

# Lecteur RFID Plastronic

## Introduction

Durant ce cours, nous devons réaliser un lecteur RFID qui permettrait à l'entreprise Rolex de gérer l'inventaire des composants. Nous sommes chargés de la version plastronique. Nous nous basons sur la version finale du lecteur ayant été conçue par Gaëtan Passeri durant son projet de Bachelor. L'objectif est d'effectuer une première version PCB qui servira de base de travail à celle plastronique.

Bien que l'appareil proposé par Gaëtan soit fonctionnel, plusieurs améliorations sont à effectuer afin de fiabiliser la carte. Il est également nécessaire de remplacer les composants qui ne sont plus disponibles.

Nous avons mis l'accent sur la simplification et la conservation uniquement des éléments nécessaires.

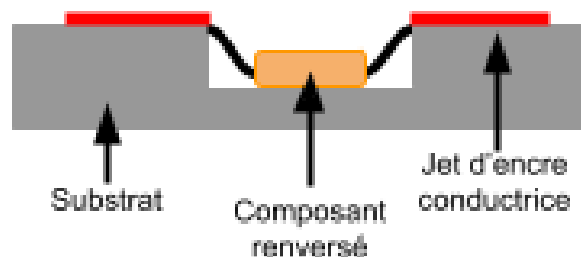
# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Sommaire</b>	<b>2</b>
<b>Montage plastronique souhaité</b>	<b>3</b>
<b>Changements circuits</b>	<b>3</b>
Respect du cahier des charges et simplification	3
Adaptation pour la plastronique	4
<b>Contraintes matérielles</b>	<b>5</b>
<b>Conception de la version PCB</b>	<b>5</b>
Couches présentes et explication de leur utilité	6
Modèles 3D	7
Routage RF et respect des impédances	8
Amélioration du respect d'impédance	8
Simulation d'un plan de masse	8
Intégration des limitations matérielles	9
Schémas du PCB	10
Vue du PCB	10
Vue TOP	10
Vue MIDDLE	11
Vue BOTTOM	11
<b>Procédure imaginée pour la version plastronique</b>	<b>12</b>
Conception mécanique avec cavité	12
Réalisation support mécanique	12
Remplissage des vias	12
Positionnement des composants et collage	13
Adaptation des dimensions par tampographie	13
Interconnexions des composants	14
<b>Travail réalisé</b>	<b>14</b>
<b>Conclusion</b>	<b>15</b>
<b>Annexe 1 : Journal d'avancement du groupe plastronique</b>	<b>16</b>

# Montage plastronique souhaité

Afin de mieux comprendre les choix adoptés, il est préférable de visualiser le résultat voulu.

L'objectif est d'avoir un boîtier avec à l'intérieur une surface plane. Cela permet de pouvoir insérer des éléments sans être gêné par les composants électroniques et sans risque de les dégrader. Pour obtenir ce résultat, le seul moyen est d'avoir des composants renversés intégrés au boîtier. Ils sont ensuite connectés grâce à des pistes réalisées par l'imprimante à jet d'encre.



*Incrustation d'un composant et connexion. Réalisé par Quentin Rod.*

Le boîtier doit alors être modélisé en 3D avec les trous pour les composants de la bonne taille. Il sera ensuite imprimé grâce à une imprimante résine 3D. Elle permet une plus grande précision que celle à filament. Cela permettra d'éviter d'avoir des trous de mauvaise taille et donnera un meilleur rendu visuel.

## Changements circuits

### Respect du cahier des charges et simplification

Dans un premier temps, nous avons modifié le circuit afin de respecter le besoin exprimé par le cahier des charges. Il n'est en effet pas le même que la version éducative et celle destinée à Rolex. Par la même occasion, nous avons simplifié au maximum le circuit. Cela facilite et diminue le travail nécessaire pour le passage de quatre vers deux couches.

Les modifications correspondantes sont:

- L'amplificateur est alimenté en 5V. Il est très gourmand en courant lors de son utilisation et avoisine les 2A. Le régulateur 5V actuel ne peut fournir que 1A. Il a été remplacé par un pouvant fournir jusqu'à 3A afin d'avoir une petite marge.

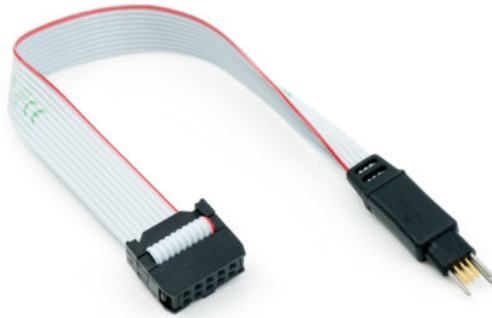
- Le régulateur 3V6 a été supprimé. Il était uniquement utilisé pour alimenter le lecteur RFID qui peut fonctionner en 3V3.
- Le fonctionnement du lecteur alimenté uniquement par l'USB n'est plus demandé. De ce fait, l'amplificateur peut être utilisé en permanence. C'est pourquoi, le mode à 20dbm n'est pas nécessaire et a été supprimé. Uniquement celui de 0dbm a été conservé.
- L'écran n'est pas nécessaire pour la version plastronique. Tout son circuit a été supprimé ainsi que les boutons de configuration. Le paramétrage de la carte se fera uniquement via UART.
- Un module Bluetooth / WIFI de marque Espressif Systems est ajouté. Il dispose d'une antenne intégrée. La communication avec le microcontrôleur se fait via UART.  
Le programme à l'intérieur n'est généralement pas à jour. Afin de le flasher, des pads ont été ajoutés.
- Le bridge USB UART n'était plus disponible. Il a été remplacé par un modèle nécessitant beaucoup moins de composants environnants. Celui-ci est moins complexe car l'alimentation par USB n'est plus demandée.
- Le régulateur 3V3 a été remplacé par un similaire délivrant jusqu'à 1A ce qui reste suffisant.

