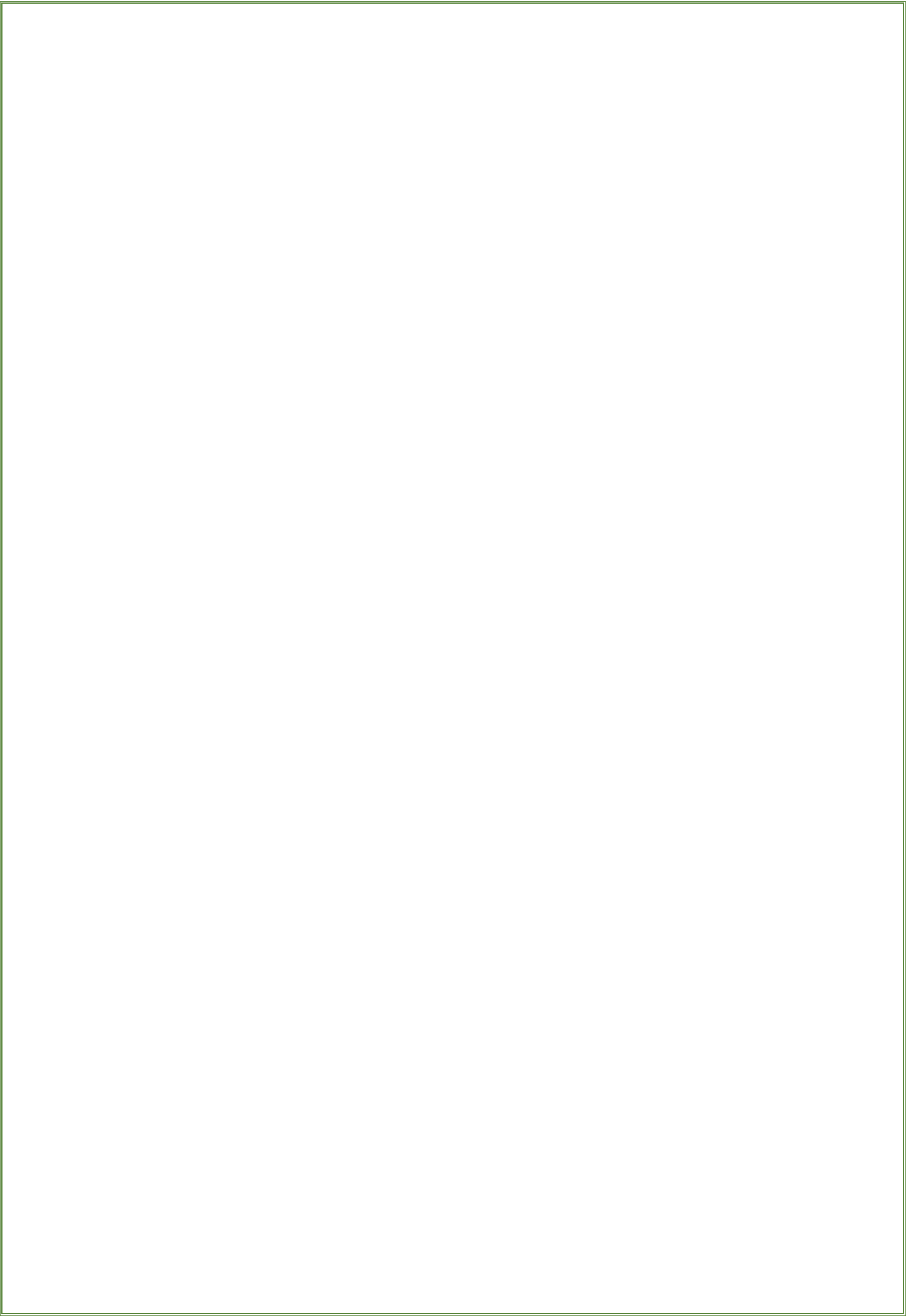


Guide au logiciel KiCad

Version 5.1.4_1



Anas Derkaoui



Sommaire

➤ Notice :	4
I - Introduction au logiciel KiCad.....	5
II - Création de votre premier circuit imprimé	6
III - Schématisation de la carte électronique.....	7
➤ Ajout d'un composant au schéma :.....	8
➤ Propriétés d'un composant :.....	9
➤ Dimensions de la grille :.....	10
➤ Réalisation des connexions électriques :.....	10
➤ Ajout d'un symbole d'alimentation au schéma :	11
➤ Ajout d'un net local au schéma :.....	11
➤ Ajout des commentaires :.....	12
➤ Remarques à propos de la manipulation des composants/connexions :.....	12
➤ Vérification de règles électriques :.....	12
➤ Association des empreintes :.....	13
IV - Conception du circuit électronique	14
➤ Importation de la netliste vers le PCB :	17
➤ Déplacer les composants, choix de la face sur laquelle ils sont placés :	18
➤ Largeurs de piste prédéfinies par l'utilisateur :	19
➤ Réglage des règles de routage suivant les nets :	20
➤ Routage de la carte :.....	20
➤ Définir les contours extérieurs de la carte :.....	21
➤ Ajout des plans de masse :	21
➤ Vérification finale :	23
➤ Allure d'une carte finalisée :	23
➤ Visualisation 3D :.....	23
➤ Génération des fichiers de fabrication (fichiers Gerber) :	24
➤ Fichier Gerber de perçage :	25
➤ Utiliser GerbView :	25
➤ Changement d'un composant du circuit prêt à imprimer :	26
V – Exemple de carte électronique :	27

➤ Notice :

KiCad est une suite logicielle libre de conception pour l'électronique pour le dessin de schémas électroniques et la conception de circuits imprimés. Il permet de saisir des schémas, de réaliser les dessins des circuits imprimés (Printed Circuit Board – PCB, appelé également "typon" ou "carte") correspondants et de produire les fichiers de fabrication (fichiers gerber) en vue de leur réalisation. KiCad peut être considéré comme suffisamment abouti pour servir à la conception et la maintenance de cartes électroniques complexes.

Ce logiciel est distribué sous licence GPL (GNU General Public License) et est donc totalement gratuit et libre d'usage. Il est aussi disponible pour la plupart des OS (Windows, macOS, Linux). Le site principal de KiCad est : <http://www.kicad.org/>. Il est téléchargeable depuis le lien suivant : <https://downloads.kicad.org/kicad/windows/explore/stable>

Le but de ce guide n'est pas de présenter toutes les possibilités de ce logiciel mais simplement de vous guider dans les opérations de base afin de mener à bien la conception de circuits imprimés de base. KiCad offre de nombreuses autres possibilités et, si vous souhaitez aller plus loin, vous êtes invités à consulter les différentes aides en ligne et tutoriaux disponibles à l'adresse suivante : https://docs.kicad.org/5.1/fr/getting_started_in_kicad/getting_started_in_kicad.html#introduction-to-kicad

Tout ce qui suit a été testé avec la version 5.1.4_1 de KiCad avec l'OS Windows 10. Des différences peuvent apparaître en fonction des versions et des OS.

I - Introduction au logiciel KiCad

KiCad est un logiciel libre (open-source) destiné à la création de schémas électroniques et de circuits imprimés. KiCad est en réalité composé de plusieurs logiciels spécifiques qui coopèrent :

Nom du programme	Description	Extensions de fichiers
KiCad	Gestion du projet	*.pro
Eeschema	Édition de schématique (schémas et symboles des composants)	*.sch, *.lib, *.net
Pcbnew	Édition de circuits imprimés et éditeur d'empreintes	*.kicad_pcb, *.kicad_mod
GerbView	Visualisation des Gerber et fichier de perçage	*.g*, *.drl, etc...
Bitmap2Component	Conversion d'images bitmap en symboles ou empreintes	*.lib, *.kicad_mod, *.kicad_wks
PCB Calculator	Calcul pour composants, largeurs de pistes, isolation électrique, code couleur, etc...	Aucun
Pl Editor	Édition de cartouche	*.kicad_wks

Le logiciel KiCad, permet de modéliser un circuit imprimé et d'en tester les performances et le bon fonctionnement avant une mise en pratique physique.

Cette suite logicielle de conception de cartes électroniques assistée par ordinateur (CAO) comprend plusieurs fonctionnalités pour modéliser le circuit imprimé de votre carte.

Eeschema est un éditeur graphique de schémas qui prend en charge un grand nombre de composants électroniques, ce qui permet d'ajouter rapidement une résistance, une diode, une connectique, etc. L'utilisateur aura également la possibilité d'en indiquer la puissance, la référence et les performances pour ensuite effectuer un test des règles électroniques, permettant de vérifier que vos connexions et que votre circuit imprimé peut fonctionner.

En plus de cet éditeur de schéma, KiCAD intègre un éditeur PCB (Printed Circuit Board, appelé également "typon" ou plus simplement "carte"), nommé **PcbNew**, qui permet de modéliser les tracés de routage de votre circuit imprimé. Vous pouvez utiliser les routages prédéfinis ou créer vos propres tracés, permettant de relier chaque composant.

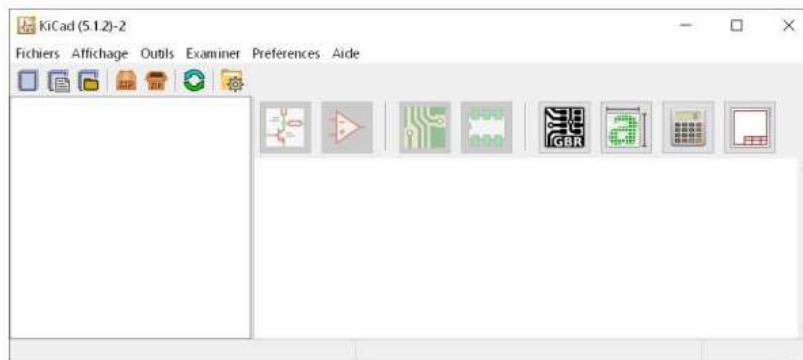
Enfin, KiCAD dispose d'une visionneuse 3D (3D Viewer), qui permet de visualiser l'aspect physique de votre carte électronique. Le logiciel comporte aussi un "ray tracer" (lancer de rayons) avec un éclairage personnalisable qui permet de créer des images réalistes pour mettre en valeur votre circuit imprimé et son routage. Une fois que votre circuit est modélisé et fonctionnel, il est possible de générer et d'exporter des fichiers de fabrication (fichiers Gerber), une liste des composants et une "netliste" indiquant les connexions entre eux.


II - Création de votre premier circuit imprimé

KiCad fonctionne par l'intermédiaire de projets, comme la majorité des logiciels CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Un projet est en fait un ensemble de fichiers, généralement regroupés au sein d'un même répertoire de travail, nécessaires pour mener à bien la conception de votre circuit imprimé et interdépendants les uns aux autres. De surcroît, il est bon de prendre certaines bonnes habitudes comme utiliser des noms de projets de fichiers explicites sans espace ou caractères accentués afin de garantir la portabilité d'un système vers un autre. Prenez également soin d'éviter de travailler sur des fichiers présents sur des clés USB afin d'annuler le risque d'erreur d'application et de minimiser les temps d'accès en lecture/écriture.

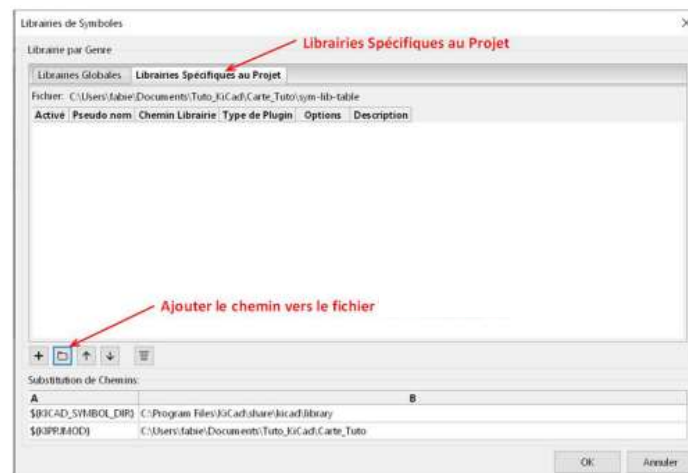
Avant toutes autres opérations, dans le cadre de la conception d'une nouvelle carte, vous devez créer un projet. Il est important de noter qu'il est nécessaire de créer un projet distinct pour chaque circuit imprimé (carte).

- a. Lancer le logiciel KiCad. La fenêtre ci-dessous devrait apparaître.



- b. Pour créer votre projet : cliquer sur l'icône  présente à l'extrême gauche dans le ruban supérieur de la fenêtre.
- c. Après cette étape, vous devez avoir à l'emplacement que vous avez précédemment sélectionné trois fichiers du même nom mais d'extensions différentes :
- 1) Un fichier avec l'extension ".pro" comportant les différentes informations propres à votre projet.
 - 2) Un fichier avec l'extension ".sch" qui est le schéma de votre carte.
 - 3) Un fichier avec l'extension ".kicad_pcb" qui est le typon de votre carte.

Avant de commencer la schématisation de votre circuit électrique, il est possible d'ajouter vôtres propres bibliothèques ou celles de votre établissement. Pour cela, allez dans "Préférences" puis ajoutez le répertoire (soit symboles, soit empreintes) que vous désirez :

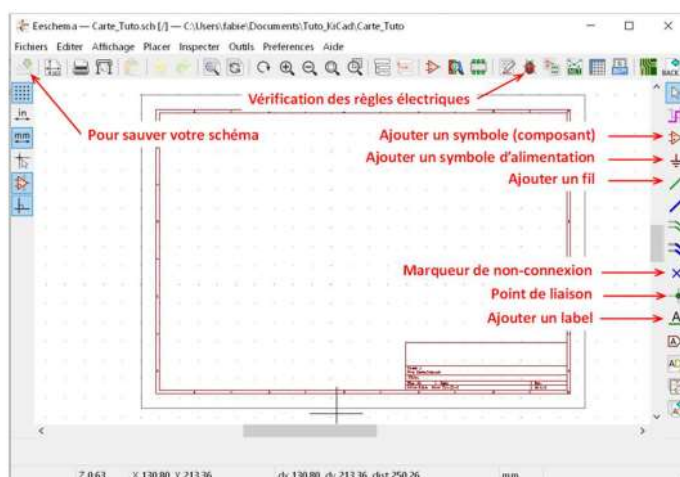


III - Schématisation de la carte électronique


Afin de réaliser la saisie du schéma de votre carte, il suffit d'ouvrir le fichier à gauche d'extension ".sch".



La saisie du schéma se fait à travers l'outil "Eeschema" :




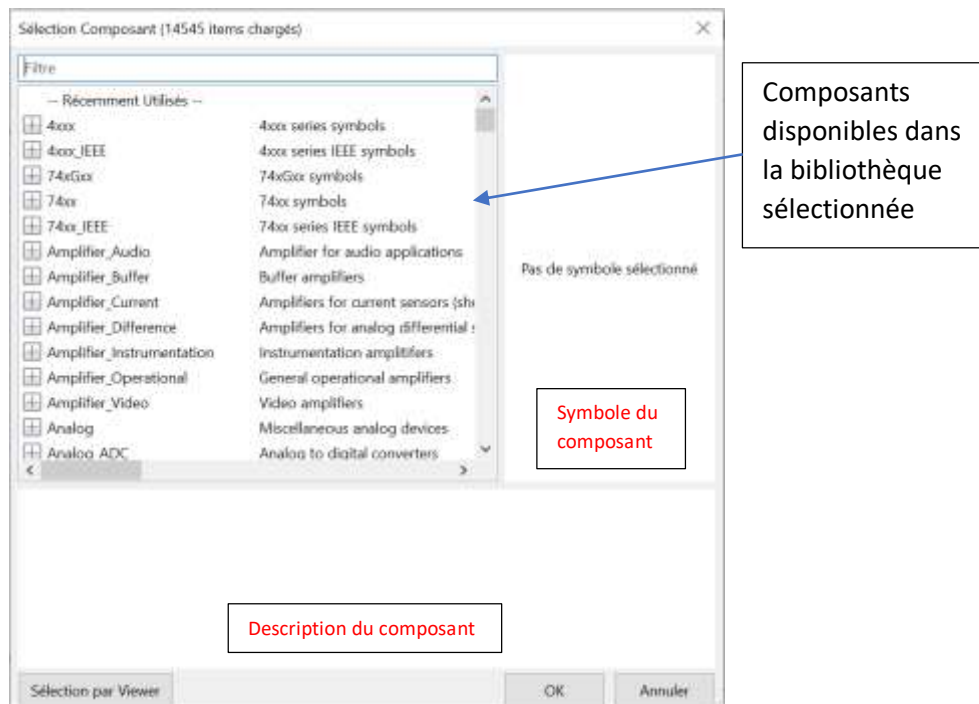
Les icônes à votre droite droite peuvent changer de logo d'une version à l'autre, mais leurs fonctions restent inchangées.

Cliquer sur l'icône 'Ajustage opt Page'  dans la barre d'outils située en haut. Définir la taille de la page que vous voulez ('A4', etc...) et entrer le titre de votre projet. Remarquez bien qu'il est possible de renseigner davantage le cartouche si besoin. Après validation, les informations saisies

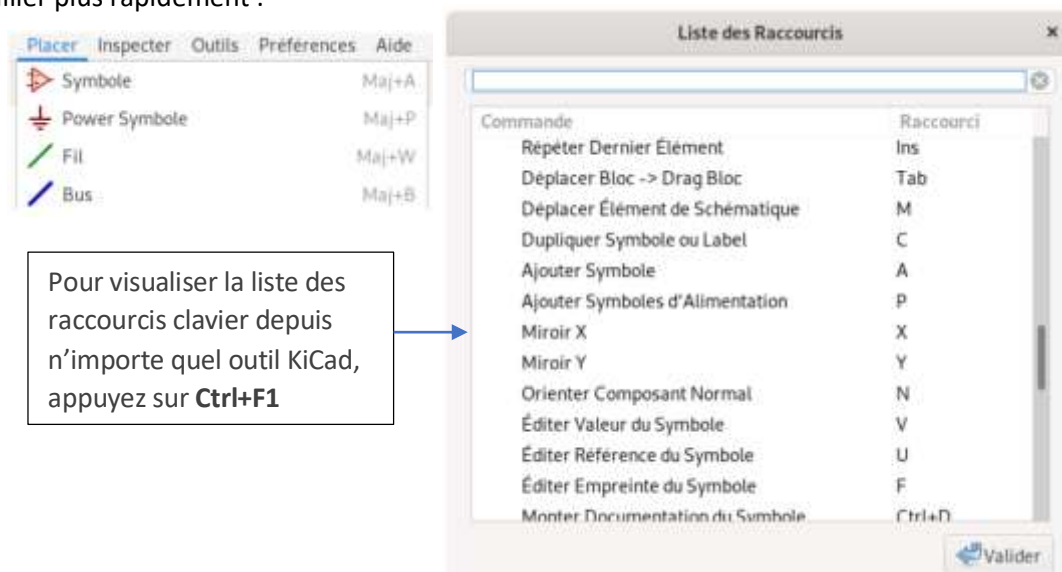
apparaissent désormais dans le coin en bas à droite du cartouche. Utilisez la molette de la souris pour zoomer ou dézoomer. Sauvez le projet : **Fichiers** → **Sauver** (raccourci Ctrl+S).

➤ Ajout d'un composant au schéma :

Pour ajouter un composant à votre schéma, il suffit de cliquer sur l'icône  (raccourci shift+A). Après avoir cliqué à l'endroit où placer le symbole, une boîte de dialogue permettant de sélectionner le composant voulu s'ouvre comme suit :



Pour vous faciliter la tâche, avant de placer définitivement le composant, vous avez la possibilité de le faire pivoter par 90° (raccourci R) et également des opérations miroir suivant l'axe horizontal (raccourci X) ou l'axe vertical (raccourci Y). Voici quelques raccourcis et accélérateurs clavier pour travailler plus rapidement :

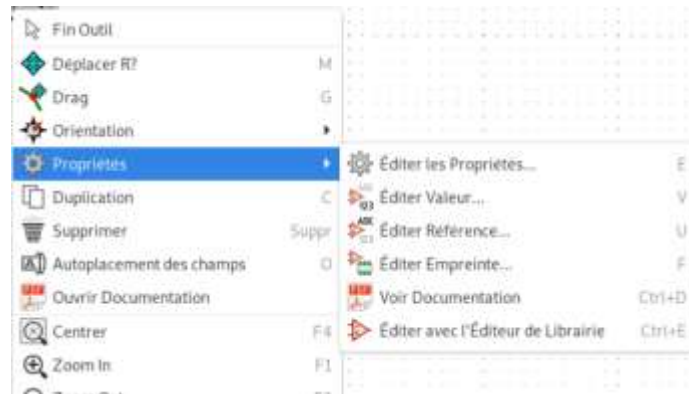


Si vous venez juste de poser un composant, vous pouvez en placer un autre identique immédiatement en appuyant sur (Ins). Vous pouvez également dupliquer un composant déjà

présent sur la feuille en plaçant le curseur de la souris dessus et en utilisant la touche de raccourci (c). Cliquez ensuite à l'endroit où vous souhaitez placer le composant dupliqué.

➤ **Propriétés d'un composant :**

Les composants possèdent différents paramètres qui sont modifiables en faisant un clic droit sur le symbole (ou en utilisant le raccourci E une fois le symbole sélectionné).



Parmi les champs les plus utilisés, on a :

- Champ "Valeur" : valeur du composant dans le cas d'une résistance ou d'un condensateur. On ne précise généralement pas l'unité qui est implicite, mais il est usuel et commode d'employer les préfixes du système international d'unités :


Préfixe normalisé	Nom	Valeur	Symbole employé en CAO
f	femto	10^{-15}	f
p	pico	10^{-12}	p
n	nano	10^{-9}	n
μ	micro	10^{-6}	u
k	kilo	10^3	k ou K
M	Méga	10^6	M

Le préfixe milli (m) n'est jamais employé pour éviter la confusion avec le préfixe méga (M).

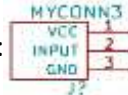
- Champ "Empreinte" : empreinte associée au composant et qui sera employée lors de la réalisation du typon. Il est possible d'associer une autre empreinte au composant pour l'adapter à la taille réelle du composant (courant dans le cas des condensateurs ou des résistances).

- Champ "Référence" : Ce champ permet d'identifier de manière unique chaque composant présent dans le schéma. Ainsi, il est impossible que deux composants aient la même référence au risque de provoquer une erreur par la suite. Les références des composants commencent toutes par une lettres majuscule suivie d'un chiffre. Les lettres généralement employées sont :

Composants	Première lettre de la référence
Résistances	R
Condensateurs	C
Circuits intégrés/Capteurs	U
Diodes	D
Transistors	Q
Connecteurs	J
Interrupteurs	SW
Fusibles	F

Lors de l'ajout d'un nouveau composant, sa référence se termine par défaut par un point d'interrogation. Il est possible pour l'utilisateur de le remplacer par un chiffre à sa convenance, mais il est fortement conseillé de laisser KiCad le faire de manière automatique. L'assignation d'un identifiant peut se faire en cliquant sur l'icône 'Annotation des composants de la schématique'  de la barre d'outils du haut (Outils → Annotation de la Schématique...).

On donne par exemple le composant suivant :






Vous pouvez changer la position de la référence de composant 'J?', faites un clic droit sur 'J?' et choisissez 'Déplacer Référence' ou appuyez directement sur (m). Vous pouvez zoomer avant ou pendant l'opération si besoin. Les libellés peuvent être déplacés autant de fois que nécessaire.

➤ Dimensions de la grille :

Il est possible de changer la taille de la grille. Vous avez probablement remarqué que tous les composants de la feuille schématique s'alignent sur une grille assez large. Vous pouvez changer le pas de la grille avec un **clic droit** → **Grille**. Il est généralement recommandé d'utiliser une grille de 1,27 mm pour les schémas.



➤ Réalisation des connexions électriques :

Afin de réaliser les connexions électriques entre les composants, vous pouvez ajouter des fils en cliquant sur l'icône  (raccourci shift+W) et rajouter les liaisons au niveau des croisements en cliquant sur l'icône  (raccourci shift+J). Dans certains cas, vous serez amenés à laisser des broches non connectées. Les broches ou fils qui ne sont pas connectés génèrent un avertissement et laissent à penser que des connexions ont été oubliées lors de la vérification des règles électriques par KiCad. Pour éviter ces messages, vous pouvez préciser que le choix de ne pas connecter ces fils est délibéré en indiquant manuellement chaque absence de connexion. Dans ce cas, vous pouvez placer des marqueurs de non-connexion en cliquant sur l'icône , le X apparaît signifiant que l'absence de connexion est intentionnelle.

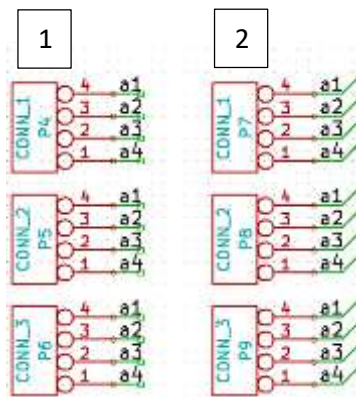
Il est bien important de faire la connexion à l'extrémité de la borne et non à l'intérieur du symbole comme illustré ci-dessous :




Quelque fois vous pouvez avoir besoin de relier une rangée de broches d'un composant A vers celles d'un composant B. Dans ce cas, deux solutions possibles : utiliser les étiquettes (labels) comme nous l'avons déjà vu, ou utiliser des connexions de type bus.

Pour l'esthétique, on utilisera le bouton  pour placer des entrées de bus de type fil vers bus et des lignes de bus en utilisant le bouton , comme indiqué sur la figure n°2. Notez toutefois que ça n'aura pas d'impact sur le circuit-imprimé.


Il est à noter que les petits fils attachés aux broches en figure n°1 ne sont pas strictement nécessaires. En fait, les étiquettes peuvent être posées directement sur les broches.



➤ Ajout d'un symbole d'alimentation au schéma :

Afin d'ajouter un symbole d'alimentation (rails d'alimentation positive ou négative, masse ...), il convient de cliquer sur l'icône 'Placer un symbole type power'  (raccourci shift+P) dans la barre d'outils de droite, ou bien appuyez tout simplement sur (p). Dans la fenêtre 'Sélection Symbole d'Alimentation', vous pouvez choisir par exemple le symbole 'VCC' de la librairie 'power' et valider. Noter que ce type de symboles est en fait un net (nom donné à une connexion électrique en CAO) global permettant de définir un équipotentiel partagé par tous les schémas de votre projet (cas des schémas hiérarchisés). Afin de réaliser un schéma le plus lisible possible, il est conseillé d'aligner horizontalement les symboles d'alimentation de même type. De même pour les symboles de masse qui sont toujours placés sur le bas du schéma de préférence.

➤ Ajout d'un net local au schéma :

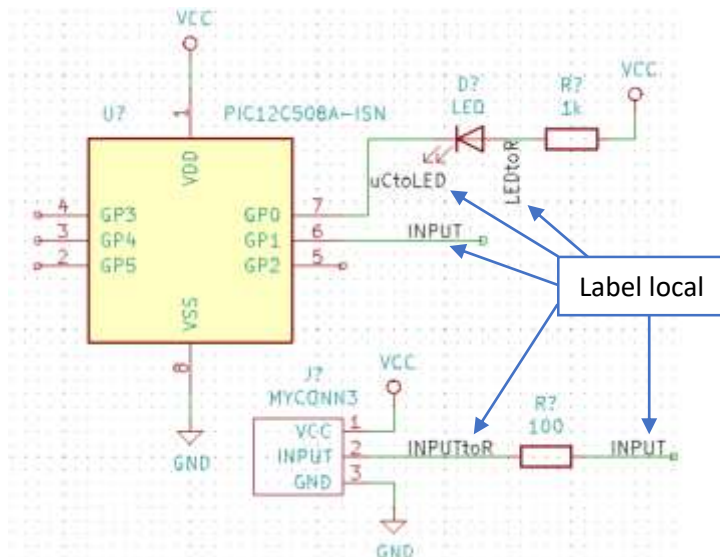
C'est une façon de réaliser une connexion en utilisant des étiquettes (labels). Afin d'ajouter un label à un fil (en fait, changer son net local), cliquez sur l'icône 'Placer un label local'  de la barre d'outils de droite. Vous pouvez aussi utiliser le raccourci (L ou shift+L). Un label est un élément indépendant que vous pouvez déplacer, tourner et effacer. Un petit rectangle indique le point d'ancrage qui doit être placé sur un fil ou une broche afin d'étiqueter (nommer) l'équipotentielle.


