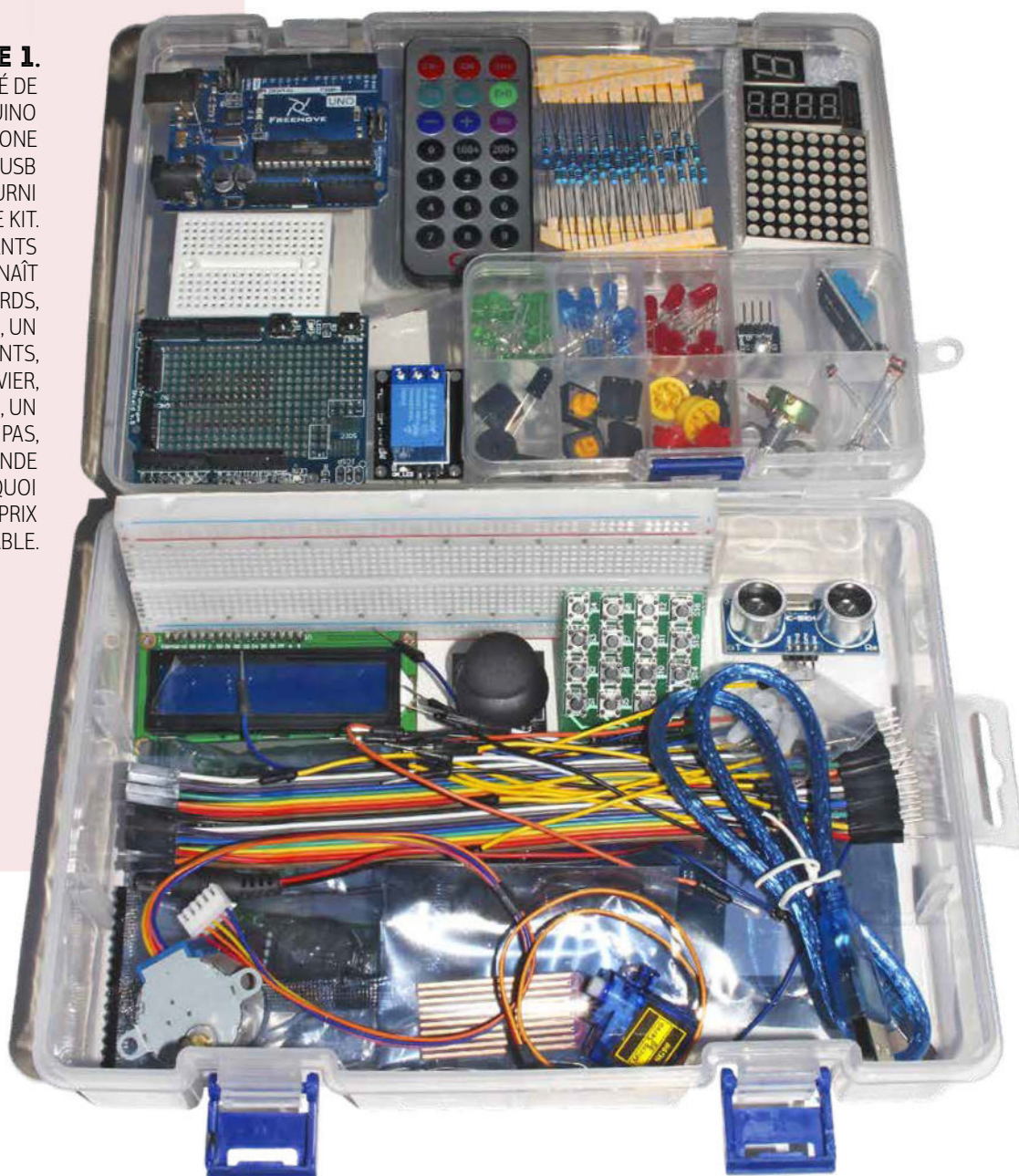


**FIGURE 1.**

UN KIT BON MARCHÉ DE DÉCOUVERTE D'ARDUINO (LA CARTE EST UN CLONE D'UNO R3). LE CÂBLE USB DE TYPE A-B EST FOURNI DANS CE GENRE DE KIT. PARMI LES COMPOSANTS FOURNIS, ON RECONNAÎT DEUX BREADBOARDS, UNE MATRICE DE LED, UN AFFICHEUR SEPT SEGMENTS, UN ÉCRAN LCD, UN CLAVIER, UN SERVOMOTEUR, UN MOTEUR PAS À PAS, UNE TÉLÉCOMMANDE INFRA-ROUGE, DE QUOI S'AMUSER POUR UN PRIX TRÈS RAISONNABLE.



ARDUINO ET LE TRAIN MINIATURE

2^e partie : Arduino et le hardware

On appelle hardware l'ensemble des composants électroniques constituant un projet, par opposition au software qui est l'ensemble des différents programmes du projet. Hardware et software sont intimement liés. Intéressons-nous ici aux premiers.

Texte et illustrations: Christian Bézanger

Les composants électroniques peuvent être des composants discrets, montés sur une breadboard durant la phase de mise au point puis soudés sur un circuit imprimé lorsque le projet fonctionne, mais ils peuvent aussi être montés sur de petites cartes électroniques qu'on trouve aisément sur internet. Le mois dernier, nous vous avons conseillé de vous procurer une carte Arduino Uno (R3 ou R4), et un câble USB pour relier la carte à votre ordinateur (de



FIGURE 2.
LA CARTE UNO R3 ET SES COMPOSANTS.

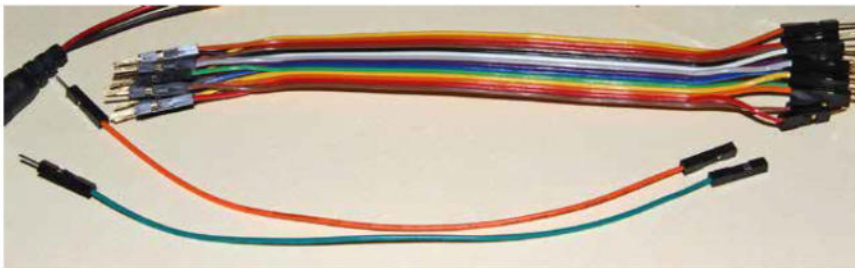


FIGURE 3.
EXEMPLES DE CÂBLES DUPONT
(MÂLES-MÂLES OU MÂLES-FEMELLES).

