

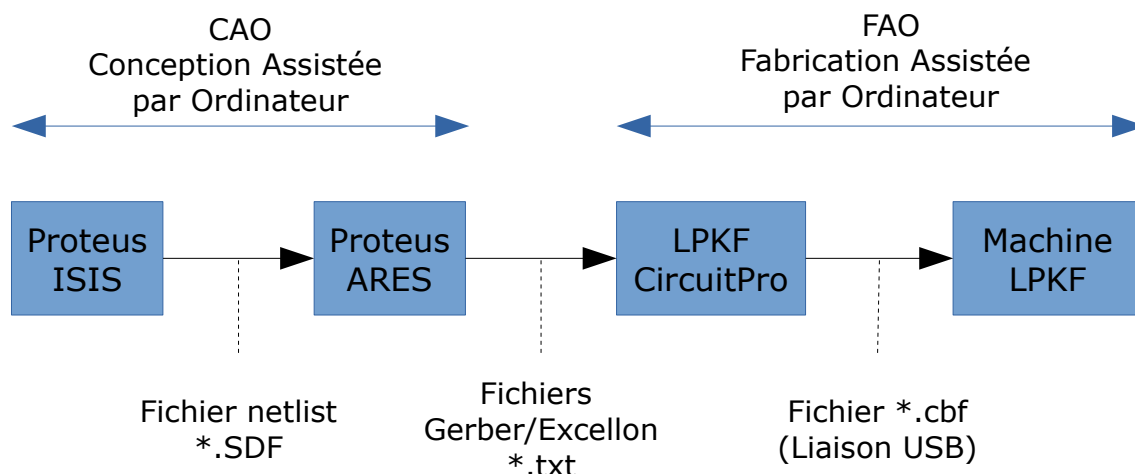


# Machine à graver LPKF

## TP Utilisation

**BTS Systèmes Numériques Option « Électronique et communication »**

Le but de ce document est de présenter le processus complet de fabrication d'un circuit imprimé avec une machine à graver LPKF Protomat en partant du routage sous ARES Proteus.



**Figure 1: Étapes du processus de fabrication**

### Table des matières

<b>1. PLACEMENT ET ROUTAGE</b>	<b>2</b>
1.1. Consignes liées au placement et au routage	2
1.2. Génération des fichiers Gerber et Excellon	5
<b>2. FABRICATION</b>	<b>7</b>
2.1. Démarrage de l'assistant de « Planification de processus »	8
2.2. Importation des fichiers Gerber/Excellon	8
2.3. Méthodes d'isolation des pistes du circuit imprimé	11
2.4. Placement des trous de repère (fiducials)	11
2.5. Paramétrage des trajets d'outils	12
2.6. Magasin d'outils	13
3. Paramétrage et mise en place le matériel	14
3.1. Référence de positionnement	15
3.2. Contrôle et réglage de la largeur de fraisage	16
3.3. Lancement de la gravure	18



Copyright (c) 2015-2017 Pascal Jean.  
Ce document est publiée sous licence Creative Commons, Paternité, Pas d'utilisation commerciale, Partage des conditions Initiales à l'identique.  
Le texte complet de cette licence peut être consulté sur  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/fr/legalcode>

Ce document a été écrit avec [LibreOffice](#) sous GNU Linux.

## 1. PLACEMENT ET ROUTAGE

Pour cette partie, nous utiliserons le logiciel de routage ARES de la suite Proteus 7. Le but de cette partie est de produire des fichiers Gerber (1 fichier par couche de PCB) et un fichier Excellon pour le perçage.

### 1.1. Consignes liées au placement et au routage

La méthode de fabrication d'un circuit imprimé nécessite de prendre en compte des contraintes dès le début du travail de placement des composants dans ARES. Dans notre cas, les consignes sont les suivantes :

1. La gravure s'effectue mécaniquement à l'aide de fraises et de forêts, afin d'accélérer la fabrication, il convient, dans la mesure du possible :
  - de **limiter la longueur des pistes** et donc la **taille du circuit imprimé**,
  - de limiter **l'usage de 2 couches** au strict nécessaire.
2. La machine à graver Protomat est très précise, bien réglée, elle est capable de graver des pistes de 10 à 12 mils et de percer des trous de 0,4mm au minimum. Elle peut sans problème, fabriquer des circuits imprimés CMS. Dans la pratique, il convient de **limiter la taille minimale** des composants **aux boîtiers 0805** pour les composants dipôles et à un **pas de 25 mils pour les circuits intégrés**
3. En terme d'empreinte, il n'est généralement **pas nécessaire de modifier les pastilles** par défaut des librairies de ARES.
4. Lorsqu'on souhaite réaliser un circuit imprimé double face, le changement de couche est réalisé à l'aide des pastilles des composants ou à l'aide de pastilles spécifiques appelées « Via ». Bien que la machine Protomat puisse être équipée d'un dispositif de métallisation des trous, ce processus est relativement long et coûteux. En conséquence, le changement de couche sera réalisé par une soudure sur les 2 couches des pastilles de composants utilisées pour le changement de couche et par un peu de fil rigide fin inséré et soudé dans les vias. **Il convient donc de vérifier que les pastilles et vias en question seront accessibles à la soudure.** (et de souder les vias se trouvant sous les composants avant les composants !). Il est souhaitable de **limiter le nombre de vias** qui auront au **minimum une taille de V50**.
5. Le contour du circuit imprimé devra être dessiné sur la couche **Board Edge** et sur la couche **Mech 1**.

Pour cette activité, nous allons réaliser un circuit imprimé d'un petit module permettant de faire une adaptation de signaux RS232 (uc-com).

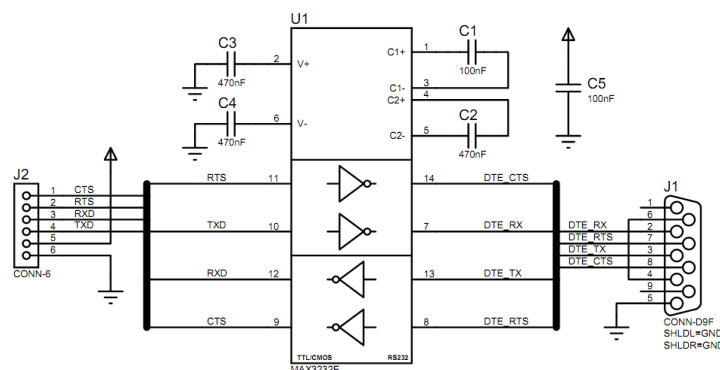
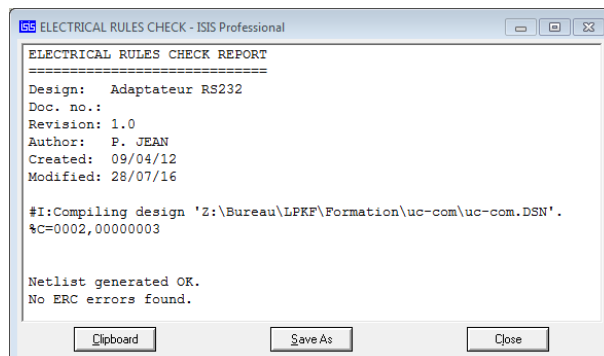


Figure 2: Schéma du module uc-com

Les fichiers peuvent être téléchargés sur <http://www.epsilonrt.fr/lpkf/uc-com.zip>.

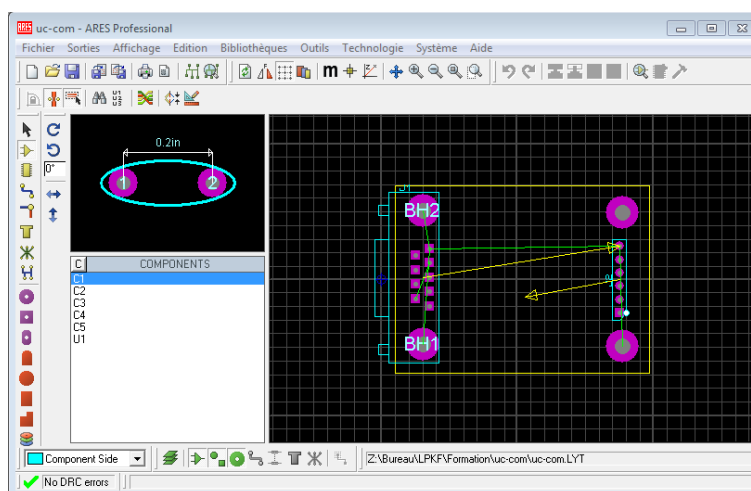
Nous allons effectuer un placement avec routage automatique sur 2 couches (afin de voir la procédure de retournement lors de la fabrication). Vu la relative simplicité du circuit, un routage manuel permettrait de se limiter à une couche avec strap (voir dossier corrigé).

**Q1.** Ouvrir le schéma **uc-com.DSN** avec ISIS et vérifier les règles électriques avec Outils > Contrôle des règles électriques..., aucune erreur ne doit s'afficher :



**Figure 3: Vérification des règles électriques**

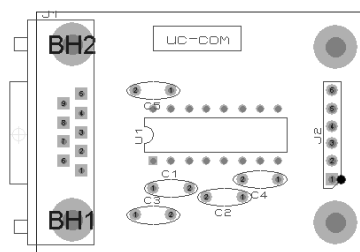
**Q2.** Exporter la netliste vers ARES avec Outils > Netlist vers ARES...



