

uide de montage et de soudure

Pourquoi souder?

Le soudage de pièces est autant un art qu'une technique. Tant en mécanique qu'en électronique, les soudures bien faites sont non seulement appréciées, mais nécessaires pour qu'un système soit résistant. La plupart du temps, les techniciens professionnels qui ont appris les techniques de soudure pratiquent régulièrement pour «garder la main». En électronique, les concepteurs soudent très peu s'ils travaillent avec des techniciens qui font la soudure pour eux. Cependant, dans de petites entreprises ou lorsque les techniciens sont débordés, il arrive que l'ingénieur ait à effectuer lui-même un peu de soudure. Il arrive aussi que pour de grandes productions, les soudures soient effectuées par des machines. Cependant, pour le prototypage et les petites productions, le temps de mise en marche de telles machines peut largement dépasser ce que quelques techniciens peuvent accomplir rapidement. La soudure est donc un incontournable et il apparaît souhaitable d'en avoir quelques notions.

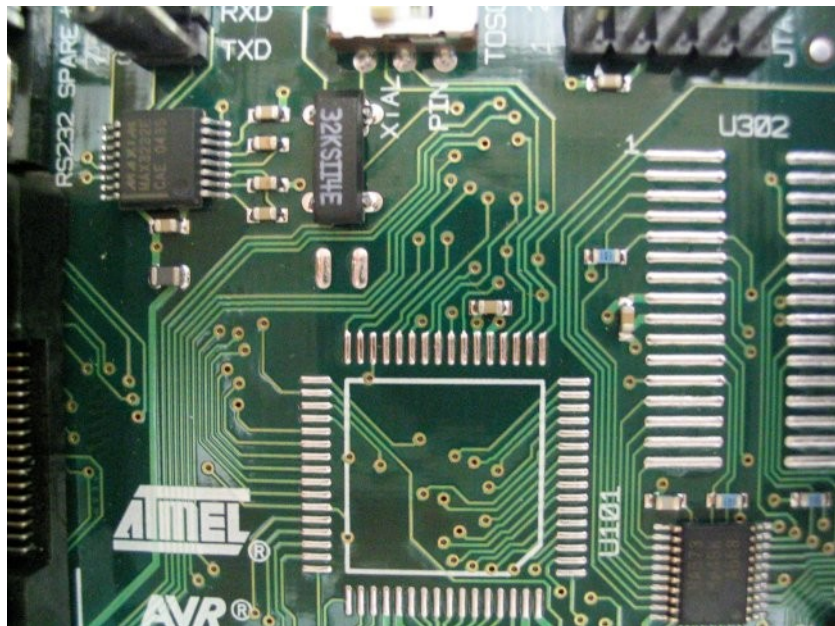
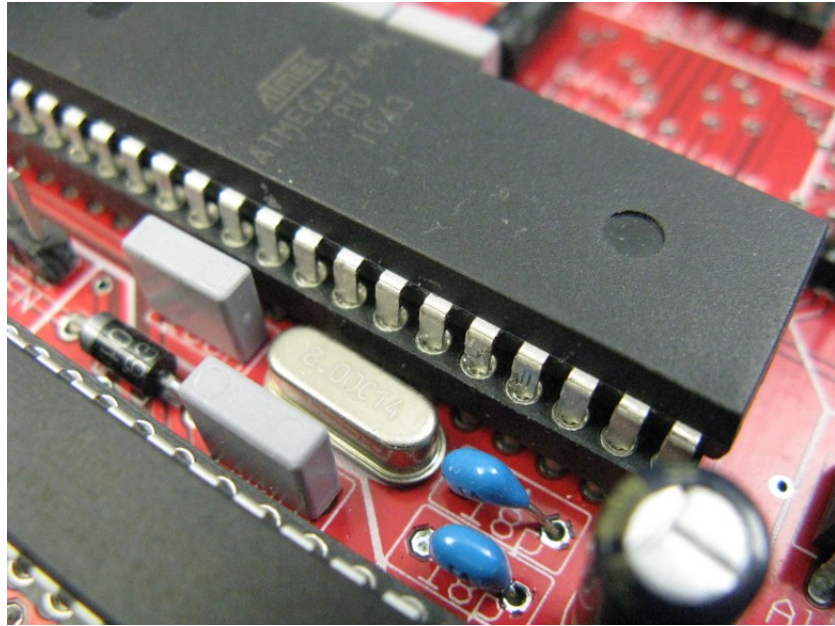
Pour bien comprendre cet aspect important de l'électronique, ce petit guide aborde quelques un des points les plus importants à retenir. Il ne s'agit pas d'un cours de soudure détaillé, mais il permettra de mieux réaliser les étapes de montages de ce cours et d'être introduit aux concepts de base.

Les types de pièces et les types de soudure

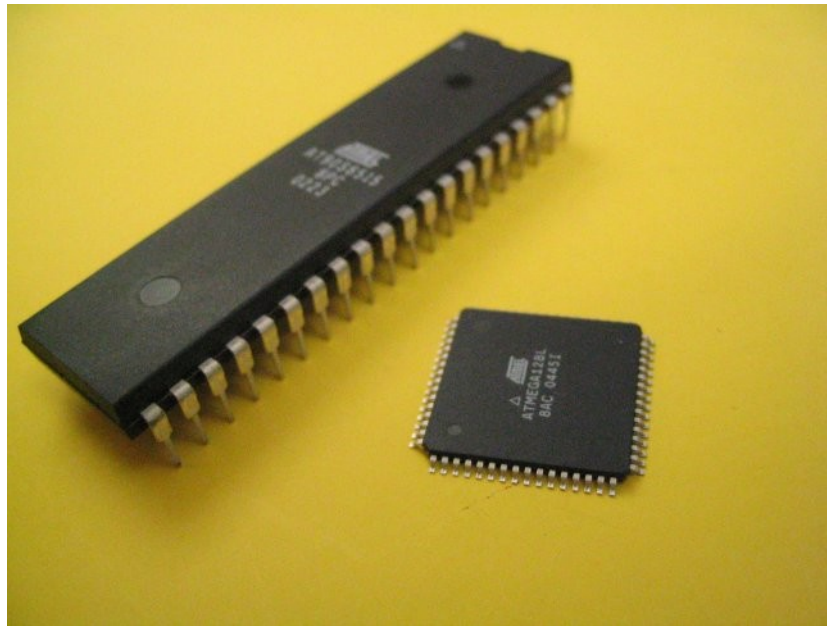
Les fers de nouvelle génération sont extrêmement efficaces. Un débutant réalisera après quelques heures que l'action de réaliser un point de soudure n'est pas le centre du problème! Par contre, la connaissance des pièces, comment les monter et surtout, dans quel ordre, représentent des aspects beaucoup plus difficiles à maîtriser.

On distingue deux types importants de techniques de soudure en électronique qui sont directement associées aux formats de boîtiers de puces et de circuits imprimés. Il y a tout d'abord les boîtiers de puces de type DIP (*Dual In-line Package*). Les puces utilisées pour ce cours appartiennent à cette technologie. Les puces ont deux rangées de broches, une de chaque côté et elles doivent s'enficher dans un circuit imprimé de façon à le traverser complètement pour éventuellement être soudées sur la face d'en dessous. Les gens travaillant à la manufacture des circuits imprimés emploient souvent le terme «*through-hole*» pour désigner cette technologie pour bien montrer que les broches traversent le circuit imprimé à travers des trous. C'est une distinction importante par rapport à une technologie plus récente et plus efficace que l'on nomme montage en surface (SMT pour *Surface Mount*). Avec cette approche, les broches des puces, beaucoup plus petites qu'en DIP, sont soudées en surface du circuit imprimé. Les puces peuvent encore avoir deux rangées de broches,

mais il ne s'agit pas d'une restriction et la variété de formes de boîtiers standards est impressionnante.



