2nde BAC Pro CIEL	Routage PCB sur Proteus	Année 2026/2027
		

Nom		
Prénom		
Date		
Matériel Outillage 	⇨ Proteus	**Durée** : 3H 
Travaux à réaliser 	⇨ Routage du PCB	

Pôle d'activité : Réalisation et maintenance de produits électroniques

Activités :

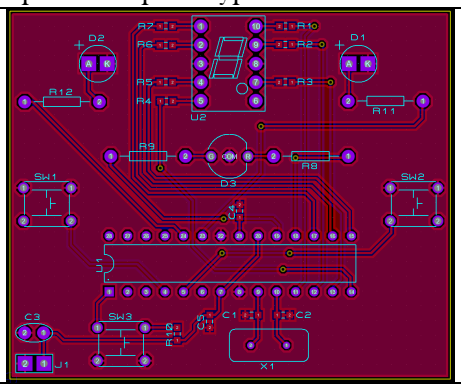
⇨ **E1** : Etude et conception de produits électroniques

Tâches :

⇨ **T2** : Placement et routage d'une carte électronique et génération des fichiers de fabrication

Compétences :

⇨ **C07** : Réaliser des maquettes et prototypes



Lorsque le logo apparaît, il est indispensable d'appeler l'enseignant pour vérification.

A. Compétences

C01	**COMMUNIQUER EN SITUATION PROFESSIONNELLE (ANGLAIS/FRANÇAIS)**	
	La présentation (typographie, orthographe, illustration, lisibilité) est soignée et soutient le discours avec des enchaînements cohérents	
	La présentation orale (support et expression) est de qualité et claire	
	L'argumentation développée lors de la présentation et de l'échange est de qualité	
	L'argumentation tient compte des éventuelles situations de handicap des personnes avec lesquelles il interagit	
C03	**PARTICIPER A UN PROJET**	
	Les rôles et tâches de chacun sont identifiés ; le cas échéant, les besoins spécifiques des personnes en situation de handicap sont pris en compte	
	Le planning prévisionnel est compris	
	Le suivi du projet est respecté	**X**
	L'espace collaboratif est correctement utilisé	
C04	**ANALYSER UNE STRUCTURE MATÉRIELLE ET LOGICIELLE**	
	Le besoin est identifié ainsi que les ressources matérielles, logicielles et humaines	
	Les logiciels d'analyse et de tests sont utilisés selon les procédures de traitement d'incidents	
	Les informations nécessaires sont extraites des documents réglementaires et/ou constructeurs	
	Les indicateurs de fonctionnement sont interprétés	
	Les fiches de test ou d'intervention sont renseignées	
C06	**VALIDER LA CONFORMITÉ D'UNE INSTALLATION**	
	Les exigences du cahier des charges sont respectées	
	Les tests sont effectués	
	Les résultats attendus sont vérifiés	
	La procédure de test est respectée	
C07	**RÉALISER DES MAQUETTES ET PROTOTYPES**	
	Le placement et routage sont conformes au cahier des charges	**X**
	La génération des fichiers de fabrication du PCB est conforme aux attentes	
	Le PCB est réalisé, contrôlé et conforme aux IPC (tolérances mécaniques, finition de surface, propreté, ESD etc.)	
	Les composants sont conformes à la nomenclature (marquage, étiquetage)	
	La nomenclature des composants est respectée	
	Le brasage de la carte est conforme à la nomenclature et aux IPC	
	Les contraintes liées aux impacts environnementaux sont intégrées	
	Le contrôle visuel de la carte assemblée est conforme au dossier de fabrication	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C08	**CODER**	
	Les environnements de développement et de test sont mis en oeuvre en tenant compte des contraintes de fonctionnalités et de sécurité	
	Le module logiciel est débogué et syntaxiquement correct	
	Les composants logiciels individuels sont développés et testés conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	La solution (logicielle et matérielle) est intégrée et testée conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	Le code est commenté et le logiciel est documenté	
C09	**INSTALLER LES ÉLÉMENTS D'UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU INFORMATIQUE**	
	L'ensemble des éléments pour l'installation du système est complet et vérifié par rapport au cahier des charges	
	Les éléments du système sont installés et raccordés selon une procédure	
	La configuration est réalisée	
	La mise en service est réalisée	
	L'état de l'installation est renseigné de manière écrite ou orale	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C10	**EXPLOITER UN RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	Les alertes et problèmes rencontrés sont renseignés	
	Les différents éléments d'un réseau ou d'un système à partir d'un schéma fourni sont identifiés	
	La mise à jour des équipements (iOS, OS, logiciel, firmware) est effectuée	
	Les optimisations nécessaires sont effectuées	
C11	**MAINTENIR UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	L'intervention est préparée	
	Le dysfonctionnement est constaté	
	La maintenance ou la réparation est réalisée	
	La fiche d'intervention est correctement renseignée	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	

Nature de complexité de l'activité

Découverte	**X**
Intermédiaire	
Bac Pro	

B. Mise en contexte

Vous êtes technicien(ne) en électronique au sein de l'entreprise ABElectronik, spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes électroniques.

Lors de vos précédentes interventions, vous avez réalisé le schéma électronique d'une carte équipée d'un microcontrôleur ATmega328P, puis effectué le placement des composants sur le circuit imprimé à l'aide du logiciel Proteus.

