

## Circuits imprimés

### Cartes électroniques

Toutes les cartes électroniques que l'on trouve dans un PC, la carte mère et les cartes d'extension, sont réalisées à partir de circuits imprimés, en abrégé : PCB pour "*Printed Circuit Board*".

Les PCB servent aussi au montage de pratiquement tous les autres circuits électroniques : périphériques d'ordinateurs, téléphones portables, APN et même les cartes électroniques dans les machines équipées de composants électroniques telles que dans le domaine de l'électroménager ou de l'automobile.



Figure 1 - Circuit imprimé d'une montre bracelet

La plaque isolante d'un PCB est généralement constituée de fibres de verre noyées dans de l'époxy. L'époxy est une résine thermodurcissable, rigide et isolante. Il existe d'autre part des circuits imprimés souples, pour lesquels le support est alors une matière plastique flexible.

Des pistes de cuivre sont comme imprimées à la surface du PCB. Ces pistes conductrices servent aux interconnexions entre les composants électroniques soudés sur la carte.

On parle de circuits "simple face" lorsque les pistes de cuivre ne se trouvent que sur une seule face de la carte, celle que l'on appelle "côté soudure" alors que l'autre face est appelée "côté composants". (Il est rare que des composants soient mis sur les deux faces) Ces circuits "simple face" ne conviennent que pour des schémas ne nécessitant que peu d'interconnexions électrique entre les composants.

Les circuits "double faces" ont des pistes conductrices en cuivre sur les deux surfaces de la carte : côté soudure et côté composants. Les circuits simple et double faces peuvent être fabriqués sans recourir à un appareillage sophistiqué. Les électroniciens amateurs trouveront dans les revues électroniques des plans pour la fabrication de tels circuits.

On trouve enfin des circuits multicouches pour la fabrication de circuits complexes comme les cartes électroniques des ordinateurs. La fabrication des cartes multicouches n'est possible qu'au niveau industriel. Elles sont une superposition de fins circuits imprimés collés avec précision, les uns au-dessus des autres, tout en ménageant des liaisons électriques en certains point entre les cartes.

Ces passages peuvent être des trous métallisés qui traversent la carte de part en part (1), comme dans les circuits double faces. Ils sont dits "borgnes" (2) s'ils ne traversent pas toute la carte et sont dits "enterrés" (3) s'ils n'aboutissent ni d'un côté de la carte, ni de l'autre.

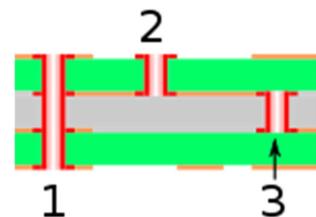


Figure 2 - Trous métallisés

## Fabrication des PCB

Les électroniciens amateurs ou professionnels réalisent les prototypes de circuits simples à partir de plaques de circuits imprimés pré-sensibilisées. Toute la surface de la plaque isolante est recouverte de cuivre puis d'une laque photosensible aux rayons ultra-violets. Un film plastique noir protège la carte de la lumière. Le cuivre pré-sensibilisé est présent sur une ou deux faces selon que le circuit sera simple ou double face.

Le dessin du circuit est préparé sur papier calque ou tout autre film transparent aux rayons UV. Les pistes y sont dessinées ou imprimées avec une encre opaque noire. Cette feuille sert de masque ou "typon" que l'on applique sur la surface pré-sensibilisée avant de soumettre le circuit à un rayonnement ultra-violet intense.

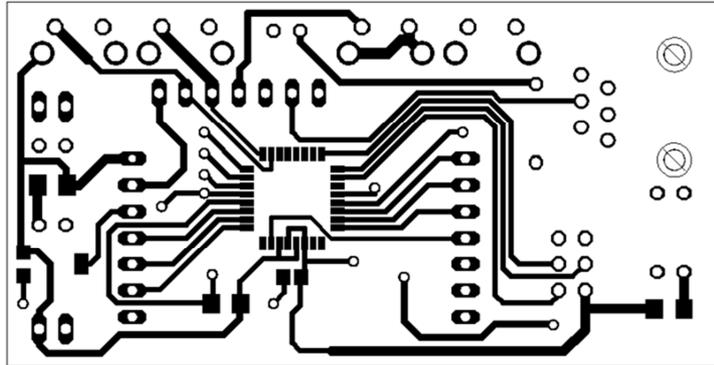


Figure 3 - Typon

Cette opération, appelée **insolation**, sert à transférer le dessin sur la plaque. Les tracés à l'encre opaque sur le typon empêchent les UV d'atteindre la laque photosensible là où le cuivre devra être conservé.

