

**TP1 :**

**Apprentissage du  
développement de PCB  
(*Printed Circuit Board*) :**

**Prise en main de Eagle**

**Sommaire :**

1.	Contexte .....	2
2.	Objectif .....	2
3.	Schéma électronique.....	3
4.	Saisie du schéma électronique .....	4
5.	Réalisation du routage .....	5
6.	Génération des fichiers de fabrication .....	6
6.1.	Les fichiers GERBER .....	6
6.2.	La BOM .....	7
7.	Livrables.....	7

**Note de version :**

Version	Date	Modifications apportées	Auteur(s)
1.0	08/01/2024	Création	C. LIEBE

## 1. Contexte

Ce premier TP se positionne comme étant une présentation de l'outil Eagle (Autodesk) dédié à la conception des PCBs. Pour ce faire, nous allons nous appuyer sur deux documents présents sur Moodle « Prise\_en\_main\_Eagle\_9.5-v1.pdf » et « Manual\_Eagle\_en.pdf ». Ces documents proposent un aperçu assez complet sur les possibilités offertes par le logiciel Eagle.

## 2. Objectif

Pour découvrir comment fonctionne Eagle, rien de tel que de réaliser un petit projet pendant la séance. Ce petit projet consiste en la réalisation d'une carte relais utilisée pour interfacer de la puissance avec des sorties de microcontrôleurs. Ils sont très utilisés par la communauté Arduino ou Raspberry Pi, en outre, cela permettra de s'appuyer sur ce projet pour faire quelques rappels quant à l'interfaçage de puissance avec des microcontrôleurs.



*Fig.1 : Photo d'une carte relais.*

### 3. Schéma électronique

Voici le schéma électronique de la carte relais (une voie) en Fig. 2.

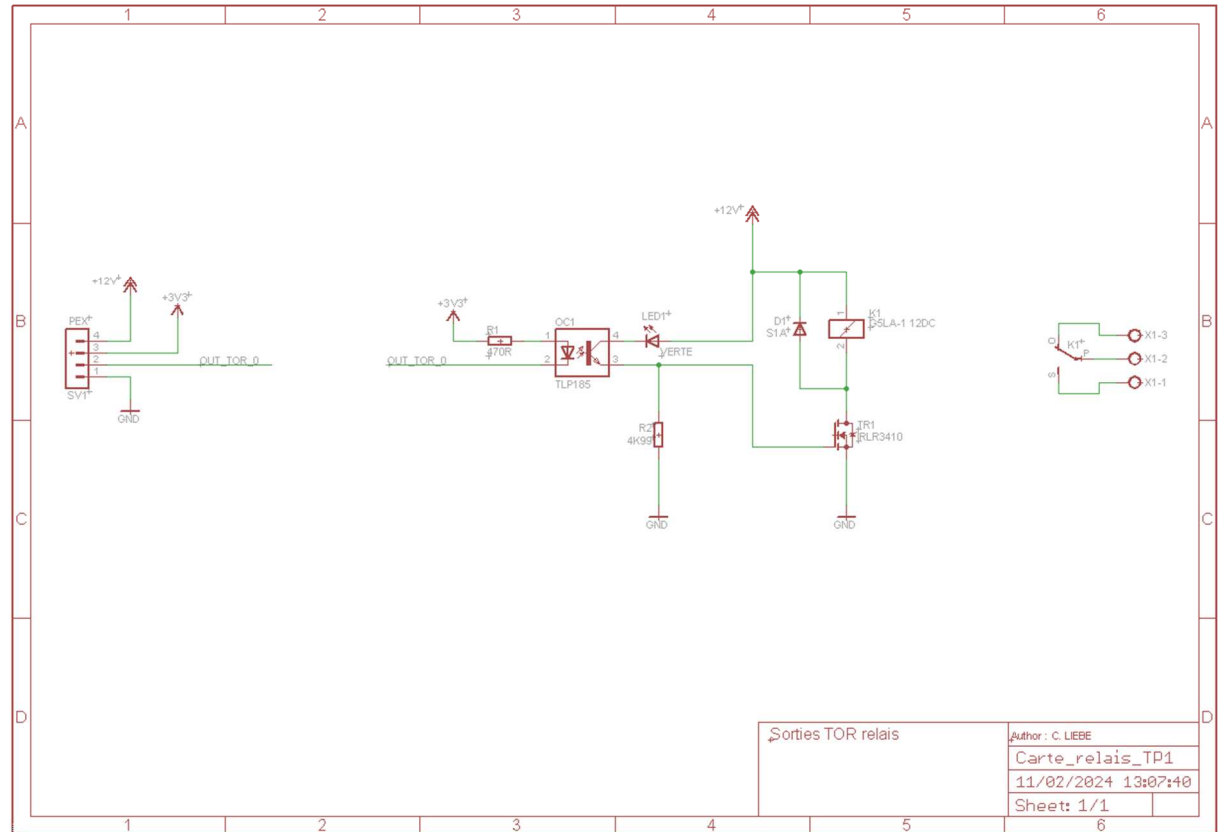


Fig.2 : Schéma d'une carte relais.

