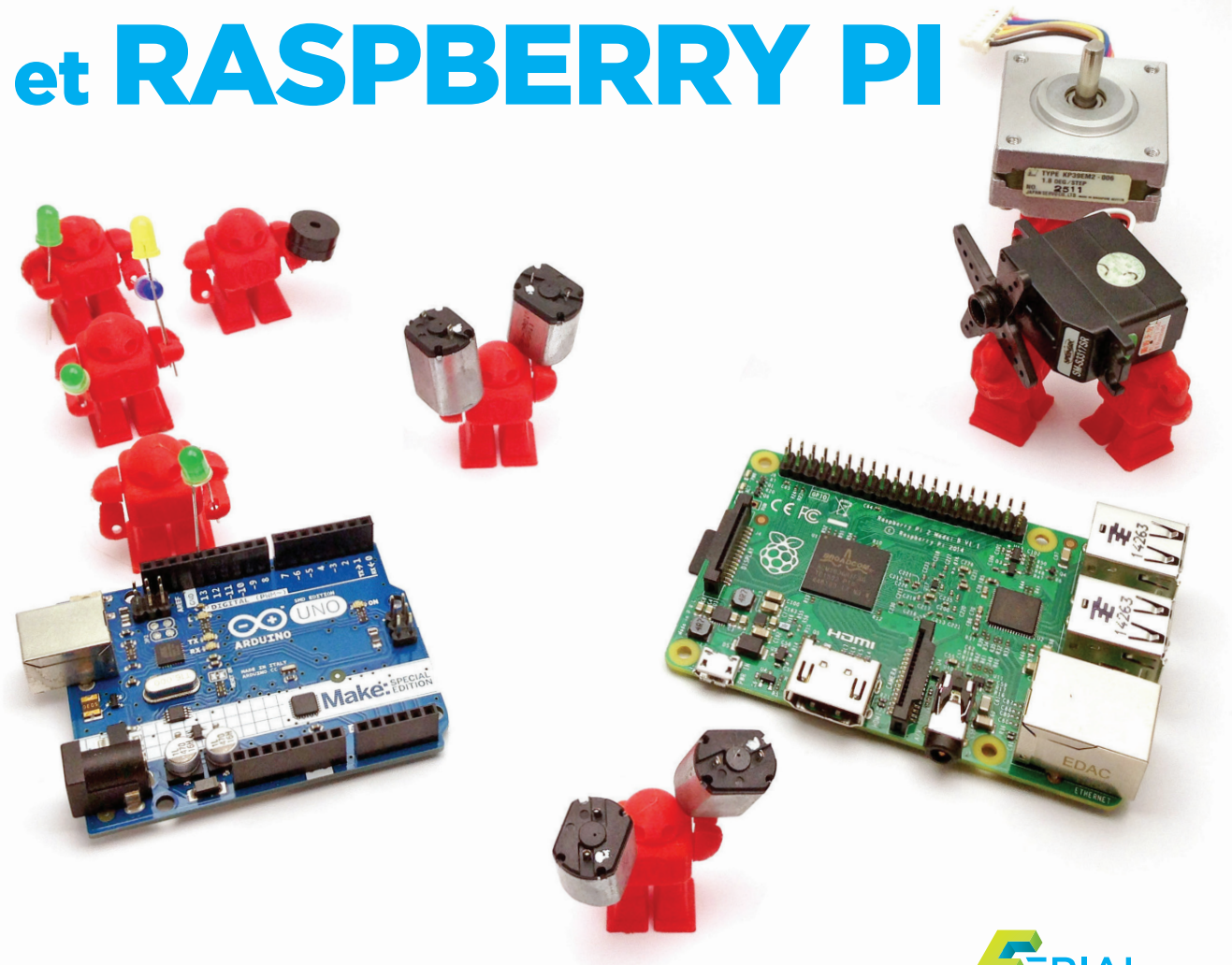
Simon Monk

Avec 30 projets ludiques

Mouvement, lumière et son avec ARDUINO et RASPBERRY PI



EYROLLES

SERIAL MAKERS

À l'action avec Arduino et Raspberry Pi !

Cet ouvrage à vocation pratique explique comme créer et contrôler des mouvements, de la lumière et du son à l'aide d'un Arduino et d'un Raspberry Pi. Avec à l'appui 30 projets ludiques à réaliser, il détaille comment utiliser ces deux plates-formes pour contrôler des LED, des moteurs de divers types, des bobines, des dispositifs à courant alternatif, des pompes, ou encore des systèmes d'affichage ou de production de sons. Il se clôt par des projets permettant de contrôler des mécanismes et des systèmes avec Internet, faisant ainsi pénétrer le lecteur dans le monde des objets connectés. Le maker, qui aura déjà eu l'occasion d'utiliser un Arduino ou un Raspberry Pi pour mesurer le monde réel à l'aide de capteurs, passera ici à l'action en découvrant les bases de l'automatisation.

À qui s'adresse ce livre ?

Aux makers, amateurs d'électronique, bricoleurs, bidouilleurs...

Dans ce livre, vous apprendrez notamment à :

- créer un système d'arrosage automatique de vos plantes avec Arduino
- mettre au point un rafraîchisseur de boissons
- fabriquer une marionnette qui danse en fonction de vos tweets
- concevoir un éclateur aléatoire de ballon

Sur www.serialmakers.com

Téléchargez le code source des programmes Arduino et Raspberry Pi présentés dans cet ouvrage.

Simon Monk est l'auteur de nombreux best-sellers d'électronique pour les makers. Il aide également sa femme, qui a lancé le site web MonkMakes.com, à concevoir et vendre des kits et d'autres articles liés à ses ouvrages. Vous pouvez le suivre sur Twitter et en savoir plus sur ses livres sur www.simonmonk.org.