Deux labels ayant le même nom, signifie que les deux composants sont maintenant reliés implicitement. Cette technique est très pratique au sein d'un schéma car elle permet de limiter le nombre de fils quand les connexions sont nombreuses et donc d'améliorer la lisibilité. Il n'est pas nécessaire d'avoir un fil pour placer un label. Vous pouvez aussi attacher un label à une broche.

Les labels peuvent également être utilisés dans le but de renseigner le schéma.

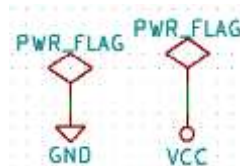
Il n'est pas nécessaire d'étiqueter les fils reliés à 'VCC' et 'GND'. Les fils reliés aux symboles d'alimentations sont automatiquement nommés avec le nom du symbole d'alimentation.

Exemple :



Attention ! Certains composants ont des broches d'alimentation qui sont invisibles. Vous pouvez les faire apparaître en cliquant sur l'icône 'Force affichage des pins invisibles'  de la barre d'outils de gauche. Les broches d'alimentation invisibles sont connectées automatiquement à 'VCC' et 'GND' si les noms correspondent.

Après avoir placé les sources d'alimentations, il est maintenant nécessaire d'ajouter un 'Power Flag' pour indiquer à KiCad d'où proviennent les alimentations. Appuyez sur (a) et cherchez 'PWR_FLAG' qui se trouve dans la librairie 'power'. Ils se connectent généralement à 'GND' et 'VCC' comme indiqué ci-dessous.




➤ Ajout des commentaires :

Pour ajouter des commentaires, cliquez sur l'icône 'Placer des textes' **T** de la barre d'outils de droite puis cliquez dans la feuille. Vous pouvez aussi utiliser le raccourci (t). Dans la fenêtre 'Propriétés du Texte' saisissez votre commentaire et validez. Placez ensuite le texte où vous voulez dans le schéma.

➤ Remarques à propos de la manipulation des composants/connexions :

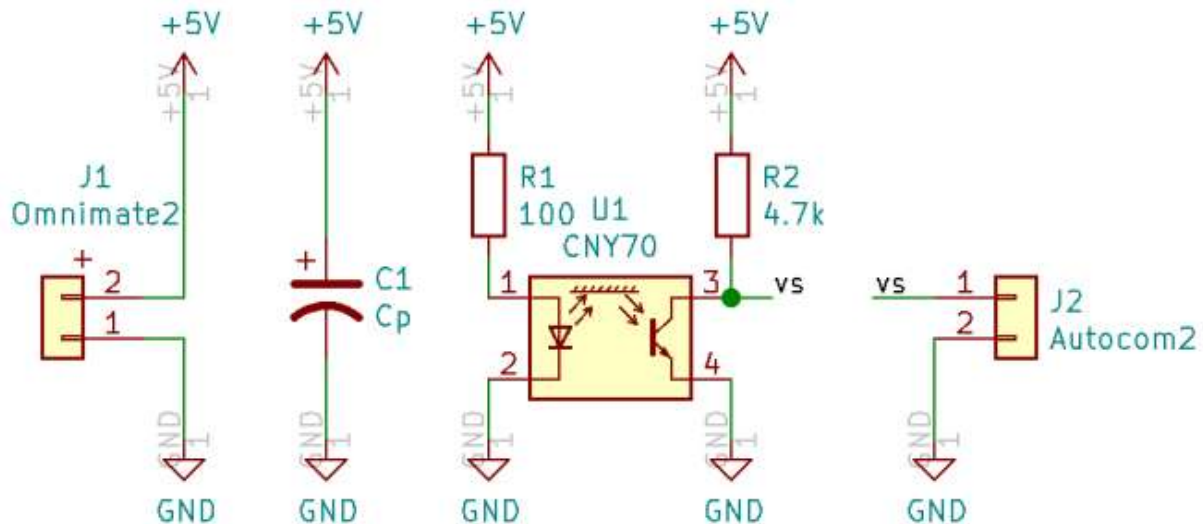
La combinaison Ctrl+C permet de copier une sélection de composants/connexions, Ctrl+X permet de la couper et Ctrl+V permet de la coller. Pour sélectionner et déplacer un composant (ou un groupe de composants/connexions) en conservant les connexions, sélectionnez le groupe de composants et en maintenant la touche 'TAB', déplacez-le où vous souhaitez. Si vous maintenez la touche Ctrl appuyée les connexions seront étirées avec le groupe de sélection. Pour dupliquer la sélection, en maintenez la touche Shift.

➤ Vérification de règles électriques :

Une fois votre schéma terminé, vous pouvez vérifier que toutes les règles électriques sont respectées (pas de connexions interrompues, pas de composants ayant la même référence, pas de nets court-circuités ...). Pour faire ceci, cliquez sur l'icône 'Exécuter le test des règles électriques'  de la barre d'outils du haut, pour lancer une boîte de dialogue où seront listés les erreurs et les avertissements (warnings) trouvés. Notez qu'il est possible d'activer ou non certains types d'erreurs/warnings dans



l'onglet "Options". Les erreurs/warnings trouvés sont indiqués dans le schéma par l'intermédiaire de flèches vertes (ou marqueurs) à l'endroit correspondant à l'erreur ou à l'avertissement. Il est possible de savoir la raison en double-cliquant dessus.

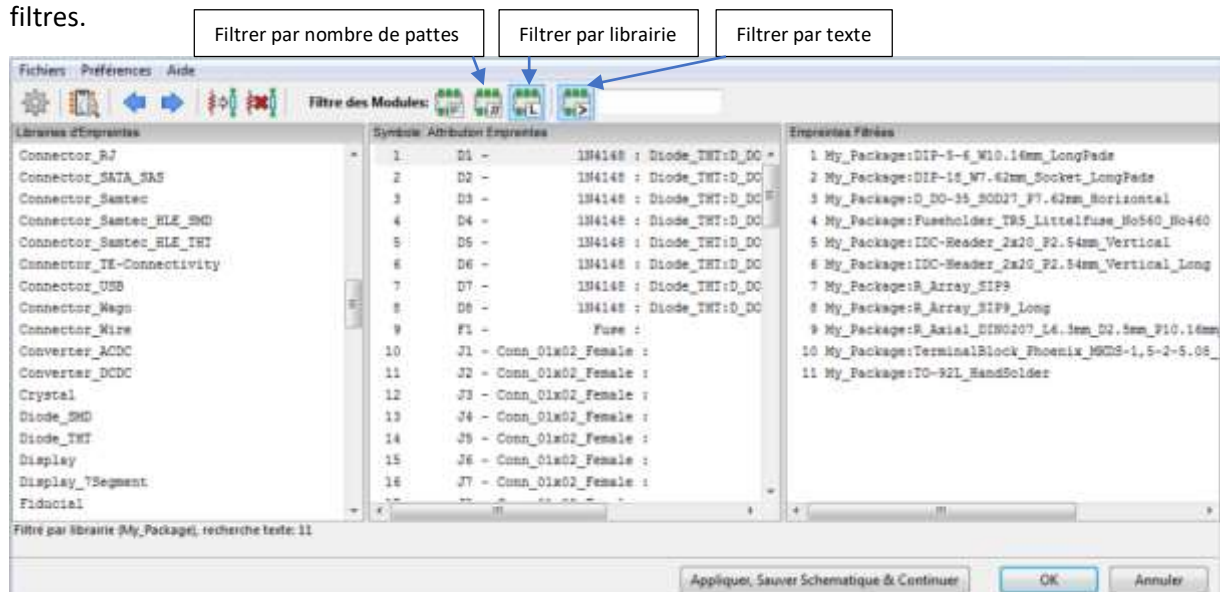
Exemple de schéma : Circuit alimenté sous une tension de 5 V, permettant de tester un capteur CNY70 polarisé via une résistance de pull-up.




Le schéma étant maintenant réalisé et vérifié. Vous pouvez maintenant passer aux étapes de préparation pour le routage.

➤ Association des empreintes :

Cliquez sur l'icône 'Assigner les empreintes des composants de la schématique' de la barre d'outils du haut. La fenêtre traditionnellement connue sous le nom de **'Cvpcb'** vous permet d'associer une empreinte à un composant de votre schéma. La fenêtre comporte trois zones, la partie centrale montre la liste de tous les symboles de votre schéma, la partie de gauche montre toutes les bibliothèques disponibles et finalement la partie de droite montre les empreintes disponibles pour une bibliothèque sélectionnée. KiCad essaye de vous suggérer une sélection des empreintes qui semblent être les plus appropriées. Cliquez sur les icônes  et  pour sélectionner ou désélectionner ces filtres.




Pour voir à quoi ressemblent les empreintes qui vous sont proposées, vous pouvez cliquer sur 'Affichage empreinte sélectionnée'  pour visualiser l'empreinte courante.

L'empreinte d'un composant représente la place qu'il occupe sur le PCB ainsi que l'emplacement de ses pattes. Notez que la représentation de l'empreinte dans Kicad est une vue du dessus.

Si vous revenez sur le schéma de principe, vous pouvez voir qu'il y a un chiffre pour chaque borne de composant. Lorsque KICAD fera l'association entre le symbole et le composant, il va faire correspondre ces chiffres entre le symbole et l'empreinte.


Une fois que tout est terminé, ne pas oublier de sauver ! Sauvegardez le schéma avec **Fichiers → Sauver Schématique** ou en cliquant sur le bouton 'Appliquer, Sauver Schématique & Continuer'. Notez que s'il vous manque une empreinte, il vous faudra la créer vous-même.

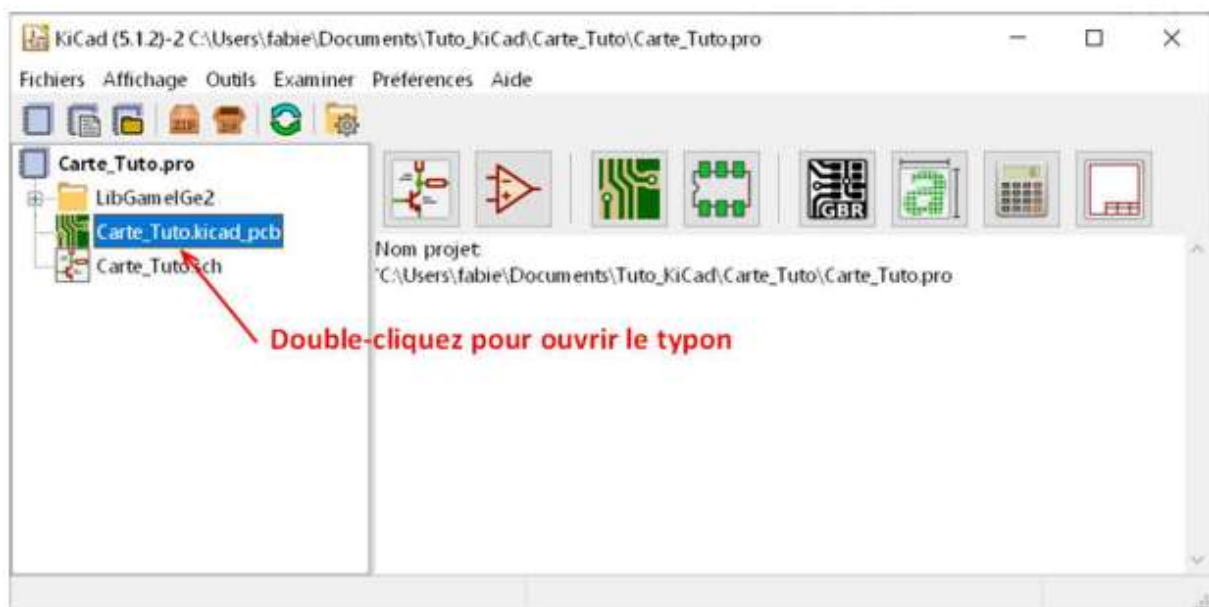
Fermez la fenêtre **Cvpcb** pour revenir dans **Eeschema**. Cliquez sur 'Génération de la netliste'  de la barre d'outils du haut, pour inclure toutes les empreintes à votre netliste. Restez sur l'onglet 'Pcbnew' et cliquez sur le bouton 'Génération de la Netliste' puis sauvegardez sous le nom proposé.

Retourner dans la fenêtre du gestionnaire de projet KiCad. Le fichier netliste (.net) a été ajouté dans la liste des fichiers du projet. Le **fichier netliste** décrit tous les composants ainsi que les connexions de leurs broches. C'est un fichier au format texte que vous pouvez facilement visualiser et éditer.

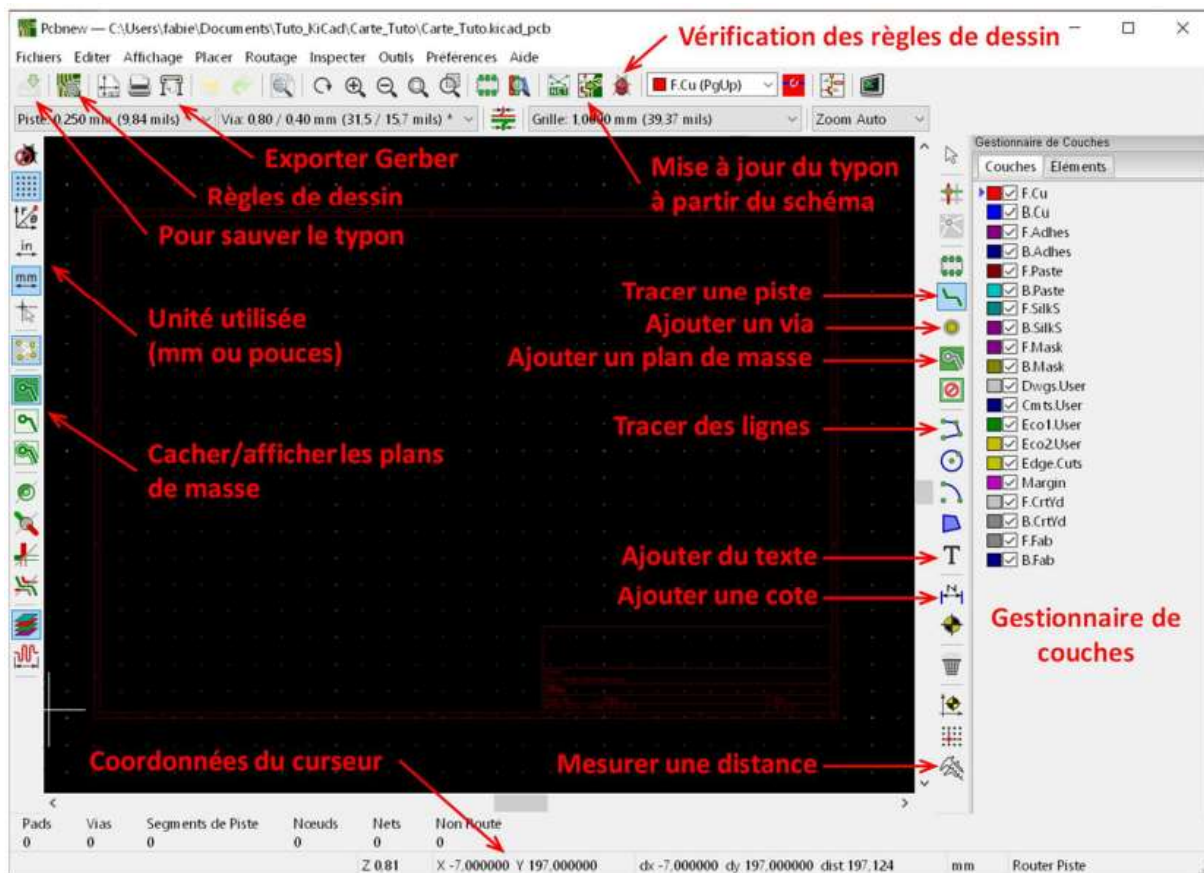
Vous êtes maintenant prêt/e à passer à la partie circuit-imprimé (PCB) qui suit et réaliser votre routage.


IV - Conception du circuit électronique

A partir du gestionnaire de projet, cliquez sur l'icône 'Pcbnew - Editeur de CI' . Vous pouvez aussi utiliser l'icône identique dans la barre d'outils du haut de **Eeschema**.



La fenêtre '**Pcbnew**' s'ouvre.



Commencez par saisir les informations qui apparaitront dans le cartouche. Cliquez sur l'icône 'Ajustage de la feuille de dessin (dimensions et textes)'  sur la barre d'outils du haut. Définir la taille de la page ('A4', '8.5x11', etc...) et saisissez le titre de votre projet.

Avant tout !

Définissons quelques termes et voyons quelques règles de conception :

Afin que votre circuit imprimé soit correctement fabriqué et fonctionnel, il convient de respecter les règles qui sont abordées ci-dessous :

- Largeur de piste minimale

C'est une bonne idée de commencer par configurer l'isolation et la largeur de piste minimale aux valeurs requises par votre fabricant de PCB. Cependant, le cuivre est un très bon conducteur (faible résistivité), mais en fonction de leur largeur, les pistes présentent une certaine résistance électrique qui va induire un échauffement lorsqu'elles seront parcourues par du courant. Le calcul de la largeur minimale d'une piste en fonction du courant qui va la traverser doit normalement tenir compte de l'échauffement maximal admis et de l'environnement du système. Néanmoins, dans les cas simples on considère une densité de courant maximale de 2 A/mm pour des pistes de 35 µm d'épaisseur de cuivre. Dans le cas des pistes ne faisant transiter que du signal (pas ou peu de courant), compte tenu du procédé de fabrication employé, utiliser une largeur de piste minimale de 0,5 mm.

- Ecartement minimal (isolation)

L'écartement minimale entre pistes (ou tout autres éléments) doit là aussi normalement tenir compte de l'environnement du système et notamment de la différence de potentiel maximale qui sera appliquée. A faibles tensions de travail (12 V maximum), en tenant compte des contraintes

matérielles, un écartement minimal de 0,4 mm sera considéré. Cet écartement pourra être augmenté dans le cas de soudeurs "débutants" (plus l'écartement est grand, plus les risques de court-circuit sont faibles).

- Diamètre de perçage

La majorité des composants que vous allez utiliser sont de type traversant (THT pour Through Hole Technology). Il convient donc de percer des trous, de diamètre adéquat, pour laisser passer les "pattes" des composants. Ainsi les diamètres de perçage autorisés pour les composants sont généralement 0,8 mm, 1 mm, 1,2 mm et 1,5 mm, ils peuvent différer d'un cas à l'autre. Notez que l'on est amenés à percer quelque fois des trous de plus grand diamètre comme les trous de passage pour les vis de fixation (généralement des vis M3 ou un trou de 3,2 à 3,5 mm de diamètre est nécessaire).

- Tracer des pistes

En conception de circuits imprimés, il est d'usage de se limiter à tirer les pistes, horizontalement, verticalement ou en diagonale (45°). Ainsi, dans le cas des coudes et des embranchements, on évitera autant que possible les angles droits et on bannira totalement les angles aigus comme montré ci-dessous :



- Niveau de connexion électrique pour les composants

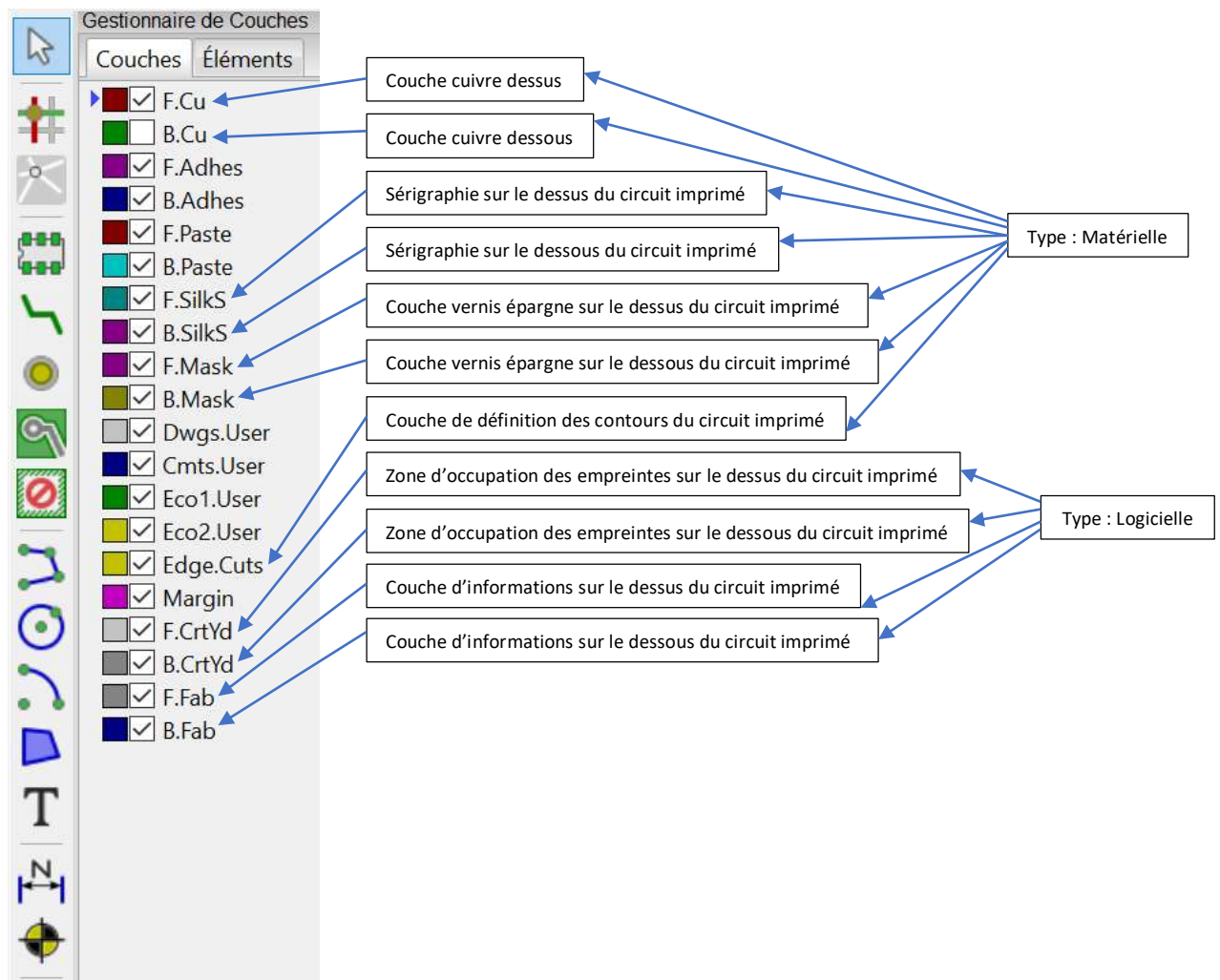
Dans le cas d'une carte double couche, sans trou métallisé, gardez toujours à l'esprit qu'il faut penser à la manière dont vous allez effectuer la soudure et donc la connexion. Dans la plupart des cas, la connexion se fera toujours sur la face inférieure. Seule exception à la règle pour les composants axiaux (diodes et résistances THT) où les connexions peuvent se faire aussi bien sur la face inférieure que supérieure. Le cas des capteurs CNY70 est particulier ... En effet, ils sont généralement placés sur la face inférieure de la carte et les connexions ne peuvent donc se faire que sur la face supérieure.

- Connexions entre couches : les 'vias'


Un '**via**' se compose de deux pastilles alignées, l'une sur la face supérieure et l'autre sur la face inférieure de la carte. Une fois un morceau de fil (de manière pratique, le reste d'une patte de résistance ...) brasé sur les deux faces, la connexion électrique est réalisée entre les deux niveaux, le via permet ainsi de changer de couche de routage. Pour faciliter leur réalisation, les vias seront toujours des pastilles, de diamètre minimum de 1,8 mm, ayant un diamètre de perçage de 0,8 mm. Veillez à ne pas placer les vias trop près des composants afin de permettre une soudure aisée.

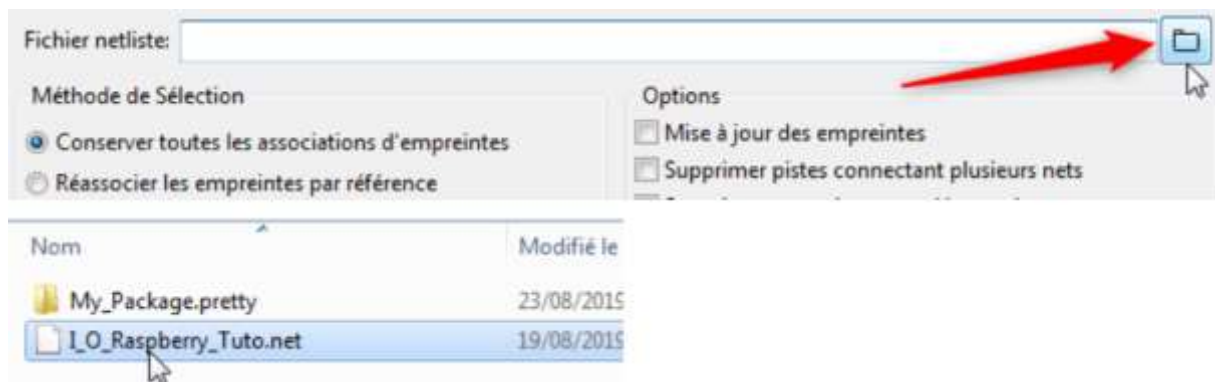
- Couches employées dans KiCad :

Comme c'est le cas pour tous les logiciels de CAO, avec KiCad, la carte est toujours vue de dessus. De nombreuses couches logicielles et matérielles (qui correspondent à des niveaux physiques) sont employées. Voici ci-dessous les principales que vous devez connaître et que vous allez utiliser. Les couches grisées sont les couches non utiles dans le cas de cartes réalisées à la fraiseuse.

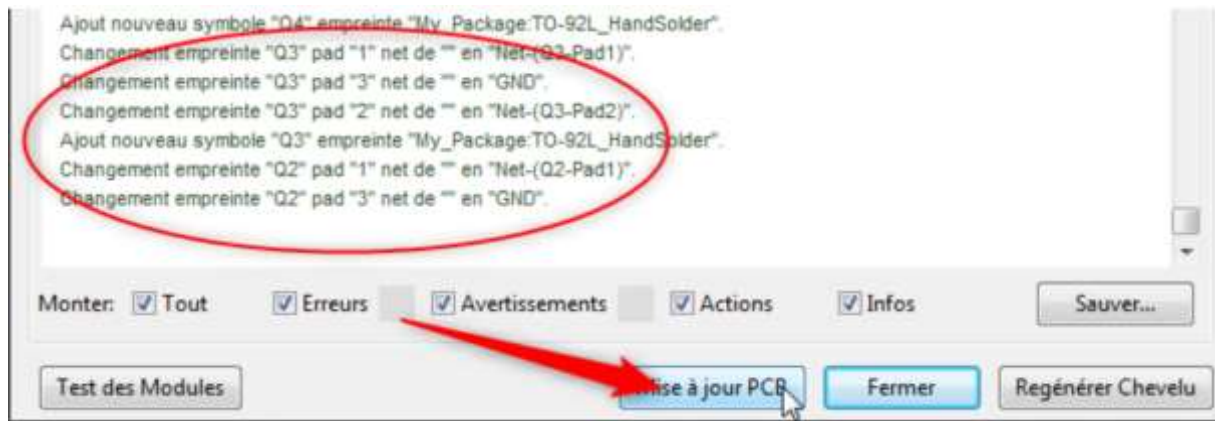


➤ Importation de la netliste vers le PCB :

Avant de réaliser le routage, il convient d'importer les composants du schéma vers le PCB. Pour faire cela, cliquez sur l'icône 'Charger la netliste'  dans la barre d'outils du haut. Si le champ 'Fichier netliste' est vide, sélectionnez le fichier que vous avez créé dans Eeschema (il se termine par '.net').

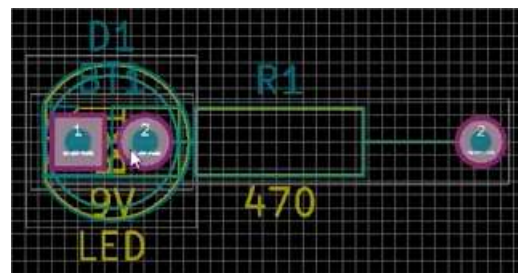
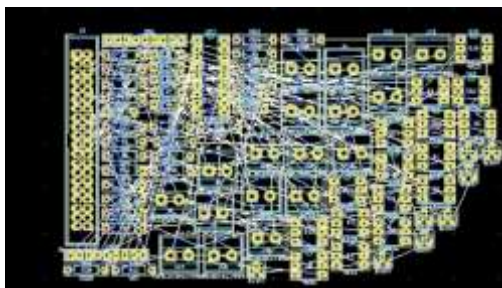



Le fichier est automatiquement lu et un rapport est affiché. Vérifiez qu'il n'y ait aucune erreur avant de continuer.




