

Ma méthode pour la réalisation de circuits imprimés.

Il y a longtemps que j'ai réalisé mon premier circuit imprimé (CI) mais en ce temps là (il y a quand même 35 ans ...), ce n'était pas top et très compliqué de trouver du matériel et j'avais abandonné ! Mais pour réaliser ce cockpit, il était très avantageux de réaliser nous-mêmes nos CI. Je m'y suis donc remis et, avec un logiciel et le matériel que l'on trouve aujourd'hui, c'est devenu un plaisir.

Il existe plusieurs méthodes pour réaliser des circuits imprimés. Je ne les ai pas toutes testées et ne sais donc pas laquelle est la meilleure et/ou la plus simple.

J'ai opté pour la méthode d'insolation par UV et gravure avec du perchlore de fer.

Je n'ai rien inventé, la méthode est classique. Je donne simplement quelques trouvailles pour obtenir un résultat très honorable (enfin, à mon avis) !

Je suis cependant preneur de toute critique et amélioration !

1 - Le matériel :

Indispensable :

- Une insoleuse UV, la mienne : type KF avec 4 tubes 8W.
- Plaques de circuits imprimés photo-sensibilisés positives «Bungard » (Gotronic).
- Révélateur positif (sachet de poudre à diluer).
- Du perchlore de fer (granulés à diluer).
- Du nettoyant dégraissant, genre "cif".
- 2 bacs plastique (ou 1 bac et une graveuse) de taille suffisante.
- Perceuse dremel ou équivalent (20 000 tours par mn est un plus).
- Forets HSS (0,7 - 0,8 - 1 - 1,2 ... mm). Ne pas lésiner sur la qualité. Je n'ai pas essayé le carbure (trop cher). J'ai quand même fait plusieurs centaines de trou avec ces forets HSS.
- Gants fins. Petit conseil : talquez l'intérieur !

Facultatif :

- Une bonne loupe.
- Un minuteur, mais vraiment pas très utile (J'insole en regardant ma trotteuse de montre).
- Bac de gravure avec résistance chauffante et pompe à air comme bulleur (très pratique).
- Plaques de circuits imprimés cuivre nu (sans vernis photosensible).
- Vernis photosensible positif en bombe type "positiv20".
- Une solution liquide d'étamage à froid "Etamag".
- Thermomètre (support plastique).
- Un support vertical de bonne qualité pour la perceuse (fortement recommandé).
- Une table lumineuse maison (boîte en bois de 3 "bonnes" bouteilles tapissée de PVC blanc à l'intérieur. Une baladeuse néon à l'intérieur et une plaque de plexis dessus avec du papier "canson" (ou un plastique translucide) comme diffuseur.
- De l'acétone.
- Une « grosse » bassine remplie d'eau claire (au début) pour rincer les CI et accessoires : cela qui permet de diluer les résidus de produits avant de les verser dans la cuvette des WC. De cette manière, le risque de corrosion du chrome des bondes de lavabo est évité.

2 - Le dessin du typon (Routage) :

Je ne vais pas faire ici, un cours sur l'utilisation d'un logiciel de dessin de PCB, mais donner un minimum d'infos pour de meilleures chances de réussites.

Les dimensions ci-dessous (pastilles, pistes) sont données en mm, mais issues du logiciel qui calcule en pouces (Inches), donc avec des valeurs en mm « exotique ».

- *Logiciel* : J'utilise "ExpressPCB 7.0.1" gratuit et largement suffisant à mon avis Il est disponible ici :

Prise en main très facile, il permet de faire :

- Simple ou double face (Voir 4 couches mais sans intérêt pour nous ...).
- Sérigraphie composants.
- Plan de masse autour des pistes C-Side et/ou W-Side.
- Liste des composants bien fournie.
- Possibilité de créer facilement ses propres composants.
- Sauvegarder ses fichiers en ".pdf" très utile pour "faire/imprimer" ses typons.

- *Pastilles* :

- Diamètre 1,65 (si nécessité de passer une piste entre deux) pour les connecteurs dont le perçage est de 1mm.

- Diamètre 1,42 (ou plus si possible) pour un perçage inférieur (0,8 par ex.).

- A la demande bien sûr pour le reste (fixations etc...).

- Pour le diamètre intérieur des pastilles, je mets 0,64 voire 0,51, y compris pour les trous de fixation (Voir #perçage).

- *Pistes* :

- Il est évident que plus la piste est large et espacée des autres, moins il y a de risques de coupures et de court circuits. Ceci dit, il y a des impératifs et il est parfois nécessaire d'avoir des pistes fines.

- Passage entre pastilles de connecteur au pas de 2,54 : largeur 0,25mm sur une distance la plus courte possible.

- Pistes classiques, mais assez serrées entre elles : largeur 0,30 ou 0,38mm. Espacement mini de 0,38mm si possible.

- Piste idéale pour être sûr de ne pas avoir de problème : 0,51mm et plus.

- Pistes d'alimentation : Si possible 1,02mm, 1,52mm ou plus.

- Espaces entre le plan de masse et les pistes et pastilles : 0,71.

Notes : *Le plan de masse n'est pas nécessaire mais permet d'avoir moins de cuivre à enlever, donc économie de perchlo.*

Je n'ai pas encore fait de double face mais, c'est à mon avis tout à fait possible !

Par contre, il n'est pas envisageable de réaliser des trous métallisés. Il existe cependant des « rivets » spéciaux pour faire la liaison entre C-SIDE et W-SIDE, je n'ai pas essayé, mais n'ai pas très confiance, sauf à les souder. Dans ce cas, il est tout aussi facile de se servir d'un morceau de fil de câblage. Un morceau de « queue » de résistance conviendra très bien.

Je ne conseille pas de faire le passage entre les 2 faces en profitant des pattes de composants, sauf si elles sont facilement accessible de chaque côté. Il faut bien voir que dans ce cas, ce composant sera totalement indémontable ...

Reste le problème du positionnement des typons sur chaque face au moment de l'insolation. Je ferai un tuto sur ce sujet si je réalise du double face, à suivre donc !

- Mettre du texte sur chaque face, au moins "W-SIDE" coté fil et "C-SIDE" coté composant (si utilisé). Cela permettra de positionner le typon dans le bon sens pour l'insolation, « *ca marche moins bien à l'envers forcément ...* ».

- Mettre deux mires (à l'extérieur ou intérieur du CI) pour un meilleur ajustement des typons (voir #3 ci-dessous). Cela peut-être une simple croix de trait très fin, ou avec des cercles de centrage, les traits en croix étant interrompus sur une faible distance au centre.

- Marquer les 4 coins du CI par des traits de coupe (sur chaque face : W-SIDE et C-SIDE si utilisé) et prolonger ces traits sur 5 à 6mm à l'extérieur du CI.

