وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE
Pour obtenir le diplôme de

MASTER EN ELECTROTECHNIQUE
Spécialité : électrotechnique industrielle

Présenté par :
- **ZERED IBRAHIM**
- **CHEIKH SI TAYEB**

Gestion des stocks par l'intelligence artificielle

Soutenu le : 30 /06/2024 devant le jury composé de :

Président :	**Benyamina mansour**	Grade PR	Université de MOSTAGANEM
Examinateur :	**Benzidane Mohamed ridha**	Grade MCB	Université de MOSTAGANEM
Rapporteur :	**HENNI SID AHMED**	Grade PR	Université de MOSTAGANEM

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

En premier lieu, nous remercions DIEU tout puissant, qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste Travail.

Tout d'abord, nous remercions **notre professeur** « **Henni Sid Ahmed** »

Nous remercions tout particulièrement **Monsieur** « **Takrli bensaber** »

Au Département de génie électrique pour avoir accepté l'orientation scientifique de ce travail de recherche. Nous exprimons notre gratitude pour son expérience, ses compétences multidisciplinaires, son soutien inconditionnel et ses qualités humanitaires.

Sans oublier de remercier .

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux membres du Jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'être rapporteurs De notre mémoire.

Enfin, un grand merci à tous les enseignants du département Génie Électrique qui ont participé à notre formation durant tout notre cycle universitaire ainsi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

MERCI

Dédicaces

Je dédie cet humble ouvrage :
À mes chers parents qui ont toujours été à mes côtés et qui m'ont donné un merveilleux exemple de travail et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail tous mes remerciements et ma gratitude

- *A ma promotion **ELT_ INDUSTRIELLE** merci pour tous je vous souhaite tout le meilleur et le bonheur. Aussi je vouloir que vous soyez tous dans votre meilleure version dans un futur proche.*
- *A mon cher frère et ami **cheikh si tayeb** merci pour votre motivation votre efforts et votre conseil en or je vous souhaite que du bonheur Je vouloir que tous tes rêves deviennent réalité.*

- *Je ne trouve pas les mots justes et honnêtes pour exprimer mes sentiments et mes pensées à votre égard. Pour moi, vous êtes des frères et des amis sur lesquels je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie cet ouvrage et vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

zered ibrahim

Dédicaces

Je dédie cet humble ouvrage :

- *À mes chers parents qui ont toujours été à mes côtés et qui m'ont donné un merveilleux exemple de travail et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail tous mes remerciements et ma gratitude*
- *A ma promotion* ***ELT_ INDUSTRIELLE*** *merci pour tous je vous souhaite tout le meilleur et le bonheur. Aussi je vouloir que vous soyez tous dans votre meilleure version dans un futur proche.*
- *A mon cher frère et ami* ***zered ibrahim*** *merci pour votre motivation votre efforts et votre conseils en or je vous souhaite que du bonheur Je vouloir que tous tes rêves deviennent réalité.*
- *Je ne trouve pas les mots justes et honnêtes pour exprimer mes sentiments et mes pensées à votre égard. Pour moi, vous êtes des frères et des amis sur lesquels je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie cet ouvrage et vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

cheikh si tayeb

Résumé

La gestion des stocks est un facteur important et à valeur ajoutée pour les entreprises en quête de rentabilité et de compétitivité sur le marché.
Chaque action entreprise lui confère un avantage et un profit en régulant la quantité de produits dans l'entrepôt, évitant ainsi des dépenses qui pourraient nuire à l'entreprise.
Ainsi, dans cette mémoire nous avons présenté l'histoire de la gestion des stocks ainsi que ces différentes technologies modernes, et le rôle de l'intelligence artificielle. Pour la gestion des stocks, nous savons que les robots basés sur l'IA ont été utilisés comme un élément rentable et durable qui donne aux entreprises un avantage sur le marché des entreprises.

Mots clés :

Gestion de stocks, robots, programmation , stocks, Intelligence artificielle

Abstract:

Inventory management is an important and value-added factor for companies seeking profitability and competitiveness in the market.

Every action taken gives them an advantage and profit by organizing the amount of products in the warehouse, thus avoiding expenses that may harm the company.

Thus, in this Memory we have presented the history of inventory management as well as these different modern technologies, and the role of artificial intelligence. For inventory management, we know that AI-based robots have been used as a cost-effective and sustainable element that gives businesses an advantage in the enterprise market.

Keywords:

Inventory management, robots, programming, stocks, Artificial intelligence

الملخص :

.تعد إدارة المخزون عاملاً مهمًا وذو قيمة مضافة للشركات التي تسعى إلى الربحية والقدرة التنافسية في السوق
كل إجراء يتم اتخاذه يمنحها ميزة وربحًا من خلال تنظيم كمية المنتجات الموجودة في المستودع، وبالتالي تجنب
.النفقات التي قد تضر الشركة
وهكذا، قدمنا في هذه الأطروحة تاريخ إدارة المخزون بالإضافة إلى هذه التقنيات الحديثة المختلفة، ودور الذكاء
الاصطناعي. بالنسبة لإدارة المخزون، نعلم أن الروبوتات القائمة على الذكاء الاصطناعي قد تم استخدامها
.كعنصر فعال من حيث التكلفة ومستدام يمنح الأعمال ميزة في سوق المؤسسات

الكلمات المفتاحية:

إدارة المخزون، الروبوتات، البرمجة، المخزون، الذكاء الاصطناعي

.

Liste des abréviations

AI	intelligence artificielle
STD	standard
SA	Système automatisé
RFID	Radio Frequency Identification
ERP	Enterprise Resource Planning
IMS	Inventory Management Software
SCM	Supply Chain Management
APS	Systèmes de planification avancés
GPS	système de positionnement global
AMR	Robots mobiles autonomes
AGV	Vehicles à guidage automatique

Liste des figures

Sommaire

Chapitre II: Le rôle de l'intelligence artificielle dans l'amélioration de la gestion des chaînes d'approvisionnement logistique.

Chapitre III: Résultats et discutions

Introduction générale

Une entreprise est un agent économique dont la fonction principale est de produire des biens et des services pour le marché, et elle peut être privée ou étatique.
L'objectif de l'entreprise est de croître sur son marché en satisfaisant ses clients afin de gérer les profits après avoir couvert tout le monde.
Les coûts résultant de son activité et du paiement de toutes taxes et redevances, l'entreprise, quelle que soit son activité et sa forme juridique, n'existe que pour créer de la valeur. Elle a pour objectif de la mettre à la disposition des utilisateurs de produits et/ou services et ce avec une demande croissante, le développement du commerce électronique.
Il n'y a rien de plus frustrant pour un client qui vient d'acheter sur un site e-commerce que de recevoir un email lui annonçant que son produit n'est plus en stock. L'inventaire est un problème qui peut avoir un impact significatif sur l'entreprise.
Une mauvaise gestion des stocks peut vous faire rater des ventes ou avoir trop de frais.
Pourquoi une entreprise crée-t-elle des stocks (ce qui est couteux...),
au lieu d'obtenir la bonne quantité de Chaque composant (zéro inventaire, pas de stock) ?, pour répondre à cette question nous avons trouvé différents avantages,
inventaire par type de ces derniers, mais il existe aussi des outils pour estimer les stocks. L'outil prend alors en compte plusieurs éléments comme le nombre de Commandes, .délais, le coût unitaire des articles...etc.
Nous avons également la possibilité d'externaliser les services logistiques, et le prestataire ne sera Plus responsable de la gestion du stock, de la préparation et de l'envoi de vos commandes. Chaque entreprise ou institution gère ses inventaires selon plusieurs méthodes, dont certaines sont classiques et d'autres modernes, ce qui est le sujet que nous aborderons dans ce projet de fin d'étude. .[1]
Dans notre étude nous avons optés pour l'intelligence artificielle pour la gestion des stocks. L'intelligence artificielle se concentre sur deux branches principales : l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond. L'apprentissage automatique est une application de l'intelligence artificielle qui repose sur l'utilisation des données disponibles pour former des systèmes informatiques à apprendre, s'adapter et acquérir des connaissances de manière autonome. L'apprentissage automatique utilise des algorithmes et des modèles mathématiques pour analyser les données, découvrir des motifs et prendre des décisions. En termes généraux, ce type d'apprentissage se divise en trois types :

L’intelligence artificielle étroite (ANI)
L’intelligence (ANI)
L’intelligence artificielle générale (AGI)
L’apprentissage profond, ou Deep Learning, est une branche de l’apprentissage automatique qui s’appuie sur des modèles de réseaux neuronaux artificiels. Ce dernier simule le processus neuronal dans le cerveau humain pour analyser les données et en tirer des conclusions. Il offre une capacité exceptionnelle à apprendre à partir de données non structurées et à découvrir des modèles complexes.
En résumé, l’intelligence artificielle vise à développer des systèmes capables d’apprendre, de s’adapter et de prendre des décisions de manière autonome, leur permettant de simuler l’esprit humain et d’exécuter des tâches complexes.

Dans le premier chapitre I, nous avons abordé les différentes méthodes pour inclure les robots dans la gestion des stocks, dont les plus connues sont utilisées dans les entrepôts et les grandes entreprises, et les applications les plus importantes dans ce domaine.
Dans le chapitre II L’introduction à l’apprentissage automatique et à l’apprentissage profond.
Dans le chapitre III Nous avons présentés les démarches de notre projet, tel que nous avons détaillés toutes les étapes pour la réalisation de notre robot. Nous avons abordés la partie pratique, qui se découpe en plusieurs axes.
Le premier partie : préparer un prototype du robot, du système de déplacement et d'autres aspects mécaniques.
Le deuxième partie : les composants électroniques et l'unité de contrôle Raspberry Pi
La troisième partie: Programmation en langage Python et quelques expérimentations préliminaires
Nous terminons avec une conclusion générale.

Chapitre I :
Généralité sur la logistique

Historique et définition sur la gestion de stock

- **L'origine la logistique est militaire :**

L'origine militaire de la logistique est incontestable. L'organisation économique était fondée sur un artisanat éclaté Durant des milliers d'années, alors que, les seules grandes organisations étaient l'armée, or l'efficacité de cette dernière dépend de sa mobilité et de ses soldats. le premier chef de guerre est Alexandre Le Grand durant l'année 356-323 fût certainement à fournir une réponse novatrice a l'arbitrage mobilité approvisionnement en vivre. Plutarque 1 raconte que c'est Alexandre lui-même qui a donné l'ordre de bruler les chariots de son armée, afin de la rendre plus mobile. Le parallèle avec l'entreprise « agile » est immédiat : du fait de niveaux de stocks très faibles, elle peut être peu réactivité et proactive

Alexandre Le Grand, comme Jules César puis Napoléon, ont organisé la logistique en lui donnant une certaine forme d'autonomie. Sous Alexandre, le général Parménion avait le commandement d'un corps logistique chargé des activités de soutien ; appartenant à l'étatmajor, il participait à l'élaboration des plans de bataille. Jules César est connu pour avoir créé la fonction logistique, a la tête de laquelle l'officier devait organiser les campements précédant les mouvements des légions, et prévoir les dépôts d'approvisionnement en territoire soumis .

Enfin, Napoléon a créé le train d'artillerie en 1800, le train du génie el le train des équipages en 1807. Face à la taille croissante de l'armée napoléonienne, aux exigences de très forte mobilité imposée par l'Empereur et à l'éloignement des champs de batailles, les opérations de transport militaire sont maintenant effectuées par des militaires. En utilisant quelques expressions à la mode, on pourrait dire que l'activité de soutien non stratégique assurée par des prestataires extérieurs devient stratégique et intégrée. Ces changements d'organisation logistique au sein des armées préfigurent de l'évolution qui sera plus tard constatée au sein des entreprises. [2]

Des progrès très considérables ont alors été réalisés en logistique militaire :

- la gestion des transports avec le développement de pools de transports logistiques, le

Développement des moyens de manutention et des gestions sophistiquées de la planification des transports ; c'est probablement la tâche complexe la mieux planifiée de l'histoire qui a ouvert la voie à toutes les méthodes de planification moderne et rendu possible des projets jusque-là inimaginables .

- la conception de bateaux, avions et engins roulants adaptés aux problèmes rencontrés ;

si la mise en place de ports préfabriqués a échoué au point de mettre en danger toute L'opération, le développement de tous les types de bâtiments spécialisés pour les Débarquements fût un progrès sans égal dans l'histoire maritime ;

- la conception de « rations » conditionnées en fonction de l'effectif et des conditions de l'activité et d'une planification rigoureuse de l'alimentation des troupes en campagne ; la

Variété des menus a pu s'étendre mais les principes définies restent toujours valables et sont toujours met en œuvre ;

- La conception d'infrastructures provisoires faciles à mettre en place : oléoducs,

Réservoirs, entrepôts, ateliers, plates-formes logistiques de distribution, ports de Déchargement, etc.

I.1 INTRODUCTION

Un système de gestion logistique et de stock est un type de logiciel visant à faciliter et améliorer les opérations de gestion des stocks et de la logistique pour les entreprises. Ce système comprend un ensemble de fonctionnalités visant à améliorer l'efficacité des opérations et à réduire les coûts. Les principales fonctions qu'un système de gestion des stocks et de la logistique peut offrir incluent :

I.1.1 Suivi des stocks :

- Enregistrement et surveillance de tous les articles stockés dans les entrepôts.
- Fourniture d'informations précises sur les quantités de stocks disponibles.

I .1.2 Gestion des commandes et des expéditions :

- Suivi des commandes et traitement efficace de celles-ci.

- Suivi des statuts d'expédition et fourniture de rapports sur la localisation des expéditions.

I.1.3 Optimisation de la distribution des produits :

- Amélioration de la distribution des marchandises pour une meilleure disponibilité et distribution.

I.1.4 Planification de l'approvisionnement et de la demande :

- Identification des besoins en approvisionnement en fonction des prévisions de la demande.

- Amélioration de la surveillance et de la gestion pour éviter les pénuries ou les surplus de stocks.

I.1.5 Rapports et analyses :

- Fourniture de rapports réguliers sur les mouvements de stocks et la performance logistique.

- Analyses pour aider à la prise de décisions stratégiques.

I.1.6 Suivi des coûts des stocks :

- Analyse des coûts liés au stockage et à la gestion des stocks.

I.1.7 Intégration avec d'autres systèmes :

- Intégration avec les systèmes de comptabilité et de ventes pour améliorer la coordination entre les différents départements.

Un système de gestion des stocks et de la logistique vise à améliorer l'efficacité des opérations d'approvisionnement et de distribution, à réduire les erreurs de données et à minimiser les coûts de stockage. Ces systèmes peuvent être personnalisés en fonction des besoins spécifiques de l'entreprise et de son domaine d'activité.

I.2 L'inventaire

L'inventaire désigne les actifs physiques appartenant à l'organisation et situés dans des endroits spécifiques (entrepôts, étagères, armoires) et affectés à des fins spécifiques (production, vente, utilisation). Il peut être classé en groupes principaux tels que :

Matières premières : Matières premières qui n'ont pas été modifiées.

Articles en cours de fabrication : produits en cours d'assemblage ou de fabrication.

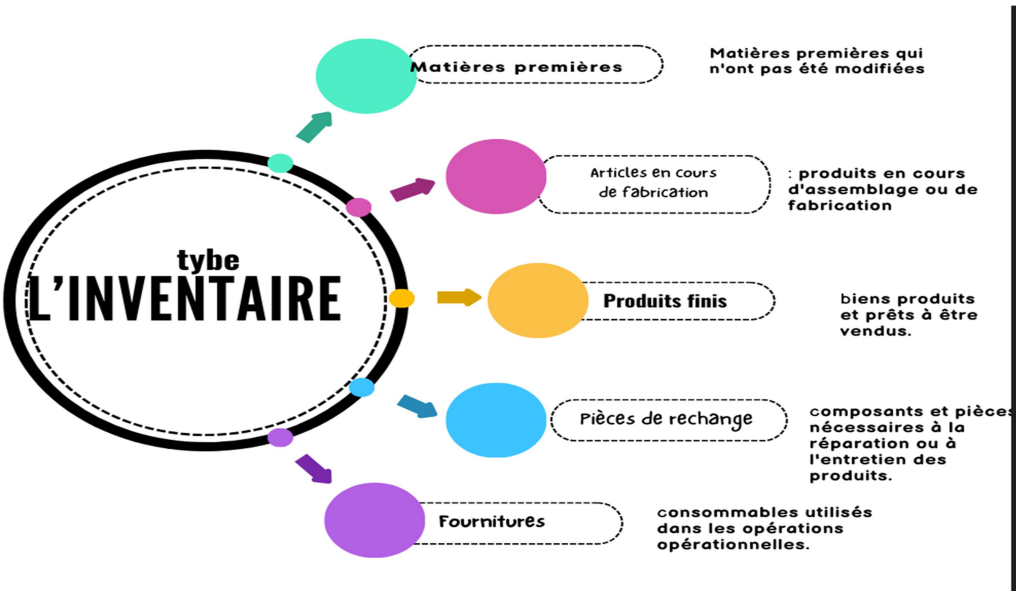
Produits finis : biens produits et prêts à être vendus.

Pièces de rechange : composants et pièces nécessaires à la réparation ou à l'entretien des produits.

Fournitures : consommables utilisés dans les opérations opérationnelles.

Les stocks jouent un rôle essentiel pour assurer la continuité des opérations de production et de service de l'organisation et pour atteindre ses objectifs stratégiques. Par conséquent, la gestion des stocks et le contrôle de leurs niveaux sont considérés comme des fonctions clés dans les organisations prospères. [3]

I.3 Définition la gestion des stocks :



FigureI.1 : ***Les étapes de la gestion des stocks***

La gestion des stocks est un ensemble de processus et de procédures visant à contrôler et organiser les stocks de manière à atteindre un équilibre entre les besoins et les

coûts. La gestion des stocks peut être définie scientifiquement et précisément comme suit :

La gestion des stocks est le processus organisé et intégré qui comprend la planification, l'organisation, la coordination et le contrôle de toutes les activités liées aux matériaux et biens stockés dans l'organisation dans le but de répondre aux exigences des opérations de production et de service et d'atteindre un équilibre entre les coûts de détention des stocks. et les coûts des ruptures de stocks.[4]

I.4 Objectifs de la gestion des stocks :

Tout le monde est là pour réaliser un ensemble de difficultés majeures dont les plus notables sont les suivantes:

I.4.1 Assurer l'équilibre entre les besoins et les stocks :

Déterminer les besoins réels en matériaux et biens suffisants pour soutenir les opérations.

Maintenir des niveaux de stocks appropriés pour répondre à la demande sans excès ni carence.

I.4.2 Réduire les coûts de détention des stocks : Réduire les coûts associés au stockage et à la maintenance des stocks. Réduire la détérioration, l'obsolescence et les dommages aux matériaux et biens stockés. Exploitez pleinement l'espace de stockage et les ressources disponibles.

I.4.3 Améliorer l'efficacité des processus opérationnels : Assurer la disponibilité en temps opportun des matériaux et des biens nécessaires. Augmentez la rapidité de réponse aux demandes des clients et des bénéficiaires. Améliorer la productivité et les taux de service.

I.4.4 Renforcer la position concurrentielle de l'organisation : Obtenir un avantage concurrentiel en fournissant des produits et services avec la meilleure qualité et le meilleur coût. Augmenter la satisfaction des clients et des bénéficiaires quant au niveau de service et de fourniture. Contribuer à l'atteinte des objectifs stratégiques de l'organisation.

I.4.5 Améliorer la performance financière et la rentabilité : Réduisez les coûts associés aux stocks et améliorez la rotation du capital. Augmenter les taux de rotation et les flux de trésorerie. Obtenez des profits plus élevés en améliorant l'efficacité de la gestion des stocks.

Atteindre ces objectifs nécessite la mise en œuvre de pratiques efficaces de gestion des stocks, notamment la planification, le contrôle et l'amélioration continue.

-Comment calculer la gestion des stocks ?

Pour calculer le temps d'écoulement des stocks, **il faut diviser le coût du stock moyen (c'est-à-dire le stock de début additionné au stock de fin, divisés par 2) par le coût annuel des achats, puis multiplier par 365 (le nombre de jours dans l'année)**.

Par exemple, si le stock moyen est de **75 000 €** et le coût annuel des achats de **800 000 €,** on obtiendra $(\mathbf{75\,000} \div \mathbf{800\,000}) \times \mathbf{365} = \mathbf{34,2}$.

