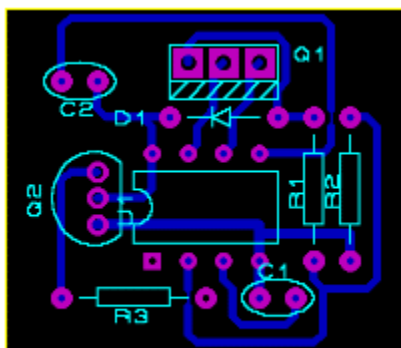
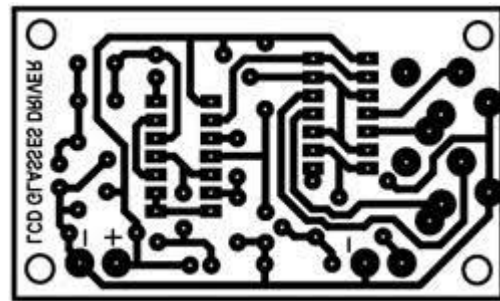


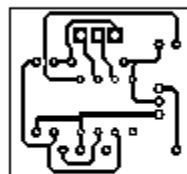
Université de BATNA 2
Faculté de Technologies
Département d'électronique
Module : Maquettes
3^{ème} Année Licence
Prof. : Dr. M. HAMADA

Module de :

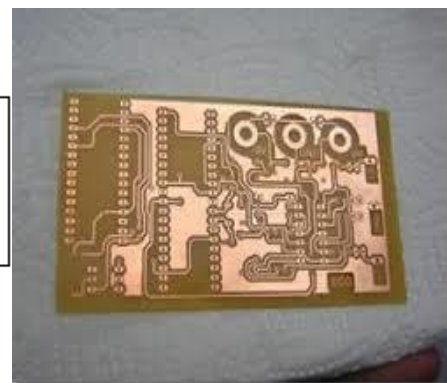
MAQUETTES ET LES TECHNIQUES DE
REALISATIONS D'UN CIRCUIT IMPRIME



A l'écran...



Le typon...



1. Introduction

De nos jours l'électronique est présente dans la moindre de nos activités quotidiennes, les voitures, les cafetières, les téléphones portables, les appareils photo et bien sûr particulièrement dans les ordinateurs. Toutes ces applications nécessitent la réalisation de cartes électronique ne serait-ce que pour gérer l'alimentation des différents composants.

Une carte électronique est un ensemble de composants tel que des résistances, condensateurs ou circuits intégrés réunis sur une plaque de manière à former un circuit destiné à un usage précis. Cela nous amène donc à nous demander : Quels sont les différentes étapes, de la conception à la fabrication, dans la réalisation d'une carte électronique ?

Nous étudierons tout d'abord la conception à la main pour réaliser un petit circuit simple qui ne nécessite pas un grand effort et en suite la conception par ordinateur du circuit électronique, puis la préparation du circuit imprimé et pour terminer la mise en place et la soudure des composants.



2. La réalisation du dessin électronique :

2.1 Le typon

2.1.1 Généralités

Le dessin électronique ou typon a pour but de permettre la réalisation pratique d'un montage sur circuit imprimé. De ce fait, cette réalisation obéit aux normes standards d'implantation des composants sur des plaques.

Pour mener à bien cette tâche de réalisation, l'étudiant doit disposer de :

Une grille internationale ou pas de 2,54 mm

Un papier calque

Une gomme

Les crayons HB ; 2H ; 2B

Une lame de rasoir

Un ruban adhésif ou scotch

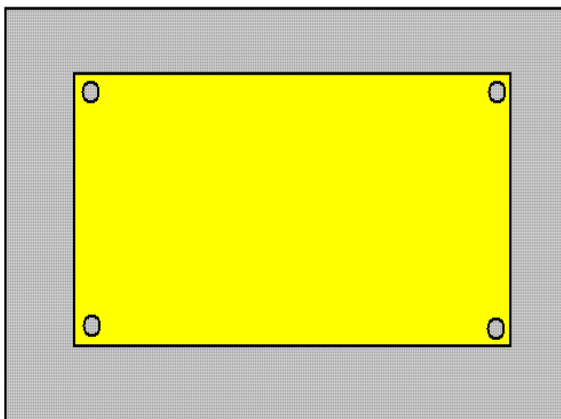
Une règle ou une équerre graduée

2.1.2 Méthodologie de réalisation

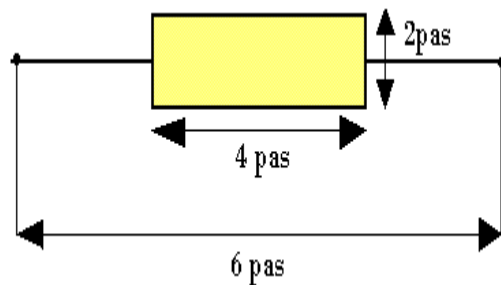
Prendre le papier calque de dimension souhaitée et le plier en deux.

Prendre la grille internationale et la mettre à l'intérieur du papier calque et fixer le tout sur une table à l'aide d'un scotch.

Dessiner le cadre (voir figure(3)) du contour du typon avec des points de fixation :



Figure(1)



Figure(2)

Implanter les composants en tenant compte de leur encombrement (les composants sont pris à l'échelle 1) voir figure(2) :

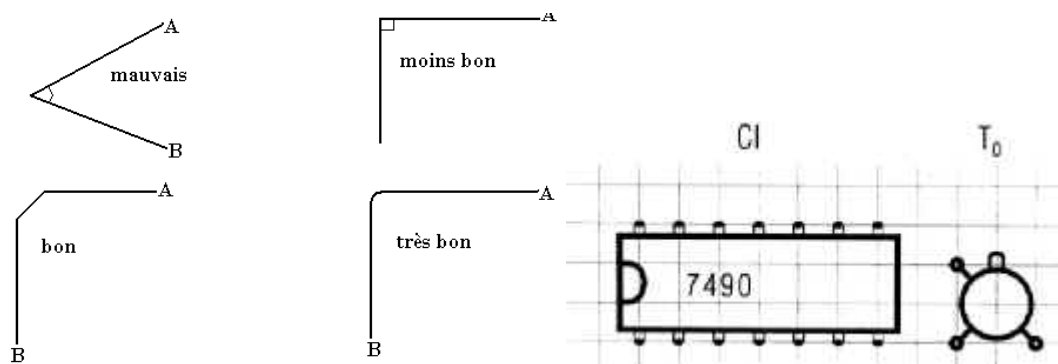
Enlever la grille et retourner le papier calque afin de tracer les pistes sur l'autre face.

