

Tutoriel KiCad (v7.0)



Fabien Parrain – Lucas Depreux
IUT de Cachan, Département GEI12

Version 2, octobre 2023 (édité par Lucas Depreux)

Table des matières

Préambule	4
Créer votre premier circuit imprimé	4
Création d'un projet	4
Intégration de "LibGamelGe2_v6" au sein de votre projet	6
Saisie du schéma électrique de la carte à réaliser	8
Ajout d'un composant au schéma.....	9
Paramètres d'un composant	10
Réalisation des connexions électriques	11
Ajout d'un symbole d'alimentation au schéma	11
Ajout d'un net local au schéma	11
Vérifier son schéma (vérification de règles électriques).....	12
Remarques à propos de la manipulation des composants/connexions	12
Exemple de schéma.....	12
Réalisation du typon.....	13
Avant tout, définissons quelques termes et voyons quelques règles de conception	14
Couches employées dans KiCad	16
Importation de la netlist et des composants du schéma vers le PCB	16
Déplacer les composants, choix de la face sur laquelle ils sont placés	16
Largeurs de piste prédéfinies par l'utilisateur	17
Réglage des règles de routage suivant les nets	18
Routage de la carte	18
Définir les contours extérieurs de la carte	19
Ajout des plans de masse	19
Vérification finale :	20
Visualisation 3D	20
Création des fichiers de fabrication (fichiers Gerber).....	20
Fichiers Gerber des couches physiques	21
Fichier Gerber de perçage	21
Digression à propos de la sauvegarde ou du transfert d'un projet KiCad	22

Préambule

Développé initialement en 1992 à l'IUT de Grenoble par Jean-Pierre Charras, KiCad est un logiciel libre "open source" de conception de cartes électroniques (*Electronic Design Automation - EDA*). Il permet de saisir des schémas, de réaliser les dessins des circuits imprimés (*Printed Circuit Board – PCB*, appelé également "typon" ou plus simplement "carte") correspondants et de produire les fichiers de fabrication (fichiers *gerber*) en vue de leur réalisation.

KiCad est distribué sous licence GPL (*GNU General Public License*) et est donc totalement gratuit et libre d'usage. Il est de plus disponible pour la plupart des OS (Windows, macOS, Linux). Ce logiciel, maintenu par le CERN, est téléchargeable à l'adresse suivante :

<https://www.kicad.org/>

Le but de ce tutoriel n'est pas de présenter de manière exhaustive 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 en simple en double face. 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/>

Tout ce qui suit a été testé avec KiCad version 7.0 dans un environnement Windows 10. Des différences peuvent apparaître en fonction des versions et des OS.

Créer votre premier circuit imprimé

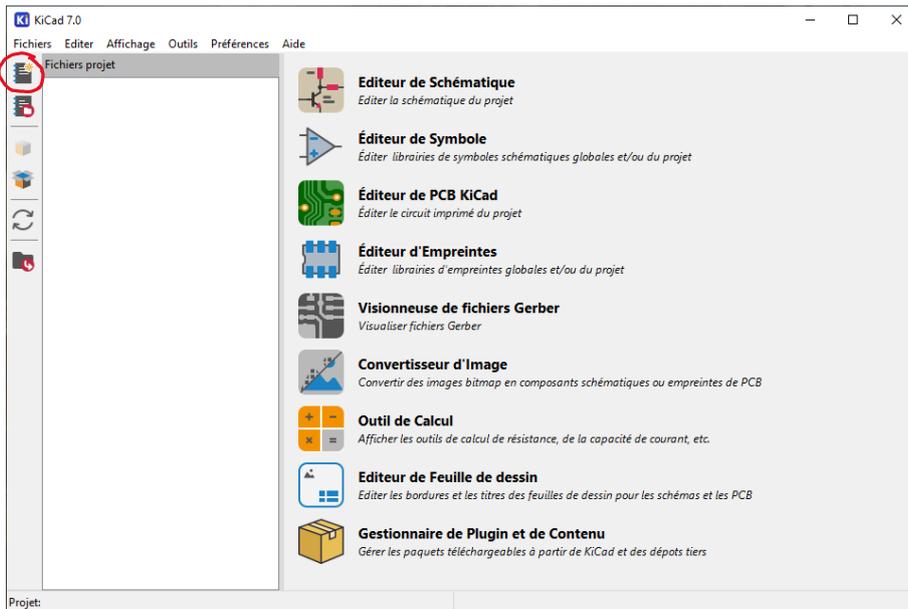
Comme la majorité des logiciels CAO (Création Assistée par Ordinateur), KiCad fonctionne par l'intermédiaire de **projets**. Un projet est en fait un ensemble de fichiers, généralement regroupés au sein d'un même répertoire de travail, nécessaires pour mener à bien la conception de votre circuit imprimé et interdépendants les uns aux autres. Ainsi, **il est impératif de toujours éditer vos fichiers (typons, schémas ...) via le gestionnaire de projet intégré à KiCad** afin que les liens entre ces fichiers soient correctement actualisés. De même, 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 le réseau ou des clés USB afin de minimiser les temps d'accès en lecture/écriture.

Création d'un projet

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)**.

1. Lancer le logiciel KiCad. Dans un environnement Windows, exécuter *kicad.exe*. Le gestionnaire de projet KiCad devrait apparaître comme montré ci-dessous. Par défaut, le dernier projet ouvert le sera.

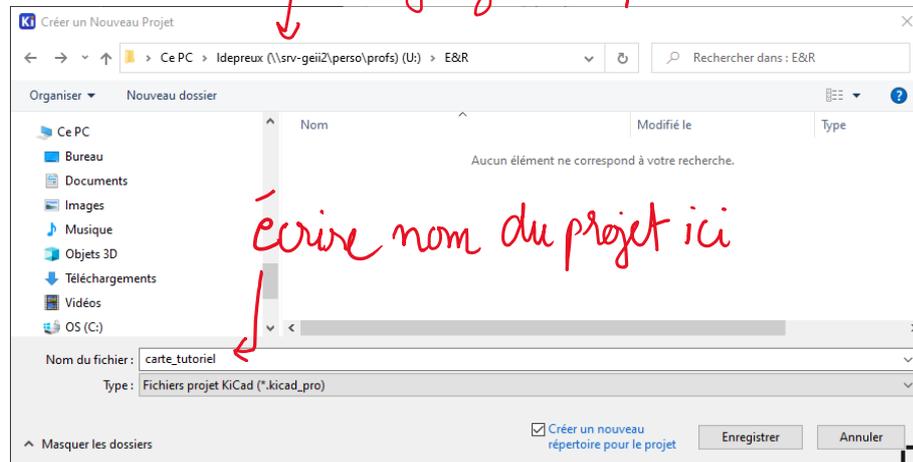
Nouveau projet →



2. Pour créer votre projet, placez-vous d'abord dans votre répertoire personnel dont le nom de partition est **U:**, créez dans ce répertoire un dossier que vous nommerez *sobrement* « E&R », ensuite placez-vous dans ce répertoire et créez un nouveau projet : **Fichiers** → **Nouveau** → **Projet...**

Vous pouvez également directement cliquer sur l'icône  présente dans le ruban supérieur de la fenêtre.

vérifiez l'emplacement !



Après cette étape, votre projet (ici "carte_tutoriel") a été créé. Vous devez avoir à l'emplacement sélectionné un répertoire ayant le même nom que votre projet comportant trois fichiers dans l'ordre :

- Un fichier avec l'extension ".kicad_pcb" qui est le typon de votre carte.
- Un fichier avec l'extension ".pro" comportant les différentes informations propres à votre projet
- Un fichier avec l'extension ".sch" qui est le schéma de votre carte.

 carte_tutoriel	28/09/2023 13:24	KiCad Board 7.0
 carte_tutoriel	14/08/2023 02:32	KiCad Project 7.0
 carte_tutoriel	28/09/2023 13:24	KiCad Schematic 7...

