

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master**

Spécialité : Automatique Et Informatique Industrielle

**Présenté par :**

Boulifa Youcef

Ghenai Mohamed Abdelhamid

***Sujet du mémoire***

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME DE TRI**

*Soutenu publiquement le 03/07/2023 devant le jury composé de :*

**Mr, KOULALI Mostefa**

**Président**

**Mr, BERKANI Abderrahmane**

**Rapporteur**

**Mr, NEGADI Karim**

**Examineur**

**Mr, BEZEROUK Mohamed Amine**

**Directeur de l'incubateur**

**Mr, BOUDALI Abdelkader**

**Directeur de la chambre de commerce**

## Dédicace

Cette étude est entièrement dédiée à nos parents bien-aimés, qui ont été notre source d'inspiration et nous ont donné la force lorsque nous avons pensé à abandonner, qui nous apportent continuellement leur soutien moral, spirituel, émotionnel et financier. À nos frères, sœurs, parents, mentors, amis et camarades de classe qui ont partagé leurs conseils et leurs encouragements pour terminer cette étude. Et enfin, nous avons dédié cette thèse au Dieu Tout-Puissant, merci pour le pouvoir de l'esprit, de la protection et des compétences et pour nous avoir donné une vie saine. Tout cela, nous vous l'offrons.

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements à notre directeur de thèse **Mr. BERKANI Abderrahmane**, qui a accepté de proposer et de mener durant ce projet de fin d'études.

Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les enseignants, et à toutes les personnes qui ont guidé nos réflexions et accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions lors de nos travaux sur le projet de fin d'études.

Nous remercions nos frères et sœurs pour leurs encouragements et leur soutien inconditionnel.

Enfin, nous remercions tous nos amis pour leurs sincères amitiés.

# Sommaire

**Remerciements**

**Sommaire**

**Listes des figures**

**Introduction générale**

**Chapitre 1 : Généralité sur les systèmes automatisés**

<b>I.1 Introduction</b> .....	12
<b>I.2 Définition d'un système</b> .....	12
<b>I.3 L'automatisation</b> .....	14
<b>I.4 Objectif de l'automatisation</b> .....	14
<b>I.5 Les systèmes automatisés</b> .....	16
<b>I.6 Structure d'un système automatisé</b> .....	16
• <b>La partie commande (PC): (Chaîne d'information)</b> .....	17
• <b>La partie opérative (PO): (Chaîne d'énergie)</b> .....	18
• <b>La partie relation (PR): (Interface homme-machine)</b> .....	18
<b>I.7 Exemple sur les systèmes automatisés</b> .....	19
<b>I.8 Conclusion</b> .....	20

**Chapitre 2 : Intelligence artificielle dans les systèmes automatisés**

<b>II.1 Introduction</b> .....	22
<b>II.1.1. Intelligence artificielle faible (IA faible)</b> .....	22
<b>II.2.1. Intelligence artificielle forte (IA forte)</b> .....	22
<b>II.2 Les réseaux de neurones</b> .....	22
<b>II.3 Utilisation des réseaux de neurones dans les systèmes automatisés</b> .....	23
<b>II.3.1. Vision par ordinateur</b> .....	23
<b>II.3.2. Traitement du langage naturel</b> .....	23

II.3.3. Systèmes de recommandation.....	23
II.3.4. Prévisions et prédictions.....	24
II.3.5. Contrôle et automatisation industrielle.....	24
II.4 Types de réseaux de neurones.....	24
II.4.1. Réseaux de neurones multicouche (Multilayer Perceptron, MLP).....	24
II.4.2. Réseaux de neurones récurrents (Recurrent Neural Network, RNN).....	25
II.4.3. Réseaux de neurones convolutifs (Convolutional Neural Network, CNN)....	25
II.5 Architecture d'un Réseaux de neurones convolutifs CNN.....	25
II.5.1. Type de couche.....	26
Couche convolutionnelle (CONV).....	26
Pooling (POOL).....	27
Fully Connected (FC).....	27
II.5.2.Paramètre de filtre.....	28
Dimensions d'un filtre.....	28
Stride.....	28
Zero-padding.....	29
II.5.3.Réglage des paramètres.....	29
Compatibilité des paramètres dans la couche convolutionnelle.....	30
Comprendre la complexité du modèle.....	30
Champ récepteur.....	33
II.5.4.Détection d'objet.....	32
Types de modèles.....	32
Détection.....	32
Intersection sur Union.....	33
Zone d'accroche.....	34
Suppression non-max.....	34
YOLO.....	35
R-CNN.....	36
II.6 CONCLUSION.....	37

## Chapitre 3 : SIMULATION ET RÉALISATION PRATIQUE D'UN SYSTÈME DU TRI

<b>III.1 Introduction</b> .....	39
<b>III.2 Fonctionnement de système</b> .....	39
<b>III.3 Etude de système</b> .....	39
<b>III.3.1 Partie Matériel</b> .....	40
<b>III.3.1.1 Raspberry 4 PI</b> .....	40
<b>III.3.1.1.1 Configuration des broches du Raspberry Pi</b> .....	41
<b>III.3.1.1.2 Description des broches Raspberry Pi</b> .....	42
<b>III.3.1.1.3 Applications Raspberry Pi</b> .....	44
<b>III.3.1.1.4 Description de la carte Raspberry pi 4</b> .....	44
<b>III.3.1.1.5 Prise en charge de la communication moderne</b> .....	45
<b>III.3.1.1.6 Caractéristique de l'interface Rpi HDMI</b> .....	45
<b>III.3.1.1.7 Rpi autres périphériques principaux</b> .....	45
<b>III.3.1.2 Caméra</b> .....	46
<b>III.3.1.3 Écran</b> .....	46
<b>III.3.2 Partie Programmation</b> .....	47
<b>III.3.2.1 Python</b> .....	47
<b>III.3.1.2 YOLO (You Only Look Once)</b> .....	48
<b>III.3.1.2.1 Pourquoi choisissons-nous YOLOv8</b> .....	48
<b>III.3.1.2.2 Architecture YOLOv8</b> .....	49
<b>III.3.1.2.3 Précision YOLOv8</b> .....	51
<b>III.4 L'exécution du système</b> .....	52
<b>III.4.1 Installation du YOLO</b> .....	52
<b>III.4.2 Ensemble de données d'entraînement</b> .....	53
<b>III.5 Validation</b> .....	54
<b>III.5.1 Analyser les performances du modèle</b> .....	54
<b>III.6 Résultat final</b> .....	56
<b>III.7 Conclusion</b> .....	58

## Listes des figures

Figure I. 1 système manuel	11
Figure I. 2 système mécanisé	12
Figure I. 3 système automatisé	12
Figure I. 4 Procédé automatisé	16
Figure I. 5 Forme commerciale des composants de la partie commande	17
Figure II. 1 réseaux de neurones	
Figure II. 1 Neurone biologique, Neurone artificiel	22
Figure II. 2 Réseau de neurones formels de type Perceptron multicouche	23
Figure II. 3 Réseau de neurones récurrents	24
Figure II. 4 les couche de CNN	24
Figure II. 5 Couche convolutionelle	25
Figure II. 6 Couche fully connected	26
Figure II. 7 Filtre	27
Figure II. 8 Stride	27
Figure II. 9 Paramètre dans la couche convolutionelle	28
Figure II. 10 Fonction d'IoU	32
Figure II. 11 suppression non-max	33
Figure II. 12 D'détection d'Object avec YOLO	34
Figure II. 13 détection d'object avec R-CNN	34
Figure III. 1 schéma fonctionnel global	37
Figure III. 2 schema globale de la réalisation	38
Figure III. 3 Raspberry avec camera	38
Figure III. 4 carte raspberry	39
Figure III. 5 schéma de brochage	39
Figure III. 6 périphériques pris en charge par Raspberry Pi 4	42
Figure III. 7 caméra	44
Figure III. 8 écran	44
Figure III. 9 Anchor box and Bounding box	47
Figure III. 10 YOLOv8 COCO evaluation	49
Figure III. 11 commande de Raspberry	50
Figure III. 12 yaml fichier	51
Figure III. 13 le code python pour entraînement	51
Figure III. 14 matrice de confusion	52
Figure III. 15 graphe de précision	53
Figure III. 16 mur dattes	54
Figure III. 17 mur et non mur dattes	54

# **INTRODUCTION GENERALE**



Dans notre société moderne, nous sommes constamment confrontés à une quantité massive de données provenant de diverses sources, telles que les médias sociaux, les systèmes de gestion d'entreprise, les bases de données scientifiques et bien d'autres. Face à cet afflux incessant d'informations, il devient essentiel de disposer de systèmes efficaces de tri automatique pour organiser, analyser et extraire des connaissances utiles de ces données.

La nécessité d'un système de tri automatique est omniprésente dans de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Voici quelques exemples pour illustrer son importance :

1. Gestion des e-mails et des messages : Les systèmes de messagerie électronique sont des outils essentiels pour la communication professionnelle et personnelle. Cependant, trier manuellement une boîte de réception encombrée peut prendre beaucoup de temps. Un système de tri automatique peut classer les e-mails en fonction de critères prédéfinis tels que l'expéditeur, l'objet, les mots-clés, les pièces jointes, etc., ce qui permet de gagner du temps et de faciliter la recherche d'informations importantes.

2. Analyse des données commerciales : Les entreprises collectent d'énormes quantités de données liées à leurs opérations, à leurs ventes, à leurs clients, etc. Un système de tri automatique peut être utilisé pour organiser et classer ces données en fonction de différents critères, tels que le chiffre d'affaires, la région géographique, le type de client, etc. Cela permet aux entreprises de prendre des décisions éclairées basées sur des données triées et d'identifier des tendances ou des opportunités potentielles.

3. Gestion des médias sociaux : Les médias sociaux sont devenus une plateforme incontournable pour le partage d'informations, les interactions sociales et le marketing. Les utilisateurs sont confrontés à un flux continu de contenus provenant de différentes sources. Un système de tri automatique peut filtrer et organiser les publications en fonction des préférences de l'utilisateur, des sujets d'intérêt ou des interactions passées, offrant ainsi une expérience personnalisée et ciblée.

4. Recherche d'informations : Lorsque nous effectuons des recherches en ligne, il est souvent nécessaire de trier les résultats en fonction de la pertinence, de la date, de la source, etc. Un système de tri automatique peut aider à classer les résultats de recherche en fonction de ces critères, facilitant ainsi la recherche d'informations pertinentes et récentes.

En résumé, la nécessité d'un système de tri automatique dans notre vie est de plus en plus cruciale à mesure que nous sommes confrontés à une surabondance d'informations. Ce système permet d'organiser, d'analyser et de traiter efficacement les données, ce qui conduit à une meilleure prise de décision, à des gains de temps et à une amélioration de l'expérience utilisateur. Il contribue également

à l'exploitation efficace des ressources et des connaissances contenues dans les données, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans divers domaines tels que les affaires, la recherche scientifique, la gestion de l'information et bien d'autres encore.

Aujourd'hui, avec le soutien du développement de la puissance de calcul, l'analyse de données volumineuses à l'aide de neurones les réseaux ont obtenu un grand succès, en particulier la classification des images, les méthodes traditionnelles ne peuvent pas gérer Big Data bien. De nouvelles méthodes pour le big data sont impératives. Les cerveaux humains sont naturellement d'excellents mégadonnées processeurs. Les réseaux de neurones sont des répliques informatiques des principes d'analyse de données volumineuses chez l'homme. Cerveaux. Les réseaux de neurones sont les méthodes les plus efficaces pour l'analyse de données volumineuses. Simulation neuronale structure dans le cerveau pour construire des modèles de structure de réseau neuronal et simuler des mécanismes de mémoire dans le cerveau pour développer des algorithmes d'apprentissage.

Le but de notre projet est l'utilisation de YOLOv8 pour classer des images big data en parallèle et traitement distribué basé sur des réseaux de neurones pour la classification d'images. Ainsi, cette thèse est

Organisé comme suit :

- ❖ Le premier chapitre : nous fournissons une introduction et une définition de l'automatique et les systèmes.
- ❖ Dans le deuxième chapitre : nous connaissons la relation entre les systèmes automatisés et l'intelligence artificielle, puis nous description les réseaux de neurones.
- ❖ Le troisième chapitre est consacré à montrer la partie expérimentale de notre travail depuis les étapes d'installer YOLOv8 à la méthode de mise en œuvre de notre application « Classification des images avec réseaux de neurones » et nous discutons des différents résultats obtenus à la fin nous terminons par une conclusion.

# CHAPITRE I

## Généralité sur les systèmes automatisés

## I.1 Introduction

Les automatismes jouent un rôle essentiel dans l'industrie moderne, offrant une solution incontournable pour accomplir des tâches répétitives, pénibles et dangereuses au quotidien. Leur rapidité et leur précision parfois surhumaines permettent d'accomplir des actions inaccessibles à l'homme. En conséquence, les automatismes sont devenus les garants de la productivité et de la sécurité.

Dans ce chapitre, nous abordons plusieurs idées importantes liées aux automatismes et aux systèmes automatisés. Ainsi que leur relation avec l'intelligence artificielle.

## I.2 Définition d'un système

Un système est un ensemble d'éléments qui interagissent entre eux et avec l'environnement dans le but de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matières premières dans un contexte donné. Il peut être représenté graphiquement comme un ensemble de composants en interaction.

Dans l'évolution des systèmes, on passe d'un système manuel, où les opérations sont réalisées par des actions humaines directes, à un système mécanisé où des machines sont utilisées pour réaliser certaines tâches. Ensuite, on arrive au système automatisé où les actions sont effectuées par des automates ou des systèmes informatisés.

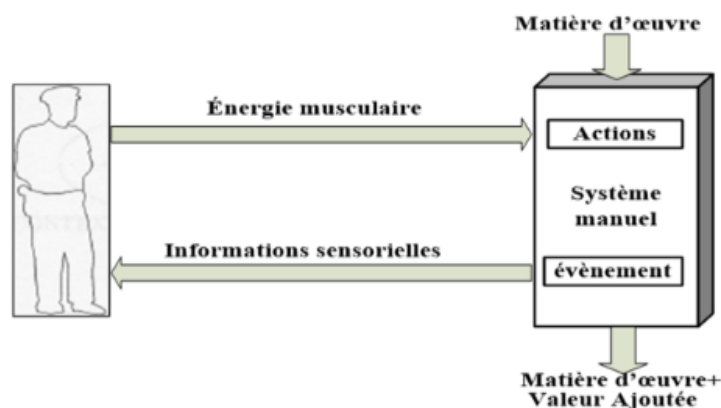


Figure I.1 système manuel

La matière première utilisée dans un système peut revêtir différentes formes, telles que des produits (solides, liquides ou gazeux), de l'énergie (électrique, pneumatique, thermique) ou de l'information (écrite, physique, audiovisuelle, etc.). Ces éléments sont transformés et traités dans le système pour ajouter de la valeur.

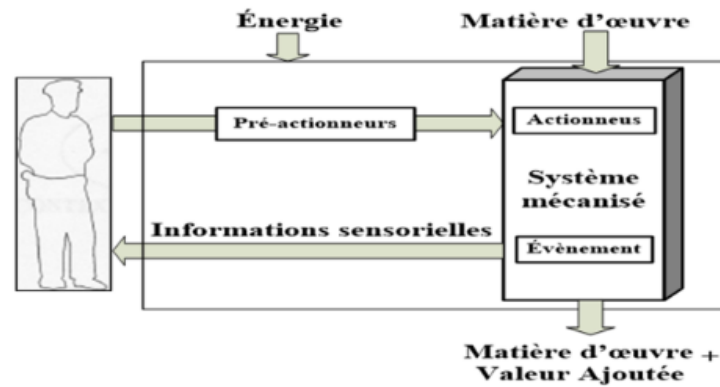


Figure I.2 système mécanisé

La valeur ajoutée peut être obtenue par des modifications physiques, telles que la conversion d'énergie, des traitements mécaniques (usinage, broyage), chimiques ou biologiques, ou des traitements thermiques. Elle peut également résulter d'un arrangement particulier, comme le montage, l'assemblage, la manutention, le transport ou le stockage des éléments. De plus, la valeur ajoutée peut être obtenue par le prélèvement d'informations, tels que la lecture, la mesure ou le contrôle.