- Mettre deux pastilles seules vers un grand coté du CI pour faciliter le positionnement ultérieur de la sérigraphie (dessin des composants sur C-Side). Pas nécessaire si des trous de fixation sont déjà positionnés ainsi.

- Faire une sérigraphie la plus réaliste possible (dimension correcte des composants) en y mettant également les 2 pastilles en regard de celle du CI de positionnement de la sérigraphie.
- Sauvegarder chaque face séparément (W-SIDE, C-SIDE et sérigraphie), y compris en .pdf.
- Vous pouvez bien sûr les imprimer directement si votre imprimante est de bonne qualité.

3 - Le typon :

- Avec le logiciel, dupliquer le dessin final en laissant 3 cm entre les deux images. On aura donc les 2 typons à superposer sur la même feuille A4. La précision de superposition n'en sera que meilleure. Si le CI est trop grand, faire 2 typons A4, mais sur la même imprimante (même précision).
- L'impression va se faire comme si l'on voyait les pistes par transparence. C'est important car cela va permettre de placer le typon sur le CI avec l'encre en "contact" avec le cuivre pré-sensibilisé ce qui permettra de ne pas avoir de défauts de parallaxe dus à l'épaisseur du typon pendant l'insolation.
- J'ai fait des essais avec mon imprimante (de bas de gamme) et c'est inexploitable...
- Je suis donc passé par un magasin imprimeur. A 0,60€ le transparent A4 laser (où l'on peut mettre éventuellement plusieurs CI), ce n'est pas ruineux. Le fichier .pdf m'a donc été utile à ce stade.
- J'ai donc prévu 2 typons identiques par CI, car l'encre n'est pas forcément assez noire (j'ai raté un CI en négligeant ce « détail »). Si vous jugez que l'encre n'est pas assez opaque :
- Couper les 2 typons avec une marge d'environ 1cm pour l'un et 2cm pour le second tout autour du circuit en incluant les mires bien sûr.
- Superposer les 2 typons en se servant des mires. Cela doit être fait avec le plus grand soin, au besoin avec une loupe. La table lumineuse est une aide précieuse (mais pas obligatoire).
- Coller les 2 typons ainsi superposés avec du scotch. Bien vérifier qu'ils n'ont pas bougé. De cette manière le typon sera bien opaque aux UV. Je n'ai pas rencontré de problèmes à l'insolation, même avec mes pistes de 0,25mm (quoique, voir gravure plus bas)!
- Pour cette superposition, mettre le typon qui a la plus petite marge au dessus de l'autre en lisant les inscriptions à l'envers (par transparence), l'encre étant ainsi sur le dessus. Le scotch reliant les 2 typons superposés doit être assez loin du bord du CI fini (3 à 4 mm minimum). En effet, à l'insolation il ne faut pas que le CI déborde sur ce scotch, ce qui provoquerait un défaut de parallaxe (minime certes), mais c'est à ce prix que l'on peut espérer de bons résultats.

4 - L'insolation et la révélation :

- A ce stade, enlever la cravate et le costar.
- Couper un morceau de circuit pré-sensibilisé à une dimension légèrement supérieure à la dimension finale du CI (1 à 2mm sur chaque coté) pour un positionnement plus facile.
- Garder les chutes, ça peut servir.
- Préparer la solution du révélateur. Attention, d'après le fabricant il ne se conserve pas plus de 24H après dilution, donc ne préparer que ce qui est nécessaire. ½ litre de solution est suffisant pour plusieurs circuits de 10x15 cm par Ex.
- Positionner et fixer le typon avec du scotch papier sur la glace (propre) de l'insolateur. Les inscriptions devant être lues à l'envers (pour W-SIDE ***Mais aussi pour*** C-SIDE si double faces).
- Enlever la protection de la couche photo sensible sur le CI (ben oui, faut pas oublier).
- Placer le CI sur le typon (face pré sensibilisé coté typon, vous l'aurez deviné). C'est ici que les traits de coupe sont utiles. Le fixer avec du scotch papier (plus facile à enlever ...).
- ***Important*** : L'insolateur doit comporter une mousse (ou tout autre système) qui plaque bien le CI sur le typon et la vitre (toujours pour éviter un défaut de parallaxe).
- Insoler en respectant le temps préconisé (2mn30 pour moi, mais ce n'est pas à la seconde près).
- Sortir et plonger le CI dans le révélateur, face sensibilisée en haut. Pour ma part, je le tiens avec les doigts et le bouge pour faire circuler le révélateur à la surface, je frotte également le CI avec les doigts (sans appuyer), ce qui accélère le développement. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le vernis n'est pas fragile. Les gants sont de rigueur bien sûr (c'est quasiment la soude !).

- La révélation est terminée lorsque le vernis est totalement dissout entre les pistes, donc que l'on voit le cuivre bien brillant. Le temps est très variable en fonction des solutions (marque et concentration) ; 2 à 3 mn en général.
- Rincer abondamment à l'eau claire. Ne pas trop attendre avant la gravure.

Note : J'ai également utilisé avec succès du vernis photo sensible en bombe sur du CI nu (bien lire la notice). Après pulvérisation, j'ai mis le CI dans une boîte en carton (protection contre les UV) et fait sécher le vernis dans mon four de cuisine pendant 3H à 50° C.

5 - La gravure :

Si vous n'avez pas de bac de gravure, procédez de la manière suivante :

- Préparer la solution de perchlorure en respectant les doses indiquées. Il se conserve sans problème dans un récipient en plastique. Seul, sa saturation en cuivre le rend inutilisable.
- Chauffer le perchlo au bain-marie dans un récipient en verre ou plastique (bouteille d'eau minérale par Ex.) Attention, pas à plus de 40-45°, au-delà de 48° il dégage des vapeurs toxiques, thermomètre conseillé.
- Le verser dans le bac en plastique et gravez de la même manière que la révélation (Remuez impérativement pour faire circuler le perchlo sur le CI). Il faut entre 5 et 10mn suivant le degré de saturation du perchlo.
- On contrôle facilement l'avancement de la gravure en sortant de temps en temps le CI, Bien contrôler toute la surface et principalement les endroits fins (pistes entre pastilles par ex.) !
- Une fois fini, bien rincer à l'eau froide et contrôler sérieusement. Ce serait dommage de laisser des courts-circuits, replonger si nécessaire.
- Attention, le perchlo attaque aussi dans l'épaisseur du cuivre (sous le vernis) donc les pistes fines sont de ce fait sujettes aux coupures ...
- Enlever le vernis à l'acétone (ou alcool à 90°, mais c'est moins bon).

Note : J'ai eu quelques soucis sur une partie d'un CI (court-circuit sur quelques pistes très proches de pastilles) dûs, je pense, à cette saturation... A moins que ce soit un mauvais positionnement des 2 typons l'un sur l'autre ! Mais facilement résolu par quelques coups de scalpel.