Analysez le schéma et répondez aux questions suivantes :

- Veuillez rappeler l'intérêt d'une interface de puissance tel qu'un transistor et un relais ?

Cela permet de contrôler de forts courants électriques avec des contrôleurs de faible puissance.

- A quoi sert un optocoupleur ?

Il sert à isoler électriquement deux circuits.

- Quelles sont les différences entre un composant de référence identique mais avec des boîtiers CMS (Composants Montés en Surface) et traversants ?

Les composants montés en surface n'ont pas besoin de trous pour être installés et sont généralement moins encombrants, mais les souder sur la plaque est plus compliqué.

Les composants traversants sont plus encombrants, mais ils sont facilement démontables.

#### 4. Saisie du schéma électronique

Veuillez saisir le schéma proposé dans la partie n°3. Les premières directives vont vous être transmises par votre enseignant, et vous pouvez les retrouver également dans les documents « Prise\_en\_main\_Eagle\_9.5-v1.pdf » et « Manual\_Eagle\_en.pdf ». Certaines informations liées aux bonnes pratiques de schématisques et de routage ne seront dispensées qu'à l'oral, aussi, c'est à vous de rester attentif.

Eagle étant un logiciel utilisé par les professionnels, il comprend énormément de composants avec ses schémas et différentes variantes de boîtiers (*packages* en anglais).

Qu'est qu'une librairie sous Eagle ? Il s'agit de la représentation schématique d'un composant lié à sa représentation physique. La représentation schématique sert à créer les schémas électroniques, quant à la représentation physique, elle sert à créer la carte physique elle-même.

Une astuce peut être de repérer, de noter les principales bibliothèques à utiliser et d'imprimer :

- Les boîtiers de quelques composants ;
- Le schéma des composants sélectionnés ;
- Les références des composants sélectionnés.

Le logiciel Eagle propose déjà des milliers de librairies de composants, toutefois, de nouvelles références de composants apparaissent chaque jour, et il est souvent nécessaire de chercher les librairies associées sur des sites spécialisés, ou de les créer soi-même. Aussi pour des raisons pratiques, les librairies dont vous allez avoir besoin pour les TP se trouvent sur LMS.

Il est évident que la lecture des documentations (en particulier le chapitre lié à la définition des broches) est indispensable...

Voici les librairies standards dont vous allez avoir besoin :

Nom librairie	Détails et contenu de la librairie
frame.lbr	Cartouche de schémas
rcl.lbr	Résistances, capacités et inductances
supply.lbr	Alimentations, masses, etc...
con-ptr500.lbr	Connecteurs de marque Molex
con-lstb.lbr	Connecteurs carte à carte
led.lbr	LED, DEL, etc.
relay.lbr	Relais électromécaniques
diode.lbr	Diode de puissance et de signal

Voici quelques conseils lors de la saisie du schéma :

- Attention aux potentiels : la fonction « label » permet de lier les potentiels, cela signifie que même si un fil n'est pas dessiné entre deux broches, elles peuvent être liées si elles ont le même nom « *label* ».
- Certains composants permettent de séparer les broches pour simplifier le schéma électronique, certaines broches sont l'alimentation, attention à ne pas l'oublier, pour ça, il faut utiliser la fonction « *invoke* ».
- Vérifiez toujours la connexion entre une broche et un fil en utilisant la fonction « *show* » (icône représentant un œil), si la broche et le fil sont en surbrillance, c'est que la connexion est établie. Dans le cas contraire, il faut recommencer.

- Les alimentations doivent être définies dès le départ et l'idéal est de les « copier-coller » ensuite pour éviter les différences de potentiels. ATTENTION : GND, +12V, +5V, +3V3 doivent être identiques. Si vous avez un doute demandez à votre enseignant.
- Privilégiez toujours le copier-coller de vos composants passifs.
- Vérifiez les empreintes des composants que vous allez utiliser.
- Sur un schéma il est d'usage de positionner les potentiels les plus élevés le plus haut sur la page.
- A la fin de la saisie de votre schéma, n'hésitez pas à utiliser l'ERC (*Electrical Rules Check*).

## 5. Réalisation du routage

Une fois que votre schéma électronique est terminé puis vérifié, vous pouvez générer votre fichier *board* (\*.brd), qui va vous présenter les empreintes des composants que vous avez choisi liés entre eux parce qu'on appelle le « chevelu ». Le routage consiste à remplacer ce chevelu par des pistes sur la carte.

Pour ce projet le PCB doit respecter les contraintes suivantes :

- Dimensions maximums de 5 x 4 cm<sup>2</sup>.
- Quatre trous diamètre 3.2 sont nécessaires.
- Double couches top et bottom.
- Composants uniquement sur la couche top.
- Sérigraphie top uniquement.
- La puissance sur le bottom de préférence.
- Plan de masse obligatoire.
- Règle de fabrication DRC (*Design Rules Check*) par défaut du logiciel Eagle.