Redessiner alors le cadre du côté cuivre.

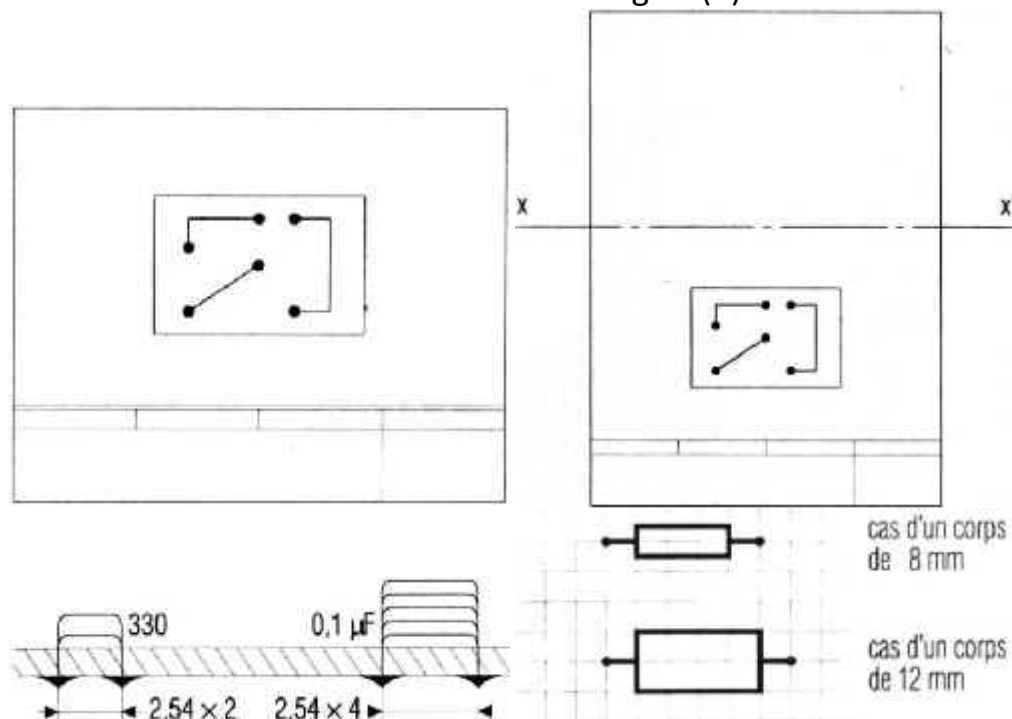
Pointer les extrémités des composants et tracer les pistes d'interconnexion selon le schéma théorique.

Eviter les croisements entre les pistes, tourner le composant si possible.

Eviter lors du traçage les angles aigus et droits voir figure(3) :



Figure(3)



2.2 La conception sur ordinateur.

2.2.1 Réalisation du schéma

Une fois le besoin analysé et le cahier des charges validé la première grande étape dans la réalisation d'une carte électronique est la conception et la simulation des différentes fonctions de celle-ci.

Il existe de nombreux logiciels de CAO* qui nous permettent de réaliser ces simulations facilement. On utilise d'abord des outils de simulations fonctionnelles et électriques. A cette étape, on ne prend donc pas encore en compte les composants proprement dits mais on établit les différentes fonctions du circuit selon le cahier des charges établi.

a. Un exemple de schéma électrique.

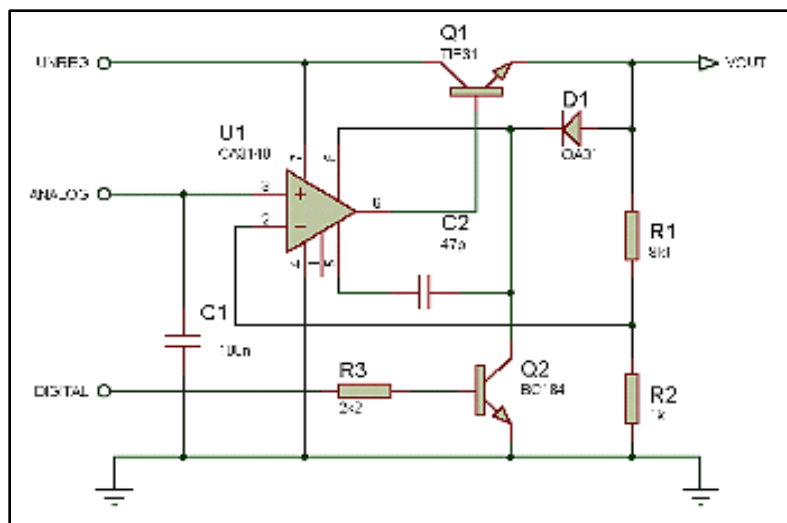


Figure (4)

Comme on peut le voir ci-dessus on dessine avec des logiciels tel que Isis PROTEUS, PSpice, Matlab ou Simulink le schéma électrique en utilisant les bibliothèques de composants incluses dans ceux-ci. Ainsi nous pouvons tester le comportement du circuit grâce aux modes de simulations proposés par ces différents outils de CAO.

2.2.2 Initiation à Isis PROTEUS

Isis Proteus est un logiciel de développement et de simulation d'application via un environnement graphique simple et interactif. Ce TP est une initiation à ce logiciel, basé sur un ensemble d'exemples, dont les résultats doivent être comparés par la suite à ceux obtenus théoriquement et expérimentalement.

I- 1. L'environnement de travail de PROTEUS

Le lancement de PROTEUS donne un environnement classique de type Windows, constitué d'une fenêtre principale, et d'un ensemble de barres d'outils. Outre le menu classique permettant la gestion des fichiers, de l'affichage, et des options des projets, la fenêtre principale comprend une Zone de travail destinée au développement des circuits à simuler et à tester. Une Bibliothèque d'objets affiche la liste des objets (circuits électriques, électroniques,...) utilisés dans l'application en cours. Les différentes Touches magnétoscope constituent des raccourcis permettant le lancement de la simulation, ainsi que la mise en pause, l'exécution pas à pas, et l'arrêt de la simulation.