Cliquez sur 'Mise à jour PCB' puis 'Fermer'. Tous les composants doivent maintenant apparaître dans un ordre aléatoire comme aux exemples des figures qui suivent. Ils sont sélectionnés et suivent les mouvements de la souris.

Déplacez les composants au milieu de la carte. Vous pouvez utiliser la molette de la souris pour zoomer pendant le déplacement des composants. Faites un clic avec le bouton gauche pour terminer.



Tous les composants sont reliés par des fils fins appelés 'chevelu'. Assurez-vous que le bouton 'Montrer/Ne pas montrer le chevelu général'  de la barre d'outils de gauche est appuyé. Vous pouvez alors voir le chevelu reliant tous les composants entre eux.

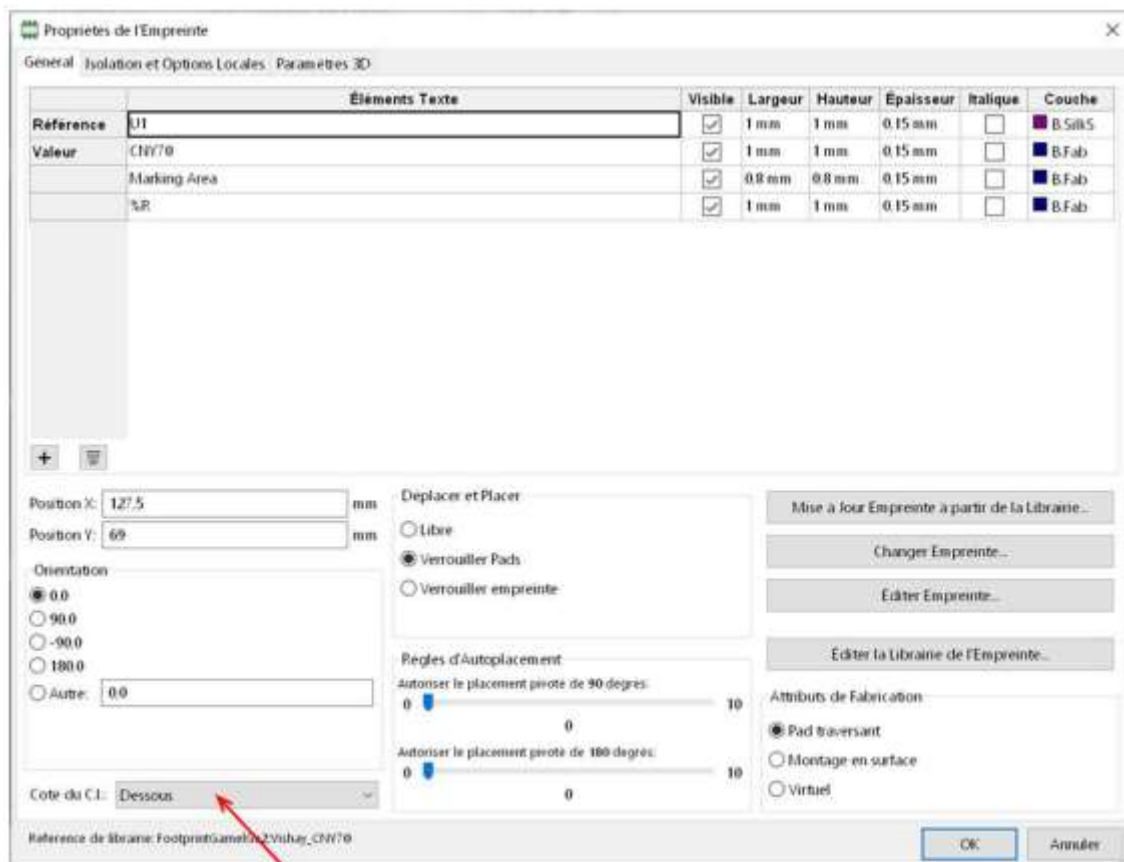
➤ Déplacer les composants, choix de la face sur laquelle ils sont placés :

Vous pouvez déplacer chaque composant en le survolant et en appuyant sur (m). Cliquez ensuite à l'endroit où vous souhaitez le placer. Vous pouvez aussi cliquer une première fois sur un composant pour le sélectionner puis réaliser le déplacement en faisant un glisser/déposer. Appuyez sur (r) pour changer l'orientation. Notez que dans le cas où plusieurs composants sont sélectionnés, il est également possible de les aligner en accédant au menu contextuel via un clic droit et en cliquant sur l'icône . Déplacer tous les composants jusqu'à ce vous ayez minimisé le nombre de croisements des fils.



Exemple :




Par défaut, les composants sont positionnés sur la face supérieure du circuit imprimé. Pour changer de face, il suffit d'éditer les propriétés du composant (double-clique sur le composant ou raccourci E une fois sélectionné) et de changer le "Coté du C.I." comme montré dans la copie d'écran suivante :

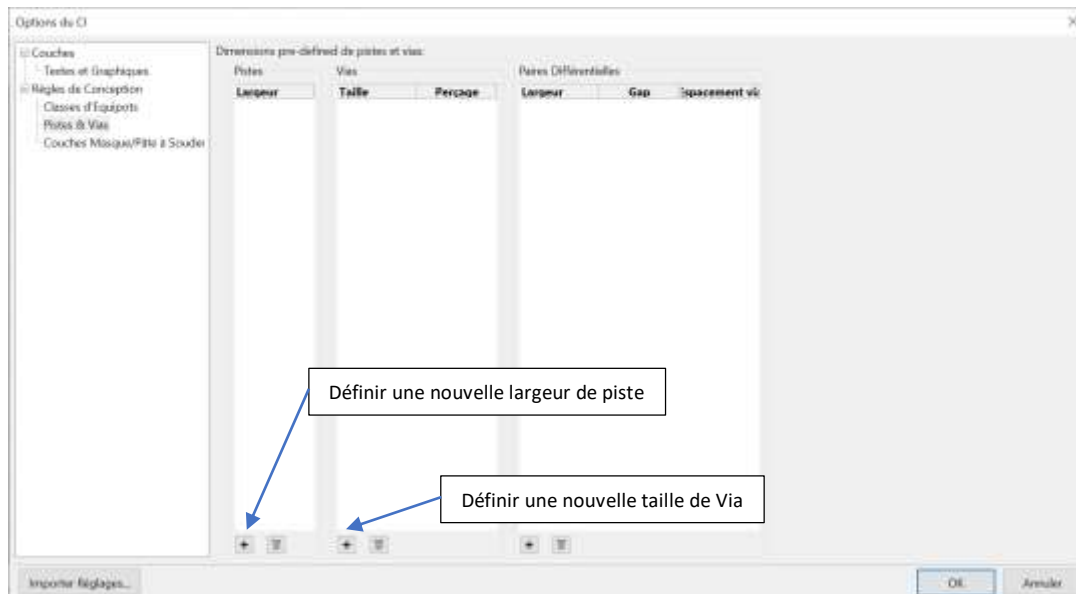


Choix du coté sur lequel sera positionné le composant


Dans le cas où il est nécessaire de placer avec précision des composants, il est possible de mesurer des distances grâce à l'icône  (allez sur Inspecter dans la barre située en haut puis Mesure, raccourci Ctrl+Shift+M) et de placer des cotes grâce à l'icône  (située dans la barre à votre droite, raccourci Ctrl+Shift+H).

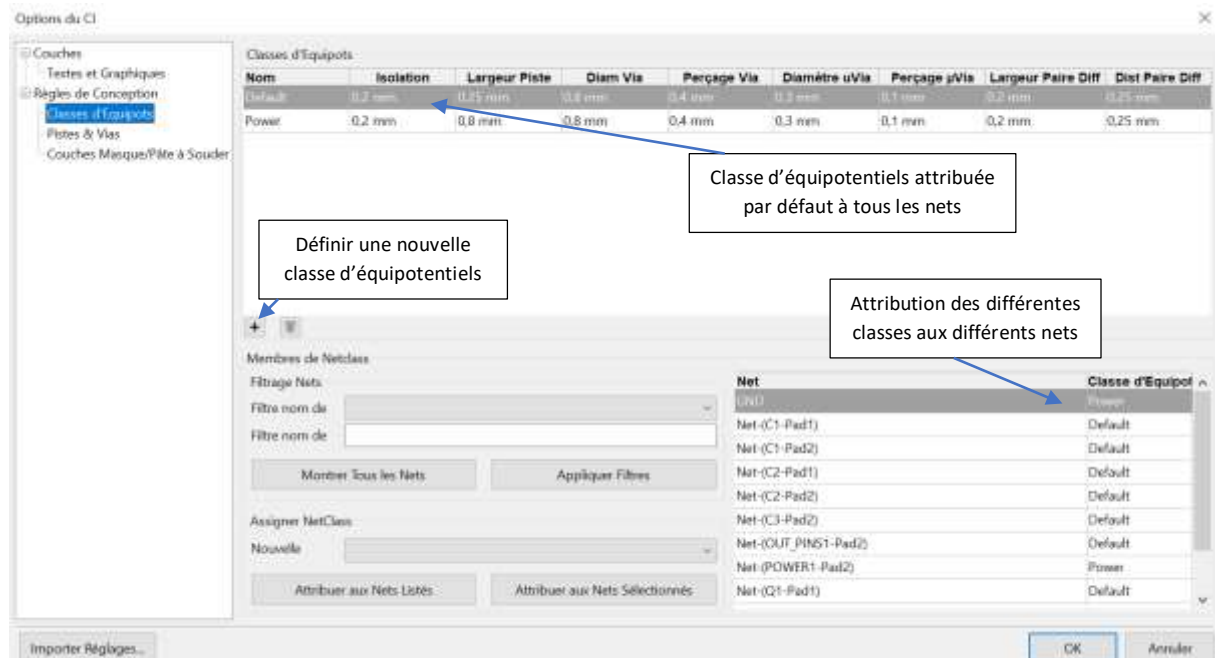
➤ Largeurs de piste prédéfinies par l'utilisateur :

Lors du routage, vous pouvez changer à tout moment la largeur de la piste ainsi que la taille des Vias parmi une liste de choix préétablis. Pour accéder à la section permettant de définir ceci, cliquez sur l'icône  située dans la barre de dessus, puis allez dans l'onglet "Pistes & Vias" :




➤ Réglage des règles de routage suivant les nets :

Il est possible de définir des règles de routage permettant de définir la largeur des pistes, l'isolation minimale ou encore la taille des vias pour les différents nets du circuit. Pour accéder à la section permettant de définir ceci, cliquez sur l'icône  puis allez dans l'onglet "Classes d'Equipots" ("classes d'équipotentiels"). Dans KiCad, une classe d'équipotentiels est un set de règles de dessin qui pourra être attribué par la suite à un ou plusieurs nets. Par défaut, une classe nommée "Default" est attribuée à tous les nets.



Si vous souhaitez changer le pas de la grille, **clic-droit** → **Grille**. Assurez-vous d'avoir choisi le pas de grille approprié avant le placement des composants et la réalisation des pistes.

➤ Routage de la carte :


Le routage de la carte est réalisé en prolongeant des pistes (l'icône 'Route piste'  de la barre d'outils de droite, raccourci Shift+X) entre les pastilles des composants après avoir sélectionné la

couche voulue (couche "F.Cu" pour le cuivre de niveau supérieur ou "B.Cu" pour celui de niveau inférieur). Durant cette opération, le chevelu vous indique les connexions qui restent à faire.


Durant le routage, un appui sur la barre d'espace permet de remettre à zéro les coordonnées relatives (axe des x et axe des y) visibles sur le bas de la fenêtre. Le maintien de la touche 'Ctrl' force le tracé d'une piste droite alors que le maintien de la touche 'Alt' permet de ne plus être contraint par la grille. Un appui sur la touche '/' permet de changer l'orientation du coude proposé. Durant le tracé, il est possible de changer l'épaisseur de la piste suivant les valeurs qui ont été prédéfinies par l'utilisateur en appuyant sur W (largeur suivante dans la liste), ou en appuyant sur Shift+W (largeur précédente) ou bien à partir du menu déroulant dans la barre d'outils du haut.

Il est possible de changer de couche de cuivre pendant que vous tracez une piste en plaçant un via. Pendant que vous tracez une piste sur la couche de cuivre du dessus faites un clic-droit et choisissez 'Placer Via Traversante' ou appuyez sur (v) pour placer un via. Vous vous trouvez alors sur la couche de dessous où vous pouvez poursuivre le tracé.




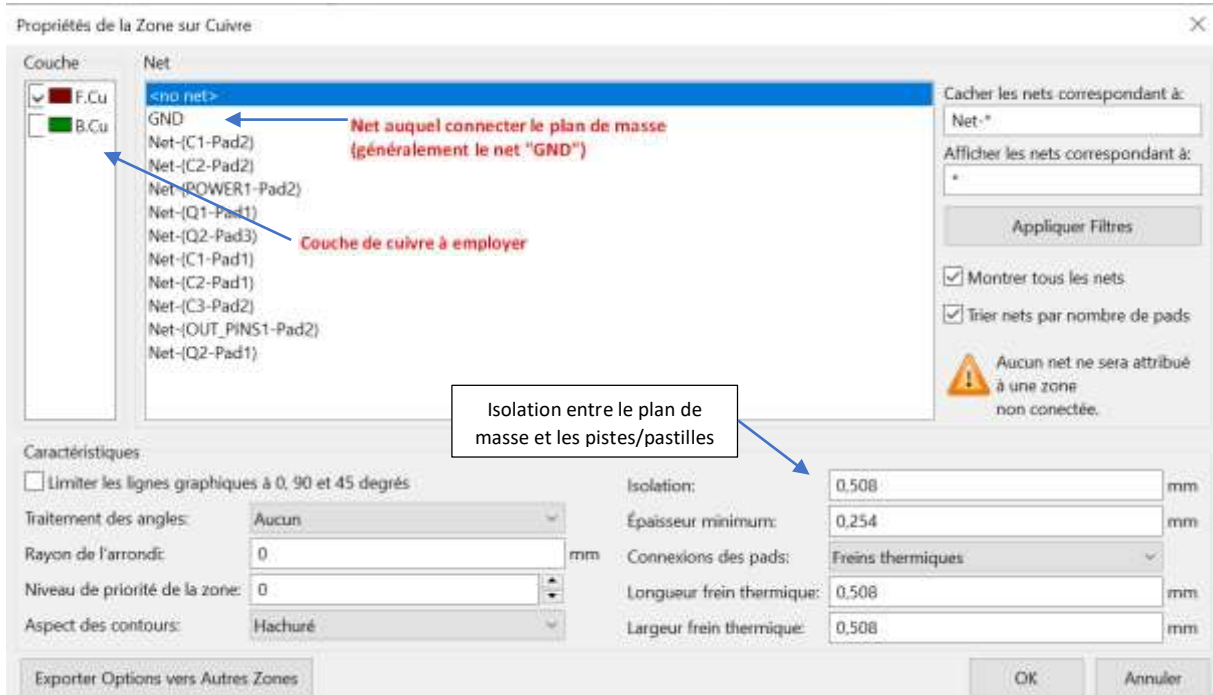
Si vous voulez inspecter une connexion, vous pouvez cliquer sur l'icône 'Surbrillance net'  sur la barre d'outils de droite. Cliquez sur la broche d'un composant. La piste et toutes les pastilles connectées devraient apparaître en surbrillance.

➤ Définir les contours extérieurs de la carte :

Pour définir les contours de votre carte, sélectionnez la couche 'Edge.Cuts' à partir du menu déroulant dans la barre d'outils du haut ou bien le menu 'Gestionnaire de Couches' à votre droite. Cliquez sur l'icône 'Addition de lignes graphiques'  de la barre d'outils de droite. Tracer le contour de la carte en tirant des lignes (qui ne sont pas des pistes, raccourci Ctrl+Shift+L) et en cliquant à chacun des coins. Noter qu'il est nécessaire de réaliser un contour fermé. Pour cette opération, il peut être utile de sélectionner un pas de grille important (typiquement 1 mm ou plus).

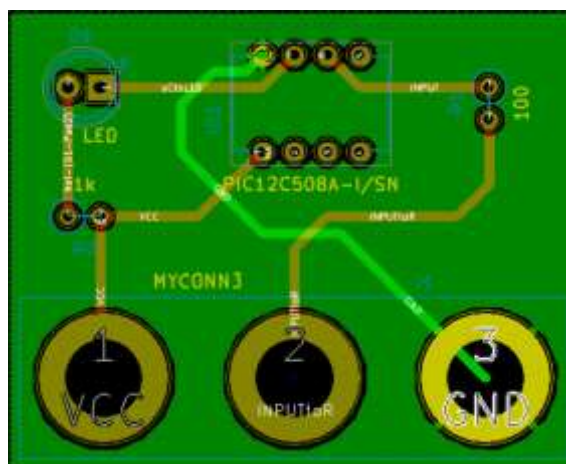
➤ Ajout des plans de masse :



Le routage étant effectué, vous devez maintenant réaliser un plan de masse, aussi bien sur la face inférieure que sur la face supérieure du circuit (cas d'une carte double face), qui sera connecté à toutes les broches reliées à GND. Pour ajouter un plan de masse, après avoir sélectionnée la couche de cuivre voulue, cliquez sur l'icône 'Addition de zones remplies'  sur la barre d'outils de droite (raccourci Ctrl+Shift+Z). Vous allez tracer un rectangle autour de la carte. Cliquez à l'endroit où vous souhaitez placer un coin de ce rectangle. La boîte de dialogue suivante doit apparaître :




Dans la fenêtre qui apparaît, choisissez 'GND' et configurez la 'Connexions des pads' en 'Freins thermiques' et cochez la case 'Limiter les lignes graphiques à 0, 90 et 45 degrés'. Validez.

Après avoir réglé les paramètres voulus et appuyé sur "OK", vous devez définir le contour du plan de masse (contour fermé). Là aussi, il peut être utile de sélectionner un pas de grille important (typiquement 1 mm ou plus). Tracez le rectangle en suivant le contour de la carte en cliquant à chacun de ses coins. Terminez le rectangle en cliquant à nouveau sur le coin ayant servi de point de départ. Vous pouvez aussi fermer automatiquement le rectangle par un double clic sans avoir à revenir au point de départ. La carte devrait se remplir de vert et ressembler à ceci :



Après avoir placé les plans de masse, le routage est difficilement visible. Pour cacher les plans de masse (sans les supprimer), cliquez sur l'icône . Pour les rendre à nouveau visibles, cliquer sur l'icône . Ces deux icônes sont placées sur la barre à votre gauche. Notez qu'après tout changement dans le routage, les plans de masse doivent être reconstruits. Ceci est réalisé via le menu **Editer → Remplissage Toutes Zones** (raccourci B).

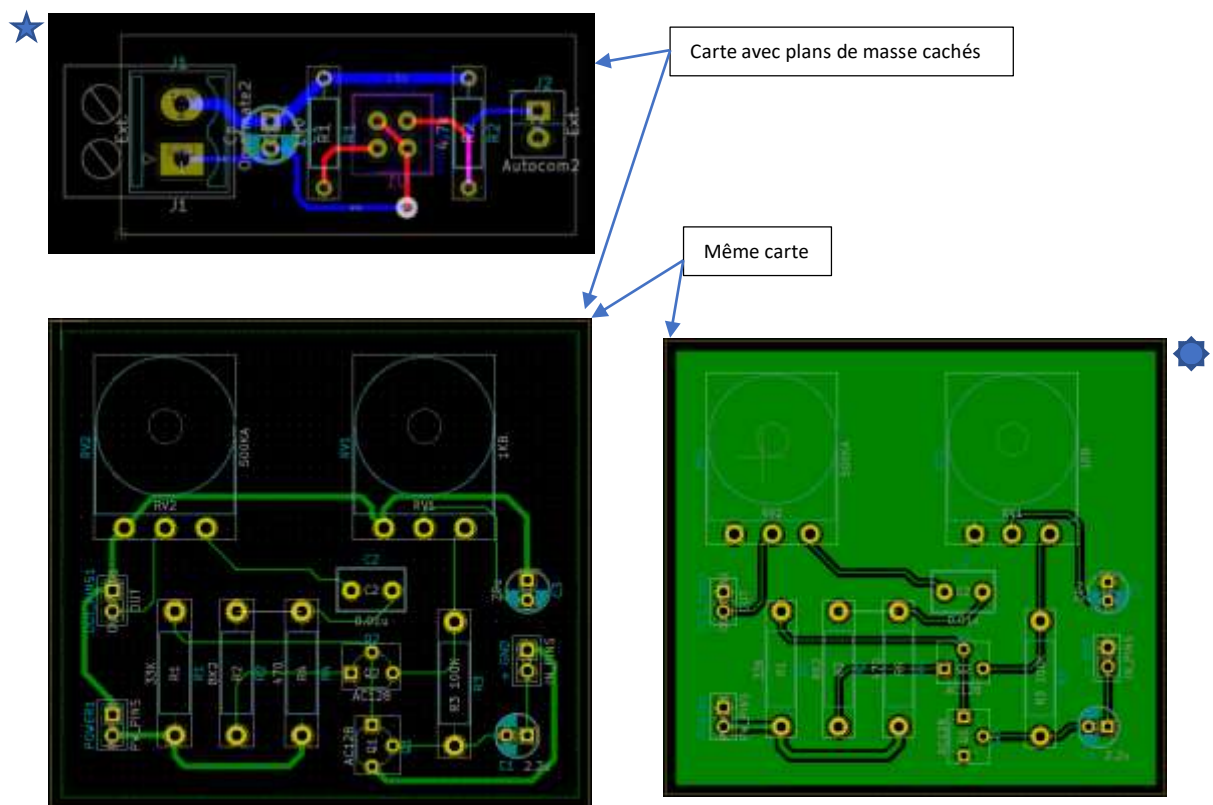
➤ Vérification finale :

Une fois le routage fini et les plans de masse ajoutés, il est nécessaire de réaliser une vérification finale des règles de conception. Cette opération est importante car elle permettra de vérifier, entre autres, si tous les nets ont bien été routés (pas de pistes oubliées). Lancer la vérification des règles de conception en cliquant sur l'icône 'Exécuter le contrôle des règles de conception'  dans la barre d'outils du haut. Cliquez sur 'Exécuter DRC'. Il ne devrait pas y avoir d'erreur. Cliquez sur 'Items non connectés'. Il ne devrait pas y avoir de pistes non connectées.

Enregistrez votre fichier en cliquant sur **Fichiers** → **Sauver** (raccourci Ctrl+S).

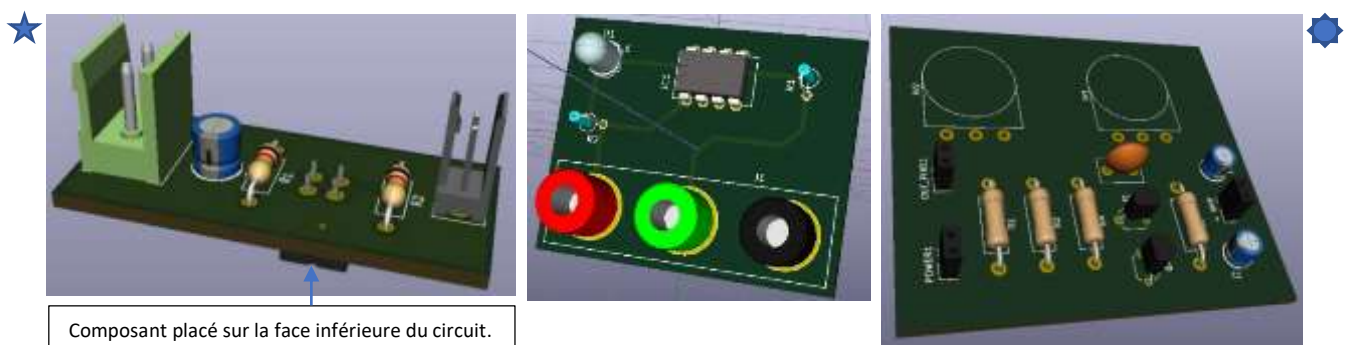
➤ Allure d'une carte finalisée :

A titre d'exemple, voici ci-dessous des PCB de différentes cartes :




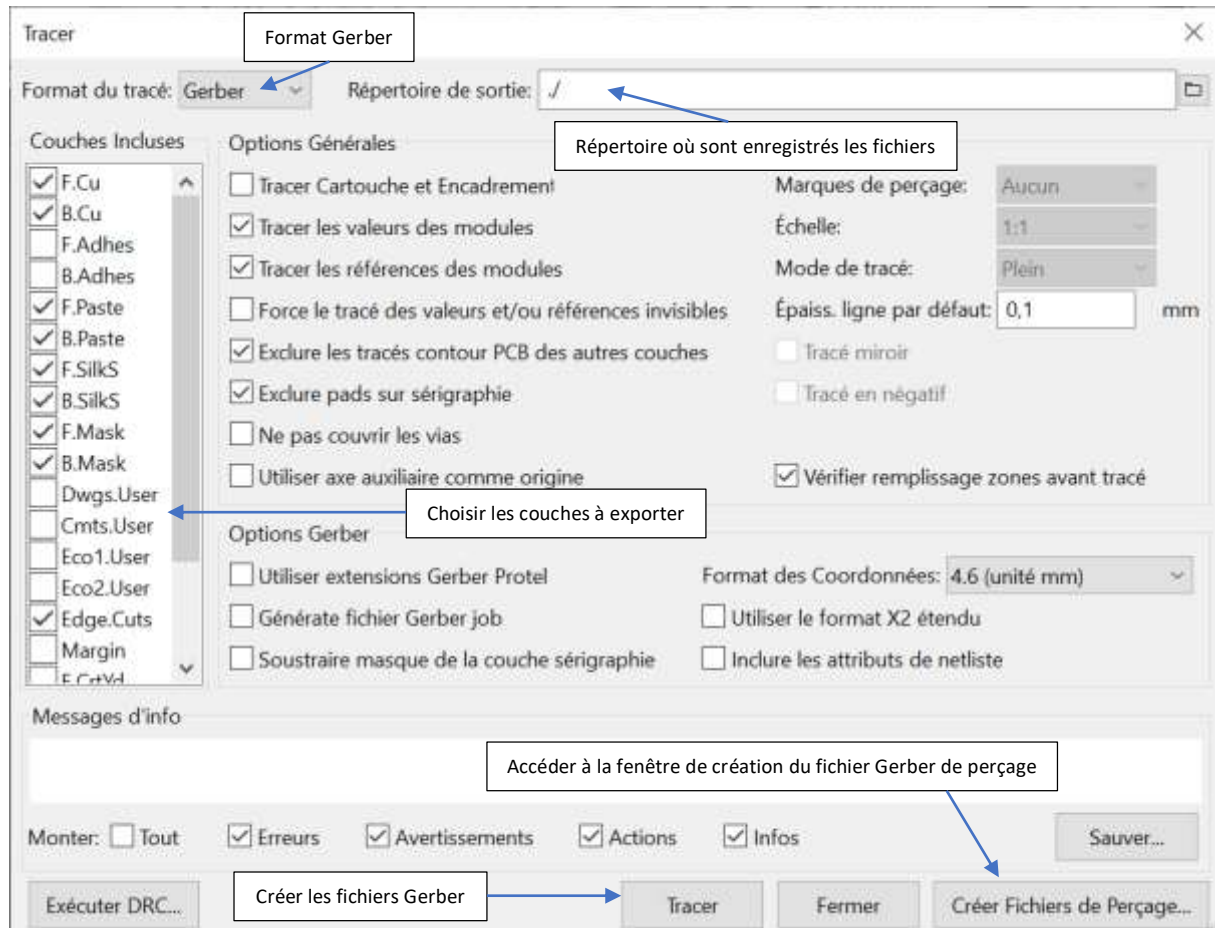
➤ Visualisation 3D :

Pour admirer votre carte en 3D, cliquez sur **Affichage** → **3D Visualisateur** (raccourci Alt+3). Voici ci-dessous la vue 3D de quelques cartes (certaines avec leurs PCB précédemment vus, le cas des deux cartes se situant aux extrémités droite et gauche) :



➤ Génération des fichiers de fabrication (fichiers Gerber) :