Make:
makezine.com

SERIAL MAKERS
www.serialmakers.com

www.editions-eyrolles.com

Mouvement, lumière et son avec ARDUINO et RASPBERRY PI

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

Dans la collection « Serial Makers »

C. PLATT. – **L'électronique en pratique (2e édition).**
N°14425, 2016, 328 pages.

E. DE KEYSER. – **Filmer et photographier avec un drone.**
N°14241, 2016, 168 pages.

F. BOTTON. – **Les drones de loisir (2e édition).**
N°14436, 2016, 224 pages.

R. JOBARD. – **Les drones (2e édition).**
N°14189, 2016, 202 pages.

C. PLATT. – **L'électronique en pratique 2.**
N°14179, 2015, 336 pages.

E. BARTMANN. – **Le grand livre d'Arduino (2e édition).**
N°14117, 2015, 612 pages.

C. BOSQUE, O. NOOR et L. RICARD. – **FabLabs, etc.** *Les nouveaux lieux de fabrication numérique.*
N°13938, 2015, 216 pages.

M. RICHARDSON et S. WALLACE. – **À la découverte du Raspberry Pi.**
N°13747, 2013, 176 pages.

B. PETTIS, A. KAZIUNAS FRANCE et J. SHERGILL. – **Imprimer en 3D avec la MakerBot.**
N°13748, 2013, 226 pages.

J. BOYER. – **Réparez vous-même vos appareils électroniques.**
N°13936, 2014, 384 pages.

A. KAZIUNAS FRANCE *et al.* – **Pratique de l'impression 3D**.
N°13924, 2014, 228 pages.

Simon Monk

Mouvement, lumière et son avec ARDUINO et RASPBERRY PI

EYROLLES

SERIAL MAKERS

ÉDITIONS EYROLLES
61, bld Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Traduction autorisée de l'ouvrage en langue anglaise intitulé *Make: Action* de Simon Monk (ISBN : 978-1-457-18779-7), publié par Maker Media, Inc.

Adapté de l'anglais par Danielle Lafarge, relecture technique par Jean Boyer

Table des matières

Arduino vs Raspberry Pi

1

Il n'a jamais été aussi facile pour un amateur de faire ses premiers pas dans l'univers de l'électronique avec les plates-formes Arduino et Raspberry Pi. Vous pourrez tout aussi bien créer un système de domotique permettant de réguler l'éclairage et le chauffage de votre maison via le réseau Wi-Fi ou simplement piloter quelques moteurs.

Mais même si Arduino et Raspberry Pi sont tous les deux des circuits de la taille d'une carte de crédit, ils diffèrent par de nombreux aspects. Arduino est une carte à microcontrôleur rudimentaire qui n'est pas dotée d'un quelconque système d'exploitation, tandis que Raspberry Pi est un nano-ordinateur qui fonctionne sous Linux et qui peut être interfacé avec des composants électroniques externes.

Arduino

Il existe un vaste choix de cartes Arduino. Dans ce livre, nous nous concentrerons sur le modèle le plus répandu : Arduino Uno (figure 1-1). Une carte Arduino coûte un peu moins cher qu'un Raspberry Pi. Il vous faudra débourser 25 € environ pour une Arduino Uno.

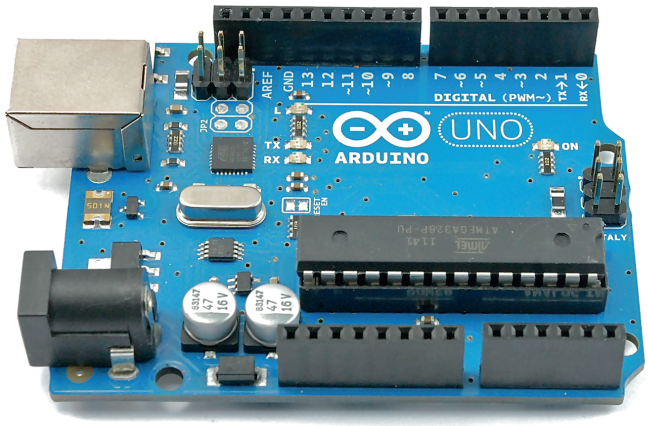


Figure 1-1. *Une platine Arduino Uno Revision 3*

Si vous avez l'habitude de travailler sur un PC ordinaire, les caractéristiques techniques d'Arduino vous paraîtront totalement insuffisantes. La carte ne dispose que de 34 Ko de mémoire (de différents types). Cela signifie que Raspberry Pi a environ 30 000 fois plus de mémoire, sans compter la mémoire flash de la carte SD du Pi ! En outre, Arduino Uno est équipé d'un processeur qui n'est cadencé qu'à 16 MHz. Il n'est pas possible de brancher un clavier, une souris ou un écran à la platine. Enfin, il n'y a pas non plus de système d'exploitation.

Peut-être vous interrogez-vous sur l'utilité de cette nanocarte. Le secret réside dans son extrême simplicité. Il n'y a pas de système d'exploitation à initialiser ou d'interfaces superflues qui ne font qu'accroître les coûts et consommer de l'énergie.

Alors que Raspberry Pi est un ordinateur polyvalent, Arduino ne joue qu'un seul rôle – la connexion et le pilotage de composants électroniques.

Pour programmer un Arduino, vous avez besoin d'un ordinateur ordinaire (ou d'un Raspberry Pi, si vous le souhaitez) sur lequel un IDE *(Integrated Development Environment)* a préalablement été installé. Cet environnement de programmation vous sert à écrire un programme qui sera ensuite transféré dans la mémoire flash d'Arduino.

L'Arduino ne peut exécuter qu'un seul programme à la fois. Une fois programmé, il le gardera en mémoire et l'exécutera automatiquement à chaque initialisation.

Arduino est conçu pour recevoir des shields, c'est-à-dire des cartes qui s'enfichent sur ses prises d'entrée-sorties afin de doter la platine de fonctionnalités matérielles supplémentaires, comme divers types d'écrans ou des adaptateurs Ethernet et Wi-Fi.

Un Arduino se programme à l'aide du langage de programmation C (vous en apprendrez plus sur la programmation et Arduino au chapitre 2).

Raspberry Pi

Si vous débutez dans le domaine de l'électronique, mais que vous savez utiliser un ordinateur, vous vous sentirez en terrain connu avec Raspberry Pi (figure 1-2). La nanocarte est une version réduite d'un ordinateur fonctionnant sous Linux. Elle est dotée de ports USB permettant de connecter un clavier et une souris, ainsi que d'une une sortie audio et d'une sortie vidéo HDMI pour le branchement d'un écran.

