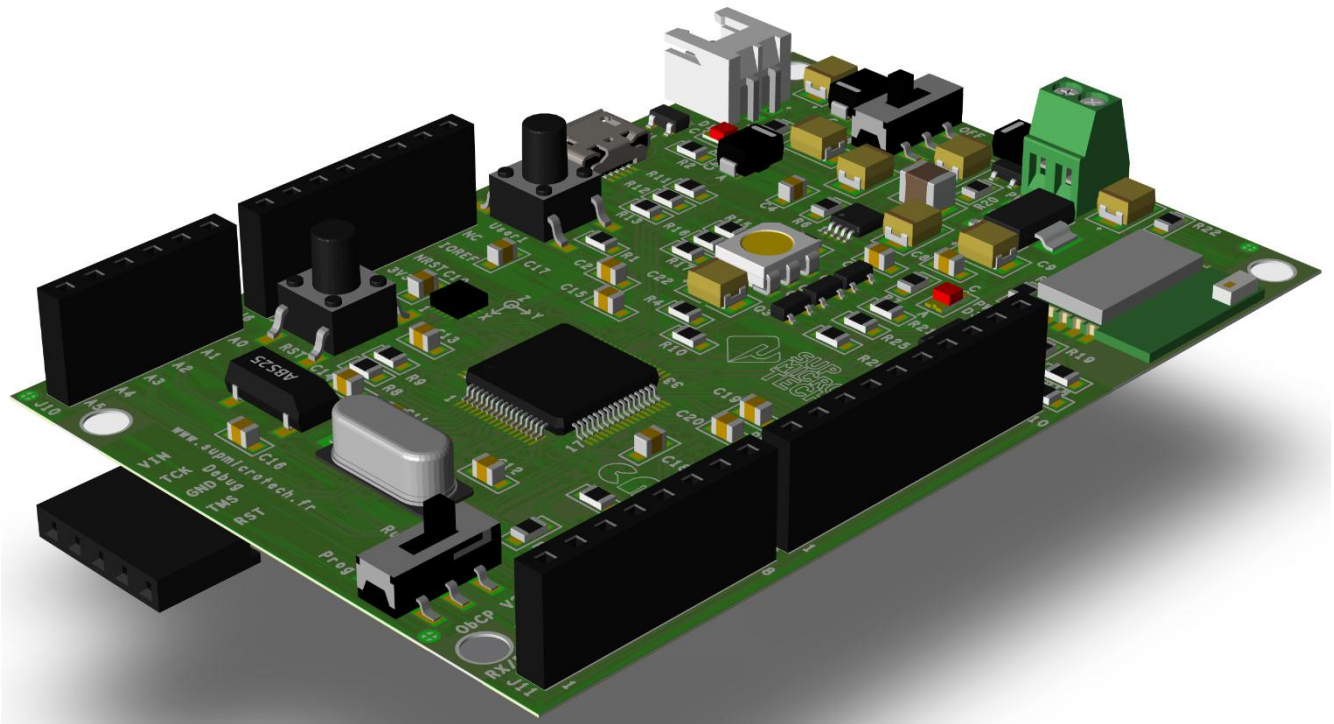


Nom :

Prénom :

Date :

Fabrication carte ObCP L476RG



Formation SUPMICROTECH-ENSMM ITII

Document de travaux pratiques – Durée 8H



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
DE MECANIQUE ET DES MICROTECHNIQUES

Auteur : Joël IMBAUD

Table des matières

1	Attentes de rendu	3
2	Introduction.....	3
3	Dépôt de la pâte à braser	4
4	Placement des composants (Pick and Place)	9
5	Brasage par refusion.....	13
6	Tests électriques.....	14
7	Programmation de la carte.....	16
8	Brasure manuelle des composants traversants	16
9	Nettoyage de la carte	18
10	Questions générales	19
11	Nomenclature de la carte.....	20
12	Schéma général de la carte	21
13	Vue du dessus de la carte - implantation	23

1 Attentes de rendu

Chaque groupe devra soumettre un rapport de TP au **format PDF**, à déposer sur **Moodle**. Ce rapport devra respecter les standards d'un compte rendu technique et professionnel, comparable à un rapport de stage, avec une mise en page soignée incluant une pagination claire, des titres et sous-titres structurés ainsi que des illustrations légendées si nécessaire. Il devra débiter par une introduction expliquant le contexte du TP, la problématique abordée et les objectifs visés. La méthodologie employée devra être détaillée en explicitant les étapes réalisées, les outils et techniques utilisés ainsi que les difficultés rencontrées et les solutions apportées. Une analyse critique des résultats sera attendue, avec une évaluation des performances obtenues, une discussion sur les écarts éventuels avec les attentes théoriques et une réflexion sur la qualité du travail réalisé. Le rapport devra également proposer des pistes d'amélioration en fonction des observations effectuées. Enfin, une conclusion devra synthétiser à la fois les aspects techniques, en mettant en avant les principaux enseignements du TP, et les aspects personnels, en détaillant les compétences développées et les apprentissages réalisés. Chaque question du sujet devra être traitée avec précision et argumentation. La qualité de la rédaction, la clarté de l'argumentation et la justification des choix techniques seront des critères d'évaluation importants. Le fichier devra être nommé selon le format **TP_Nom_Prenom_Nom_Prenom(etc.).pdf** et déposé sur Moodle avant la date limite qui sera précisée en TP.

2 Introduction

Ce TP vise à familiariser les étudiants avec le processus industriel de fabrication et d'assemblage d'un circuit imprimé (PCB). À travers la réalisation d'une carte de développement connectée, qui est un clone hybride de la Nucleo STM32L476RG et de la carte BLE X-Nucleo-IDB05A2, les étudiants découvriront l'ensemble des étapes, depuis le dépôt de la pâte à braser jusqu'aux tests finaux de validation.

L'objectif est de comprendre les enjeux techniques et qualitatifs liés à la fabrication de cartes électroniques, notamment en ce qui concerne le placement des composants CMS, la brasure par reflux et les vérifications de conformité. Ce TP permettra également d'aborder les problématiques courantes en production, comme les erreurs de positionnement, les défauts de brasure et les stratégies de correction.

Toutes les étapes du processus devront être réalisées en accord avec les standards industriels, notamment la norme **IPC-A-610**, qui définit les critères d'acceptabilité des assemblages électroniques, et la norme **IPC-7711/7721**, qui encadre la reprise et la modification de circuits imprimés. Le respect de ces normes garantit une qualité d'assemblage conforme aux exigences professionnelles et industrielles. Des microscopes sont à votre disposition pour vérifier votre travail au cours de la réalisation ainsi que pour illustrer votre compte rendu (voir Figure 1), **pensez donc à prendre un maximum de photos**.



Figure 1 : Microscope binoculaire à gauche et numérique à droite.

3 Dépôt de la pâte à braser

La pâte à braser est un élément clé du processus d'assemblage des circuits imprimés. Elle est composée d'un alliage métallique, principalement à base d'étain (Sn), combiné avec un flux facilitant la soudure. L'alliage utilisé dans ce TP est un mélange de cuivre (Cu), d'argent (Ag) et d'étain (Sn), dont les proportions sont optimisées pour garantir une faible résistance électrique, une excellente mouillabilité et une bonne tenue mécanique après solidification.

L'étain constitue la matrice principale de l'alliage et permet une fusion à une température relativement basse, rendant le processus compatible avec une large gamme de composants électroniques. L'ajout d'argent améliore la conductivité électrique et renforce la résistance mécanique de la brasure, tandis que le cuivre contribue à la solidité de la connexion et à la résistance aux cycles thermiques répétés.

La pâte à braser se présente sous différentes formes en fonction des besoins du procédé d'assemblage. Pour les applications automatisées, elle est conditionnée sous forme de microbilles de quelques microns de diamètre, assurant une répartition homogène lors du dépôt au pochoir. Pour les opérations manuelles, elle est disponible sous forme de fil fourré de flux, permettant un apport contrôlé de matière lors du brasage à la main. (Voir Figure 2).

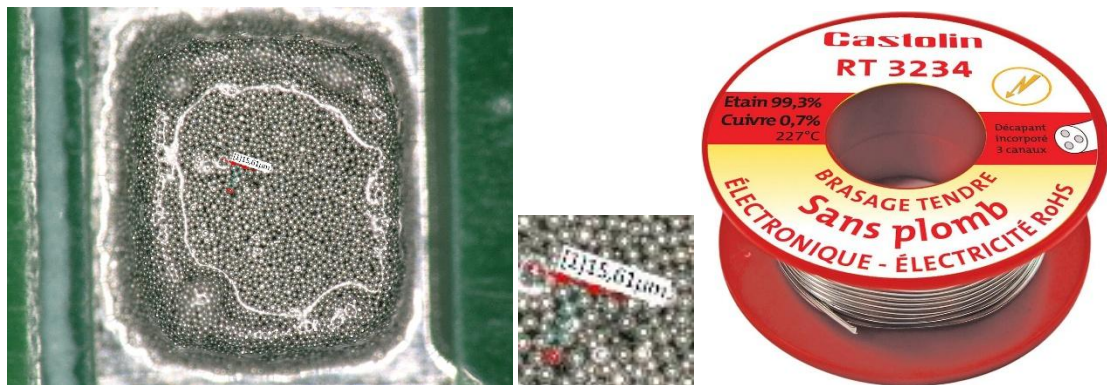


Figure 2 : Alliage pour le brasage microbilles de diamètres 15µm avec flux à gauche et fil fourré de flux à droite.