## Adaptation pour la plastronique

La version plastronique à réaliser impose de retourner les composants. Plusieurs connecteurs présents dans le circuit réalisé par Gaétan ne peuvent l'être.

Les connecteurs sur le côté comme l'alimentation 6V ainsi que l'USB sont utilisables. Il suffira de réaliser un trou sur le côté afin de pouvoir s'y brancher.

En revanche, cela n'est pas le cas du connecteur JTAG et ceux pour brancher les antennes. Le premier a été supprimé afin de conserver uniquement les pads. Un Tag Connect à 10 pattes permet de les utiliser.



*Illustration du Tag Connect TC2050. Image récupérée de AliExpress.com*

En ce qui concerne les antennes, les connecteurs UFL sont conservés. Plusieurs améliorations sont envisageables pour la version plastronique. Premièrement, un connecteur avec un angle permettrait un branchement sur le côté, similaire à l'alimentation et l'USB. Deuxièmement, la plus intéressante serait de réaliser l'antenne directement sur le substrat grâce à l'imprimante à jet d'encre.

## Contraintes matérielles

Il est indispensable de connaître les contraintes de l'imprimante à jet d'encre avant d'effectuer le routage. Cela permet premièrement d'éviter de devoir recommencer le travail. Mais aussi, cela facilite grandement la tâche car il est possible de les renseigner au logiciel.

La machine à disposition est la FluidANT de chez Pulse Electronics. D'après la documentation technique nous avons les informations suivantes:

- Largeur de piste minimale :  $\pm 0.4\text{mm}$  ( $\pm 0.1\text{mm}$ ).
- Épaisseur de piste :  $0.03\text{-}0.04\text{mm}$  ( $\pm 0.01$ ). Le maximum est de  $80\mu\text{m}$  en augmentant la quantité de dépôt.
- Distance minimale entre deux pistes:  $0.4\text{mm}$  ( $\pm 0.1\text{mm}$ ).

Également, la plastronique ne permet pas d'avoir des couches intermédiaires comme le permettrait un PCB. Le routage implique donc de se faire sur deux couches. La version proposée par Gaétan étant sur quatre couches, un routage intégrale du layout est nécessaire

## Conception de la version PCB

L'objectif est d'avoir une version PCB la plus ressemblante possible à celle finale en plastronique. Cela demandera donc peu de modifications pour réaliser cette dernière.

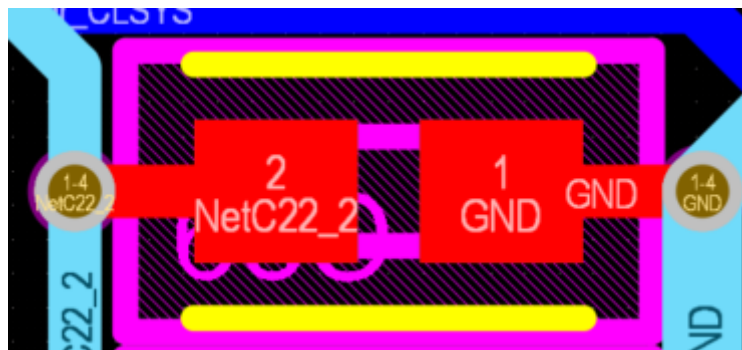
## Couches présentes et explication de leur utilité

Afin d'avoir une représentation la plus fidèle à la plastronique, trois couches sont nécessaires. Ce nombre n'est généralement pas possible ou très onéreux. Quatre couches composent alors le PCB dont une n'est pas utilisée.

- La couche TOP contient l'empreinte de tous les composants. Devant chaque patte connectée, une via est placée pour simuler le composant flippé. Cette couche permet également d'élargir et d'espacer les pistes pour les rendre compatibles avec le dépôt d'encre. Aucune autre opération n'y est possible.
- La couche MIDDLE et BOTTOM sont utilisables pour interconnecter les composants. Il est prévu que ces couches soient complètement réalisées par dépôt d'encre.

Lors de cette conception, nous faisons particulièrement attention à ne pas placer de piste de la couche MIDDLE dans la zone violette qui définit la représentation 3D du composant. Ceci est fait afin d'éviter l'impression future sur une surface qui serait discontinue.

Afin de mieux visualiser, voici un condensateur du circuit sur le logiciel de routage. Le rouge correspond à la couche TOP, le bleu clair à MIDDLE et le bleu foncé à BOTTOM.

