

# 2263.1 Conception matérielle

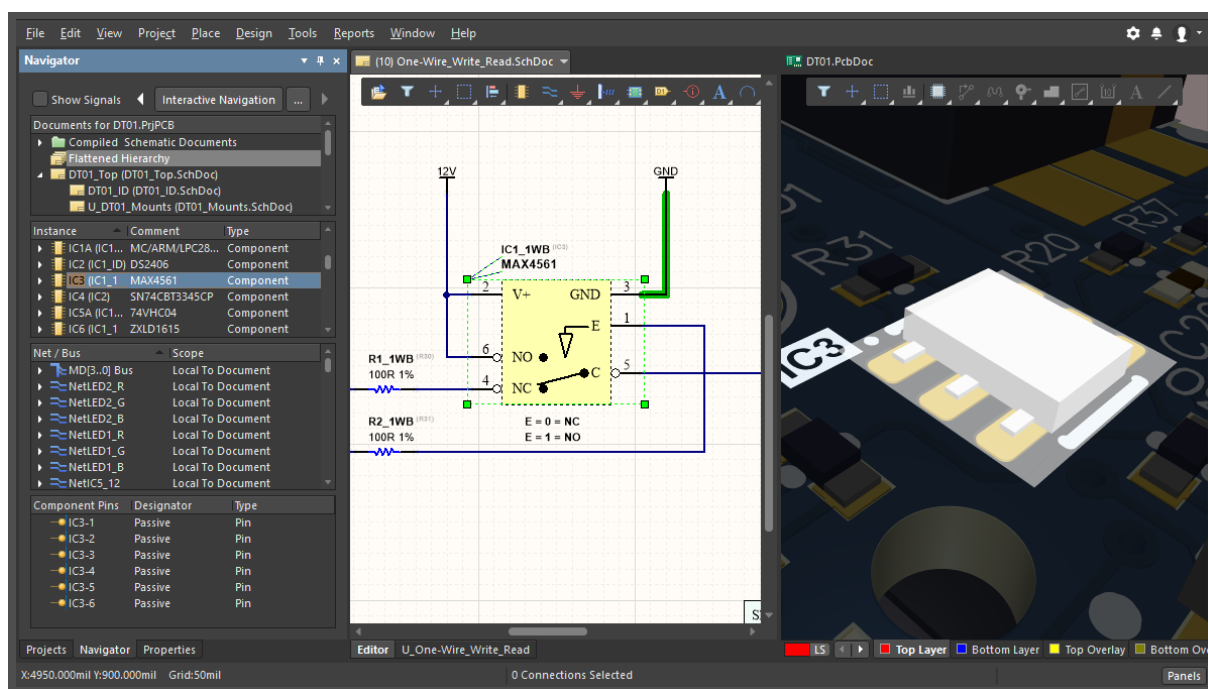
V0.0

## « Carte commande »

### 1 Introduction

Lors de ce cours, vous allez découvrir les bases du logiciel Altium Designer qui vous permettra de développer des cartes électroniques, du schéma au PCB (printed circuit board). Ce n'est pas dans ce cours que vous allez découvrir comment dimensionner un schéma, mais uniquement comment utiliser le logiciel et appliquer les bonnes pratiques.

Il est impossible en 2 semaines de voir la globalité des fonctions, mais vous serez parés pour mettre en œuvre vos futurs projets (P2, travail de Bachelor, ...).



### 2 But du projet

Le but du projet est de développer un PCB le plus « propre » possible, mais attention tout cela en respectant certaines règles et surtout, il est nécessaire que cette dernière soit fonctionnelle. Elle ne sera pas produite dans le cadre de ce cours, mais une carte semblable sera réalisée lors du projet P2.

Le projet se fera **individuellement**, mais je n'ai pas d'objection pour qu'il y ait de l'entraide entre vous. Par contre, si les rendus sont identiques entre deux personnes, cela sera sanctionné. Un PCB ainsi que les schémas doivent être personnels et chacun peut y apporter sa touche. Il n'est pas nécessaire de faire un copier-coller du schéma fourni.

