

CopperCAM

CopperCAM est un programme fonctionnant dans l'environnement Microsoft Windows. Il permet aux utilisateurs d'une machine à commande numérique de transformer des fichiers **Gerber** ou **Excellon**, issus d'un logiciel de CAO électronique, en un parcours d'outil de perçage et de gravure pour isoler les pistes. Il peut produire un fichier CNC et appeler directement un pilote d'usinage externe pour un enchaînement sans manipulation de fichiers.

CopperCAM n'est pas un logiciel de routage électronique, ni même un logiciel de conception de circuits. Ses fonctionnalités sont relativement peu nombreuses. Il ne propose aucune fonction de dessin, et ne s'occupe par conséquent que d'un travail de préparation des trajectoires de gravure (par "gravure anglaise") et perçage à partir d'un circuit existant.

❑ INSTALLATION

CopperCAM est uniquement disponible en téléchargement depuis le site www.galaad.net et n'est pas fourni sur support matériel. Le module téléchargé est un programme d'installation auto-extractible qui permet de choisir le répertoire du disque dur où le logiciel sera installé. Cette installation ne fait **pas de modification dans la base de registre**, excepté pour créer les raccourcis sur le bureau et dans le menu "Démarrer" de Windows.

❑ LICENCE

La licence d'utilisation de CopperCAM est définie par un code à 20 chiffres correspondant aux données personnelles de l'utilisateur (nom et adresse). Cette licence est donnée sous forme d'un fichier COPPERCAM.LIC qu'il suffit de copier directement dans le répertoire d'installation du logiciel, par défaut "C:\COPPERCAM". Au lancement, celui-ci détectera la présence du fichier de licence et transférera directement l'information au gestionnaire de licence. L'appel de la fonction "Aide / Licence" permet de vérifier la validité de la licence.

❑ OUTILLAGE

La première chose à faire après avoir installé CopperCAM est de **définir les caractéristiques des outils** qui seront mis à contribution pour percer et fraiser les cartes de circuit imprimé. La fonction "Paramètres / Bibliothèque d'outils" vous permet d'indiquer les données de chaque outil dont vous disposez. Si vous avez un râtelier d'outils, le mieux est de numéroter ceux-ci et de suivre la même numérotation dans les paramètres, chaque outil pouvant toutefois se voir attribuer un nom.

Une fois les outils définis, il est nécessaire d'**indiquer lesquels seront affectés aux différentes tâches** proposées par le logiciel : gravure d'isolation, perçage, hachurage de zones, détournage de la carte, et centrage sur plots. La fonction "Paramètres / Outils sélectionnés" donne accès à une fenêtre de paramètre dans laquelle, pour chaque tâche, vous pouvez indiquer quel outil doit être appelé, ainsi que ses profondeur et vitesse de mouvement. Pour la gravure d'isolation, il est possible d'ajouter une petite marge d'éloignement. Pour le hachurage, la marge donne la densité de recouvrement entre deux hachures.

Il est possible de **limiter le nombre d'outils de perçage** en pilotant des cycles d'alésage lorsque le diamètre du trou à percer est plus grand que celui de l'outil. Cette fonctionnalité est toutefois à utiliser avec précaution : la plupart des outils de perçage pour l'époxy ne sont en effet pas qualifiés pour des opérations de fraisage horizontal et il y a donc un risque important de casse.

Trois stratégies peuvent être suivies pour les perçages : soit n'utiliser qu'**un seul outil** pour faire tous les perçages, avec alésages si le trou est plus grand que l'outil ; soit utiliser **un nombre limité d'outils sélectionnés** avec pour chaque trou l'appel de l'outil le plus proche du diamètre, par défaut (plus petit, avec alésage pour arriver au diamètre) ou par excès (plus grand, donc sans alésage).

□ SORTIE

La fonction "Paramètres / Format de sortie" permet de choisir le type de données qui sera produit *in fine* pour le chaînage au pilote d'usinage. Différents formats courants sont proposés, dont un format de **post-processeur entièrement définissable**.

