

# Partage de savoirs « Maîtriser KiCad – II »

Les Usines Nouvelles - Bernard Pradines – 28 octobre 2017.

## Paramètres de fabrication pour Pcbnew :

Pour pouvoir concevoir votre C.I. dans KiCad, il faut quatre paramètres :

- la **largeur de piste minimum** que vous pouvez fabriquer,
- la valeur d'**isolation** que nous appellerons DRC : c'est la distance minimum à respecter entre deux pistes ou deux pads, pour éviter les court-circuits,
- le **diamètre minimum de perçage** (des vias entre autres),
- le **diamètre des vias**.

Pour les déterminer, il faut savoir **comment vous allez réaliser** votre C.I. : manuellement avec la méthode chimique, avec une fraiseuse CNC, ou chez un fabricant de C.I. à choisir maintenant. Et dans ce dernier cas, il vous faut les **paramètres de votre fabricant** (sur sa page de spécifications techniques). Généralement, et au vu des paramètres de plusieurs fabricants (tous assez proches), on arrive aux valeurs suivantes (en mm) :

Méthode de fabrication	<b>Manuelle chimique</b>	<b>Fraiseuse CNC</b>	<b>Fabricant Pro</b>
Largeur de piste min.	0,4	0,8	0,15
DRC (isolation)	0,25 à 0,35	0,5	0,20
Diamètre min. perçage	0,8	0,8	0,33
Diamètre (min.) des vias	2	2	0,69

Notez cependant que le diamètre des vias (et pads) dépend de **votre capacité à souder**. Si vous soudez vous-même les composants, ne prenez pas trop petit. Les valeurs données par les fabricants (colonne « Fabricant Pro ») sont utilisables pour une soudure industrielle des composants, je conseille d'ajouter une petite marge.

## Choix d'un fabricant de C.I. :

Listez les **caractéristiques de votre carte** à fabriquer : j'ai mis les valeurs usuelles entre parenthèses.

- les **dimensions** de votre carte (10 x 10 cm)
- nombre de **couches** (2 couches)
- **DRC** pour KiCad (0,20 mm)
- diamètre de **perçage minimum** (0,33 mm)
- **nombre de cartes** à fabriquer (3, 5 ou 10 cartes)

Ensuite, allez sur le **comparateur de fabricants** de C.I. et rentrez vos paramètres ci-dessus dans le formulaire à l'adresse suivante : <https://pcbshopper.com/>

**Printed Circuit Board Specs**

Dimensions:  ×

Layers:

Solder mask color:

Silkscreen:  Some manufacturers charge significantly more for a silkscreen on both sides.

Surface Finish:

Board Thickness:  NEW FEATURE!

Copper Weight:  The copper weight of the outer layers.

Min. Trace/Space:   The width of the narrowest trace on the board.

Min. Drill:   The diameter of the smallest hole.

Gold Fingers:  The total number of gold fingers on the board.

Include Stencil:

Quality Certifications:

Number of Designs:  Number of independent designs on the board separated by a silkscreened line or by nothing at all.

Quantity:  Quantities up to 1,000.

Ship to:

Boards arrive in:  PCBShopper will quote shorter lead times and faster shipping to try to meet your schedule. 'Default time' selects the manufacturer's default lead time.

Vous obtenez alors une liste de fabricants, classée par prix croissants (frais de port inclus). **Choisissez un fabricant**, et allez voir **ses paramètres techniques**. Dans la colonne « Fabricant Pro » du premier tableau de ce document, reportez les valeurs de votre fabricant. Par exemple, j'ai relevé :

	EasyEDA	AllPCB	SeedStudio	OSH Park	Eurocircuits PCB proto	DIY – fabrication personnelle
Largeur min. de piste	0,089 mm	0,1 mm	<b>0,15 mm</b>	0,15 mm	0,15 mm	0,4 à 1 mm
Espacement min. (DRC)	0,102 mm	0,1 mm	<b>0,20 mm</b>	0,15 mm	0,15 mm	0,25 à 0,35 mm
Diamètre Vias / pads min.	0,6 mm	0,56 mm	0,50 mm	<b>0,69 mm</b>	0,60 mm	2 mm
Perçage Vias / pads min.	0,3 mm	0,25 mm	0,2 mm	<b>0,33 mm</b>	0,25 mm	0,8 mm
Largeur de vernis épargne min. entre pads (Soldermask bridges / dam / web / segment)	0,1 mm	0,1 mm	<b>0,32 mm</b>	0,1 mm	0,1 mm	Pas de vernis

*0,10mm = 4 mil – 0,15mm = 6 mil – 0,20mm = 8 mil – 0,254mm = 10 mil*


## Commencer votre C.I. dans Pcbnew :

Lancez Pcbnew, et complétez tout de suite le cartouche  , comme vous l'avez déjà fait dans Eeschema. Réglez également les paramètres suivants :

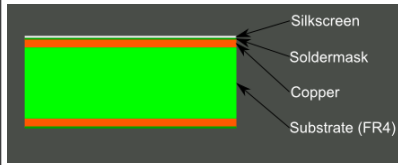

- dans le menu « Préférences → Langue », choisir « Français » si ce n'est pas déjà fait ;
- dans la barre d'icônes de gauche, valider l'affichage de la grille ;
- choisir l'unité « mm » ;
- régler le pas de grille sur 2,54mm initialement à l'aide de la liste déroulante (clic droit sur le fond de la feuille) ;

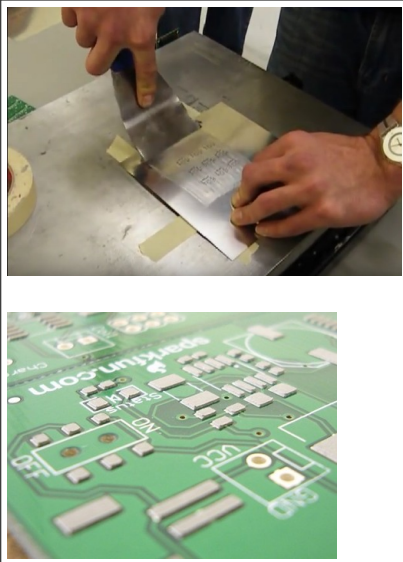
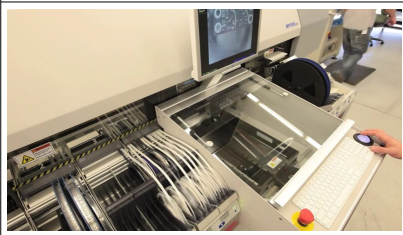
Régler le type de circuit imprimé à réaliser : nombre de couches (de cuivre), faces recevant des composants...

- dans le menu « Règles de conception → Options couches », choisir dans les listes déroulantes la formule souhaitée et le nombre de couches. Les cases du tableau se cochent automatiquement ;
- le matériau standard est du FR4 (ne rien modifier) : verre époxy d'épaisseur 1,6mm (avec couche de cuivre d'une épaisseur de 35 µm soit 1 oz).

Enregistrer tout de suite le fichier vide, en cliquant sur la première icône de la barre : «  Sauver circuit imprimé ». Le fichier apparaît alors dans le gestionnaire de projet.

## Les couches dans Pcbnew :

Illustration (photos Sparkfun)	Couche	En français	Nom KiCad	Description
 	Silkscreen	Sérigraphie des composants	F/B.SilkS	Encre (vernis) blanche, pour guider lors de l'assemblage des composants.
	Soldermask	Masque de soudage, ou Vernis épargne	F/B.Mask	Donne sa couleur (verte, rouge, violette, ...) au C.I.
	Copper	Cuivre	F/B.Cu	Épaisseur : généralement 1oz (= 35µm ou 1,4 mil). Existe aussi en 1/2oz ou 2oz, selon la puissance à faire passer dans les pistes.
	Substrate	Substrat ou support	Edge.Cuts (contours)	Matériau isolant : - FR4 : époxy (résine : Epoxy + fibre de verre), - FR1 ou FR2 : bakélite (résine : Phénolique + papier kraft). Épaisseur : 1,6mm (ou 0,6 / 0,8 / 1 / 1,2 / 1,6 / 2 / 2,5 / 3mm).