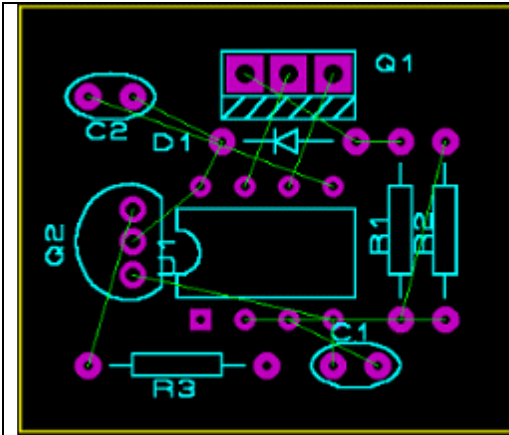
2.2.3 Router le schéma électrique

Une fois les tests effectués on étudie comment les composants vont s'organiser physiquement sur la future carte électronique. On choisit donc les composants et on établit, toujours à l'aide d'un logiciel, les liaisons entre ceux-ci.

Le choix des composants se fait en fonction des contraintes auxquelles seront soumis le circuit. Comme par exemple un impératif de place, de dégagement de chaleur, de résistance à certaines conditions (thermiques, électrostatiques, ...).

On peut ainsi obtenir ceci :

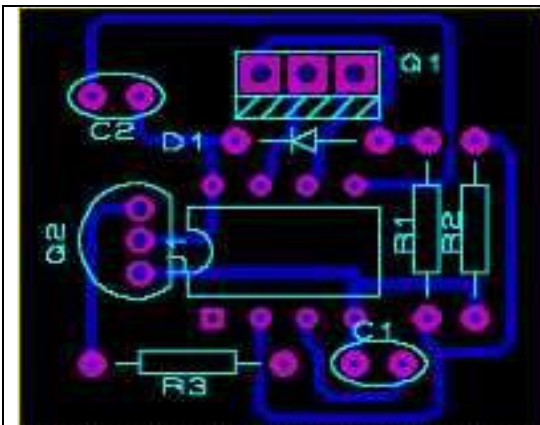
a. Schéma non routé :



- Les liaisons entre les différents composants sont les traits verts, les pastilles* violettes représentent l'emplacement où seront soudées les différentes pattes des composants.
- On observe clairement l'emplacement physique des composants.

Cependant, il reste une étape importante à réaliser : le routage. Nous connaissons la place des différents composants, il nous faut maintenant connaître celui des pistes* qui les relieront entre eux. L'objectif est donc d'obtenir le chemin de ces pistes grâce aux fonctions de routage des logiciels.

b. Schéma routé :



- Les pistes reliant les différents composants sont les traits bleus.
- On observe clairement le chemin emprunté par les pistes sur la plaque.

Le routage est régi par des règles rendant sa réalisation parfois plus complexe qu'il n'y paraît. Par exemple la largeur des pistes ou la distance entre celles-ci.

3. Rapport entre la largeur des pistes et l'intensité du courant :

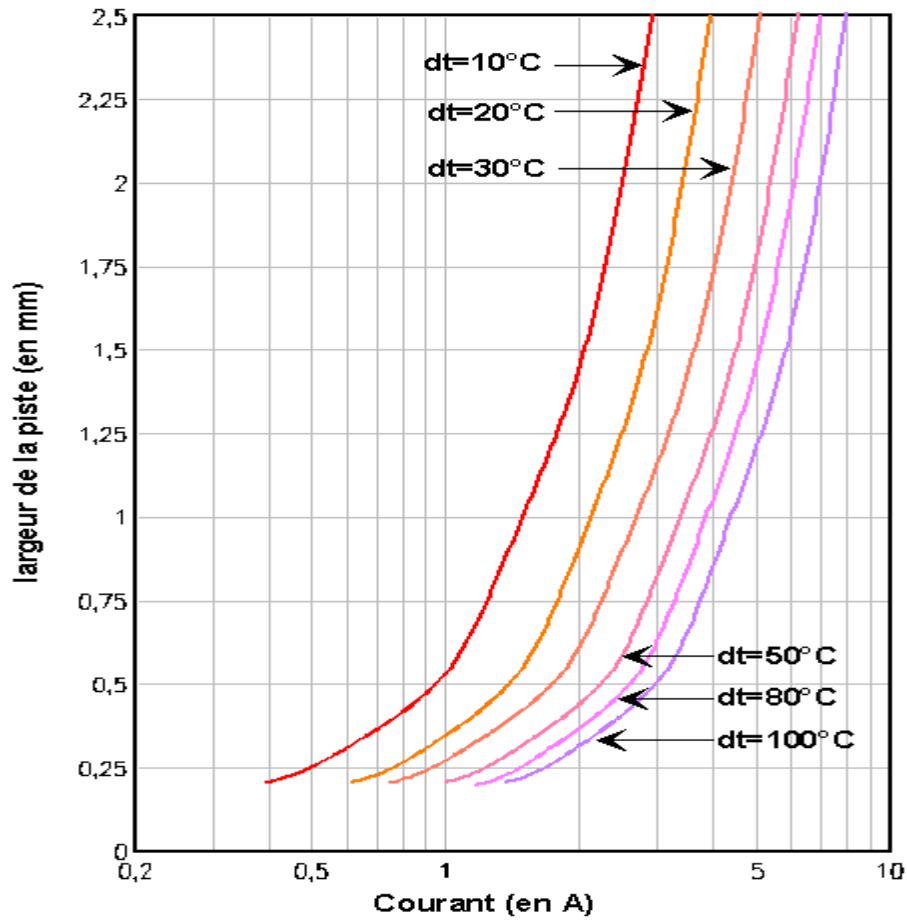
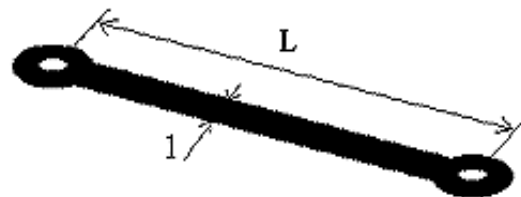


Figure (5)

Nous constatons que plus le courant parcourant les pistes est élevé plus les pistes doivent être larges. Un autre paramètre à prendre en compte lors du choix de la largeur d'une piste : la résistance électrique et la puissance dissipée. En effet, celle-ci n'est pas toujours négligeable, surtout si la piste doit faire passer plus de 1 Ampère.

