

Système IoT de tri par couleur : Implémentation de LabVIEW et Node-RED

IoT Color Sorting System: LabVIEW and Node-RED Implementation

Imene Zitoun^{#1}, Marwen Fassatoui^{*2}, Alouani Med Youssef^{*3}, Assma Ben Jebara^{*4}

[#]Direction Générale des Etudes Technologiques, Institut supérieur des études technologiques de Djerba.

Avenue de la Liberté, Route Houmet Souk - 4116 Midoun - Djerba (Tunisie)

¹imen.isetjb@gmail.com

^{*}Direction Générale des Etudes Technologiques, Institut supérieur des études technologiques de Radès.

Rue de Jérusalem 2098 Radès Médina – Ben Arous (Tunisie)

²marouan.fassatoui@gmail.com

³alouaniy761@gmail.com

⁴assmabjebara@gmail.com

Résumé— Dans le contexte de l'industrie 4.0 où l'automatisation intelligente est essentielle face à la demande croissante d'efficacité et de précision, les processus de tri par couleur restent encore un défi en raison de manque de précision, de capacités de suivi à distance, et ne sont généralement pas connectées à des réseaux IoT. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui vise à répondre à ces limites par la conception et la réalisation d'un prototype intelligent de tri par couleur basé sur un bras robotisé connecté capable de détecter, distinguer et déposer les objets selon leurs couleurs. Ce système utilise les technologies Node RED pour la commande et gestion des flux IoT et LabVIEW pour la supervision en temps réel à travers une interface graphique.

L'objectif principale de ce travail est de combiner ces deux technologies afin de créer une solution précise et fiable dans un prototype connecté permettant d'optimiser le processus de tri par couleur.

Mots clés— Tri par couleur, Bras robotisé, IoT, Supervision, LabVIEW, Node-RED, MQTT

Abstract--- In the context of Industry 4.0, where intelligent automation is crucial to meeting the increasing demand for efficiency and precision, color-based sorting processes continue to pose significant challenges due to their limited flexibility, reduced remote-monitoring capabilities, and the frequent absence of IoT integration. This work addresses these limitations through the design and implementation of an intelligent color-sorting prototype built around a robotic arm capable of detecting, distinguishing, and sorting objects based on their color.

The proposed system combines Node-RED for command execution and IoT data-flow orchestration with LabVIEW for real-time visualization and supervision through an interactive graphical interface.

The primary objective of this study is to leverage the complementary strengths of both technologies to deliver a connected, adaptable, and high-performance solution that improves the efficiency and reliability of color-sorting operations.

Keywords— Color sorting, Robotic arm, IoT, Monitoring, LabVIEW, Node-RED, MQTT

I. INTRODUCTION

Au fil des années, les systèmes de tri ont subi une grande évolution, ils sont passés des mécanismes électromécaniques simples aux solutions intégrant des bras robotisés [1]. Depuis le développement du robot PUMA et du SCARA en 1978, l'ingénierie des bras robotisés n'a cessé d'évoluer [2]. Un bras robotisé est un dispositif relié par des articulations programmées à l'aide des technologies numériques afin d'effectuer des tâches spécifiques dans diverses applications, telles que la fabrication, l'assemblage et les services de tri etc. L'une des fonctions les plus importantes d'un bras robotique dans l'industrie est l'opération de pick-and-place, comme : saisir une charge, la transporter vers une position prédéterminée, puis la relâcher. Plusieurs travaux se sont intéressés dans la commande des robot pick and place, comme par exemple, Sanjay et Shweta [3] qui ont travaillé sur le contrôle de position d'un bras robotisé pick-and-place articulé à 5 degrés de liberté utilisé pour une machine de moulage en temps réel. Binbin Lian a démontré comment optimiser les paramètres dimensionnels d'un manipulateur parallèle à 2 degrés de libertés pour obtenir des performances élevées dans les tâches de pick-and-place [4]. Ce robot pick and place est idéal pour les industriels, qui cherchent à

maintenir leur compétitivité, en adoptant les technologies avancées basée sur l'intégration de l'Internet des objets (IoT) [5]. Cependant dans les processus de tri, le robot pick-and-place présente encore une limite importante et un véritable défi lorsqu'il s'agit de trier les objets en fonction de leur couleur [6]. En effet la détection des objets colorés est encore l'un des enjeux majeurs pour assurer un tri précis et fiable dans l'industrie. De plus, la supervision à distance de ces systèmes reste limitée, empêchant ainsi l'évolution vers des industries véritablement connectées et intelligentes. Ces contraintes soulignent la nécessité de solutions innovantes capables de répondre aux exigences de connectivité et de supervision en temps réel.