Le bureau d'études a validé votre implantation et souhaite désormais finaliser les connexions électriques entre les différents composants.

Votre responsable vous confie le routage du circuit imprimé sur deux couches. Vous devrez réaliser les pistes électriques en respectant les règles de conception et utiliser des vias lorsque cela est nécessaire.

À l'issue de votre intervention, le circuit imprimé devra être entièrement routé et vérifié afin de préparer la constitution du dossier de fabrication.

C. Problématique

Comment réaliser le routage des connexions électriques d'un circuit imprimé sous Proteus, en respectant les règles de conception et en garantissant la conformité du PCB avant sa fabrication?



D. Préparation (5 min)

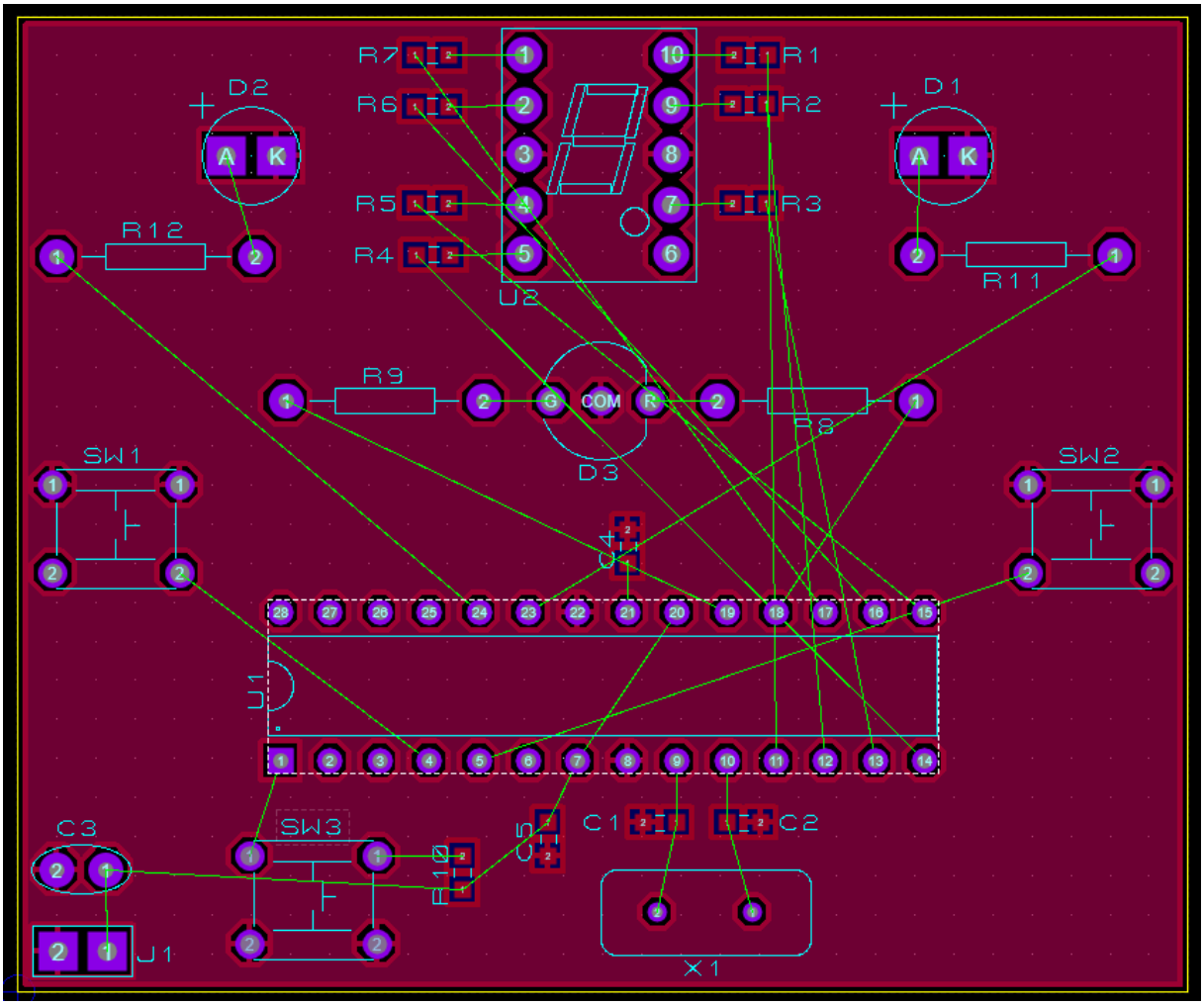
Ouvrir votre projet Proteus dont vous avez saisi précédemment le schéma et effectuer le placement des composants sur le PCB.

E. Routage (2H30)

Réalisation des connexions sur les couches TOP et BOTTOM COPPER.

La couche TOP COPPER (généralement en rouge) est la couche de cuivre du dessus du PCB (parfois nommé côté composant).

La couche BOTTOM COPPER (généralement en bleu) est la couche de cuivre du dessous du PCB (parfois nommé côté soudure).



Les traits de couleurs vert, appelé « chevelu » indiquent au concepteur de la carte les liaisons électriques restantes attendues. Moins il y a de croisement et plus facile sera le routage.

