**Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Direction Générale des Études Technologiques**

**Institut Supérieur des Études Technologiques de Bizerte**

Département de Génie Électrique

Électromécanique

**Rapport de**

**Projet de Fin d’études**

**En vue de l’obtention de : Licence Appliquée en Génie Électrique**

# MID PCB

**Effectué à : STARZ ELECTRONICS**

## Élaboré par :

**Mohamed Rayen Ben Brahim (AII)**

## Encadré par :

**Mme. Rim Zribi (ISET de Bizerte)**

**Mr. Oussama Dalleli (SOCIETE : STARZ ELECTRONICS)**

Soutenu le 20/06/2024 devant la commission composée de :

**Président  :** **Mr**

**Rapporteur  :** **M**m

**Encadreur :** **M**me Rim Zribi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Référence** | **Dép.** | **Génie Électrique** |
| **A.U** | **2023-2024** |
| **N°** | **25-24** |

**Sommaire**

[MID PCB 1](#_Toc166675351)

[Élaboré par : 1](#_Toc166675352)

[Encadré par : 1](#_Toc166675353)

[Introduction 2](#_Toc166675354)

[I. Titre 1 2](#_Toc166675355)

[I.1. Sous-titre 1 2](#_Toc166675356)

**Liste des figures**

[Figure 1 : titre de la figure 2](#_Toc405798267)

[Figure 2 : Titre de la figure 4](#_Toc405798268)

**Liste des tables**

[Table 1 2](#_Toc405798273)

**Introduction General**

L'intelligence artificielle (IA) révolutionne progressivement tous les secteurs de notre société, et l'industrie ne fait pas exception. Dans le cadre de l'industrie 4.0, l'IA est devenue un puissant outil pour améliorer l'efficacité, la productivité et la qualité des processus de fabrication. L'industrie moderne est confrontée à des défis complexes, tels que la demande croissante de produits personnalisés, les pressions concurrentielles et les attentes des consommateurs en matière de qualité et de rapidité de livraison.

Ce rapport se concentre sur l'application de l'IA dans le domaine de l'industrie, en mettant l'accent sur l'utilisation de l'IA pour la détection des défauts dans les cartes électroniques. Les cartes électroniques jouent un rôle essentiel dans de nombreux produits, allant des appareils électroniques grand public aux équipements industriels complexes. La qualité et la fiabilité de ces cartes sont d'une importance capitale, car les défauts peuvent entraîner des dysfonctionnements, des pannes ou même des risques pour la sécurité des utilisateurs.

Dans le présent rapport, nous avons réparti notre travail en trois chapitres :

* Chapitre 1 : le contexte du projet.
* Chapitre 2 : La spécification du besoin logiciel et matériel afin de préparer l'environnement nécessaire à la mise en œuvre du projet.
* Chapitre 3 : Mise en œuvre de la solution, détaillant les étapes utilisées pour réaliser le projet.

Nous clôturons notre rapport par une conclusion générale et une présentation des perspectives.

**CHAPITRE 1**

CONTEXTE DE PROJECT

##### **Introduction :**

##### Le Contexte de Project est dédié à la présentation de l’organisme d’accueil, au sein du quel ce projet de fin d’études a été réalisé, en termes d’historique d’évolution du groupe, des clients et partenaires, d’organisation de l’entreprise ainsi que des produits livrés aux clients et les processus de production.

## Présentation de Starz Electronics

## Historique :

STARZ ELECTRONIC est une société tunisienne totalement exportatrice, fondée en 2001, Implantée à Bizerte en Tunisie. Spécialisée dans la conception et la réalisation de cartes électroniques pour différentes industries telles que la sous-traitance de faisceaux électriques et électroniques, l'automobile et les télécommunications. La société est certifiée ISO 9001 et fournit à ses clients des produits de haute qualité à des prix Très compétitifs. La société couvre une superficie de 3 000 mètres carrés et dispose de cinq lignes de production de câbles, une ligne d'insertion de composants SMD (Composants montés) et une ligne d'insertion de composants de conception de trous. Actuellement STARZ ELECTRONICS compte 300 employés. Il permet également la création d'autres emplois indirects (manutention, transport, maintenance).



Figure 1 : Starz électronics \_ l’entreprise d'accueil

## Chaines de production Des Cartes électronique :

**STARZ Electronics utilise deux techniques de fabrication de cartes électronique :**

La technique de montage en surface TMS (en anglais Surface Mount Technology SMT) : est une technique qui permet de fixer des composants électroniques (appelés composants montés en surface, CMS) à la surface d'un circuit imprimé à l'aide de soudure ou de colle.

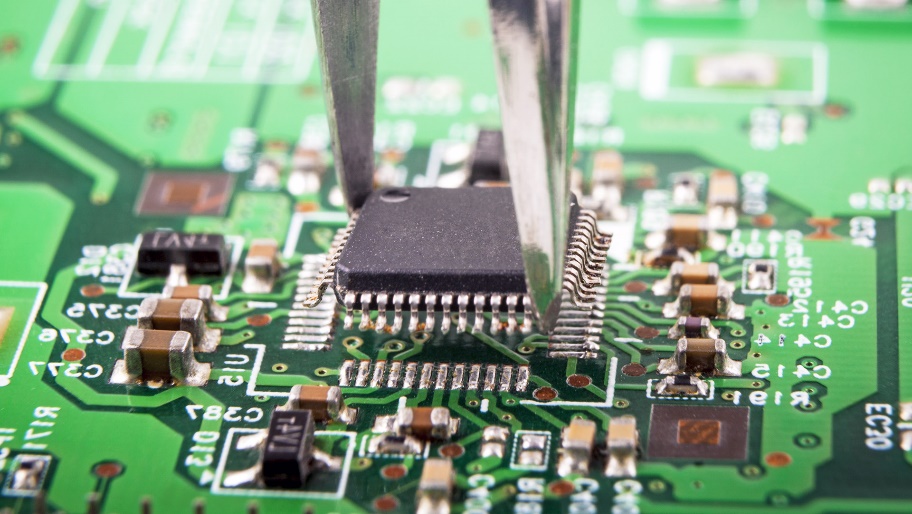
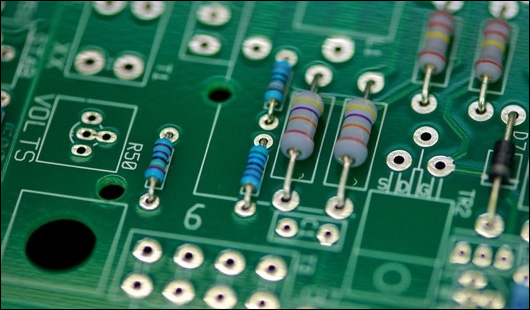
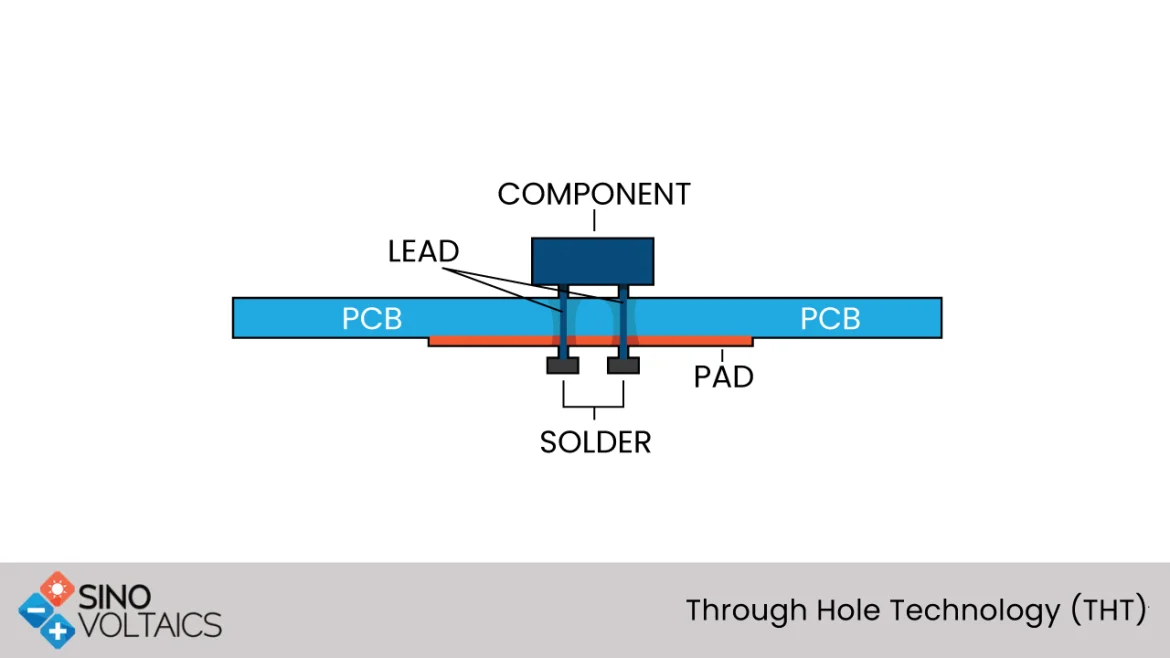


Figure 2 : Technique TMS

**La technique traditionnelle** (en anglais Through Hole) : est une technique qui permet de fixer des composants électroniques (appelés composants traversant) par les broches qui passent à travers les petits trous de connexion.