Cartes en format DIP (haut) et SMT (bas).



Puces en format DIP (gauche) et SMT (droite)

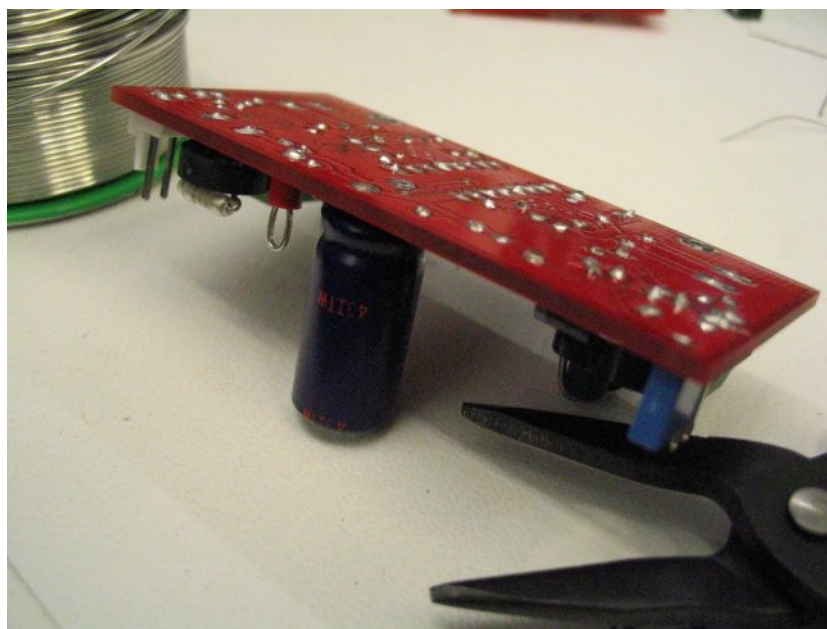
Les circuits imprimés peuvent aussi varier considérablement et offrir plusieurs couches de métal pour permettre des routages de traces très sophistiquées. Il est à noter que ce qui est vrai pour les puces l'est également pour les composants discrets (résistances, condensateurs, etc.) Par exemple, il y a des résistances qui sont dans un format adapté pour la soudure en surface alors que leur format traditionnel est fait pour favoriser le passage à travers des trous du circuit imprimé. Sur les photos, des circuits imprimés plus haut, on peut remarquer la présence de résistances traditionnelles (sur le circuit rouge) et en format très compact SMT (sur celui en vert). On peut aussi voir sur le circuit imprimé vert la présence d'espaces prévus pour recevoir des puces optionnelles qui n'ont pas été encore ajoutées au circuit. On peut remarquer que les pastilles (*pads*) prévues pour souder les broches n'ont pas de trous puisque la soudure se fera en surface.

La soudure pour le montage en surface demande une précision manuelle qui ne s'acquiert qu'avec de nombreuses heures de répétition et ne peut donc pas être apprise dans le cadre de ce projet. Il faut de toute façon avoir acquis quelques notions de soudure en DIP avant d'envisager de poursuivre à un niveau supérieur en soudure.

Ordre de montage

Comme il a été mentionné, avec des puces DIP, les broches traversent le circuit imprimé et la soudure se fait sous la couche du dessous. Cet aspect montre un des désavantages de cette technologie par rapport au montage en surface: il faut toujours retourner le circuit imprimé entre le placement d'une pièce et sa soudure en dessous. Si les pièces ont des épaisseurs différentes sur la surface du dessus, il arrive donc d'avoir une plaque instable lorsque celle-ci est retournée pour effectuer les soudures. Pour minimiser cette instabilité, on choisit en

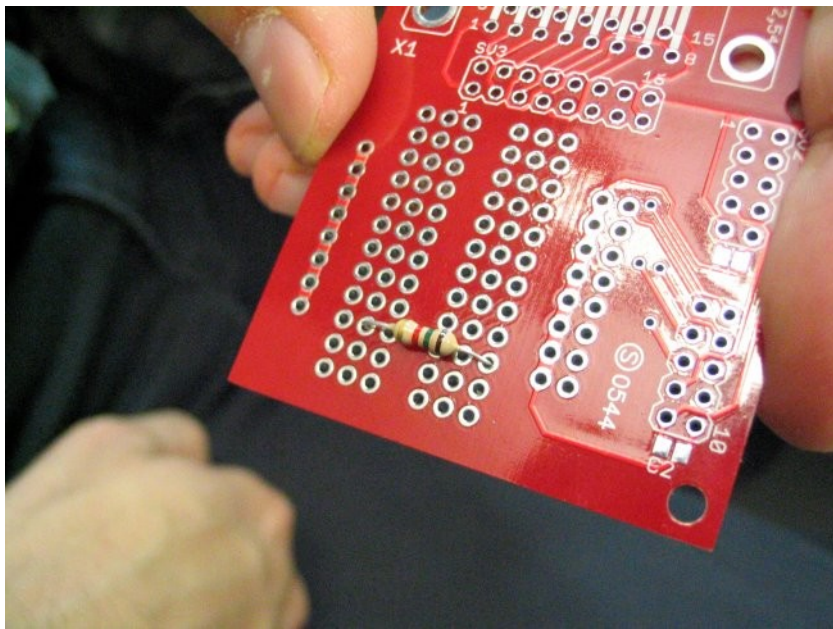
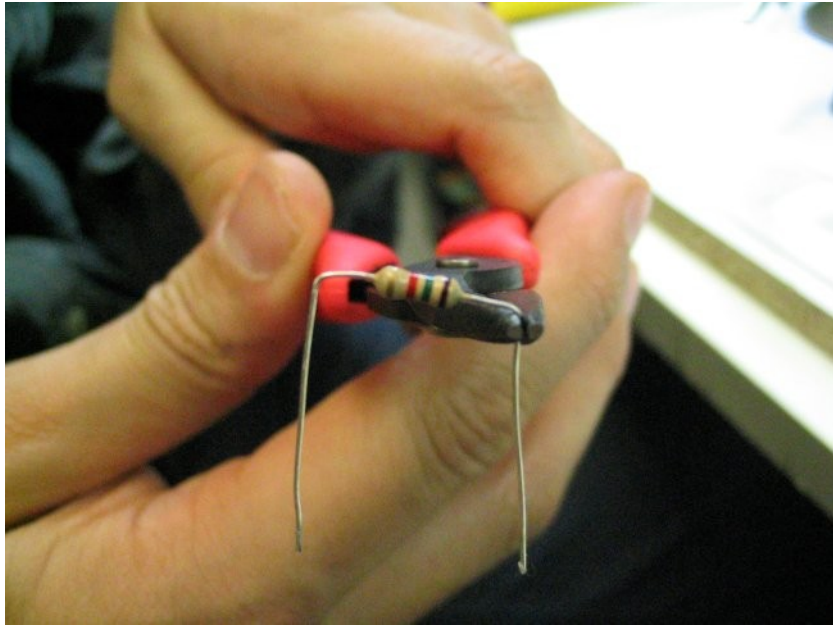
général de monter les pièces plus basses en premier et de finir par les pièces plus épaisses ou plus hautes. Le soudage du pont en H de ce projet constitue un exemple parfait de ce problème puisqu'il faut souder des résistances de quelques millimètres d'épaisseur, mais aussi des condensateurs très hauts. Sur la photo, on peut voir qu'il deviendrait très difficile de placer et de maintenir une pièce basse le temps d'une soudure si une pièce haute comme un gros condensateur a déjà été montée sur la carte. Pour contrer ce problème, on peut utiliser les brucelles (pinces longues et bloquantes) pour maintenir la pièce. Une autre façon de faire est de placer un objet de la bonne hauteur entre la surface et la pièce à maintenir (un peu comme la pince sur la photo pourrait maintenir en place le petit condensateur bleu poudre). Cependant, ces trucs ne remplacent pas un bon ordre de montage.