type A-B pour la R3 et USB-C pour la R4). Mais pour réaliser un projet de modélisme ferroviaire, il vous faut également quelques composants électroniques (LED, résistances, transistors, servomoteurs, écran LCD, etc.). On trouve sur internet des kits de découpe d'Arduino comprenant de nombreux composants électroniques vendus dans un petit coffret pour un prix compris entre 20 et 40 euros. Pour ceux qui n'ont aucune notion d'électronique, j'ai écrit un petit cours que vous pouvez télécharger gratuitement sous forme PDF dans cet article <https://locoduino.org/spip.php?article186>.

Faisons connaissance avec la carte Arduino Uno

La **figure 2** montre une carte Uno R3 et son microcontrôleur ATmega328P. Parmi les composants de la carte, on distingue entouré en bleu sombre des LED, dont une marquée

ON indique que la carte est bien alimentée et l'autre marquée L est commandée par la sortie 13 (on y reviendra). Les LED TX et RX permettent de voir quand le microcontrôleur communique. Un bouton entouré en orange permet de resetter la carte en cas de mauvais fonctionnement. On peut voir entourés en rouge, jaune et vert, des connecteurs. Chaque trou de connecteur est relié à une broche du microcontrôleur et est prévu pour recevoir des câbles Dupont comme ceux de la **figure 3**. Ces connecteurs permettent donc de relier le microcontrôleur de la carte aux capteurs et actionneurs situés sur le réseau. Dans la suite de cet article, j'utiliserai le mot broche pour parler des broches du microcontrôleur et également des trous de connecteur. La carte Uno R4 présente la même disposition de ses composants, excepté qu'on passe d'un microcontrôleur 8 bits (ATmega328P) à un 32 bits (RA4M1) plus puissant.

