

Manuel de Laboratoire de Conception de Circuit Imprimé
Introduction à Développement de Produits et Gestion pour Ingénieurs et Informaticiens
GNG 2501
Faculté de Génie
Université d'Ottawa
Hiver 2019

Vérifications requises par le TA:

Membre du groupe	Conception du circuit

Dr. Patrick Dumond

Objectif

Le but de ce lab est d'enseigner aux étudiants comment concevoir un circuit imprimé (connu en anglais comme PCB, printed circuit board) basé sur un schéma de circuit. Ils vont utiliser Eagle pour recréer le circuit et concevoir un PCB avec les composants correspondantes. Créer des bibliothèques et composants personnalisés ainsi que l'identification et disposition approprié vont être introduit.

Contexte

Un circuit imprimé est une plaque qui a des pastilles qui sont connectées avec des pistes (lignes) qui font un circuit. Elle permet aux composants électriques d'être connectés et d'avoir de la puissance quand elles sont soudées à cette plaque. L'étain est le métal utilisé en soudure qui colle la composante à la plaque et crée la connexion entre eux. Un PCB est fait de plusieurs couches de différents matériaux, comme montré dans la Figure 1.

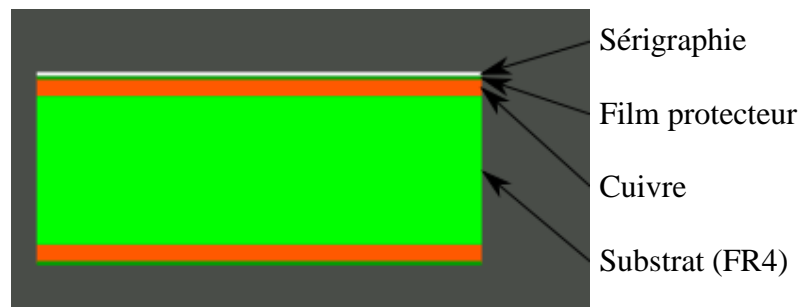


Figure 1. Composition d'un circuit imprimé

Le substrat (FR4) est du fibre de verre qui donne à la plaque sa rigidité et isole chaque côté l'un de l'autre. Le cuivre est le matériel conducteur dans la plaque. Il peut être sur un côté seulement ou sur les deux côtés, ce qui est plus commun, pour avoir une plaque double face. La prochaine couche, le film protecteur, est placé par-dessus le cuivre pour éviter des contacts indésirables provenant d'autres éléments conducteurs. La sérigraphie blanche est ensuite placée sur le dessus pour indiquer la position de différentes composantes ou autres notations que tu aimerais ajouter.

Figure 1 montre une plaque à 2 couches, mais plus de couches internes peuvent être créées en mettant plusieurs morceaux de plaques à 2 couches l'une par-dessus l'autre. S'il y a des connexions qui ont besoin d'aller entre des couches, des trous ont besoin d'être percés ensuite plaqués de métal à l'intérieur pour faire une connexion entre les couches (Figure 2). Ces trous sont appelés vias. On va créer une plaque à 2 couches à vias traversants, qui veut dire que nos composants ont des pattes qui passent à travers le circuit imprimé et qui vont être soudés de l'autre côté.

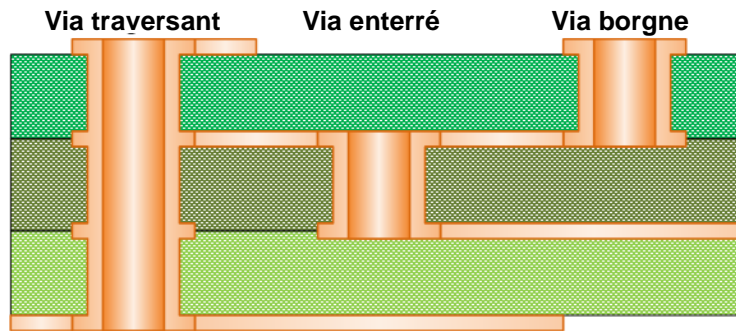


Figure 2. Routes internes d'un circuit imprimé

Les vias traversant sont le plus commun et le moins cher puisque c'est plus facile de percer un trou à travers un morceau de matériel avec des couches qui ont déjà été mises ensemble.

La conception et utilisation d'un PCB devrait être la dernière étape après avoir testé ton circuit premièrement sur une platine (breadboard), ensuite sur une plaque de prototypage. Ces méthodes sont utilisées dans les stages de prototypage de ta conception tandis qu'un PCB est plus un produit final mais ne l'est pas toujours.

Eagle va être utilisé puisque c'est gratuit, peut être utilisé sur plusieurs plateformes et a beaucoup de support. C'est aussi un des standard en industrie. Nous allons couvrir les bases mais n'hésitez pas de regarder des tutoriels (en anglais) sur Eagle

(<http://eagle.autodesk.com/eagle/documentation>) ainsi que sparkfun

(<https://learn.sparkfun.com/tutorials>) pour de la fonctionnalité et explications plus compliquées.

