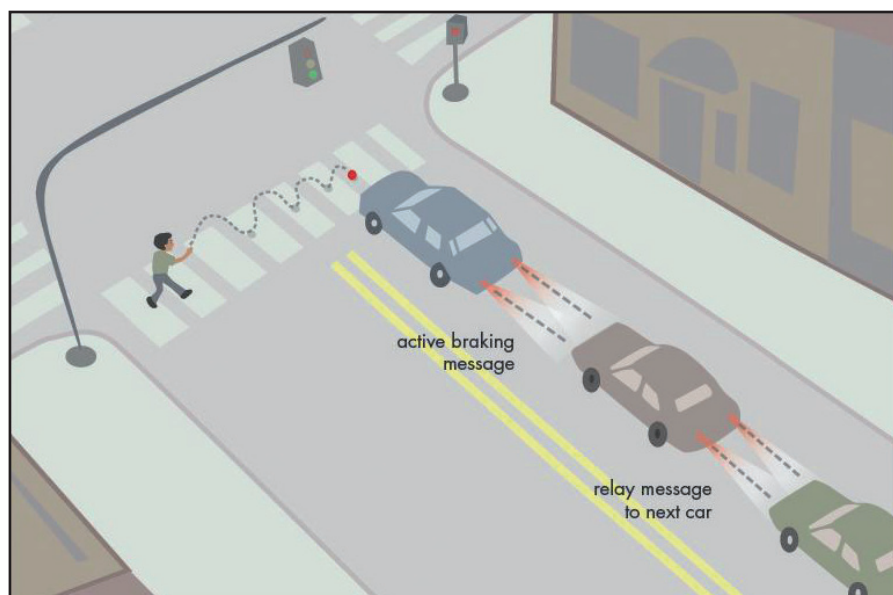


Figure 2 : Systèmes de sécurité actifs à LED sur les véhicules.

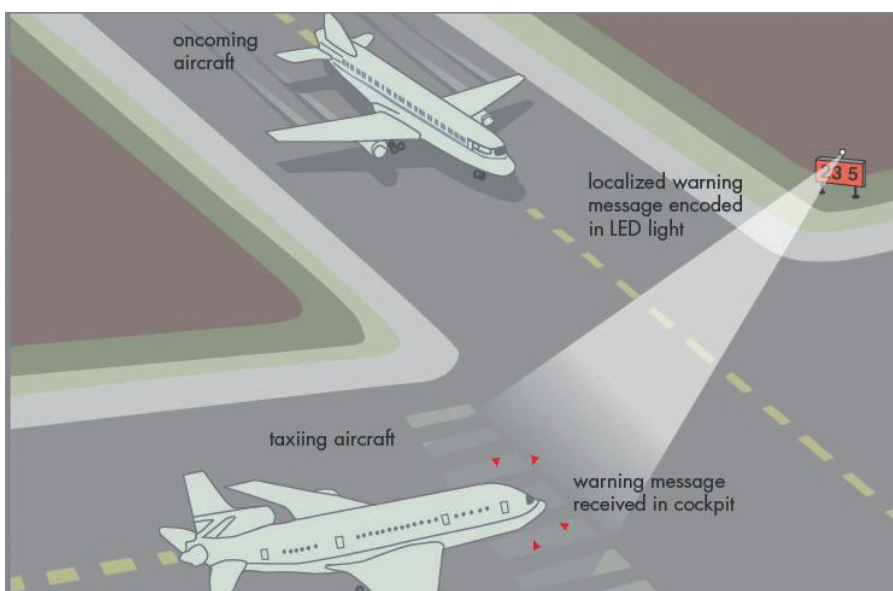


Figure 3 : Système de sécurité actif à LED pour un aéroport.

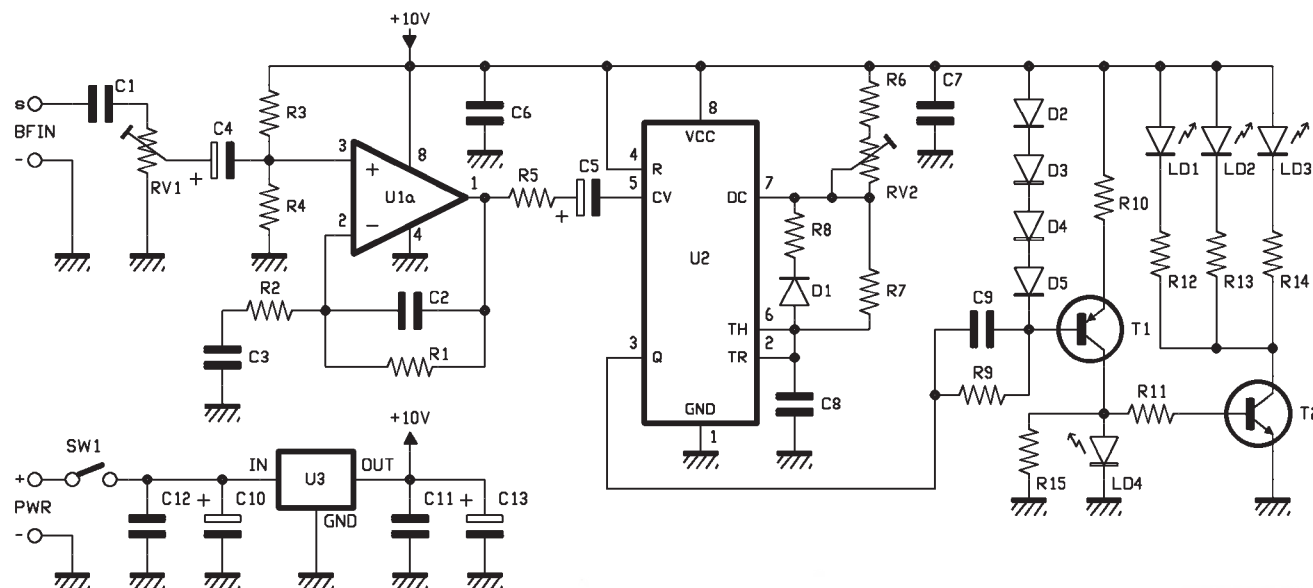
Vous pouvez alors créer un **réseau LAN** (c'est un acronyme anglais qui signifie : **Local Area Network**, en français **réseau local**) à base de LED, en identifiant les emplacements distants via des **adresses IP dédiées** à l'éclairage des **LED** correspondantes (voir la figure 1).

Les LED de puissance sont déjà utilisées dans les phares des voitures produites par les grands constructeurs automobiles, même dans ce cas le pilotage des LED s'effectue à l'aide de modules spécifiques qui peuvent rendre les systèmes de sécurité intelligents en signalant l'arrêt inattendu de véhicules. Par exemple un message codé d'alerte peut être envoyé par les feux de stop à LED situés à l'arrière d'un véhicule en communiquant avec les phares avant du véhicule qui suit (voir la figure 2).

Dans le domaine de l'aviation, un **système d'émission - réception à LED (TX / RX)** pourrait être utilisé comme un phare à LED pour la sécurité active pendant les phases de décollage et d'atterrissage, en envoyant des messages codés dans un avion pour la signalisation d'un trafic inattendu d'autres appareils et de véhicules de service qui ne soient pas signalés par la tour de contrôle et donc ainsi de réduire les collisions possibles sur les pistes (voir la figure 3).

Bien sûr, ces scénarios peuvent sembler trop futuristes, mais probablement, comme dans d'autres domaines en constante évolution, « ce n'est qu'une question de temps ». En ces temps de crise avec le coût élevé de l'électricité, l'utilisation des lampes à LED intelligentes se développe à la place des lampes traditionnelles, y compris celles dites à consommation basse d'énergie de type classe A. Les lampes à LED devraient encore être plus répandues grâce à leur multifonctionnalité. Actuellement, certaines universités internationales, en collaboration avec les industriels développent les premiers prototypes, mais même si les résultats sont encourageants, elles ne sont pas encore disponibles pour une commercialisation grand public en raison des coûts élevés et des limites technologiques liées à la production en série.

Figure A : Schéma électrique de l'émetteur TX, vous pouvez voir les 4 sections : en haut à gauche le préamplificateur U1 (LM358), en bas à gauche l'alimentation (U3) ; au milieu le VCO (U2) un NE555 et à droite le driver de LED composé des transistors T1 et T2.



Description du système audio FM TX - RX à LED

Ce projet **RX - TX AUDIO FM** et **éclairage à LED blanche** fait suite à un précédent projet que nous avons développé en **AM**. Cependant à l'époque le premier prototype présentait des limitations de distance, c'est pour cela que nous avons opté pour la **FM** (modulation de fréquence) dans le projet en cours.

Ce système permet **d'éclairer un endroit** et **en même temps** utiliser le flux lumineux pour **transmettre un signal audio** vers une station de réception à distance à partir d'une source externe. Il est donc possible de réaliser une connexion sans fil fiable à l'abri des interférences électromagnétiques car la communication est basée sur des faisceaux de lumière, par exemple comme la connexion d'un casque stéréo infrarouge que l'on branche sur un téléviseur. Le système à LED sans fil est capable de couvrir une distance de plus de 10 mètres, évidemment sans obstacle entre l'émetteur et le récepteur. Une autre idée est de créer une sorte de lumière ambiante diffuse pour regarder la télévision en plaçant l'émetteur (TX) dans le voisinage de la TV et le récepteur (RX) relié au casque. En outre, nous pouvons utiliser le système avec une amplification appropriée de la réception,

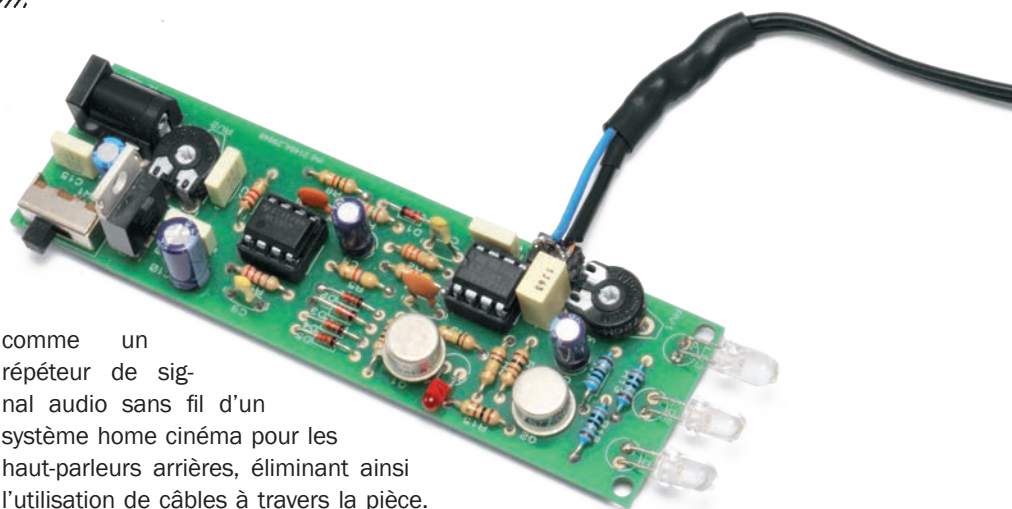
comme un répéteur de signal audio sans fil d'un système home cinéma pour les haut-parleurs arrières, éliminant ainsi l'utilisation de câbles à travers la pièce. Le projet se compose de deux parties : la carte comprenant l'émetteur TX et la carte comprenant le récepteur RX.