**Figure 4: Exportation de la netliste vers ARES**

On arrive dans ARES, les connecteurs sont placés ainsi que le contour de la carte sur la couche **Board Edge**.

**Q3.** Placer le circuit intégré U1 et les condensateurs sur la face composant :



**Figure 5: Exemple de placement**

A ce stade, on peut très bien effectuer un routage automatique pour « dégrossir », mais il faut paramétrer le routeur. Ce paramétrage sera utilisé de toute façon pour le routage automatique ou manuel...

**Q4.** Paramétrer les classes de liens SIGNAL et POWER conformément aux figures ci-dessous avec Technologie > Règles de conception.... La classe de lien SIGNAL, utilisée pour les pistes « normales », sera configurée avec des vias V50, la classe POWER, utilisée pour les pistes d'alimentation, sera configurée en largeur T20 avec des vias V50 :

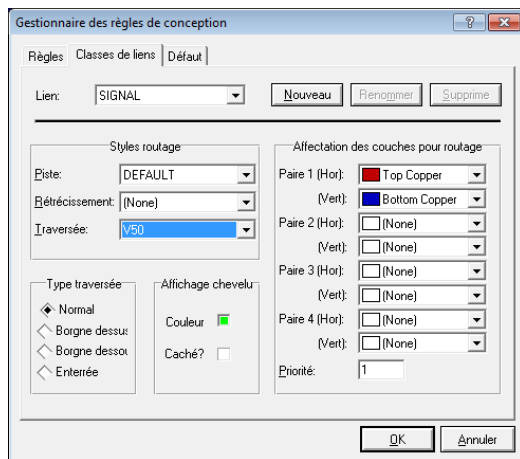


Figure 6: Classe de lien SIGNAL

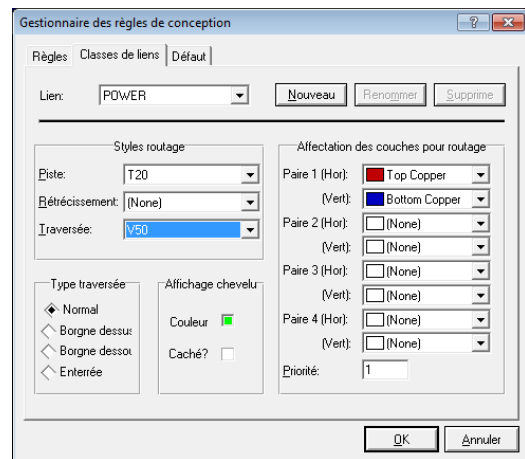


Figure 7: Classe de lien POWER

**Q5.** Effectuer un routage automatique du circuit imprimé avec Outils > Routeur automatique...

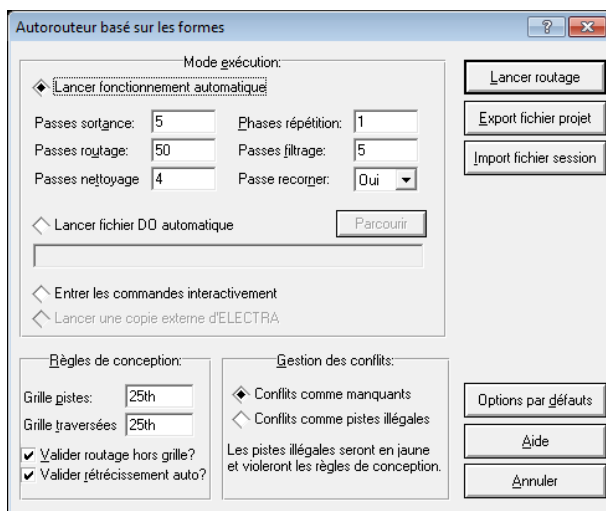


Figure 8: Réglage et lancement autorouteur

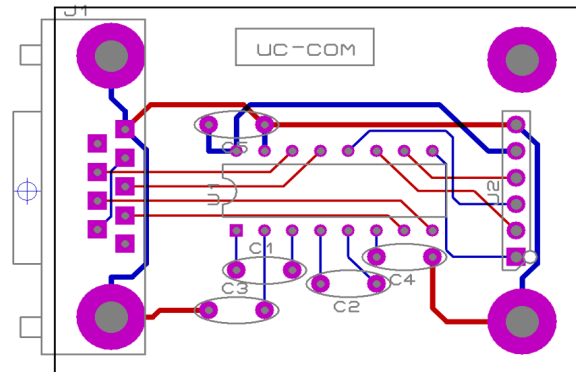


Figure 9: Résultat de l'autoroutage

A ce stade, le routage est tout à fait correct si nous avons des trous métallisés, mais comme nous l'avons expliqué dans la consigne 4, il faut s'assurer que les pastilles reliées sur la couche composant soient accessibles à la soudure.

Ici, il n'y a pas de problème pour le circuit intégré (il faudra utiliser un support « tulipe ») ou les condensateurs, mais ce n'est pas le cas des connecteurs J1 et J2 car leurs pastilles côté composant ne sont pas accessibles... Il faut donc reprendre le routage en manuel.

**Q6.** Modifier le routage pour que les pistes reliées aux pastilles des connecteurs J1 et J2 soient du côté soudure. On pourra modifier la couche d'une piste, mais dans certains cas, il faudra reprendre voir recommencer le routage de certaines pistes.

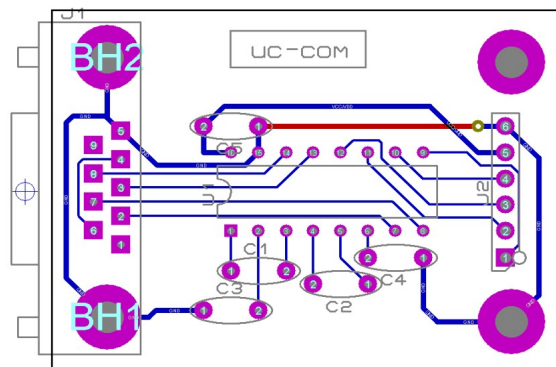
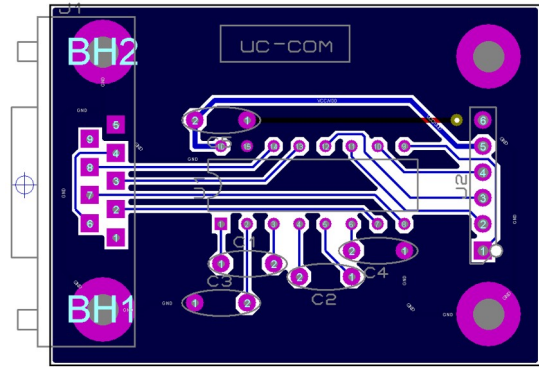


Figure 10: Routage modifié en manuel

Comme on peut le voir, l'utilisation de 2 couches n'est pas justifiée, mais nous allons laisser ainsi.

Afin d'écourter le temps de fabrication, il peut être judicieux d'ajouter un plan de masse sans frein thermique côté soudure.

**Q7.** Mettre en place un plan de masse côté soudure conformément aux figures ci-dessous :



Le logiciel de FAO LPKF nécessite d'avoir le contour du circuit imprimé isolé sur une couche. Dans ARES, il est nécessaire de laisser le contour sur la couche **Board Edge**, qui ne peut être isolée. En conséquence, il est nécessaire de copier-coller le contour sur la couche **Mech 1**.

**Q8.** Passer en unités métriques en appuyant sur M, puis sélectionner le contour du circuit imprimé sur la couche **Board Edge**, effectuer un copier-coller (Édition > Copier dans presse-papiers et Coller depuis presse-papiers). Puis modifier la couche de la copie du contour en **Mech 1** et revenir en unités impériales en appuyant sur M.

## 1.2. Génération des fichiers Gerber et Excellon

Le logiciel de FAO LPKF doit disposer de fichiers Gerber pour les couches de routage et de contour, et d'un fichier Excellon pour le perçage. Comme tous les logiciels de CAO professionnels savent générer ses fichiers, cela permet à la chaîne de fabrication d'être compatible avec la plupart des logiciels.