Quelques compositions typiques d'alliages de brasure :

- **Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5 (SAC305)** : Température de fusion de **217-220°C**. Cet alliage est couramment utilisé en électronique grand public et industrielle en raison de sa fiabilité et de sa bonne résistance aux cycles thermiques.
- **Sn63/Pb37** : Température de fusion de **183°C**. Cet alliage, historiquement répandu pour ses excellentes propriétés de mouillabilité et sa résistance aux fissurations, est aujourd'hui **interdit par les normes RoHS** en raison de la présence de plomb.
- **Sn42/Bi58** : Température de fusion de **138°C**. Cet alliage est utilisé pour des applications nécessitant une température de refusion plus basse, notamment pour les composants sensibles à la chaleur.

Le choix de l'alliage dépend des contraintes thermiques, des exigences mécaniques et de la compatibilité avec les composants électroniques utilisés. La conformité des alliages de brasure doit être vérifiée selon la norme **IPC J-STD-006**, qui définit les spécifications des matériaux et leurs propriétés métallurgiques.

Dépôt de la pâte

Le dépôt de la pâte à braser est une étape critique dans l'assemblage d'un circuit imprimé. Il permet de garantir une connexion électrique et mécanique fiable après la phase de refusion. Cette opération est réalisée à l'aide d'un **pochoir métallique** et d'un **système de maintien**, assurant un dépôt précis de la pâte uniquement sur les pastilles de soudure du PCB. Le pochoir utilisé est une fine feuille de métal de **0,1 mm d'épaisseur**, dans laquelle des ouvertures ont été usinées aux emplacements des pads du circuit imprimé. Cette épaisseur correspond à l'épaisseur standard de la couche de pâte déposée.

Étape 1 : Installation du circuit imprimé et du pochoir

1. **Placer le circuit imprimé** sur les posages de la machine de dépôt de pâte, face des pastilles orientée vers le haut.
2. **Fermer le cadre de maintien** : retirer délicatement la jambe de maintien située au fond à droite de l'équipement et accompagner le cadre dans sa descente jusqu'à la butée (voir Figure 3).

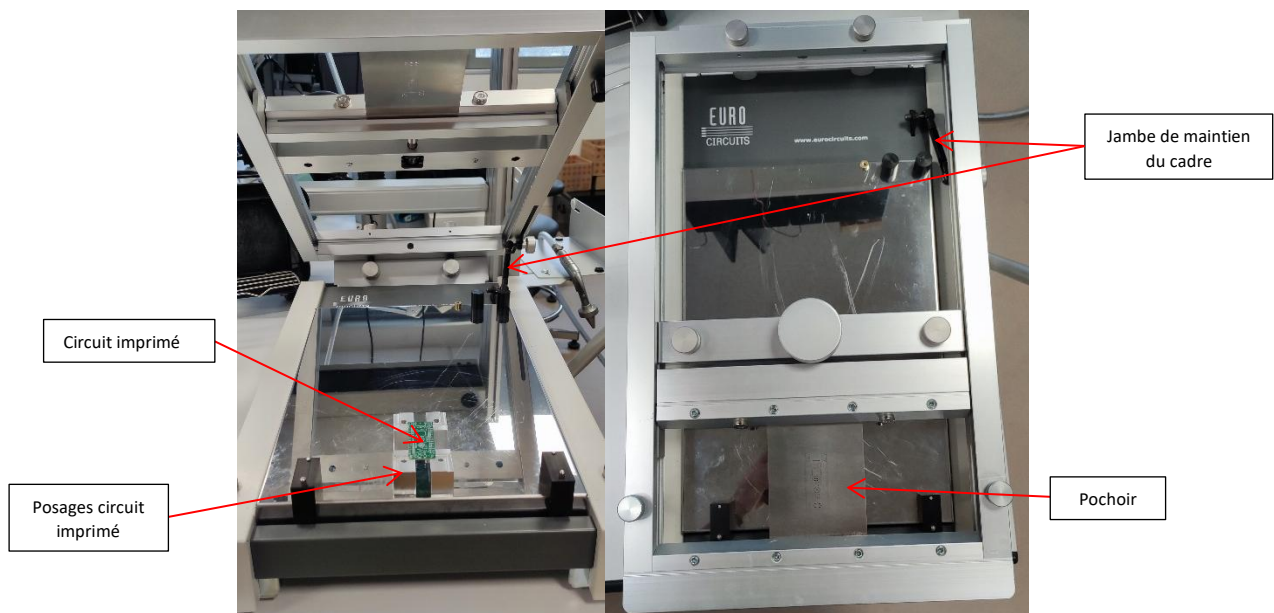


Figure 3 : Cadre de maintien du pochoir ouvert (gauche) et fermé (droite).

Étape 2 : Alignement du pochoir avec le circuit imprimé

1. **Plaquer le circuit imprimé contre le pochoir** à l'aide du levier (voir Figure 4).
2. **Aligner précisément** les ouvertures du pochoir avec les pastilles du circuit imprimé en ajustant le système de posage aimanté sur la plaque de fond.
3. **Vérifier l'alignement sous microscope** pour s'assurer que les ouvertures coïncident parfaitement avec les pastilles du PCB (voir Figure 5).

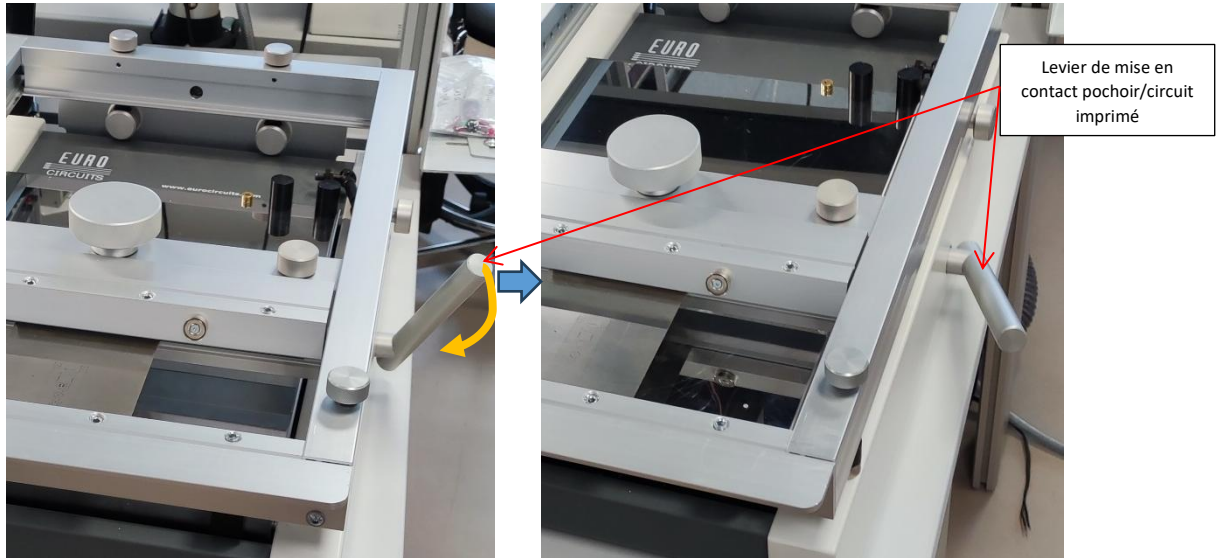


Figure 4 : Mise en contact d'un pochoir avec le circuit imprimé, pas de contact (gauche) et en contact (droite).