CopperCAM peut **créer le fichier d'usinage puis appeler immédiatement le logiciel de pilotage** ou d'envoi à la machine. Ce fichier n'a pas beaucoup d'intérêt en soi puisqu'il ne sert que d'intermédiaire entre CopperCAM et le pilote de la machine. Il sera écrasé à chaque nouvelle sortie, sauf si aucun nom n'est précisé, auquel cas il sera demandé à chaque fois. A noter que le nom du fichier est ajouté automatiquement comme argument au programme appelé. Il est donc inutile de le mettre dans la ligne de commande de celui-ci.

Certaines machines de gravure sont fournies avec un *driver* les faisant apparaître comme des imprimantes virtuelles. Dans ce cas, CopperCAM peut appeler ce *driver* d'imprimante et lui envoyer les données produites. Il est aussi possible de sortir ces données sur un port COM ou LPT pour un lien direct avec la machine.

□ SEQUENCE GENERALE DE TRAVAIL

Le processus consiste à **ouvrir un fichier Gerber** issu d'un logiciel de CAO électronique, puis éventuellement une ou plusieurs couches supplémentaires et un fichier Excellon définissant les perçages. CopperCAM peut détecter automatiquement un réseau de pistes correspondant au détournage final de la carte, et neutraliser les pistes qui ne sont connectées à aucune pastille (textes, collimateurs, etc.). Ces pistes neutres peuvent aussi être gravées au centre par un simple trait. Le logiciel va ensuite **calculer les contours d'isolation** autour des pistes et pastilles. L'opérateur peut rectifier le résultat si nécessaire, en supprimant ou ajoutant des segments d'isolation et en ajoutant des zones hachurées pour que tout le cuivre y soit enlevé. Une fois les travaux de calcul et rectification achevés, le logiciel produit un **fichier de sortie** au format défini dans ses paramètres et appelle le module chargé du dialogue avec la machine.

❑ FICHIERS GERBER

Le format de fichiers le plus répandu en matière de CAO électronique est sans nul doute le format Gerber. Ce format destiné aux photoplotters Gerber Scientific Instruments s'est imposé comme un standard dans ce domaine. La photogravure des circuits par insolation induit des considérations spécifiques qui se retrouvent dans le format. L'insolation est réalisée par une tête optique qui focalise le faisceau sur le circuit après passage par un diaphragme, aux endroits où le cuivre doit être préservé. Les diaphragmes ont généralement une taille et une forme prédéfinies, la forme la plus simple étant le disque circulaire de base. Si les pastilles peuvent avoir des formes plus exotiques, les pistes seront insolées en déplaçant un diaphragme circulaire de diamètre donné le long du parcours de liaison.

Un fichier Gerber RS274-D (format classique) contient donc des **numéros de diaphragmes** qui sont soit prédéfinis dans le magasin optique du photoplotter, soit référencés dans le fichier même ou dans un fichier-librairie annexe. Les instructions d'insolation sont très simples : la tête de flashage peut être **déplacée, diaphragme fermé**, vers une position XY donnée (liaison sans insolation), ou bien avec le **diaphragme ouvert** (piste insolée), ou encore être positionnée et le **diaphragme ouvert puis fermé** pour insoler un point fixe (pastille). Ce qui nous fait trois instructions de positionnement, accompagnées du numéro du diaphragme mis à contribution.

Un format plus élaboré mais conservant la compatibilité avec l'existant a ensuite été défini, sous l'appellation Gerber RS274-X ou Gerber-étendu. Ce nouveau format conserve les mêmes instructions d'insolation, mais son avantage notoire réside dans le fait qu'il propose en tête de fichier des **indications géométriques sur les diaphragmes utilisés, et même sur les perçages**. De fait, un fichier Gerber RS274-X ne nécessite pas de fichier-librairie connexe ni de table de diaphragmes prédéfinis. Toutes les données nécessaires à la réalisation du circuit imprimé sont contenues dans le fichier. Il va de soi que CopperCAM récupère ces informations quand elles sont disponibles. Si votre logiciel de CAO électronique propose un export au format Gerber RS274-X, c'est celui-là qu'il faut utiliser.