**Q9.** Générer les fichiers avec Sorties > Sorties Gerber/Excellon..., une vérification des règles de fabrication sera effectuée, il faut alors configurer la génération en sélectionnant : Sortie vers fichiers séparés et la configuration ci-dessous :

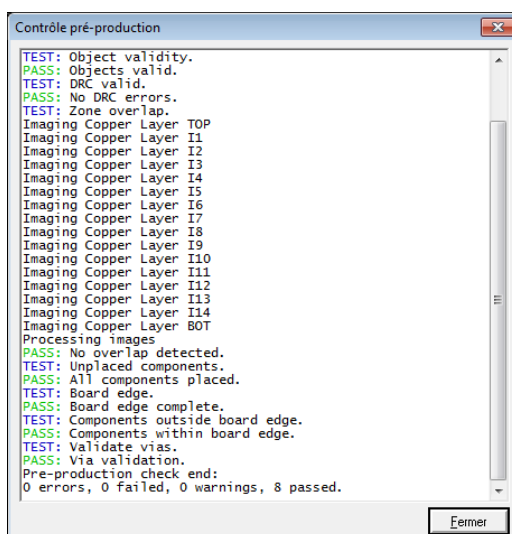


Figure 11: Vérification des règles de DRC

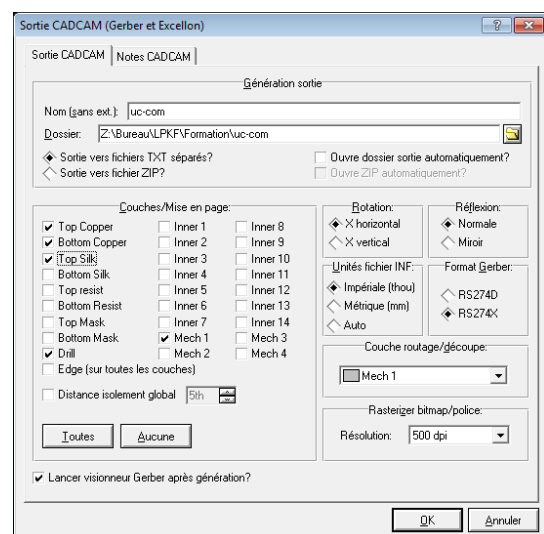
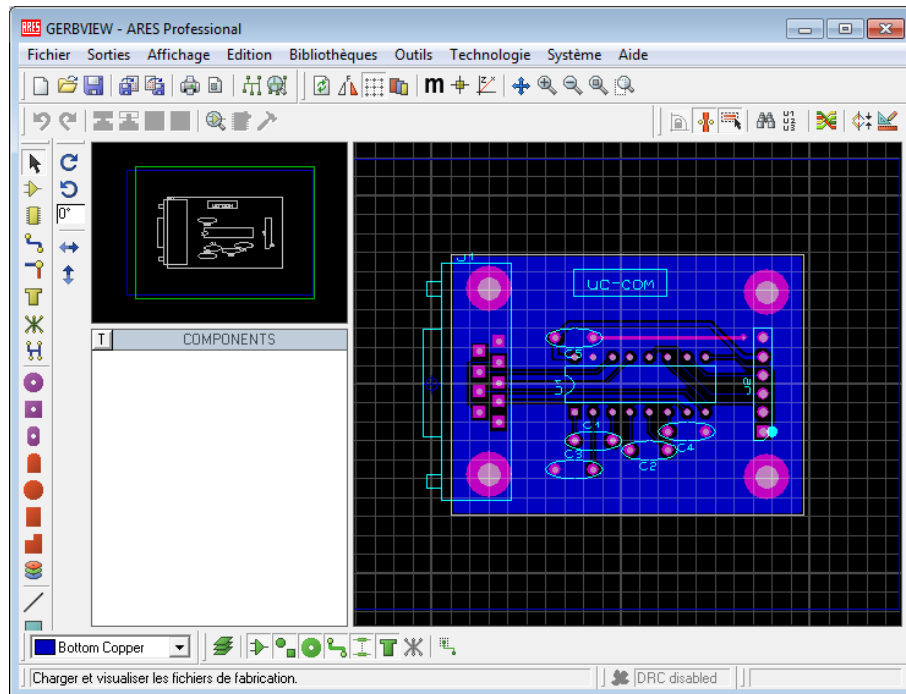


Figure 12: Configuration de la génération

La fenêtre du visionneur GerberView permet de vérifier les fichiers Gerber/Excellon :



**Figure 13: Visionneur GerbView**

Pour revenir au fichier ARES .LYT, sélectionner le dans le menu Fichier.

Le travail sous Proteus est terminé !

Voilà pour information des extraits des fichiers Gerber/Excellon générés :

```
G04 PROTEUS RS274X GERBER FILE*
%FSLAX24Y24*%
%MOIN*%
%ADD17C,0.0100*%
%ADD10C,0.0200*%
%ADD11C,0.0500*%
%ADD18C,0.0025*%
%ADD12R,0.0500X0.0500*%
%ADD13C,0.0700*%
%ADD14R,0.0700X0.0700*%
%ADD15C,0.2500*%
%ADD16C,0.0080*%
G54D17*
X+9500Y-1500D02*
X+9500Y-3000D01*
X+7500Y-1500D02*
X+7500Y-3000D01*
X+10500Y-1500D02*
X+10500Y-3500D01*
X+11500Y-1500D02*
X+11500Y-2500D01*
X+12500Y-3500D01*
X+8500Y-1500D02*
X+8500Y-4500D01*
X+12500Y-1500D02*
X+12500Y-2500D01*
```

**Extrait de fichier Gerber**

```
M48
INCH
T01C0.0200
T02C0.0300
T03C0.0400
T04C0.1181
%
T01
X+016500Y+002500
T02
X+007500Y-001500
X+008500Y-001500
X+009500Y-001500
...
X+002500Y+001780
T03
X+017500Y-002500
X+017500Y-001500
...
X+017500Y+002500
T04
X+003000Y-004760
X+003000Y+005080
X+017716Y+004921
X+017716Y-004921
M30
```

**Extrait de fichier Excellon**

## 2. FABRICATION

Pour cette partie nous allons utiliser le logiciel LPKF CircuitPro qui permet d'importer les fichiers Gerber/Excellon afin de créer les fichiers de fabrication et de piloter la machine pour la gravure. Cette partie est inspirée des documents fournis par la société [Inoveos](#) qui commercialise les machines LPKF en France.

**CircuitPro est un logiciel payant qui ne peut être diffusé librement...** Il faudra peut-être l'installer, pour le passer en Français c'est dans Extas > Options > General > Language.

Allumer la machine, puis lancer le logiciel CircuitPro. Après les différentes phases de connexion vous pouvez commencer un nouveau projet en faisant Fichier > Nouveau. Cette fenêtre apparaît :

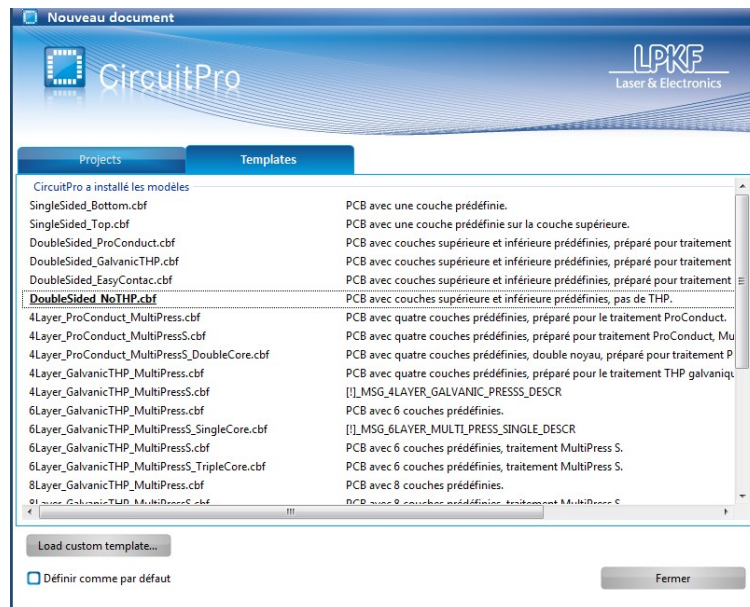


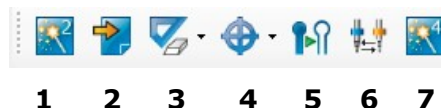
Figure 14: Choix du modèle

On peut choisir différents modèles (*templates*) suivant le circuit que l'on souhaite réaliser. On y trouve : simple face, double face avec ou sans métallisation, multicouches, 2.5D .... Dans notre cas, on prendra **DoubleSided NoTHP** (double face sans métallisation des trous).



Il est possible d'effectuer toutes les phases 1 à 4 sur un ordinateur non relié à la machine, il suffit pour cela de mettre en mode « Machine virtuelle » en allant dans Commande de la machine > Connecter... > Virtuel > Connecter.


