

Chapitre 1 – Devenir électronicien amateur

Les débuts de l'électronique remontent à 1904 lorsque fut inventé le tube électronique permettant les premiers postes de T.S.F. En 1947, le premier transistor voit le jour et depuis cette date, cette science a pris son essor pour nous faciliter notre vie quotidienne. Les composants électroniques sont de plus en plus miniaturisés et consomment de moins en moins ; circuits intégrés, microprocesseurs, microcontrôleurs, toutes ces puces donnent vie à des appareils de plus en plus sophistiqués tels que smartphones, GPS, lecteurs multimédias et ordinateurs.

L'électronique est présente dans la plupart des hobbies et le modélisme ferroviaire n'a pas échappé à ce phénomène. Dans les années 1960, les grands magasins exposent à la période de Noël des réseaux de trains électriques présentant de nombreux automatismes conçus avec de simples relais. Aujourd'hui, l'électronique nous permet de commander simultanément sur un même réseau plusieurs locomotives grâce aux commandes numériques répondant à la norme DCC, et la sécurité de l'exploitation du réseau passe par l'informatique, et ressemble de plus en plus à ce qui se fait dans le monde des trains grandeur réelle.

Face aux services que peut rendre cette science, il est tentant de vouloir apprendre à la mettre en œuvre. Mais est-ce que cette science est compliquée ? L'intégration de plus en plus poussée des transistors sur une simple puce de silicium, et leur nombre de plus en plus élevés, font que les électroniciens travaillent à des échelles qui se rapprochent de plus en plus des particules atomiques. En conséquence, ils doivent tenir compte des équations de mécanique quantique pour résoudre certains problèmes et je peux vous dire que c'est compliqué. Mais l'électronicien amateur n'a pas à concevoir les composants ; il a seulement à les utiliser et contre toute attente, cela devient chaque jour de plus en plus facile car ceux-ci s'utilisent un peu comme des pièces du célèbre jeu Meccano.

Le cours qui va suivre n'a pas pour but de faire de vous des électroniciens professionnels (il faut au moins 5 ans d'études pour être ingénieur en électronique) ; sa vocation est plutôt de démystifier l'électronique en vous apprenant à reconnaître les composants, connaître leur utilité, savoir les choisir et apprendre à les relier entre eux pour construire un ensemble fonctionnel. À la fin, vous devriez être capable de concevoir et de mettre en œuvre de petits montages électroniques capables d'animer votre réseau de trains miniatures. Très certainement, un électronicien professionnel pourrait vous dire que vous avez mal choisi le type de transistor, que vous auriez pu économiser un circuit intégré, ou encore que votre signal d'entrée n'est pas assez filtré. Il aurait très certainement raison, mais votre montage fonctionnera quand même et vous rendra bien des services.

Ce livre ayant été écrit avant tout pour des modélistes ferroviaires, les exemples d'applications seront essentiellement dans le domaine des trains miniatures. Tant mieux si cet ouvrage permet à d'autres amateurs d'introduire l'électronique dans leur propre loisir.

Pratiquer l'électronique

La première question à se poser devant un composant électronique est : « À quoi sert ce composant ? ». En effet, si on fait une analogie avec le bricolage traditionnel, on sait qu'un boulon et un écrou peuvent servir à maintenir deux planches ensemble. Nous connaissons la fonction de ces deux composants (boulon et écrou) mais pour réaliser notre bricolage, il faut ensuite savoir comment choisir ces deux composants et donc connaître leurs caractéristiques telles que diamètre, pas de vis et aussi longueur. Avec ces connaissances, nous sommes certains de réussir à tenir nos deux planches ensemble de façon fiable. Il en va de même en électronique : une fois qu'on connaît la fonction des composants électroniques, il est indispensable de connaître les caractéristiques qui nous aideront à

choisir les bons composants pour que le montage soit fiable. Tension, courant, puissance, gain sont des notions que nous éclaircirons.

Pour enseigner une matière, il est parfois nécessaire de faire des analogies avec des phénomènes de la vie de tous les jours et il est aussi nécessaire de réaliser certaines approximations. Il ne s'agit nullement d'un manque de rigueur de ma part et ma façon d'exprimer les choses est largement suffisante pour un cours qui s'adresse à l'amateur. La difficulté des chapitres va en croissant ; nous commencerons par le plus simple pour terminer par le plus compliqué. Il vous sera sans doute nécessaire de prendre votre temps, de relire plusieurs fois ; rappelez-vous qu'on ne devient pas bilingue en une semaine. L'électronique étant une science expérimentale, je vous invite à la pratiquer, c'est-à-dire à réaliser les montages proposés. Dans un premier temps, vous pouvez vous contenter de les réaliser sur une platine d'essai où il suffit d'enficher les composants, ceux-ci pouvant ensuite être récupérés pour d'autres montages. Ensuite, si vous estimez que ce montage serait très utile sur votre réseau, vous pouvez le reproduire en soudant les composants sur des plaques à bandes cuivrées. Vous vous rendrez alors compte qu'il n'y a pas besoin de concevoir et de fabriquer des circuits imprimés pour obtenir, à peu de frais, des animations qui transformeront votre réseau en un véritable monde miniature.