6 - L'étamage :

- Une fois le vernis enlevé, dégraissez le CI avec de l'acétone et/ou du dégraissant genre "cif" pour bien décaper le cuivre. Ne plus le toucher avec les doigts.
- Tremper le CI dans la solution d'étamage à froid pendant quelques mn.
- Rincer quand le CI est bien blanc, c'est fini.

7 - La sérigraphie :

Hé oui, je fais aussi ma sérigraphie coté composant (pour du simple face seulement) ... En effet, si l'on fait du double faces, il faudra faire des soudures sur C-Side, donc la sérigraphie n'est plus possible). C'est très simple :

- Imprimer le fichier .pdf de la sérigraphie sur une étiquette autocollante.
- La suite au #8 ci-dessous

8 - Le perçage :

Il n'est pas facile de percer des centaines de trous de 0,8 ou 1mm avec précision. J'utilise une mini perceuse montée sur un support. Je fixe un étau sur le socle et serre un morceau de bois avec une surface bien lisse dans cet étau, de dimension suffisante et dépassant au dessus des mors pour pouvoir déplacer facilement le CI.

La pointe du foret doit être très proche du CI pour plus de facilité de positionnement.

Le positionnement n'étant pas facile, j'ai choisi l'option de sortir le foret au maximum du mandrin. De par sa souplesse il se centre à peu près correctement de lui-même dans le trou de la pastille. Ceci est facilité par le diamètre très petit que j'ai donné aux trous des pastilles à l'étape du routage.

J'ai en effet remarqué que plus le diamètre central de la pastille était gros, plus le perçage était décentré.

Pour la même raison, je déplace avec "souplesse" (sans le serrer) le CI pour le positionner sous le foret qui peut ainsi « l'attirer » pour le centrer.

Bien sur, très bon éclairage de rigueur (voir avec une loupe éclairante). Une soufflette serait également bienvenue !

- Vitesse de rotation très élevée (20 000tr/mn) recommandée.
- Percer les 2 trous de positionnement de la sérigraphie.
- On peut maintenant positionner et coller la sérigraphie (Sur la bonne face ...), voir photos.
- Percer la totalité des trous aux divers diamètres.

Note : - *Je fais les trous de fixation en 2 étapes, diamètre 1mm puis le bon diamètre.*

- *On peut passer une ou deux couches de vernis (en bombe) sur la sérigraphie pour la durcir.*

Mon matériel ...

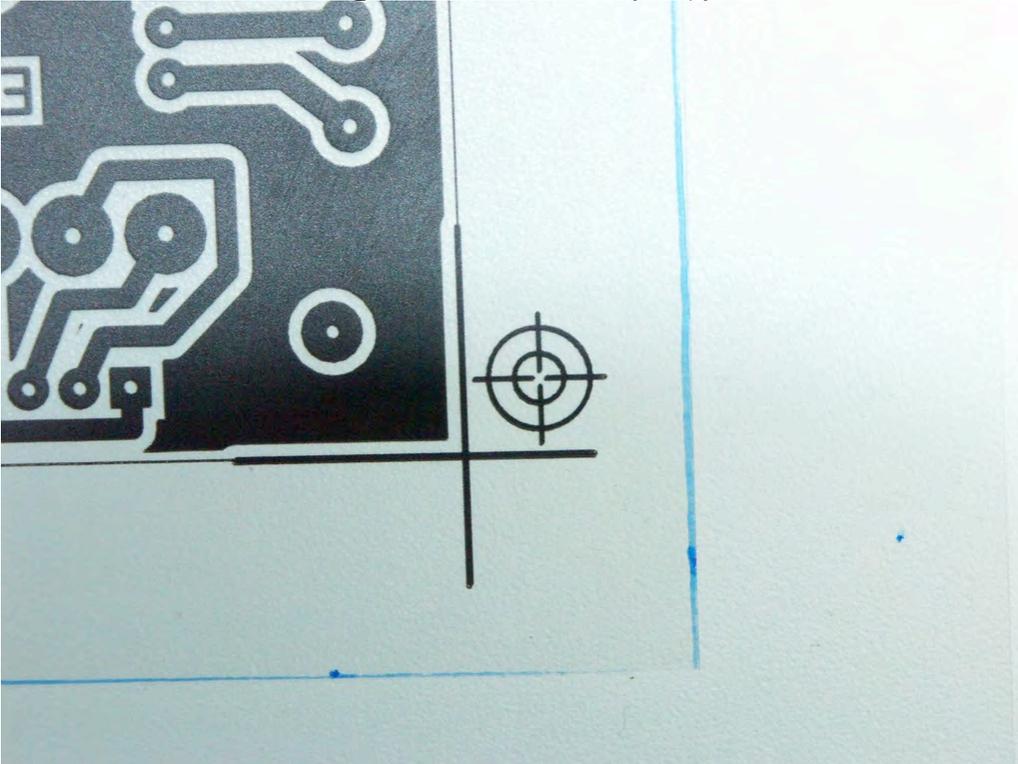


Non non, le billard n'est pas indispensable !

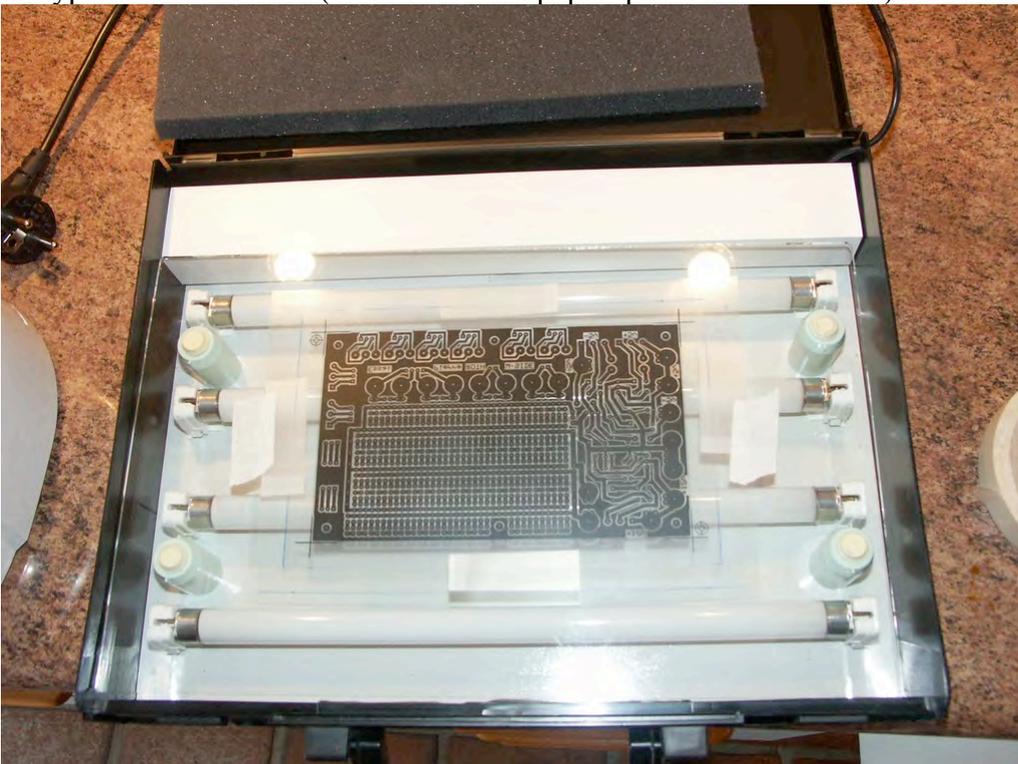
A gauche, ma table lumineuse, à l'arrière le support de perceuse avec la mini perceuse. J'ai utilisé un support que j'avais pour grosse perceuse.