Aperçu des Appareils et Équipement

Les composantes suivantes vont être utilisées dans ce lab:

- 1 x ordinateur
- 1 x souris (optionnel)
- 1 x internet (pour télécharger Eagle)

Préparation Pré-lab

Avant d'arriver dans le lab, les étudiants devraient réviser le manuel de lab et se familiariser avec les appareils du lab et les procédures. Les étudiants sont encouragés d'utiliser leurs propres ordinateurs pour ce lab, à condition qu'ils ont téléchargés et installé Eagle

(<https://www.autodesk.com/products/eagle/free-download>).

Questions Pré-Lab

L'abréviation PCB veut dire quoi?

Qu'est-ce qui rend un PCB rigide?

Quel est le matériel conducteur utilisé dans un PCB?

Explique comment tu ferais une connexion qui commence d'un bord d'une plaque et ensuite continue sur l'autre.

Pourquoi c'est important d'avoir une sérigraphie sur un PCB?

Aperçu

Tu devrais faire référence au schéma suivant pendant le reste du lab, c'est un circuit pour un chargeur USB. Chaque membre de ton équipe devrait faire une partie de ce lab.

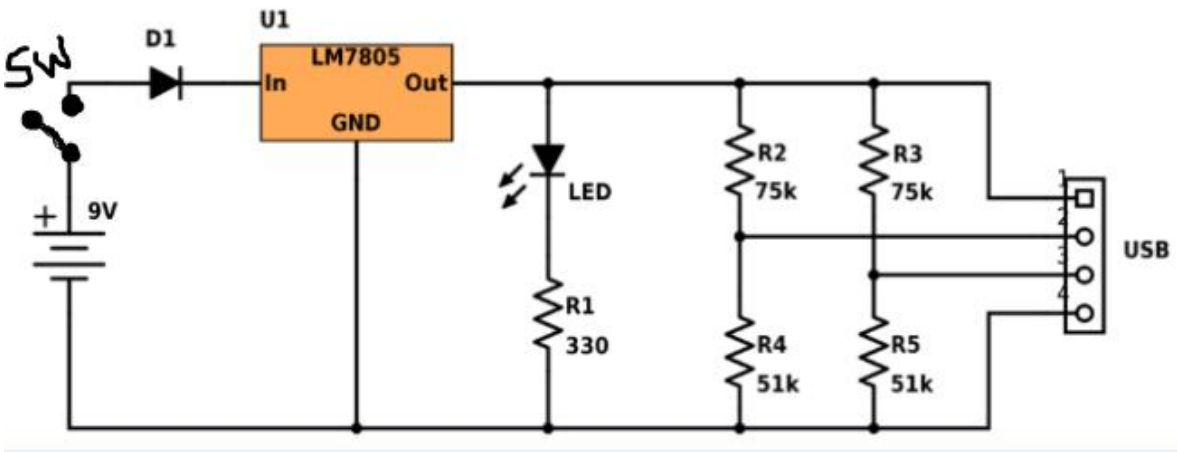



Figure 3. Schéma du circuit

Table 1. Liste de composantes





COMPOSANTE	VALUEUR	DESCRIPTION	Numéro Didgikey
U1	7805	Régulateur de Voltage	LM7805CT-ND
LED	Sortie Standard	Diode Émettant de Lumière	C5SMF-BJE-CR0U0451-ND

R1	330 Ω	Résistance	CF14JT330RCT-ND
R2	75 k Ω	Résistance	CF14JT75K0CT-ND
R3	75 k Ω	Résistance	CF14JT75K0CT-ND
R4	51 k Ω	Résistance	CF14JT51K0CT-ND
R5	51 k Ω	Résistance	CF14JT51K0CT-ND
D1	1N4004	Diode	1N4001-TPMSCT-ND
USB	Douille Type A	Soudable	36-921-ND
9V	9V	Connecteur de Pile	36-232-ND
SW	-	Interrupteur ON/OFF	563-1565-ND

Terminologie

- Schéma/diagramme (schematic): représentation visuelle d'un circuit avec des symboles
- Symbole (symbol): représentation d'une composante visuellement
- Paquet (package): représentation d'une composante basé sur sa configuration physique
- Dispositif (device): composante avec un symbole et paquet liés
- Bibliothèque (library): ajoute des nouvelles composantes dans un dossier personnalisé (bibliothèque) pour ne pas les perdre
- Eagle Schéma/Plaque (schematic/board) : tu peux changer entre le schéma (symbole) et plaque (paquet) dans Eagle 

Outils Eagle

- Groupe (Group)  : sélectionne un ou plusieurs composantes
- Bouger (Move)  : clique sur le petit + sur chaque composante pour les bouger
- Tourner (Rotate)  : clique sur une composante pour tourner 90°
- Ajouter (Add)  : ajoute une nouvelle composante