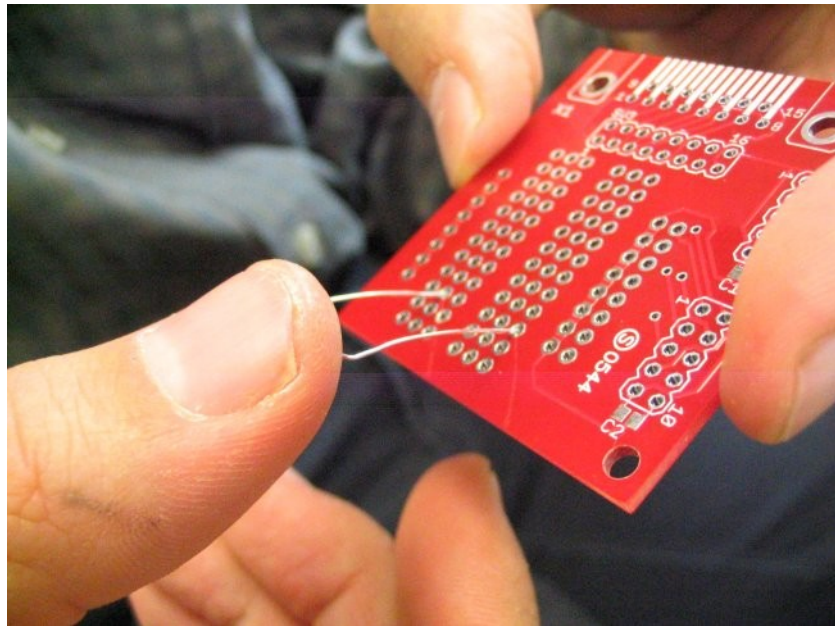


Les instructions de montage du robot ont été réalisées en tenant compte de la hauteur de pièces. C'est pourquoi il est important de respecter l'ordre des étapes

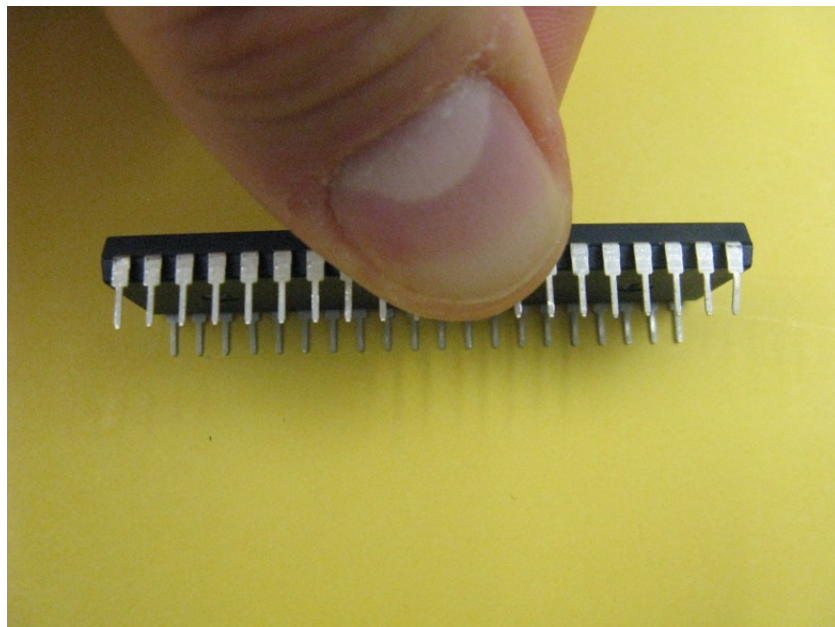
Montage de certaines pièces

Le montage de certaines pièces n'est pas toujours si évident qu'il y paraît. Dans le cas des résistances, inductances et diodes notamment, il faut replier les broches (souvent avec des pinces ou simplement avec les mains). Par la suite, on peut les passer par les trous du circuit imprimé avant de procéder à la soudure sous le circuit comme le montrent ces photographies:

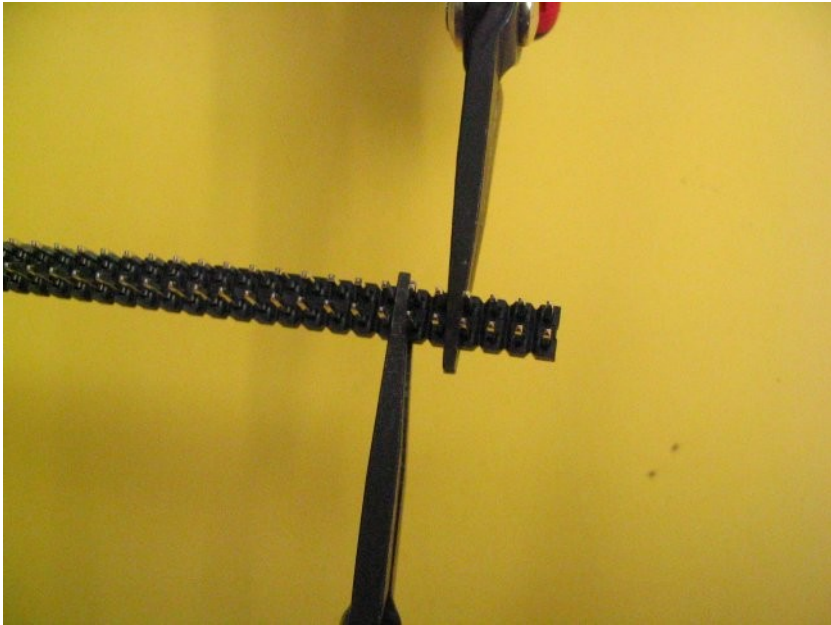




Les puces ont des broches plus courtes et le circuit imprimé a des trous bien disposés pour les accueillir. Cependant, il arrive que les broches des puces soient un peu trop écartées pour entrer confortablement dans la plaque. Il suffit alors d'appuyer les broches contre une surface plane, de côté, pour les rapprocher du centre, en appuyant légèrement.