UNE VRAIE ARDUINO, C'EST MIEUX

Le mieux est d'acheter une carte Uno R3 de marque Arduino, car vous serez certain qu'elle sera reconnue par le logiciel de programmation. Une carte Uno d'une autre marque pourrait convenir mais pourrait aussi nécessiter quelques manipulations informatiques pas toujours accessibles au débutant.

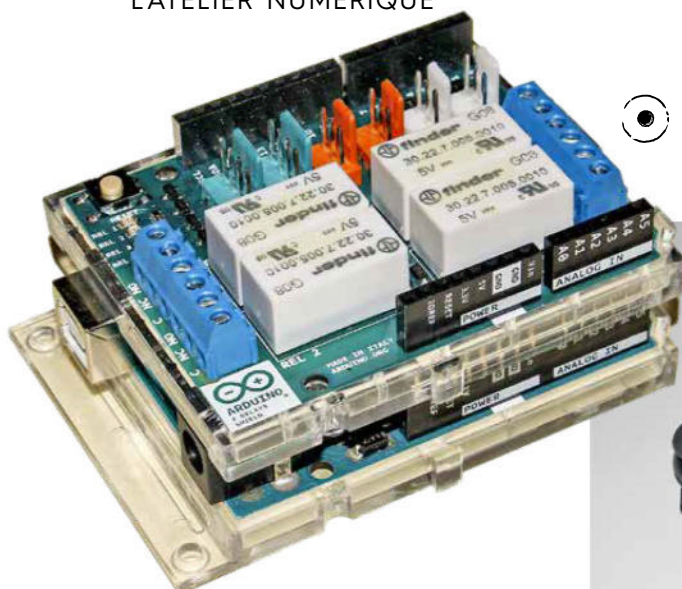
Alimentation de la carte Uno

La carte Uno (R3 ou R4), qui travaille en 5 V, est automatiquement alimentée dès qu'on la relie à un ordinateur par un câble USB. Ceci correspond à la façon la plus facile d'alimenter la carte car on n'a pas à se préoccuper de la tension. Mais la carte reste reliée à l'ordinateur, ce qui se conçoit tant qu'on est en phase de mise au point d'un programme mais ce n'est pas la meilleure solution pour un montage qui se veut autonome.

Il y a donc sur la carte une prise jack femelle (entourée en violet sur la **figure 2**) qui permet d'alimenter la carte avec un petit transformateur délivrant une tension continue comprise entre 6 et 20 V, l'idéal étant compris entre 7 et 12 V. Attention, le pôle positif de la tension doit être relié au centre de la prise jack mâle du transformateur et le pôle négatif à l'extérieur. Cette tension est convertie en 5 V par un régulateur de tension pour faire fonctionner tous les éléments de la carte, notamment le microcontrôleur.

Connecteur avec broches d'alimentation et de tension

Ce connecteur est entouré en vert en bas de la **figure 2** et est repéré par l'appellation POWER. Trois flèches violettes repèrent les broches GND (ground ou encore 0 V) et Vin. On peut aussi alimenter la carte via ces broches, par exemple avec une pile de 9 V ; dans ce cas, le pôle négatif est à relier à une broche GND et le pôle positif à Vin. À gauche de ces trois broches, on trouve une broche où on peut récupérer du 5 V et une autre où on peut récupérer une tension de 3,3 V (repérée par une flèche noire), ces deux tensions étant fabriquées par la carte à partir de la tension d'alimentation. Le courant délivré n'est pas très important et ne permet pas de faire fonctionner grand-chose, mais on sera amené à utiliser la sortie 5 V dans certains montages. ►

**FIGURE 4**

LA CARTE SHIELD 4 RELAIS SUR UNE CARTE UNO R3.