Quelques conseils pour bien router :

- Réaliser les contours de la carte en priorité, ainsi que toutes les autres contraintes mécaniques hors électronique en priorité (trous, bords arrondis, forme, etc.),
- Placer les connecteurs en priorité, attention à l'ergonomie de la carte
- Penser à la tenue mécanique des éléments
- Essayer de placer judicieusement les composants en regroupant les composants par fonction pour minimiser les pistes et les vias (trous métallisés permettant le passage d'une couche à l'autre).
- Penser à la fabrication de la carte, éviter de coller les composants trop près les uns des autres, et intégrez des empreinte « thermiques » dans votre plan de masse.
- Attention à la largeur des pistes notamment lorsque des fonctions de commutations de puissance sont intégrées utilisez le calculateur de piste sur le site suivant pour définir la largeur adaptée : <http://nononux.free.fr/index.php?page=elec-brico-outils#elec-brico-outil-largeur-piste-pcb>
- Attention aux contraintes de fabrication de votre sous-traitant de fabrication de PCB et d'assemblage de composants.
- A la fin de votre routage vérifiez que le chevelu a disparu et appliquez le DRC (*Design Rules Check*) pour détecter les erreurs et respecter les contraintes de votre fabricant de PCB.

## 6. Génération des fichiers de fabrication

La génération des fichiers de fabrication consiste en la génération de fichiers dit « gerber » et le la BOM (*Bill Of Materials*)

### 6.1. Les fichiers GERBER

Ce format n'identifie pas un seul document à lui tout seul mais constitue la norme pour la production de cartes de circuits imprimés. Les différents fichiers, exportés en fin de projet, contiennent des descriptions des connexions électriques, des pistes, des vias et des pastilles. Ce sont des documents vectoriels constitués d'un ensemble de commandes qui génèrent un flux d'objets graphiques. Ils comprennent également les instructions pour les perçages à faire sur le PCB. De nos jours, les entreprises qui produisent les cartes de circuits imprimés n'ont besoin de la part de leurs clients que de ce type de documentation, rien d'autre. Les logiciels de conception électronique les plus importants contiennent et offrent la possibilité d'exporter l'ensemble du travail dans ce format. Par conséquent, disposer de ces informations est la première chose qu'un concepteur électronique doit vérifier dans son logiciel CAE. Actuellement, le format standard utilisé est RS-274X. C'est une version extrêmement puissante car elle comprend, dans le même document :

- Les paramètres de configuration ;
- Les ouvertures ;
- Les coordonnées XY ;
- Les commandes Draw & Flash.

Dans les anciennes versions, la plupart du travail devait être effectué manuellement, avec une forte probabilité d'erreurs. Le format de fichier Gerber est très simple et textuel (ASCII), visible par n'importe quel éditeur de texte. Son contenu est évidemment un peu plus abscons et la compréhension est fastidieuse mais le processus de codage doit être fait par un logiciel, donc il n'y a pas de problème. Le format Gerber X2 est récemment devenu de plus en plus populaire, encore plus riche en informations. Les fichiers à envoyer aux sociétés de production doivent inclure les éléments suivants :

- Assemblage face Top ;
- Sérigraphie face Top ;
- Vernis face Top ;
- Pâte à braser face Top ;
- Cuivre face Top (également appelé Top Copper) ;
- Cuivre face Bottom (également appelé Bottom Copper) ;
- Pâte à braser face Bottom ;
- Vernis face Bottom ;
- Sérigraphie face Bottom ;
- Assemblage face Bottom ;
- Contour de carte (Outline) ;
- Dimensions de la carte.

Evidemment, si certaines informations ne sont pas disponibles (par exemple si le concepteur fabrique un PCB simple face sans Solder Mask), certains fichiers n'ont pas à être produits même si certaines entreprises les demandent. Un circuit électrique peut également être intégré aux fichiers Gerber.

Eagle nous permet de générer automatiquement tous ces fichiers. Pour vérifier que tout est conforme à vos attentes, n'hésitez pas à utiliser un *viewer* de fichier Gerber comme Gerbv (gratuit) à l'adresse : <https://sourceforge.net/projects/gerbv/>.

## 6.2. La BOM

La BOM ou Bill Of Materials est la nomenclature précise (terme utilisé en mécanique) de tous les composants qui doivent être soudés sur la carte.

Si vos bibliothèques sont parfaitement renseignées, le fichier \*.csv ou \*.xlsx contenant la BOM n'est pas à modifier.

En général, il est toujours compliqué d'avoir exactement la bonne référence en librairie (surtout pour les composants passifs et les petits actifs).

Aussi, pour cette raison il est nécessaire de reprendre et de vérifier toutes les références de la BOM. A minima, les informations suivantes doivent apparaître :

- La référence du composant sur le schéma,
- La quantité
- Les valeurs (résistance, capacité, tension, précision, etc.)
- Le format du boîtier,
- Le fabricant,
- La référence fabricant

Pour les composants passifs, et le petit actif, les fabricants peuvent changer de référence fabricant tant que le composant respecte les caractéristiques imposées dans la BOM. Dans le cas où certaines références sont arrêtées précisément (en général, pour des raisons techniques) il est nécessaire de le préciser et d'informer votre sous-traitant du lieu où se fournir pour cette référence.

## 7. Livrables

Aucun livrable n'est attendu pour ce TP.