Comme ce support est de bonne qualité avec très peu de jeux, j'y ai adapté ma mini et fixé un étau.

Détail d'une mire de centrage et des traits de coupes (qui débordent du CI de 5 à 6mm).



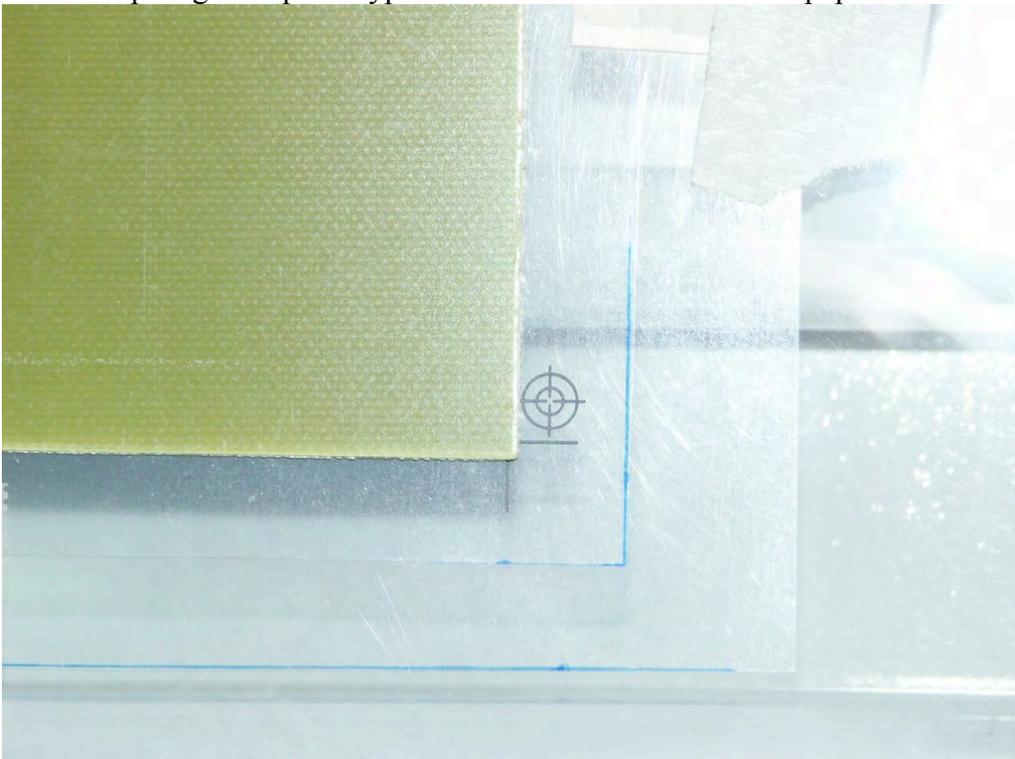
Le typon sur l'insolence (Collé au scotch papier plus facile à enlever).



CI sur le typon, ne pas oublier d'enlever le plastique de protection du vernis, si si, je l'ai fait !



On voit bien le rôle des traits de coupe et la facilité de positionnement dûe au fait que le CI est 2 à 3 mm plus grand que le typon ! Fixer le CI avec du scotch papier.



Je conseille fortement une mousse d'appui légèrement comprimée par le couvercle de l'insoleuse. Ce qui permet de bien plaquer l'ensemble.



Révélation, les pistes apparaissent très vite, attendre de voir le cuivre bien rouge. Bouger le CI et ne pas hésiter à frotter (sans appuyer) avec les doigts. Et ne faites pas comme moi, rangez les fruits ailleurs ... !



L'étape de gravure, ici avec une graveuse verticale, bulleur et résistance pour chauffer le perchlo.
Sortir le CI de temps en temps et contrôlez l'avancement de la gravure (entre 5 et 15 mn).
La saturation du perchlo influence fortement ce temps.
Bien lire la notice de la résistance de chauffage pour éviter de la griller (du vécu, snif).



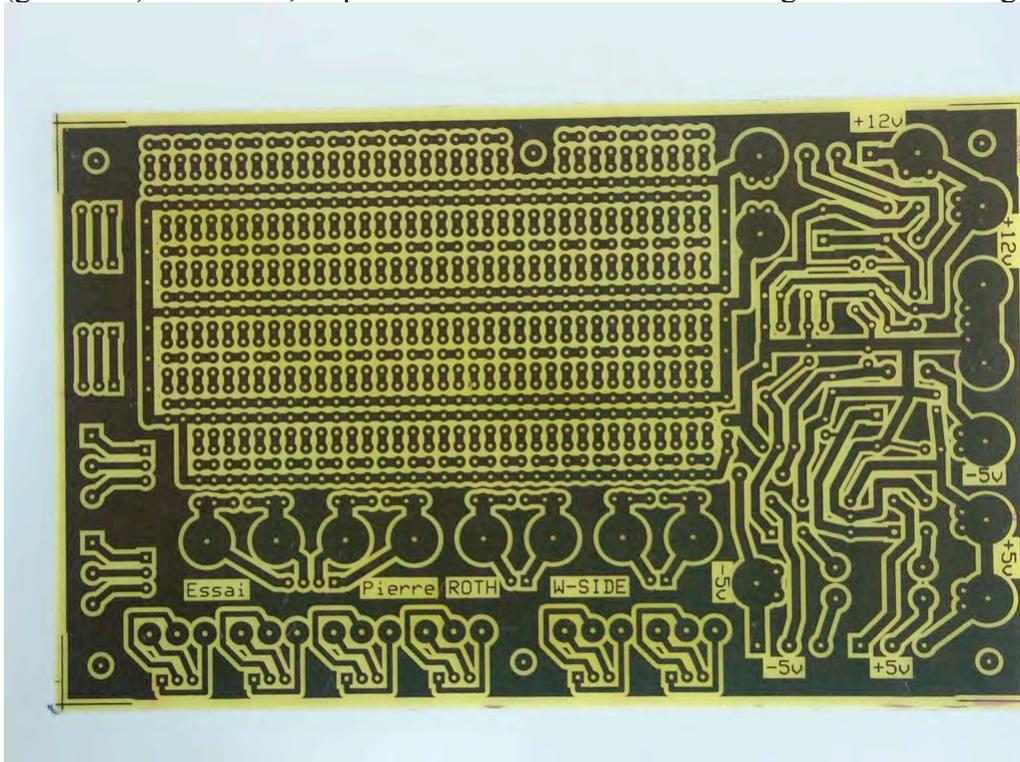
Rinçage et nettoyage CI et ustensiles. Une grande quantité d'eau dilue les résidus de perchlo !
Je verse cette cuvette dans les WC ... Pas le choix. *Mais je porte le perchlo saturé à la décharge !*