Intégration de "LibGamelGe2_v6" au sein de votre projet

Par défaut, KiCad dispose de nombreuses librairies de symboles et d'empreintes (*footprints*) de composants qui couvrent la majorité des besoins. Néanmoins, trouver les bons composants est quelques fois ardu et c'est pour cela qu'une bibliothèque, nommée "LibGamelGe2_v6", et comprenant les composants utilisés lors des séances d'E&R a été créée. Il est important de noter que cette bibliothèque est en fait composée de deux bibliothèques distinctes :

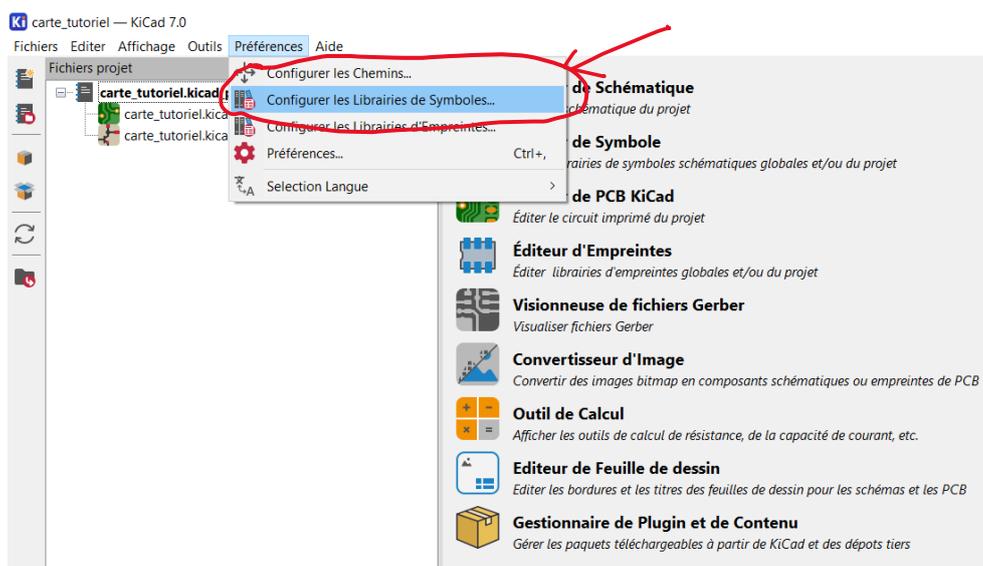
- "SymbGamelGe2_v6.kicad_sym" qui comporte les symboles des composants.
- "FootprintGamelGe2_v6.pretty" qui comporte les empreintes et les modèles 3D des composants.

Afin d'utiliser ces bibliothèques, il convient de copier différents fichiers et de définir leur chemin d'accès lors de l'étape de création de votre projet dans KiCad **avant toutes autres actions**. Les étapes nécessaires sont les suivantes :

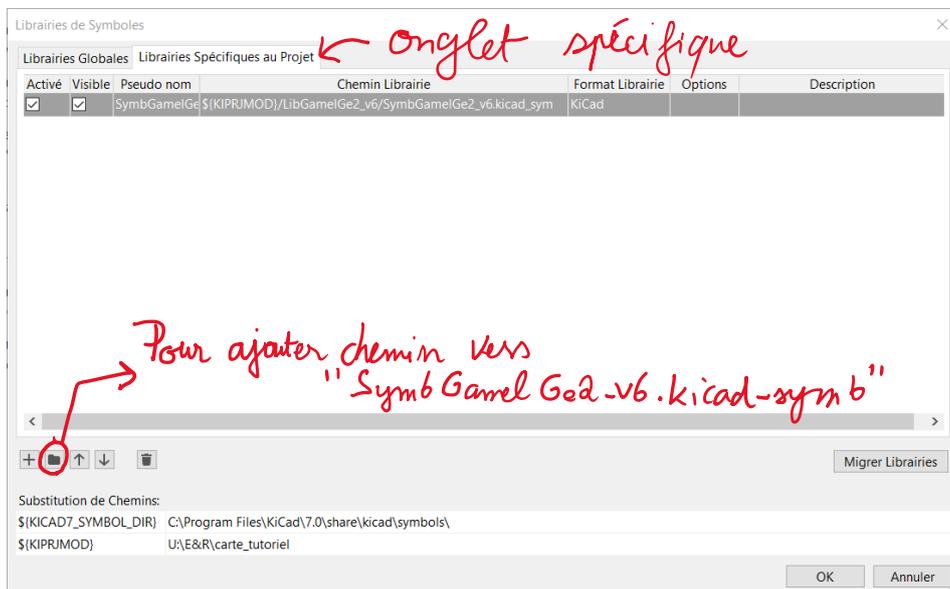
1. Copier le répertoire "LibGamelGe2_v6" dans le répertoire de votre projet nouvellement créé. Le répertoire "LibGamelGe2_v6" est disponible sur le réseau interne de l'IUT et sur <https://profge2.iut-cachan.u-psud.fr/>. Normalement votre répertoire projet devrait maintenant contenir les fichiers suivant à l'intérieur ; **prenez le temps de vérifier !**

 LibGamelGe2_v6	20/10/2023 11:38	Dossier de fichiers	
 carte_tutoriel	20/10/2023 11:37	KiCad Board 7.0	1 Ko
 carte_tutoriel	14/08/2023 02:32	KiCad Project 7.0	2 Ko
 carte_tutoriel	20/10/2023 11:37	KiCad Schematic 7...	1 Ko

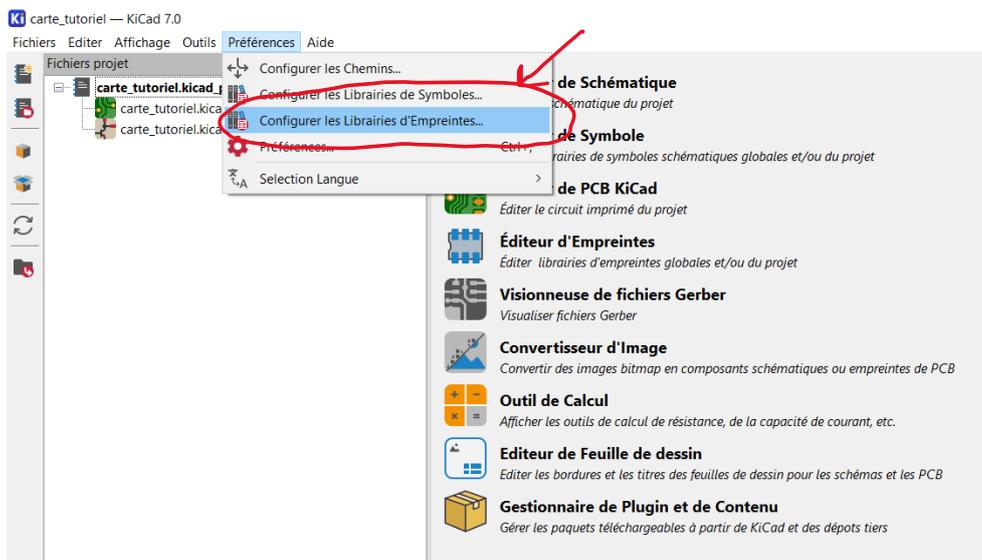
2. Indiquer le chemin d'accès aux symboles : *Préférences* → *Configurer les Librairies de symboles ...*