	Solder Paste	Pâte à braser, pour souder au four à refusion (reflow) les CMS.	F/B.Paste	Sert à produire le « Pochoir de CI » pour déposer, par sérigraphie, de la pâte à souder sur les pads des composants CMS (sur la / les faces qui en comportent).
	Off-board	Fabrication (footprint assembly)	F/B.Fab	Couche logicielle de KiCad, pour les informations de fabrication : étiquettes « référence », et « valeur ».
	Off-board	Courtyard (espace occupé par chaque composant)	F/B.CrtYd	Couche logicielle de KiCad, montre généralement par un rectangle l'espace qu'occupe chaque composant (pour les machines de Pick'n Place, et leur logiciel de CAM).



### Saisie des règles de conception :

Dans le menu « Règles de conception → Règles de conception », la boîte de dialogue comporte deux onglets dans lesquels il faut saisir les mêmes valeurs : celles du premier tableau de ce document.



Dans l'onglet « Règles générales », dans « Epais. Pistes spécifiques », rentrez les largeurs de piste que vous utiliserez lors du routage. Ainsi vous pourrez en changer facilement à l'aide d'un menu contextuel. Par exemple, pour une carte à fabriquer manuellement, utilisez les largeurs de piste suivantes :

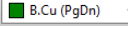

Largeur (mm)	Utilisation
1	Utilisation générale (avec DRC de 0,35 mm, et grille de 2,54 mm)
0,8	Si carte dense, à utiliser avec un pas de grille inférieur (1,27 mm)
0,5	Pour passer entre 2 broches d'un C.I. en boîtier DIP
0,4	Pour connecter les broches des petits boîtiers CMS (avec DRC de 0,25 mm)

## Tracer le contour de la carte :

Sélectionnez la couche « Edge.Cuts » :  . Utilisez l'outil (icône) du trait bleu pointillé :  , tracez un rectangle de la taille exacte de votre C.I. . Le contour qui apparaît en jaune doit absolument être fermé pour que l'auto-routeur puisse fonctionner correctement. Vous pouvez aussi importer un fichier .dxf dessiné dans Inkscape par exemple.


Pour obtenir une taille de contour précise, sélectionnez une taille de grille fine (0,508 mm par exemple). Aidez-vous de l'outil d'affichage des distances dx et dy dans le bas de la fenêtre : placez le curseur sur un point d'origine, tapez sur la touche Espace : dx et dy passent à 0, et quand vous bougez la souris la dimension exacte de votre déplacement s'affiche.

Utilisez l'icône «  Définir le point origine pour la grille » et cliquez sur un coin de votre contour (par exemple en haut à gauche). Faites la même chose avec l'icône juste au-dessus «  Place point origine pour perçage et placement », et désignez exactement le même endroit au début.

Une fois le contour tracé, retournez à la feuille du côté cuivre de votre C.I. : «  B.Cu », et sélectionnez à nouveau une grille au pas de 2,54mm. Notez que la feuille du côté composants est « F.Cu » (carré rouge). Pensez à enregistrer votre travail .

## Placement des composants :


Le logiciel a deux modes de fonctionnement qu'on sélectionne en cliquant sur des icônes :


 mode « routage »,

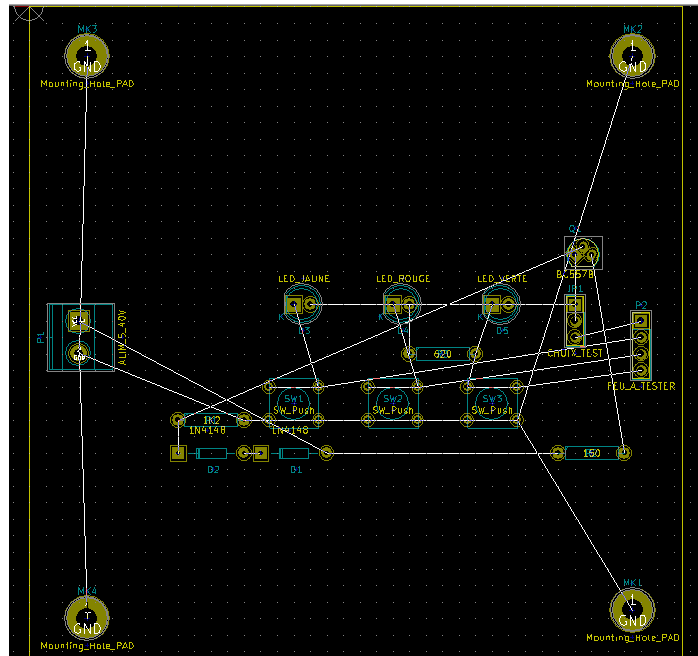
 mode « placement ». Sélectionnez ce mode maintenant.

**N'utilisez pas les deux modes en même temps** : on fait d'abord un placement le plus satisfaisant possible de tous les boîtiers de composants, et après seulement on commence à router les pistes.

Les étapes sont les suivantes :

- chargez la netliste en cliquant sur l'icône «  NET » de la barre du haut. Reculez grâce à la mollette de la souris : un gros tas de composants (tous superposés) est apparu juste sous le contour de votre C.I.
- faites un clic droit sur le fond de la feuille et cliquez sur « étalements et placements globaux → étaler toutes les empreintes »
- placez d'abord manuellement ce que vous voulez voir à un emplacement précis sur votre carte (trous de fixation, connecteurs, boutons poussoirs, LEDS ...), et enregistrez votre travail

- auto-placez ensuite le reste des composants : faites un clic droit sur le fond de la feuille et cliquez sur « étalements et placements globaux → Placer automatiquement nouvelles empreintes »
- visualisez le chevelu . Vérifiez que l'espacement entre les composants est suffisant pour permettre le passage des pistes sans croisements excessifs. Si besoin, orientez différemment certains composants (rotation)



## ROUTAGE DES SIGNAUX DE LA CARTE :

Outils disponibles :



Un auto-routeur intégré à KiCad, performant



FreeRouting, un auto-routeur externe écrit en Java, que vous pourrez lancer quand vous aurez placé l'archive freeroute.jar dans le sous-dossier /bin/ de KiCad



Le routeur interactif avancé du CERN, pour les cartes complexes. Il fonctionne en mode graphique OpenGL, et peut « repousser » les pistes gênantes (ou les contourner) pour router



Le mode de routage manuel basique, mais convivial et puissant. Il permet de terminer un routage, ou de personnaliser le résultat de l'auto-routeur

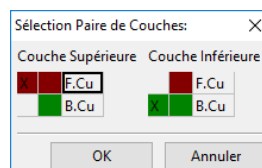
Stratégie de routage :

- charger la netliste (déjà fait lors du placement, mais indispensable)
- classer les nets en différentes classes (par exemple : pistes d'alimentation, de puissance, normales...) pour avoir une liste de contraintes par type de net. Le net GND étant routé en dernier, il aura la contrainte la plus faible car il doit passer partout (dans une NetClasse avec la DRC la plus faible)

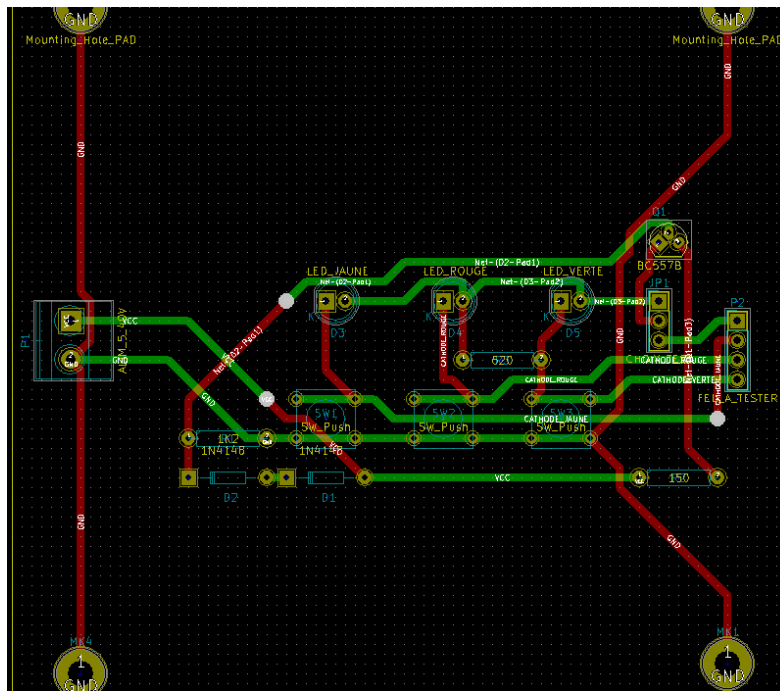
- router d'abord manuellement les pistes (ou les composants) critiques si besoin (chemins courts, signaux faibles, de puissance ou H.F., ...)
- router les pistes les plus évidentes par l'auto-routeur pour gagner du temps
- si des composants refusent de se router, les espacer ou les tourner (rotation) pour diminuer les croisements de nets (à vérifier avec la fonction « Montrer le chevelu général ») et recommencer
- router manuellement les dernières pistes avec le routeur interactif avancé
- lancer une vérification DRC, et corriger manuellement les erreurs détectées jusqu'à épuisement de la liste
- ajouter des éventuels plans de masse (sur les différentes couches cuivre) et relancer une DRC : par exemple, réaliser le net GND EN DERNIER sous forme de plan de masse
- ajouter dans une couche cuivre : société ou auteur / nom du schéma / numéro de révision, pour faciliter l'identification (traçabilité), le sav, ...