Description de l'émetteur

L'émetteur **TX** est composé de **4 sections** que vous pouvez voir sur le schéma électrique à la **figure A** : le **preamplificateur audio**, le **VCO** (Voltage Controlled Oscillator ou **oscillateur contrôlé en tension** qui génère un signal dont la fréquence varie proportionnellement à la tension d'entrée), le **driver** des 3 LED blanches et la section **alimentation**. Analysons le fonctionnement des différentes sections.

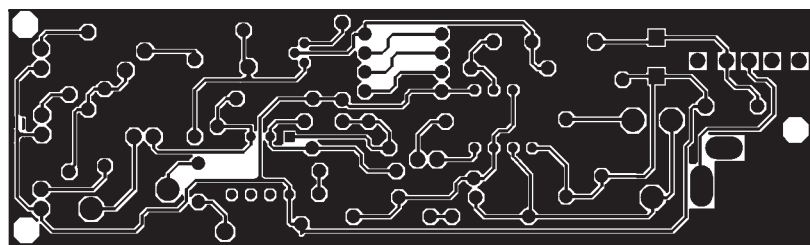
1 - Le préamplificateur audio : il se compose d'un circuit intégré **LM358** à l'intérieur duquel il y a deux

amplificateurs opérationnels à gain élevé qui peuvent être alimentés avec une tension simple ou symétrique. Dans ce montage, nous utilisons seulement l'un des deux amplificateurs (**U1A**) qui est alimenté par une tension simple. Le signal audio externe est appliqué aux broches « S » et « - » du connecteur **BFIN** et le **gain** est ajusté au moyen du trimmer **RV1** vers l'amplificateur opérationnel **U1** monté en configuration de **non-inverseuse**. Le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel avec une alimentation simple est assuré par les deux résistances **R3** et **R4** qui fixent le potentiel à la broche 3 de **U1** (entrée non-inverseuse) à la moitié de la tension d'alimentation. Le réseau de contre réaction **R1** et **C2** et le circuit RC série constitué par **R2** et **C3** façonnent la réponse en fréquence pour obtenir



Liste des composants de l'émetteur audio à LED

R1.....	47 k
R2.....	3,3 k
R3.....	100 k
R4.....	100 k
R5.....	4,7 k
R6.....	1,2 k
R7.....	15 k
R8.....	1,2 k
R9.....	220
R10....	10
R11....	100
R12....	30 1%
R13....	30 1%
R14....	30 1%
R15....	100
RV1....	trimmer 47 k
RV2....	trimmer 10 k
C1.....	1 µF polyester
C2.....	68 pF céramique
C3.....	820 pF céramique
C4.....	4,7 µF 63 V électrolytique
C5.....	4,7 µF 63 V électrolytique
C6.....	100 nF polyester
C7.....	100 nF polyester
C8.....	220 pF céramique
C9.....	820 pF céramique
C10....	100 µF 25 V électrolytique
C11....	100 nF polyester
C12....	100 nF polyester
C13....	10 µF 63 V électrolytique
U1.....	LM358
U2.....	NE555
U3.....	7810
D1.....	1N4148
D2.....	1N4148
D3.....	1N4148
D4.....	1N4148
D5.....	1N4148
LD1....	LED 5 mm blanche



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

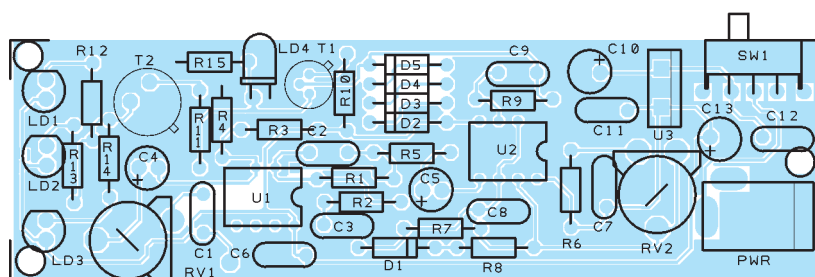


Schéma de câblage de l'émetteur audio à LED.

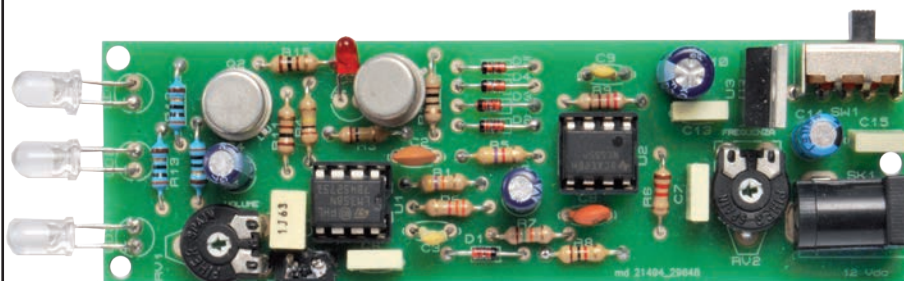


Photo de l'un de nos prototypes de l'émetteur audio à LED.

LD2.... LED 5 mm blanche
LD3.... LED 5 mm blanche
LD4.... LED 3 mm rouge
T1 2N3505
T2 BC301
SW1... Interrupteur coudé 90°

Divers

2 supports CI 2 x 4 broches
1 Fiche d'alimentation femelle pour circuit imprimé

une qualité optimale du son dans le spectre des fréquences audio (20 - 20 000 Hz).

2 - Le VCO : la section de l'oscillateur contrôlé en tension est réalisée en utilisant le célèbre circuit intégré **NE555**, soit **U2** dans le schéma électrique. De la sortie de la broche 1 du préamplificateur **U1**, le signal audio est appliqué à l'entrée de l'oscillateur **VCO** à travers le filtre RC composé par **R5** et **C5** et est appliqué à la broche 5 du NE555. Ainsi le signal présent sur la broche 5 va piloter la variation d'amplitude afin de moduler la fréquence du signal carré généré par le circuit intégré **U2** (NE555).

L'oscillateur est conçu pour fournir un signal carré avec un **rapport cyclique de 10 %** pour une meilleure réponse de la LED. La fréquence de l'oscillateur qui représente la fréquence de la porteuse de l'émetteur, en l'absence de modulation, est ajustée à 200 kHz par le trimmer **RV2**. Le signal est ensuite modulé en un **signal FM** qui passe par le réseau RC parallèle constitué par **R9** et **C9** et est ensuite acheminé vers le driver de LED.

3 - Le driver de LED : il est constitué à son tour de 2 parties, la section de commande du driver composée des diodes **D2**, **D3**, **D4**, **D5** et du transistor **T1** et qui a pour fonction de rendre plus

rapides les fronts des impulsions modulées en provenance du VCO (fronts raides). La section « puissance » du driver de LED est réalisée au moyen du transistor de puissance **T2** qui alimente la LED avec un courant variant en fonction des impulsions modulées. Les LED blanches utilisées dans ce montage proviennent de la société **Led-man Optoelectronic** dont la référence est **LL1516HCWW1-151**, cependant vous pouvez les remplacer par d'autres de mêmes caractéristiques. Les spécifications des valeurs absolues sont données dans le **Tableau 1**, tandis que les caractéristiques de fonctionnement sont présentées dans le **Tableau 2**.

Comme nous le constatons dans le Tableau 2, la LED doit être polarisée avec une tension directe de 3,2 V (**$V_F = 3,2 \text{ V}$**) et un courant de 20 mA ce qui correspond à une intensité lumineuse typique de **18 cd** (cd représente l'unité candela) pour un angle de **rayonnement de 0°** (l'angle de rayonnement est le sommet de l'angle formé par le cône de lumière émise par la LED), alors que pour un angle de **rayonnement de 15°** nous auront que 50% de la puissance lumineuse. Cela signifie que l'intensité du faisceau lumineux qui forme un angle de **15°** avec l'axe de la LED aura une intensité lumineuse de **9 cd**. Dans le graphique de la figure 4, nous observons ce qui a été dit. On voit aussi sur la figure 5 que l'intensité lumineuse dépend du courant direct de polarisation de la LED. La longueur d'onde d'émission de la LED est de **470 nm**.

4 - L'alimentation : elle est très simple et constituée par le régulateur **U3**, un **L7810**, et par 4 condensateurs de filtrage. Elle délivre une tension stabilisée de **+ 10 VDC** et doit être alimentée par une source externe de **+ 12 VDC**.

Description du récepteur

Le récepteur est constitué de 5 parties qui sont : la section de réception de la lumière modulée composée de la photodiode et de l'amplificateur à **transimpédance**, la section amplificateur sélectif, la section démodulation FM, la section amplificateur de puissance audio et enfin la section alimentation électrique. La partie réception est constituée à l'entrée d'une photodiode **SFH203** alimentée avec une tension inverse de 5V afin de capter les ondes lumineuses émises par les LED de l'émetteur et de les transformer en un courant électrique.

Le **Tableau 3** présente les principales caractéristiques de fonctionnement de la photodiode **SFH203**. En figure 6, nous observons la **variation linéaire** du **courant I_p** dans la photodiode en fonction de l'éclairement **E_v** .

Dans le graphique de la figure 7, est représentée l'évolution de la sensibilité de la photodiode en fonction de la longueur d'onde du flux lumineux capté.