***Figure 3 : technique Traditionnelle***

## Les départements au sein de l’entreprise:

**Département Qualité (QM)**

Qualifié comme observateur et détecteur des anomalies de qualité, assure l’amélioration continue de la société dans le cadre de la qualité totale.

**Département administratif et financier (AF)**

Permet d’assurer les fonctions financières et comptables de l’entreprise, de développer et d’implanter les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie. Mettre en place les actions de recrutement, de formation, de communication, d’hygiène et de sécurité.

**Département informatique (IT)**

Ce département se charge d’analyser, de concevoir, de mettre en œuvre, d’exploiter et d’administrer les systèmes informatiques et technologiques de la société.

**Département technique (PTS)**

Ce département, composé de : Process, maintenance et facilités, est chargé d’assurer le bon fonctionnement des machines.

**Département production (PPR)**

Ce département a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances pour augmenter la capacité de production.

**Département logistique (LOG)**

Gère l’approvisionnement, la réception, l’expédition et le stockage de la matière première et doit assurer la livraison du produit fini avec le minimum de charges possibles.

**Département Planification (PPE)**

Ce travail est axé essentiellement sur la documentation technique, la liste des composants, le mode opératoire ou la méthode de travail dans la zone le but d’achever les objectifs suivants :

• Développer les processus de production

• Analyser et traduire les modifications clients

• Évaluer la faisabilité et mettre en place les modifications clients/interne.

• Optimiser les coûts / délai de développement produit.

## Clients:

Starz Electronics est le fournisseur privilégié des leaders de l'industrie automobile tels que Ford, General Motors, Mercedes, FCA, entre autres. De plus, l'entreprise fournit également des solutions électroniques à d'autres industries renommées telles que LG, NEC, ESS, Bosch, et bien d'autres encore.

Table 1 : Exemple de clients de Starz electronics

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| FORD | GENERAL MOTORS | FCA | Mercedes |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| LG | NEC | ESS | BOSCH |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. **Problématique :**

Comment améliorer la détection et l'analyse des défauts dans une chaîne de production industrielle du secteur CMS en utilisant une solution basée sur l'intelligence artificielle, afin de réduire les délais de traitement et d'automatiser le processus de décision, permettant ainsi une détection plus rapide et précise des défauts sans nécessiter l'intervention d'un opérateur humain ?

* 1. **Critique de l’existant**

L'AOI (Automatic Optical Inspection) est une technologie largement utilisée dans l'industrie pour détecter les défauts sur les cartes électroniques. Cependant, il existe des avantages et des inconvénients à prendre en compte lors de l'évaluation de cette approche d'inspection.

**II.2. Avantages de l’existant :**

- Détection précise : L'AOI utilise des algorithmes sophistiqués pour comparer l'image de référence avec l'image réelle de la carte et détecter les différences.

-Automatisation

-Vitesse : L'AOI peut inspecter les cartes électroniques à une vitesse élevée, ce qui est crucial dans les environnements de production où des délais stricts doivent être respectés.

**II.3. Inconvénients de l’existant :**

-Intervention manuelle : Dans de nombreux cas, l'interprétation des résultats de l'AOI nécessite l'intervention d'un technicien qui examine les images et prend une décision subjective quant à la présence ou non d'un défaut. Cela introduit un élément de subjectivité et de variabilité dans le processus d'inspection.

- Coût élevé : La mise en place d'un système AOI peut représenter un investissement financier important.

1. **Le Cadre général de Project :**
   1. **Généralité :**

Le secteur de la production industrielle dans le domaine CMS (Cartes électroniques Montées en Surface) fait face à des défis constants en termes de qualité, d'efficacité et de rapidité. Les méthodes traditionnelles d'inspection et de suivi des performances présentent des limites qui entravent le potentiel de croissance et d'optimisation de la chaîne de production.

Dans ce contexte, notre projet vise à introduire une solution innovante basée sur l'intelligence artificielle (IA) pour informatiser et automatiser le suivi des performances de la chaîne de production des **PCB**. En exploitant la collecte de données en temps réel et leur traitement par des algorithmes avancés.

Notre projet s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue pour optimiser la productivité, réduire les coûts et renforcer la compétitivité des entreprises opérant dans ce domaine.

Le nom proposé par Mohamed Rayen Ben Brahim pour ce projet est "MID PCB" (Machine Intelligente de Détection de PCB).

* 1. **Objectif de Project :**

L'objectif de notre système de détection des défauts des cartes électroniques est de mettre en place une solution automatisée et précise pour détecter les défauts sur les cartes électroniques. Voici les principaux objectifs de notre projet **"MID PCB"** :

1. Développement de la machine intelligente:

- Concevoir et assembler une machine capable de se déplacer sur les axes X et Z dans un repère tridimensionnel.

- Intégrer une caméra pour capturer des images des PCB sous différents angles.

2. Système de contrôle et d'automatisation:

- Utiliser un **Raspberry Pi 4** pour contrôler les moteurs pas à pas et la caméra. - Développer une interface utilisateur en **Python avec Tkinter** pour piloter la machine et surveiller les opérations.

3. Intégration de l'Intelligence Artificielle:

- Entraîner un modèle de **deep Learning (CNN - Faster R-CNN)** à l'aide d'un **datasets** collecté manuellement pour détecter et prédire les défauts sur les PCB. - Intégrer ce modèle dans l'application Tkinter pour effectuer des prédictions en temps réel.

4. Collecte et préparation des données:

- Capturer des images réelles des PCB avec divers défauts pour créer un **datasets** de formation. - Annoter les images pour entraîner efficacement **le modèle de deep Learning**.

5. Détection et prédiction des défauts :

- Utiliser le modèle entraîné pour analyser les images capturées en temps réel et détecter les défauts des PCB.

- Afficher les résultats des prédictions dans l'interface utilisateur.

6. Optimisation et validation:

- Affiner les algorithmes de détection pour améliorer la précision et la rapidité des prédictions. - Valider les performances du système avec des tests sur différents types de PCB et divers scénarios de défauts.

Ce projet vise à combiner les domaines de la mécanique, de l’électronique, le developement informatique et de l'intelligence artificielle pour créer une solution innovante et efficace pour le contrôle de qualité des PCB.

**Conclusion**

Le chapitre 1 a fourni un contexte général crucial, soulignant l'importance du contrôle de qualité dans la production des PCB et la nécessité d'innovations pour améliorer ce processus. Ce contexte a mis en lumière les défis actuels rencontrés par l'industrie électronique, tels que la détection des défauts et la précision des inspections. Avec cette compréhension en place,

Nous passons maintenant au chapitre 2, qui se concentre sur la spécification des besoins logiciels et matériels. Cette transition marque une étape clé où nous définirons les exigences nécessaires pour préparer l'environnement de mise en œuvre du projet "MID PCB."