### **Routage auto en double-face :**

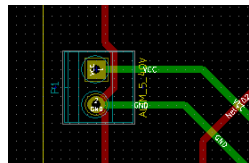
- cliquer dans la barre du haut sur l'icône du mode routage uniquement : ;
- faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → Sélection paire de couches » :



- régler le pas de grille à 1,27mm (ou moins) pour pouvoir faire passer les pistes entre les broches des composants placés sur la grille au pas de 2,54mm ;
- pour lancer le routage, faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → Router automatiquement toutes les empreintes ». Le circuit se route presque complètement, et instantanément ;




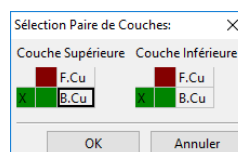
- certains composants traversants qui ne sont soudables que sur une face (certains connecteurs – les borniers par exemple) ont pourtant des signaux connectés sur les deux faces avec cette méthode : voir par exemple ci-dessous la broche 2 de P1.



C'est possible à fabriquer chez un professionnel grâce aux trous métallisés, mais c'est **impossible en fabrication manuelle** : il faut alors utiliser la méthode de routage simple-face.

### Routage auto en simple-face :

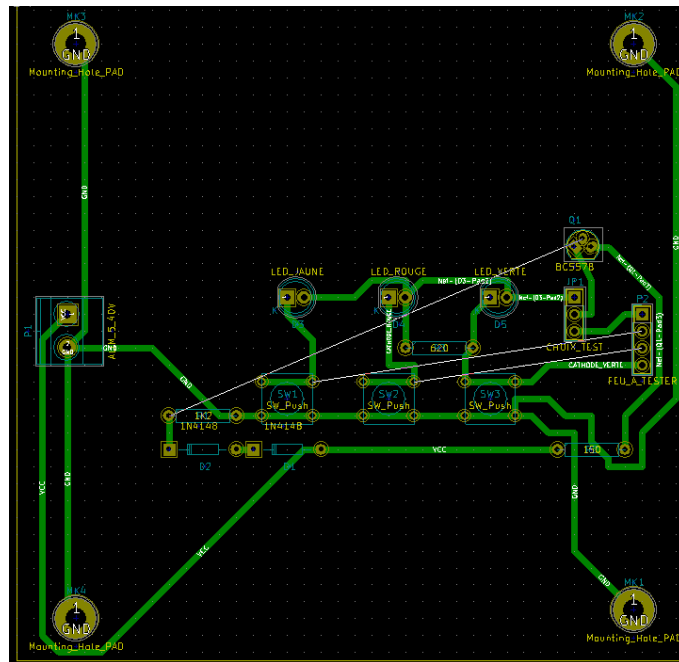
- cliquer dans la barre du haut sur l'icône du mode routage uniquement :  ;
- faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → Sélection paire de couches » ;  
→ On va indiquer à l'auto-routeur d'utiliser une seule couche dans un premier temps :



- sélectionner un pas de grille, par exemple 1,27mm pour donner la liberté nécessaire au routeur ;



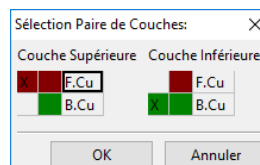
- lancer le routage : faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → router automatiquement toutes les empreintes » ;



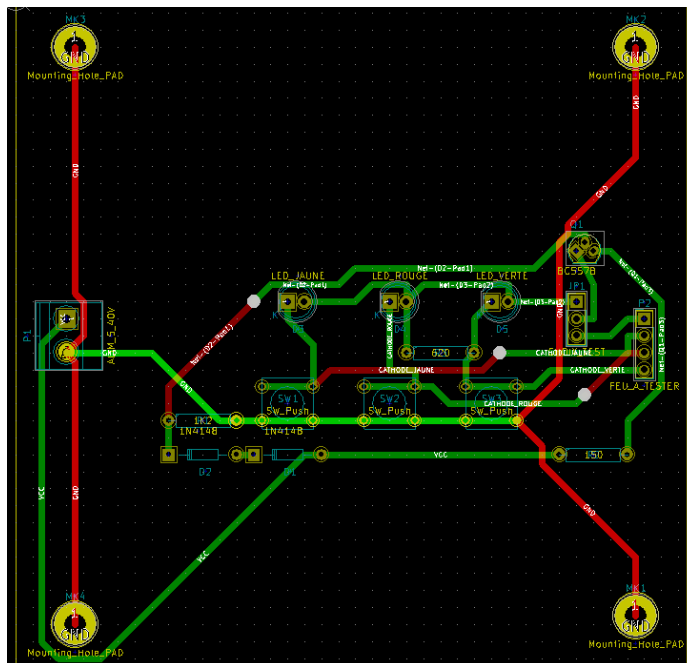
- certaines pistes font peut-être des détours hallucinants pour arriver au but : il faut trouver pourquoi et corriger ;
- ces détours sont parfois dus au routage du net GND qui gêne (bloque) le passage : si vous comptez ajouter au final un plan de masse pour GND, vous pouvez effacer le net GND sans problème.

Finir le routage simple face en autorisant l'auto-routeur à créer des **straps**, sur le **côté composants** :

- faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → Sélection paire de couches » ;  
→ On va indiquer à l'auto-routeur d'utiliser maintenant les deux couches :



- relancer le routage automatique : faire un clic droit sur le fond du C.I. et choisir « Autoroute → router automatiquement toutes les empreintes » ;



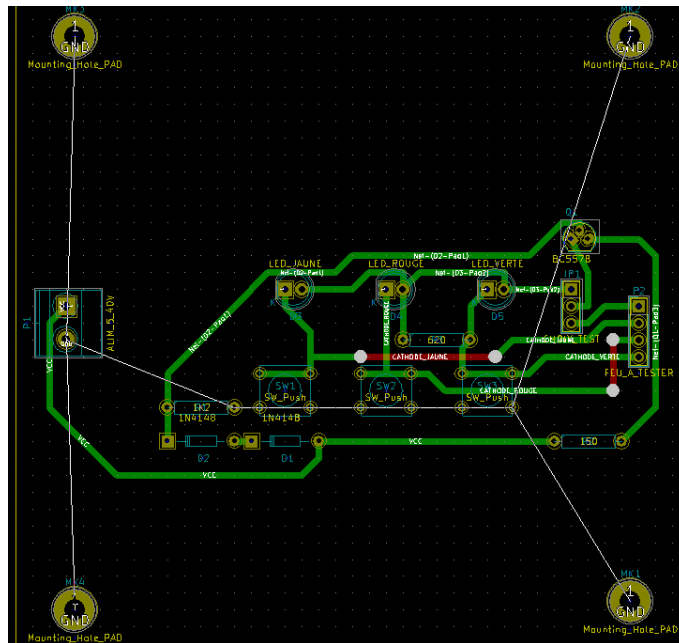
- le net GND est à nouveau routé : je conseille à nouveau de l'effacer ;
- si vous fabriquez vous-même votre C.I. vous ne pourrez pas métalliser les trous. Les **broches** traversantes **accessibles à la soudure d'un seul côté** du C.I. mais connectées à des pistes des deux côtés **doivent être corrigées** : les pistes côté composants doivent être munies d'un via et ramenées côté cuivre. Pour cela faites la correction manuellement :



- déplacer éventuellement les pistes adjacentes pour pouvoir implanter le via ;
- reprendre le tracé de la piste manuellement, et soit implanter le via nécessaire avec la touche « v », soit déplacer un via existant avec la fonction « Drag Via » ;
- l'implantation du via a refait passer le routeur côté cuivre (vert) : il suffit maintenant de terminer le tracé de la piste jusqu'à la broche (double-clic), ce qui effacera automatiquement l'ancien segment du mauvais côté de la carte.