Tableau 1 : Valeurs maximales applicables à la LED LL1516HCWW1-151

Valeurs maximales absolues ($T_a=25^\circ\text{C}$)	
Courant direct DC	$I_F = 30 \text{ mA}$
Courant de pointe	$I_{FP} = 100 \text{ mA}$
Tension inverse	$V_R = 5 \text{ V}$
Dissipation	$P_D = 108 \text{ mW}$
Température de fonctionnement T_{opr} de - 20 à + 75 °C	

Tableau 2 - Spécifications de fonctionnement de la LED LL1516HCWW1-151

Paramètre	Valeur
Tension directe	$V_F = 3.2 \text{ V}$ (à $I_F = 20 \text{ mA}$)
Intensité lumineuse I_v	18 000 mcd (à $I_F = 20 \text{ mA}$)
Angle de rayonnement	15° (à 50% de l'intensité lumineuse)
Longueur d'onde	470 nm (100% intensité lumineuse)

Tableau 3 - Spécifications de fonctionnement de la SFH203

Paramètre	Valeur
Tension inverse	$V_R = 5 \text{ V}$
Courant photoélectrique	80 nA/I_k ($V_R = 5 \text{ V}$)
Angle radian	+/- 20° (50 % Intensité lumineuse)
Plage de la sensibilité spectrale	400 -1100 nm
Zone sensible radiante	1 mm²
Sensibilité spectrale (à 850 nm)	0,62 A/W
Courant d'obscurité ($V_R = 20 \text{ V}$)	< 5 nA ($E_L = 0$)
Temps de montée et de descente de l'impulsion du courant photoélectrique (λ 850 nm)	Temps de commutation $S_t = 5 \text{ ns}$

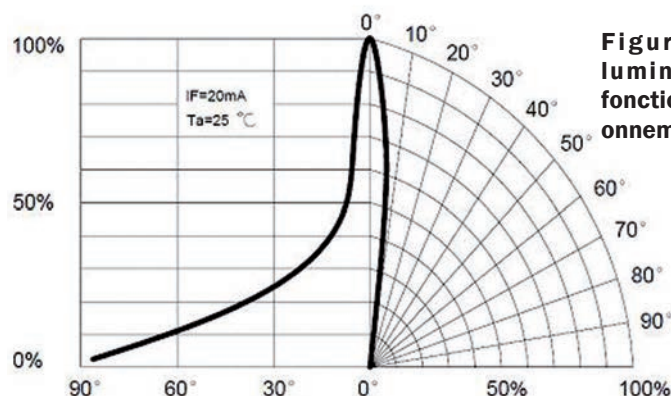


Figure 4 : Intensité lumineuse relative en fonction de l'angle de rayonnement.

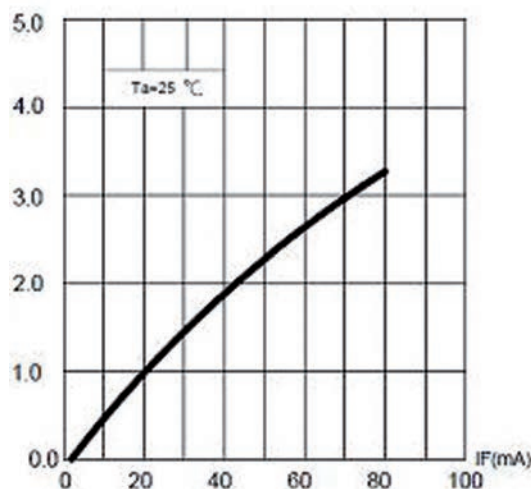


Figure 5 : Intensité lumineuse relative en fonction du courant direct.

Photocurrent $I_P = f(E_v)$, $V_R = 5\text{ V}$
Open-Circuit Voltage $V_O = f(E_v)$
SFH 203

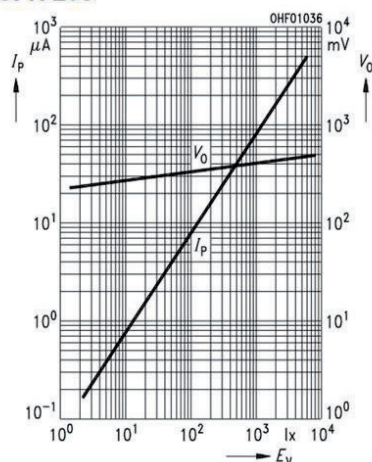


Figure 6 : variation linéaire du courant I_P dans la photodiode en fonction de l'éclairement E_v .

Relative Spectral Sensitivity
SFH 203

$$S_{rel} = f(\lambda)$$

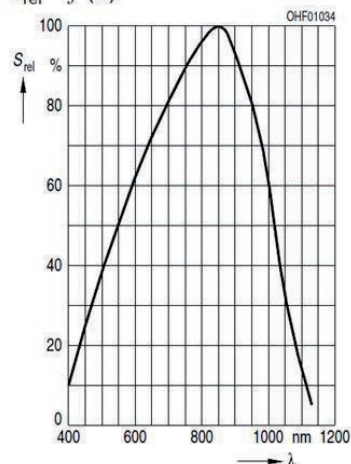


Figure 7 : sensibilité en fonction de la longueur d'onde de la photodiode SFH203.

Directional Characteristics

$$S_{rel} = f(\varphi)$$

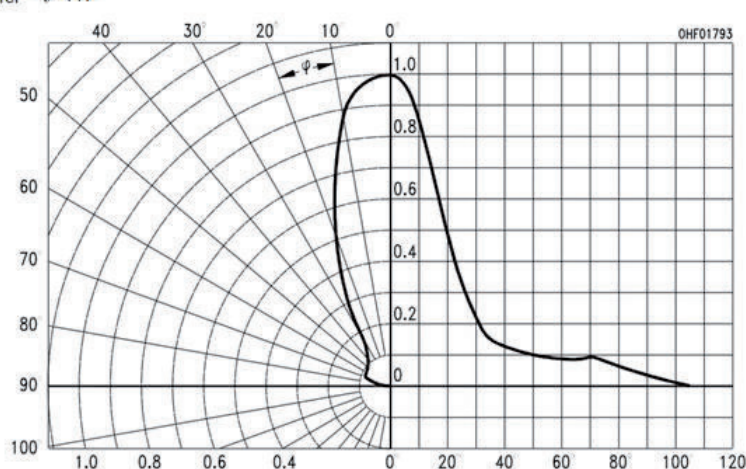


Figure 8 : directivité de la captation de la photodiode SFH203.

Dark Current

$$I_R = f(V_R), E = 0$$

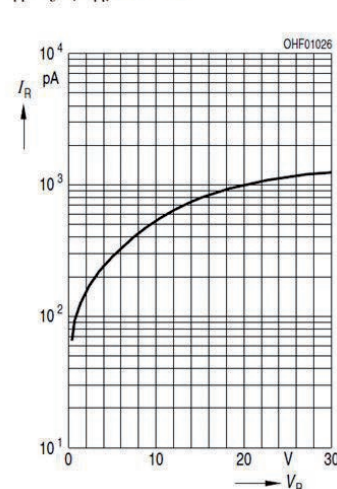


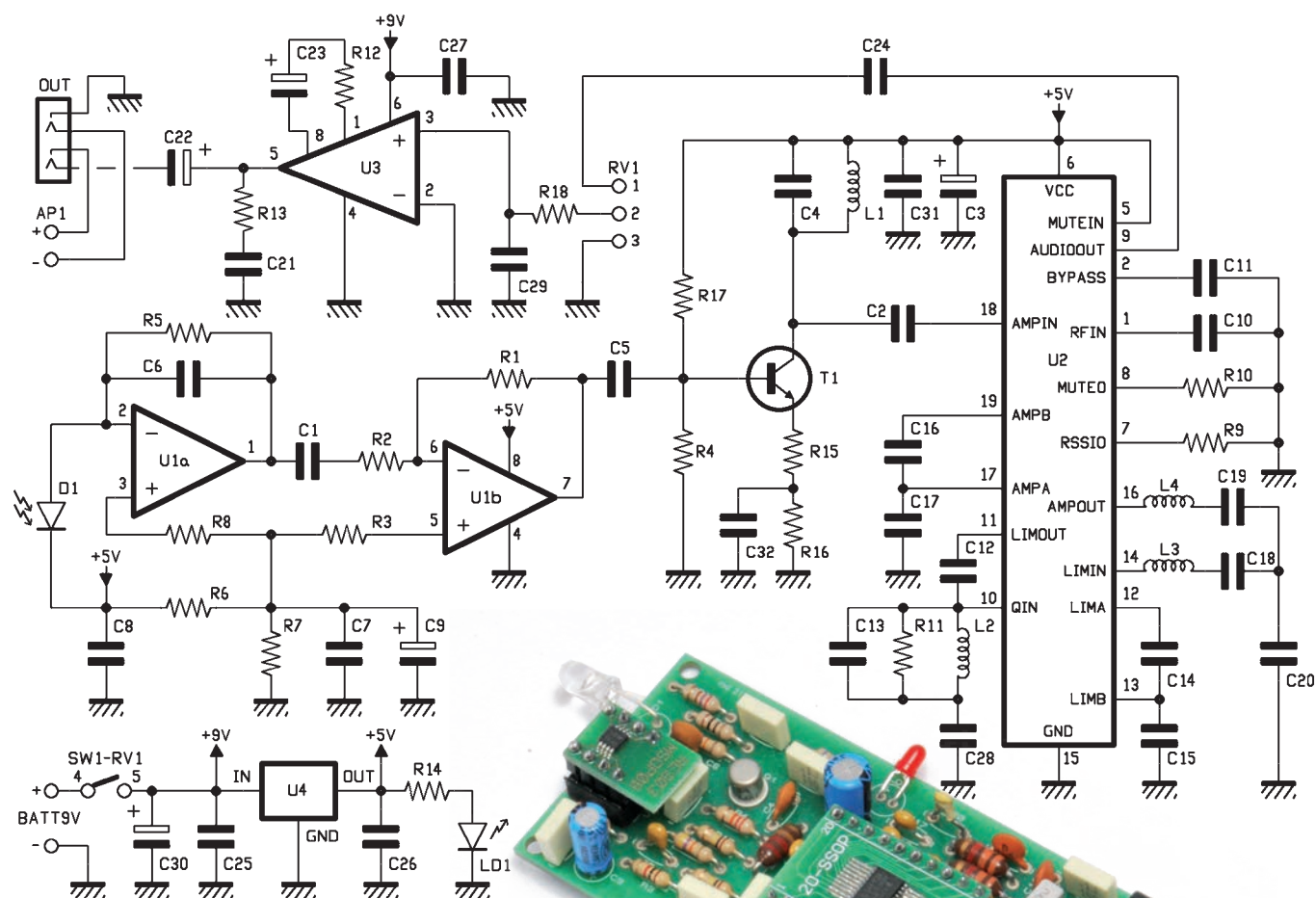
Figure 9 : « Dark Current » ou courant d'obscurité de la photodiode SFH203.