<isrc="https://camo.githubusercontent.com/af44d440eb11d0718489b054f82881e8a210e89eb7bafcca8815d45ff529072c/68747470733a2f2f6b6f6d617265762e636f6d2f67687076632f3f757365726e616d653d726179656e333131266c6162656c3d50726f66696c65253230766965777326636f6c6f723d306537356236267374796c653d666c6174" alt="rayc="https://komarev.com/ghpvc/?username=rayen311&amp;label=Profile%20views&amp;color=0e75b6&amp;style=flat" style="max-width: 100%;">

**CHAPITRE 2**

La spécification du besoin logiciel et matériel

**Introduction :**

Dans le chapitre de notre projet, nous abordons la spécification du besoin en détail. Cela inclut l'établissement du cadre de travail, à la fois en termes de méthodologie et de planification.

Nous nous concentrons sur l'identification des exigences fonctionnelles, qui décrivent les fonctionnalités et les actions spécifiques que notre solution doit être en mesure d'accomplir. De plus, nous identifions également les besoins non-fonctionnels, qui concernent les aspects tels que les performances, la sécurité, la convivialité et autres critères de qualité.

En résumé, ce chapitre joue un rôle essentiel dans la définition et la compréhension claire des besoins de notre projet.

##### 

##### **I. Spécification du besoin :**

La spécification du besoin constitue la phase de départ de la réalisation de la solution. Dans cette partie, on identifie les besoins fonctionnels et non fonctionnels pour concevoir une solution qui répond aux attentes des utilisateurs.

###### **I.1.Besoins fonctionnels :**

La solution doit permettre à l’utilisateur :

**Acquisition d'images** : La machine MID PCB doit être capable de **capturer des images** de cartes électroniques à l'aide d'une caméra connectée à la carte Raspberry Pi 4.

**Localisation bidimensionnel précis :** La machine MID PCB doit être capable de de capturer les PCB dans des **positions spécifiques** nous envoie par notre logiciel d’ordinateur suivant les deux **axes Z et X**.

**Prétraitement des images** : Prétraitement et redimensionnement des Images capturées pour une cohérence optimum dans le **modèle de détection** des défauts des cartes électroniques.

**Détection automatique des défauts** : Le système doit analyser les images des cartes électroniques et effectuer une détection automatique pour déterminer si la carte est **sans défaut ou avec défaut,** en utilisant un modèle d'intelligence artificielle.

**Affichage de la décision** : Le système doit afficher clairement la **décision de détection**, en indiquant si la carte est considérée comme sans défaut ou avec défaut, afin de permettre une prise de décision rapide et précise par les techniciens ou les opérateurs de production.

###### **I.2.Besoins non fonctionnels :**

Les exigences techniques présentent les besoins implicites auxquels doit répondre le système.

**Parmi lesquelles on cite :**

**Performance** : Le système doit être capable de traiter les images et effectuer la détection des défauts de manière rapide et efficace, afin de minimiser les retards dans la production et d'assurer une prise de décision en temps réel.

**Précision** : Le système doit fournir des résultats de détection précis et fiables, en minimisant les erreurs de classification des cartes électroniques et en assurant une haute qualité de détection des défauts.

**Fiabilité** : Le système doit être fiable et robuste, capable de fonctionner de manière stable dans des environnements industriels et de résister aux variations de conditions telles que l'éclairage, les vibrations et les interférences électromagnétiques.

**Convivialité** : Le système doit être convivial et facile à utiliser, avec une interface utilisateur intuitive permettant aux techniciens ou aux opérateurs de production d'interagir facilement avec le système, de visualiser les résultats de détection et de prendre des décisions appropriées.

**Extensibilité** : Le système doit être conçu de manière à permettre des mises à jour et des améliorations ultérieures, afin de pouvoir prendre en charge de nouvelles fonctionnalités, de nouveaux modèles de détection ou d'intégrer des capacités supplémentaires à mesure que les besoins évoluent.

###### **II. Besoins matériels :**

Pour le projet "MID PCB", nous avons besoin de plusieurs composants matériels essentiels. Cela comprend un cerveau pour contrôler la machine et gérer les données de la caméra, une caméra pour capturer des images détaillées des PCB, des moteurs pas à pas pour des mouvements précis le long des axes X et Z, une alimentation électrique adaptée pour fournir l'énergie nécessaire, et une structure physique pour abriter et protéger tous les composants. Ces éléments combinés nous permettront de créer une machine capable de transmettre les images des PCB en temps réel.

###### **II.1. Choix de la camera :**

Caméra macro USB de 5 MP est un périphérique d'imagerie compact et polyvalent conçu pour être utilisé avec les plateformes Raspberry Pi Voici quelques-unes de ses caractéristiques principales :

**Résolution** : La caméra offre une résolution de 5 mégapixel, ce qui permet de capturer des images claires et détaillées.

**Connectivité USB** : Elle se connecte facilement à notre Raspberry Pi via un port USB, offrant une installation simple et rapide.

**Support du flux vidéo** : La caméra prend en charge la capture de flux vidéo en temps réel, nous permettre d'enregistrer des séquences vidéo ou de diffuser en direct.

**Compatibilité étendue** : Elle est compatible avec différents systèmes d'exploitation, ce qui la rend adaptée à une variété de projets et d'applications.

**Taille compacte** : Avec sa taille réduite, la caméra USB est facilement intégrable dans des configurations de projet nécessitant un encombrement minimal.



**Fig 31 : Module camera Macro**

**II.2. Choix du système de traitement**

Le système de traitement de notre solution doit être à la fois performant et efficace, car il sera chargé de traiter les images et de transmettre les captures.

**Nous enverrons des requêtes contenant les positions des captures, et le système devra répondre en nous fournissant les images correspondantes à ces positions.**

C'est pourquoi il est constitué de puces en silicium appelées processeurs d'unités centrales ou CPU (Computer processing unit), similaires aux puces qui font fonctionner un ordinateur.

Parmi les unités de traitement les plus efficace pour notre application, on trouve :

**Carte ESP32 :** L'ESP32 est une plateforme matérielle populaire utilisée dans le domaine de l'intelligence artificielle en raison de ses fonctionnalités polyvalentes et de sa puissance de calcul. L'ESP32 est un microcontrôleur à faible consommation d'énergie qui intègre un processeur dual-core, une connectivité Wi-Fi et Bluetooth, ainsi que des interfaces pour les capteurs et les périphériques externes.

**Carte Raspberry Pi :** La Raspberry Pi 4 est la quatrième génération d'un ordinateur monocarte développé par la Fondation Raspberry Pi. Il s'agit d'un petit ordinateur polyvalent et abordable, conçu pour encourager l'apprentissage de la programmation et la réalisation de projets électroniques.

**Quelle est la différence entre les deux ?**

L'ESP32 et la Raspberry Pi 4 sont deux plateformes largement utilisées dans le domaine du traitement et de la transmission d'images, mais elles présentent des différences significatives en termes de capacités et d'applications.

L’ESP32 est principalement utilisé pour des applications embarquées et l'Internet des objets (IoT). Bien qu'il soit capable de traiter des images sur le périphérique lui-même, il présente des limitations en termes de puissance de calcul et de mémoire. Cela restreint la complexité et la taille des images qu'il peut gérer efficacement.

D'un autre côté, la Raspberry Pi 4 offre une puissance de calcul nettement supérieure à l'ESP32. Cette caractéristique lui permet de traiter des tâches plus exigeantes en termes de ressources. En conséquence, elle est mieux adaptée aux applications nécessitant des traitements d'images complexes et à grande échelle.

**Donc, on a décidé d’utiliser une carte Raspberry Pi. Il existe différents modèles de Raspberry Pi. On a choisi spécifiquement Raspberry Pi 4 Model B.**

#### VS

**Fig32 : raspberrypiVSesp32**

**Pourquoi le Raspberry Pi 4 Model B ?**

La carte Raspberry Pi 4 Model B est un choix privilégié pour plusieurs raisons :

**Connectivité avancée :**

Le Raspberry Pi 4 Model B est doté de ports Ethernet Gigabit, de ports USB 3.0, de ports HDMI 2.0 et de la connectivité sans fil Wi-Fi 802.11ac. Cela permet une communication rapide avec d'autres appareils, une connexion à des périphériques externes et une diffusion de contenu en haute résolution, ce qui est important pour les applications d'IA qui nécessitent une transmission de données rapide et une visualisation en temps réel.

**Le Raspberry Pi a la capacité de fonctionner en tant que serveur web capable de recevoir des requêtes et de fournir des réponses à ces requêtes de manière efficace et fiable.**

**Ports USB :**

Avoir 4 port USB qui nous permet facilement d’intégrer notre camera à la carte.