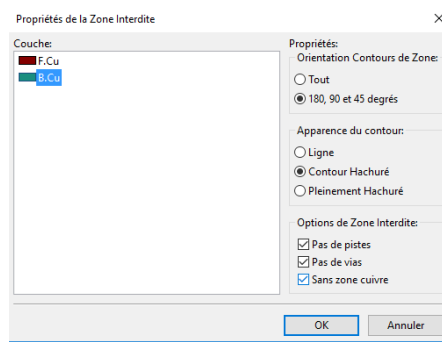
- pour une fabrication manuelle du C.I., si vous préférez faire du simple face et donc ne pas graver la face composants, il faut que toutes les pistes en rouge commencent ET se terminent sur un via (straps). Pour cela, appliquez à nouveau la technique précédente aux deux extrémités de chaque piste sur la face rouge.




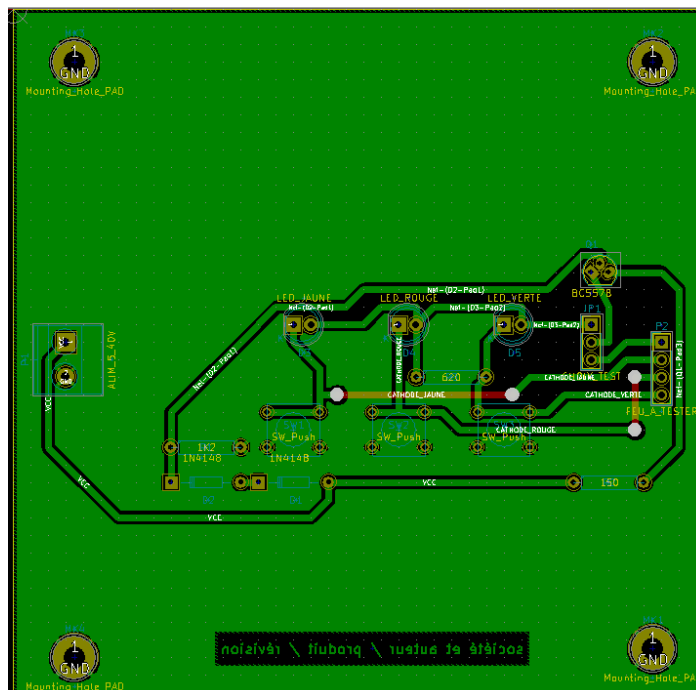
- terminez le routage par l'ajout de plans de masse, au moins pour le net GND.

### Ajout de plans de masse :

- choisir comme couche active, dans la barre d'icônes du haut de l'écran, la couche sur laquelle vous voulez créer le plan de masse (couche cuivre verte) ;
- mettre en surbrillance le net GND en utilisant l'icône «  Surbrillance NET » puis en sélectionnant une broche connectée à GND ;
- dans la colonne d'icônes de droite cliquer sur «  Addition de zones remplies », et cliquer pour dessiner tout le contour de la carte. Finir le dernier segment en double-cliquant sur le point de départ. Garder toutes les options par défaut ;
- une fois le contour global fait, faire un clic droit à l'intérieur du contour et choisir « Remplir ou re-remplir toutes les zones » (les raccourcis clavier « B » et « Ctrl+B » sont parmi les plus connus) ;
- vérifier avec la DRC  que toutes les connexions sont faites (pas de non-connectés), et qu'il n'y a pas de problème (pas de marqueurs d'erreurs – flèches blanches sur le C.I.) ;
- maintenant que vous avez une zone remplie, vous pouvez ajouter à l'intérieur des **zones interdites** (sans cuivre) avec l'icône «  Ajouter zones interdites ». Ce type de zone est destiné à isoler un endroit particulier, ou à accueillir les textes importants :
  - cliquez à l'intérieur de la zone remplie : une boîte de dialogue apparaît ;
  - dans la boîte de dialogue, sélectionnez la bonne face, et cochez « Sans zone cuivre » :




- tracez votre zone ;
- pour la faire apparaître, effacez les remplissages existants et re-remplissez (« Ctrl+B » puis « B ») ;
- vous pourrez alors écrire vos textes (en miroir sur la couche cuivre) à l'aide de l'icône : .




- pensez à enregistrer le circuit terminé.

## Routage manuel basique :

Le mode manuel est très utilisé et très facile à maîtriser :

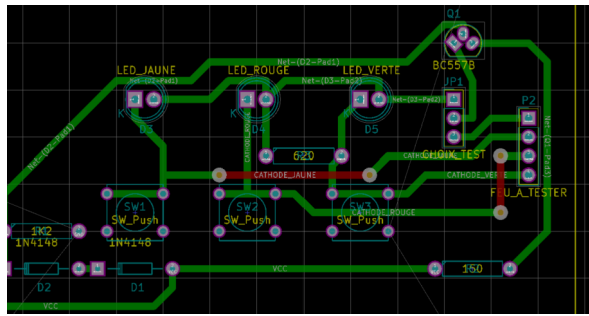
- s'assurer d'être en mode routage (dans la barre d'icônes du haut, c'est l'icône  qui doit être sélectionnée) ;
- s'assurer que la couche active est la couche de cuivre verte « B.Cu » : pendant le routage c'est une piste verte qu'on dessine ;

- le routage d'une piste se fait en cliquant sur l'icône de la piste verte  dans la colonne d'icônes de droite. On clique alors sur une connexion : en bougeant la souris, une piste verte se dessine, et les connexions les plus proches à établir passent en jaune, il suffit de les relier à la souris :
  - pendant le dessin, un clic avec la souris fixe partiellement la piste (point de passage intermédiaire) ;
  - un double-clic sur une connexion termine le dessin de la piste en cours ;
  - à tout moment, on peut changer le pas de grille en cliquant du bouton droit et en cliquant sur « Sélection grille » ;
  - si un obstacle impossible à traverser se présente, on peut changer de couche pour l'éviter : taper sur « v » au clavier place un via et change de couche (paire de couches par défaut : cuivre B.Cu ↔ composants F.Cu), vous pouvez continuer à tracer votre piste. Il suffit de placer un 2ème via pour revenir à la couche d'origine ;
- en cas d'erreur, on peut effacer :
  - un segment de piste seulement (clic droit → « Supprimer → supprimer segment ») ;
  - une piste reliant deux points de connexion (clic droit → « Supprimer → effacer piste ») ;
  - tout un net, c'est à dire l'ensemble des pistes à un potentiel donné (clic droit → « Supprimer → supprimer net » puis confirmer) .
- pour tracer différemment un morceau de piste (segment), pas besoin d'effacer le segment existant : il suffit de dessiner directement le nouveau, et lorsque son extrémité sera connectée au segment existant, celui-ci disparaîtra automatiquement (remplacé) !
- différence entre « déplacer » et « Drag » (faire glisser) un composant (ou plutôt son empreinte) :
  - le déplacement bouge l'empreinte du composant, mais pas les pistes déjà routées ;
  - le Drag déplace l'empreinte en même temps que les pistes qui sont reliées à ses pads.
- pendant le routage d'un net, si on a saisi plusieurs largeurs de piste dans les règles générales de conception, on peut changer la largeur de la piste pendant son tracé : par exemple on peut la réduire pour passer entre deux broches d'un circuit intégré, et la rétablir ensuite. Il suffit de faire un clic droit et d'aller dans « Sélection épaisseur de piste ».