Le processus de fabrication va suivre les étapes suivantes qui apparaissent dans l'ordre dans la barre d'outils :

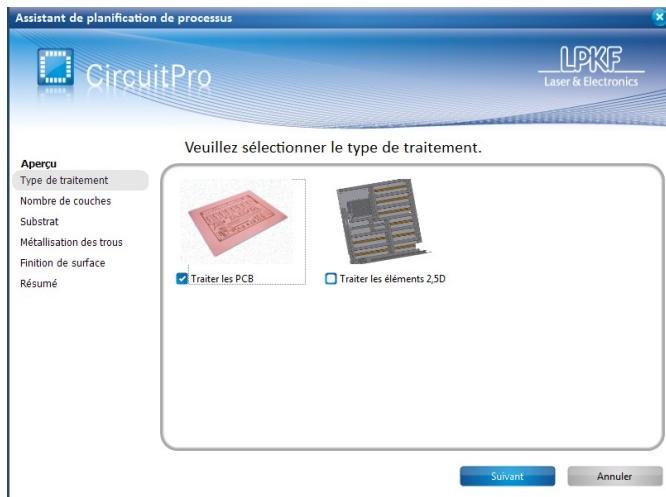


1. Démarrage de l'assistant de « Planification de processus »
2. Importation des fichiers Gerber/Excellon et modification des diamètres de trous de perçages
3. Isolation de zones spécifiques
4. Placement des trous de repères permettant le calage de l'usinage sur les 2 faces du circuit imprimé (*fiducials*)
5. Génération de l'isolation et du trajet des outils
6. Mise en place des outils sur la machine
7. Usinage

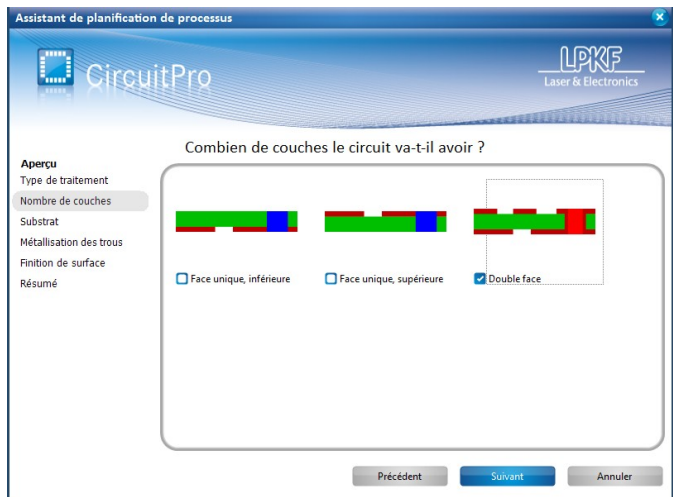


## 2.1. Démarrage de l'assistant de « Planification de processus »

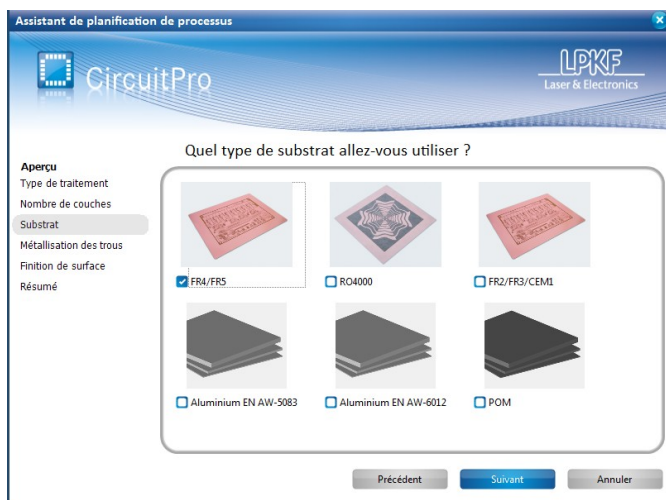
Pour lancer cette étape, il faut cliquer sur .



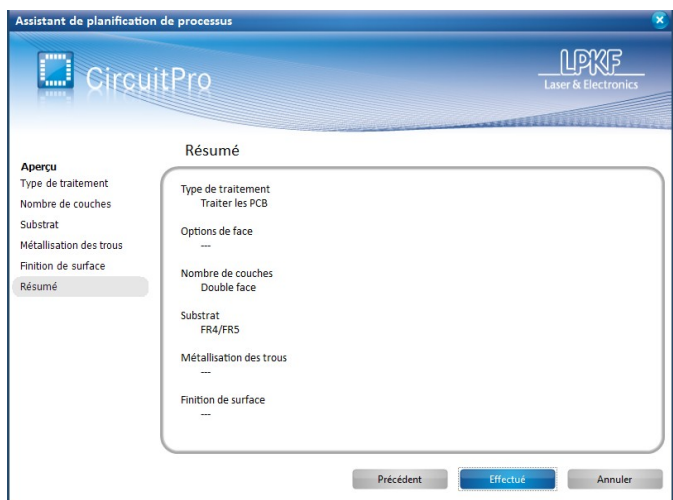
On fabrique un PCB...



Double face...




avec de l'époxy FR4...



Cliquer sur « Effectué ».

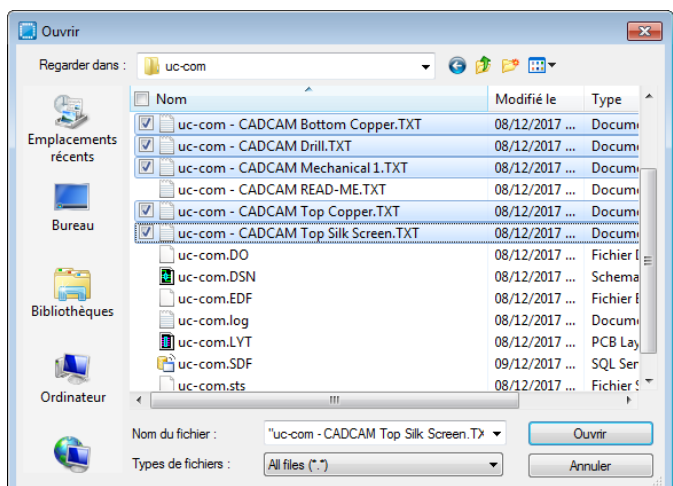
## 2.2. Importation des fichiers Gerber/Excellon

Pour lancer cette étape, il faut cliquer sur .

**Q10.** Il faut ensuite sélectionner les fichiers Gerber correspondants :

- ✓ aux couches « cuivre » : *Bottom & Top Copper*,
- ✓ à la couche de contour de la carte : *Mechanical 1*,
- ✓ à la couche sérigraphie *Top Silk Screen*, cette couche n'est pas utilisée pour la fabrication et ne sert qu'à « situer » les composants.

Il ne faut pas oublier le fichier Excellon des trous de perçage (*Drill*).





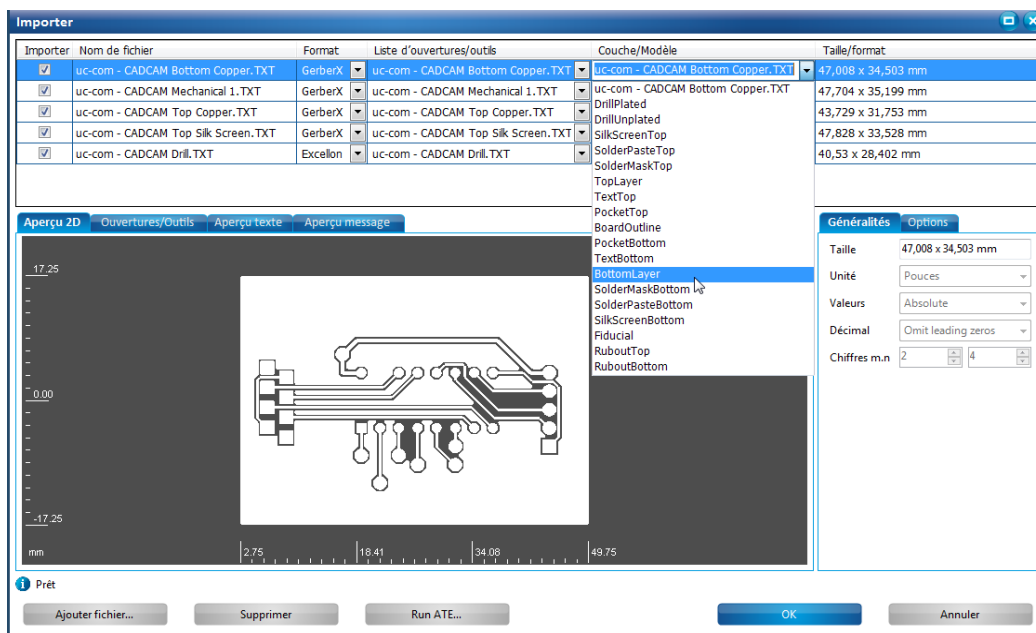


Figure 15: Sélection des couches correspondant aux fichiers

Dans la fenêtre qui s'ouvre, il faut sélectionner les couches correspondant aux fichiers Gerber/Excellon, **BottomLayer** et **TopLayer** pour respectivement les couches « cuivre » du dessous et du dessus, **SilkScreenTop** pour la sérigraphie, **DrillUnplated** pour les trous de perçage et **BoardOutline** pour le bord de carte.

**Ne pas cliquer sur OK** car nous avons besoin de modifier les attributs des outils de la couche **DrillUnplated** !

### Modification des diamètres de trous de perçages

Le diamètre des forêts a été attribué par les empreintes dans Proteus ARES. Les valeurs sont souvent données en unités impériales et nous allons retrouver ces valeurs converties en millimètres dans CircuitPro.

Parfois, on trouvera des trous de 1 mm et d'autres de 1,016 mm ce qui est incohérent à la fabrication. Si nous laissons en l'état, la machine demandera à ce qu'on lui fournisse ces 2 forêts !