Procédure

Partie A – Créer le schéma

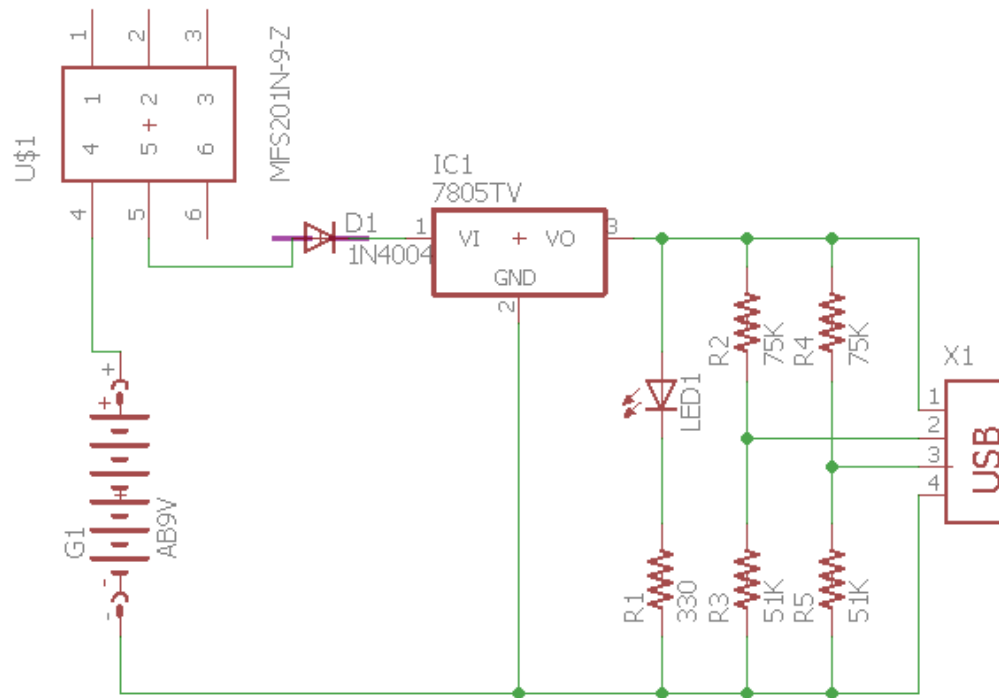
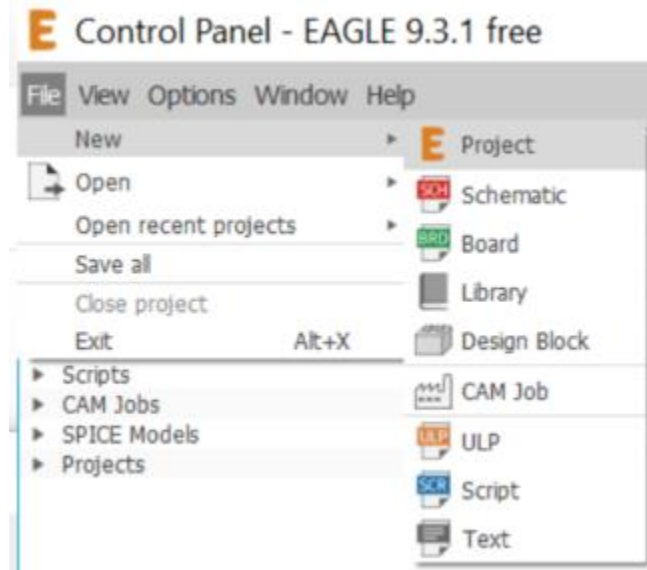
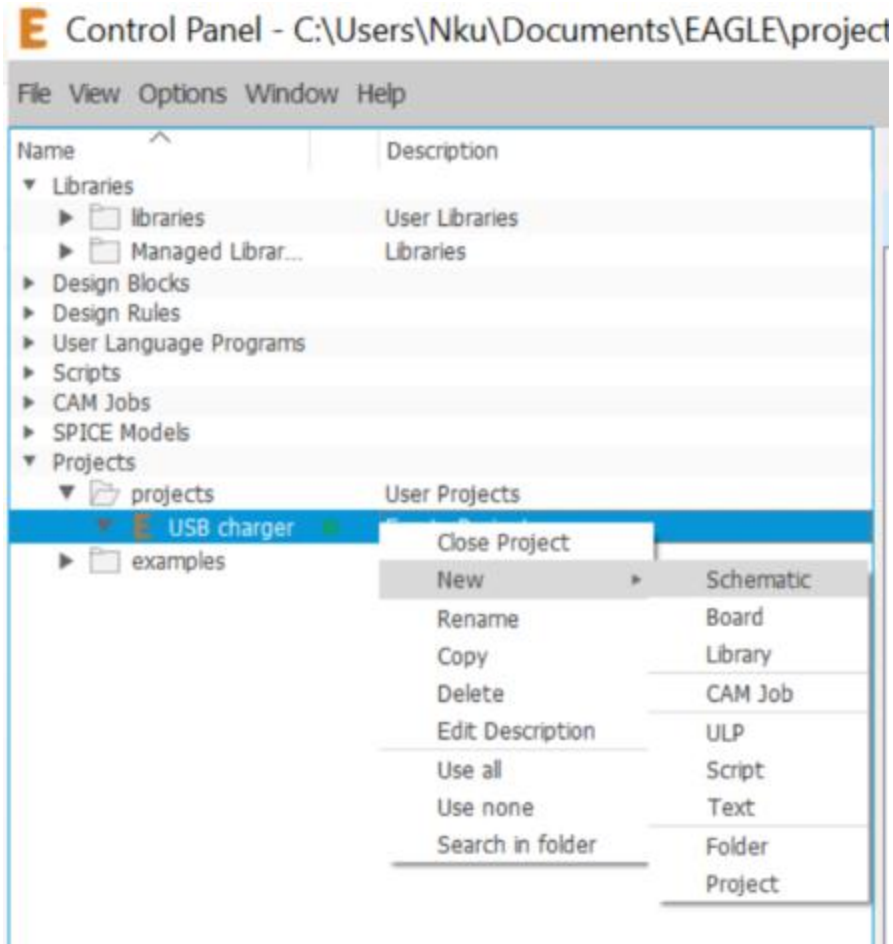


