

Tutorial d'utilisation de PROTEL DXP

Altium Designer, service pack 4

Altium DXP est un logiciel de CAO électronique permettant de saisir des schémas, de les simuler et de créer les typons des circuits imprimés associés. Il permet aussi de générer du code VHDL pour des circuits logiques programmables et de réunir en simulation électronique numérique et électronique analogique.

Ce tutorial est un extrait qui vous guide dans la **réalisation d'un premier circuit imprimé** : c'est la partie Protel DXP qui sert ici.

Attention : ce tutorial, écrit par A. Juton **pour le département GE2** de l'IUT de Cachan, utilise une bibliothèque qui n'est pas forcément celle qui sera utilisée en GE1 (même si elles ont beaucoup en commun). Vous disposerez d'un autre document spécifique à GE1 pendant les TP GE1.

Le tutorial d'A. Juton vous est distribué parce qu'il présente des notions, pas forcément connues de tout le monde, qui ne figurent pas dans le tutorial GE1 : du vocabulaire par exemple, ou comment fabriquer concrètement le circuit imprimé (cette étape n'est pas faite par les étudiants en GE1, elle est confiée à un technicien). Ces informations sont utiles et viennent donc compléter le document GE1.

Sommaire

Sommaire.....	3
1. Créer un premier circuit imprimé.	4
Créer un projet	4
Créer un schéma.....	5
Réaliser le typon (PCB) du circuit imprimé.....	9
Réaliser le circuit imprimé	13
2. Les librairies	18
Ajouter des librairies de composants.....	18
Créer une librairie pour un composant nouveau.	18
3. Options avancées pour la création d'un schéma	24
Miroir :	24
Annotation automatique des composants.	24
4. Options avancées pour la création d'un typon.....	25
La création du PCB.....	25
Configuration de votre typon.....	26
Définition de la forme de votre carte.....	26
Exporter le schéma vers le typon.....	28
Définition des règles de routage	28
Routage	31
Modifier un même paramètre pour plusieurs objets.....	32
Créer un plan de masse et un plan d'alimentation	33
Vérifier votre routage	35

1. Créer un premier circuit imprimé.

A travers ces quelques pages, nous vous proposons de réaliser pas à pas un circuit imprimé à l'aide de Protel DXP et des outils de réalisation du bâtiment G.

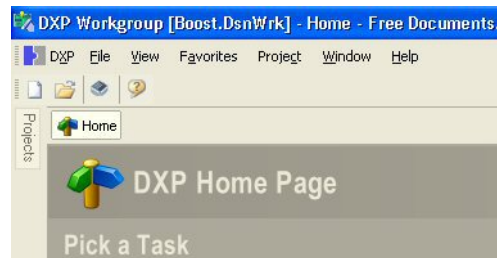
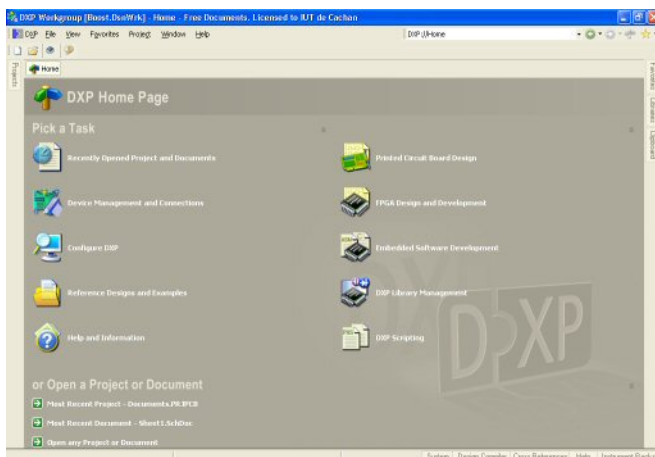
La première chose à faire lorsque vous ouvrez Protel DXP est d'ouvrir ou de créer un projet. Sans cela, aucun lien n'est possible entre vos fichiers de simulation et votre schéma, ou entre votre typon et votre schéma. Il est donc impératif que vous travailliez TOUJOURS dans un projet.

Après avoir vu comment créer un projet, nous verrons comment saisir le schéma, et créer le typon du circuit imprimé associé. La partie simulation est traitée dans la partie 3 de ce tutorial et réservée à votre prochain projet sous Protel.

Nous vous conseillons d'avoir un répertoire par projet et de nommer tous les fichiers avec un nom intelligent (bannir *essai* et *schéma* de votre répertoire de noms de fichiers). Pour limiter les problèmes d'encombrement du réseau, travaillez pendant la séance sur le disque local (E: au bâtiment G) et à la fin de la séance, copiez votre répertoire de travail sur votre compte (U:\).

Créer un projet

⇒ Ouvrez PROTEL DXP

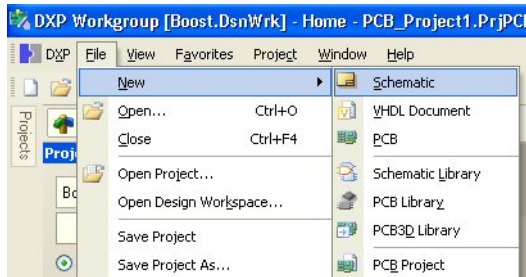


⇒ Sélectionnez File → New → Project → PCB Project

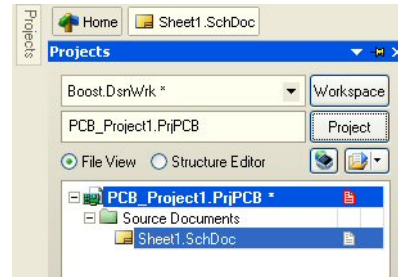
Juste après avoir créé votre projet, enregistrez-le dans un répertoire associé à ce projet. Votre projet créé, vous pouvez désormais y associer schéma, typon et fichiers de simulation (et bien d'autres choses encore).

Créer un schéma

Dans votre projet, sélectionnez File → New → Schematic



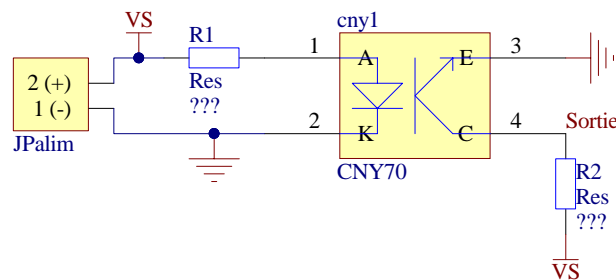
Avant



Après

Dès que votre schéma est créé, pensez à l'enregistrer dans votre répertoire, sous un nom intelligent.

En suivant les étapes qui suivent, vous allez créer le schéma ci-dessous :

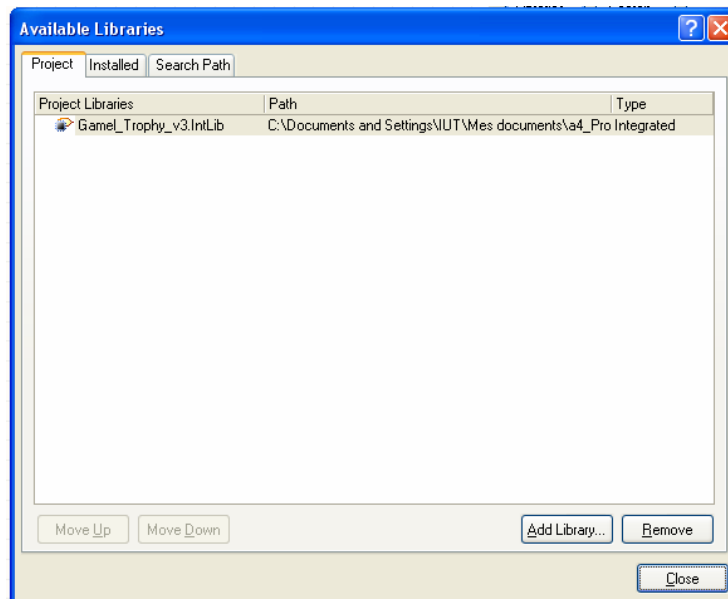


Librairies

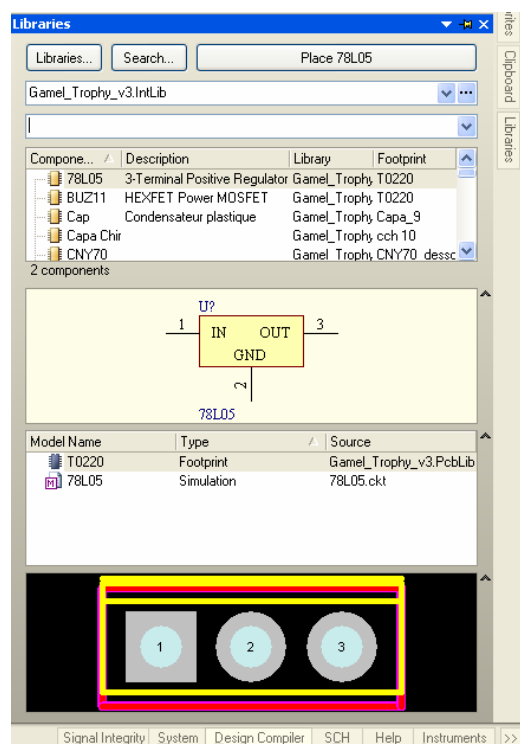
Quand la feuille vierge de schéma est créée, vous pouvez lui associer une librairie. La seule librairie à utiliser pour ce premier circuit est celle intitulée *Gamel_Trophy_v3.intlib*. Les empreintes de cette librairie ont été dessinées en fonction des composants disponibles au magasin.

Copiez cette librairie depuis *Y:\commun\Gamel_Trophy\librairies* dans votre répertoire de travail. Ensuite, lorsque vous êtes sur la feuille de schéma, cliquez sur l'onglet *libraries* à droite pour faire apparaître la fenêtre *libraries*. (si l'onglet *libraries* ne s'affiche pas, vous pouvez ouvrir la fenêtre depuis l'onglet *system* en bas à droite de l'espace de travail)

Dans cette fenêtre, cliquez sur *libraries...* → *Project* → *Add Library...* puis indiquez le chemin menant à votre librairie.



La librairie est désormais ajoutée à votre projet. Cliquez sur Close pour revenir à votre schéma. Vous trouvez sur votre droite dans la fenêtre Librairies les composants de la librairie Gamel Trophy v3.



Ajouter des composants à un schéma

Dans la fenêtre librairie, vous pouvez remarquer qu'à chaque composant est associé un symbole et une empreinte. Le symbole se retrouvera sur votre schéma et a autant de connexions possibles que votre composant a de broches. L'empreinte se retrouvera sur le typon. En jaune est représentée la forme du composant physique, vu de dessus. En gris, on retrouve les broches du composant, toutes associées à une connexion du symbole.

Pour qu'un PCB puisse être réalisé, il est indispensable que tous les composants du schéma aient une empreinte (footprint en anglais).

Pour placer un composant, double-cliquez sur le nom du composant qui vous intéresse et déposez-le sur schéma. Pendant le déplacement du composant, la barre d'espace permet de le faire tourner.

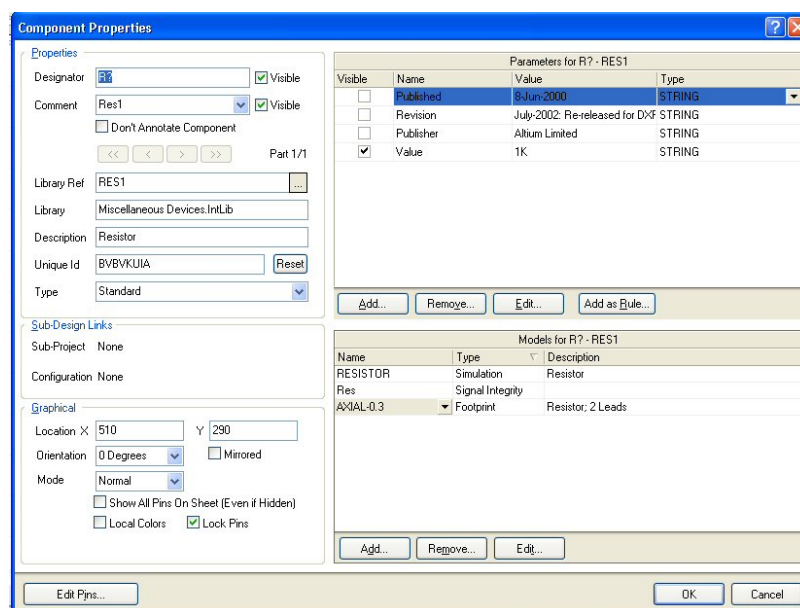
Cliquez à gauche pour poser le composant, puis à droite si vous n'en avez plus besoin. Pour supprimer un composant, cliquez sur le composant et appuyez sur la touche Supprimer du clavier.

Déposez sur votre schéma deux résistances (res), un connecteur alim 2 points et un capteur CNY70. Disposez-les de manière intelligente.

Pour zoomer utilisez les touches Pages down et Page Up.

Modifier les paramètres d'un composant

Pour modifier les référence, valeur et désignation d'un composant, double-cliquez sur le composant, la fenêtre *Component Properties* apparaît alors :



Chaque composant doit avoir un désignateur unique pour l'ensemble des schémas d'un projet. Il est préférable de garder le désignateur par défaut et de rajouter simplement un numéro à la place du point d'interrogation.

Dans cette fenêtre, modifiez les désignateurs de tous vos composants et donnez une valeur à chaque résistance.