## 3 Cahier des charges

### 3.1 Installation Altium designer

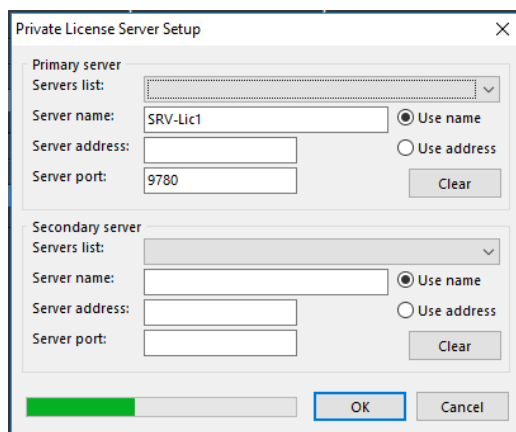
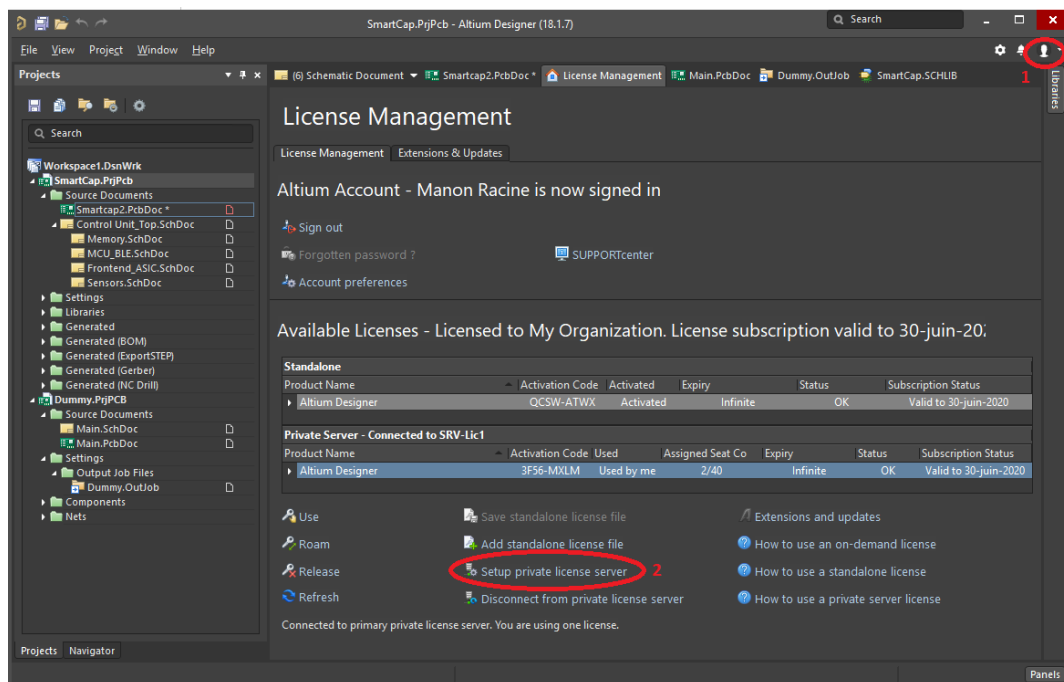
La première opération à réaliser si ce n'est pas déjà fait est d'installer Altium à l'aide du lien suivant pour avoir la dernière version :

<https://www.altium.com/fr/products/downloads>

Une fois le logiciel installé, ne pas oublier de mettre la licence (Private Server Licence) avec les informations suivantes :

Serveur : SRV-Lic1  
Port 9780

1. Aller sur l'icône «profile» et cliquer sur «License Managment...»
2. Cliquer sur «Setup private license server»



### 3.2 1<sup>ère</sup> phase (pour ceux qui n'ont jamais utilisé Altium)

La première phase de la HES d'été consiste à effectuer le tutoriel proposé par Altium. Vous le trouverez à l'aide du lien ci-dessous :

<https://www.altium.com/documentation/altium-designer/from-idea-to-manufacture-driving-a-pcb-design-through-altium-designer>

Lorsque vous commencez le tutoriel, ne pas oublier de sélectionner la version d'Altium que vous possédez.