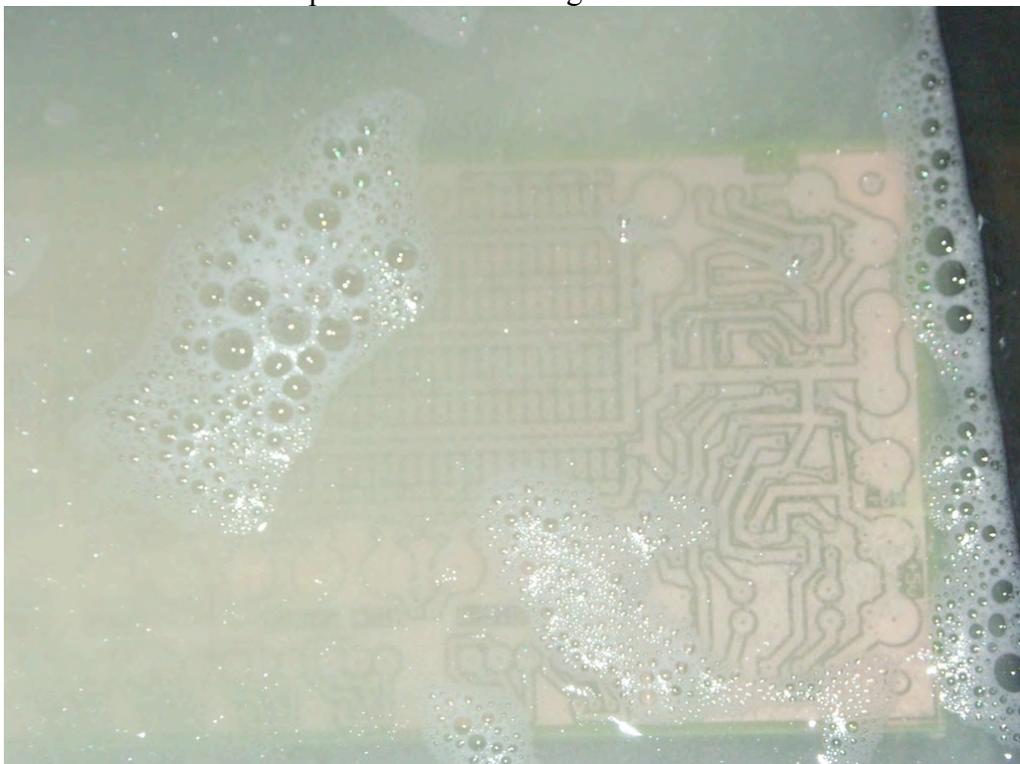
La pièce blanche est une réalisation personnelle, entièrement complètement en PCV pour tenir le CI.
Tout les métaux courants sont attaqués par le perchlo, donc ne mettre que du verre, plastique,
ou PVC (que l'on peut coller comme ici sur certaines pièces). Même la vis de maintien est en nylon.

Le CI fini, rincé mais il a encore son vernis protecteur.

J'utilise de l'acétone pour l'enlever (possible aussi avec alcool à brûler), puis passage au détergent (genre Cif). Et surtout, ne plus toucher le cuivre avec les doigts avant l'étamage.

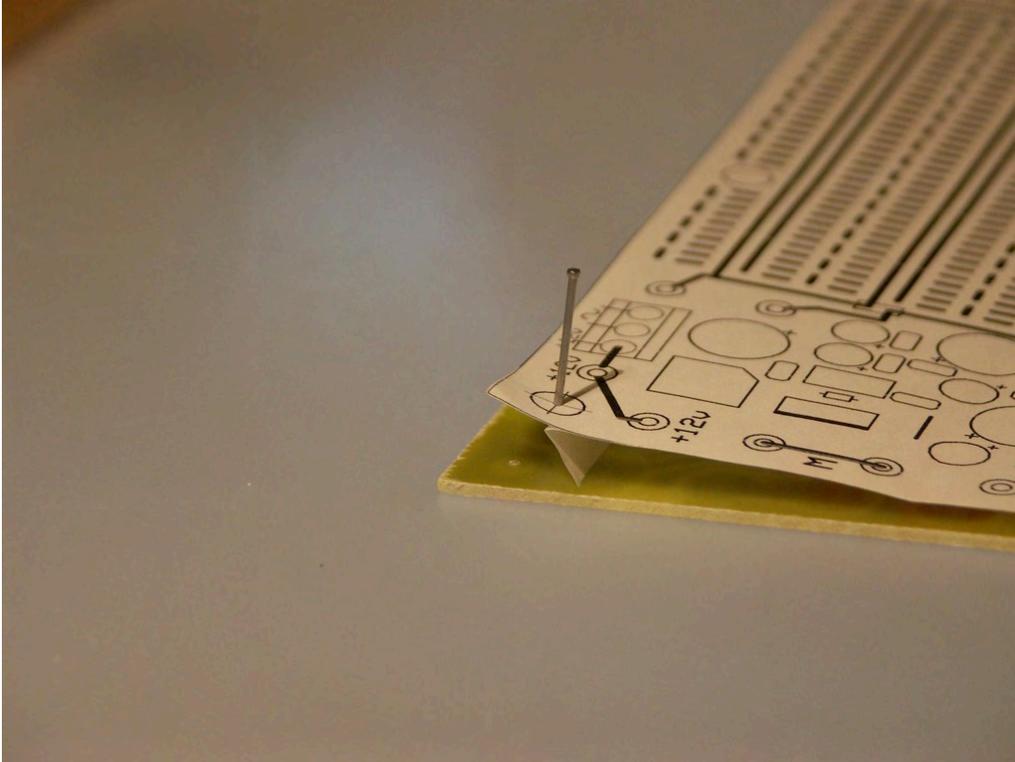


L'étamage, en principe 2 à 3 mn suffisent et contrairement à ce qui est écrit sur la notice, le produit est encore efficace même après 2 ans de stockage.