Une piste ne doit jamais toucher ou être trop proche d'un autre réseau électrique. Les plans de masse déjà créés permettent de raccorder automatiquement les pastilles GND accessibles. Le logiciel assure un contrôle permanent du routage et des règles électriques. Toutefois, il ne vous indiquera pas si une piste est correctement routé dans les règles de l'art.

1) Routage des composants sensibles

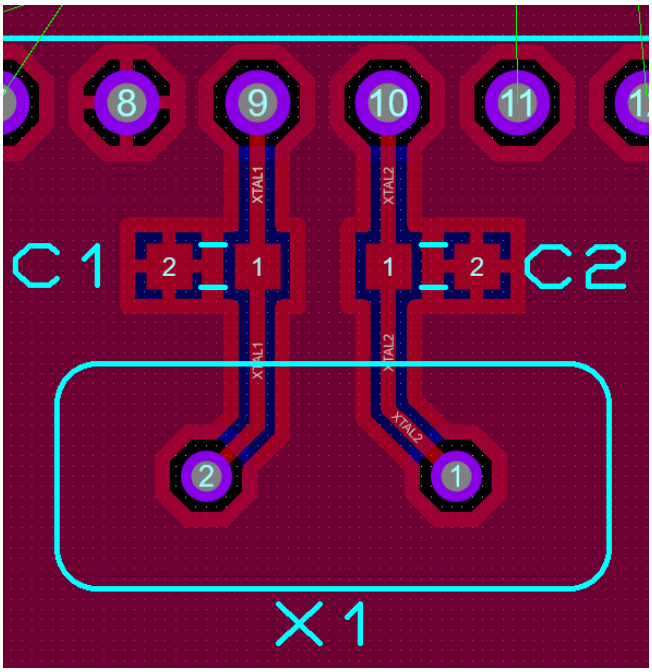
Le quartz

Réaliser les connexions entre les broches XTAL1 et XTAL2 du microcontrôleur U1, le quartz X1 et les condensateurs C1 et C2.

Quelques règles :

- ⇨ Réaliser les pistes les plus courtes possible
- ⇨ Éviter les détours inutiles
- ⇨ Privilégier une seule couche
- ⇨ Éviter les vias sur les connexions du quartz
- ⇨ Ne pas faire passer d'autres signaux à proximité immédiate

Par exemple :



2) Les condensateurs C4 et C5

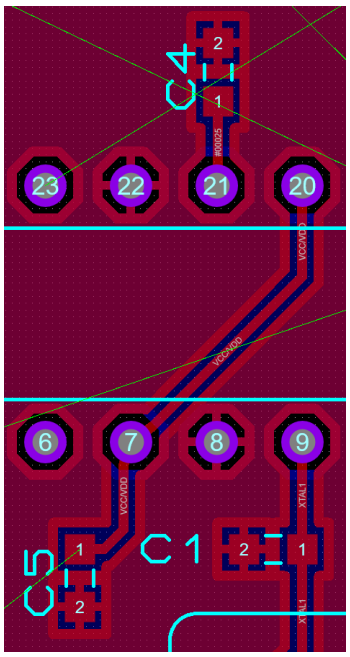
Réaliser les connexions des condensateurs C4 et C5 avec les broches correspondantes du microcontrôleur.

Conseils :

- ⇨ Limiter la longueur des connexions
- ⇨ Préserver des chemins courts vers la masse.
- ⇨ Éviter de créer des détours pour contourner d'autres pistes

Une piste trop longue augmente les effets parasites et peut réduire l'efficacité du découplage.

Exemple :



3) L'alimentation

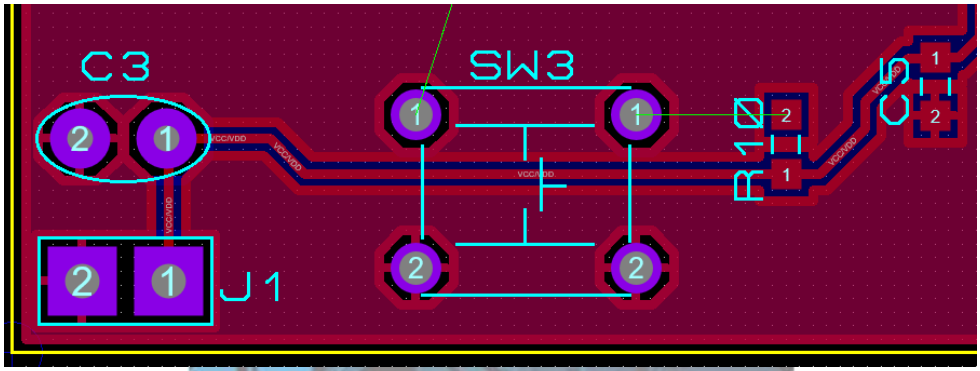
Le connecteur J1 permet d'alimenter la carte électronique. Le condensateur C3 est placé à proximité de ce connecteur afin de contribuer au filtrage de l'alimentation.

Relier la broche positive de J1 à la borne correspondante du condensateur C3. **Privilégier** une connexion courte entre le connecteur d'alimentation et le condensateur C3.

Vérifier que la borne négative de C3 est correctement reliée au plan de masse GND.

La tension d'alimentation doit ensuite être distribuée aux différents composants qui en ont besoin à partir de C3.