Figure 4. Schéma du circuit dans Eagle

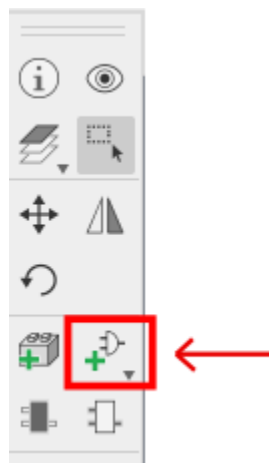
1. Ouvre Eagle et crée un nouveau projet, File>New>Project, nome-le USB charger ou quelque chose de similaire.



2. Clique-droit sur ton nouveau projet pour commencer ton schéma, New>Schematic.



3. Pour faire le circuit tu vas avoir besoin de toutes les composantes. Clique sur le bouton 'add a part' pour ouvrir celles qui existent déjà dans les bibliothèques disponibles. Tu peux faire une recherche de 'resistor' par exemple ou un numéro de composante comme 'LM7805'.



4. Quand tu fais le schéma, pour nos besoins, le symbole dans le schéma n'as pas d'importance. Par contre quand on fait la plaque, la taille de la composante doit correspondre avec sa taille réelle pour qu'elle puisse être soudé sur le PCB. Pour faire cela, tu peux faire une recherche google du numéro digikey de la composante pour

trouver le paquet (c'est la taille, orientation, etc. de la composante physique). Ex: paquet du régulateur de voltage est TO-220 qui peut être trouvé dans la bibliothèque Eagle.

Operating Temperature	-40°C ~ 125°C
Mounting Type	Through Hole
Package / Case	TO-220-3
Supplier Device Package	TO-220AB

Report an Error

SCH ADD

Name	Description
78*	Positive VOLTAGE REGULATOR
78L05Z	TO92
78L08Z	TO92
78L12Z	TO92
78L15Z	TO92
78L18Z	TO92
78L24Z	TO92
786TV	TO220V
788TV	TO220V
7805DT	TO252
7805H	TO39
7805L	TO92
7805T	TO220H
7805TV	TO220V
7806DT	TO252
7806H	TO39
7806L	TO92
7806T	TO220H
7808DT	TO252
7808H	TO39
7808L	TO92
7808T	TO220H
7812DT	TO252
7812H	TO39
7812L	TO92
7812T	TO220H
7812TV	TO220V
7815DT	TO252
7815H	TO39
7815L	TO92
7815T	TO220H
7815TV	TO220V
7818DT	TO252
7818H	TO39
7818L	TO92

Search: lm7805
Attributes:

A1
>VALUE
1 VI VO 3
GND
2

10mm
0.2in

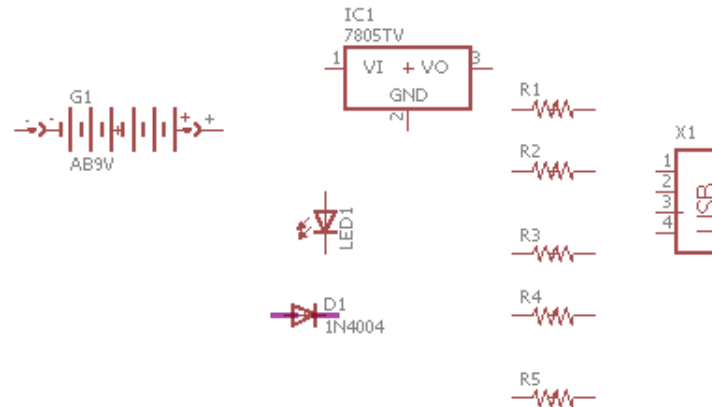
78* (Version 4)
Positive VOLTAGE REGULATOR
Source:
<http://cache.national.com/ds/LM/LM78L05.pdf>
<http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM7805.pdf>
Footprint: TO220V (Version 1)
TO 200 vertical
3D Package: TO220V (Version 2)
TO 200 vertical

Attribute Value

OK Open Library Manager Cancel

5. Fait référence à la liste de composants pour avoir toutes les composantes appropriées sur ton espace de travail, fait une recherche dans Eagle pour son numéro, son nom ou paquet pour trouver la bonne. Si tu allais faire ce processus toi-même, il faudrait trouver tous les paquets dans les fiches techniques de toutes les composantes mais ici est une liste pour t'aider pendant ce lab:
 - a. Régulateur de voltage- **LM7805**, utilise le paquet TO220V (orientation verticale pour minimiser l'espace)
 - b. DEL- **led5mm**