**Q11.** Dans la fenêtre, cliquer sur l'onglet Ouvertures/Outils puis Attributs :

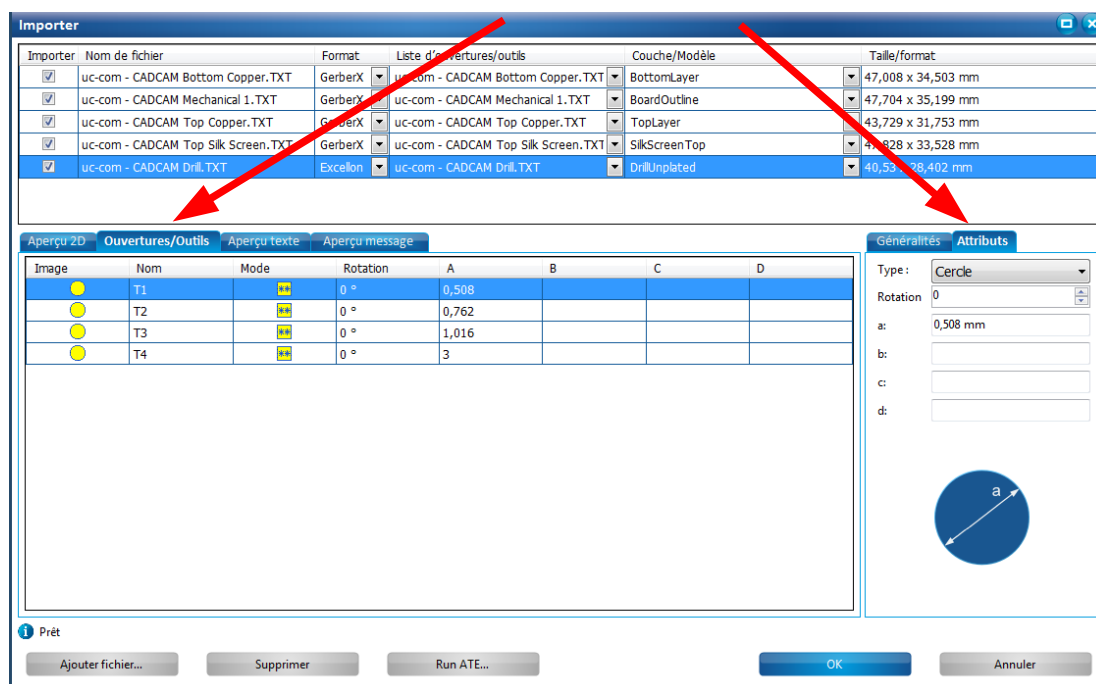
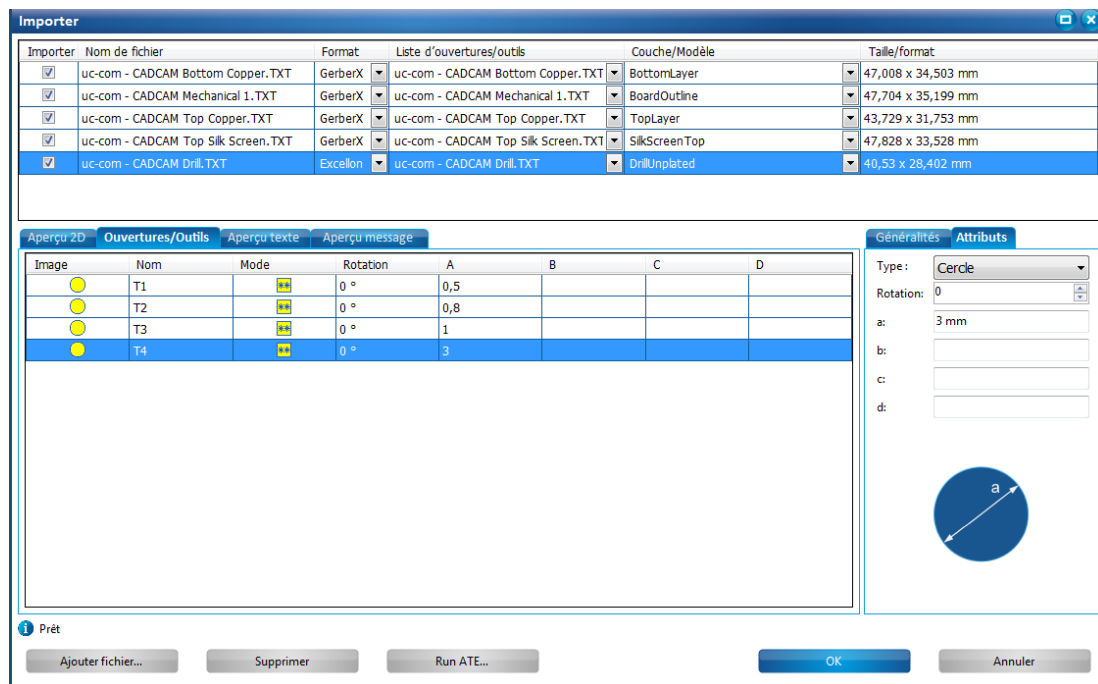


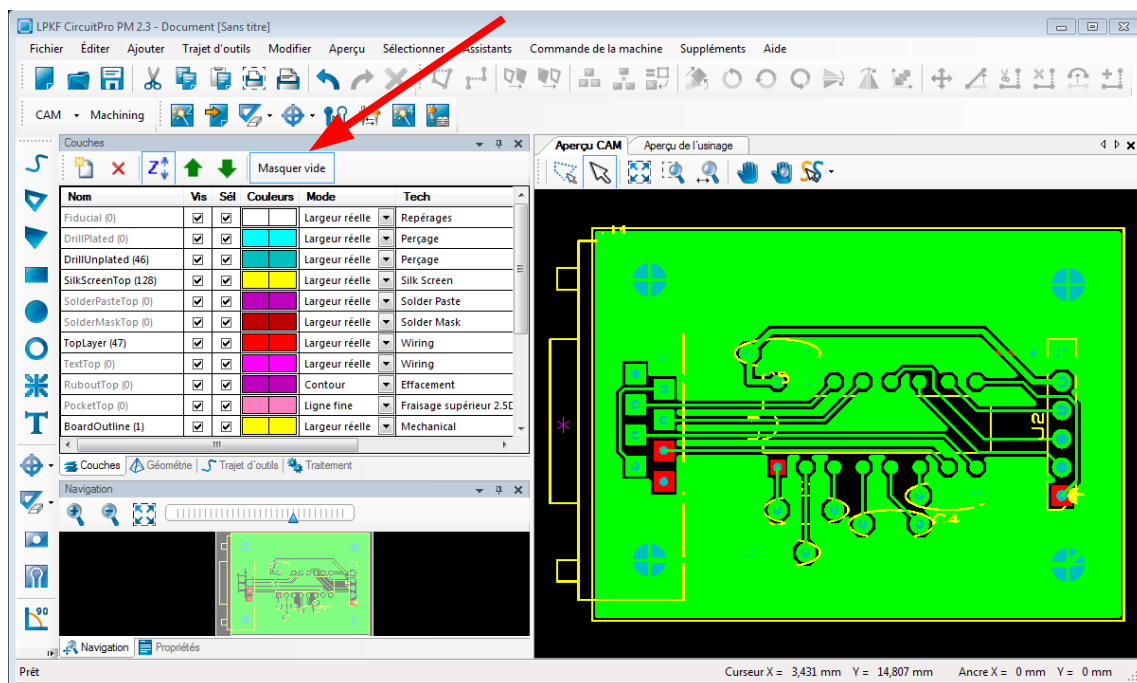
Figure 16: Modification des diamètres de forêts

**Q12.** Nous voyons que nous disposons de 4 forêts T1 à T4 d'un diamètre de 0,508, 0,762, 1,016 et 3 mm. Nous allons modifier les forêts T1 à T3 pour leur attribuer respectivement des diamètres de 0,5, 0,8 et 1mm. Une fois la modification effectuée, cela donne le résultat suivant :



**Figure 17: Modification des diamètres terminée**

**Q13.** Après avoir cliqué sur OK, cliquez sur « Masquer vide » pour n'afficher que les couches du logiciel qui contiennent des données.



**Figure 18: Fin de l'importation des fichiers Gerber/Excellon**

## 2.3. Méthodes d'isolation des pistes du circuit imprimé

Les machines LPKF Protomat peuvent réaliser l'isolation des pistes du circuit imprimé (*Rubout*) de plusieurs façon :



### Gravure à l'anglaise

C'est la méthode la plus rapide et la moins coûteuse, la machine va détourer simplement les pistes avec une isolation de base de 0,2 mm (valeur paramétrable).



### Gravure à l'anglaise avec isolation double

Gravure à l'anglaise avec isolation double autour des pastilles (valeurs paramétrables).



### Isolation partielle

La machine fera une isolation totale dans la ou les zones sélectionnées avec le bouton



et effectuera une gravure à l'anglaise sur le reste du circuit. Vous pouvez choisir une ou plusieurs zones sur la face *Top* et/ou *Bottom* ou faire les 2 faces d'un coup.



### Isolation totale

La machine gravera tout ce qui ne fait pas partie de vos fichiers GERBER (Mode « *What you see is what you get* », si vous avez un plan de masse sur votre circuit, la machine ne vous le gravera pas, elle sera plus fidèle à vos fichiers exportés de votre logiciel de dessin électronique). C'est la méthode la plus longue et la plus coûteuse.