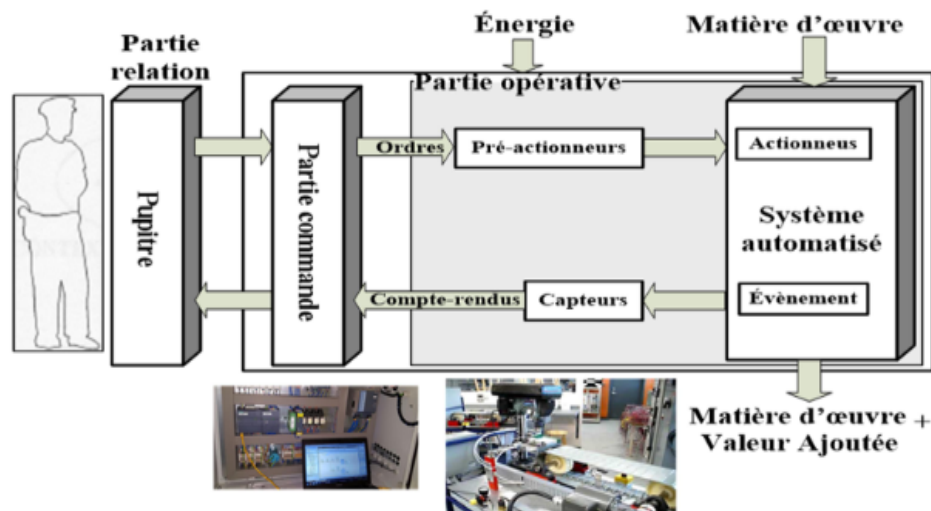


Figure I. 3 système automatisé

L'environnement ou le contexte dans lequel le système opère joue un rôle essentiel dans son fonctionnement. Il peut s'agir du contexte physique, social, économique, etc. L'environnement influence la qualité et/ou la quantité de la valeur ajoutée produite par le système.

### I.3 L'automatisation

Un automate, dans le contexte de l'automatisation, désigne un système ou un ensemble de techniques visant à réduire ou éliminer le besoin d'intervention humaine dans un processus qui nécessitait traditionnellement une telle intervention. L'automatisation industrielle repose sur l'exécution de tâches par des machines, avec pour objectif d'améliorer les opérations réalisées par les opérateurs, tout en accroissant la productivité et en améliorant la qualité. Grâce à l'automatisation, les activités répétitives, fastidieuses ou dangereuses peuvent être réalisées de manière efficace, rapide et précise, sans dépendre entièrement de l'intervention humaine. Cela permet d'optimiser les processus, d'augmenter la rentabilité et de garantir un niveau de sécurité élevé.

### I.4 Objectif de l'automatisation

L'automatisation vise à atteindre plusieurs objectifs clés :

- ❖ **Limiter le facteur humain** : L'automatisation vise à simplifier le travail humain en éliminant les tâches monotones, répétitives ou dangereuses. Cela permet aux travailleurs de se concentrer sur des activités plus complexes et à plus forte valeur ajoutée.
  
- ❖ **Augmenter la productivité** : En automatisant les processus, il est possible d'accroître l'efficacité et la vitesse d'exécution des tâches. Les machines automatisées peuvent souvent accomplir des actions plus rapidement et avec une précision supérieure à celles réalisées manuellement, ce qui entraîne une augmentation de la productivité globale.
  
- ❖ **Économiser l'énergie et la matière** : L'automatisation permet d'optimiser l'utilisation des ressources, en réduisant les gaspillages d'énergie et de matières premières. Cela se traduit par des coûts de production plus bas, ce qui peut être bénéfique pour le produit final.
  
- ❖ **Éliminer les tâches répétitives** : Les tâches monotones et répétitives peuvent être automatisées, ce qui libère les travailleurs de ces activités fastidieuses. Cela contribue à améliorer leur satisfaction au travail et leur permet de se concentrer sur des tâches plus stimulantes et créatives.

- ❖ **Effectuer les tâches les plus dangereuses** : Les machines automatisées peuvent prendre en charge les tâches dangereuses ou potentiellement nocives pour les travailleurs, réduisant ainsi les risques d'accidents et de blessures.
  
- ❖ **Augmenter la sécurité** : L'automatisation peut intégrer des systèmes de sécurité avancés pour prévenir les accidents et minimiser les risques liés aux opérations industrielles. Cela contribue à garantir un environnement de travail plus sûr pour les employés.
  
- ❖ **Réaliser des opérations impossibles à contrôler manuellement** : Certaines tâches complexes nécessitent une précision et une rapidité d'exécution qui dépassent les capacités humaines. L'automatisation permet de réaliser ces opérations impossibles à contrôler manuellement, ouvrant ainsi de nouvelles possibilités dans divers domaines.
  
- ❖ **Obtenir une régularité dans les produits fabriqués** : Les machines automatisées sont capables de maintenir une constance et une précision élevées dans la production, ce qui permet d'obtenir des produits finis de qualité uniforme et conformes aux spécifications.
  
- ❖ **Améliorer la qualité de la production** : L'automatisation peut intégrer des systèmes de contrôle et de surveillance avancés, permettant de détecter les défauts et les erreurs de manière plus précise et efficace. Cela contribue à améliorer la qualité globale de la production et à réduire les marges d'erreur.

En résumé, l'automatisation vise à simplifier le travail humain, à augmenter la productivité, à réduire les coûts, à améliorer la sécurité et la qualité, et à permettre des opérations plus efficaces et précises dans différents secteurs industriels.

## **I.5 Les systèmes automatisés**

Un système automatisé est un ensemble d'éléments qui fonctionnent de manière coordonnée pour exécuter des actions programmées, permettant ainsi de passer d'une situation initiale à une situation finale sans nécessiter l'intervention humaine directe. Ces systèmes sont conçus pour effectuer des tâches spécifiques de manière autonome, en suivant des instructions préalablement définies.

Parmi les exemples courants de systèmes automatisés, on peut citer le distributeur de billets, qui délivre de l'argent liquide et effectue des opérations bancaires sans la présence d'un employé. Les barrières de parking automatisées sont également un exemple de système automatisé, où les véhicules peuvent entrer et sortir d'un parking en fonction des signaux électroniques ou de cartes d'accès.

Les robots industriels sont un autre exemple de système automatisé. Ils sont programmés pour effectuer des tâches complexes et répétitives dans les chaînes de production, comme l'assemblage de pièces, le soudage ou la manipulation de charges lourdes. Les robots peuvent fonctionner de manière autonome et sont souvent équipés de capteurs pour interagir avec leur environnement.

En résumé, les systèmes automatisés regroupent un large éventail d'applications, allant des dispositifs de libre-service aux robots industriels avancés. Ils permettent d'exécuter des tâches spécifiques sans intervention humaine directe, offrant ainsi des avantages en termes d'efficacité, de précision et de réduction des risques.

## **I.6 Structure d'un système automatisé**

Un système automatisé peut être décomposé en trois grandes parties :



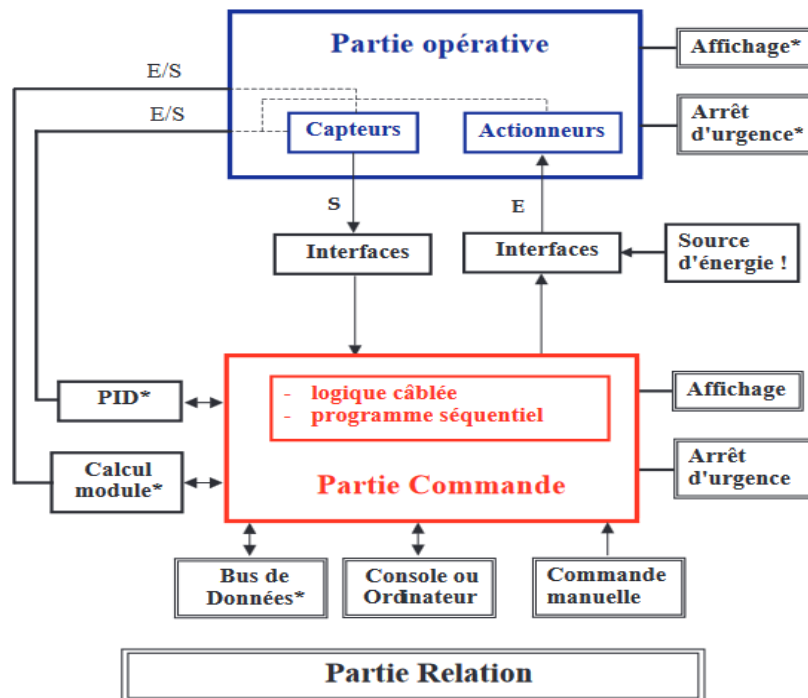


Figure I. 4 Procédé automatisé

### La partie commande (PC): (Chaîne d'information)

La partie commande est responsable de la collecte, du traitement et de la gestion des informations dans un système automatisé. Elle comprend les composants tels que les boîtiers de commande, les microprocesseurs ou les ordinateurs. La partie commande capte les informations à partir du programme qu'elle contient, des données des capteurs et des consignes données par l'utilisateur ou l'opérateur. Elle traite ces informations et génère des ordres pour la partie opérative.

La partie commande se compose de plusieurs blocs fonctionnels, tels que les interfaces d'entrée, les interfaces de sortie, les pré actionneurs et l'unité de traitement. Les interfaces d'entrée permettent la réception des informations, les interfaces de sortie transmettent les ordres vers la partie opérative, les pré actionneurs assurent les actions préliminaires nécessaires et l'unité de traitement effectue le traitement des données et la génération des ordres.

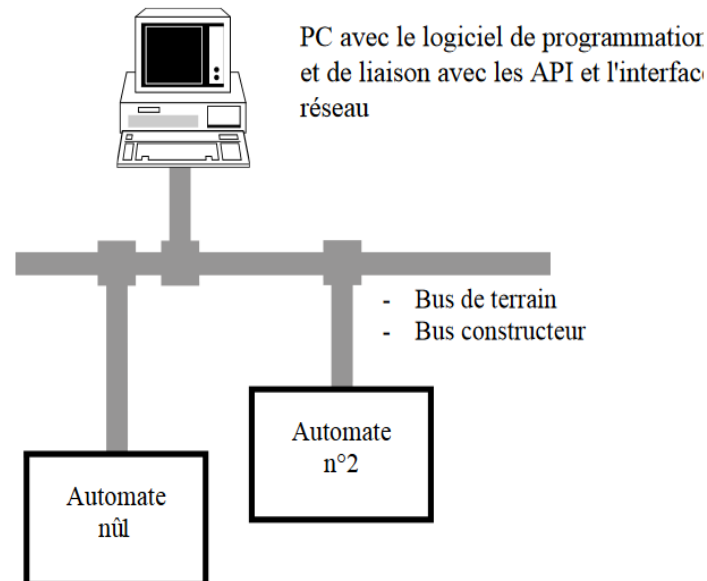


Figure I. 5 Forme commerciale des composants de la partie commande

### **La partie opérative (PO): (Chaîne d'énergie)**

La partie opérative est responsable de la réalisation des actions physiques dans un système automatisé. Elle comprend l'unité de production, les actionneurs et les capteurs. L'unité de production est responsable de la production des biens ou services du système automatisé. Les actionneurs sont des dispositifs qui convertissent les ordres de la partie commande en actions physiques concrètes, tels que des mouvements, des opérations ou des changements physiques. Les capteurs détectent les variables physiques ou les conditions de l'environnement et fournissent les informations nécessaires à la partie commande.

La partie opérative se décompose en plusieurs blocs fonctionnels, tels que l'unité de production, les actionneurs et les capteurs. Chaque bloc fonctionnel a un rôle spécifique dans la réalisation des actions du système automatisé.

### **La partie relation (PR): (Interface homme-machine)**

La partie relation est responsable de l'interaction entre le système automatisé et l'opérateur ou l'utilisateur humain. Elle comprend les éléments tels que les visualisations, les avertisseurs et les capteurs d'informations fournies par l'homme. La partie relation permet de définir les consignes, de surveiller l'évolution du système et d'effectuer des actions manuelles si nécessaire.

Les outils de description tels que le Guide d'Études des Modes de Marches et d'Arrêts (GEMMA) et les outils graphiques comme le GRAFCET sont utilisés dans la partie relation pour faciliter la programmation, le contrôle et la surveillance du système automatisé.

## I.7 Exemples sur les systèmes automatisés

- ❖ **Industrie manufacturière** : Les robots industriels sont largement utilisés dans l'automatisation des chaînes de production. Ils peuvent effectuer des tâches telles que l'assemblage, le soudage, le polissage et la peinture avec une grande précision et une productivité élevée.
- ❖ **Logistique et entreposage** : Les entrepôts automatisés utilisent des systèmes de tri automatiques, des robots de manutention et des systèmes de gestion des stocks pour optimiser les opérations logistiques. Ces systèmes peuvent trier, stocker et récupérer efficacement les marchandises, réduisant ainsi les délais de traitement et les erreurs.
- ❖ **Transport** : Les véhicules autonomes, tels que les voitures, les camions et les drones, sont des exemples de systèmes automatisés dans le domaine du transport. Ils utilisent des capteurs, des algorithmes de contrôle et des systèmes de navigation pour se déplacer de manière autonome, améliorant ainsi la sécurité routière et l'efficacité des déplacements.
- ❖ **Services financiers** : Les chatbots et les assistants virtuels sont utilisés dans les services financiers pour automatiser les interactions avec les clients, répondre à leurs questions fréquentes, effectuer des opérations bancaires courantes et fournir des conseils financiers de base.
- ❖ **Agriculture** : L'automatisation est également utilisée dans l'agriculture pour optimiser les opérations agricoles. Par exemple, des robots peuvent être utilisés pour la récolte des cultures, des drones pour la surveillance des cultures et des systèmes d'irrigation automatisés pour optimiser l'utilisation de l'eau.
- ❖ **Domotique** : Les maisons intelligentes intègrent des systèmes automatisés pour contrôler et gérer divers aspects de la maison, tels que l'éclairage, la température, la sécurité et les appareils électroménagers. Ces systèmes peuvent être contrôlés à distance via des applications mobiles ou des commandes vocales.
- ❖ **Santé** : Dans le domaine de la santé, l'automatisation est utilisée pour optimiser les processus hospitaliers, tels que la gestion des dossiers médicaux électroniques, la distribution de médicaments automatisée et la robotique chirurgicale.

## **I.8 Conclusion**

En conclusion de ce chapitre consacré aux systèmes automatisés, nous pouvons affirmer que l'automatisation a révolutionné notre monde et continue de le faire d'une manière sans précédent. Ces systèmes ont le potentiel d'améliorer considérablement notre productivité, notre efficacité et notre qualité de vie. Nous avons examiné les fondements de l'automatisation, ses avantages et ses applications dans différents domaines.

L'automatisation permet d'accomplir des tâches répétitives et fastidieuses avec une précision et une constance inégalées, tout en réduisant le besoin d'intervention humaine directe. Elle peut également garantir des niveaux de sécurité plus élevés dans des environnements dangereux, en éliminant ou en réduisant les risques liés aux erreurs humaines.

Dans le domaine de l'industrie, les systèmes automatisés ont révolutionné la production, en permettant une fabrication plus rapide, plus précise et plus rentable. Les robots industriels et les machines automatisées sont capables d'exécuter des tâches complexes avec une grande efficacité, libérant ainsi les travailleurs humains pour des tâches plus créatives et à plus forte valeur ajoutée.

Les systèmes automatisés trouvent également leur place dans les secteurs des services, de la santé, des transports et de nombreuses autres industries. Ils contribuent à améliorer la qualité des soins de santé, à optimiser les opérations logistiques et à simplifier les processus administratifs.