Le temps d'écoulement des stocks sera ainsi de **34** jours en moyenne.

I.5.1 les types de gestion des stocks :

Il existe plusieurs types de gestion des stocks que les robots utilisent pour gérer et gérer les stocks, dont les plus importants sont :

I.5.1.1 Gestion automatisée des stocks :

Les robots effectuent des tâches d'inventaire avec précision et rapidité.

Les niveaux de stocks sont automatisés et signalés en temps réel.

Améliore la précision des données et réduit les erreurs humaines.

I.5.1.2 Système automatisé de stockage et de récupération - AS/RS :

Il utilise des robots pour stocker les produits dans des endroits spécifiques de l'entrepôt.

Les marchandises peuvent être stockées et retirées automatiquement et avec une grande efficacité.

Améliore l'utilisation de l'espace et la vitesse des opérations logistiques.

I.5.1.3 Expédition et distribution intelligentes :

Les robots sont utilisés dans le conditionnement automatisé des commandes.

Les itinéraires de distribution et de livraison sont planifiés et mis en œuvre automatiquement.

Améliore la précision et la rapidité dans l'exécution des opérations d'expédition et de distribution.

I.5.1.4 Prévisions et planification intelligentes :

Les robots utilisent des techniques d'intelligence artificielle pour analyser les données historiques.

Améliore la prévision de la demande future et la planification des niveaux de stocks optimaux.

Aide à prendre des décisions plus efficaces en matière de gestion des stocks.

I.5.1.5 Suivi et contrôle automatisés :

Les robots utilisent des techniques pour reconnaître les biens et les produits.

Le mouvement des marchandises dans les entrepôts et tout au long de la chaîne d'approvisionnement est suivi.

Améliore la transparence et le contrôle des procédures de gestion des stocks.

Ces types de gestion des stocks aident les robots à atteindre des niveaux de performance élevés dans la planification, l'exécution et le contrôle des opérations d'inventaire.

I.5.2 Techniques utilisées dans la gestion des stocks

Les robots de gestion des stocks utilisent plusieurs technologies et technologies avancées pour améliorer les processus de gestion des stocks, dont les plus importantes sont :

I.5.2.1 Technologie de puce électronique (RFID - Radio Frequency Identification) :

Lecteur et appelant RFID.

Des tags RFID sont installés sur les produits et les contenants pour les lire automatiquement.

Cette technologie fournit des données réelles sur la présence et la localisation de produits de haute qualité.

Figure I.2 : *Behind the Robot: RFID Inventory Scanning Robot - Clear path Robotics* [5]

I.5.2.2 Codes QR :

Les robots utilisent des codes QR pour identifier automatiquement les produits et les marchandises.

Les codes QR sont scannés à l'aide de scanners attachés aux robots.

Cette technologie fournit des informations sur le produit telles que la description, le prix et l'emplacement.

FigureI.3: *Scanning boxes labeled with QR code* [5]

I.5.2.3 Analyse des méga données :

Les robots collectent et analysent d'énormes données d'inventaire à l'aide de techniques d'intelligence artificielle.

Les données sont utilisées pour améliorer la prévision de la demande et optimiser la planification des stocks.

Aide à prendre de meilleures décisions en matière de gestion des stocks et de la chaîne d'approvisionnement

FigureI.4 Big Data Analytique [6]

I.5.2.4 Robots mobiles :

Les robots mobiles sont utilisés pour effectuer des tâches de stockage, d'inventaire, de chargement et de déchargement.

Les robots se déplacent entre différentes zones automatiquement et sans intervention humaine.

Il offre flexibilité et rapidité dans la réalisation des opérations logistiques au sein des entrepôts.

Ces technologies aident les robots à assurer une gestion précise et efficace des stocks et à réduire les erreurs humaines. L'efficacité des opérations logistiques est également grandement améliorée.[5]

FigureI.5 : *L'entrepôt intelligent, l'avenir des entrepôts logistiques automatisés* [6]

I.5.3 Techniques classiques de gestion des stocks

En plus des méthodes modernes que j'ai évoquées, il existe également des méthodes et méthodes anciennes que certains établissements peuvent utiliser dans la gestion des stocks, telles que :[6]

I.5.3.1 Registres manuels et livres comptables :

Avant les technologies modernes, la gestion des stocks reposait sur des registres et des registres manuscrits.

Enregistrer les mouvements d'entrée et de sortie des produits et des quantités en stock.

Cette méthode est lente et sujette aux erreurs humaines.

I.5.3.2 Système d'inventaire périodique :

Un inventaire physique est réalisé à intervalles réguliers (mensuel, annuel).

Vérifier les quantités réelles et effectuer des rapprochements avec les enregistrements.

Ce système ne fournit pas d'informations d'inventaire actuelles et précises.

I.5.3.3 Système de points de commande :

Déterminez un niveau de demande spécifique lorsque le stock est épuisé.

Lorsque ce niveau est atteint, une demande est émise pour compenser le déficit.

Ce système est simple, mais il ne prend pas en compte les changements de l'offre et de la demande.

I.5.3.4 Entreposage centralisé :

S'appuyer sur un entrepôt central pour stocker tous les produits.

Facilité de contrôle et de contrôle des stocks de manière centralisée.

Mais ce système manque de flexibilité et de proximité avec les clients.

Ces méthodes anciennes sont simples, mais moins précises et efficaces que les méthodes modernes développées par des technologies avancées

I.6 Logiciel Gestion de Stock :

I.6.1 Définition :

Elle permet la gestion des flux logistiques (réception, préparation de commande, expédition), la visibilité sur le niveau de stock, la traçabilité des produits, le suivi des inventaires tout en proposant des analyses en vue d'optimiser les réapprovisionnements. [7]

I.6.2 Objectifs de Logiciel Gestion de Stock :

L'objectif du logiciel de gestion de stock est d'aider l'entreprise à trouver l'équilibre afin de maximiser la qualité de service auprès de ses clients (disponibilité des articles, délai de livraison court, qualité du packaging) tout en minimisant les coûts liés à la gestion des flux. [8]

I.6.3 Les principaux avantages :

I.6.3.1 La maîtrise des coûts

Avec une parfaite gestion de l'équilibre dans les stocks, on évite :

_ Le sous-stockage : sans outil approprié, l'entreprise peut être en position de sous-stock ce qui la pousse à agir en réaction en cas d'un pic de commandes non anticipé. Alors les arbitrages sur la matrice « délai/coût » lors du réapprovisionnement peuvent engendrer soit des délais de livraison non conformes aux attentes des clients soit des coûts d'approvisionnement élevés.[9]

_Le surstockage : il entraîne quant à lui une perte de bénéfices liée aux lourdes charges engendrées par des stocks immobilisés (coûts humain, matériel et financier) ainsi qu'une dégradation progressive de la qualité des produits stockés voire même des pertes en cas de denrées périssables. [10]

I.6.3.2 Le pilotage des opérations commerciales

En collectant, traitant et analysant les informations relatives aux stocks, une **solution dédiée offre de la visibilité** qui permet de prendre des décisions pertinentes notamment celles qui portent sur l'organisation **d'opérations commerciales**. La coordination entre les services achat, commercial et logistique permettra d'anticiper l'arrivée massive de marchandises concernées par des opérations commerciales ou à l'inverse de proposer des offres promotionnelles en vue d'écouler rapidement du stock dormant ou déprécié. [11]

I.6.3.3 L'optimisation des processus

Une solution de gestion de stock permet également de bénéficier d'une gestion facilitée pour le suivi des mouvements et des flux de produits entre les entrepôts et les magasins ou plus largement entre tous les lieux de stockage. Ainsi les décisions de transfert de stock entre agence, entrepôt ou magasin permettent de satisfaire les clients rapidement sans engendrer de frais générés par des choix de réapprovisionnement précipités. [12]

I.6.4 Fondamentaux d'un logiciel gestion de stock omni-canal :

- **I.6.4.1 Référentiel unique, centralisé et partagé:** l'unicité et la centralisation des données dans le logiciel facilitent leur gestion et leur partage au sein des modules de l'ERP (back office) et pour l'ensemble des canaux de ventes (front office)

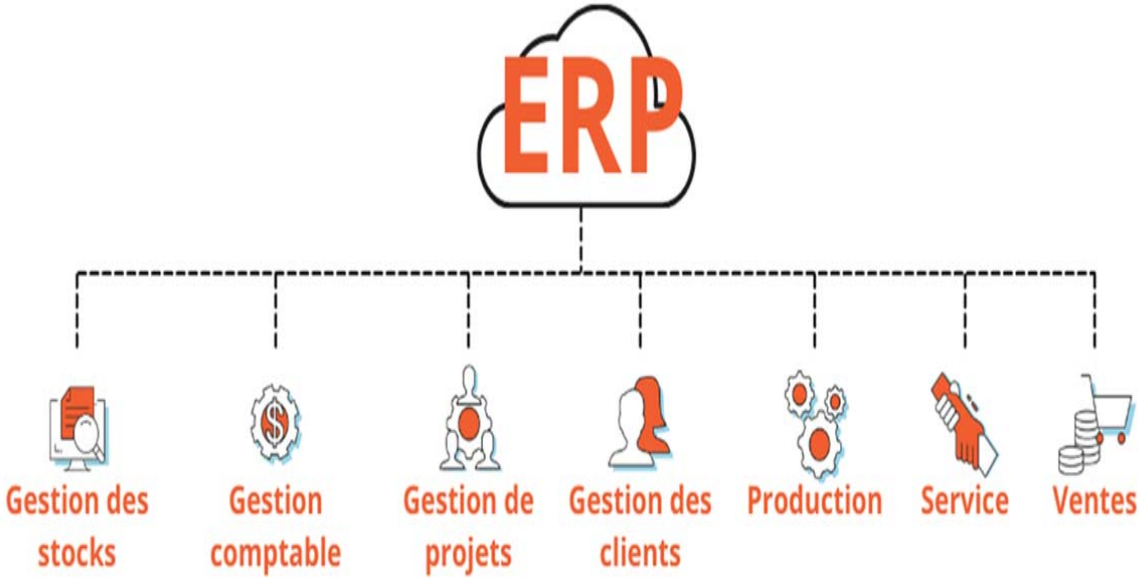


Figure I.6: Enterprise Resource Planning Explained [10]

- **I.6.4.2 Vision 360° sur les stocks quel que soit le canal:** la gestion de stock omni-canal permet de piloter les niveaux de stocks en tenant compte des données issues de l'ensemble des canaux de ventes (magasins, site e-commerce, Marketplace)

- **I.6.4.3 Mise à jour des données et des flux en temps réel entre le back et le front office:** la diffusion paramétrée de l'information sur le niveau de stock des articles entre tous les canaux et la synchronisation des flux (commandes, retours…) permettent des gains très importants en matière de productivité car cela élimine notamment les ressaisies sources d'erreurs

- **I.6.4.4 Ouverture via API pour s'interconnecter avec des applications tierces digitales :** un logiciel de gestion de stock ouvert sera enrichi fonctionnellement grâce aux solutions digitales. [13]

I.7 Le rôle des robots dans la gestion des stocks

En sciences de l'information et en gestion, les robots peuvent être appliqués de différentes manières. Une façon consiste à automatiser les tâches répétitives telles que la saisie de données et la tenue de dossiers. Les robots peuvent également être utilisés pour gérer et réguler de grandes quantités de données, telles que l'extraction et le stockage de données. En outre, les robots peuvent être utilisés dans la recherche d'informations, où les robots peuvent rechercher et récupérer des informations à partir de différentes sources, y compris des bases de données, des sites Web et des archives. Les robots peuvent également être utilisés dans la sécurité de l'information, où les robots peuvent surveiller les systèmes et les protéger contre les cybermenaces. En outre, les robots peuvent être utilisés pour diffuser des informations, car les robots peuvent communiquer des informations aux utilisateurs en temps opportun et de manière efficace. [14]

I.8 Les programmes et outils utilisés par les entreprises pour gérer la robotique dans la gestion des stocks comprennent :

Programs for inventory management include:

I.8.1 Enterprise Resource Planning (ERP) systems: These systems manage inventory, orders, and supply chain operations.

I.8.2 Inventory Management Software (IMS): Specialized software that tracks and manages inventory levels, orders, and stock movements.

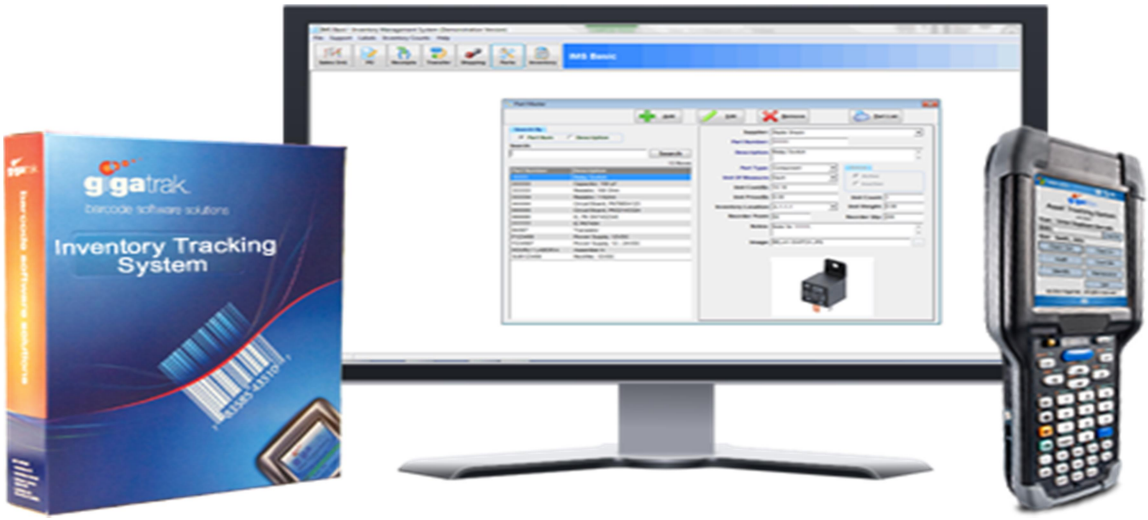


Figure I.7 : Basic Inventory Management & Tracking Software [10]

I.8.3 Warehouse Management Systems (WMS):

Manage warehouse operations, including inventory tracking, order fulfillment, and shipping.

FigureI.8 : *Warehouse Management System* [12]

I.8.4 Supply Chain Management (SCM) software: Oversee the entire supply chain, including inventory management, logistics, and distribution.

FigureI.9 : Supply *Chain Management (SCM) software* [15]

I.8.5 Cloud-based Inventory Management Systems:

Cloud-based solutions that provide real-time inventory tracking, automated reporting, and analytics.

These programs can help streamline inventory management, improve accuracy, and increase efficiency.[15]

I.9 Conclusion :

L'intelligence artificiel jouent un rôle important dans la gestion des stocks, car elle peut être utilisée pour collecter des données et des informations en continu et avec précision à partir de différentes sources, analyser des données et fournir des rapports détaillés et précis pour la direction de la gestion. Les robots peuvent également être utilisés pour améliorer l'expérience client et réduire considérablement les coûts de production. L'informatique et les technologies modernes telles que l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique aident à améliorer l'efficacité du travail, à réduire les coûts de production, à analyser les données pour anticiper la demande et déterminer les temps de recharge, à éliminer les stocks et à améliorer la gestion des stocks.

Chapitre II:

Le rôle de l'intelligence artificielle dans l'amélioration de la gestion des chaînes d'approvisionnement logistique.

II.I introduction :

L'intelligence artificielle (IA) joue un rôle important dans l'amélioration de la logistique et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement en améliorant l'efficacité, la productivité et les processus opérationnels. L'IA aide à automatiser les tâches courantes comme le traitement des commandes, la gestion des stocks et la saisie des données, à réduire la dépendance au travail manuel, à minimiser les erreurs et à accélérer les processus opérationnels [16] .

Les organisations peuvent surmonter les difficultés liées à l'adoption de l'IA, comme la qualité des données, la préparation de la main-d'œuvre et les facteurs éthiques, grâce à la planification stratégique, à l'investissement dans la formation et à l'utilisation responsable de l'IA [17].

Les capacités génératives d'IA améliorent les services logistiques en améliorant la distribution des ressources, la gestion des stocks et les conseils, ce qui permet d'accroître l'efficacité dans divers domaines logistiques. Malgré les défis que pose l'adoption de l'IA générative dans la logistique, les entreprises peuvent bénéficier de sa flexibilité de développement et d'expansion, de sa rentabilité et de sa responsabilité sociale, assurant un équilibre crucial pour le succès à long terme dans ce secteur vital [18]

L'impact progressif de l'IA sur la gestion de la chaîne d'approvisionnement est profond, l'IA et l'apprentissage automatique étant des technologies numériques perturbatrices qui révolutionnent l'industrie. Cependant, des études révèlent un faible taux d'adoption des technologies d'IA dans les chaînes d'approvisionnement, malgré les avantages signalés comme la réduction des coûts et l'augmentation des revenus. Les dirigeants des secteurs de la fabrication ont signalé des réductions de coûts et des augmentations de revenus attribuables à la mise en œuvre de l'IA [19].

II.2 Définitions d'IA :

L'intelligence artificielle, ou IA, est une technologie qui permet aux ordinateurs et aux machines de simuler l'intelligence humaine et les capacités de résolution de problèmes[20].

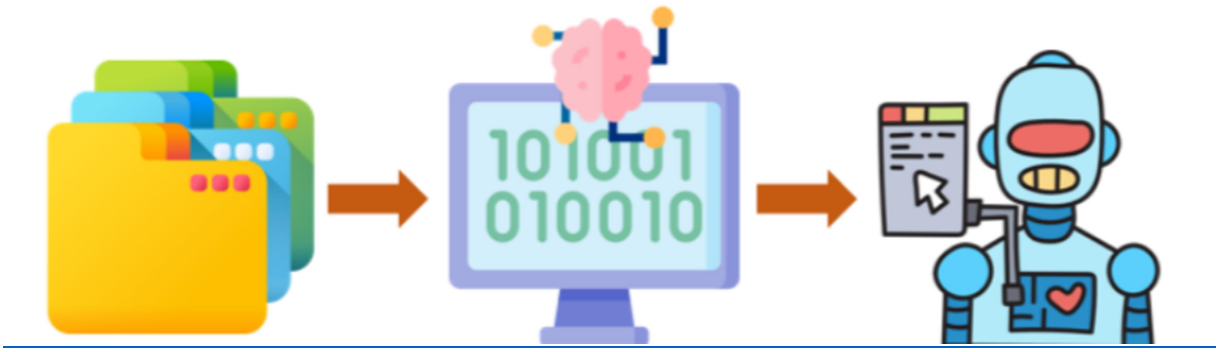


Figure.II.1 : *Principes opérationnels de l'IA.[20]*

II.2.1 Comment fonctionne l'IA :

En général, les systèmes d'IA fonctionnent en ingérant de grandes quantités de données d'entraînement étiquetées, en analysant les données pour les corrélations et les modèles, et en utilisant ces modèles pour faire des prédictions sur les états futurs. De cette façon, un chatbot alimenté d'exemples de texte peut apprendre à générer des échanges réalistes avec les gens, ou un outil de reconnaissance d'image peut apprendre à identifier et à décrire des objets dans les images en examinant des millions d'exemples. Les nouvelles techniques d'IA générative qui s'améliorent rapidement peuvent créer des textes, des images, de la musique et d'autres médias réalistes. [21]

Les programmes d'IA mettent l'accent sur les compétences cognitives, notamment :

- **Apprentissage :** Cet aspect de la programmation de l'IA se concentre sur l'obtention de données et la création de bases pour la conversion en informations exploitables. Les règles, appelées algorithmes, fournissent aux

appareils informatiques des instructions étape par étape pour accomplir une tâche particulière.

- **Logique** : Cet aspect de la programmation de l'IA se concentre sur le choix du bon algorithme pour atteindre le résultat souhaité.
- **Auto-correction** : Cet aspect de la programmation IA est conçu pour ajuster constamment les algorithmes et s'assurer qu'ils fournissent les résultats les plus précis possibles.
  - **Créativité :** Cet aspect de l'IA utilise des réseaux de neurones, des systèmes basés sur des règles, des méthodes statistiques et d'autres techniques d'IA pour générer de nouvelles images, de nouveaux textes, de nouvelles musiques et de nouvelles idées.