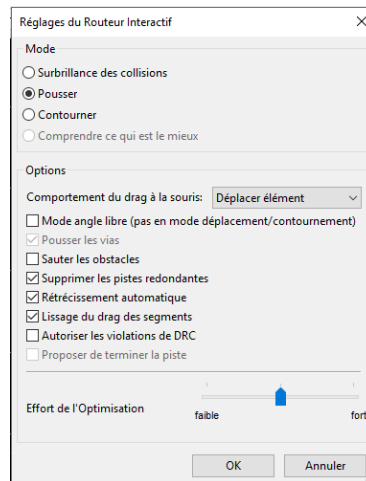
### **Routage manuel avancé : routeur interactif du CERN**

Si lors du tracé d'une piste, vous vous rendez compte qu'il faut déplacer un grand nombre d'autres pistes déjà routées pour arriver à passer, ce nouveau mode de routage le fera pour vous et vous gagnerez beaucoup de temps !

- pour activer ce mode de routage, il faut changer le moteur graphique dans le mode OpenGL : cliquer dans le menu « Affichage →  Commuter l'affichage sur OpenGL » ;




- lors du routage, face à un obstacle, vous pouvez choisir le type de solution souhaitée en faisant un clic droit et en choisissant tout en bas « Options de routage... ». Une boîte de dialogue de choix de stratégie s'affiche :

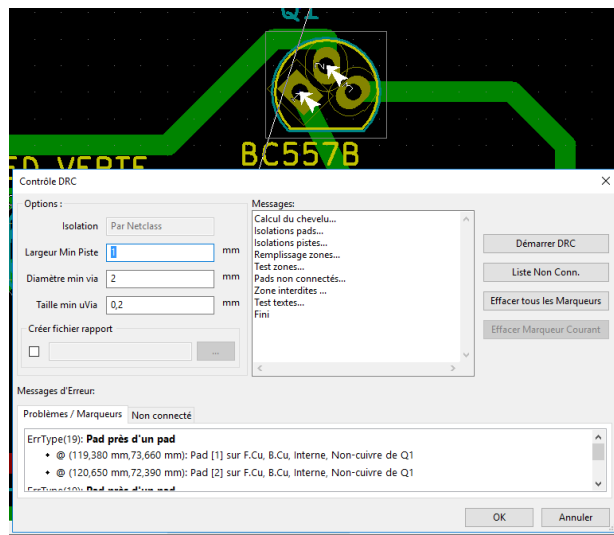


- choisissez « Pousser » ou « Contourner » et réglez l'effort. Cliquez sur « OK ».

## Fin du routage ? Faites une DRC !

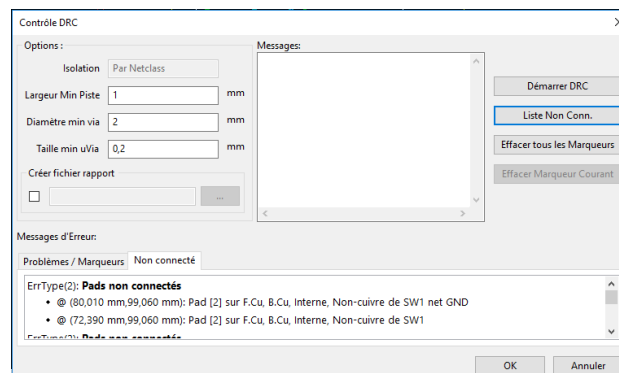
Le routage n'est **terminé** que quand la boîte de dialogue de «  DRC (design rules check) » ne signale **plus d'anomalie** : dans la boîte de dialogue « Contrôle DRC », cliquez sur les boutons « Effacer tous les marqueurs », puis « Démarrer DRC » :

- dans l'onglet « **Problèmes / Marqueurs** », les erreurs détectées sont listées, et des marqueurs sous forme de flèches blanches apparaissent sur le C.I. aux endroits concernés :



Tous les problèmes listés doivent être corrigés. Dans l'exemple ci-dessus, on utilise une empreinte TO92 de transistor BC557B. Visiblement la valeur de DRC est (légèrement) trop élevée ! Il faut donc très légèrement la diminuer (ou changer d'empreinte).

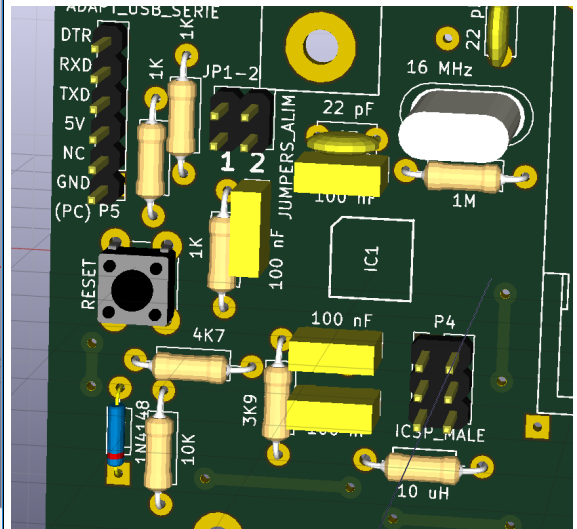
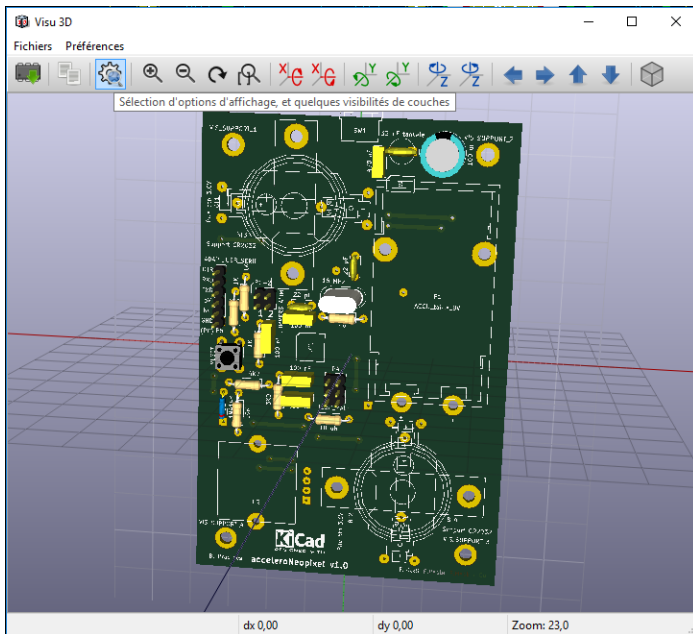
- dans l'onglet « **Non connecté** », on peut voir rapidement si on a oublié de router certaines pistes : affichez cet onglet, et cliquez sur le bouton « Liste Non Conn. ». Si l'onglet se remplit, c'est qu'il reste du travail.




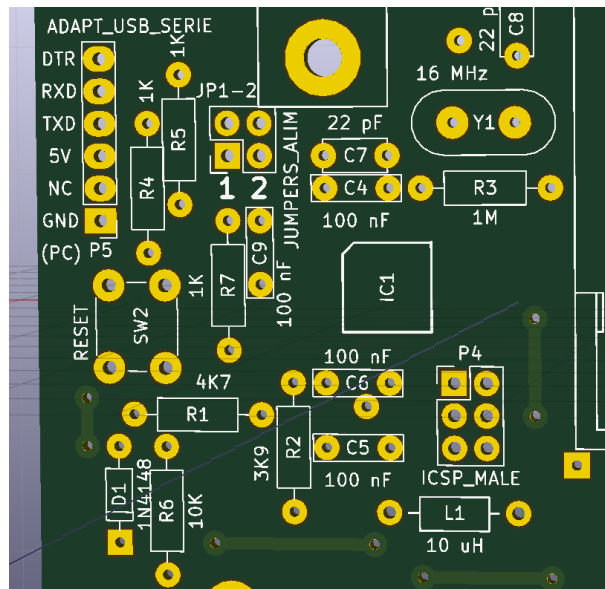
Tant que les deux onglets de la boîte de dialogue ne sont pas vides, la carte n'est pas correctement routée.