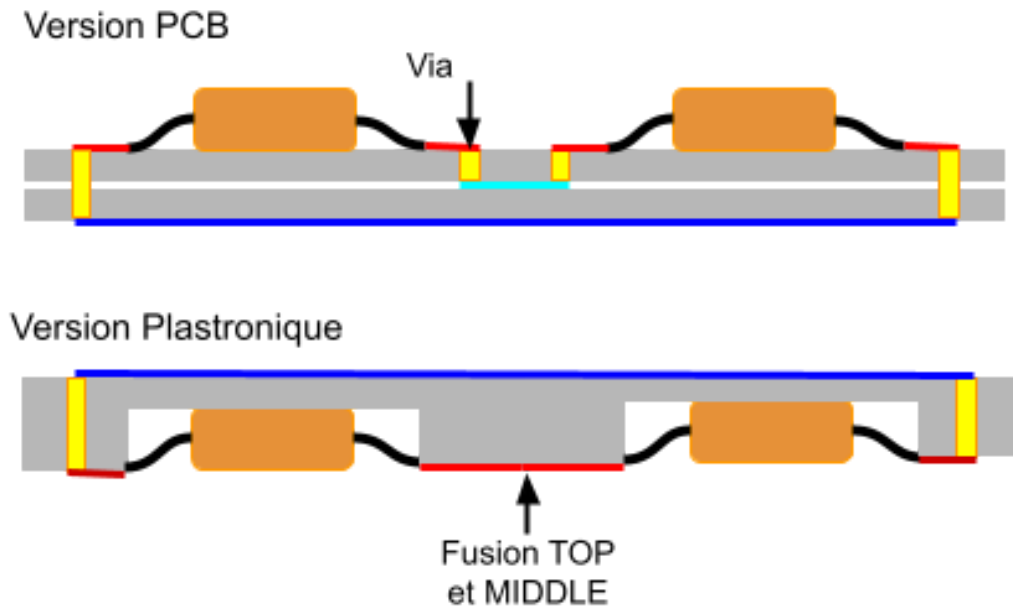


*Connexion d'un condensateur. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

Ce procédé permet de simuler le positionnement renversé souhaité. Pour la version plastronique, il suffira de:

- Enlever les vias connectés aux pattes.
- Créer une cavité pour placer le composant.
- Mettre les pistes MIDDLE sur la TOP.

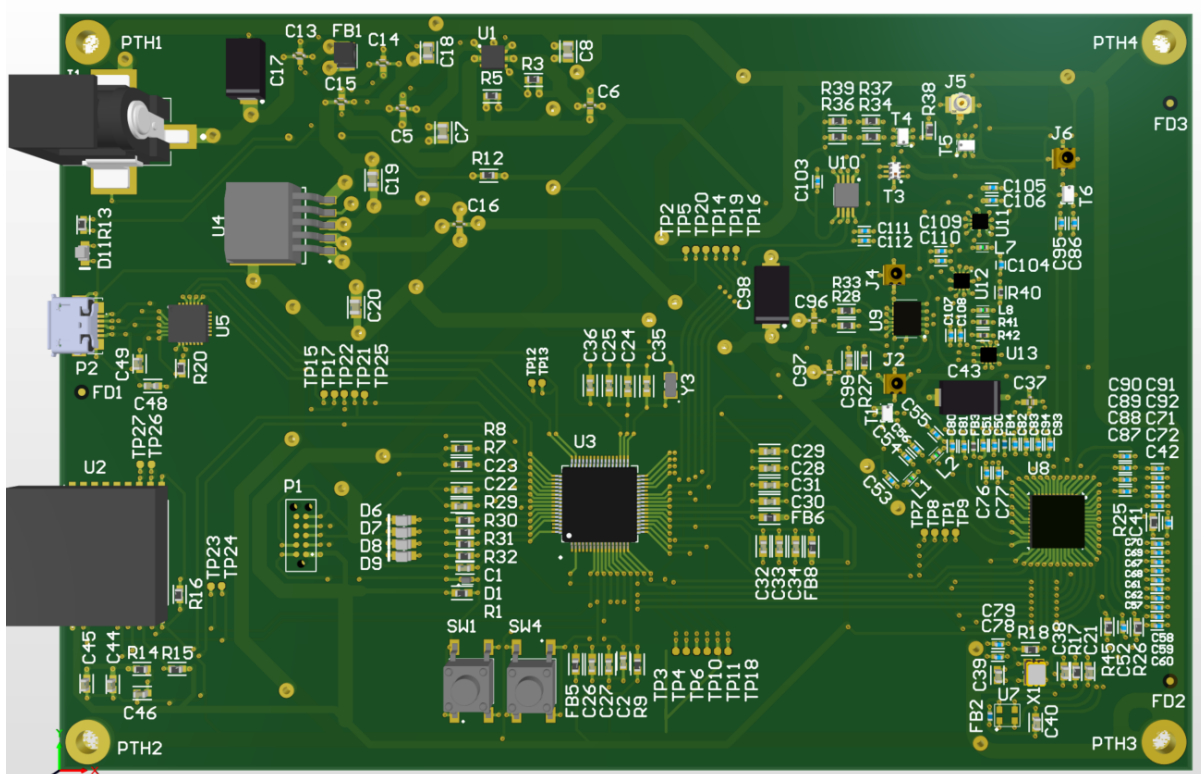
Pour mieux visualiser la simulation, voici un exemple pour un composant à deux pattes comme une résistance.