L'étape sert à créer des zones rectangulaires sur la ou les couches *Rubout* (*Top* et/ou *Bottom*) afin de faire une isolation partielle, mais cette étape n'est utile que si on a décidé d'utiliser la méthode d'isolation partielle (3/4).

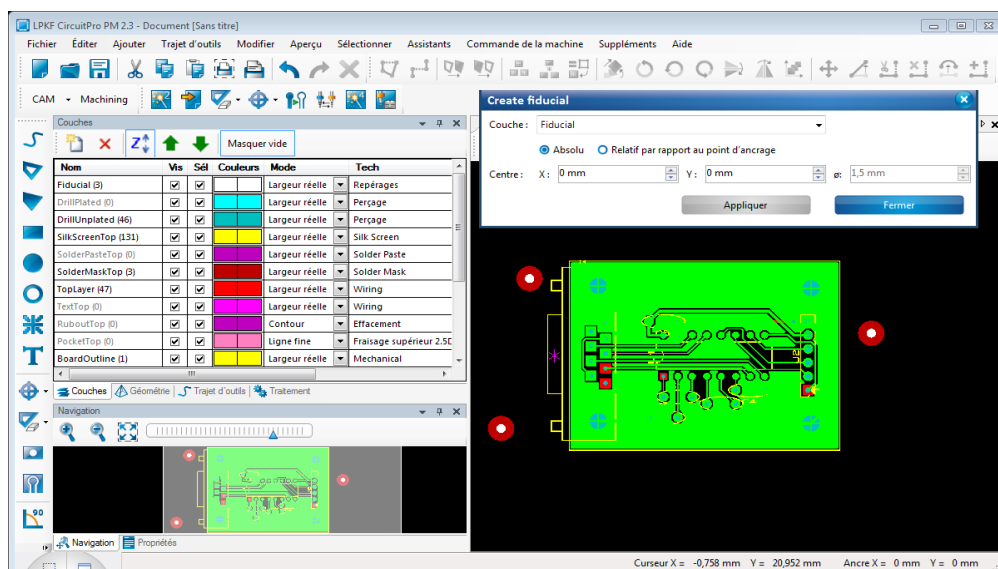
**Comme nous allons procéder à une gravure à l'anglaise simple, nous n'effectuerons pas cette étape.**

## 2.4. Placement des trous de repère (*fiducials*)

Pour lancer cette étape, il faut cliquer sur puis Fiducial...

Les *fiducials* sont des trous de repère de 1,5 mm qui vont permettre à la machine de se repérer automatiquement grâce à sa caméra lors de la fabrication lorsqu'on retournera la plaque d'époxy, mais ils permettent aussi .


Il est fortement conseillé de placer au moins 3 trous de repères de façon dissymétrique :



**Q14.** Vous pouvez placer vos *fiducials* à la souris ou en indiquant les coordonnées. Ensuite sortez de la fenêtre en faisant « Fermer ». (« Appliquer » sert uniquement pour placer un *fiducial* avec des coordonnées). Vous pouvez aussi importer des *fiducials* depuis votre logiciel de CAO en choisissant dans la colonne Couche/Modèle *fiducial* lors de l'étape d'importation des fichiers GERBER.

**Q15.** Avant de poursuivre, il est préférable d'enregistrer le projet. Cela est d'autant plus nécessaire dans le cas où on travaille en machine « Virtuelle » avant de passer à l'étape suivante sur la machine réelle.

## 2.5. Paramétrage des trajet d'outils

Pour lancer cette étape, il faut cliquer sur . Il faut être en liaison avec la machine réelle. Il y a 4 éléments à configurer :

1. l'isolation (**Isolate**) qui revient à choisir une des méthodes présentées au paragraphe 2.3,
2. le détournage (**Contour routing**) qui correspond à la façon de découper le contour du circuit,
3. les forêts (**Drills**) ,
4. les trous de repères (**Fiducials**),
5. et les poches (**Pockets**) qui sont des cavités usinées en profondeur (il faut des couches Pocket...).
6. Les trous borgnes (**Blind vias**).

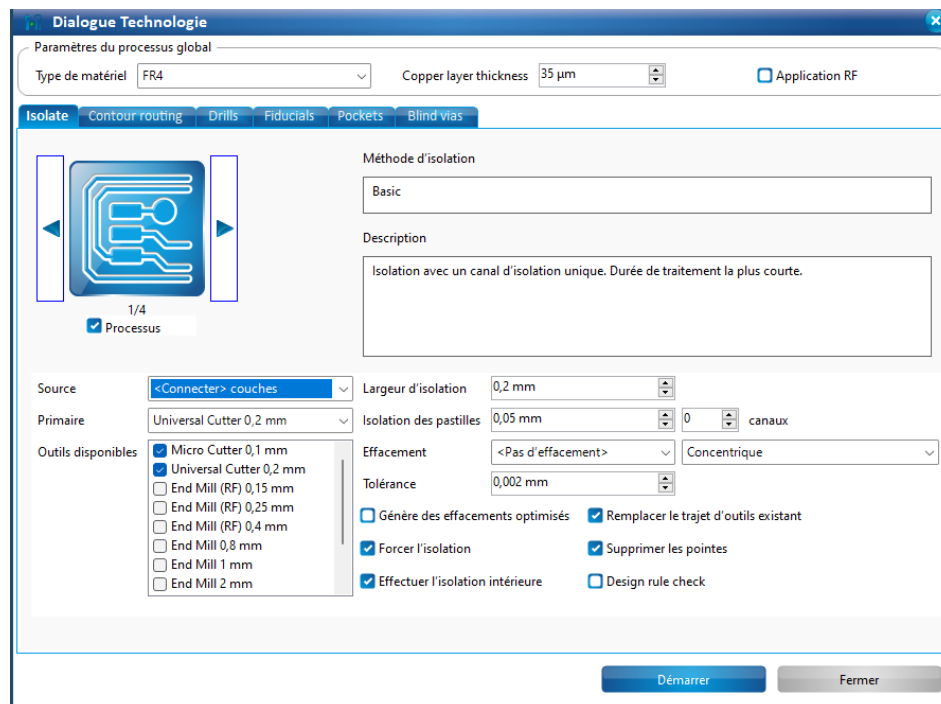
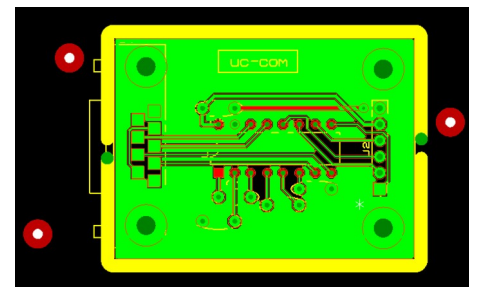


Figure 19: Paramétrage des trajet d'outils

**Q16.** Dans notre cas, nous devons paramétrer :

1. l'isolation sur Basic (1/4),
2. le détournage sur « Espaces verticaux » (3/6),
3. la création de trous de marquage avant le perçage (afin d'éviter la casse des forêts)
4. et décocher « Processus » dans l'onglet **Pockets**.

Il est possible de modifier dans l'onglet **Isolate** la largeur d'isolation ou encore l'isolation des pastilles suivant les contraintes rencontrées.



## 2.6. Magasin d'outils



Pour lancer cette étape, il faut cliquer sur .

**Magasin d'outils**

Veuillez contrôler si tous les outils nécessaires sont affectés aux porte-us.

**Outils nécessaires**

- ✓ Spiral Drill 1,5 mm
- ✓ Universal Cutter 0,2 mm
- ✓ Spiral Drill 0,4 mm
- ✓ Spiral Drill 0,6 mm
- ✓ Spiral Drill 1 mm
- ✗ Spiral Drill 2 mm
- ✓ Contour Router 2 mm
- ✓ End Mill 1 mm
- ✓ End Mill 0,8 mm

**Machines-outils**

La pince de la machine est actuellement vide.  
 Cliquer sur pour prendre l'outil avec la tête de la machine.  
 Cliquer sur pour placer l'outil à l'emplacement de magasin correspondant.

Porte-outil	Outil	Niveau d'usure (%)
2	Contour Router 1 mm (19,90%)	19,90%
3	Universal Cutter 0,2 mm (49,37%)	49,37%
4	End Mill 0,8 mm (50,61%)	50,61%
5	End Mill 1 mm (16,32%)	16,32%
6	Spiral Drill 1 mm (1,70%)	1,70%
7	Spiral Drill 0,4 mm (2,65%)	2,65%
8	Spiral Drill 0,8 mm (4,03%)	4,03%
9	Spiral Drill 0,6 mm (0,10%)	0,10%
10	Contour Router 2 mm (29,82%)	29,82%

Veuillez utiliser les cases à cocher des porte-outils pour rendre ces fonctions disponibles.

Contrôler la largeur de fraisage... Suppression d'outil Déposer l'outil

OK

**Figure 20: Configuration et mise en place des outils**

La machine a gardé en mémoire les outils qui sont en place sur les porte-outils.

Sur la gauche, la liste des outils nécessaires sont listés, une coche verte indique qu'ils sont déjà présents, une croix rouge qu'il faut les ajouter.

Dans la partie centrale, on voit les porte-outils (cases à cocher 1 à 15) ainsi que les outils en place avec leur niveau d'usure (coches vertes et barres de progression).