Dans ce contexte s'inscrit ce travail dont l'objectif est de développer un système intelligent de tri par couleur supervisé à distance, combinant la commande via Node-RED et la supervision en temps réel via LabVIEW [7], [8]. L'objectif est de concevoir une solution à la fois précise et fiable, pouvant être déployée dans un environnement industriel évolutif. Notre système comprend un bras robotisé placé à côté d'un convoyeur (tapis roulant) associé à un capteur de présence pour détecter l'arrivée d'un objet et un capteur de couleur permettant d'identifier la couleur des objets. Une fois la couleur est identifiée, le bras robotisé, équipé de servomoteurs et piloté par une carte Arduino, saisit l'objet et le place avec précision dans la zone correspondant à sa couleur.

La phase de détection automatique des couleurs est réalisée à l'aide d'un capteur TCS3200 [9] placé au-dessus d'un convoyeur piloté par une carte ESP32. Le bras robotisé devrait offrir des mouvements fluides et une grande précision dans la détection des couleurs des objets [10]. Le développement de la solution est réparti en trois parties essentielles qui sont le bras robotisé lui-même, la détection des couleurs et le système de placement d'objets.

II. ARCHITECTURE ET METHODOLOGIE

Le bras développé dans ce travail est un bras articulé à 4 degrés de liberté (4 DOF) de type rotatif, composé de 2 segments (liaisons) et se terminant par un effecteur final conçu pour saisir de petits objets.

La figure ci-dessous illustre le schéma synoptique du système de tri, le matériel est basé sur une carte ESP32 pour la commande du convoyeur et pour le traitement des données à travers Node-Red, et une carte Arduino Uno pour la commande du bras robotisé à travers les servomoteurs. La partie logicielle utilise LabVIEW, pour la conception de l'interface graphique de supervision en temps réel et Node-RED utilisé pour la gestion du flux de données utilisant le protocole de communication MQTT. La vue d'ensemble fonctionnelle et simplifiée de la structure du système de tri par couleur est représentée par la figure 1 suivante :

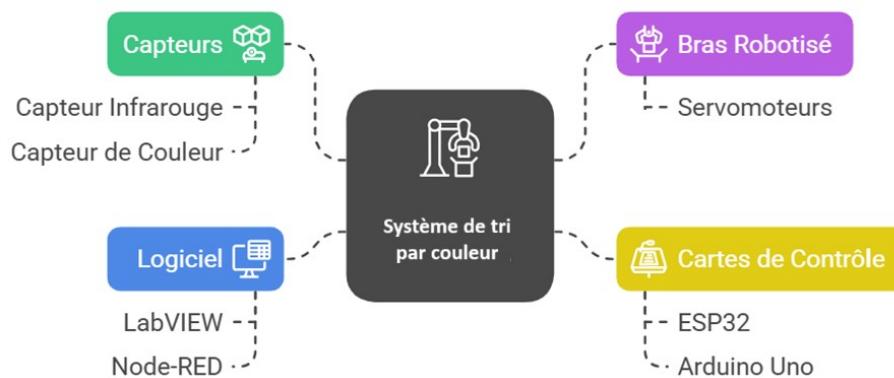


Fig. 1 Schéma synoptique

Ce schéma décompose l'ensemble du système en quatre blocs principaux interconnectés autour de la fonction centrale de tri. Le bloc capteurs est crucial pour l'acquisition des données nécessaires au processus, comprenant notamment des capteurs infrarouges pour la détection de présence d'objet et un capteur de couleur pour l'identification de la couleur des objets à trier. Les cartes de contrôle représentent le cœur du traitement et de la commande, intégrant une carte ESP32 (pour l'IoT) et une carte Arduino Uno (pour la commande des actionneurs en temps réel). Le bras robotisé constitue la partie motrice du système, responsable de la manipulation et du placement des objets, utilisant des servomoteurs pour ses mouvements articulés. Enfin, le bloc logiciel regroupe les outils de supervision, et de gestion du flux de données : Node-RED gère les flux de données et la décision du tri, tandis que LabVIEW est utilisé pour la visualisation graphique du système.