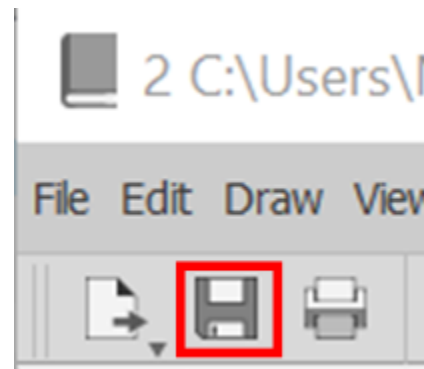
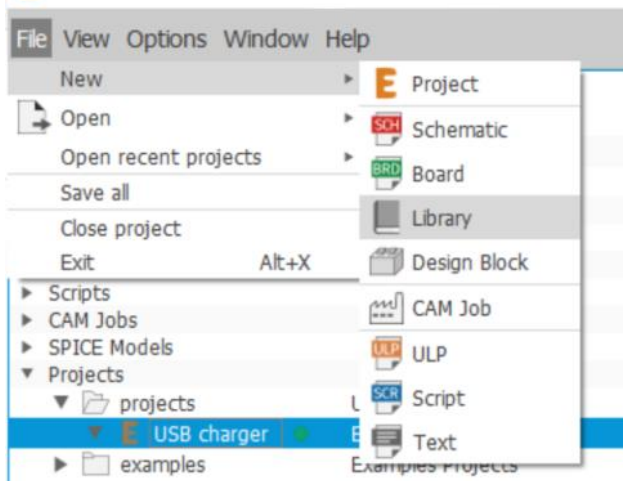
- c. Résistances- **resistor**, n'importe quoi plus gros que 207/7 est correct (ils ont une puissance de 0.25W qui est paquet 207 et sont 6mm de long) et tu peux choisir de la liste R-US
- d. Diode- **1N4004** (paquet DO41)
- e. Douille USB- **PN87520**
- f. Connecteur de pile- **AB9V**
- g. Interrupteur- tu vas remarquer que tu ne peux pas trouver la bonne composante, tu vas créer ton propre



Partie B – Créer une composante personnalisée

1. Premièrement ouvre la fiche technique de la composante que tu es en train de créer (l'interrupteur MFS201N-9-Z).
2. Tu vas créer ta propre bibliothèque. Dans le panneau de control (control panel), clique File>New>Library. Dans la nouvelle fenêtre qui apparait clique enregistrer (save) et nome-le (assure-toi de le sauvegarder dans lbr qui est bibliothèque).

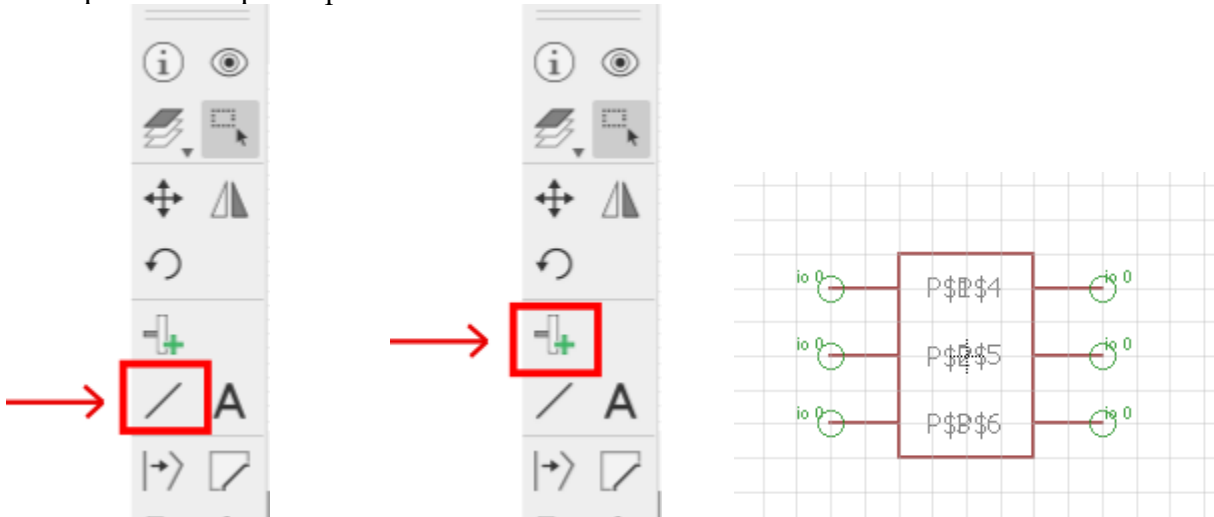
E Control Panel -



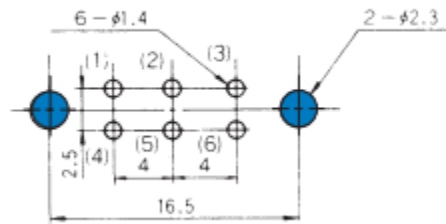
3. Commence avec le symbole de la composante, clique 'Add Symbol...' dans ta bibliothèque et nome-le MFS201N-9-Z.



4. Crée une boîte avec 'Line' et ajoute le montant approprié de pins (6 dans notre cas). Tu peux tourner des choses avec le bouton tourner (rotate) . La taille de ce symbole n'as pas beaucoup d'importance.