Un nouvel éclairage LED pour gérer une commune

L'initiative s'inscrit dans le cadre d'une commune qui a choisi d'associer la production de lumière et la communication entre les différents systèmes avec comme partenaire technologique **Philips**. La zone du projet est située à côté d'une aire de stationnement avec une piste cyclable adjacente à la route principale. Les objectifs du projet sont de fournir un niveau élevé de sécurité aux véhicules et aux piétons, en raison tout d'abord de la qualité de la lumière, mais aussi des économies d'énergie et des coûts d'exploitation et d'entretien réduits. Le système peut être contrôlé à distance via une plate-forme de gestion, ou une solution de **Cloud Computing** (utilisation de systèmes informatiques) qui permet de mettre en œuvre un contrôle en ligne intelligent, dynamique et souple de l'éclairage urbain entièrement réalisé par des diodes électroluminescentes.

Figure B : schéma électrique du récepteur RX constitué de 5 parties : la section de réception de la lumière modulée composée de la photodiode et de l'amplificateur à transimpédance (au milieu à gauche) ; la section amplificateur sélectif constitué par T1 ; la section démodulation FM réalisée par le SA615 (à droite) ; l'amplificateur audio LM386 (en haut à gauche) et l'alimentation (en bas à gauche).



Un autre élément important à prendre en considération pour la sensibilité de la photodiode est l'angle de captation qui définit la directivité. En figure 8, nous observons l'angle de rayonnement mesuré à 50% de l'intensité lumineuse reçue, correspondant à un angle de captation de $+20^\circ$ à -20° . Le seuil minimum de captation de la photodiode **SFH203** est déterminé par le « **Dark Current** » ou **courant d'obscurité**, la valeur est déterminée par la tension de polarisation inverse appliquée, qui détermine ensuite la sensibilité. D'après le graphique de la figure 9, nous observons que pour une valeur de la tension inverse de 5V, ce qui est précisément le cas de notre montage, le « **Dark Current** » ou courant d'obscurité vaut **0,3 nA**.

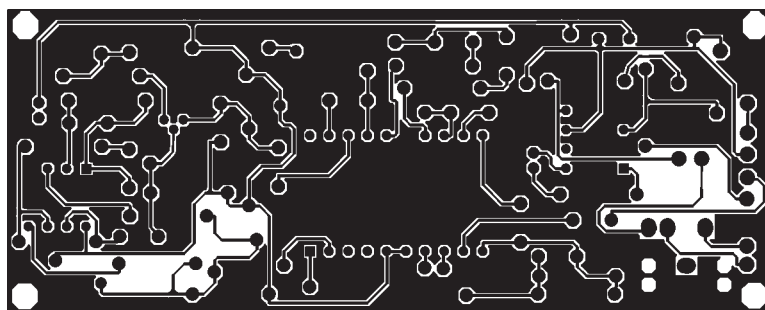
Le courant délivré par la photodiode lorsqu'elle est frappée par le flux lumineux

est appliqué aux entrées du circuit intégré U1. C'est un double amplificateur opérationnel à faible bruit, le **LMV797** de Texas Instruments, configuré comme un amplificateur à **transimpédance**, caractérisé par une impédance très élevée, un gain élevé et un faible bruit. Il convertit le courant en tension, la deuxième partie **U1B** amplifie encore le signal modulé. En figure 10, nous observons la réponse en fréquence de l'amplificateur à **transimpédance** (adaptation d'impédance) dans laquelle nous voyons une bande passante de plus de **300 KHz**. L'étage suivant est l'**amplificateur sélectif** constitué par le transistor **T1**, un classique **2N2222**, avec un circuit résonnant constitué par **L1** et **C4** et dont la bande étroite est centrée sur **200 KHz** afin d'obtenir un gain et une sensibilité élevés du récepteur.

En figure 11 est représentée la réponse en fréquence du circuit de réception de la photodiode à la sortie de l'étage « amplificateur sélectif ». Comme nous pouvons le constater, l'amplification totale est d'environ **120 dB**. De la sortie de l'amplificateur sélectif constitué par **T1**, le signal arrive sur la broche **18** (AMPIN) du circuit intégré **SA615** qui est un amplificateur limiteur démodulateur FM (voir le schéma électrique du récepteur en figure B). A la figure 12 est représenté le schéma de principe du circuit intégré **SA615**.

Liste des composants du récepteur audio à LED

R1.....10 k
R2.....1 k
R3.....1 k
R4.....22 k
R5.....47 k
R6.....100 k
R7.....100 k
R8.....47 k
R9.....100 k
R10.....100 k
R11.....3,3 k
R12.....10 k
R13.....10 k
R14.....680
R15.....10
R16.....270
R17.....100 k
R18.....10 k
RV1.....Potentiomètre 10 k avec interrupteur
C1.....100 nF polyester
C2.....100 nF céramique
C3.....10 µF 63 V électrolytique
C4.....4,7 nF polyester
C5.....100 nF céramique
C6.....5,6 pF céramique
C7.....100 nF polyester
C8.....100 nF polyester
C9.....10 µF 63 V électrolytique
C10.....100 nF polyester
C11.....100 nF polyester
C12.....47 pF céramique
C13.....1,5 nF polyester
C14.....100 nF céramique
C15.....100 nF céramique
C16.....100 nF céramique
C17.....100 nF céramique
C18.....220 pF céramique
C19.....220 pF céramique
C20.....820 pF céramique
C21.....47 nF céramique
C22.....220 µF 16 V électrolytique
C23.....10 µF 63 V électrolytique
C24.....100 nF céramique
C25.....330 nF polyester
C26.....100 nF polyester
C27.....330 nF polyester
C28.....330 nF polyester
C29.....3,3 nF polyester
C30.....100 µF 16 V électrolytique
C31.....100 nF polyester
C32.....100 nF polyester



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

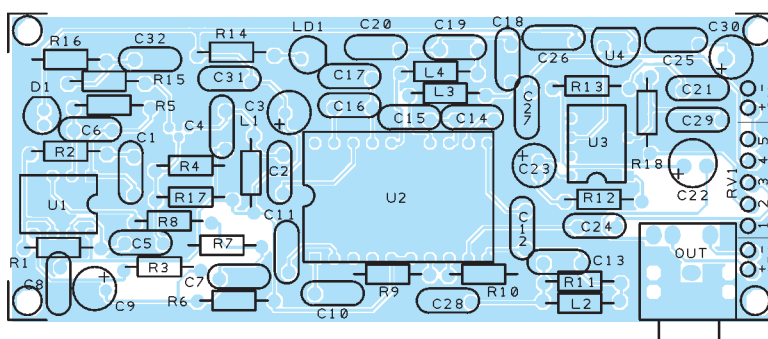


Schéma de câblage du récepteur audio à LED.

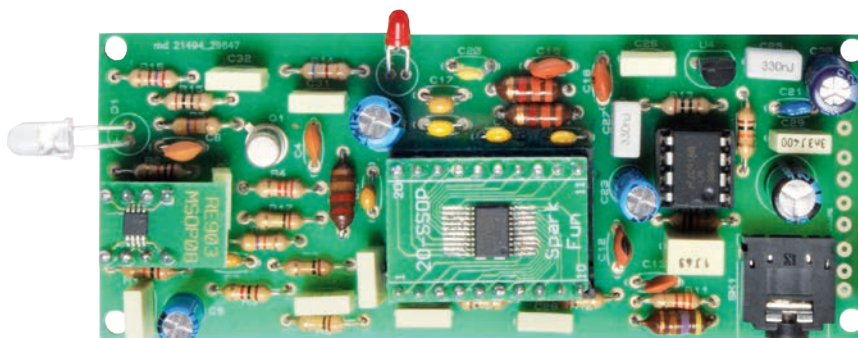


Photo de l'un de nos prototypes du récepteur audio à LED.

U1.....LMV797
U2.....SA615D
U3.....LM386
U4.....78L05
D1.....SFH203
L1.....Inductance 150 µH
L2.....Inductance 470 µH
L3.....Inductance 3,3 mH
L4.....Inductance 3,3 mH
LD1.....LED 3 mm rouge
T1.....2N2222

Divers :

- Support circuit intégré 2 x 4 broches x 1
- Clip pour pile 9V type 6F22 x 1
- Prise 3,5 mm stéréo pour circuit imprimé x 1
- Haut-parleur 1W / 8 Ω x 1
- Adaptateur 2 x 10 broches pour circuit SSOP / DIP x 1
- Adaptateur 2 x 4 broches pour circuit MSOP/DIP x 1

Vous pouvez voir qu'il est composé d'un étage mélangeur RF, d'un étage oscillateur RF, d'un amplificateur/limiteur IF, un étage détecteur de quadrature et d'un circuit de mute (mise en sourdine).

Analysons le circuit de l'étage du **SA615D**, comme vous pouvez le voir, le circuit mélangeur du SA615 n'est pas utilisé. Le **signal FM** est envoyé **directement** à l'entrée du premier étage **amplificateur/limiteur IF** (broche 18).

De la sortie de l'amplificateur IF (broche 16), le signal est appliqué à un **filtre passe-bande** en **T** centré sur **200 KHz** et de là à l'entrée de l'étage limiteur (broche 14) utilisé pour éviter le risque de saturation des étages suivants.

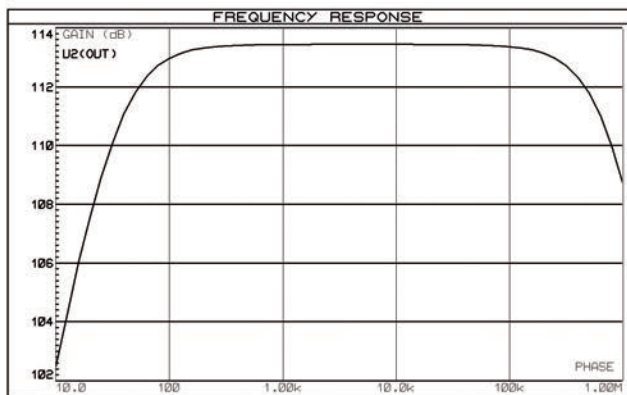


Figure 10 : réponse en fréquence de l'amplificateur à transimpédance.

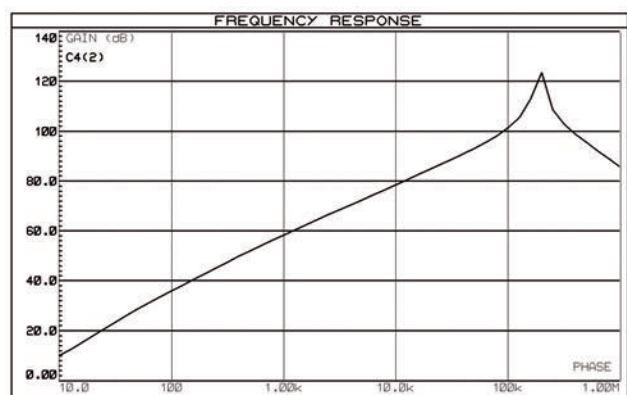


Figure 11 : réponse en fréquence de la partie réception.