II.3 Types d'IA :

L'intelligence artificielle peut être largement classée en plusieurs types en fonction des capacités, des fonctionnalités et des technologies. Voici un aperçu des différents types d'IA :

II.3.1 IA étroite (IA faible)

Ce type d'IA est conçu pour effectuer une tâche étroite (par exemple, la reconnaissance faciale, les recherches sur Internet ou la conduite d'une voiture). La plupart des systèmes d'IA actuels, y compris ceux qui peuvent jouer à des jeux complexes comme les échecs et Go, relèvent de cette catégorie. Ils fonctionnent dans une gamme ou un ensemble de contextes prédéfinis limités [22]

II.3.2 IA générale (IA forte)

Un type d'IA doté de larges capacités cognitives de type humain, lui permettant de s'attaquer de manière autonome à des tâches nouvelles et inconnues. Un tel cadre d'IA robuste possède la capacité de discerner, d'assimiler et d'utiliser son intelligence pour résoudre tout défi sans avoir besoin de conseils humains.[23]

II.3.3 Super intelligent AI

Il s'agit d'une future forme d'IA où les machines pourraient surpasser l'intelligence humaine dans tous les domaines, y compris la créativité, la sagesse

Générale et la résolution de problèmes. La super intelligence est spéculative et pas encore réalisée. [24]

II.3.4 Exigences en matière d'IA :

Pour y parvenir, trois composants sont nécessaires :

- Des systèmes informatiques.
- Des données avec des systèmes de gestion.
- Des algorithmes d'IA avancés (code).

Pour se rapprocher le plus possible du comportement humain, l'intelligence artificielle a besoin d'une quantité de données et d'une capacité de traitement élevées. [25].

II.4 Principales technologies d'IA :

Plusieurs technologies clés de l'IA sont utilisées dans divers domaines :

II.4.1 Apprentissage automatique (Deep Learning)

L'apprentissage profond est une méthode d'intelligence artificielle (IA) qui enseigne aux ordinateurs à traiter les données d'une manière inspirée du cerveau humain. Les modèles d'apprentissage profond peuvent reconnaître des modèles complexes dans les images, le texte, les sons et d'autres données pour produire des informations et des prédictions précises. Vous pouvez utiliser des méthodes d'apprentissage profond pour automatiser des tâches qui nécessitent généralement l'intelligence humaine, telles que la description d'images ou la transcription d'un fichier sonore en texte. [26]

II.4.1.2 Pourquoi le Deep Learning est-il important ?

L'intelligence artificielle (IA) tente d'entraîner les ordinateurs à penser et à apprendre comme les humains. Les technologies d'apprentissage profond sont à l'origine de nombreuses applications d'IA utilisées dans les produits de tous les jours, notamment les suivantes :

- Assistants numériques
- Télécommandes de télévision à commande vocale
- Détection de fraude
- Reconnaissance faciale automatique

C'est également une composante essentielle des technologies émergentes telles que les voitures autonomes, la réalité virtuelle, etc.

Les modèles d'apprentissage profond sont des fichiers informatiques que les data scientists ont formés pour effectuer des tâches à l'aide d'un algorithme ou d'un ensemble prédéfini d'étapes. Les entreprises utilisent des modèles d'apprentissage profond pour analyser les données et faire des prédictions dans diverses applications.[27]

II.4.1.4 les composantes d'un réseau d'apprentissage en profondeur :

Les composants d'un réseau neuronal profond sont les suivants :

- **Couche d'entrée :**

Un réseau de neurones artificiels comporte plusieurs nœuds qui y entrent des données. Ces nœuds constituent la couche d'entrée du système.[28]

- **Couche cachée :**

La couche d'entrée traite et transmet les données aux couches situées plus loin dans le réseau de neurones. Ces couches cachées traitent les informations à différents niveaux, adaptant leur comportement à mesure qu'elles reçoivent de nouvelles informations. Les réseaux d'apprentissage profond ont des centaines de couches cachées qu'ils peuvent utiliser pour analyser un problème sous plusieurs angles différents.[29]

- **Couche de sortie**

La couche de sortie se compose des nœuds qui produisent les données. Les modèles d'apprentissage profond qui produisent des réponses "oui" ou "non" n'ont que deux nœuds dans la couche de sortie. D'autre part, ceux qui produisent un plus large éventail de réponses ont plus de nœuds.[30]

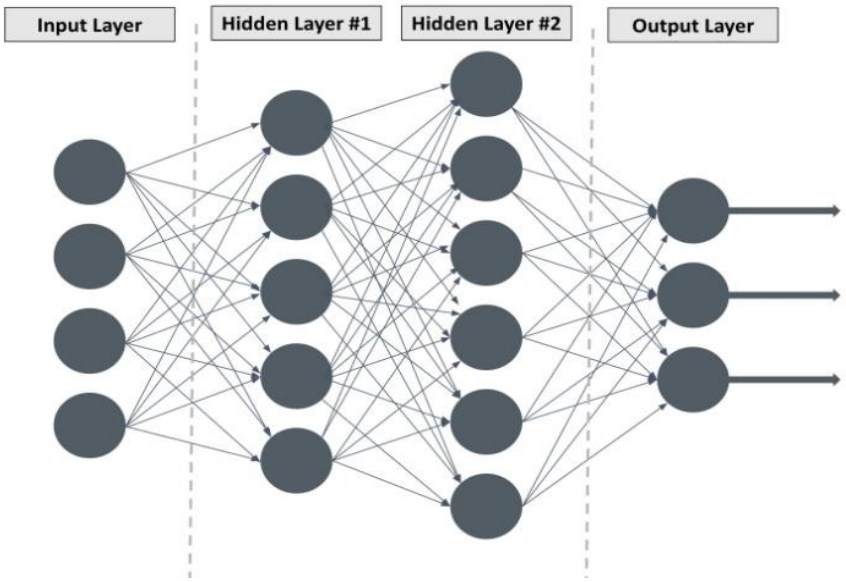


Figure.II.2 : A simple artificiel neural network.[33]

I.4.2 Apprentissage approfondi

C'est un type avancé d'apprentissage automatique qui utilise des réseaux de neurones multi-couches pour apprendre des représentations progressives des données. L'apprentissage profond est la technologie d'IA à la croissance la plus rapide et la plus courante dans l'enregistrement des brevets [31].

I.4.3 Traitement du langage naturel

Traitement du langage naturel

Les ordinateurs utilisent des algorithmes d'apprentissage profond pour recueillir des informations et du sens à partir de données textuelles et de documents. Cette capacité à traiter du texte naturel créé par l'homme a plusieurs cas d'utilisation, y compris dans les fonctions suivantes :

- Agents virtuels et chatbots automatisés
- Synthèse automatique de documents ou d'articles de presse
- Analyse décisionnelle des documents longs, tels que les courriels et les formulaires
- Indexation des phrases clés qui indiquent le sentiment, comme les commentaires positifs et négatifs sur les médias sociaux [32].

I.4.4 Computer Vision

Cette technologie permet aux machines d'identifier et de numériser des images et des vidéos d'une manière similaire à la vision humaine. Utilisé dans des applications telles que la reconnaissance faciale, l'analyse de contenu visuel [33].

I.4.5 Reconnaissance vocale

Reconnaissance vocale
Les modèles d'apprentissage profond peuvent analyser la parole humaine en dépit de divers modèles de discours, hauteur, ton, langue et accent. Les assistants virtuels tels qu'Amazon Alexa et les logiciels de transcription automatique utilisent la reconnaissance vocale.

I.4.6 Intelligence générale artificielle

Il se réfère à l'intelligence artificielle capable d'apprendre et de penser de manière générale en tant qu'humains, y compris la créativité scientifique et la pensée abstraite. Atteindre une intelligence artificielle supérieure reste un défi majeur [35].

II.5 Intelligence Artificielle Logistique :

Le rôle de l'intelligence artificielle dans l'amélioration des opérations logistiques.

II.5.1 Développement historique de l'intelligence artificielle dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement :

L'émergence de l'intelligence artificielle (IA) dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement représente un changement crucial dans la manière dont les opérations logistiques sont menées. Initialement, le rôle de l'IA se limitait à l'analyse prédictive, utilisant des données historiques pour prédire la demande et optimiser les niveaux de stocks [36]

Cependant, à mesure que la technologie progresse, les capacités de l'IA dans ce domaine se sont également développées.

*1. **Analyse prédictive*** : Au début, l'IA était principalement utilisée pour prévoir la demande de produits, permettant aux entreprises de maintenir des niveaux de stocks optimaux. Par exemple, les premiers systèmes d'IA d'IBM étaient utilisés pour prévoir les tendances et gérer les stocks des clients de détail.

*2. **Automatisation*** : Le prochain pas est venu avec l'automatisation des tâches de routine. Les systèmes d'automatisation robotisée des processus (RPA) ont commencé à prendre en charge des tâches répétitives telles que le traitement des commandes et la gestion des factures, réduisant ainsi les erreurs humaines et augmentant l'efficacité.

*3. **Systèmes de planification avancés (APS)*** :ces systèmes ont intégré **l'intelligence artificielle pour améliorer le** processus de prise de décision dans la planification de la chaîne d'approvisionnement . Ils proposent une approche plus dynamique et globale de la gestion des opérations logistiques, prenant en compte diverses contraintes et objectifs.[

*4. **Visibilité en temps réel*** : L'intelligence artificielle a encore évolué pour offrir un suivi et une visibilité en temps réel des expéditions. Cela s'est concrétisé par l'utilisation de la technologie **du système de positionnement global** (GPS) et de l'identification par radiofréquence (RFID), qui, combinées à l'intelligence artificielle, ont fourni des niveaux de transparence sans précédent dans la logistique .

*5. **Automatisation cognitive*** : Le dernier développement est l'émergence de l'automatisation cognitive, où les systèmes d'intelligence artificielle peuvent apprendre et prendre des décisions dans des scénarios complexes. Cela se voit dans les véhicules autonomes et les drones utilisés pour la livraison, qui peuvent naviguer et s'adapter à des environnements changeants.

*6. **Intégration de la blockchain*** : L'intelligence artificielle a également commencé à s'intégrer à la technologie blockchain pour renforcer la sécurité et la confiance dans les transactions de la chaîne d'approvisionnement.

Les contrats intelligents sont automatiquement exécutés lorsque les conditions sont remplies et les algorithmes d'IA garantissent l'intégrité des données de la chaîne d'approvisionnement .

7. ***Durabilité*** : L'intelligence artificielle est désormais exploitée pour créer des chaînes d'approvisionnement plus durables. En analysant d'énormes quantités de données, l'IA peut aider les entreprises à réduire leurs déchets, à améliorer les itinéraires et à réduire les émissions de carbone. Par exemple, un logiciel d'optimisation d'itinéraire basé sur l'IA a permis à des entreprises comme UPS de réduire le kilométrage annuel de plusieurs millions de kilomètres, réduisant ainsi considérablement la consommation de carburant.

8. ***Résilience et gestion des risques*** : face à des perturbations telles que la pandémie de COVID-19, l'IA a joué un rôle essentiel dans le renforcement de la résilience grâce à des outils de gestion prédictive des risques . Ces outils aident les entreprises à anticiper et à atténuer l'impact des perturbations de la chaîne d'approvisionnement .

À travers ces étapes, l'IA a non seulement amélioré les opérations, mais a également introduit une approche transformatrice de la gestion logistique, rendant les chaînes d'approvisionnement plus flexibles, plus efficaces et plus centrées sur le client. L'intégration de l'IA dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement continue d'évoluer, promettant des solutions encore plus innovantes à l'avenir.

II.5.2 Des technologies clés d'IA qui révolutionnent la logistique

Dans le domaine de la logistique, l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) a changé la donne, poussant l'industrie vers une efficacité et une fiabilité sans précédent. L'intégration des technologies d'IA a non seulement rationalisé les opérations, mais a également apporté des solutions à des défis de longue date. Ces technologies sont devenues l'épine dorsale de la transformation logistique, fournissant des informations qui stimulent la prise de décision et l'agilité opérationnelle.[37]

1. ***Analyse prédictive*** : en exploitant des ensembles de données massifs , l'IA peut prévoir la demande, anticiper les retards d'expédition et prédire les besoins de maintenance. Par exemple, DHL utilise l'analyse prédictive pour améliorer la planification des itinéraires, réduire la consommation de carburant et améliorer les délais de livraison.

2. **Véhicules et drones autonomes** : Les camions et drones autonomes ne sont plus des

concepts futuristes mais remodèlent activement les mécanismes de livraison. Le système de livraison de colis par drone Prime Air d'Amazon incarne cette transformation et vise à améliorer la rapidité et la précision de la livraison des colis.

3. ***Robots et automatisation*** : Les robots occupent une place centrale dans la gestion des entrepôts, car des robots tels que Stretch de Boston Dynamics automatisent le processus de chargement et de déchargement, augmentant ainsi la productivité et réduisant les erreurs humaines .

4. ***Internet des objets (IoT)*** : les appareils IoT collectent et transmettent des données en temps réel, permettant un meilleur suivi des actifs et une meilleure gestion des stocks. Le système de gestion à distance des conteneurs de Maersk Line utilise l'Internet des objets pour surveiller l'état des marchandises, garantissant ainsi des niveaux de température et d'humidité optimaux pendant le transport.

5. ***Traitement du langage naturel (NLP)*** : les chatbots et les assistants virtuels basés sur l'IA , tels que Watson Assistant d'IBM, révolutionnent le service client dans le secteur de la logistique en fournissant des réponses immédiates et précises aux demandes de renseignements et de suivi.

6. ***Machine learning pour l'optimisation*** : Les algorithmes de machine learning sont essentiels pour améliorer les réseaux logistiques. Le système ORION (Route Integrated Optimization and Navigation) d'UPS utilise l'apprentissage automatique pour déterminer les itinéraires de livraison les plus efficaces, en tenant compte de plus de 200 000 variables.

7. ***Blockchain pour la transparence*** : La technologie Blockchain offre un moyen sécurisé d'authentifier les transactions, améliorant ainsi la transparence et la confiance dans les chaînes d'approvisionnement. L'utilisation par Walmart de la technologie blockchain pour suivre les produits alimentaires de la ferme au magasin témoigne de ses capacités en matière de logistique.

Grâce à ces technologies clés d'IA, les processus logistiques sont non seulement optimisés, mais également étendus pour répondre aux demandes dynamiques du monde moderne. La synergie entre l'IA et la logistique crée un écosystème puissant, flexible et adaptatif, garantissant que le flux de marchandises est maintenu avec une précision et une perspicacité remarquables.

II.5.3 L'impact de l'intelligence artificielle sur l'efficacité logistique

Dans le monde de la logistique, l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) a changé la donne, révolutionnant les processus depuis l'entreposage jusqu'à la livraison du dernier kilomètre . L'intégration des technologies d'IA a non seulement rationalisé les opérations, mais a également amélioré la prise de décision, entraînant des niveaux d'efficacité et de rentabilité sans précédent. En exploitant la puissance du machine learning, de l'analyse prédictive et de l'automatisation intelligente, les entreprises surmontent les goulots d'étranglement traditionnels et établissent de nouvelles normes en matière d'excellence opérationnelle

1. **Analyse prédictive dans la gestion des stocks** : une chaîne de vente au détail leader a mis en œuvre des analyses prédictives basées sur l'IA pour optimiser ses niveaux de stocks dans plusieurs entrepôts. En analysant les données de ventes historiques , les prévisions météorologiques et les tendances des médias sociaux , le système a prédit avec précision les fluctuations de la demande. Cela a abouti à **une réduction de 20 %** des excédents de stocks et **de 15 %** des ruptures de stock, **améliorant** ainsi considérablement la rotation des stocks.

2. **Véhicules autonomes pour la livraison du dernier kilomètre** : Un géant du commerce électronique a piloté une flotte de drones de livraison autonomes dans certaines zones urbaines. Ces drones alimentés par l'IA naviguent dans des environnements complexes pour livrer les colis directement aux portes des consommateurs. Le projet pilote a permis **de réduire de 30 %** les délais de livraison et **de 25 %** les coûts de transport, démontrant le potentiel des systèmes autonomes pour améliorer l'efficacité des livraisons.

*3. **Machine Learning pour l'optimisation des itinéraires*** : Une entreprise de logistique a utilisé des algorithmes d'apprentissage automatique pour optimiser les itinéraires de livraison de sa flotte de camions. Le système d'IA a pris en compte les modèles de trafic, la capacité des véhicules, les fenêtres de livraison et les conditions routières en temps réel pour déterminer les itinéraires les plus efficaces. Le résultat a **été** une amélioration de 10 % de

l'efficacité énergétique et **une réduction de 12 %** des délais de livraison, démontrant l'impact de l'IA sur l'optimisation des itinéraires.

4. **Automatisation des entrepôts basée sur l'IA** : Un fabricant multinational a déployé un système d'automatisation alimenté par l'IA dans ses centres de distribution. Ces robots

précision les commandes. L'automatisation a entraîné **une augmentation de 40 %** de la vitesse de préparation des commandes et **une réduction de 35 %** des erreurs manuelles, démontrant l'impact transformateur de l'IA sur les opérations des entrepôts.

Ces études de cas illustrent le pouvoir transformateur de l'IA dans la logistique, offrant un aperçu d'un avenir où les opérations logistiques seront plus prévisibles, autonomes et efficaces. À mesure que l'IA continue d'évoluer, son rôle dans la logistique devrait s'étendre, améliorant ainsi la résilience et la compétitivité des chaînes d'approvisionnement dans le monde entier. La synergie entre l'IA et la logistique témoigne non seulement du progrès technologique, mais aussi d'un phare pour l'avenir du commerce mondial.[38]

II.6 Qu'est-ce qu'un système d'entrepôt robotisé ?

Un système d'entrepôt robotisé fait référence à l'utilisation de robots automatisés pour manipuler des marchandises et gérer les stocks dans un entrepôt. Les robots utilisés dans un tel système sont appelés robots d'entrepôt. Ils sont spécialement conçus pour gérer le mouvement et la manutention des charges et sont souvent compatibles avec les logiciels d'entrepôt. []

II.6.1 Types de systèmes d'entrepôt robotisés

Les systèmes d'entrepôt robotisés diffèrent en fonction de leurs caractéristiques qui déterminent ultérieurement leur fonctionnalité. Ils sont classés comme suit. [39]

- **Robots mobiles autonomes (AMR) :**

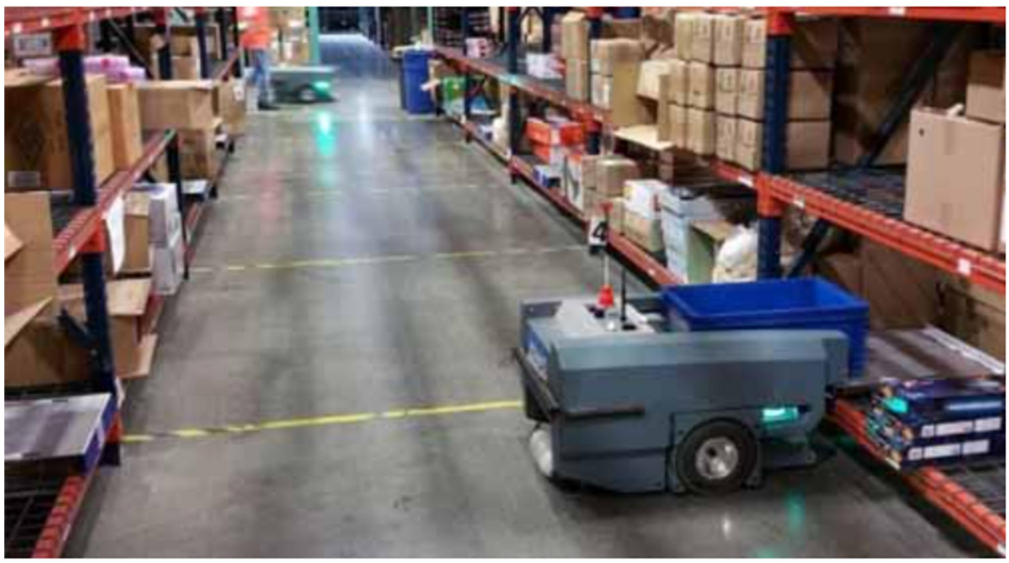


Figure II.3 : *Robots mobiles autonomes (AMR)* [39]

Des robots mobiles autonomes sont utilisés pour déplacer les stocks dans un entrepôt. Leurs déplacements sont dirigés grâce au plan de l'entrepôt installé dans leur système informatisé. Ils disposent également de capteurs qui facilitent la navigation et l'évitement des collisions.