5. Nome les pins pour qu'elles correspondent avec la fiche technique avec le bouton nommer (name) . Assure-toi que la composante est centrée en le sélectionnant au complet avec le bouton groupe (group) et le déplaçant au milieu de la croix.

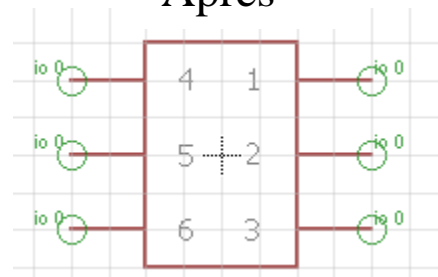


Avant

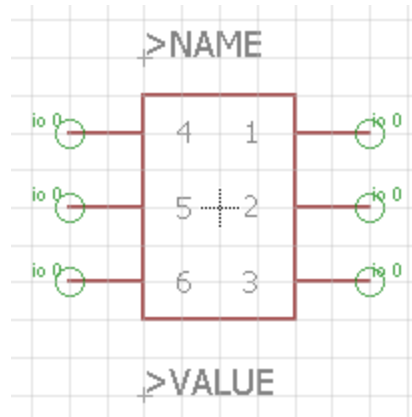
Après





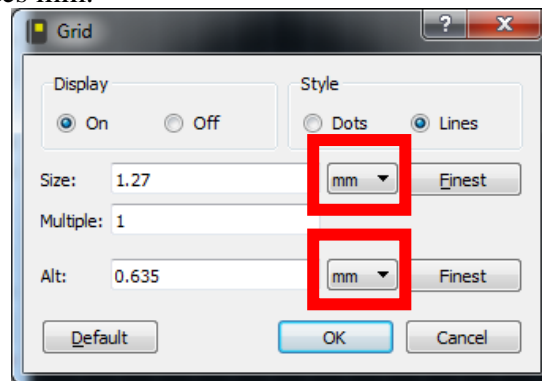
La croix du centre




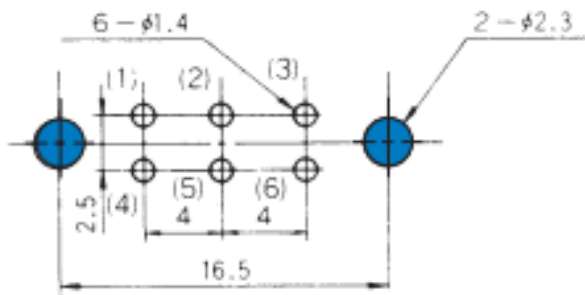
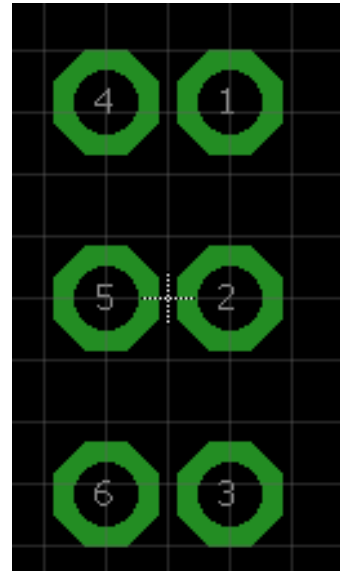
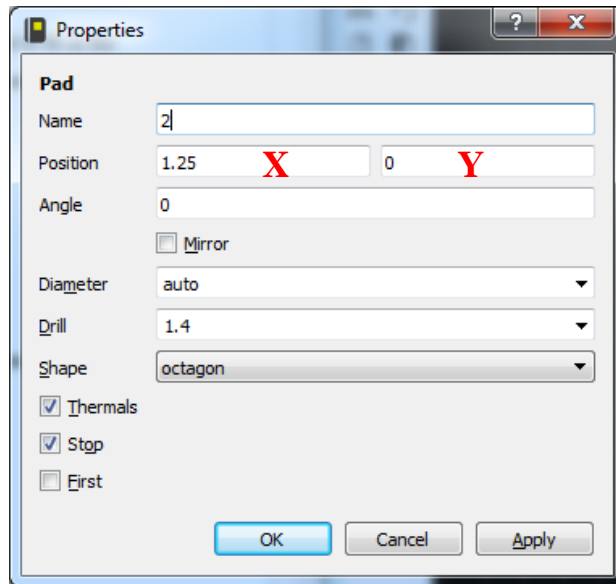
6. Clique le bouton texte (text) pour ajouter des étiquettes de nom et valeur, ensuite bouge les aux couches (layer) respectives Names et Values avec >Layer... en cliquant sur les étiquettes.





7. Sauvegarde ton symbole et commence le paquet avec le bouton paquet (package) . Nomm-le MFS201N-9-Z.
8. La taille du paquet est très importante puisque notre composante physique doit rentrer dans la plaque. Puisque notre diagramme est en métrique on a besoin de changer la grille (grid)  pour des mm.




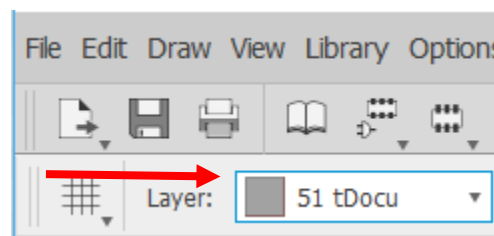
9. Place le montant approprié de pastilles (pads)  sur ton espace de travail. Clique-droit sur eux pour arriver à Propriétés. Change leur nom (name), position (x, y) et taille du foret (drill size) pour correspondre avec la fiche technique. Tu peux changer la forme (shape) si tu veux.