La plaque est ensuite plongée dans un liquide révélateur qui va dissoudre la laque photosensible qui a été soumise aux UV sans altérer la laque qui est restée masquée sous le tracé à l'encre opaque du typon. Cette opération est appelée le **développement**.

Après avoir rincé la plaque sous l'eau on la plonge dans une solution chimique qui va attaquer et dissoudre le cuivre qui n'est pas protégé par les traces de laque. Cette étape est appelée la **gravure**.

Après un nouveau rinçage à l'eau, la plaque est essuyée puis nettoyée avec de l'acétone pour retirer la laque photosensible qui est restée sur les pistes de cuivre. Les pistes de cuivre peuvent être protégées par l'application d'une couche d'étain. Cet **étamage** n'est pas obligatoire mais il va protéger le cuivre contre l'oxydation et facilitera la soudure des composants.

Vient ensuite le **perçage** des trous qui serviront au passage des broches des composants. Ces trous ont un diamètre de quelques dixièmes de millimètre. Ils sont percés avec des mèches assez fines et de qualité suffisante pour pouvoir s'attaquer à l'époxy et aux fibres de verre.

Lors de la fabrication industrielle de cartes double faces, les trous sont ensuite métallisés par des procédés électrolytiques pour assurer la liaison électrique au travers de la carte.

La carte ainsi réalisée est maintenant peut maintenant recevoir les composants qui y seront soudés à l'étain.

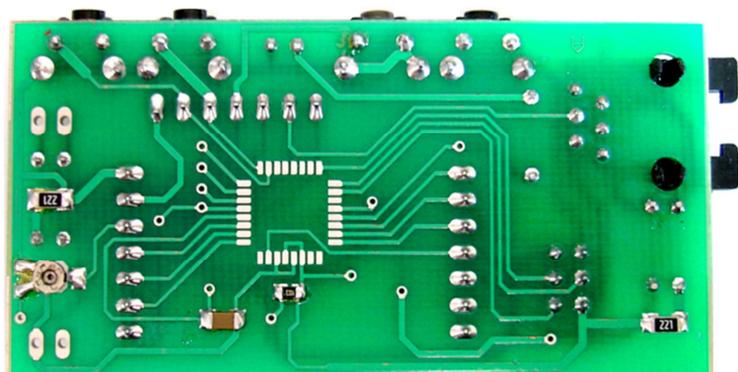
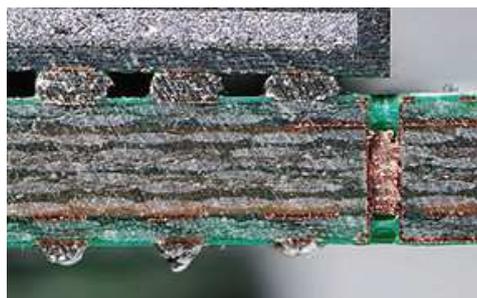


Figure 4 - Circuit imprimé vu du côté soudures

Figure 5 – Circuits imprimés quatre couches  
(Photos Wikipédia)



## Soudure des composants

Les composants sont soudés<sup>1</sup> aux pistes du circuit imprimé par un alliage à base d'étain. Jusqu'il y a peu, les mélanges d'étain et de plomb étaient autorisés. Ces soudures fondaient à environ 180°C. La nocivité du plomb est maintenant reconnue et les alliages que l'on utilise à présent nécessitent une température légèrement supérieure, 220°C pour les alliages à base d'étain et d'argent mais jusqu'à 320°C pour des alliages d'étain et de cuivre. Les soudures faites avec ces alliages sans plomb sont malheureusement un peu moins faciles à réaliser.