Lorsqu'il s'agit de gérer les stocks, les AMR peuvent identifier les colis requis, les trier, les récupérer et les livrer à un employé de l'entrepôt. Les modèles équipés de capteurs et de scanners RFID peuvent également être utilisés dans le processus d'inventaire. Ils peuvent identifier les colis à distance sans qu'un employé ait à se promener dans l'entrepôt et à scanner chaque unité de stock.

- **Systèmes automatisés de stockage et de récupération (AS/RS) :**

Lorsqu'un client passe une commande dans un entrepôt, les employés :

- Récupérer l'article demandé du stock
- Envoyer ce que le client a demandé
- Remettez le reste, le cas échéant, au cellier
-

Il s'agit d'un processus long qui peut ralentir la prestation de services et qui nécessite également beaucoup de travail humain.

Les systèmes automatisés de récupération et de stockage sont conçus pour gérer toutes les étapes ci-dessus. Ils récupèrent les unités de stock et les ramènent dans les zones qui leur sont assignées, comme demandé. Les employés peuvent passer des commandes via les systèmes de gestion d'entrepôt ou via wifi car il est compatible avec les deux. Ils existent également en différentes conceptions selon l'application ; Il existe des modèles de navettes, des élévateurs et des robots grimpeurs d'étagère.

Figure II.4 Systèmes automatisés de stockage et de récupération(AS/RS) [39]

- **Véhicules à guidage automatique (AGV) :**

  Les AGV transportent l'inventaire vers et depuis différents points de l'entrepôt. La plupart suivent des bandes magnétiques fixées au sol de l'entrepôt pour guider leurs déplacements. En conséquence, ils ne peuvent suivre qu'un certain chemin. Il existe cependant des modèles équipés de scanners de sécurité qui peuvent être plus flexibles.

  Les AGV sont mieux utilisés pour déplacer des stocks, car ils n'ont pas la capacité de faire plus à moins d'être modifiés. [39]

FigureII.5 : Véhicules à guidage automatique (AGV) [40]

- **Drones**

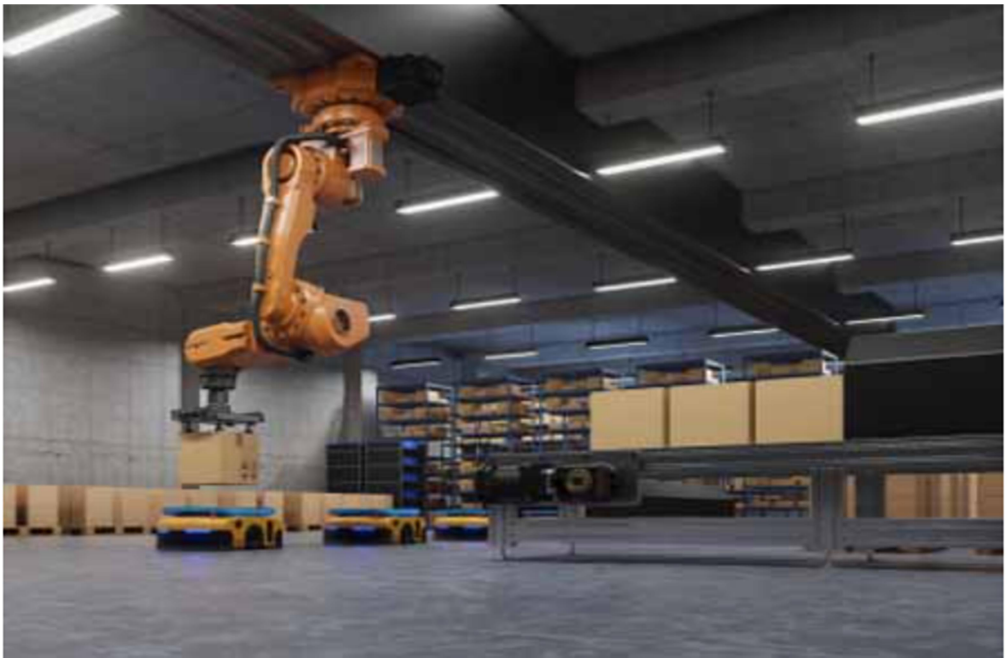
  Ils sont également connus sous le nom de drones et constituent une option polyvalente. Bien qu'ils soient utilisés dans de nombreux autres domaines, les entreprises de robotique d'entrepôt ont commencé à les développer spécifiquement pour les entrepôts. Peut être utilisé pour :

- Localisez les colis à distance à l'aide d'étiquettes d'inventaire RFID
- Effectuer un inventaire en temps réel
- Transport de petits colis d'inventaire

FigureII..6 : Drones [40]

- **Bras robotisés articulés :**

  Les bras robotiques articulés sont des membres robotiques flexibles qui sont très efficaces dans les tâches de sélection et de placement ainsi que dans les tâches de tri des stocks. Ils sont disponibles dans différentes capacités de charge utile et vous pouvez choisir entre un bras robotique à 4 axes et un bras robotique à 6 axes . Leur variété de longueurs de flèche leur confère également un avantage vertical par rapport à la plupart des autres systèmes d'entrepôt automatisés. Si nécessaire, ils peuvent être équipés de capteurs ou de systèmes de vision pour assurer une meilleure précision lors de la gestion des stocks.[38]



Fgure II.7 : Bras robotisés articulés [40]

II. 7 Conclusion :

En général, ces types de robots contribuent à améliorer l'efficacité et la productivité des opérations logistiques, à réduire les coûts et à améliorer le service client

Chapitre III:

Résultats et discutions

III .1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons les étapes de la réalisation d'un robot gestion de stock par l'intelligente artificielle où nous diviserons ce chapitre en trois partie, la première partie : Hardwar, la deuxième partie : software, et la troisième partie consiste à discuter les résultats obtenus
Nous avons mentionné tout l'équipement utilisé dans ce projet et les étapes d'installation, ainsi que la présentation du logiciel du langage de programmation utilisé.

III.2 schémas de Description du projet:

Nous présenterons un schéma illustratif descriptif du travail que nous avons effectué, où nous établirons quelques schémas des étapes que le robot traversera pour accomplir ses tâches.

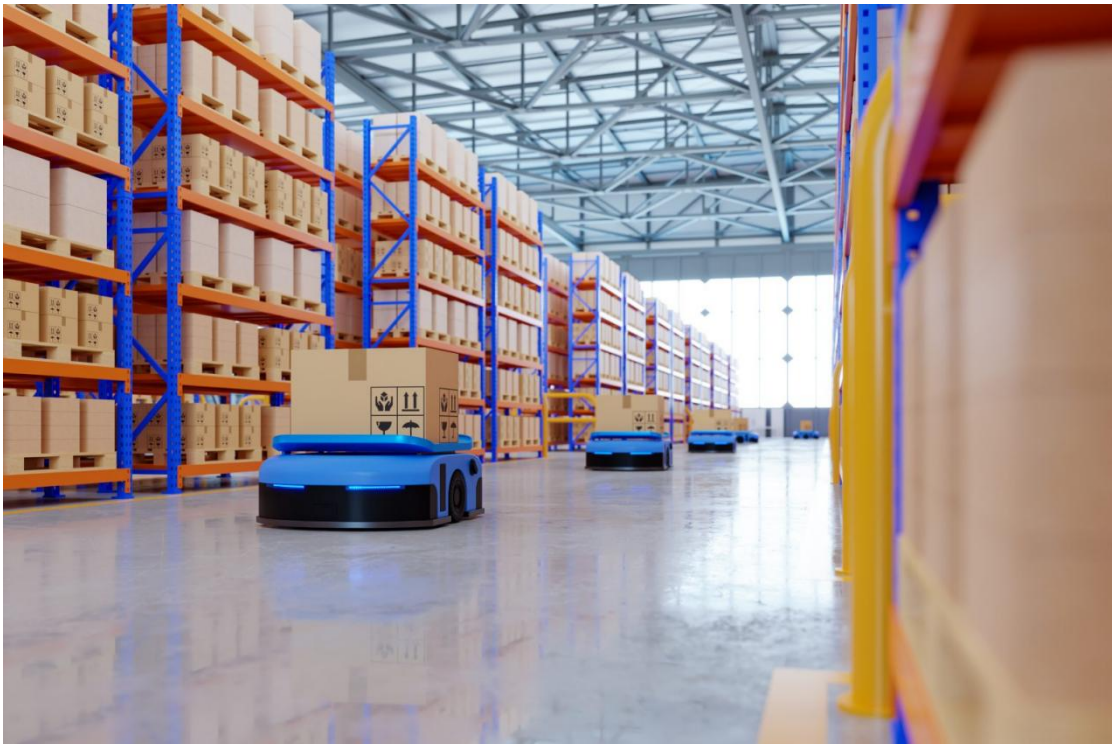


Figure III.1 :an-army-of-robots-efficiently-sorting-hundreds-of-parcels-per-hour[32]

III.2.1 schémas bloc :

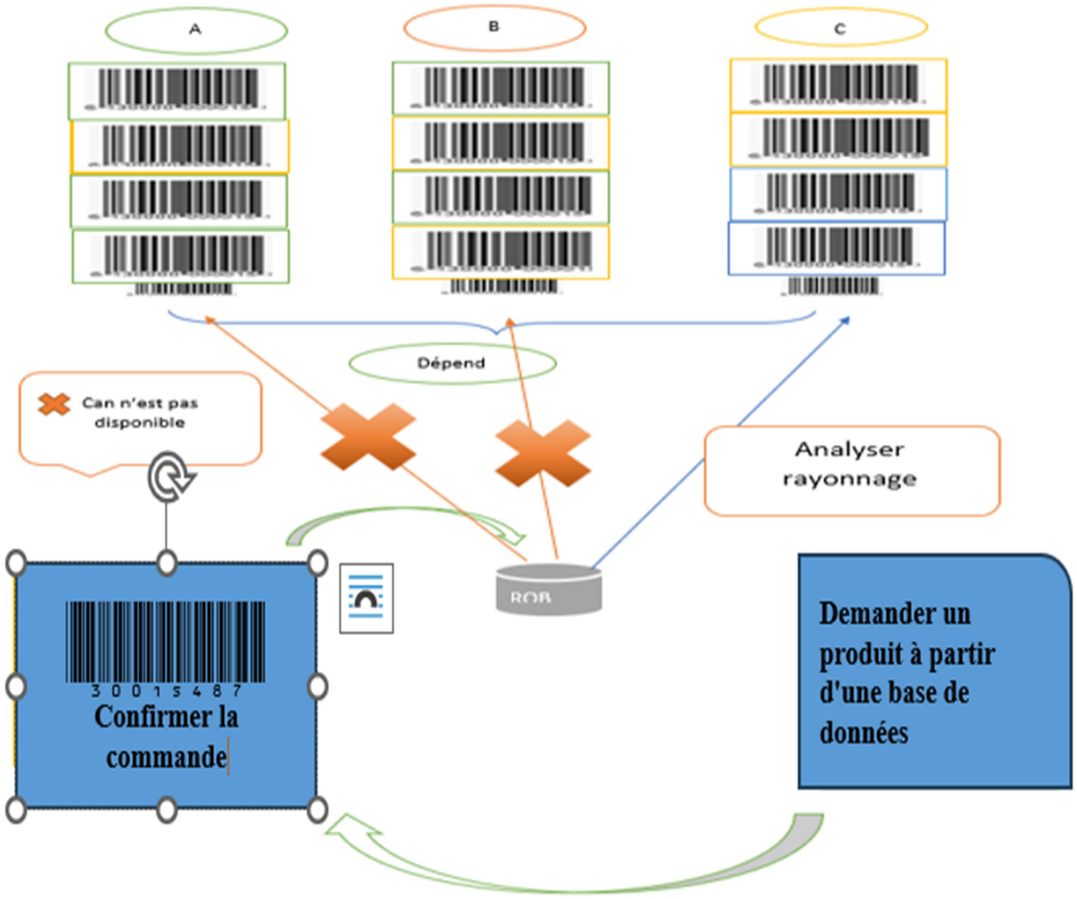
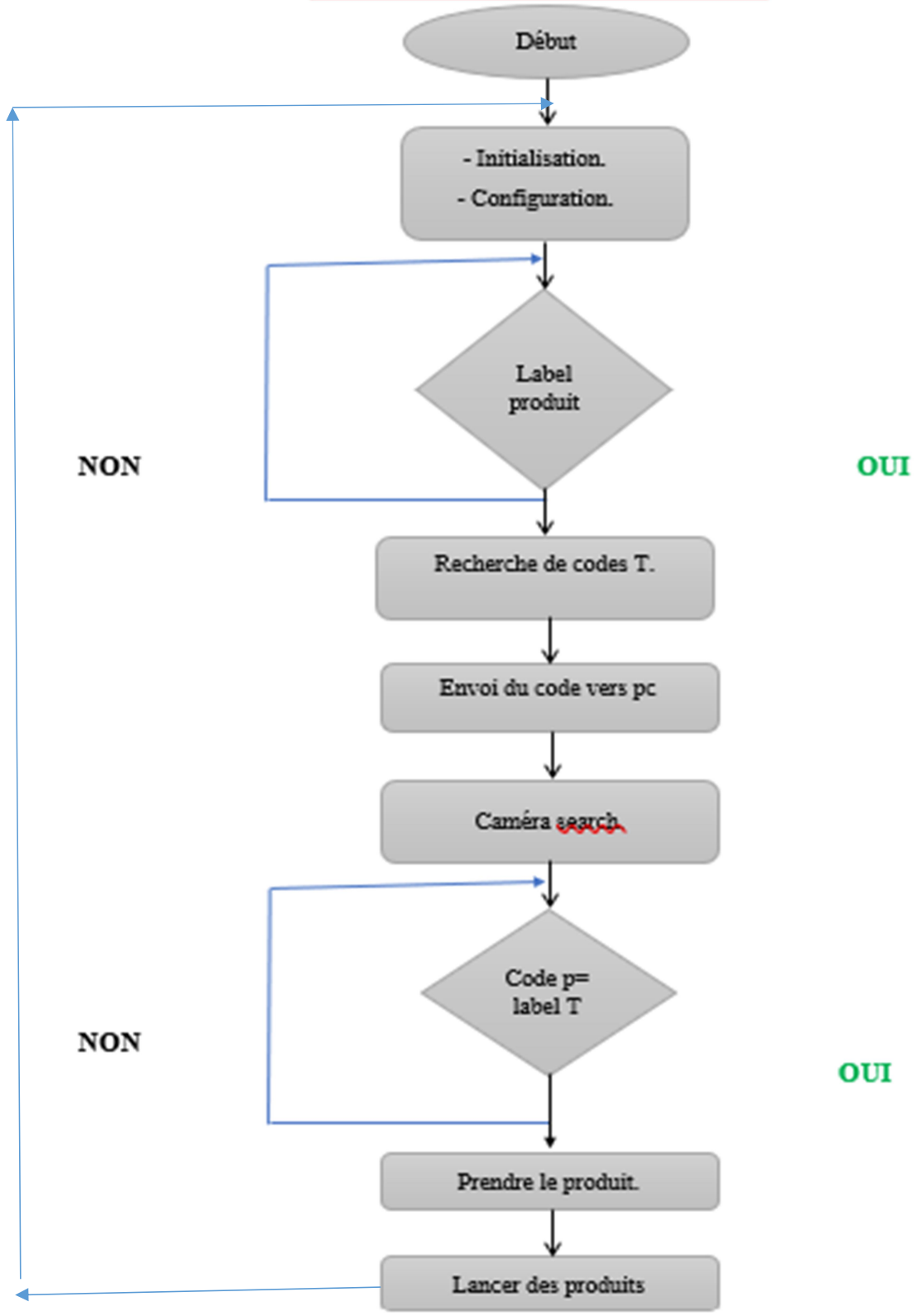


Figure.III.2 : Travail de robot de construction de plan.

II.3 Organigramme



III.4 Schéma synoptique :

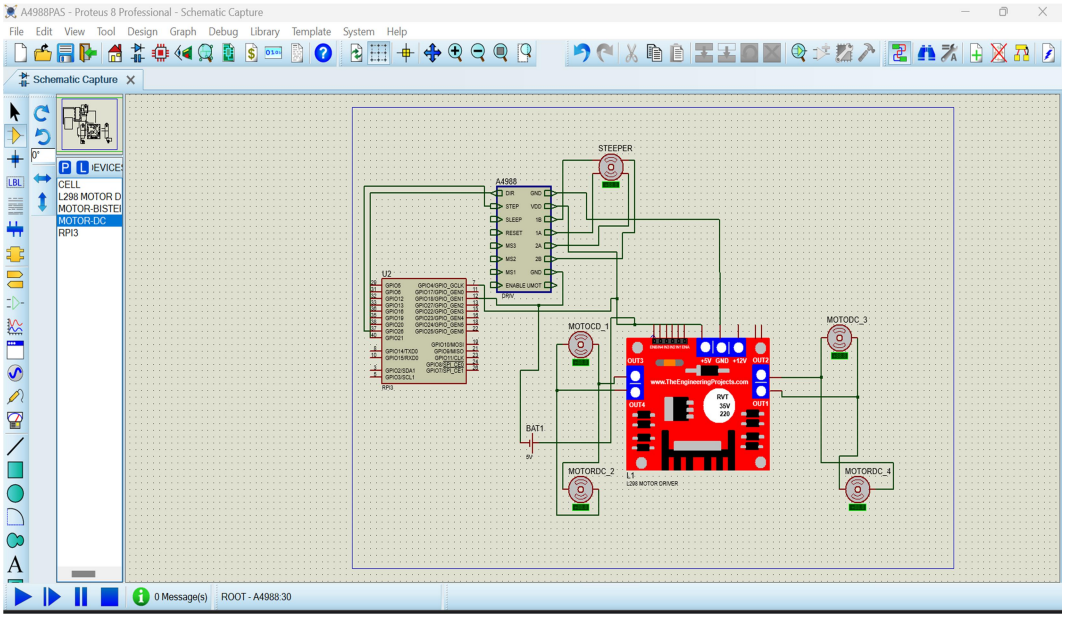


Figure.III.3 : : Schéma de circuit électrique Global

III.5 Partie Hardwar :

Divisé en deux parties mécaniques et électroniques.