De plus, il dispose de ports USB 3.0 et de la possibilité d'ajouter un disque dur externe, ce qui facilite le stockage et la manipulation de données.

Rq : l'ESP32 ne dispose pas de ports USB femelles, ce qui rend plus difficile l'installation d'un module caméra, en plus de la faible performance.

**Puissance de traitement améliorée :**

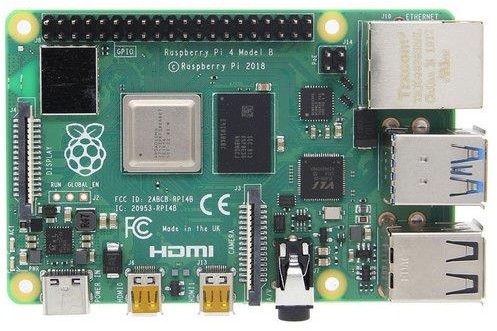
Le Raspberry Pi 4 Model B est équipé d'un processeur quad-core ARM Cortex-A72 cadencé à 1,5 GHz, offrant une puissance de calcul supérieure par rapport aux modèles précédents. Cela permet de traiter rapidement nos images plus complexes et de manipuler de grandes quantités de données et nous transmettre avec une meilleure efficacité.

**Mémoire et stockage étendus :**

Le Raspberry Pi 4 Model B est disponible avec différentes options de mémoire RAM, allant jusqu'à 8 Go. Cela permet de gérer des ensembles de données plus volumineux et de stocker nos captures.

**Communauté et ressources :**

Le Raspberry Pi bénéficie d'une large communauté d'utilisateurs et de développeurs, ainsi que de ressources en ligne abondantes. Il existe de nombreux tutoriels, exemples de projets et forums de discussion dédiés à l'utilisation du Raspberry Pi 4 Model B.



**Fig 33 : Carte Raspberry Pi 4 model B**

|  |  |
| --- | --- |
| Processeur | Broadcom BCM2711, SoC quadricœur Cortex-A72 (ARM v8) 64 bits à 1.5 GHz |
| Mémoire | 4 Go de LPDDR4-3200 SDRAM |
| Connection | * LAN sans fil IEEE 2.4b / g / n / ac 5.0 GHz et 802.11 GHz, Bluetooth 5.0, BLE * Gigabit Ethernet * 2 ports USB 3.0 * 2 ports USB 2.0. |
| GPIO | Embase GPIO standard à 40 broches |
| Vidéo et son | * 2 ports micro HDMI (jusqu'à 4Kp60 pris en charge) * Port d'affichage MIPI DSI 2-lane * Port de caméra MIPI CSI 2-lane * Port audio stéréo et vidéo composite 4-pole |
| Multimedia | H.265 (décodage 4Kp60);  H.264 (décodage 1080p60, codage 1080p30); Graphiques OpenGL ES, 3.0 |
| Support Carte SD | Emplacement pour carte micro SD pour le chargement du système  d'exploitation et le stockage des données |
| Alimentation | * 5V DC via connecteur USB-C (minimum 3A1) * 5V DC via en-tête GPIO (minimum 3A1) * Power over Ethernet (PoE) «activé (nécessite un HAT PoE séparé) |
| Environnement | Température de fonctionnement 0-50 ° C |
| Durée de vie | Le Raspberry Pi 4 Model B restera en production au moins jusqu'en janvier 2026. |

**Table 1 : Fiche technique du Raspberry pi 3 model B**

**II.3. Choix de la carte mémoire SD (Secure digital) :**

Pour obtenir les meilleurs résultats avec Raspberry Pi, il est important de choisir une bonne carte mémoire.

Étant donné que la carte SD contient toutes les informations pour exécuter la Raspberry Pi du système d'exploitation aux applications, Il est nécessaire de choisir une carte SD de grande capacité.

Pour l'installation du système d’exploitation et utilisation de la carte Raspberry Pi, **la taille minimale** de la carte est de **8 Go**. Donc on a choisi une carte SD de **8 Go**.



Fig 34: Carte SD

**II.4.** **Système de déplacement linéaire :**

**Glissière linéaire :** Moteur pas à pas linéaire est conçu pour fournir un mouvement linéaire précis et contrôlé. Il utilise un mécanisme de vis sans fin où l'arbre du moteur est une vis filetée, et le mouvement de rotation du moteur est converti en mouvement linéaire par l'écrou qui se déplace le long de la vis.

**Dans notre application, nous avons besoin de deux moteurs pas à pas pour permettre un déplacement précis et autonome sur les axes X et Z.**

* **Avantages :**

Précision : Le moteur pas à pas permet un contrôle très précis du mouvement linéaire.

Courant faible : 300 ma.

* **Compacité :**

Sa petite taille le rend idéal pour les applications où l'espace est limité.

* **Simplicité de Contrôle :**

Peut être contrôlé facilement avec des pilotes de moteur pas à pas standard et des microcontrôleurs (comme Arduino, Raspberry Pi).

* **Remarques** : Ce moteur nécessite un contrôleur de moteur pas à pas compatible pour fonctionner correctement. Une alimentation stable de 5V DC est nécessaire pour des performances optimales.

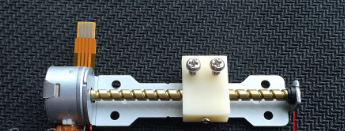
****

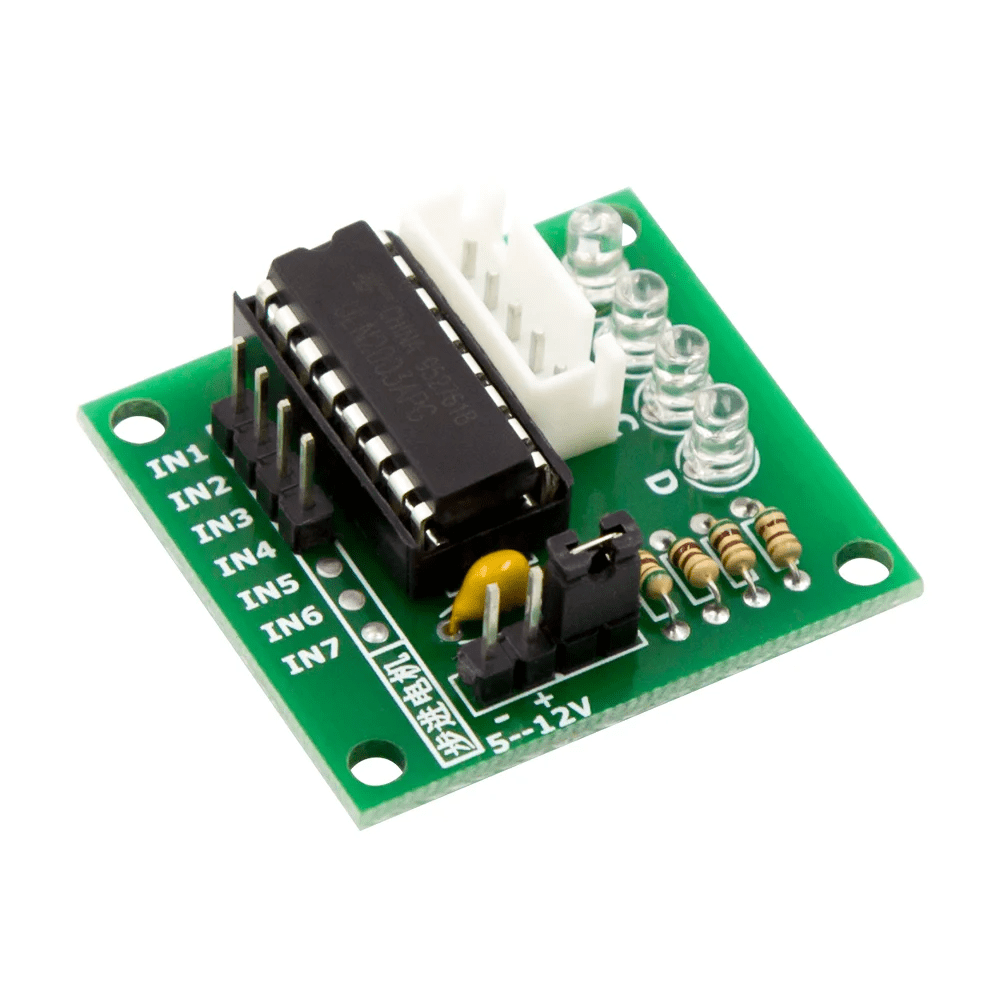
Fig : Mini Moteur Pas à Pas Linéaire avec système vis écrou

**II.5.** **Contrôleur de moteur pas à pas :**

La **Carte de commande de moteur pas à pas ULN2003** est compatible avec une large gamme de microcontrôleurs, la rendant idéale pour une intégration facile à notre système

#### **Caractéristiques Techniques :**

1. Nombre de moteurs contrôlables : 4 (dans notre cas il existe 2)
2. Compatibilité : Large gamme de microcontrôleurs (y compris raspberry et esp32)
3. Tension d’alimentation : 5V



***Fig : ULN2003***

**II.4. Câblage :**

**USB :** L'USB de type C est un connecteur réversible et polyvalent utilisé pour la Raspberry Pi 4 Model B. Il offre des avantages significatifs par rapport aux connecteurs USB plus anciens. Le connecteur de type C est plus compact et plus petit, ce qui facilite son insertion dans le port USB de la Raspberry Pi.