3.1 Calcul de la résistance :

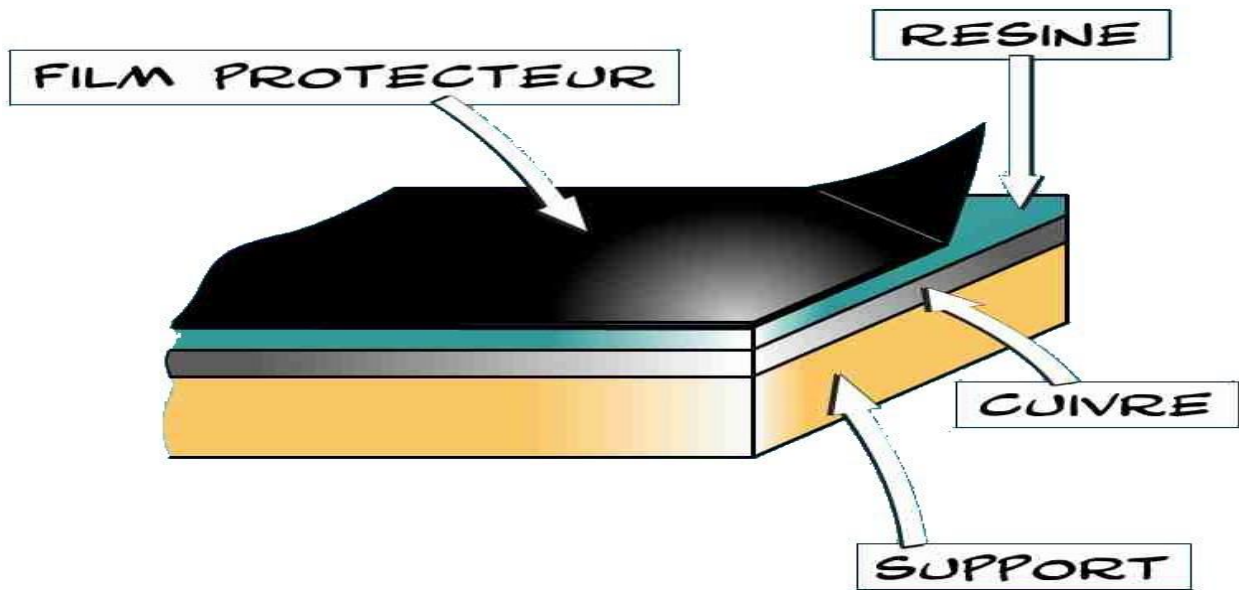


$$R(\text{ohms}) = 46.10^{-5} \times \frac{L(\text{mm})}{l(\text{mm})}$$

Figure(6)

Ces deux paramètres font partis de nombreux autres dont nous devons tenir compte. Maintenant que nous avons préparé et simulé correctement le circuit à l'aide du logiciel Isis PROTEUS, nous avons toutes les cartes en main pour passer à la réalisation du circuit proprement dite.

4. Constitution de la plaque :

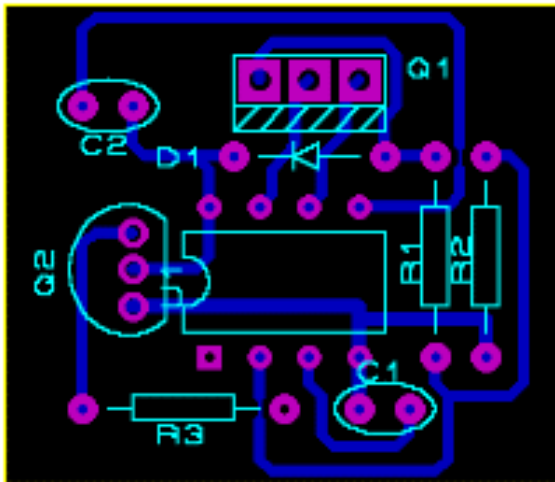


Toute la phase de préparation de la plaque a pour but d'enlever la résine puis une partie de la couche de cuivre pour que le cuivre restant forme les pistes que nous avons définies dans l'étape précédente.

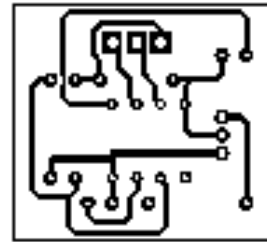
5. Imprimer le typon

Le typon est un dessin du circuit imprimé (pistes et pastilles) effectué sur un film transparent. Le typon sera utilisé pour réaliser le circuit imprimé par photogravure (prochaine étape). Le typon est donc produit d'après le routage effectué précédemment.

5.1 Le typon par rapport à la simulation :



A l'écran...



Le typon...

Nous observons facilement comment seront les pistes et où se positionneront les composants. Il nous faut donc à présent réaliser le typon sachant que plus le support est transparent et plus l'encre est opaque, meilleur sera le résultat.

6. Découpe du circuit imprimé



320 MM en acier plaque de papier Circuit imprimé carte PCB coupe en Aluminium fer cuivre Machine de découpe couteau de cisaillement puissant.



Manual **PCB V Cutting Machine V-Cut PCB Cutting Machine Cwv-1m

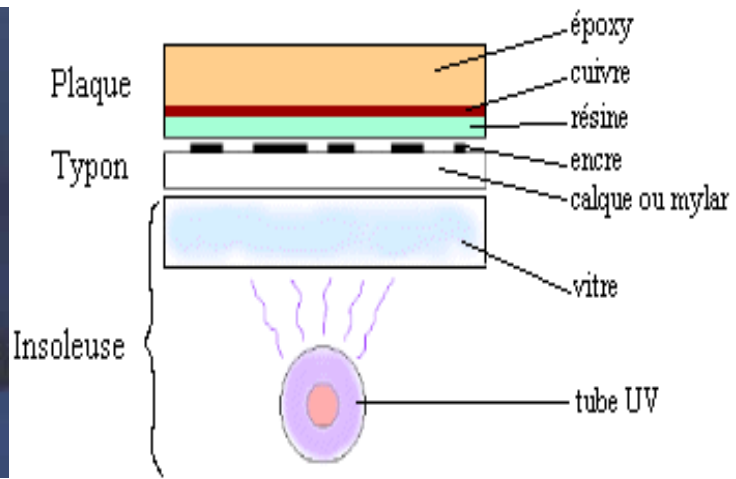
Les plaques de circuit imprimé sont vendues dans un format standard, généralement :

- 100×160 (format Europe)
- 200×300
- 300×600

Donc il faut souvent les redécouper pour les mettre à la dimension de la carte que vous voulez réaliser.