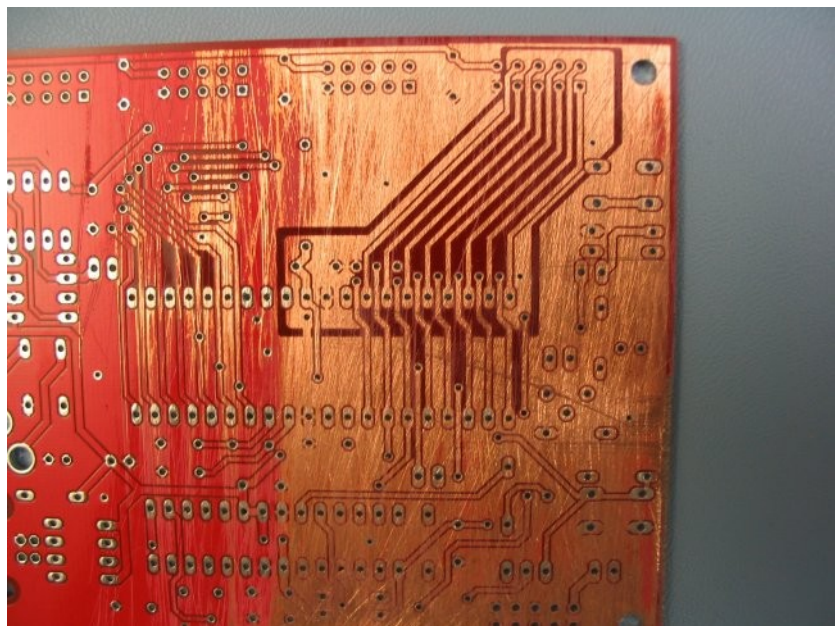
Les connecteurs IDC peuvent représenter un problème. Il faut souvent couper des morceaux d'une bande (d'où leur nom de «*breakaway header*» en anglais). Pour y arriver, il est plus simple d'utiliser deux paires de pinces. Si un morceau de 5 broches de côté (10 broches au total) est désiré, placer une pince entre les broches 4 et 5, et une autre entre les broches 6 et 7. En tournant légèrement les pinces, la brisure se fera nécessairement entre les broches 5 et 6, donc l'endroit voulu.





Circuit imprimé

Un circuit imprimé (*PCB* pour *Printed Circuit Board* en anglais - [article sur Wikipédia](#)) est constitué d'une couche d'isolant électrique, souvent fait d'une résine d'époxy. Des couches de cuivre sont laminées sur cet isolant. On peut utiliser plusieurs couches de cuivre dans le cas de circuits très complexes, comme dans le cas des cartes mères des ordinateurs personnels. Le nôtre en a seulement deux ce qui est préférable pour un premier exercice de soudure. On peut facilement voir les couches de cuivre conductrices en limant la peinture et le masque de soudure en surface. Le masque de soudure isole le cuivre de l'extérieur et protège contre certains courts-circuits qui pourraient être créés par des dépôts d'étain durant la soudure. On évite aussi l'oxydation du cuivre.



Le processus de création des circuits imprimés est basé sur l'élimination de cuivre à certains endroits pour isoler des sections conductrices. Lorsqu'une section mince est isolée pour créer l'équivalent d'un fil entre deux composantes, on parle de la formation d'une «trace». À chaque extrémité d'une telle trace, il y a généralement agrandissement de la trace pour former une pastille (*pad*) et le perçage d'un trou à travers duquel passera une broche d'une pièce électronique. Le fabricant de circuits imprimés dépose généralement de l'étain sur ces pastilles de telle sorte qu'elles deviennent argentées et bien visibles. Ces pastilles facilitent la soudure en offrant une bonne surface de contact.

Une fois les traces isolées, une bonne proportion de la surface demeure recouverte de cuivre. Il est avantageux de placer le reste de cette grande surface à la masse. Cette surface devient alors le retour à la masse (mieux désignée en anglais sous le nom de *ground plane*). Le rôle de cette surface est de stabiliser les charges et réduire le bruit électromagnétique, car il est toujours bon d'avoir une zone à la masse la plus grosse possible.

Dernier détail, certains points sur le circuit imprimé ressemblent à de petites pastilles de soudure, mais ne sont (ou ne seront) traversées par aucune pièce. Il s'agit de ce que l'on appelle des *via*. Un *via* effectue une connexion entre une trace sur la surface du dessus et une autre trace sur la surface du dessous. Un *via* peut aussi relier les *ground planes* du dessus et du dessous.

Souder

Il faut tout de même aborder l'opération de soudure elle-même. Puisqu'il s'agit d'une action manuelle, il est avantageux de partir avec un minimum d'instructions et d'apprendre par la pratique. Un [mini-guide d'une page en format PDF](#) fort bien fait (une page seulement!) de la défunte compagnie Mondo-tronics est aussi disponible. Les meilleures explications sont cependant dans la [section vidéo du site web](#). Ce qu'il faut garder en tête:

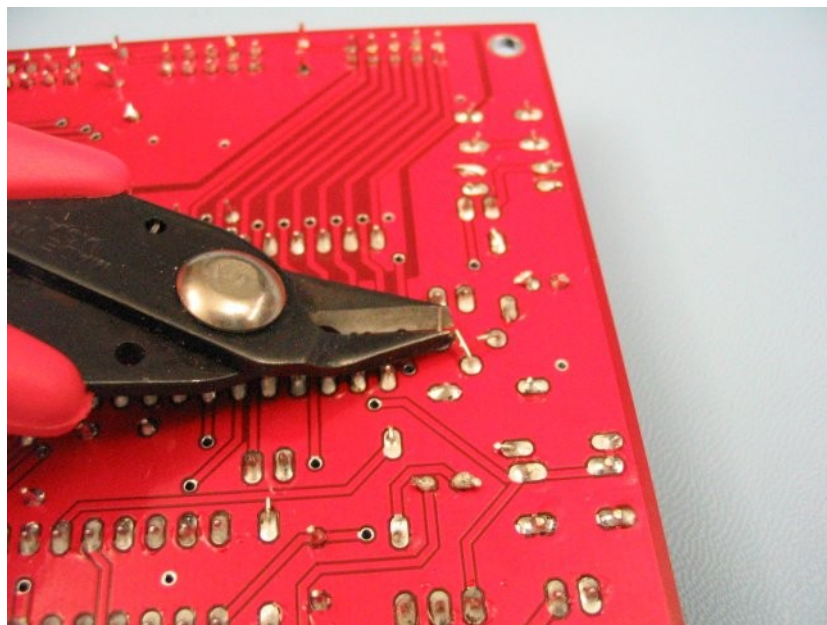
- Placer la pointe du fer sur la pastille (*pad*). La soudure est une jonction qui sera bien réalisée s'il y a d'abord une bonne température du circuit imprimé. Il ne suffit pas de déposer de l'étain en fusion pour espérer réaliser une soudure. L'étain n'est pas une colle!
- Approcher le bout d'étain près du fer et de la pastille tout en bougeant légèrement pour bien disperser le métal en fusion.
- Retirer le bout d'étain.
- Retirer la pointe du fer. À noter que celle-ci demeure en contact avec le circuit durant toute l'opération.

Pour ce qui est de la qualité des soudures, il faut également mentionner quelques aspects. D'abord, il peut arriver qu'une soudure semble bien effectuée alors qu'en réalité, elle n'effectue pas correctement le contact entre le circuit imprimé et la broche. C'est ce qu'on

qualifie de «soudure froide». Généralement, mais pas toujours, il suffit de bouger légèrement la pièce soudée pour se rendre compte qu'elle n'est pas reliée fermement au circuit imprimé. Ce genre de soudure se produit souvent lorsque trop peu d'étain a été utilisé. Elle peut également survenir lorsque le fer à souder a une trop faible puissance pour la surface à chauffer sur le circuit imprimé. Il faut savoir qu'une surface de cuivre peut être assez importante près du point de soudure. C'est souvent le cas lorsque ce point est à la masse, le *ground plane* expliqué précédemment. Dans un tel cas, le fer chauffe l'étain, mais ne parvient pas à chauffer correctement le circuit imprimé puisque ce dernier favorise trop la dissipation de chaleur. Le *ground plane* agit en fait comme une ailette d'un radiateur qui répartie la chaleur, exactement le contraire de l'effet souhaité... Il faut alors concentrer la chaleur disponible le plus possible. On choisira donc d'éteindre le ventilateur de soudage pour un instant (pour ne pas évacuer la chaleur) et de monter la température du fer sensiblement. Il faut alors éviter de laisser le fer trop longtemps en place sur le circuit imprimé sous peine de provoquer un délaminage du cuivre autour de la pastille...