Documentations additionnelles :

<https://resources.altium.com/fr/getting-started/altium-designer-getting-started>

Cette phase va vous permettre de vous familiariser avec le logiciel et vous montrer comment se monte un projet de A à Z. Cette première phase ne fera pas partie de l'évaluation, mais sera utile pour le projet à réaliser, car il n'y aura pas de cours théorique sur le logiciel. Libre à vous de suivre ce tutoriel plus ou moins en profondeur.

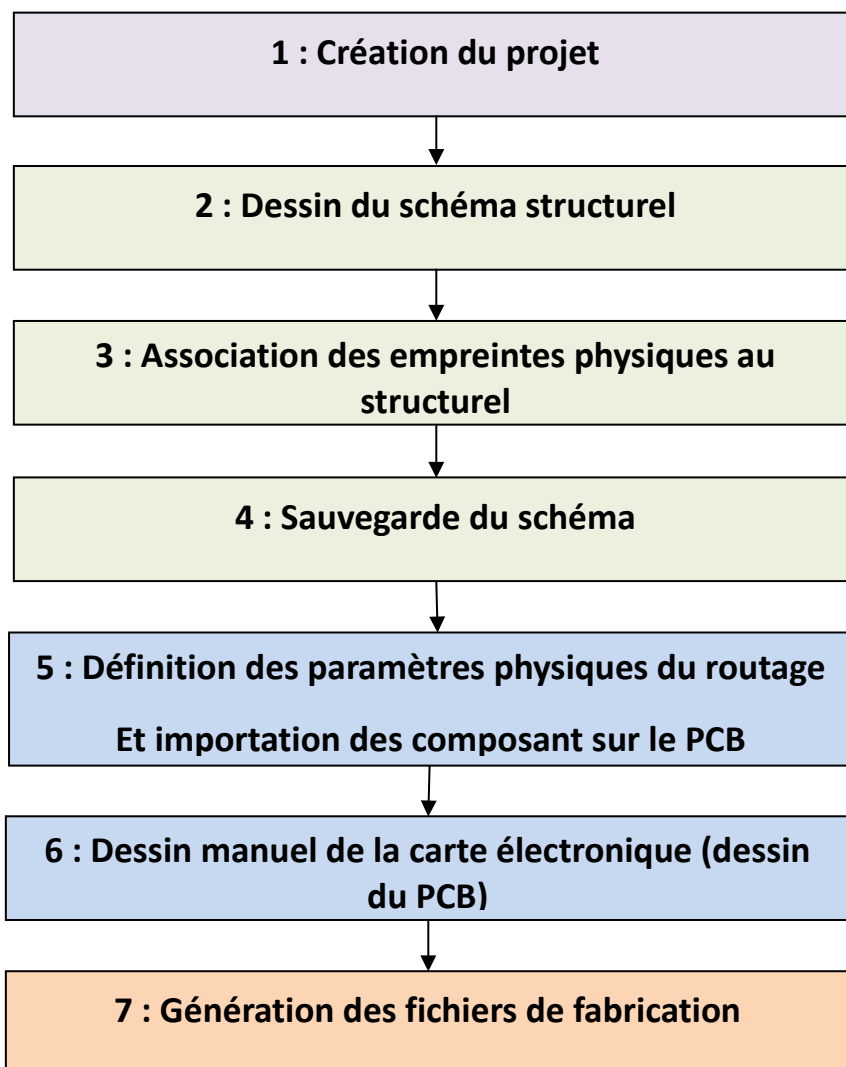
Remarques : Ce tutoriel devrait vous prendre **deux** jours au maximum, aucune obligation de le réaliser, mais je vous conseille de le parcourir.

### 3.3 2<sup>ème</sup> phase

Lors de cette deuxième phase, vous devrez développer votre propre carte. Vous aurez à disposition un schéma sous format PDF (**Schemas\_hes\_ete.pdf**). Avec cela vous devrez reproduire ce schéma sur Altium et indiquer toutes les informations nécessaires pour remplir la BOM (bill of material) selon le canevas de la HE-ARC. Veuillez prêter attention sur les fournisseurs des composants que vous choisissez et essayez de regrouper un maximum. Il est important de privilégier Mouser, Farnell et Digikey.