7. L'insolation

L'insolation permet de reproduire le circuit qui se trouve sur le film transparent sur la plaque de cuivre présensibilisé. Cette plaque comprends trois parties : l'époxy (isolant ou se trouveront vos composants), le cuivre qui composera vos pistes et permettra la soudure des composants, le vernis qui sera simplement utiliser lors de la phase insolation et gravure. La matériel adéquat pour insoler un circuit est une insoleuse, soit vous en acheter une (CIF en propose une dans une valise avec 2 tubes à environ 400Fr) ou alors vous vous la fabriquer vous-même avec 2 ou 4 tubes UV et un ballast.



Placement des différents éléments pour l'insolation

7.1 Fonctionnement

Le film coté encre est posé sur la plaque de verre de l'insoleuse (si non problème de flou à cause de l'épaisseur de l'encre sauf si vous utilisez une insoleuse avec le vide d'air, il faudra donc imprimer son transparent en conséquence). Enlever la protection de la plaque de cuivre et posez la sur le film, refermer le couvercle de l'insoleuse. Le temps d'insolation est variable d'une machine à l'autre (1.5 à 5 mn environs). Les UV de l'insoleuse vont détruire le vernis sauf ce qui est caché par l'encre.

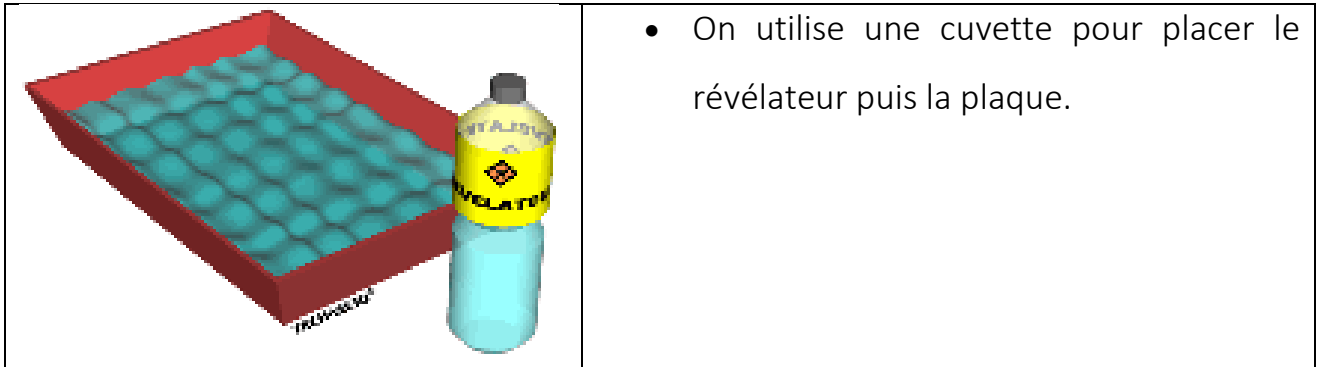
Une fois l'insolation terminée, il va falloir mettre la plaque dans une solution liquide appelée révélateur (poudre + eau), cette méthode a pour but de supprimer le vernis détruit lors de l'insolation. Plonger la plaque dans la solution, remuer puis attendez jusqu'à ce que l'on voit le cuivre brut et les pistes (env 1mn), sortez la plaque et rincez abondamment.

8. La révélation

Le révélateur est un produit chimique que l'on peut le fabriquer soi-même, puisqu'il s'agit d'une simple solution de soude caustique à 7g/l comme le Desktop (produit pour déboucher les canalisations). Cependant on la trouve à l'achat déjà dosée. Sa

manipulation nécessite des précautions comme le port de gants. L'efficacité du révélateur est meilleure quand il est tiède. On doit maintenant placer la plaque dans un bac contenant le révélateur.

8.1 Le révélateur :




Le révélateur va dissoudre les zones de la résine qui ont été détruites pendant l'insolation. La couche de cuivre va progressivement apparaître autour des pistes qui sont encore protégées par la résine. Une fois la plaque révélée elle est sortie du bac et rincée à l'eau. Maintenant que nous avons fait apparaître la couche de cuivre autour des pistes protégées par la résine, il faut la détruire.

9. Graver le circuit imprimé

Notre plaque est plongée dans un bac à graver qui contient un produit acide :

Le perchlorure de fer. Cet acide va dissoudre le cuivre autour des pistes protégées par la résine. Le Perchlorure de Fer suractivé est un liquide de couleur marron très foncé. On l'utilise pour graver les circuits imprimés car il a la particularité de détruire (par réaction chimique) tout le cuivre qui n'est pas recouvert de résine photosensible. Cela a pour conséquence de ne laisser sur la platine que les pistes qui nous intéressent.

9.1 Pour cette étape on utilise un bac à graver :

	<ul style="list-style-type: none">• Il peut contenir une résistance de chauffage et un bulleur pour accélérer la réaction chimique.
---	---

Une fois votre circuit gravé, il reste à enlever les traces de résine qui subsistent sur les pistes protégées. Nous utiliserons pour cela du dissolvant, ou encore de l'acétone. Le but est d'obtenir un circuit avec des pistes bien nettes et sans aspérités.

10. Opération de perçage

Cette étape de la fabrication du circuit imprimé consiste à percer la carte aux points où devront être mis en place les composants électroniques avant d'être soudés. Ces points sont situés sur les pistes de cuivre représentant le tracé du typon.



Déférents types de perceuses pour percer les trous des circuits imprimés.