Dans le cas d'un fichier Gerber classique RS274-D, aucune information relative aux diaphragmes n'étant accessible, il vous appartiendra de redéfinir la géométrie de ces diaphragmes après ouverture des fichiers, c'est à dire indiquer pour les pastilles l'**aspect** et la **taille** du diaphragme, ainsi que le diamètre de **perçage** si nécessaire, et pour les pistes le diamètre du diaphragme, c'est à dire la **largeur** des pistes. Ceci pour chaque diaphragme référencé dans le fichier ouvert.

Diaphragmes des pastilles

Numéro : 5 Aspect : Cercle Taille : 2.03 x 2.03 mm Perçage : 0.7 mm

OK Annuler

Appliquer à toutes les pastilles : Aspect Taille Perçage

Supprimer toutes les pastilles de ce type

Diaphragmes des pistes

Numéro : 3 Largeur : 0.51 mm

OK Annuler

Appliquer cette largeur à toutes les pistes

Supprimer toutes les pistes de ce type

Définir comme simple gravure au centre

CopperCAM conserve vos indications pour le fichier suivant, ce qui fait qu'il n'est pas nécessaire de redéfinir les diaphragmes de pastilles et pistes si votre logiciel de CAO électronique utilise toujours les mêmes références. Bien entendu, ce travail est sans objet dans le cas d'un fichier Gerber RS274-X dont les indications sont reprises et immédiatement appliquées. Ceci étant, si un diaphragme utilisé dans le fichier n'a pas été référencé, CopperCAM affichera une boîte de dialogue sitôt le fichier importé, pour vous permettre de compléter la ou les références manquantes.

A partir d'un fichier Gerber étendu, il est donc possible de retrouver non seulement le dessin géométrique des pistes et pastilles, mais aussi les diamètres de perçage des pastilles pour la soudure des composants traditionnels (côté composants et côté soudures). La seule information qui fasse

encore défaut - et c'est bien dommage quand on est équipé d'une fraiseuse à commande numérique - est la description du contour de détournage de la carte, avec les points origine de celle-ci. Le détournage apparaît en général sous la forme d'un réseau de pistes de contour global.

❑ FICHIERS EXCELLON

Un autre format de fichiers concerne le seul **perçage des pastilles** d'un circuit, format élaboré pour les multi-perceuses Excellon Automation. Ce format semble en perte de vitesse depuis l'arrivée des composants montés en surface, mais il concerne tout de même la réalisation des circuits électroniques, et à ce titre, CopperCAM ne pouvait l'ignorer.

Comme pour les fichiers Gerber, les fichiers Excellon contiennent des coordonnées XY de perçage et des numéros d'outils dont le diamètre correspond au trou. Et comme pour les fichiers GRB classiques, les fichiers EXL (ou parfois DRL ou TXT) ne contiennent hélas pas cette information de diamètre de perçage, qu'il faut aller chercher dans d'autres fichiers annexes non normalisés, ou bien indiquer manuellement après ouverture, ce que propose CopperCAM.

De plus, il existe en fait deux variantes du format Excellon, l'une en coordonnées réelles (les valeurs numériques XY sont formatées et indiquées en unités immédiatement utilisables), l'autre plus ancien en coordonnées sans zéros de remplissage à droite, ce qui peut induire des erreurs de position si le fichier n'est pas doté d'un en-tête précisant le type de cadrage numérique. Pour pallier ce problème, CopperCAM propose les deux formats sous deux formes distinctes, ce qui permet de s'affranchir du modèle de représentation numérique. Si votre fichier ouvert dans un format semble erroné, reprenez-le avec l'autre et cela devrait bien se passer.

Un fichier Excellon ne vous permet donc pas de restituer un circuit imprimé, ni même ses seules pastilles, mais seulement de le percer. Si votre logiciel de CAO électronique vous propose un export aux formats Gerber ou Excellon, choisissez de préférence le premier, bien plus riche en informations géométriques.