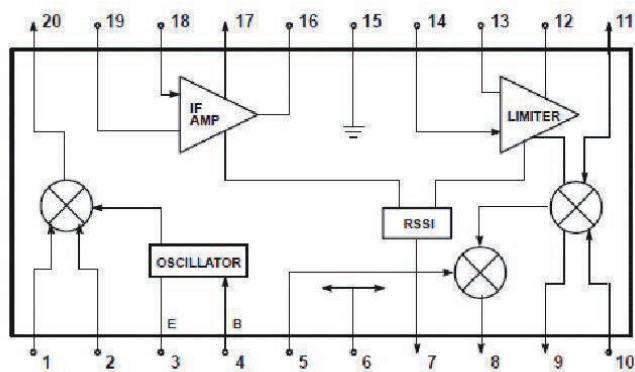


Figure 12 : schéma synoptique interne du SA615.

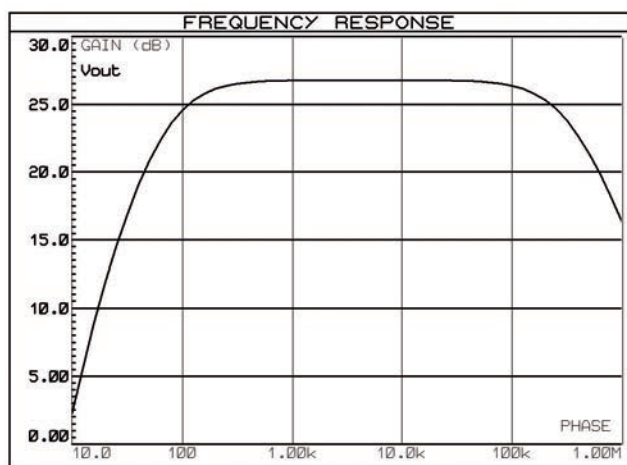


Figure 13 : réponse en fréquence de l'amplificateur BF.

De la sortie du limiteur, le signal est envoyé au **détecteur de quadrature** pour être **démodulé** sur sa sortie (broche 10), le signal audio d'origine ainsi reconstitué est disponible sur la **broche 9** (AUDIOOUT) et appliqué à travers le condensateur C24 à l'amplificateur de puissance audio BF constitué par le circuit intégré **U3** un **LM386**. La configuration utilisée pour le **LM386** est optimisée pour obtenir un gain en tension de l'ordre de **25 dB**, comme vous pouvez le voir sur le graphique de la figure 13 représentant la simulation de la réponse en fréquence de l'amplificateur BF, avec une **distorsion** inférieure ou égale à **1%** dans la plage de **20 Hz** à **10 KHz**, et une distorsion jusqu'à environ **1,4%** de **10 KHz** à **20 KHz**. Le niveau de sortie est réglé par le potentiomètre **RV1**, le filtre RC constitué par **R18** et **C29** est indispensable pour éliminer le bruit de fond provoqué par la démodulation. La sortie de l'amplificateur peut être connectée à

un casque ou à des haut-parleurs avec une impédance de **8 Ω**. Enfin, la section d'alimentation est constituée par un régulateur intégré **78L05** qui stabilise la tension à **5 V** à partir d'une alimentation externe, dans ce cas, nous avons prévu un raccordement à une **pile de 9V** type **6F22** ou à une batterie rechargeable de type équivalent avec une tension de **8,4 V**.

Réalisation pratique

Les circuits imprimés simple face de l'émetteur et du récepteur sont disponibles en **téléchargement** sur notre site **www.electroniquemagazine.com** dans la section **revue 124**. Les typons des circuits sont à l'échelle **1 : 1**, vous pouvez les ouvrir et les imprimer à l'aide d'Acrobat Reader (format pdf). Pour souder les composants, vous aurez besoin d'un bon fer à souder de **10 à 15 W** avec une pointe fine ou une station de

soudure avec contrôle de la température. L'assemblage commence avec les composants CMS, tout d'abord avec le circuit intégré **U2** le **SA615-SMT** en boîtier **CMS** du circuit récepteur. Avant de commencer l'opération de soudage de ce composant, vous devrez nettoyer avec de l'alcool les pistes de cuivre afin d'enlever les dépôts de graisse et de saleté. Ensuite prenez une **pince brucelles** et faites correspondre les pattes du composant aux broches des pistes. Soudez d'abord la première broche d'un côté puis en calant correctement le boîtier sur les pistes de cuivre soudez une broche du côté opposé, ensuite soudez les broches restantes, sans chauffer excessivement le composant. Procédez ensuite au soudage des résistances, des diodes (attention à l'orientation de l'anode et de la cathode), les supports des circuits intégrés. Montez horizontalement les trimmers, soudez les condensateurs (attention à la polarité des électrolytiques), puis les transistors

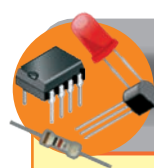
en respectant l'orientation, les LED (la cathode est la patte la plus courte), et enfin les borniers. Pour appliquer le signal audio à l'entrée mono BF de la carte du transmetteur, vous devez fabriquer un câble audio pour permettre indifféremment la liaison d'une source audio mono ou stéréo. Si la source audio est mono, terminez le câble avec un jack 3,5 mm mono du côté du TX, et avec une prise RCA du côté de la source. Si vous devez vous connecter à une source audio stéréo, vous devez prendre un câble stéréo, le couper d'un côté et connecter le jack mono en reliant les deux câbles correspondant aux signaux audio gauche et droit (L et R), avec chacun une résistance de **1 k Ω** (1/8 W) et les deux autres extrémités des résistances reliées entre elles et au point chaud du jack mono. Pour éviter les courts-circuits, vous devez isoler les résistances avec de la gaine thermorétractable. Pour terminer le montage, connectez les composants externes à la carte RX, c'est à dire le potentiomètre RV1, le commutateur SW1, le haut-parleur et enfin le support de pile 9V.

Étalonnages et essais

Après avoir terminé et vérifié le montage des composants des cartes TX

et RX, procédez à l'étalonnage du système. Soudez le fil du câble que vous avez précédemment réalisé sur l'entrée audio du TX, appelé **BFIN**. Laissez ouvert l'interrupteur SW1 relié au 12V de l'alimentation externe, connectée à la prise PWR de l'émetteur TX. Branchez l'autre extrémité libre du câble audio à une source audio externe (line-out) ou aux connecteurs RCA de l'appareil. Réglez le potentiomètre de **volume RV1** de l'émetteur TX à **mi-course**. Placez **les cartes TX et RX** à une distance d'environ **un mètre**. Maintenant, connectez la pile de 9V au support de pile du récepteur et manœuvrez l'interrupteur SW1, réglez le potentiomètre de volume RV1 mi-course, vous devriez entendre un bruit dans le haut-parleur ou les écouteurs. Allumez la source audio externe et l'émetteur au moyen de SW1 en ajustant le volume à un réglage moyen. Si tout fonctionne correctement, vous verrez les trois LED s'allumer avec une luminosité intense. Vous entendrez un bruissement dans le haut-parleur, ce qui signifie que le récepteur n'est pas accordé sur l'émetteur. A ce stade, agissez sur le trimmer RV2 pour ajuster la fréquence de la porteuse de l'émetteur jusqu'à ce que vous entendiez avec un signal audio de qualité de la source externe dans le haut-parleur du récepteur.

Maintenant que le système est réglé, vous pouvez tester la portée du système RX-TX. Placez l'émetteur et le récepteur à une distance d'au moins dix mètres l'un de l'autre, et affinez le réglage en agissant toujours sur le trimmer RV2 de l'émetteur jusqu'à ce que vous obtenez la meilleure qualité sonore. Testez le système dans l'obscurité afin d'évaluer les caractéristiques de luminosité LED.



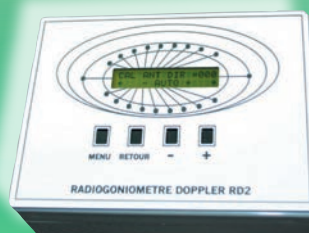
Comment construire ce montage

Tout le matériel nécessaire pour construire ce système de communication audio à LED 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 124 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'entré est ajustable de 0 < 2 à 5 V. pour un affichage de 00 < 99.
- 7 niveaux de traitement du signal. Possibilité d'affichage instantané des données brutes.
- Sélectivité Maximum des filtres audio analogue et numérique de +/- 0.1 Hz. • En cas de perte du signal, mémorisation de la dernière bonne direction. • Haut-parleur intégré et alimentation 12 Vdc. • Rétro-éclairage LED de l'afficheur.

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



Réf. RD2

299,00 €

Vendu sans antennes



COMEELEC

CD 908 - 13720 BELCODENE

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

www.comelec.fr

SOUDER... QUELLE PASSION!

LABO 3-EN-1

Contenu: 1 multimètre, 1 alimentation et 1 fer à souder - Votre LAB1 suffit pour 99% de vos activités électroniques domestiques - La solution parfaite pour les débutants et les écoles Réf: LAB1

Réf : LAB1 **149,00 €**



STATION DE RÉPARATION MULTIFONCTIONS

Station de réparation 2 en 1 combinant un fer à air chaud et un fer à souder 24V - Spécialement conçu pour les utilisateurs nécessitant plus de puissance (60W)

Réf : VTSS110 **225,00 €**



FER À SOUDER À GAZ «STYLO»

Fer à souder sans fil Peut également servir comme bec à gaz ou bec à air chaud - Fer à souder portable à gaz butane

Réf : GASIRON2 **17,30 €**



FER À SOUDER CERAMIQUE 30W / 230V

Corps de chauffe céramique - Alimentation: 230Vca / 30W

Réf : STC30N **8,30 €**

POMPE À DESSOUDER AVEC ÉLÉMENT CHAUFFANT 30W

facilement maniable avec une seule main pompe à dessouder avec élément chauffant panne de rechange:

Réf : VTDESOL3 **7,00 €**



STATION DE RÉPARATION POUR CMS

Station antistatique avec prise de terre - Flux d'air et température réglables pour différents types de soudage - Le refroidissement automatique lors de l'extinction assure une utilisation en toute sécurité et un prolongement de la durée de vie de l'élément thermique

Réf : VTSS100 **167,00 €**



STATION DE SOUDAGE RÉGLABLE 48W 150 - 450°C

pour l'électronique et la réparation en général - interrupteur marche/arrêt avec témoin LED - panne standard: Ø1.2mm

Réf : VTSS4N **17,90 €**



PISTOLET À SOUDER ÉLECTRIQUE «QUICK HOT» 30-130W / 220-240VCA

Ce pistolet à souder à chauffe instantanée est fait d'acier inoxydable et il est pourvu d'un élément de chauffe à double puissance. Le VTSG130N est un appareil à souder de qualité et le boîtier a l'aspect rugueux. Idéal pour un travail de soudage standard.