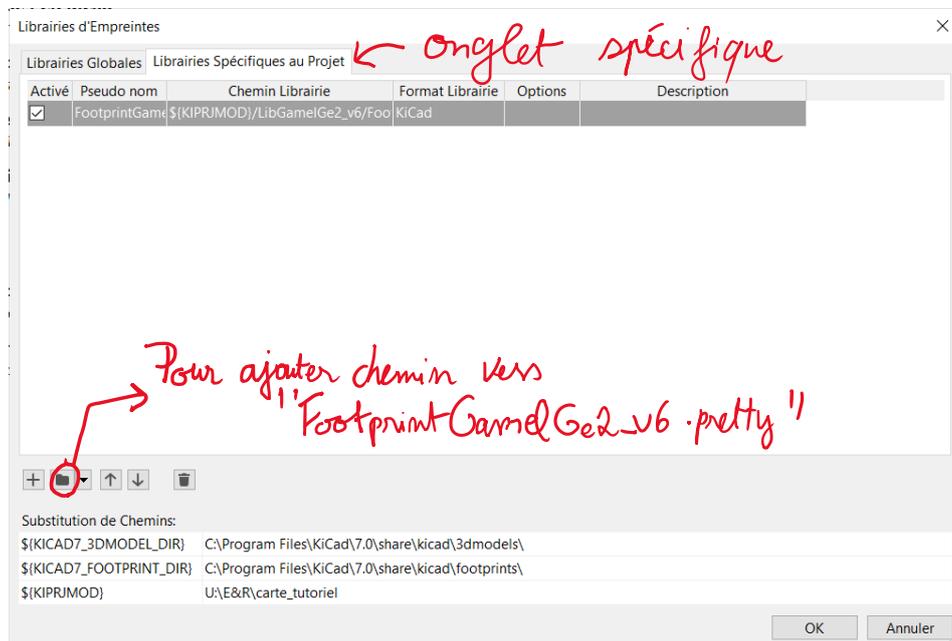
3. Dans l'onglet "Librairies Spécifiques au Projet", ajoutez le chemin vers le fichier "SymbGamelGe2_v6.kicad_sym" présent dans le répertoire "LibGamelGe2_v6" que vous avez précédemment copié dans le répertoire projet.



4. Indiquer le chemin d'accès aux empreintes (footprint) : *Préférences* → *Configurer les Librairies d'Empreintes ...*



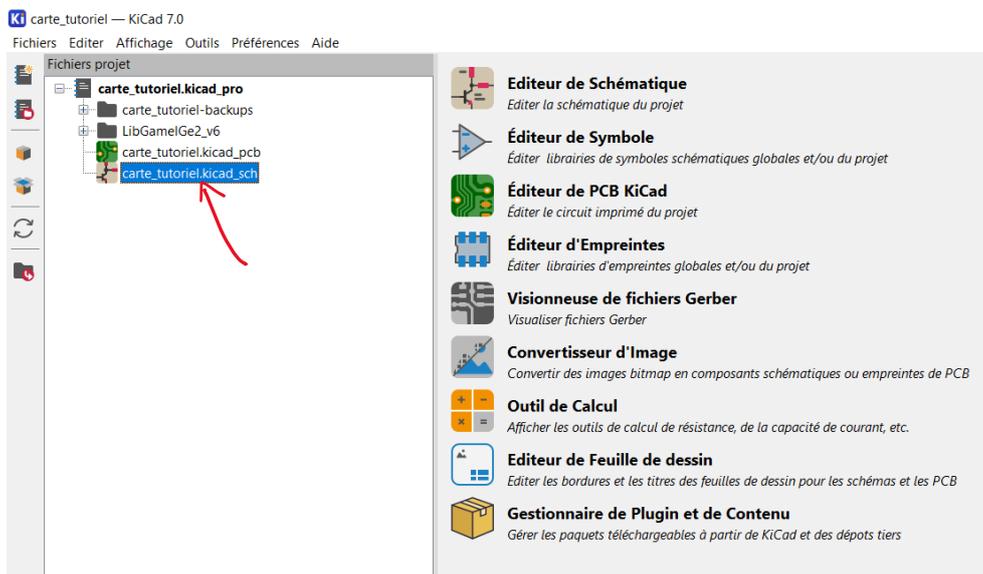
- Dans l'onglet "Librairies Spécifiques au Projet", ajoutez le chemin vers le répertoire "FootprintGamelGe2_v6.pretty" présent dans le répertoire "LibGamelGe2_v6".



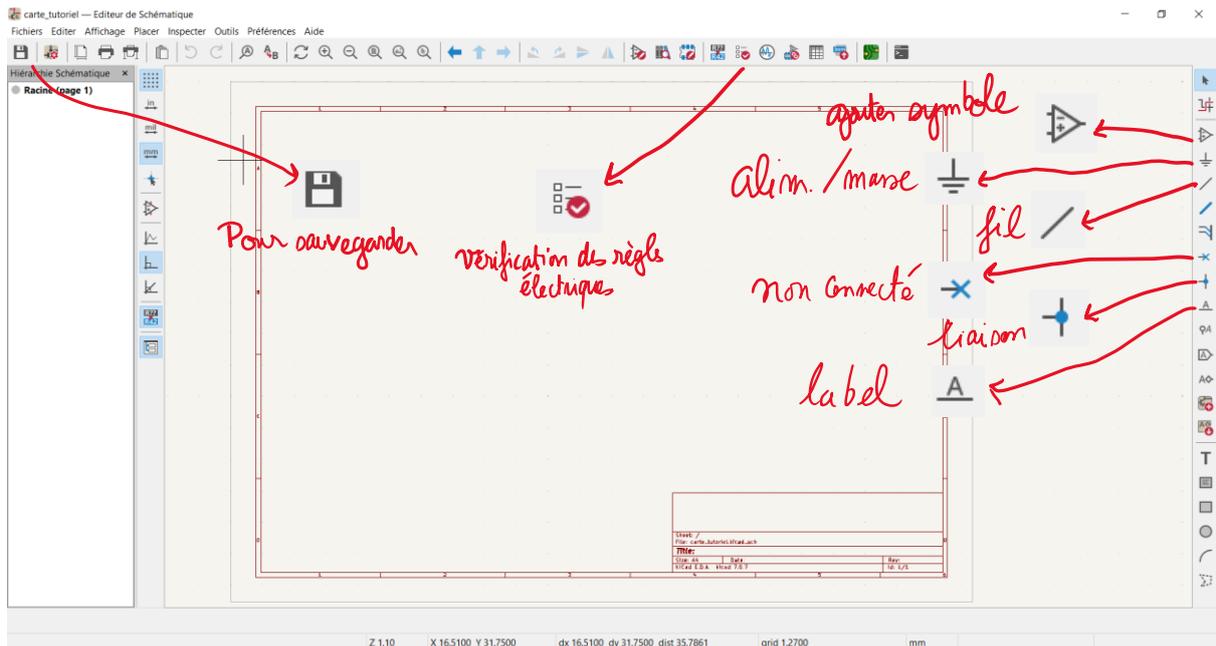
A partir de maintenant, afin de saisir le schéma de votre carte, les symboles des composants sont disponibles dans la bibliothèque "SymbGamelGe2_v6". Pour chaque symbole, une empreinte, issue dans la bibliothèque "FootprintGamelGe2_v6" est attribuée par défaut mais vous pouvez la changer pour une autre pour l'adapter à la taille réelle du composant : ceci est notamment le cas pour les condensateurs où leur gabarit varie en fonction du fabricant, de leur capacité et de leur tension de travail.