A noter que le format Gerber RS274-X permet de codifier les diamètres de perçage des pastilles, mais cette donnée est optionnelle et hélas peu utilisée par les logiciels de CAO. Il est préférable d'inclure les données de perçage au fichier Gerber si votre logiciel le permet. Cela vous évitera d'avoir à manipuler un fichier Excellon annexe et de devoir éventuellement réaligner les perçages avec les pastilles.

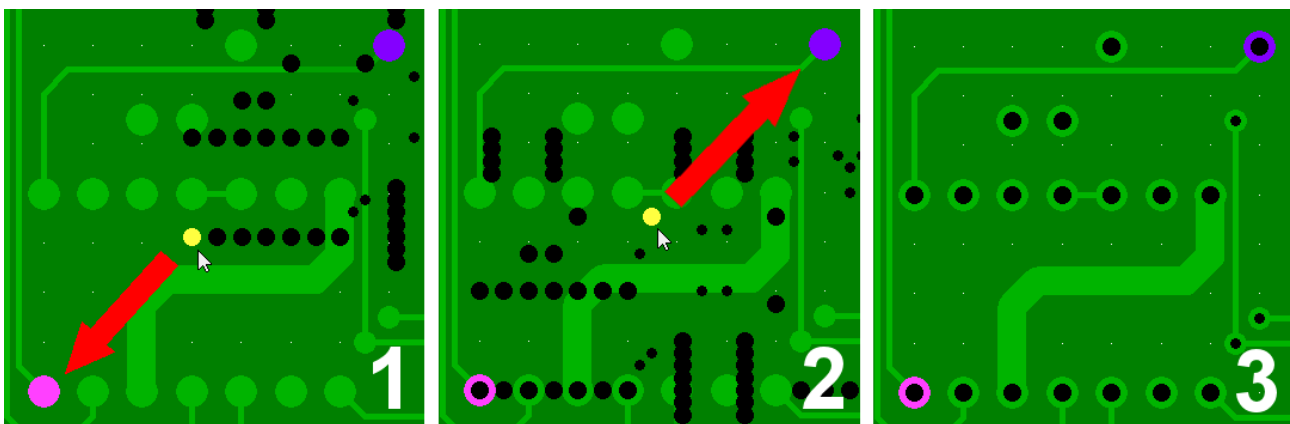
❑ ALIGNEMENT ET AJUSTAGE DES COUCHES

CopperCAM est capable de gérer simultanément **quatre couches de cuivre** (pastilles et pistes), plus un **plan de perçages** (couche n° 5) et un **plan de détournages** (couche n° 6). Gerber ou Excellon, les fichiers ouverts n'utilisent pas forcément la même origine. Il peut donc s'avérer nécessaire de **réaligner les éléments** pour qu'ils correspondent. La première chose à faire est de pivoter la couche courante afin qu'elle ait la même orientation que la couche n° 1, à l'aide des commandes d'inversion et de rotation.

Sur la couche n° 1, on sélectionnera une pastille dite "de référence". On passe ensuite à une couche suivante (circuit ou perçages) sur laquelle on sélectionne une pastille ou un perçage à aligner sur la référence. Ceci peut se faire directement avec le **bouton droit de la souris** sur la

pastille choisie ou bien avec la commande "Fichier / Pastille de référence n° 1 / Pointer" ou le raccourci correspondant dans la barre de commandes du haut.

