

Guide d'Initiation à la conception de circuits imprimés



David Haboud

Product & Persona Marketing Engineer

INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	3
LA CONCEPTION	3
CRÉATION D'UN PROJET DE PCB	3
AJOUT D'UN SCHÉMA AU PROJET	4
CONFIGURATION DES PRÉFÉRENCES DE SCHÉMA	5
PLACEMENT DES COMPOSANTS SUR LE SCHÉMA	6
Placement des résistors	8
Placement des condensateurs	9
Placement du connecteur	10
ÉTABLIR LES CONNEXIONS DU CIRCUIT	11
LES SIGNAUX ET LEURS ÉTIQUETTES	12
COMPILEATION ET VALIDATION DU SCHÉMA	13
AJOUT D'UN PCB AU PROJET	13
TRANSFERT DU SCHÉMA VERS LE PCB	14
PLACEMENT DES COMPOSANTS SUR LE PCB	14
DÉFINITION ET GESTION DES RÈGLES DE CONCEPTION	15
Création manuelle d'une nouvelle règle de conception	16
Modification d'une règle de conception	16
Utilisation de l'assistant de règles de conception	17
CONFIGURATION DE LA VÉRIFICATION DES RÈGLES DE CONCEPTION	20
ROUTAGE INTERACTIF DE LA CARTE	21
MODIFICATION DU ROUTAGE ET DES TRACES	23
ROUTAGE AUTOMATIQUE DE LA CARTE	24
VÉRIFICATION DES RÈGLES DE CONCEPTION DU PCB	25
AFFICHAGE DU PCB EN 3D	27
GÉNÉRATION DES FICHIERS DE SORTIE POUR LA FABRICATION	28
CONCLUSION	29

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

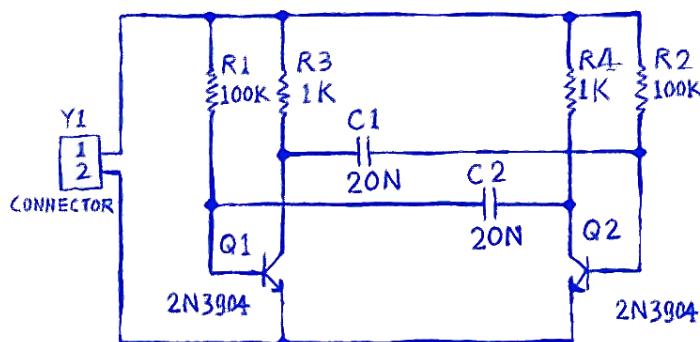
INTRODUCTION

À partir du croquis d'un circuit, ce tutoriel vous accompagnera durant la schématisation de ce circuit, sa réalisation en tant que carte de circuit imprimé et la création des sorties requises pour sa fabrication.

Ce tutoriel repose sur une conception de multivibrateur astable. Les nouveaux utilisateurs du logiciel d'Altium trouveront dans l'article [Exploring Altium Designer](#) une explication de l'interface, des informations sur l'utilisation des panneaux et des conseils pour manipuler les documents de conception.

LA CONCEPTION

La conception qui sera schématisée puis réalisée en carte de circuit imprimé (PCB) est un multivibrateur astable simple. Illustré ci-dessous, ce circuit comporte deux transistors 2N3904 configurés en *multivibrateur astable* (auto-oscillant).



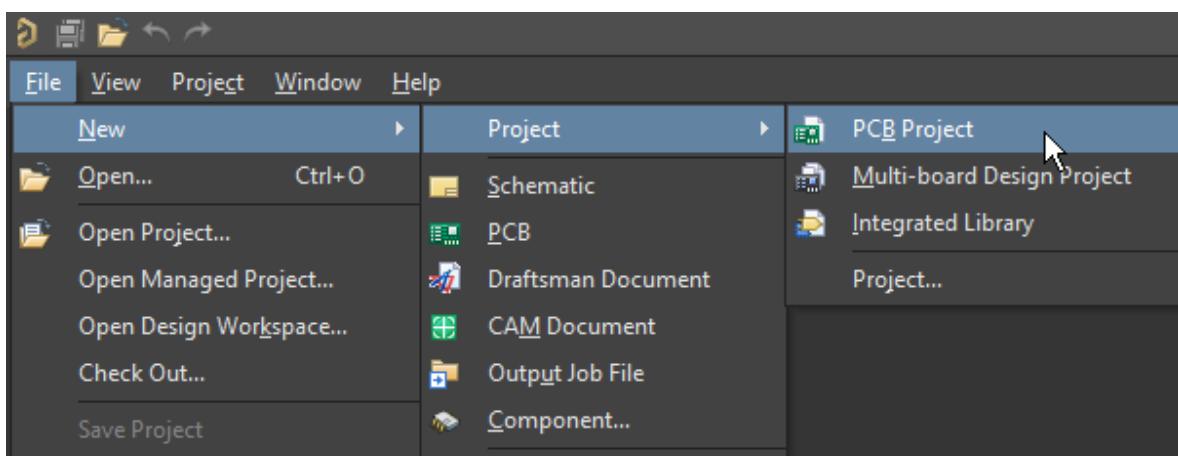
Croquis d'un circuit de multivibrateur astable

Avant d'entamer la première partie de ce tutoriel (le dessin, ou « capture » du schéma), commençons par créer un projet.

CRÉATION DU PROJET DE PCB

Le projet de PCB est l'ensemble des documents de conception (fichiers) requis pour concevoir et fabriquer une carte de circuit imprimé. Pour des informations détaillées sur la gestion et la création de projets dans Altium Designer, cliquez [ici](#).

- Créez un nouveau projet de PCB. **File > New > Project > PCB Project**.

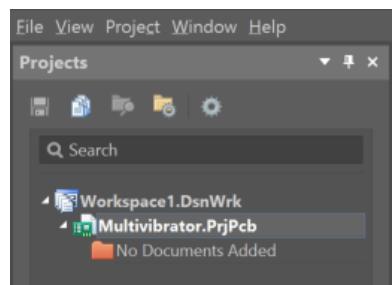


Création d'un nouveau PCB project

- Utilisez **File > Save Project As...** pour enregistrer le nouveau projet. Sélectionnez ou créez un dossier et enregistrez votre projet sous le nom **Multivibrator**.

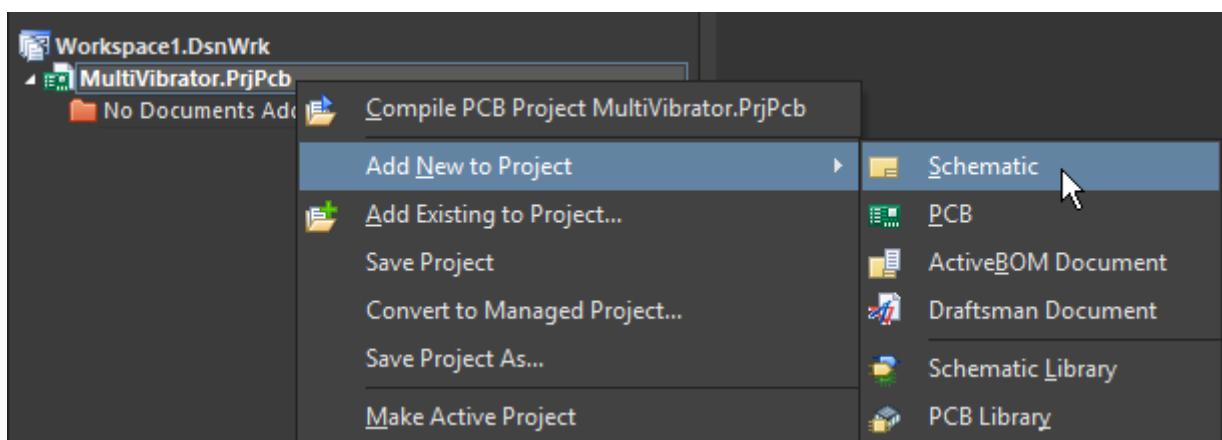
GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

3. Le nom du projet apparaîtra dans le panneau Projects.

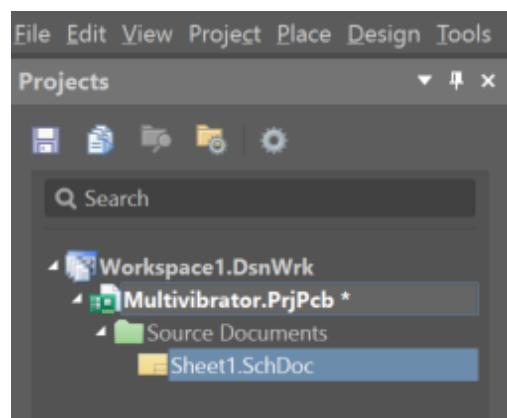


AJOUT D'UN SCHÉMA AU PROJET

1. Effectuez un clic droit sur **Multivibrator.PrjPcb** et sélectionnez **Add New to Project » Schematic**.



Création d'une nouvelle feuille de schéma pour le circuit

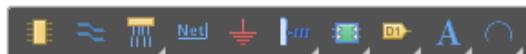


La feuille de schéma dans le panneau Projects

1. Pour enregistrer la nouvelle feuille de schéma, sélectionnez **File » Save As** ou . Saisissez le nom **Multivibrator** dans le champ **File Name** et cliquez sur **Save**. (l'extension *.SchDoc est automatiquement ajoutée au fichier).

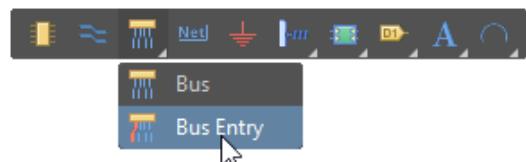
GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

À l'ouverture de la feuille de schéma vierge, la barre de menus principale et les boutons associés s'adaptent au mode d'entrée schématique. Notez la présence de l'**Active Bar** dans l'espace de travail. L'**Active Bar** est affichée dans tous les éditeurs de documents d'Altium Designer et fournit des contrôles de placement aisés pour les éléments des bibliothèques, des PCB, des schémas et de *Draftsman*. Vous pouvez personnaliser votre espace de travail en déplaçant et en modifiant les panneaux et les barres d'outils.



Les documents de schéma : Active Bar

Certaines icônes de l'Active Bar sont dotées d'un triangle dans le coin inférieur droit. Effectuez un clic droit sur ce triangle pour sélectionner divers objets :

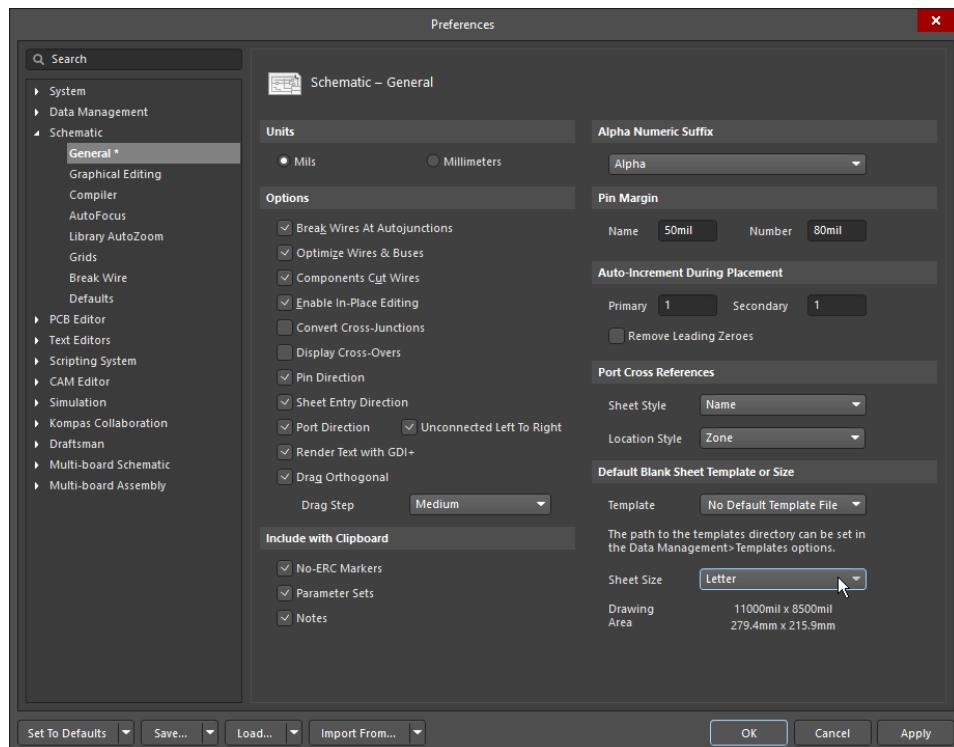


Bus Entry sur l'Active Bar

CONFIGURATION DES PRÉFÉRENCES DE SCHÉMA

Avant de réaliser le circuit, configurez les options de document appropriées en suivant les étapes suivantes :

1. Réglez la taille de la feuille sur Letter comme indiqué ci-après:



Réglage de la taille de la page dans le panneau Preferences

Pour afficher le document dans l'intégralité de la zone d'affichage, sélectionnez **View > Fit Document** (raccourci : V, D).