Saisie du schéma électrique de la carte à réaliser

Afin de réaliser la saisie du schéma de votre carte, il suffit d'ouvrir celui-ci (encore vide) via le gestionnaire du projet et **surtout pas dans le gestionnaire de fichiers de Windows !**

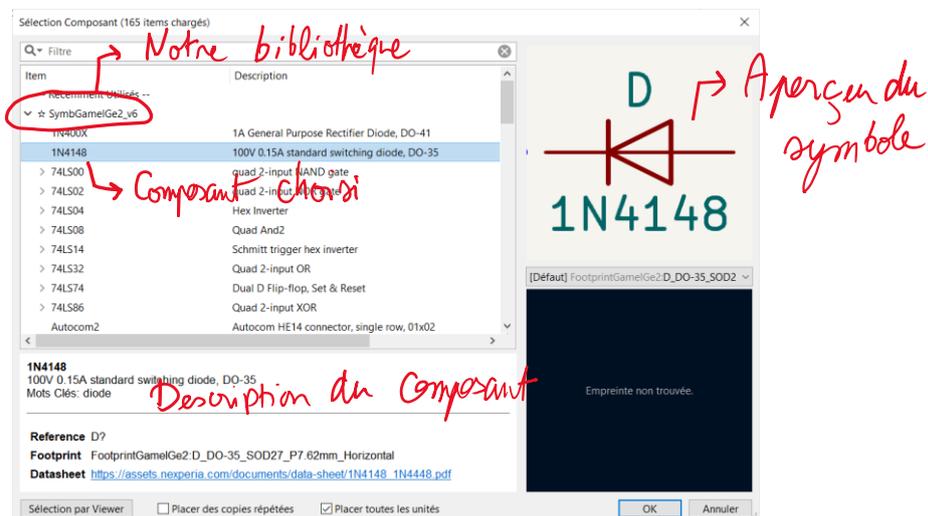


La saisie du schéma se fait grâce au module "Editeur de Schématique" dont le rôle des icones les plus utiles est donné ci-dessous :



Ajout d'un composant au schéma

Afin d'ajouter un symbole, c'est-à-dire, un composant à votre schéma, il suffit de cliquer sur l'icône  (raccourci **A**). Après avoir cliqué à l'endroit où placer le symbole, une boîte de dialogue permettant de sélectionner le composant voulu s'ouvre. On vous rappelle, que les composants créés pour vous sont disponibles dans la bibliothèque "SymbGamelGe2_v6" !



Notez qu'avant de placer définitivement le composant, vous avez la possibilité de le faire tourner par pas de 90° (raccourci **R**) mais également des opérations miroir suivant l'axe horizontal (raccourci **X**) ou l'axe vertical (raccourci **Y**).

Pour placer le composant vous cliquez dans votre schéma là où voulez placer le composant. Vous pouvez à tout moment le déplacer en glissant avec la souris.

Paramètres d'un composant

Les composants possèdent différents paramètres qui sont modifiables en double-cliquant sur le symbole (ou en utilisant le raccourci **E** une fois le symbole sélectionné). Les paramètres ou champs les plus usuels sont les suivants :

- **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 (en Ohm pour les résistances et en Farad pour les condensateurs) 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

Notez que le préfixe milli (m) n'est jamais employé pour éviter la confusion avec le préfixe méga (M). Notez que pour la diode que l'on a choisie, la valeur est déjà donnée : 1N400X.

- **Champ "Empreinte"** : empreinte associée au composant et qui sera employées 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 lettre majuscule suivie d'un chiffre. Les lettres généralement employées sont :

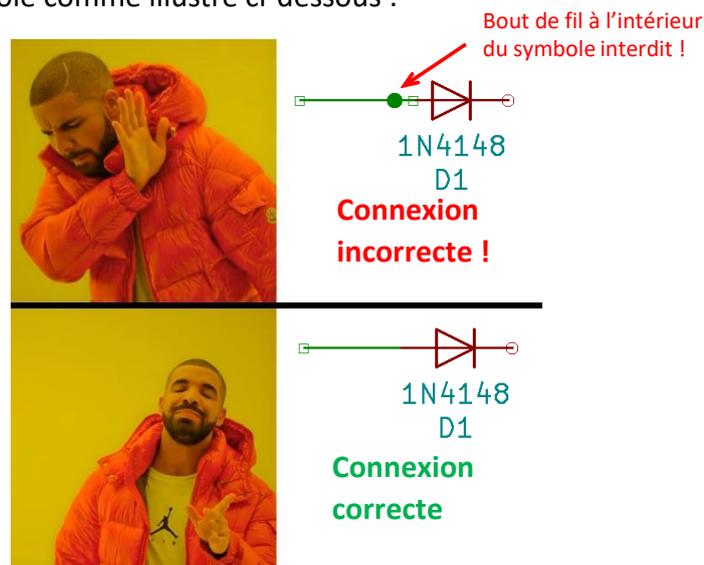
Composants	Première lettre de la référence
Résistances	R
Condensateurs	C
Circuits intégrés/Capteurs	U
Diodes	D
Transistors	Q
Connecteurs	J
Interrupteurs	SW
Fusibles	F

Lors de l'ajout d'un nouveau composant, sa référence se termine par défaut par un point d'interrogation. C'est à l'utilisateur de le remplacer par un chiffre à sa convenance bien qu'il soit possible de laisser KiCad le faire de manière automatique (*Outils* → *Annotation de la Schématique...*).

Réalisation des connexions électriques

Afin de réaliser les connexions électriques entre les composants, vous pouvez ajouter des fils avec l'icône  (raccourci **W**) et rajouter les liaisons au niveau des croisements avec l'icône  (raccourci **J**). Dans certains cas, vous serez amenés à laisser des bornes de composants flottantes : ce cas est ambigu car il laisse à penser que des connexions ont été oubliées. Dans ce cas, pour lever l'ambiguïté, vous pouvez placer des marqueurs de non-connexion avec l'icône  (raccourci **Q**).

Il est important d'insister sur la marche à suivre afin de réaliser des connexions électriques "propres" au niveau des composants. La connexion doit être faite à l'extrémité de la borne et non à l'intérieur du symbole comme illustré ci-dessous :



Ajout d'un symbole d'alimentation au schéma

Afin d'ajouter un symbole d'alimentation (rails d'alimentation positive ou négative, masse ...) et donc de rendre votre schéma plus lisible en minimisant les fils, il convient de cliquer sur l'icône  (raccourci **P**). 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 d'usage 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 !

Ajout d'un net local au schéma

Afin d'ajouter un label à un fil (en fait, changer son net local), il convient de cliquer sur l'icône  (raccourci **L**). Cette fonctionnalité est très utile au sein d'un schéma car elle permet de limiter le nombre de fils et donc d'améliorer la lisibilité. Comme toujours, essayez de donner des noms explicites !

Vérifier son schéma (vérification de règles électriques)

Une fois votre schéma terminé, vous pouvez vérifier que toutes les règles électriques sont respectées (pas de connexions flottantes, pas de composants ayant la même référence, pas de nets court-circuités ...). Pour réaliser ceci, cliquez sur l'icône  pour lancer une boîte de dialogue où seront listés les erreurs et les 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 identifiés dans le schéma par l'intermédiaire de flèches où il est possible de savoir la raison en double-cliquant dessus.