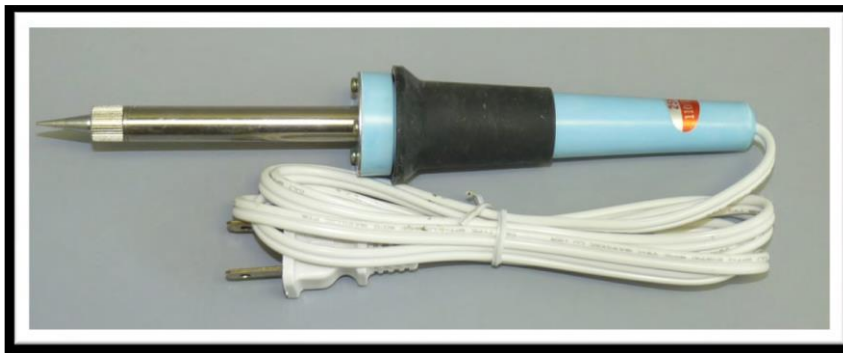
(Masque transparent sur lequel sont imprimées les pistes). Généralement ce sont des machines CNC qui sont utilisées, le fichier de perçage permet à la machine à commande numérique de décrire l'emplacement ainsi que la taille de chacun des trous percés. Le diamètre de perçage dépend de la taille des pattes des composants.

Il existe principalement 3 dimensions de pattes de composants :

- Pour les petits composants ; forêt de 0.6 mm à 0.8 mm
- Pour les composants moyens : forêt de 0.8 à 1 mm
- Pour les gros composants : forêt de 1 mm à 1.2 mm

11. SOUDURE À L'ÉTAIN

La soudure (brasure) à l'étain repose sur quelques principes de base simples. Son but premier est d'assurer une excellente conductibilité électrique entre différents conducteurs (électrodes métalliques d'un composant, circuit imprimé, fil, etc.). Pour effectuer une soudure parfaite, il faut toujours garder en tête que les deux conducteurs doivent avoir une température supérieure au point de fusion du fil à souder. Pour atteindre les températures voulues, il faut favoriser le transfert de chaleur du fer chaud vers les conducteurs. Dans le cas de soudure sur un circuit imprimé, il faut contrôler son état de conductibilité électrique (validation) avant d'implanter les composants.



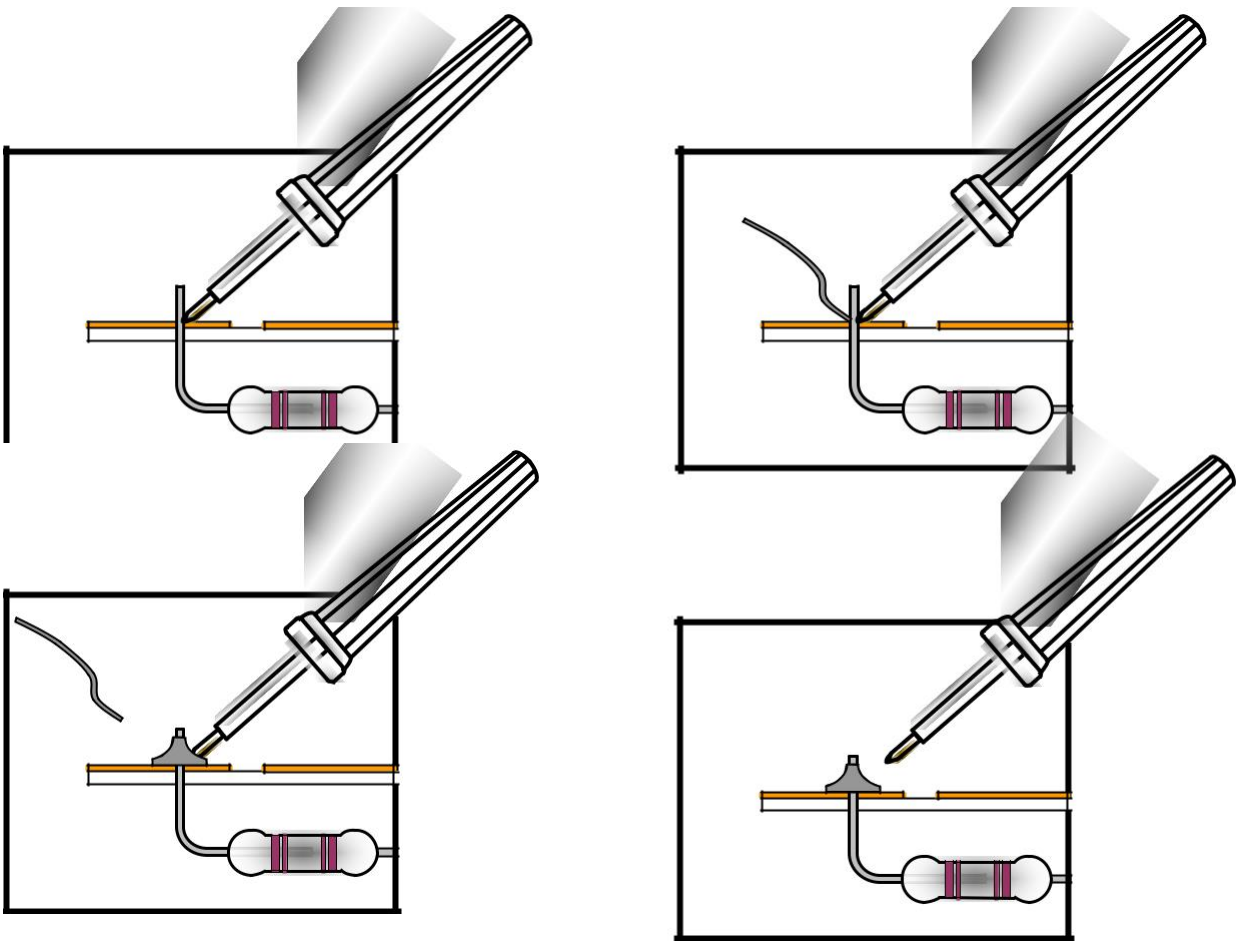
Fer à souder « type crayon à température fixe »