III.5.1 LA MÉCANIQUE :

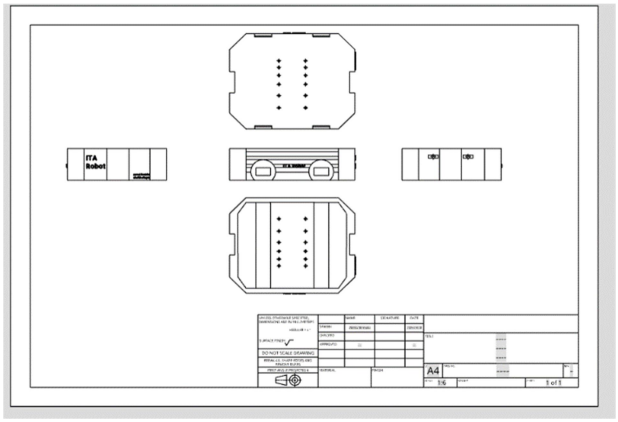
La partie mécanique est constituée :

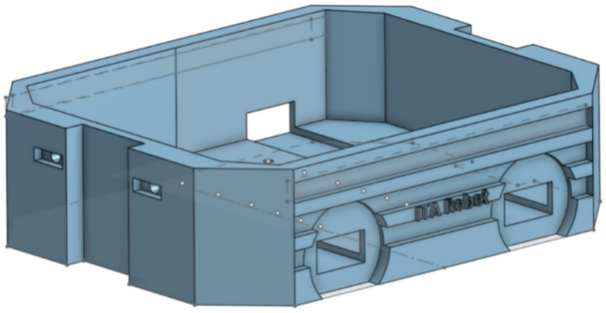
Châssis : Châssis est fait de matériau PLA qui ajoute de la solidité et de la résistance en plus de la légèreté

III.5.2 Principe de fonctionnement :

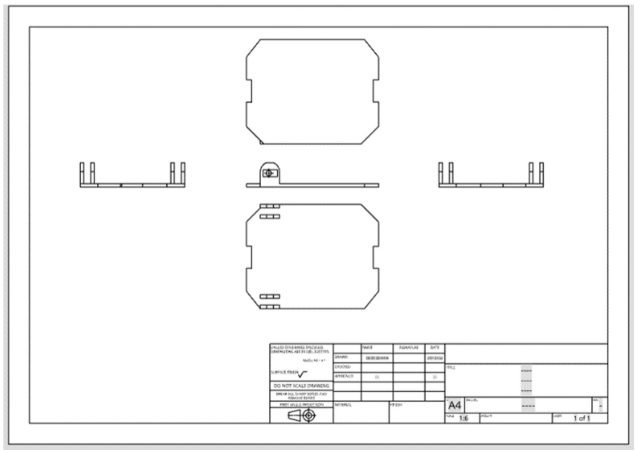
Ce robot se rend au point de chargement des marchandises, qui se situe à l'extrémité d'un tapis de production, après qu'un bras porteur place les marchandises sur la plate-forme de transport qui contient un nombre spécifique de produits, un robot détermine les points d'entrée des capteurs à l'intérieur d'un produit. plate-forme et les conducteurs d'une grue à plate-forme pour la transporter jusqu'à un point convenu

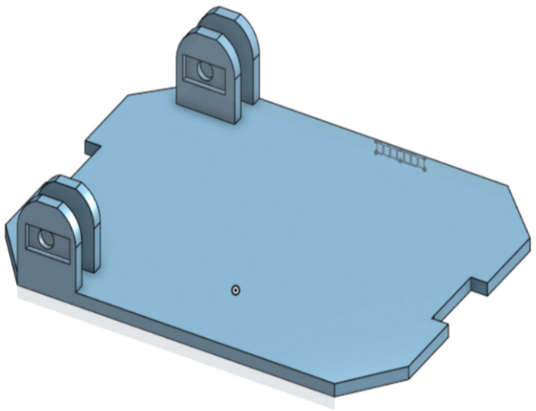
Design 2d et 3d dans robot ;



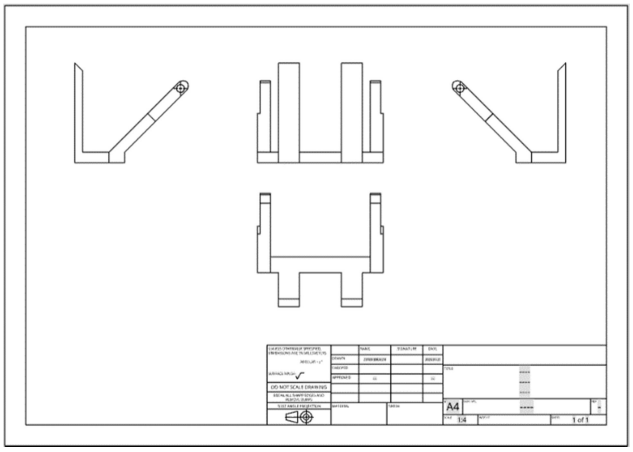


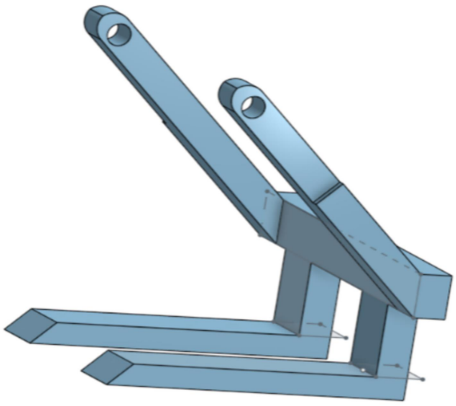
Partie principale





couverture





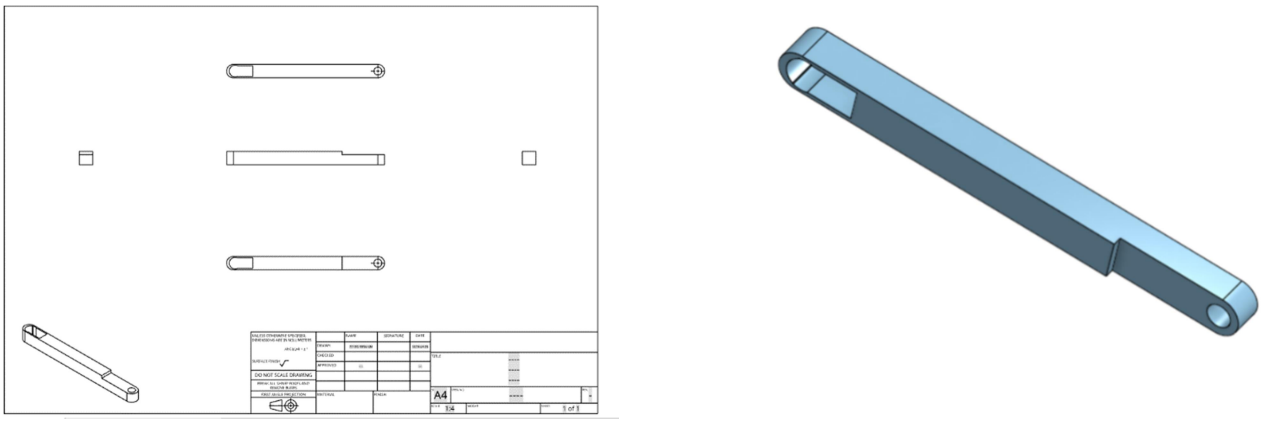


Figure.III.4 : Support de bras du robot et moteur pas à pas.

Système de mouvement : Le robot se déplace grâce à des moteurs dc et des roues mécaniques de type Omni Wheels

FigureIII.5 : Omni Wheels [30]

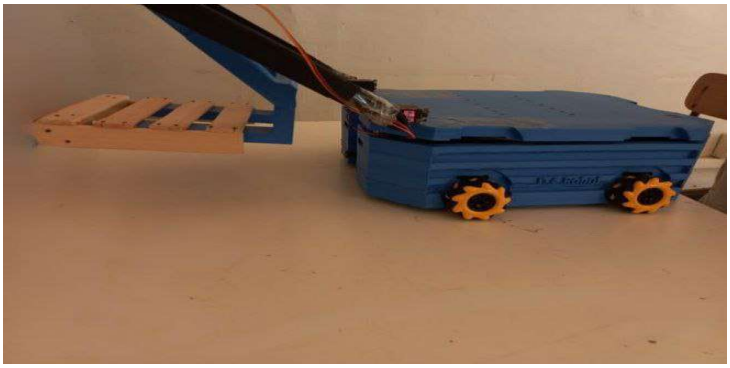


Figure III.6 Intégrer des roues dans un robot

III.5.3. L'ÉLECTRONIQUE :

Nous avons utilisé les équipements suivants dans le projet :

III.5.1 Raspberry pi 4 model B:

C'est un petit ordinateur avec unité de traitement USB centrale, GPU, port et broches entrée et sortie GPIO. [81]

Figure III.7: Raspberry pi 4 model B.[33]

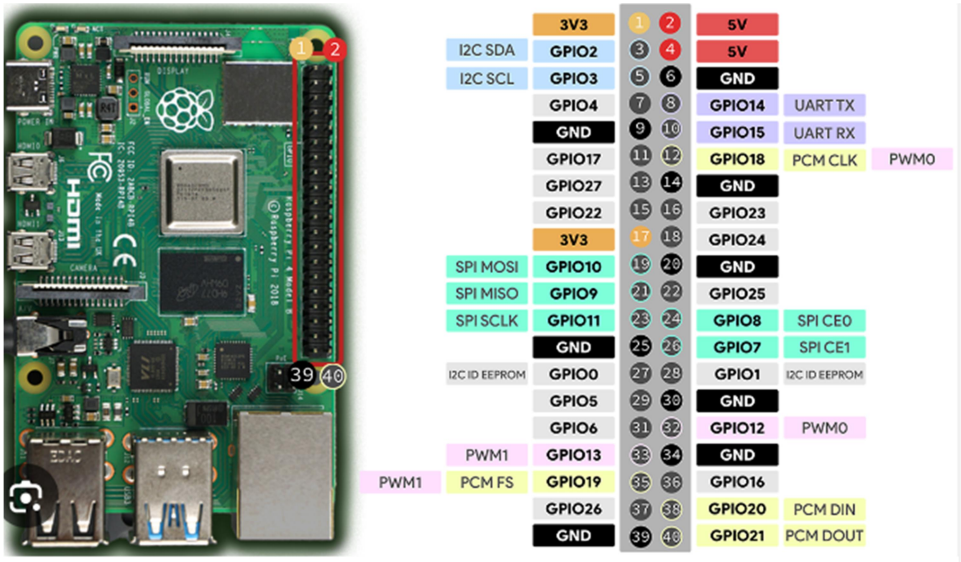


Figure III 8: Raspberry pi 4 model B GPIO pins [32]

III.5.3.1.1 Caractéristiques Raspberry pi 4 model B :

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :

- **Carte mère Raspberry Pi 4**
- **Processeur :** Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- **RAM :** 8 Go LPDDR4
- **GPU :** VideoCore VI prenant en charge OpenGL ES 3.0, décodage HEVC 4K à 60 i/s
- **Connexion sans fil :** Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11b/g/n/ac
- **Connexion filaire :** Gigabit Ethernet (RJ45)
- Lecteur de carte micro-SD (stockage non fourni)
- Port caméra CSI pour connecter la caméra Raspberry Pi
- Port d'affichage DSI pour connecter l'écran tactile Raspberry Pi
- **Audio :** AV 3.5 mm
- **Ports :** 2 x USB 3.0 / 2 x USB 2.0 / 1 x USB-C (alimentation seulement) / 1 x GPIO 40 pin / 1 x port quadripôle Audio/Vidéo composite / 2 x micro-HDMI
- **Alimentation** : 5V DC via un connecteur USB-C (minimum 3A), 5V DC via un en-tête GPIO (minimum 3A), compatible Power over Ethernet (PoE) (nécessite un HAT pour PoE)

III.5.3.2 RPi Night Vision Camera for Raspberry Pi:

Caractéristiques de la caméra de vision nocturne RPi pour Raspberry P :

- Capteur de caméra : 5 mégapixels OV5647.
- Précision de sortie 1080P dans des conditions idéales.
- Caractérisé par lentille de poisson large champ de vision 160 degrés.
- Ajuste la distance de mise au point après le point focal 3,15 mm.
- Posséder une paire de panneaux LED infrarouges.
- Puissance de sortie : 3,3 V.
- Dimensions : 2,5 cm 2,5 cm ; 25 mm 24 mm.

Figure III.9: RPi Night Vision Camera for Raspberry Pi

Figure.III.10: 2pcs Infrarouge LED Light 3W 850 Raspberry Pi Camera Board Module Vision nocturne IR infrarouge.[33]

III.5.3.5 Module d'entraînement du moteur L298N :

Il s'agit d'un module d'entraînement du moteur haute puissance L298N utilisé pour conduire des moteurs DC et pas à pas. Cette unité se compose de moteur IC L298 et régulateur 5V 78M05. L'unité L298N peut commander 4 moteurs CC, ou 2 moteurs CC avec contrôle de direction et de vitesse.[94]

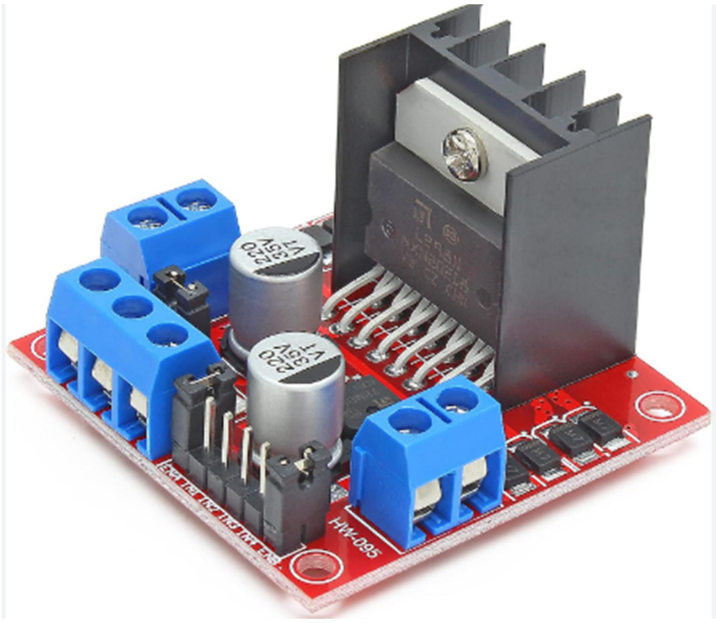
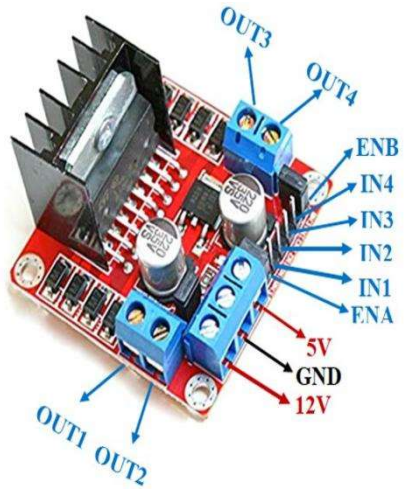


Figure. III 11 : Module d'entraînement du moteur L298N



FigureIII 12: L298N moteur Driver Module pinout [33]

III.5.3.5 .1 Applications :

- Conduire des moteurs à courant continu.
- Moteurs à marchepied.

- Dans les robots. [33]

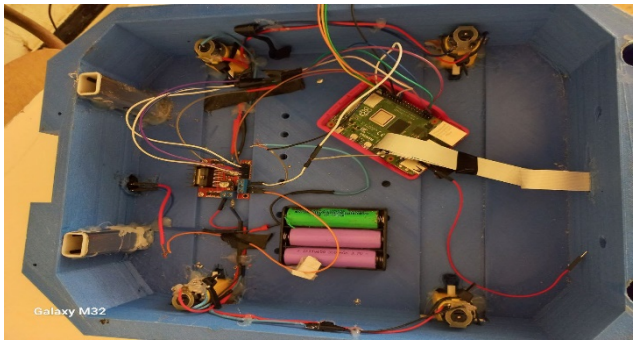
III.5.3.5.2 Caractéristiques du module L298N :

- Tension d'alimentation : Partie logique : 6 à 12 V DC / Partie moteur : 4.8V à 35 V DC.
- Sortie : 2A/canal.
- Contrôle de la vitesse et du sens de rotation.
- Plage de température : -25 à +130°C.

Dimensions : 55 x 60 x 30 mm

Les caractéristiques de branchement :

PINK	OPGIO
IN1	26
IN2	19
IN3	13
IN4	6 (GEN)



FigureIII 13 : moteur L298N branché aux moteurs WHEEL WITH 3-6VDC GEAR Moteur.

- ✓ Nous l'avons utilisé pour contrôler la vitesse et la rotation de quatre moteurs DC comme le montre la figure suivante :

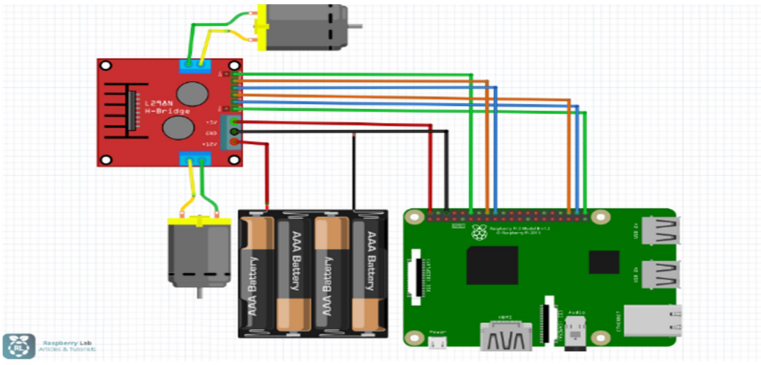


Figure. III 14 : schéma moteur L298N branché aux moteurs WHEEL WITH 3-6VDC GEAR Moteur.

PCA9685 16-Channel Servo Driver

PCA6985 est un contrôleur de LED 16 canaux contrôlé par le bus I²C optimisé pour les applications de rétroéclairage de couleur Rouge/Vert/Bleu/Ambre (RGBA). Bien qu'il ait été initialement conçu pour contrôler les LED, sa capacité s'étend à être un remarquable contrôleur de servo. Les principales spécifications comprennent :

- Tension d'alimentation de fonctionnement : de 2,3 V à 5,5 V
- 16 pilotes de LED. Chaque sortie est programmable à l'arrêt, à l'allumage, à la luminosité des LED programmables, au groupement programmable de variation / clignotement mélangé à la luminosité individuelle des LED
- Interface de bus I²C compatible avec Fast-mode Plus à 1 MHz avec une capacité de sortie SDA à haute impulsion de 30 mA pour piloter des bus à haute capacité
- Luminosité programmable linéaire de 4096 étapes (12 bits) par sortie de LED variant de complètement éteint (par défaut) à la luminosité maximale
- Fréquence de sortie (de 200 Hz à 200 kHz) généralement utilisée pour (mais pas limitée à) la commande de servomoteurs
- Toutes les sorties ont une résolution de 16 bits (45 µs) pour une fréquence allant de 24 Hz à 1526 Hz
- Adresse du bus I²C programmable par logiciel (une adresse LED All Call et trois adresses LED Sub Call) permet à tous les dispositifs PCA9685 définis ou à des groupes définis de répondre à une adresse commune de bus I²C
- Seize sorties en totem pole (25 mA de source et 10 mA de source à 5 V) avec une sélection de sorties LED à drain ouvert programmables par logiciel (le PCA9685 pilote les LED en mode à drain ouvert (IOUT = 25 mA) par défaut)

Pour plus d'information, vous pouvez consulter la fiche technique du driver :

Les broches du PCA6985

Il a un total de 28 broches, dont 16 sont des canaux de sortie PWM, 6 sont des broches de terre, 2 sont des broches V+ pour alimenter le PCA6985, et le reste sont des broches de contrôle.

1. PWM : Ce sont les 16 broches de sortie. Elles délivrent des signaux PWM qui peuvent être utilisés pour contrôler les servos ou les LED.
2. VCC : Il s'agit de la broche d'alimentation pour la puce PCA6985 elle-même. Elle doit être connectée à 3.3V ou 5V sur votre Arduino.
3. V+ : Cette broche est pour l'alimentation externe de vos servos ou LEDs. Elle peut gérer des tensions de 3V à 6V.
4. GND : La broche de terre doit être connectée à la terre de votre Arduino.
5. SDA : Cette broche doit être connectée à la broche SDA (ligne de données) de votre Arduino.
6. SCL : Cette broche doit être connectée à la broche SCL (ligne d'horloge) de votre Arduino.
7. OE : Cette broche signifie "Output Enable" (Activation de la sortie). Par défaut, elle doit être connectée à la terre.