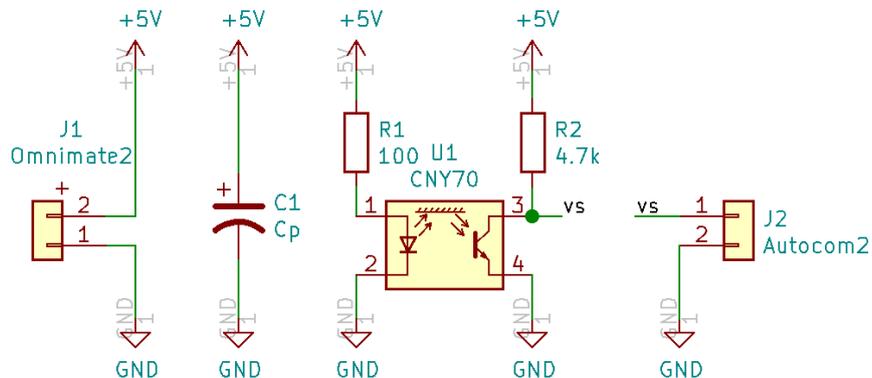
Remarques à propos de la manipulation des composants/connexions

Comme c'est le cas dans la plupart des logiciels, 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.

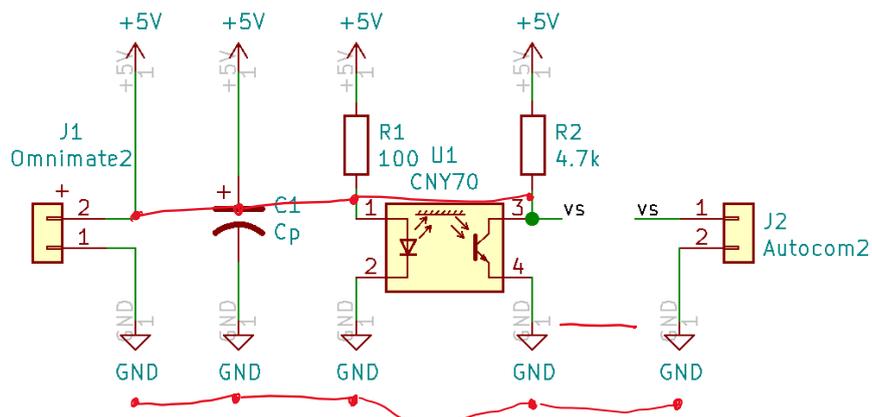
Sélectionner et déplacer un composant (ou un groupe de composants/connexions) en maintenant la touche **Ctrl** appuyée permet d'étirer les connexions. Le faire en maintenant la touche **Shift**, permet de dupliquer la sélection.

Exemple de schéma

A titre d'exemple, voici ci-dessous un schéma d'un petit circuit, alimenté sous une tension de 5 V, permettant de tester un capteur CNY70 polarisé via une résistance de pull-up. Notez les symboles de masse et d'alimentation alignés horizontalement au même niveau.



Notez que tous les fils reliés à +5V sont au même potentiel, et de même pour les fils reliés à GND (GND=ground=référence de potentiel). De plus, notez qu'à droite on a labelisé (raccourci **L**) le fil sortant de la pin 3 du CNY70 et du fil allant vers la pin 1 de l'Autocom2 au nom de vs ;

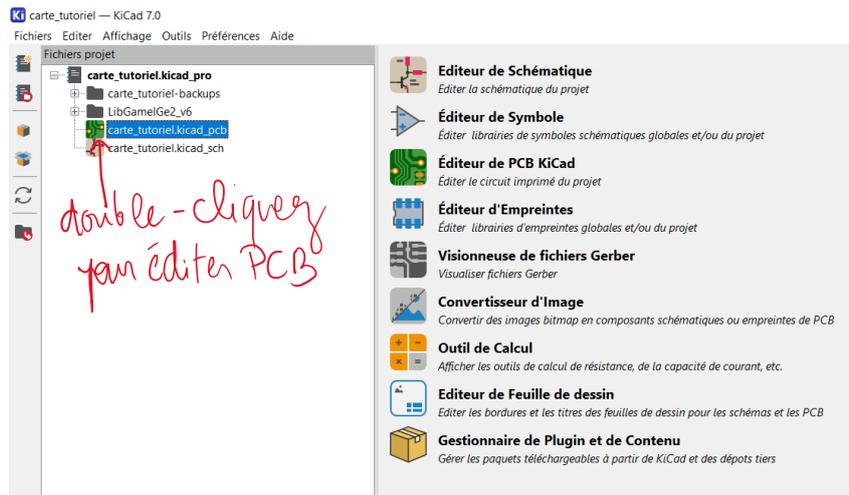


ceci a aussi pour conséquence de les relier au même potentiel. Ainsi on pourrait tracer le schéma équivalent :

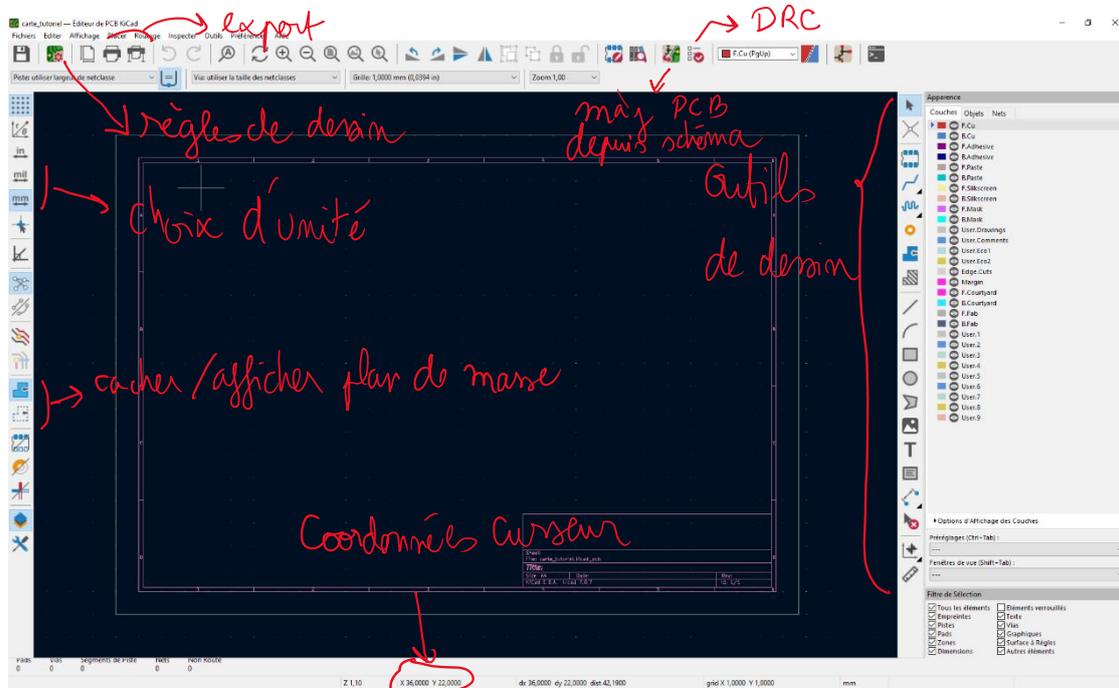
Ceci nous permet de faire des schémas plus légers, et plus lisibles !

Réalisation du typon (PCB)

Une fois le schéma de la carte réalisé et vérifié, pour réaliser le typon, il suffit d'ouvrir celui-ci (qui reste à faire ...) via le gestionnaire du projet. Là encore, **surtout pas dans le gestionnaire de fichiers de Windows** ! Vous pouvez aussi depuis l'Editeur de Schématique appuyer sur l'icône  située en haut à droite.



La saisie du schéma se fait grâce au module "Editeur de PCB" dont le rôle des icones les plus utiles est donné ci-dessous :



Voici une liste des icônes à connaître : route piste  (raccourci utile ) , ajouter un via  , ajouter un plan de masse  , tracer une ligne  , tracer un rectangle  , ajouter du texte  ,

ajouter une cote  , mesurer une distance  , éditer les règles de dessin (épaisseur piste, isolation, équipotentielles...)  , mise à jour du PCB via le dessin (raccourci utile F8)  , vérification des règles de dessin (DRC)  , et enfin évidemment l'icône pour sauvegarder  (raccourci utile Ctrl+S)

Avant tout, définissons quelques termes et voyons quelques règles de conception ...