Réf : VTSG130N **6,80 €**

COMEELEC

**CD 908
13720 BELCODENE**

Tél.: 04 42 70 63 90

Fax: 04 42 70 63 90

www.comelec.fr

RÉCEPTEUR 4 CANAUX

433,92 MHZ

Le montage que nous vous proposons dans cet article est un récepteur de télécommande compatible avec les émetteurs codés de type MM53200, UM3750, UM86409. Ce récepteur apprend automatiquement les codes et possède des sorties avec relais fonctionnant en mode impulsion ou bistable.

..... de DAVIDE SCULLINO



En général, lorsque nous pensons à la télécommande, il vient à l'esprit le classique ouvre porte, l'émetteur de poche avec un bouton. Il y a des systèmes de commandes plus complexes, qui sont utiles, lorsque par exemple, nous voulons contrôler à distance plusieurs mécanismes situés dans un même endroit.

C'est le cas typique de deux portes électriques et d'une porte motorisée avec serrure électrique, placées dans un hangar ou dans une villa.

Dans de telles situations, la télécommande classique avec un seul canal devient inutilisable parce que cela

signifie que nous aurons besoin de trois émetteurs pour ouvrir et fermer les portes. Le problème est résolu avec une seule télécommande multicanale que nous allons décrire dans ces pages. Plus précisément, nous proposons un récepteur à quatre canaux avec des sorties dotées de relais, compatible avec les émetteurs quatre canaux fonctionnant à **433,92 MHz** et codés à base de **MM53200**, **UM3750** ou **UM86409** (le codage est toujours le même ...) qui est de **12 bits**, ce qui permet un maximum de **4096 combinaisons**.

En bref, notre récepteur est compatible avec la plupart des émetteurs d'ouverture (par exemple le **TX3750** de la société Aurel) utilisés dans les systèmes installés depuis plus de vingt ans, il est donc très polyvalent.

Le circuit comporte quatre sorties indépendantes, réglables de sorte qu'elles fonctionnent en mode impulsion (**mode monostable**) ou de niveaux logiques stables 0 ou 1 (**mode bistable**). Chacune des sorties étant associée à un relais (normalement au repos), cela permet de commander toutes sortes de dispositifs qui peuvent être activés électriquement.

Les relais peuvent commuter des tensions jusqu'à **60 V** et des courants de l'ordre de **1 A**, mais il est possible de contrôler des dispositifs plus « exigeants » en connectant les contacts des relais aux bobines de relais de puissance.

Le schéma électrique

Regardons le schéma de notre récepteur visible sur la **figure 1**, ce qui attire l'attention est sa simplicité remarquable, obtenue par l'adoption d'un microcontrôleur qui exécute toutes les tâches, à savoir l'interprétation des codes reçus par l'émetteur, la gestion des sorties, et les codes de contrôle. Nous avons ajouté au microcontrôleur, une section haute fréquence pour recevoir les signaux des émetteurs et un driver de puissance pour commander les relais de sortie. Le tout est alimenté par un quelconque bloc secteur de 12 V.

Avant de voir le circuit en détail, soulignons que par rapport à un récepteur

traditionnel, **notre récepteur ne nécessite pas de réglage par dip-switch**. En effet, en utilisant un microcontrôleur avec le firmware (logiciel) approprié, il nous permet d'apprendre les codes correspondant aux touches de l'émetteur d'une **manière automatique**, au moyen d'une procédure assez simple à réaliser.

Ainsi, grâce à une procédure appropriée notre récepteur reconnaît les **codes à 12 bits** générés par les codeurs de type **MM53200** ou **UM86409/UM3750**. Il peut être combiné avec différents émetteurs et pas nécessairement ceux de type **TX à quatre canaux**.

En fait, dans la première partie d'un **code TX multicanal**, les 10 premiers bits constituent le **code de base**, tandis que les **2 derniers bits** indiquent le canal adressé ($2^2 = 4$ canaux). Le code de base sur les émetteurs et les récepteurs classiques est fixé à l'aide des commutateurs **DIP** (dip-switch), alors que dans notre cas, il est **acquis automatiquement** par le récepteur avec les deux bits composant le canal.

Le microcontrôleur, dans la phase d'apprentissage, **analyse** et **stocke** l'ensemble de la chaîne des **12 bits**, vous pouvez combiner les émetteurs d'un dispositif avec des codes différents selon qu'il soit de type **TX**, **MM53200** ou **M3750/UM86409**.

Le circuit est basé sur un microcontrôleur Microchip de type **PIC16F628A** programmé avec un firmware au format hex approprié disponible sur notre site en téléchargement gratuit.

Ce programme au démarrage (après le power-on-reset) initialise les **entrées/sorties** des ports du **PIC**.

La broche (pin) **RB1** est configurée en **entrée**, les broches **RB4 à RB7** ($RB4=DIP1$, $RB5=DIP2$, $RB6=DIP3$ et $RB7=DIP4$) sont **toutes** configurées en **entrée**, et sont **dédiées à la lecture** du dip-switch **SW1**.

Les broches **RA1**, **RA2**, **RA3** et **RA7** sont configurées en **sortie** et sont destinées à **contrôler les relais** (respectivement $RL1$, $RL2$, $RL3$ et $RL4$), également la broche **RB2** est configurée en **entrée** pour la lecture du bouton **P1** et la broche **RB3**

en **sortie** pour contrôler (par le biais de la résistance de limitation de courant $R5$) l'allumage de la **LED** utilisée pour les messages.

Les sorties du microcontrôleur ne peuvent pas fournir plus de 20 à 25 mA. Afin de ne pas les mettre à contribution, nous utilisons un circuit driver, le **ULN2803** de **STMicroelectronics**, qui pilote les relais. Celui-ci se compose de **8 transistors NPN Darlington** dont les émetteurs et collecteurs sont reliés en commun, les **bases** quant à elles sont **accessibles individuellement** par des **broches** (pattes, pin) **distinctes**. Chacun de ces 8 canaux ou interrupteurs peut être ouvert ou fermé indépendamment des autres et, dans le cas de l'ULN2803, chaque canal est capable de piloter une charge jusqu'à 40V ou 500mA.

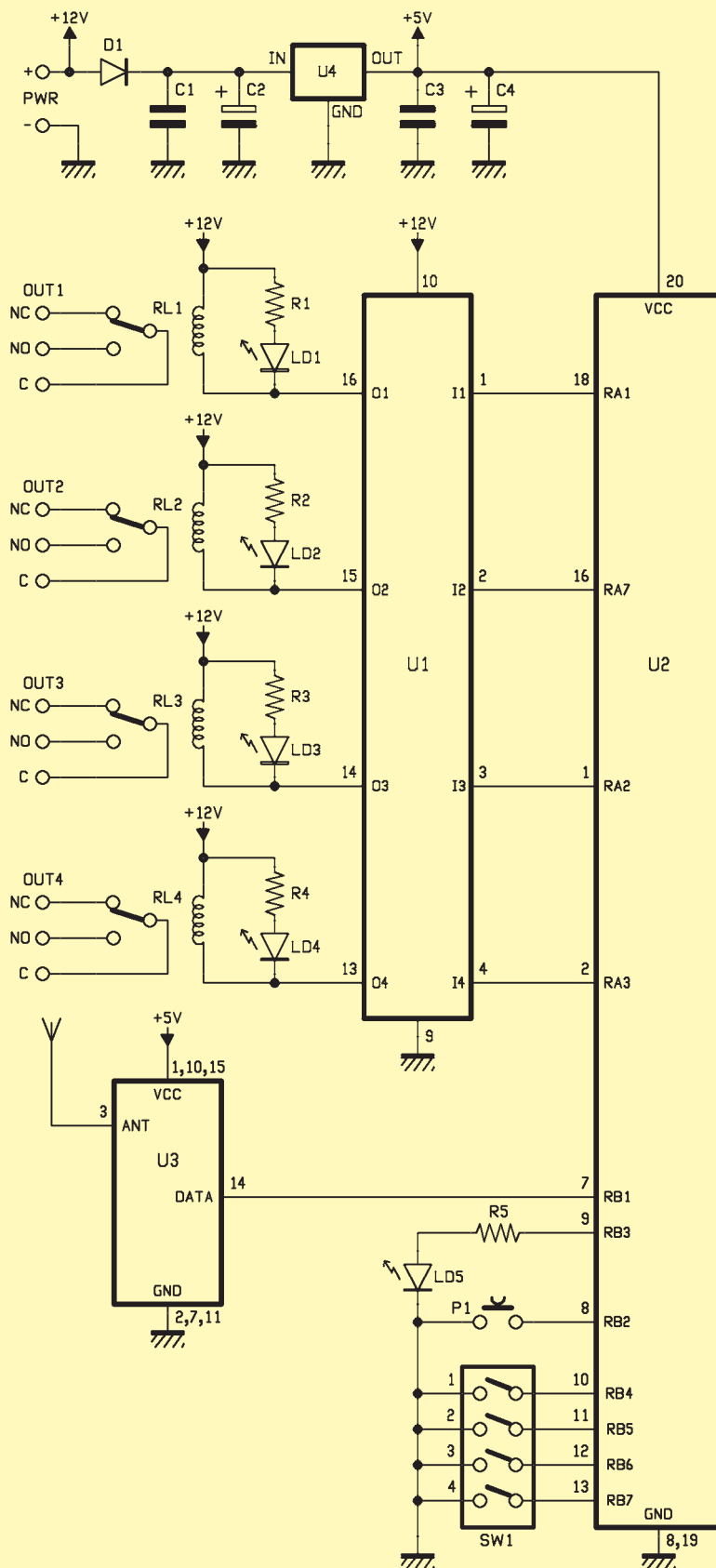
Tous les collecteurs sont équipés d'une diode de protection contre les inversions de polarité (l'anode de chaque diode est reliée au collecteur de chaque Darlington).

Ces diodes sont utiles lors de la commutation de charges inductives telles que les bobines des relais. Les cathodes des diodes sont connectées ensemble au +12 V de l'alimentation, broche 10 de IC1.

Chaque Darlington fonctionne mode « sink » (commutation), lorsqu'il reçoit sur sa base un niveau logique haut, son collecteur passe à un niveau proche de 0 V et met pratiquement à la masse la bobine du relais correspondant. Il n'y a pas besoin de résistances externes, car les résistances de polarisation des bases des Darlington sont au nombre de 8 à l'intérieur de la puce.