Dangerosité du courant électrique

Tout le monde le sait, le courant électrique peut être mortel dans certains cas. Pour éviter les risques



d'accident, nos montages électroniques de découverte sont alimentés par des piles électriques ou bien de petits transformateurs délivrant, à partir du courant 230 V, un courant basse tension, c'est-à-dire inférieur à 25 V. Ces petits blocs d'alimentation peuvent être récupérés sur des appareils hors d'usage (tels que téléphone, jouet, appareil multimédia, etc.) ; ils doivent répondre aux normes européennes, notamment avoir une double isolation repérable par le symbole constitué de deux carrés imbriqués. Bien entendu, l'ensemble doit être en bon état, notamment pour la coque de protection et la prise s'enfichant dans les prises murales du courant EDF.

Ces blocs d'alimentation ne doivent jamais être démontés. Il ne faut pas non plus les manipuler avec des mains humides.

Peut-être que vous pensez avoir suffisamment d'expérience pour fabriquer vous-même votre alimentation à partir d'un transformateur abaissant le courant de 230 V à la valeur voulue ; je ne vous contredirai pas, mais un réseau de train électrique est aussi le domaine des enfants qui ont la fâcheuse manie de promener leurs petites mains partout, y compris sous le réseau, là où vous pensez avoir suffisamment bien caché le transformateur pour que personne n'y touche. Pensez à eux et n'attendez pas que l'accident arrive, pensez aussi à vous et à votre sécurité **en utilisant toujours des blocs d'alimentation du commerce pour abaisser la tension EDF.**



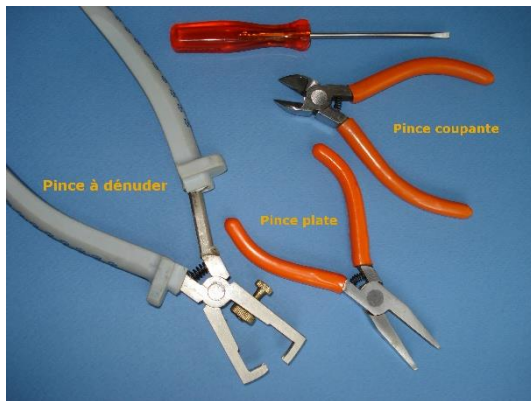
Consignes de sécurité dans le laboratoire

Pour éviter les accidents, un laboratoire doit toujours rester bien rangé et le plan de travail doit rester propre et non encombré. Des pinces coupantes peuvent devenir un objet très dangereux dans les mains d'un enfant, lorsqu'on s'absente quelques minutes pour répondre au téléphone par exemple. Que dire d'un fer à souder débranché mais encore chaud ?

Ceux qui voudront créer leurs propres circuits imprimés utiliseront des produits chimiques extrêmement dangereux qui doivent toujours être sous clé. Ces manipulations dépassant largement le cadre fixé par cet ouvrage, je ne développerai pas plus.

Certains composants peuvent aussi être fragiles et ne pas supporter le désordre. Veillez à les manipuler avec soin et à ne pas leur infliger des décharges électrostatiques qui seraient fatales à certains d'entre eux. Ne travaillez jamais avec les mains mouillées, ni si vous vous sentez fatigué car c'est comme cela que les bêtises arrivent et qu'un montage est raté.

Les outils vraiment nécessaires



Une paire de pinces plates pour mettre en forme les pattes des composants et une paire de pinces coupantes pour raccourcir les pattes des composants sont sans doute les seuls outils dont vous aurez besoin pour faire vos montages sur une platine d'essai. On peut aussi rajouter un petit tournevis très fin et une pince à dénuder qui fera gagner un temps précieux. Enfin, un multimètre bon marché, comme on en trouve en grande surface, permet aussi de contrôler une tension ou la continuité électrique d'un montage.