Une fois que votre PCB est complet, vous pouvez générer des fichiers Gerber pour chaque couche et les envoyer à votre fabricant de PCB favori qui fabriquera la carte pour vous. Cliquez sur l'icône  (dans la barre d'outils en haut ou sur menu Fichiers → Tracer...). La fenêtre suivante doit s'afficher :



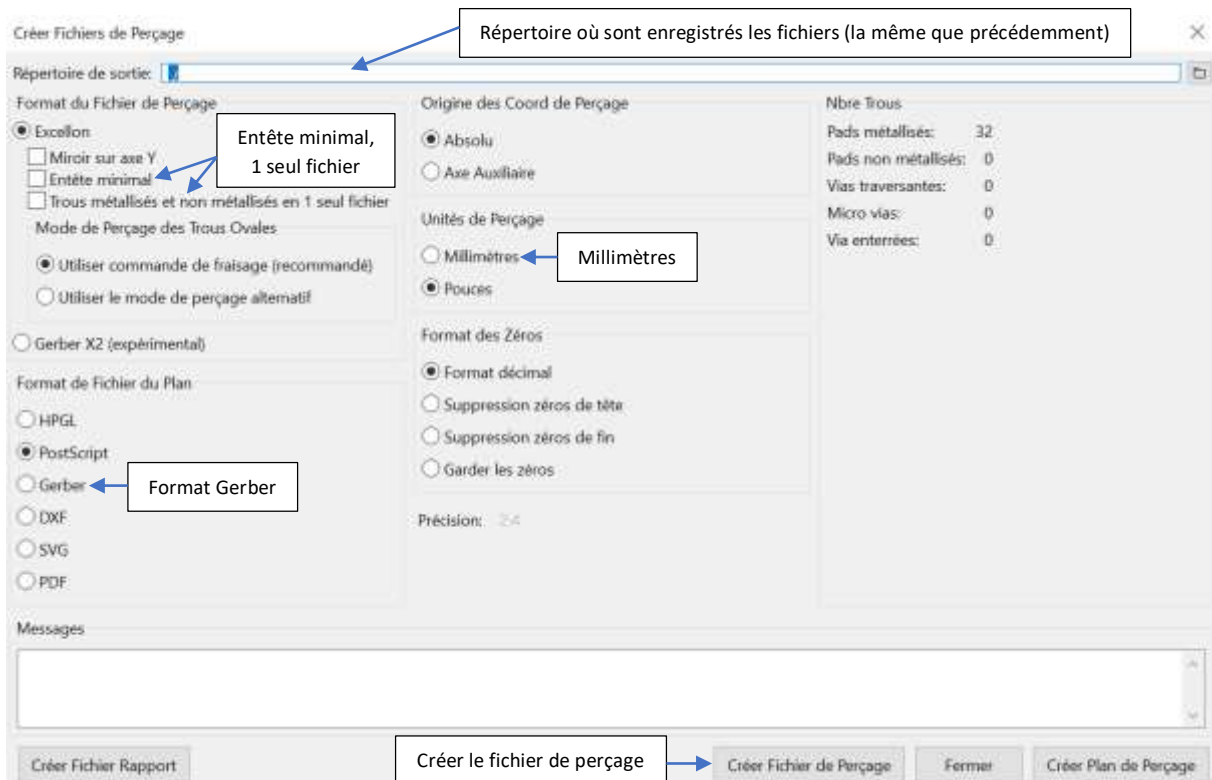
Dans cette fenêtre, sélectionnez 'Gerber' dans 'Format du tracé' et indiquez le dossier dans lequel les fichiers Gerber seront déposés. Sélectionnez les options requises (format "Gerber", extensions "Gerber Protel" ...) et sélectionnez toutes les couches physiques nécessaires à la réalisation de votre carte. Cliquez sur le bouton 'Tracer' pour l'exécution. Voici les couches que vous avez typiquement besoin de sélectionner pour fabriquer un PCB double-face :

Couche	Nom de la couche KiCad	Extension Gerber par Défaut	"Utiliser extensions Gerber Protel" cochée
Couche cuivre inférieure	B.Cu	.GBR	.GBL
Couche cuivre supérieure	F.Cu	.GBR	.GTL
Sérigraphie supérieure	F.SilkS	.GBR	.GTO
Vernis épargne dessous	B.Mask	.GBR	.GBS
Vernis épargne dessus	F.Mask	.GBR	.GTS
Contour Circuit	Edge.Cuts	.GBR	.GM1

Une fois avoir validé par l'appui sur le bouton "Tracer", les fichiers Gerber sont créés et enregistrés dans le répertoire indiqué. Dans le cas d'une carte simple face, omettre la couche "F.Cu". Le fichier relatif à cette couche ne sera donc pas créé.



➤ Fichier Gerber de perçage :

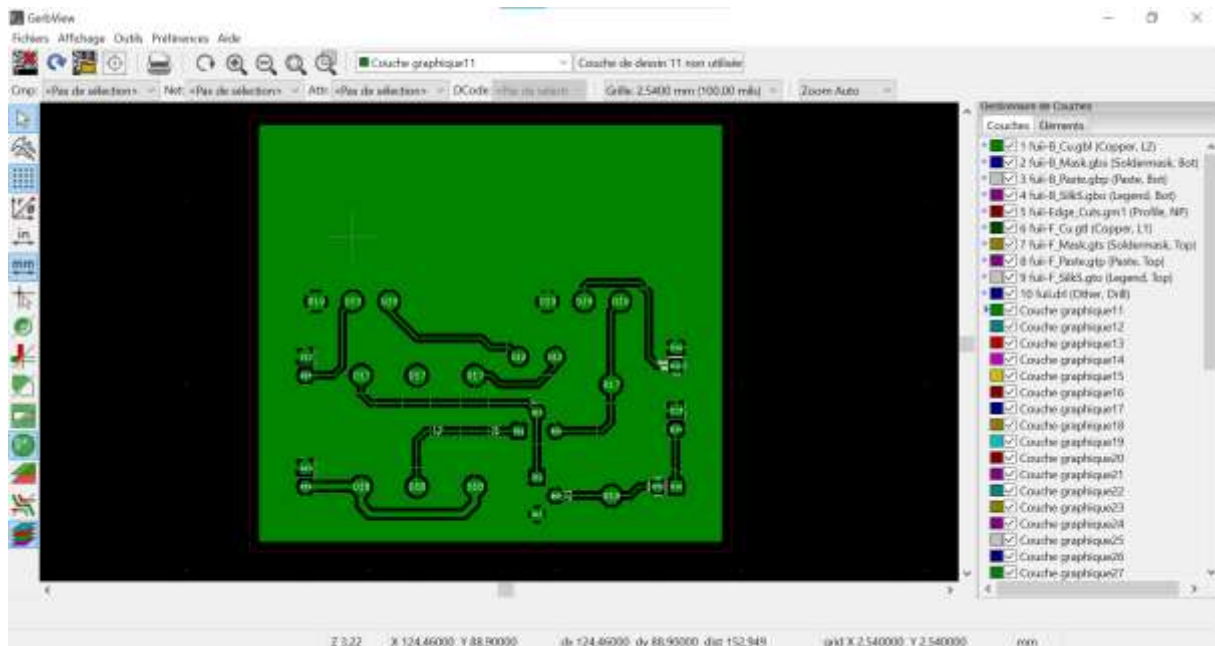
Pour générer le fichier de perçage, toujours dans la fenêtre de **Fichiers** → **Tracer**, cliquez sur le bouton 'Créer Fichiers de Perçage' qui fera apparaître la fenêtre suivante :



Les réglages par défaut devraient être satisfaisants, sinon sélectionnez toutes les options nécessaires, cliquez sur le bouton "Créer Fichier de Perçage" afin de créer le fichier Gerber de perçage qui sera enregistré dans le même répertoire que les autres fichiers. Vous pouvez fermer les fenêtres 'Créer Fichiers de Perçage' et 'Tracer'.

➤ Utiliser GerbView :

Pour voir les fichiers Gerber, allez dans le gestionnaire de projet KiCad et cliquez sur l'icône 'GerbView' . Sélectionnez 'Couche graphique1' dans le menu déroulant ou dans le Gestionnaire de Couches. Cliquez sur **Fichiers** → **Ouvrir Fichier Gerber** ou cliquez sur l'icône . Chargez tous les fichiers Gerber. Remarquez comme ils apparaissent les uns au-dessus des autres :



Ouvrez le fichier de perçage avec **Fichiers → Ouvrir Fichier de Perçage Excellon**.

Utilisez le Gestionnaire de Couches à droite pour activer/désactiver les couches visibles. Inspectez minutieusement chaque couche avant de les envoyer en production.


Comme pour Pcbnew, faites un clic droit et 'Grille' si vous souhaitez changer le pas de la grille.


Une fois que vous avez terminé votre schéma électronique, l'assignation des empreintes, le routage de la carte et généré les fichiers Gerber, vous êtes maintenant prêts à envoyer le tout à un fabricant de circuits imprimés pour que votre circuit devienne réalité.

➤ Changement d'un composant du circuit prêt à imprimer :


Dans certains cas un problème peut se poser. Par exemple quand vous avez à modifier ou à améliorer un circuit que vous ou quelqu'un d'autre avait fait. Il est possible que vous ayez besoin de remplacer des composants, de changer d'empreintes ou plus encore. Pendant cette phase de modification, ce que vous ne voulez pas, c'est d'avoir à rerouter le circuit entier. Voici comment procéder :

Supposons que vous vouliez remplacer un connecteur 'CON1' par 'CON2'. Vous avez déjà terminé le schéma et routé le circuit.


Depuis KiCad, lancez *Eeschema*, faites vos modifications (en supprimant 'CON1' et en ajoutant 'CON2'. Enregistrez votre projet schématique avec l'icône  (raccourci Ctrl+S).

Associez une empreinte à 'CON2'. Cliquez sur l'icône 'Assigner les empreintes des composants de la schématique'  de la barre d'outils du haut. Associez l'empreinte au nouveau composant 'CON2'. Le reste des composants doivent avoir conservé leurs précédentes empreintes associées.

Sauvegardez en cliquant sur le bouton 'Appliquer, Sauver Schématique & Continuer' et fermez *CvPcb*.

Cliquez sur l'icône 'Génération de la netliste'  de la barre d'outils du haut. Cliquez sur le bouton 'Génération de la Netliste' puis sur 'Enregistrer'. Conservez le nom par défaut et écrasez l'ancien fichier.

Depuis le gestionnaire de projets de KiCad ou depuis 'Eeschema', lancez 'Pcbnew'. L'ancien circuit, déjà routé, doit s'ouvrir automatiquement.

Importez la nouvelle netliste. Cliquez sur l'icône 'Charger la netliste'  de la barre d'outils du haut. Le fichier spécifié dans 'Fichier netliste' est automatiquement lu et un rapport est affiché.

Vérifiez le rapport d'importation puis cliquez sur 'Mise à jour PCB' pour prendre en compte les changements. Vous pouvez ensuite fermer la fenêtre.

Vous devez voir maintenant votre circuit avec les composants précédents déjà routés sur le circuit collé aux mouvements de la souris et les composants non-routés. Dans ce cas le connecteur 'CON2'.

Placez 'CON2' et routez-le. Ceci terminé, sauvez et procédez à la génération des fichiers Gerber comme précédemment.

Le processus décrit ici peut être répété autant de fois que nécessaire.

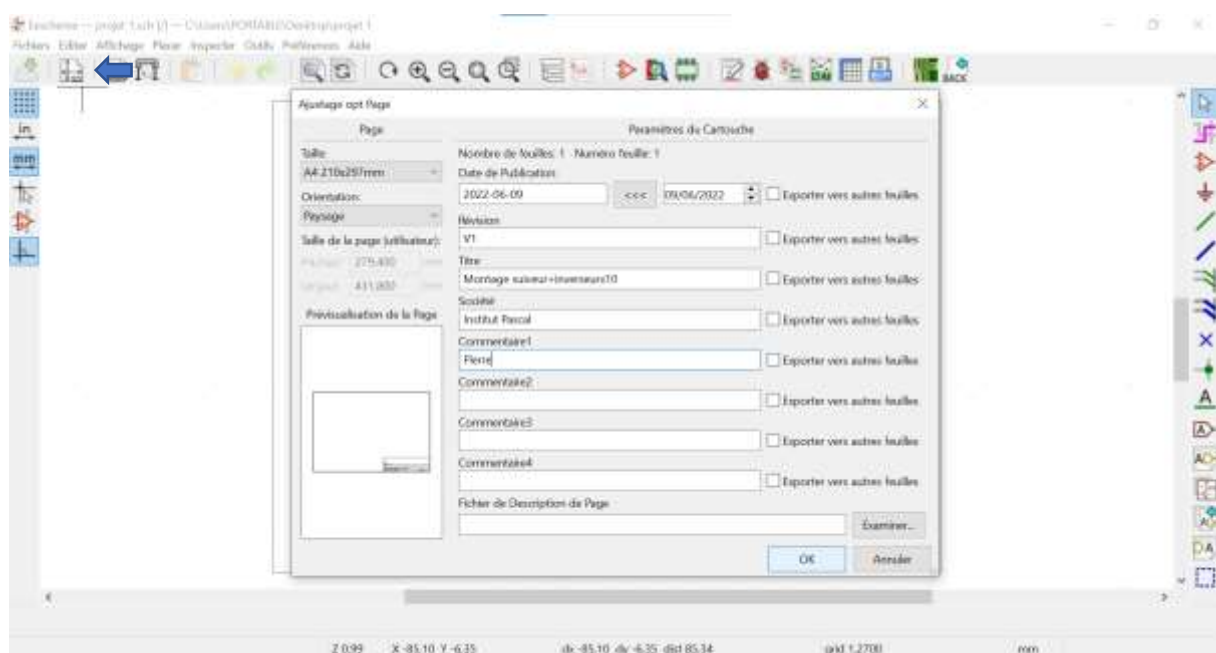
V – Exemple de carte électronique :

⇒ Carte simple de montage suiveur plus inverseur :

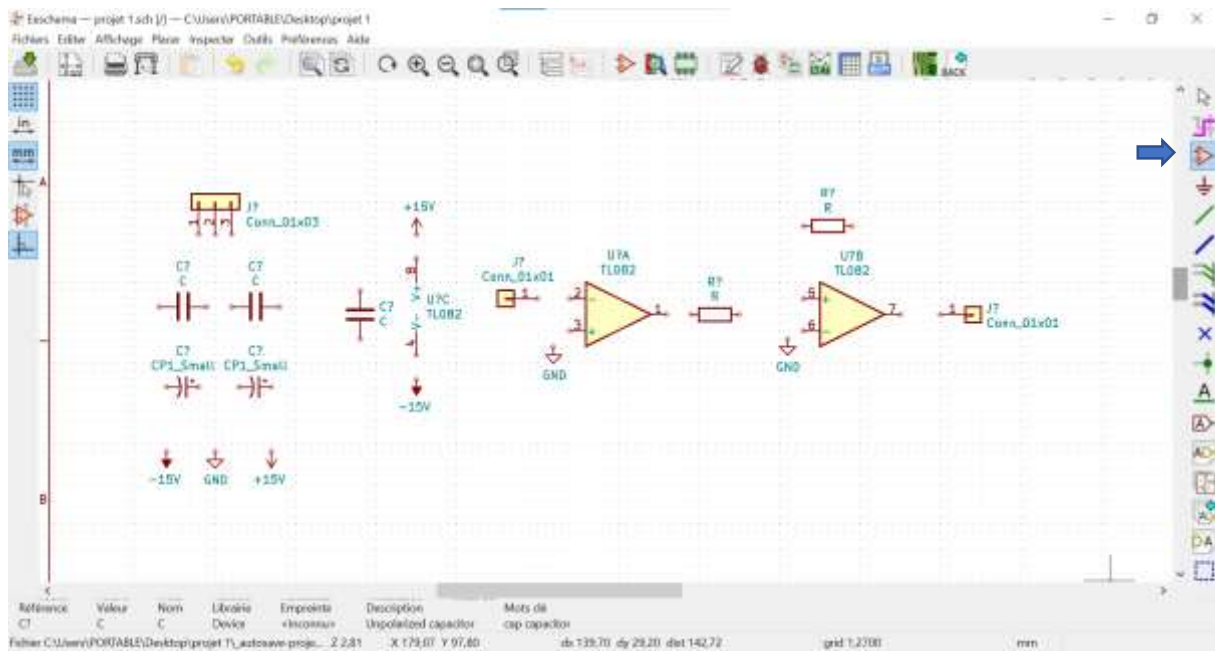
1- Création d'un nouveau projet :



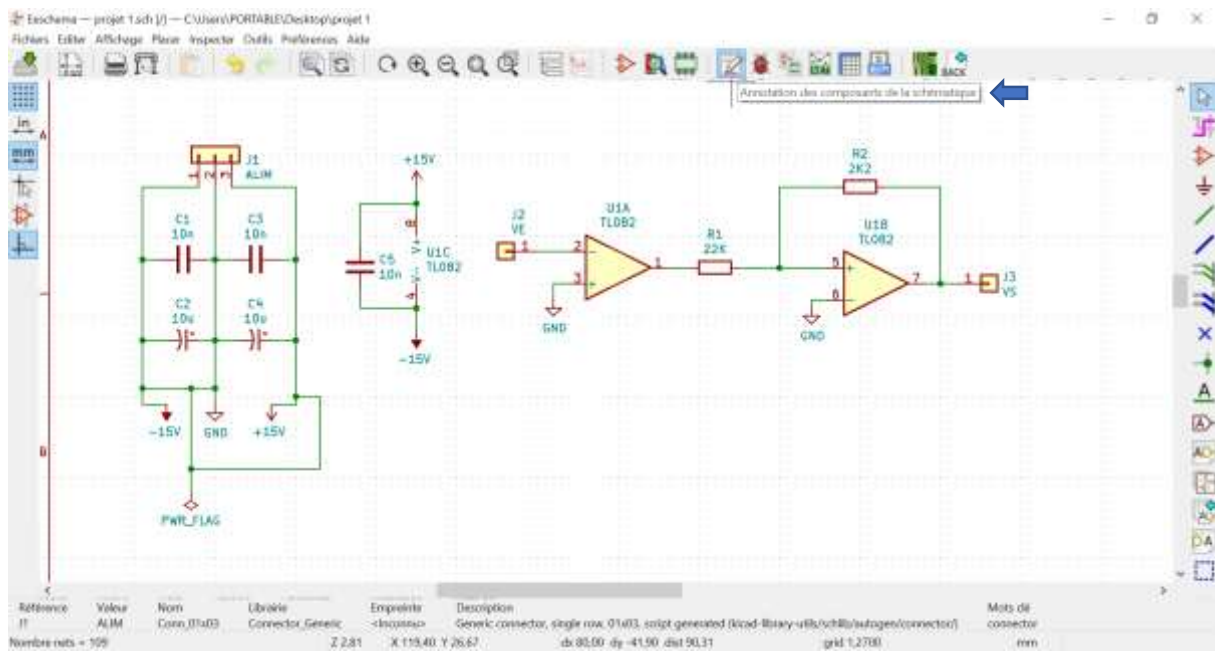
2- Editeur de schématica (Eeschema) :



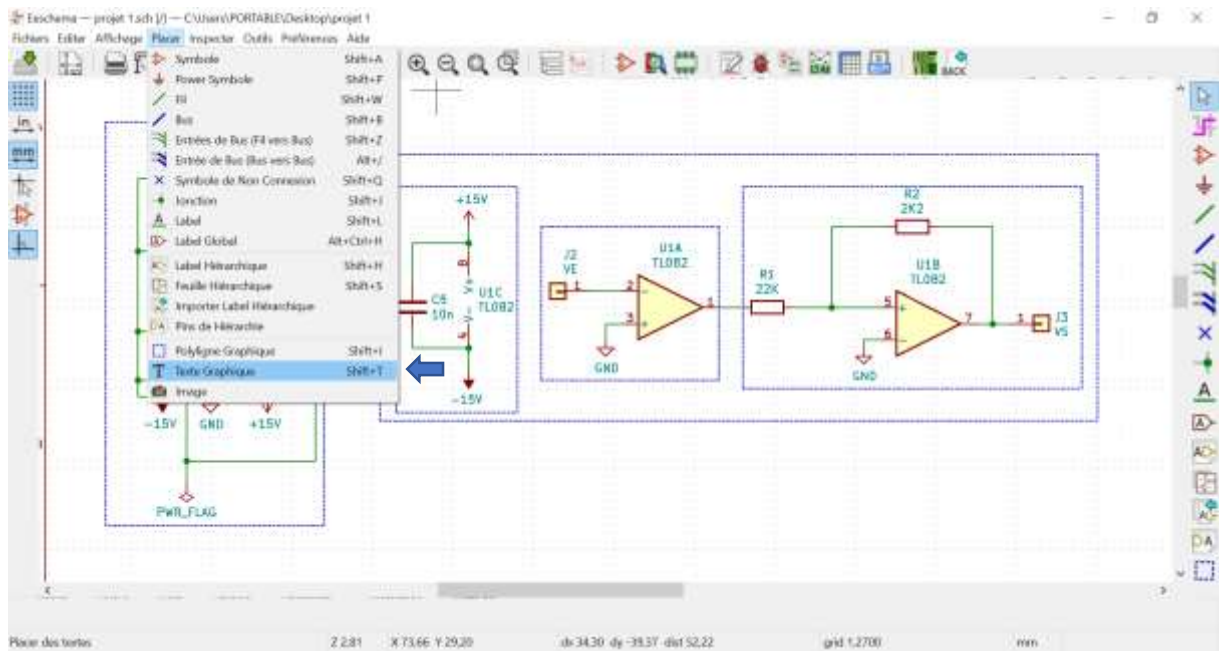
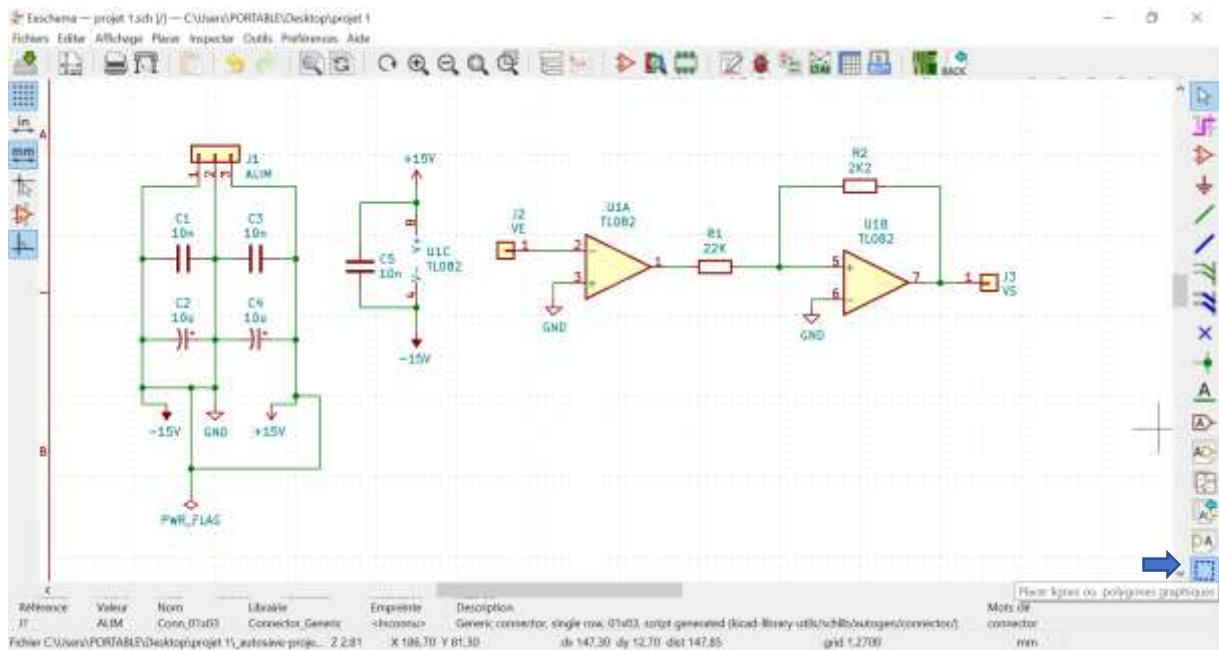
3- Ajout des composants :

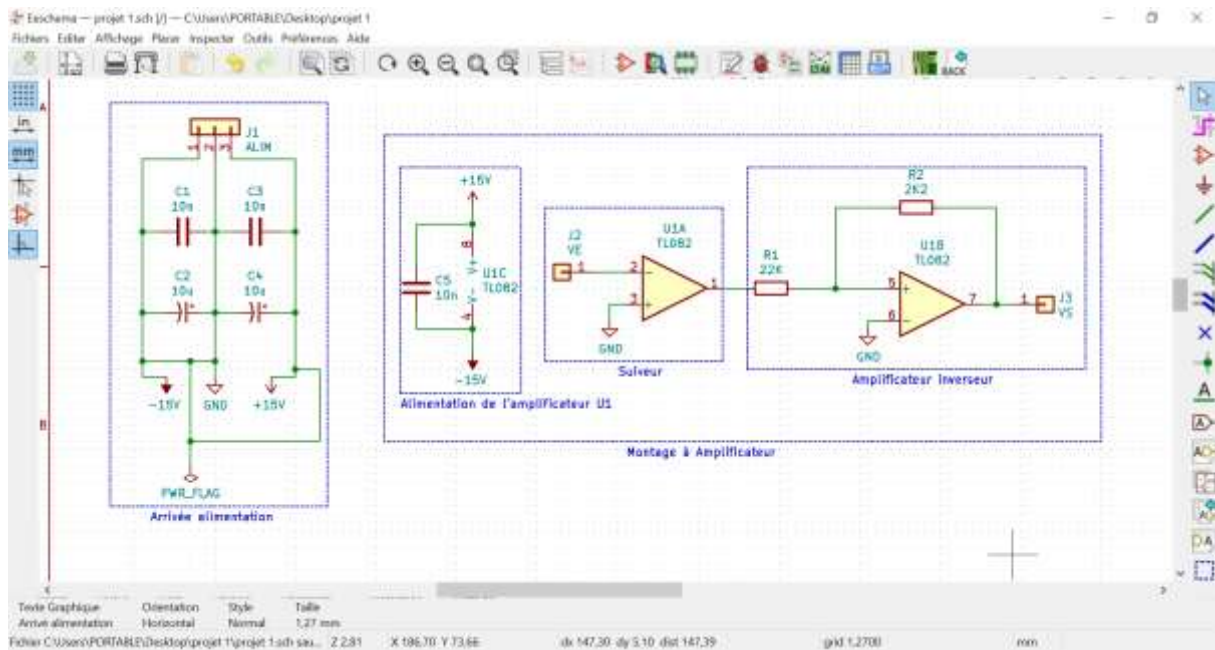


4- Routage et numérotation des composants :