A l'IUT, les circuits imprimés sont réalisés grâce à des fraiseuses numériques. Dans les grandes lignes, ce principe de fabrication se base sur l'emploi d'une plaque d'époxy-verre FR4 (généralement de 1,6 mm d'épaisseur), initialement totalement recouverte sur ces deux faces (cas des circuits double couche) de deux films de cuivre de 35 µm d'épaisseur. Les pistes et pastilles sont alors formées sur ses deux faces par élimination du cuivre par fraisage à la fraise carbure. Outre son coût de revient relativement bas et sa simplicité, le principal intérêt de ce procédé est de se dispenser de l'emploi de produits chimiques qui peut se révéler problématique (stockage, recyclage, émanation des gaz dangereux ...).

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

- ***Largeur de piste minimale***

Même si le cuivre est un très bon conducteur (faible résistivité), 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 comme les nôtres, 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 minimal 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. Dans nos cas où on reste à de 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. Les fraiseuses numériques employées ne disposent que d'un nombre limité de foret limitant le nombre de diamètres possibles. Ainsi les **diamètres de perçage autorisés pour les composants sont 0,8 mm, 1 mm, 1,2 mm et 1,5 mm**.

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). Dans ce cas, le trou est réalisé à la fraise par tourbillonnage et ne nécessite donc pas de foret du bon diamètre.

- **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 :



On veillera également à **ne jamais faire de piste bouclée sur elle-même** afin de limiter les problèmes de CEM (Compatibilité Electro-Magnétique !

- **Niveau de connexion électrique pour les composants**

Dans le cas d'une carte double couche, sans trou métallisé (notre cas), on peut s'interroger sur la couche à employer afin de connecter électriquement la pastille liée à la broche d'un composant : couche du dessus ou du dessous ? Gardez toujours à l'esprit qu'il faut penser à la manière dont vous allez effectuer la soudure et donc la connexion ! Pour être pragmatique, dans l'hypothèse où les composants sont sur la couche supérieure de la carte, **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. Une fois un morceau de fil monobrin (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.**

On veillera à ne pas placer les vias trop près des composants afin de permettre une soudure aisée. De même, **on limitera autant que possible leur utilisation en essayant d'utiliser les pattes des résistances et diodes THT qui peuvent remplir le même rôle !**

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 et nous n'allons pas les présenter ici de manière exhaustive. 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.

Nom	Type	Rôle
F.Cu	Matérielle	Cuivre niveau supérieur de la carte
B.Cu	Matérielle	Cuivre niveau inférieur de la carte
F.SilkS	Matérielle	Sérigraphie niveau supérieur (non présente dans le cas de cartes réalisées à la fraiseuse)
B.SilkS	Matérielle	Sérigraphie niveau inférieur (non présent dans le cas de cartes réalisées à la fraiseuse)
F.Mask	Matérielle	Ouverture dans le vernis épargne niveau supérieur (non présent dans le cas de cartes réalisées à la fraiseuse)
B.Mask	Matérielle	Ouverture dans le vernis épargne niveau inférieur (non présent dans le cas de cartes réalisées à la fraiseuse)
Eco1.User	Matérielle	Texte dans le plan de masse niveau supérieur
Eco2.User	Matérielle	Texte dans le plan de masse niveau inférieur . Penser à activer l'option "Miroir" pour que le texte soit lisible !
Edge.Cuts	Matérielle	Permet de déterminer les limites de la carte
F.CrtYd	Logicielle	Zone d'occupation du composant niveau supérieur
B.CrtYd	Logicielle	Zone d'occupation du composant niveau inférieur
F.Fab	Logicielle	Couche d'informations, niveau supérieur
B.Fab	Logicielle	Couche d'informations, niveau inférieur

Note : Les couches "Eco1.User" et "Eco2.User" n'ont pas de rôle prédéfini dans KiCad. Elles ont été choisies à l'IUT pour fraiser le texte dans les plans de masse de chaque face.

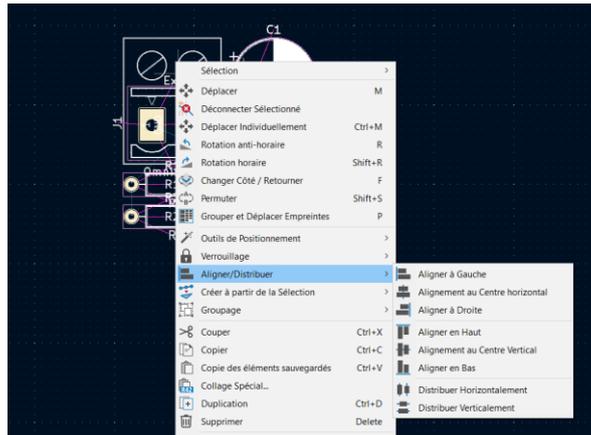
Importation de la netlist et des composants du schéma vers le PCB

Avant de réaliser le routage, il convient d'importer les composants et les informations à propos des connexions à faire (le chevelu ... c'est son nom ...) du schéma vers le PCB. Ceci se réalise en cliquant sur l'icône  (raccourci F8).

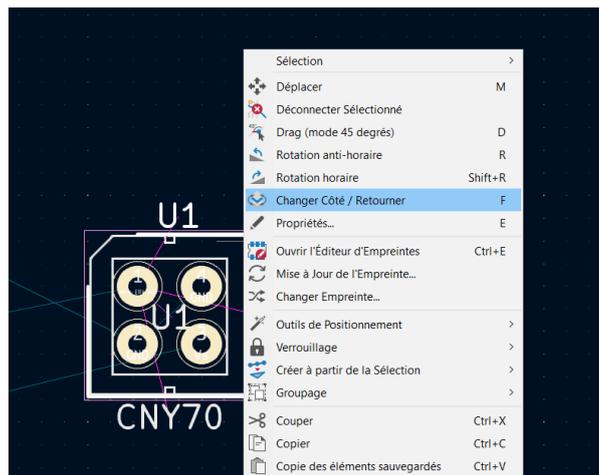
A ce niveau, si vous vous rendez compte que l'empreinte d'un composant ne vous convient pas (empreinte de condensateur trop petite ou trop grande ...), le plus simple est de modifier l'empreinte du dit composant **dans le schéma**, l'effacer dans le PCB et relancer une importation : KiCad analysera le PCB, détectera le composant manquant et le réimportera avec les bons paramètres.

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

Une fois importés, les composants sont déplaçables avec la souris. Il est possible de les tourner par pas de 90° en cliquant sur la touche R. 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  comme illustré ici :



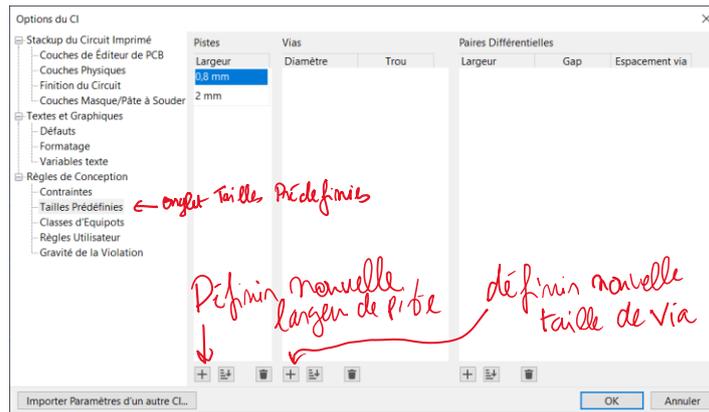
Par défaut, les composants sont positionnés sur la face supérieure (« F »). Pour changer de face (comme c'est le cas pour les capteurs CNY70), il suffit d'éditer les propriétés du composant (double-clique sur le composant ou raccourci E une fois sélectionné) et de changer le "Côté.". Sinon, plus simplement, vous pouvez effectuer un clic droit sur le composant et cliquer sur « Changer de côté/ Retourner » ou appuyer sur le raccourci **F** comme montré ici :



Dans le cas où il est nécessaire de placer avec précision des composants (comme c'est là aussi le cas pour les capteurs CNY70), il est possible de mesurer des distances grâce à l'icône  (raccourci **Ctrl+Shift+M**) et de placer des cotes grâce à l'icône  (raccourci **Ctrl+Shift+H**).