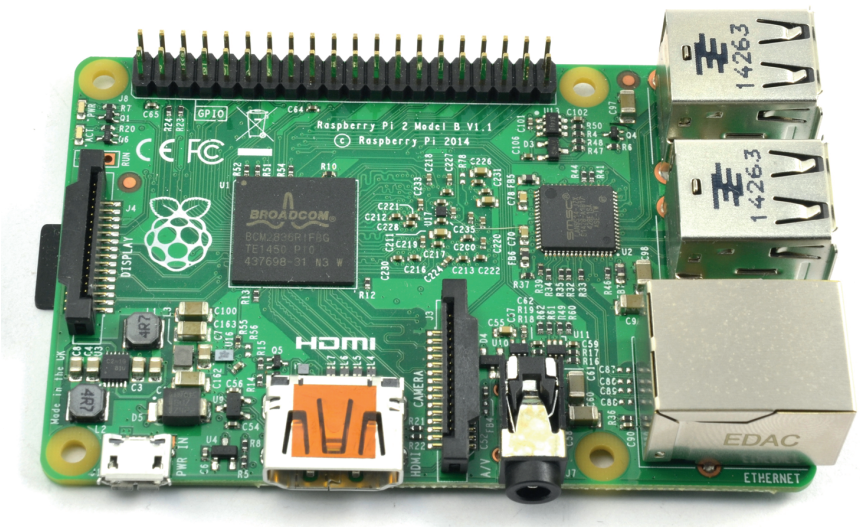


Figure 1-2. *Un Raspberry Pi 2*

Vous pouvez relier Raspberry Pi à un réseau via son port Ethernet ou par le biais d'adaptateurs Wi-Fi USB. La carte est alimentée par un port micro USB.

Il n'y a pas de disque dur ; une carte microSD est utilisée comme support de stockage. Elle contient le système d'exploitation, ainsi que tous vos documents et programmes.

À l'origine, Raspberry Pi a été créé au Royaume-Uni pour servir d'ordinateur bon marché destiné à l'enseignement des bases de l'informatique, et notamment de la programmation en Python, à des écoliers. D'ailleurs, « Pi » serait dérivé du « Py » de Python.

Qu'est-ce qui différencie le Raspberry Pi d'un ordinateur de bureau ou d'un ordinateur portable fonctionnant sous Linux ?

- Il coûte moins de 40 € (le modèle A+ qui est une version simplifiée du Raspberry Pi est encore meilleur marché et le modèle Zéro est quasiment donné).
- Il nécessite une alimentation de moins de 5 watts.
- Raspberry Pi est doté de deux rangées de broches GPIO (*General-Purpose Input/Output*, en haut à gauche sur la figure 1-1) auxquelles vous pouvez connecter directement des composants électroniques, tels que des LED, un écran, des moteurs, ainsi que les différents types de périphériques de sortie utilisés pour la réalisation des montages présentés dans ce livre.

Par ailleurs, Raspberry Pi peut être connecté à Internet via le Wi-Fi ou un câble LAN, ce qui permet de réaliser des projets dans le domaine de l'Internet des objets (voir le chapitre 16).

Raspberry Pi 2 (dernière et meilleure version au moment de l'écriture de ce livre) présente les caractéristiques suivantes :

- processeur ARM v7 900 MHz Quad-Core ;
- 1 Go de mémoire DDR2
- Ethernet 10.100 BaseT
- quatre ports USB 2.0
- sortie vidéo HDMI
- prise pour caméra
- connecteur GPIO 40 broches (qui fonctionnent toutes en 3,3 V)

Si vous découvrez Raspberry Pi, reportez-vous au chapitre 3 où nous présentons les composants matériels et le langage de programmation Python.

Quelle carte choisir ?

Ce livre explique comment connecter des composants électroniques à Arduino et Raspberry Pi parce que certains projets se prêtent mieux à l'un ou à l'autre. D'autres cartes qui se situent entre ces deux extrêmes partagent plus de points communs avec l'un ou l'autre et les explications fournies dans ce livre resteront valables.

Au moment de vous lancer dans un nouveau projet, je vous conseille d'opter en priorité pour une carte Arduino. Toutefois, si le projet présente l'une des exigences suivantes, il sera sans doute préférable de privilégier une carte Raspberry Pi :

- Internet ou connexion réseau
- grand écran
- clavier ou souris
- périphériques USB, tels qu'une webcam

En ne ménageant pas ses efforts et son porte-monnaie, il est possible d'étendre les fonctionnalités d'Arduino par des shields qui répondront à la plupart des exigences précédentes. Toutefois, les montages sont plus compliqués, car ce ne sont pas des fonctionnalités natives d'Arduino alors qu'elles le sont pour Pi.

Parmi les bonnes raisons d'utiliser un Arduino plutôt qu'un nano-ordinateur Raspberry Pi, il faut citer :

Coût

Un Arduino Uno est moins cher qu'un Raspberry Pi 2.

Temps de démarrage

Avec un Arduino, on n'a pas besoin d'attendre que le système d'exploitation démarre. Il y a un temps de latence d'une seconde environ pendant que le processeur vérifie si un nouveau programme est en cours de transfert. Ensuite, le module est prêt.

Fiabilité

Une platine Arduino est intrinsèquement beaucoup plus simple et résistante qu'un micro-ordinateur Raspberry Pi et elle n'est pas supervisée par un système d'exploitation.

Consommation d'énergie

Un Arduino consomme 1/10^{e} environ de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un Raspberry Pi. Si des piles ou l'énergie solaire sont utilisées comme source d'alimentation, mieux vaut opter pour une platine Arduino.

Courant de sortie GPIO

Les broches GPIO du Raspberry Pi doivent uniquement être utilisées pour fournir un courant maximum d'environ 16 mA. En revanche, les broches d'Arduino autorisent une sortie nominale de 40 mA. Dans certains cas, vous pouvez donc connecter directement un composant (comme une LED) à un Arduino alors que ce n'est pas possible avec un Raspberry Pi.