*Routage PCB vs Plastronique. Réalisé par Quentin Rod.*

## Modèles 3D

Afin de pouvoir par la suite effectuer la modélisation du substrat en 3D, le modèle de chaque composant a été trouvé et ajouté au logiciel de routage. Lorsqu'il n'était pas existant, des modèles similaires ont été utilisés.



*Vue 3D du lecteur avec tous les modèles 3D. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

# Routage RF et respect des impédances

## Amélioration du respect d'impédance

Afin de respecter l'impédance des pistes de 50 et de 100 ohms renseignées par Gaétan, des règles ont été ajoutées dans le logiciel de routage. Elles permettent d'obliger la bonne taille de piste ainsi que leur espacement. Elles sont appliquées sous la forme d'un profil d'impédance.

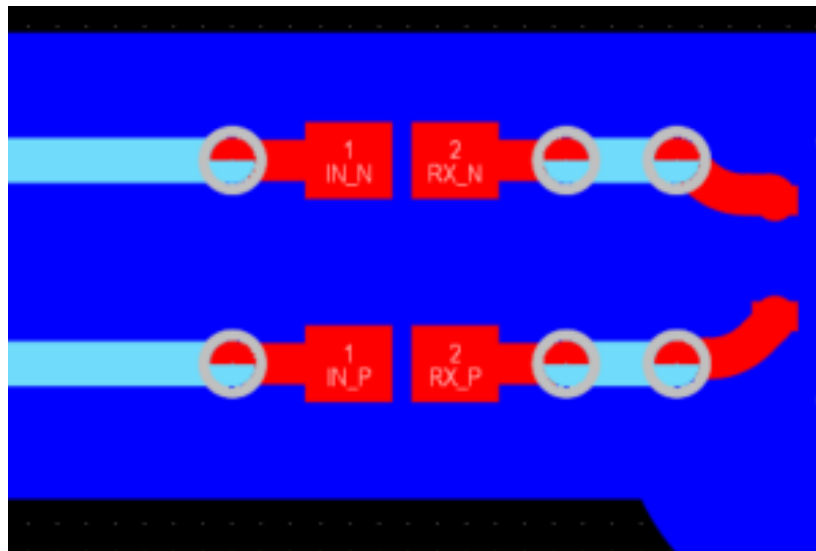
Dans le projet fourni, il était nécessaire d'indiquer dans l'éditeur de PCB chaque piste devant recevoir la règle. Et cela, malgré que cela était fait dans le schéma. Le profil permet d'appliquer la règle à la piste dans l'éditeur de PCB dès lors que l'indication d'impédance est présente dans le schéma.

## Simulation d'un plan de masse

Le respect d'impédance nécessite d'avoir un plan de masse. Cette tâche est premièrement rendue difficile par le fait qu'uniquement deux couches sont disponibles. Également, le réalisé avec l'imprimante à jet d'encre demanderait trop de matière et serait donc trop onéreux.

Une solution facile à mettre en œuvre serait de coller des plaques de métal. Dans un souci d'esthétique et de praticité, celle retenue consiste à créer une piste de masse superposée à celle ayant une condition d'impédance.

Voici une mise en application avec une paire différentielle.



*Paire différentielle avec simulation de plan de masse. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

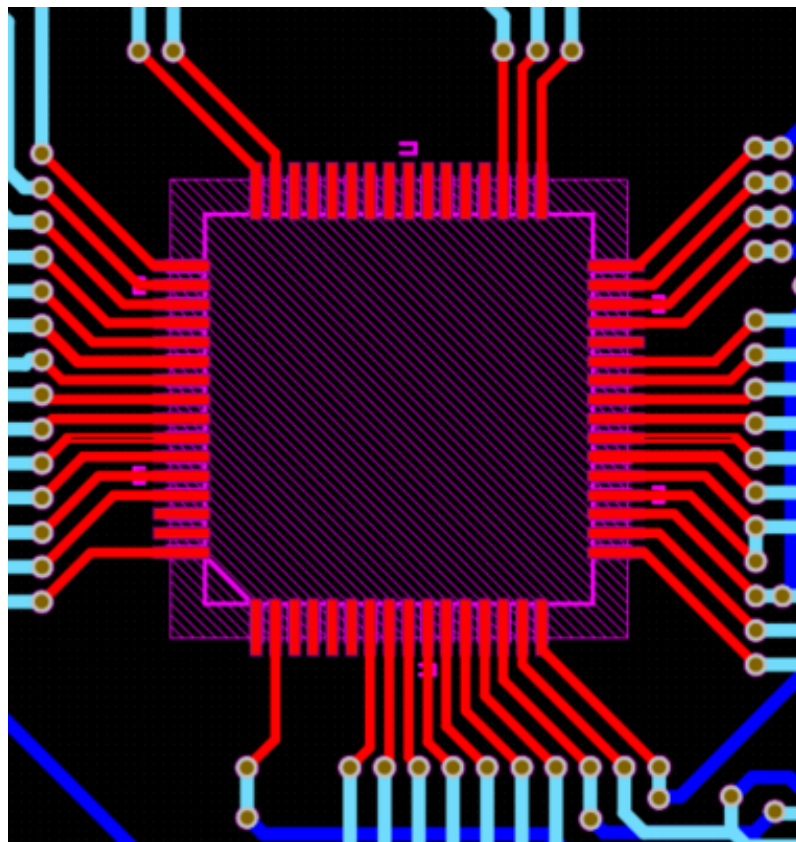
Cet exemple permet de voir que l'utilisation de deux couches au lieu de trois n'aurait pas permis de faire une superposition avec une piste de masse.