Enregistrez le schéma en cliquant sur ou sélectionnez **File > Save** (raccourci : F, S).

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

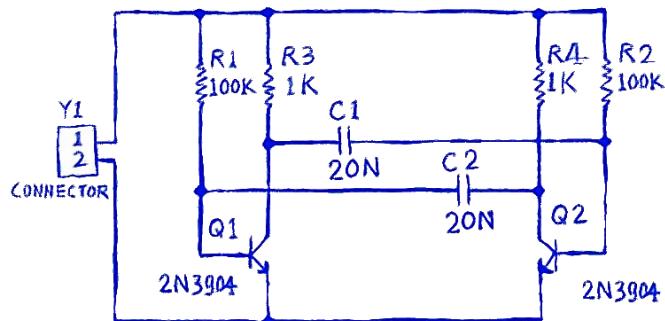
Vous pouvez activer n'importe quel menu en appuyant sur la touche d'accès rapide correspondante (la lettre soulignée dans le nom du menu). D'autres options de menu seront prochainement dotées de touches d'accès rapide.



Par exemple, pour sélectionner l'élément de menu **View » Fit Document**, appuyez sur les touches **V** puis **D**.

En outre, vous pouvez accéder directement à de nombreux sous-menus, tels que le menu **Select** dans le menu **Edit**. Par exemple, pour activer la commande **Edit » Select » Touching Line**, il suffit d'appuyer sur la touche **S** (pour le menu **Select**) puis sur la touche **L**.

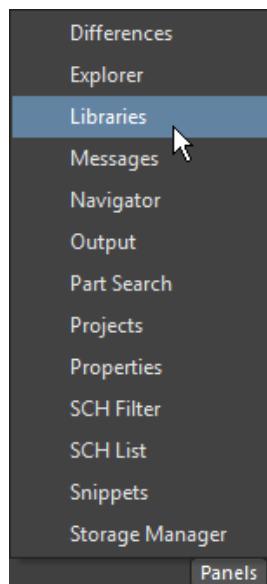
PLACEMENT DES COMPOSANTS SUR LE SCHÉMA



Réglage de la taille de la page dans le panneau Preferences

Inspirez-vous du placement général du croquis ci-avant pour placer les transistors **2N3904 Q1 et Q2**.

1. Affichez le panneau **Libraries** en cliquant sur le bouton **Panels** en bas à droite, puis sélectionnez **Libraries**.



Ouverture du panneau Libraries

2. Trouvez le transistor **2N3904** dans le panneau, soit en faisant défiler la liste des composants, soit à l'aide du bouton de recherche.

3. Cliquez sur l'entrée **2N3904**, puis sur le bouton **Place**. Une version détournée du transistor accompagnera le curseur transformé en viseur.

Ne placez pas le transistor tout de suite !

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

4. Avant de placer la pièce sur le schéma, appuyez sur la touche **Tab** pour ouvrir le panneau de propriétés, ce qui interrompra temporairement le placement. Dans la section **Properties** de la boîte de dialogue, saisissez **Q1** dans le champ **Designator**.

5. Reprenez la mise en place en cliquant sur le bouton Pause affiché au centre du schéma. Une fois que le transistor est bien positionné, effectuez un clic gauche ou appuyez sur la touche **Enter** pour le placer sur le schéma.

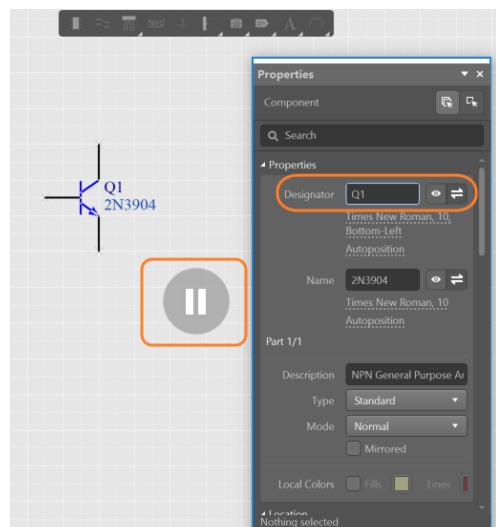
6. Le système est resté en mode de placement de composant (le contour de la pièce suit toujours le curseur). Placez donc le second transistor. Puisqu'il est identique au précédent, le logiciel incrémentera automatiquement un indicateur (« designator ») pour ce composant.

7. Revenons au croquis : **Q2** est positionné en miroir par rapport à **Q1**. Pour appliquer une symétrie au transistor attaché au curseur, appuyez sur la touche **X** du clavier. Le composant sera retourné horizontalement (sur l'axe **X**).

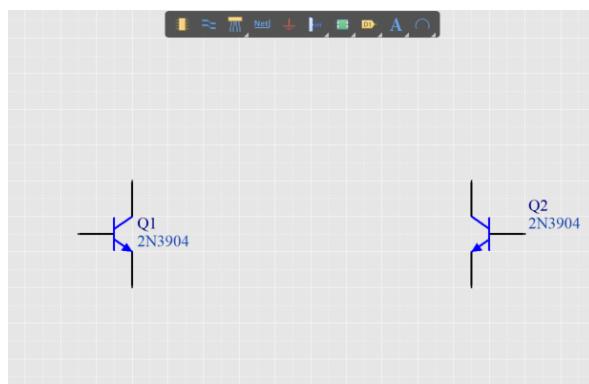
8. Déplacez le curseur pour amener la pièce à droite de **Q1**. Pour positionner le composant avec plus de précision, zoomez de deux crans en appuyant deux fois sur la touche **PageUp**. La grille devrait à présent être visible.

9. Une fois le deuxième composant positionné, cliquez avec le bouton gauche de la souris ou appuyez sur **Enter** pour le placer (**Q2**). La copie du transistor attaché au curseur sera posée sur le schéma, et le transistor suivant sera rattaché au curseur pour être déposé à son tour.

10. Quittez le mode de placement de composants à l'aide d'un **clic droit de la souris** ou en appuyant sur la touche **Esc**. Le curseur retrouve son apparence habituelle.



Le panneau **Properties** pendant le placement des composants



Transistors symétriques sur la feuille de schéma

Les touches suivantes permettent de manipuler le composant attaché au curseur :

- **Y** pour retourner la pièce verticalement
- **X** pour retourner la pièce horizontalement
- **Spacebar** (barre d'espace) pour faire pivoter la pièce de 90° dans le sens antihoraire.
- **Shift + Spacebar** (barre d'espace) pour faire pivoter la pièce de 90° dans le sens horaire.



GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

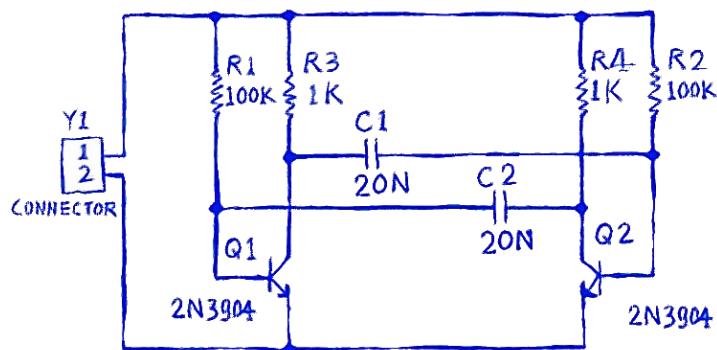
Placement des résistors

Placez les quatre résistors sur le schéma.

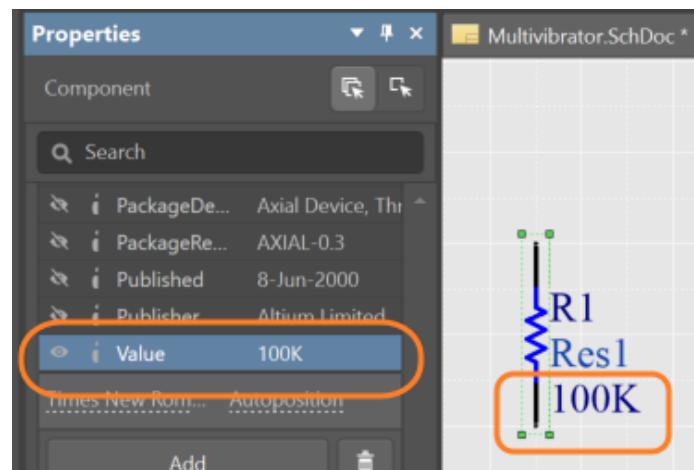
1. Le panneau **Properties** sera fréquemment utilisé pendant ce tutoriel. Nous allons donc arrimer le panneau **Properties** sur le côté gauche de l'espace de travail.

Pour plus d'informations sur les panneaux, consultez [Working with Panels in Altium Designer](#)

2. Dans le panneau **Libraries**, assurez-vous que la bibliothèque **Miscellaneous Devices.IntLib** est active.
3. Définissez le filtre en saisissant `res` dans le champ de filtre sous le nom de la bibliothèque.
4. Cliquez sur **Res1** dans la liste des composants pour le sélectionner, puis cliquez sur le bouton **Place**. Le symbole du résistor est à présent attaché au curseur.
5. Placez les quatre résistors sans modifier d'autre propriété.
6. Sélectionnez tous les résistors du schéma et modifiez leurs propriétés **Designator** et **Value** en vous inspirant du croquis. Pour ce faire, cliquez sur le résistor puis modifiez les champs correspondants dans le panneau Properties.



Croquis d'un circuit de multivibrateur astable

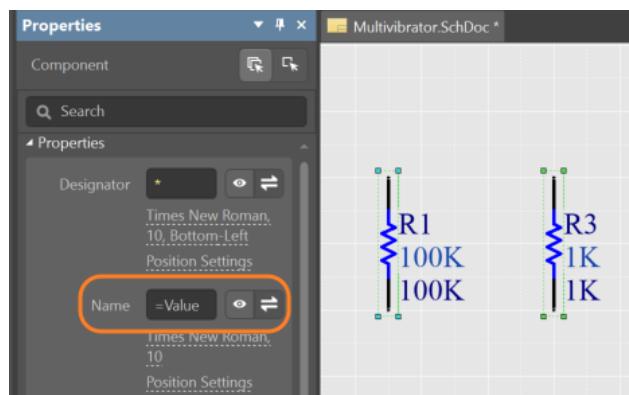


Value de R1 définie dans le panneau Properties

7. La propriété **Value** actualisée à l'étape ci-avant permet de réaliser une simulation du circuit. La propriété **Name** permet le plus souvent d'identifier le composant sur le schéma et dans les rapports subséquents tels que la *Nomenclature*. En saisissant `=Value` au niveau de la propriété **Name**, la résistance indiquée à la propriété **Value** sera étendue à la propriété **Name**. Sélectionnez les quatre résistors à la fois en maintenant la touche **Shift** avant de cliquer.

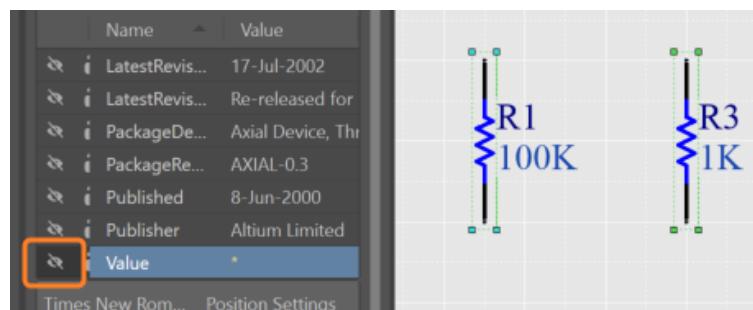
GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

8. Le panneau **Properties** reflète à présent les paramètres communs aux quatre résistors. Réglez la propriété **Name** sur **=Value**. La propriété **Name** reflètera la résistance définie dans le champ **Value** sur tous les résistors sélectionnés, comme le montre l'image ci-après.



Nom associé au paramètre Value des résistors dans le panneau Properties

9. Enfin, laissez les quatre résistors sélectionnés et faites défiler la fenêtre jusqu'à la propriété **Value**, avant de cliquer sur pour masquer la propriété. La modification est appliquée aux quatre résistors.