# CHAPITRE II

Intelligence artificielle dans les  
systèmes automatisés

## II.1 Introduction

L'intelligence artificielle (IA) se réfère à la capacité des machines de simuler certains aspects de l'intelligence humaine. Elle englobe un large éventail de technologies, d'algorithmes et de systèmes qui permettent aux ordinateurs et aux machines d'apprendre, de raisonner, de reconnaître des modèles, de résoudre des problèmes, de prendre des décisions et d'interagir avec leur environnement de manière autonome.

L'objectif principal de l'intelligence artificielle est de créer des systèmes capables de réaliser des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine. Cela peut inclure la vision par ordinateur, la reconnaissance vocale, la traduction automatique, la planification, l'analyse de données, l'apprentissage automatique, entre autres.

L'intelligence artificielle peut être classée en deux catégories principales :

- 1. Intelligence artificielle faible (IA faible) :** Il s'agit de systèmes qui sont conçus pour effectuer des tâches spécifiques et limitées, mais qui ne possèdent pas de véritable compréhension ou conscience. Ces systèmes sont généralement utilisés dans des applications spécialisées telles que les systèmes de recommandation, les chatbots ou les assistants virtuels.
- 2. Intelligence artificielle forte (IA forte) :** Il s'agit d'un niveau d'intelligence artificielle qui rivalise avec l'intelligence humaine dans tous les aspects. L'IA forte serait capable de résoudre des problèmes complexes, de comprendre le langage naturel, d'apprendre de manière autonome et même de posséder une conscience de soi. Cependant, à ce jour, l'IA forte reste principalement théorique et n'a pas encore été réalisée.

Il est important de noter que l'intelligence artificielle n'essaie pas de reproduire exactement le fonctionnement du cerveau humain, mais plutôt de créer des algorithmes et des modèles inspirés par les principes de l'intelligence pour résoudre des problèmes de manière efficace et automatisée.

## II.2 Les réseaux de neurone

Les réseaux neuronaux, également appelés réseaux de neurones artificiels, sont des modèles informatiques qui s'inspirent du fonctionnement des neurones biologiques du cerveau humain. Ils sont l'un des principaux éléments de l'intelligence artificielle moderne et jouent un rôle central dans de nombreux domaines, tels que la vision par ordinateur, le traitement du langage naturel, la reconnaissance de formes et bien d'autres.

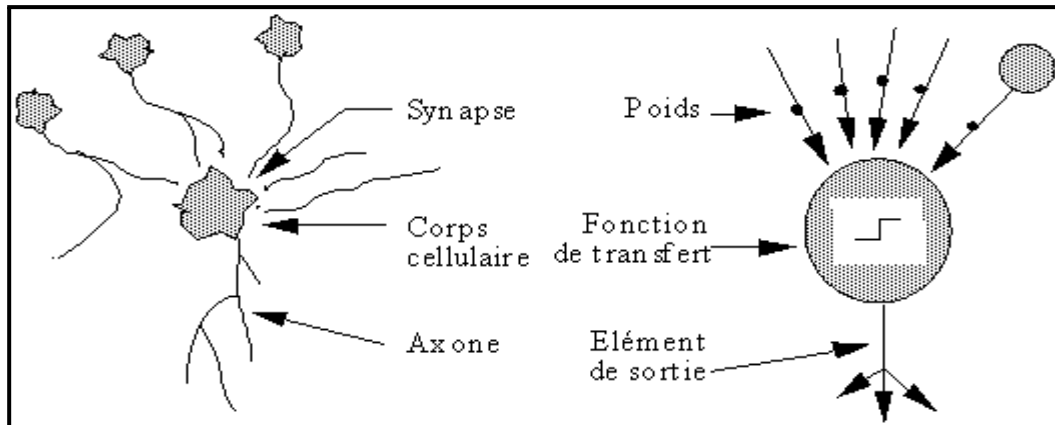


Figure II. 1 Neurone biologique, Neurone artificiel

### II.3 Utilisation des réseaux de neurone dans les systèmes automatisés

Les réseaux de neurone sont largement utilisés dans les systèmes automatisés en raison de leur capacité à apprendre à partir des données et à effectuer des tâches complexes de manière autonome. Voici quelques domaines d'application courants où les réseaux neuronaux sont utilisés dans les systèmes automatisés :

- 1. Vision par ordinateur :** Les réseaux de neurone sont utilisés pour la détection et la reconnaissance d'objets dans les images et les vidéos. Ils peuvent être utilisés pour des applications telles que la détection de visages, la classification d'objets, la segmentation d'images et la surveillance vidéo.
- 2. Traitement du langage naturel :** Les réseaux de neurone sont utilisés pour comprendre et générer du langage naturel. Ils peuvent être utilisés dans des applications telles que la traduction automatique, la génération de texte, la classification de sentiment, la reconnaissance vocale et le chatbot.
- 3. Systèmes de recommandation :** Les réseaux de neurone sont utilisés pour créer des systèmes de recommandation personnalisés. Ils analysent les préférences et les comportements des utilisateurs pour recommander des produits, des films, de la musique, des articles de presse, etc.

4. **Prévisions et prédictions** : Les réseaux de neurone peuvent être utilisés pour prédire des tendances, des modèles et des résultats futurs à partir de données historiques. Ils sont utilisés dans des domaines tels que la prévision des ventes, la prévision de la demande, la prévision des prix des actions et la prévision météorologique.
5. **Contrôle et automatisation industrielle** : Les réseaux de neurone sont utilisés pour contrôler et optimiser les systèmes automatisés dans des environnements industriels. Ils peuvent être utilisés pour la commande de robots, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'optimisation des processus de fabrication et la maintenance prédictive.

Ces exemples illustrent comment les réseaux neuronaux sont utilisés pour automatiser et améliorer un large éventail de systèmes, en leur permettant d'apprendre à partir des données et de prendre des décisions intelligentes. Les réseaux neuronaux offrent une flexibilité et une précision accrues dans de nombreux domaines, contribuant ainsi à l'efficacité et à l'innovation des systèmes automatisés.

## II.4 Types de réseaux de neurone

Il existe plusieurs types de réseaux de neurone utilisés dans le domaine de l'apprentissage automatique (machine learning) et de l'intelligence artificielle. Voici quelques-uns des types les plus courants :

1. **Réseau de neurones multicouche (Multilayer Perceptron, MLP)** : Il s'agit d'un réseau de neurones artificiels composé de plusieurs couches de neurones, y compris une couche d'entrée, une ou plusieurs couches cachées et une couche de sortie. Chaque neurone est connecté à tous les neurones de la couche suivante.

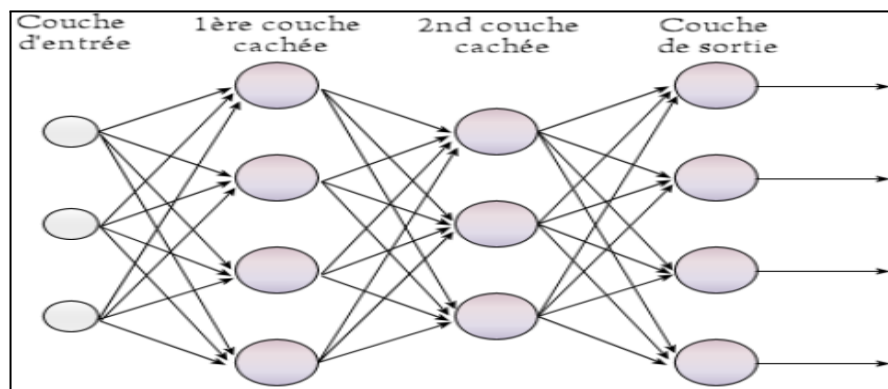


Figure II . 2 Réseau de neurones formels de type Perceptron multicouche



2. **Réseau de neurones récurrents (Recurrent Neural Network, RNN)** : Les RNN sont conçus pour traiter des données séquentielles, telles que des séquences de mots dans un texte ou des séries temporelles. Ils sont dotés d'une boucle récurrente qui leur permet de conserver des informations sur les états précédents.

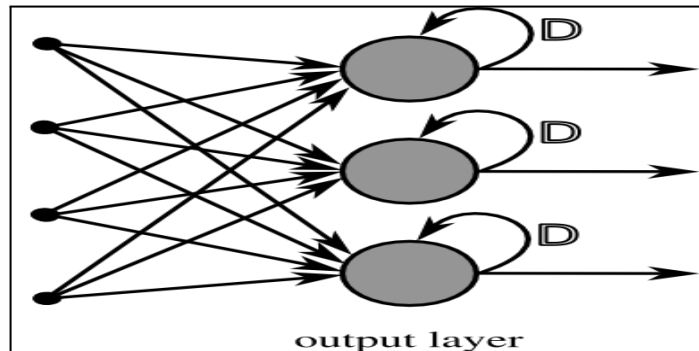


Figure II. 3 Réseau de neurones récurrents

3. **Réseau de neurones convolutifs (Convolutional Neural Network, CNN)** : Ce type de réseau est principalement utilisé pour le traitement d'images et de données structurées en grille. Les CNN sont particulièrement efficaces pour extraire des caractéristiques et des motifs à partir d'images.

## II.5 Architecture d'un Réseau de neurones convolutifs CNN

Les réseaux de neurones convolutionnels (en anglais *Convolutional neural networks*), aussi connus sous le nom de CNNs, sont un type spécifique de réseaux de neurones qui sont généralement composés des couches suivantes :

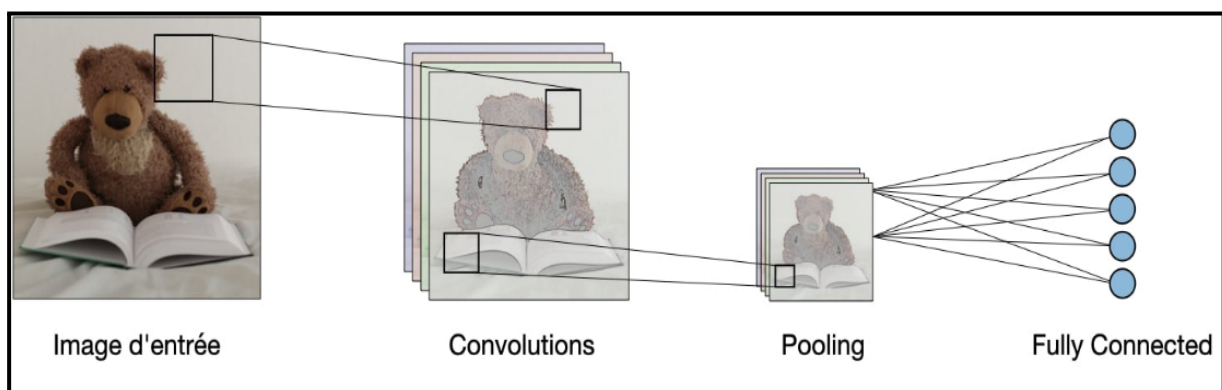


Figure II. 4 les couche de CNN

La couche convolutionnelle et la couche de pooling peuvent être ajustées en utilisant des paramètres qui sont décrites dans les sections suivantes.

### 1. Type de couche

- ❖ **Couche convolutionnelle (CONV):** La couche convolutionnelle (en anglais *convolution layer*) (CONV) utilise des filtres qui scannent l'entrée  $I$  suivant ses dimensions en effectuant des opérations de convolution. Elle peut être réglée en ajustant la taille du filtre  $F$  et le stride  $S$ . La sortie  $O$  de cette opération est appelée *feature map* ou aussi *activation map*.

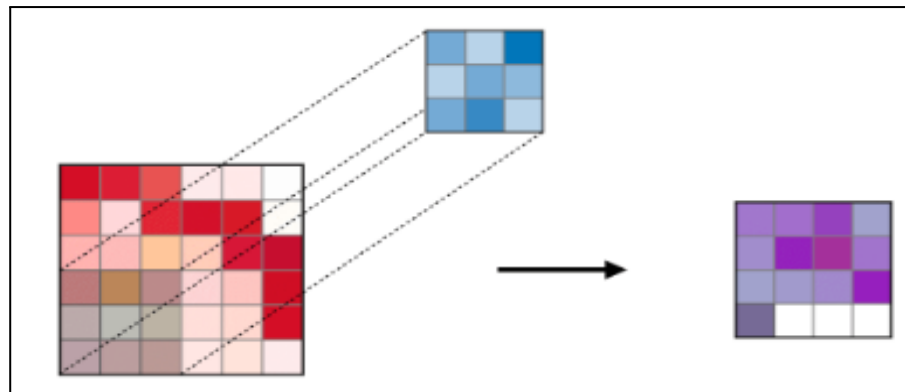


Figure II.5 Couche conv

- ❖ **Pooling (POOL):** La couche de pooling (en anglais *pooling layer*) (POOL) est une opération de sous-échantillonnage typiquement appliquée après une couche convolutionnelle. En particulier, les types de pooling les plus populaires sont le max et l'average pooling, où les valeurs maximales et moyennes sont prises, respectivement.

Type	Max pooling	Average pooling
<b>But</b>	Chaque opération de pooling sélectionne la valeur maximale de la surface	Chaque opération de pooling sélectionne la valeur moyenne de la surface
<b>Illustration</b>		
<b>Commentaires</b>	Garde les caractéristiques • détectées • Plus communément utilisé	Sous-échantillonne la <i>feature</i> • <i>map</i> • Utilisé dans LeNet

Table II.1 Couche de pooling

- ❖ **Fully Connected (FC):** La couche de fully connected (en anglais *fully connected layer*) (FC) s'applique sur une entrée préalablement aplatie où chaque entrée est connectée à tous les neurones. Les couches de fully connected sont typiquement présentes à la fin des architectures de CNN et peuvent être utilisées pour optimiser des objectifs tels que les scores de classe.

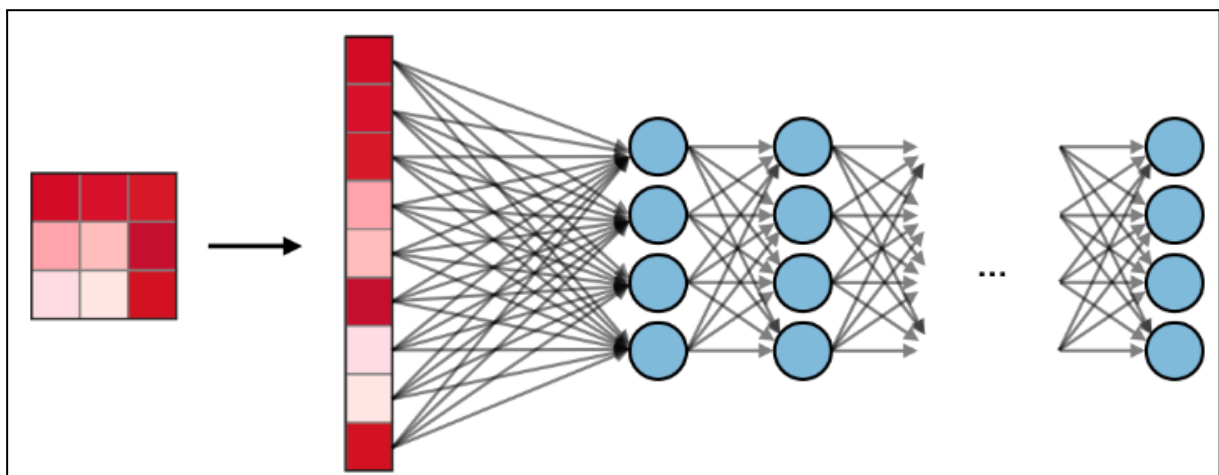


Figure II. 6 Couche fully connected

2. **Paramètre de filtre:** La couche convolutionnelle contient des filtres pour lesquels il est important de savoir comment ajuster ses paramètres.

- ❖ **Dimensions d'un filtre :** Un filtre de taille  $F \times F$  appliqué à une entrée contenant  $C$  canaux est un volume de taille  $F \times F \times C$  qui effectue des convolutions sur une entrée de taille  $I \times I \times C$  et qui produit un feature map de sortie (aussi appelé activation *map*) de taille  $O \times O \times 1$ .