L'Arduino et le Raspberry Pi sont tous les deux d'excellentes cartes sur lesquelles baser vos projets. Dans une certaine mesure, le choix est aussi une question de préférence personnelle.

De manière générale, lorsque vous connectez des composants externes à un Raspberry Pi, souvenez-vous qu'il fonctionne en 3,3 V, alors qu'Arduino utilise une tension de 5 V. Si vous branchez un composant fonctionnant en 5 V à l'une des broches GPIO du Raspberry Pi, vous risquez d'endommager la broche, voire de détruire la carte.

Les alternatives

L'Arduino Uno et le Raspberry Pi se situent chacun à une extrémité de la palette des cartes permettant de piloter des éléments. Comme vous pouvez vous en douter, d'autres cartes intermédiaires ont été produites dans le but de pallier les faiblesses des unes et des autres.

De nouvelles platines voient régulièrement le jour. La nature open source d'Arduino permet de donner naissance à de nombreuses variations, ainsi qu'à des modules répondant à des besoins spécifiques, comme le contrôle de drones ou l'interfaçage avec des capteurs sans fils.

La figure 1-3 réunit quelques exemples de cartes les plus populaires dans ce domaine.

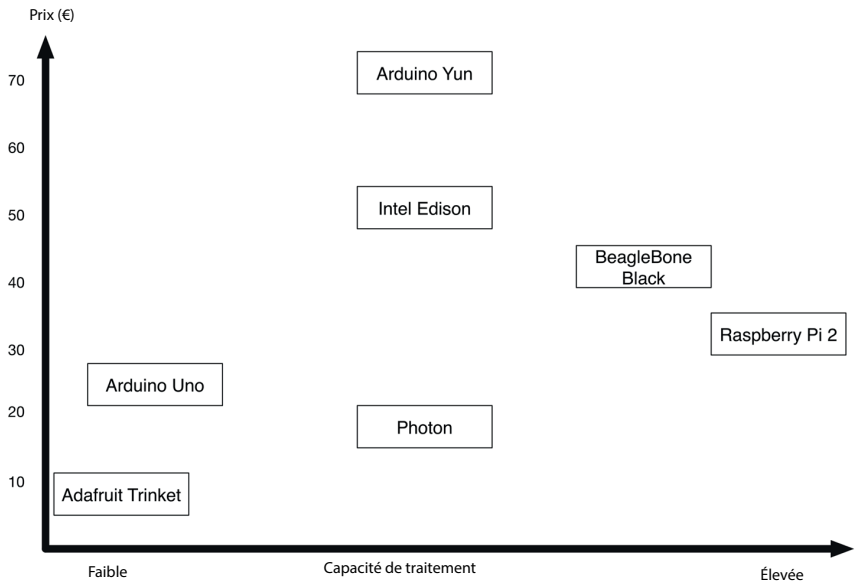


Figure 1-3. *Plates-formes intégrées*

Le modèle Adafruit Trinket se place avant l'Arduino Uno à la fois en termes de prix et de performance. Cette carte intéressante ne possède que quelques broches GPIO. Mais, elle est relativement compatible avec l'Arduino. Elle mérite donc d'être envisagée pour un projet ne nécessitant qu'une ou deux entrées ou sorties.

Il existe une catégorie de produits intermédiaires comprenant les cartes Arduino Yun, Intel Edison et Photon, qui intègrent toutes des fonctionnalités Wi-Fi et sont destinées à des projets dans le domaine de l'Internet des objets (IoT, *Internet of Things,* voir le chapitre 16). Parmi ces cartes, le modèle Photon présente probablement le meilleur rapport qualité-prix. Ces trois cartes se programment en Arduino C. Par conséquent, tout ce que vous aurez appris sur la carte Arduino s'appliquera aussi à ces cartes.

La carte BeagleBone Black est très proche du Raspberry Pi du point de vue de son concept. Il s'agit aussi d'un ordinateur monocarte et même si la version actuelle du BeagleBone Black arrive derrière le Raspberry Pi 2 en termes de puissance brute, elle présente néanmoins des avantages

sur ce dernier : elle compte davantage de broches GPIO, certaines pouvant même être utilisées comme des entrées analogiques, ce qui n'est pas possible sur le Raspberry Pi 2. En outre, la platine BeagleBone Black peut être programmée en Python, comme Raspberry Pi, ou en JavaScript.

Résumé

Dans ce chapitre, nous avons brièvement présenté Arduino et Raspberry Pi, avec leurs avantages et leurs inconvénients, et nous avons évoqué quelques alternatives. Dans les deux chapitres suivants, nous examinerons le fonctionnement et la programmation d'une carte Arduino, puis d'un nano-ordinateur Raspberry Pi.

Si vous avez déjà utilisé ces deux composants électroniques, vous pouvez aller directement au chapitre 4 où nous passerons à la pratique. Vous pourrez toujours revenir aux chapitres 2 et 3 si vous en éprouvez le besoin.

2 Arduino

Ce chapitre est une version modifiée de l'annexe de mon livre *The Maker's Guide to the Zombie Apocalypse*, paru chez NoStarch Press. Je l'ai repris ici avec leur aimable autorisation.

Si vous faites vos premiers pas avec Arduino, ce chapitre vous expliquera les bases de l'utilisation de très petite carte.

Qu'est-ce qu'un Arduino ?

Il existe différents types de cartes Arduino, mais la plus répandue est l'Arduino Uno (figure 2-1). C'est celle qui est utilisée pour tous les projets de ce livre.

L'Arduino Uno a connu des versions successives, ou révisions. Le modèle illustré à la figure 2-1 est une révision 3 (R3). C'est la plus récente à l'heure où j'écris ces lignes.

Nous commencerons notre présentation d'Arduino par la prise USB qui joue plusieurs rôles : elle peut servir à l'alimentation de la carte, à sa programmation depuis l'ordinateur et, enfin, comme liaison de communication.

Le petit bouton rouge qui se trouve à côté de la prise USB est le bouton de réinitialisation. Lorsque vous appuyez dessus, l'Arduino redémarre et exécute le programme qui y est installé.