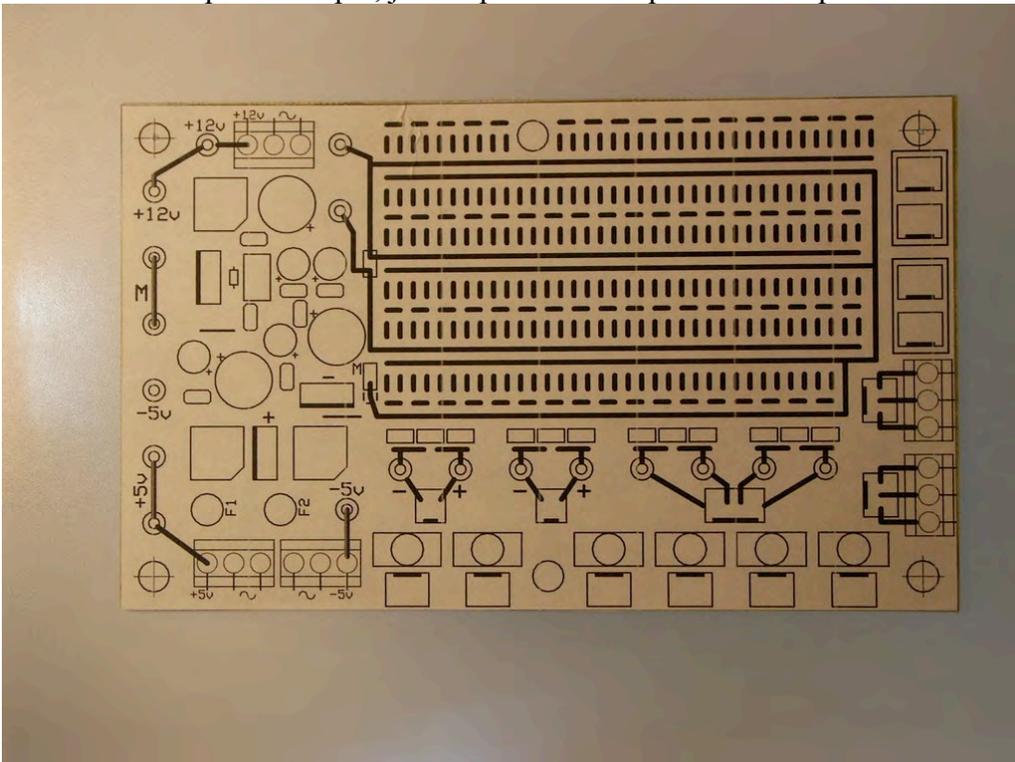


Sortir au bout de 2 à 3 mn (quand il est blanc), rincer, c'est fini !

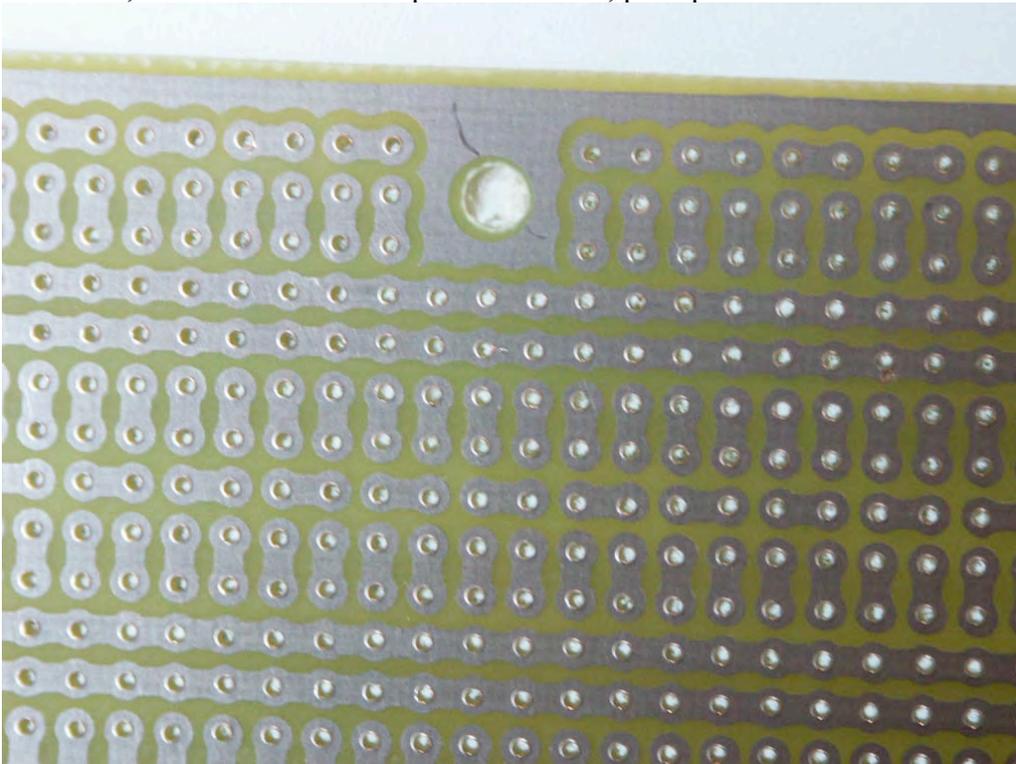
La sérigraphie : Uniquement pour du simple face, un autocollant correctement positionné !
J'ai percé deux trous (au diamètre des clous) aux extrémités du CI (Centre des trous de fixation).
Un repère (croix) à été mis sur la sérigraphie au dessin du CI.
Décoller sur 1cm environ la feuille de protection et la replier sur elle-même.
Percer la feuille avec deux clous qui rentreront légèrement en force dans les deux trous du CI.
Coller la bande dégagée. Attention, ce n'est pas facile si le CI est grand, ça ne se colle pas droit !
On peut aussi engager les clous par en dessous et piquer l'autocollant au dessus.



La sérigraphie collée, avant perçage.
Le circuit étant plutôt simple, je n'ai pas mis de repères de composant ...