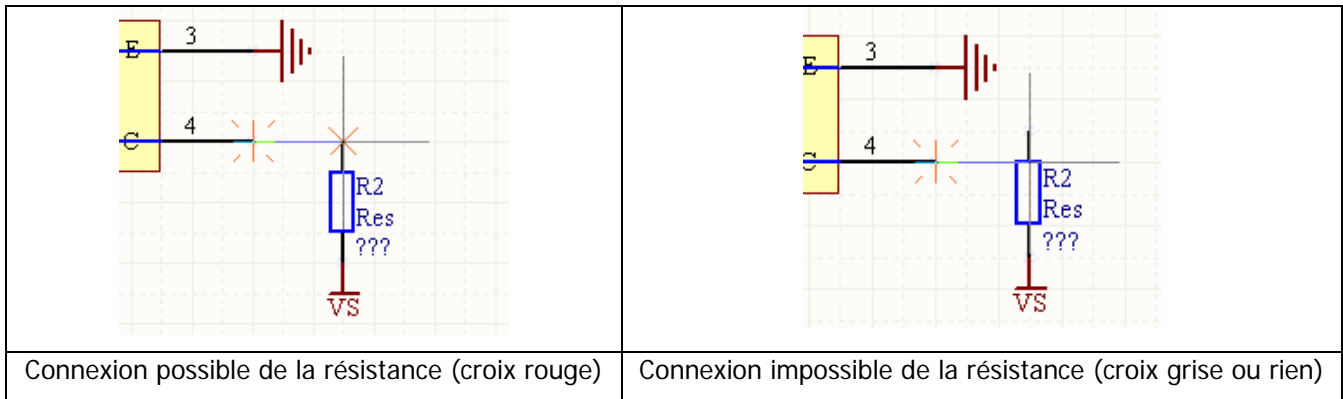
Créer des connexions entre les composants

Vous avez désormais 4 composants sur votre schéma. Il faut réaliser les connexions entre eux.

Cliquez sur le bouton  (Place Wire)

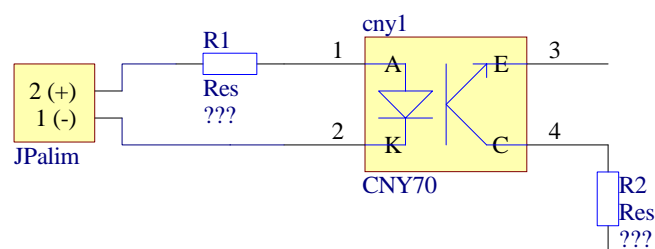
Cliquez sur le point de départ, relâchez, déplacez la souris jusqu'au point d'arrivée, cliquez encore. Lorsque vous cliquez pour la seconde fois, la liaison est créée et le fil, interrompu.

La connexion n'est possible que lorsque s'affiche une croix rouge à l'extrémité de votre curseur. Si la croix est grise, cela signifie que vous êtes dans une zone de connexion impossible.



Lorsque deux broches sont proches sur le schéma, il est possible de les connecter directement sans l'intermédiaire d'un fil. Il suffit de glisser un composant au contact de l'autre, si une croix rouge apparaît, la connexion est possible et se fera lorsque vous relâcherez.



Réalisez toutes les liaisons qui vous semblent utiles. Lorsque vous avez fini, pour quitter la fonction Place Wire faites un clic droit. Votre schéma doit ressembler alors à celui-ci :



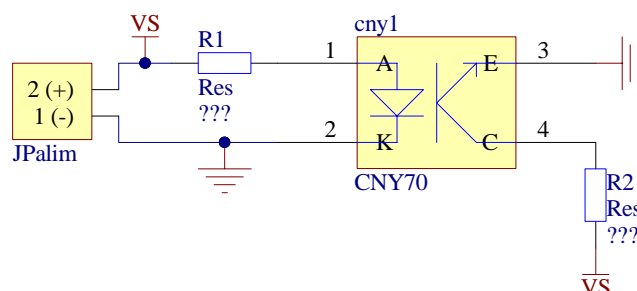
Ajouter des alimentations ou des masses

Pour pouvoir simuler un montage, il faut ajouter des sources de tension et une référence de tension (la masse). Si vous placez différents symboles de masse (GND), ils sont implicitement connectés entre eux. Inutile de rajouter des connexions avec des fils, cela allègera votre schéma.




Cliquez sur le bouton  pour ajouter une masse et sur le bouton  pour insérer une alimentation.

Votre schéma doit désormais ressembler à ceci :

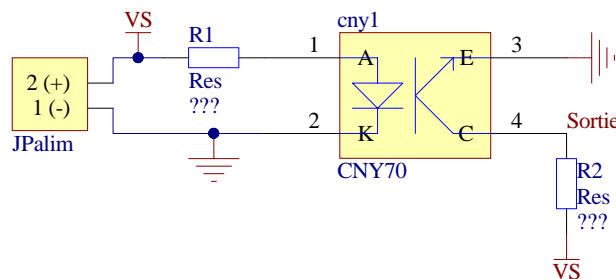


Nommer une connexion

Pour simuler facilement un schéma, il est préférable de donner un nom à chaque fil ou isopotentielle (ensemble des points reliés au même potentiel électrique) rattaché à un signal utile.

Cliquez sur  (Net, icône placée après l'icône de placement de fils). Rajoutez un NetLabel à l'isopotentielle sortie. En double-cliquant sur ce NetLabel, vous pouvez changer son nom. Nommez-le *sortie*.

ATTENTION : Il ne faut pas mettre d'espace dans le nom d'un NetLabel. Utilisez '_' pour séparer des termes. L'utilisation d'espaces dans les NetLabel provoque des erreurs de simulation.



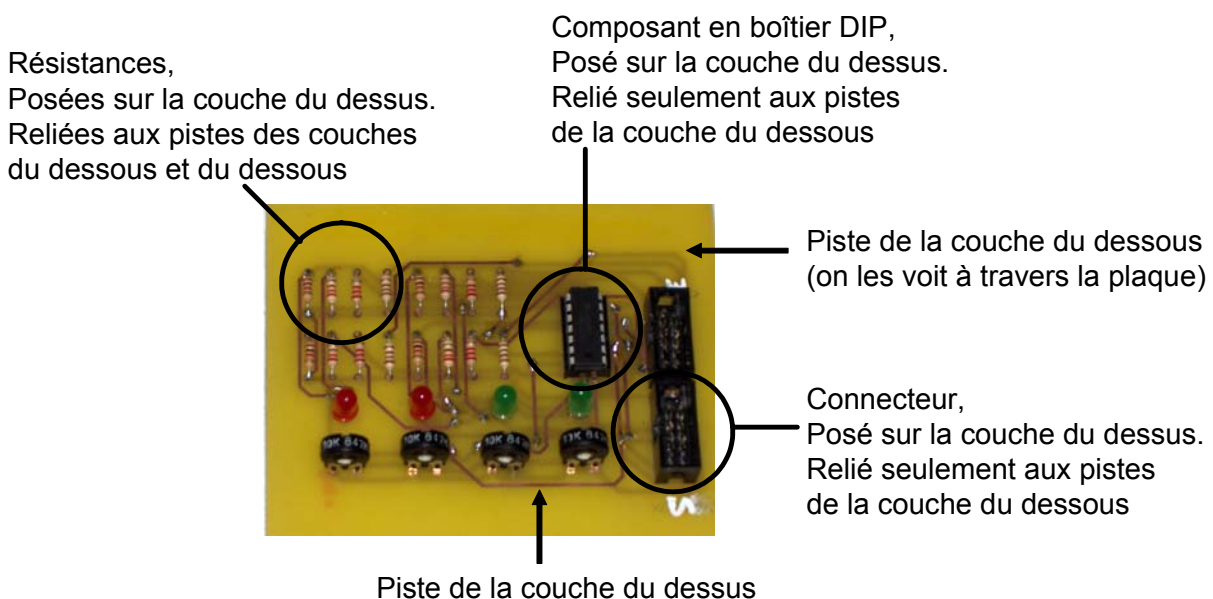
Réaliser le typon (PCB) du circuit imprimé

Notre schéma réalisé, vient maintenant le temps de créer un typon pour le circuit imprimé. Ce typon est un masque où chaque piste dessinée sera remplacée par une piste en cuivre sur le circuit imprimé.

La couche du dessus (Top Layer) est réservée au placement des composants. On y ajoutera des pistes que lorsque c'est indispensable. La couche du dessous (Bottom Layer) est réservée aux pistes, on y ajoutera des composants que lorsque c'est indispensable.

La couche Top Overlay contient les dessins des composants et la couche Mechanical est destinée à accueillir vos cotations, vos lignes de contours de cartes, etc...

Voici un exemple de carte électronique double face (avec des pistes sur le dessus et le dessous).



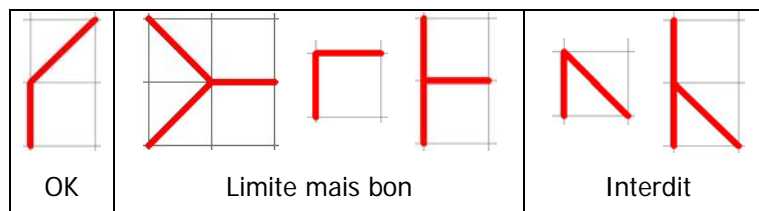
Vous n'allez pas ici créer vous-même le PCB mais vous allez reprendre le typon de base (il comprend simplement la forme de la carte et la configuration des tailles de piste) fourni dans Y:\commun\Gamel Trophy\Librairies\Tutorial_Protel.PCBDOC. Pour ajouter ce typon de base, copiez-le d'abord dans votre répertoire de travail.

Ensuite, dans la fenêtre *projects* (onglet à gauche de l'espace de travail ou présent dans l'onglet *system>project*), cliquez avec le bouton droit sur le nom de votre projet et sélectionnez *Add existing to project...* Indiquez ensuite le répertoire de travail où vous avez stocké le typon de base.

Les règles d'or du routage

Bien router une carte c'est avant tout suivre certaines règles :

- ⇒ Une piste a toujours une largeur supérieure ou égale à 0,4 mm
- ⇒ Plus il y a de courant, plus la piste doit être large. Les pistes de puissance (alimentation, masse, moteurs...) par exemple doivent être de 1 mm de large au minimum.
- ⇒ Lorsque vous routez (lorsque vous tracez les pistes reliant les composants), il ne faut surtout pas qu'une piste fasse une boucle fermée.
- ⇒ Il ne doit pas y avoir sur un routage d'angles inférieurs à 90°.



Exporter le schéma vers le PCB

Pour exporter le schéma vers le PCB, retournez sur votre feuille schéma et cliquez sur Design → Update PCB document.

Dans la fenêtre qui s'affiche, vous voyez l'ensemble de vos composants et l'ensemble des connexions. Décochez la case *Add Rooms*, Cliquez sur *validate* puis *Execute*.

Lorsque vous retournez sur votre typon, cliquez sur View → Fit Document. Vous voyez alors dans un coin vos composants, reliés entre eux par des « cheveux », correspondant aux connexions du schéma.

Placement des composants

Vous devez réaliser le placement des composants (ceux-ci sont généralement placés, après l'importation, à droite de la feuille). On commence par les rapprocher :

Amenez vos composants à coté (ou dans) les limites de votre carte, en les sélectionnant :

- Cliquez et maintenez appuyé.
- Déplacez la souris pour que tous vos composants se retrouvent dans le cadre qui se dessine au fur et à mesure.
- Faites glisser les composants

Appuyez sur la touche ESPACE permet de faire effectuer une rotation du composant de 90° dans le sens trigonométrique.

Quand vous placez les composants, il faut que les « cheveux » se croisent le moins possible et soient le plus courts possible.

Appuyez sur la touche L permet de passer le composant sur la couche du dessous (c'est à dire de l'autre coté de la carte). C'est le cas du capteur CNY70.

ATTENTION : Bien placer ses composants permet de simplifier le routage. Prenez beaucoup de temps pour réfléchir à votre placement.

Routage

Une fois vos composants placés, il convient de transformer les cheveux en pistes. Cette opération s'appelle le routage.

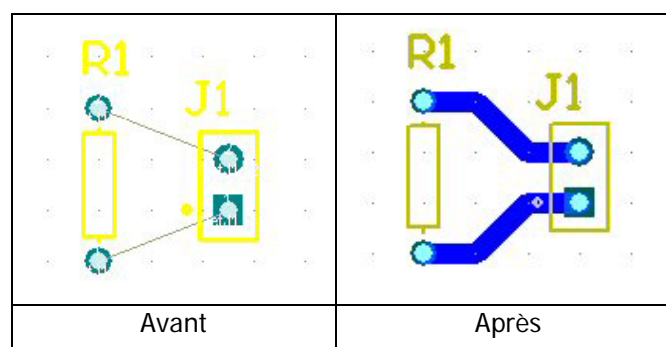
⇒ Sélectionnez la couche Bottom Layer



⇒ Cliquez sur le bouton  nommé *Interactively Route Connections*.

⇒ Cliquez sur le point de départ, cliquez à chaque angle de la piste, jusqu'à ce qu'elle ait atteint son extrémité.

⇒ Répétez l'opération tant que tous les cheveux ne sont pas devenus des pistes.



Attention, mis à part les résistances et les capacités, la plupart des composants ne peuvent être connectés qu'à des pistes situées sur la face opposée au composant. Le connecteur, situé sur la couche du dessus ne

peut être connecté qu'à des pistes de la couche du dessous. Le capteur CNY70 situé sur la couche du dessous ne peut être connecté qu'à des pistes de la couche du dessus.

Pour passer d'une couche à une autre, on utilise la touche * ou les onglets situés en bas à gauche de l'espace de travail. Un via permet de faire une connexion entre une piste du dessus et une piste du dessous.



Pour placer un via, Cliquez sur l'icône nommée *Place Via*.

Comment modifier la largeur des pistes.

Les pistes usuelles doivent faire au minimum 0,4 mm et de préférence 0,5 mm et les pistes de puissance GND et VS, au minimum 1mm de large.