### Visualiseur 3D :

KiCad comporte un visualiseur 3D (3DViewer) intégré à Pcbnew, qui vous fera gagner beaucoup de temps au quotidien car il permet de **voir instantanément** l'effet des paramètres sur ... le produit fini ! Cliquez sur le menu « Affichage → 3D Visualisateur ». Votre carte s'affiche dans une nouvelle fenêtre :

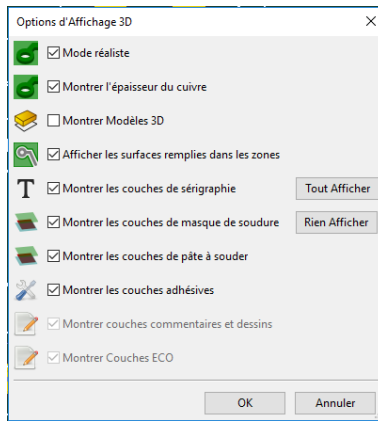


Cliquez et glissez avec la souris sur l'image pour la **faire pivoter**, et avoir une meilleure sensation de relief. Vous pouvez aussi retourner complètement votre carte pour contrôler le côté cuivre ... **Zoomez** avec la molette de votre souris, et **déplacez-vous** sur l'image avec les 4 flèches bleues de la barre d'icônes du haut : . Le circuit imprimé nu (sans les composants) est affiché de façon très réaliste, permettant de contrôler le résultat obtenu instantanément, sans exporter les couches de la carte ni lancer de visualiseur Gerber !



Pour contrôler le rendu à l'écran de votre carte, dans le visualiseur, une boîte de dialogue d'options est disponible. On l'affiche en cliquant sur «  Sélection d'options d'affichage ».





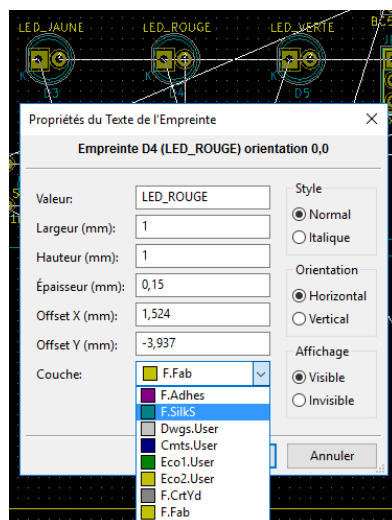
Cochez « **Mode réaliste** » pour avoir un rendu convaincant. En pratique vous voyez qu'il vaut mieux cocher toutes les cases ! L'option « Montrer modèles 3D » permet de **retirer les composants de la vue** : c'est très utile pour inspecter le rendu des différentes couches d'une face (couche de vernis, couche de cuivre, ...).

### Finalisation du projet :

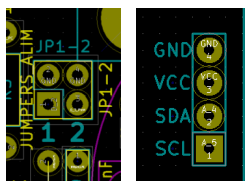
**Déplacer les labels** : « Référence » et « Valeur » des empreintes, pour les rendre bien visibles lors de l'impression du dossier de fabrication.



Par défaut les références (ex. : R1) des composants sont sur la couche de sérigraphie des composants (SilkS), mais pas les valeurs (ex. : 1K2) qui sont sur la couche de fabrication (Fab) ! Si vous souhaitez faire figurer certaines valeurs de composants sur la couche SilkS, il faut les **transférer** de la couche F.Fab **vers la couche F.SilkS**. Faites un clic droit sur une valeur de composant, et choisissez « Valeur → Editer texte ». Dans la boîte de dialogue, dans le champ « Couche: », changez « F.Fab » en « F.SilkS » puis confirmez.

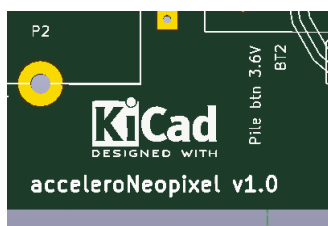



Ajouter des éléments de **texte** (icône **T**) sur la couche F.SilkS, apparaissant en bleu à l'écran, pour : **documenter** les positions des jumpers / interrupteurs, les noms des signaux des connecteurs (si symbole générique utilisé), ...



**Marquer chaque couche** avec « F » (front) ou « B » (back), et le nom de la couche. Ajouter également sur chaque couche au moins le nom du projet KiCad, sous forme d'élément de texte (icône **T**) de petite taille, mais lisible. C'est important pour l'étape d'export des couches au format Gerber, de rendre **chaque fichier identifiable** : vous envoyez ainsi vos fichiers clairement marqués au service de fabrication de C.I., ce qui évite toute erreur.

Ajouter, avec l'icône «  Ajouter empreinte », des **pictogrammes** de la librairie « Symbols ». N'en mettez pas trop, restez sobre !



Si vous souhaitez ajouter un **logo personnalisé** c'est possible avec «  Bitmap2Component » qui se charge de vectoriser une image bitmap (.png par exemple) en composant pour Pcbnew. Un logo de 300 x 300 pixels (en 300 dpi) sera transformé en un composant mesurant un pouce carré (25,4 x 25,4 mm) sur le circuit imprimé.

## Dossier de fabrication :

Il faut **toujours imprimer** en PDF et / ou papier un **dossier** de fabrication, même si vous envoyez ensuite vos fichiers chez un fabricant de circuits imprimés. En effet, si à l'avenir vous éprouvez des difficultés pour relire vos fichiers KiCad dans une version ultérieure, vos impressions (papier ou PDF) seront une **aide précieuse**.

Utilisez le menu « Fichier → Imprimer » de chaque application, en mode Paysage. Votre dossier se composera, au minimum, des éléments suivants :


- **Typon(s)** : dans Pcbnew, faites un export PDF à l'échelle 1 exacte de chaque couche cuivre. Pensez à imprimer la couche **F.Cu** en **miroir** (cocher la case « Miroir » dans la boîte de dialogue « Imprimer »), et la couche **B.Cu** en **normal** ;
- **Schéma** : Dans Eeschema, imprimez le schéma électronique A JOUR et définitif (comportant les modifications de dernière minute) ;
- **BOM** (liste des composants) : obtenez une liste regroupée par valeurs, indiquant les quantités et donc permettant de passer commande. Dans Pcbnew, dans le menu « Fichiers → Fichiers de fabrication → Liste du matériel », vous enregistrez un fichier .csv nommé avec le même nom que votre fichier .kicad\_pcb, avec comme séparateur le point-virgule, et des caractères encodés en UTF-8 ;
- **Plan d'implantation** : dans Pcbnew, imprimez un plan d'implantation des composants, pour chaque face comportant des composants (par exemple, une superposition des couches : contour / cuivre / sérigraphie des composants et valeurs ).

## Fabrication chez un sous-traitant acceptant le format KiCad :

Dans le cas d'OSH Park, le simple fichier produit dans PcbNew suffit : « nom\_projet.kicad\_pcb ». Veuillez simplement à travailler avec la dernière version de KiCad.

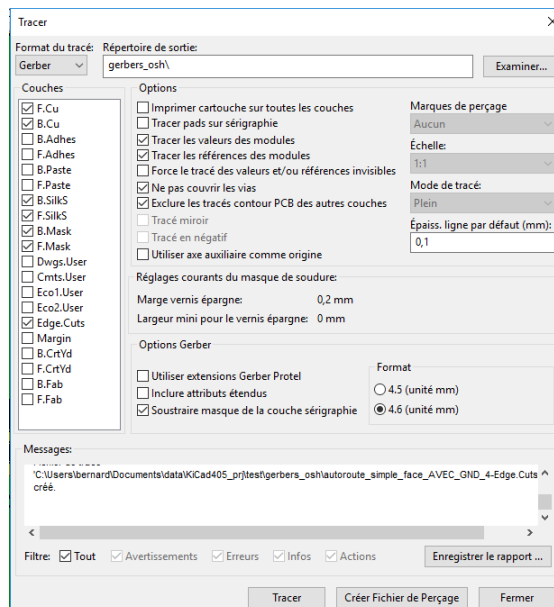
## Fabrication chez un sous-traitant n'acceptant PAS le format KiCad :

Il faut **exporter et zipper** les fichiers de fabrication aux formats **Gerber et Excellon** pour les lui transmettre (consulter la liste des couches demandées / acceptées par votre fabricant, et les options d'export exigées).