Figure. III 15: PCA9685-16-Channel-12-bit-PWM-Driver-I2C-

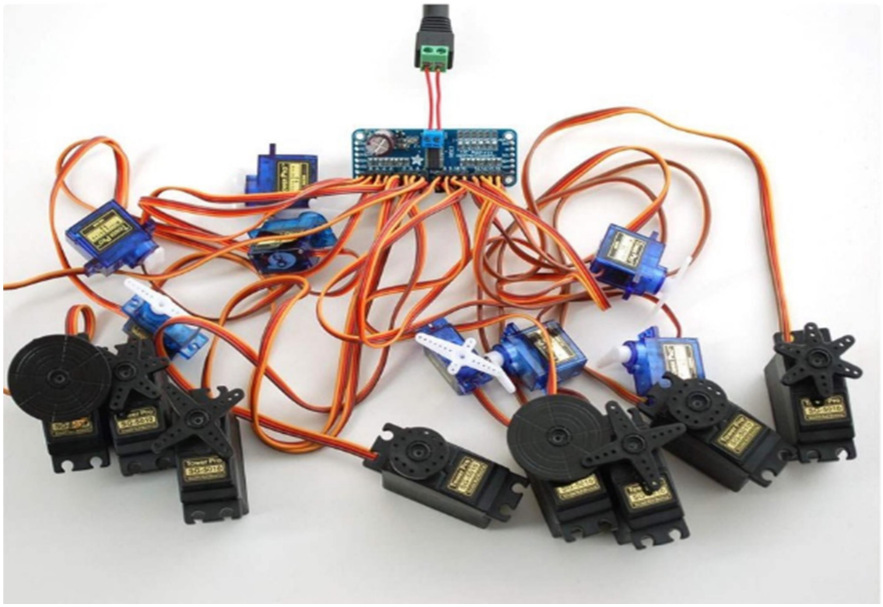


Figure. III 16: Branchment PCA9685 16-Channel avec Servo motor
control a servo motor with Raspberry Pi and servo driver

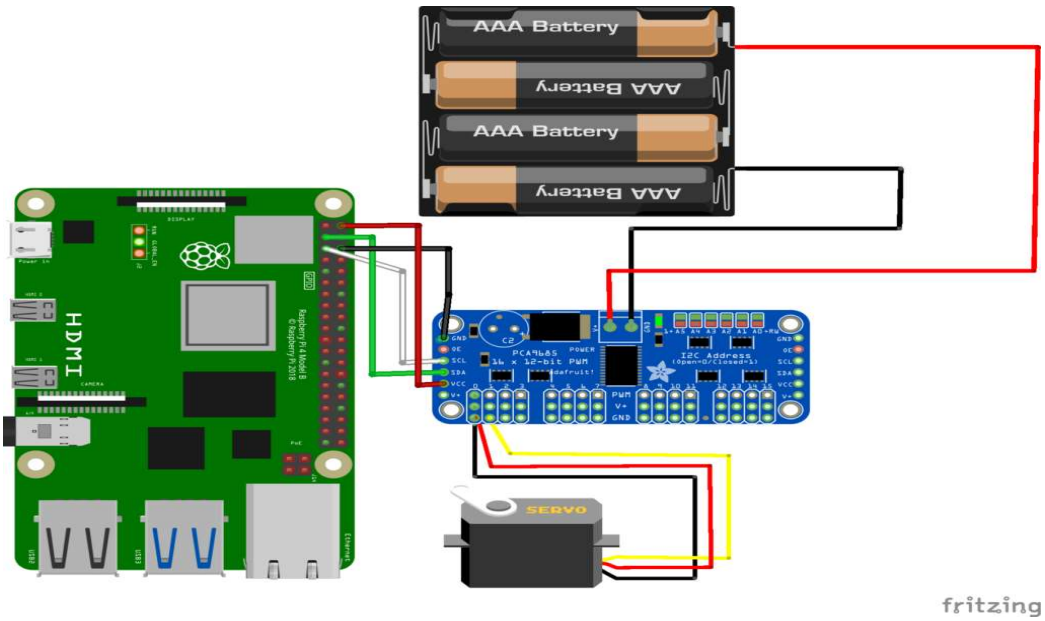
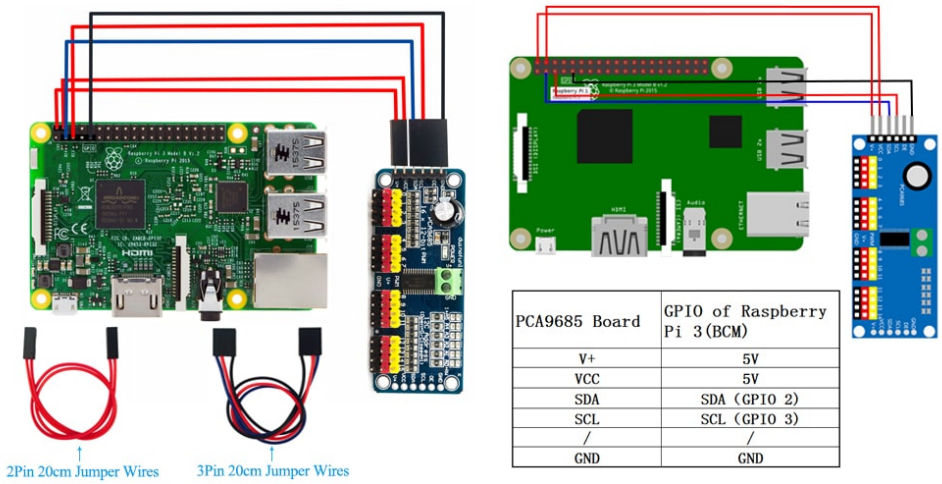


Figure. III 17: schema Branchment PCA9685 16-Channel avec Servo motor
control a servo motor with Raspberry Pi and servo driver



PCA9685 Board	GPIO of Raspberry Pi 3(BCM)
V+	5V
VCC	5V
SDA	SDA (GPIO 2)
SCL	SCL (GPIO 3)
/	/
GND	GND

Figure.III.18: STEP12-PCA9685-raspberry_pi

Module de convertisseur abaisseur DC-DC LM2596 avec affichage

Le LM2596 est un régulateur de tension réglable qui génère une tension de sortie inférieure réglable à partir d'une tension d'entrée plus élevée. La tension d'entrée doit toujours être d'environ 3V supérieure à la tension de sortie souhaitée. La tension de sortie peut être réglée via le potentiomètre. L'écran LCD affiche la tension d'entrée ou de sortie actuelle. Le commutateur entre la tension d'entrée et de sortie se fait via le bouton droit sur la carte.

Remarque : Un potentiomètre de précision est installé sur le module, vous devrez donc peut-être le faire tourner 5 à 10 fois pour régler la tension

Détails techniques :

- Type : LM 2596 DC-DC Step-Down
- Tension d'entrée : 4,5V à 40V DC
- Tension de sortie : 1,25V à 37V réglable
- Courant nominal : 2A (3A Max)
- Efficacité : jusqu'à 90%
- Température de fonctionnement : -40°C à +85°C
- Fonction de coupure thermique
- Protection contre l'inversion de polarité
- Trous de fixation : 4x diamètre 3,2mm
- Taille : 66 x 36 x 14mm

Figure.III.19 : LM2596 Régulateur de tension DC-DC réglable

III. 5. 3 .6 Servo MG 996R :

Cahier des charges
• Poids : 55 g
• Dimensions : 40,7 19,7 42,9 mm environ
• Couple d'arrêt : 9,4 kg cm (4,8 V), 11 kg cm (6 V)
• Vitesse de fonctionnement : 0,17 seconde/60 (4,8 volts), 0,14 seconde/60 (6 volts)
Tension de fonctionnement : 4,8 V a 7,2 V
• Courant de fonctionnement 500 mA –
• Courant de décrochage 2,5 A (6 V)
• Largeur de bande morte : 5 µs
• Conception à double roulement à billes stable et résistant aux chocs
• Plage de température : 0 ºC –
4,8 V a 7,2 V
– 900 mA (6 V)
Conception à double roulement à billes [33]

Figure III 20: Servo MG 996R.

Figure.III.21: Support de Batterie pour 3*18650 Batteries

Figure.III.21: 3000mAh rechargeable 3,7 V alimentation électrique Batterie au lithium

III.5.2 Partie software :

Dans cette partie, nous aborderons le logiciel et la programmation utilisés dans la programmation du robot dont le rôle est de rechercher les fichiers requis.

III.5.2.1 Système d'exploitation de Raspberry PI :

Raspberry Pi (ou abréviation de Raspbian) est un système d'exploitation dédié pour le panneau Raspberry Pi, un ordinateur de petite taille utilisé dans une variété d'applications éducatives, commerciales et amateurs. Raspbian est basé sur le système d'exploitation Linux et est basé sur la distribution Debian.

Figure. III.22 : Fenêtre du système d'exploitation Raspberry PI.

III.5.2.2 Système de télécommande Real VNC Viewer.

Il s'agit d'un système de contrôle informatique ou Raspberry P à distance sans utiliser d'appareils externes (écran d'ordinateur, clavier…)

III.5.2.2.1 Exigences de base.

Nécessite l'exécution de Real VNC sur Pi :

- Connectivité réseau et Internet.
- Serveur VNC et visionneuse VNC.

Figure. III. 23 : Fenêtre du système d'exploitation RealVNC Viewer.

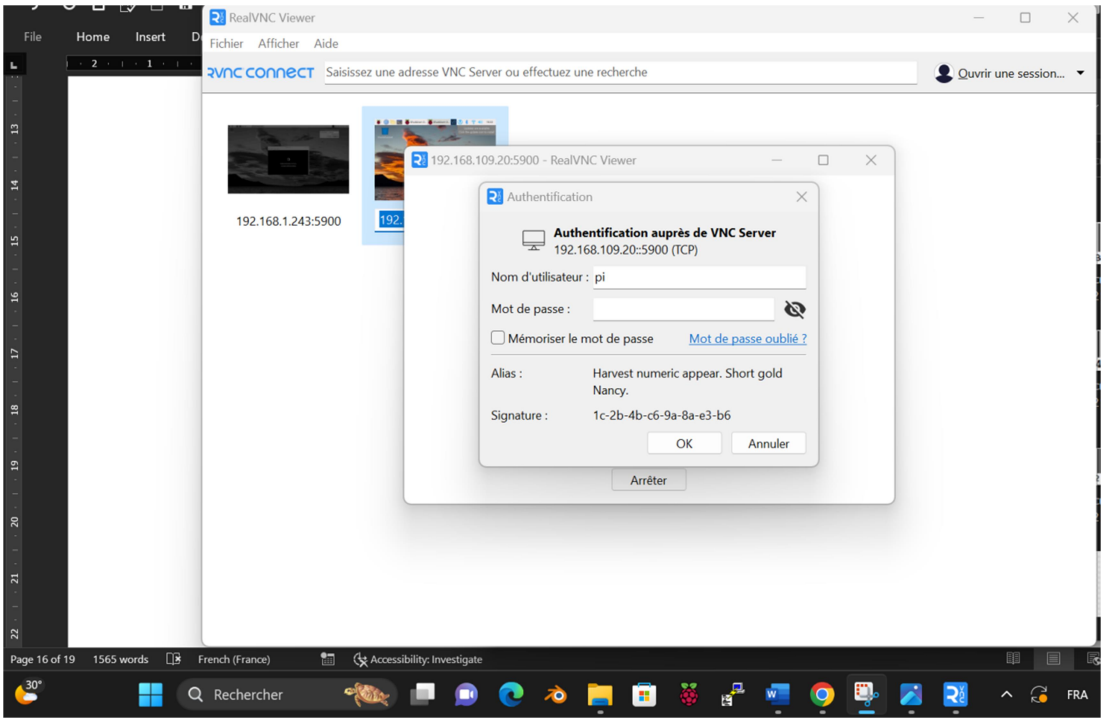


Figure. III. 24 : Fenêtre de saisie de mot de passe pour Raspberry pour ouvrir le bureau.

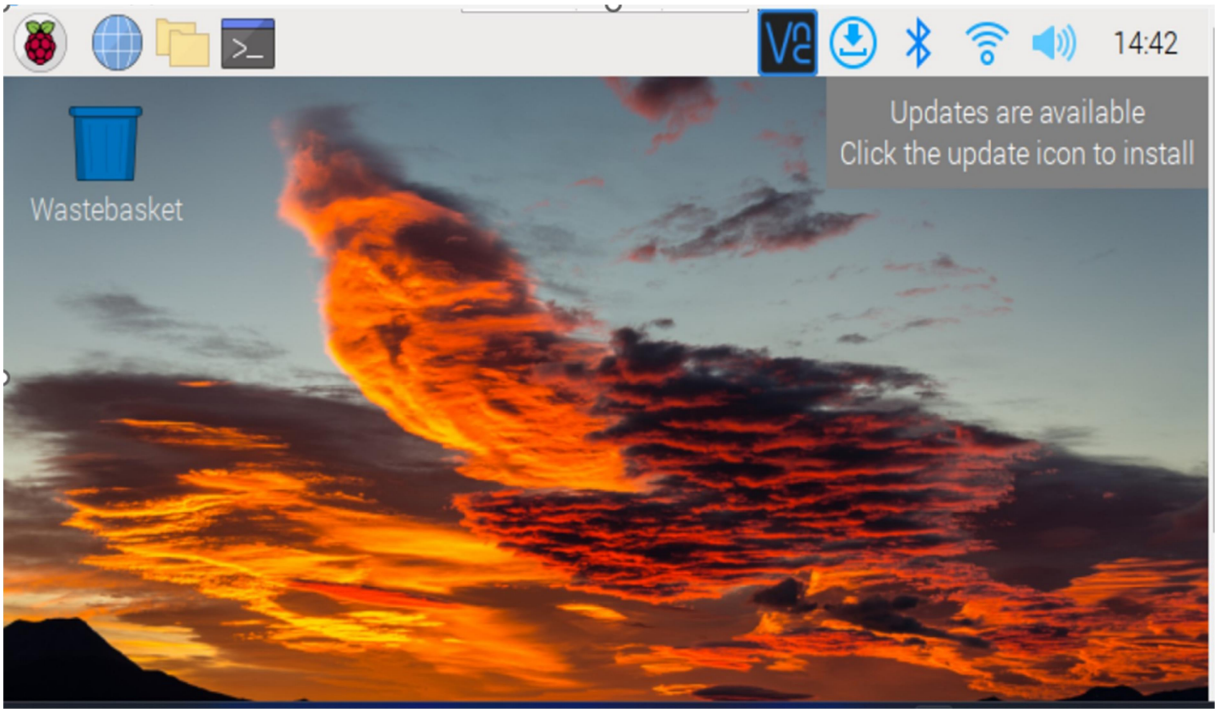


Figure. III.25 : Interface de bureau.

Nous avons utilisé le langage Python dans notre programmation

FigureIII.26 : pyhton logo

III.6.Définition de Python

Python est un langage de programmation largement utilisé dans les applications réseau, le développement de logiciels, la science des données et l'apprentissage automatique (ML). Les développeurs utilisent Python car il est efficace, facile à apprendre et peut fonctionner sur de nombreuses plates-formes différentes. Python est disponible en téléchargement gratuit et s'intègre bien à tous les types de systèmes et augmente la vitesse de développement. [39]

III.6.1 les avantages de Python ?

Les avantages de Python incluent :

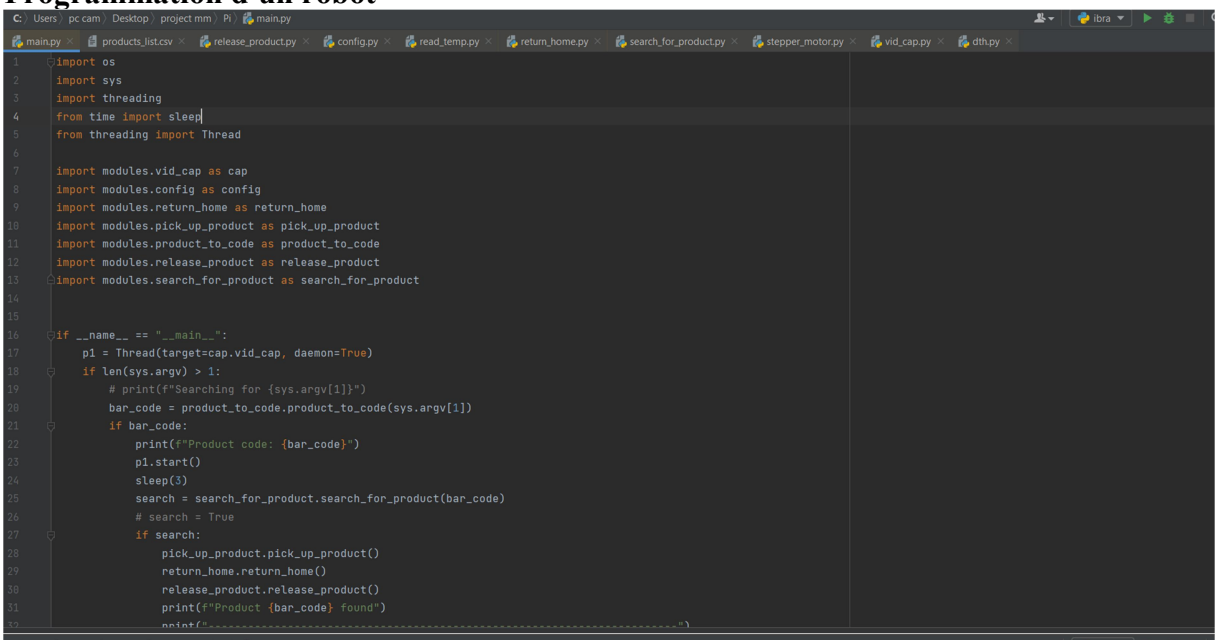
Python peut être lu et compris facilement par les développeurs car il a une syntaxe simple de type anglais.
Python rend les développeurs plus productifs car ils peuvent écrire un programme Python en utilisant moins de lignes de code que de nombreux autres langages.
Python dispose d'une grande bibliothèque standard qui inclut du code réutilisable pour presque toutes les tâches. En conséquence, les développeurs n'ont pas besoin d'écrire du code à partir de zéro.
Les développeurs peuvent facilement utiliser Python avec d'autres langages de programmation populaires tels que Java, C et C++.

Active Python compte des millions de développeurs dans le monde entier. Si vous rencontrez un problème, vous pouvez obtenir une assistance rapide de la communauté.

De nombreuses ressources utiles sont disponibles en ligne si vous souhaitez apprendre Python. Par exemple, vous pouvez facilement trouver des vidéos, des didacticiels, de la documentation et des guides de développement.

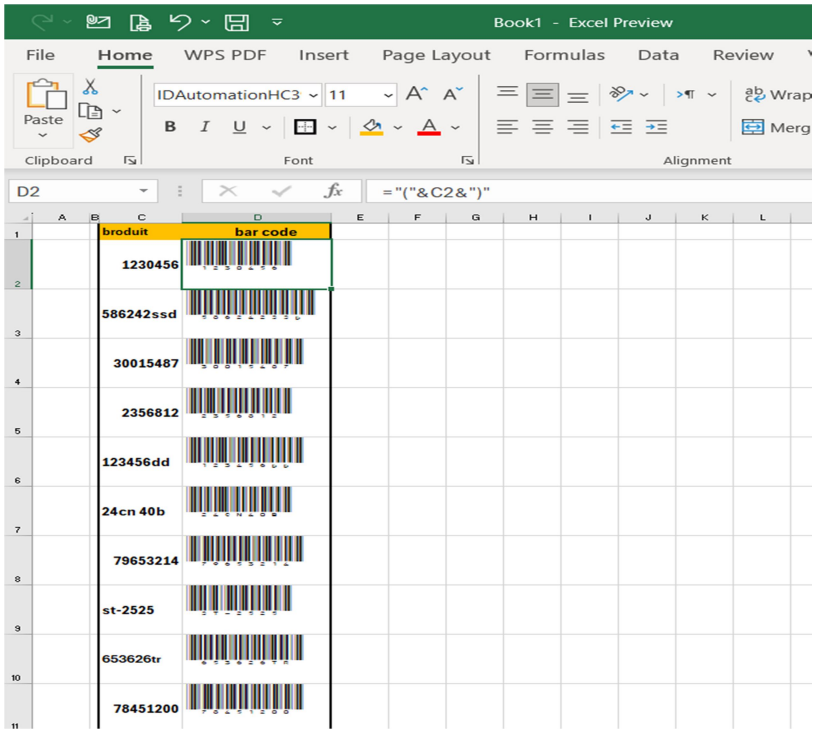
Python est portable sur différents systèmes d'exploitation informatiques, tels que Windows, macOS, Linux et Unix.