Dans un deuxième temps, lorsque le schéma sera terminé, c'est-à-dire lorsque chaque composant du schéma possédera un « designator », un footprint et une description, il est nécessaire d'importer les composants sur votre carte PCB préalablement créée.

Ci-dessous un récapitulatif des étapes à effectuer :



### 3.3.1 Informations concernant le schéma

Le projet utilise une carte de contrôle qui doit être intégrée au design (ST Nucleo STM32L452RET Nucleo-L452RE)

Vous remarquerez qu'il est nécessaire de modifier la provenance de l'alimentation 3.3V de cette carte par rapport au schéma fourni. Il sera donc nécessaire à partir d'une alimentation 24V (alimentation externe) de développer et chercher une alimentation qui génère du 3.3V. L'outil ci-dessous de chez Texas Instrument peut vous aider dans cette tâche :

<https://webench.ti.com/power-designer/switching-regulator>

Libre à vous d'ajouter ou non des points de tests. Ces derniers vous permettraient de réaliser des mesures qui peuvent être très utiles dans le cas de la réalisation de ce projet.

Les « designator » présents sur le schéma fourni ne seront probablement pas les mêmes que les vôtres. Vous allez devoir faire une numérotation automatique lorsque votre schéma sera terminé à l'aide de l'option « annotate ».

### 3.3.2 Canevas

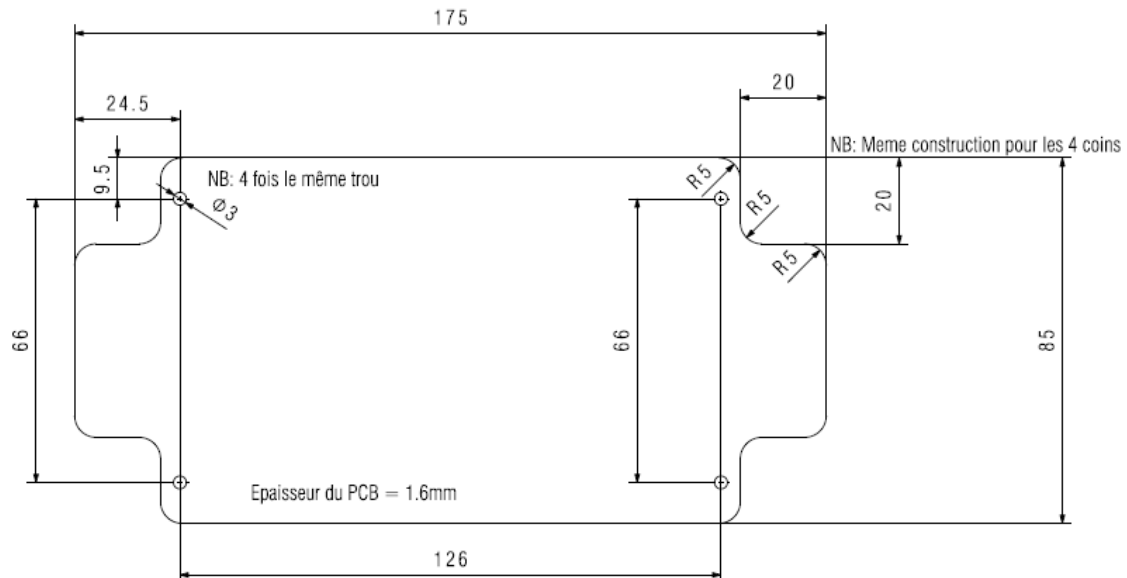
Dans le répertoire suivant, vous trouverez les cartouches ainsi que le canevas pour la liste de matériel. Il y a également dans ce dossier différentes librairies que vous pouvez utiliser si nécessaire. Merci de copier dans le répertoire de votre projet les différents fichiers que vous souhaitez utiliser.

P:\Formation\200\_Bachelor\240\_Niveau-  
2\242\_ProfsAEtudiants\2263\_Systemes\_inf\_embarques\_SA\2263.1 Conception  
matérielle\Altium Designer

Ces canevas sont fournis, car il est **obligatoire** que la BOM soit faite et remplie à l'aide du canevas de la HE-arc et il également **obligatoire** que chaque page du schéma possède le cartouche de la He-arc avec les champs remplis.