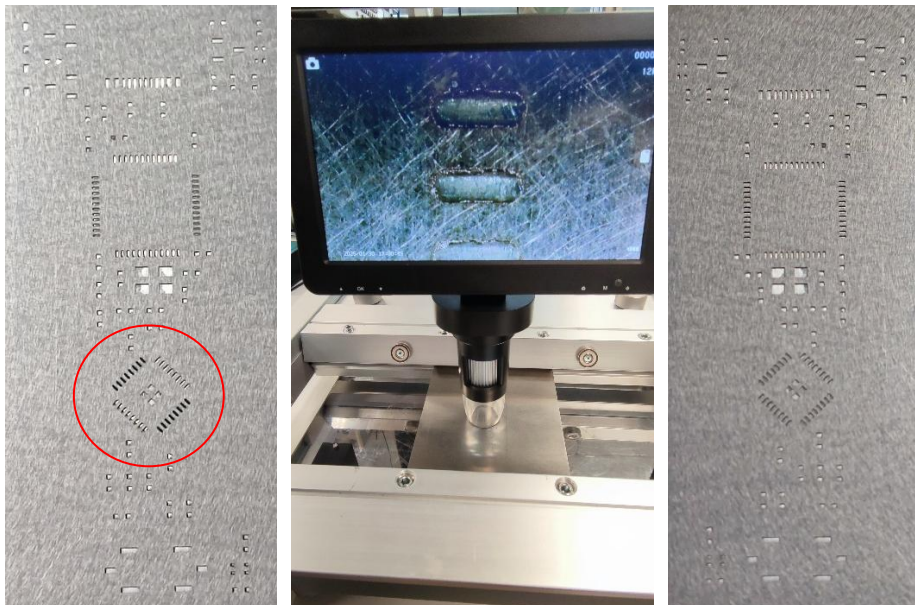


Figure 5 : Alignement d'un pochoir avec le circuit imprimé mal aligné (gauche), utilisation du microscope (centre) et bien aligné (droite).

Étape 3 : Dépôt de la pâte à braser

1. **Appliquer une ligne de pâte** en haut du pochoir sur toute la largeur des pastilles.
2. **Étaler la pâte** à l'aide d'une spatule en exerçant une pression modérée afin d'assurer une répartition homogène des microbilles d'alliage sur les pads. L'épaisseur du dépôt doit être de 0,1 mm, correspondant à l'épaisseur du pochoir (voir Figure 6).
3. **Retirer délicatement le pochoir** en effectuant les étapes inverses des étapes 2 et 1 (relâchement du levier et ouverture du cadre).



Figure 6 : Étapes du dépôt de la pâte à braser sur un pochoir.

⚠ Précaution : Toujours manipuler le circuit imprimé par les bords pour éviter d'altérer le dépôt de pâte à braser.

Étape 4 : Contrôle de la qualité du dépôt

1. **Observer le PCB sous le microscope** pour vérifier que la pâte est bien positionnée sur chaque pad, sans débordements ni manques (voir Figure 7).
2. En cas de dépôt incorrect (manque ou surplus de pâte), **signaler au personnel** pour correction ou recommencer l'opération après nettoyage de la carte.
3. **Nettoyage de la carte en cas d'erreur :**
 - a. Laver à l'eau et au savon noir.
 - b. Sécher (délicatement) à l'air comprimé.
 - c. Recommencer le processus de dépôt.

Toutes ces étapes doivent être conformes aux normes **IPC-7525** (conception des pochoirs pour dépôt de pâte à braser) et **IPC-A-610** (critères d'acceptabilité des assemblages électroniques).

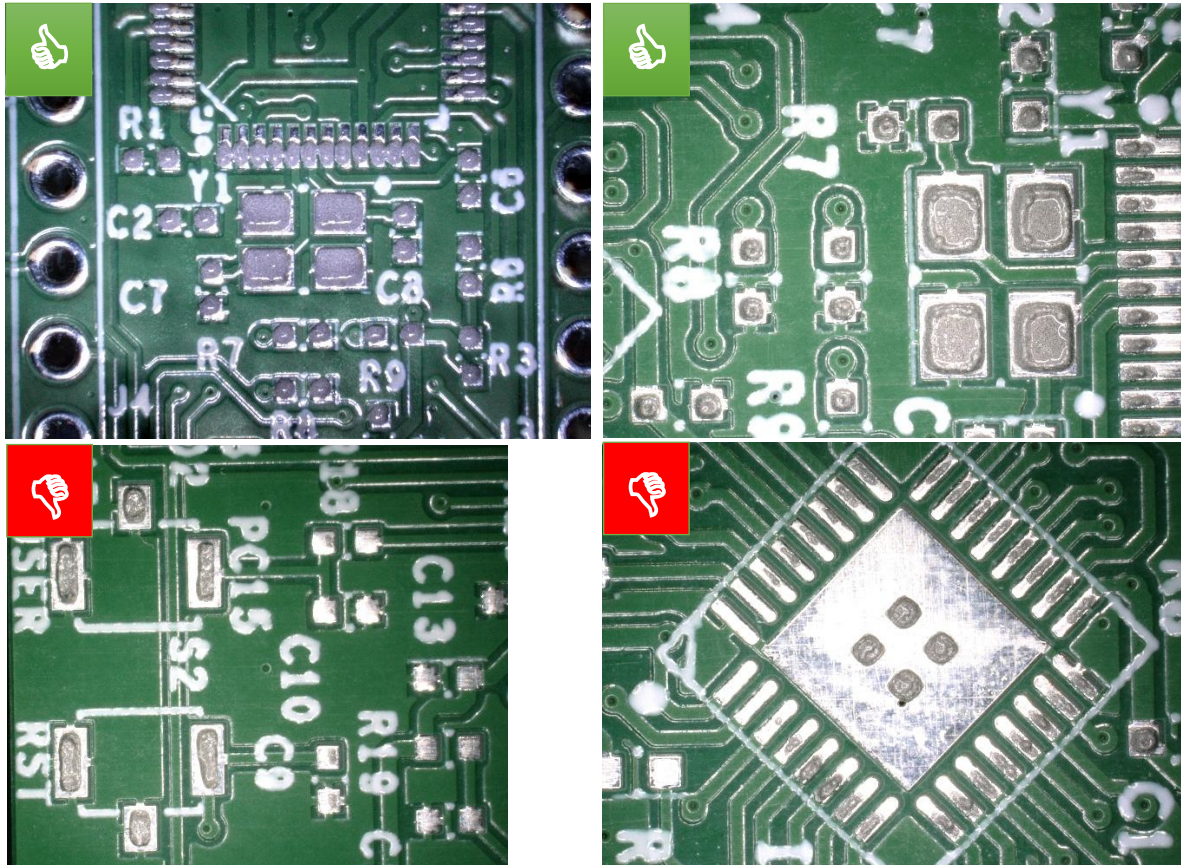


Figure 7 : Vérification du dépôt de la pâte à braser, bon remplissage (pouce vert) et mauvais remplissage (pouce rouge).

Questions

1. Quel est le type d'alliage utilisé pour la pâte à braser ? (Marque, composition...)
2. Rechercher et joindre la documentation technique du produit utilisé en annexe du rapport.
3. Quelle est la composition chimique du flux ajouté à l'alliage ? Quelle est sa dangerosité ?
4. Quels chapitres des normes IPC-A-610 s'appliquent à cette étape ?
5. Pourquoi est-il important de contrôler l'alignement du pochoir avec un microscope ? Quels sont les défauts possibles lors du dépôt de la pâte et leurs conséquences sur le brasage final ?
6. Quelle est la fonction du pochoir dans le processus de dépôt de la pâte ? Pourquoi l'épaisseur du pochoir est-elle précisément de 0,1 mm ? Une autre épaisseur influencerait quel paramètre ?
7. Quels sont les risques d'une mauvaise manipulation du circuit après dépôt de la pâte ?
8. Existe-t-il un temps limite entre le moment du dépôt de la pâte à braser et le moment du brasage ? Argumenter et documenter la réponse.

4 Placement des composants (Pick and Place)

Le placement des composants, souvent appelé "Pick and Place", est une étape cruciale dans le processus de fabrication des circuits imprimés (PCB). Cette étape consiste à positionner précisément les composants électroniques sur le PCB avant le brasage. Les composants sont généralement conditionnés sous plusieurs formes industrielles, chacune adaptée à des types spécifiques de composants et à des méthodes de placement.

Les composants électroniques sont généralement conditionnés sous trois formes principales (voir Figure 8) :

- **Bobines (Reels)** : Utilisées pour les composants CMS (composants montés en surface) de petite taille, tels que les résistances, les condensateurs et les diodes. Elles facilitent le placement automatique grâce à leur enroulement continu, permettant une alimentation rapide et efficace des machines de placement.
- **Alvéoles en carton ou plastique (Tray Packaging)** : adaptées aux composants plus fragiles ou de grande taille, tels que les microcontrôleurs, les connecteurs et certains composants passifs de grande taille. Elles protègent les composants contre les dommages mécaniques et permettent un stockage et un transport sécurisés.
- **Tubes (Tube Packaging)** : Utilisés pour des composants en boîtiers plus volumineux, tels que les régulateurs linéaires, les transistors de puissance et certains connecteurs. Ils facilitent le stockage et le transport tout en protégeant les composants contre les chocs et les dommages.