Lorsque vous commencez à router une piste, appuyer sur TAB pour modifier la taille de la piste.

Si la piste a déjà été tracée, vous pouvez modifier sa taille en double-cliquant dessus.

Achever son routage

Une fois que vous pensez avoir terminé votre routage, vous devez vérifier que tout est convenablement achevé. Cliquez sur Tools → Design Rule Check puis dans la nouvelle fenêtre, cliquez sur le bouton

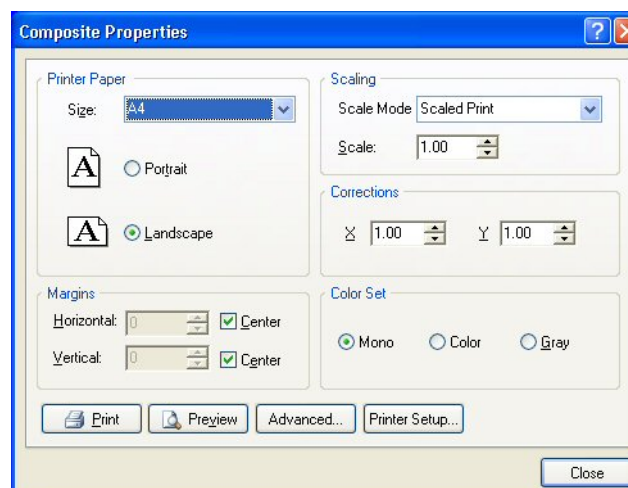


Vérifiez dans la fenêtre qui s'ouvre qu'il n'y a pas d'erreur.

Imprimer le résultat.

Cliquez sur File → Page Setup.

Modifiez les paramètres pour obtenir :



Cliquez en suite sur le bouton *Advanced...*

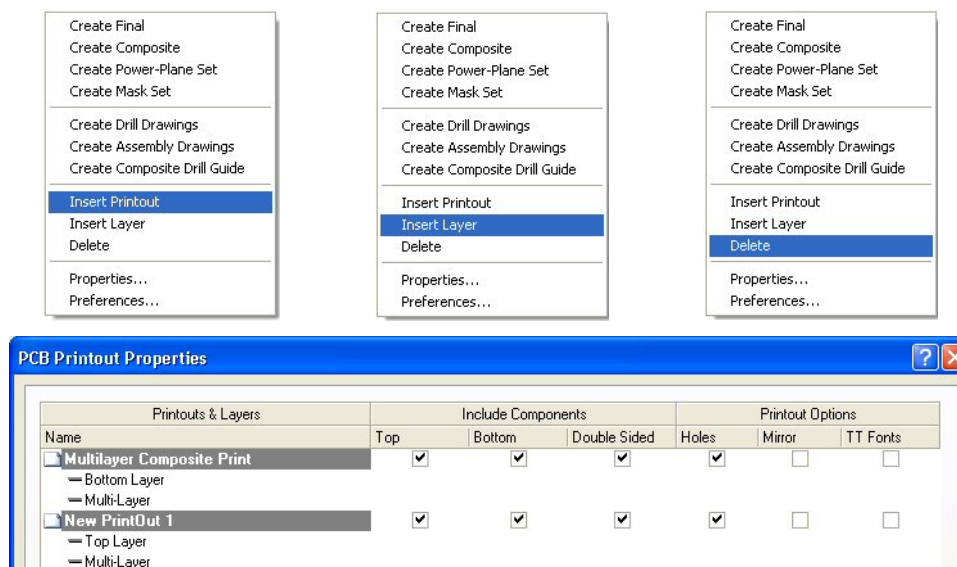
La fenêtre qui s'affiche alors présente les différentes pages que vous allez imprimer :

- ⇒ Les Printout représentent les feuilles (en gris).
- ⇒ Les layers représentent les couches à afficher.

Parmi les couches (layers), on remarquera :

- ⇒ *Top Layer* et *Bottom Layer* représentent les couches du dessus et du dessous.
- ⇒ *Multilayer* est une couche où sont placés les éléments présents sur toutes les couches (les pastilles des composants et les vias, éléments qui traversent la carte de la couche du dessus à la couche du dessous). Le plus souvent, on place cette couche sur toutes les feuilles.
- ⇒ *Top Overlay* est la couche où sont placés les dessins des composants (en jaune sur votre typon).
- ⇒ *Mechanical 1* est la couche où l'on trace les lignes et dimensions liées à la forme physique de la carte (en violet sur le typon).

Modifiez, en utilisant les fonctions suivantes (accessibles en faisant des clic droits dans la fenêtre), les couches imprimées sur chaque page, pour obtenir quelque chose de similaire à la fenêtre ci-dessous :



En plus de ces feuilles correspondant aux couches des pistes (*Top Layer* et *Bottom Layer*), vous pouvez créer aussi une feuille avec les dessins des composants (Top Overlay), on la nomme schéma d'implantation des composants. Enfin, cliquez sur *OK*.

Cliquez Maintenant sur File → Print.

Vous récupérez les feuilles correspondant aux deux couches de votre circuit et le schéma d'implantation des composants. Les deux premières doivent être imprimées sur des feuilles de calque et la dernière sur du papier blanc.

Réaliser le circuit imprimé

Vous avez désormais vos calques, il vous faut maintenant vos composants et un morceau de carte pour circuit imprimé vierge. Pour l'obtenir auprès de la magasinier, retournez sur votre schéma, cliquez sur Report → Bill of Materials. La fenêtre vous donne alors l'ensemble des composants utilisés. Rajoutez dans la liste des paramètres visibles, la valeur des composants (utilisez l'ascenseur de la fenêtre en bas à gauche).

Ensuite, en cliquant sur le bouton Excel..., vous pouvez exporter votre liste dans un fichier .xls que vous ouvrirez et imprimerez avec OpenOffice.

Apportez cette liste signée par votre tuteur de projet au magasin.

Positionner ses calques et sa carte

Le positionnement de vos calques sur la carte est très important, c'est la première source d'erreurs des étudiants en réalisation. Pour bien positionner vos calques, reprenez votre typon sur Protel : Toutes les couches sont des impressions vues de dessus. Placez alors les calques et la plaque comme pour faire un sandwich :

- ⇒ d'abord le calque Bottom Layer, encre au-dessus
- ⇒ ensuite la plaque photosensible
- ⇒ enfin, le calque Top Layer, encre au-dessus.

Pour être sûr que les trous des deux calques sont bien en face, ôtez la plaque, ajustez la position des calques et scotchez-les. Remettez la plaque. Faites vérifier le tout à votre tuteur de projet.

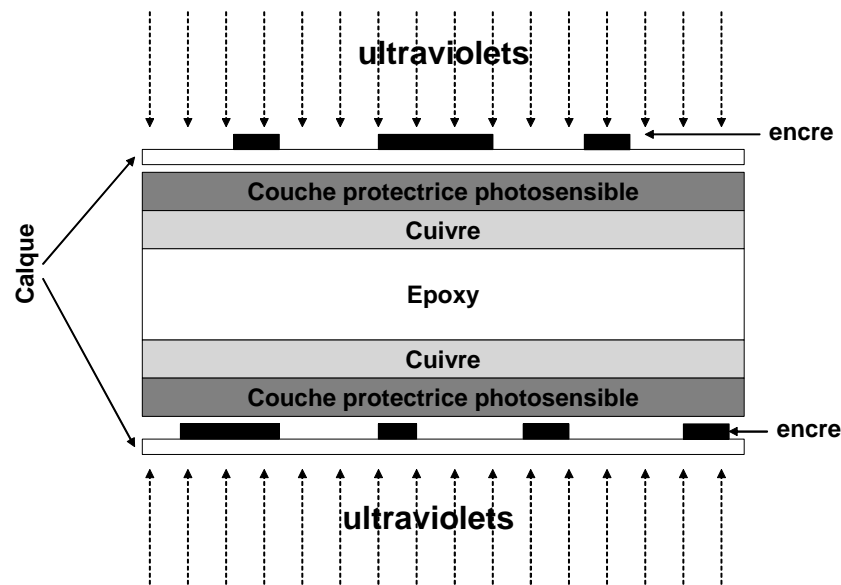
Ensuite, rendez-vous à l'atelier de gravure des circuits imprimés. Suivez les instructions au mur, en présence d'un enseignant pour votre première carte.

La plaque pour circuit imprimé que vous avez reçue est constituée de cette manière :

Couche protectrice photosensible
Cuivre
Epoxy
Cuivre
Couche protectrice photosensible

Première étape : L'insolation.

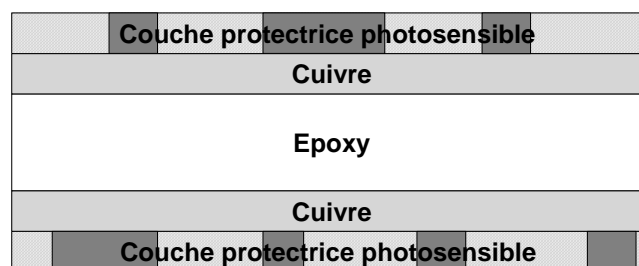
L'insolation permet de modifier la couche de protection du cuivre. Cette couche est photosensible et se modifie sous l'action des ultraviolets, sauf si de l'encre du masque la protège.



Placez le typon directement sur la vitre puis le circuit dépourvu de son film de protection là où se trouve les pistes. Bien chasser les bulles d'air entre le typon et la plaque grâce à la pompe à vide. L'insolation dure environ 110 s.

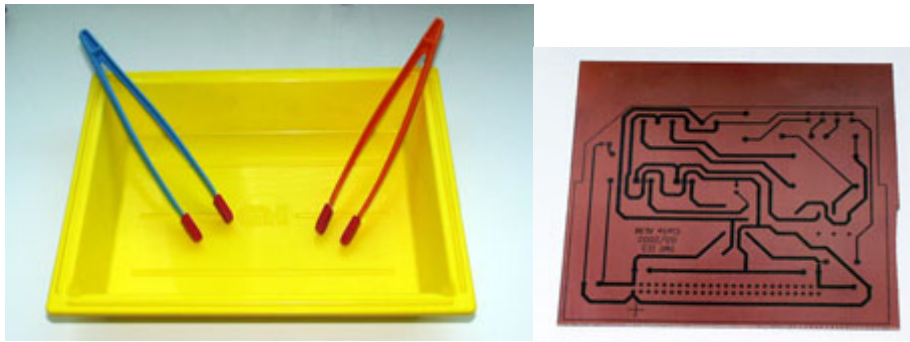


A la fin, ôtez les calques. La couche protectrice photosensible a été modifiée là où elle a été soumise aux ultraviolets. Votre plaque est désormais à l'image du schéma suivant, vous pouvez distinguer les pistes.



Deuxième étape la révélation.

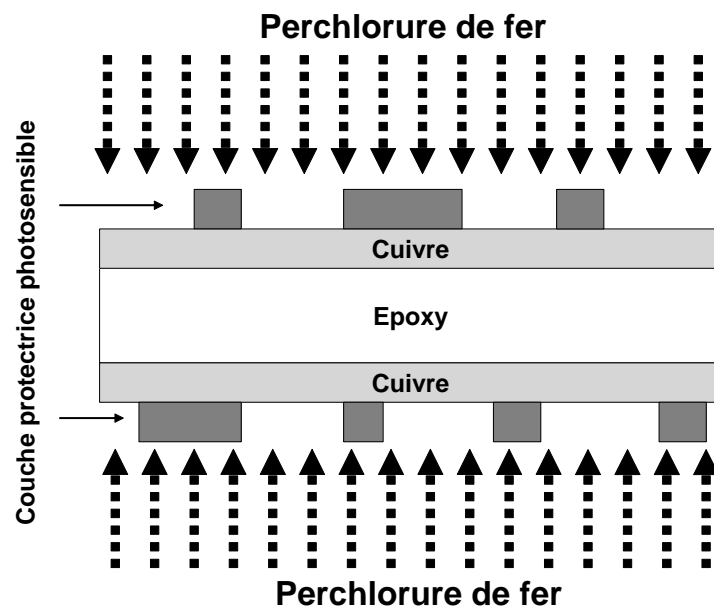
La révélation est l'étape de développement du circuit imprimé. On va ôter la couche de protection photosensible modifiée. Plongez le circuit dans le bain de révélateur en agitant légèrement jusqu'à ce que les pistes apparaissent sur le circuit. Rincez à l'eau après révélation.



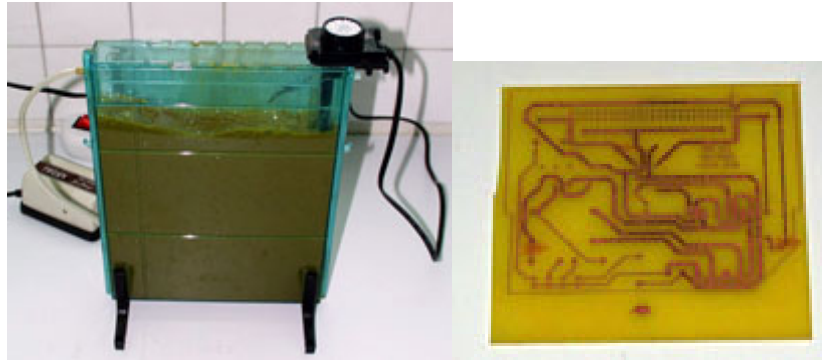
Après la révélation, la couche de protection photosensible a disparu là où elle a été insolée. Le cuivre est alors à nu dans ces endroits-là. On distingue bien les pistes, encore protégées par la couche protectrice.

Troisième étape : la gravure.