### 3.3.3 Dimensions et caractéristiques du PCB

Votre carte devra avoir les dimensions ci-dessous (Dessin\_PCB\_V0.pdf). Si vous ne parvenez pas à réaliser cette forme, vous pouvez faire un PCB rectangulaire, mais cela aura un malus sur la note finale.



Vous avez également à disposition les plans du boîtier dans lequel devra rentrer votre carte. Cela vous aidera pour le placement de certains composants.

- Plan2D\_manette\_couvercle\_181112.pdf
- Plan2D\_manette\_ensemble\_avec\_composants\_181112.pdf
- Plan2D\_manette\_fond\_181112.pdf

La carte devra être construite en utilisant 4 couches. Deux couches extérieures pour le routage et deux couches intérieures pour les plans d'alimentation.

N'oubliez pas d'inscrire votre nom, une date ou une version et éventuellement le nom de l'école sur votre PCB.

Afin de partir avec de bonne base pour le routage de votre carte, il est nécessaire de prendre en compte les informations des documents :

- **Directives\_PCB.pdf**
- **Regles\_routages\_PCB\_2023.pdf**

### 3.3.4 Fichiers à générer

À la fin du projet, il est nécessaire de générer un certain nombre de fichiers.

Afin que votre carte puisse être produite, vous devrez générer les fichiers de fabrication (Gerber et NC drill files). Ensuite, il est également demandé de créer un document PDF contenant vos schémas et un plan d'implantation. Une dernière chose est la génération de la liste de matériel selon le canevas de la He-arc.

## 4 Connaissance en fin de projet

### Concernant le schéma, vous serez capable de :

- Développer un schéma.
- Dessiner un composant de la librairie schématique.
- Entrer les « Supplier link ».
- Ajouter un cartouche.
- Recherche dans les datasheets afin de savoir comment faire une partie de schéma.

### Concernant le PCB, vous serez capable de :

- Créer un PCB à partir d'un schéma
- Dessiner un footprint dans la librairie PCB correspondant à un composant de la librairie schématique
- Respecter les « rules » fixées et les modifier si nécessaire
- Faire un plan de masse
- Sélectionner le nombre de couches et réaliser un PCB 4 couches
- Faire un Fannout (connexion via sur les connexions d'alimentations)
- Recherche dans les datasheets s'il y a des informations concernant le routage (layout)

### Concernant les fichiers de fabrications, vous serez capable de :

- Générer les fichiers Gerber et les NC drill files
- Générer un PDF des schémas et du plan d'implantation du PCB
- Générer la liste de matériel (BOM)

## 5 Délivrables / Sauvegarde

À la fin du projet, vous devrez rendre le projet altium complet dans le répertoire du cours ci-dessous :

[P:\Formation\200\\_Bachelor\240\\_Niveau-2\241\\_Etudiants\2263\\_Systemes\\_inf\\_embarques\\_SA\2263.1 Conception matérielle](P:\Formation\200_Bachelor\240_Niveau-2\241_Etudiants\2263_Systemes_inf_embarques_SA\2263.1 Conception matérielle)

## 6 Notation

L'évaluation est faite sur :

- Le projet Altium.
- Clarté des schémas
- Routage PCB
- Respect des règles de routage
- Liste de matériel
- Fichiers de fabrication
- Présentation, explications du projet.
- Volume travail, engagement personnel
- Autonomie, compréhension, réponse aux questions

## 7 Organisation

### 7.1 Team

Les projets sont réalisés individuellement.

### 7.2 Présence pendant la HES d'été

Durant la HES d'été, la quantité de travail demandée doit correspondre à environ 100 heures sur 2 semaines et demie, soit 8 heures par jour. Les heures durant lesquelles les étudiants doivent être présents en salle de classe sont de **8h30-11h30 et de 13h30-15h30**. La présence des étudiants est obligatoire pendant les heures fixées, elle est contrôlée par sondage. Sauf exception, les étudiants doivent avertir les professeurs avant d'être absents.