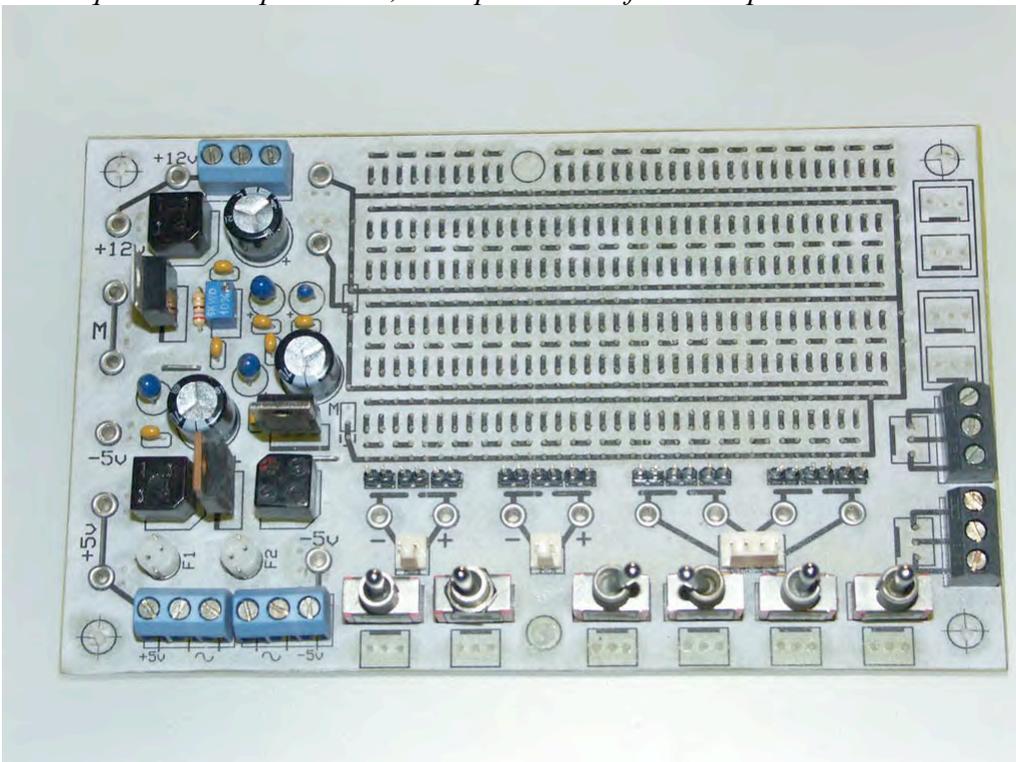
Cette fois, contrairement à mes premiers essais, pratiquement tous les trous sont bien centrés.



La carte est câblée (il me manque quelques composants).

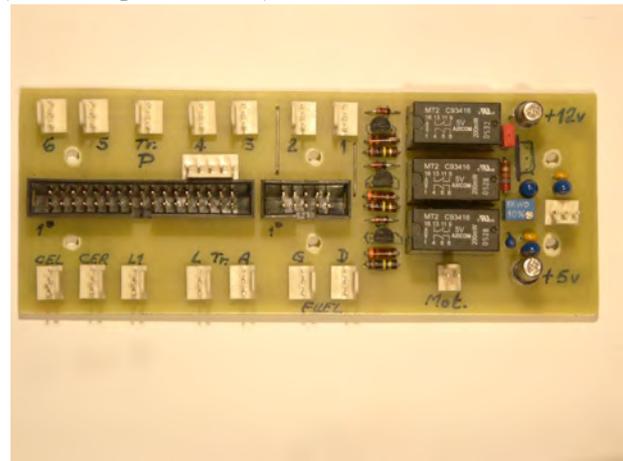
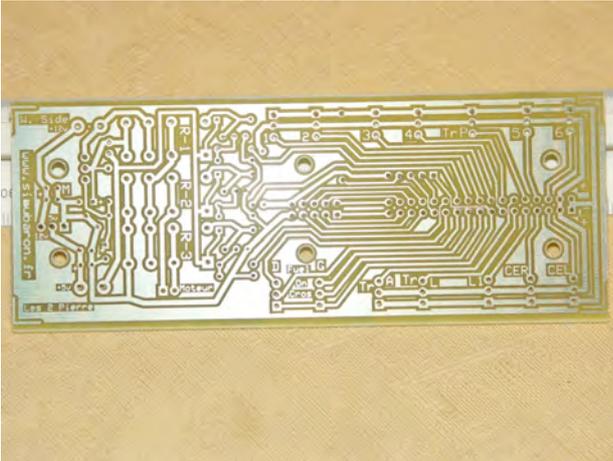
Tout compte fait, la sérigraphie rend mieux que je ne pensais et plutôt bien centrée.

Remarque : avec ExpressPCB, il est possible de faire l'impression de la couleur que l'on veut.

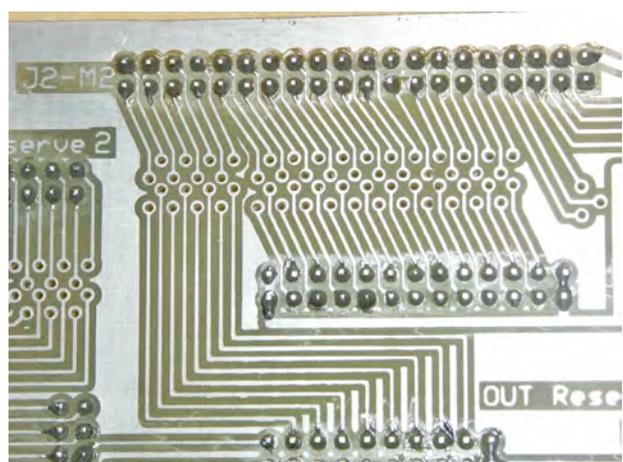
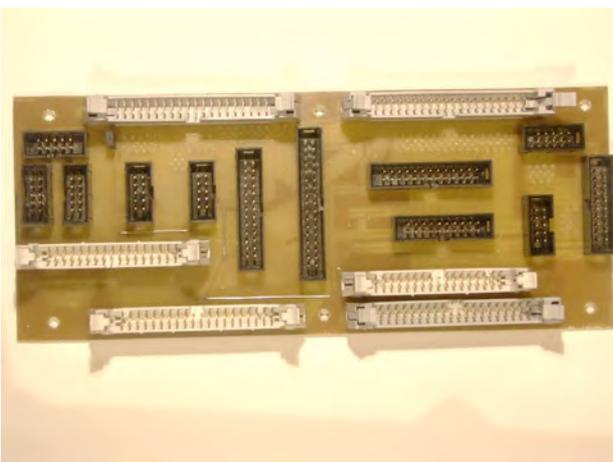
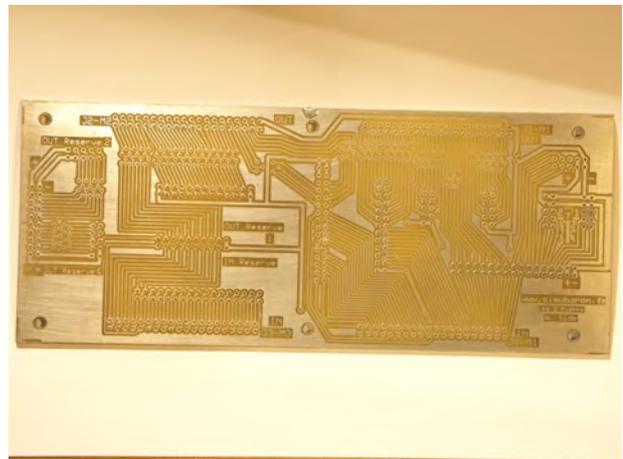
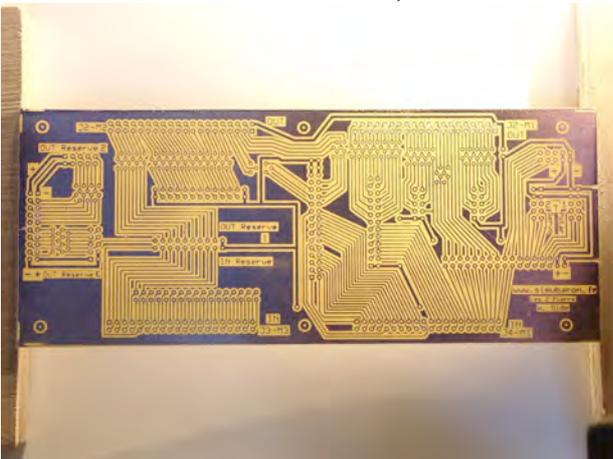