ATTENTION : CE QU'IL NE FAUT JAMAIS FAIRE !

Il ne faut jamais alimenter la carte autrement que par les broches GND et Vin; pour éviter toute erreur, nous conseillons vivement d'alimenter la carte en USB ou bien par la prise jack. La carte Uno (R3 ou R4) travaillant en 5 V, il ne faut jamais présenter des tensions supérieures à 5 V sur aucune broche de la carte et encore moins des tensions négatives. Il ne faut donc jamais utiliser la sortie accessoire d'un transformateur avec une carte Arduino car cette sortie délivre du courant alternatif alors que la carte travaille avec du courant continu.

Connecteur avec broches d'entrées-sorties (E/S) numériques

Ce connecteur est entouré en rouge en haut de la **figure 2** et est repéré par l'appellation DIGITAL. Il y a 14 entrées-sorties numériques numérotées de 0 à 13 et 6 (repérées par un tilde ~) peuvent être utilisées pour générer un signal de type PWM (on expliquera cela ultérieurement). Chaque broche d'E/S opère en 0 ou 5 V (pas de possibilité de tension intermédiaire d'où l'appellation « numérique ») et peut recevoir ou délivrer 20 mA en opération normale (8 mA pour la R4). Ce courant est suffisant pour allumer une LED mais doit être amplifié pour agir sur un composant du réseau. On a déjà vu qu'il existe une fonction pour générer une tension (0 ou 5 V) sur une sortie et on verra plus loin qu'il existe aussi une fonction pour lire la tension présente sur une entrée (0 ou 5 V). Une broche d'E/S doit être déclarée soit

comme une entrée, soit comme une sortie, comme on l'a vu dans le premier article.

Connecteur avec broches d'entrées analogiques

Ce connecteur est entouré en jaune en bas de la **figure 2** et est repéré par l'appellation ANALOG IN. Il y a six entrées analogiques numérotées A0 à A5 et ces entrées peuvent recevoir une tension positive variable mais comprise entre 0 et 5 V. Le microcontrôleur est capable de lire la tension présente sur une de ces broches et de la convertir en un nombre représentatif et ainsi savoir ce qui se passe dans un capteur ou bien quelle est la position d'un potentiomètre. Le microcontrôleur qui équipe la carte Uno R3 ne permet pas d'avoir de sortie analogique, c'est-à-dire de délivrer une tension variable comprise entre 0 et 5 V sur une broche (il existe une vraie sortie analogique sur la carte Uno R4 mais nous n'en parlerons pas dans cette série d'articles). C'est pourquoi ces broches sont uniquement des entrées analogiques. Pourtant, ces broches peuvent aussi être utilisées en sorties numériques en complément des 14 existantes; elles sont alors numérotées de 14 à 19 (ou bien A0 à A5).

Les broches spécialisées

Certaines broches servent aussi à délivrer les signaux qui permettent une communication entre plusieurs cartes ou avec des composants spécifiques, le tout en respectant un

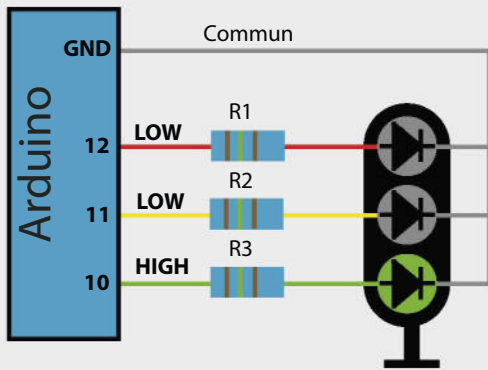
**FIGURE 5**

QUELQUES CAPTEURS POSSIBLES, POTENTIOMÈTRE POUR RÉGLER UNE VITESSE, CLAVIER À 16 TOUCHES, JOYSTICK, DÉTECTEUR À ULTRA-SON, DÉTECTEUR RFID.

certain protocole (par exemple SPI ou I2C). L'étude de ces broches n'est pas nécessaire dans l'immédiat. Notez toutefois que les broches 0 et 1 servent à recevoir (RX) ou transmettre (TX) des signaux pendant que l'ordinateur communique avec la carte (notamment lors de la programmation du microcontrôleur). Il est conseillé de ne pas les utiliser pour autre chose si cela est possible.