Exemple :



4) Routage de l'afficheur 7 segments

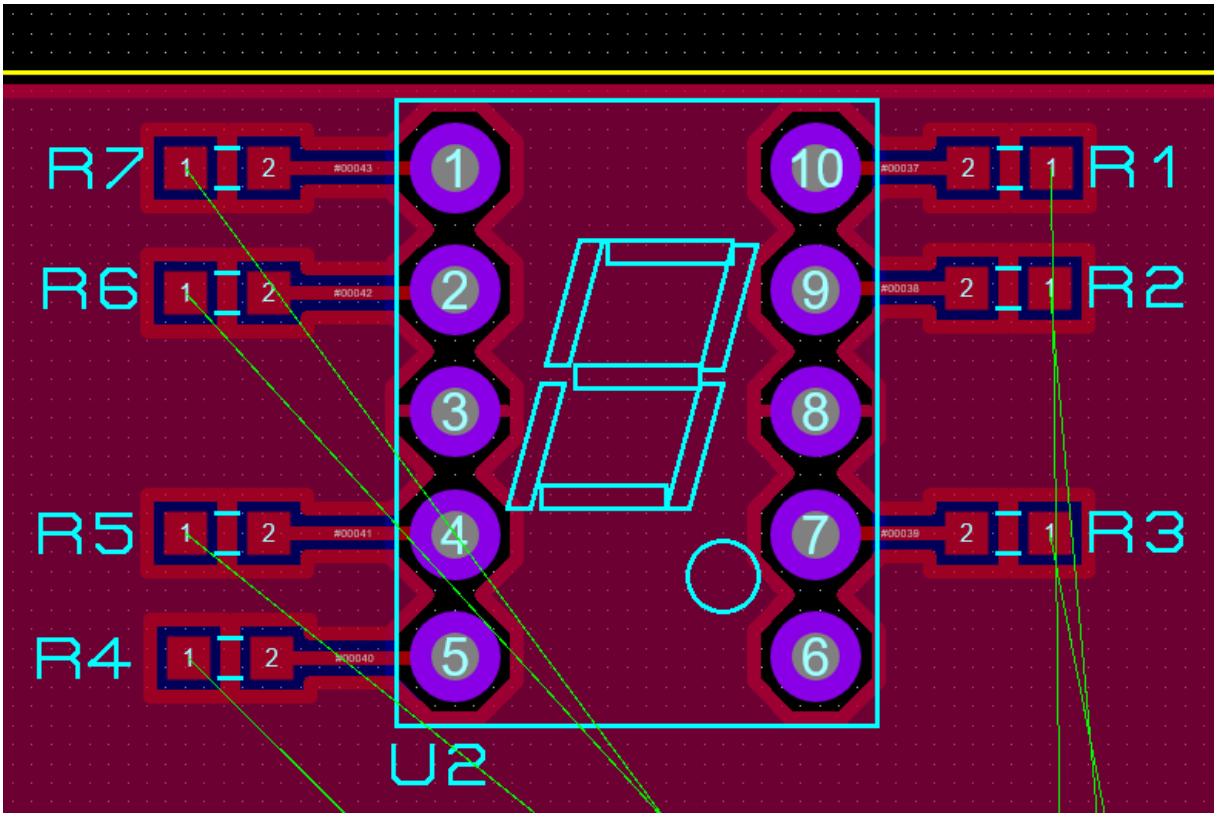
Connexion des résistances de l'afficheur

Réaliser les pistes reliant les résistances R1 à R7 aux différentes broches de l'afficheur U2.

Conseils :

- ⇨ Commencer par les connexions les plus simples
- ⇨ Éviter les croisements
- ⇨ Utiliser des angles à 45° lorsque cela facilite le tracé
- ⇨ Respecter l'espacement entre les pistes.

Exemple :