La quantité d'étain à utiliser pour effectuer une soudure est un autre point important. Idéalement, il faut en utiliser assez pour que le trou du circuit imprimé lui-même en soit rempli et qu'il s'en retrouve aussi en surface. On évitera cependant les excès qui donnent lieu à la formation d'une "boule" en surface. En effet, il faut éviter les courts-circuits à tout prix... De plus, la formation d'une bulle en surface est le signe d'une soudure froide puisqu'elle signifie que l'étain a été en fusion sur un circuit imprimé pas assez chaud. Toutefois, pour les soudures sur le «ground plane», on fera du mieux que l'on peut, surtout pour une première expérience de soudure...

Une fois la soudure d'une broche terminée, on peut couper sa longueur excédentaire. Une soudure bien réalisée demeurera solide même si les pinces coupantes passent près du point de soudure.



Dessouder

Naturellement, des distractions peuvent survenir en soudant. Généralement, elles donnent lieu à de mauvais placements de pièces et il faut alors dessouder... Cette opération est difficile... surtout si les soudures étaient bonnes! On suggère ici quelques méthodes:

- Utiliser une pompe à dessouder. On «charge» la pompe et on l'approche de la soudure pour rejoindre le fer qui chauffe déjà l'étain. Lorsque le métal est liquide, on actionne la pompe ce qui provoque une aspiration rapide de l'étain. Il faut que la pointe de la pompe soit collée sur la soudure pour réaliser l'effet de succion maximal. On devra probablement reprendre quelques fois l'opération pour arriver à retirer le plus possible d'étain. Les chargés de laboratoire peuvent vous prêter une pompe à dessouder au besoin.
- Utiliser une station de déssoudage. Il s'agit d'un appareil qui a toutes les capacités d'un fer à souder, mais qui a en plus un aspirateur. La pointe du second fer contient une petite ouverture qui peut aspirer l'étain en fusion lorsqu'on appuie sur un bouton. C'est donc une pompe à dessouder sophistiquée intégrée à un fer dans un certain sens. Les chargés de laboratoire utiliseront la station de déssoudage avec vous au besoin.
- Une autre méthode consiste à utiliser une tresse de déssoudage (*copper wick* ou *desolder braid* en anglais). On procède un peu comme pour la pompe à dessouder en approchant un bout de cuivre sur la soudure rendu liquide par le fer à souder. L'étain se collera alors au cuivre naturellement.
- Un autre truc consiste à maintenir le circuit imprimé dans une main tout en chauffant la soudure avec le fer. Lorsque liquide, on frappe légèrement le circuit imprimé contre la table. Le choc provoquera l'expulsion de l'étain liquide hors du circuit imprimé. Cette technique est surtout efficace lorsque la pièce à dessouder est déjà retirée du circuit, mais que le trou sur le circuit imprimé est bouché par le reste de l'étain ou qu'on est en présence d'une bonne «boule» d'étain. Plus facile à dire qu'à faire...
- La dernière méthode est peut-être la plus simple et la plus efficace. Elle demande deux paires de mains. La première personne tient fermement le circuit imprimé et maintient le fer sur le point à dessouder de manière à maintenir l'étain en fusion continuellement. Une seconde personne prend des pinces et réalise l'extraction de la pièce. En principe, rien ne s'opposera au passage du composant et il sortira aisément. On peut même reprendre cette technique à l'inverse. Si de l'étain obstrue un trou sur le circuit alors qu'on veut y insérer une pièce, la première personne conserve le même rôle et cherche à maintenir le circuit en place et l'étain en fusion. La seconde personne pourra alors insérer la pièce avec des pinces. Cette méthode est particulièrement efficace lorsqu'on se rend compte que de mauvaises résistances ont été soudées sur le circuit. Il faut alors enlever les mauvaises, mais aussi souder les nouvelles. Cette méthode peut s'effectuer seule si on a un étau qui tient le circuit imprimé en place durant la procédure.

Sertissage

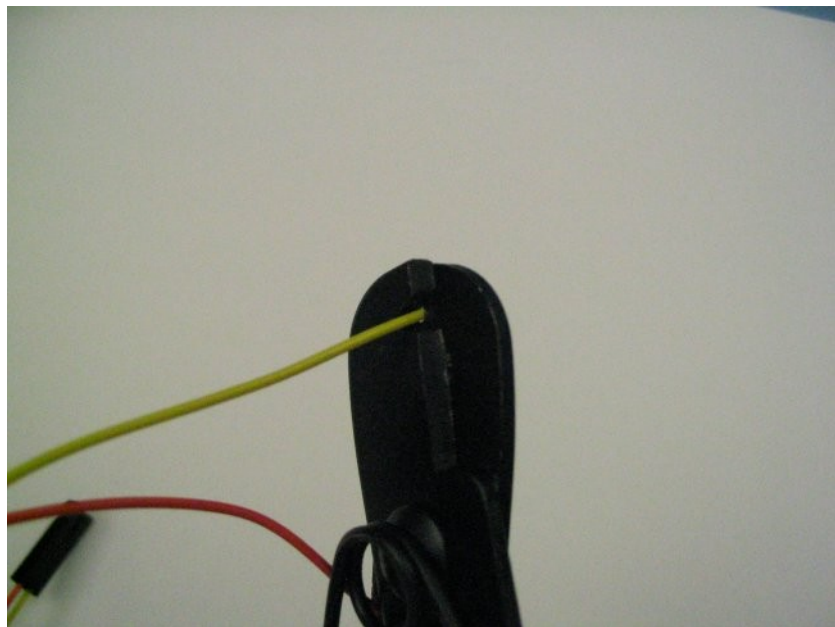
Le sertissage (*crimping* en anglais) est cette manipulation qui consiste à prendre à la serre un fil dans un connecteur pour ainsi former un câble qui pourra relier deux composants d'un système. Généralement, cette opération demande un type de pinces spécialisées. Il en existe de nombreux modèles comme le montre la première photographie. La seconde montre l'outil que nous utiliserons spécifiquement pour le sertissage de certains fils du robot.