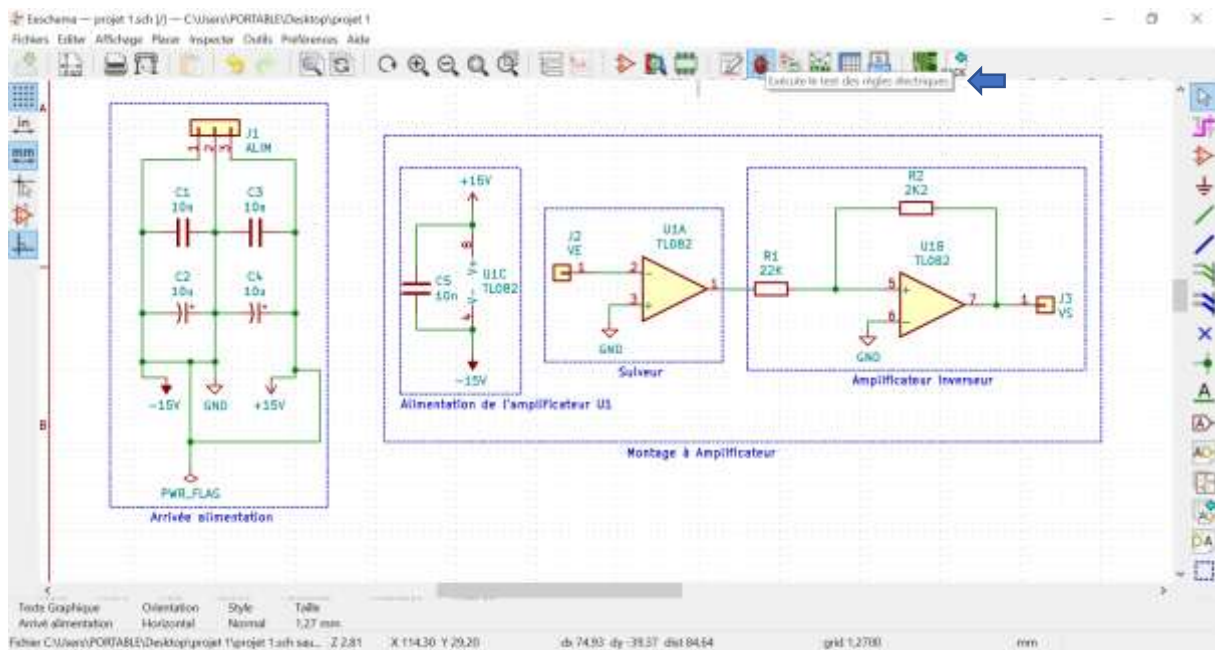


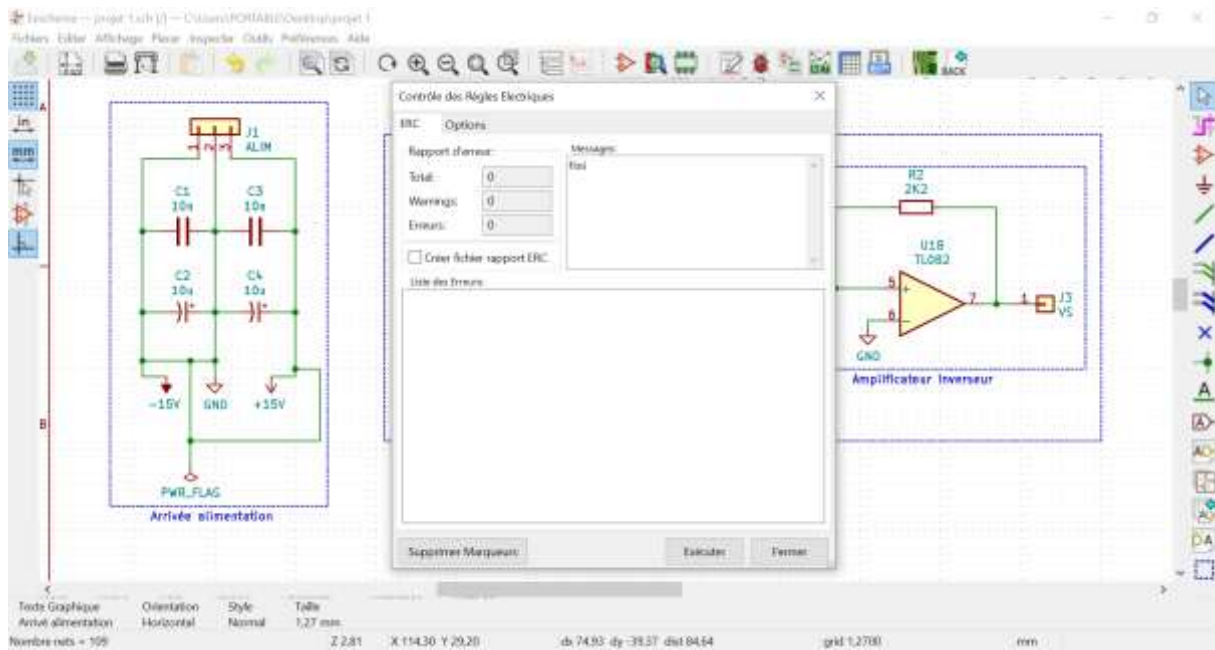
5- Ajout des commentaires et zones de texte :



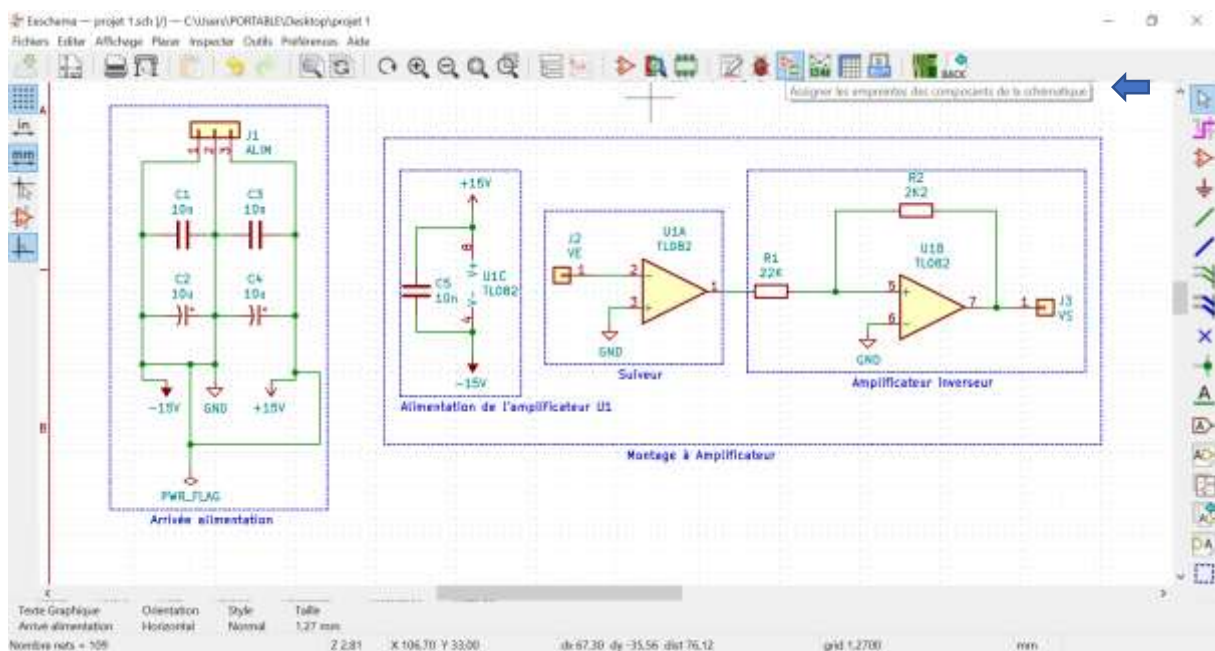


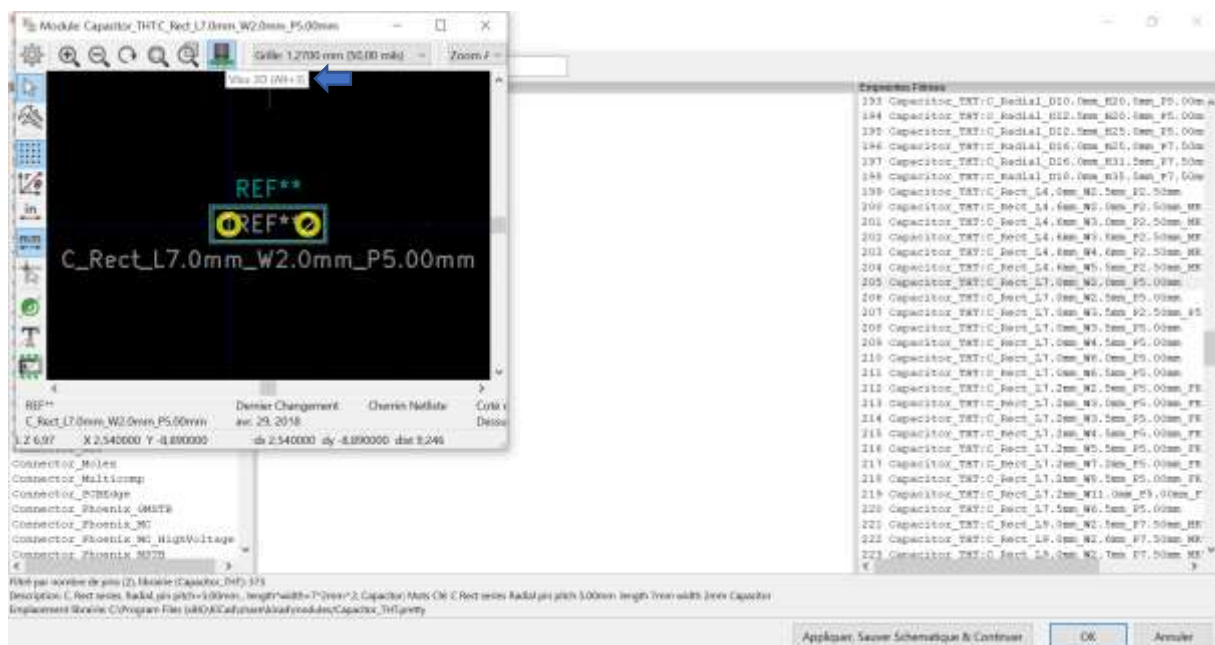
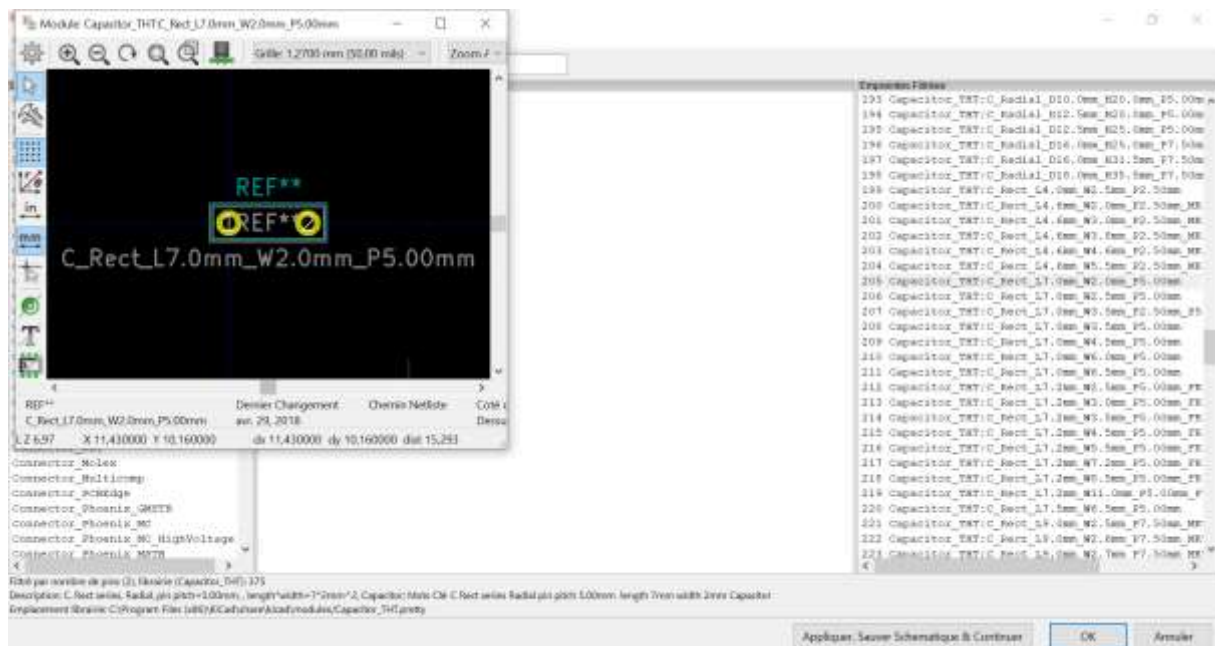
6- Vérification des règles électriques :

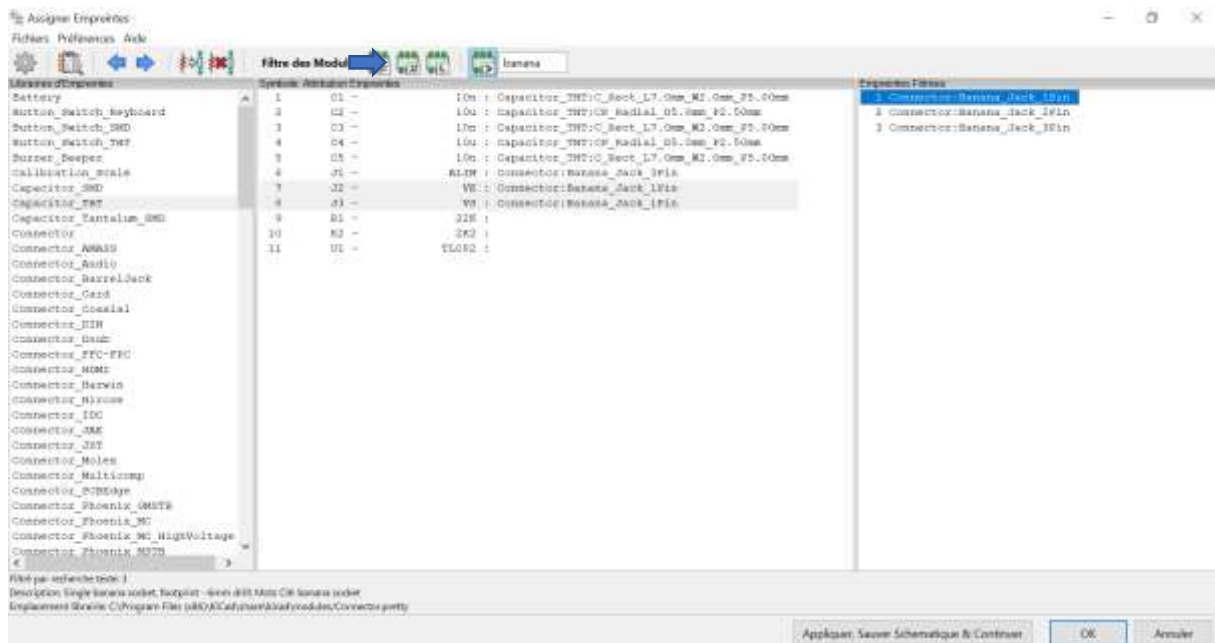
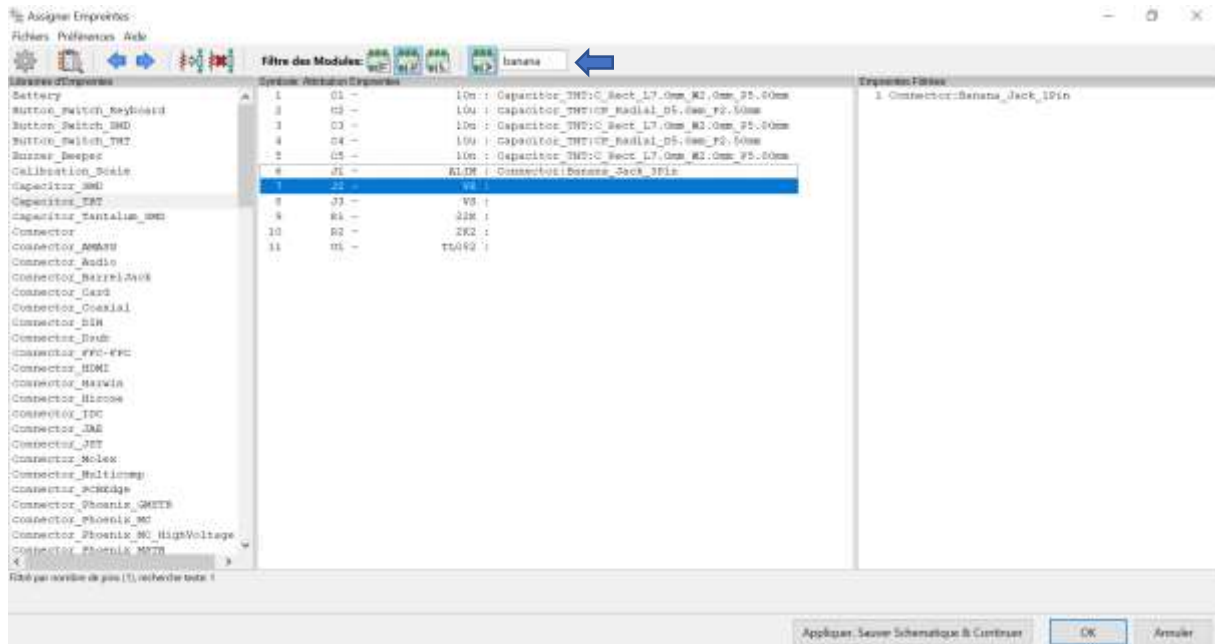


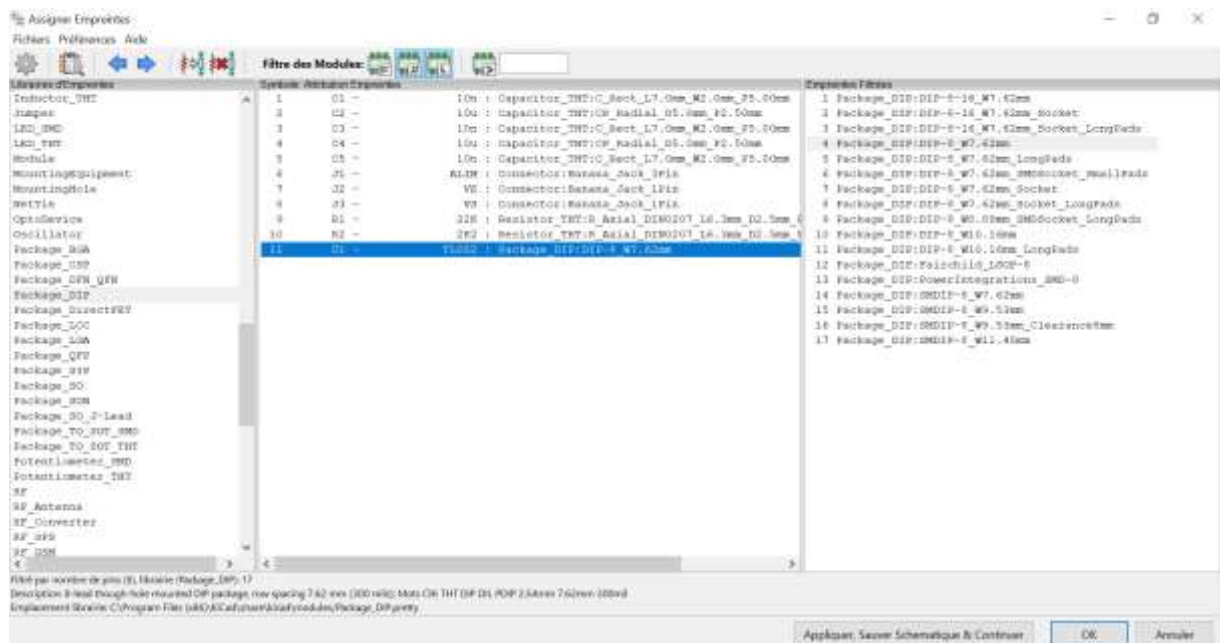


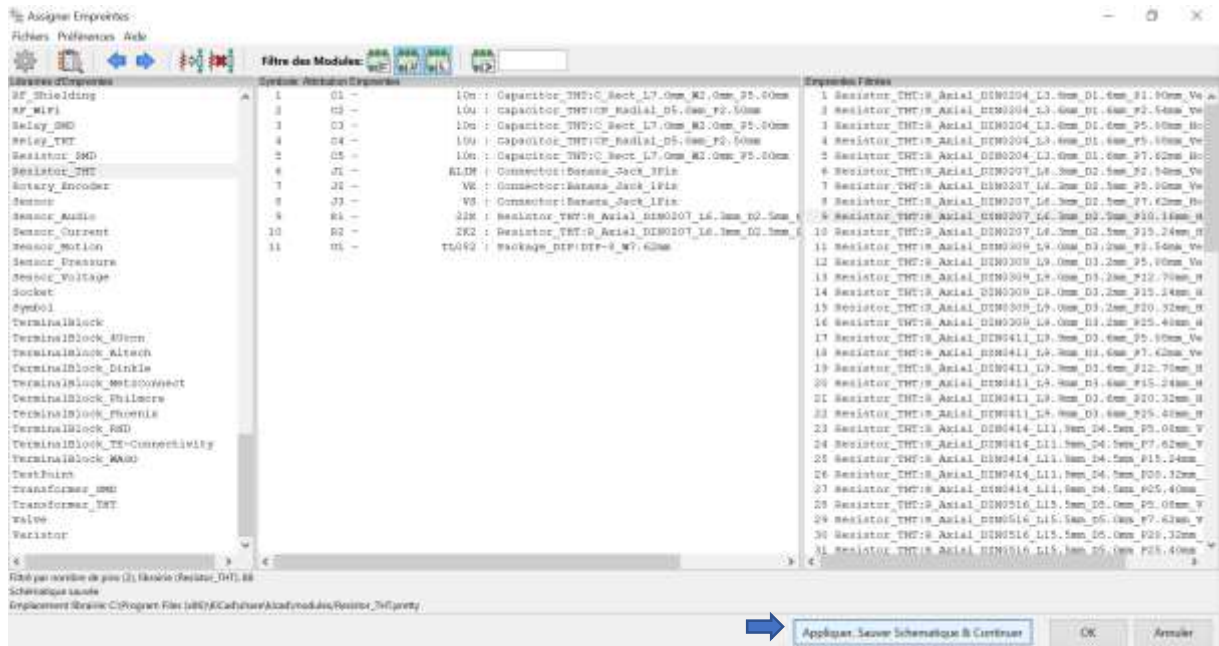
7- Association des composants aux empreintes correspondantes :