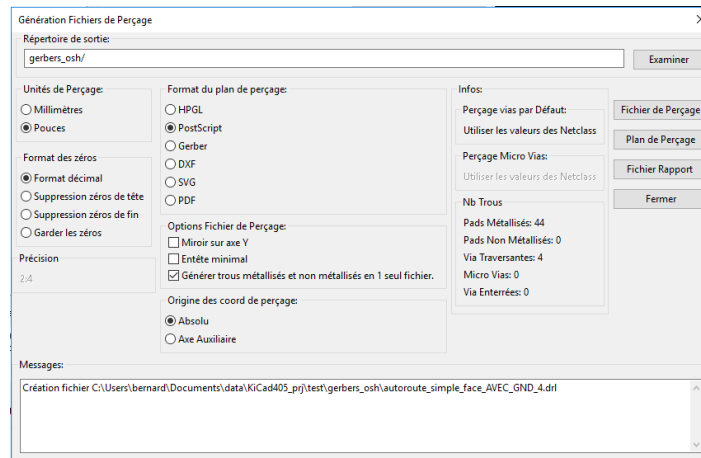
**Export de chaque couche en fichier Gerber (.gbr)** : Créez un sous-dossier de votre projet nommé « gerber » dans lequel vous exporterez les fichiers. Cliquer sur le menu «  Fichiers → Tracer ». Sélectionner les couches désirées, selon le type de C.I. (simple ou double face, composants THT ou CMS sur une ou plusieurs faces, soudure manuelle ou au four à refusion, ...). Il faut créer des fichiers pour toutes les couches de cuivre (Cu) et, en fonction du circuit, pour la sérigraphie (SilkS), les couches masque de soudure en vernis épargne (Mask), et pâte à souder (Paste) uniquement si vous voulez un stencil pour les CMS.

Couche(s)	Pour CMS	Pour service d'assemblage (pcba)	Description
F.Cu			Cuivre, côté composants (si double face seulement, quasiment toujours présente).
B.Cu			Cuivre, côté soudure (toujours présente).
F/B.Paste	X	X	Pour produire un masque, servant à déposer de la pâte à souder sur les îlots des pattes des composants CMS (soudure au four à refusion des composants CMS, inutile sinon).
F/B.SilkS		X	Sérigraphie des composants (valeur, référence, broche N°1, contour, ...). Souvent en blanc, aide à éviter les erreurs d'implantation à la fabrication (assemblage). Proposé par tous les services de fabrication, recommandé.
F/B.Mask	X	X	Masque de soudure, pour le vernis épargne (qui ne recouvre pas les pads de soudure). Aide grandement à éviter les court-circuits entre broches lors de la soudure des CMS. Protège aussi les pistes de la corrosion. Le vernis donne au C.I. sa couleur qu'on peut souvent choisir. Proposé par tous les services de fabrication, recommandé.
Edge.Cuts			Contours de la carte. Apparaît sur toutes les autres couches, donc pas besoin de l'exporter. Cependant certains services (dont OSH Park) l'utilisent pour découper votre carte ... vous pouvez / devez donc l'exporter, et dans ce cas la supprimer des autres couches en cochant l'option correspondante « Exclure les contours PCB des autres couches ».
F/B.CrtYd		X	Courtyard : montre généralement par un rectangle l'espace qu'occupe chaque composant. Utile seulement pour le programme des machines de Pick'n Place en fabrication, et encore, d'autres fichiers spécialisés sont à exporter dans ce cas ...
F/B.Fab		X (si demandé)	Footprint Assembly : contient des informations de fabrication (en jaune dans Pcbnew, référence et valeur). Pour utilisation sur papier (dossier de fabrication) ...

Voici les paramètres utilisés pour une carte double-face chez **OSH Park** : il faut ensuite cliquer sur « Tracer » pour enregistrer les fichiers.



**Pour exporter le fichier de perçage au format Excellon (.drl), ne fermez pas la boîte de dialogue, cliquez sur le bouton « Créer Fichier de Perçage » :**



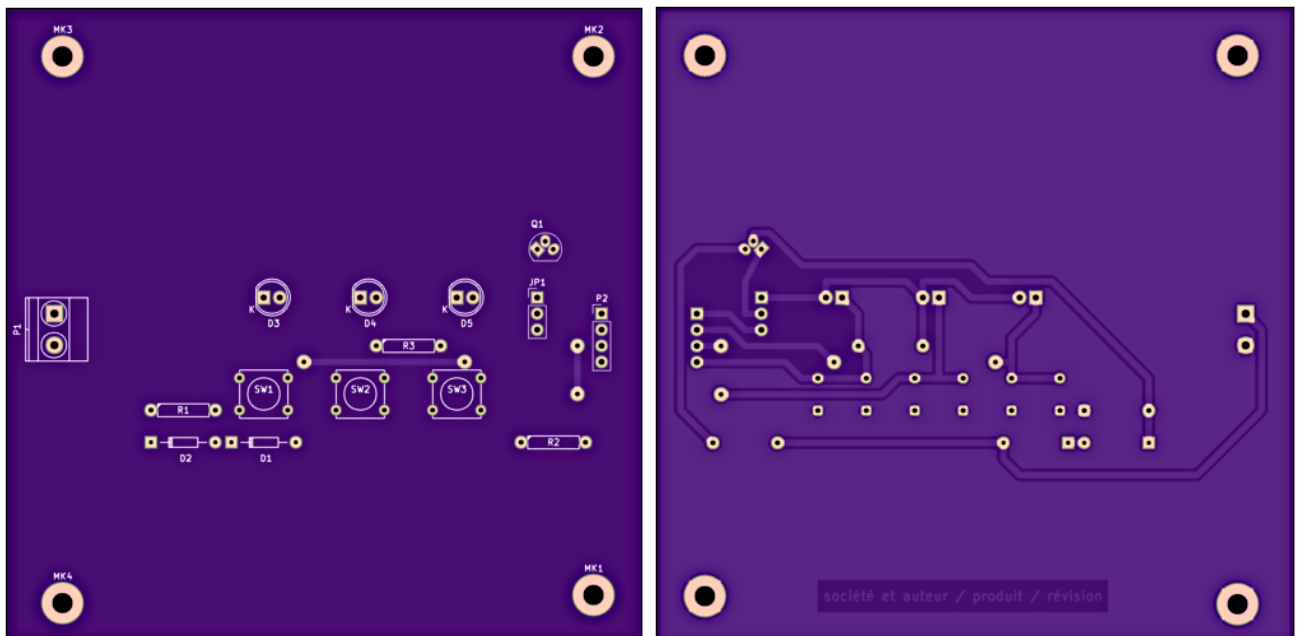
Zippez le sous-dossier « gerber » et placez-le dans l'interface Web de votre fabricant. Son **visualiseur Gerber** vous permet de contrôler le résultat :

**Detected 2 layer board of 3.96x3.96 inches (100.48x100.48mm). \$78.20 for three.**

Your upload has finished processing. Enter the project details below and we'll move on to checking all the individual layers to make sure that they're correct.

**Design notes:**

- 1 Processing gerbers\_osh.zip as KiCad ZIP file.
- 2 2 layer board of 3.96x3.96 inches.



### Préparer le projet pour diffusion :

Vous ne pouvez pas simplement zipper le dossier de votre projet KiCad pour le diffuser sur Internet (en Open Source Hardware par exemple). Plus le temps passe, plus il y a de grandes chances que **les autres** ne

puissent **pas l'ouvrir correctement** : à chaque nouvelle version de KiCad les bibliothèques .lib changent, et le Github contenant les empreintes de composants est mis à jour continuellement ! Pour **vous prémunir de ces problèmes**, voici plusieurs actions à entreprendre **avant de diffuser** (ou archiver) votre projet. Vous pourrez ensuite utiliser la fonction « Fichiers → Archiver » du gestionnaire de projet de KiCad pour zipper tous les fichiers de votre projet, et les diffuser.

1. **Préparer le schéma** : Lorsque vous mettez un composant sur votre schéma, KiCad l'ajoute à une bibliothèque de cache des composants, portant le nom de votre projet suffixé de « -cache.lib ». Exemple : « projet-cache.lib ». Lorsque votre schéma est en version définitive, il suffit donc de copier ce fichier, et de le renommer avec le nom de votre projet, par exemple « **projet.lib** ». Je conseille de créer un **sous dossier** de votre projet nommé « **bibliothèques** », et d'y déplacer le fichier. Ensuite, dans « Préférences → Bibliothèques de composants », insérez cette bibliothèque en tête de liste : KiCad prendra les composants du schéma en priorité dans cette bibliothèque, qui est maintenant indépendante de la version de KiCad et ne sera plus modifiée.