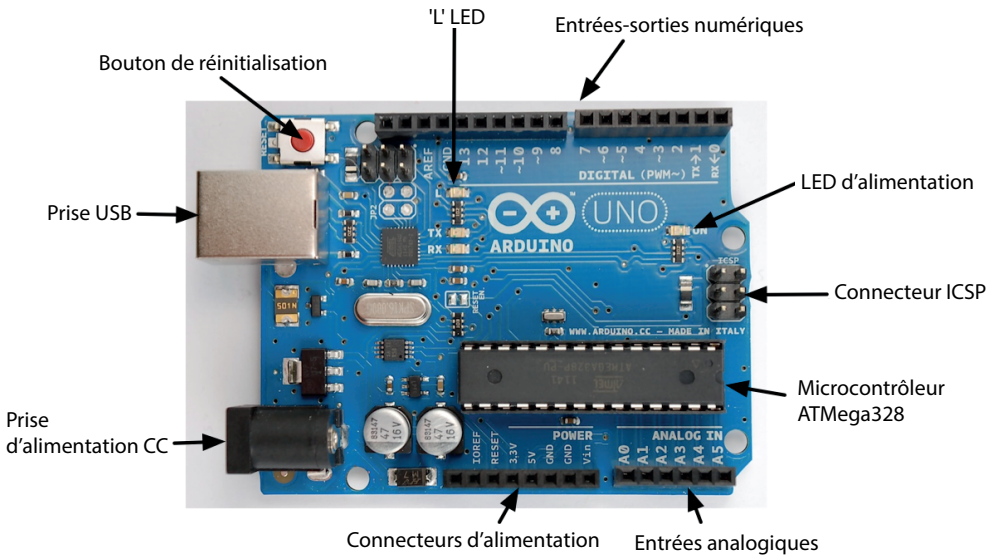


Figure 2-1. *Un Arduino Uno R3*

Le long des bords supérieurs et inférieurs de l'Arduino se trouvent des broches auxquelles il est possible de connecter des composants électroniques. Les entrées et sorties numériques, désignées par des chiffres compris entre 0 et 13, sont visibles le long du bord supérieur de la carte illustrée à la figure 2-1. Chaque broche peut être configurée dans vos programmes pour servir d'entrée ou de sortie. Si vous connectez un interrupteur à une entrée numérique, celle-ci indiquera s'il est enfoncé ou non. Ou bien, lorsque vous connectez une LED à une sortie numérique et que cette dernière passe de l'état haut à l'état bas, la LED s'allume. Une LED se trouve déjà sur la carte : il s'agit de la LED « L » qui est connectée à la broche numérique 13.

Au-dessous des broches d'E/S numériques, une LED d'alimentation indique simplement si la carte est sous tension. Le connecteur ICSP *(In-Circuit Serial Programming)* sert uniquement à la programmation avancée de carte Arduino qui ne passe pas par la connexion USB. La majorité des utilisateurs ne s'en servent jamais.

L'ATMega328 (le cerveau de l'Arduino) est un microcontrôleur à circuit intégré (IC, *Integrated Circuit*). Les 32 Ko de mémoire flash de la puce contiennent le programme nécessaire au fonctionnement de la carte.

Au-dessous de l'ATMega328, il y a une rangée de broches d'entrées analogiques étiquetées d'A0 à A5. Alors que les entrées numériques détectent seulement si un composant est allumé ou éteint, les entrées analogiques peuvent mesurer la tension reçue par la broche (à condition que cette tension soit comprise entre 0 et 5 V). Cette tension peut notamment provenir d'un capteur. Si vous n'avez pas assez d'entrées et sorties numériques, ces broches d'entrées analogiques peuvent aussi être utilisées comme des entrées numériques.

À côté de ces entrées se trouve une rangée de connecteurs d'alimentation qui peuvent être utilisés de façon alternative pour l'alimentation de l'Arduino. Ils peuvent également être utilisés pour alimenter d'autres composants électroniques contrôlés depuis la carte.

L'Arduino dispose également d'une prise d'alimentation en courant continu. Elle peut recevoir une tension comprise entre 7 et 12 V CC et utilise un régulateur de tension pour fournir la tension de 5 V nécessaire à l'Arduino. La platine acceptera automatiquement l'alimentation provenant de la prise USB ou du connecteur d'alimentation, selon le cas.

Installation de l'IDE Arduino

L'Arduino ne correspond pas tout à fait à l'image que l'on se fait d'un ordinateur. Il n'a pas de système d'exploitation et on n'y connecte pas de clavier, de moniteur ou de souris. Un seul programme peut y être exécuté à la fois et il faut préalablement le charger dans la mémoire flash de la carte à l'aide d'un ordinateur. L'Arduino peut être reprogrammé autant de fois que vous le souhaitez.

Pour pouvoir le programmer, vous devez installer l'IDE Arduino sur votre ordinateur. Ce logiciel peut fonctionner sur différentes plates-formes – Windows, Mac et Linux – et c'est l'une des raisons de la popularité de l'Arduino. De plus, l'IDE vous permet de programmer la carte via l'interface USB sans qu'il soit nécessaire d'utiliser de matériel particulier.

Pour installer l'IDE Arduino sur votre ordinateur, téléchargez le logiciel et suivez les instructions affichées sur le site web Arduino (*http://arduino.cc/en/Guide/HomePage*).

Sous Windows et Mac, il faut également installer des pilotes USB afin que l'IDE puisse communiquer avec la carte Arduino.

Une fois que tout est installé, démarrez l'IDE. La figure 2-2 présente la fenêtre de l'interface.

Comme son nom l'indique, le bouton Téléverser permet de transférer le sketch sur la carte Arduino. Avant que le sketch ne soit téléversé, l'IDE convertit le code de programmation textuel en code exécutable par l'Arduino. Si des erreurs s'y sont glissées, elles sont affichées dans la fenêtre de messagerie. Le bouton Vérifier remplit le même rôle, mais il ne lance pas le transfert du programme sur la carte.