La soudure des composants est une opération qui doit être faite avec un soin suffisant pour établir une liaison électrique (et pas seulement mécanique) résistante au temps et à la corrosion. Une soudure mal réalisée pourra être à l'origine de mauvais contacts. Elle devra être refaite. Cela n'est bien sûr possible que si les composants et leurs broches sont assez gros tels que les brochages de composants discrets, résistance, condensateur, LEDs, transistors, ou encore la fixation de connecteurs, de fils électriques, de sockets de circuits divers, de boutons etc.

## Outillage

Nous parlons ici de l'outillage du technicien. Rien à voir donc avec les machines qui sont utilisées dans l'industrie pour la fabrication de cartes électronique en grandes séries.

### Le fer à souder

Un fer à souder est composé d'une résistance électrique dont la chaleur s'écoule idéalement vers la pointe du fer, appelée panne. Le manche est isolant tant au niveau électrique qu'au niveau thermique. Le prix d'un fer à souder peut aller de 10 à 300 €, tout dépend de l'utilisation à laquelle on le destine. Le fer à souder utilisé en électronique aura une panne assez fine (+/- 2mm) mais ne doit pas nécessairement être de faible puissance. Il existe des fers à panne interchangeables ce qui permet d'adapter l'outil aux dimensions des contacts à souder. Certains fers sont à température réglable mais ce n'est nécessaire que pour un usage intensif.

### Support de fer à souder

On y pose le fer dès qu'on a fini une soudure. C'est précieux pour éviter les accidents.

### Éponge humide

On y essuiera la pointe du fer dès qu'elle semble s'encrasser. La panne doit toujours être recouverte d'une fine pellicule de soudure sans traces de résine ou de plastique fondu.

---

<sup>1</sup> . Il faudrait, pour être tout à fait exact, parler de « brasage » Ce n'est pas à proprement parler du « soudage » car il n'y a pas fusion des pièces à assembler mais simplement l'apport d'un métal liquide dont la température de fusion est inférieure aux métaux à assembler.

## La soudure

Le fil de soudure est creux. Il contient une substance décapante qui nettoie les surfaces sur laquelle la soudure devra adhérer. Le prix du fil de soudure varie selon les métaux qui entrent dans la composition de l'alliage, l'argent en particulier.

## Pince coupante

Il faut une pince à bec fin. Elle sert à couper les bouts de fils qui dépassent sous le circuit imprimé après que les composants soient soudés.

## Comment souder

- Les parties à souder doivent être propres, sans graisse ni oxydation.
- Placer les composants sur le circuit imprimé en vous assurant qu'ils ne retombent pas une fois le circuit retourné vers le bas. On pliera par exemple légèrement les fils des composants à l'arrière du PCB afin qu'ils restent en place pendant la soudure.
- Le fer doit être suffisamment chaud avant de le mettre en contact avec les éléments à souder. Le fil de soudure doit fondre instantanément au contact de la panne. On s'assure que la panne est étamée, le contact au travers de la soudure liquide va faciliter le transfert de chaleur entre le fer et les composants à souder.
- Les deux parties à souder doivent être chauffées simultanément. Dès qu'ils sont à une température suffisante, on applique le fil de soudure sur les pièces à souder et non pas sur la panne. Cette opération doit être assez brève, idéalement une ou deux secondes, le temps que la soudure bien liquéfiée mouille et se répartisse convenablement sur les surfaces à souder. Avec une température insuffisante, l'opération devient trop longue et les composants électroniques risquent d'en souffrir.