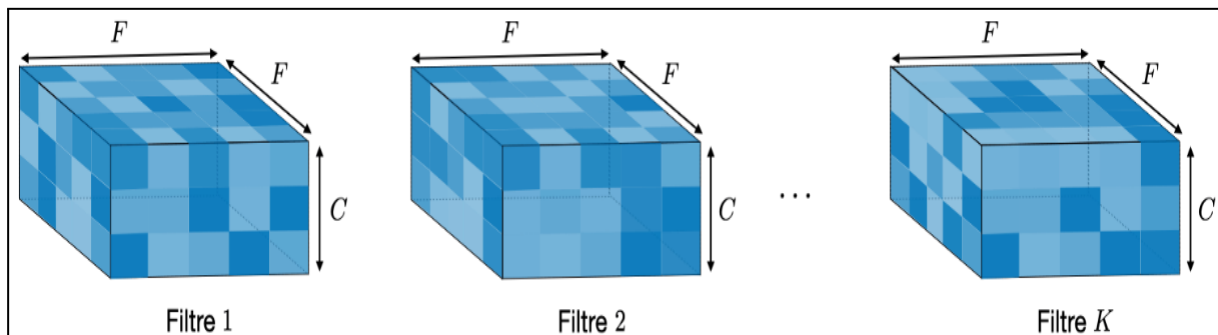


Figure II. 7 Filtre

**Remarque :** appliquer  $K$  filtres de taille  $F \times F$  engendre un feature map de sortie de taille  $O \times O \times K$ .

- ❖ **Stride:** Dans le contexte d'une opération de convolution ou de pooling, la stride  $S$  est un paramètre qui dénote le nombre de pixels par lesquels la fenêtre se déplace après chaque opération.

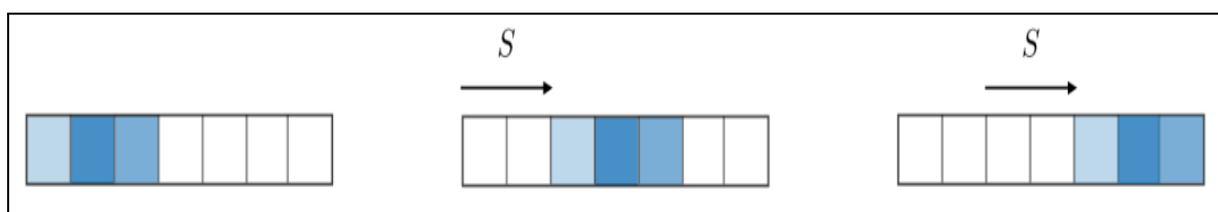


Figure II. 8 Stride

- ❖ **Zero-padding:** Le zero-padding est une technique consistant à ajouter  $P$  zéros à chaque côté des frontières de l'entrée. Cette valeur peut être spécifiée soit manuellement, soit automatiquement par le biais d'une des configurations détaillées ci-dessous :

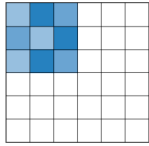
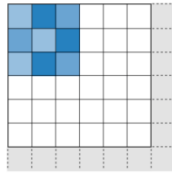
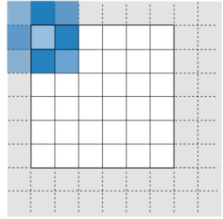
Configuration	Valide	Pareil	Total
Valeur	$P=0$	$P_{\text{start}} = \left\lfloor \frac{S \lceil \frac{I}{S} \rceil - I + F - S}{2} \right\rfloor$ $P_{\text{end}} = \left\lceil \frac{S \lceil \frac{I}{S} \rceil - I + F - S}{2} \right\rceil$	$P_{\text{start}} \in \llbracket 0, F - 1 \rrbracket$ $P_{\text{end}} = F - 1$
Illustration			
But	Pas de padding • • Enlève la dernière opération de convolution si les dimensions ne collent pas	Le padding tel que la • feature map est de $\lceil \frac{I}{S} \rceil$ taille La taille de sortie est • mathématiquement satisfaisante • Aussi appelé 'demi' padding	Padding maximum • tel que les dernières convolutions sont appliquées sur les bords de l'entrée • Le filtre 'voit' l'entrée du début à la fin $O$

Table II.2 Table de configuration

### 3. Réglage des paramètres

#### ❖ Compatibilité des paramètres dans la couche convolutionnelle

En notant  $I$  le côté du volume d'entrée,  $F$  la taille du filtre,  $P$  la quantité de zero-padding,  $S$  la stride, la taille  $O$  de la feature map de sortie suivant cette dimension est telle que :

$$O = \frac{I - F + P_{\text{start}} + P_{\text{end}}}{S} + 1$$

II. 2

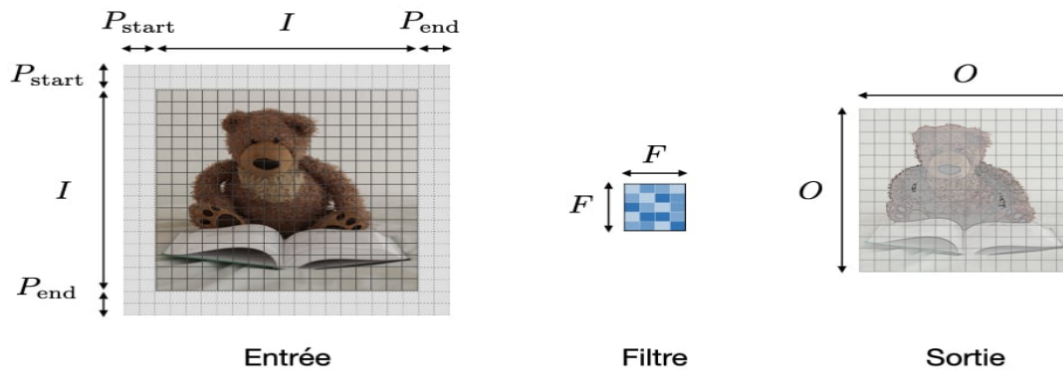


Figure II. 9 Paramètre dans la couche convolutionnelle

**Remarque :** on a souvent  $P_{start}=P_{end} \triangleq P$ , auquel cas on remplace  $P_{start}+P_{end}$  par  $2P$  dans la formule au-dessus.

- ❖ **Comprendre la complexité du modèle :** Pour évaluer la complexité d'un modèle, il est souvent utile de déterminer le nombre de paramètres que l'architecture va avoir. Dans une couche donnée d'un réseau de neurones convolutionnels, on a :

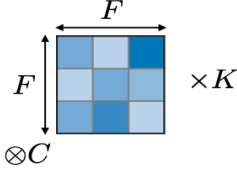
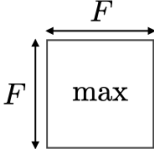
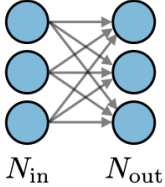
	CONV	POOL	FC
<b>Illustration</b>			
<b>Taille d'entrée</b>	$I \times I \times C$	$I \times I \times C$	$N_{in}$
<b>Taille de sortie</b>	$O \times O \times K$	$O \times O \times C$	$N_{out}$
<b>Nombre de paramètres</b>	$(F \times F \times C + 1) \cdot K$	0	$(N_{in} + 1) \times N_{out}$
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un paramètre de biais par filtre</li> <li>• Dans la plupart des cas, <math>S &lt; F</math></li> <li>• <math>2C</math> est un choix commun pour <math>K</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'opération de pooling est effectuée pour chaque canal</li> <li>• Dans la plupart des cas, <math>S = F</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'entrée est aplatie</li> <li>• Un paramètre de biais par neurone</li> <li>• Le choix du nombre de neurones de FC est libre</li> </ul>

Tableau II.3 Paramètre de l'architecture




- ❖ **Champ récepteur** : Le champ récepteur à la couche  $k$  est la surface notée  $R_k \times R_k$  de l'entrée que chaque pixel de la  $k$ -ième *activation map* peut 'voir'. En notant  $F_j$  la taille du filtre de la couche  $j$  et  $S_i$  la valeur de stride de la couche  $i$  et avec la convention  $S_0=1$ , le champ récepteur à la couche  $k$  peut être calculé de la manière suivante :

$$R_K = 1 + \sum_{j=1}^K (F_j - 1) \prod_{i=0}^{j-1} S_i$$

II. 3

#### 4. Détection d'objet

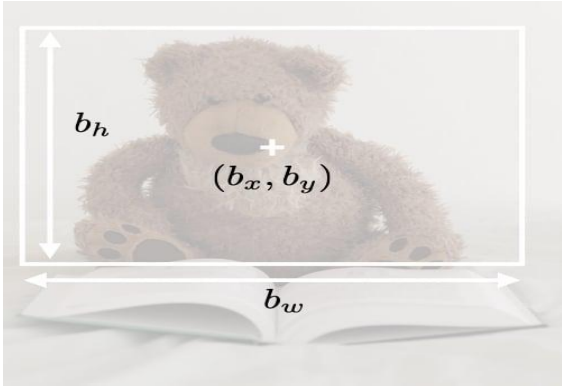
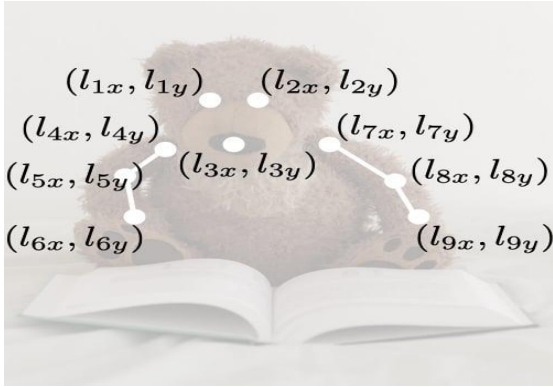
- ❖ **Types de modèles:** Il y a 3 principaux types d'algorithmes de reconnaissance d'objet, pour lesquels la nature de ce qui est prédit est différente. Ils sont décrits dans la table ci-dessous :

Classification d'image	Classification avec localisation	Détection
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classifie une image</li> <li>• Prédit la probabilité d'un objet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détecte un objet dans une image</li> <li>• Prédit la probabilité de présence d'un objet et où il est situé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peut détecter plusieurs objets dans une image</li> <li>• Prédit les probabilités de présence des objets et où ils sont situés</li> </ul>
CNN traditionnel	YOLO simplifié, R-CNN	YOLO , R-CNN

**Tableau II.4** principaux types d'algorithme de reconnaissance d'objet

- ❖ **Détection:** Dans le contexte de la détection d'objet, des méthodes différentes sont utilisées selon si l'on veut juste localiser l'objet ou alors détecter une forme plus complexe dans l'image. Les deux méthodes principales sont résumées dans le tableau ci-dessous :



Détection de zone délimitant	Détection de forme complexe
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détecte la partie de l'image où l'objet est situé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détecte la forme ou les caractéristiques d'un objet (e.g. yeux)</li> <li>• Plus granulaire</li> </ul>
	
<p>Zone de centre <math>(b_x, b_y)</math>, hauteur <math>b_h</math> et largeur <math>b_w</math></p>	<p>Points de référence <math>(l_{1x}, l_{1y}), \dots, (l_{nx}, l_{ny})</math></p>

**Tableau II.5** méthodes pour la détection d'objet

❖ **Intersection sur Union:** Intersection sur Union (en anglais *Intersection over Union*), aussi appelé IoU, est une fonction qui quantifie à quel point la zone délimitant prédite  $B_p$  est correctement positionnée par rapport à la zone délimitant vraie  $B_a$ . Elle est définie de la manière suivante :

$$IoU(B_p, B_a) = \frac{B_p \cap B_a}{B_p \cup B_a} \tag{II. 4}$$

**Remarque :** on a toujours  $IoU \in [0,1]$ . Par convention, la prédiction  $B_p$  d'une zone délimitant est considérée comme étant satisfaisante si l'on a  $IoU (B_p, B_a) \geq 0.5$ .

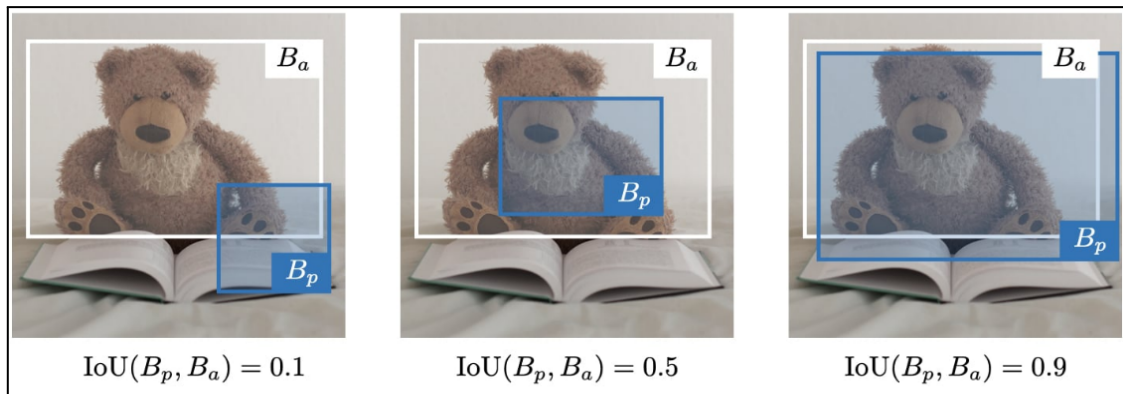


Figure II. 10 Fonction d'IoU

- ❖ **Zone d'accroche** : La technique des zones d'accroche (en anglais *anchor boxing*) sert à prédire des zones limitantes qui se chevauchent. En pratique, on permet au réseau de prédire plus d'une zone délimitant simultanément, où chaque zone prédite doit respecter une forme géométrique particulière. Par exemple, la première prédiction peut potentiellement être une zone rectangulaire d'une forme donnée, tandis qu'une seconde prédiction doit être une zone rectangulaire d'une autre forme.
  
- ❖ **Suppression non-max** : La technique de suppression non-max (en anglais *non-max suppression*) a pour but d'enlever des zones limitantes qui se chevauchent et qui prédisent un seul et même objet, en sélectionnant les zones les plus représentatives. Après avoir enlevé toutes les zones ayant une probabilité prédite de moins de 0.6, les étapes suivantes sont répétées pour éliminer les zones redondantes :

Pour une classe donnée,

- **Étape 1** : Choisir la zone ayant la plus grande probabilité de prédiction.
- **Étape 2** : Enlever toute zone ayant  $\text{IoU} \geq 0.5$  avec la zone choisie précédemment.

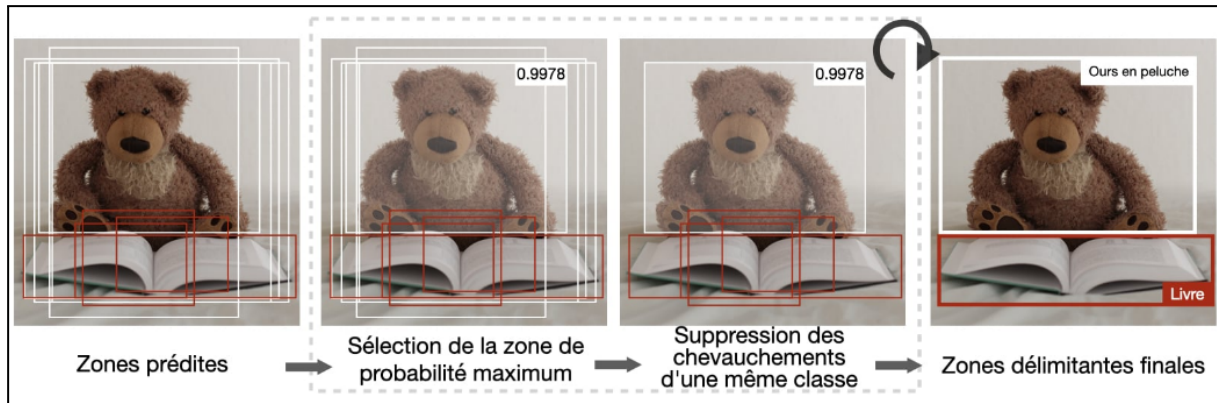


Figure II. 11 suppression non-max

❖ **YOLO** : L'algorithme You Only Look Once (YOLO) est un algorithme de détection d'objet qui fonctionne de la manière suivante :

- **Étape 1** : Diviser l'image d'entrée en une grille de taille  $G \times G$ .
- **Étape 2** : Pour chaque cellule, faire tourner un CNN qui prédit  $y$  de la forme suivante :

$$y = \underbrace{[p_c, b_x, b_y, b_h, b_w, c_1, c_2, \dots, c_p, \dots]}_{\text{répété } k \text{ fois}}^T \in \mathbb{R}^{G \times G \times k \times (5+p)}$$

où  $p_c$  est la probabilité de détecter un objet,  $b_x, b_y, b_h, b_w$  sont les propriétés de la zone délimitant détectée,  $c_1, \dots, c_p$  est une représentation binaire (en anglais *one-hot representation*) de l'une des  $p$  classes détectée, et  $k$  est le nombre de zones d'accroche.