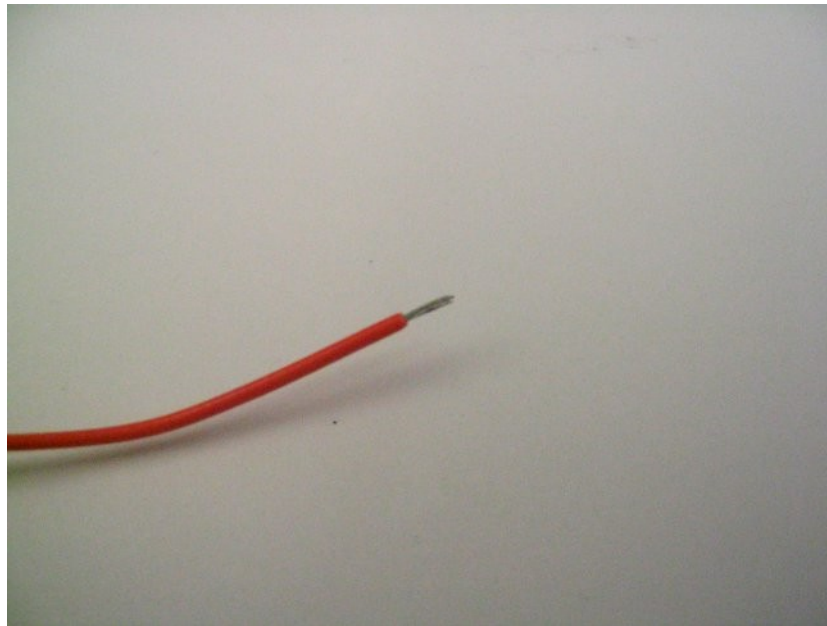


De nombreux types de câbles s'obtiennent par sertissage (dont les câbles de réseau CAT-x avec connecteurs RJ-45). Il s'agit donc d'un type de montage qu'il est possible de faire dans bien des contextes du monde informatique. Ici, le sertissage sera pour de petits câbles.



Les connecteurs Molex et AMP utilisés se sertissent en employant exactement la même technique. La première étape est de dénuder un bout de fil. Enlever 3 mm de gaine de plastique est suffisant.

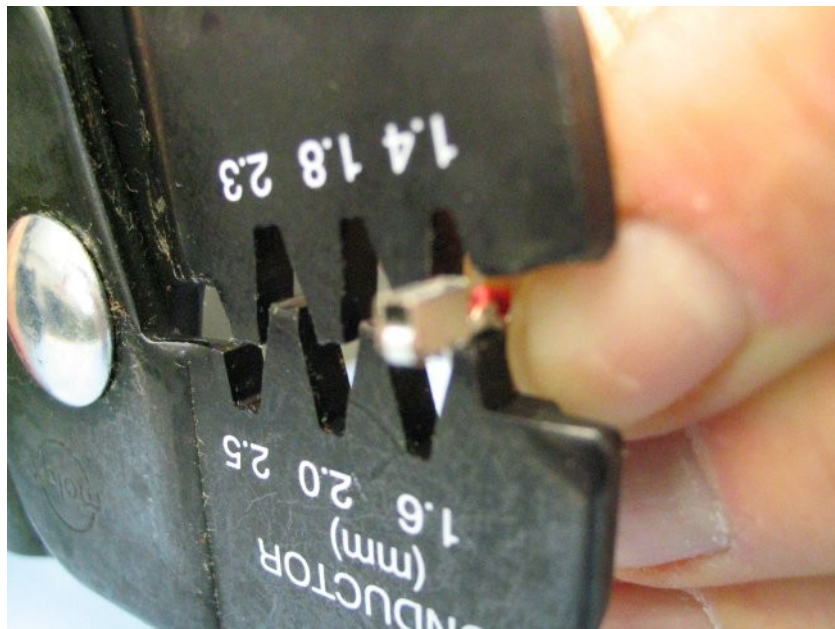
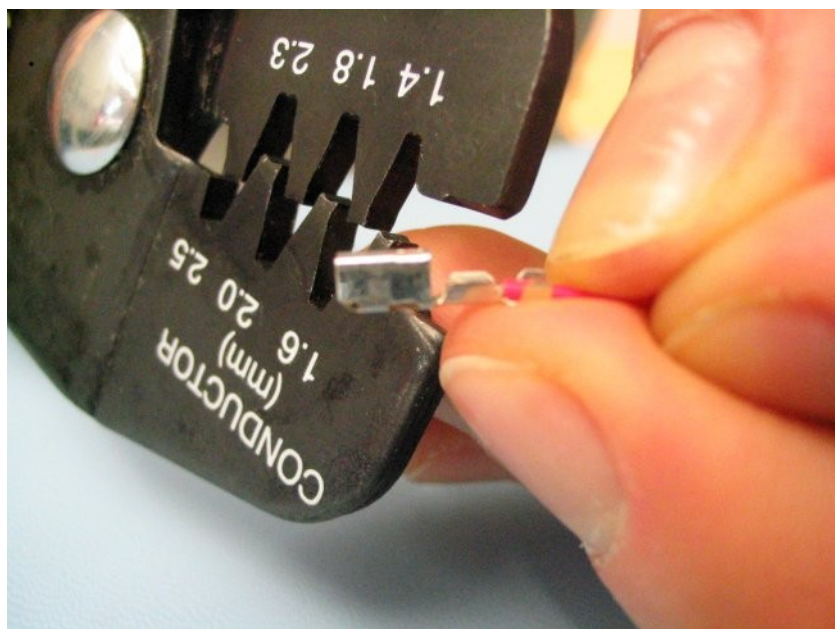


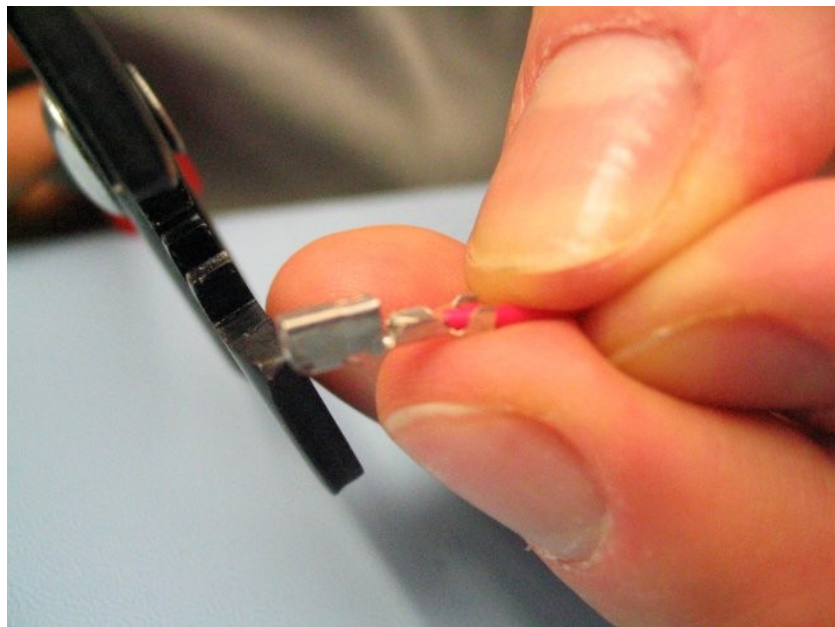
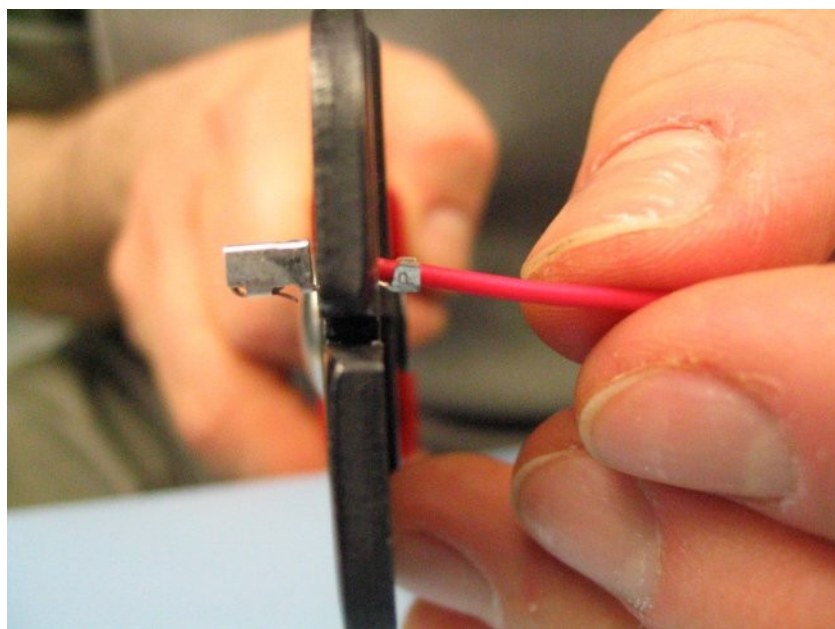