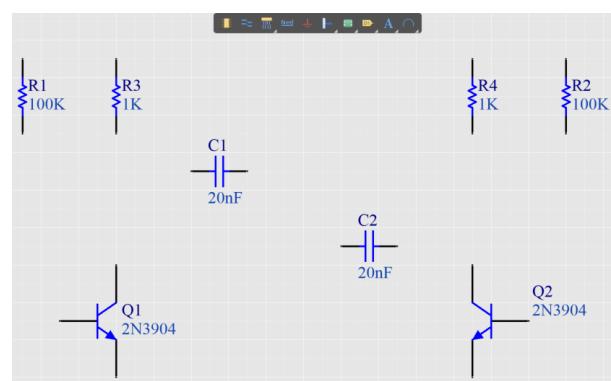


Paramètre Value masqué sur les résistors

Placement des condensateurs

Positionnons les deux condensateurs.

1. Le condensateur figure également dans la bibliothèque **Miscellaneous Devices.IntLib library**, qui devrait déjà être sélectionnée dans le panneau **Libraries**.
2. Saisissez **cap** dans le champ de filtre de composant (situé sous la bibliothèque sélectionnée) dans le panneau **Libraries**.
3. Cliquez sur **Cap** dans la liste des composants pour le sélectionner, puis cliquez sur le bouton **Place**. Le symbole du condensateur est à présent attaché au curseur.
4. Appuyez sur la touche **Tab** pour modifier les attributs du condensateur. Dans la boîte de dialogue de propriétés du composant, réglez **Designator** sur **C1**, **Name** sur **=Value**, et définissez **Value** sur **20nF** avant de masquer le paramètre **Value**.
5. Inspirez-vous de l'image ci-dessous pour positionner les deux condensateurs en répétant les mêmes étapes que pour les composants précédents. **Effectuez un clic droit** ou appuyez sur **Esc** pour quitter le mode de placement.



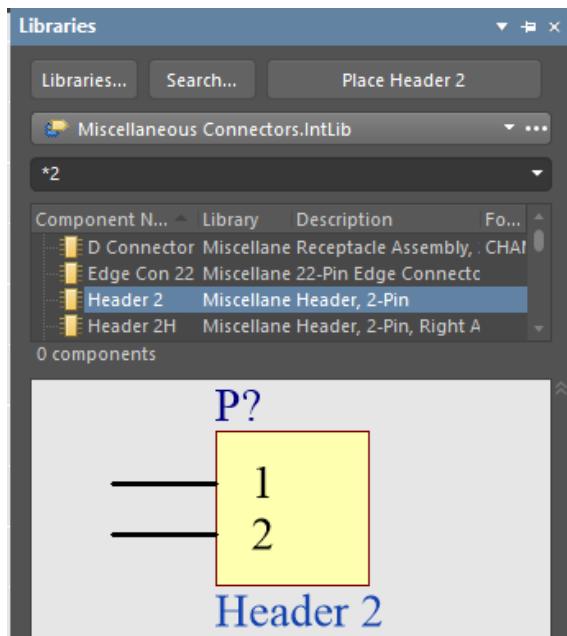
Placement des condensateurs sur la feuille de schéma

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

Placement du connecteur

Positionnons les deux condensateurs.

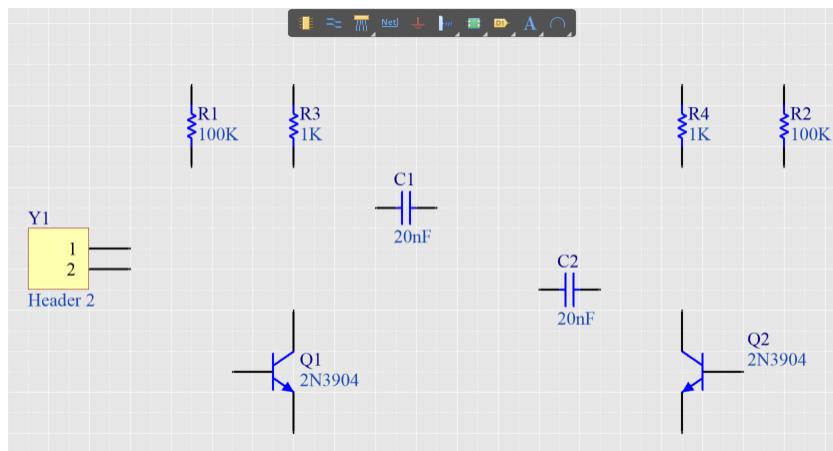
1. Sélectionnez **Miscellaneous Connectors.IntLib** dans le panneau **Libraries**. Nous avons besoin d'un connecteur à deux broches ; saisissez donc *2 dans le champ de filtre du panneau Libraries.



Connecteur embase à deux broches dans le panneau Libraries

2. Sélectionnez **Header 2** dans la liste des composants et cliquez sur le bouton **Place**. Appuyez sur **Tab** pour modifier les propriétés et réglez **Designator** sur Y1.
3. Avant de placer le connecteur, orientez-le correctement en appuyant sur **x** pour lui appliquer une symétrie horizontale. Cliquez sur le schéma au bon endroit pour déposer le connecteur, comme indiqué sur l'image ci-après.
4. **Effectuez un clic droit** ou appuyez sur **Esc** pour quitter le mode de placement.

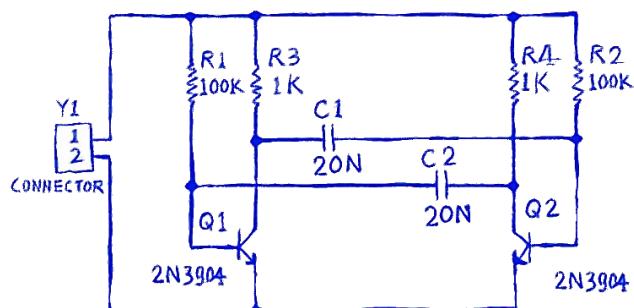
5. Enregistrez votre schéma en sélectionnant **File > Save** dans les menus (raccourci : F, S), ou en cliquant sur .



Connecteur embase à deux broches dans le panneau de bibliothèques

ÉTABLIR LES CONNEXIONS DU CIRCUIT

En vous référant à l'esquisse de circuit ci-dessous, utilisez la commande de placement de fil pour établir la connectivité entre les éléments du circuit.



Croquis d'un circuit de multivibrateur astable

- Pour obtenir une vue confortable de la feuille de schéma, appuyez sur la touche **PageUp** pour zoomer et **PageDown** pour dézoomer. Vous pouvez aussi maintenir la touche **Ctrl** et utiliser la molette de la souris pour régler la vue, ou maintenir la touche **Ctrl et le bouton droit de la souris** enfoncés puis **déplacer la souris vers le haut ou vers le bas**.
- Sélectionnez la commande de **placement du fil** dans l'**Active Bar** (surlignée ci-dessous) et reliez la broche inférieure du résistor **R1** à la base du transistor **Q1** en positionnant le curseur sur le bas du composant **R1**. Un marqueur de connexion (une large croix rouge) apparaîtra à l'emplacement du curseur pour désigner un point de connexion électrique potentiel sur le composant.

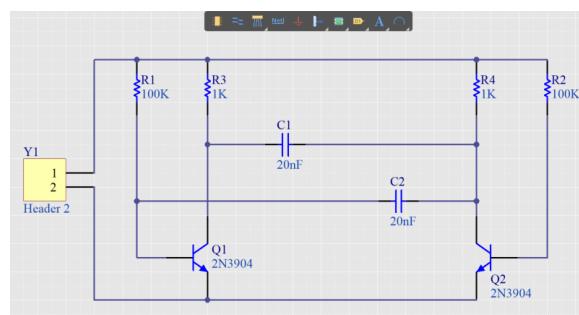


La commande de placement des fils dans l'Active Bar

- Cliquez avec **le bouton gauche de la souris** ou appuyez sur **Enter** pour ancrer la première extrémité du fil. Déplacez le curseur pour étirer le fil depuis le point d'ancre choisi. Le mode d'angle par défaut est l'angle droit ; consultez l'encadré ci-dessous pour changer le type de coin. Pour ce circuit, l'angle droit est optimal.
- Déplacez le curseur vers la base de **Q1** jusqu'à voir apparaître une croix rouge. Cliquez avec la souris ou appuyez sur **Enter** pour connecter le fil à **Q1**. Le curseur se détachera alors du fil.

Remarque : Le curseur conserve une forme de viseur, ce qui révèle que le système est prêt à placer un autre fil. Pour quitter le mode de placement et revenir au curseur en forme de flèche, effectuez **un clic droit** ou appuyez à nouveau sur **Esc**. Pour le moment, ne sortez pas du mode de placement.

- Ajoutez des connexions aux autres éléments du circuit comme illustré ci-après. Lorsque vous avez placé toutes les connexions, effectuez un clic droit ou appuyez sur **ESC** pour quitter le mode de placement. Le curseur redeviendra une flèche.



La feuille de schéma après placement des fils

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

LES SIGNAUX ET LEURS ÉTIQUETTES

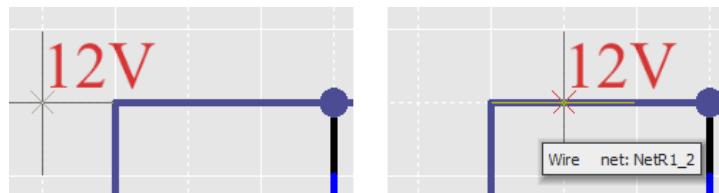
Suivez les étapes ci-dessous pour placer des étiquettes de signal sur les deux signaux d'alimentation.

1. Sélectionnez **Place Net Label** sur l'**Active Bar** (voir ci-après). Une étiquette de signal apparaîtra au niveau du curseur.



Placez l'étiquette de signal depuis l'Active Bar

2. Pour modifier l'étiquette de signal avant de la placer, appuyez sur la touche **Tab** pour suspendre le placement des étiquettes. Dans le panneau **Properties**, saisissez **12v** dans le champ **Net Name** puis poursuivez le placement de l'étiquette.
3. Placez l'étiquette de signal de façon à ce que son coin inférieur gauche touche le fil le plus haut sur le schéma, comme illustré dans l'image ci-après. Lorsque l'étiquette est correctement positionnée sur le fil, le curseur se change en croix rouge. Si la croix est grise, cela signifie qu'aucune connexion valide ne sera établie. Vous pouvez observer sur les images ci-dessous deux cas de placement : quand l'étiquette du signal est dans le vide (à gauche) et quand elle est sur un fil (à droite).

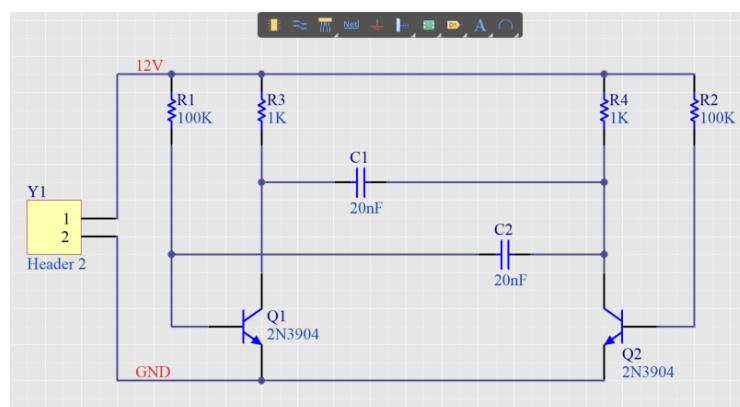


Placement incorrect et correct d'une étiquette de signal

4. Le mode de placement des étiquettes de signal restera actif après que vous avez placé la première étiquette de signal. Appuyez à nouveau sur la touche **Tab** pour modifier la deuxième étiquette avant de la poser. Saisissez **GND** en guise de propriété **Net Name**.

Placez l'étiquette de façon à ce que son coin gauche soit sur le fil le plus bas du schéma (comme illustré sur l'image ci-après). Effectuez **un clic droit** ou appuyez sur **Esc** pour quitter le mode de placement.