## Intégration des limitations matérielles

Des règles sont mises en place dans le programme de routage afin de respecter les capacités de la FluidANT. Elles concernent la taille et l'espacement minimal des pistes.

Cependant, plusieurs composants comme le microcontrôleur ont un pitch plus petit que la taille minimale possible d'une piste. L'imprimante à jet d'encre ne peut donc être utilisée pour relier ces pâtes. Dans ce cas, les pistes sont tirées jusqu'à ce que la distance et la taille soient respectées.



*Routage autour du microcontrôleur car pitch trop faible. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

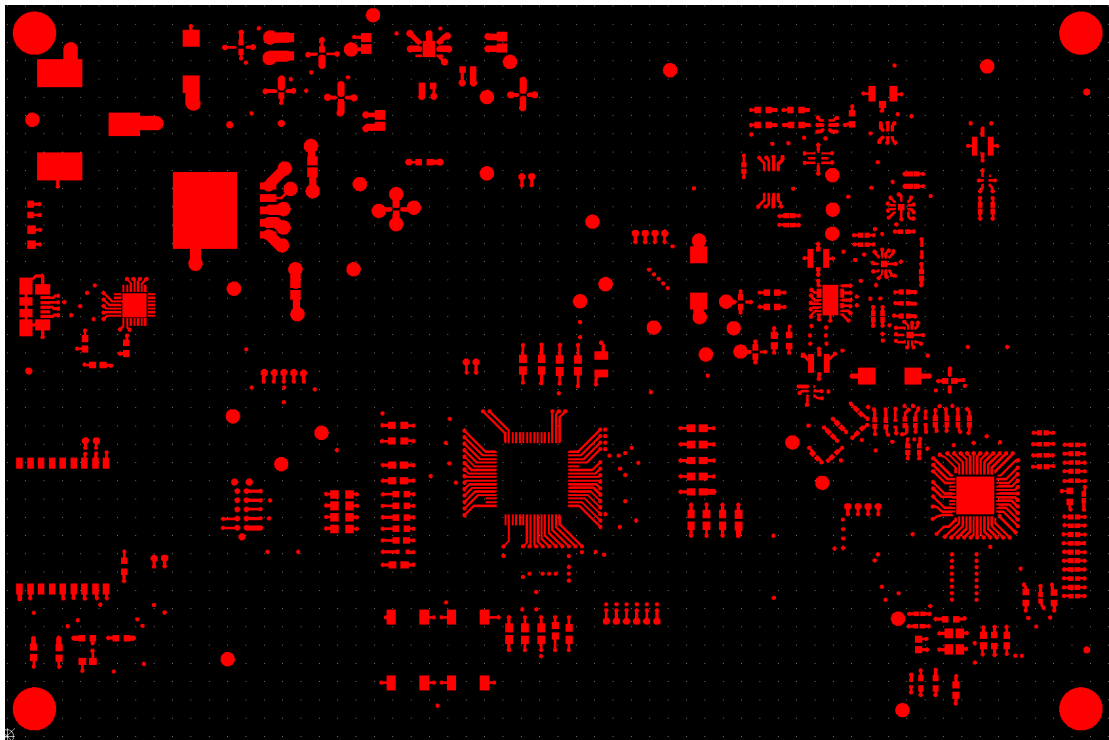
En ce qui concerne les vias, elles ont toutes un trou de minimum 0.4mm de diamètre.

## Schémas du PCB

Les schémas sont disponibles sur le git.