**Q17.** Positionner le bon outil à la bonne position en le choisissant dans les listes déroulantes correspondant au numéro du porte-outil puis mettre en place l'outil sur la machine. La numérotation commence à gauche quand on est face à la machine.



- ✓ Il est très **IMPORTANT** de repérer si il y a un outil dans le mandrin (la pince), généralement la machine garde l'outil « *Universal Cutter 0,2mm* », et **de ne pas mettre d'outil dans le porte-outil vide correspondant**.
- ✓ Il faut prendre garde de **ne pas se blesser avec les outils qui sont tranchants et avec les porte-outils**. Un outil permet de faire ses manipulations en toute sécurité (Figure 21).
- ✓ La machine gère automatiquement le changement d'outil lorsque leur niveau d'usure atteint 100 %. Les outils étant coûteux, il faudra éviter de changer la position des outils déjà en place. Dans le cas où on doit les retirer, **il faudra les placer dans une boîte spécifique afin de ne pas les mélanger avec les outils neufs**.



**Figure 21: Outil de manipulation**

## 2.7. Paramétrage et mise en place le matériel

Il faut maintenant indiquer les caractéristiques de la plaque utilisée pour la fabrication. Le logiciel appelle la plaque qui va servir à la fabrication le « matériel ».

Dans notre cas, il s'agit d'époxy FR4 d'une épaisseur de 1,55mm avec une épaisseur de cuivre de 35µm.

Les dimensions des plaques LPKF sont de 305mm x 229mm (soit 12" x 9") mais il est possible d'utiliser des plaques d'autres fournisseurs, par exemple, CIF fabriquent des plaques de 300mm x 200mm disponibles en simple face (AD20) ou en double face (AE20). Ces plaques sont disponibles chez Farnell.

**Il ne faut pas utiliser de plaques pré-sensibilisées.**

dans notre cas, il reste 2 choses à faire : indiquer les paramètres de votre matériel, et placer votre circuit sur votre matériel.

**Q18.** Entrer les paramètres matériels dans Éditer > Paramètres matériels...

Il faut ensuite mettre en place la plaque sur la table d'usinage.

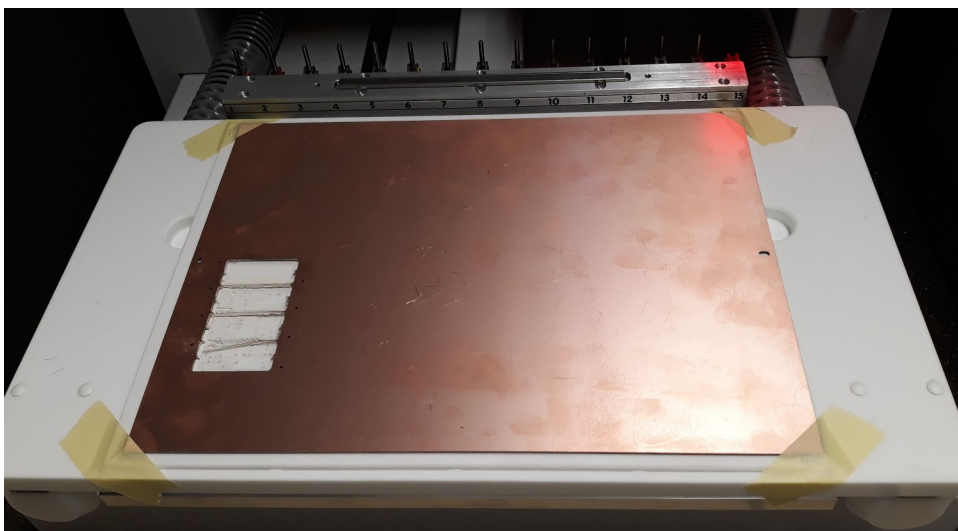
Figure 22: Paramétrage de la plaque



La table d'usinage est composée d'une plaque en polystyrène extrudé posée sur un plateau à vide. Le plateau à vide permet de plaquer la plaque d'époxy sur la table afin de supprimer toute déformation.



- ✓ La plaque d'époxy doit être fixée sur la table d'usinage avec un ruban adhésif de type « Ruban de masquage ». **Ne pas utiliser de scotch ou d'autre ruban adhésif !**
- ✓ La machine dispose d'un système d'aspiration mais il reste souvent de la poussière et des copeaux de cuivre sur la table, **il convient de la dépoussiérer après chaque utilisation.**
- ✓ **TRÈS IMPORTANT** : Afin de faciliter la localisation des *fiducials* lors du retournement de la plaque, il est nécessaire de placer la plaque sur l'axe longitudinal de table et de repérer 2 de ses coins.





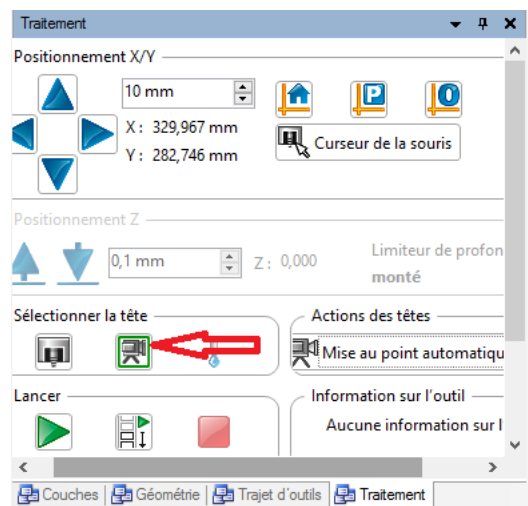
## 2.8. Référence de positionnement

L'étape suivante consiste à placer la zone dans laquelle l'usinage va se faire sur la plaque. Nous allons utiliser la caméra.

**Q19.** Faire une croix au crayon sur la plaque, cette croix correspondra à l'un des coins du circuit imprimé, il faudra donc la placer judicieusement en tenant compte des dimensions du circuit et des zones déjà usinées de la plaque.

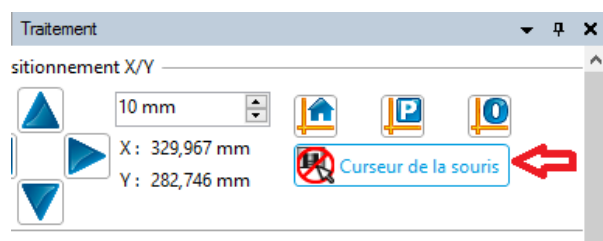


**Q20.** Dans le logiciel, allez dans l'onglet « Traitement » puis cliquez sur la tête de caméra :



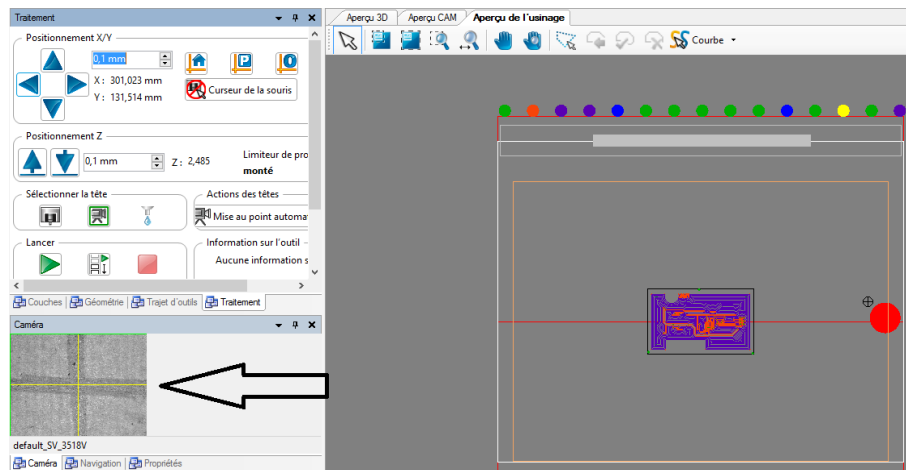
A partir de maintenant la croix noire sur le plateau dans l'onglet « Aperçu » de l'usinage représente le centre de la caméra et non la pointe de l'outil.

**Q21.** Cliquez ensuite sur « Curseur de la souris ».



Dès qu'il y a le panneau sens interdit dessus, vous pouvez cliquer à un endroit sur le plateau et ceci déplacera la caméra à l'endroit où vous avez cliqué. Ensuite il faut trouver la croix que vous avez tracée au crayon dans la vue caméra. Pour ce faire vous pouvez déplacer la caméra précisément dans la fenêtre positionnement X/Y.

**Q22.** Pour encore plus de précision, vous pouvez aller dans Camera> Recouvrement > Commuter état réticule pour faire apparaître une croix jaune sur vision caméra, et faites également un auto focus en cliquant sur mise au point automatique pour avoir une image nette. Il suffira d'aligner cette croix jaune avec votre croix faite au crayon dans la vue caméra en bas à gauche pour être bien positionné.



**Q23.** Une fois ceci fait, cliquez sur « Curseur de la souris » (il ne faut plus qu'il y ait le panneau sens interdit), pour ne plus faire bouger la caméra par erreur. Puis faites clic droit/placement à l'intérieur du cadre noir de votre circuit. Vous pouvez maintenant déplacer votre circuit (en cliquant dessus et en maintenant enfoncé) pour faire correspondre un de ses coins avec la croix noire sur le plateau, qui correspond à la position de votre croix au crayon. Vous pouvez aussi tourner et/ou dupliquer votre circuit.