Programmation d'un robot



```python
import os
import sys
import threading
from time import sleep
from threading import Thread

import modules.vid_cap as cap
import modules.config as config
import modules.return_home as return_home
import modules.pick_up_product as pick_up_product
import modules.product_to_code as product_to_code
import modules.release_product as release_product
import modules.search_for_product as search_for_product


if __name__ == "__main__":
    p1 = Thread(target=cap.vid_cap, daemon=True)
    if len(sys.argv) > 1:
        # print(f"Searching for {sys.argv[1]}")
        bar_code = product_to_code.product_to_code(sys.argv[1])
        if bar_code:
            print(f"Product code: {bar_code}")
            p1.start()
            sleep(3)
            search = search_for_product.search_for_product(bar_code)
            # search = True
            if search:
                pick_up_product.pick_up_product()
                return_home.return_home()
                release_product.release_product()
                print(f"Product {bar_code} found")
                print("--------------------------------------------------------------------------")
                exit()
            else:
                print(f"Product {bar_code} not in stock")
                exit()
        else:
            print("Poduct Invalid")
    else:
        p1.start()
        config.tag_read_flag = False
        while config.standby_flag:
            while not config.tag_read_flag:
                os.system("clear")
                print("Ready to read Barcode...")
                sleep(0.5)
            bar_code = config.tag_code
            sleep(1)
            if bar_code:
                search = search_for_product.search_for_product(bar_code)
                if search:
                    pick_up_product.pick_up_product()
                    return_home.return_home()
                    release_product.release_product()
                    print(f"Product {bar_code} found")
                    print("--------------------------------------------------------------------------")
                    exit()
                else:
                    print(f"Product {bar_code} not in stock")
                    exit()
```

Convertir les produits en codes-barres par excel



III.7 résultats :

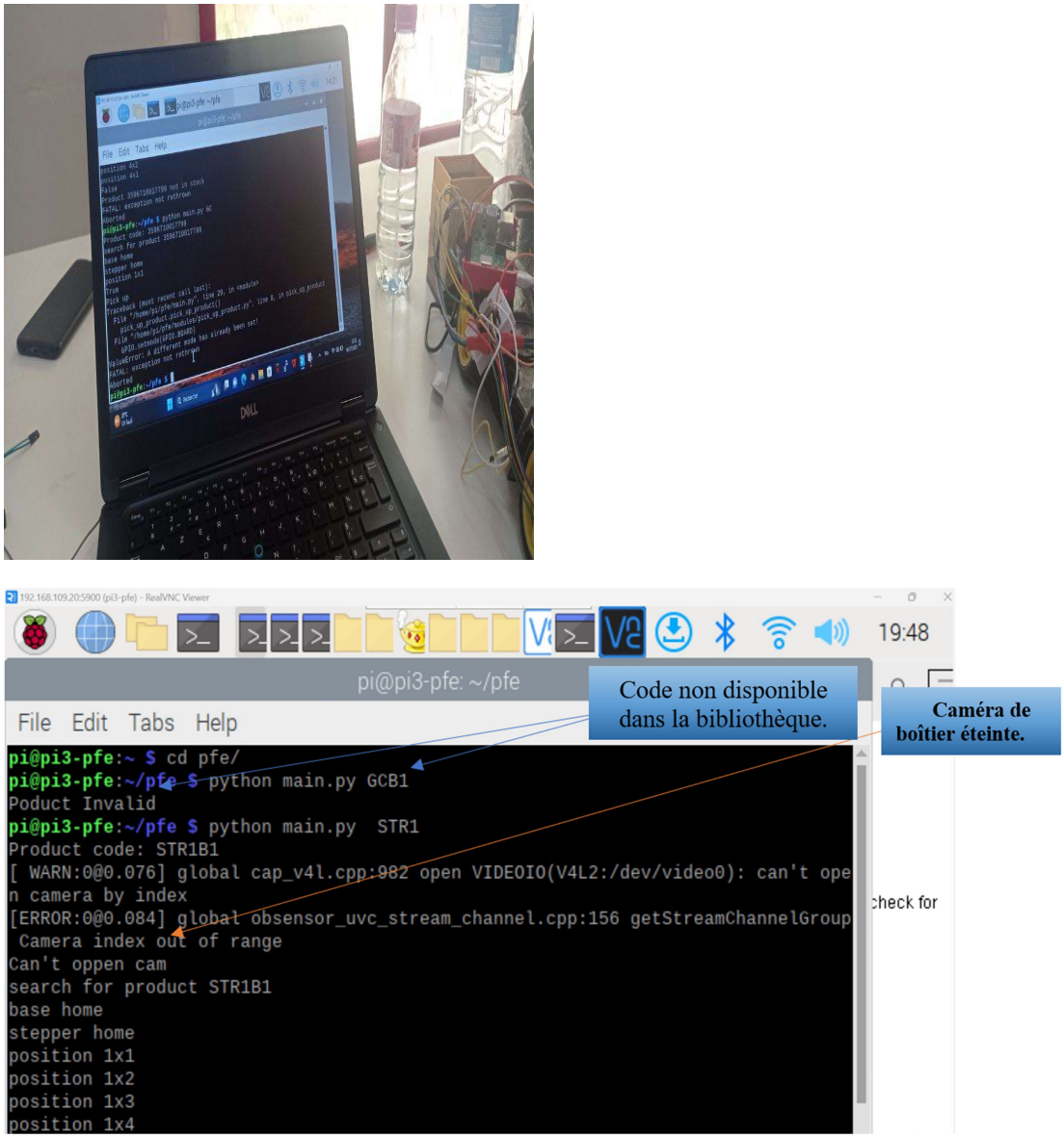


Figure. III.27 : Interface pour rechercher un fichier de stockage dans la base de données.

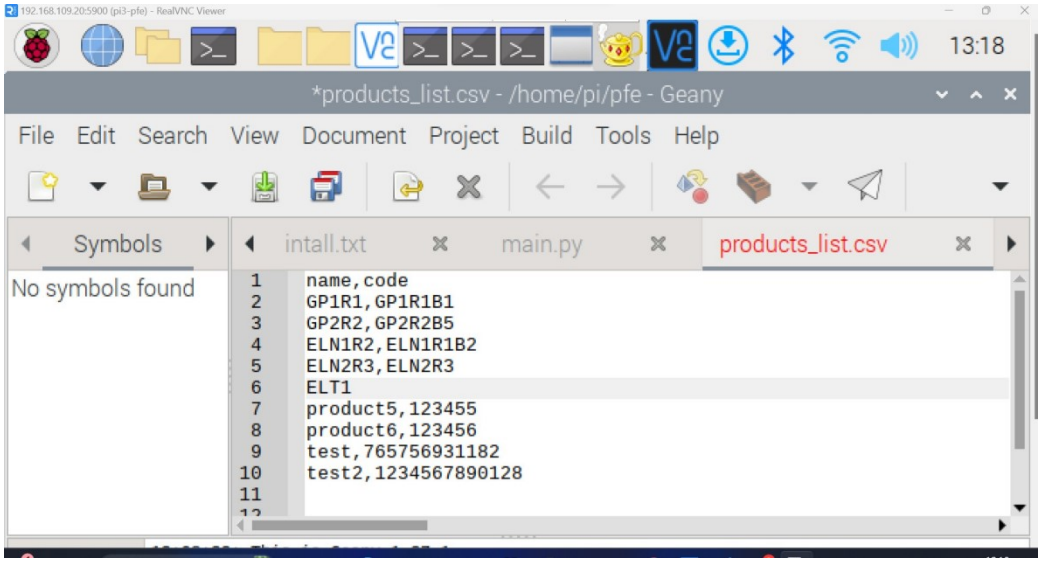


Fig.ure III.28: la base de données.

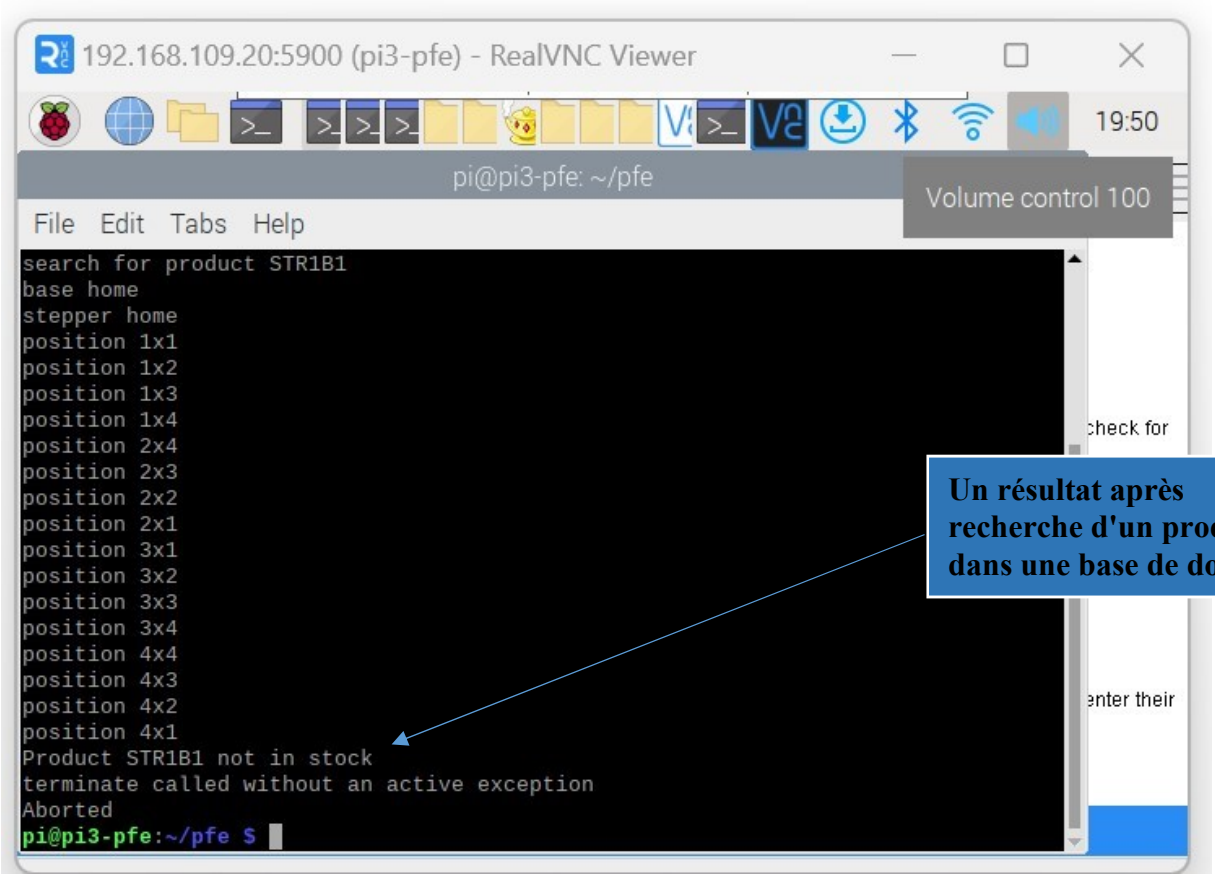


Figure.III.29 : Entrez le code et recherchez-le au cas où la caméra serait éteinte

Conclusion générale

Dans cette étude nous avons réalisées la gestion des stocks par l'intelligence artificielle, avec un robot qui fait les taches suivantes :

1) Stocker les produits
2) Ramener les produits demandés
3) Enregistrés les places vacantes du stock

La réalisation de ce robot comporte deux phases, phase Hardwar (matériel) et la phase software(programmation).
Pour la phase Hardwar : Apres avoir finaliser la conception de notre robot, en tenant compte de la qualité des composants et leur disponibilités, nous avons imprimés notre robot en 3 D avec la matière filmons, Ensuite nous avons faits le câblage des composants. Les problèmes que nous avons rencontrés dans cette phase sont : premièrement la non disponibilité des composants, ce qui nous a forcés a utiliser d'autre composants qui ne possèdent pas les caractéristiques voulues.
Pour la phase softwar dans cette phase nous avons rencontrés des problèmes dans la programmation car nous avons utilisés des logiciels nouveaux pour nous et que nous n'avons utilisés durant notre formation. Et donc nous avons été obligés d'apprendre ces logiciels pour pouvoir faire la programmation de notre robot. Nous avons rencontrés un autre problème qui concerne la synchronisations entre les différents programmes, tel que les programmes des servo moteur du robot qui soulèvent les produits stokes ou ramenés ne sont pas syhnchronisés ce qui crée une erreur de la localisation de la place du stock. Ce problème est du a la qualités des composants disponibles.
Le langage de la programmation que nous avons utilisés est le Python qui est puissant et facile à apprendre.

Le composant principal dans la phase Hardwar est le Raspberry, qui est un petit système informatique open source utilisé pour programmer le lecteur de barre de code à l'aide d'une caméra, de contrôle et de coordonner le travail.

Nous ajouterons d'autres difficultés que nous rencontrés dans projet de fin d'étude et qui sont :

- Le problème de l'équilibre des robots.
- La non disponibilité d'équipements, de machines
- Les prix élevés des composants et des équipements

Références bibliographiques

[1] Logistique et l' e-commerce : étude de cas Amazon, GUESMIA EL HADJ, mémoire de fin d'études pour l'obtention de MASTER LOGISTIQUE ET TRANSPORT INTERNATIONAL 2017 –2018

[2]Bacquet, J. M. (2021). La redécouverte du défi logistique militaire. *Briefings de l'IFRI, LRD*, *26*.

[3]DUHAMEL, Christophe, LACOMME, Philippe, et PRODHON, Caroline. Problème de tournées de véhicules à flotte hétérogène limitée et gestion des stocks intégrée. *Congrès ROADEF*, 2012.

[4]Dahbi, A., & Mouftah, H. T. (2016, May). Supply chain efficient inventory management as a service offered by a cloud-based platform. In *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-7). IEEE.

[5]Bayle, B. (2008). Robotique mobile. *Ecole Nationale Superieure de Physique de StrasbourgUniversite Louis Pasteur*, *2007*.

[6]Dion, D., & Michaud-Trévinal, A. (2004). Les enjeux de la mobilité des consommateurs: de la gestion des stocks à la gestion des flux de clientèle. *Décisions Marketing*, 17-27.

[7]Madre, F., Benoist, F., Chandesris, C., & Nicola, N. (2010). Place de l'immunohématologie dans la gestion de stock et la délivrance. *Transfusion clinique et biologique*, *17*(5-6), 341-344.

[8]HANANE, G. Conception et réalisation d'une application web pour la gestion de stock et de vente et d'achat des dattes.

[9]Benaouda, A., Zerhouni, N., & Varnier, C. (2006, April). Une approche multi-agents coopératifs pour la gestion des ressources matérielles dans un contexte multi-sites de e-manufacturing. In *6ème Conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation, MOSIM'06. Modélisation, Optimisation et Simulation des systèmes: défis et opportunités.* (No. sur CD ROM, pp. 8-pages).

[11]HAMIDI, A., & OUAHDI, B. E. (2018). *Impact de la gestion et de la valorisation des stocks sur le coût de production* (Doctoral dissertation).

[12]Gasnier, A. (2013). La fonction commerciale dans les politiques de renouvellement des fronts d'eau urbains à Bordeaux et Saint-Nazaire: une résilience limitée?. In *Les Annales de la recherche urbaine* (Vol. 108, No. 1, pp. 82-95). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.

[13]Gasnier, A. (2013). La fonction commerciale dans les politiques de renouvellement des fronts d'eau urbains à Bordeaux et Saint-Nazaire: une résilience limitée?. In *Les Annales de la recherche urbaine* (Vol. 108, No. 1, pp. 82-95). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.

[14]Durand, B. (2013, May). EST-IL DESORMAIS POSSIBLE DE DRESSER UNE TYPOLOGIE DES PROCESSUS LOGISTIQUES DU B2C?. In *LOGISTIQUA*.

[15]BARA, Alexandre, *et al.* La gestion des stocks des médicaments au sein des pharmacies hospitalières: analyse des difficultés rencontrées au sein d'hôpitaux wallons. 2023.

[16]Irshad, R. R., Hussain, Z., Hussain, I., Hussain, S., Asghar, E., Alwayle, I. M., ... & Ali, A. (2024). Enhancing Cloud-Based Inventory Management: A Hybrid Blockchain Approach With Generative Adversarial Network and Elliptic Curve Diffie Helman Techniques. *IEEE Access*, *12*, 25917-25932.

[17]Briganti, G. (2023). Intelligence artificielle: une introduction pour les cliniciens. *Revue des Maladies Respiratoires*, *40*(4), 308-3

[18]ABRIANE, A., Rachid, Z. I. K. Y., & BAHIDA, H. (2021). Les déterminants de l'adoption de la digitalisation par les entreprises: Revue de littérature. *Revue Française d'Economie et de Gestion*, *2*(10).

[19]Lissillour, R., & Monod, E. (2024). L'instrumentalisation de la transparence: les jeux de pouvoirs lors de l'implémentation de l'intelligence artificielle. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, *30*(80), 79-114.

[20]Gandelin, M. (2020). Milieu et peuplement en Languedoc occidental du Néolithique à l'âge du Bronze. Projet collectif de recherche (2015). *ADLFI. Archéologie de la France-Informations. une revue Gallia*.

[21]Vitali-Rosati, M. (2024). De l'intelligence artificielle aux modèles de définition de l'intelligence. *Sens public*, (1722).

[22]Guitton, P., & Romero, M. (2021). Quelle place pour l'IA dans l'éducation?. *Lecture Jeune*, *180*.

[23]Zaraté, P. (2021). L'intelligence artificielle d'hier à aujourd'hui. *Droit social*, *2*(Dossier: L'IA dans l'entreprise: usages et régulations), 106-109.

[24]Ganascia, J. G. (2019). Peut-on contenir l'intelligence artificielle?. *Pouvoirs*, (3), 71-81.

[24]Chevalier, F., & Dejoux, C. (2021). Intelligence artificielle et Management des ressources humaines: pratiques d'entreprises. *Annales des Mines-Enjeux Numériques*, (15), 94-105.

[24]Frank, M. R. (2023). L'intelligence artificielle (IA) génératrice bouleverse les modèles de l'IA et du travail.

[26]LeCun, Y. (2016). L'apprentissage profond, une révolution en intelligence artificielle. *La lettre du Collège de France*, (41), 13

[27]Jaotombo, F. (2022). *Apports des méthodes de Machine Learning et de Deep Learning dans la prédiction des durées de séjours hospitalières et des ré-hospitalisations* (Doctoral dissertation, Aix Marseille Université (AMU)).

[28]Danneville, E. (2005). *Estimation de la direction d'arrivée d'un faisceau sur un réseau d'antennes en présence d'une réflexion parasite à l'aide de réseaux de neurones MLP*. École Polytechnique de Montréal.

[29]Rahimikhoob, A., Behbahani, S., & Nazarifar, M. H. (2008). Estimation of cooling degree days (CDDs) from AVHRR data and an MLF neural network. *Canadian Journal of Remote Sensing*, *34*(6), 596-600.