- **Étape 3** : Faire tourner l'algorithme de suppression non-max pour enlever des doublons potentiels qui chevauchent des zones délimitation

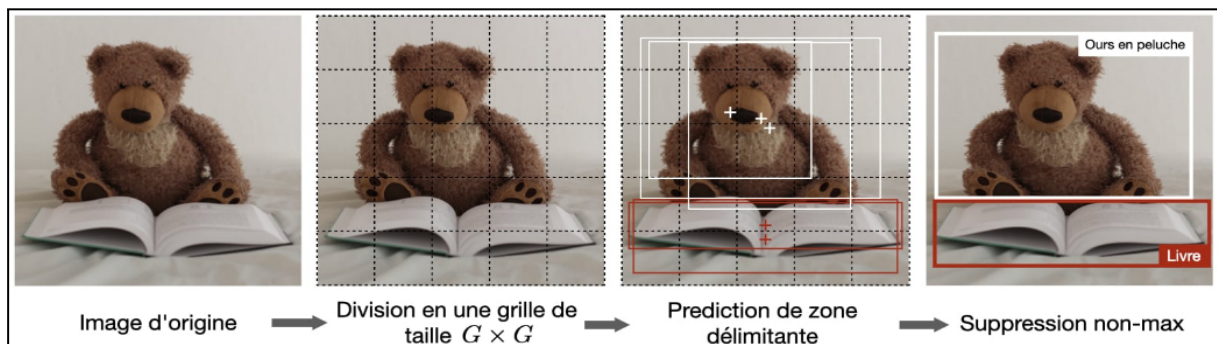


Figure II. 12 De Détection d'Objets avec YOLO

**Remarque** : lorsque  $pc=0$ , le réseau ne détecte plus d'objet. Dans ce cas, les prédictions correspondantes  $b_x, \dots, c_p$  doivent être ignorées.

- ❖ **R-CNN** : L'algorithme de région avec des réseaux de neurones convolutionnels (en anglais *Region with Convolutional Neural Networks*) (R-CNN) est un algorithme de détection d'objet qui segmente l'image d'entrée pour trouver des zones délimitation pertinentes, puis fait tourner un algorithme de détection pour trouver les objets les plus probables d'apparaître dans ces zones délimitation.

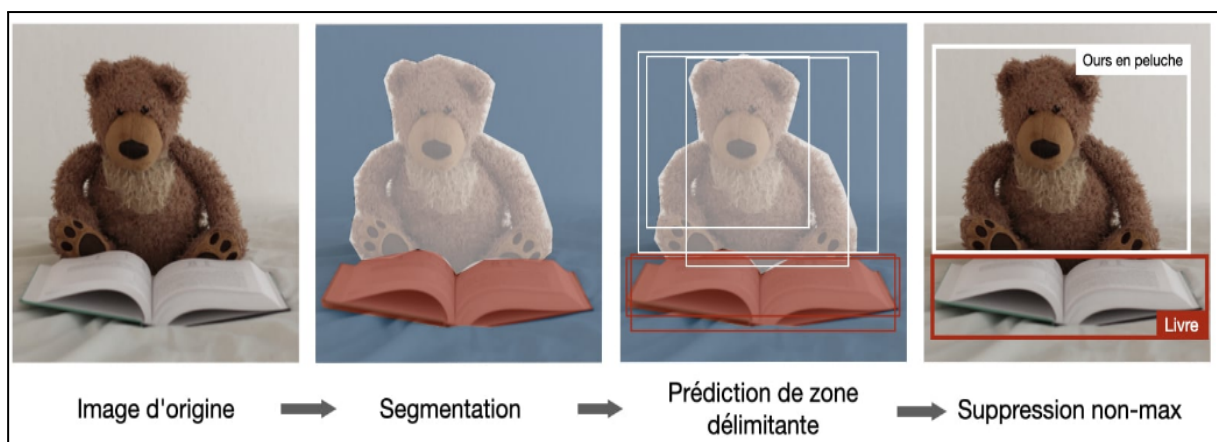


Figure II. 13 détection d'objets avec R-CNN

**Remarque** : bien que l'algorithme original soit lent et coûteux en temps de calcul, de nouvelles architectures ont permis de faire tourner l'algorithme plus rapidement, tels que le Fast R-CNN et le Faster R-CNN.

## II.6 CONCLUSION

En conclusion, l'intelligence artificielle et les réseaux neuronaux représentent une avancée majeure dans le domaine de la technologie. L'intelligence artificielle, avec ses capacités de traitement et d'apprentissage des données, ouvre de nouvelles perspectives et opportunités dans de nombreux domaines, tels que la médecine, l'automatisation industrielle, la finance et bien d'autres.

Les réseaux neuronaux, inspirés par le fonctionnement du cerveau humain, sont au cœur de nombreux algorithmes d'intelligence artificielle. Leur structure complexe et leur capacité à apprendre à

partir des données leur confèrent une puissance de calcul remarquable. Grâce à l'apprentissage automatique et à la capacité des réseaux neuronaux à reconnaître des schémas et des modèles, nous avons vu des progrès significatifs dans des domaines tels que la vision par ordinateur, la reconnaissance vocale, la traduction automatique et même les jeux.

En fin de compte, l'intelligence artificielle et les réseaux neuronaux continueront de se développer et de jouer un rôle de plus en plus important dans notre société. Il est essentiel de poursuivre la recherche et le développement dans ce domaine, tout en veillant à ce que les applications de l'intelligence artificielle soient utilisées de manière responsable et éthique. Avec une approche réfléchie et une utilisation judicieuse, l'intelligence artificielle a le potentiel de transformer de nombreux aspects de notre vie quotidienne et de stimuler l'innovation dans de nombreux domaines.

# CHAPITRE III

## Réalisation Et Simulation Pratique D'un Système Du Tri

### III.1 Introduction

Ce chapitre porte sur l'étude de la réalisation d'un système de tri des dattes, Les dattes sont des fruits délicieux et nutritifs, largement consommés dans le monde entier. Leur popularité croissante a conduit à une demande accrue, tant pour les consommateurs individuels que pour l'industrie alimentaire.

La détermination précise de la maturité des dattes est un élément clé pour garantir la qualité des produits dans l'industrie de la datte. Traditionnellement, cette tâche était effectuée manuellement, ce qui était à la fois fastidieux et sujet à des erreurs humaines. Afin de relever ce défi, un système de tri innovant a été développé ce système est composé de deux parties matériel et partie programmation.

Dans ce chapitre, nous expliquerons le rôle et le fonctionnement de chaque partie de ce système, avec les résultats obtenus après le test.

### III.2 Fonctionnement de système

Le processus se fait au début et le boiteux est placé avec une caméra connectée à un système d'intelligence artificielle équipé pour identifier les dates immatures afin que le robot soit dirigé avec les coordonnées pour supprimer les dates immatures.

Il existe un autre processus de tri pour les dattes qui tombent de l'argon et pendant le processus de transport, elles sont triées avec un tapis roulant pour les faire passer sous une autre caméra qui est triée selon la demande et le désir. Les deux opérations se déroulent en même temps.

En raison de contraintes de temps et de matériel, nous avons seulement terminé la configuration de la caméra et de l'IA pour le tri.

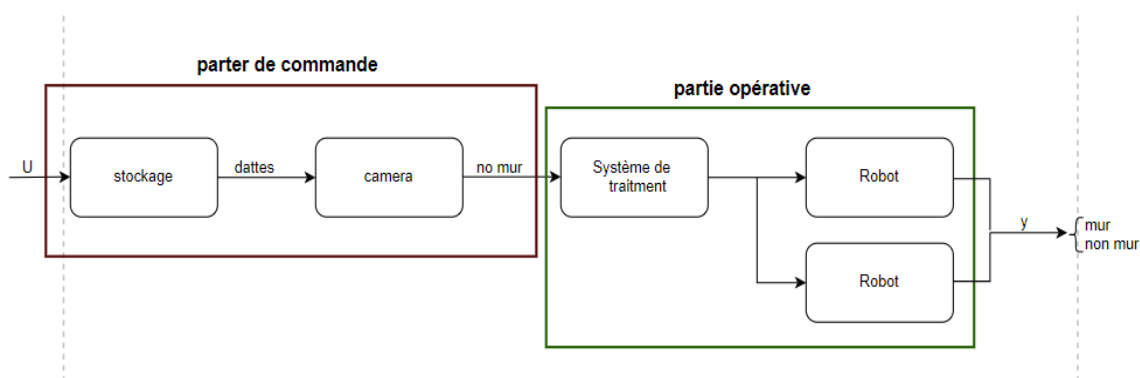


Figure III. 1 schéma fonctionnel global

### III.3 Etude de système

Le système est composé de deux parties : la partie matérielle et la partie programmation. Dans un premier temps, nous allons nous concentrer sur l'étude de la partie matérielle, qui englobe les

composants matériels utilisés. Ensuite, nous explorerons la seconde partie du système, axée sur la programmation."

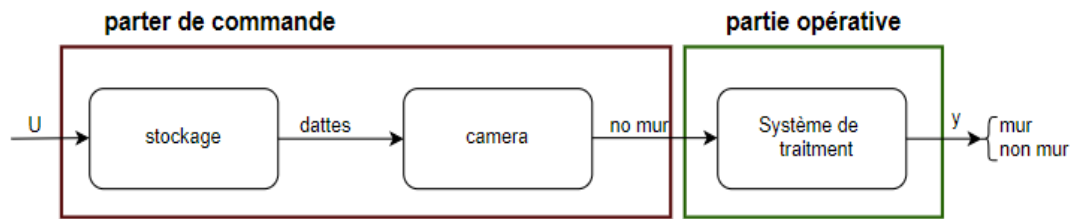


Figure III. 2 schéma globale de la réalisation

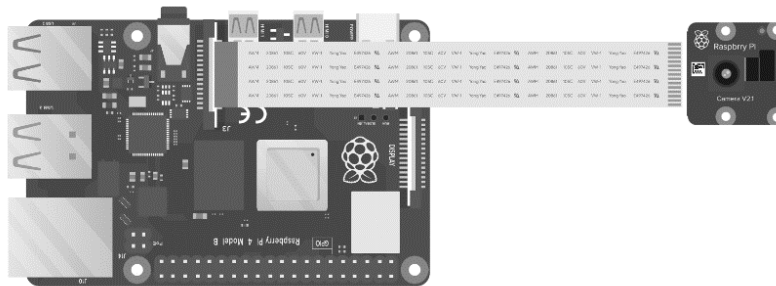


Figure III. 3 Raspberry avec caméra

### III.3.1 Partie Matériel

Cette partie du système est constituée d'un ensemble d'éléments matériels essentiels comprenant un Raspberry 4 Pi, une caméra et un écran.

#### III.3.1.1 Raspberry 4 PI

Le Raspberry est un ordinateur de petite taille utilisant le système d'exploitation Linux. Il s'agit d'un mini-ordinateur utilisé principalement pour exécuter des programmes plus volumineux et intelligents afin d'obtenir une sortie rapidement. Le raspberry 4 PI est le dernier modèle développé par la société, qui dispose de tous les derniers systèmes de communication filaires et sans fil requis utilisés dans la plupart des projets intelligents. Un seul Raspberry Pi 4 vient à un (Quad-Core processor) mais il a trois versions différentes qui donnent trois tailles différentes de RAM. Le Pi 4 utilise un mini HDMI et dispose également de deux ports pour deux écrans 4K.



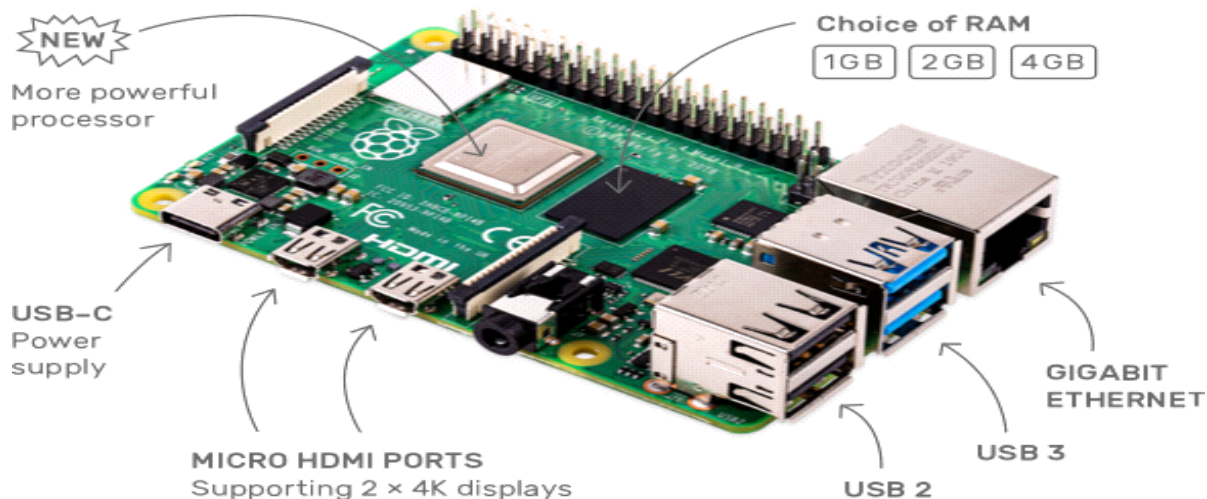


Figure III. 4carte raspberry

### III.3.1.1.1 Configuration des broches du Raspberry Pi

Cette section comprend des informations sur le schéma de brochage et les détails des broches des en-têtes avec une application de chaque broche:

FUNCTION	PIN	PIN	FUNCTION
<b>3V3</b>	1	2	<b>5V</b>
GPI02	3	4	<b>5V</b>
GPI03	5	6	GND
GPI04	7	8	TXD1/SPI5 MOSI
GND	9	10	RXD1/SPI5 SCLK
GPI017	11	12	SPI6 CEO N
GPI027	13	14	GND
GPI022	15	16	SCL6
<b>3V3</b>	17	18	SPI3 CE1 N
GPI010	19	20	GND
GPI09	21	22	SPI4 CE1 N
GPI011	23	24	SDA4/TXD4
GND	25	26	SCL4/SPI4 SCLK
GPI00	27	28	SPI3 MISO/SCL6/RXD2
GPI05	29	30	GND
GPI06	31	32	SDA5/SPI5 CEO N/TXD5
GPI013	33	34	GND
GPI019	35	36	SPI1 CE2 N
GPI026	37	38	SPI6 MOSI
GND	39	40	SPI6 SCLK
I2C			Ground
UART			5V Power
SPI			3V3 Power

Figure III. 5 schéma de brochage

### III.3.1.1.2 Description des broches Raspberry Pi

Parlons maintenant de la disposition des broches. La description des broches est la même pour tous les modèles.