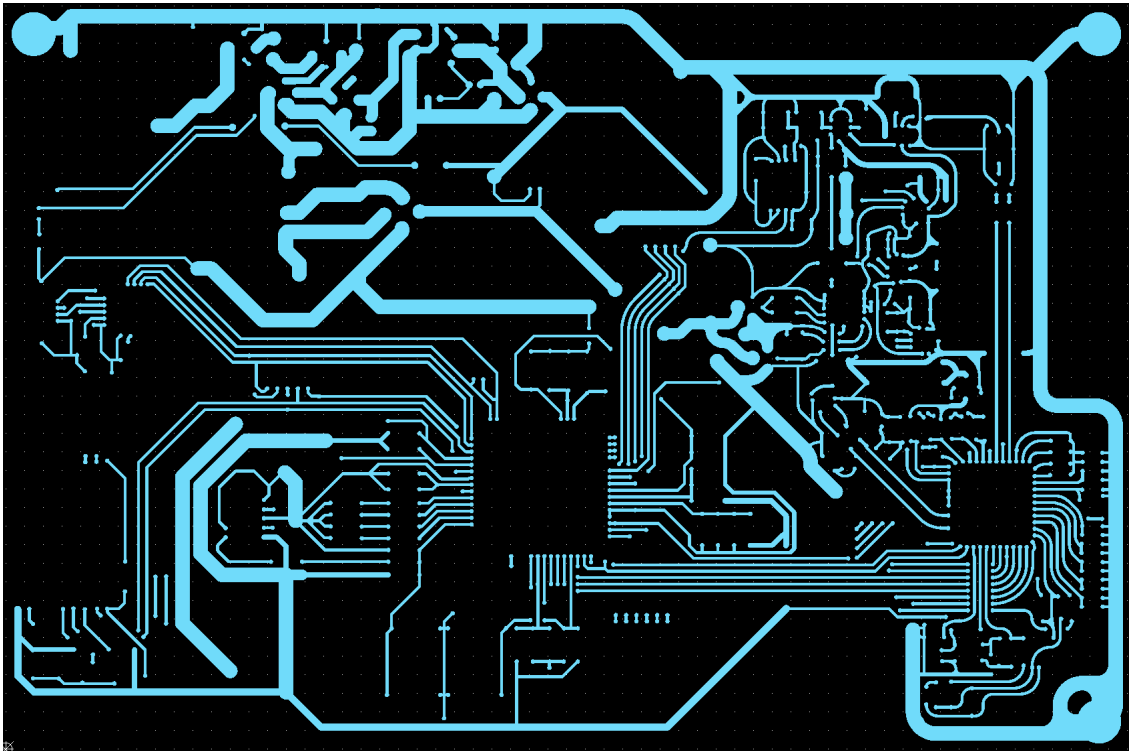
## Vue du PCB

### Vue TOP



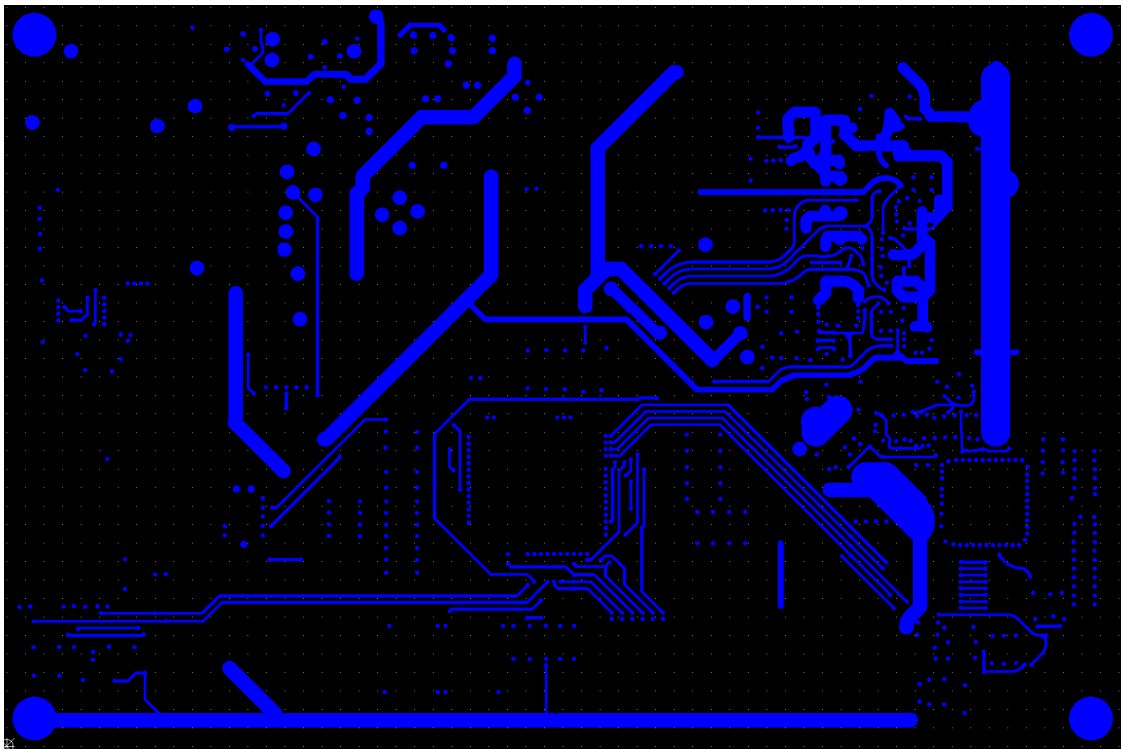
*TOP layer. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

## Vue MIDDLE



*MIDDLE layer. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

## Vue BOTTOM



*BOTTOM layer. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

# Procédure imaginée pour la version plastronique

Une procédure a été imaginée afin de réaliser cette version. Elle se déroule en plusieurs étapes présentées dans l'ordre dans cette partie.

Les modifications à effectuer au niveau du routage pour passer de la version PCB à plastronique ont été présentées précédemment.

## Conception mécanique avec cavité

La version PCB étant terminée, l'emplacement des composants et des vias sont connus. Il en est de même pour leurs tailles car tous les modèles 3D sont présents.

La longueur et largeur du substrat est aussi connue. La hauteur est déterminée par celle du plus grand composant. Nous avons dans notre projet Altium ajouté les formats 3D de l'intégralité des composants.

À l'aide d'un logiciel de dessin 3D, il faut maintenant soustraire les dimensions de chacun des composants et les vias au substrat. Il ne faut pas oublier les trous sur les côtés pour les différents connecteurs.