Comme vous l'avez remarqué, le nombre d'heures imposées en classe ne correspond pas aux 8h demandées donc libre à vous d'effectuer les heures restantes quand vous le désirez dans la journée. Il est possible de déterminer 1-2 jours de « télé-étude » pour autant qu'un rendez-vous teams soit préalablement fixé avec la professeure ou l'assistant. Cela sera discuté lors de la première journée de la HES d'été.

#### 7.2.1 Pondération de la note finale

En cas d'absences répétées et/ou injustifiées d'un étudiant ou en cas de manque d'engagement flagrant, celui-ci verra sa note diminuer. Une absence non justifiée pour les présentations ou rencontres avec les professeurs conduira à la note 1.

## 8 Calendriers

Début du projet :	Semaine 34	21.8.2023
Rendu de la phase 2 :	Semaine 35	01.09.2023
Jours libres :	Semaine 36	04.09.2023 et 05.09.2023
Présentations :	Semaine 36	06.09.2023

## 9 Encadrement

Les personnes suivantes vous encadreront durant la HES d'été :

Manon Meyer	: Responsable du cours ( <a href="mailto:manon.meyer@he-arc.ch">manon.meyer@he-arc.ch</a> )
Huguenin-Vuillemin Maïck	: Assistant du cours ( <a href="mailto:maick.huguenin@he-arc.ch">maick.huguenin@he-arc.ch</a> )

## 10 Remarques

### 10.1 Réponse aux questions

Les professeurs ne seront pas toujours disponibles et présents pour répondre à une question. Cela ne doit pas pousser les étudiants à améliorer leur mur sur Facebook ou TikTok, mais plutôt à avancer sur une autre partie du travail. C'est une situation qui se produit très souvent dans la vie de l'ingénieur (collègue en vacances, en déplacement, malade, etc....), mieux vaut donc s'y préparer.

Il y a toujours la possibilité de poser vos questions par e-mail ou teams, je vous répondrai au plus vite !



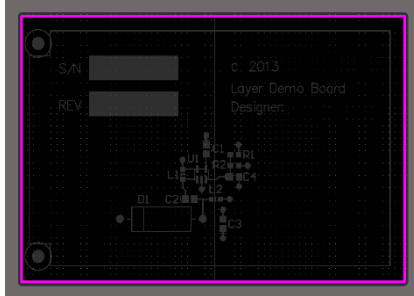
## 11 Suivi

Date	Auteur	Modifications
02.08.23	MME	Création

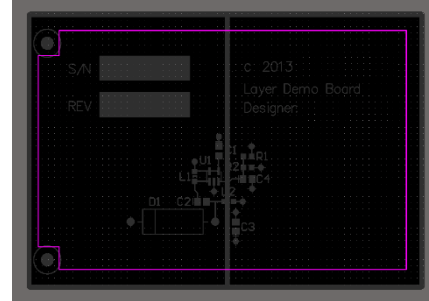
## 12 Annexes

Visualisation des différentes couches utiles lors du design de PCB :

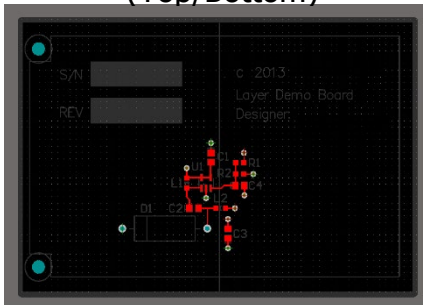
Mechanical Layers



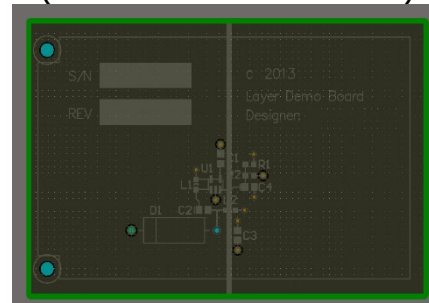
KeepOut Layers



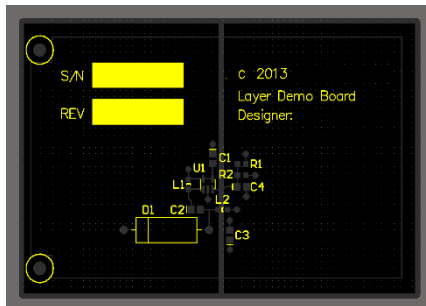
Routing Layers  
(Top/Bottom)