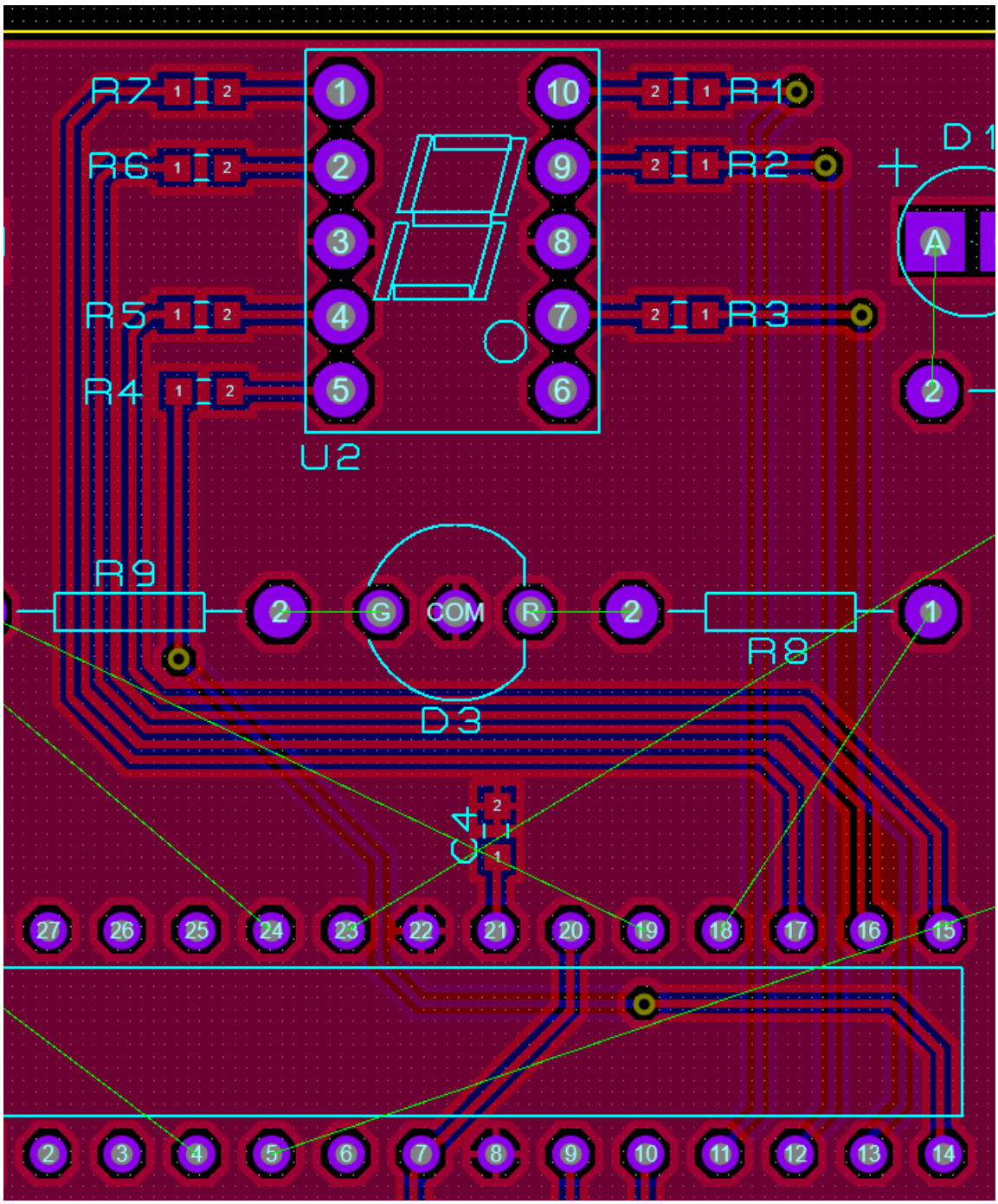
Connexion de l'afficheur au microcontrôleur

Réaliser les connexions restantes entre les résistances de l'afficheur et le microcontrôleur U1.

Il est fortement probable que le routage de ces pistes nécessitent des vias.

1. Commencer le routage sur TOP COPPER
2. Insérer un via
3. Poursuivre sur BOTTOM COPPER
4. Terminer la connexion
5. Vérifier que le chevelu correspondant a disparu

Exemple :



5) Routage des LEDs

Relier D1 à R11.

Relier D2 à R12.

Relier la LED bicolore D3 aux résistances R8 et R9.

Réaliser les connexions vers le microcontrôleur.

Conseils :

- ⇨ Commencer par les connexions locales entre résistances et LED
- ⇨ Rechercher un cheminement direct pour les connexions vers U1
- ⇨ Utiliser un via uniquement lorsque cela facilite réellement le routage

6) Routage des boutons-poussoirs

Relier SW1 et SW2 aux broches correspondantes du microcontrôleur.

Router le circuit de réinitialisation composé de SW3 et R10.

Avant de commencer une piste, observer son trajet et rechercher le cheminement permettant d'éviter les composants et les pistes déjà réalisées.

F. Finalisation et optimisation (25 min)

Lorsque toutes les pistes sont routées, vous devez avoir l'information suivante en bas du logiciel :



No CRC errors : Indique que toutes les lignes sont connectées (sinon il indique x missings)

No DRC errors : Indique qu'il n'y a pas d'erreur sur les pistes

Pour la vérification, appliquer la check-list suivante :

1) Vérification des pistes électriques

- ☐ Toutes les connexions électriques sont réalisées : aucun chevelu ne reste visible
- ☐ Les pistes ne présentent pas d'angles droits à 90° (privilégier les changements de direction à 45°)
- ☐ Les pistes ne présentent pas de détours inutiles
- ☐ Les pistes respectent les largeurs définies : 0,3 mm pour les signaux et 0,5 mm pour les alimentations, selon les règles retenues
- ☐ Les pistes ne passent pas trop près des pastilles ou des pistes appartenant à d'autres réseaux
- ☐ Les pistes ne présentent pas d'étranglements inutiles
- ☐ Aucun tronçon de piste inutile ou non connecté ne subsiste