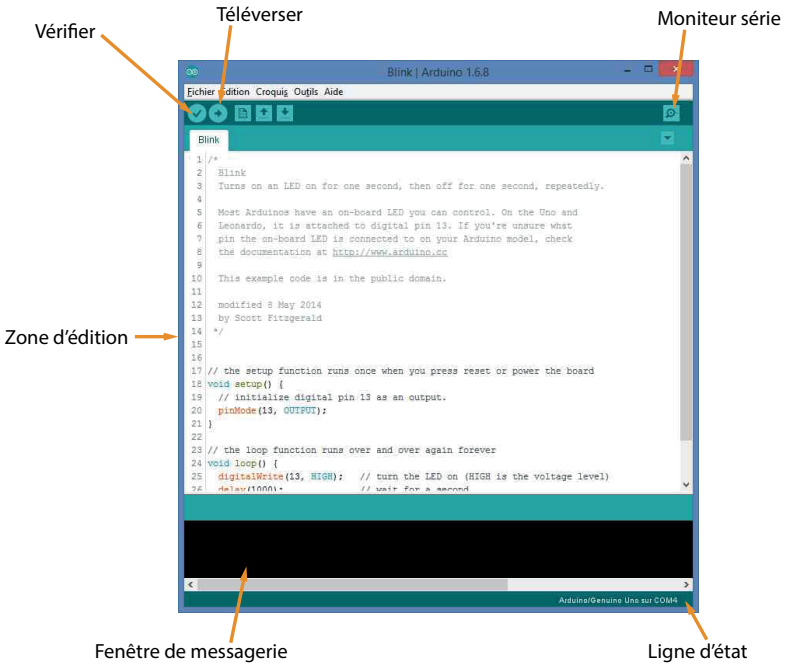


Figure 2-2. *L'IDE Arduino*

Le bouton Moniteur série ouvre la fenêtre du même nom qui sert à communiquer avec l'Arduino. Vous vous servirez de cette interface pour de nombreuses expériences proposées dans ce livre, car c'est un excellent moyen de transmettre des commandes à l'Arduino depuis votre ordinateur. Le moniteur série permet de communiquer dans les deux sens : vous pouvez envoyer des messages texte à l'Arduino et recevoir des réponses de la part de la carte.

La ligne d'état dans le bas de la fenêtre indique le type de carte Arduino et le port série utilisé pour sa programmation lorsque vous cliquez sur le bouton Téléverser. Le port illustré à la figure 2-2 (`/dev/cu.usbmodem411`) s'affiche généralement lorsque l'on utilise un ordinateur sous Mac ou Linux. Si vous utilisez un ordinateur Windows pour programmer l'Arduino, il s'agira du port COM4, ou des lettres COM suivies du numéro du port alloué par Windows à l'Arduino lorsque vous avez connecté la carte.

Enfin, la partie principale de l'IDE Arduino est la zone d'édition dans laquelle vous saisissez le code du programme que vous voulez téléverser sur l'Arduino.

Dans le monde de l'Arduino, les programmes se nomment des sketches (ou croquis dans la version française de l'IDE). Depuis le menu Fichier de l'IDE Arduino, vous pouvez Ouvrir et Enregistrer des sketches à la façon d'un document dans un traitement de texte. Le menu Fichier contient aussi un sous-menu Exemples à partir duquel vous pouvez charger des exemples de sketches fournis avec l'IDE.

Téléversement d'un sketch

Pour tester votre carte Arduino et pour vous assurer que l'IDE Arduino est correctement installé, commencez par ouvrir le sketch intitulé *Blink* qui se trouve dans Fichier>Exemples>01. Basics. (Le sketch *Blink* est affiché dans la zone d'édition illustrée à la figure 2-2.)

Utilisez un câble USB pour raccorder la carte à l'ordinateur qui servira à programmer l'Arduino. La LED d'alimentation de la carte s'allume et des LED clignotent.

Lorsque l'Arduino est connecté, vous devez indiquer à l'IDE quel type de carte est programmé (Arduino Uno) et le port série auquel elle est connectée. Définissez le type de carte à l'aide de la commande Outils>Type de carte>Arduino Uno.

Définissez le port série en sélectionnant la commande Outils>Port. Si vous utilisez un ordinateur sous Windows, le sous-menu ne devrait pas comporte beaucoup d'options. Il est même possible que vous n'y trouviez que l'option COM4. Sur un ordinateur fonctionnant sous Mac ou Linux, vous devriez avoir le choix entre divers ports USB et vous aurez du mal à savoir lequel correspond à celui auquel l'Arduino est connecté. La liste doit proposer une entrée commençant par `dev/tty.usbmodemNNN`, `NNN` étant un nombre. À la figure 2-3, la carte Arduino connectée à mon Mac a été sélectionnée.

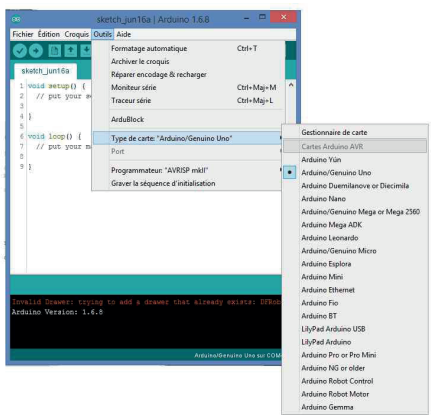


Figure 2-3. *Sélection du port série Arduino/Genuino Uno*

Si votre Arduino n'apparaît pas dans la liste, c'est généralement dû à un problème de pilote USB. Dans ce cas, essayez de réinstaller les pilotes.

Lorsque vous êtes prêt à transférer le sketch sur la carte, cliquez sur le bouton Téléverser. Des messages s'affichent dans la partie inférieure de la fenêtre. Puis, au bout de quelques secondes, les LED intitulées « TX » et « RX » se mettent à clignoter pendant que le programme est transmis à la carte.

Si tout se déroule comme prévu, un message ressemblant à celui illustré à la figure 2-4 devrait s'afficher lorsque la transmission est terminée.