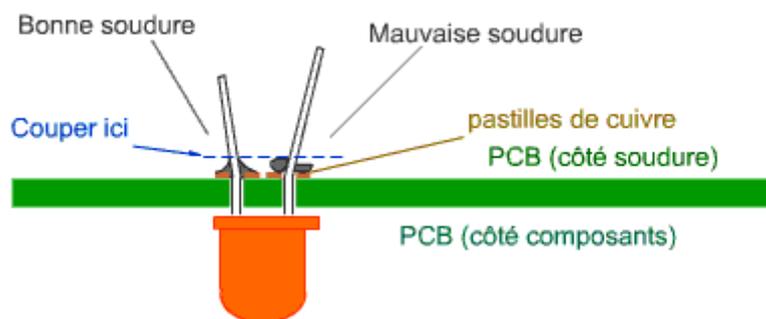


Figure 6 – Réalisation de la soudure

- Retirer la panne en veillant à ce que les pièces à souder restent immobile pendant que la soudure se solidifie. Sans cela, la soudure risque de se fissurer. La fissure presque invisible à l'œil nu, va s'oxyder et au bout d'un certain temps ce qui donnera de mauvais contacts très difficiles à déceler par la suite. Ce genre de problème, que les électroniciens appellent « soudure froide » ou « soudure sèche », peut être soupçonné si la soudure n'a pas un bel aspect. Aspect granuleux, mauvaise répartition de la soudure. On y remédie en faisant refondre la soudure pour mieux la faire adhérer aux surfaces soudées.
- Couper le fil qui dépasse juste au-dessus de la soudure

## Comment dessouder ?

Il peut arriver que l'on doive remplacer un composant grillé ou un connecteur cassé. Ce genre de réparation est parfois le seul moyen de sauver un appareil qui sans cela est hors d'usage. Il faut pour cela savoir dessouder le composant à remplacer sans trop cannibaliser le circuit imprimé. A trop faire chauffer la soudure, on risque de décoller la piste de cuivre du PCB. La méthode la plus simple (et donc celle à essayer pour commencer) est de placer la carte avec les soudures vers le bas puis d'appliquer la pointe du fer à souder sur la soudure en espérant qu'en fondant elle vienne descendre sur la panne. Une fois la soudure liquéfiée retirez le fer et tapez d'un petit coup sec la carte sur la table, avec un peu de chance la soudure se détachera sous forme d'une goutte qui tombera sur la table. Attention à ne pas vous brûler avec ces projections de soudure en fusion !

On peut aussi supprimer la soudure à l'aide d'une tresse à dessouder. Appliquer la tresse sur la soudure puis appuyer la pointe du fer à souder par-dessus. Une fois la température de fusion atteinte la soudure sera absorbée par la tresse comme si c'était une éponge. Le bout de tresse imbibé de soudure est maintenant inutilisable, on le coupe et on le jette. C'est pour cette raison que la tresse est vendue sous forme de petite bobine.



Figure 7 - Tresse à dessouder

La pompe à dessouder est plus économique. Chauffer la soudure à éliminer ; dès qu'elle est liquide approchez l'extrémité de la pompe et déclencher l'aspiration. L'opération doit parfois être répétée quelque fois avant que le résultat soit concluant. N'oubliez pas de démonter régulièrement la pompe pour évacuer les fragments d'étain que sont devenues les gouttes de soudure qui ont été aspirées. L'embout de nylon qui est mis en contact avec la soudure liquide et la panne du fer résiste assez bien mais sera à remplacer après quelque dizaine d'utilisations.



Figure 8 - Pompe à dessouder

### Trucs et mauvaises astuces à ne jamais faire !

- Utiliser un fer à souder pour dénuder les fils ou faire des trous dans du plastique, ça marche mais la panne va en prendre pour son grade !
- Frotter la pointe du fer avec du papier verre ou une lime. La surface de la panne est faite pour résister à la corrosion au contact de l'étain. Enlever cette couche protectrice serait dommageable pour la longévité de la panne.
- Souder des pièces sous tension.

### *Liens recommandés :*

Tutoriel soudure :

[http://www.sonelec-musique.com/electronique\\_bases\\_tutoriel\\_soudure.html](http://www.sonelec-musique.com/electronique_bases_tutoriel_soudure.html)

Conception des produits industriels en électronique

<http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/conception-de-produits-industriels-en-electronique>

Test des circuits électroniques

<http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/test-de-circuit-electronique>