Il faut ensuite prendre à la serre un petit morceau de métal sur un fil dénudé. Les morceaux de métal ont deux paires de minuscules languettes. La première est à une extrémité du morceau de métal et doit se refermer sur le fil. La seconde paire de languettes est juste à côté et doit se refermer sur la partie métallique dénudée du fil de manière à réaliser le contact électrique. Il faudra donc refermer chaque paire de façon séparée et au bon endroit. L'outil à sertir est une pince mince qui permet de serrer chaque paire de languettes. Il permet de sertir des fils de grandeurs variées puisque ses mâchoires comportent plusieurs encoches. Ici, nous utiliserons l'encoche qui est tout au bout de la pince (celle identifiée 1.4). On peut voir qu'une dent entre dans l'encoche pour réaliser le sertissage.

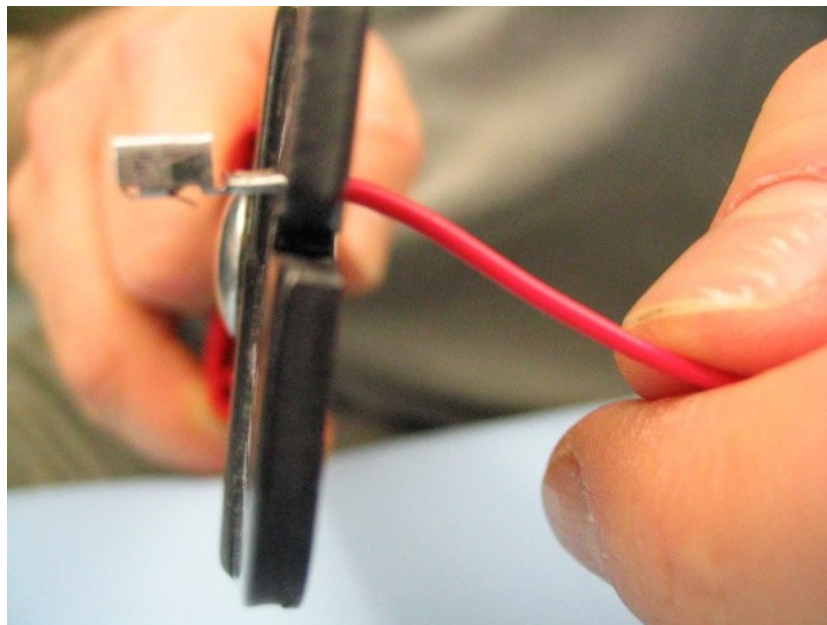
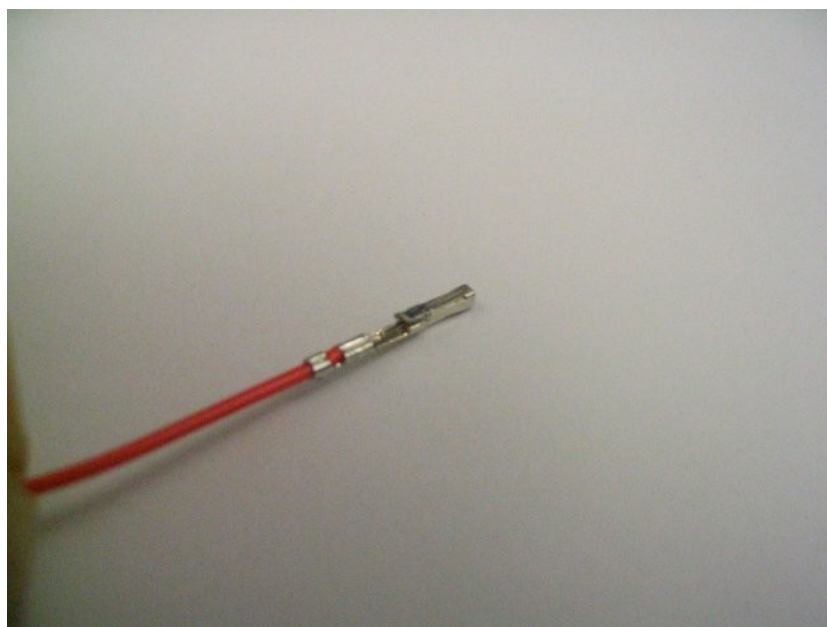
Cependant, avant de rejoindre le fil avec le morceau de métal, il y a une opération à effectuer qui simplifiera le travail par la suite. Chaque paire de languettes des morceaux de métal forme un V qui est un peu trop évasé. Prendre l'outil à sertir, ou tout autre type de pinces, et refermer légèrement les languettes l'une contre l'autre pour qu'elles forment un U plutôt qu'un V. Il sera encore possible de passer le fil dans ce U aisément, mais le sertissage sera facilité par la suite.

Il est maintenant temps d'insérer le fil entre les paires de languettes. Le point du fil où débute la partie dénudée devrait se situer entre les paires de languettes. Le bas des morceaux de métal correspond au bas du U des paires de languettes. Le bas des morceaux de métal est là où la dent de l'outil à sertir devrait venir s'appuyer de manière à ce que les languettes puissent se refermer en progressant dans l'encoche de la pince. Si les languettes sont refermées par la dent, ça ne fonctionne pas très bien. Autrement dit, pour que la pince soit dans le bon sens, les indications blanches sur la pince devraient être du côté droit si les languettes sont du côté gauche. On refermera l'outil avec force deux fois, une fois pour chaque paire de languettes.