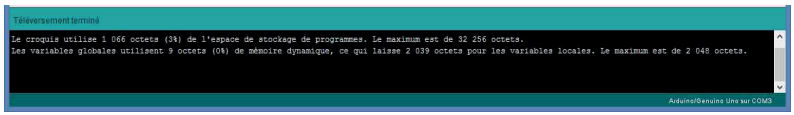


Figure 2-4. *Transmission réussie*

Ce message indique que le sketch a été transmis et qu'il utilise 1 066 octets sur les 32 256 octets disponibles.

Une fois la transmission terminée, vous devriez voir clignoter la LED « L » intégrée à la carte. C'est le signe que le sketch Blink fonctionne correctement.

Le code du livre

Tous les programmes de ce livre – que ce soit les sketches Arduino ou les programmes Python pour le Raspberry Pi – sont disponibles en anglais sur la page GitHub du livre (*https://github.com/simonmonk/make_action*). Pour importer ces fichiers sur votre ordinateur sous Mac, Linux ou Windows, cliquez sur le bouton Clone or download de la page GitHub, puis sur Download ZIP. Les sketches Arduino en français sont disponibles sur *www.serialmakers.com*.

Enregistrez l'archive téléchargée sur le Bureau ou à un autre emplacement facile d'accès. Lorsque vous décompressez l'archive, vous obtenez un dossier intitulé `make_actionmaster`. Le code Arduino se trouve dans un dossier `arduino`. À l'intérieur, vous trouverez les deux sous-dossiers `experiments` et `projects`.

Chaque programme est rangé dans un dossier spécifique qui contient généralement un seul fichier qui correspond au programme proprement dit. Par exemple, à l'intérieur du dossier `experiments`, vous trouverez le dossier `ex_01_basic_motor_control` qui contient l'unique fichier `basic_motor_control.ino`. Si l'IDE Arduino est déjà installé sur votre ordinateur, vous pouvez ouvrir directement le fichier dans l'environnement de programmation.

Une autre façon d'accéder à ces sketches est de copier les dossiers d'expériences et de projets dans votre sketchbook Arduino. Il s'agit du dossier intitulé `Arduino`, qui se trouve dans votre dossier de documents habituel (`Mes documents` sous Windows, ou `Documents` sous Mac).

Si les fichiers sont copiés dans le dossier sketchbook, vous pourrez y accéder à l'aide de la commande Fichier>Carnet de croquis dans l'IDE Arduino.

Guide de programmation

Nous allons passer en revue les principales commandes pour vous aider à mieux comprendre les sketches utilisés dans le livre.

Setup et Loop

Tous les sketches Arduino doivent contenir une fonction `setup()` et une fonction `loop()` (les fonctions sont des blocs de code de programme qui réalisent une tâche). Pour comprendre le fonctionnement de `setup()` et `loop()`, nous allons disséquer l'exemple du sketch *Blink* que nous avions transmis à la carte Arduino :

```
int led = 13;
// la fonction d'initialisation est exécutée une fois après l'action sur le bouton de
réinitialisation :
void setup() {
  // initialise la broche numérique comme sortie.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// la fonction de boucle est exécutée en continu :
void loop() {
    digitalWrite(led, HIGH);   // allume la LED (le niveau de tension est HIGH)
  delay(1000);                                // pause 1 seconde
  digitalWrite(led, LOW);      // éteint la LED (le niveau de tension est LOW)
  delay(1000);                                // pause 1 seconde
}
```

Notez qu'une grande partie du texte qui a été traduit en français pour les besoins de l'explication est précédé des signes //. Cela signifie que le texte qui suit // jusqu'à la fin de la ligne doit être considéré comme un commentaire. Ce n'est pas un code de programme, il sert simplement à expliquer au lecteur ce qu'il se passe dans le programme.

Les lignes de code à l'intérieur de la fonction `setup()` ne sont exécutées qu'une seule fois (ou, plus précisément, chaque fois que la carte Arduino est mise sous tension ou que vous appuyez sur le bouton de réinitialisation). Par conséquent, on utilise la fonction `setup()` pour effectuer toutes les choses qui ne doivent être faites qu'une seule fois au démarrage du programme. Dans le cas de *Blink*, cela consiste simplement à préciser que la broche LED est définie comme sortie.

Les commandes à l'intérieur de la fonction `loop()` sont exécutées en boucle – dès que la dernière ligne de commande `loop()` a été exécutée, elle recommence à la première ligne.

Je n'ai pas expliqué le rôle des commandes à l'intérieur de `setup()` et de `loop()`, mais j'y arrive bientôt.

Variables

Les variables permettent de nommer des valeurs. La première ligne du sketch *Blink* (si l'on ne tient pas compte des commentaires) est la suivante :

```
int led = 13;
```

Cela définit une variable nommée `led` en lui donnant une valeur initiale de 13. La valeur 13 a été choisie, car elle correspond au nom de la broche à laquelle la LED L est connectée et `int` désigne le type de variable. Le mot `int` est l'abréviation d'*integer* (« nombre entier », en anglais).

Même s'il n'est pas nécessaire d'utiliser un nom variable pour toutes les broches utilisées, il est judicieux de le faire, car il est alors plus facile de savoir à quoi sert la broche. En outre, si vous voulez utiliser une autre broche, il vous suffit de changer la valeur de la variable à un seul endroit.

Peut-être avez-vous remarqué que dans les sketches qui accompagnent ce livre, lorsque l'on déclare des variables comme celle-ci qui définit la broche utilisée, la ligne commence par `const` :

```
const int led = 13;
```

Le mot-clé `const` indique à l'IDE Arduino que la variable n'en est pas vraiment une, mais plutôt une constante ; en d'autres termes, sa valeur demeurera 13. Cela aboutit à des sketches légèrement plus petits qui sont exécutés plus rapidement. C'est généralement considéré comme une bonne habitude à prendre.

Sorties numériques

Le sketch *Blink* offre un bon exemple de sortie numérique. La broche 13 est configurée comme sortie dans la fonction `setup()` par cette ligne (la variable `led` ayant préalablement été définie sur 13) :

```
pinMode(led, OUTPUT);
```

Cette commande se situe dans la fonction `setup()`, car la configuration n'a besoin d'être effectuée qu'une seule fois. Lorsque la broche a été définie comme sortie, elle le restera jusqu'à ce qu'une autre instruction la configure différemment.