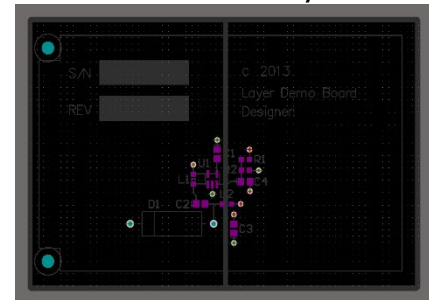
Routing Layers  
(Ground and Power Plane)



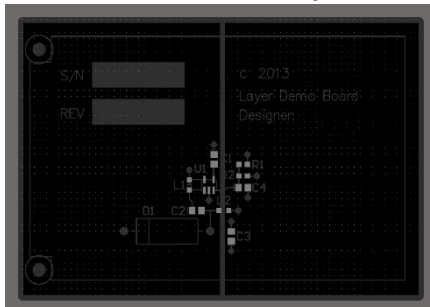
Overlay Layers  
(Silkscreen)



Solder Mask Layers



Solder Paste Layers



### Description des différentes couches:

Gardez à l'esprit que tous les circuits imprimés ne contiennent pas toutes les couches énumérées - le besoin de différents types de couches dépend des spécificités de votre conception. Les cartes monocouches comprennent généralement : une couche mécanique, une couche de protection, une couche de routage, une couche de recouvrement, une couche de masque de soudure et une couche de pâte à souder. Les circuits imprimés multicouches contiennent ces mêmes couches ainsi qu'un mélange de plans d'alimentation supplémentaires, de plans de masse et d'autres couches de routage. Les cartes les plus courantes sont les PCB à 2, 4 et 6 couches, mais il n'est pas rare d'avoir des PCB comportant plus de 12 couches.

### Mechanicals layers:

Vous pouvez avoir plusieurs couches mécaniques, mais **il vous en faut au moins une** pour fabriquer votre carte. La couche mécanique la plus basique (parfois appelée Mechanical 1) définit les dimensions physiques de votre carte. Elle est représentée par le contour rose dans l'image ci-dessus. Le fabricant utilisera cette couche pour découper votre carte de circuit imprimé dans son stock de matériaux.

### Keep out layers:

Alors que la couche mécanique définit les limites physiques de votre carte, la couche "keep out" spécifie les contraintes sur la zone de travail de votre conception. Par exemple, si vous souhaitez que tous les composants soient retirés de 1/2 pouce du périmètre de votre carte, la couche keep out imposera cette contrainte à votre conception. Ce n'est pas une couche qui est fournie au fabricant, mais elle fonctionne plutôt avec votre logiciel de conception pour fournir un retour d'information au concepteur au fur et à mesure qu'il développe sa conception pour indiquer s'il viole ou non les limites prédéterminées.

Les délimitations ne se limitent pas non plus au périmètre de votre panneau, elles peuvent être utilisées pour identifier les segments de l'intérieur qui doivent rester libres pour des raisons mécaniques ou autres. Dans l'image ci-dessus, le keep out limite notre zone de travail aux bords extérieurs du PCB et à proximité des deux trous de montage sur le côté gauche de la carte.

### Routing layers (top et bottom):

Les couches de routage sont utilisées pour les interconnexions de composants. Ce sont les couches que les concepteurs passent la majorité de leur temps à perfectionner. Les couches de routage peuvent être situées sur les couches externes (appelées couches supérieures (top) et inférieures(bottom)) et internes de votre PCB. Ces couches doivent être fournies à votre fabricant pour créer votre carte. L'image ci-dessus représente la couche supérieure du PCB, ce qui signifie qu'en plus du routage des interconnexions des composants, vous voyez également les pastilles pour les composants réels.

### **Routing layers (ground et power plane):**

Les plans de masse et les plans d'alimentation sont des couches de cuivre solides court-circuitées à un potentiel fixe. Très simplement, les plans de masse sont connectés à GND et les plans d'alimentation sont connectés à l'une de vos tensions embarquées. Comme les couches de routage, elles peuvent être situées sur le dessus, le dessous ou à l'intérieur de la carte.