5. Sélectionnez **File » Save** (raccourci : F, S) pour enregistrer votre circuit. Sauvegardez aussi le projet.



Feuille de schéma sauvegardée

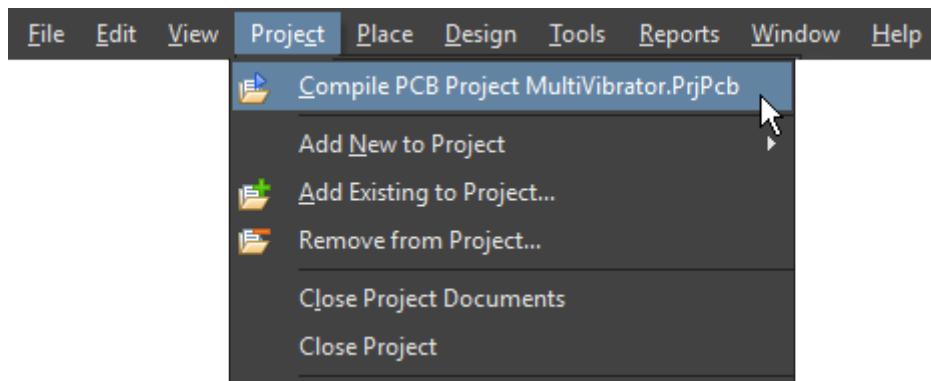
GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

COMPILATION ET VALIDATION DU SCHÉMA

La compilation d'un projet consiste à rechercher les erreurs et les violations, notamment au niveau électrique, dans les documents de conception. Tous les avertissements sont ensuite rassemblés dans le panneau **Messages**. Le processus génère également des informations détaillées dans le panneau **Compiled Errors**. Dans ce cas-ci, les règles avaient été prédéfinies pour ce tutoriel et notre conception est prête à être validée.

1. Sélectionnez **Project » Compile PCB Project Multivibrator.PrjPcb** pour *compiler* le projet. Si la compilation a déjà été effectuée, sélectionnez **Project » Recompile PCB Project Multivibrator.PrjPcb**.

Une fois le projet compilé, les avertissements et les erreurs s'affichent dans le panneau **Messages**. Le panneau n'apparaîtra que si des erreurs ont été détectées.



Compilation du projet de PCB

2. Sélectionnez **View » Fit All Objects** (raccourci: V, F) dans les menus pour afficher l'intégralité du schéma, puis enregistrez ce dernier et le projet.

Le schéma est à présent terminé. Dans la phase suivante de ce tutoriel, nous concrétiserons la conception sous forme de PCB. Vous trouverez des informations complémentaires sur la conception de schémas [ici](#).

Pour plus d'informations sur la compilation et la vérification des conceptions, rendez-vous [ici](#).

AJOUT D'UN PCB AU PROJET

1. Sélectionnez **File » New » PCB**.

The screenshot shows the Altium Designer interface with the 'File' menu open. Under the 'File' menu, 'New' is highlighted. A secondary dropdown menu for 'New' is open, showing options like 'Project', 'Schematic', and 'PCB'. The 'PCB' option is also highlighted with a blue selection bar. To the right of the main window, there is a 'Projects' panel. It shows a tree structure of project files: 'Workspace1.DsnWrk', 'Multivibrator.PrjPcb *', which is expanded to show 'PCB Documents' and 'PCB1.PcbDoc *', and 'Schematic Documents' with 'Multivibrator.SchDoc'. A cursor arrow points to the 'PCB' option in the 'New' submenu.

Créez un nouveau fichier de conception de PCB pour le projet

Nouveau fichier de conception de PCB dans le panneau de projets

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

2. Pour enregistrer le nouveau fichier de PCB, sélectionnez **File > Save As** ou . Saisissez le nom **Multivibrator** dans le champ **File Name** et cliquez sur **Save**.

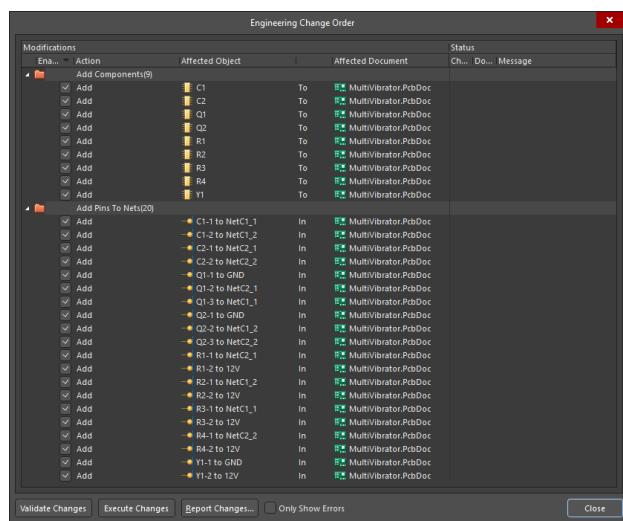
3. Une fois le fichier de conception ouvert, la barre de menu principale et les boutons associés s'adaptent à la tâche en cours et l'**Active Bar** s'affiche dans l'espace de travail.



Fichier de conception de PCB – Active Bar

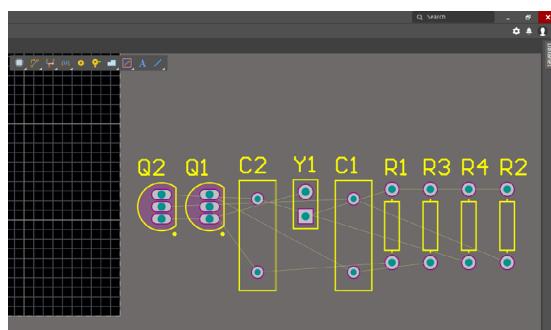
TRANSFERT DU SCHÉMA VERS LE PCB

1. Maintenant que vous avez initié la modification de votre fichier de conception de PCB, transférez le schéma en sélectionnant **Design > Import Changes from Multivibrator.PRjPcb**.



Demande de modification technique (ECO)

2. L'*empreinte* de chaque composant est située à droite du *PCB*.



Composants placés à côté du PCB

PLACEMENT DES COMPOSANTS SUR LE PCB

Dans cette section, nous placerons les composants sur le circuit imprimé. Les *lignes de connexion* sont automatiquement optimisées dès que vous déplacez un élément. Ces lignes vous guident pour placer et orienter chaque composant de manière optimale.

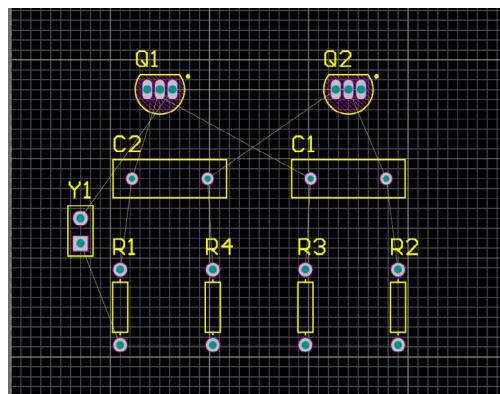
1. Placez la carte dans l'éditeur en déplaçant la souris tout en maintenant la touche Ctrl et le bouton droit enfoncé. Si la souris est dotée d'une molette, maintenez la molette enfoncée tout en déplaçant la souris pour zoomer et dézoomer.

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

2. Pour profiter d'un effet panoramique, déplacez la souris tout en maintenant le bouton droit enfoncé. Positionnez le curseur avant de zoomer car le zoom se fait par rapport à l'emplacement actuel du curseur.

Consultez [Getting to know your Editor](#) pour plus d'informations sur les outils de zoom et de panoramique.

3. Pour ce tutoriel, nous placerons les composants comme sur l'image ci-après. Pour placer les composants, positionnez le curseur au milieu du composant puis cliquez avec le bouton gauche de la souris et maintenez-le enfoncé. Le curseur se changera en croix et sautera vers le point de référence du composant. Tout en maintenant le bouton enfoncé, déplacez la souris pour faire glisser le composant.



Composants placés sur la zone de routage de carte

DÉFINITION ET GESTION DES RÈGLES DE CONCEPTION

Vous pouvez définir et gérer les règles de conception depuis la boîte de dialogue *PCB Rules and Constraints Editor*. Celle-ci se compose de deux parties :

- L'arborescence sur la gauche correspond à la liste des catégories de règles. Développez une catégorie pour afficher les types de règles individuelles disponibles. Développez un type de règle pour afficher toutes les règles de ce type actuellement définies.
- Dans la partie droite de la boîte de dialogue, vous trouverez des informations sur l'élément sélectionné dans l'arborescence – sur les règles définies de la catégorie ou du type choisi, sur l'ensemble des règles définies pour le système, ou encore, si une règle est sélectionnée, sur les contraintes liées à cette règle.

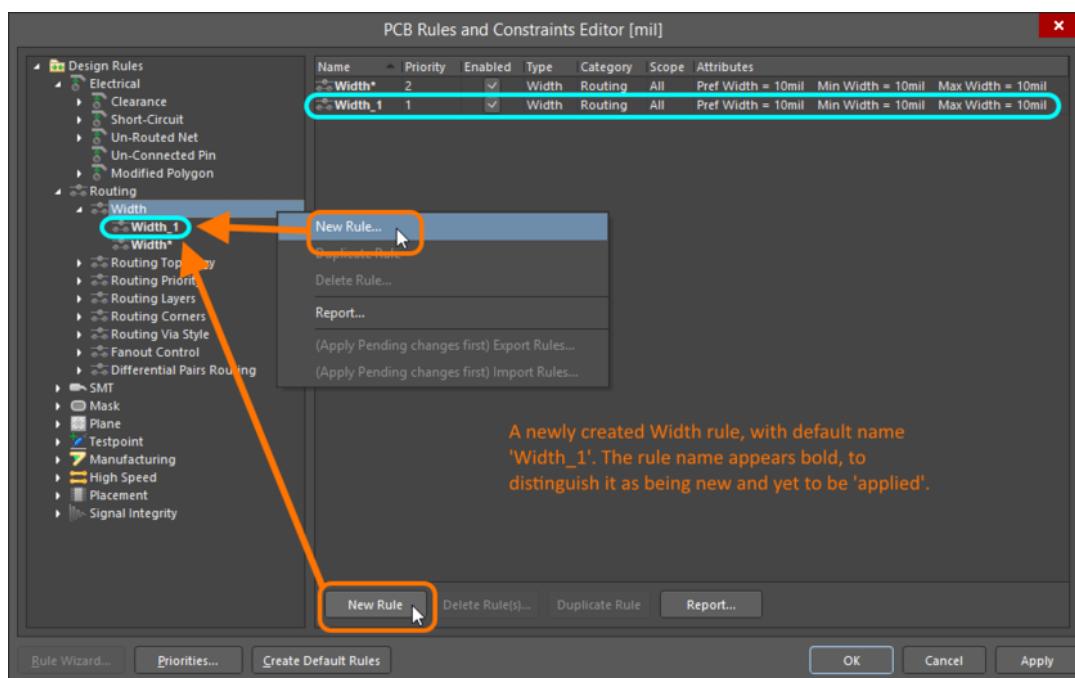
PCB Rules and Constraints Editor [mil]						
	Name	Priority	Enabled	Type	Category	Scope
Design Rules	AssemblyTestpoint	1	✓	Assembly Testpoint Style	Testpoint	All
Electrical	AssemblyTestpointUsage	1	✓	Assembly Testpoint Usage	Testpoint	All
Clearance	Clearance	1	✓	Clearance	Manufacturing	All - All
Short-Circuit	ShortCircuit	1	✓	Short-Circuit	Manufacturing	All - All
Un-Routed Net	UnRoutedNet	1	✓	Un-Routed Net	Manufacturing	All - All
Un-Connected Pin	UnConnectedPin	1	✓	Un-Connected Pin	Manufacturing	All - All
Modified Polygon	ModifiedPolygon	1	✓	Modified Polygon	Manufacturing	All - All
Routing	Fanout_BGA	1	✓	Fanout Control	Routing	iBGA
Fanout_Width	Fanout_Default	5	✓	Fanout Control	Routing	All
Fanout_Width	Fanout_LCC	2	✓	Fanout Control	Routing	iLCC
Fanout_Width	Fanout_Small	4	✓	Fanout Control	Routing	(CompPinCount < 5)
Fanout_Width	Fanout_SOIC	3	✓	Fanout Control	Routing	iSOIC
Height	Height	1	✓	Height	Placement	All
Width	HoleSize	1	✓	Hole Size	Manufacturing	All
HoleToHoleClearance	HoleToHoleClearance	1	✓	Hole To Hole Clearance	Manufacturing	All - All
LayerPairs	LayerPairs	1	✓	Layer Pair	Manufacturing	All - All
MinimumSolderMaskSliver	MinimumSolderMaskSliver	1	✓	Minimum Solder Mask Sliver	Manufacturing	All - All
NetAntennae	NetAntennae	1	✓	Net Antennae	Manufacturing	All
PasteMaskExpansion	PasteMaskExpansion	1	✓	Paste Mask Expansion	Mask	All
PlaneClearance	PlaneClearance	1	✓	Power Plane Clearance	Plane	All
PlaneConnect	PlaneConnect	1	✓	Power Plane Connect Style	Plane	All
PolygonConnect	PolygonConnect	1	✓	Polygon Connect Style	Plane	All - All
RoutingCorners	RoutingCorners	1	✓	Routing Corners	Routing	All
RoutingLayers	RoutingLayers	1	✓	Routing Layers	Routing	All
RoutingPriority	RoutingPriority	1	✓	Routing Priority	Routing	All
RoutingViaStyle	RoutingViaStyle	1	✓	Routing Via Style	Routing	All
RoutingVia	RoutingVia	1	✓	Routing Via	Routing	All
ShortCircuit	ShortCircuit	1	✓	Short-Circuit	Electrical	All - All
SilkToSilkClearance	SilkToSilkClearance	1	✓	Silk To Silk Clearance	Manufacturing	All - All
SilkToSolderMaskClearance	SilkToSolderMaskClearance	1	✓	Silk To Solder Mask Clearance	Manufacturing	iPad - All
SolderMaskExpansion	SolderMaskExpansion	1	✓	Solder Mask Expansion	Mask	All
UnpouredPolygon	UnpouredPolygon	1	✓	Unpoured Polygon	Electrical	All
UnRoutedNet	UnRoutedNet	1	✓	Un-Routed Net	Electrical	All
Width	Width	1	✓	Width	Routing	All

Éditeur de règles et de contraintes

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

Création manuelle d'une nouvelle règle de conception

1. Ouvrez le **PCB Rules and Constraints Editor** en sélectionnant **Design > Rules** dans la barre d'outils.
2. Allez dans **Routing** et sélectionnez le type de règle **Width**.
3. Cliquez sur le bouton **New Rule** sous la liste ou effectuez **un clic droit** et sélectionnez **New Rule** dans le menu contextuel.