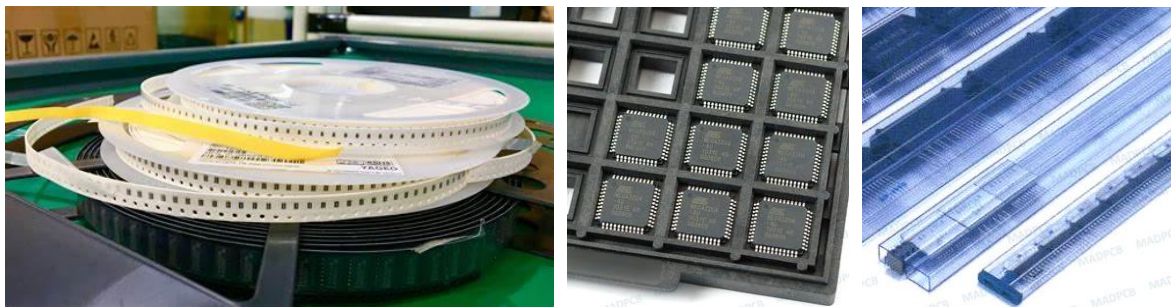


Figure 8 : Conditionnements industriels des composants électroniques, Réels, Tray et Tubes.

Pour optimiser le positionnement et la précision lors du placement des composants, il est crucial de définir un ordre de placement qui tient compte des composants critiques, notamment en termes d'alignement, de polarité et de sensibilité thermique. La norme IPC-7351, qui concerne la conception des empreintes pour composants CMS, fournit des directives essentielles pour la conception des empreintes de soudure sur les PCB.

Placement automatique

Dans l'industrie, la majorité des composants seront placés par une machine de placement automatique, dans la salle de montage, le modèle KAYO-D2V-25S disponible est présenté Figure 9. Cette machine utilise un système de vision avancé pour aligner chaque composant avec une grande précision. Un fichier de coordonnées, généré par l'outil de conception de carte ORCAD, est fourni à la machine. Ce fichier contient les positions exactes de chaque composant sur le PCB. L'utilisateur doit ensuite renseigner la position des composants dans chaque magasin de la machine et ajuster l'alignement suivant l'axe Z (vertical). Une fois ces paramètres configurés, la machine pick and place peut être utilisée pour positionner les composants de manière automatique et précise.

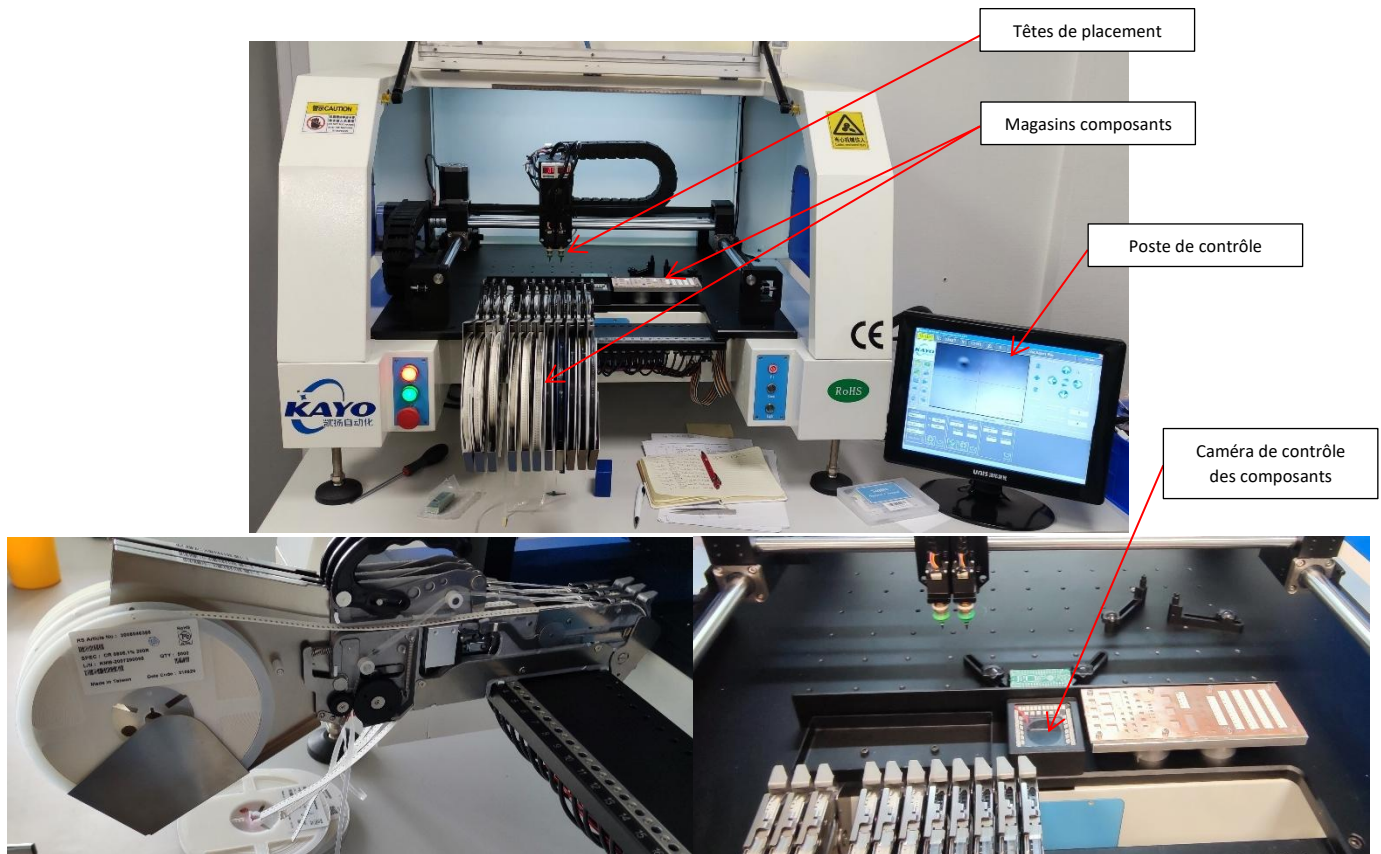


Figure 9 : Vue de la machine de placement Kayo, détail de fonctionnement d'un chargeur de bobine pneumatique et de la zone de contrôle de composants.

Étape 1 : Placement des composants manuellement

Dans le cadre du TP, l'ensemble des composants de la carte sera placé manuellement. Il sera important de suivre une procédure rigoureuse :

- Préparation : Assurez-vous que les composants sont en bon état et prêts à être placés.
- Positionnement : Placez manuellement les composants en suivant les indications du schéma d'implantation tout en vérifiant la bonne orientation du composant sur la carte (polarité, broche 1 ...).
- Vérification : Utilisez un microscope pour vérifier le positionnement, l'orientation et l'alignement en cas de doute.

En fonction de la disponibilité des équipements, vous placerez les composants manuellement en suivant ligne par ligne de la nomenclature à l'aide de la machine de placement pneumatique Essemtec ou d'une pince brucelles et des boîtes à clapet (voir Figure 10).

Attention : les lignes grisées de la nomenclature sont les composants (connecteur) à braser manuellement, ils ne sont pas positionnés à cette étape.

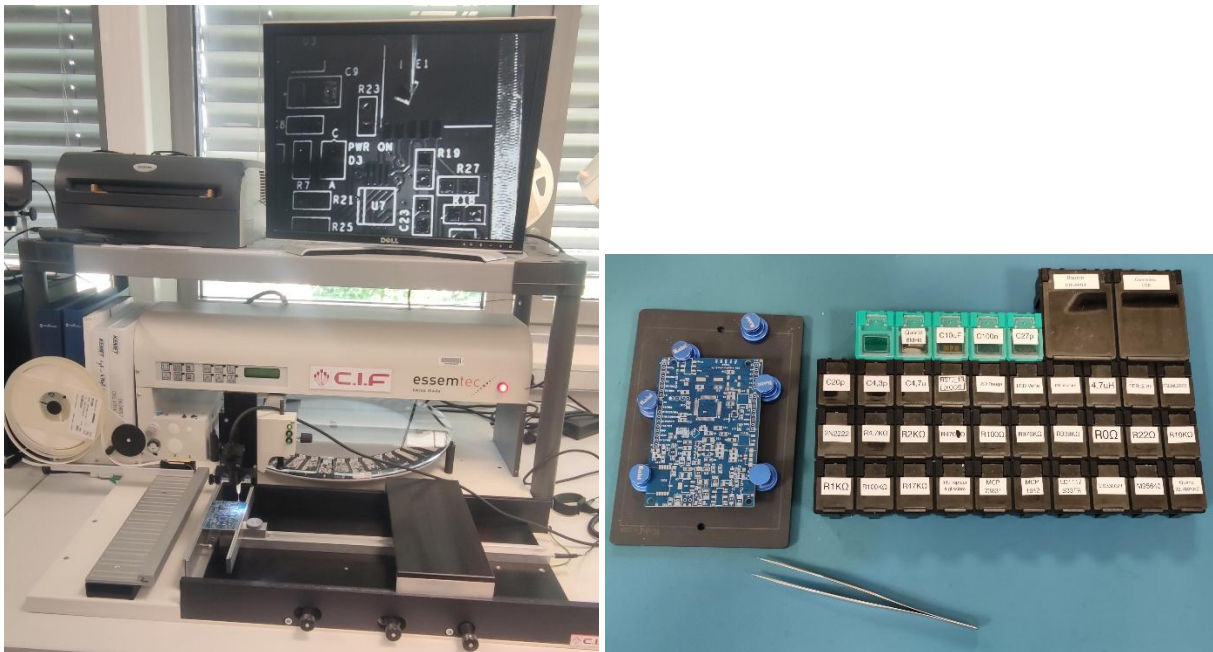
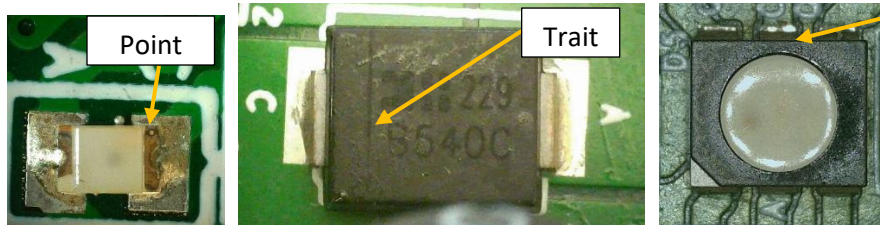