Le prototype intègre la conception mécanique du convoyeur et du bras robotisé [11], le diagramme d'état illustrant le fonctionnement du bras, ainsi que l'architecture IoT qui décrit les interconnexions entre les différents composants du système.

A. Conception Mécanique

Le bras robotisé comporte 4 articulations motorisées, actionnées par des servomoteurs qui imposent une précision angulaire essentielle pour les tâches de préhension et de placement. La figure 2 ci-dessous représente la structure mécanique du bras.

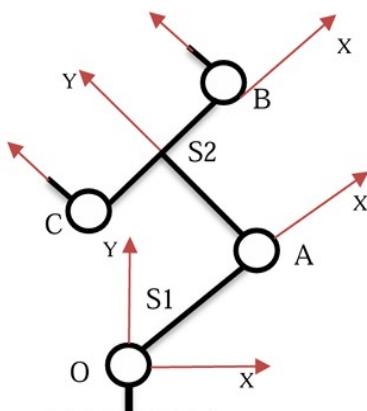


Fig. 2 Structure du bras

Ce schéma représente la cinématique à 4 degrés de liberté (4 DoF) du bras robotisé. La base du robot est fixée au point O (origine du repère de référence), qui correspond à la première articulation. Le bras est composé de 2 segments de longueurs désignées par S1 et S2. Les points O, A, B et C symbolisent des articulations rototoïdes, permettant une rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan.

Le modèle 3D du prototype a été réalisé avec le logiciel SolidWorks et représenté par la figure 3 ci-dessous :

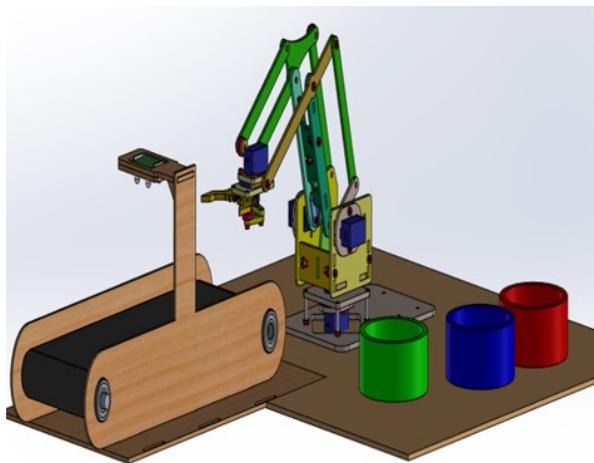


Fig. 3 Conception mécanique avec SolidWorks

La conception montre deux sous-systèmes principaux : un convoyeur pour le transport des objets et le bras robotisé pour le tri. La structure du bras intègre des liaisons rototoïdes commandées par des servomoteurs, permettant d'atteindre l'espace de travail désiré. Les 3 cylindres de couleur (vert, bleu, rouge), sont utilisés comme des conteneurs pour recevoir les objets triés. L'ensemble est monté sur une plaque de base simple, servant de support stable pour aligner précisément le convoyeur et le bras robotisé, tout en contenant les trois conteneurs de tri colorés.

Chaque articulation utilise des paliers lisses pour réduire les frottements, et la préhension est assurée par une pince à deux doigts. Piloté par une carte Arduino, le bras suit des trajectoires point à point synchronisées avec la détection de couleur, offrant ainsi une manipulation précise et fiable des objets. Les objets à détecter ont une forme cylindrique, comme illustré à la figure 4. Les couleurs des objets sont le rouge, le bleu et le vert, ce qui correspondent aux couleurs détectables par le capteur.