Création d'une nouvelle règle de conception de PCB

Remarque : Gardez en mémoire le nom de la règle pour la section suivante. Quand une nouvelle règle est ajoutée, elle reçoit un nom par défaut en fonction de son type. Si ce nom est déjà utilisé par une autre règle, il sera rallongé d'un suffixe numérique (i.e. Width_1, Width_2, etc).

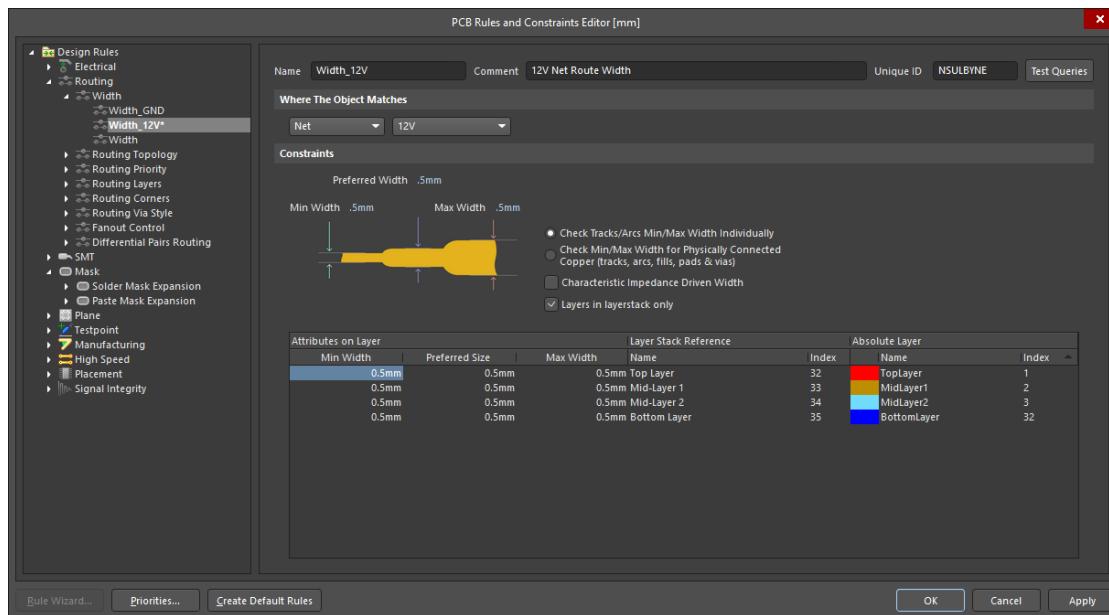
Modifier une règle de conception

1. **Cliquez** sur la règle dans l'arborescence ou **double-cliquez** sur l'entrée dans la liste de droite.

Définissez les valeurs suivantes pour la nouvelle règle :

2. Dans le champ **Name**, indiquez **Width_12V**.
3. Définissez la portée de la règle en plaçant le premier menu déroulant sur **Net** et le second sur **12V**.
4. Précisez les contraintes de la règle : **Preferred Width** = **0 . 50mm**, **Min Width** = **0 . 50mm**, et **Max Width** = **0 . 50mm**.
5. Cliquez sur **OK**.

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

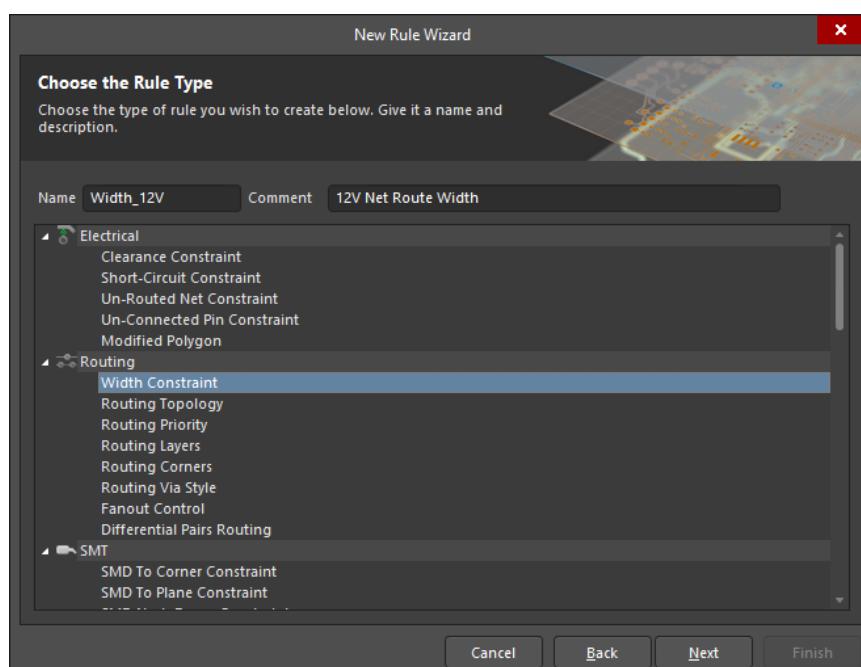


Détail du contrôle des règles de conception

À l'aide de l'assistant **Design Rule Wizard**

Vous pouvez également créer des règles de conception à l'aide du Design Rule Wizard. Si vous cliquez sur **Finish** avant d'avoir parcouru tout l'assistant, la nouvelle règle width sera créée à partir des paramètres par défaut du système pour le type de composant sélectionné.

1. Lancez le **Design Rule Wizard** depuis l'éditeur de PCB en cliquant sur **Design » Rule Wizard** dans les menus principaux ou sur le bouton *Rule Wizard* dans la boîte de dialogue PCB Rules and Constraints Editor.
2. Choisissez le **Rule Type** (type de règle).
3. Saisissez **Width_12V** dans le champ **Name** et **12V Net Route Width** dans le champ **Description**.
4. Sélectionnez **Routing » Width Constraint**.
5. **Cliquez sur Next.**

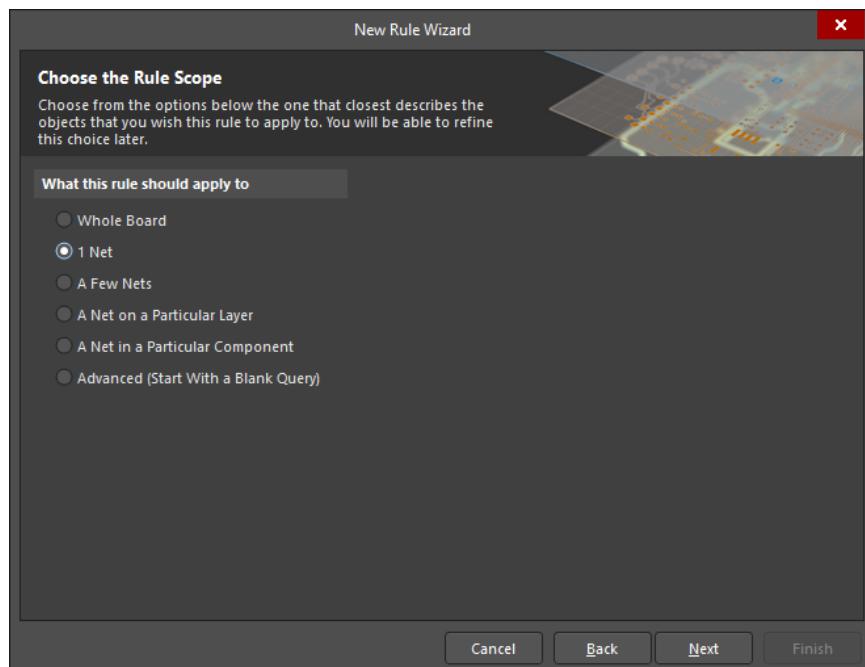


Sélection du type de règle

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

6. Sur la page **Rule Scope**, définissez la portée de la règle sur **1 Net**.

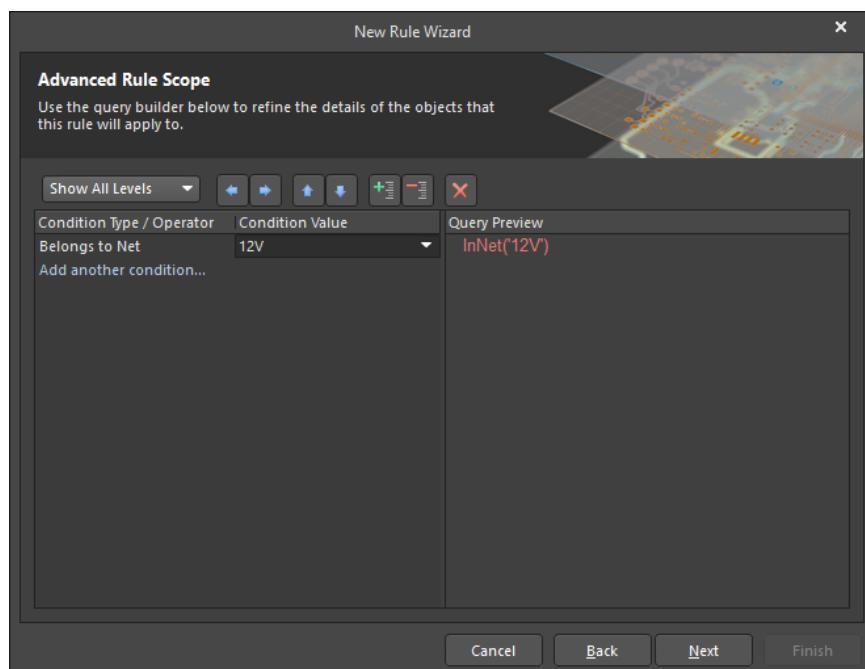
7. Cliquez sur **Next**.



Sélection de la portée de la règle

8. Réglez la valeur **Condition Value** sur 12V dans le menu déroulant et cliquez sur **Next**.

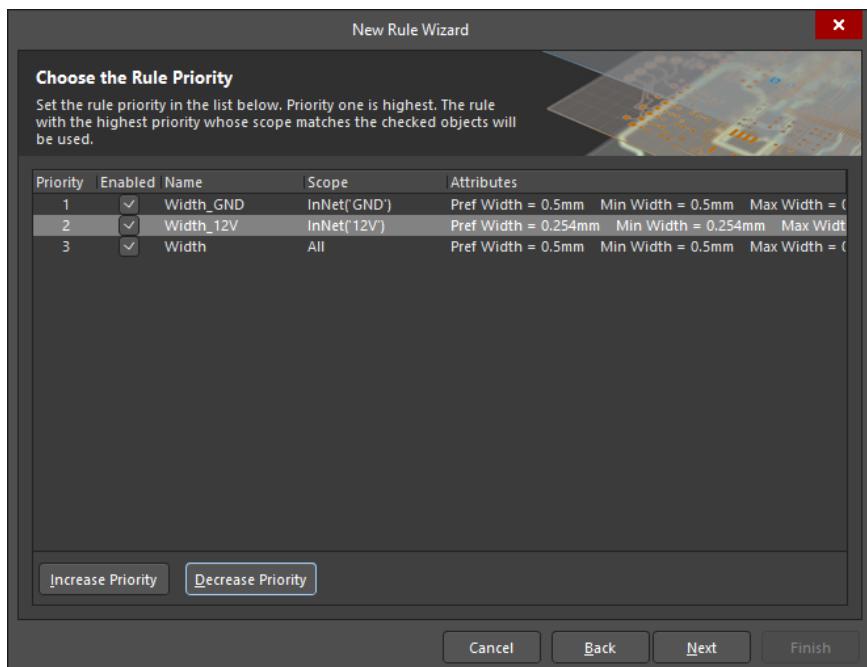
Remarque : La création d'une *requête personnalisée* peut se révéler très utile lors du processus de conception. Visitez [Query Language Reference Page](#) pour plus d'informations sur ces requêtes et leur création.