Figure 10 : Vue de la machine de placement Essemtec semi-automatique à gauche et du placement manuel à droite.

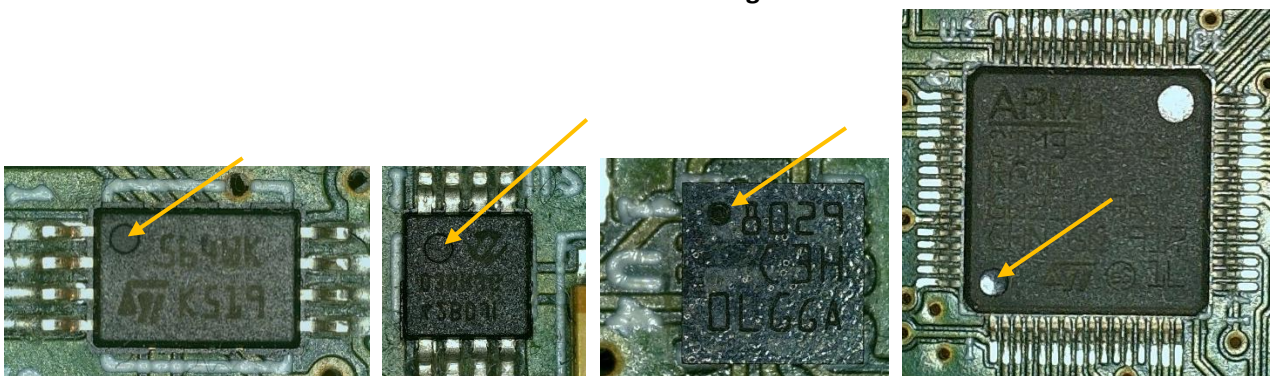
Étape 2 : Vérification sous Microscope

Après le placement des composants, il est crucial de vérifier l'alignement et la cohérence des placements sous microscope avant de poursuivre. Cette étape doit être réalisée conformément à la norme IPC-A-610, qui définit les critères d'acceptabilité des assemblages électroniques. Les Composants à vérifier plus particulièrement sont: le connecteur USB, les LEDs, les diodes, les microcontrôleurs, les résonateurs (voir Figure 11).

Diodes : Position de la cathode sur LED et diode :



Patte 1 des circuits intégrés :



Orientation du résonateur 32.768kHz :

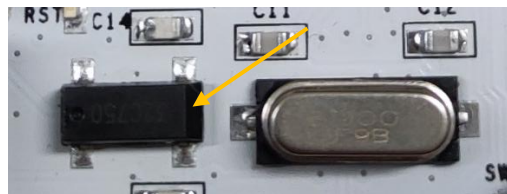


Figure 11 : Composants à vérifier plus particulièrement après placement, connecteur USB, LEDs, diodes, microcontrôleurs, résonateurs.

Questions :

9. Quelle est la taille principale des composants passifs dans le design ? Quelle est la taille des plus petits composants que la machine de placement automatique à disposition pourrait placer ?
10. Quels sont les avantages et les inconvénients des deux méthodes de placement, automatique et manuel ? À quel type de production se dédient-elles ?
11. Comment le système de vision de la machine KAYO-D2V-25S fonctionne-t-il pour aligner les composants ?
12. Quelles sont les étapes correctives à suivre si un composant est mal placé ?
13. Pourquoi est-il important de vérifier l'alignement des composants sous microscope ? Écrivez une procédure complète de vérification à l'attention d'un opérateur.

5 Brasage par refusion

Le profil thermique utilisé pour la refusion de la carte est déterminé par le type d'alliage utilisé et les caractéristiques de chaque composant (Figure 12). Le composant le plus sensible imposera la température maximale de refusion. Les normes à respecter pour cette étape sont celles de l'IPC-7530, qui définissent les profils thermiques pour la refusion.

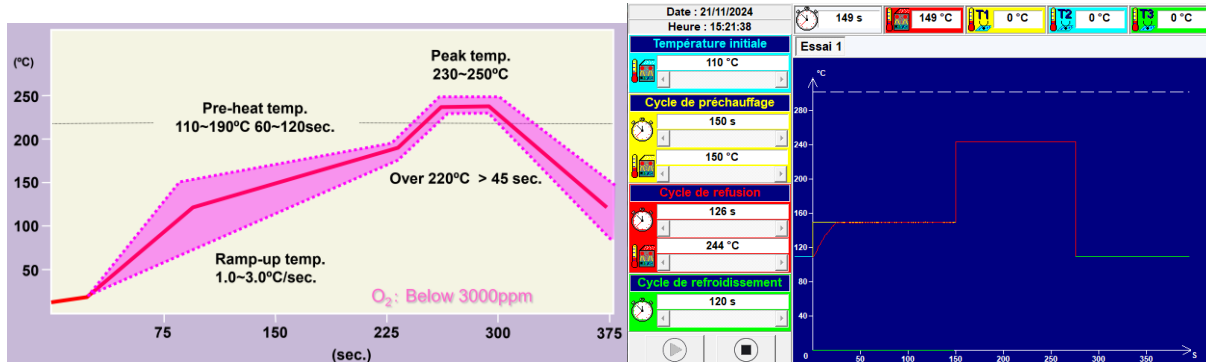


Figure 12 : Exemple de profil de refusion d'alliage à gauche, exemple de profil de refusion programmé dans le four à droite.

Étape 1 : Préparation et Chauffe

Pour cette étape, nous utiliserons un four à chauffage infrarouge (Figure 13). Le processus de chauffe se décompose en plusieurs phases :

1. Mise en température à 110°C : Cette phase permet d'évaporer les solvants du flux et l'humidité sans provoquer de choc thermique. Elle prépare les composants pour les étapes suivantes.
2. Préchauffage à 150°C : Cette étape uniformise la température des composants, assurant une montée en température homogène et évitant les gradients thermiques qui pourraient endommager les composants.
3. Refusion et maintien à la température de refusion : Cette phase est cruciale, car c'est à ce moment que la pâte à braser fond et établit les connexions électriques. La température de refusion dépend de l'alliage utilisé, par exemple, 217-220°C pour l'alliage SAC305 (Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5).
4. Refroidissement progressif : Après la refusion, un refroidissement progressif est essentiel pour éviter les fissurations et assurer une solidification homogène des joints de brasage.



Figure 13 : Four tiroir ouvert à gauche, en chauffe à droite.