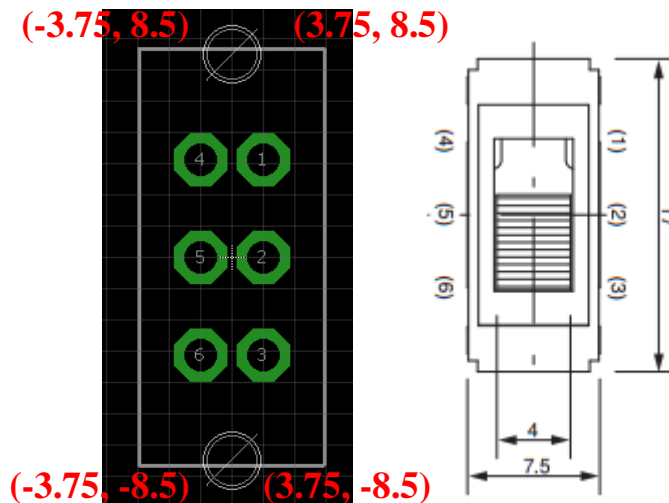





Pastille	X	Y
1	1.25	4
2	1.25	0
3	1.25	-4
4	-1.25	4
5	-1.25	0
6	-1.25	-4
Foret en haut	0	8.25
Foret en bas	0	-8.25

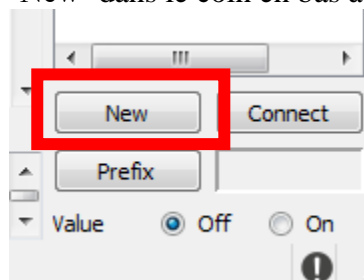
10. Deux trous (drill holes) ont aussi besoin d'être ajouté pour cet interrupteur , change leur propriétés aussi. Pour ajouter une nouvelle taille de foret, clique  >Drill>...

11. Tu devrais aussi indiquer où est le contour de la composante. Utilise ligne (line)  pour dessiner une boîte autour des pastilles et trous. Assure-toi que la couche (layer) est tDocu avant de dessiner la ligne. Ajuste les coordonnées des coins avec propriétés des lignes.