Eteint

11.1 Etapes à suivre

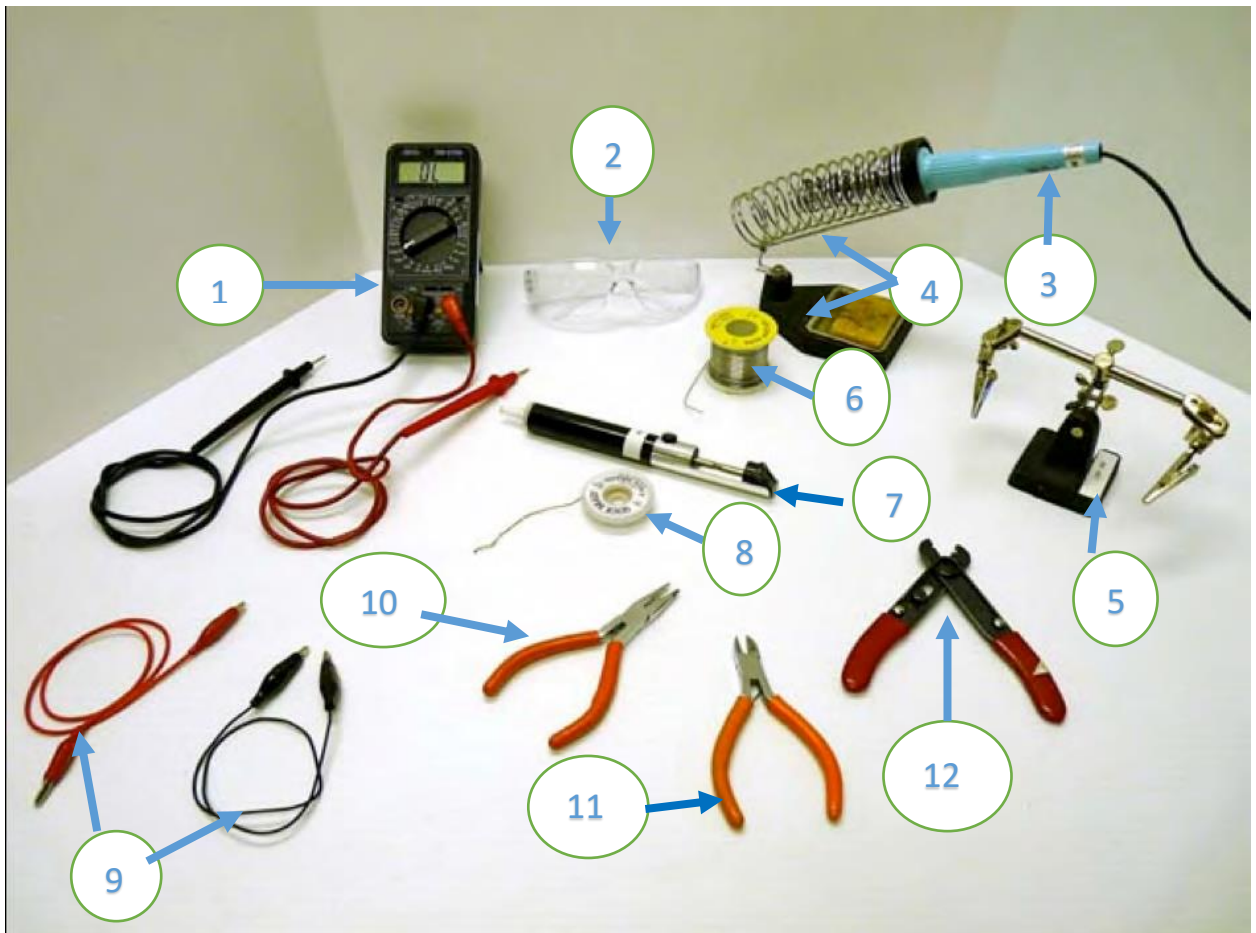
1. Brancher le fer et attendre (5 à 10 minutes) qu'il atteigne sa température d'opération.
2. Préparer le composant à souder en insérant ses électrodes dans les trous du circuit.
3. Nettoyer le fer à chaud sur une éponge mouillée.
4. Étamer le fer, c'est-à-dire y faire fondre un peu d'étain. Cet étain liquide augmentera la surface de contact entre le fer et les conducteurs à souder.
5. Appuyer le fer à la jonction de l'électrode et de la surface étamée du circuit imprimé (voir le dessin de droite). L'étamage du fer permettra une bonne conductibilité thermique.
6. Appliquer l'étain sur la même jonction sans pour autant toucher le fer directement. Il faut que l'étain fonde sur l'électrode et sur la surface étamée. Si vous ne réussissez pas à le faire, la température nécessaire n'est pas atteinte et votre soudure ne sera pas adéquate.
7. Après une soudure adéquate (forme de volcan, image en bas à gauche), couper.



11.2 Accessoires divers :

- **Dissipateur de chaleur** : Évite que la chaleur se propage dans le composant et que celui-ci soit abimé.
- **Pâte à souder (décapant) – avant la soudure** : Permet de décaper (nettoyer par action chimique) les pièces et facilite l'adhérence de l'étain sur ces dernières.
- **Nettoyant flux – après la soudure** : Permet de nettoyer les traces de produits (acides et autres) sur les plaques de circuits imprimés et sur les composants.

11.3 Instruments utilisés pour la soudure et la validation



- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 1. Multimètre | 7. Pompe à dessouder |
| 2. Lunettes de sécurité | 8. Tresse à dessouder |
| 3. Fer à souder | 9. Fils à pinces Alligator |
| 4. Support à fer avec éponge | 10. Pincés à long bec |
| 5. Étau porte---carte (étai à souder) | 11. Pincés coupantes |
| 6. Fil à souder (étain) | 12. Pincés à dénuder |