Advanced Rule Scope (définition avancée de la portée)

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

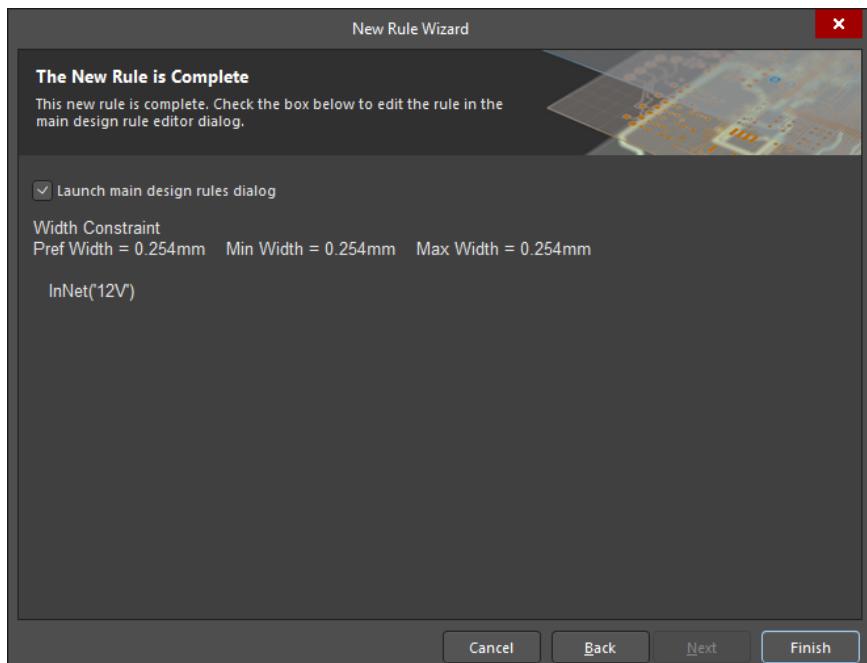
9. Réglez la priorité de la règle sur **2** en cliquant sur **Width_12V** puis sur **Decrease Priority**.



Rule Priority (Sélection de la priorité)

10. Cliquez sur **Next**.

11. Assurez-vous que la case **Launch main design rules dialog** est cochée puis cliquez sur **Finish**.

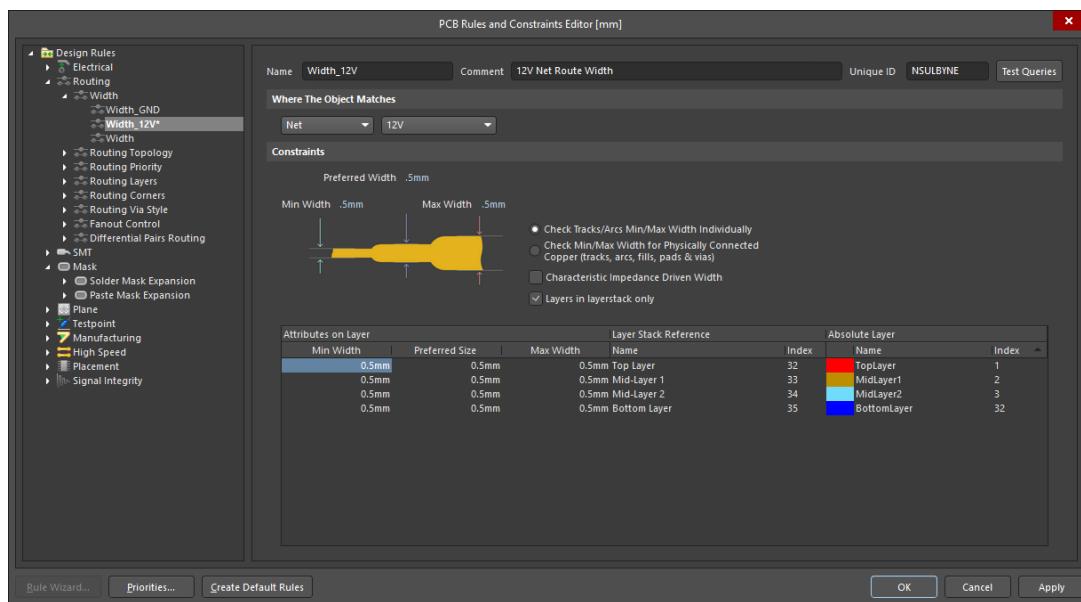


La règle est configurée

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

12. Précisez les contraintes de la règle : **Preferred Width** = 0.50mm, **Min Width** = 0.50mm, et **Max Width** = 0.50mm.

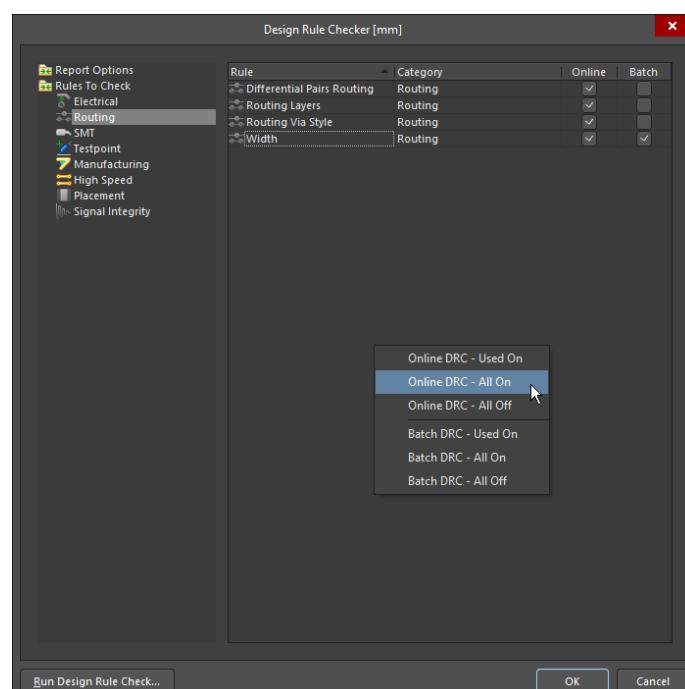
13. Cliquez sur **OK**.



PCB Rules and Constraints Editor

CONFIGURATION DU VÉRIFICATEUR DES RÈGLES DE CONCEPTION

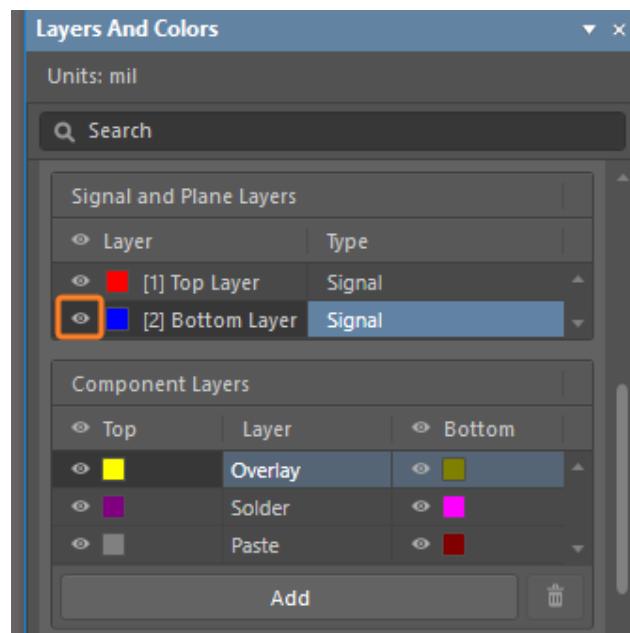
- Ouvrez la boîte de dialogue *Design Rule Checker* en sélectionnant **Tools** » **Design Rule Check**.
- Sélectionnez **Rules To Check** » **Routing**.
- Effectuez un clic droit dans la section **Rules** et sélectionnez **Online DRC - All On**.
- Effectuez un clic droit dans la section **Rules** et sélectionnez **Batch DRC - All On**.



La boîte de dialogue Design Rule Checker

ROUTAGE INTERACTIF DE LA CARTE

1. Confirmez que la grille est prête pour le routage. Pour modifier la grille, appuyez sur **Ctrl+G** afin d'ouvrir le **Cartesian Grid Editor**, puis entrez la valeur **0.125mm** dans le champ **Step X** et cliquez sur **OK** pour valider.
2. Vérifiez les calques visibles en consultant le **Layer Tabs** au bas de l'espace de travail. Si le calque **Bottom Layer** est masqué, appuyez sur le raccourci **I** pour ouvrir la boîte de dialogue **Layers and Colors**, puis activez le **Bottom Layer** en cliquant sur **[]** à côté du nom du calque.



Layers and Colors Panel

3. Cliquez sur l'onglet **Bottom Layer** au bas de l'espace de travail pour le définir comme calque actif (ou calque de travail) pour le routage.



Bottom Layer

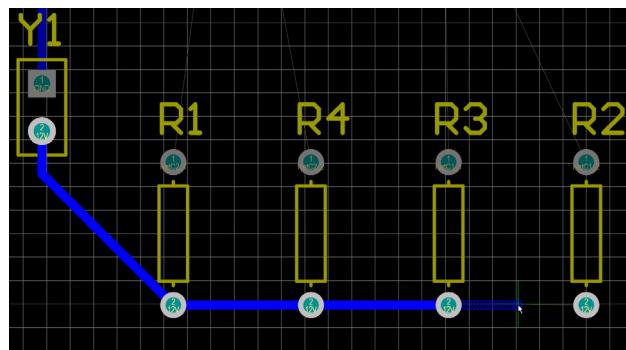
4. Sélectionnez **Place > Interactive Routing** dans les menus (raccourci : **P, T**), ou cliquez sur le bouton **Interactive Routing** de l'**Active Bar** (voir ci-après). Le curseur se changera en croix, ce qui vous indique que vous êtes en mode de routage interactif.



La commande de routage interactif sur l'Active Bar

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

5. Positionnez le curseur sur la pastille tout au bas du connecteur **Y1**. Quand vous serez suffisamment près de la pastille, le curseur sera attiré vers le centre de la pastille – cette option est le **Snap To Object Hotspot**, qui aimante le curseur au centre de l'objet électrique le plus proche (vous pouvez configurer la sensibilité depuis **Range of Attraction** dans la boîte de dialogue **Board Options**). De temps à autre, l'option **Snap To Object Hotspot** attirera le curseur de façon intempestive. Dans ce cas, appuyez sur **ctrl** pour la désactiver temporairement. Effectuez **un clic gauche** ou appuyez sur **Enter** pour ancrer la première extrémité de la piste.

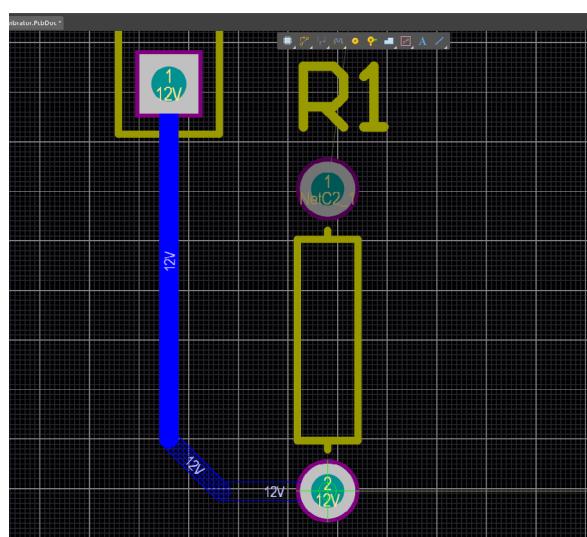


Routage des résistors

6. Déplacez le curseur vers la *pastille* au bas du résistor **R1** et cliquez pour placer un segment vertical. Les segments des pistes sont affichés de différentes façons (voir image ci-après).

