**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  :** **Mr**…………………………………………

**Encadreur :** **Mr**…………………………………………

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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.

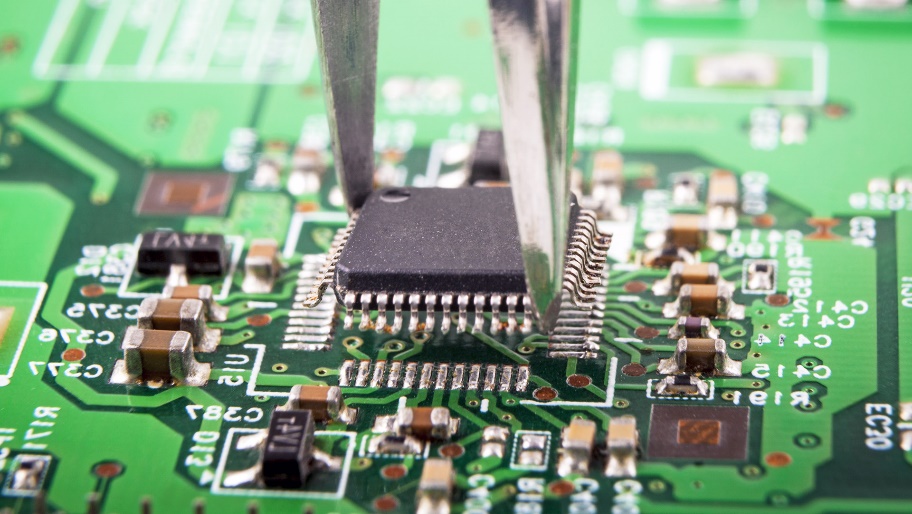
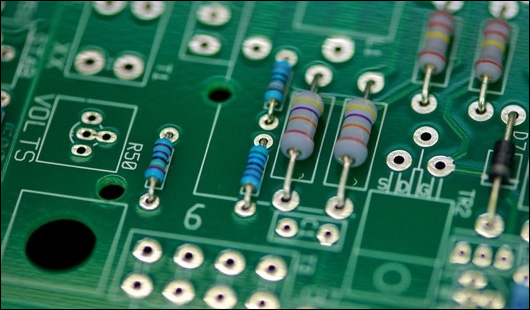
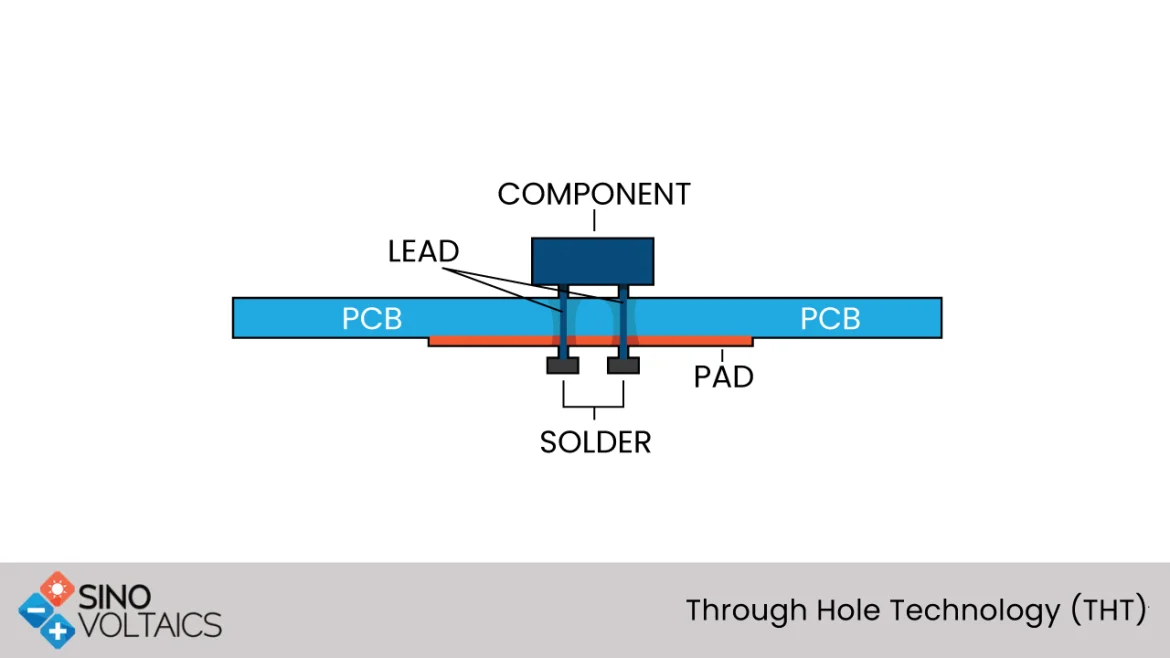


Figure 2 : Technique TMS

**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."

**CHAPITRE 2**

La spécification du besoin logiciel et matériel

Dans le chapitre 3 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.