Composants électroniques et carte Arduino

Les courants délivrés par une carte Arduino sont très faibles et doivent être amplifiés pour commander des composants du réseau. C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir quelques composants électroniques autour de la carte Arduino ou bien de faire appel à d'autres cartes spécialisées qu'on peut trouver sur internet pour réaliser certaines fonctions et qui peuvent être reliées à Arduino avec de simples fils électriques, par exemple des câbles Dupont (**figure 3**). Il est toujours bon de regarder ce qui existe avant de se lancer dans un montage car cela peut faire économiser temps et argent. On peut ainsi trouver des cartes relais, ou des cartes pilotant des moteurs (à courant continu ou pas à pas). Certaines cartes spécialisées sont également munies de connecteurs qui s'enfichent directement dans les connecteurs de la carte Arduino: ces cartes sont appelées cartes shield et la **figure 4** en donne un exemple.



Montage d'un feu tricolore à cathodes communes sur les sorties numériques 10, 11 et 12 d'Arduino. Les cathodes sont reliées au GND (0 V) ; la LED s'allume quand la sortie est à l'état HIGH (5 V). Remarquez les résistances de limitation de courant.

Programme

```
void setup () {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode (10, OUTPUT); // Broches 10 en sortie
  pinMode (11, OUTPUT); // Broches 11 en sortie
  pinMode (12, OUTPUT); // Broches 12 en sortie
  digitalWrite (10, LOW); // Extinction feu vert
  digitalWrite (11, LOW); // Extinction feu orange
  digitalWrite (12, LOW); // Extinction feu rouge
}

void loop () {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  digitalWrite (10, HIGH); // Allumage vert
  delay (10000);           // Attente 10 secondes
  digitalWrite (10, LOW); // Extinction vert
  digitalWrite (11, HIGH); // Allumage orange
  delay (2000);            // Attente 2 secondes
  digitalWrite (11, LOW); // Extinction orange
  digitalWrite (12, HIGH); // Allumage rouge
  delay (10000);           // Attente 10 secondes
  digitalWrite (12, LOW); // Extinction rouge
  // Fin du cycle. On recommence
}
```

FIGURE 6
MONTAGE ET
PROGRAMME
POUR UN FEU
TRICOLE.

Les montages proposés dans cette série peuvent être réalisés avec des cartes (breadboard) où les composants s'enfichent : pour un montage qui doit durer dans le temps, il est préférable de souder les composants sur un circuit imprimé ou à bandes cuivrées.

Appréhender le monde extérieur

En modélisme ferroviaire, il est souvent nécessaire de surveiller le réseau pour le bon déroulement d'un programme. Ce n'est pas nécessaire pour une animation de décor comme un feu tricolore, mais cela est nécessaire si votre carte Arduino doit gérer un passage à niveau. L'arrivée d'un train sur la zone du PN doit déclencher divers processus tels que le clignotement des feux et la fermeture des barrières. C'est pourquoi il faut disposer des capteurs sur le réseau qui permettront au microcontrôleur de connaître la position des trains. Les capteurs et leur utilisation seront décrits dans un prochain chapitre ; en fonction de l'état de ces capteurs, des décisions sont à prendre afin d'agir sur des actionneurs qui réalisent une action sur le réseau (mouvement d'aiguillage, ouverture de barrières, animation lumineuse, etc.). La **figure 5** montre quelques capteurs pouvant être utilisés dans nos projets.

Les actionneurs qui agissent sur le réseau peuvent être des LED, matrices de LED, écrans monochromes ou couleurs pour réaliser des animations lumineuses, des servomoteurs ou moteurs électriques pour créer du mouvement ou encore des cartes

son pour créer des animations sonores (bruitage, annonces en gare).