Chargez votre carte dans le four et lancez le profil de cuisson en **présence du personnel responsable de ce poste.**

Étape 2 : Contrôle sous Microscope

Après la refusion, il est crucial de vérifier la qualité des brasures sous microscope, en particulier autour du microcontrôleur et du port USB. Cette inspection permet d'identifier et de corriger les défauts tels que les ponts de brasure, les composants mal brasés ou décalés, et les manques de brasure. (voir exemple Figure 14)

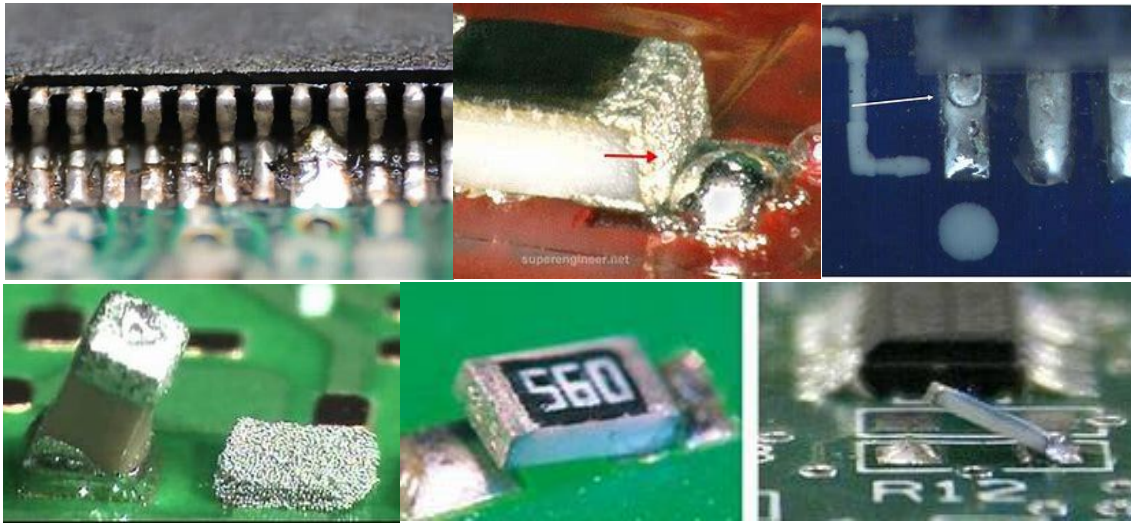


Figure 14 : Défauts typiques à l'issue de l'opération de refusion.

Étape 3 : Réparation des Défauts

En cas de pont de brasure, utilisez une tresse à dessouder imprégnée de flux et un fer à souder réglé entre 300 et 350°C. Placez la tresse sur le pont de soudure et appliquez la panne du fer à souder pour absorber l'excès de brasure. Vérifiez sous microscope et répétez l'opération si nécessaire. Si besoin, ajoutez une petite quantité de flux pour améliorer la capillarité et faciliter l'élimination des ponts.

Conformité : IPC-7711/7721.

Questions :

14. Relever les températures et les temps utilisés durant le processus de refusion ?
15. Quel est le profil de refusion théorique qu'il faudrait appliquer en fonction de l'alliage utilisé ?
16. Chercher quelques documentations de composants et trouver les caractéristiques de températures de refusion (à copier-coller dans le rapport). Justifier que le profil utilisé correspond.
17. Pourquoi existe-t-il une différence entre le profil pratique et théorique ?

6 Tests électriques

Avant de procéder aux tests électriques, il est essentiel de vérifier une dernière fois l'absence de défauts visuels sur la carte. Une inspection visuelle minutieuse permet de détecter des anomalies telles que des soudures froides, des ponts de brasure ou des composants mal alignés. Pour effectuer un test électrique, nous utiliserons un ohmmètre afin de mesurer l'impédance statique sur entre les pistes d'alimentation de 3,3V, de 5V et la masse. Si les valeurs mesurées sont supérieures à 600 Ω , cela indique que les lignes d'alimentation sont correctement isolées et qu'il n'y a pas de court-circuit. En revanche, si les valeurs sont inférieures à 500 Ω , cela peut signaler un problème de court-circuit ou de mauvaise isolation, nécessitant alors la mise en place d'une méthodologie de recherche de panne.

Pour mesurer la résistance, utilisez des pointes de touche fines et mesurez successivement aux bornes des condensateurs C19 (piste 3,3V) et C22 (piste 5V), voir Figure 15. Ces mesures permettent de vérifier

l'intégrité des pistes d'alimentation et des composants associés. Si les mesures ne sont pas conformes aux attentes, il peut être nécessaire de vérifier l'intégrité des condensateurs, de réinspecter les soudures, et de refaire les mesures après avoir corrigé les anomalies détectées.

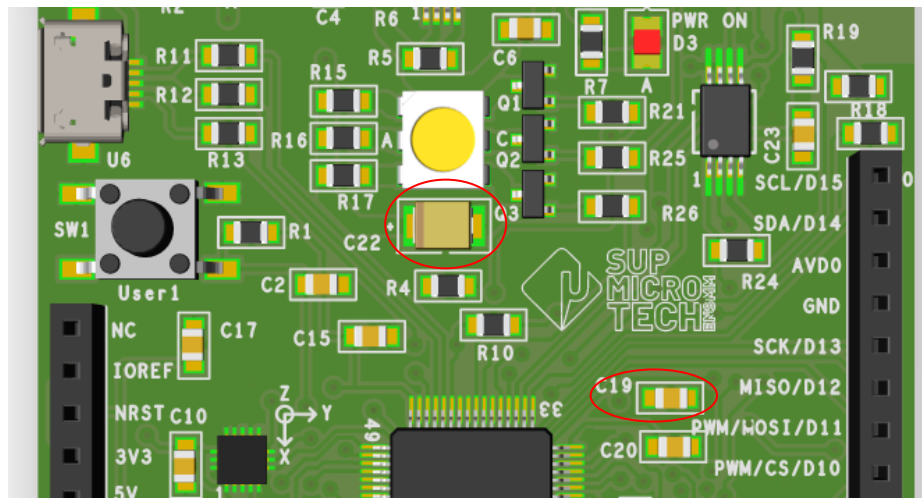


Figure 15 : Positionnement des condensateurs C19 et C22 sur la carte.

Méthodologie de recherche de panne

Si un problème est détecté lors des tests électriques, il est crucial de suivre une méthodologie de recherche de panne rigoureuse. Commencez par une inspection visuelle approfondie pour détecter des anomalies telles que des soudures froides, des ponts de brasure ou des composants mal alignés. Ensuite, utilisez un multimètre pour vérifier la continuité des pistes et des connexions, en vous assurant qu'il n'y a pas de coupures ou de courts-circuits. Testez individuellement les composants suspects pour vérifier leur fonctionnalité, en utilisant des outils de diagnostic spécifiques si nécessaire. Analysez les signaux sur les lignes d'alimentation et les autres pistes critiques à l'aide d'un oscilloscope pour détecter des anomalies telles que des parasites ou des variations de tension. Enfin, documentez chaque étape de la recherche de panne et les résultats obtenus pour tracer l'origine du problème et proposer des solutions appropriées.

Exigences particulières pour simplifier le dépannage

Pour simplifier le dépannage, le design, le placement et la sérigraphie doivent remplir certaines exigences. Le schéma de la carte doit être clair et logique, avec des pistes bien définies et des espaces suffisants entre les composants pour faciliter l'inspection visuelle. Les composants doivent être placés de manière à faciliter l'accès pour les tests et les réparations, en évitant les placements trop serrés qui compliquent l'inspection et les interventions. La sérigraphie doit être précise et lisible, avec des indications claires pour chaque composant et chaque connexion, permettant de repérer rapidement les composants et les pistes lors des tests.

Questions :

18. Quelle est la méthodologie de recherche de panne que vous avez appliquée si votre carte a eu un problème ? Si elle n'en a pas eu, quelle méthodologie auriez-vous appliquée pour rechercher la panne ?
19. Quelles exigences particulières doivent remplir le design, le placement et la sérigraphie pour simplifier le dépannage ?
20. Pourquoi est-il important de mesurer l'impédance statique sur les pistes d'alimentation ?
21. Que faire si les mesures de résistance aux bornes des condensateurs C1 et C5 ne sont pas conformes aux attentes ?
22. Comment documenter efficacement les résultats des tests électriques et des recherches de panne ?

7 Programmation de la carte

L'étape suivante consiste à charger le microcontrôleur avec le programme de test disponible sur GitHub. Cette opération est réalisée via un câble USB sur le connecteur U6 avec l'interrupteur SW4 en position « Prog ». Une fois le programme téléversé à l'aide du logiciel STM32CubeProgrammer, l'interrupteur SW4 est basculé sur « Run » et après un Reset (SW3) utilisateur le programme démarre (voir Figure 16).