Figure 36 : Câble USB-type C

**II.5. Alimentation :**

**La puissance de l'alimentation varie en fonction de la consommation des autres périphériques.**

**Nous effectuons un bilan des puissances pour mieux valider notre choix d'alimentation :**

**Rasspberry :** PC = 5 volts \* 3 ampères = 15 watt

**Les 2 moteur :** PC = 5 volts \* 0.5 ampère = 2.5 watt \* 2 = 5 watt

**Rq pour les moteurs pas à pas au courant PEAK (vitesse maximal ou démarrage) égale 500ma.**

**Camera :** PC = 100ma \* 5 volts = 0.5 watt

**PC Total =** 15watt + 10 watt + 0.5 watt = 25.5 watt

**On prendre (1.1) tant que coefficient de sécurité :**

**PC Total avec sécurité =** 25.5 watt \* 1.1 = 28.05 watt

Et tant que notre système travail sur 5 volt donc on choisit un alimentation (28.05 / 5) ampères

Ou 5.61 ampères à peu près 6 ampères.



Fig : alimentation 30 watt (5 volts 6 ampères)

Entrée : 100 V-240 V 50/60 Hz.

Sortie : 5 V CC jusqu'à 6amperes.

**II.6. Structure physique (boitier) :**

* L'aluminium est un choix idéal pour la fabrication de notre machine pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'aluminium est un matériau léger, ce qui facilite le transport et l'installation de la machine sans compromettre la solidité et la stabilité nécessaires pour des opérations précises.
* En plus d'être léger, l'aluminium offre une excellente résistance à la corrosion, ce qui assure une durabilité accrue de la machine même dans des environnements potentiellement humides ou corrosifs. De plus, l'aluminium possède une grande capacité de dissipation thermique, ce qui est crucial pour les composants électroniques et les moteurs de notre machine. Cela aide à prévenir la surchauffe et assure un fonctionnement fiable sur de longues périodes.
* L'aluminium est également facile à usiner et à assembler, permettant une conception flexible et précise des différentes parties de la machine, ce qui est essentiel pour les mouvements de haute précision.

**L’aluminium 5mm est disponible dans le stock de magasin de la société.**



Fig : Aluminium fine 5mm

###### 

###### **III. Besoins logiciels :**

**III.1. Langage de programmation et système d’exploitation :**

La distribution Linux recommandée pour Raspberry Pi, Raspbian, est livrée avec plusieurs IDE (environnement de developement intégrer).

**III.1.1. Python :**

Langage de programmation open source le plus employé par les informaticiens. Ce langage s'est propulsé en tête de la gestion d'infrastructure, d'analyse de données ou dans le domaine du développement de logiciels.

En effet, parmi ses qualités, Python permet notamment aux développeurs de se concentrersur ce qu'ils font plutôt que sur la manière dont ils le font.

Fig 37 : Logo Python

* On a choisi Python comme langage de programmation, En effet, Python est un langage de programmation très populaire dans le domaine de l’IA. Il possède une bibliothèque standard en développement et quelques-unes pour l’IA. Il possède une syntaxe intuitive, un flux de contrôle de base et des structures de données. Il prend également en charge l’exécution au moment de l’interprétation, sans langages de compilation standard.
* Python est également utilisé pour les projets d’IA open source. L’une des raisons est qu’il fournit des packages prédéfinis qui nécessitent moins de codage. De même, Python dispose de plusieurs bibliothèques open source prédéfinies qui permettent d’implémenter facilement les algorithmes d’IA.

**III.1.1. Microsoft Windows :**

Nous avons choisi Windows 10 Qu’il va sans dire comme système d'exploitation pour développer notre logiciel ‘MID-PCB’, et pour l’exécution.



**III.2. Developement IA :**

Nous collectons des images variées de PCB, les annotons pour marquer les défauts, puis entraînons le modèle Faster R-CNN à détecter ces défauts.

Après validation, le modèle est désormais prêt à être utilisé pour identifier les défauts sur les PCB en temps réel.

***Pourquoi on a choisi le modelé Faster-Rcnn ?***

Nous avons choisi le modèle Faster R-CNN pour sa précision élevée, sa capacité à localiser précisément les défauts sur les PCB, sa performance

En temps réel et sa polyvalence dans la détection d'objets.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **critère** | **Faster R-CNN** | **CNN ResNET-50 FPN** |
| Type de modelé | Modelé de détection d’Object | Modelé de classification d’image |
| Précision | Très élevée | Très élevé |
| Localisation des objets | Oui | Non |
| Performance en temps réel | Optimisable pour une bonne performance | Moins adapte de la détection d Object en temps réel |
| Architecture | Architecture R-CNN | Utilise une architecture ResNet-50 avec( Feature Pyramid Networks (FPN)) |
| Adaptabilité | Peut-être entraine sur variété de données | Principalement utilisé pour la classification d'images |
| Domaines d’application | Détection d’objets , y compris les défaut sur les PCB | Classification d'images, détection de caractéristiques dans les images |
| Complexité | Plus complexe, nécessite plus de ressources | Moins complexe, moins de ressources nécessaires |

**III.2.1. Environnent de développement utilisé :**

**Jupyter Notebook :** est une application web open-source qui nous permet de créer et de partager des documents contenant du code en direct, des équations, des visualisations et du texte. Il est utilisé pour la science des données, la modélisation statistique, l’apprentissage automatique et bien plus encore.

Jupyter Notebook est un outil très utile pour les scientifiques de données car il permet de travailler avec des données en temps réel et de visualiser les résultats instantanément.



Fig 38 : Logo Jupyter Notebook

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles Jupyter Notebook est choisi comme outil de travail préféré dans le domaine de l'intelligence artificielle :

* + - * **Convivialité** : Jupyter Notebook offre une interface utilisateur intuitive et conviviale, ce qui facilite l'écriture, l'exécution et la modification du code. Les développeurs peuvent également intégrer du texte explicatif, des visualisations et des résultats dans un même document, ce qui facilite la compréhension et la communication des résultats.
      * **Compatibilité avec plusieurs langages** : Jupyter Notebook prend en charge plusieurs langages de programmation populaires utilisés dans l'IA, tels que Python, R et Julia. Cela permet aux développeurs d'utiliser le langage qui convient le mieux à leurs besoins et à leurs compétences, tout en profitant des fonctionnalités avancées de Jupyter Notebook.
      * **Exécution de code incrémentale** : Jupyter Notebook permet l'exécution de code par cellules, ce qui signifie que les développeurs peuvent exécuter des portions spécifiques de leur code de manière indépendante. Cette fonctionnalité est précieuse lors du développement et du débogage d'algorithmes et de modèles d'IA, car elle permet de tester rapidement des idées et de détecter les erreurs.

**III.2.2. Package et bibliothèque utilisé :**

**Detecto :**

Detecto est un **package Python** qui nous permet de construire des modèles de vision par ordinateur et de détection d'objets entièrement fonctionnels. L'inférence sur les images fixes et les vidéos, le transfert d'apprentissage sur des ensembles de données personnalisés, et la sérialisation des modèles en fichiers ne sont que quelques-unes des fonctionnalités de Detecto.