Le Raspberry Pi 4 peut être utilisé dans le système embarqué externe pour communiquer. Il a un total de 40 broches dont 28 sont des broches GPIO et les autres sont des broches d'alimentation. Les broches GPIO n'exécutent pas seulement les fonctions d'E/S simples. Ils pourraient donner les communications UART, SPI et I 2 C. Ces communications sont spécifiques à chaque broche et toutes leurs fonctions sont décrites ci-dessous :

- **Broches d'alimentation**

**Alimentation** : Dans Raspberry pi, il existe deux méthodes d'alimentation, l'une à partir du port d'alimentation USB-C et la seconde à partir de n'importe quelle broche 5V. La broche 5 volts est directement connectée au port de l'adaptateur USB-C. L'entrée sur la broche 5V doit être stable et conforme à ses spécifications. En cas de tension plus élevée, l'appareil pourrait se brûler. Les broches d'entrée 5V contournent tout fusible et régulateur en cas d'entrée d'alimentation, de sorte que l'alimentation de 5V doit être conforme à ses spécifications pour éviter tout type de dommage. La broche d'entrée d'alimentation du Raspberry Pi 4 est donnée ci-dessous :

- Pin2-6 → +5V
- Broche 6 → GND

**Power Out** : Il existe deux types de broches de sortie d'alimentation dans le Raspberry pi 4 3V3 et 5V. 5V est directement connecté au port USB mais 3V3 est connecté via le régulateur qui donne la sortie stable de 3 volts. Toutes les broches de sortie d'alimentation sont données ci-dessous :

- 3V3 - Broche1, Broche17
- 5V - Broche2, Broche6

**Terre** : Raspberry Pi 4 a plusieurs broches de terre qui sont connectées en interne et n'importe quelle broche de terre peut être utilisée par l'alimentation ou un appareil externe pour établir la masse commune. La liste des broches de terre est donnée ci-dessous :

- Broche6
- Pin9
- Broche14
- Broche20

- Broche25
  - Broche30
  - Pin34
  - Broche39
- **Broches d'entrée/sortie numériques**

Presque tous les appareils ont besoin de broches d'entrée et de sortie pour communiquer. Dans cet appareil, 28 broches GPIO sont disponibles. Ces broches peuvent être utilisées pour tout fonctionnement d'entrée et de sortie numérique. Les broches GPIO du contrôleur ont des valeurs par défaut. Les broches GPIO de 0 à 9 seront à l'état HIGH et de 10 à plus, les broches seront à l'état LOW. Toutes ces broches du Raspberry Pi 4 sont données ci-dessous:

- GPIO0 – Broche 27
- GPIO1-Broche28
- GPIO2 – Broche 3
- GPIO3-Broche5
- GPIO4-Pin7
- GPIO5 – Broche29
- GPIO6 – Broche 31
- GPIO7-Pin26
- GPIO8-Pin24
- GPIO9 – Broche 21
- GPIO10 – Broche19
- GPIO11-Pin23
- GPIO12-Pin32
- GPIO13 – Broche 33
- GPIO14 - Broche 8
- GPIO15 – Broche 10
- GPIO16 – Broche 36
- GPIO17 – Broche 11
- GPIO18 – Broche 12

- GPIO19 – Broche 35
- GPIO20 – Broche 38
- GPIO21 – Broche40
- GPIO22 - Broche 15
- GPIO23 – Broche 16
- GPIO24 – Broche 18
- GPIO25-Pin22
- GPIO26 – Broche 37
- GPIO27 – Broche 13

Toutes les broches GPIO du Raspberry Pi 4 ne sont pas uniquement destinées à la fonction d'entrée-sortie. Chaque broche GPIO peut être utilisée comme d'autres fonctions, qui seront spécifiées par programmation.

### III.3.1.1.3 Applications Raspberry Pi

- Raspberry Pi peut être utilisé comme hub dans la domotique.
- Il peut être utilisé comme serveur pour un petit réseau.
- Pi utilise également dans la robotique et d'autres systèmes embarqués

### III.3.1.1.4 Description de la carte Raspberry pi 4

Il existe plusieurs périphériques pris en charge par Raspberry Pi 4 qui peuvent être utilisés :

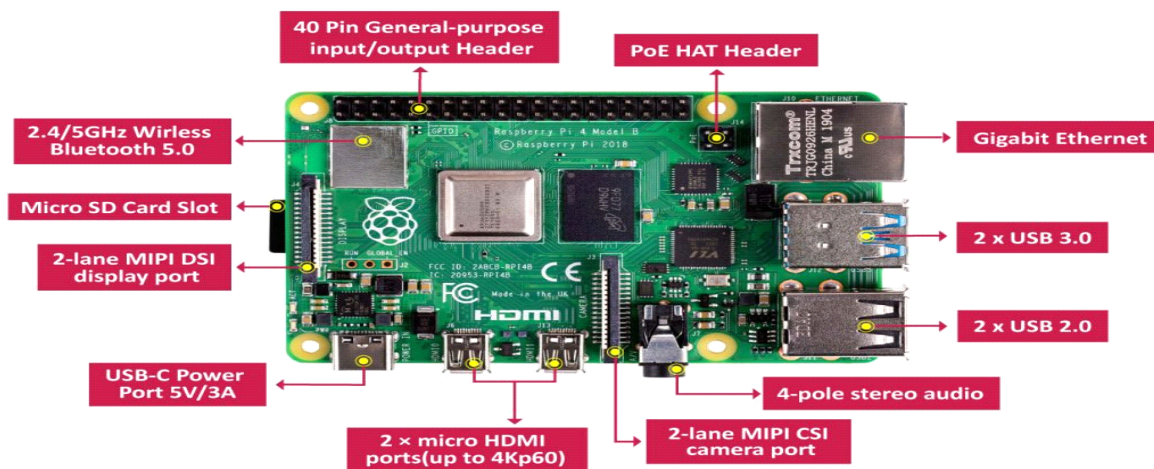


Figure III. 6 périphériques pris en charge par Raspberry Pi 4

### III.3.1.1.5 Prise en charge de la communication moderne

Raspberry Pi 4 dispose de tous les systèmes de communication modernes. Il dispose d'un WiFi interne et d'un Bluetooth pour la communication de données sans fil. Il peut être utilisé avec interne à n'importe où sans aucune perturbation. Le Pi peut être déplacé facilement au sein du même réseau grâce à la prise en charge Wi-Fi rapide. L'appareil prend également en charge le réseau local au cas où le Wi-Fi n'est pas disponible et que le réseau suit la méthode de communication filaire pour communiquer.

- LAN – Gigaoctet Ethernet
- Bluetooth-5.0
- Wi-Fi – 2,4 avec une vitesse de 5 GHz

#### III.3.1.1.6 Caractéristique de l'interface Rpi HDMI

Dans les appareils Pi précédents, il n'y avait qu'un seul port HDMI et il avait également des graphismes bas, mais dans le dernier modèle, il y avait deux ports mini HDMI qui peuvent être utilisés en même temps pour plusieurs vues de bureau. Les deux ports offrent une vue 4K ULTRA HD à l'utilisateur. Il n'a jamais l'impression que l'utilisateur regarde un mini-ordinateur.

CARACTÉRISTIQUES GPU - H264 (décodage 1080p60, encodage 1080p30) Graphiques OpenGL ES 3.0, H.265 (décodage 4kp60)

#### III.3.1.1.7 Rpi autres périphériques principaux

**USB :** Il y a quatre ports USB dans Raspberry Pi 4. Deux ports ne prennent en charge que la version 2.0, mais les deux autres sont en version 3.0. Ces 3.0 permettent aux utilisateurs de transférer rapidement des données.

**En-tête PoE :** en raison de l'utilisation accrue de Raspberry Pi dans l'IoT et d'autres projets intelligents, l'en-tête PoE est également entré dans le Pi. Le PoE à une carte permet aux utilisateurs de transmettre l'alimentation à l'appareil via Ethernet Wire. Dans le cas de PoE, un HAT PoE externe sera nécessaire.

**Appareil photo :** l'appareil prend en charge l'appareil photo. Il dispose d'un port de caméra MIPI CSI à deux voies qui peut être utilisé pour connecter le pi directement aux caméras et les utiliser sans aucune troisième interface.

**Affichage :** Le Raspberry Pi 4 peut être connecté à un écran LCD externe. Il n'utilise pas l'en-tête d'extension pour communiquer avec les écrans LCD comme les autres appareils. Il dispose d'un port MIPI DSI séparé à 2 voies qui peut être utilisé pour communiquer avec un écran LCD externe compatible.

**Audio :** les données audios peuvent être transmises de pi à l'appareil d'affichage via HDMI, mais elles disposent d'un port audio séparé à 4 pôles qui peut être utilisé pour envoyer et recevoir

un signal audio. Le signal de l'appareil peut être utilisé par le programme interne ou tout autre appareil au niveau de l'en-tête d'extension.

**CARTE SD** : C'est la partie la plus nécessaire du Raspberry Pi. Le système d'exploitation du Pi sera placé dans la carte SD, puis la carte sera utilisée via la fente pour carte SD.

### III.3.1.2 Caméra

Il existe de nombreux types de caméras pouvant être utilisées avec le Raspberry. Ce qui compte, c'est la qualité de l'image, de sorte que plus la qualité est élevée, plus la précision est élevée. Dans notre cas, nous avons utilisé une webcam ordinaire.



Figure III. 7caméra

### III.3.1.3 Écran

Le rôle de l'écran est d'afficher le résultat du tri on peut utiliser L'écran tactile spécial pour le Raspberry ou n'importe quel écran disposant d'un port HDMI.



Figure III. 8 écran

## III.3.2 Partie Programmation

Dans cette section, nous avons mis en évidence l'aspect programmation de ce système, où Python a été utilisé comme langage de programmation pour implémenter l'algorithme YOLO.

Pour une meilleure compréhension, nous offrirons une introduction au langage Python et à l'algorithme YOLO.

### III.3.2.1 Python

Python est le langage de programmation open source le plus employé par les informaticiens. Ce langage s'est propulsé en tête de la gestion d'infrastructure, d'analyse de données ou dans le domaine du développement de logiciels. En effet, parmi ses qualités, Python permet notamment aux développeurs de se concentrer sur ce qu'ils font plutôt que sur la manière dont ils le font. Il a libéré les développeurs des contraintes de formes qui occupaient leur temps avec les langages plus anciens. Ainsi, développer du code avec Python est plus rapide qu'avec d'autres langages.

Il reste aussi accessible pour les débutants, à condition de lui consacrer un peu de temps pour la prise en main. De nombreux tutoriels sont d'ailleurs disponibles pour l'étudier sur des sites Internet spécialisés ou sur des comptes YouTube. Sur les forums d'informatique, il est toujours possible de trouver des réponses à ses questions, puisque beaucoup de professionnels l'utilisent.

Les principales utilisations de Python par les développeurs sont :

- ❖ La programmation d'applications
- ❖ La création de services web
- ❖ La génération de code
- ❖ La méta programmation.

Techniquement, ce langage servira surtout pour le Scripting et l'automatisation (interaction avec les navigateurs web).

### III.3.1.2 YOLO (You Only Look Once)

YOLO, qui est une abréviation de You Only Look Once, est un algorithme de détection d'objets basé sur un réseau neuronal profond. Il a été inventé en 2015 par Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick et Ali Farhadi. Contrairement à ses prédécesseurs tels que les R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks) qui détectent des objets en parcourant l'image en différentes étapes, YOLO quant à lui ne regarde l'image qu'une seule fois (d'où son nom) ce qui accélère de manière conséquente tout le processus de détection et de localisation d'un objet sur cette même image. Les R-CNN étant composés de plusieurs éléments affectés à une tâche dédiée sont ainsi plus difficiles à optimiser car chacun de ses composants doit alors être entraîné séparément ce

qui peut rendre la tâche fastidieuse. Dans le cas de YOLO, toutes les opérations s'effectuent au sein d'un seul et même Réseau de Neurones.

YOLO s'est rendu célèbre avec une rapidité de détection sans égal avec un traitement de l'image allant jusqu'à 45 images/seconde dans sa première version (155 pour sa version réduite/light mais moins précise en termes de précision)

Depuis sa création en 2015, plusieurs versions de YOLO ont été développées, chaque version apportant des améliorations et des optimisations par rapport à la précédente. Dans notre projet, nous avons choisi **YOLOv8**.

### III.3.1.2.1 Pourquoi choisissons-nous YOLOv8

Lorsque vous vous lancez dans votre prochain projet de vision par ordinateur, YOLOv8 s'impose comme un excellent choix pour plusieurs raisons impérieuses :

Précision impressionnante : YOLOv8 a été rigoureusement évalué à l'aide des ensembles de données COCO et Roboflow 100, démontrant constamment une grande précision. Par exemple, le modèle YOLOv8m atteint un mAP impressionnant de 50,2 % sur COCO. Dans les évaluations comparatives avec YOLOv5, YOLOv8 surpasse de manière significative, comme détaillé dans notre analyse des performances plus loin dans cet article.

- **Commodité pour les développeurs** : YOLOv8 offre une gamme de fonctionnalités conviviales pour les développeurs conçues pour améliorer la convivialité. Avec son CLI (interface de ligne de commande) conviviale et son package Python bien structuré, les modèles de formation deviennent plus intuitifs et les expériences de codage deviennent plus transparentes par rapport aux modèles précédents. Cette approche simplifiée permet d'économiser un temps et des efforts précieux lors du développement.
- **Communauté prospère** : YOLO a acquis une large reconnaissance et bénéficie d'une communauté active et en expansion. Cela signifie qu'il existe de nombreuses ressources disponibles dans les cercles de vision par ordinateur pour vous aider chaque fois que vous avez besoin de conseils. Alors que YOLOv8 est relativement nouveau, de nombreux guides en ligne ont déjà vu le jour pour aider les utilisateurs à tirer efficacement parti de ses capacités.

En choisissant YOLOv8, vous pouvez bénéficier de sa précision exceptionnelle, de ses fonctionnalités pratiques pour les développeurs et du soutien d'une communauté dynamique et



compétente. Ces facteurs font de YOLOv8 une solution idéale pour vos efforts de vision par ordinateur.

### III.3.1.2.2 Architecture YOLOv8

Dans l'ensemble, YOLOv8 combine les atouts d'un réseau fédérateur riche en fonctionnalités, d'un réseau pyramidal de fonctionnalités, de boîtiers d'ancrage et d'une fonction de perte bien conçue pour obtenir une détection d'objets en temps réel avec une grande précision.

#### ❖ Entrée et sortie

**Entrée :** YOLOv8 prend une image d'entrée divisée en une grille de cellules. Chaque cellule est responsable de la détection des objets dans sa région.

**Sortie :** pour chaque cellule, YOLOv8 prédit plusieurs boîtes englobantes avec leurs probabilités de classe correspondantes. Le nombre de boîtes englobantes prévues par cellule est déterminé par le nombre de boîtes d'ancrage utilisées.

#### ❖ Boîtes d'ancrage

YOLOv8 utilise des boîtes d'ancrage pour aider à prédire l'emplacement des objets. Ces boîtes d'ancrage sont des formes prédéfinies avec différents rapports d'aspect et échelles.

Chaque boîte d'ancrage est associée à une cellule spécifique de la grille et est responsable de la détection des objets dans cette cellule.

Pendant la formation, le modèle apprend à ajuster les boîtes d'ancrage en fonction des boîtes englobantes de vérité terrain dans les données de formation.

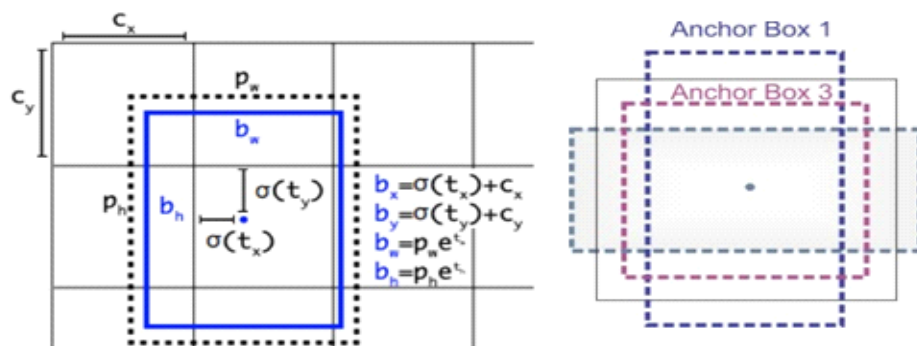


Figure III. 9 Anchor box and Bounding box

### ❖ Variantes d'architecture

YOLOv8 a plusieurs variantes architecturales, telles que YOLOv4, YOLOv4-tiny, YOLOv4x-mish, etc. Ces variantes diffèrent en termes de profondeur de réseau, de taille et d'exigences de calcul.