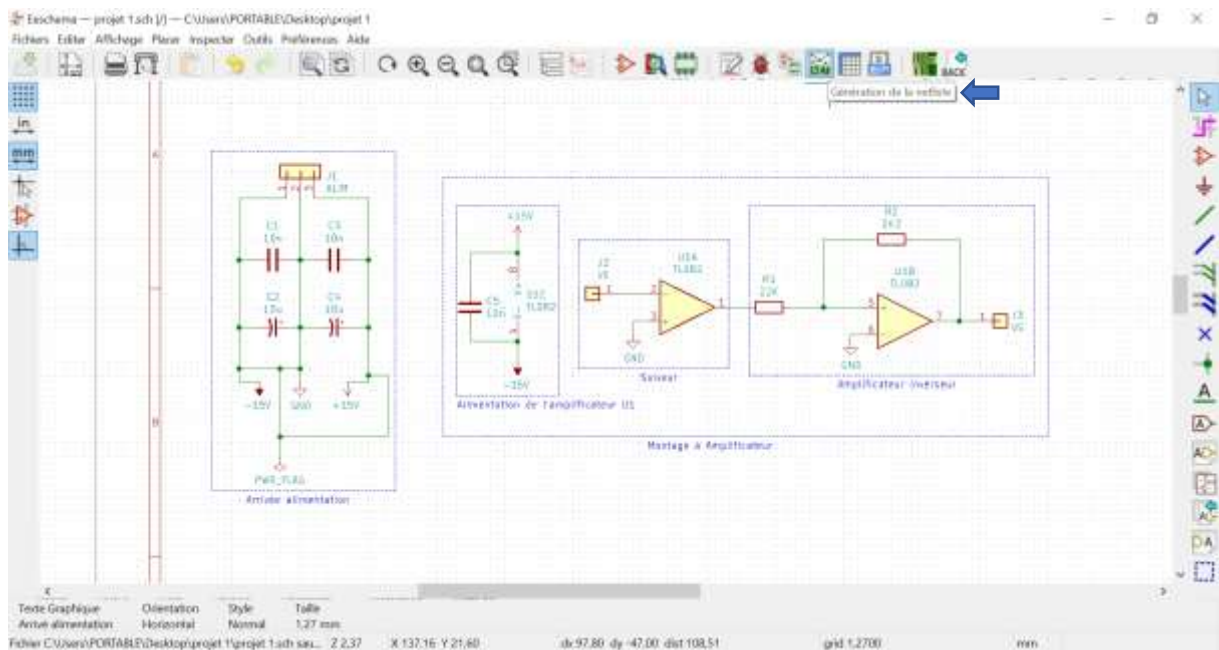


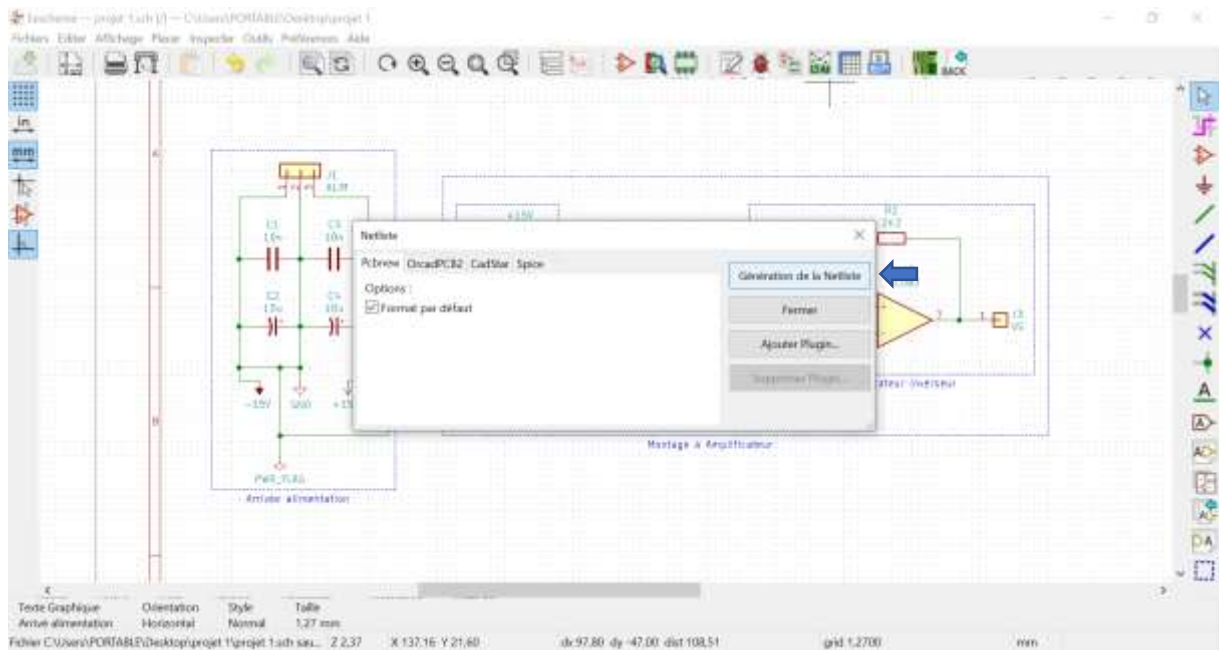




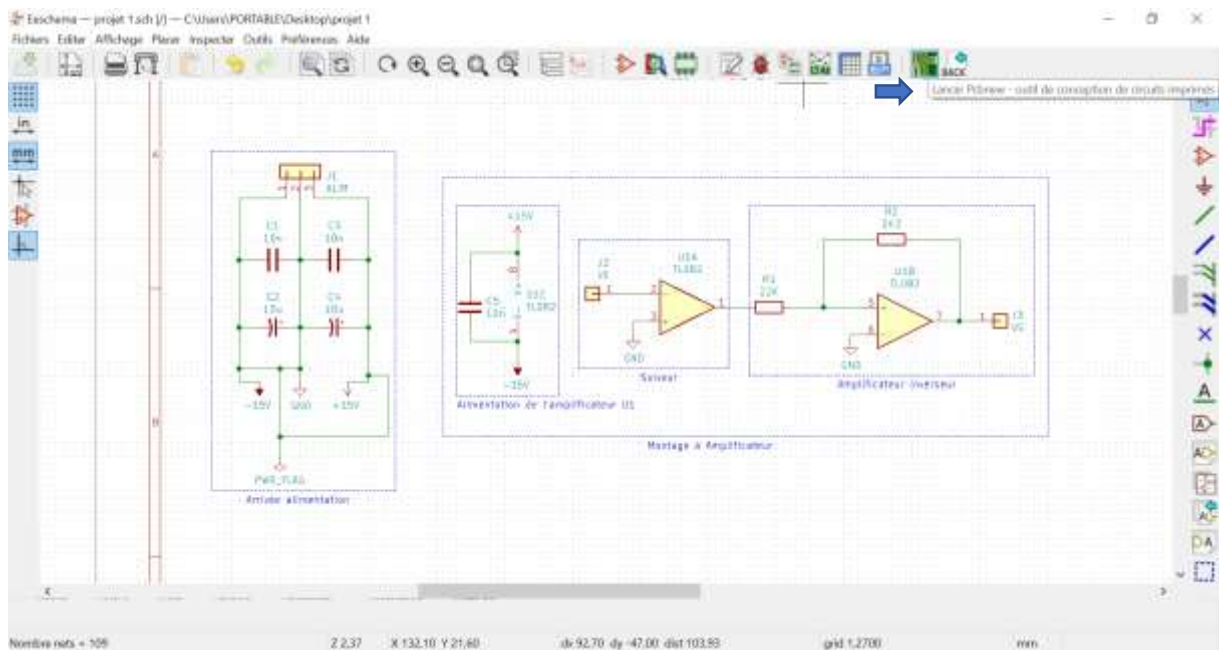


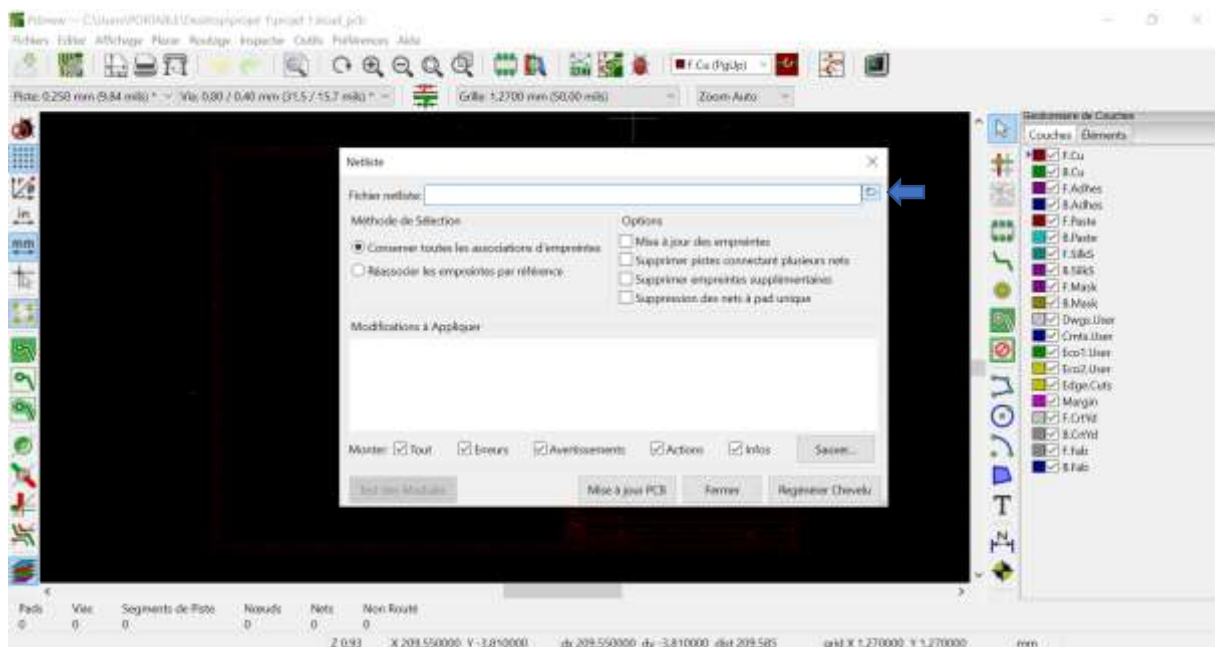
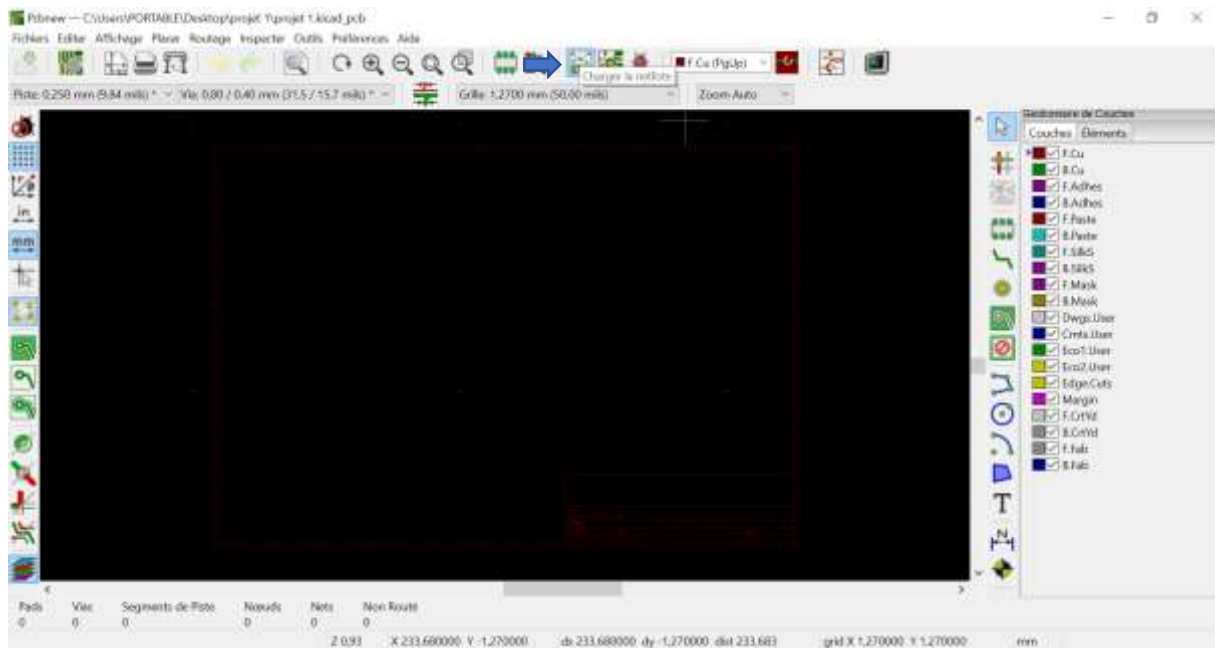
8- Génération de la netliste :

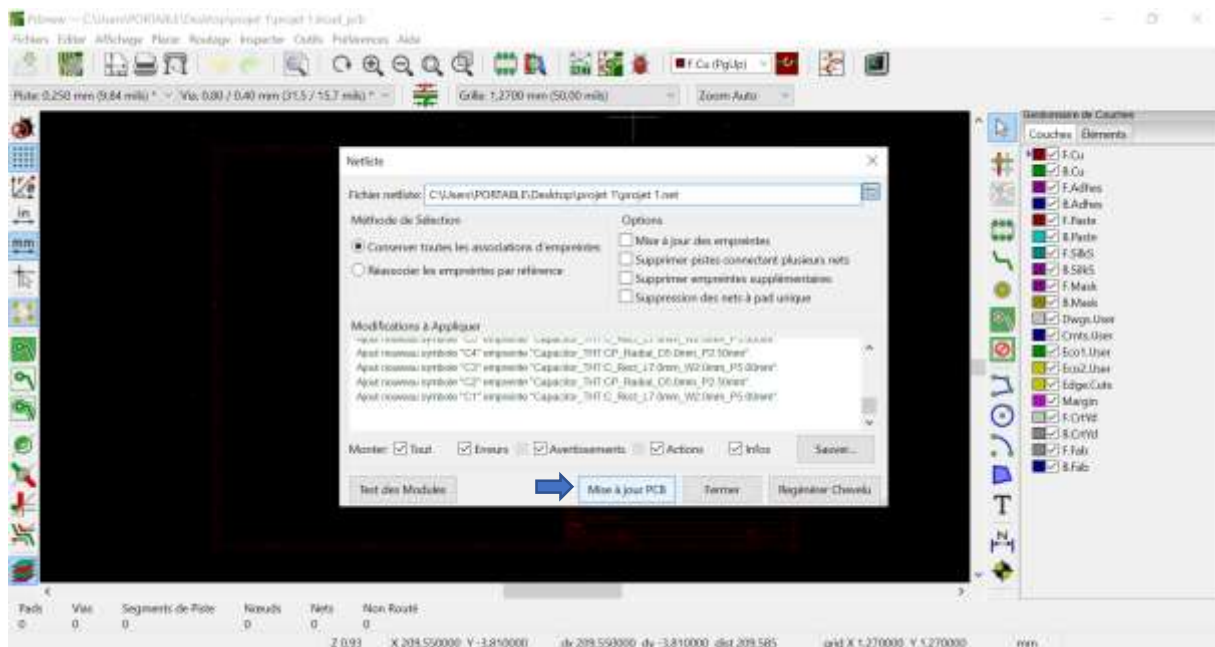
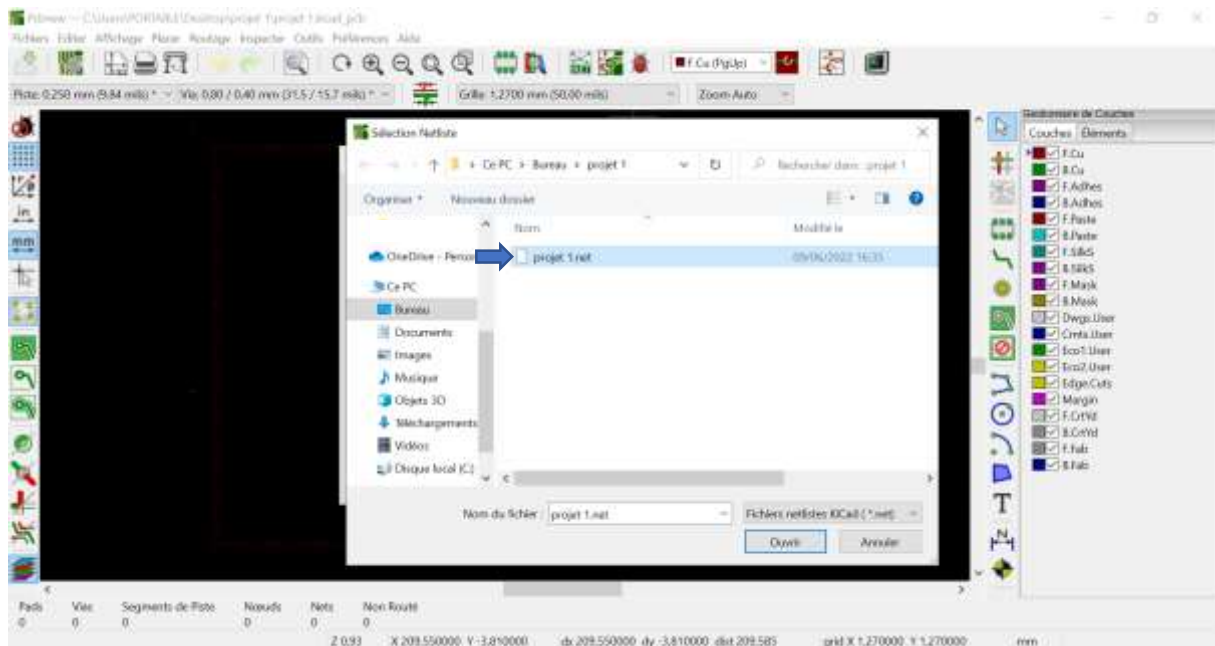


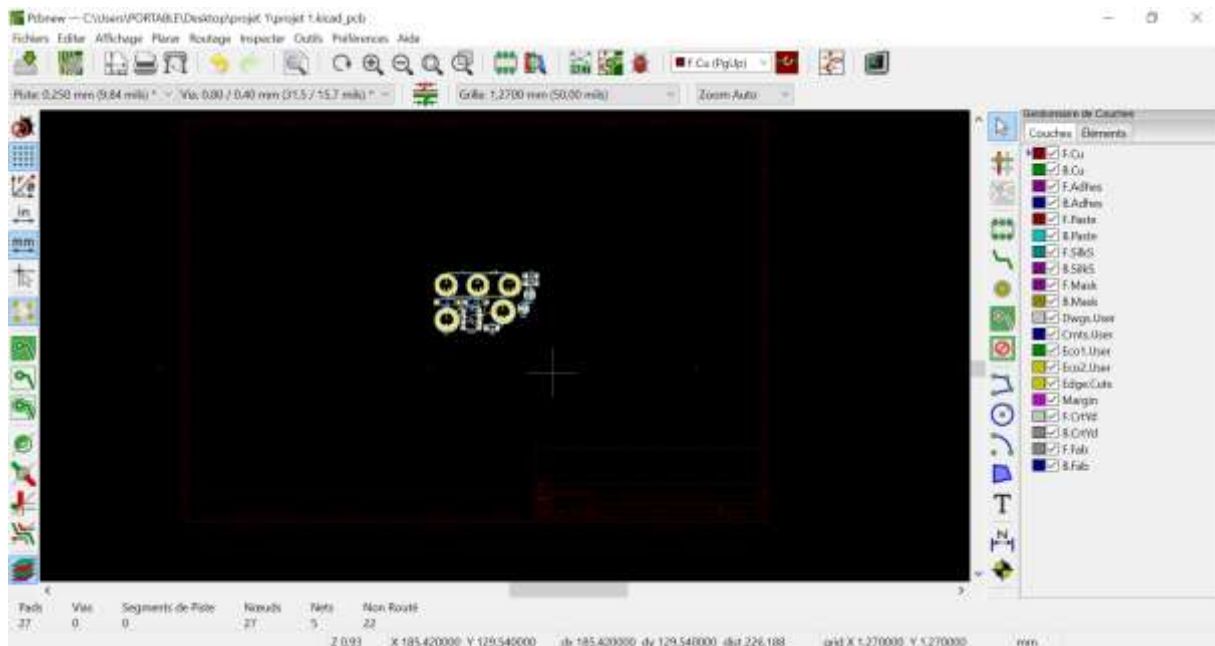


9- Conception du circuit imprimé sur Pcbnew :



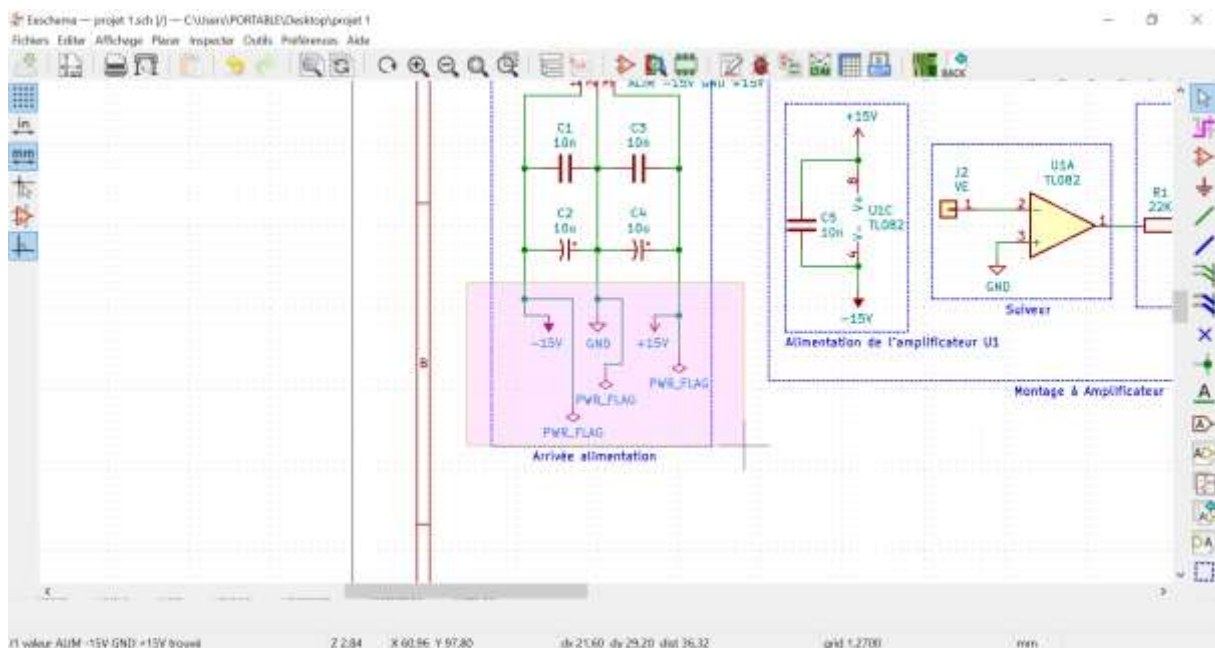




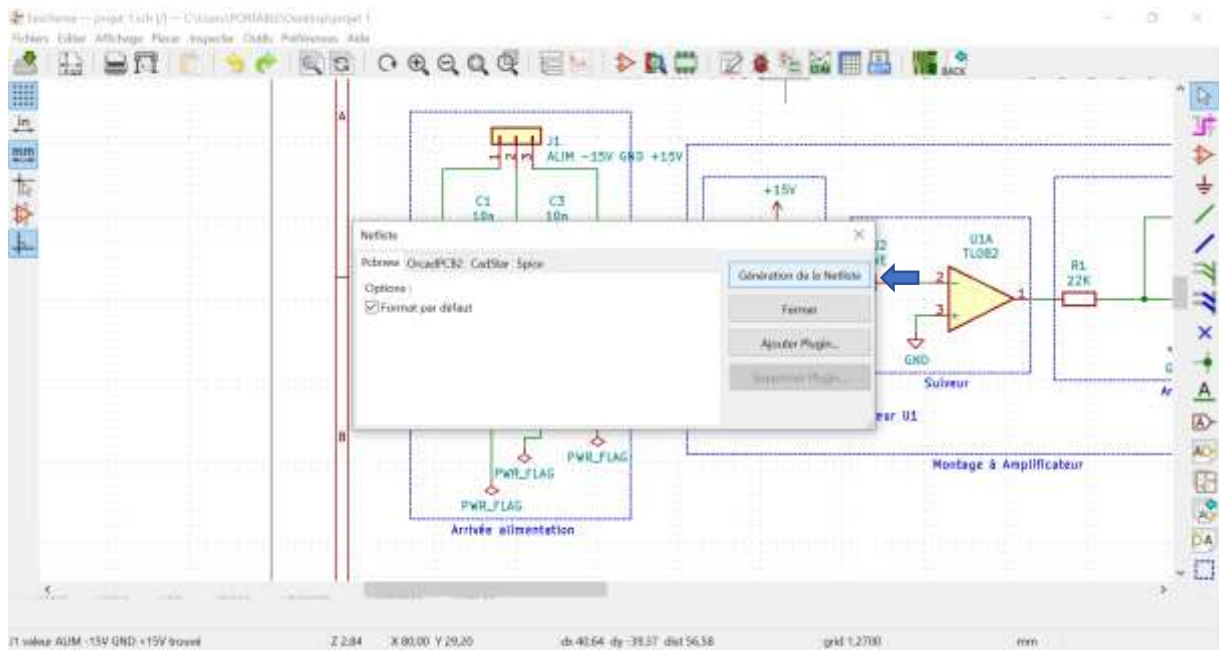


Là on s'est rendu compte qu'il y a une faute sur le schéma du circuit. On va résoudre le problème comme suit :

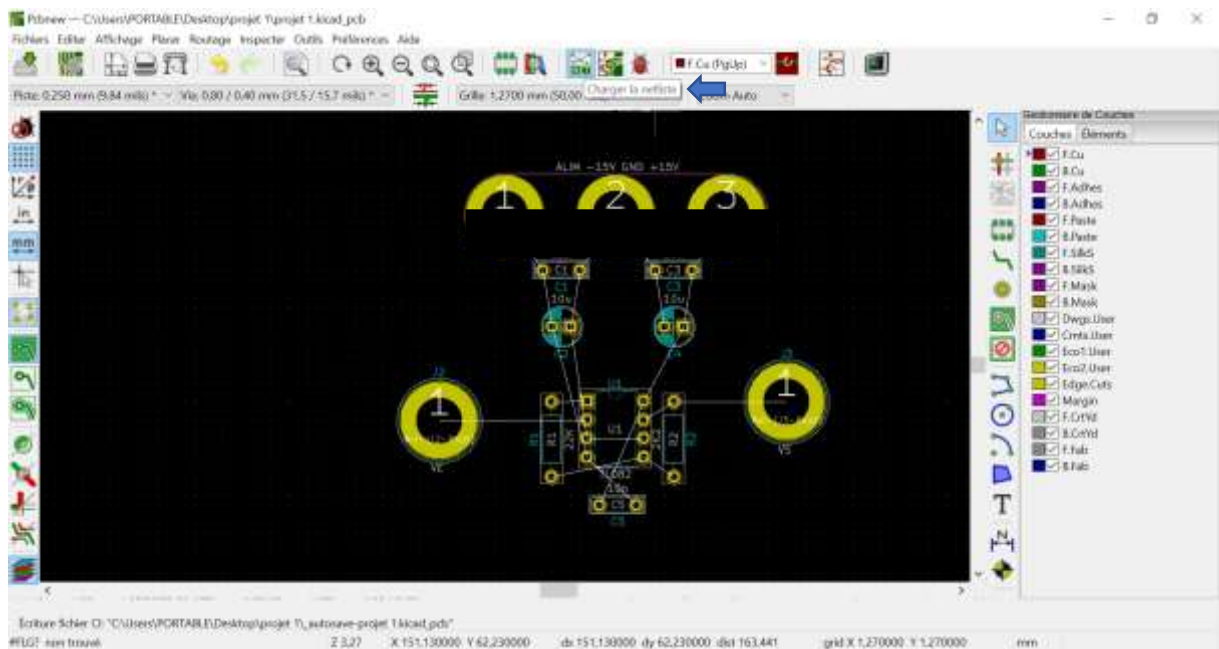
1- On corrige la faute sur le schéma :

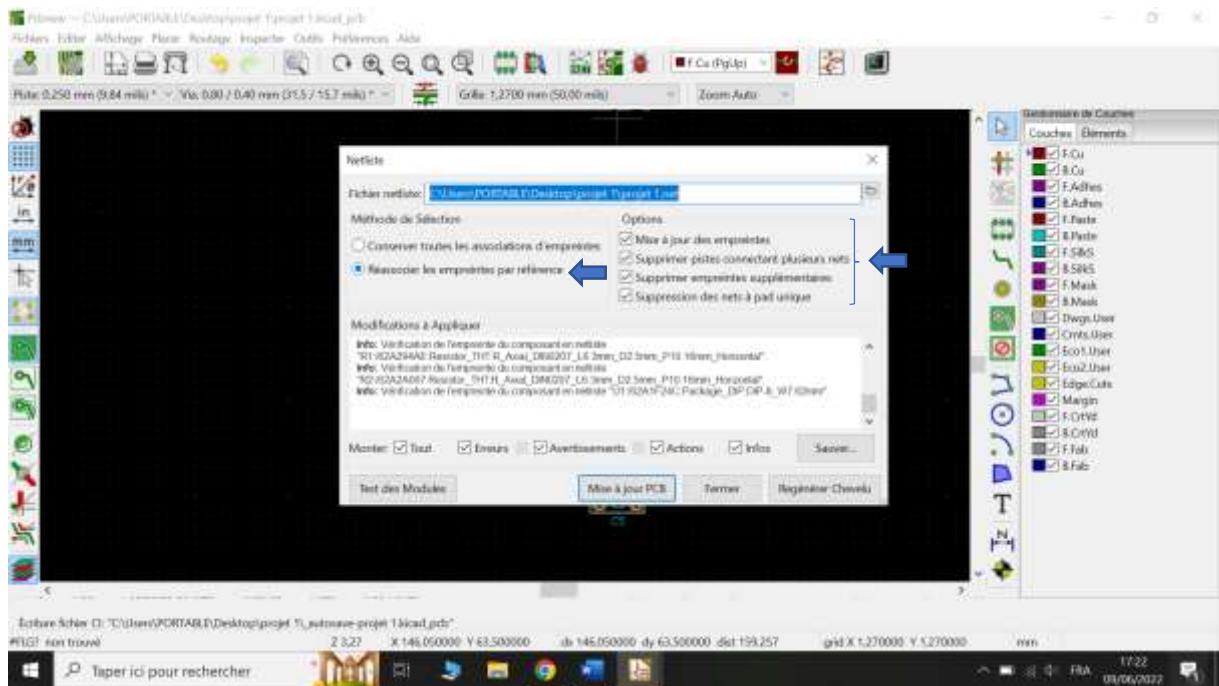


2- On régénère la netliste une nouvelle fois :



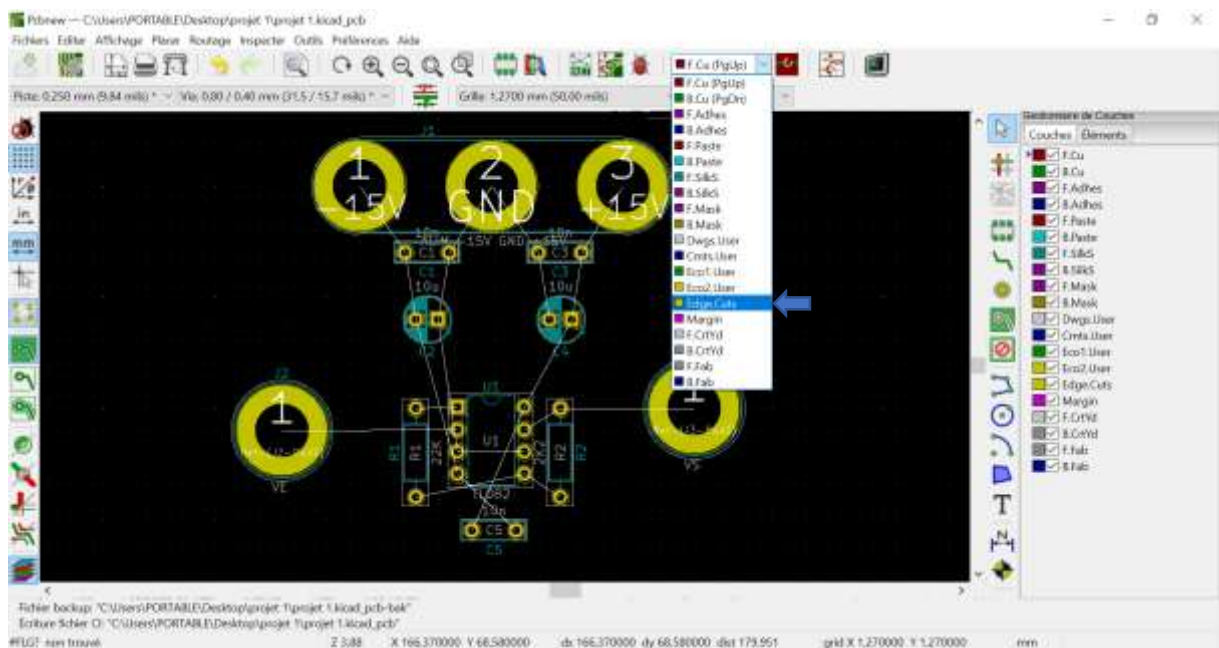
3- On va sur Pcbnew et on charge la netliste à nouveau avec les nouveaux paramètres :