Parlons du récepteur radio, le microcontrôleur doit travailler sur les codes envoyés par les émetteurs. Afin de s'assurer que la section d'entrée HF soit en mesure de capter le signal radio émis par les télécommandes TX, nous avons utilisé le récent module Aurel **AC-RX2 AM SUPEREGEN**, accordé sur **433,92 MHz** et très sensible (-106 dBm).

Équipé d'un démodulateur AM quadruple comparateur de phase, il fournit sur la broche 14 le signal provenant des émetteurs.



Liste des composants du ET 953

- R1..... 1 k
- R2..... 1 k
- R3..... 1 k
- R4..... 1 k
- R5..... 4,7 k
- C1..... 100 nF multicouche
- C2..... 470 µF/25 V électrolytique
- C3..... 100 nF multicouche
- C4..... 470 µF/25 V électrolytique
- D1 1N4007
- IC1..... ULN2803
- IC2..... PIC16F628A (MF953)
- IC3..... Module AUREL AC-RX2
- IC4..... 7805
- LD1 LED 3 mm rouge
- LD2 LED 3 mm rouge
- LD3 LED 3 mm rouge
- LD4 LED 3 mm rouge
- LD5 LED 3 mm verte
- P1..... Microswitch
- SW1.... Dip-switch 4pôles
- RL1..... SYS1K-S-112L (www.sanyourelay.ca)
- RL2..... SYS1K-S-112L
- RL3..... SYS1K-S-112L
- RL4..... SYS1K-S-112L
- Bornier 3 pôles au pas de 5.08 mm x 4
- Support Cl.. 2 de 2 x 9 broches

Figure 1 : schéma électrique de notre récepteur 4 canaux.



Un chien radiocommandé

Même si cela ressemble à un acte de cruauté envers les animaux, le projet développé à l'Université d'Auburn, Alabama (États-Unis) est une aide efficace pour la sécurité publique. Et ne vous inquiétez pas pour nos « amis » à quatre pattes : aucun dégât et pas de danger pour eux !

Mais de quoi s'agit-il ? C'est simple, c'est une sorte de harnais que l'on attache sur le chien et composé d'un récepteur GPS de haute précision, deux panneaux vibrants installés sur les côtés et d'un haut-parleur. Cela vous permet de localiser l'animal fidèle et, le cas échéant, de lui donner l'ordre de venir à la maison, ou effectuer certaines actions, par exemple dans le cadre de l'aide en cas de catastrophe, la recherche de personnes disparues en cas d'avalanches, etc.

Bien sûr, le chien doit être formé pour reconnaître les vibrations de l'appareil et la voix venant du haut-parleur. Le système, qui permet une couverture de quelques kilomètres, peut être intégré avec une webcam et un microphone, de sorte que vous entendez et voyez ce qui se passe autour de l'animal.

Dans la pratique, c'est une trame de 12 bits égaux générée par le codeur de l'émetteur TX.

L'ensemble du circuit est alimenté par la tension appliquée sur les bornes + et - du bornier PWR, un régulateur 7805 fournit les 5 V nécessaires au fonctionnement du microcontrôleur, tandis que la section qui alimente les relais est obtenue à partir de la tension en aval de la diode de protection (D1), celle-ci évite d'endommager le circuit en cas d'inversion de polarité sur l'entrée PWR.

Le fonctionnement

Lorsque le récepteur AC-RX2 capte le signal radio en provenance d'un émetteur, il le démodule et en extrait les impulsions (trames) correspondantes aux données envoyées. Ces impulsions sont présentes sur la broche 14 de IC3 module Aurel, et envoyées à la broche RB1 (broche 7) du microcontrôleur. Ce dernier extrait le codage contenu dans la trame reçue et le compare à ceux contenus dans sa mémoire EEPROM. Bien sûr, avant de pouvoir comparer les données, le PIC doit avoir appris le code d'au moins un émetteur.

La procédure d'apprentissage s'effectue en mettant sur **ON** le **dip-switch** (SW1) du **canal** dont on veut **mémoriser** le code, en pressant le bouton

Tableau 1 : correspondance entre le dip et le canal pour l'apprentissage des codes.

DIP	CANAL
1	RL1
2	RL2
3	RL3
4	RL4

P1 et en vérifiant que la LED **clignote lentement**. A ce stade on doit presser n'importe quelle touche de l'émetteur TX (ou l'unique touche dans le cas d'un TX monocanal). La LED confirme alors la **mémorisation** au moyen d'une série de **clignotements rapides**. La procédure doit être répétée quatre fois, mais en mettant sur **ON** les autres dip-switch (SW1) correspondants aux autres canaux (voir le **Tableau 1**).

Après l'apprentissage de chaque code, si on ne presse pas le bouton P1, le circuit retourne en mode de fonctionnement normal. Lorsqu'il reçoit un code parmi ceux présents en mémoire, et si le dip-switch correspondant au canal mémorisé est sur **ON**, le relais correspondant au canal fonctionne en **mode monostable** (il est activé pendant toute la durée de la transmission). Si le dip-switch est sur **OFF** la sortie fonctionne en mode **bistable**, dans ce cas le relais inverse sa condition à chaque réception d'un code valide.

Notez que l'encodage basé sur les **MM53200/UM3750/UM86409**, émet à chaque émission, **trois codes successivement**, d'une durée d'environ **100 millisecondes**, espacés de **300 millisecondes** environ. Le programme du microcontrôleur, aussi bien pendant l'apprentissage qu'en fonctionnement normal, attend de recevoir pendant la durée définie, un code trois fois de suite avant de décider qu'il soit valide.

Le microcontrôleur **commande** les **canaux individuellement** en mettant à un **niveau logique haut** respectivement, les broches **RA1** pour **RL1**, **RA2** pour **RL2**, **RA3** pour **RL3** et **RA7** pour **RL4**.

Ces broches provoquent la **saturation** du **Darlington correspondant** dans le circuit **ULN2803**, et alimente ainsi la bobine du relais concerné. L'activation de chaque canal est indiquée par l'allumage de la LED correspondante, placée en parallèle sur la bobine du relais respectif. Elle est alimentée par l'intermédiaire d'une résistance de limitation de courant.

Réalisation pratique

Et bien, étant donné que nous avons décrit le fonctionnement du circuit et la manière de l'utiliser, passons maintenant à la réalisation pratique. Tout le récepteur prend place sur un seul circuit imprimé simple face (voir la **figure 2**) que vous pouvez facilement graver à l'aide d'une plaque de cuivre.

Téléchargez, sur notre nouveau site **www.electroniquemagazine.com** dans la section revue 124, le typon du circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 que vous pouvez ouvrir et imprimer à l'aide d'Acrobat Reader (format pdf). Notez aussi que le programme **MF953.hex** du microcontrôleur est présent dans ce dossier.

Une fois que vous avez gravé et percé le circuit (vous pouvez vous le procurer auprès de nos annonceurs tout fait), commencez par souder les résistances et les diodes 1N4007, puis continuez avec les commutateurs DIP et les supports des circuits (microcontrôleur et driver ULN2803).

Orientez la broche 1 du dip-switch vers le microcontrôleur et le bouton poussoir P1, le marquage « **ON** » sur le dip-switch doit être orienté vers le condensateur **C4** comme indiqué en **figure 3**.

Maintenant montez les condensateurs multicouches et électrolytiques (en prenant soin pour ces derniers de respecter la polarité, le moins est marqué sur le boîtier), ainsi que la LED dont la cathode est repérée par la partie biseautée du boîtier. Insérez le bouton poussoir P1 ainsi que les quatre relais miniatures (ils ne peuvent être placés que dans un seul sens). Soudez enfin le module AUREL AC-RX2, qui ne peut être mis que dans un seul sens afin d'éviter toute erreur possible, il peut également être monté

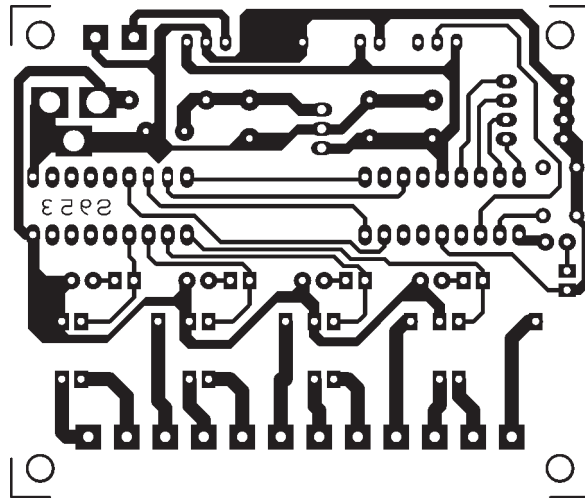


Figure 2 : circuit imprimé à l'échelle 1 : 1 du récepteur 4 canaux côté soudures.

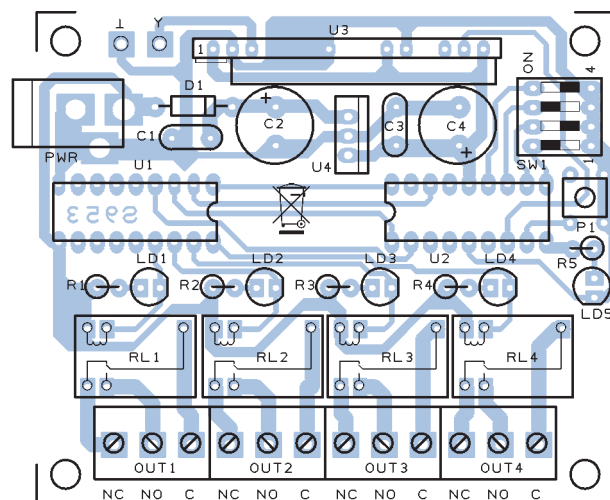


Figure 3 : schéma du câblage du récepteur 4 canaux 433 Mhz.

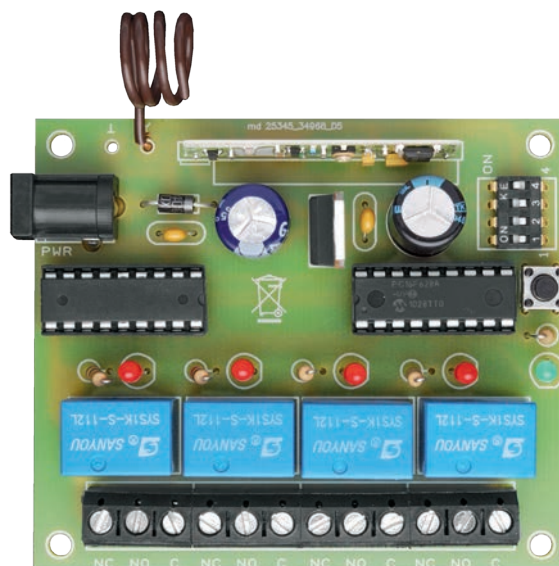


Figure 4 : Photo d'un des prototypes du récepteur 4 canaux 433 Mhz.

sur un connecteur femelle de 15 broches au pas de 2,54 mm, de manière à être facilement remplacé en cas de problème. N'oubliez pas le régulateur 7805 (IC4) qui doit être monté verticalement et son côté métallique vers les condensateurs C3 et C4.