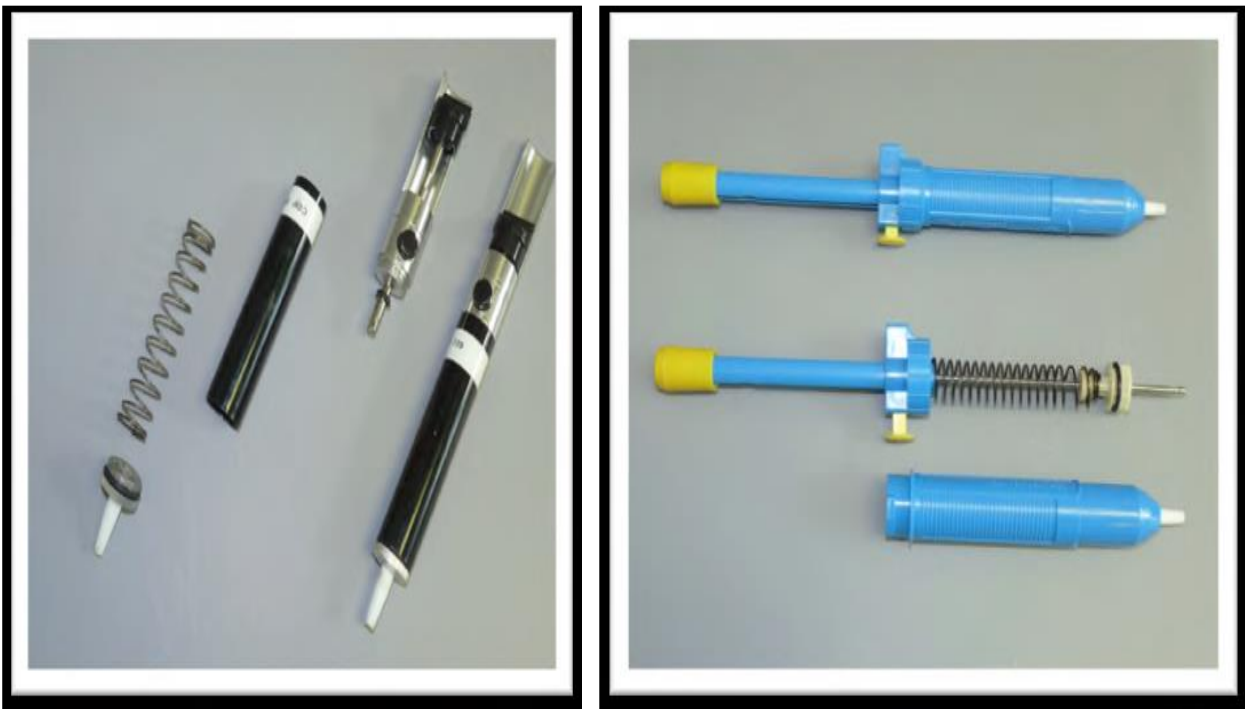
11.4 Fil à souder (soudure)

On retrouve des fils composés de différents alliages d'étain. La température de fusion sera différente d'un alliage à un autre et s'il contient ou pas de plomb (ex : avec plomb $\pm 180^{\circ}\text{C}$ et sans plomb $\pm 220^{\circ}\text{C}$).

Généralement, le fil à souder contient du flux de soudure. Ce produit acide permet un nettoyage des pièces et favorise l'adhérence de la soudure sur ces dernières. Un fil à souder d'un diamètre entre 0,5 et 0,8 mm est idéal pour les soudures effectuées en classe.

12. Pompe à dessouder

La pompe est composée d'un piston, d'un ressort de rappel et d'un embout. Ce dernier est en téflon, ce qui lui permet de résister à la chaleur. L'embout peut être changé lorsqu'il commence à être défraîchi.



Avant d'utiliser la pompe, il faut l'amorcer en pressant fortement sur le piston. L'embout de la pompe doit être très près de la soudure lorsqu'on la fait fondre. Au moment où l'étain est en fusion, on désamorce la pompe ce qui produit une aspiration rapide de ce dernier.

Appuyer la panne du fer à la jonction de l'électrode et de la soudure.

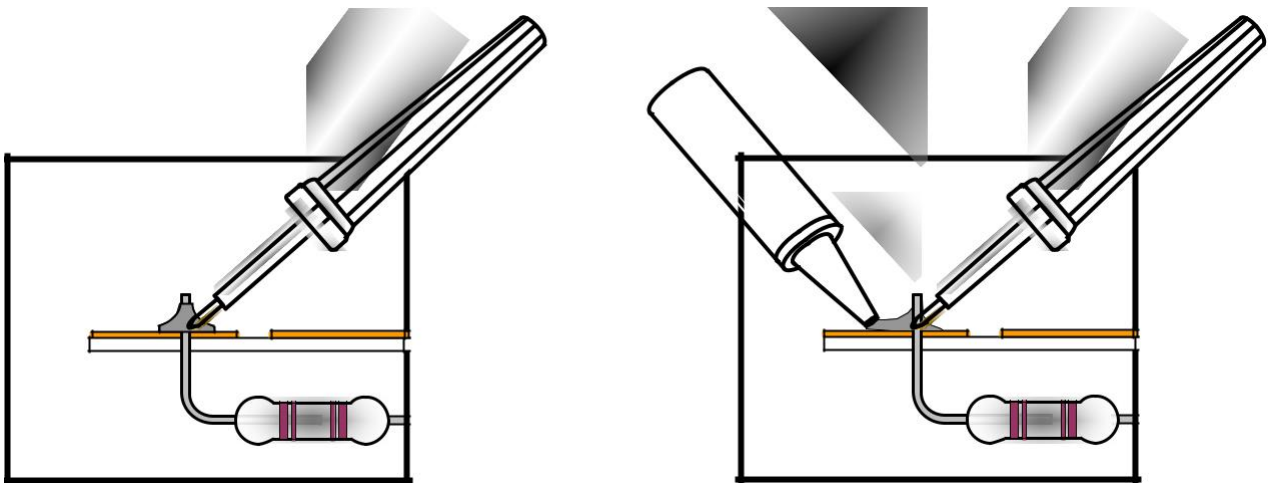
2- En même temps, placer la pompe près de la soudure.

3- Faire fondre l'étain.

4- Dès la fusion de celui-ci, désamorcer la pompe pour aspirer l'étain.

5- Reprendre les opérations 1 à 4 si nécessaire.

Important : Ne pas oublier de vider la pompe de temps à autre.



13 Remarque

Il faut bien voir les vidéos suivantes pour bien maîtriser la réalisation des circuits imprimés.

5:28 / 7:35

Circuit imprimé par transfert de toner à froid

https://www.youtube.com/watch?v=JsVqdsSR_G8

<https://www.youtube.com/watch?v=9FrgSD4TSMo>

<https://www.youtube.com/watch?v=0Jsthv3mxEE>

Circuit imprimé Utilisation de l'insoléeuse

https://www.youtube.com/watch?v=33c_I0dRja0

<https://www.youtube.com/watch?v=gKleUCjvbns>

<https://www.youtube.com/watch?v=yrFtyymeWnU>

<http://gestiontechno.eklablog.com/realiser-un-typon-p1268168>