De plus, Detecto est construit sur PyTorch, ce qui permet un transfert facile des modèles entre les deux bibliothèques (detecto et pytorch).

La puissance de Detecto réside dans sa simplicité et sa facilité d'utilisation.

La création et l'exécution d'un modèle **Faster R-CNN**, ResNet-50 FPN de PyTorch se fait avec une grande facilité, améliorant ainsi l'efficacité des **tâches de détection d'objets.**



**Fig : detecto**

**Pytorch :**

PyTorch joue un rôle crucial dans notre projet car le **package Detecto** qu’on a mentionné (page 23) est basé sur PyTorch.

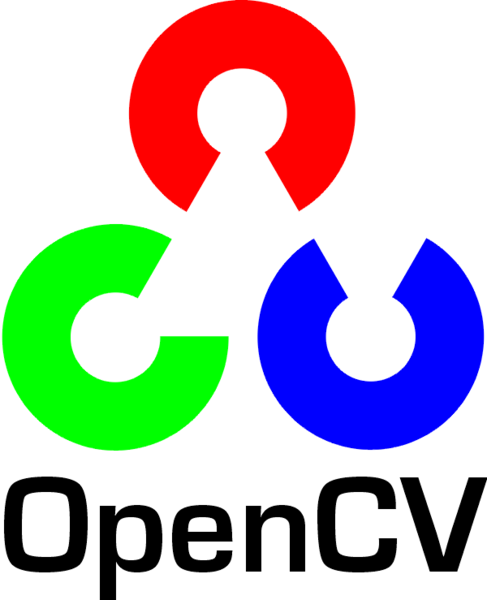
PyTorch est un Framework complet qui permet de créer des modèles d'apprentissage profond, très utilisés dans des applications de reconnaissance d'images et le traitement du langage. Écrit en Python



Fig : Pytorch

**OpenCV :**

(Open Source Computer Vision Library) est une bibliothèque logicielle de vision par ordinateur. Elle offre des fonctionnalités essentielles telles que le traitement d'images, la détection d'objets, et l'analyse en temps réel. Son rôle crucial dans notre projet réside dans sa capacité à traiter les images capturées par notre système de détection d'objets, ce qui permet d'identifier les composants PCB et autres éléments en temps réel.



**Fig : detecto**

**III.3. Developement de logiciel PC ‘MID-PCB’ :**

Notre but est de créer un logiciel Python **Tkinter** sous le nom ‘ **MID-PCB** ’qui intègre une interface utilisateur intuitive contrôlant notre équipée d'une caméra et de moteurs pas à pas pour des mouvements précis selon les axes X et Z. Ce logiciel intègre notre modèle d'intelligence artificielle basé Faster R-CNN, entraîné avec nos **propres données** pour détecter et prédire en temps réel les défauts des PCB.

**III.3.1. Bibliothèque utilisé :**

**Tkinter :**

Tkinter est une bibliothèque graphique intégrée à Python, permettant de créer des interfaces graphiques utilisateur (GUI). Elle offre des outils pour créer des fenêtres, des boutons, des champs de saisie, des listes, des menus, et bien plus encore, facilitant ainsi le développement d'applications interactives.

****

Fig 35 : Logo Tkinter

**III.3.2. Protocole de communication avec machine :**

**Le Wi-Fi :** Il permet un très important débit data (environ **65 Mb/s**) de manière fiable et sécurisée avec une portée de (**10 m**).

**III.4. Développement de système embarque la machine :**

Le développement du système embarqué de la machine "MID PCB" est une étape qui implique l'intégration et la coordination de plusieurs composants matériels et logiciels.

**Développement Embarqué doit contenir:**

1. Contrôle des Moteurs :

Le logiciel embarqué inclut des routines pour contrôler les moteurs pas à pas, permettant des mouvements précis et synchronisés de la caméra et de la carte PCB.

1. Acquisition et Traitement des Images :

Le logiciel gère la capture des images par la caméra et leur prétraitement avant de les transmettre au logiciel qui contenir modèle de détection.

1. Interface avec le Logiciel Principal :

Le système embarqué doit communiquer efficacement avec le logiciel principal développé en Python et exécuté sur notre unité Windows 10, pour échanger des données (transmission d’image) et des commandes en temps réel (recevoir les positions des captures).

**III.4.1. Système d’exploitation utilisé pour la carte Raspberry :**

**Raspbian :** C’est un [système d'exploitation](https://fr.wikipedia.org/wiki/SystÃ¨me_d%27exploitation) [libre](https://fr.wikipedia.org/wiki/SystÃ¨me_d%27exploitation) et gratuit basé sur [Debian](https://fr.wikipedia.org/wiki/Debian) ( linux ) optimisé pour fonctionner sur un [Raspberry Pi.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)



Fig 35 : Logo Raspbian

**III.4.2. Logiciel utilisé pour connecter la carte Raspberry PI**

**Putty :** Putty est un client SSH et Telnet pour nous permettre d’envoyer des commande ssh (secure shell) a notre carte raspberry pour nous permettre d’activer l’extension VNC, initialement développé par Simon Tatham pour la plateforme Windows.

Ce logiciel open source est accessible avec son code source.

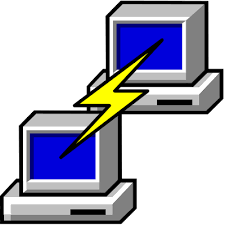


Fig 39 : Logo Putty

**VNC (Visual network computing) :** est un système de visualisation et de contrôle de l'environnement de bureau d'un ordinateur distant. Il permet au logiciel client VNC de transmettre les informations de saisie du clavier et de la souris à l'ordinateur distant, possédant un logiciel serveur VNC à travers un réseau informatique (dans notre cas le réseau Wi-Fi).



**Figure 40 : Logo VNC**

**III.4.2. L’éditeur (IDE) de la carte Raspberry :**

**Thonny :** Thonny est inclus de base dans les distributions Raspbian (Raspberry Pi OS), ce qui simplifie le déploiement de notre projet sans le délai d'installation d'un autre IDE. Sa disponibilité immédiate dès l'installation du système d'exploitation facilite considérablement le démarrage du développement, éliminant ainsi le besoin d'installer des outils supplémentaires.



**Figure 40 : Logo Thonney**

**III.5. Conception mécanique:**

La conception mécanique est essentielle pour plusieurs raisons dans le projet "MID PCB" :

1. **Stabilité et précision des mouvements:**

Les composants mécaniques, tels que les supports et les mécanismes de mouvement, assurent la stabilité de la caméra et des moteurs pas à pas. Cela garantit des mouvements précis le long des axes X et Z pour une inspection minutieuse des PCB.

1. **Protection des composants:**

Un boîtier ou une structure physique protège les composants électroniques et mécaniques de la machine contre les dommages physiques, la poussière et d'autres éléments extérieurs qui pourraient affecter le bon fonctionnement de la machine.

1. **Ergonomie et utilisation sûre :**

Une conception mécanique bien pensée assure une utilisation ergonomique de la machine, facilitant son contrôle et sa manipulation.

1. **Compatibilité avec les composants :**

La conception mécanique doit être compatible avec tous les composants utilisés dans le projet, assurant ainsi leur intégration harmonieuse et leur fonctionnement optimal. En résumé, la conception mécanique est cruciale pour assurer la stabilité, la protection, l'ergonomie et la compatibilité des composants dans la réalisation de la machine intelligente de détection de PCB.

**SolidWorks :**

SolidWorks est choisi pour la conception mécanique en raison de son interface conviviale, de ses fonctionnalités avancées, de sa compatibilité avec d'autres logiciels, de son support et de sa large adoption dans l'industrie.



**Figure 40 : Logo SolidWorks**

**III.5. CAO électronique:**

Logiciel de CAO électronique est nécessaire pour simuler le fonctionnement et le câblage de machine avons le câblé réellement pour éviter le mal fonctionnement de ‘MID-PCB’.

**Fritzing :**

Fritzing est un choix approprié pour la conception assistée par ordinateur (CAO) électronique, en particulier pour les projets impliquant un Raspberry Pi, pour plusieurs raisons :

1. **Librairie Raspberry Pi :**

Meilleur choix pour la CAO électronique avec un Raspberry Pi, notamment grâce à sa librairie dédiée à cette plateforme qui simplifie l'intégration des composants spécifiques dans nos schémas électroniques.