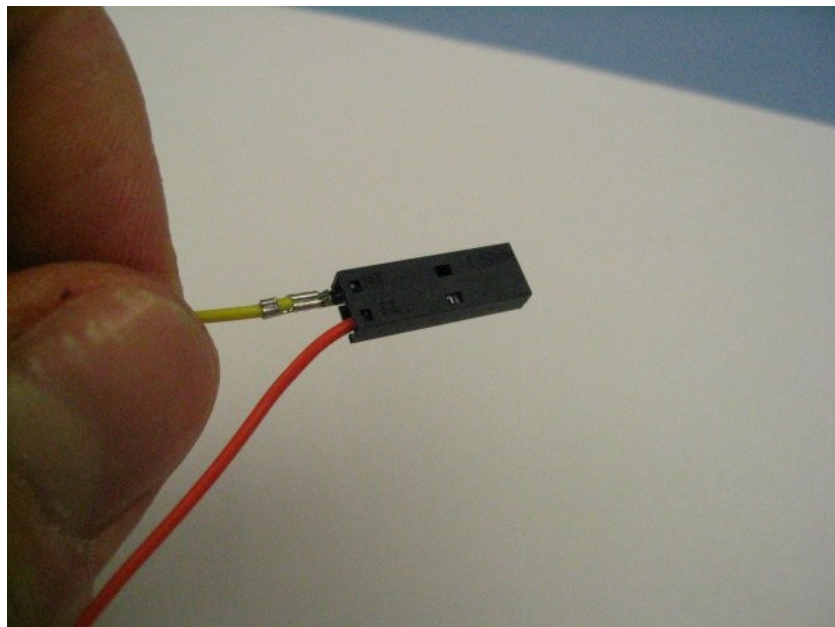
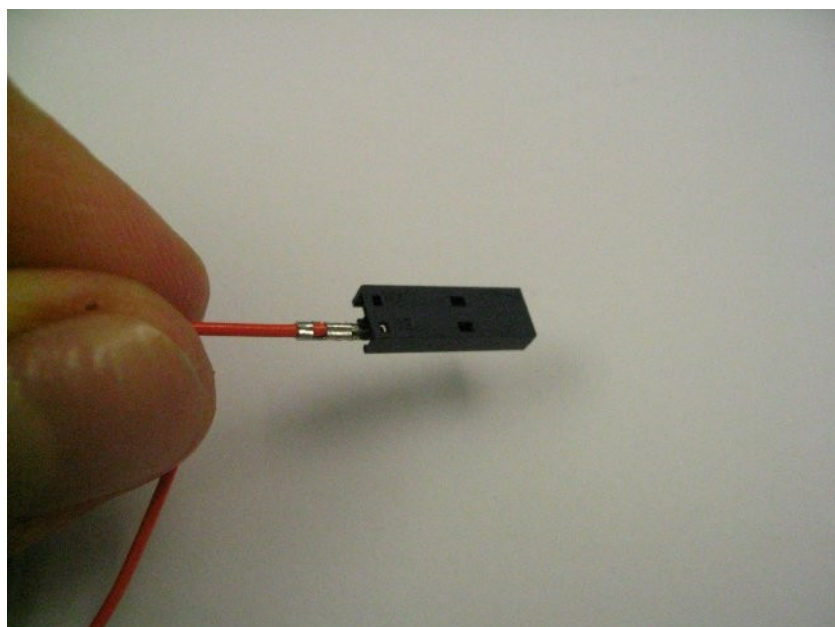




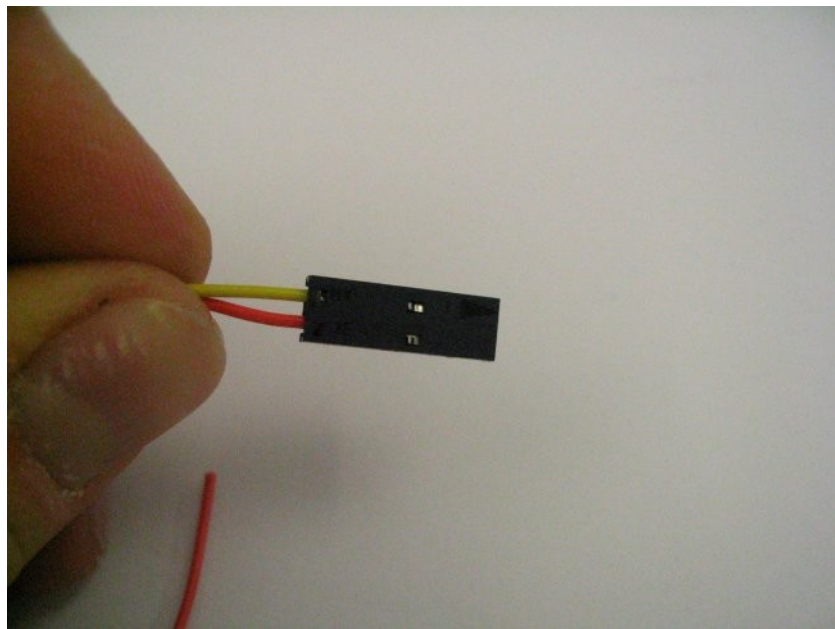
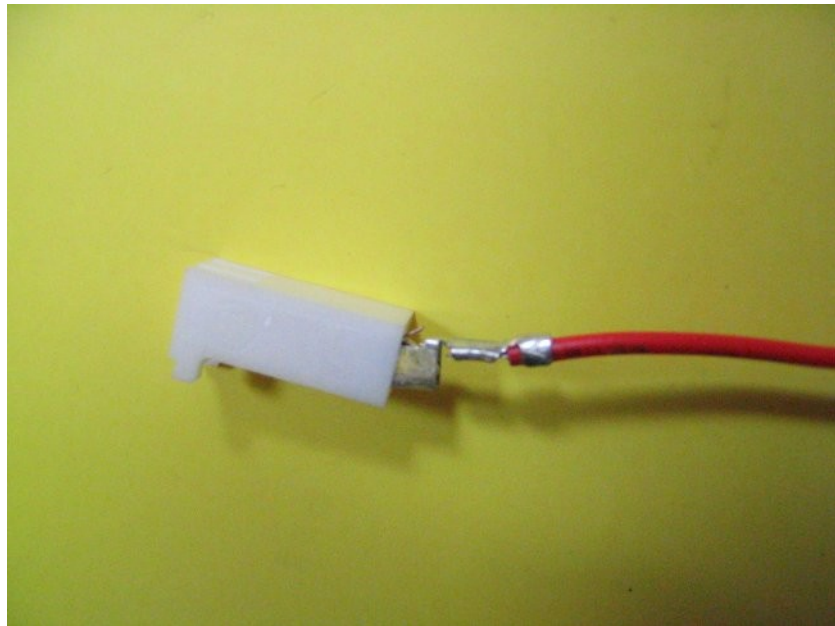
Une fois serti, le résultat ressemble à ce qu'on peut voir sur la photographie qui suit. On peut remarquer que les languettes se sont bien refermées sur le fil. On peut aussi voir un tout petit crochet sur le dessus du morceau de métal.



Ce crochet doit ressortir par une petite ouverture sur le dessus du réceptacle pour s'assurer que le morceau de métal demeure bien en place. Normalement, l'insertion du morceau de métal dans le réceptacle ne cause pas trop de problèmes. Par contre, il faut bien être certain que le crochet ressortira par l'ouverture. Généralement, un léger déclic se fait entendre lorsque ce point est atteint. Il faudra peut-être un tournevis pour arriver à pousser le morceau de métal jusqu'au fond du réceptacle.



On peut mieux voir le crochet sur cette photographie.



Le sertissage est une opération qui sera effectuée avec l'aide des chargés de laboratoire. Il existe d'autres explications sur le sertissage. Celles de la compagnie Lynxmotion/RoboShop sont particulièrement bonnes.

Filetage dans le plastique

Des vis sont employées pour assembler diverses pièces sur le robot. La plupart du temps, elles se vissent dans les filets adaptés des écrous, tiges d'espacements ou angles métalliques et il n'y a rien à redire sur ce point. Par contre, il arrive qu'une vis doive être insérée dans une pièce de plastique comme la base de PVC, le *breadboard* ou le piézo-électrique. Dans ce cas, la vis fait des filets dans le plastique lui-même en s'insérant. Il peut donc être difficile d'amorcer l'insertion de la vis puisque le filet n'existe pas au départ et que le

trou peut être de diamètre légèrement réduit de manière à ce que la vis se trouve bien retenue. Dans ce cas, il est fortement suggéré de faire les filets dans le plastique avec la vis seule. Il devient plus difficile de chercher à assembler des pièces tout en faisant des filets. L'insertion de la vis implique qu'on doive la dévisser pour réintroduire la ou les pièces à assembler dans une seconde phase. Cependant, visser la vis une seconde fois sera beaucoup plus facile puisque les filets seront alors en place dans le plastique et la difficulté de l'assemblage sera réduite.