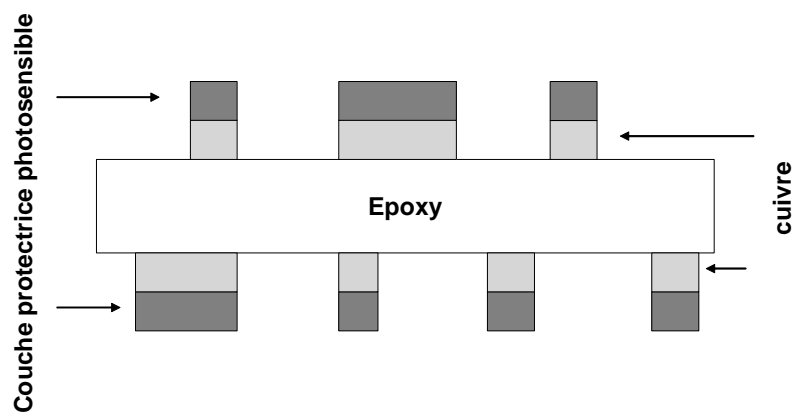
Pendant la gravure, le cuivre non protégé par la couche protectrice va être dissout par le perchlorure de fer.



Plongez le circuit dans le bain de perchlorure de fer à 50° pendant le temps nécessaire à la dissolution. Attention, le perchlorure de fer est un acide toxique et corrosif pour la peau et vos vêtements. Rincez à l'eau après la gravure. Là où il n'y a pas de piste, vous devez voir l'époxy (jaune). Si il reste du cuivre ailleurs que sur les pistes, repassez rapidement votre plaque dans la graveuse.



Lorsque la gravure a été bien faite, votre plaque est constituée de la manière suivante, seules les pistes apparaissent :



Quatrième étape : nettoyage


Il ne vous reste plus qu'à ôter la couche protectrice photosensible restante avec de l'acétone.

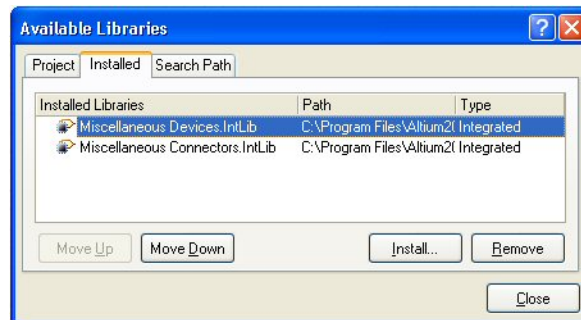
Dernière étape : Perçage et soudage.

Maintenant que le circuit est terminé, il faut encore le percer et souder les composants. Percez les trous correspondant aux résistances avec un foret de 0,8 mm. Pour la connectique, utilisez un foret de 1 mm.

2. Les librairies

Ajouter des librairies de composants

Si votre composant n'est pas dans la liste, il faut ajouter la librairie correspondante (souvent celle fournie par le fabricant du composant). Ouvrez la fenêtre Library grâce à l'onglet situé à gauche de l'écran. Cliquez sur le bouton  de la fenêtre Libraries :



Cliquez sur l'onglet Project puis sur le bouton *Add Library...*, et choisissez le constructeur de votre composant. Les librairies des fabricants de composants sont dans le répertoire :

D:\Program Files\Altium\Libraries.

Attention, ces composants ne sont pas toujours simulables. Pour éviter les soucis liés aux protections du réseau, il est préférable de copier la librairie dans votre répertoire de travail avant de l'ajouter à votre projet.

Pour obtenir les sources de simulation, vous devez charger la librairie **\Simulation\Simulation Sources.IntLib**.

Vous pouvez trouver sur Internet, sur le site d'Altium une liste de composants constamment mise à jour. Le composant que vous utilisez y a peut-être son empreinte.

Créer une librairie pour un composant nouveau.

Dans ce chapitre, nous allons voir comment créer une nouvelle librairie pour un composant qui n'est pas référencé. Nous prendrons l'exemple d'un simple connecteur d'alimentation.

Créer un projet librairie intégrée (schémas et empreintes)

Créez le projet : File→New→Project→integrated library

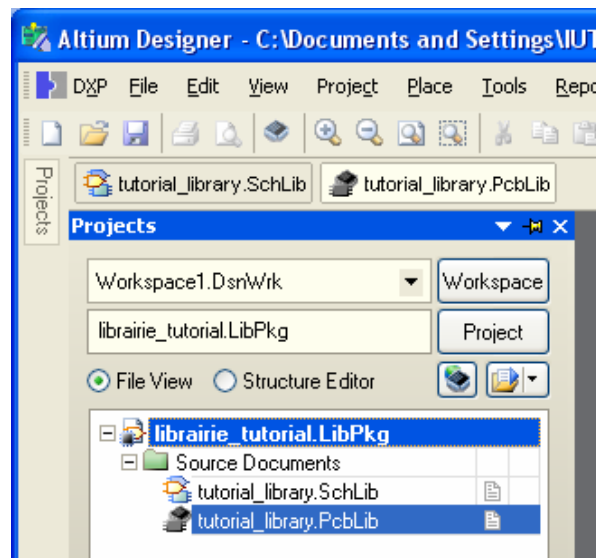
Enregistrez ce projet dans un répertoire de travail au nom adapté sur le disque local étudiant.

Ajouter une nouvelle librairie de schémas à ce projet : File→New→Library→schematic library

Enregistrez cette librairie de schémas dans le répertoire de travail.

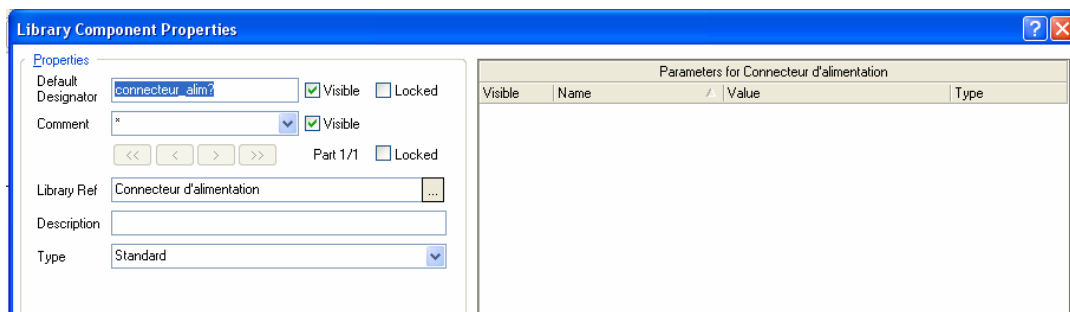
Ajouter une nouvelle librairie d'empreintes : File→New→Library→PCB library

Enregistrez cette librairie d'empreintes dans le répertoire de travail.

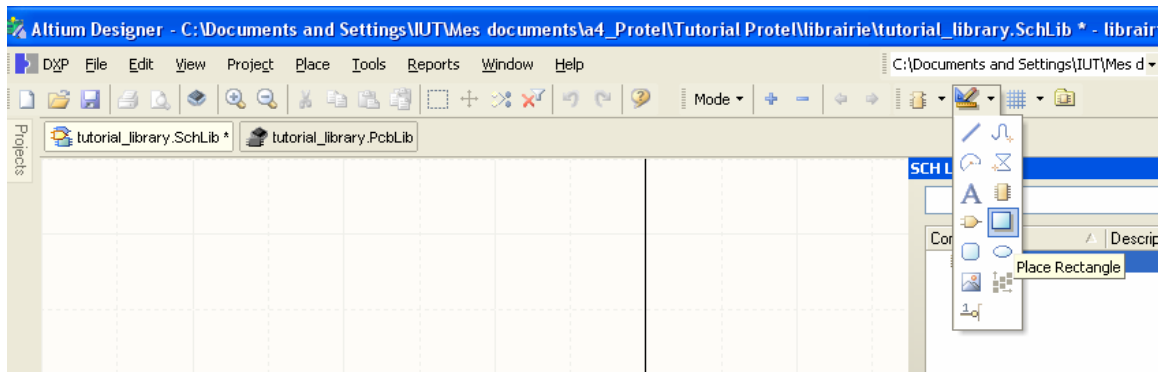


Créer un nouveau schéma de composant

Pour créer un nouveau composant, placez vous sur la feuille correspondant à la librairie de schémas (.SchLib). Cliquez sur l'onglet *SCH* en bas à droite puis sur *SCH Library* pour faire apparaître la fenêtre correspondant à votre librairie de schémas. Vous n'y voyez pour l'instant qu'un composant nommé Component_1. C'est ce composant que nous allons modifier pour qu'il ressemble à notre connecteur. D'abord, double-cliquez sur son nom pour afficher la fenêtre des propriétés du composant (*Library Component Properties*). Vous pouvez alors modifier son désignateur et son descriptif (qui apparaît lorsque vous cherchez le composant dans la librairie). Dans le désignateur, le « ? » permet ensuite d'utiliser la fonction Annotate qui numérote automatiquement tous les composants dont le désignateur comporte un point d'interrogation.

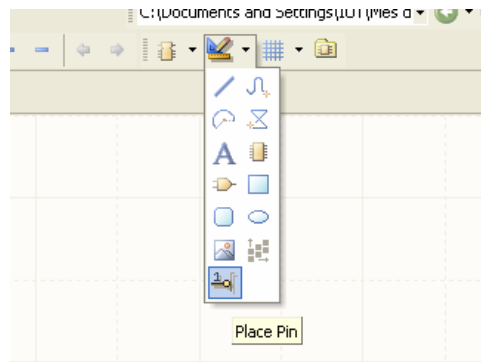


Dans la barre d'outils, choisissez parmi les fonctions de dessin, l'outil *Place Rectangle*.

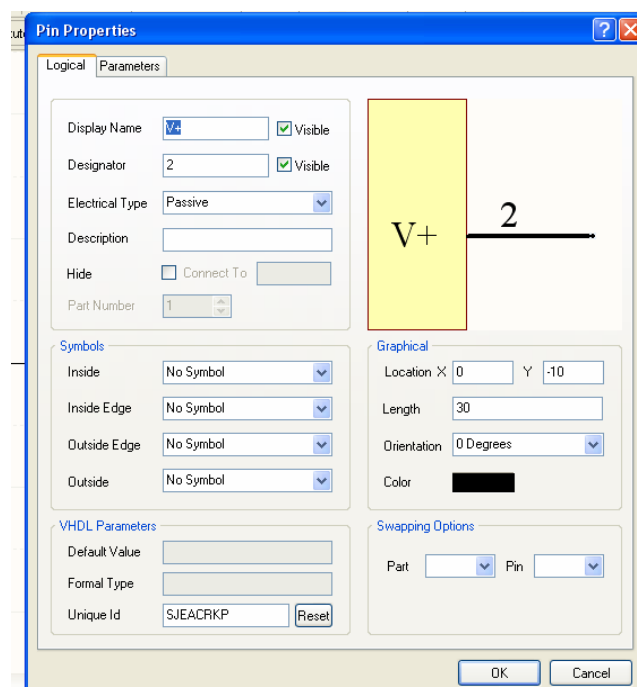


Dessinez ensuite un rectangle à l'aide de la souris (un clic sur le bouton gauche aux deux coins opposés du rectangle). Ce sera la forme du schéma de notre connecteur.

Puis, nous allons ajouter deux broches à ce connecteur à l'aide de l'outil *Place Pin*, situé au même endroit.



A chaque fois que vous ajoutez une broche (clic gauche de la souris), faites attention à la connexion (croix grise en bout de broche) : elle doit être à l'extérieur du composant, c'est là que se connecteront les autres composants. Dès qu'une broche est posée, double-cliquez dessus pour faire apparaître la fenêtre de propriétés (*Pin Properties*).



Vous pouvez modifier le nom de la broche (*Display Name*). Par contre, ne modifiez pas le désignateur (Designator). C'est lui en effet qui fera le lien avec l'empreinte que nous allons créer.

Enregistrez votre librairie de schéma.

Quand ce composant est terminé, dans la fenêtre *SCH Library*, vous pouvez en ajouter d'autres à l'aide de la touche *Add*. Vous pouvez aussi utiliser les fonctions copier-coller pour récupérer des schémas dans d'autres librairies.

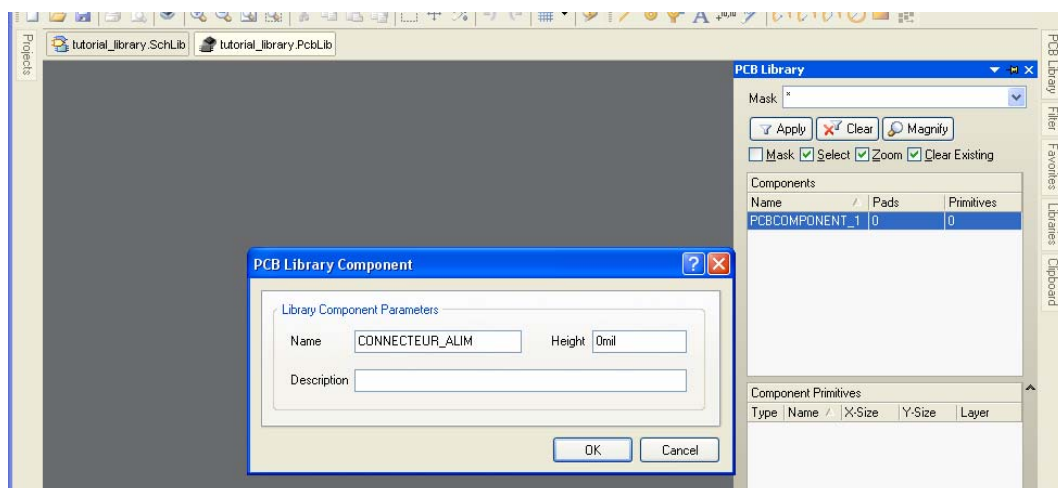
Créer une nouvelle empreinte de composant

Pour créer une nouvelle empreinte, placez vous sur la feuille correspondant à la librairie d'empreintes (.PcbLib). Ouvrez la fenêtre des options (Tools→Library options) pour choisir votre grille et pour choisir de travailler en métrique et non en impérial si vous préférez.