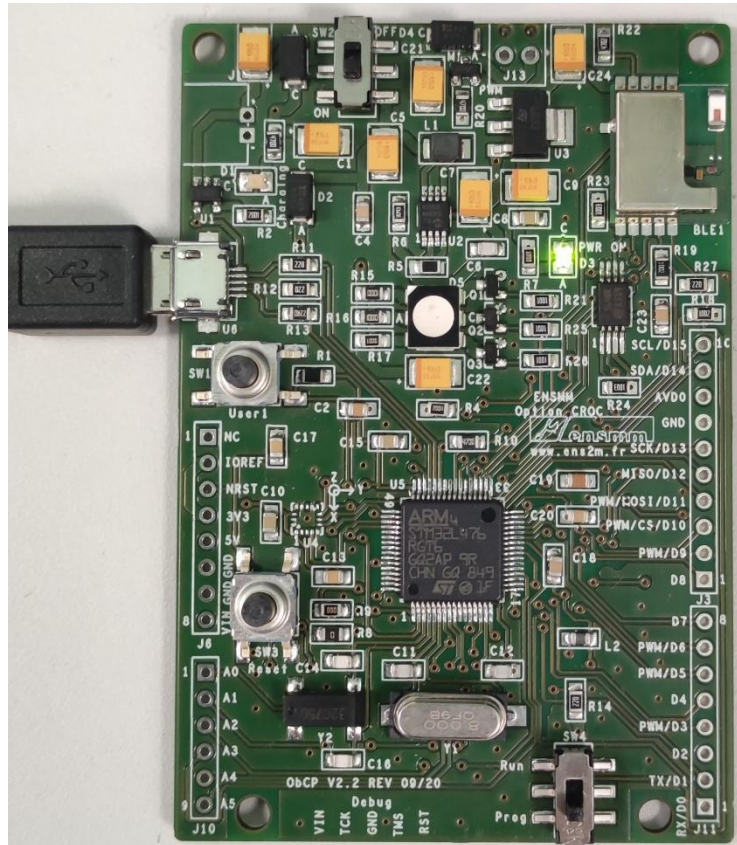


Figure 16 : Mise en place de la pince de programmation du débogueur.

Une fois cette opération effectuée, vous pouvez ensuite utiliser le programme de test, qui est conçu pour contrôler les Leds, recevoir les données du capteur d'accélération et tester la communication avec le PC via la console et le bouton-poussoir.

8 Brasure manuelle des composants traversants

Les composants à braser manuellement sont les connecteurs : connecteurs headers (noirs) Arduino R3, batterie (blanc), PWM (vert) et Debug (noir face arrière). Pour cette opération, il est essentiel d'utiliser un fer à souder réglé à la bonne température en fonction de l'alliage utilisé. Si le fer à souder permet un réglage de température, ajustez-le en conséquence. Sinon, utilisez un fer à induction qui ne nécessite pas de réglage.

Étapes de Brasage Manuelle

1. Préparation :

- Assurez-vous que les connecteurs sont correctement positionnés sur la carte et/ou le support de montage.
- Utilisez un support de posage pour maintenir les connecteurs et la carte en place pendant l'opération de brasage (voir Figure 17). Ce support facilite l'alignement des connecteurs.

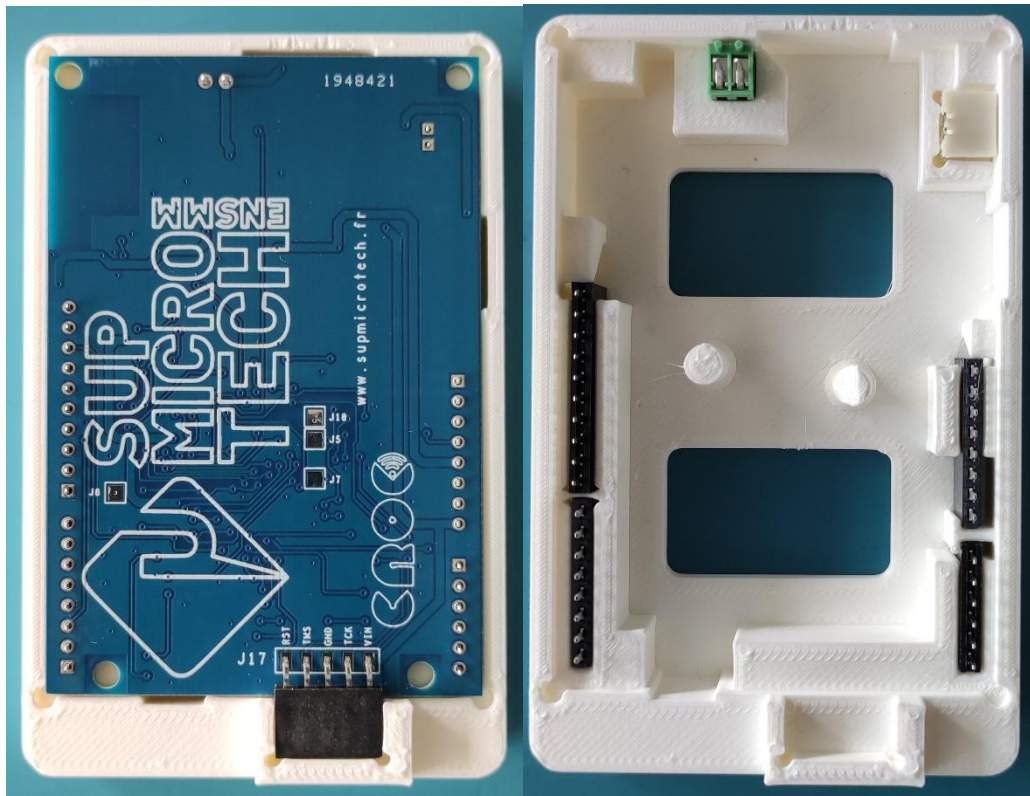


Figure 17 : Utilisation du support de posage pour assurer l'alignement des connecteurs lors de l'opération de brasage manuelle.

2. Chauffage (Figure 18) :

- Chauffez simultanément la pastille et la patte du composant pendant 1 à 2 secondes. Cette étape est cruciale pour garantir une bonne adhérence de la soudure.

3. Application de la brasure :

- Appliquez le fil de brasure et laissez la soudure s'écouler naturellement. La soudure doit former une connexion solide entre la pastille et la patte du composant.

4. Retrait du fer à souder :

- Retirez le fer à souder tout en maintenant la carte immobile pour éviter les soudures froides. Une soudure froide se produit lorsque la soudure ne fond pas complètement, ce qui peut entraîner des connexions défectueuses.

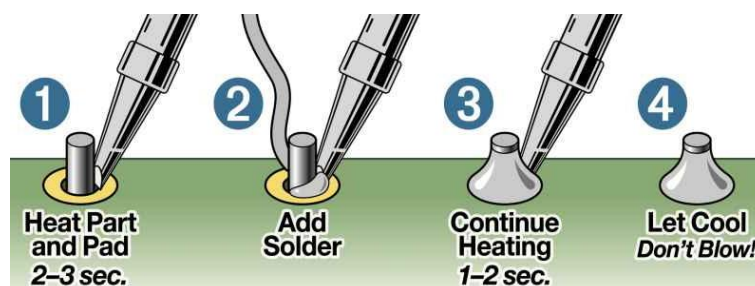


Figure 18 : Méthode de brasage manuelle.

5. Vérification de la soudure :

- Vérifiez que la soudure a une forme de volcan et non de boule (voir Figure 19). Une soudure en forme de volcan indique une bonne adhérence et une connexion électrique fiable.
- Assurez-vous que la soudure respecte les normes IPC-A-610, qui définissent les critères d'acceptabilité des assemblages électroniques.

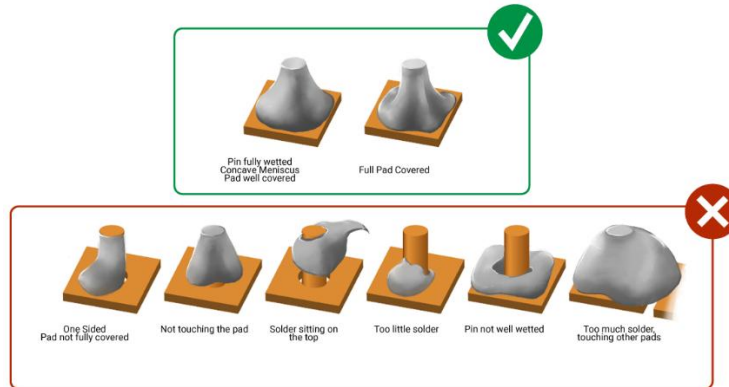


Figure 19 : Défauts typiques à l'issue de l'opération de refusion.

9 Nettoyage de la carte

Le nettoyage de la carte est une étape cruciale pour garantir la qualité et la fiabilité du circuit imprimé. Voici les étapes à suivre pour un nettoyage efficace :

Étapes de nettoyage

1. Préparation : Munissez-vous d'une brosse, de savon liquide et d'eau. Assurez-vous également d'avoir à disposition un nettoyant spécifique pour flux de brasage, au cas où des résidus persisteraient (Figure 20).
2. Nettoyage initial : Passez votre carte à la brosse avec un peu de savon liquide sous l'eau. Frottez bien pour éliminer les résidus de flux et autres impuretés. Cette étape permet de retirer la majorité des saletés.
3. Nettoyage approfondi : Si des résidus poisseux persistent après le nettoyage initial, utilisez une bombe de nettoyant pour flux de brasage. Appliquez le nettoyant spécifique sur les zones concernées et frottez doucement avec la brosse pour éliminer les résidus tenaces.
4. Séchage : Séchez la carte à l'air comprimé pour éliminer toute trace d'humidité. Assurez-vous que la carte est complètement sèche avant de procéder à l'inspection visuelle.
5. Inspection visuelle : Vérifiez visuellement l'absence de défauts sur la carte. Assurez-vous qu'il n'y a plus de résidus de flux, de saletés ou de traces d'humidité. Une carte propre est essentielle pour garantir une bonne performance électrique et une longue durée de vie.