Ces outils seront complétés par d'autres au moment où vous voudrez aborder les montages soudés ; nous en reparlerons en temps voulu puisqu'ils ne sont pas nécessaires dans l'immédiat. Bien entendu, pour l'achat des outils, il est préférable de prendre de la qualité plutôt que ceux proposés à prix compétitifs lors des foires au bricolage.

Les composants électroniques à avoir sous la main

Plusieurs sites de vente par correspondance proposent des composants électroniques. Pour savoir lesquels acheter, référez-vous aux listes données pour chaque montage (en fin de chaque chapitre concerné). En groupant vos achats, vous ne paierez qu'une seule fois les frais d'envoi et à partir d'un certain montant, ils sont parfois gratuits. Certains composants sont fragiles ou sensibles aux décharges électrostatiques ; il faudra les manipuler avec soin et les ranger dans des casiers à tiroirs ou bien dans des boîtes en plastique compartimentées. On peut aussi ranger les composants dans des boîtes en plastique de récupération.

En plus des composants électroniques, il faut toujours avoir sous la main une **platine d'essai** (voir plus loin), des **fils souples de liaison** pour ce genre de platine, du fil électrique **monobrin**, une **pile 9 V** et sa **prise**, des **connecteurs** 2 et 3 contacts à vis, et s'enfichant dans la platine d'essai (avec ces deux types, on peut reconstituer des connecteurs avec autant d'entrées qu'on le veut en les disposant côte à côte, et ils sont utiles pour relier des éléments dont les fils sont souples). Pour mesurer nos courants dans nos montages, un **multimètre à affichage digital**, comme on en trouve dans les magasins de bricolage, rend de grands services. Ce matériel n'est jamais repris dans l'inventaire des composants d'un montage.

Tout connaître sur un composant électronique

Où trouver les « datasheets » de composants

Les fabricants de composants électroniques éditent des documents, appelés « datasheet » (feuille de données en anglais), résumant les caractéristiques électriques et mécaniques du composant. Voici quelques données qu'on peut trouver dans ces datasheets : tension d'alimentation, intensité des courants entrant et sortant, forme et dimensions du boîtier, fonction réalisée, etc. Nous verrons que ces données nous seront fort utiles, même si on ne les utilise pas toutes.

Ces documents peuvent être téléchargés sous la forme de fichier PDF sur les sites des constructeurs ou bien aussi sur les sites de vente par correspondance de composants électroniques. Il est toujours très utile, quand on achète des composants, de télécharger les datasheets pour s'y référer.

Quelles données sont intéressantes ?

La première chose qui est utile dans une datasheet est le **brochage du composant** : pour un transistor, cela permet de reconnaître la base, le collecteur et l'émetteur et donc comment brancher le composant avec les autres composants du montage. Pour un circuit intégré, la datasheet décrit le type de boîtier, les dimensions du boîtier et la dénomination des différentes broches. Mais on peut aussi connaître les intensités maximales que délivre le circuit ou bien les intensités maximales auxquelles il résiste. En parlant de boîtier, l'amateur se limitera aux **boîtiers DIP** (Dual In-line Package ou simplement **DIL** Dual In Line) avec des pattes des deux côtés, qu'on peut enficher ou souder. Il ne faut pas se rabattre sur les boîtiers de type CMS (Composants Montés en Surface, en anglais SMD pour Surface Mounted Device) car ces composants sont très difficiles à utiliser et nécessitent de l'outillage spécialisé pour pouvoir être soudés.

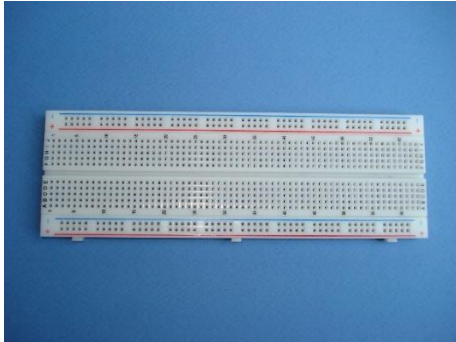
Les datasheets donnent également des courbes de réponses du composant dans de multiples cas, ce qui n'est guère utile à l'amateur débutant. On peut toutefois s'intéresser à la forme des signaux de sortie en fonction des signaux d'entrée, ce qui permet de voir comment le signal peut être (légèrement) déformé et le retard de propagation. Bien souvent, ces données ne sont pas critiques dans un montage d'amateur. Les datasheet donnent parfois des exemples de montages réalisés avec le composant et on peut tout à fait s'en inspirer.

Comment ne pas buter à cause de l'anglais ?