Cliquez sur l'onglet *PCB* en bas à droite puis sur *PCB Library* pour faire apparaître la fenêtre correspondant à votre librairie d'empreintes.

Si l'empreinte que vous souhaitez existe dans une autre librairie, ce qui est fort possible, nul besoin de la redessiner (gardez votre temps pour réinventer le fil à couper le beurre...). Vous pouvez ouvrir cette librairie : File→Open Project... Choisissez alors la librairie où vous pensez trouver l'empreinte. Il faut ouvrir le fichier *library package* (.LibPkg) ou le fichier *integrated Library* (.IntLib) ce qui provoquera la restauration du fichier *Library Package*. On ouvre ensuite la fenêtre *PCB Library* de cette librairie et par copier-coller, on importe l'empreinte dans la fenêtre *PCB Library* de notre nouvelle librairie.

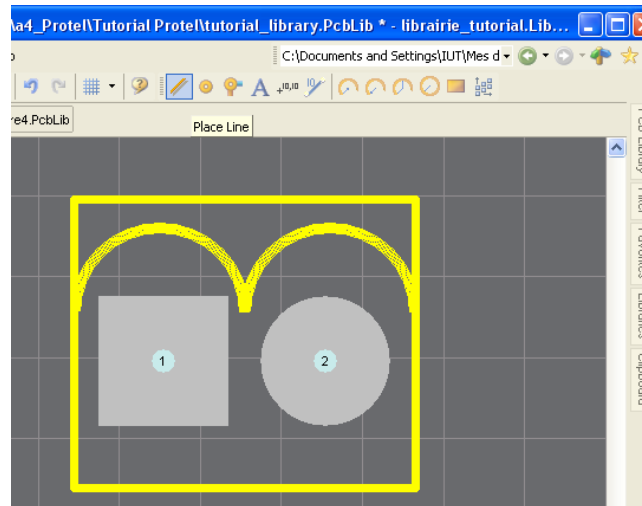
Si jamais votre empreinte n'existe pas dans une des librairies de Protel, vous devez la dessiner vous-même. Vous ne voyez pour l'instant qu'une empreinte nommée PCBCOMPONENT_1 dans la fenêtre *PCB Library*. C'est cette empreinte que vous allez modifier pour qu'elle ressemble à l'empreinte de notre connecteur. D'abord, double-cliquez sur son nom pour afficher la fenêtre des propriétés de l'empreinte (*PCB Library Component*). Vous pouvez alors modifier son nom.



Ensuite, pour dessiner l'empreinte, munissez-vous de la datasheet du composant pour avoir des cotations très précises. Pour être précis dans le dessin, vous utiliserez les indications sur la position du curseur présentes en bas à gauche. N'hésitez pas à zoomer à l'aide des touches PgUp et PgDn.

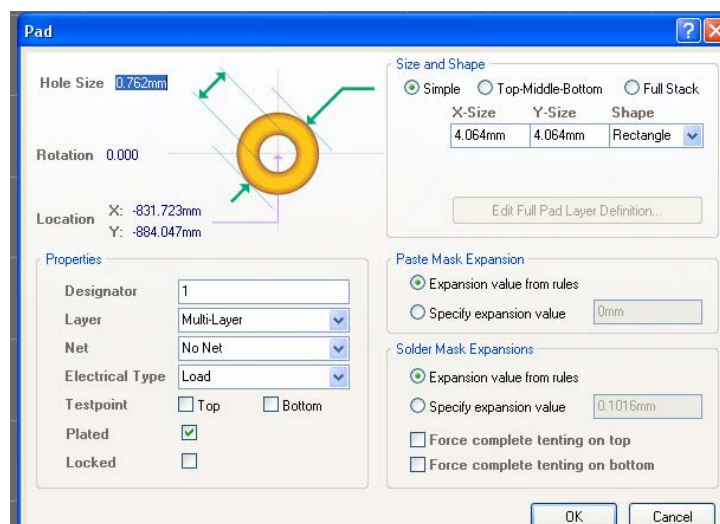
La convention veut que le dessin soit dessiné sur la couche Top Overlay, les pastilles étant quant à elles sur la couche Multilayer. Les onglets en bas à gauche permettent de passer d'une couche à l'autre.

On utilisera les fonctions *Place Line* et *Place Arc* de la barre d'outils pour tracer le dessin de l'empreinte sur la couche Top Overlay.



On utilisera la fonction *Place Pad* pour ajouter les pastilles. Pour chaque pastille, ouvrez la fenêtre *Pad Properties* en double-cliquant dessus. Dans cette fenêtre, vous pouvez modifier la taille des trous (0,8 mm pour une résistance par exemple), la taille des pastilles (au moins 0,8 mm de plus que le diamètre du trou), la forme des pastilles (la pastille 1 est habituellement de forme carrée)...

Vous pouvez aussi donner à votre pastille des coordonnées exactes à l'aide de cette fenêtre (rubrique *Location X Y*). C'est important pour que vos pastilles soient en face des broches du composant au moment de souder.



Quand votre empreinte est terminée et que vous lui avez donnée un nom, enregistrez votre librairie d'empreintes.

Générer la librairie intégrée

Une librairie intégrée (.IntLib) est composée de composants dont le schéma est associé à une empreinte. Avant toute chose, il faut enregistrer de nouveau votre projet (File→Save Project).

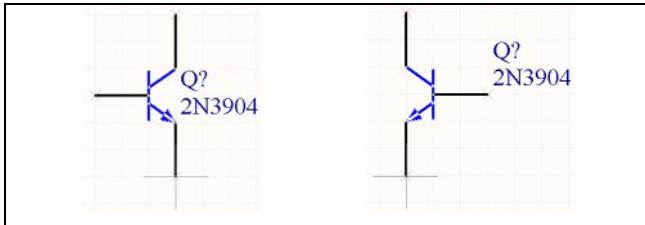
Pour associer l'empreinte connecteur_alim à notre connecteur d'alimentation, retournez dans la librairie de schéma, dans *SCH Library*. Double-cliquez sur le composant pour ouvrir la fenêtre de ses propriétés. Dans la sous-fenêtre en bas à droite (*Models for Connecteur d'Alimentation*), cliquez sur *Add...* puis choisissez *FootPrint* (empreinte en anglais). Pour trouver l'empreinte, cliquez sur *Browse...* et sélectionnez ensuite l'empreinte que vous avez créée.

Vous pouvez alors compiler la librairie : Project→Compile Integrated Library xxx.LibPkg. La librairie intégrée (xxx.IntLib) s'ajoute alors dans la liste de vos librairies installées. Vous pouvez vérifier que votre composant est bien associé à un schéma et une empreinte.

3. Options avancées pour la création d'un schéma

Miroir :

Appuyez sur X pour que votre composant effectue une symétrie axiale, verticale.



De même pour que le composant effectue une symétrie axiale horizontale, appuyez sur Y.

Appuyez sur la barre d'espace pour faire effectuer un quart de tour au composant.

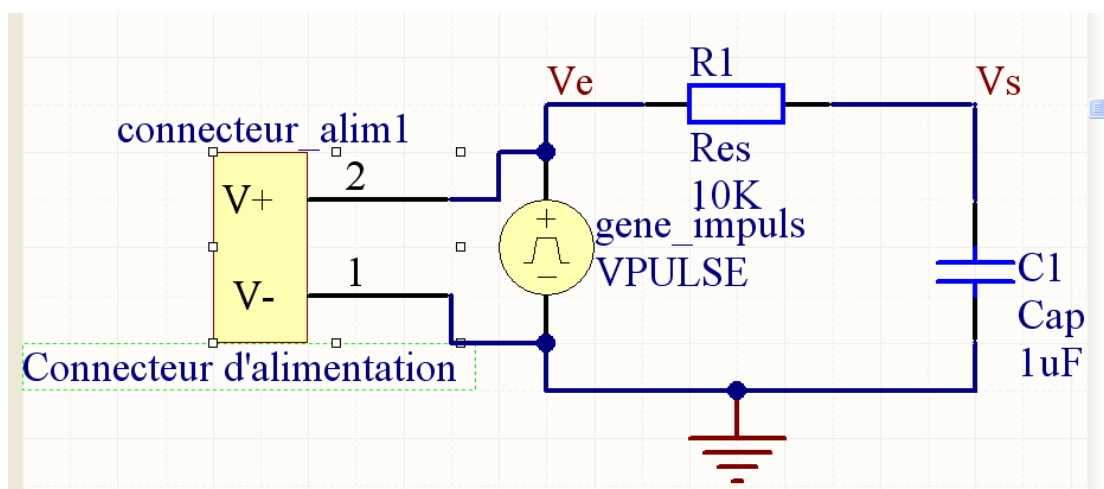
Annotation automatique des composants.

Lorsque vous avez beaucoup de composants non annotés, il est un peu longuet de tous les numéroter les uns après les autres, d'autant plus que chacun doit avoir un nom propre. Vous pouvez laisser au logiciel cette tâche ingrate en utilisant la fonction : Tools→Annotate.... Dans la fenêtre, vous cliquerez ensuite sur *Update Changes list* puis sur *Accept changes*. Dans la fenêtre qui apparaît, cliquez sur *Validate* puis *Execute*.

4. Options avancées pour la création d'un typon

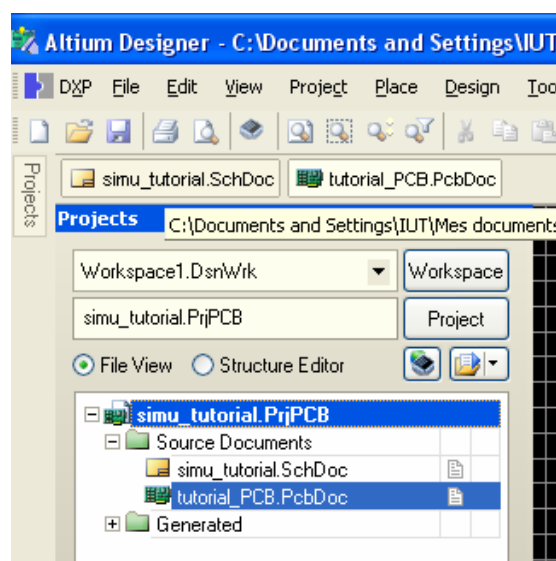
La création du PCB

Dans la 1^{ère} partie du tutorial, vous avez vu comment importer un support de typon existant dans votre projet. Vous allez voir ici comment créer vous-même le typon depuis le début. Le tutorial présente pour l'exemple la création du typon associé au schéma simulé dans la partie 2. Un typon est bien entendu inclus dans un projet. Sur le schéma, on rajoute un connecteur pour brancher un générateur à la place du générateur de simulation. Le connecteur choisi est celui créé dans la partie 3. Ce connecteur qui n'a pas de schéma de simulation ne modifiera pas les résultats de simulation.



Enregistrez votre schéma avant toute chose.

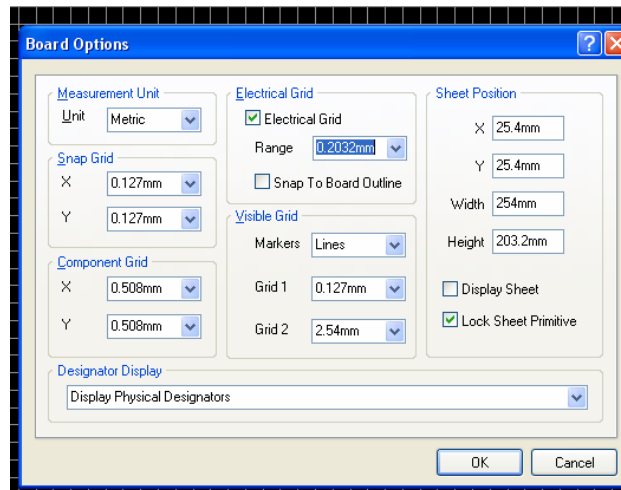
Pour créer le typon, à partir de votre projet, cliquez sur File → New → PCB. Enregistrez ce typon avec un nom adapté dans votre répertoire de travail.



Configuration de votre typon.

Maintenant que votre typon vierge est apparu, il faut configurer les propriétés associées.

Cliquez sur Design → Board Options.



Deux écoles s'entretuent actuellement pour savoir si l'unité de mesure la plus pratique est le mm (système metric) ou le mil (système imperial) pour réaliser un typon. De mon côté, je suis partisan du mm, plus pratique lorsqu'il s'agit de dimensionner la carte, de réaliser des empreintes de composants (les datasheets sont presque toutes en mm désormais).

Pour information, 1 mil = 0,0254 mm

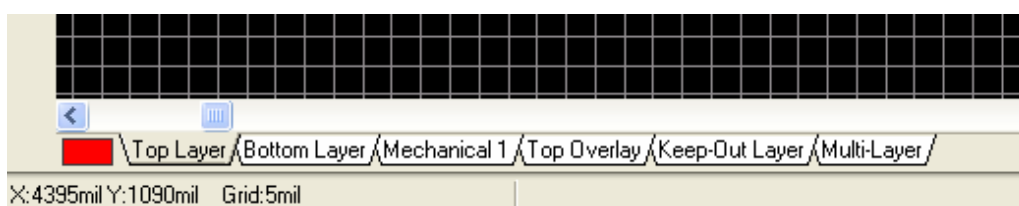
Vous pouvez aussi passer de l'un à l'autre, suivant que vous routez (plutôt l'unité mil) ou que vous dessinez les contours de votre typon (plutôt l'unité mm).