En contrepartie, d'autres logiciels nous utilise à l'université comme Proteus ne proposent pas nativement de bibliothèque pour le Raspberry Pi,

1. **Composants variés :**

Dispose d'une large gamme de composants électroniques dans sa bibliothèque, ce qui facilite la création de schémas complets pour notre projet avec le Raspberry Pi.

1. **Plateforme open-source :**

Logiciel open-source, ce qui signifie qu'il est gratuit à utiliser et que sa communauté active offre un support et des mises à jour régulières.

Cependant, il est important de noter que Fritzing peut être plus adapté pour des projets de plusieurs niveaux.

****

**Figure 40 : Logo Frizing**

#### **Conclusion :**

Le chapitre 2 de la spécification des besoins a permis d'identifier et de définir de manière précise les besoins du projet. En analysant les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles, nous avons pu obtenir une compréhension approfondie des objectifs à atteindre et des contraintes à prendre en compte.

<isrc="https://camo.githubusercontent.com/af44d4eb11d0718489b054f82881e8a210e89eb7bafcca8815d45ff529072c/68747470733a2f2f6b6f6d617265762e636f6d2f67687076632f3f757365726e616d653d726179656e333131266c6162656c3d50726f66696c65253230766965777326636f6c6f723d306537356236267374796c653d666c6174" alt="rayc="https://komarev.com/ghpvc/?username=rayen311&amp;label=Profile%20views&amp;color=0e75b6&amp;style=flat" style="max-width: 100%;">

**CHAPITRE 3**

**Mise on ouvre de la solution**

**Introduction :**

Le chapitre intitulé "Mise en œuvre de la solution" détaille les étapes suivies pour concrétiser notre projet 'MID PCB'. Ce chapitre se concentre sur le processus méthodique utilisé pour développer, intégrer et tester chaque composant de la solution.

L'objectif est de fournir une vue d'ensemble exhaustive des techniques et des méthodes employées, depuis la conception initiale jusqu'à la réalisation finale de la machine.

Nous décrirons le développement du logiciel embarqué, en mettant l'accent sur la programmation des mouvements de la machine, l'acquisition des images et l'analyse en temps réel grâce au modèle d'intelligence artificielle. Nous examinerons également les protocoles de communication mis en place pour assurer une interaction fluide entre les composants matériels et le logiciel de commande.

**I. Conception mécanique de la machine :**

Pour mieux visualiser la réalité de **‘MID-PCB’**, il est essentiel de commencer par la conception mécanique à l'aide de SolidWorks, comme spécifié dans les besoins du projet dans le deuxième chapitre. Cela nous permettons d'avoir une vue concrète et précise de la machine que nous allons créer.

**I.1. Les dimensions des composant à installer :**

Il est essentiel de prendre en compte les dimensions des composants à installer pour deux raisons :

1. **Compatibilité et intégration :**

Assurer que tous les composants s'intègrent parfaitement **sans interférences**, ce qui est crucial pour le bon fonctionnement de la machine.

1. **Optimisation de l'espace :**

Utiliser l'espace de manière efficace pour **éviter le gaspillage** et permettre une disposition ordonnée des composants.

1. **Performance thermique :**

Assurer **une ventilation** adéquate et éviter la **surchauffe** en disposant correctement les composants en fonction de leurs besoins thermiques.

Tab :mflkd

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Composant** | **Hauteur** | **Langueur** | **Largeur** |
| Rasspberry Pi 4 | 17 mm | 85 mm | 56 mm |
| USB- Camera Macro | 9 mm | 39 mm | 38 mm |
| Sys déplacement | 11 mm | 90 mm | 46 mm |
| ULN 2003 | 9 mm | 35 mm | 33 mm |

**I.2. Conception de châssis :**

**I.1.1. Designer la base :**

Pour obtenir la face inférieure du repère, ajustez l'axe Y entrant.

Ensuite, concevez et dimensionnez la pièce avec les spécifications suivantes :

- Longueur : 250 mm

- Largeur : 110 mm

- espace composant : 140 mm \* 110 mm

- espace Libre de capture d’image : 110 mm \* 110 mm

Ces dimensions ont été déterminées en tenant compte **des autres dimensions des composants internes de la machine.**

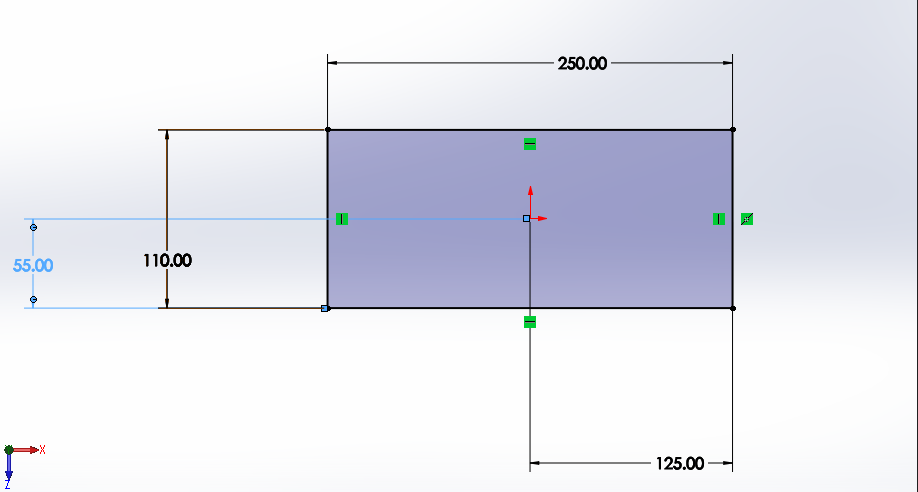
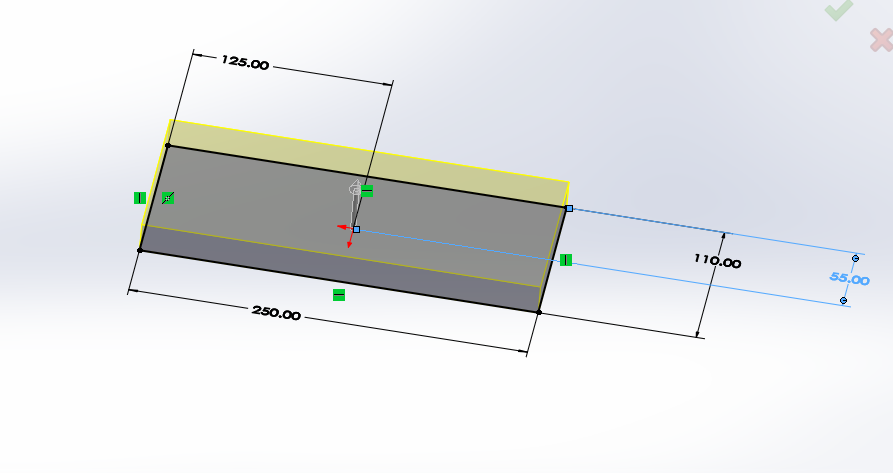
****

Fig : base de châssis

**I.1.2. Bossage de base ­ (la base) :**

Pour créer l'espace requis entre la table et la machine, nous devons définir une hauteur d'extrusion. Une hauteur de 40 mm est préférable pour permettre le passage libre des câbles et l'installation des écrous sous la base.

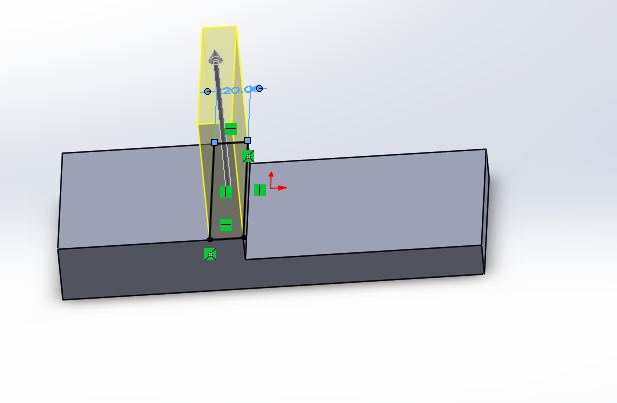


Tdfffjyu

**I.1.3. Bossage de base (le champ de la camera) :**

Bossage de champ de la caméra conçu pour supporter le système de déplacement linéaire et la caméra.