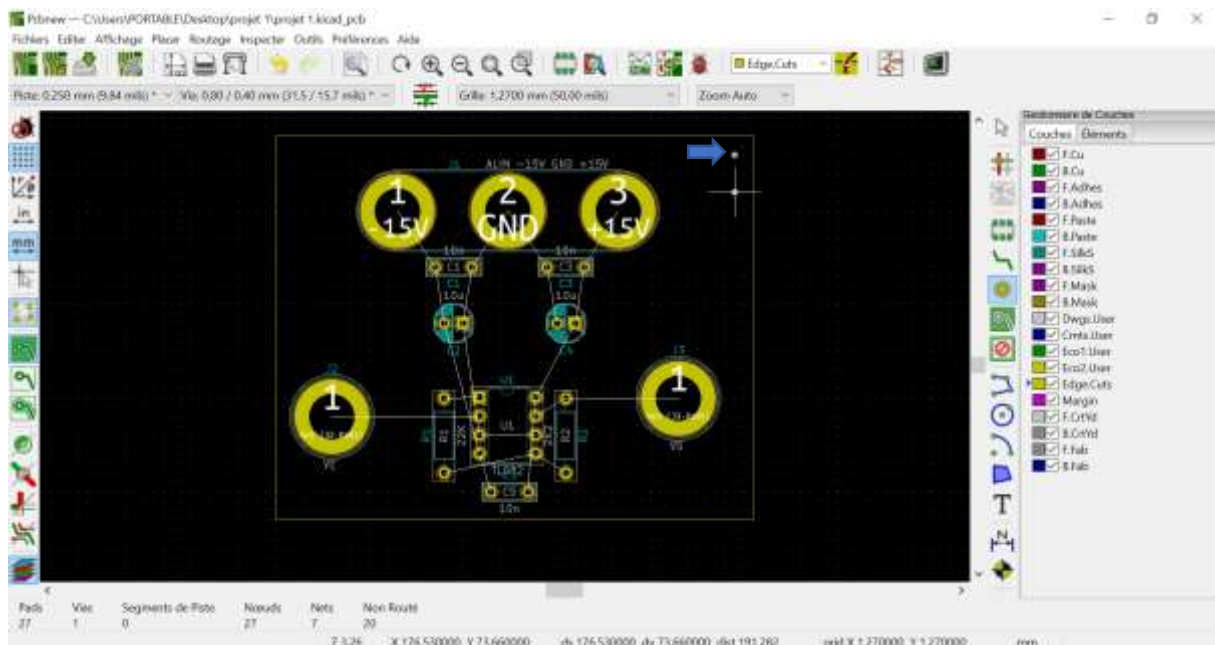
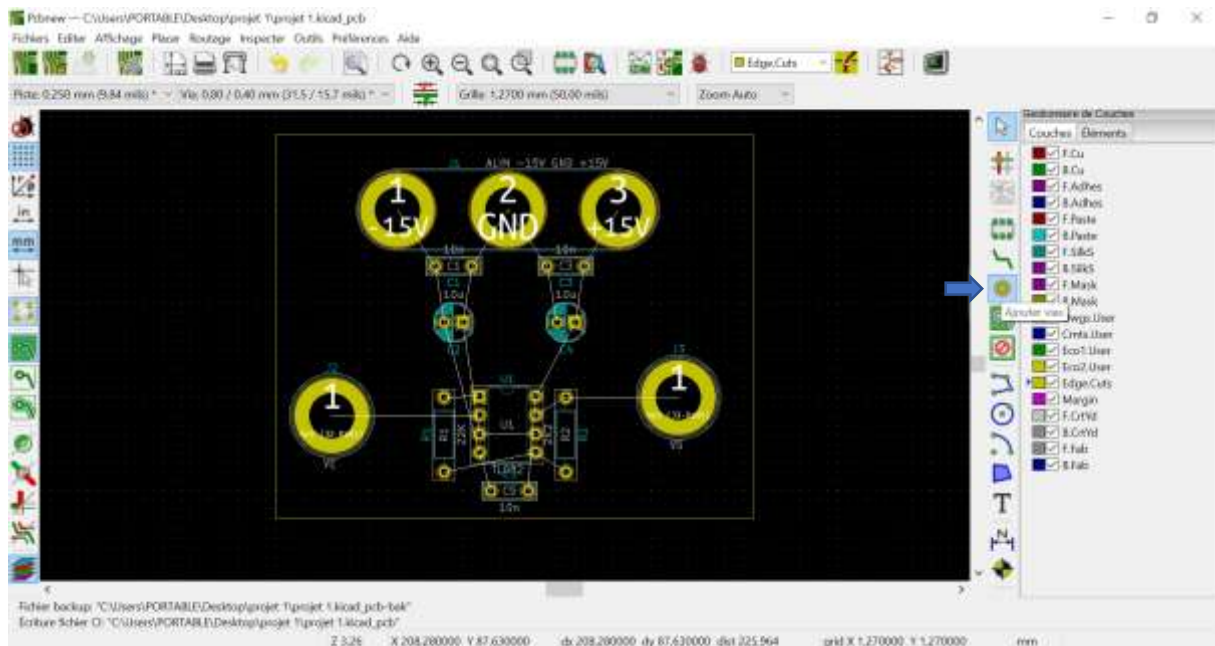




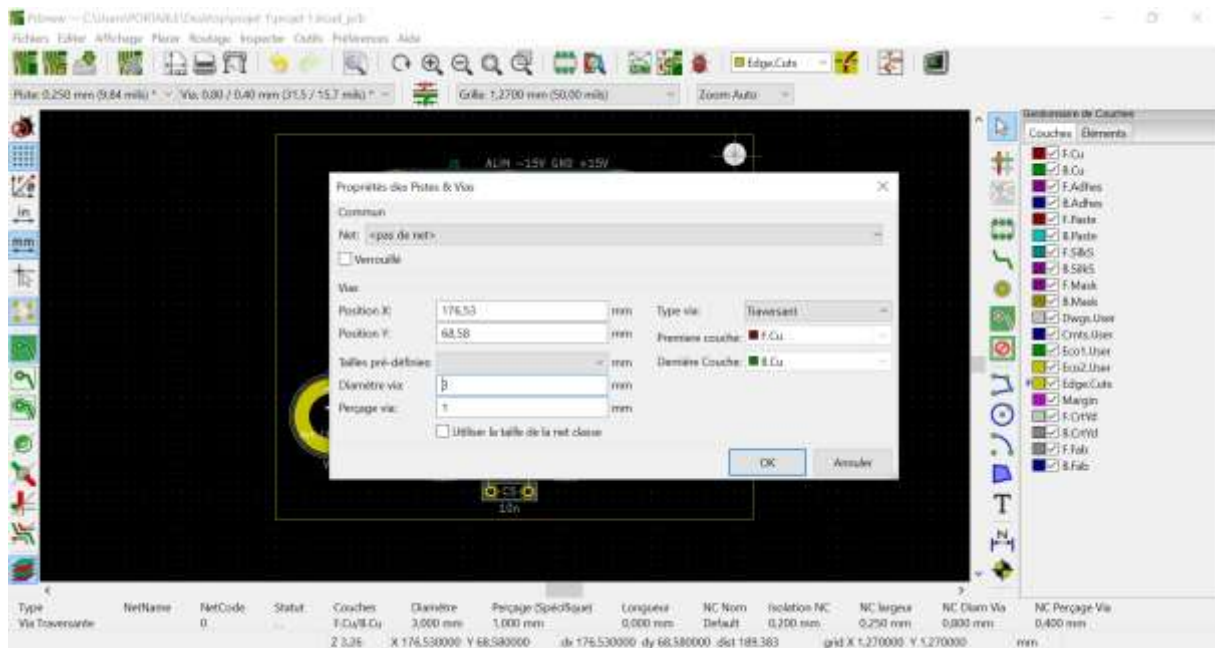
On a éventuellement réglé le problème.

10- Ajout du contour de la carte :

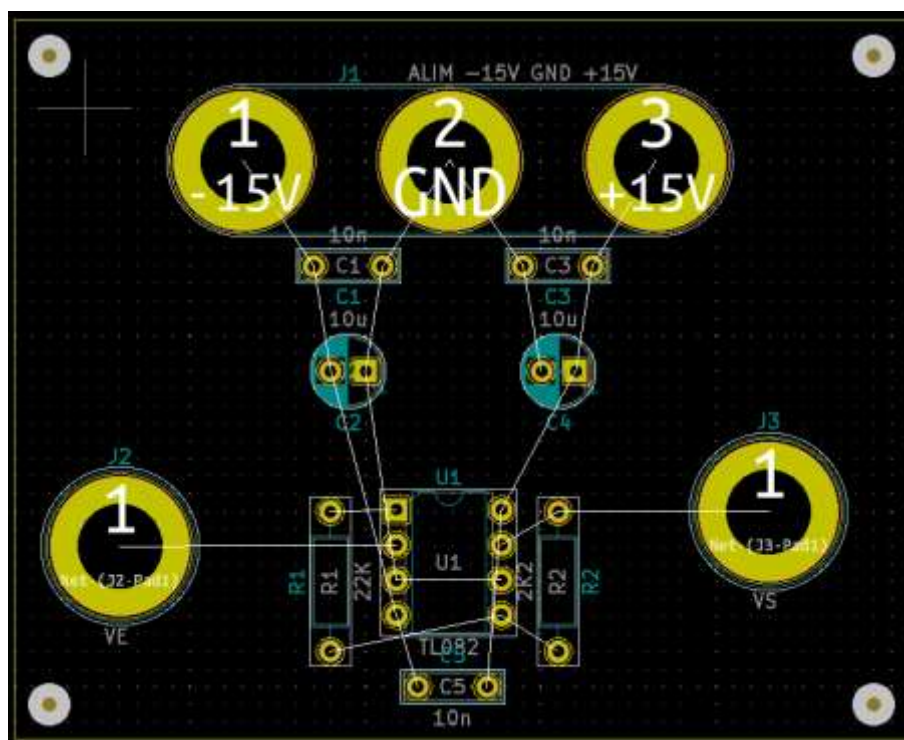




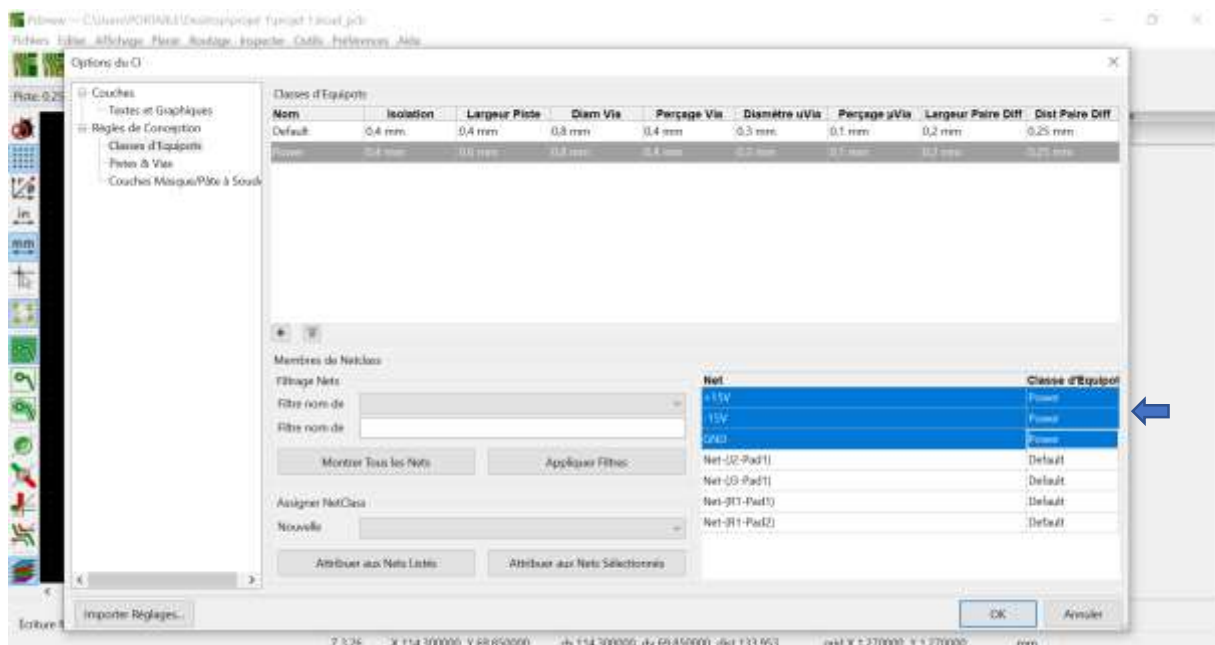
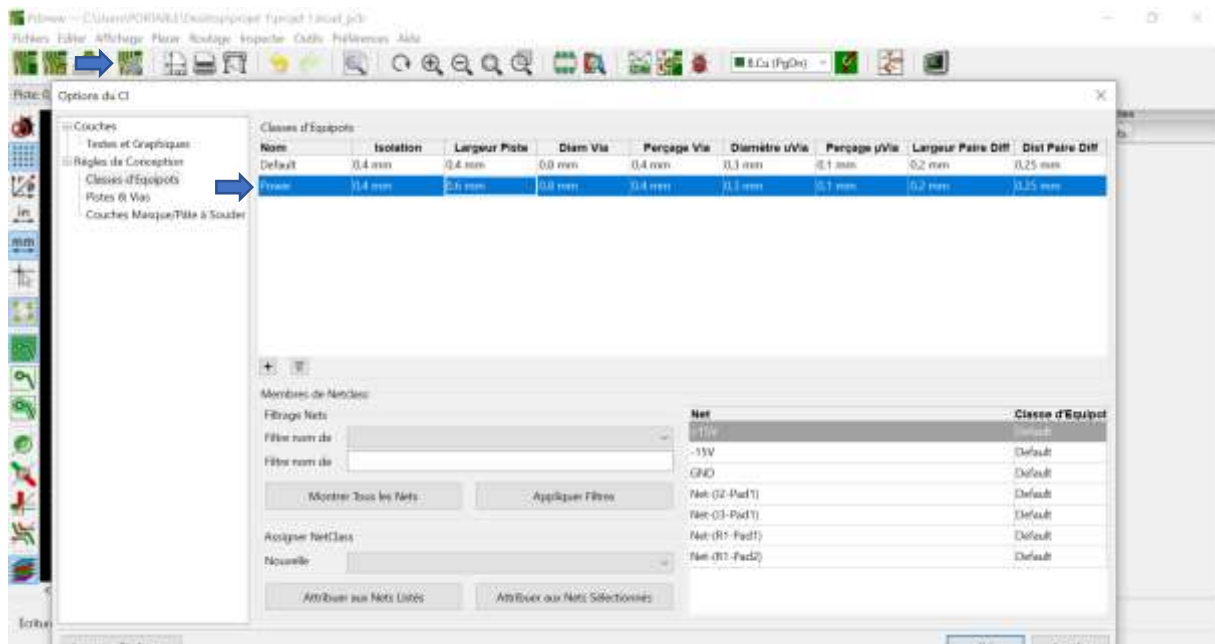
Modifions les paramètres du trou (touche E) :

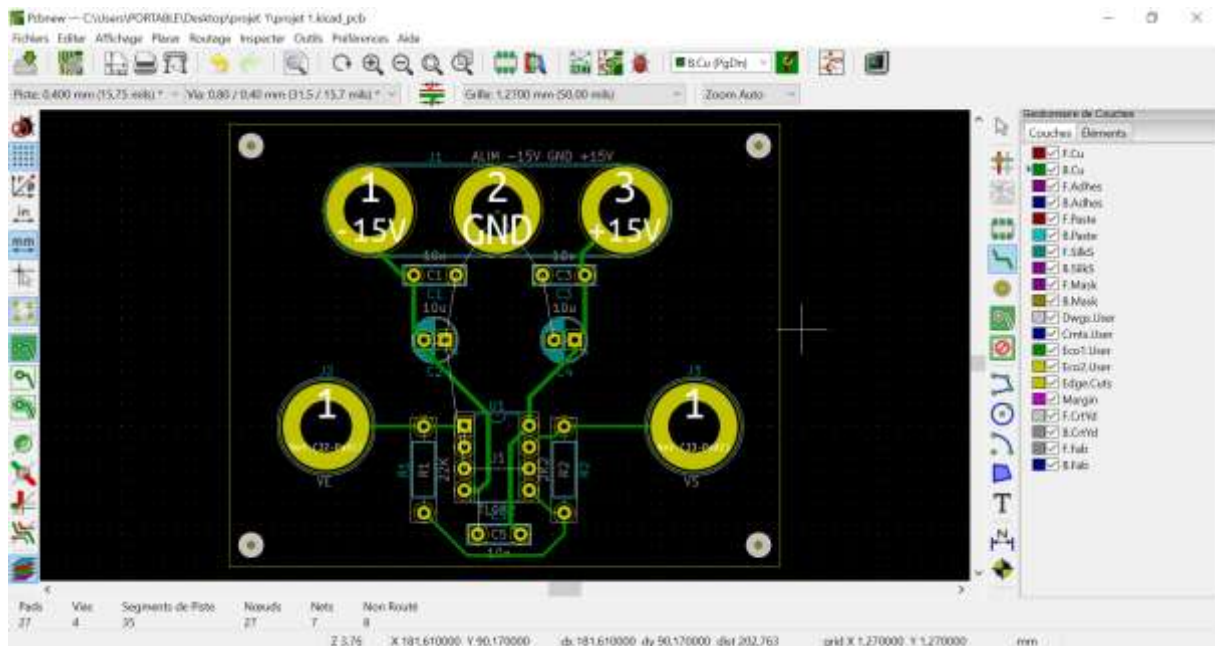


'Ctrl+D' pour dupliquer.

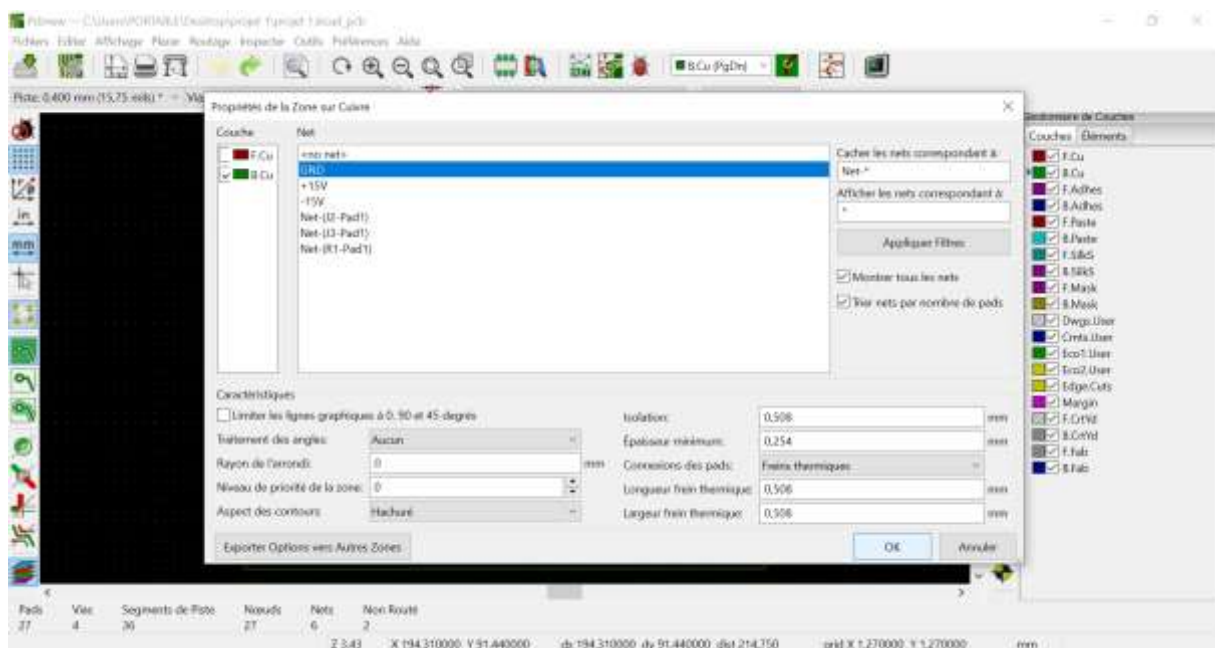


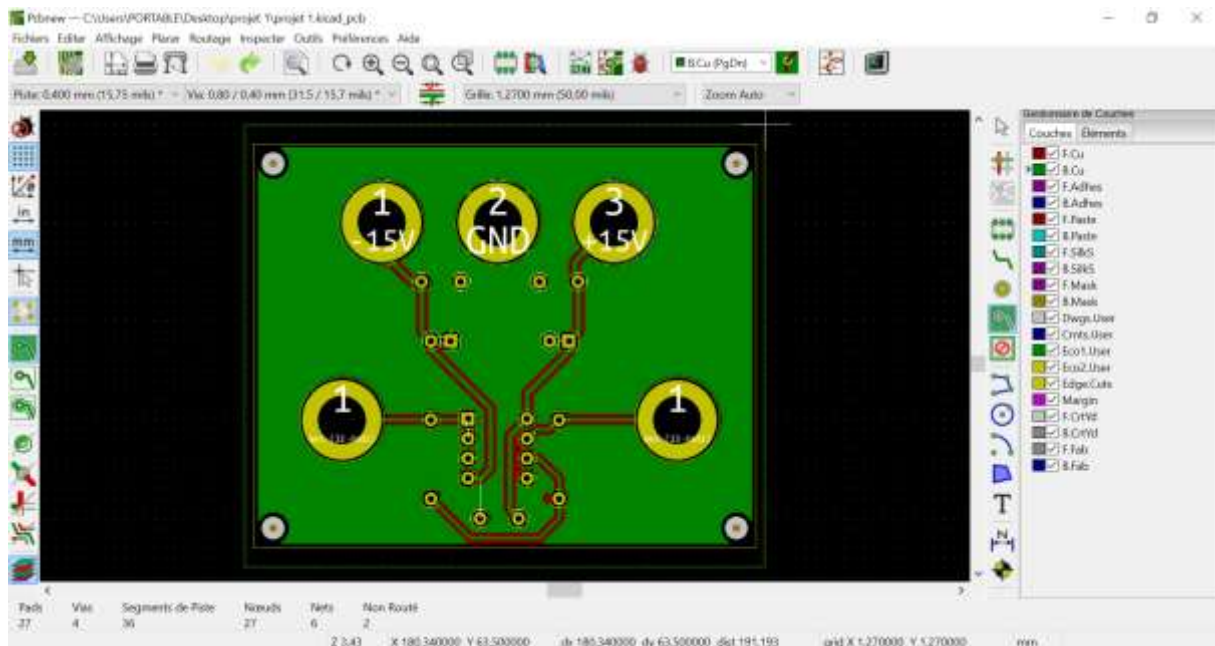
11- Routage de la carte et modification des options du circuit imprimé :



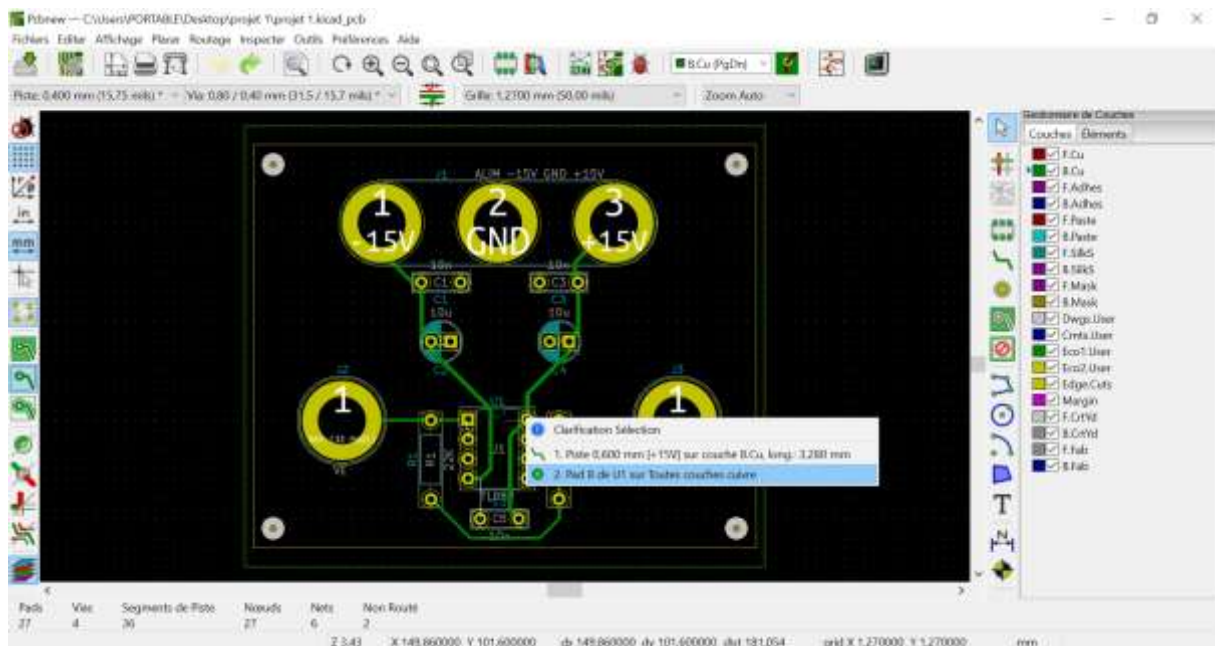


Choisissons le plan de masse :

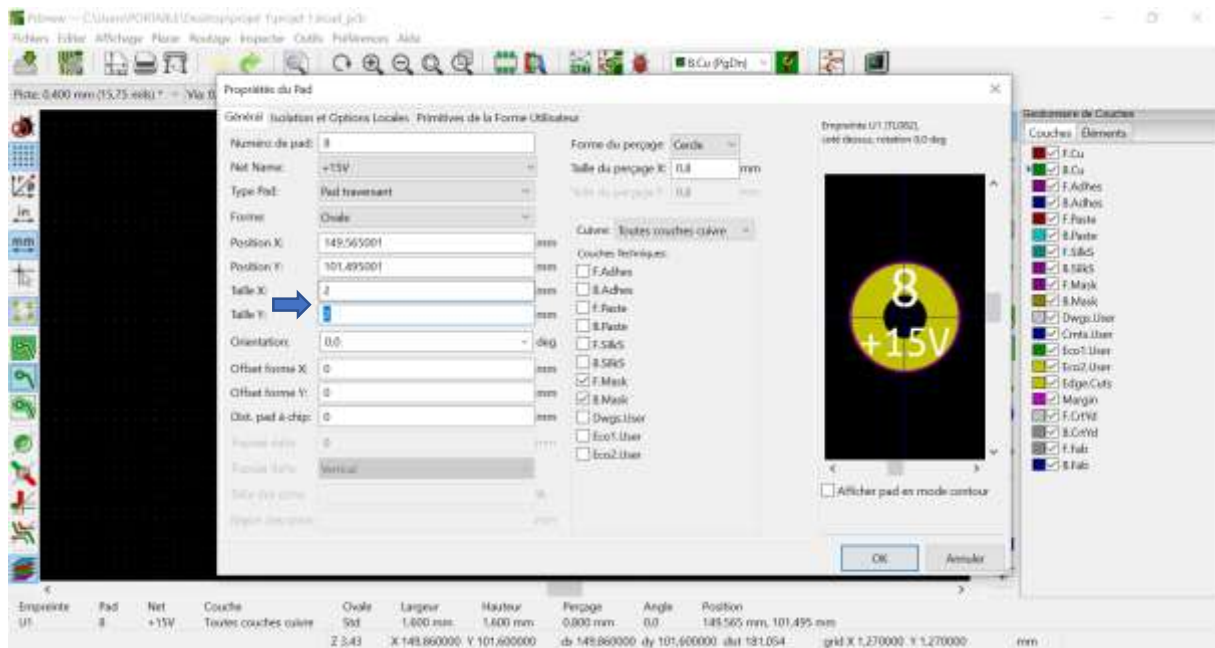




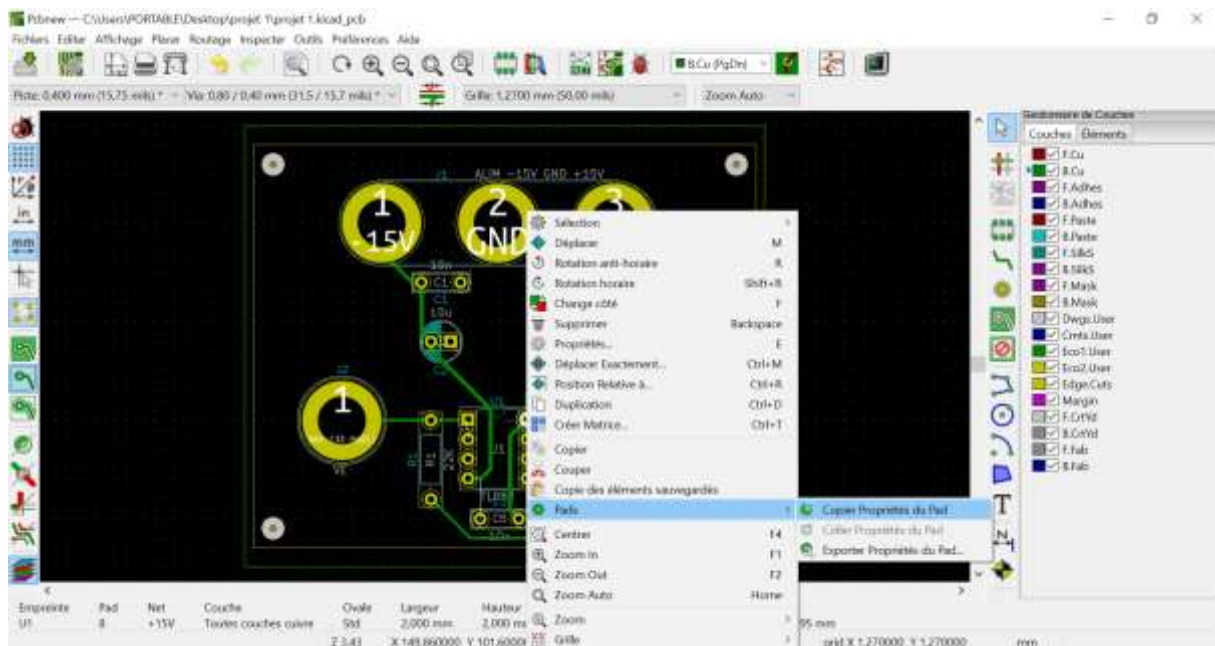
Modifions la taille des pastilles pour une soudure plus aisée :