Seul inconvénient : le fichier « projet.pro » contient toujours la liste des bibliothèques utilisées dans votre version actuelle de KiCad. Dans une version future de KiCad ces bibliothèques seront peut-être renommées ou supprimées ... Vous pouvez donc (facultatif), pour éviter tout message d'erreur à l'ouverture qui serait lié à ce problème, simplement **supprimer les autres bibliothèques de composants** du menu « Préférences → Bibliothèques de composants ». Une personne qui voudrait modifier votre schéma devra ajouter manuellement les bibliothèques de sa version de KiCad pour travailler.

2. **Préparer le C.I.** : Pour distribuer avec votre C.I. les empreintes des bibliothèques du Github de KiCad que vous avez utilisées, une fonction existe dans un menu de Pcbnew : « Fichiers → Archiver modules → **Créer une bibliothèque et archiver les empreintes** ». Choisissez de créer cette nouvelle bibliothèque dans le sous-dossier « bibliothèques » de votre projet. Kicad va prendre toutes les empreintes figurant sur votre carte, et les sauvera dans cette nouvelle bibliothèque. Il faut maintenant dire à Pcbnew d'utiliser cette bibliothèque en priorité : dans le menu « Préférences → Assistant des bibliothèques d'empreintes », choisissez la bibliothèque que vous venez de créer (sur votre disque dur), et ajoutez-la à la configuration de votre projet actuel seulement.

Cette bibliothèque se suffit à elle-même : plus besoin d'inclure d'autre bibliothèque d'empreinte dans votre projet ! Néanmoins, contrairement aux bibliothèques schématiques dont la liste figure dans le fichier projet, la liste des bibliothèques d'empreintes « globales » est dans votre dossier utilisateur (donc globale à KiCad et non particulière à votre projet). Il n'y a aucun besoin de la vider, et une personne extérieure verra sa propre liste globale à la place de la vôtre sans manipulation particulière de votre part.

Une personne qui voudrait modifier votre carte risque tôt ou tard de recharger la **Netliste** : en l'état, cela ruinerait vos efforts. Il faut donc quitter Pcbnew et retourner dans Cvpcb (depuis Eeschema) : pour chaque composant, prenez maintenant l'empreinte correspondante se trouvant dans votre nouvelle bibliothèque. Enregistrez dans Cvpcb, puis dans Eeschema, et ré-exportez la Netliste qui sera alors à jour. Inutile cependant de recharger la Netliste dans Pcbnew : vous perdriez les

personnalisations des composants ! Je ne connais rien de faisable contre cela, si ce n'est de bien faire attention aux options lors d'un futur éventuel rechargement de la Netliste, ou d'une mise à jour des empreintes ...

Il reste un problème : les **modèles 3D** des composants se trouvent toujours dans des dossiers sur votre disque dur. Vous pouvez :

- créer un **sous-dossier** « librairies\packages3d\ » dans le dossier de votre projet ;
- **copier le modèle** utilisé par **CHAQUE composant** dans ce dossier, en prenant soin de créer les sous-dossiers nécessaires : par exemple, créer « librairies\packages3d\Buttons\_Switches\_THT.3dshapes\ » avant d'y copier « SW\_PUSH\_6mm\_h4.3mm.wrl » (et .step) ;
- pour utiliser ces modèles sauvegardés, il faudra ponctuellement changer le chemin des fichiers 3D et le faire pointer vers votre dossier de sauvegarde : hélas ce chemin est dans une variable d'environnement du système (d'exploitation de votre ordinateur) nommée **KISYS3DMOD**, sa modification s'appliquera à tous vos projets. Vous pouvez le faire **le temps d'un dépannage** de votre projet, et redémarrer KiCad, mais tout de suite après ce dépannage il faudra remettre la valeur précédente dans KISYS3DMOD et redémarrer KiCad pour pouvoir continuer à travailler normalement. Il serait plus pratique que KiCad intègre une gestion des librairies 3D au niveau du projet (comme pour les librairies d'empreintes) ;
- cette dernière manipulation n'est pas automatique et peu répandue : il est bon d'inclure un fichier Readme dans le dossier de votre projet, **mentionnant cette manipulation** à faire en cas de problème de visualisation 3D de votre carte.

Ca y est, votre projet KiCad est prêt à être archivé et diffusé, accompagné d'une copie du texte de sa **licence** d'utilisation...

### Choisir une ou des licence(s) avant toute diffusion :

Au moment de la diffusion, pensez à choisir une licence appropriée : par défaut le **droit d'auteur** vous protège (vous ou votre éventuel employeur), mais vous pouvez **ne conserver que certains droits ciblés**, permettant ainsi aux autres de copier et / ou modifier votre travail, ouvrant la porte à la **création de dérivés** qui ne doivent pas vous faire une concurrence déloyale. Etes-vous vraiment prêt à partager votre projet ?

Les **licences** couvrent (par spécialités, mais pas exclusivement) :

- **la conception matérielle**, à travers vos **fichiers** de design (CAO), donc le travail original dont vous êtes l'auteur avec KiCad mais aussi les plans 3D, ... : ce sont les **licences Open Hardware**, par exemple **TAPR** ou **CERN Open Hardware Licence**, qui sont dédiées ;



Logo « Open Source Hardware »  
proposé par [OSHA](#),  
licence CC-SA 1.0

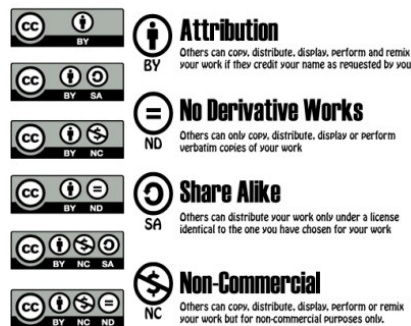
- **le logiciel** ou micrologiciel associé à votre matériel (des licences spécifiques au domaine logiciel existent : BSD, **GNU GPL V3** ou LGPL, Apache 2.0, ... ) ;



Logo *open source* par  
[The Open Source Initiative](https://opensource.org/),  
 licence CC-BY 2.5

- **les instructions** ou notices, et autres éléments de documentation : les licences **Creative Commons** entre autres sont adaptées.

Dans le choix de votre licence, attention au **Copyleft** (-SA pour les licences Creative Commons), qui est viral puisqu'il exige de partager avec la même licence que l'original, donc sans ajouter de restriction. Ne pas confondre les **brevets** qui protègent les machines et les procédés, avec les **licences** qui n'agissent que sur les logiciels, les fichiers de design et la documentation. Enfin je vous conseille de vous inspirer des licences que des **projets similaires** au vôtre ont choisies : par exemple le projet Arduino est sous licence Creative Commons CC-BY-SA, qui est utilisée par les Makers.



Les [licences Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/) libres sont : **CC0, CC-BY, CC-BY-SA**

Le **choix** de la licence est **important** pour votre propre interaction (travail) avec les autres (équipe) et votre « écosystème » (travail communautaire, à long terme).

Il faut donc choisir, **précisément**, une licence pour chacun des éléments de votre projet, et surtout **le signaler**. Pour vos fichiers KiCad ceci peut prendre la forme :

- d'une mention sur votre schéma, sur votre C.I. ou tout autre fichier complémentaire (BOM, ...), sous la forme d'un texte ou d'un logo identifiant la licence ;
- et / ou d'un fichier Readme.txt dans le dossier de votre projet, avec le nom précis de la licence choisie et l'URL de son texte ;
- et / ou d'une copie du texte de votre licence : fichier Licence.txt dans le dossier de votre projet.

Creative Commons : <https://creativecommons.org/licenses/>

Open Source Hardware : <https://www.oshwa.org/definition/french/>

CERN Open Hardware Licence : <https://www.ohwr.org/projects/cernohl/wiki>

Comment choisir : <https://www.open-electronics.org/how-to-choose-your-open-source-hardware-license/>