Pendant le routage, les segments sont affichés comme suit :

- **Uni** – Le segment a été placé.
- **Hachuré** – Les segments à rayures ne sont pas encore validés. Vous pouvez les placer d'un clic gauche.
- **Vide** – Proposé à titre indicatif, ce segment fait office de *suggestion* quant au point où devrait se terminer le dernier segment.



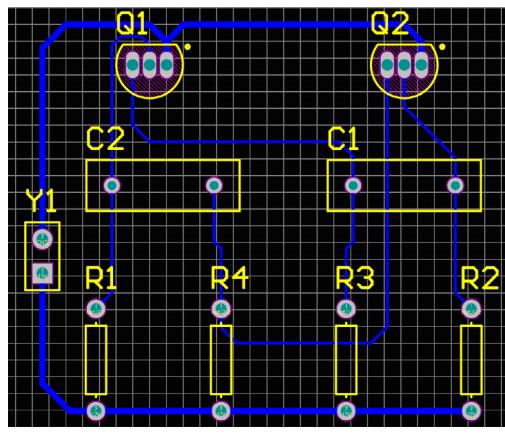
Écran de routage des segments

7. Vous pouvez effectuer un routage manuel en cliquant sur **le bouton gauche de la souris** pour valider les segments. Appuyez sur **Backspace** pour retirer le dernier segment placé. Déplacez votre curseur en revenant sur les étapes précédentes ; tant que vous survolez des segments non validés, le routage non validé s'annulera jusqu'à ce point.

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

8. Plutôt que de relier chaque pastille jusqu'à la dernière, vous pouvez appuyer sur **Ctrl** et cliquer avec **le bouton gauche de la souris** pour utiliser la fonction **Auto-Complete** et établir instantanément toutes les connexions.

9. Routez toutes les connexions sur la carte comme illustré ci-après.



PCB routé à une couche

MODIFICATION DE TRACE ET DE ROUTAGE

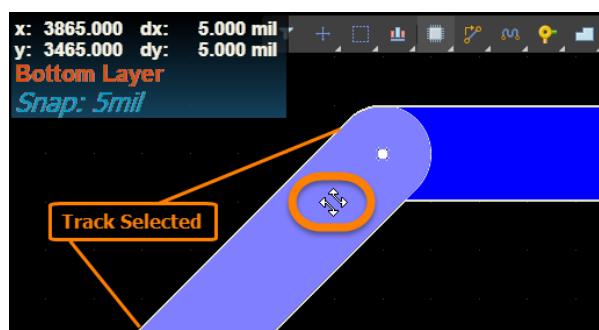
Le routage peut intervenir sur la couche du haut et sur celle du bas, car le PCB avait été défini à l'origine *avec deux couches*.

1. Commencez par supprimer le routage déjà effectué en sélectionnant **Route** ➤ **Un-Route** ➤ **All** dans les menus.
2. Réalisez un routage interactif comme auparavant. Pour passer d'une couche à l'autre en plaçant des traces, appuyez sur la touche * du pavé numérique ou sur **ctrl** + **Shift** en manipulant la molette de la souris pour alterner entre les couches de signal disponibles.

L'éditeur de PCB ajoutera automatiquement un *via* (en accord avec la règle de conception *Routing Via*) approprié au changement de couche.

3. Il existe deux approches pour modifier un routage existant : *le re-routage*, ou la réorganisation. Si vous re-routez, vous n'avez pas besoin de supprimer une connexion pour redéfinir son trajet. Lancez tout simplement le routage interactif et commencez à tracer ; la fonction *Loop Removal* éliminera automatiquement de vos traces tout segment redondant, y compris les vias. L'éditeur de PCB comprend également *un outil d'analyse des signaux* qui surveille le trajet au fur et à mesure et retire les segments redondants. Vous pouvez démarrer et interrompre le routage sur le nouveau trajet où vous le souhaitez, et passer d'une couche à l'autre selon vos besoins.

4. Pour réorganiser un routage existant, cliquez une fois sur le segment pour le sélectionner, puis positionnez la souris sur le segment pour afficher le curseur à *quatre flèches*, puis cliquez et maintenez pour faire glisser ce segment.



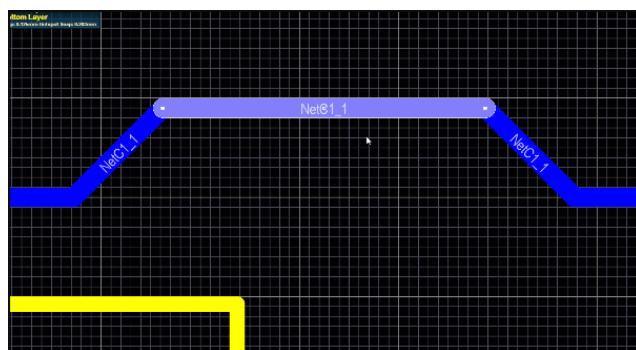
Déplacement d'un segment routé (quadruple flèche)

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

5. Notez que le curseur se transforme si vous le placez sur le point le plus élevé d'une piste – ce mode permet de diviser un segment en 3 autres segments.



Curseur sur un segment avec routage existant

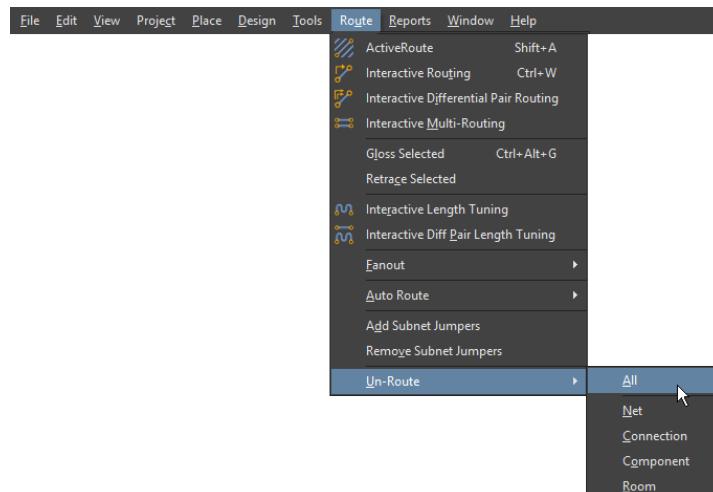


Segmentation d'une route existante

ROUTAGE AUTOMATIQUE DE LA CARTE

Pour découvrir la facilité de l'*autorouting*, suivez les étapes suivantes :

1. Annulez le routage de la carte en sélectionnant **Route** » **Un-Route** » **All** dans les menus (raccourci : U, U, A).



Annulation du routage

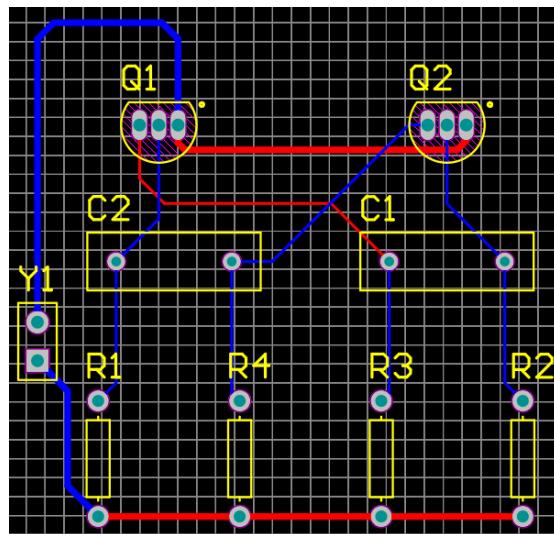
2. Cliquez sur l'icône de **routage automatique de la carte** sur l'**Active Bar** (voir image ci-après). La boîte de dialogue **Situs Routing Strategies** est divisée en deux sections : la section supérieure contient le rapport **Routing Setup Report** (n'oubliez pas de vérifier l'absence d'erreurs, indiquées en rouge), tandis que la moitié inférieure regroupe les **Routing Strategies** disponibles (la stratégie sélectionnée sera surlignée). Pour cette carte, la stratégie par défaut (**Default Multi Layer Board**) devrait être en surbrillance.



Icône de routage automatique sur l'Active Bar

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

3. Cliquez sur **Route All** dans la boîte de dialogue **Situs Routing Strategies**. Le panneau **Messages** récapitulera le processus de *routage automatique*.



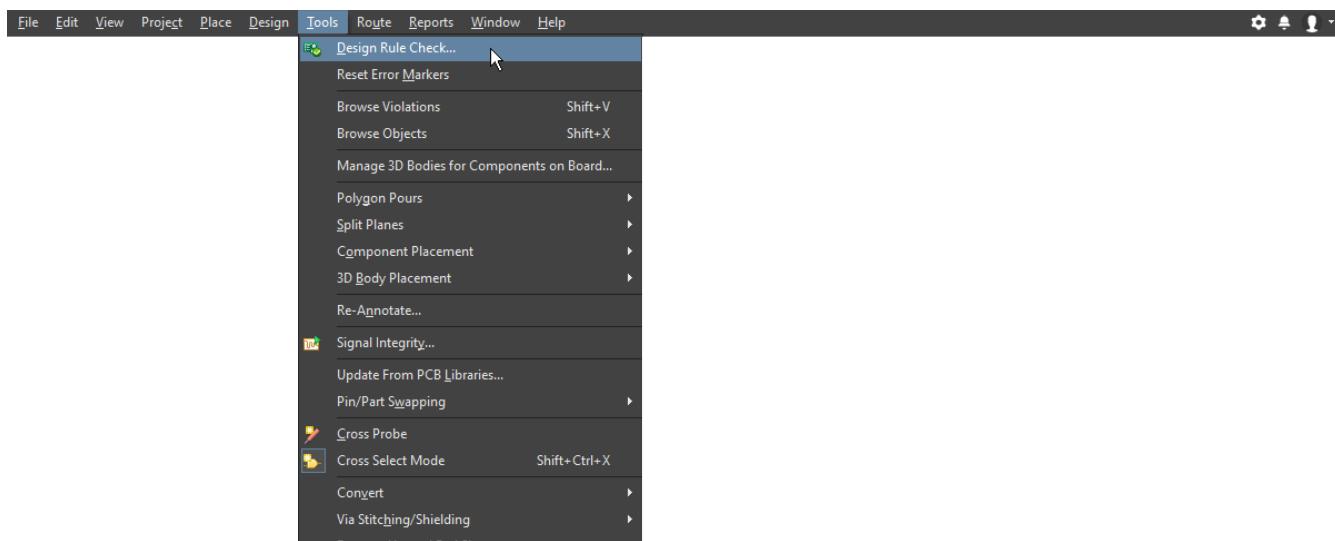
Le PCB après routage automatique

4. N'enregistrez pas la carte après le routage automatique : nous poursuivrons ce tutoriel avec le routage manuel réalisé au préalable. Appuyez deux fois sur **ctrl+z** pour annuler la commande **Un-Route All** et le routage automatique.

Le routage automatique s'applique sur les couches supérieure et inférieure (traces rouges en haut et traces bleues en bas). Les couches utilisées lors du routage automatique sont spécifiées dans la règle de conception **Routing Layers**, qui englobe par défaut la couche supérieure et la couche inférieure. Soulignons que les traces des deux signaux d'alimentation qui partent du connecteur sont plus larges, comme indiqué dans la deuxième règle **Width** que nous avons définie.

VÉRIFICATION DES RÈGLES DE CONCEPTION DU PCB

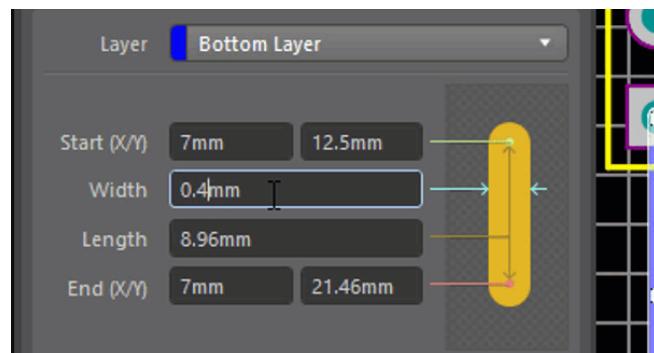
1. Validez la conception du PCB à l'aide de **Tools » Design Rule Check...**. En l'absence d'erreur, aucun message ne sera affiché dans le panneau **Messages**, qui sera alors masqué. Le rapport **Design Rule Verification Report** est généré et un onglet apparaîtra dans l'espace de travail.



Vérification des règles de conception

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

2. Les règles de conception du signal **GND** sont réglées sur **0.50mm** très exactement. Pour générer une erreur *DRC* comme sur l'image ci-après, cliquez sur un *segment de trace* du signal **GND**, puis rendez-vous dans le panneau **Properties** et réglez la propriété **Width** sur **0.4mm**.