### **Overlay layers (Silkscreen)**

Les couches de superposition ou de sérigraphie fournissent, entre autres, les désignations textuelles de vos composants sur les couches supérieure et inférieure. Si vous utilisez ces couches, des fichiers séparés doivent être fournis au fabricant pour les couches supérieure et inférieure. Il n'est pas nécessaire d'avoir des superpositions sur les couches internes (vous ne pourriez jamais les voir !). Si vous ne souhaitez pas avoir de texte sur votre panneau, ces fichiers ne sont pas nécessaires. Cependant, le texte est immensément utile, surtout lors du débogage des cartes en laboratoire.

Par exemple, si vous voulez connaître le potentiel à une borne de la résistance R2, il vous suffit de trouver le texte "R2" imprimé sur votre carte et de le sonder. C'est beaucoup plus facile que l'option plus fastidieuse consistant à se reporter à votre conception sur l'ordinateur ou à des impressions papier. Les couches de superposition sont également parfaites pour inclure le nom de votre entreprise, le nom de votre conception, le numéro de révision et le numéro de série de la carte. En général, des cases vierges sont imprimées pour les numéros de révision et de série afin qu'ils puissent être inscrits ultérieurement à l'aide d'un autocollant sur la carte.

### **Solder mask layers:**

Si vous avez déjà vu un circuit imprimé, vous connaissez sans doute son étrange couleur verte. Cette fine couche de protection verte (en général) sur le dessus et le dessous d'un PCB s'appelle le masque de soudure et permet de protéger les traces de court-circuit lorsque des débris sont présents sur votre PCB. Toutes les cartes n'incluent pas un masque de soudure et il peut y avoir des circonstances où vous voulez un masque de soudure sur la couche supérieure, mais pas sur la couche inférieure ou vice versa (à des vitesses élevées, il y a quelques problèmes de performance à considérer avec le masque de soudure).

Si vous optez pour un masque de soudure, vous devez fournir des fichiers pour toutes les couches où ce recouvrement est souhaité (les couches supérieure et inférieure sont les seules options). Un dernier détail, les masques de soudure sont spécifiés comme négatifs. En d'autres termes, les zones qui ne doivent pas être couvertes seront remplies sur votre couche de masque de soudure. Cela est évident lorsque l'on examine l'exemple de masque de soudure ci-dessus. Les seules taches violettes sur la couche supérieure correspondent aux pastilles des composants. Bien sûr, nous ne pouvons pas avoir de masque de soudure couvrant les endroits où nos composants doivent établir un contact électrique avec la carte !

### Solder paste layers:

La pâte à braser est un matériau utilisé pour faciliter le soudage des composants montés en surface sur un PCB. Les pastilles des composants montés en surface que vous utilisez dans votre conception spécifieront la pâte à braser dans la zone de cuivre exposée (non couverte par le masque de soudure). Lorsque la carte est peuplée de composants montés en surface, la pâte à souder permet à la soudure de mieux s'écouler, car elle lie le cuivre à la surface.

Quelques abréviations régulièrement utilisées lors du design de PCB :

- **PCB : Printed Component Board** ⇒ Se traduit par **Circuit Imprimé**.

Le terme **PCB** peut désigner aussi bien la carte électronique en époxy sans les composants que le dessin CAO de cette carte.

- **ECOs : Engineering Change Order** ⇒ Passerelle logicielle entre l'éditeur de schéma et le **PCB**.

Cette passerelle est bidirectionnelle : une modification sous le schéma est répercutée sur le PCB, une modification **PCB** peut être mise à jour dans le schéma.

- **Les fichiers GERBER** ⇒ Format de fichier de fabrication

Ce sont des fichiers textes décrivant les paramètres physiques du **PCB** nécessaires à l'usinage de la carte : dimensions physiques, dessin des pistes, positions et diamètres des perçages...

Ces fichiers sont générés à l'issue du dessin

- **BOM : Bill Of Materials** ⇒ Nomenclature de la carte électronique sous la forme d'un fichier texte.
- **DRC ⇒ Design Rules Check** ⇒ règles mécaniques paramétrées qui sont vérifiées lors du dessin du **PCB**.