Quelques réalisations avec cette méthode :

Circuit de liaison et de commande de moteur CC (Trim de profondeur).



Circuit de distribution 'entrées, sorties' des cartes 'Master' vers les modules extérieurs.

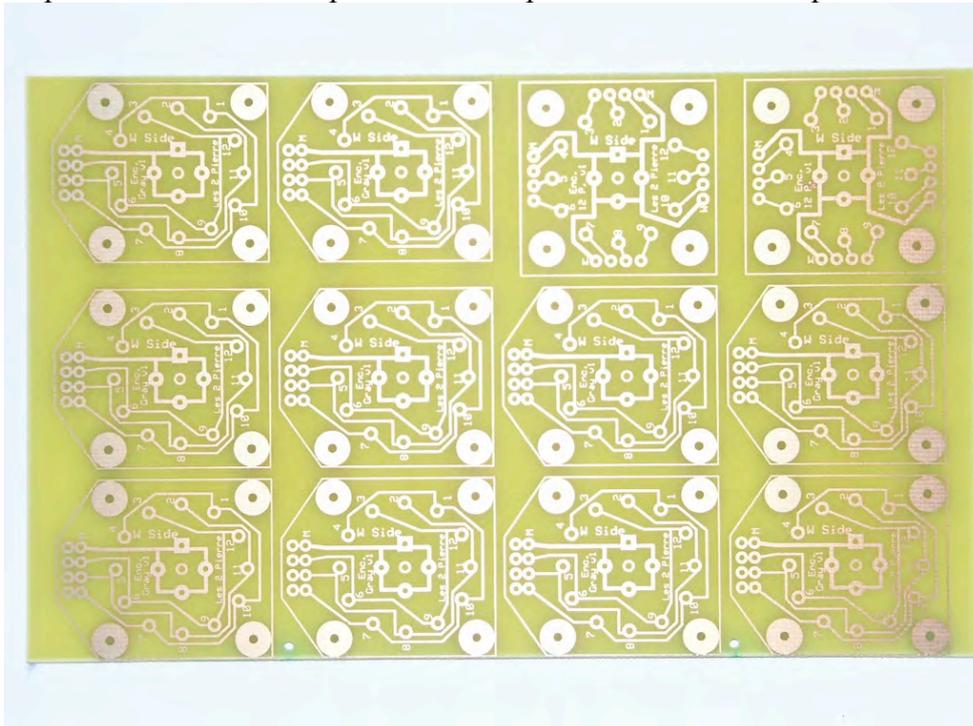


Le câblage.

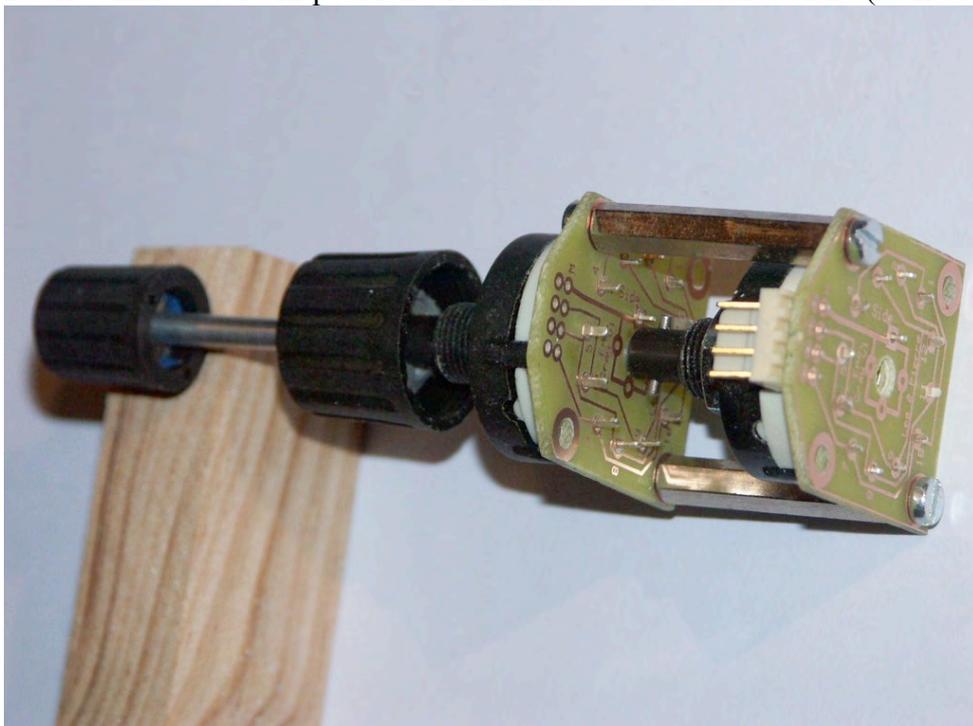
Précision de la gravure.

C'est la meilleure finesse que j'ai obtenue : Pistes largeur 0,25 mm passant entre 2 pastilles de diamètre 1,62mm au pas de 2,54 mm.

CI pour commutateur 12 positions. 2 CI pour commutateur 12 positions et 10 CI pour encodeur.



Deux commutateurs 12 positions transformés en encodeur double. (Voir tuto sur notre site).



Bonnes réalisations, mais n'oubliez pas que vous manipulez des produits chimiques !

Besoin de renseignements complémentaires : pierre_roth [at] orange.fr

www.simubaron.fr

Bons vols !