Certaines variantes introduisent des techniques supplémentaires telles que la fonction d'activation Mish, la dorsale CSPDarknet53, PANet, etc., pour améliorer la précision et la vitesse.

### ❖ Extraction de caractéristiques

YOLOv8 utilise l'architecture Darknet comme réseau fédérateur pour l'extraction de fonctionnalités.

Darknet se compose de plusieurs couches convolutives, suivies de couches de mise en commun maximale.

L'architecture comprend généralement des connexions de saut pour connecter différentes couches, permettant au modèle de capturer des fonctionnalités de bas niveau et de haut niveau.

### ❖ Réseau pyramidal de fonctionnalités (FPN)

YOLOv8 intègre un réseau de pyramides de fonctionnalités pour gérer des objets de différentes échelles et améliorer les performances de détection.

Le FPN combine des cartes d'entités à partir de plusieurs niveaux du réseau fédérateur, permettant au modèle de détecter des objets à différentes résolutions.

Le FPN aide à relever le défi de la détection d'objets de différentes tailles, tels que de petits objets et de gros objets, dans la même image.

### ❖ Fonction d'entraînement et de perte

YOLOv8 est formé à l'aide d'annotations de boîte englobant étiquetées et optimisées à l'aide de la rétropropagation et de la descente de gradient.

La fonction de perte se compose de plusieurs composants, notamment :

**Perte de régression de la boîte englobante** : mesure l'écart entre les coordonnées de la boîte englobante prédites et les coordonnées de la vérité terrain.

**Perte de score d'objectivité** : pénalise les prédictions incorrectes de présence ou d'absence d'objet dans chaque cellule.

**Perte de probabilité de classe** : mesure la différence entre les probabilités de classe prédites et les étiquettes de classe de vérité terrain.

La fonction de perte est conçue pour encourager une localisation précise des objets et des prédictions de classe correctes.

### III.3.1.2.3 Précision YOLOv8

COCO (Common Objects in Context) est la référence standard de l'industrie pour l'évaluation des modèles de détection d'objets. Lorsque nous comparons des modèles sur COCO, nous examinons la valeur mAP et la mesure FPS pour la vitesse d'inférence. Les modèles doivent être comparés à des vitesses d'inférence similaires.

L'image ci-dessous montre la précision de YOLOv8 sur COCO, en utilisant les données collectées par l'équipe Ultralytics et publiées dans leur YOLOv8 README :

Model	size (pixels)	mAP <sup>val</sup> 50-95	Speed CPU (ms)	Speed T4 GPU (ms)	params (M)	FLOPs (B)
YOLOv8n	640	37.3	-	-	3.2	8.7
YOLOv8s	640	44.9	-	-	11.2	28.6
YOLOv8m	640	50.2	-	-	25.9	78.9
YOLOv8l	640	52.9	-	-	43.7	165.2
YOLOv8x	640	53.9	-	-	68.2	257.8

Figure III. 10 YOLOv8 COCO evolution

## III.4 L'exécution du système

### III.4.1 Installation du YOLO

Tout d'abord, nous effectuons la mise en marche de la Raspberry Pi, après avoir établi la connexion entre la caméra et l'écran avec la carte Raspberry.

Après le démarrage de la Raspberry Pi, nous ouvrons le terminal selon l'indication fournie dans l'image ci-dessous:

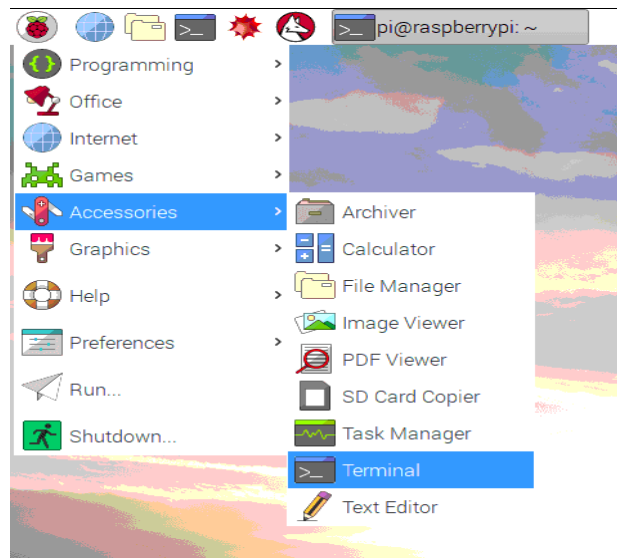


Figure III. 11 terminal on Raspberry

Pour l'installation de l'algorithme YOLO on peut utiliser deux méthodes:

#### ❖ Depuis pip

```
pip install ultralytics
```

#### ❖ Depuis source

```
1 git clone https://github.com/ultralytics/ultralytics
2 cd ultralytics
3 pip install -e ultralytics
```

### III.4.2 Ensemble de données d'entraînement

Les étapes pour entraîner un modèle de détection d'objets YOLOv8 sur des données personnalisées sont les suivantes:

1. Créez un ensemble de données personnalisé avec des images étiquetées.
2. Exportez votre ensemble de données pour une utilisation avec YOLOv8.
3. Utilisez l'utilitaire en ligne de commande "yolo" pour entraîner un modèle.
4. Exécutez une inférence avec l'application en ligne de commande "yolo".

Nous avons besoin du fichier YAML du jeu de données pour définir les chemins vers les images et les noms des classes.

```
1 path: pothole_dataset_v8/  
2 train: 'train/images'  
3 val: 'valid/images'  
4  
5 # class names  
6 names:  
7   0: 'pothole'
```

Figure III. 12 yaml fichier

Commandes pour l'entraînement utilise le code python suivant :

```
1 from ultralytics import YOLO  
2  
3 # Load the model.  
4 model = YOLO('yolov8n.pt')  
5  
6 # Training.  
7 results = model.train(  
8     data='custom_data.yaml',  
9     imgsz=640,  
10    epochs=10,  
11    batch=8,  
12    name='yolov8n_custom'
```

Figure III. 13 le code python pour entrainement

- **Modèle** : Le modèle que nous voulons utiliser. Ici, nous utilisons le modèle YOLOv8 Nano pré-entraîné sur le jeu de données COCO.
- **Imgsz** : La taille de l'image. La résolution par défaut est 640.
- **Data** : chemin d'accès au fichier YAML de l'ensemble de données.
- **Époques** : Nombre d'époques pour lesquelles nous voulons nous entraîner.
- **Batch** : la taille du lot pour le chargeur de données. Vous pouvez l'augmenter ou la diminuer en fonction de la disponibilité de la mémoire de votre GPU.
- **Nom** : Nom du répertoire des résultats pour les exécutions/détections.

### III.5 Validation

Dans YOLOv8, le processus de validation, également appelé évaluation, est utilisé pour évaluer les performances du modèle sur un ensemble de données de validation distinct de l'ensemble d'apprentissage. La validation est une étape importante pour estimer comment le modèle généralisé aux données qu'il n'a pas vues lors de l'apprentissage. Cela permet de mesurer l'exactitude des prédictions du modèle et de détecter d'éventuels problèmes tels que le surajustement (overfitting). En effectuant la validation, vous pouvez évaluer la capacité de votre modèle à détecter correctement les objets dans de nouvelles images et obtenir des métriques telles que la précision moyenne (mAP) pour évaluer ses performances globales.

### III.5.1 Analyser les performances du modèle

#### ❖ Matrice de confusion

La figure ci-dessous représente une matrice de confusion. Cette matrice est une représentation tabulaire qui permet de visualiser les performances d'un modèle de classification. Elle est particulièrement utile pour évaluer la précision de la prédiction d'un modèle sur différentes classes.

D'après cette matrice on trouve que la précision des dattes mur est 45%, mais la précision concernant les dattes non mûr est 39%.

En conclure que la précision totale de ce système est égale à 39%.

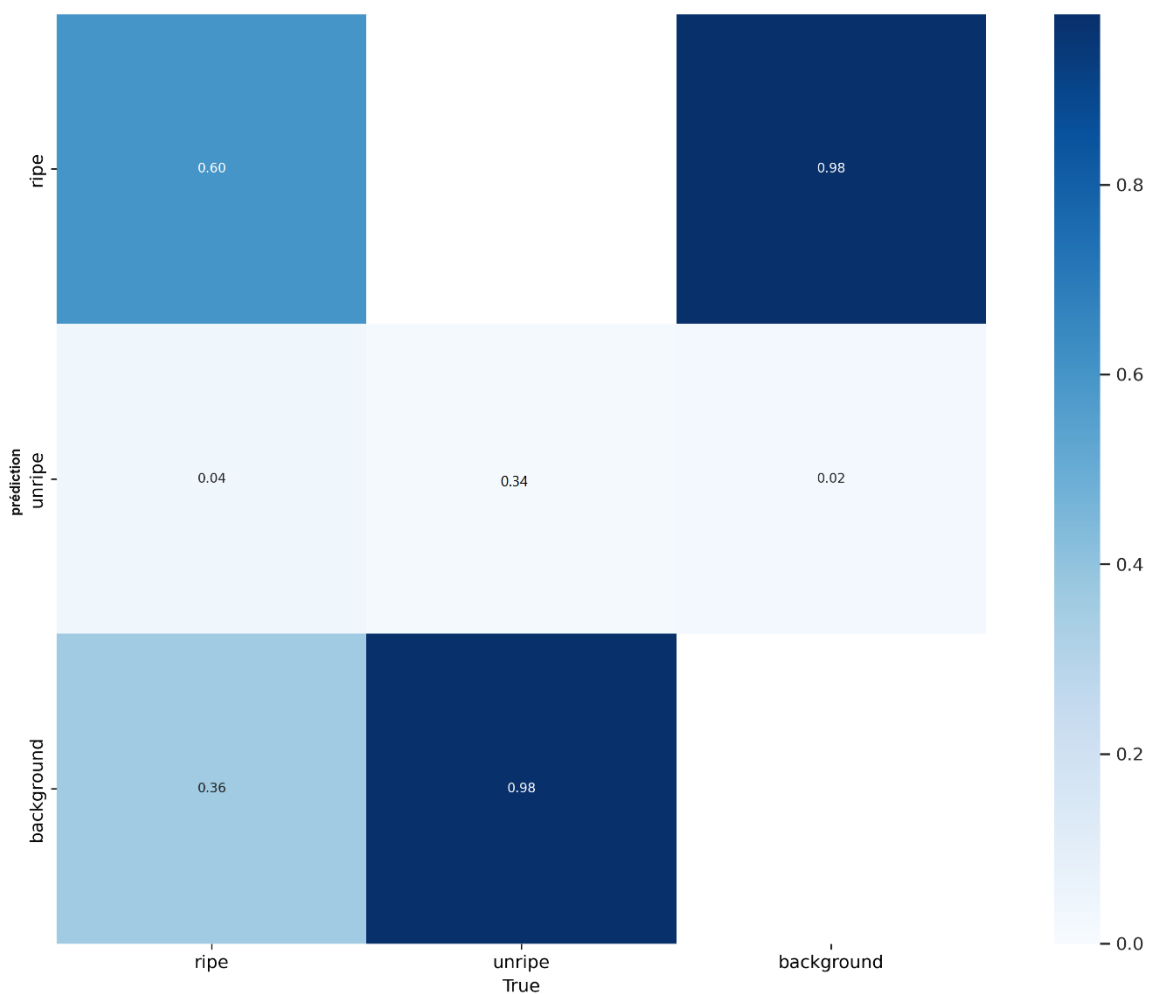


Figure III. 14 matrice de confusion

#### ❖ Graphe précision-seuil de confiance

Ce graphe représente la précision du modèle en fonction du seuil de confiance utilisé pour décider si une prédiction est positive ou négative. Le seuil de confiance est généralement une valeur entre 0 et 1, et les prédictions ayant une probabilité supérieure à ce seuil sont considérées comme positives.

Je remarque que la précision des dattes mur plus grande par rapport aux dattes non mûr alors la confiance globale de notre système est 60%.

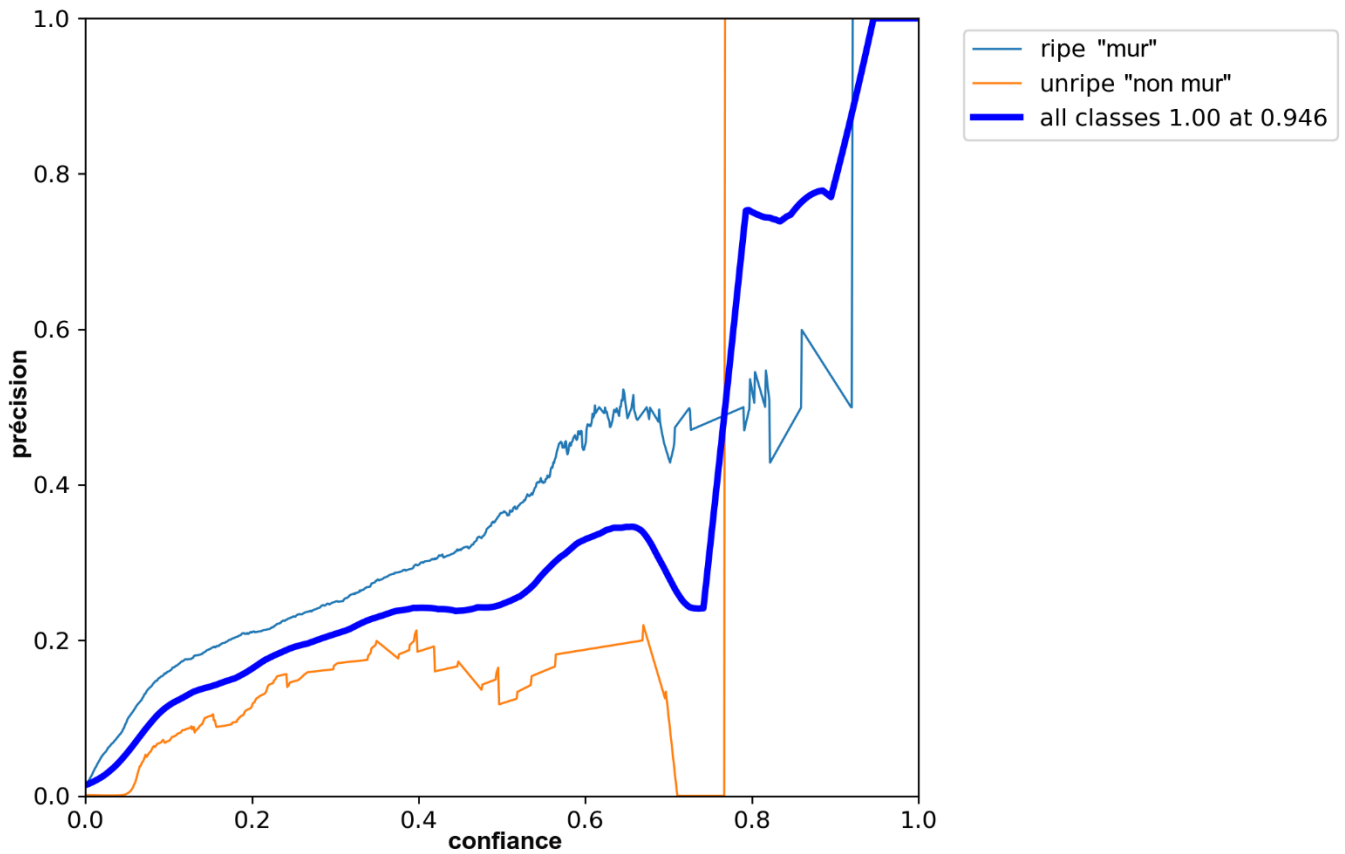


Figure III. 15 graphe de précision

### III.6 Résultat final

Le modèle a passé avec succès la phase de validation et sa performance est jugée satisfaisante, donc le système est prêt à être utilisé pour le tri, voici quelques images qui représentent le résultat.