Pour clignoter, la LED doit être allumée et éteinte plusieurs fois. Par conséquent, le code est le suivant :

```
digitalWrite(led, HIGH);     // allume la LED (le niveau de tension est HIGH)
delay(1000);                                  // pause 1 seconde
digitalWrite(led, LOW);      // éteint la LED (le niveau de tension est LOW)
delay(1000);                                  // pause 1 seconde
```

La fonction `digitalWrite()` a deux paramètres (entre parenthèses et séparés par une virgule). Le premier paramètre est la broche Arduino qui sera écrite et le second paramètre est la valeur qui y sera écrite. Par conséquent, la valeur `HIGH` appliquera une tension de 5 V à la sortie (la LED s'allume) et la valeur `LOW` met la broche hors tension, à 0 V (la LED s'éteint).

La fonction `delay()` interrompt le programme pendant la durée (en millisecondes) précisée comme paramètre. Il y a 1 000 millisecondes dans 1 seconde, donc chacune des fonctions `delay()` présentées interrompt le programme pendant 1 seconde.

Dans l'expérience « Pilotage d'une LED », décrite au chapitre 4, au lieu de la LED de la carte, vous utiliserez une sortie numérique connectée à une LED externe que vous ferez clignoter.

Entrées numériques

Dans ce livre, nous nous intéressons davantage aux sorties qu'aux entrées, donc nous utilisons surtout la fonction `digitalWrite()`. Les entrées numériques permettent de connecter des boutons et des capteurs à une carte Arduino.

Vous pouvez définir une broche Arduino comme entrée numérique à l'aide de la fonction `pinMode()`. L'exemple suivant définit la broche 7 comme entrée. Vous pouvez évidemment aussi utiliser un nom de variable à la place du chiffre 7.

Comme pour une sortie, la broche d'entrée est définie dans la fonction `setup()`, car il est rare de changer le mode d'une broche en cours d'exécution du sketch :

```
pinMode(7, INPUT)
```

Une fois la broche définie comme entrée, vous pouvez la lire pour déterminer si la tension y est plus proche de 5 V (`HIGH`) ou de 0 V (`LOW`). Dans cet exemple, la LED s'allume si l'entrée est LOW au moment de la lecture (une fois allumée, la LED le reste, car le code ne précise pas qu'il faut l'éteindre) :

```
void loop())
{
  if (digitalRead(7) == HIGH)
  {
    digitalWrite(led, LOW)
  }
}
```

À partir de là, le code se complique. Nous le parcourons donc ligne par ligne.

À la deuxième ligne, nous trouvons le symbole `{`. Il arrive qu'il soit placé sur la même ligne que `loop()` ou sur la ligne suivante. Ce n'est qu'une question de préférence personnelle et cela n'a aucune incidence sur l'exécution du code. Le symbole `{` signale le début d'un bloc de code qui se termine par le symbole `}` correspondant. C'est une façon de regrouper toutes les lignes de code qui appartiennent à la fonction `loop`.

La première de ces lignes utilise l'instruction `if` qui est immédiatement suivie d'une condition. Dans ce cas, la condition est `(digitalRead(7) == HIGH)`. Le double signe égal (`==`) permet de comparer les deux valeurs qui figurent de chaque côté. Donc, ici, si la broche 7 est égale à HIGH, alors le bloc de code délimité par `{` et `}` qui figure après `if` est exécuté. Sinon, il ne l'est pas. L'alignement des accolades permet d'associer plus facilement les paires.

Nous avons déjà examiné le code qui est exécuté si la condition est remplie. Il s'agit de la fonction `digitalWrite()`utilisée pour allumer la LED.

Dans cet exemple, on suppose que l'entrée numérique est strictement HIGH ou LOW. Si vous avez connecté un interrupteur à une entrée numérique, il ne pourra que fermer la connexion. D'ordinaire, il faut connecter l'entrée numérique à GND (0 V). Si la liaison établie par l'interrupteur est ouverte, on dira que l'entrée numérique est flottante. Au sens strict, elle n'est pas raccordée électriquement à un composant. L'entrée percevra un bruit électrique et elle alternera souvent entre l'état haut et l'état bas. Pour l'éviter, on utilise généralement une résistance pull-up, comme illustré à la figure 2-5.

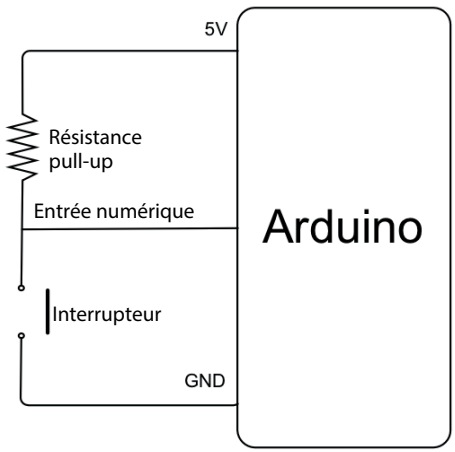


Figure 2-5. *Utilisation d'une résistance pull-up avec une entrée numérique*

Quand l'interrupteur est ouvert (comme illustré à la figure 2-5), la résistance tire la broche d'entrée à 5 V. Quand l'interrupteur est fermé, le tirage faible de l'entrée est contré puisque l'interrupteur relie l'entrée numérique à la masse (GND).

Même si vous pouvez effectivement utiliser une résistance pull-up, sachez que les entrées de la carte Arduino intègrent déjà des résistances pull-up internes d'environ 40 kΩ qui sont activées lorsque le mode de la broche est défini sur INPUT_PULLUP au lieu de INPUT. Le code suivant montre comment définir le mode d'une entrée numérique connectée à un interrupteur sans employer de résistance pull-up externe comme illustré à la figure 2-5 :

```
pinMode(switchPin, INPUT_PULLUP);
```

Entrées analogiques

Les entrées analogiques étiquetées de A0 à A5 peuvent mesurer une tension comprise entre 0 et 5 V. Contrairement aux entrées et sorties numériques, il n'est pas nécessaire d'utiliser `pinMode()` dans la fonction `setup` pour une entrée analogique.