Exemple d'un séquenceur (feu tricolore)

On a vu dans l'article précédent comment allumer ou éteindre une LED reliée à la carte Arduino par une résistance limitant le courant dans la LED. Je vous propose de réaliser un feu tricolore de carrefour pour constituer une animation de premier plan d'un réseau. On peut penser que la tâche est simple : on allume le feu vert, on attend 10 secondes, puis on allume le feu orange, on attend deux secondes, etc. Et bien cela ne marchera pas, car on a oublié d'éteindre le feu vert avant d'allumer l'orange. Le programme d'un feu tricolore est appelé séquenceur car les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres (ce qui n'est pas le cas d'un programme avec des décisions à prendre en fonction du contexte). La bonne séquence est allumage du feu vert, attente de 10 secondes, extinction du feu vert, allumage du feu orange, attente de 2 secondes, extinction du feu orange, allumage du feu rouge, attente de 10 secondes, extinction du feu rouge et la séquence recommence indéfiniment. La **figure 6** montre le montage à réaliser (par exemple sur une breadboard) et le programme à reproduire dans l'IDE où les fonctions d'Arduino ont remplacé les actions à faire décrites ci-dessus.

Ce petit exercice vous a appris à contrôler l'allumage d'une LED. Vous êtes maintenant capable de traiter la signalisation lumineuse



FIGURE 7
FEU DE CIRCULATION ALTERNÉE,
COMPRENANT DEUX FEUX
ORANGES ET UN ROUGE.

de votre réseau, mais celle-ci dépend des conditions rencontrées. Le prochain article nous permettra d'approfondir les concepts de la programmation, en continuant notre découverte des fonctions d'Arduino. En attendant, vous pouvez reprogrammer votre feu tricolore pour en faire un feu de circulation alternée suite à des travaux, comme le montre la **figure 7**. ■



WWW. TRAIN-MODELISME.COM

La passion des trains miniatures !



Les rames voyageurs
Les locomotives
Les autorails
Les voitures et wagons
Les rames urbaines
Les trains de travaux



Les trains à crémaillère
La gamme économique
Les rails et accessoires...
Le digital et l'alimentation...
Le décor, la caténaire, la signalisation...
Les coffrets, l'entretien...



Prix compétitifs, STOCK important avec gestion en temps réel, expéditions 24 H !

Commandes en ligne par CB ou E-card, par courrier et par fax 02-54-28-75-01 !



Train Modélisme Rte d'Angles 36220 Néons/Creuse Tél 02-54-28-59-66 RCS 433 831 039 trainmodelisme@orange.fr

BOURSE FERROVIAIRE DE L'ESPACE CHARENTON 75012 PARIS DIMANCHE 8 SEPTEMBRE 2024 DE 9H30 À 14H

LA SEULE MANIFESTATION RÉGULIÈRE EN RÉGION PARISIENNE !

ESPACE CHARENTON
327 RUE DE CHARENTON 75012 PARIS
Métro ligne 8 ou Tramway : Porte de Charenton

Entrée : 6,50 euros Buvette sur place
Contact : SDMF tél. 06 12 94 82 31 sdmf@wanadoo.fr

M. CITERNE

Trains Miniatures N - HO

Occasions - Dépôt-Vente

Digital • Roco • Lenz • Zimo • Trix

VENTE PAR CORRESPONDANCE

Ouvert du mardi au samedi : 9h-12h30 et 14h-19h

21 Bd du Temple - 75003 Paris

Tél./fax 01.42.78.00.16

Métro : République - Filles du Calvaire, Bus 20 - 65 - 96

COLLECTION
B.A.-BA
DU MODÉLISME FERROVIAIRE

*Derniers
livres parus*

LES INCONTOURNABLES
DU MODÉLISME FERROVIAIRE !



4,99 €
le livre



L'écrin
17,90 €

Commandez dès maintenant sur trains.lrpresse.com ou via le bon de commande en fin de numéro