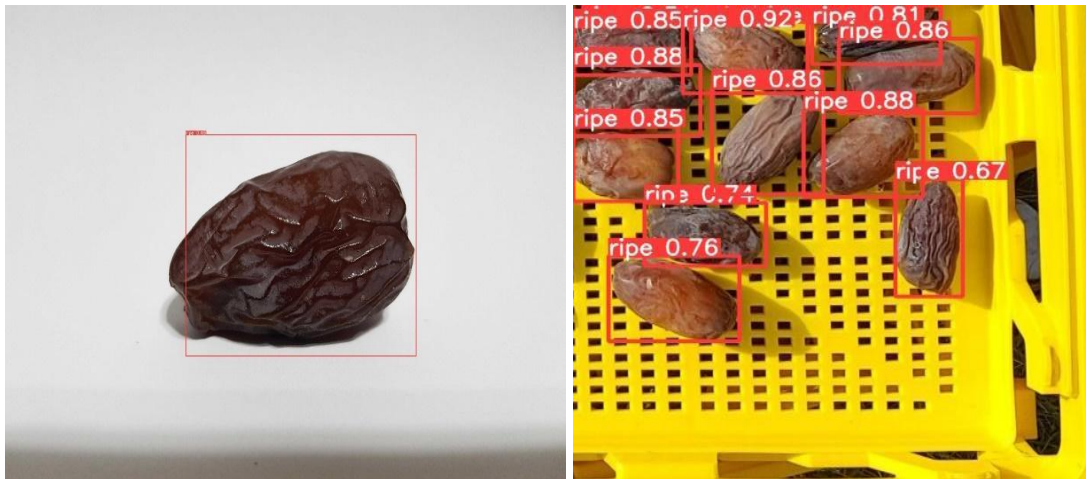


Figure III. 16 mûr dattes

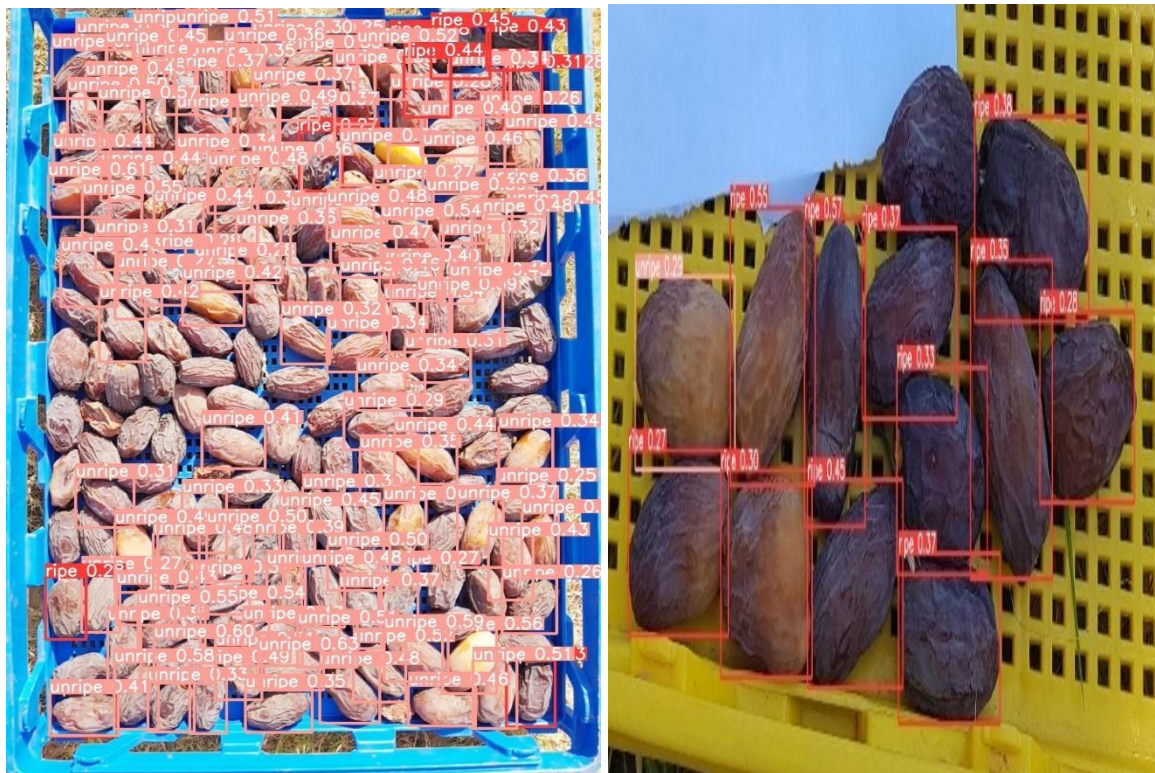


Figure III. 17 mûr et non mur dattes

Dans cette image, les images ont été traitées par notre système, et les dattes ont été identifiées et identifiées ( mur, non mûr) avec la détermination du pourcentage de précision de la prédiction.

- Ripe : mur
- Unripe : non mûr



### **III.7 Conclusion**

À la fin de ce chapitre consacré au tri des fruits de dattes en utilisant l'algorithme YOLOv8 (You Only Look Once), nous avons pu observer des résultats prometteurs et une amélioration significative dans le processus de tri automatisé.

L'algorithme YOLO s'est avéré être une approche efficace pour détecter et classifier les fruits de dattes avec une grande précision et rapidité.

En conclusion, l'intégration de l'algorithme YOLO dans le processus de tri des fruits de dattes a permis d'obtenir des résultats encourageants, en termes d'efficacité, de précision et de productivité. Cette approche offre des perspectives prometteuses pour l'industrie des dattes, en facilitant le tri automatisé et en assurant une sélection plus rapide et plus précise des fruits de haute qualité.

# **CONCLUSION GENERALE**

Le développement et l'utilisation de systèmes de tri automatique basés sur des réseaux de neurones constituent une avancée majeure dans le domaine de l'organisation et de l'analyse des données. Ces systèmes offrent des solutions puissantes pour trier efficacement une grande quantité d'informations de manière automatisée.

Au cours de ce mémoire, nous avons exploré l'importance et la nécessité d'un système de tri automatique dans notre vie quotidienne, en mettant l'accent sur son rôle dans la gestion des e-mails, l'analyse des données commerciales, la gestion des médias sociaux et la recherche d'informations. Nous avons souligné que face à l'avalanche de données auxquelles nous sommes confrontés, il est devenu crucial de disposer de systèmes de tri automatique pour optimiser la gestion et l'utilisation de ces informations.

Les réseaux de neurones offrent une approche prometteuse pour développer des systèmes de tri automatique performants. Grâce à leur capacité à apprendre des modèles complexes à partir de données d'entraînement, ils peuvent capturer des relations subtiles entre les caractéristiques des données et les critères de tri souhaités. Cela permet de réaliser des tris plus précis, adaptés aux besoins spécifiques de chaque application.

L'utilisation de réseaux de neurones pour le tri automatique nécessite toutefois une attention particulière à certains aspects. Il est essentiel de disposer de jeux de données de qualité pour l'entraînement du modèle, représentatifs des différentes catégories à trier. De plus, le choix approprié de l'architecture du réseau de neurones, des fonctions d'activation et des hyperparamètres est crucial pour obtenir des performances optimales. Enfin, l'évaluation rigoureuse du système de tri automatique est nécessaire pour mesurer sa précision, sa vitesse et sa robustesse. Le développement de systèmes de tri automatique avec des réseaux de neurones devrait continuer à évoluer. Les avancées dans le domaine de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle permettront de développer des modèles plus sophistiqués et des architectures plus complexes, améliorant ainsi les performances des systèmes de tri automatique. De plus, l'intégration de techniques supplémentaires telles que le traitement du langage naturel, la vision par ordinateur ou le traitement du signal ouvrira de

Les systèmes de tri automatique basés sur des réseaux de neurones jouent un rôle essentiel dans la gestion et l'analyse des données. Ils offrent des solutions efficaces pour trier rapidement et précisément une quantité importante d'informations, améliorant ainsi la productivité, la qualité des résultats et l'expérience utilisateur. Grâce aux progrès continus

dans le domaine de l'apprentissage automatique, ces systèmes ont un potentiel considérable pour répondre aux défis futurs liés à la gestion des données et à l'exploitation de l'information dans divers domaines grâce aux avancées technologiques, notamment dans les capacités de stockage et de traitement, nous sommes maintenant en mesure d'exploiter des ensembles de données d'une ampleur auparavant inimaginable. L'évolution des capacités de calcul et l'utilisation de techniques telles que les réseaux neuronaux ont permis de réaliser des progrès significatifs dans l'analyse des Big Data, en particulier dans des domaines tels que la classification d'images.

L'utilisation de méthodes telles que YOLOv8 et la mise en œuvre de traitements distribués basés sur des réseaux neuronaux offrent des opportunités pour la classification efficace des images Big Data. Les réseaux neuronaux, inspirés par le fonctionnement du cerveau humain, se sont avérés être des outils puissants pour l'analyse de données massives. En simulant la structure et les mécanismes de mémoire des réseaux neuronaux humains, il est possible de développer des algorithmes d'apprentissage efficaces.

Dans ce contexte, notre projet vise à utiliser YOLOv8 pour la classification d'images Big Data, en exploitant le potentiel du traitement parallèle et distribué basé sur des réseaux neuronaux. Les résultats de nos expérimentations montrent la faisabilité et l'efficacité de cette approche.

En conclusion, le Big Data offre des possibilités d'analyse et d'exploitation des données à une échelle sans précédent. Les progrès technologiques continueront de jouer un rôle clé dans la gestion et l'analyse des données massives, ouvrant la voie à de nouvelles découvertes et applications. Cependant, il reste encore beaucoup à explorer et à améliorer, et la recherche future devrait se concentrer sur de nouvelles orientations et approches pour maximiser la valeur du Big Data dans divers domaines

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

## Bibliographique

- [1] ZERROUKI, Bachir. Etude et réalisation d'un système de tri. Mémoire de Master, UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET.2018-2019.
- [2] OGATA, Katsuhiko. Modern Control Engineering. 3rd Edition. 1996.
- [3] FLAUS, Jean-Marie. La régulation industrielle, régulateur PID, prédictifs et flous. HERMES 2011, publié en 1993.
- [4] MILSANT, F. Machines électriques, 1980.
- [5] DUYSINX, Pierre; HUTSEMEKERS, Geoffray; LECOCQ, Henri. Automatisation Et Robotisation De La Production. Mémoire de Master, UNIVERSITÉ DE LIÈGE, 2009-2010. [6] CHESNER, Desir. Automatic Image Classification, Application to Deep Lung Imaging. Thèse de doctorat, Université de Rouen, 2013.
- [7] [http://www.uvt.rnu.tn/resourcesuvt/cours/Automates/chap1/co/Module\\_chap1\\_6.html](http://www.uvt.rnu.tn/resourcesuvt/cours/Automates/chap1/co/Module_chap1_6.html)  
[Accédé 6 mai 2023]
- [8] <https://www.automatic-systems.com/> [Consulté le 6 mai 2023]
- [9] [www.crouzet-automation.com](http://www.crouzet-automation.com) [Consulté le 8 mai 2023]
- [10] <http://eavr.u-strasbg.fr/bernard> Automatique Continue [Consulté le 12 mai 2023]
- [11] LE CUN, Yann; BOTTU, L.; BENGIO, Y.; HAFFNER, P. "Gradient-based learning applied to document recognition." Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.
- [12] KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. "ImageNet classification with deep convolutional neural networks." In Advances in neural information processing systems, pp. 1097–1105, 2012.
- [13] RUSSAKOVSKY, O.; DENG, J. "ImageNet large scale visual recognition challenge." International Journal of Computer Vision, vol. 115, pp. 211–252, Dec. 2015.
- [14] HE, K.; ZHANG, X.; REN, S.; SUN, J. "Deep residual learning for image recognition." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 770-778, 2016.
- [15] SZEGEDY, C.; VANHOUCHE, V.; IOFFE, S.; SHLENS, J.; WOJNA, Z. "Rethinking the inception architecture for computer vision." The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern

Recognition (CVPR), June 2016.

[16] BUYSSSENS, Pierre. Fusion of different modes of capture for face recognition applied to EDOCTORAT transactions of the UNIVERSITY OF CAEN, January 4, 2011.

[17] KADOUS, Djamila. Using Neural Networks as a Data Mining Tool: Behavior Model Generation of a Physical Process from Data.

[18] MICROSOFT. 17/06/2014. "Evaluer un modèle en apprentissage automatique." Available at: [<https://learn.microsoft.com/fr-fr/training/modules/train-evaluate-regression-models/>] [Consulté le 14 mai 2023].

[19] math.univ-toulouse. 2017. Statistique & Machine Learning de Statisticien à Data Scientist. Available at: <https://www.math.univ-toulouse.fr/~besse/Wikistat/pdf/st-m-IntroApprentStat.pdf>. [Consulté le 12 mai 2023]

[20] Yann LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.

[14] Deep Learning. Convolutional Neural Network. Available at: <http://deeplearning.stanford.edu/tutorial/supervised/ConvolutionalNeuralNetwork/> [Consulté le 13 mai 2023]

[21] O. Russakovsky, J. Deng, H. Su, J. Krause, S. Satheesh, S. Ma, Z. Huang, A. Karpa thy, A. Khosla, M. Bernstein, A. C. Berg, and L. Fei-Fei, "ImageNet large scale visual recognition challenge," Int. J. Comput. Vision, vol. 115, pp. 211–252, Dec. 2015

[22] <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445304-pythondefinition-et-utilisation-de-ce-langage-informatique/> [Consulté le 14 mai 2023]

[23] <https://fr.linkedin.com/pulse/comprendre-yolo-yannick-lecroart> [Consulté le 14 mai 2023]

[24] <https://microcontrollerslab.com/raspberry-pi-4-pinout-description-features-peripherals-applications/> [Consulté le 15 mai 2023]

[25] <https://github.com/ultralitics/ultralitics> [Consulté le 16 mai 2023]

[26] <https://docs.ultralitics.com/> [Consulté le 16 mai 2023]

### ملخص

تتعلق هذه الرسالة بتطوير نظام أوتوماتيكي لفرز التمور. يقدم الفصل الأول مقدمة عامة لأنظمة الآلية ، بينما يركز الفصل الثاني على استخدام الشبكات العصبية ومعالجة الصور. يعرض الفصل الثالث التنفيذ الملموس للنظام باستخدام Pi Raspberry وخوارزمية YOLO . تهدف الرسالة بأكملها إلى استكشاف فوائد وتطبيقات الأنظمة الآلية في مجال معين لفرز التمور باستخدام رؤية الكمبيوتر وتقنيات التعلم الآلي.

**كلمات مفتاحية :** نظام آلي للفرز - آلية-يولو

---

### ABSTRACT

This memory dissertation revolves around the development of an automated date sorting system. The first chapter provides a comprehensive introduction to automated systems, while the second chapter focuses on the utilization of neural networks and image processing. Subsequently, the third chapter presents the practical implementation of the system using a Raspberry Pi and the YOLO algorithm for accurate date detection and sorting. Throughout this academic work, the primary objective is to explore the numerous advantages and real-world applications of automated systems, specifically within the domain of date sorting, employing cutting-edge computer vision and machine learning methodologies.

**Keywords:** automatic sorting system- Automatic - Yolov8

---

### RÉSUMÉ

Cette mémoire porte sur le développement d'un système automatisé de tri des dattes. Le premier chapitre offre une introduction générale aux systèmes automatisés, tandis que le deuxième chapitre se concentre sur l'utilisation des réseaux neuronaux et du traitement d'image. Le troisième chapitre présente la mise en œuvre concrète du système en utilisant un Raspberry Pi et l'algorithme YOLO pour détecter et trier les dattes. L'ensemble de la mémoire vise à explorer les avantages et les applications des systèmes automatisés dans le domaine spécifique du tri des dattes en utilisant des techniques de vision par ordinateur et d'apprentissage automatique.

**Mots-clés :** système de tri- automatique – Yolov8