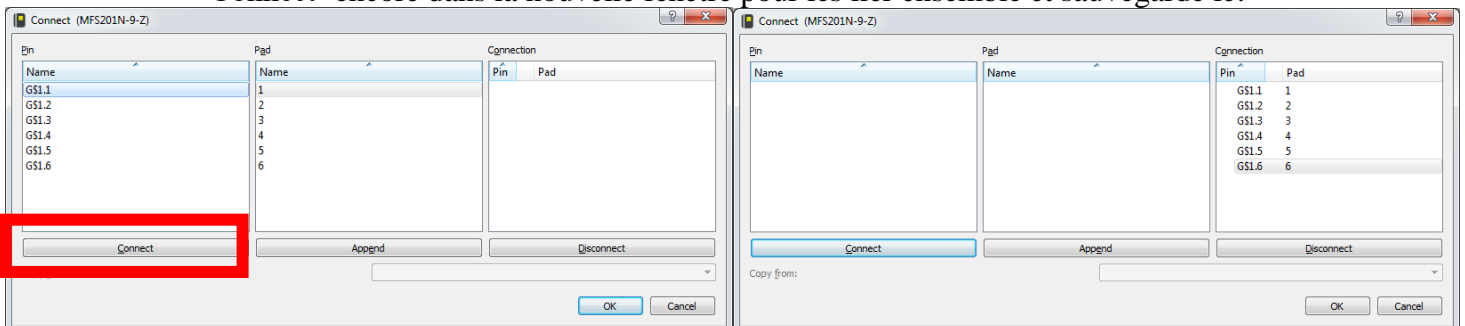





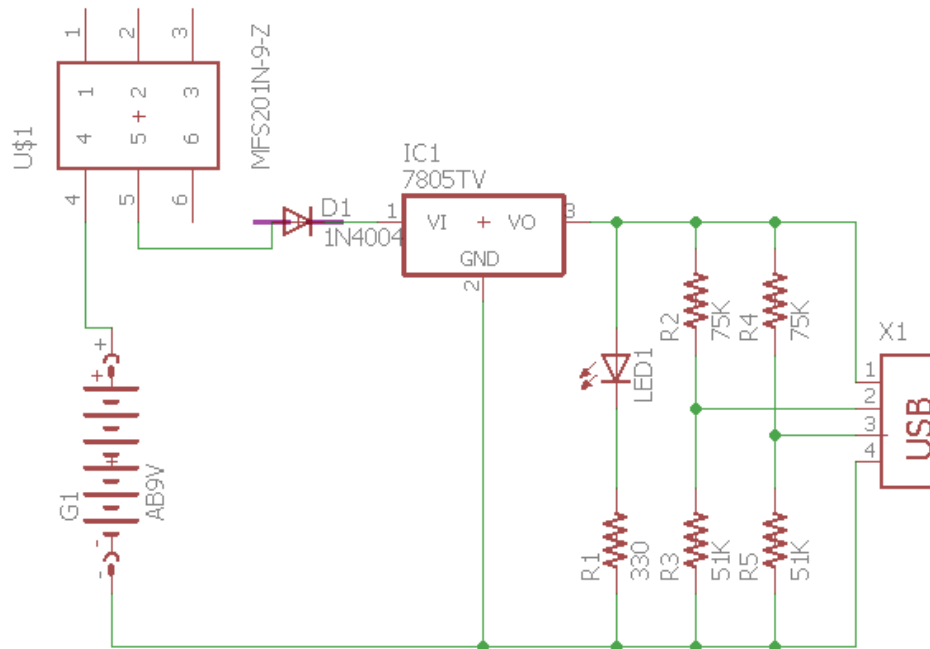
12. Ajoute >NOM et >VALEUR avec le bouton texte (text) , et place-les dans les couches (layer) respectives tNames et tValues (dans propriétés).
13. Tu es maintenant prêt à associer le symbol avec le paquet. Sauvegarde ton paquet et ouvre le dispositif (device) , nome-le MFS201N-9-Z.
14. Ajoute ton symbole avec le bouter ajouter (add)  et place le dans le milieu de l'espace de travail. Clique 'New' dans le coin en bas à droite pour ajouter ton paquet.






15. Associe les pins dans le symbole avec les pastilles dans le paquet avec 'Connect'. Clique 'Connect' encore dans la nouvelle fenêtre pour les lier ensemble et sauvegarde le.

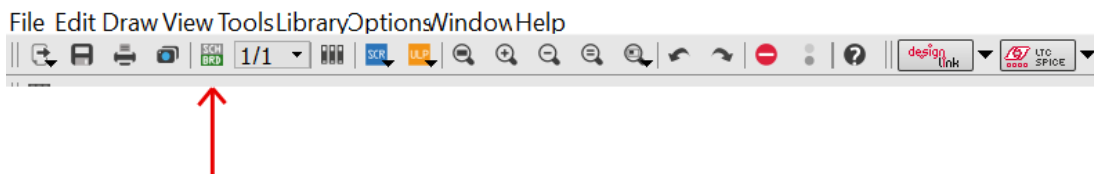



16. Finalement, ajoute cette composante à ton schéma en allant à la composante dans le panneau de control (control panel) (Librairies>Nom_de_ta_bibliothèque>MFS201N-9-Z) et clique 'Add'. *Ton schéma a besoin d'être ouvert. Complète ton circuit avec le bouton fil (net wire) .






Partie C – Créer la plaque

1. Clique sur passer à la plaque (switch to board)  pour voir tous les paquets de toutes les composants. Utilise les outils tourner (rotate)  et bouger (move)  pour les arranger à l'intérieur de la boîte blanche en essayant de visualiser où les traces vont être. Essaie de compacter toutes les composants pour avoir un petit circuit imprimé (moins cher).



2. Quand tes composants sont placées, utilise l'outil de trace (route)  pour placer les pistes de cuivre en permanence sur la plaque. On pourrait utiliser deux couches mais c'est possible d'en utiliser seulement une, choisis la couche d'en haut (top) pour les pistes (rouge). Assure-toi qu'elle ne sont pas trop proche d'autres composants ou traverse d'autres pistes.
 - a. Note: essaye de tracer tes connexion composants pour démêler tout les fils.
 - b. Souviens-toi que tu peux passer entre les trous d'une composante (en passant par dessus les lignes de la couche de sériographie).
 - c. Souviens-toi que Eagle va te montrer un certain arrangement de connexions mais tu peux les changer en suivant les règles de nodes électriques et des circuits. Ex. Si toutes les pins négatives des composants sont connectés à la borne négative de la pile, alors n'importe quelle des pins peut être connectés entre-elles et seulement une doit aller toucher la pile.

3. Quand tout est terminé, utilise une vérification de tes connexion appelé Design Rule Check (DRC)  pour t'assurer que ta plaque est prête à être imprimée.
 4. Enregistre ton fichier dans un endroit sécuritaire.
 5. Enlève toutes tes connexions avec l'outil d'arracher (ripup)  et essaye encore en utilisant le bouton de trace automatique (autoroute)  sur seulement la couche d'en haut (top). Enregistre ce nouveau fichier en utilisant un nouveau nom pour comparer les deux, quelles différences est-ce que tu remarques?
-
-

Prochaines étapes

La semaine prochaine, tu vas être donné un circuit imprimé avec ce circuit, fait par nous, et toutes les composantes pour te permettre de pratiquer du soudage à via traversant ('through-hole'). Compare ta conception avec le tien et laisse-nous savoir si et comment le tien est meilleur 😊

Ressources Additionnels

- Voici un tutorial similaire pour Eagle que tu peux trouver utile, ftp://ftp.cadsoft.de/eagle/userfiles/doc/tutorial_eagle_fr.pdf
- Pour pratiquer tes habiletés de conception de PCB et pour des idées de projets tu peux regarder ici (en anglais): <https://circuitdigest.com/diy-pcb-projects>.