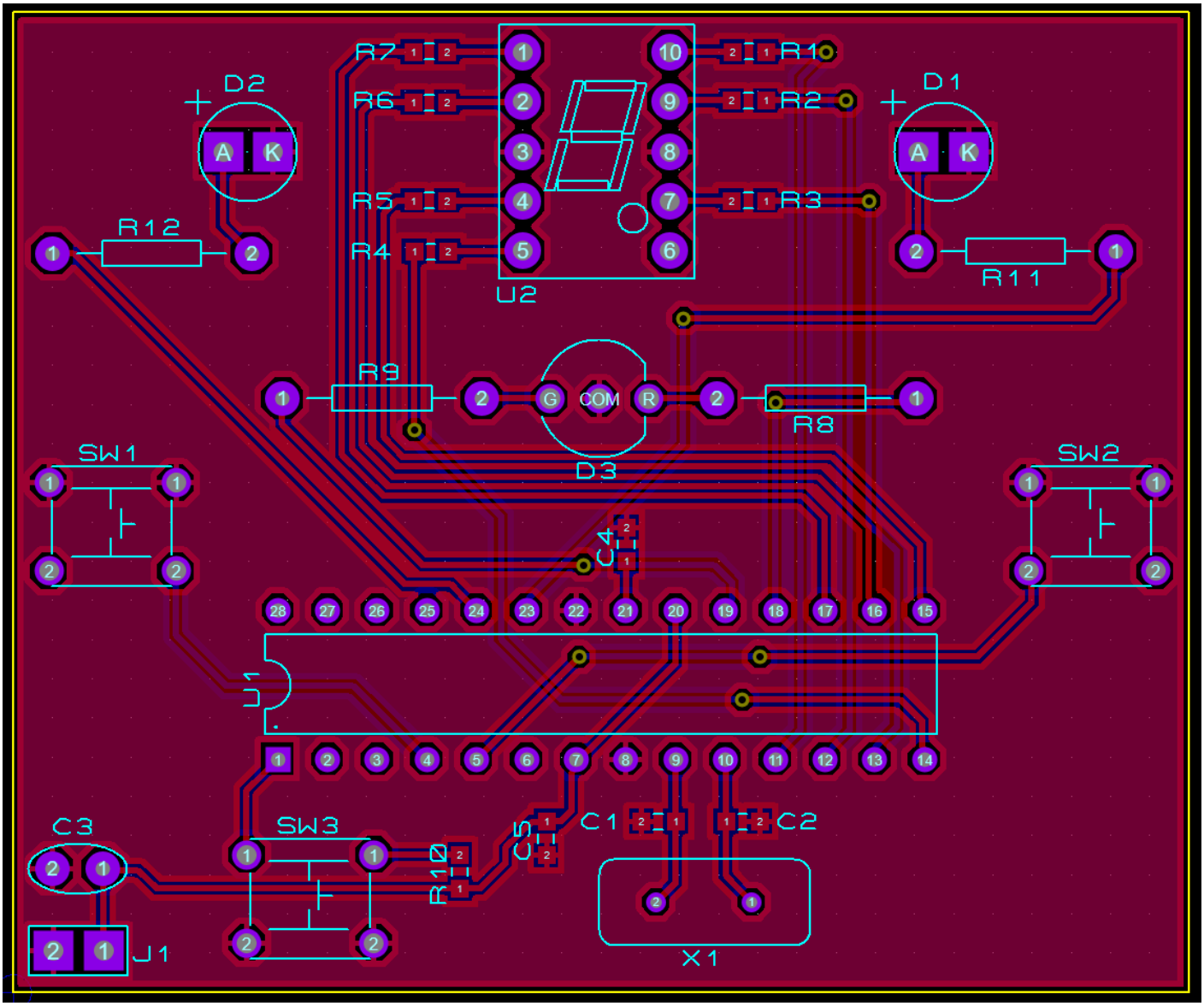
2) Vérification des vias

- ☐ Le nombre de vias est limité autant que possible
- ☐ Les vias ne sont pas placés inutilement des pastilles
- ☐ Les vias respectent les distances minimales avec les autres éléments conducteurs
- ☐ Les changements de couche sont correctement réalisés

3) Vérification des composants sensibles

- ☐ Les pistes du quartz X1 sont courtes et directes
- ☐ Les connexions du quartz ne comportent pas de via, si la disposition permet de les éviter
- ☐ Les pistes de l'oscillateur sont éloignées des signaux susceptibles de générer des perturbations
- ☐ Les connexions des condensateurs C1 et C2 sont courtes
- ☐ Les condensateurs C4 et C5 disposent de connexions courtes vers les broches correspondantes du microcontrôleur