Plus vous visualiserez des datasheets et plus vous serez à l'aise pour repérer les données intéressantes. Il faut garder à l'esprit, quand on ne parle pas anglais, que les tensions sont généralement repérées par les lettres V (parfois U), les courants par la lettre I, et les fréquences sont en Hertz. Certains mots anglais sont très proches du français : collector pour collecteur, base pour base, emitter pour émetteur donnent les broches d'un transistor. Une DEL (diode électroluminescente en français) devient LED en anglais (Light Emitting Diode). Une résistance est resistor, un condensateur est capacitor. Vous verrez qu'avec l'habitude, l'anglais devient vite familier et il ne faut pas s'en faire un monde. Dans chaque chapitre, nous insistons sur la dénomination anglaise des termes employés.

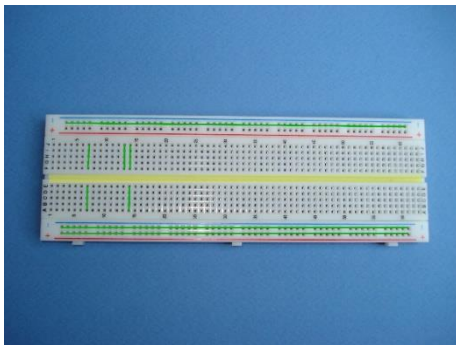
Découvrir les montages sans faire de soudure

La platine d'essai



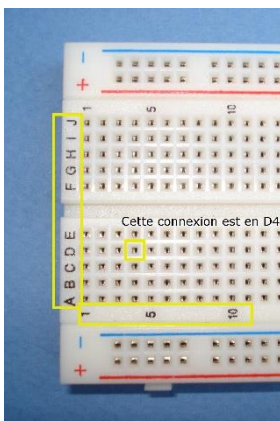
Pour éviter d'avoir à souder, nous employons des platines d'essai (en anglais breadboard ou encore planche à pain). Comme vous le voyez, la **platine d'essai** se présente comme une plaque en plastique avec des trous où on peut enficher les broches de nos composants. Ces trous sont reliés électriquement entre eux selon une logique que nous allons voir, ce qui permet de relier les composants électroniques entre eux. Les platines d'essai peuvent avoir plusieurs tailles ; elles peuvent aussi être reliées entre elles par de petits cavaliers de plastique afin de composer des platines plus grandes. Le prix de ces platines d'essai varie en fonction de leur taille et de la qualité de leurs contacts.

Comment utiliser une platine d'essai ?



Le schéma montre comment sont reliés les contacts entre eux sur une platine d'essai. On trouve deux lignes (repérées par des lignes bleues et rouges) en haut et en bas de la platine. Les contacts sont reliés entre eux le long des lignes qui servent généralement à apporter les alimentations électriques du montage. Les autres contacts sont reliés entre eux dans le sens perpendiculaire à ces lignes (en colonnes en quelque sorte). D'une colonne à une autre, il n'y a pas de liaison électrique. Néanmoins, ces liaisons en colonne sont interrompues au niveau du milieu de la platine (rainure), là où on montera les circuits intégrés. Sur le schéma, les liaisons sont représentées par une bande verte, tous les contacts situés sous cette bande verte sont reliés entre eux mais pas avec ceux situés sous une autre bande verte. La rainure est en jaune sur le schéma ; les connexions verticales y sont interrompues.

Repérage des trous de la platine



Les trous d'une platine d'essai sont généralement repérés par une lettre (repérant la ligne) et un nombre (repérant la colonne). Cette numérotation part du coin inférieur gauche, comme on peut le voir sur la photo. Les lignes d'alimentations sont repérées simplement par + ou -. Grâce à cette numérotation, on peut mieux se repérer pour effectuer le montage d'après un modèle. La principale difficulté dans l'utilisation d'une platine d'essai est de ne pas se tromper de trous pour relier les composants entre eux !

Pour éviter les mauvais contacts sur une platine, il est conseillé de raccourcir les pattes des composants pour que ceux-ci soient le plus près possible de la platine, et bougent le moins possible. Ceci n'est pas à faire si on veut récupérer les composants par la suite. De même, si on doit utiliser des morceaux de fil électrique, celui-ci doit être monobrin et non multibrins, trop souple pour pouvoir être enfiché dans les trous. Il faut bien sûr dénuder le fil à chaque extrémité. On peut aussi utiliser du fil métallique non émaillé (fer, cuivre, laiton), mais dans ce cas, deux fils différents ne doivent pas se toucher.

Multiples et sous-multiples des unités

Comme vous le verrez, il y a très peu de mathématiques dans ce cours ; la seule formule qui soit vraiment utile à connaître pour pratiquer, est la loi d'Ohm que nous découvrirons dans le chapitre 2 et elle est vraiment très simple. Il est par contre nécessaire de connaître les multiples et sous-multiples des unités, alors voici un petit rappel.