Figure 20 : Brosse et savon pour le nettoyage, et nettoyant spécifique pour flux de brasage.

10 Questions générales

Pour conclure ce TP, voici quelques questions générales qui permettent de réfléchir à l'optimisation et à l'industrialisation du processus de fabrication des cartes électroniques. Ces questions visent à approfondir votre compréhension des étapes nécessaires pour passer d'un prototype à une production commercialisable.

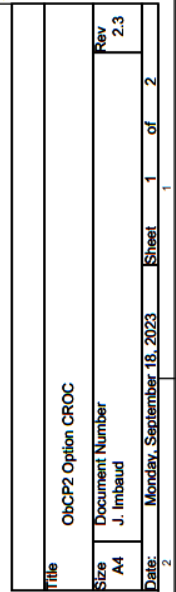
23. Quel est l'équipement à mettre en place si l'on souhaitait réaliser une production industrielle de cartes électroniques ?
24. Quelles sont les étapes manquantes pour passer d'une préproduction de prototype à une production de produit commercialisable ?
25. Comment optimiser le processus de fabrication pour réduire les coûts et améliorer l'efficacité ?
26. Comment s'assurer que le produit final répond aux normes de qualité et de sécurité requises ?
27. Comment gérer les retours d'expérience et les améliorations continues dans un processus de production industrielle ?

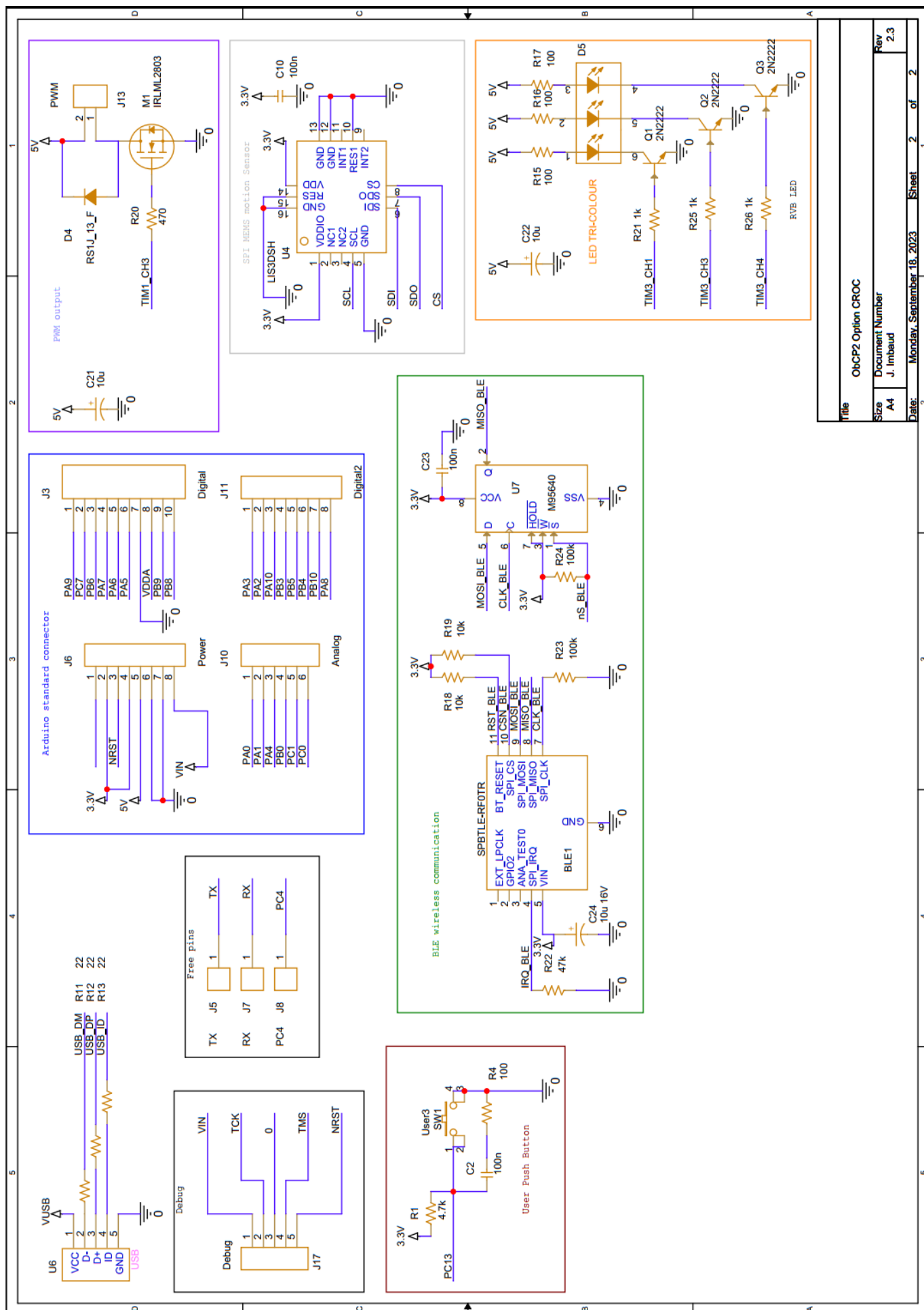
11 Nomenclature de la carte

Liste des composants à monter. **Les composants des lignes grisées sont à braser à la main.**

Quantity	Reference	Part	Check
8	C1,C3,C5,C7,C9,C21,C22,C24	10 uF condensateur polarisé	<input type="checkbox"/>
10	C2,C4,C8,C10,C13,C15,C17,C18,C20,C23	100 nF	<input type="checkbox"/>
1	C6	27 pF	<input type="checkbox"/>
2	C11,C12	20 pF	<input type="checkbox"/>
2	C14,C16	4.3pF	<input type="checkbox"/>
1	C19	4.7 uF	<input type="checkbox"/>
3	D2,D4,D6	RS1J_13_F Diode	<input type="checkbox"/>
1	D1	LED rouge	<input type="checkbox"/>
1	D3	LED verte	<input type="checkbox"/>
1	D5	LED tricolore	<input type="checkbox"/>
1	J1	Connecteur Batterie (2 broches, blanc)	<input type="checkbox"/>
1	J3	Connecteur 10 broches	<input type="checkbox"/>
2	J6,J11	Connecteur 8 broches	<input type="checkbox"/>
1	J10	Connecteur 6 broches	<input type="checkbox"/>
1	J13	Bornier à vis, vert	<input type="checkbox"/>
1	J17	Connecteur 5 broches (dessous)	<input type="checkbox"/>
1	L1	4.7uH	<input type="checkbox"/>
1	L2	Perle_HF	<input type="checkbox"/>
1	M1	IRLML2803 Transistor MOS	<input type="checkbox"/>
3	Q1,Q2,Q3	2N2222 Transistor NPN	<input type="checkbox"/>
1	R1	4.7k	<input type="checkbox"/>
1	R2	2k	<input type="checkbox"/>
3	R3,R10,R20	470	<input type="checkbox"/>
5	R4,R7,R15,R16,R17	100	<input type="checkbox"/>
1	R5	976k	<input type="checkbox"/>
1	R6	309k	<input type="checkbox"/>
2	R8,R9	0	<input type="checkbox"/>
5	R11,R12,R13,R14,R27	22	<input type="checkbox"/>
2	R18,R19	10k	<input type="checkbox"/>
3	R21,R25,R26	1k	<input type="checkbox"/>
1	R22	47k	<input type="checkbox"/>
2	R23,R24	100k	<input type="checkbox"/>
2	SW1,SW3	Bouton poussoir	<input type="checkbox"/>
2	SW2,SW4	Interrupteur à glissière	<input type="checkbox"/>
1	U1	MCP73831	<input type="checkbox"/>
1	U2	MCP1642	<input type="checkbox"/>
1	U3	LD1117S33TR	<input type="checkbox"/>
1	U4	LIS3DSH	<input type="checkbox"/>
1	U5	STM32L476RGT6	<input type="checkbox"/>
1	U6	Connecteur USB	<input type="checkbox"/>
1	U7	M95640	<input type="checkbox"/>
1	Y1	Quartz 8MHz	<input type="checkbox"/>
1	Y2	Quartz 32.768KHZ	<input type="checkbox"/>
1	BLE1	Module Bluetooth LE	<input type="checkbox"/>

21





13 Vue du dessus de la carte - implantation