Afin de rendre le produit réparable, un petit trou centré doit être fait dans chaque cavité. Ils vont permettre de dissoudre la colle et pousser le composant pour l'enlever.

L'objectif est d'obtenir un fichier au format STL contenant les cavités des composants, ainsi que les trous des vias.

## Réalisation support mécanique

L'impression de la carte modélisée sera effectuée avec une imprimante 3D en résine. Le modèle comportera les cavités pour les composants et les vias.

Lors de l'impression, il est très probable que la résine stagne dans les trous. C'est pourquoi, afin de garantir des vias du diamètre voulu, il est important de les re-percer à l'aide de la machine LPKF. Celle du laboratoire possède des Drillings d'une taille minimale de 0.4mm.

## Remplissage des vias

Afin d'effectuer le remplissage des vias, deux options sont possibles à ce jour. Le choix de la méthode à utiliser sera pris une fois un certain nombre de tests réalisés.

La première utilise la machine LPKF avec un masque des vias. La carte est déposée sur le plateau de la machine. Le masque vient se poser sur la carte et par-dessus, on dépose de la pâte conductrice. En actionnant l'aspiration du plateau, la pâte descend alors dans les vias pour les remplir. Ce masque doit être obtenable

avec Altium. Il serait intéressant de l'imprimer ou alors d'en commander un en métal chez Eurocircuits par exemple.

La seconde méthode utilise l'imprimante à jet d'encre. En théorie, il est possible de remplir les vias en plaçant la buse de l'imprimante au-dessus de celle-ci et en y faisant couler l'encre. La pression pour la déposer peut être réglée, ainsi en l'augmentant, il devrait être possible de remplir la via complètement. Cette méthode est pour l'instant purement théorique. Des tests doivent être effectués afin de s'assurer de sa faisabilité.

## Positionnement des composants et collage

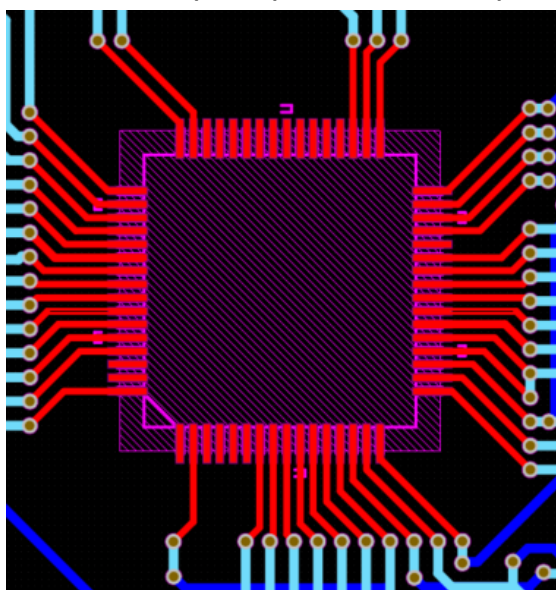
Afin de faire tenir les composants, un point de colle est mis dans la cavité. Une colle biodégradable sera utilisée afin d'être plus écologique. Un autre avantage est que sa dissolution est plus facile, ce qui facilitera également la réparation de la carte.

Les composants sont alors placés sur le dos dans leur cavité, avec les pattes vers l'extérieur de la carte.

## Adaptation des dimensions par tampographie

L'ensemble des connectiques des composants ayant un pitch trop petit pour l'imprimante à jet d'encre doit être effectué grâce à la tampographie. Le tampon doit couvrir toute la zone où les conditions ne sont pas respectées pour l'imprimante, soit jusqu'aux vias des pattes sur la version PCB. Cette impression par tampon permet d'interfacer les petites connexions trop rapprochées de certains composants avec les pistes de l'imprimante à jet d'encre.

Un exemple type est le micro-contrôleur dont les pattes ont un pitch plus petit que 0.4mm. Il faut donc utiliser des tampons pour rendre les pattes accessibles.



*Routage autour du microcontrôleur car pitch trop faible. Capture d'écran réalisée sur Altium.*

## Interconnexions des composants

La connexion entre les composants est assurée par des pistes déposées avec l'imprimante à jet d'encre. Cette opération peut se faire sur le côté haut et bas du boîtier. Les pistes peuvent même être coulées sur les pattes des composants dont les dimensions le permettent.

## Travail réalisé

Le travail étant réalisé en parallèle du projet Rolex, nous devons respecter les contraintes de temps suivantes :

Numéro de Jalon	Date	Objectif
1	14 Mars 2022 (matin)	- Présentation des schémas + BOM - Commande des composants - Début des routages
2	28 Mars 2022 (au soir)	- Présentation des fichiers gerbers - Envoi des cartes en fabrication
3	11 Avril 2022	Dernier cours : - Un prototype monté par groupe - Rendu du rapport
4	Septembre/Octobre 2022	Présentation Rolex

Nous n'avons pas réussi à tenir les derniers délais imposés. En effet, la version de notre carte nous a demandé une réflexion d'adaptation à la plastronique ainsi qu'un routage complet de la carte.