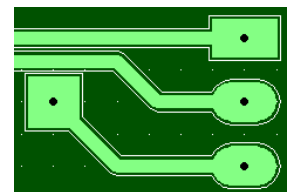
La **pastille de référence n° 1** ne sert qu'à réaligner les couches par simple décalage, considérant qu'elles sont déjà à la bonne échelle et que leur orientation est correcte. Mais il est possible en plus de pivoter et mettre à l'échelle une couche qui ne s'ajuste pas sur celle de référence, par exemple la couche des perçages qui est souvent issue de fichiers d'un format différent avec des orientations et dimensions incompatibles. La méthode est simple : dans la couche de référence (celle réputée à la bonne échelle), il suffit de pointer deux pastilles de référence n° 1 et n° 2, si possible un peu éloignées l'une de l'autre. Ensuite, il est nécessaire d'aller dans la couche à réaligner (circuit ou perçage) puis commencer par ajuster la pastille ou le perçage sur la **pastille de référence n° 1 (rose)** qui lui correspond, afin de décaler globalement cette couche. Enfin, il faut ajuster l'autre pastille ou perçage sur la **pastille de référence n° 2 (violet)** qui lui correspond, pour pivoter et mettre à l'échelle globalement cette couche. L'alignement et la mise à l'échelle sont ainsi effectués de façon rapide, sans avoir à modifier l'échelle d'import.



Ne pas confondre **point origine** et **pastille de référence**. L'origine est le point de coordonnées (0,0) du circuit et donc du fichier d'usinage qui sera produit. Les pastilles de référence ne servent qu'à réaligner des couches différentes.

□ CALCUL DES CONTOURS D'ISOLATION

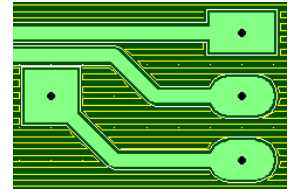
Le travail d'isolation des pistes et pastilles nécessite un calcul préalable de **contournage des tracés**, selon le diamètre de pointe de l'outil utilisé pour la gravure, avec gestion des collisions en cas de trop grande proximité des trajectoires. C'est là le rôle principal de CopperCAM qui, à partir de l'information géométrique contenue dans le fichier, va pouvoir élaborer une série de tracés d'isolation, et même proposer l'élimination par hachurage des zones vides, via les commandes "Usinage / Calculer les contours (ou les hachures)".



La distance de la trajectoire de l'outil au bord de la piste ou de la pastille correspond au **rayon de la pointe d'outil** utilisée pour la gravure, à la profondeur demandée. CopperCAM calcule ensuite l'ensemble des contours d'isolation pour la gravure du circuit. Ce calcul est effectué en plusieurs étapes qui peuvent parfois prendre du temps selon la complexité du circuit et la vitesse de travail de votre ordinateur.

□ HACHURAGE DE ZONES VIERGES

Si la gravure des contours suffit à isoler les pistes et pastilles, il peut s'avérer utile d'**éliminer le restant du cuivre** de tout ou partie de la surface de la carte, afin de faciliter le travail de soudure par exemple sur les pastilles rapprochées.



Le hachurage ne peut être activé que si les contours de pistes et pastilles sont déjà calculés. La marge de hachurage est définie dans les paramètres des outils sélectionnés. Elle correspond à la distance qui sépare deux hachures consécutives. La valeur par défaut est le rayon de l'outil à la profondeur de gravure (pour le cas d'une pointe conique), ce qui donne un taux de recouvrement de 50%. Mais vous pouvez bien entendu choisir une distance plus à votre convenance. CopperCAM propose en outre de relier les hachures entre elles pour former un crénelage en zig-zag lorsque c'est possible sans passer à travers une trajectoire de contour. L'affleurement des hachures à leurs extrémités est de 10% de la distance entre elles.

□ USINAGE

L'appel de la fonction "Usinage / Fraiser" produit le fichier de sortie et chaîne automatiquement au pilote d'usinage. La séquence de travail est définissable en différentes sections, chacune correspondant à une tâche à effectuer (perçage, gravure des différentes couches, perçage des pions de centrage, détournage final).

Pour l'usinage d'une carte double-face, la procédure typique est la suivante :

- 1- Produisez le fichier de sortie correspondant à l'une des deux faces, en incluant les perçages.
- 2- Usinez ce fichier.
- 3- Placez l'origine sur une pastille percée dont le trou est facile à repérer sur la carte retournée.
- 4- Produisez le fichier de sortie correspondant à l'autre face, en incluant les détournages.
- 5- Retournez la carte, faites l'origine pièce sur le perçage choisi comme point origine, et usinez.