Une hauteur de 100 mm est préférable en raison de la configuration du système de déplacement (hauteur 90 mm).



trdrfthytf

**I.1.4. Dessiner le rectangle pour le passage de lumière :**

Il est nécessaire de dessiner un rectangle pour le passage de lumière des dimensions suivant :

Langueur : 70 mm (liberté de translation de Sys linéaire)

Largeur : 40 mm (largeur de caméra 38 mm + jeu de translation libre 1mm \* 2 cotes)

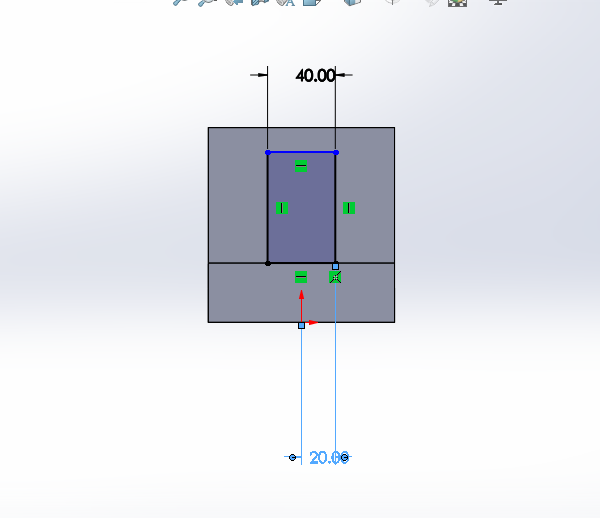
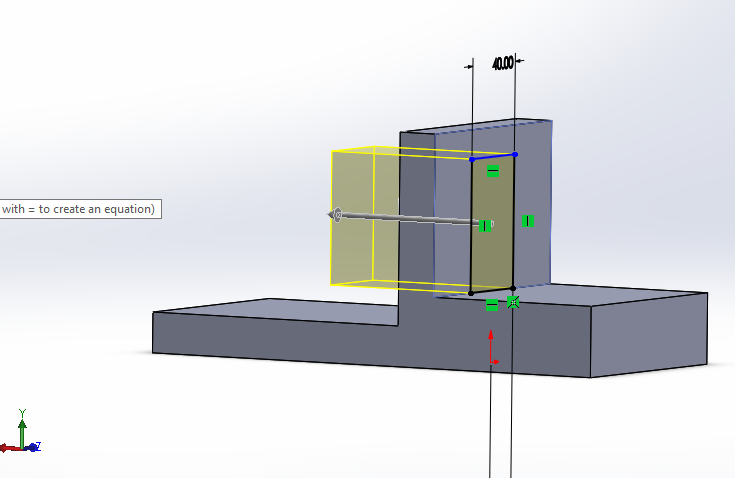


Fig : rectangle pour le passage de lumière

**I.1.5. Enlevé la matière pour le passage de lumière :**

Il est nécessaire d'enlever de la matière pour le passage de lumière afin de créer une ouverture rectangulaire à travers lequel la lumière peut passer sans obstruction.

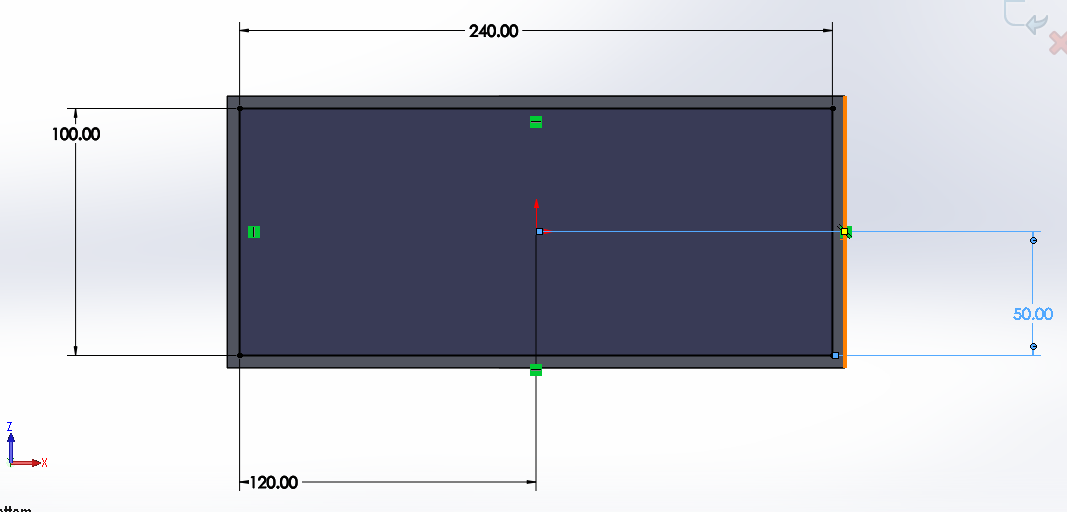
Rq : L'enlèvement de matière est complèt.



**I.1.6. Réduire la matière :**

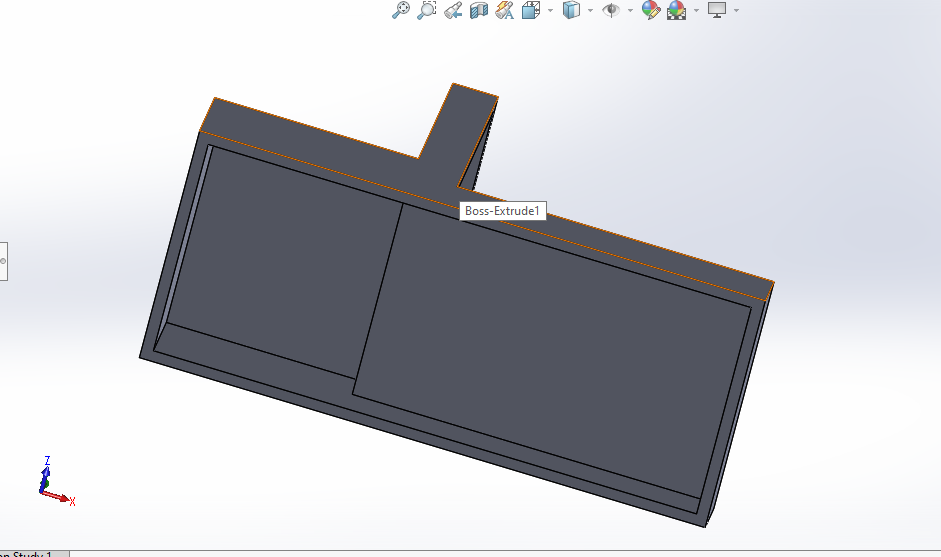
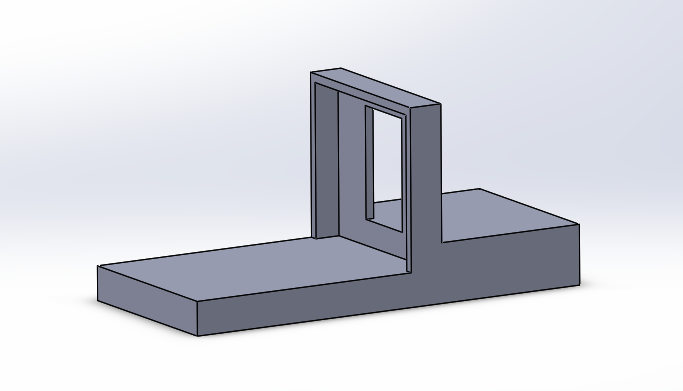
La réduction de matière dans notre machine est essentielle en raison de deux facteurs, **le poids et le coût.**

Moins il y a de matière, plus le composant est léger, ce qui se traduit par des économies significatives en termes de coûts.



Rectangle de Réduction

**I.1.7. La conception résultante:**



1

**Résumé :**

**…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………Mots clés : ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………....**

**Abstract :**

**…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………Keywords : ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………....**

Institut Supérieur des Études Technologiques de Bizerte

BP 65 Menzel Abderrahmane 7035 Bizerte - Tél : 72570601 - Fax : 72572455 - E-mail : ISETBZ@isetbz.rnu.tn