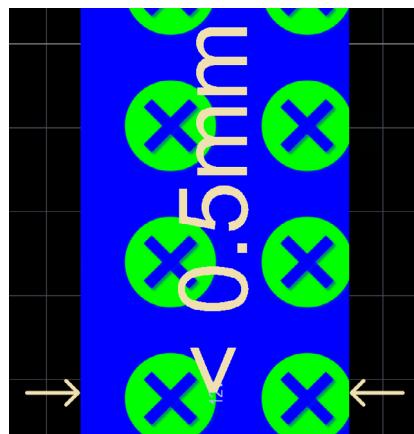
Modifiez la valeur Width dans le panneau Properties

3. Lancez à nouveau le **Design Rule Check**.

4. L'outil de vérification des règles devrait renvoyer une erreur dans le panneau **Messages**. Masquez la fenêtre et parcourez le **Design Rule Verification Report**. Vous trouverez en haut du rapport un résumé des violations. Les violations des *DRC* sont reprises sous le résumé sous la forme d'un lien hypertexte. En cliquant sur le lien, vous afficherez les problèmes dans l'éditeur de PCB. En bas du rapport, cliquez donc sur le lien similaire à celui-ci:



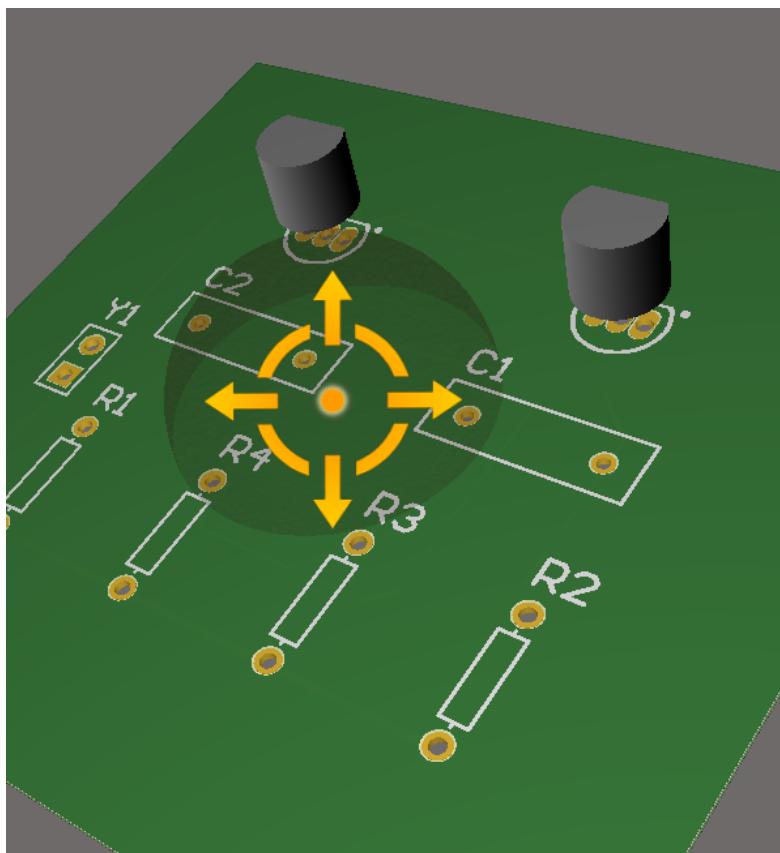
5. L'erreur sera mise en avant dans une vue en gros plan semblable à l'illustration ci-après. Corrigez la valeur **Width** de la trace dans le panneau **Properties** ou en appuyant sur **ctrl-z** pour annuler la modification du paramètre de largeur. Enregistrez le fichier et vérifiez à nouveau qu'il ne présente aucune erreur de *DRC*.



Routage avec violations

AFFICHAGE DU PCB EN 3D

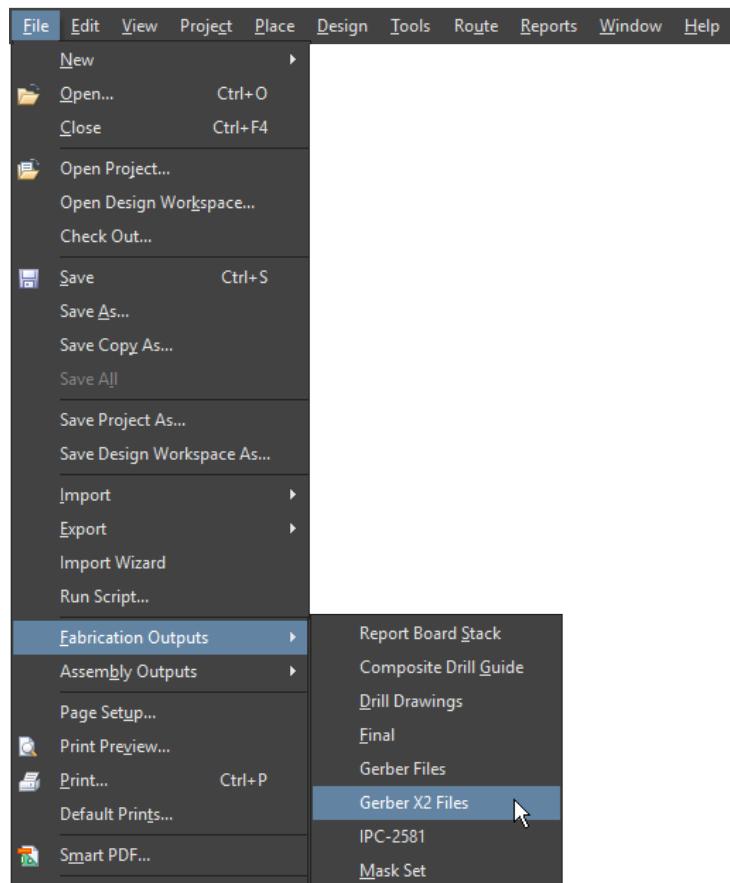
1. Passez à la vue en 3D en sélectionnant **View > 3D Layout Mode** (raccourci : 3) ou sélectionnez une *configuration d'affichage en 3D* dans la liste de la barre d'outils standard. Votre carte s'affichera sous la forme d'un objet tridimensionnel.
2. Pour zoomer et dézoomer, enfoncez la touche **ctrl1** et le **bouton droit** de la souris et déplacez la souris, appuyez sur **ctrl1** et utilisez la **molette de la souris** ou appuyez sur les touches **PageUp** et **PageDown**.
3. Passez en mode panoramique **en maintenant enfoncé le bouton droit de la souris** ou les commandes standard de Windows et la molette de la souris.
4. Faites pivoter la carte en maintenant **Shift** et **le bouton droit** de la souris enfoncés, et en déplaçant la souris. Vous constaterez qu'une *sphère directionnelle en 3D* apparaît à l'endroit du curseur, comme sur l'image ci-après. Le centre de la sphère correspond à la position du curseur avant d'appuyer sur **Shift**. La rotation du modèle est centrée sur ce point. Utilisez les commandes suivantes pour faire pivoter la carte, et survolez-les avec la souris pour les surligner et les sélectionner :
5. **Bouton droit de la souris enfoncé + faire glisser** la sphère quand le **point central** est surligné = pivoter dans n'importe quelle direction.
6. **Bouton droit de la souris enfoncé + faire glisser** la sphère quand **la flèche horizontale** est surlignée = pivoter la vue sur l'**axe Y**.
7. **Bouton droit de la souris enfoncé + faire glisser** la sphère quand **la flèche verticale** est surlignée = pivoter la vue sur l'**axe X**.
8. **Bouton droit de la souris enfoncé + faire glisser** la sphère quand **le segment circulaire** est surligné = pivoter la vue sur l'**axe Z**.



Navigation en 3D dans le PCB

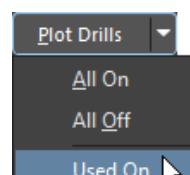
GÉNÉRATION DE FICHIERS DE SORTIE POUR LA FABRICATION

- Créez des fichiers **Fabrication Output** en sélectionnant **File » Fabrication Outputs » Gerber X2 Files**.



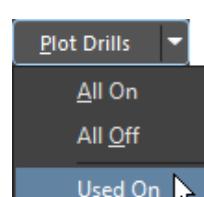
Génération de fichiers Gerber X2

- Sélectionnez **Used On** dans le menu déroulant **Plot Layers**.



Plot Layers

- Sélectionnez **Used On** dans le menu déroulant **Plot Drills**.

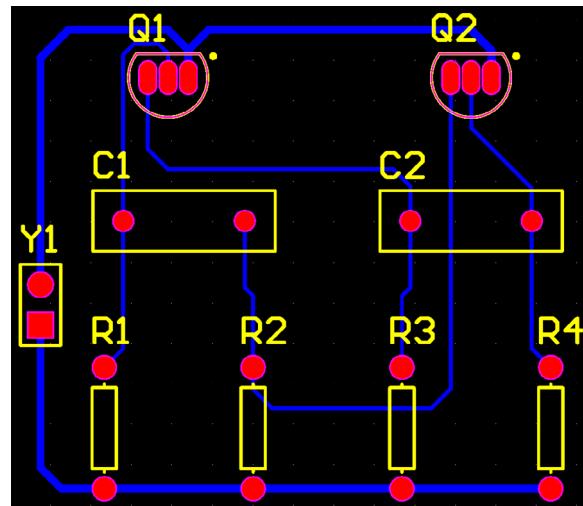


Plot Drills

- Cliquez sur **OK**.

GUIDE D'INITIATION À LA CONCEPTION DE CIRCUITS IMPRIMÉS

Le fichier **Gerber X2** sera immédiatement chargé dans l'outil d'affichage d'**Altium Designer, CAMtastic**. Par ailleurs, vous pouvez générer rapidement des lots de fichiers de sortie afin que le PCB puisse être fabriqué sur base des **Output Job Files**. Ce document dédié définit dans un seul environnement tous les paramètres pour tous les types de fichiers de sortie (**Gerber, NC drill, assembly drawings, pick and place**, etc.) Vous pouvez également réaliser des variantes de conception en configurant le fichier pour créer des sorties de projets indépendantes ou combinées.



Fichier Gerber X2 dans CAMtastic

CONCLUSION

Ce tutoriel est à présent terminé ! Merci pour votre attention. À travers ce guide, nous souhaitons vous fournir un bref aperçu du processus de conception dans Altium Designer. Consultez nos autres guides « **Premier pas** » pour vous familiariser avec les fonctionnalités remarquables de Draftsman® et d'ActiveRoute®.

Pensez à visiter la page [Altium.com/documentation](#) pour vous fournir en documentation et à lire l'article [Exploring Altium Designer](#) pour obtenir une explication de l'interface, des informations sur l'utilisation des panneaux et des conseils pour vous aider à manipuler les fichiers de conception. Si vous souhaitez suivre un entraînement plus approfondi, rendez-vous sur notre page [Events](#).

À PROPOS D'ALTIUM

Altium LLC (ASX: ALU) est une société internationale d'édition de logiciels dont le siège se trouve à San Diego, en Californie. Son activité se concentre sur les systèmes de design électronique pour la conception 3D des circuits imprimés et le développement des systèmes embarqués. Les produits Altium sont utilisés dans le monde entier, que ce soit par les meilleures équipes de conception électronique ou par la communauté d'amateurs du design électronique au sens large.

Grâce à sa gamme unique de technologies, Altium aide les entreprises et les communautés de conception à innover, collaborer et créer des produits connectés tout en leur permettant de respecter les délais et les budgets prévus. Altium fournit les produits suivants : ACTIVEBOM®, ActiveRoute®, Altium Designer®, Altium Vault®, Altium NEXUS™, Autotrax®, Camtastic®, Ciiva™, CIIVA SMARTPARTS®, CircuitMaker®, CircuitStudio®, Codemaker™, Common Parts Library™, Draftsman®, DXP™, Easytrax®, EE Concierge™, NanoBoard®, NATIVE 3D™, OCTOMYZE®, Octopart®, P-CAD®, PCBWORKS®, PDN Analyzer™, Prote®, Situs®, SmartParts™, la gamme TASKING® de compilateurs logiciels embarqués et Upverter™.

Fondée en 1985, Altium possède des bureaux dans le monde entier, que ce soit aux États-Unis à San Diego, Boston et New York, en Europe à Karlsruhe, Amersfoort, Kiev, Munich, Markelo et Zoug, et en Asie-Pacifique à Shanghai, Tokyo et Sydney. Pour obtenir de plus amples informations, rendez-vous sur le site [www.altium.com](#). Vous pouvez également suivre Altium et communiquer via Facebook, Twitter et LinkedIn et YouTube.