Le routage de la partie lié à la radio-fréquence de la carte nous a particulièrement posé problème et nous a fait prendre du retard. Une consultation du corps enseignant à plusieurs reprises a été nécessaire afin de réaliser correctement cette partie.

Notre journal d'avancement peut être trouvé en annexe. Au 25 avril 2022, les fichiers gerbers du PCB pour la version plastronique ont été validés par Gaétan et envoyés en production.

# Conclusion

Durant ce projet, nous avons réalisé une première version PCB pour le lecteur RFID Plastronique. Une attention particulière a été portée afin de minimiser les modifications à apporter. En vue d'une continuation du projet, les changements ainsi qu'une procédure ont été présentés. Comme le routage a été effectué depuis zéro, il est primordial de valider le bon fonctionnement de la carte avant le passage en plastronique.

# Annexe 1 : Journal d'avancement du groupe plastronique

## Jalons

Numéro de Jalon	Date	Objectif
1	14 Mars 2022 (matin)	- Présentation des schémas + BOM - Commande des composants - Début des routages
2	28 Mars 2022 (au soir)	- Présentation des fichiers gerbers - Envoi des cartes en fabrication
3	11 Avril 2022	Dernier cours : - Un prototype monté par groupe - Rendu du rapport
4	Septembre/Octobre 2022	Présentation Rolex

---

21.02.2022

### Travail effectué

- Prise de connaissance du projet à effectuer
- Lecture du cahier des charges
- Nous avons trouvé les composants moquant pour la carte complète (version étude)

### Objectifs pour la semaine prochaine

- Enlever les composants inutile pour notre version.
- Début de routage.



---

## 28.02.2022

### Travail effectué

- Création du nouveau projet Altium pour le modèle plastronique
- Intégration de la librairie des composants existants au projet
- Composants de remplacements trouvés (régulateurs de tension, diode schottky)
- Détermination des résistances pour avoir les tensions voulues
- Travail sur les schémas, majorité des points de test enlevés
- Suppression de la ligne d'alimentation à 3.6V
- Changement de source d'alimentation de l'USB au secteur
- Suppression du mode faible puissance (amplification à 20dBm)
- Suppression de la partie LCD

### Objectifs pour la semaine prochaine

- Intégrer complètement les nouveaux régulateurs de tension au schéma
- Suppression boutons poussoirs de navigation
- Intégration du module WIFI/Bluetooth au schéma
- Vérification des éléments restant à supprimer
- Ajout des empreintes des composants remplacés

---

## 07.03.2022

### Travail effectué

- Suppression boutons poussoirs de navigation
- Remplacement du régulateur 5V par un permettant 2A au lieu de 1A
- Remplacements des composants de la semaine dernière effectués
- Remplacement du bridge UART et suppression des diodes TX et RX
- Lecture de la datasheet du module WIFI/Bluetooth et réflexion sur le branchement

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Intégration du module WIFI/Bluetooth
- Validation des schémas
- Début routage

---

14.03.2022

## Travail effectué

- Intégration du module WIFI/Bluetooth dans le schéma
- Remplacement du connecteur JTAG par un Tag Connect
- Validation des schémas
- Importation d'une grande partie des modèles 3D
- Visite de Rolex

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Début routage
- Réflexion sur la procédure à effectuer pour la plastronique

---

21.03.2022

## Travail effectué

- Détermination des différentes zones sur le PCB
- Réflexion sur les couches à utiliser et comment effectuer le routage du PCB
- Réflexion sur la procédure pour réaliser la version plastronique
- Routage de la partie alimentation

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Routage du module WIFI /Bluetooth et partie centrale

---

28.03.2022

## Travail effectué

- Nouvelle validation des schémas
- Etablissement des règles Alitum : taille des pistes et des vias, largeur entre deux pistes
- Trouvaille des modèles 3D manquants en prenant des similaires lorsque non disponible
- Routage du module WIFI /Bluetooth et partie centrale

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Routage partie RF

---

04.04.2022

## Travail effectué

- Début de routage de la partie RF
- Trouvaille des modèles 3D manquants en prenant des similaires lorsque non disponible.

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Fin du routage de la partie RF

---

11.04.2022

## Travail effectué

- Placement général des silks
- Fin de routage de la partie RF
- Plan de masse pour l'impédance des paires différentielles

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Routage du module WIFI /Bluetooth et partie centrale

---

20.04.2022

## Travail effectué

- Ajout des modèles 3D trouvés précédemment
- Modification aux alentours du module bluetooth selon le guide réalisé par le groupe de Tanguy
- Placement des trous de fixation
- Résolution de toutes les erreurs
- Plan de masse pour l'impédance de 50 Ohm de la feuille coupling
- Suppression de presque tous les angles droits

## Objectifs pour la semaine prochaine

- Rendre propre le routage
- Finir plan de masse 50 Ohm

---

24.04.2022

## Travail effectué

- Routage propre: Ajustement de vias, jolies lignes
- Plan de masse 50 Ohm pour la feuille ext\_ampli
- Ajout d'un silk de description du projet
- Fin de la version PCB

25.04.2022

## Travail effectué

- Rapprochement des condensateurs de découplage
- Suppression des angles droits restants
- Taille du PCB mise en norme europe (100 x 160)
- Validation avec Gaétan
- Envoi du PCB chez Eurocircuit