Largeurs de piste prédéfinies par l'utilisateur

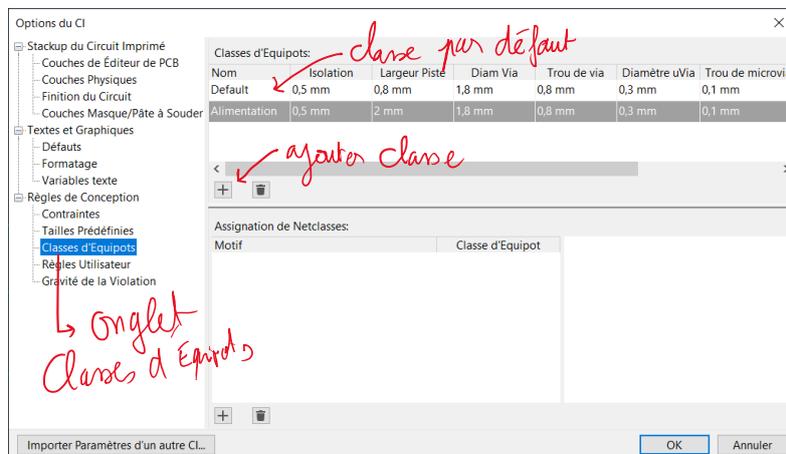
Lors du routage, vous pouvez changer à tout moment la largeur de la piste ainsi que la taille des vias parmi une liste de choix préétablis. Pour accéder à la section permettant de définir ceci, cliquez sur l'icône  puis allez dans l'onglet "Tailles Prédefinies".



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" (lire "classes d'équipotentiel").

Dans KiCad, une classe d'équipotentiel 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. Pour attribuer une classe de Net, il faut « Ajouter une classe directive de net » sur les fils concernés dans l'Editeur de Schématique (icône située juste à côté de « Label »).



Routage de la carte

Le routage de la carte proprement dit est réalisé en tirant des pistes (icône , raccourci ) 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 (traits bleus) vous indique les connexions qui restent à faire : le routage est dit interactif.

Durant le routage, un appui sur la barre d'espace permet de remettre à zéro les coordonnées relatives (dx et dy) 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 la largeur de la piste suivant les valeurs qui ont été prédéfinies par l'utilisateur en appuyant sur **W** (largeur suivante dans la liste) ou **Shift+W** (largeur précédente).

Un appui sur la touche **Ctrl+Shift+V** vous permet de placer un via : le changement de couche (de la couche inférieure vers la couche supérieure ou l'inverse) est alors automatique.

Définir les contours extérieurs de la carte

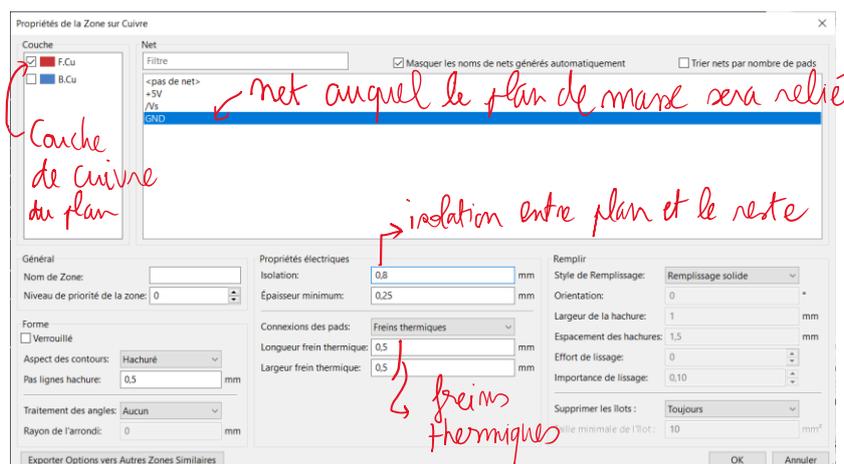
Pour définir les contours de votre carte, il suffit de le tracer en tirant des lignes (qui ne sont pas des pistes ! Icône  ou raccourci **Ctrl+Shift+L**) **après avoir sélectionné la couche "Edge.Cuts"** ! Noter qu'il est nécessaire de réaliser un contour fermé ! Vous pouvez utiliser aussi l'outil « Rectangle »  qui permet immédiatement de former un contour fermé rectangulaire.

Notez que pour cette opération, il peut être utile de sélectionner un pas de grille important (typiquement 1 mm ou plus).

Ajout des plans de masse

Une fois le routage effectué, il est nécessaire d'ajouter un plan de masse aussi bien sur la face inférieure que sur la face supérieure du circuit (cas d'une carte double face). Les raisons sont d'ordres électriques (CEM) et pratiques : les plans de masse limitent les boucles de masse, la diaphonie entre signaux et permettent de limiter le cuivre qui sera fraisé. Ainsi, le temps de réalisation est minimisé et la durée de vie des fraises augmentée.

Pour ajouter un plan de masse, après avoir sélectionnée la couche de cuivre voulue, cliquez sur l'icône  (raccourci **Ctrl+Shift+Z**). La boîte de dialogue suivante doit apparaître :



Après avoir réglé les paramètres voulus et appuyer 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).

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, cliquez sur l'icône . Ces deux icônes sont placées sur la gauche de la fenêtre.

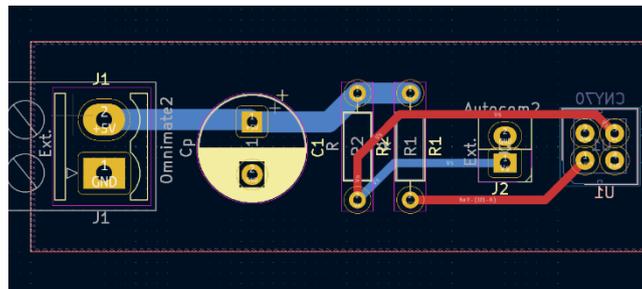
Important : **Après tout changement dans le routage, les plans de masse doivent être reconstruits**. Ceci est réalisé via le menu *Editer* → *Remplissage Toutes Zones* (raccourci **B**).

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 via l'icône . Cette opération est importante car elle permettra de vérifier, entre autres, si tous les nets ont bien été routés (pas de pistes oubliées, à vérifier dans l'onglet "Items non connectés").

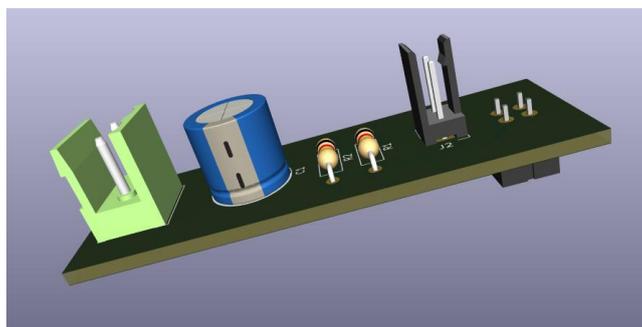
Allure d'une carte finalisée

A titre d'exemple, voici ci-dessous le PCB de la carte dont le schéma a été donné précédemment (ici les plans de masse sont cachés).