Lorsque vous avez modifié l'unité de mesure (*Measurement Unit*), cliquez sur OK. Vous pouvez alors revenir à la fenêtre *Board Options* pour vérifier si vos paramètres sont corrects.

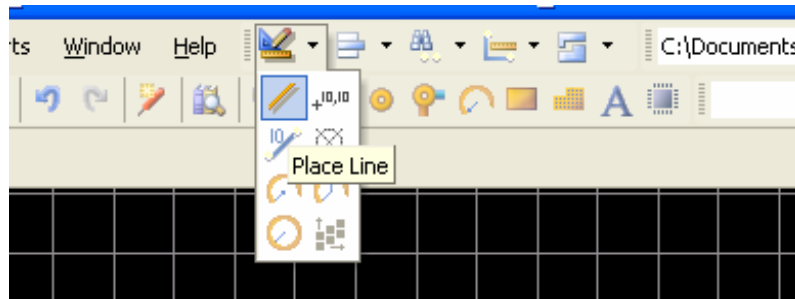
Définition de la forme de votre carte

Pour optimiser l'utilisation de l'espace et l'intégration de votre carte dans son système, vous avez déjà très certainement choisi les dimensions de la carte. Nous allons voir ici comment délimiter votre typon pour qu'il ressemble à la carte désirée.

Pour commencer, vous allez tracer la forme de la carte sur la couche mécanique (*mechanical*). A l'aide des onglets situés en bas à gauche, placez-vous sur la couche *mechanical 1*.

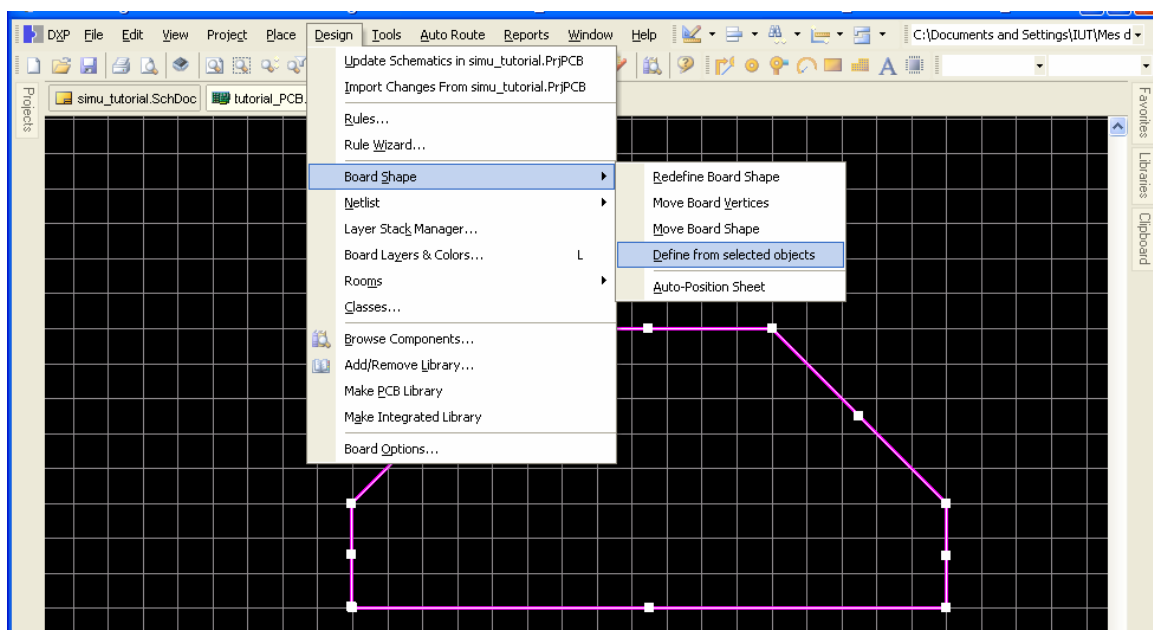


Choisissez dans la barre d'outil l'outil Place Line. Utilisez ces lignes pour tracer le contour de votre typon. Pour plus de précision, passez ou repassez en mm. Vous pouvez aussi positionner précisément les extrémités d'une ligne en double-cliquant dessus et en modifiant manuellement ses coordonnées.

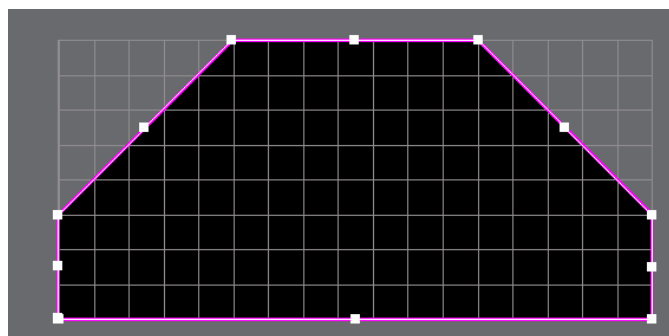


Lorsque votre contour est terminé, veillez à ce qu'il soit bien fermé. Sélectionnez ensuite une à une toutes les parties du contour à l'aide de Shift+Clic gauche.

Enfin, utilisez la fonction Design→Board Shape→Define from selected objects pour que soit pris en compte votre contour comme contour du typon.



Vous obtenez ainsi la forme suivante :



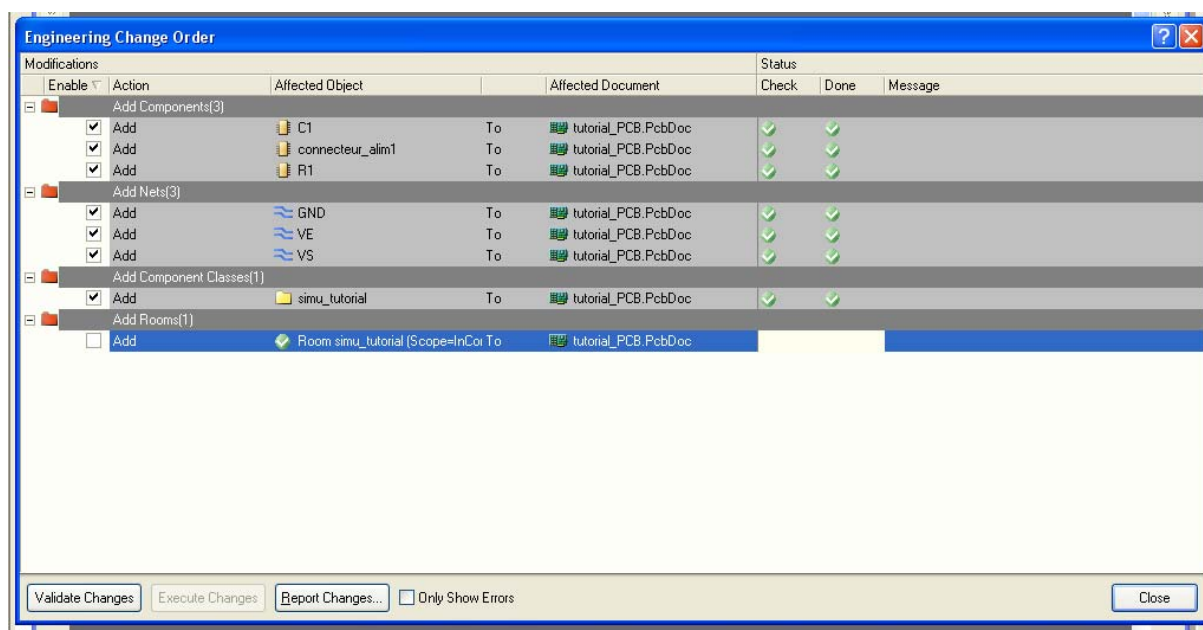
Si votre typon est gris et non pas noir, c'est que votre contour n'était pas bien fermé. Annulez l'opération, fermez votre contour et recommencez.

Il faut ensuite ajouter les trous de fixation de la carte. Pour cela, utilisez des pastilles (dans la barre d'outils, vous trouverez l'icône Place Pad à côté de celle des Vias). Placez-les judicieusement puis double-cliquez dessus pour en modifier les paramètres. Le plus souvent, on utilise des vis de diamètre 3 mm et donc les paramètres suivants : Hole 3 mm, Xsize 3.5 mm et Ysize 3.5 mm. Dans cette fenêtre, vous pouvez aussi indiquer précisément les coordonnées du trou (Location X et Y).

Exporter le schéma vers le typon

Pour exporter le schéma vers le PCB, retournez sur votre feuille schéma et cliquez sur Design→Update PCB document.

Dans la fenêtre qui s'affiche, vous voyez l'ensemble de vos composants et l'ensemble des connexions. Décochez la case *Add Rooms*, Cliquez sur *validate*. Vous voyez alors que le générateur d'impulsions est indiqué comme n'ayant pas d'empreinte. Aucun problème, c'est un générateur de simulation, présent uniquement pour la simulation. Cliquez Alors sur *Execute*.

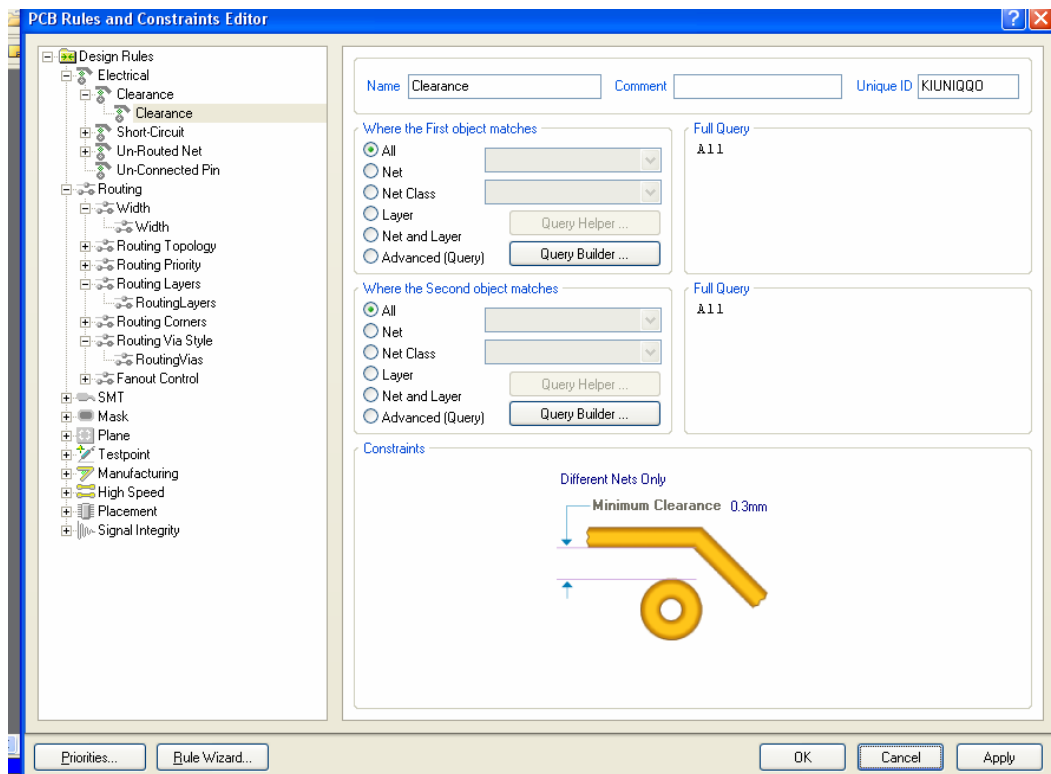


Lorsque vous retournez sur votre typon, cliquez sur View → Fit Document. Vous voyez alors dans un coin vos composants, reliés entre eux par des « cheveux », correspondant aux connexions du schéma. Placez ensuite judicieusement vos composants sur le typon pour éviter les croisements entre ces cheveux.

Définition des règles de routage

La forme du typon dessinée, vous allez désormais configurer les règles de routage que le logiciel utilisera pour le routage interactif (Interactive Routing) ou pour le routage automatique (Auto Route).

Pour entrer dans la fenêtre de configuration, cliquez sur Design→Rules... La fenêtre suivante s'ouvre alors.



Vous ne modifierez que les règles sur les largeurs de pistes (Width), l'espacement entre les isopotentielles (clearance), les vias (trous permettant de relier une piste de la couche du dessous à une piste de la couche du dessus), et les couches de routage.

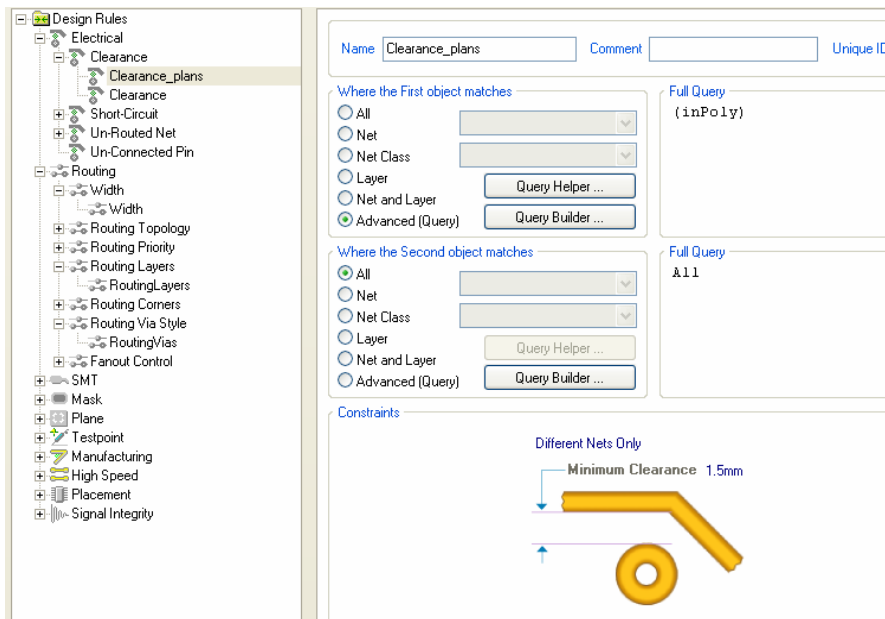
⇒ Clearance

Pour éviter que deux pistes ne soient trop proches et au final, après une gravure moyenne, se touchent, on choisit une clearance de 0,3 mm. Cette valeur permet tout de même de faire passer une piste entre deux broches juxtaposées d'un composant en boîtier DIP.