##### 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.

###### Besoins fonctionnels

La solution doit permettre à l’utilisateur :

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

**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 préalablement entraîné.

**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.

###### 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.

###### Besoins matériels

Choix de la camera

La caméra USB pour Raspberry Pi de 0.3MP 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 0.3 mégapixel, ce qui permet de capturer des images claires et détaillées.

**Connectivité USB** : Elle se connecte facilement à votre 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, vous permettant 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 pour Raspberry**

Choix du système de traitement

Le système de traitement de notre solution doit être performant et efficace, car il sera responsable du traitement des images, 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 utilisées dans le domaine IA, 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 couramment utilisées dans le domaine de l'intelligence artificielle, mais ils présentent des différences significatives en termes de capacités et d'applications.

L’ESP32 est généralement utilisé pour des applications embarquées et l'Internet des objets (IoT). L'ESP32 peut exécuter des modèles d'apprentissage automatique sur le périphérique lui-même, mais il a des limitations en termes de puissance de calcul et de mémoire, ce qui limite la complexité des modèles d'IA qu'il peut prendre en charge.

La Raspberry Pi 4 est capable d'exécuter des applications plus complexes, y compris des modèles d'IA plus gourmands en ressources. Elle est souvent utilisée pour des projets de développement, de prototypage et d'applications polyvalentes, y compris des solutions d'IA plus avancées.

En termes de performances, la Raspberry Pi 4 offre une puissance de calcul supérieure à l'ESP32, ce qui lui permet de traiter des tâches plus exigeantes en termes de ressources. Cela la rend plus adaptée aux applications nécessitant des modèles d’IA plus complexes, tels que la reconnaissance d'images, le traitement du langage naturel ou l'apprentissage par renforcement.

**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 dans le domaine de l'intelligence artificielle pour plusieurs raisons :

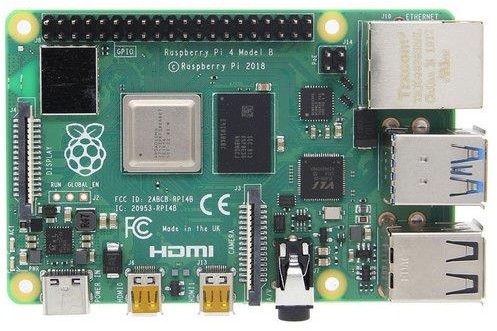
**Puissance de traitement améliorée :** Le Raspberry Pi 4 Model B est équipé d'un processeur quad-core ARM Cortex-A72 cadencé à 1,5 GHz, offrant une puissance de calcul supérieure par rapport aux modèles précédents. Cela permet de traiter des tâches d'IA plus complexes et de manipuler de grandes quantités de données 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 d'exécuter des modèles d'IA plus gourmands en ressources. 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.

**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.

**Compatibilité avec les frameworks d'IA :** Le Raspberry Pi 4 Model B prend en charge de nombreux frameworks d'intelligence artificielle populaires tels que TensorFlow, Keras, PyTorch, et Caffe. Cela facilite le développement et l'exécution de modèles d'IA sur la carte, en exploitant les bibliothèques et les outils existants.

**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 dans le domaine de l'IA. Cette communauté active et ces ressources sont précieuses pour apprendre, résoudre des problèmes et collaborer avec d'autrepassionnés d'IA.



**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**

Choix de la carte mémoire SD (Secure digital)

Initialement, aucun stockage interne n’est présent sur le Raspberry Pi. La carte mémoire (carte SD), permet de stocker le système de base du Raspberry Pi et des données.

La Raspberry Pi prend en charge un format de carte microSD qui est couramment utilisédans les téléphones et autres petits appareils électroniques.

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

Étant donné que la carte SD contient toutes les informations pour exécuter la Raspberry Pidu 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 tailleminimale** de la carte est de **8 Go**. Donc on a choisi une carte SD de **8 Go**.



Fig 34: Carte SD

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) optimisé pour fonctionner sur un [Raspberry Pi.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)



Fig 35 : Logo Raspbian

* + 1. 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-Micro USB

* + 1. Protocole de communication

**Le Wi-Fi :** (Wireless Fidelity) est une technologie de réseau sans fil qui permet à des appareils tels que les ordinateurs, les appareils mobiles et d’autres équipements de s’interfacer avec Internet.

Il permet un très important débit data (environ **400 Mb/s** pour les modems grands public récents), de manière fiable et sécurisée avec un portée de (**35 m**).

###### Besoins logiciels

* + 1. Langage de programmation

La distribution Linux recommandée pour Raspberry Pi, Raspbian, est livrée avec plusieurslangages de programmation et IDE.

* **Python :** est le 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.
  + 1. Environnent de développement utilisé

**Jupyter Notebook :** est une application web open-source qui 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.
    1. Logiciel utilisé pour connecter la carte Raspberry PI

**Angry IP Scanner :** est un logiciel libre de balayage de port utilisé pour rechercher la présence de périphérique informatique connecté à un réseau TCP/IP (Trasmission controlprotocol/Internet protocol).



Fig 39 : Logo Angry IP Scanner

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



**Figure 40 : Logo VNC**

#### Conclusion

Le chapitre 3 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.

**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