Visualisation 3D

Vous pouvez à tout moment obtenir un aperçu 3D de votre carte via le menu *Affichage* → *3D Visualiseur* (raccourci **Alt+3**). Voici ci-dessous la vue 3D de la carte dont le PCB a été donné précédemment :



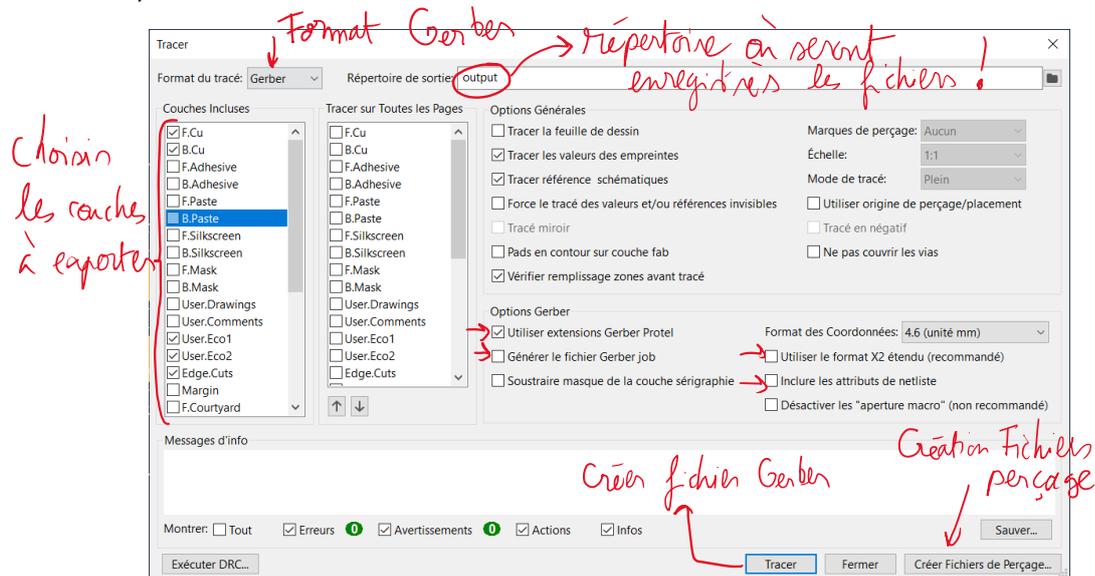
Notez que le capteur CNY70 employé est placé sur la face inférieure du circuit.

Création des fichiers de fabrication (fichiers Gerber)

Une fois le routage de la carte effectué et vérifié, la dernière étape consiste à créer les fichiers de fabrication qui seront utilisés par la fraiseuse numérique : un fichier Gerber différent sera créé pour chaque couche physique sans oublier le fichier définissant les perçages !

Fichiers Gerber des couches physiques

Pour créer les fichiers Gerber des couches physiques, cliquez sur l'icône  (menu *Fichiers* → *Tracer...*). La fenêtre suivante doit s'afficher :



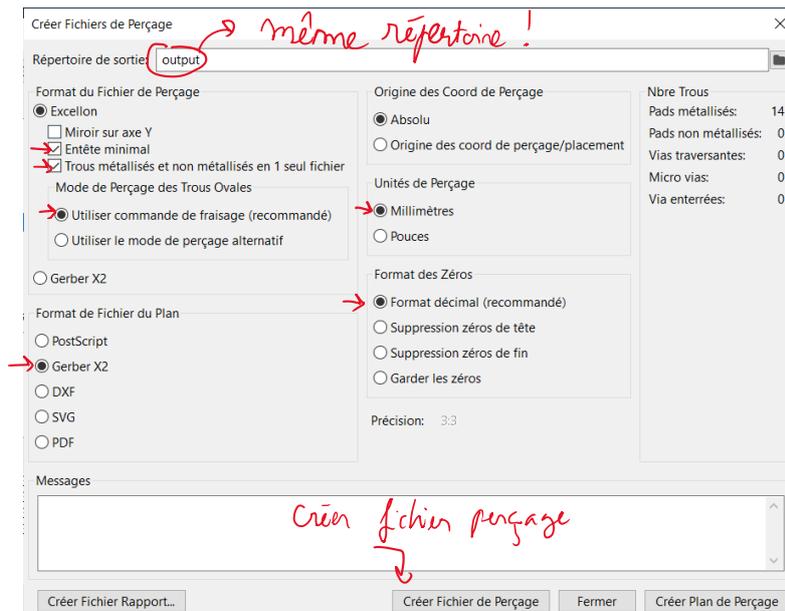
Dans cette fenêtre, indiquez le répertoire de sortie (ce répertoire sera créé au sein du répertoire de votre projet), sélectionner les options requises (format "Gerber", extensions "Gerber Protel" ...) et sélectionnez toutes les couches physiques nécessaires à la réalisation de votre carte. Pour rappel, dans le cas d'une carte double face, les couches nécessaires sont les suivantes :

Nom	Type	Rôle
F.Cu	Matérielle	Cuivre niveau supérieur de la carte
B.Cu	Matérielle	Cuivre niveau inférieur de la carte
Eco1.User	Matérielle	Texte dans le plan de masse niveau supérieur
Eco2.User	Matérielle	Texte dans le plan de masse niveau inférieur. Penser à activer l'option "Miroir" pour que le texte soit lisible !
Edge.Cuts	Matérielle	Permet de déterminer les limites de la carte

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 les couches "F.Cu" et "Eco1.User". Les fichiers relatifs à ces couches ne seront donc pas créés.

Fichier Gerber de perçage

Pour créer le fichier Gerber de perçage, appuyer sur le bouton "Créer Fichiers de Perçage" qui fera apparaître la fenêtre suivante :



Une fois toutes les options nécessaires sélectionnées, 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.

Au final, les fichiers créés sont les suivants :

- Un fichier avec l'extension ".gtl" relatif à la couche "F.Cu"
- Un fichier avec l'extension ".gbl" relatif à la couche "B.Cu"
- **Deux fichiers** avec l'extension ".gbr" relatifs aux couches "Eco1.User" et "Eco2.User"
- Un fichier avec l'extension ".gm1" relatif à la couche " Edge.Cuts"
- Un fichier avec l'extension ".drl" relatif au perçage

Une fois tous les fichiers créés, avant de les transmettre à votre enseignant ou au technicien pour la fabrication, il peut être utile de les assembler au sein d'un seul et même fichier Zip.

Pour cela, faites clic droit sur le dossier « output », puis sélectionnez « Envoyer vers → Dossier Compressé », puis envoyez ce fichier « .zip » à votre enseignant.

Digression à propos de la sauvegarde ou du transfert d'un projet KiCad

Pour sauvegarder ou transférer votre projet KiCad d'un PC vers un autre, copiez tout simplement le répertoire de votre projet vers la source voulue. Le répertoire de la bibliothèque "LibGamelGe2_v6" étant inclus dans ce répertoire et les liens des fichiers étant relatifs, vous êtes assurés que cette dernière soit toujours utilisable et votre projet modifiable.

Notez que KiCad possède également une fonctionnalité d'archivage de projet (icone ). De cette manière tout votre projet et ses dépendances sont compressés au sein d'un seul et unique fichier au format Zip en vue de sa sauvegarde ou de son transfert vers un autre PC. Un projet compressé peut être restauré via l'icône .