G. Exemple de routage terminé



H. Synthèse

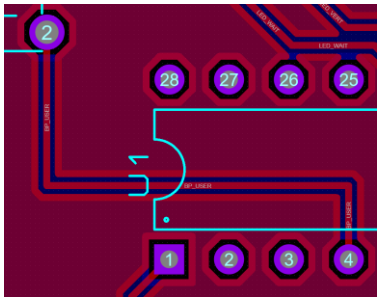
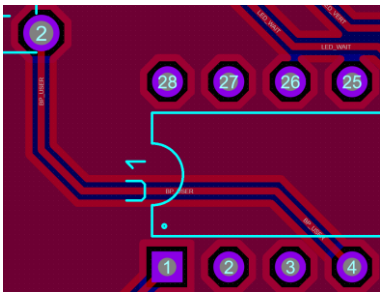
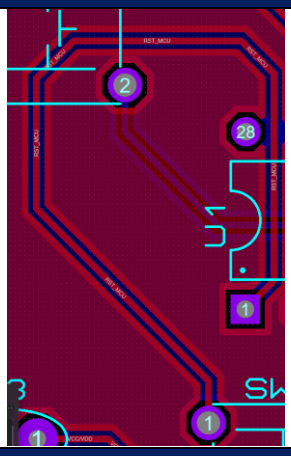
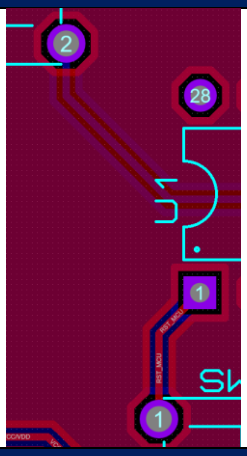
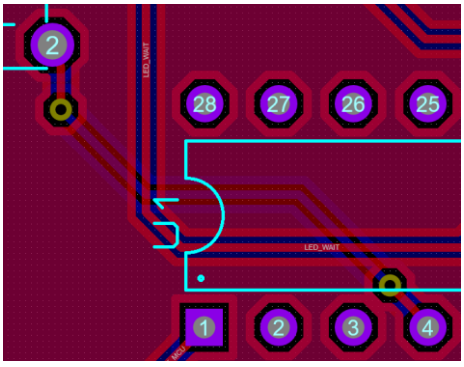
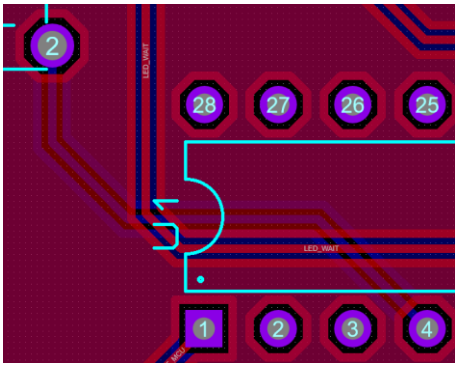
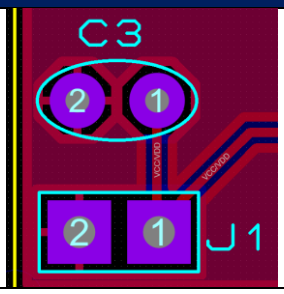
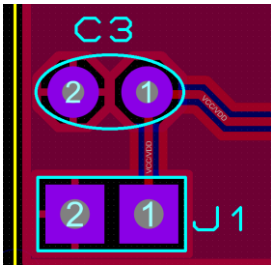
1) Introduction

Le routage d'un circuit imprimé (PCB) consiste à réaliser les pistes de cuivre permettant de relier électriquement les différents composants.

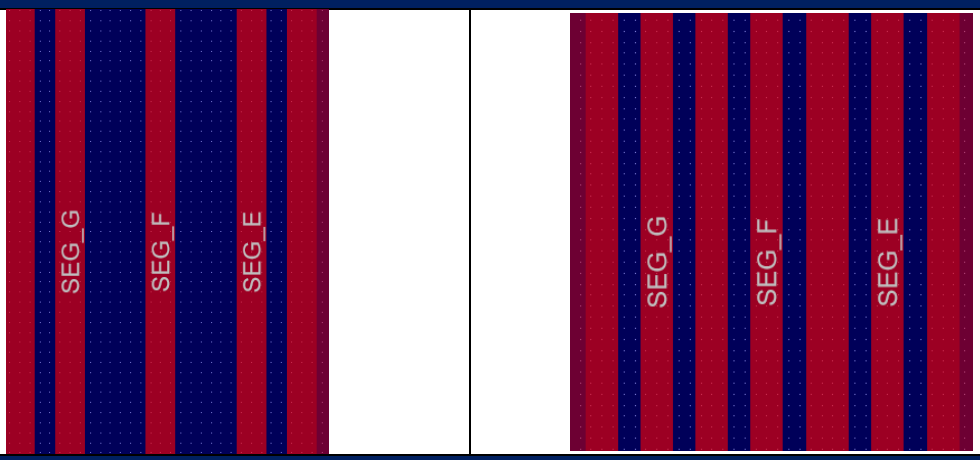
Un bon routage doit garantir le bon fonctionnement du circuit, limiter les perturbations électriques et respecter les contraintes de fabrication.

Pour cela, certaines bonnes pratiques doivent être appliquées.

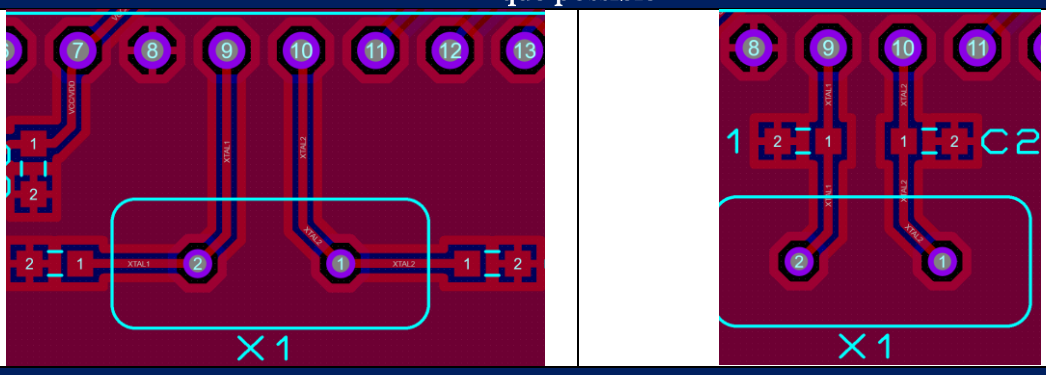
2) Quelques règles essentielles du routage