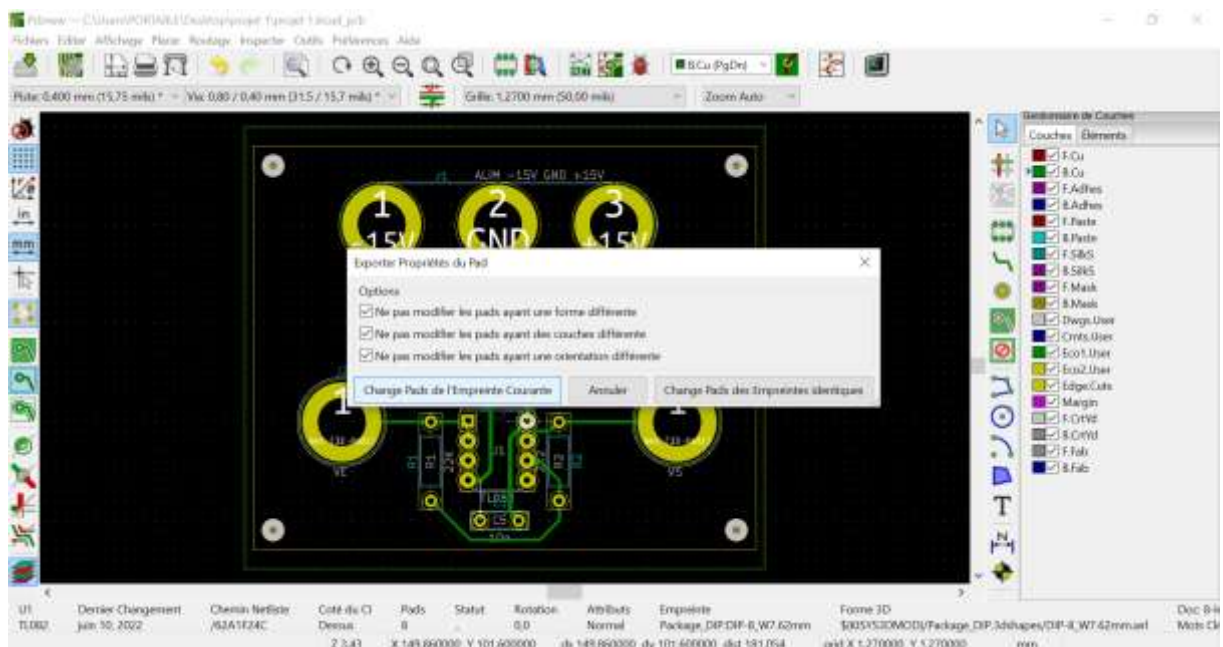
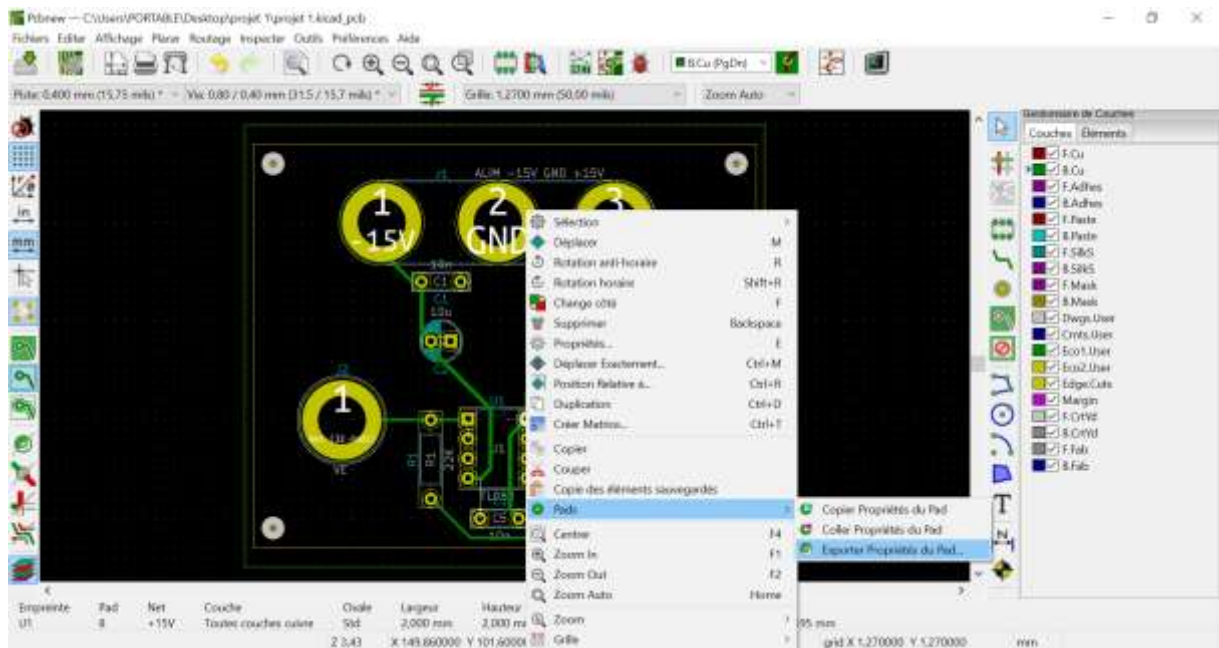


Après avoir sélectionné le pad, cliquer E pour éditer.

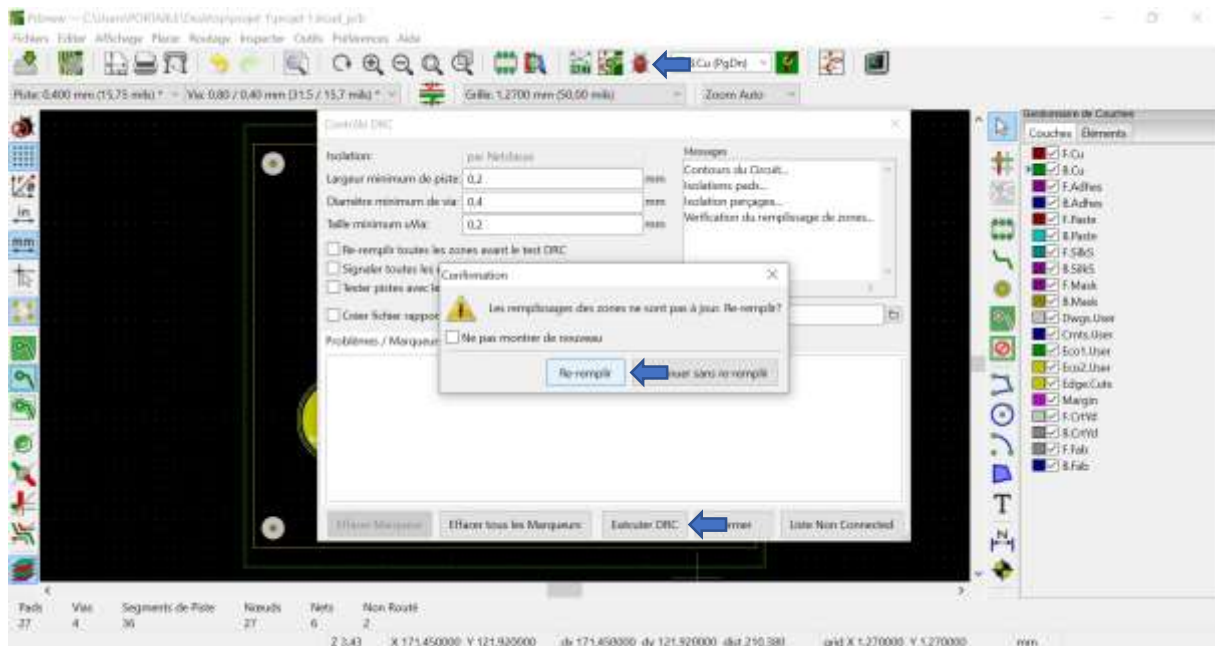


Après, on va exporter les propriétés de ce pad aux autres pads identiques pour gagner du temps :

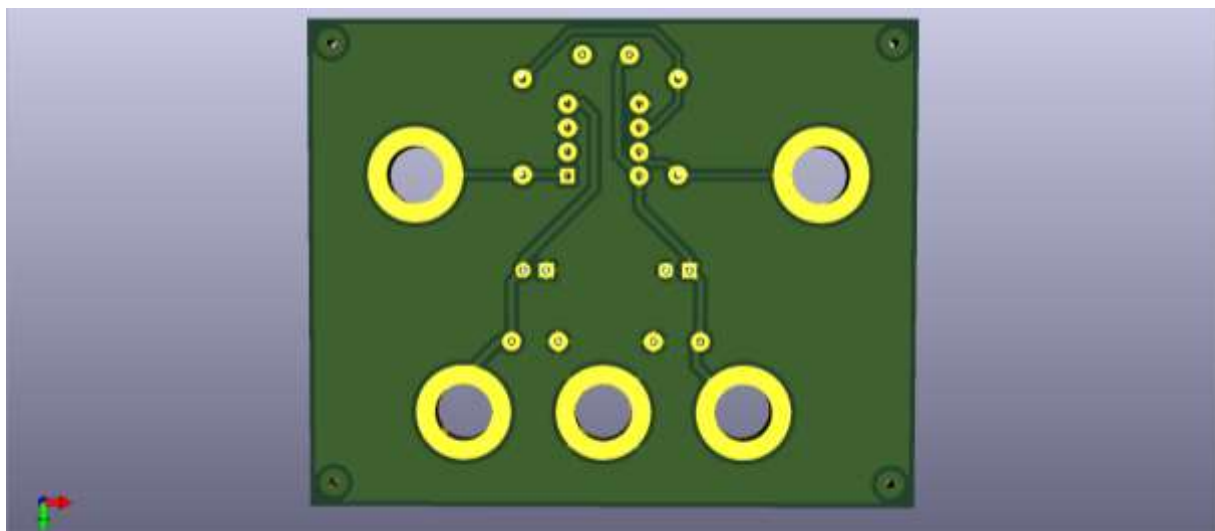
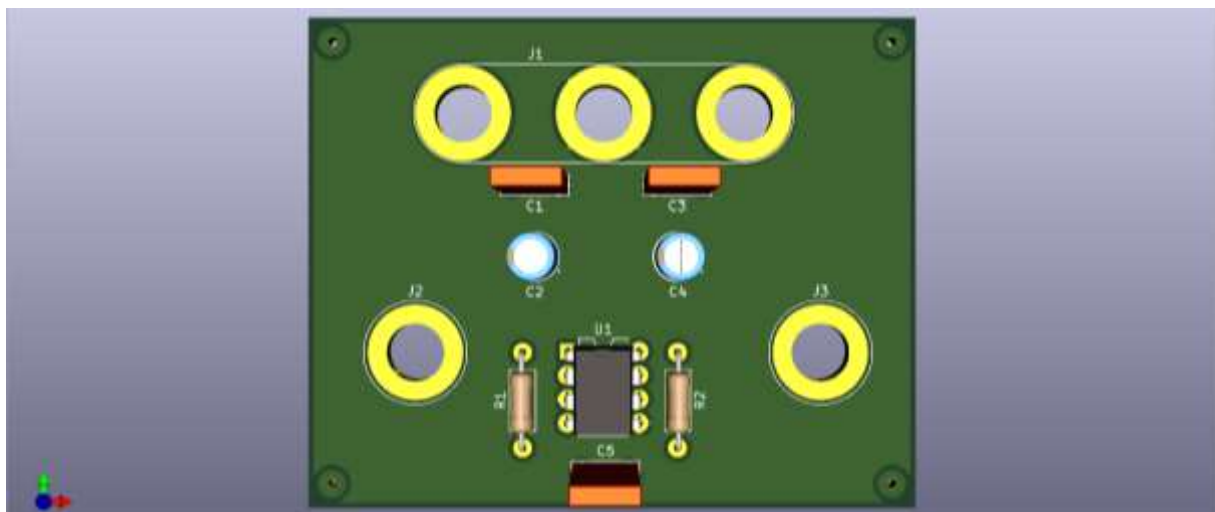




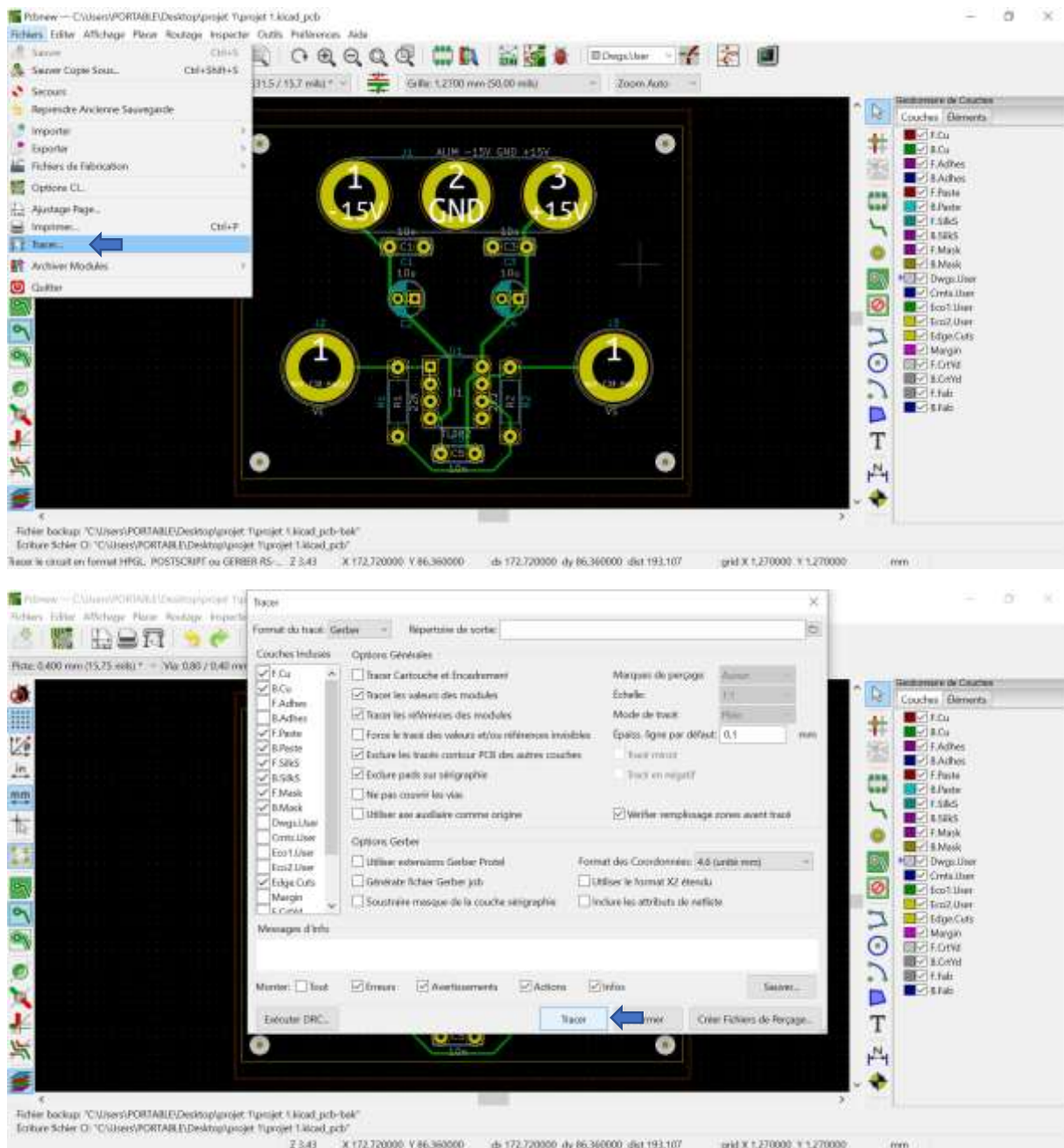
Après avoir modifié les pads, il faut renouveler le remplissage des plans de masse.

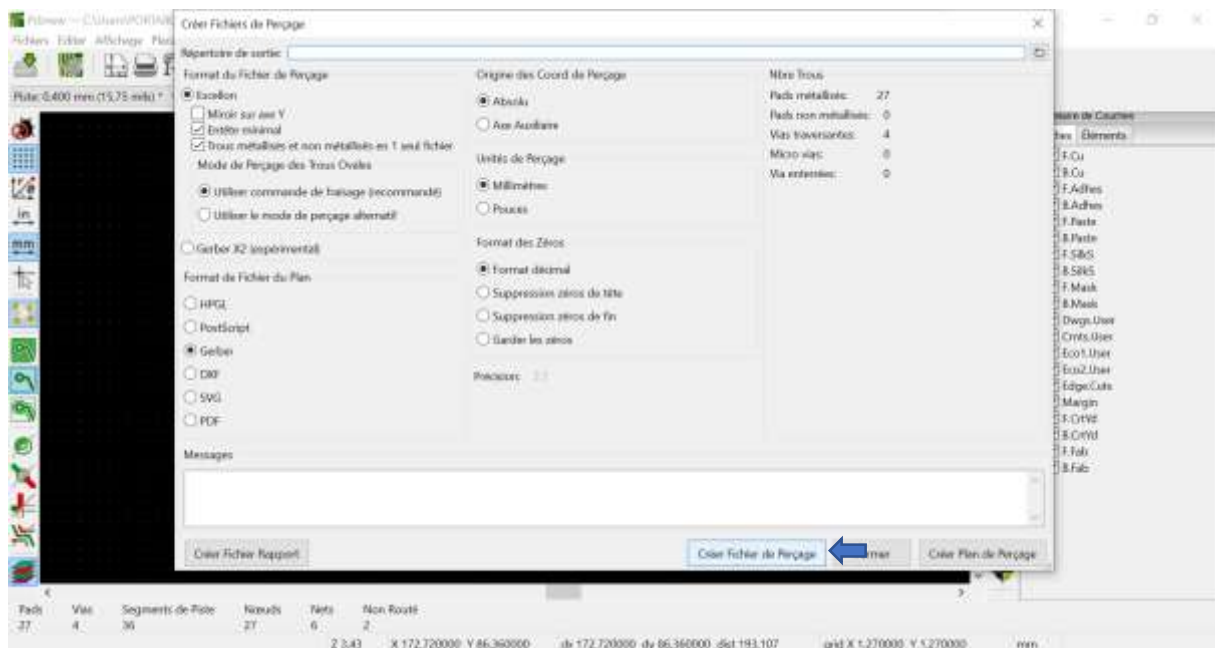


Produit final :

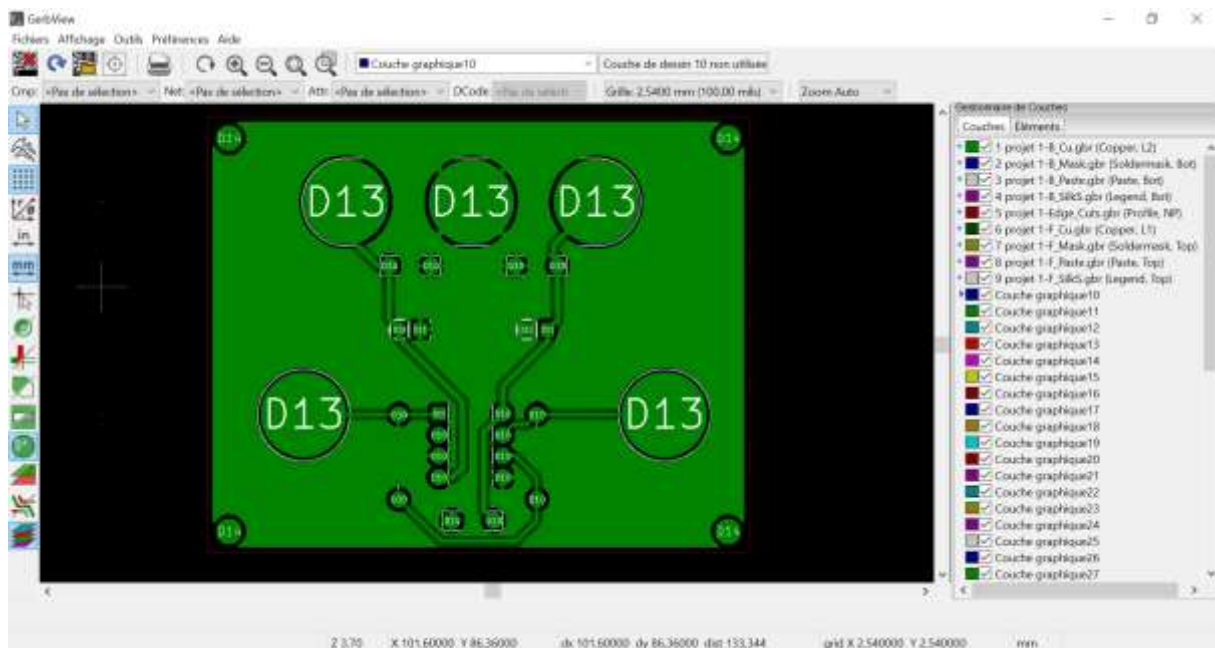


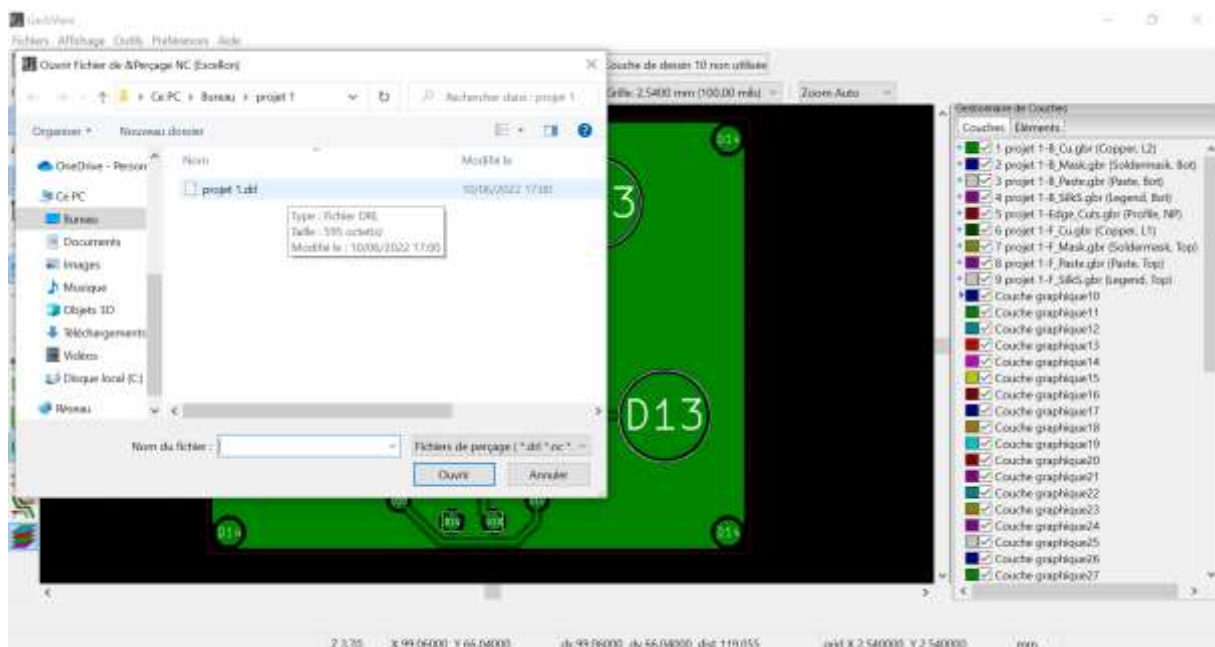
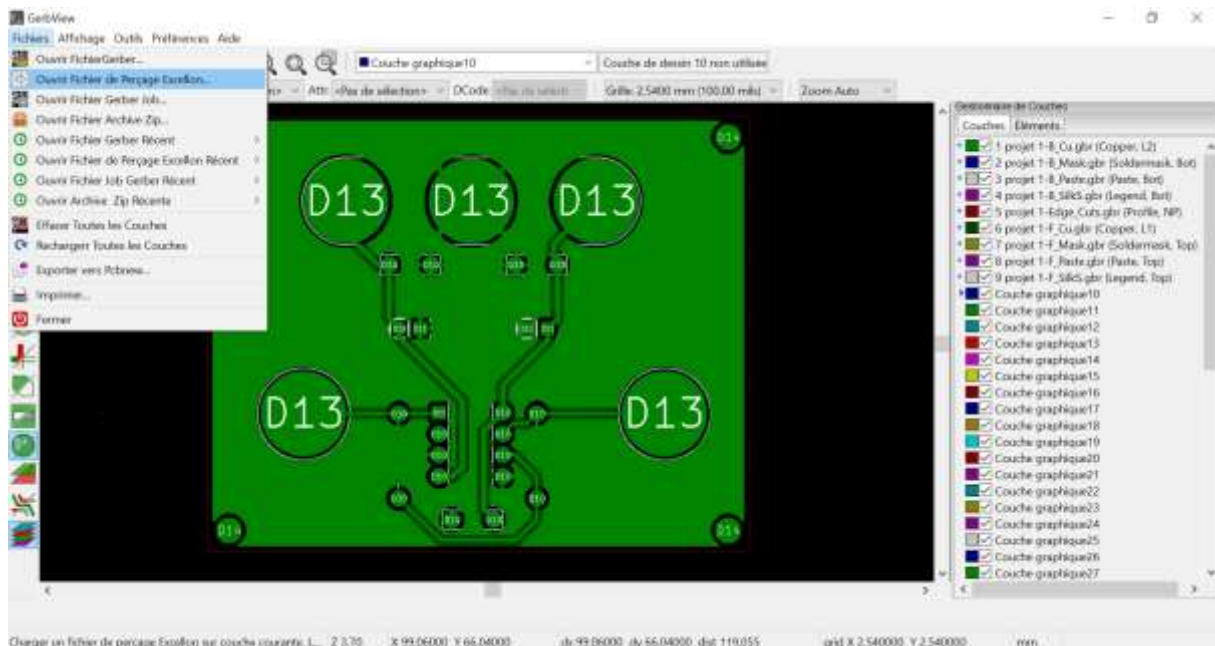
12- Génération des fichiers de fabrication et de perçage :

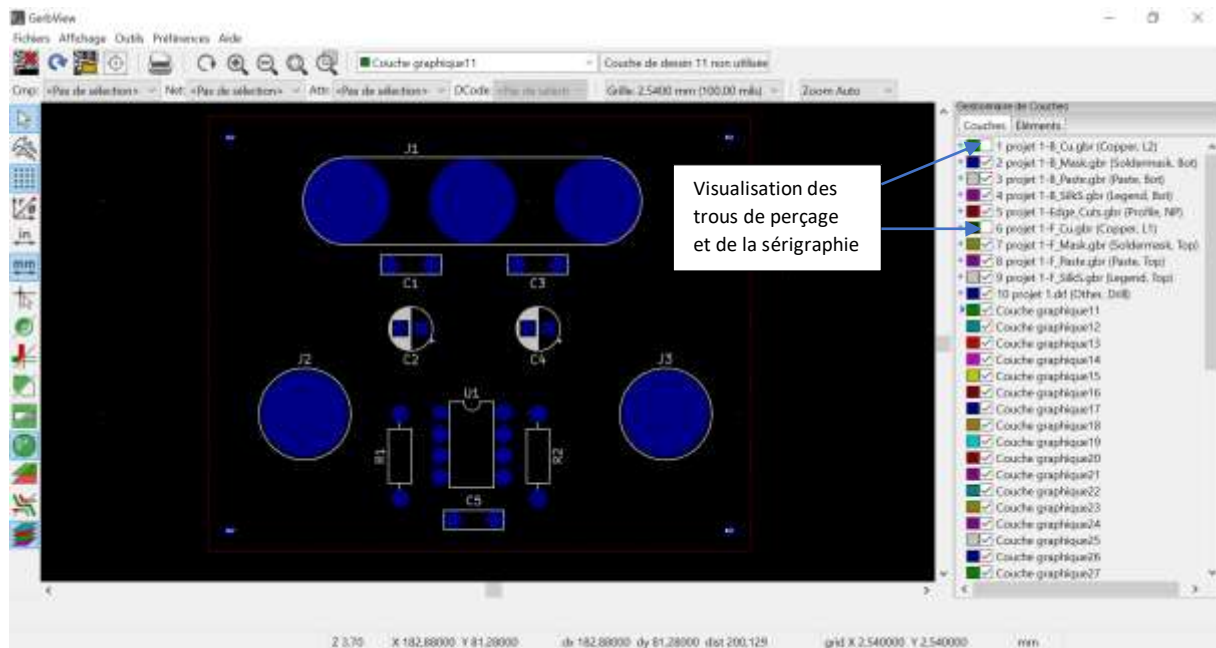




13- Vérification finale de la carte sur Gerbview :







Votre carte est maintenant prête à être envoyée pour fabrication.