[29]BENTALEB, A. *Etude et commande d'un système PV connecté au réseau électrique utilisant les commandes directes de puissance* (Doctoral dissertation, UNIVERSITY OF KASDI MERBAH OUARGLA).
[30]Lafay, A., & Helloin, M. C. (2020). L'évaluation approfondie des difficultés d'apprentissage des mathématiques. *Enfance en difficulté*, *7*, 107-130.
[31]Langevin, C. (2022). Les technologies de l'intelligence artificielle au service des médias et des éditeurs de contenus: traitement du langage naturel (TAL). *I2D–Information, données & documents*, (1), 30-37.
[32]LAABASSI, K. (2022). *Intégration des techniques de la vision artificielle dans l'identification des grains de quelques variétés de blé en Algérie* (Doctoral dissertation).
[33]Teigens, V. (2020). *Intelligence artificielle générale* (Vol. 1). Cambridge Stanford Books.
[33]Espesson-Vergeat, B. (2021). L'intelligence artificielle et la blockchain au service de la sécurisation logistique des produits dans le secteur pharmaceutique. *Droit, Santé et Société*, *8*(2), 50-54.
[34]Batista, G. (2022). DURABILITÉ 4.0 ET TRANSPORT ROUTIER DE CARGAISON: L'ÉTAT DE L'ART DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE APPLIQUÉE À LA LOGISTIQUE INVERSE AU BRÉSIL.
[35]GHOUBACH, S., & EL AMINE, B. (2024). Le rôle de l'optimisation des coûts logistiques à l'amélioration de l'efficacité des opérations de la chaîne d'approvisionnement. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, *5*(4), 567-582.
[36]Ousmane, K. E. I. T. A., Aziz, E. K., & Hicham, E. A. (2023). REVOLUTION LOGISTIQUE: L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE TRANSFORME LE DERNIER KILOMETRE. *Revue Marocaine de Management, Logistique et Transport*, (6).
[37]https://www.mecalux.fr/blog/types-robots-entrepot
[38]Source flexqube.com
[39] https://aws.amazon.com/ar/what-is/python/

ANNEX

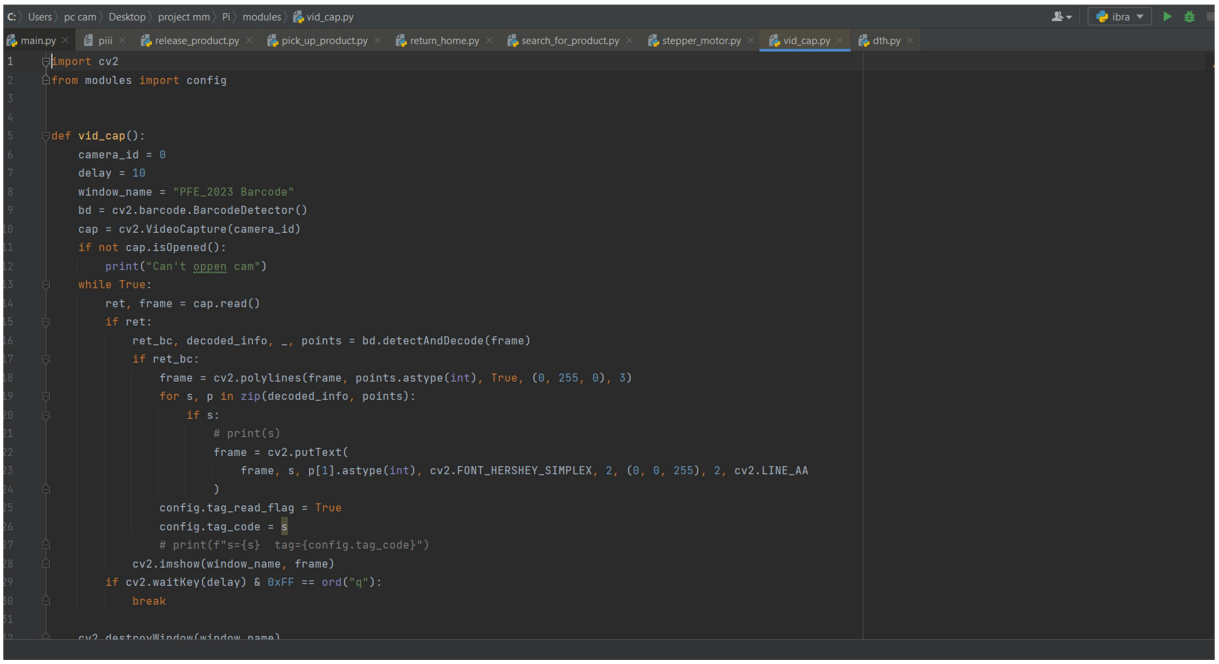
1 Programmation dc moteur

```python
import RPi.GPIO as gpio
import time

base_end_sw = 21


def init():
    gpio.setwarnings(False)
    gpio.setmode(gpio.BCM)
    gpio.setup(26, gpio.OUT)  # IN1
    gpio.setup(19, gpio.OUT)  # IN2
    gpio.setup(13, gpio.OUT)  # IN3
    gpio.setup(6, gpio.OUT)  # IN4
    gpio.setup(base_end_sw, gpio.IN, pull_up_down=gpio.PUD_UP)  # END switch gpio
    # gpio.setup(base_end_sw, gpio.IN, pull_up_down=gpio.PUD_DOWN)


def forward(sec):
    init()
    gpio.output(26, True)
    gpio.output(19, False)
    gpio.output(13, True)
    gpio.output(6, False)
    time.sleep(sec)
    stop_hard()


def reverse(sec):
    init()
    gpio.output(26, False)
```

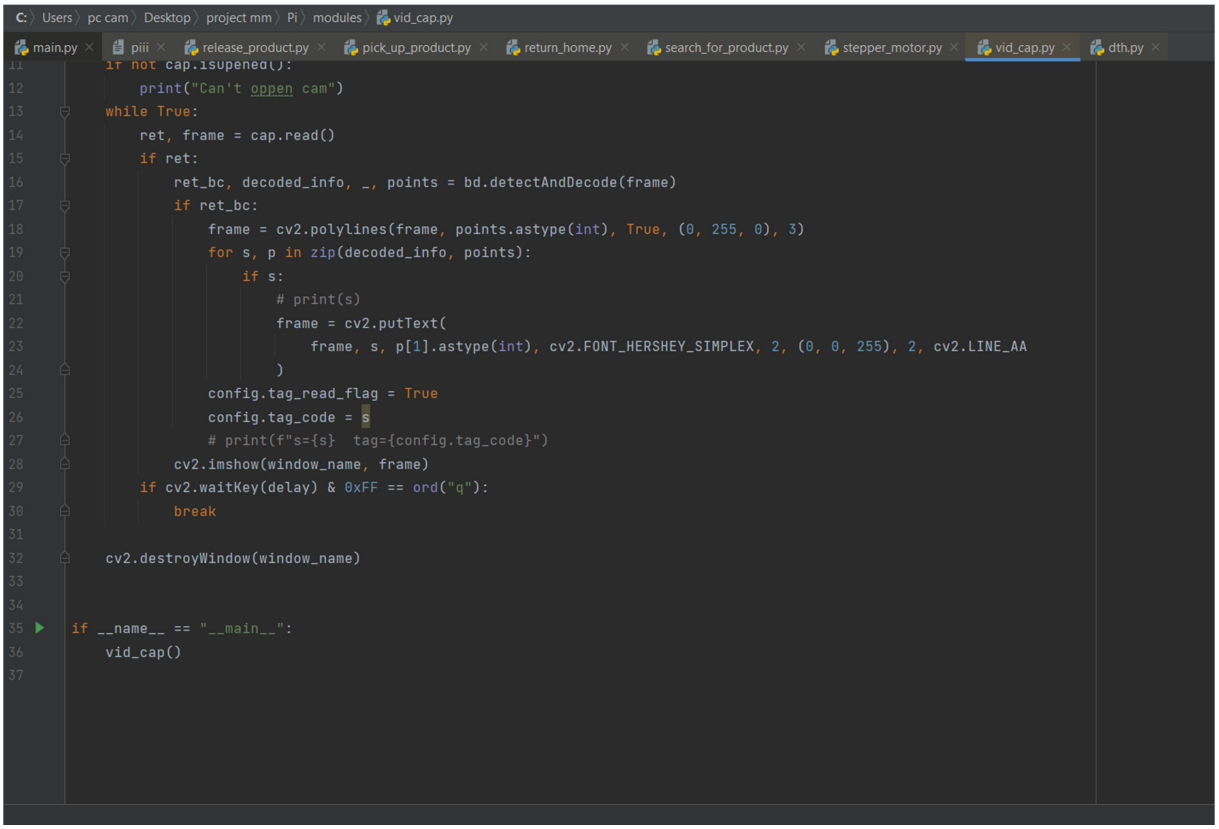
```python
def reverse(sec):
    init()
    gpio.output(26, False)
    gpio.output(19, True)
    gpio.output(13, False)
    gpio.output(6, True)
    time.sleep(sec)
    stop_hard()


def stop():
    init()
    gpio.output(26, False)
    gpio.output(19, False)
    gpio.output(13, False)
    gpio.output(6, False)


def stop_hard():
    init()
    gpio.output(26, True)
    gpio.output(19, True)
    gpio.output(13, True)
    gpio.output(6, True)


def home():
    init()
    print("base home")
    count = 3
```

```python
def home():
    init()
    print("base home")
    count = 3
    # TODO Add end switch for base
    while gpio.input(base_end_sw) and count:
        reverse(1)
        count -= 1
    stop_hard()


if __name__ == "__main__":
    print("Test base_motors.py")
    print("base home")
    home()
    time.sleep(1)
    print("forward")
    forward(0.5)
    print("Stop")
    stop()
    time.sleep(3)
    print("reverse")
    reverse(2)
    print("Hard Stop")
    stop_hard()
    time.sleep(3)
```

Programmation d'une caméra Raspberry

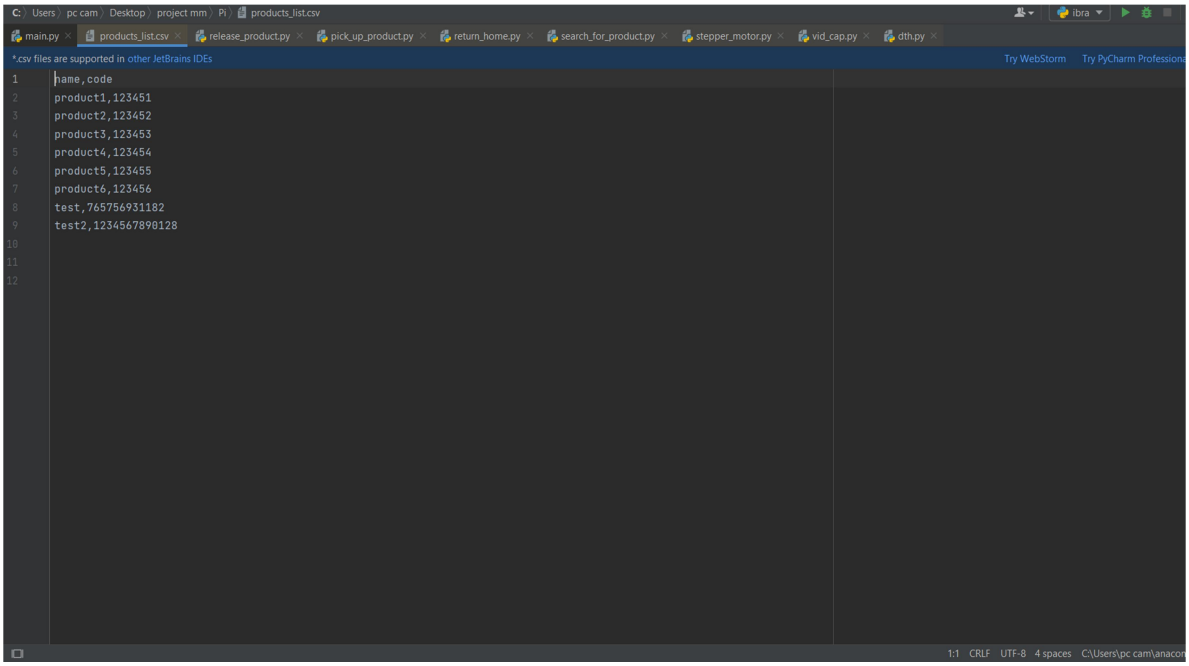


```python
import cv2
from modules import config


def vid_cap():
    camera_id = 0
    delay = 10
    window_name = "PFE_2023 Barcode"
    bd = cv2.barcode.BarcodeDetector()
    cap = cv2.VideoCapture(camera_id)
    if not cap.isOpened():
        print("Can't oppen cam")
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if ret:
            ret_bc, decoded_info, _, points = bd.detectAndDecode(frame)
            if ret_bc:
                frame = cv2.polylines(frame, points.astype(int), True, (0, 255, 0), 3)
                for s, p in zip(decoded_info, points):
                    if s:
                        # print(s)
                        frame = cv2.putText(
                            frame, s, p[1].astype(int), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 2, (0, 0, 255), 2, cv2.LINE_AA
                        )
                config.tag_read_flag = True
                config.tag_code = s
                # print(f"s={s}  tag={config.tag_code}")
            cv2.imshow(window_name, frame)
        if cv2.waitKey(delay) & 0xFF == ord("q"):
            break

    cv2.destroyWindow(window_name)
```

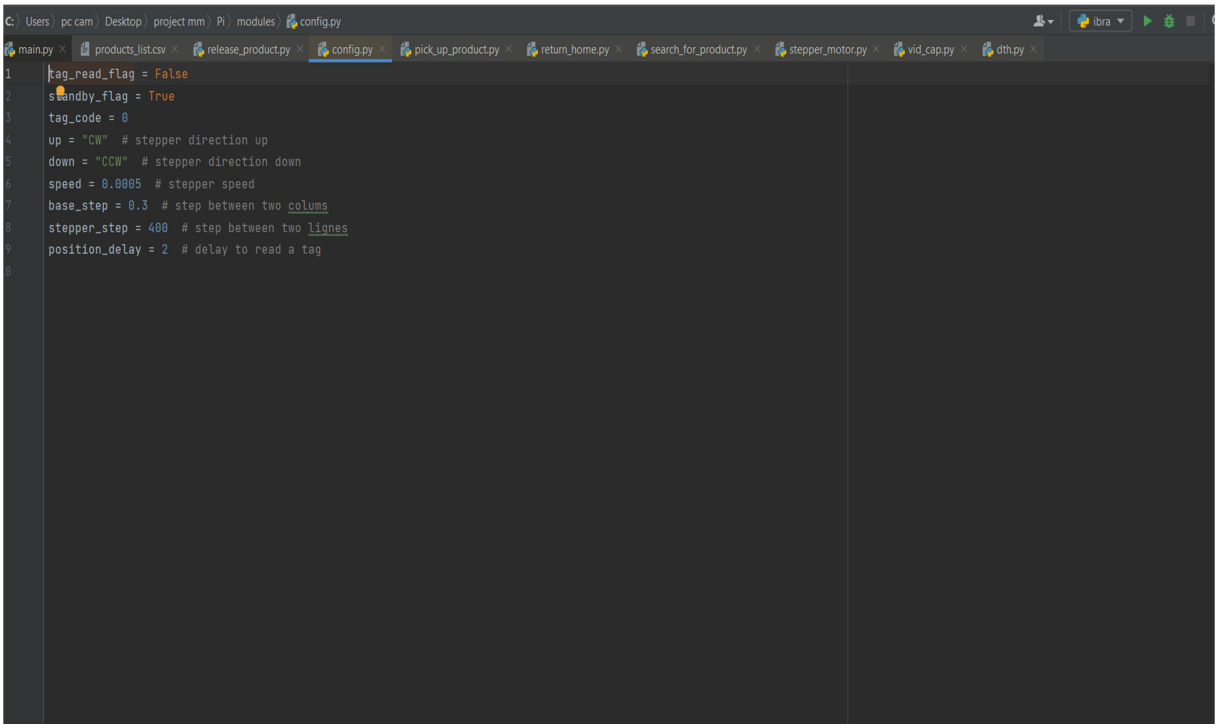


```python
    if not cap.isOpened():
        print("Can't oppen cam")
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if ret:
            ret_bc, decoded_info, _, points = bd.detectAndDecode(frame)
            if ret_bc:
                frame = cv2.polylines(frame, points.astype(int), True, (0, 255, 0), 3)
                for s, p in zip(decoded_info, points):
                    if s:
                        # print(s)
                        frame = cv2.putText(
                            frame, s, p[1].astype(int), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 2, (0, 0, 255), 2, cv2.LINE_AA
                        )
                config.tag_read_flag = True
                config.tag_code = s
                # print(f"s={s}  tag={config.tag_code}")
            cv2.imshow(window_name, frame)
        if cv2.waitKey(delay) & 0xFF == ord("q"):
            break

    cv2.destroyWindow(window_name)


if __name__ == "__main__":
    vid_cap()
```

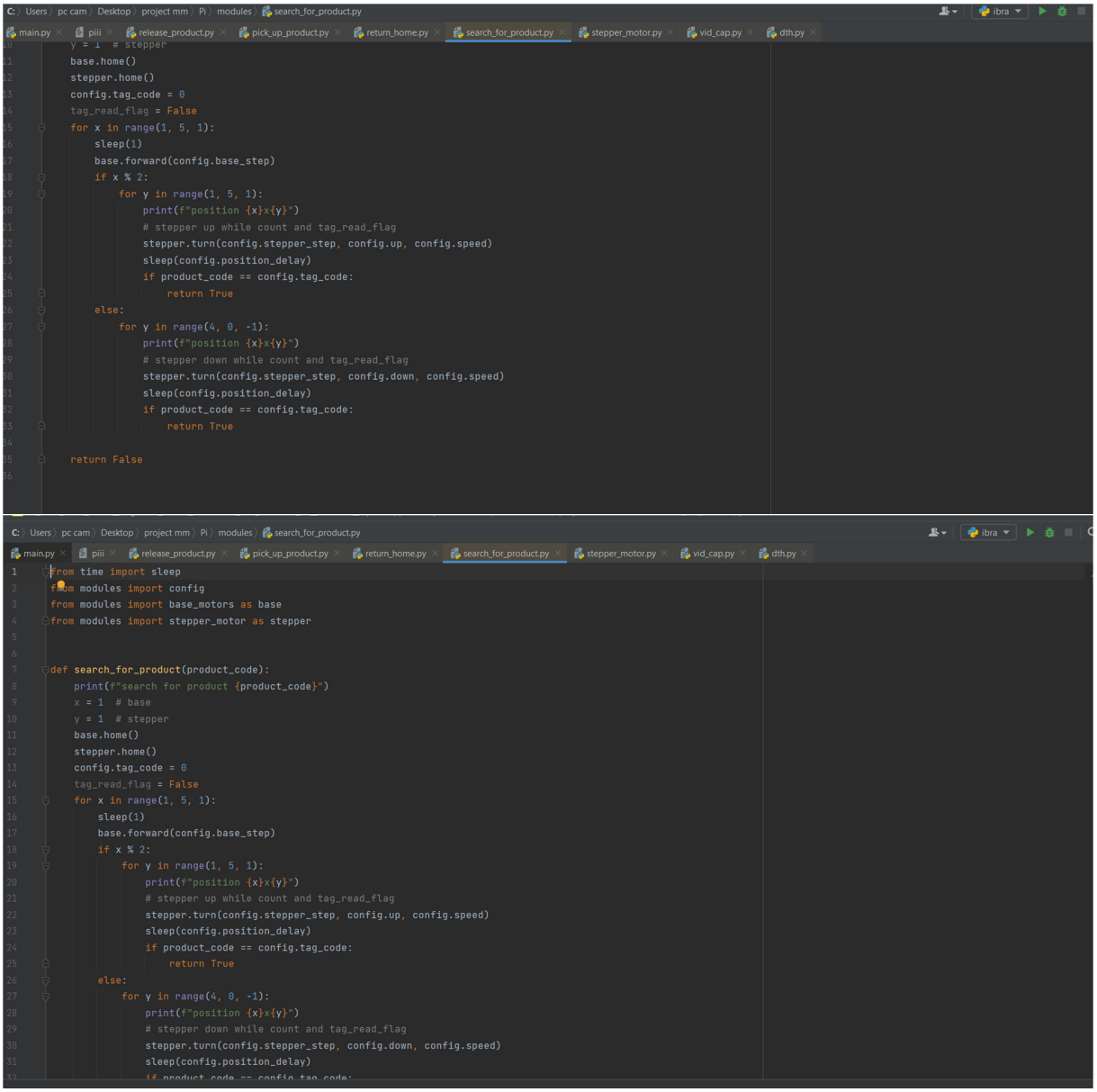
Programmation d'une base de données pour les produits



Programme des emplacements de produits



Programme de recherche de base de données



```
    y = 1  # stepper
    base.home()
    stepper.home()
    config.tag_code = 0
    tag_read_flag = False
    for x in range(1, 5, 1):
        sleep(1)
        base.forward(config.base_step)
        if x % 2:
            for y in range(1, 5, 1):
                print(f"position {x}x{y}")
                # stepper up while count and tag_read_flag
                stepper.turn(config.stepper_step, config.up, config.speed)
                sleep(config.position_delay)
                if product_code == config.tag_code:
                    return True
        else:
            for y in range(4, 0, -1):
                print(f"position {x}x{y}")
                # stepper down while count and tag_read_flag
                stepper.turn(config.stepper_step, config.down, config.speed)
                sleep(config.position_delay)
                if product_code == config.tag_code:
                    return True

    return False
```

```
from time import sleep
from modules import config
from modules import base_motors as base
from modules import stepper_motor as stepper


def search_for_product(product_code):
    print(f"search for product {product_code}")
    x = 1  # base
    y = 1  # stepper
    base.home()
    stepper.home()
    config.tag_code = 0
    tag_read_flag = False
    for x in range(1, 5, 1):
        sleep(1)
        base.forward(config.base_step)
        if x % 2:
            for y in range(1, 5, 1):
                print(f"position {x}x{y}")
                # stepper up while count and tag_read_flag
                stepper.turn(config.stepper_step, config.up, config.speed)
                sleep(config.position_delay)
                if product_code == config.tag_code:
                    return True
        else:
            for y in range(4, 0, -1):
                print(f"position {x}x{y}")
                # stepper down while count and tag_read_flag
                stepper.turn(config.stepper_step, config.down, config.speed)
                sleep(config.position_delay)
                if product_code == config.tag_code:
```

Programme de localisation de décharge