Penser à sélectionner la tête d'usinage après avoir terminé le positionnement.

## 2.9. Contrôle et réglage de la largeur de fraisage

Afin d'éviter le gaspillage de temps et d'argent, il est préférable de vérifier le réglage voir de régler la largeur de fraisage.

Dans CircuitPro, il y a deux types d'outils à régler : les outils coniques (*Universal cutter, micro cutter*) et les outils plats (*End mill*).

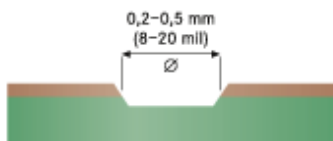


Figure 23: Outils coniques

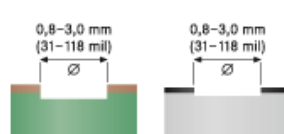


Figure 24: Outils plats



Figure 25: Réglage Caméra



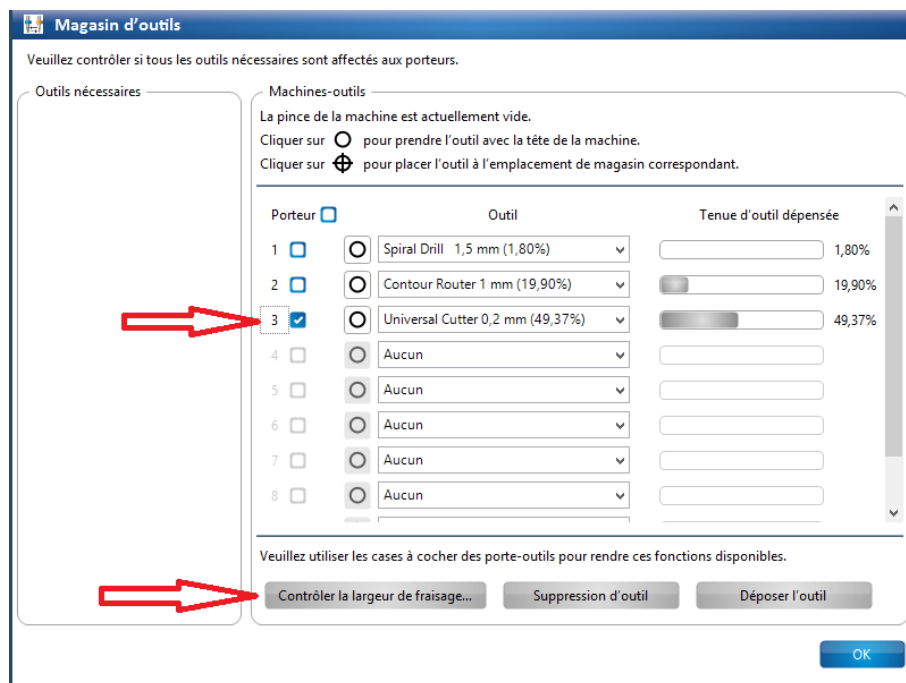
Il est conseillé de **vérifier le bon réglage des outils coniques** avant chaque usinage.

Avant de faire un réglage d'outil, vérifiez que vos paramètres matériels soient bien configurés. Allez dans Éditer > Paramètres matériels pour indiquer votre type de matériel, l'épaisseur de cuivre et l'épaisseur totale du matériel.

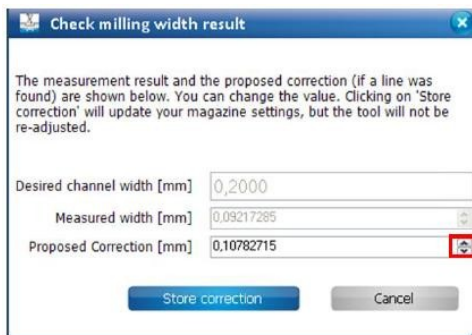
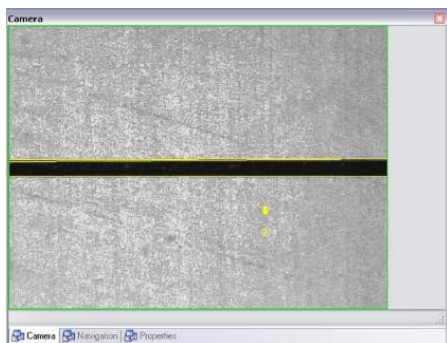
Enfin allez vérifier également dans Suppléments > Options > Machine que la ligne « Table de vide montée » soit sur « vrai » et que la lentille de votre caméra soit bien configurée (Figure 25).

### Outils coniques

**Q24.** Pour régler un outil conique, allez dans Magasin d'outil , puis cochez la case en face de l'outil conique à régler, et appuyez sur « Contrôler la largeur de fraisage »



**Q25.** Choisissez ensuite la zone (carré jaune) ou la machine gravera une ligne de 1 cm puis faite OK. La machine va graver une ligne et la mesurer à la caméra. En fonction de ce qu'elle a mesurée, elle vous proposera une correction (que vous pouvez modifier vous-même) :



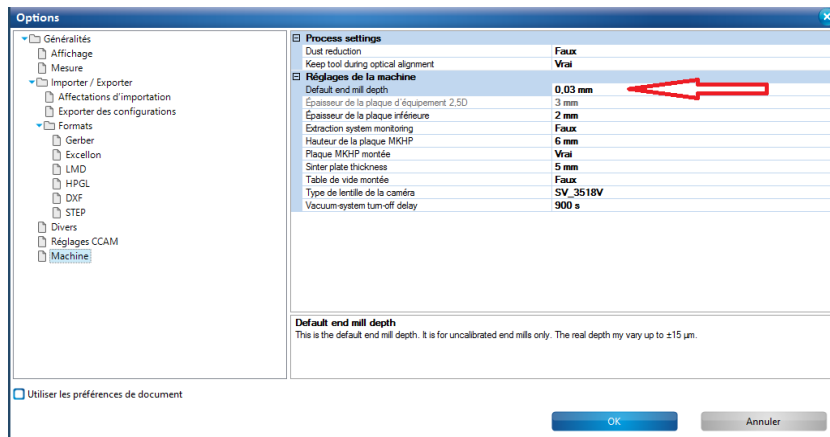
Faites ensuite « Enregistrer la correction ».

### Outils Plats


Si vous avez choisi une isolation complète ou totale (méthode 3/4 ou 4/4), il vaut mieux effectuer une vérification et/ou un réglage des outils plats.

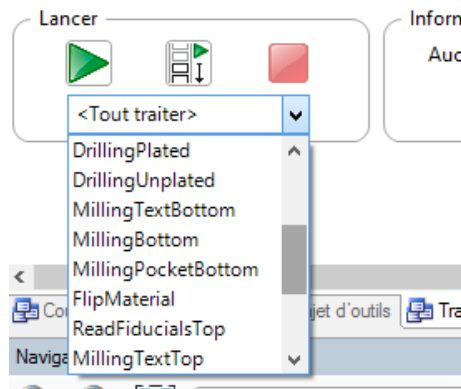
Pour les outils plats, il suffit d'aller dans Suppléments > Options > Machine et de modifier le paramètre « *Default End mill Depth* » par pas de 0,01mm en faisant des essais de gravure, jusqu'à ce que vous obteniez une bonne isolation (vous pouvez mettre une valeur négative).

Ce paramètre modifie la profondeur de tous les *End mill* d'un coup. Si vous voulez modifier la profondeur d'un *End mill* en particulier, il faut suivre la même procédure que le réglage d'un outil conique, sauf que dans ce cas-là, la caméra ne mesurera pas la profondeur (elle ne mesure que la largeur, qui est fixe dans le cas des *End mill*) il faudra donc modifier la profondeur en proposant nous même une correction en mm.



## 2.10.Lancement de la gravure

Pour la gravure, rien de plus simple, vous avez soit un mode assisté en cliquant sur  où il suffit de suivre les étapes et la machine va graver votre circuit en suivant les étapes de réalisation toute seule, (il faudra juste retourner votre plaque suivant l'axe X pour le double face) ou en mode pas à pas :



Vous pouvez dans le mode pas à pas réaliser une seule phase en cliquant sur la flèche verte et en ayant choisi la phase dans le menu déroulant, ou lancer la phase choisie puis toutes les autres jusqu'à la fin en cliquant sur le bouton du milieu. Le carré rouge sert à stopper la machine.

Le mode pas à pas sert à reprendre un circuit si vous avez arrêté la gravure pour une raison quelconque ou à reprendre une phase si un outil a cassé ou a mal gravé.

Même si vous avez bougé votre plaque, peu importe la phase que vous voulez réaliser, la machine ira toute seule rechercher les *fiducials* pour se repérer et effectuer la phase que vous lui avez demandée.

Si un outil a mal gravé, vous pouvez ré-effectuer les trajets d'outil de cet outil en particulier ou d'une zone du circuit en particulier.

Allez dans l'onglet trajet d'outil, puis « Insulate », si vous voulez refaire une isolation (*End mill* 0,8mm par exemple).