A éviter	A faire
Eviter les angles à 90°, privilégier les angles à 45°	
	
Eviter les contournements inutiles, privilégier les pistes courtes	
	
Eviter les vias inutiles lorsque c'est possible	
	
Les alimentations doivent repartir des condensateurs sinon le condensateur devient inutile	
	

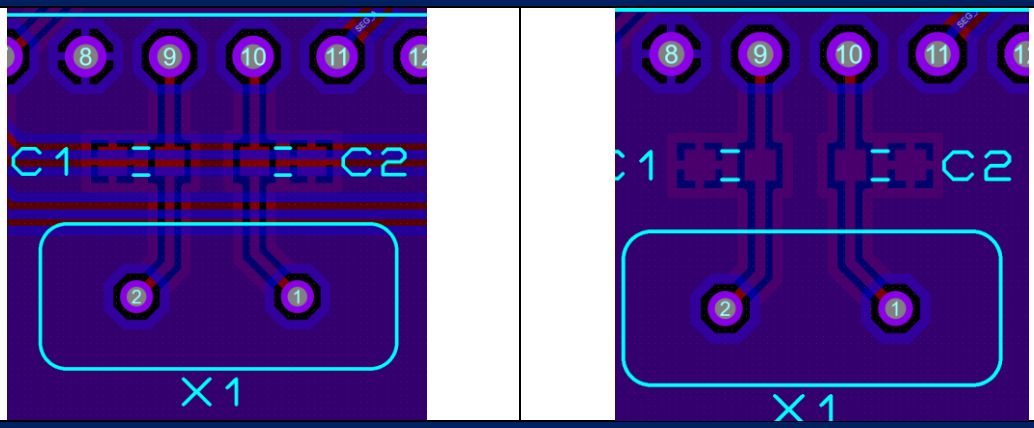
Privilégier de conserver un plan de masse entre les signaux lorsque cela est possible



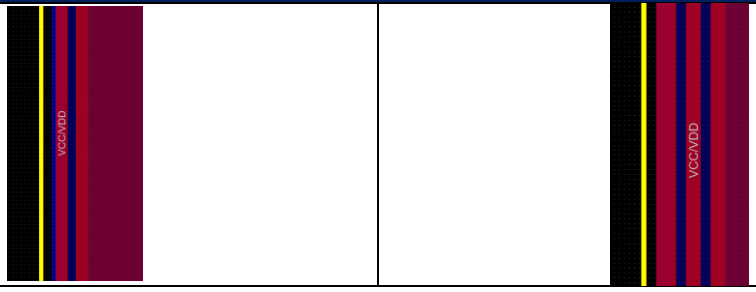
Relier directement le quartz aux broches XTAL1 et XTAL2. Connecter chaque condensateur entre la ligne XTAL correspondante et la masse, avec des pistes aussi courtes que possible



Pas de signaux à proximité de l'oscillateur



Eviter les pistes en bord de carte



3) Les principales règles à connaître

La largeur des pistes

Une piste électrique est constituée de cuivre. Sa largeur doit être adaptée au courant qui la traverse.

Plus le courant est important, plus la piste peut nécessiter une largeur importante.

Sur un niveau BAC PRO, la largeur des pistes sera toujours communiquée par l'enseignant. Pour un niveau BTS, la largeur sera à déterminer avec des abaques par l'étudiant.

Dans nos activités de BAC PRO CIEL, nous privilégierons des pistes d'au moins 0,25 mm afin de faciliter la fabrication des PCB. Des dimensions plus petites sont possibles mais entraîne des frais supplémentaires chez notre fabricant.

Les angles des pistes

Il est conseillé de privilégier des changements de direction à 45°.

Les angles droits à 90° ne sont pas systématiquement problématiques, notamment pour les circuits électroniques simples, mais les tracés à 45° constituent une bonne pratique de conception.

Les vias

Un via est un trou métallisé permettant de relier électriquement deux couches de cuivre.

Il permet notamment de passer de TOP COPPER à BOTTOM COPPER.

Chaque changement de couche nécessite une connexion adaptée. Il est conseillé de limiter les vias inutiles afin de simplifier le circuit imprimé.

Les plans de masse

Un plan de masse est une surface de cuivre reliée au réseau GND.

Il permet notamment de faciliter les connexions à la masse et de fournir un chemin de retour au courant électrique.

Lors du routage, il faut veiller à conserver un plan de masse correctement connecté et à éviter de le découper inutilement avec de longues pistes.

4) Vérification de routage

Une fois le routage terminé, le technicien doit vérifier :

1. L'absence de connexions non réalisées
2. Le respect des largeurs et des espacements
3. La qualité du cheminement des pistes
4. La connexion des plans de masse
5. L'absence de courts-circuits
6. L'absence d'erreurs lors du contrôle DRC (Design Rule Check).

Le contrôle DRC permet de détecter certaines erreurs de conception, mais il ne remplace pas une vérification visuelle du circuit imprimé.

5) Conclusion

Un routage de qualité repose sur des pistes correctement dimensionnées, des connexions courtes, une utilisation raisonnée des vias et le respect des règles de conception.

Un circuit entièrement routé n'est pas nécessairement un circuit correctement routé.

Le technicien doit toujours vérifier son travail avant de préparer les fichiers de fabrication.