Pour les plans de masse ou les plans d'alimentation (on les verra un peu plus loin), on choisit un écart plus important. Il faut donc créer une nouvelle règle de clearance entre les polygones et toutes les autres pistes. Cliquez avec le bouton droit sur *Clearance* puis avec le bouton gauche sur *New Rule...* Renommez cette règle *clearance_plan* (dans la case *Name*.)

Pour spécifier que cette règle ne concerne que les plans (de masse ou d'alimentation), indiquez exactement dans la case *FullQuery*: (InPoly). La règle sera effective entre les polygones (InPoly) et toutes les autres pistes (All).

Modifiez ensuite la clearance à 1.5 mm ou 1 mm.



⇒ Width

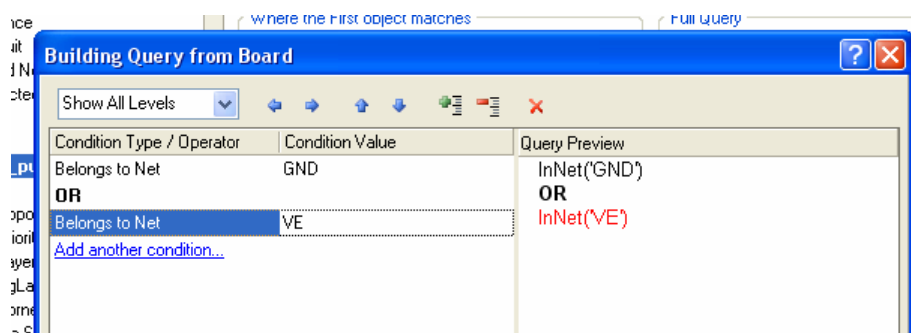
Cette rubrique concerne les largeurs de piste. Pour pouvoir passer entre deux broches de composants DIP, on choisira un minimum de 0,4 mm. Pour une piste suffisamment large pour la machine à graver, on choisira une valeur "préférée" de 0,5 mm. Enfin, pour les pistes de puissance, on choisira une valeur maximum de 2 mm.

Les pistes de puissance sont celles dans lesquels vont passer des courants importants ($i > 1A$). Vous considérerez toujours que la masse et l'alimentation sont des pistes de puissance, même si les courants y sont relativement faibles.

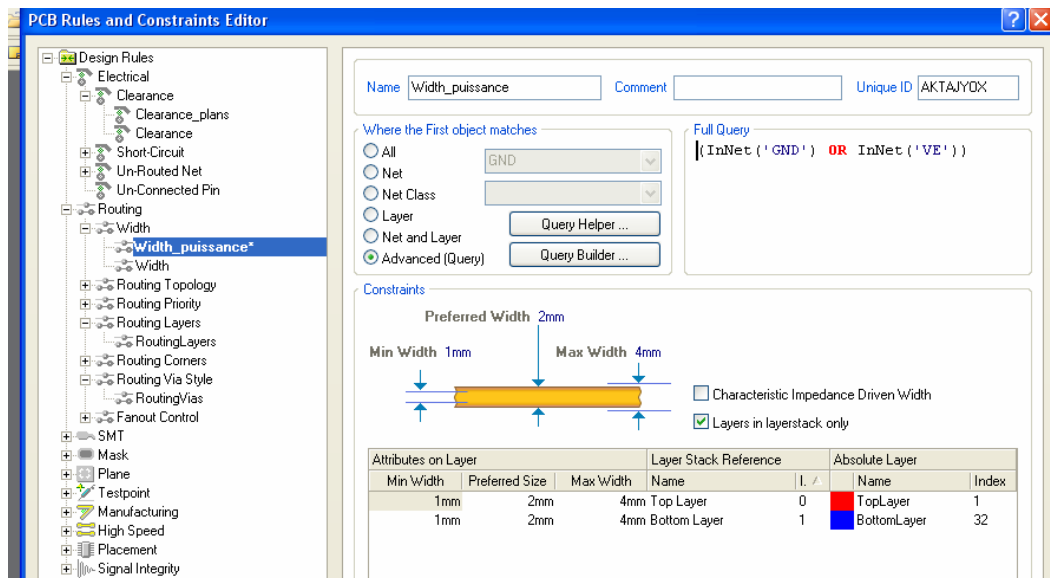
Pour éviter l'échauffement des pistes et pour limiter la chute de tension due à la résistance d'une piste fine, on utilise des pistes plus larges pour les pistes de puissance.

Ici, pour l'exemple, vous choisirez GND et VE comme pistes de puissance. Pour cela vous devez rajouter une nouvelle règle de largeur de pistes. Cliquez avec le bouton droit sur *Width* puis avec le gauche sur *New Rule...* Dans la case *Name*, donnez un nouveau nom à cette règle (par exemple Width_puissance).

Pour définir l'ensemble des pistes concernées, cliquez sur le bouton Query Builder. Ensuite, vous choisirez les isopotentielles (ou Net) concernées (une isopotentielle est un ensemble de pistes au même potentiel). La règle s'applique si la piste appartient à l'une OU l'autre des isopotentielles sélectionnées. C'est donc un OR qui sépare les différents Net.



Cliquez sur *OK* puis, de retour dans la fenêtre *PCB Rules*, modifiez les valeurs de largeur de pistes : 1mm au minimum, 2 mm par défaut et 4 mm au maximum.



⇒ Routing Layers

Dans la partie Routing Layers, vous pouvez choisir les couches sur lesquelles vous allez router. Pour un circuit simple face classique, on n'utilise que la couche du dessous pour mettre des pistes (*bottom layer*). Pour un circuit double face, on utilisera les deux couches (*bottom layer* et *top layer*).

⇒ RoutingVias

Les vias sont les trous qui nous permettent de faire passer une piste d'une couche à l'autre. Pour que ces vias soient faciles à souder, on choisit un diamètre de 1.7 mm. (valeur minimum, maximum et préférée)

Vous avez désormais fini de configurer les règles de routage de votre circuit, vous cliquez sur *OK* et êtes prêts à router.

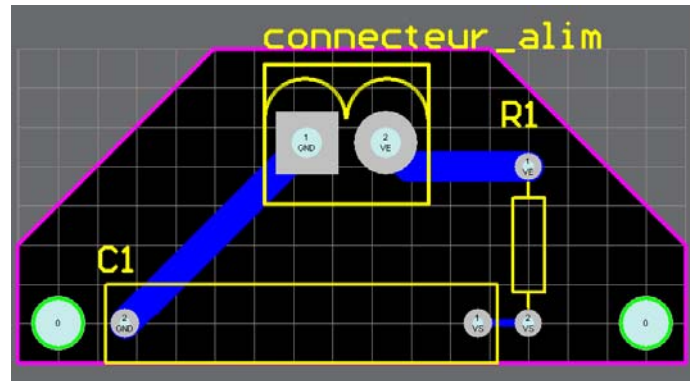
Remarque : Lorsque vous créez une nouvelle règle, elle est automatiquement prioritaire par rapport à la précédente. Par exemple, une piste GND suivra la nouvelle règle *Width_puissance* et aura une largeur de 2 mm même si la seconde règle *Width* recommande une largeur de 0.5 mm pour toutes les pistes.

Routeage

La première solution consiste à utiliser la fonction routage automatique du logiciel. Pour cela, une fois les composants bien placés et les règles bien configurées, cliquez sur Auto Route→All. Dans la fenêtre qui apparaît, vous gardez les paramètres par défaut et n'avez donc qu'à cliquer sur *Route All*.

Pour ôter toutes les pistes créées et recommencer, vous pouvez utiliser la fonction Tools→Unroute→All

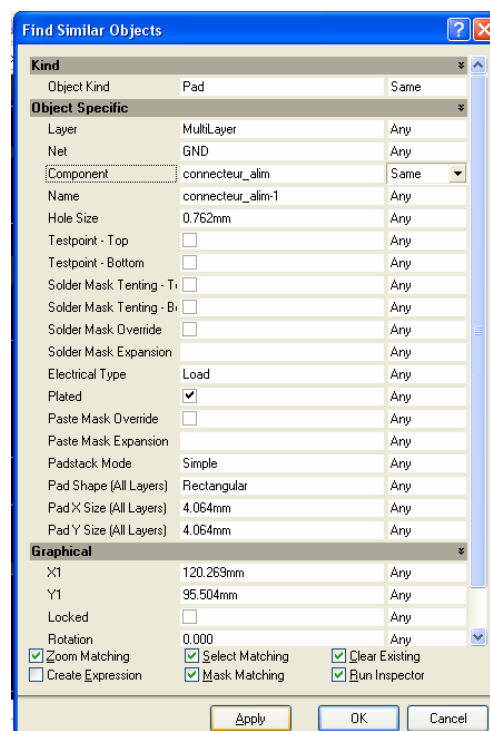
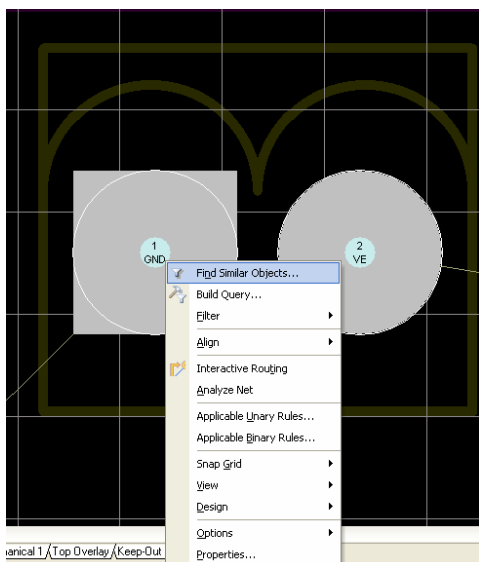
Le routage automatique est loin d'être parfait (il est configuré pour des cartes gravées avec des machines plus performantes que celle de l'IUT). Il est souvent utile de le reprendre ou de faire le routage soi-même depuis le début. Vous devez obtenir quelque chose de semblable à ceci :



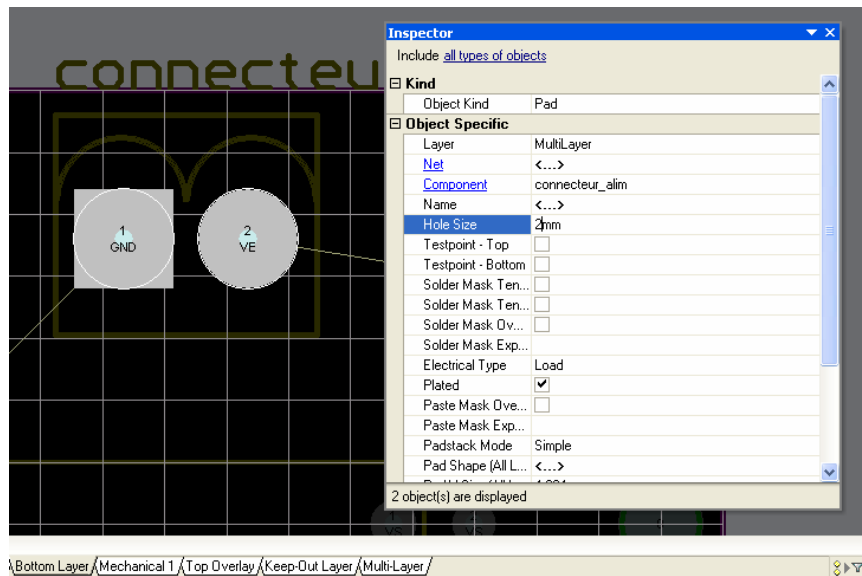
Modifier un même paramètre pour plusieurs objets

Une fonction intéressante lorsque vous voulez modifier plusieurs objets (pastilles, pistes...) sur votre typon est la fonction Find Similar Objects. Pour l'utiliser, cliquez avec le bouton droit sur l'objet à modifier puis choisissez *Find Similar Objects*. Dans la liste des paramètres proposés, choisissez *same* à chaque fois que c'est un paramètre caractéristique des objets que vous cherchez à sélectionner. Ensuite, cliquez sur *OK*. Un lot d'objets correspondant à vos critères est sélectionné. Dans la fenêtre *inspector* qui suit, vous pouvez modifier en même temps des paramètres sur tous les objets sélectionnés.

Par exemple, si vous souhaitez modifier la taille du trou des deux pastilles du connecteur : Cliquez avec le bouton droit sur la pastille, puis sur *Find Similar Objects*. Choisissez alors toutes les pastilles appartenant au composant connecteur_alim en cochant *same* pour *ObjectKind Pad* et pour *Component Connecteur_alim*. Cliquez ensuite sur *OK*.



Sur le typon, seuls apparaissent les pastilles du connecteur. Dans la fenêtre *Inspector*, choisissez des trous de 2 mm et tapez sur Entrée pour valider. Les tailles des trous des pastilles concernées changent. Il suffit de cliquer sur l'onglet Clear en bas à droite de l'espace de travail pour revenir à une apparence normale du typon.