Pour les bornes de sorties des relais soudez les borniers au pas de 5 mm, l'alimentation est confiée à un connecteur femelle pour montage sur circuit imprimé. Aidez-vous de la **figure 3** (schéma d'implantation) et de la **figure 4** (photo d'un des prototypes).

Enfin terminez par l'antenne du récepteur, qui doit être constituée d'un morceau de fil de cuivre émaillé d'une longueur de 17 à 18 cm (n'oubliez pas de gratter l'extrémité du fil avant de le souder) dans le trou dénommé « Y » relié à l'entrée de l'antenne du module AUREL (broche 3). Si vous voulez une réception parfaite, vous pouvez prendre une antenne UHF spécifiquement accordée sur 433 MHz.

Si vous optez pour l'antenne externe, vous devez effectuer la connexion avec le circuit imprimé en utilisant un câble coaxial blindé de type **RG-59**, le conducteur interne (point chaud) doit être soudé dans le trou dénommé « Y » allant à la broche 3 du module AC-RX2, tandis que la tresse de blindage doit être soudée à la masse du circuit. Du côté de l'antenne, le conducteur central doit passer dans le guide et la tresse de blindage doit être reliée au plan de masse, en prenant soin de ne pas faire

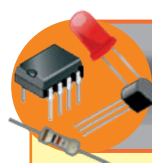
toucher l'âme centrale avec la tresse de masse. Terminez l'assemblage et vérifiez que tout est à sa place, vous pouvez immédiatement utiliser le circuit. Pour l'alimentation le bloc secteur doit être capable de fournir **12 à 14 V continus**, avec un courant d'environ **200 mA**, qui correspond à la tension appliquée entre les point +PWR (anode de la diode D1) et la masse (-PWR).

Une fois le récepteur (RX) mis sous tension, et que vous vous êtes procuré le mini transmetteur (TX), vous pouvez faire correspondre les appareils de sorte que le RX réponde uniquement aux commandes du TX. Le but est de s'éloigner de quelques mètres du récepteur, d'appuyer sur P1 (récepteur) et attendre que le voyant clignote, puis appuyez sur l'une des touches de la télécommande (TX) et vérifiez que la LED clignote rapidement et s'éteint. Lorsque le voyant est éteint, le récepteur a identifié et mémorisé le code, puis le système est prêt à fonctionner. Rappelez-vous que le récepteur **ne dispose pas d'une procédure de réinitialisation** (effacement total) mais sélective, de sorte que **pour supprimer un code d'un canal vous devez l'écraser**, et répéter la procédure d'apprentissage en mémorisant un autre code.

En conclusion les relais sont homologués pour commander des charges fonctionnant à des tensions de l'ordre de **60 VDC** et des courants de commutation n'excédant pas **1 A**, vous pouvez toujours utiliser un relais de puissance ou un télérupteur dans le cas d'une commande de puissance élevée (forte charge).

Le câblage est assez simple à mettre en œuvre, si vous souhaitez contrôler des relais avec une bobine de 12 V, branchez une extrémité de la bobine à la masse et l'autre au contact normalement fermé (NC) de l'un des relais du récepteur, puis alimentez le point commun (C) avec ces mêmes 12 V qui sont présents sur la cathode de la diode D1. En agissant ainsi, lorsque vous activez le canal correspondant au relais que vous avez utilisé, il alimente la bobine du télérupteur (relais de puissance) et active ce dernier.

Vous avez réalisé une commande de puissance tout en maintenant une parfaite isolation galvanique entre la charge et le récepteur.



Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce récepteur 4 canaux 433 Mhz est disponible auprès de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Le typon du circuit imprimé et le fichier **hex du microcontrôleur** sont téléchargeables gratuitement sur notre nouveau site Internet à la nouvelle adresse : **<http://www.electroniquemagazine.com>** dans le sommaire détaillé de la revue numéro 124 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 09 / 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

ABONNEZ-VOUS

OUI,

Je m'abonne à

ELECTRONIQUE
ET LOISIRS
LE MENSUEL DE L'ELECTRONIQUE POUR TOUS

A PARTIR DU N° 125 ou supérieur



N°

E0124

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

redaction@electronique-magazine.com

Direction - Administration

JMJ éditions

B.P. 20025

13720 LA BOUILLADISSE

Tél.: 0820 820 534

Secrétariat - Abonnements

Petites-annonces - Ventes

A la revue

Vente au numéro

A la revue

Publicité

A la revue

Maquette - Illustration

Composition - Photogravure

JMJ éditions sarl

Impression

Print Courtage

25 Bd Bouès

13003 Marseille

Distribution

NMPP

Hot Line Technique

0820 820 534 *

du lundi au vendredi de 16 h à 18 h

Web

www.electronique-magazine.com

e-mail

info@electronique-magazine.com

* prix d'un appel local

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:

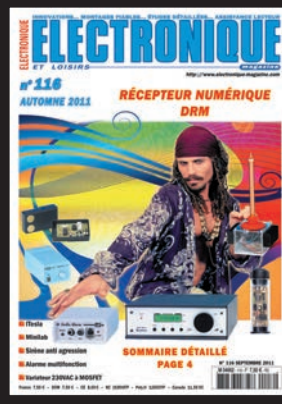
ELETRONICA
Elettronica In

I M P O R T A N T

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.

9,00 € la revue Frais de port inclus pour la France

(CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.)



Au sommaire : Détecteur de trois types de champs polluants «électriques, magnétiques et électromagnétiques» Porté-clé sonore pour MINILAB, avec la commande «Capture», nous vous montrerons comment visualiser sur votre oscilloscope des signaux d'une durée de quelques millièmes de secondes. Capteur infrarouge à réflexion, utile dans de nombreuses applications: contrôle de présence, un interrupteur de proximité etc. Carte USB pour cinq applications et plus - Plicomètre USB pour mesurer la graisse corporelle - Clôture électrique pour protéger les jardins et les élevages. - Microphone actif pour améliorer l'audition - Qu'est-ce que la TNT ?

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 enchanteurs - Une alimentation à tout faire avec transformateurs de récupération ayant un secondaire compris entre 13 et 24 V. Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Mesureur de fréquence de la persistance rétinienne pour effectuer des tests très utiles pour mieux connaître l'état de votre vue - Cousinnet 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 psychédéliques à LED - Convertisseur d'ultrasons en sons audibles - Doubler la puissance du linéaire RF 88-108 MHz - Un automatisme pour faire face aux coupures de courant, ce montage vous permet de rallumer automatiquement les appareils domestiques mais pas tous en même temps, afin d'éviter le désagrement du black-out à répétition - Luminaire à LED en 230 V réglable par variateur Etc...

Au sommaire : Récepteur DRM s'affranchir des frontières pour l'écoute radio - MINILAB: Lumières psychédéliques Variateur 230 VAC à MOSFET - ITESLA la note aiguë d'un 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...

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.electroniquemagazine.com** - Téléphone : 0820 820 534

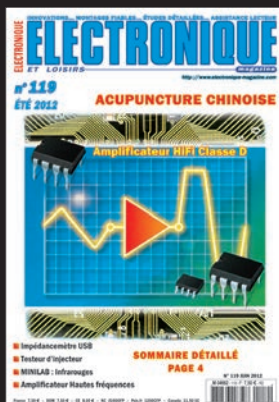
Articles, Revues et CD téléchargeables au format PDF sur Internet

<http://www.electroniquemagazine.com>

LISEZ ET IMPRIMEZ VOTRE REVUE SUR VOTRE ORDINATEUR PC OU MACINTOSH



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...



Au sommaire : ÉLECTORÉFLEX 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 Ipod, 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-réaction 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...

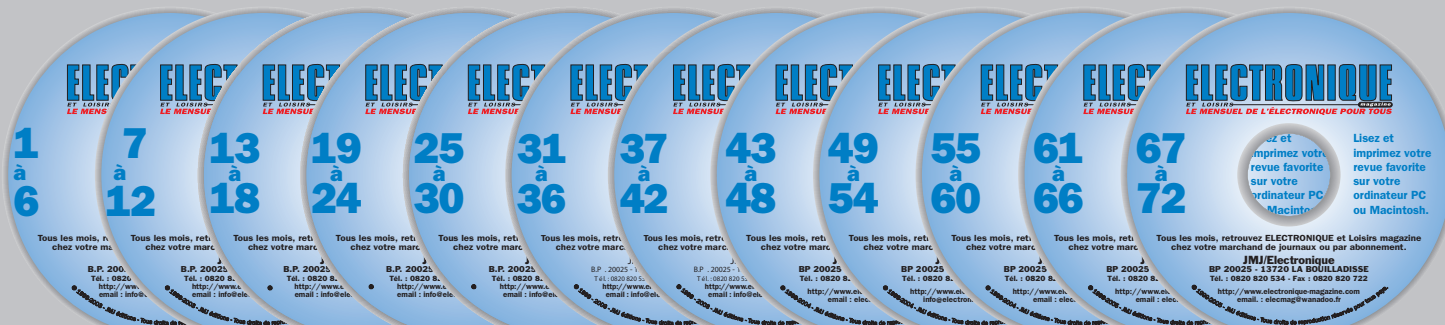


Au sommaire : Le QR CODE pour accéder rapidement à des contenus internet - OPEN SOURCE : logiciel open ou free - La simulation de la 3D, est une technique de réalisation et de visualisation d'images, de dessins, photographies et films - Un micro stéréo préamplifié disposant de deux canaux indépendants - 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

CD 6 Numéros 25 € / CD 12 Numéros 45€



50% de remise
pour nos abonnés
sur tous les CD
de 6 ou 12 numéros





Une imprimante 3D à la portée de tous

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 vetronite qui offre une bonne adhérence au PLA avec une remarquable stabilité dimensionnelle.



3DRAG
(en Kit) Réf. K8200
689,00 €

Comelec 09 / 2013 - Prix TTC

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)

Version montée

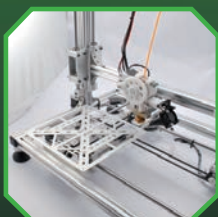
Réf. K8200 KM **879,00 €**

PLA

Disponible
en plusieurs
couleurs



Bobine de 1 Kg au choix **27,00 €** (l'unité)



COMEELEC

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