Certaines unités sont parfois trop petites et pour éviter des nombres trop grands, on fait appel aux multiples. Par exemple, 1000 g valent aussi un kilogramme (kg) ; le préfixe kilo signifie donc 1000. Une résistance de 100 000 Ohms (l'Ohm est l'unité des résistances et se note Ω) est aussi une résistance de 100 kilo-Ohms ou encore 100 k Ω . Si vous faites de l'informatique, vous connaissez aussi Mega pour signifier un million et Giga pour un milliard. Il existe des résistances de plusieurs M Ω .

À l'inverse, certaines unités sont trop grandes et on doit faire appel aux sous-multiples, comme milli qui signifie millième. Un millimètre est un millième de mètre. Nous verrons au chapitre 3 que l'unité qui caractérise les condensateurs est le Farad (F), mais cette unité est tellement grande qu'on utilise le micro-Farad (un millionième de Farad qui se note μ F), le nano-Farad (un milliardième de Farad qui se note nF) et aussi le pico-Farad (mille fois moins que le nano-Farad et qui se note pF).

Ceci est suffisant pour notre cours, mais sachez que cela ne s'arrête pas là. Les disques durs d'aujourd'hui ont des capacités de plusieurs Tera-octets (1000 Giga-octets) et les échelles de temps de certains phénomènes atomiques sont de l'ordre de la femto-seconde (un millionième de milliardième de seconde !).

Plan du cours

Chapitre 1 : Devenir électronicien amateur

Chapitre 2 : Le courant électrique

Chapitre 3 : Les résistances et les condensateurs

Chapitre 4 : Les diodes et les diodes électroluminescentes

Chapitre 5 : Les transistors

Chapitre 6 : Les relais

Chapitre 7 : Les régulateurs de tension

Chapitre 8 : Généralités sur les circuits intégrés

Chapitre 9 : La logique et les portes logiques

Chapitre 10 : Le trigger de Schmitt

Chapitre 11 : Les compteurs

Chapitre 12 : Le temporisateur NE555

Chapitre 13 : L'amplificateur opérationnel

Chapitre 14 : Vers une électronique moderne et simplifiée

Chapitre 15 : Electronique programmable et réseaux de trains miniatures

Chapitre 16 : Présentation du module Arduino Uno et de l'environnement de développement intégré

Chapitre 17 : Analyse des tâches à exécuter et écriture du programme

Chapitre 18 : Comment gérer les signaux d'entrée et les signaux de sortie

Chapitre 19 : Le bouton-poussoir dans tous ses états

Chapitre 20 : Les fonctions électroniques en électronique programmable

Chapitre 21 : Interface d'entrée et interface de sortie

Chapitre 22 : Les capteurs

Chapitre 23 : La commande du réseau

Chapitre 24 : Les boucles et les tests conditionnels

Chapitre 25 : Les interruptions externes

Chapitre 26 : Pourquoi le programme ne fonctionne-t-il pas ?

Chapitre 27 : Sous le capot de l'Uno, un moteur : l'ATmega328P

Chapitre 28 : La face cachée des fonctions pinMode, digitalWrite et digitalRead

Chapitre 29 : Plusieurs modules Arduino sur un même réseau

Chapitre 30 : Le µC ATtiny45

Chapitre 31 : Quelques conseils pour aller plus loin

Les chapitres 2 à 13 traitent des composants discrets permettant de réaliser des montages où ces composants sont câblés les uns aux autres : on parle d' « électronique câblée ». À partir du chapitre 14, nous commençons à évoquer ce qu'il est convenu d'appeler « électronique programmable », une forme plus moderne d'électronique où les composants sont en nombre restreints et où les fonctions des montages sont remplacées par des programmes informatiques. Vous découvrirez que cette électronique est souvent plus simple, meilleur marché que l'électronique traditionnelle et surtout plus souple lorsqu'il s'agit de mettre au point un montage. Si les chapitres 27 et 28 vous paraissent trop compliqués, sachez qu'ils ne sont absolument pas nécessaires pour se faire plaisir à concevoir de petits montages ; ceux qui veulent aller plus loin dans la compréhension des microcontrôleurs et notamment dans l'utilisation du µC ATmega328P le liront avec beaucoup d'intérêt.

Voilà, c'est à vous maintenant et je vous souhaite autant de plaisir à la lecture de ce cours que j'en ai eu à l'écrire.

Christian Bézanger