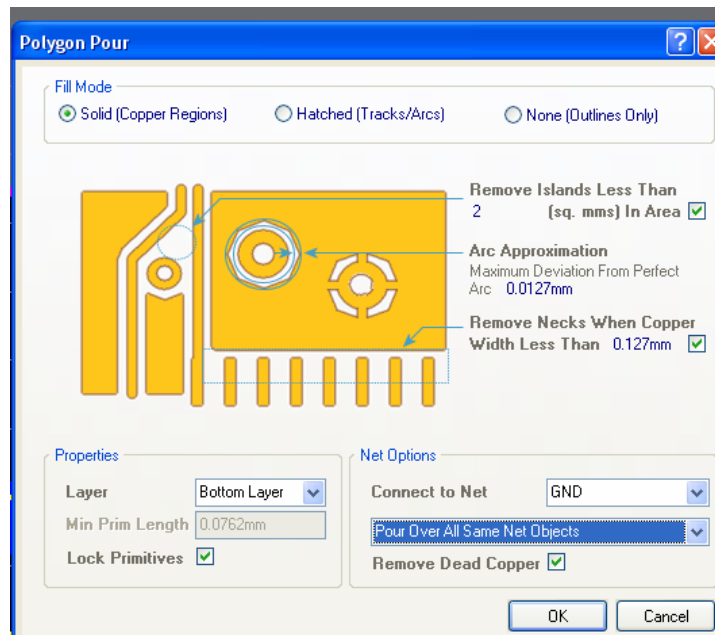
Créer un plan de masse et un plan d'alimentation

Pour économiser le perchlorure de fer dans la machine à graver, pour éviter les problèmes de masse flottante (le potentiel de la masse n'est pas rigoureusement le même en tout point du circuit) et pour découpler au mieux l'alimentation, on ajoute aux cartes un plan de masse sur la couche du dessous (*bottom layer*) et un plan d'alimentation sur la couche du dessus (*top layer*, uniquement pour les cartes en double face).

Pour cela, cliquez sur l'icône Place Polygon Plane de la barre d'outil :



La fenêtre suivante apparaît alors :



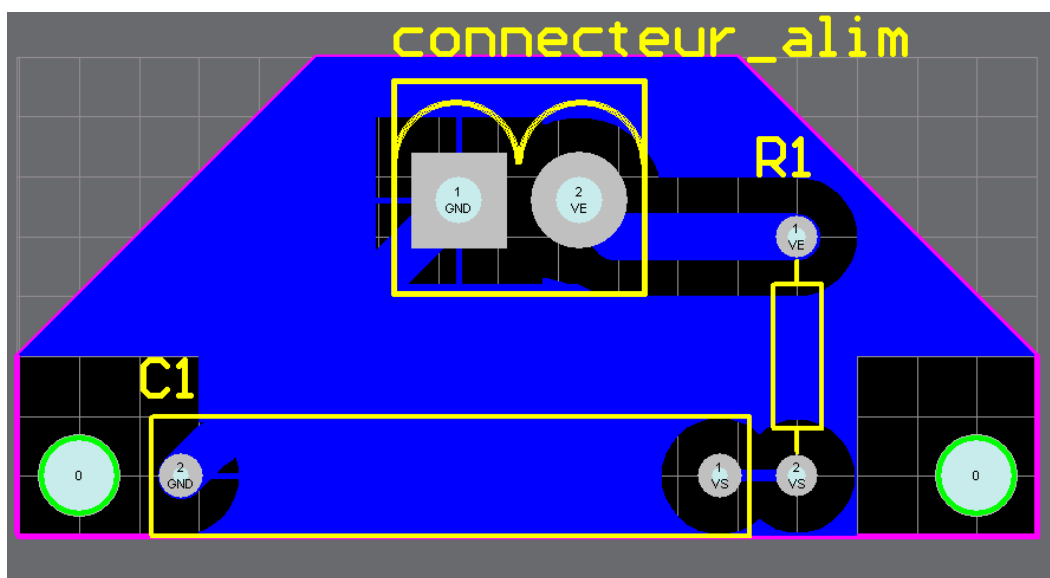
La liste déroulante *Layer* correspond à la couche sur laquelle va être tracé le plan. Choisissez *Bottom Layer* pour le plan de masse ou *Top Layer* pour le plan d'alimentation.

La liste déroulante *Connect to Net* correspond à l'isopotentielle à laquelle sera relié le plan. Choisissez *GND* pour le plan de masse et *VCC*, *VDD* ou *VS* pour le plan d'alimentation.

Ensuite, Choisissez *Pour Over All Same Net Objects* pour que votre plan de masse recouvre les pistes de masse.

Enfin, cochez l'option *Remove Dead Copper* pour éviter d'avoir des morceaux de plans non connectés à une isopotentielle sur votre carte. (ce seraient dans ce cas des antennes captant toutes les perturbations trainant dans l'air ambiant).

Cliquez sur OK et tracez le contour de votre typon en évitant les trous destinés aux vis. Vous obtenez quelque chose qui ressemble à ceci :



Vérifier votre routage

Le vert pomme sous PROTEL DXP signifie qu'il y a une erreur. Si, sur votre carte, un ou plusieurs objets sont verts, cherchez à résoudre les erreurs. (court-circuit, composants trop proches ou pistes de taille non conforme aux règles.)

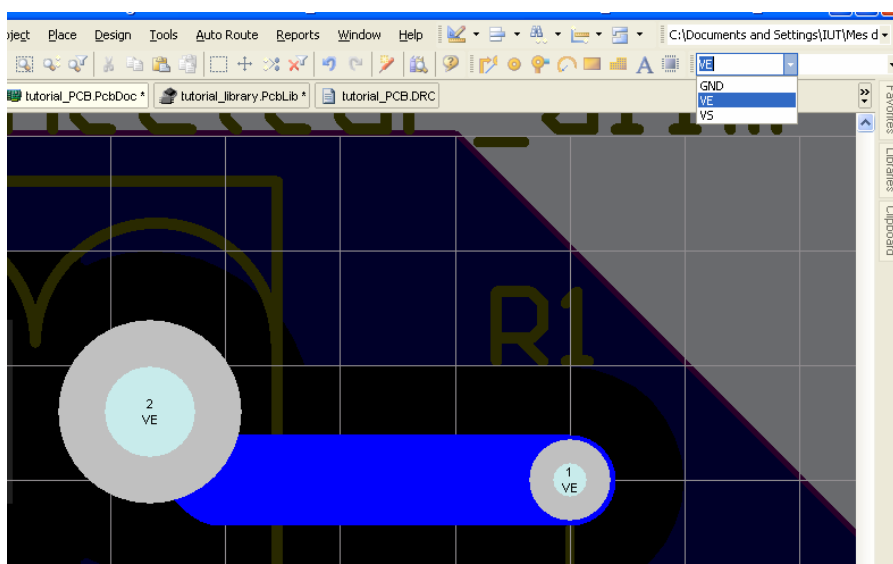
Lorsque le vert a disparu de votre typon, vous devez lancer la vérification automatique. Cliquez sur Tools→Design Rule Check... puis dans la fenêtre qui apparaît, vous acceptez les options par défaut et cliquez sur le bouton *Run Design Rule Check*.

Une fenêtre de message d'erreur apparaît. Un message d'erreur signifie qu'une règle a été transgressée. Si il n'y a pas de message, c'est très bien. Lorsqu'il y a des messages, à vous de percevoir si la transgression de la règle est grave ou non.

Les erreurs graves sont Short Circuit et Unrouted Net. La première indique un court-circuit (deux isopotentielle qui se touchent) et la seconde indique que vous n'avez pas relié certaines pastilles.

Les erreurs de type Clearance et Width constraints traduisent un non respect des règles d'espacement des pistes et de largeur de pistes.

Pour résoudre ces erreurs, vous pouvez double-cliquer sur le message. Une autre méthode consiste à utiliser le filtre d'isopotentielle situé dans la barre d'outils. Ce filtre permet de n'afficher sur votre typon que les éléments reliés à une même isopotentielle (Net). Pour cela, choisissez simplement une isopotentielle (par exemple VE) dans la liste déroulante du filtre.



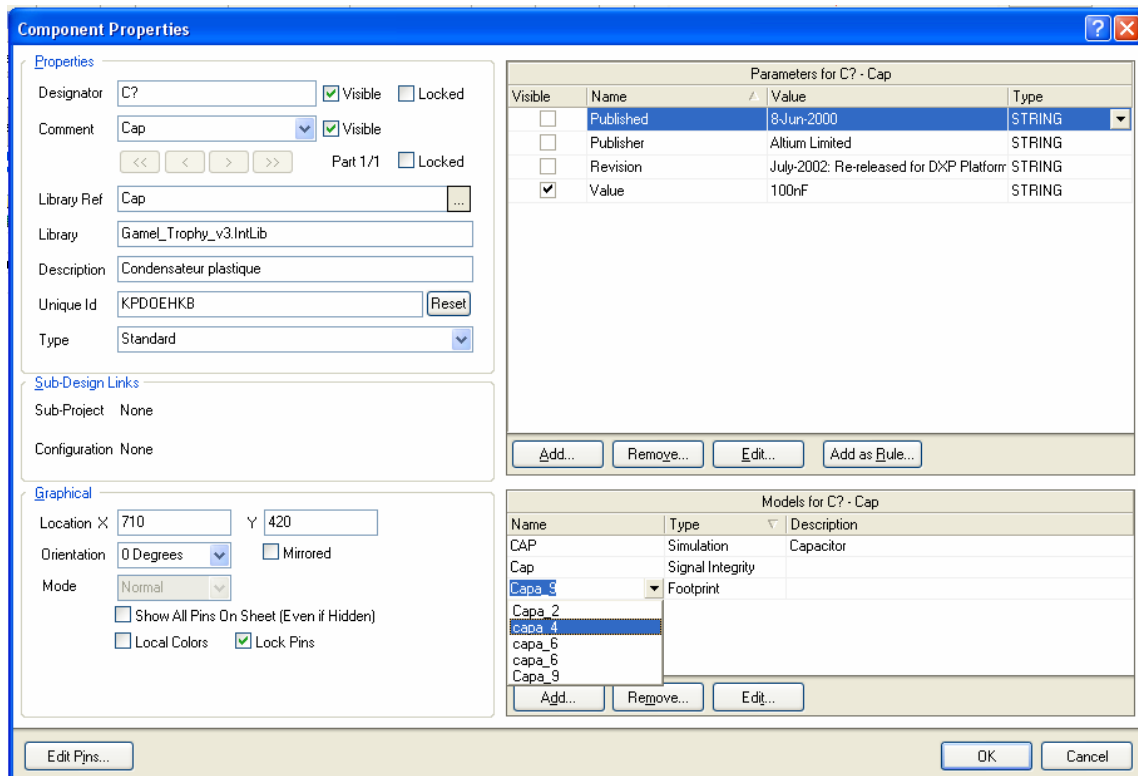
Cliquez sur l'onglet Clear en bas à droite de l'espace de travail pour revenir à un affichage normal.

Sauvegardez votre typon, imprimez (voir chapitre 1) le schéma d'implantation des composants. (Top Overlay) et la liste des composants (Bill of Material). Lorsque vous avez vos composants et AVANT de

réaliser votre carte, vous devez vérifier que les composants réels correspondent aux empreintes du schéma d'implantation des composants. En effet, pour les condensateurs notamment, il existe plusieurs empreintes possibles et il n'est pas rare que le composant du magasin ne corresponde pas à votre empreinte.

Si l'empreinte n'est pas la bonne, modifiez-là dans les propriétés du composant : sur le schéma, double-cliquez sur le composant. La fenêtre *Component Properties* apparaît et en bas à droite, dans Footprint, vous trouverez la liste des empreintes possibles.

Au dos du tutorial, vous trouverez les empreintes les plus communes pour chaque valeur de condensateur.



Mettez à jour le typon (Design→Update PCB Document), modifiez la ou les pistes concernées et imprimez de nouveau le schéma d'implantation des composants. Vérifiez et lorsque composants et schéma correspondent, vous pouvez imprimer les typons et réaliser la carte.

Quelle empreinte pour mon condensateur ?

Lorsque vous insérez un condensateur sur un schéma, dans la fenêtre *Component Properties* (en bas à droite, dans le menu déroulant en face *footprint*), choisissez l'empreinte adaptée à la valeur de votre capacité :

Capacités plastiques

Inférieur à 1 nF	choisir Capa_2
Entre 1 nF et 100 nF	choisir Capa_4
220 nF	choisir Capa_6
470 nF	choisir Capa_9
1 μ F	choisir Capa_2

Capacités chimiques

2,2 μ F	choisir Ccv 1
4,7 μ F	choisir Cch 4
10 μ F	choisir Ccv 1
22 μ F	choisir Cch 6
47 μ F et 100 μ F	choisir Ccv 2

Liste des raccourcis

Schematic

PW	pour placer un fil sur le schéma. (Place Wire)
X	pour un miroir vertical
Y	pour un miroir horizontal
Espace	pour faire tourner le composant
Page up	pour zoomer
Page down	pour prendre du recul
Ctrl+Page Down	pour voir tous les objets sur la page

PCB

*	pour changer de couche (si vous êtes en train de placer un fil, cela rajoute aussi un via)
PT	pour placer une piste (Place Interactive Routing)

Tous

Ctrl+C	Copier
Ctrl+V	Coller
Ctrl+X	Couper
Ctrl+Z	Annuler
Ctrl+S	Enregistrer
Del	Supprimer
F1	Aide
TAB	Permet d'accéder à la fenêtre propriétés du composant ou de la piste déplacés

La molette de la souris permet de faire défiler l'espace de travail du haut vers les bas ou inversement.

Shift+molette de la souris permet de faire défiler l'espace de travail de la droite vers la gauche ou inversement.

Les règles de routage

Clearance	0.3 mm		
Clearance_plans	1 mm ou 1.5 mm		
Width	minimum 0.4 mm	preferred 0.5 mm	maximum 2 mm.
Width_puissance	minimum 1mm	preferred 2 mm	maximum 4mm
Vias	diameter 1.7 mm		