Fig. 4 Couleur des objets à détecter

B. Diagramme d'état du cycle de tri

La présence de l'objet sur le convoyeur est détectée par le premier capteur infrarouge (IR1), avant que le capteur de couleur ne détecte une couleur, le bras est d'abord mis en position de veille. Le capteur de couleur reçoit alors la fréquence et il convertit la lumière en courant grâce à des photodiodes. Lorsqu'un objet est détecté par le premier capteur IR1, le convoyeur s'arrête pendant 5 secondes afin de permettre au capteur de couleur de scanner l'objet. Ensuite, le convoyeur redémarre. Quand l'objet atteint le deuxième capteur IR2, celui-ci arrête de nouveau le moteur du convoyeur et envoie un signal aux servomoteurs vers la position désignée en fonction du placement de la couleur. Le fonctionnement du cycle de tri est illustré par le diagramme d'état suivant :

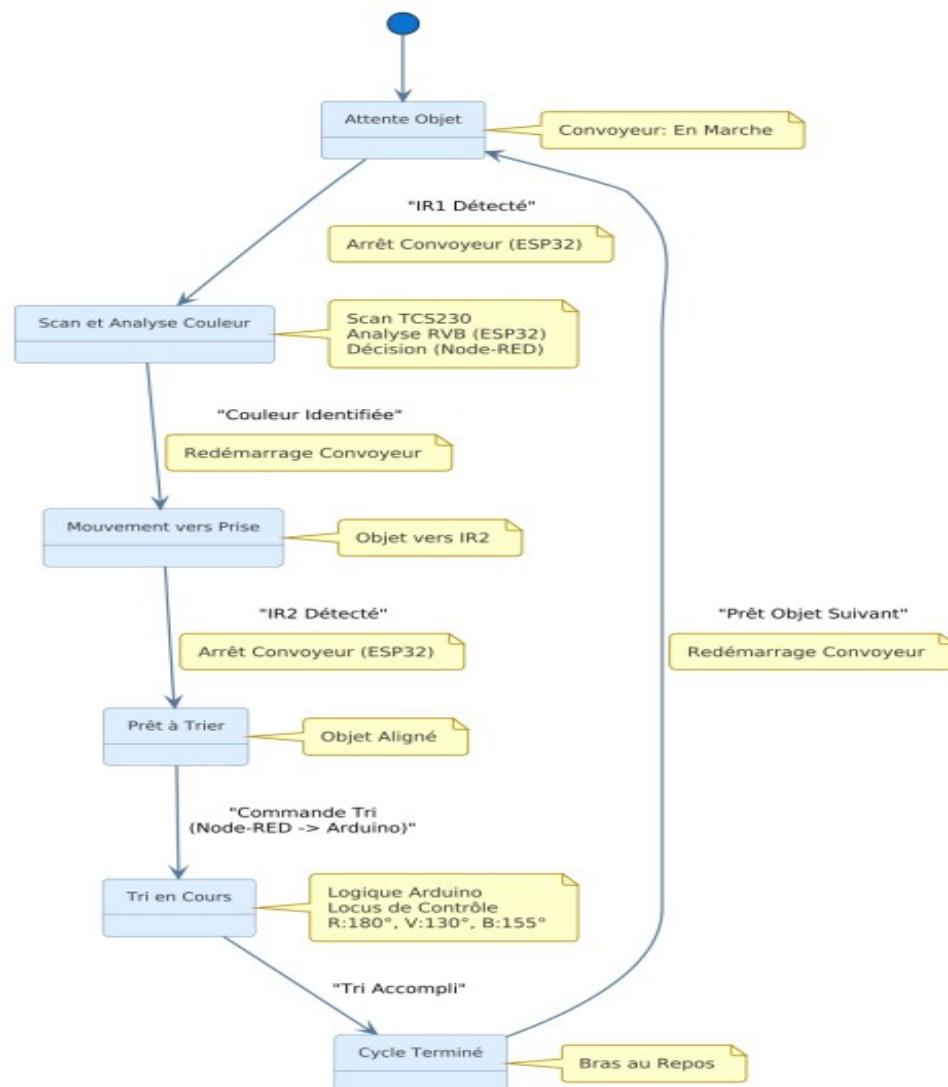


Fig. 5 Diagramme d'état du cycle de tri

Le cycle commence par l'état "Attente Objet" où le convoyeur est en marche, attendant la détection d'un objet. Dès qu'un capteur infrarouge "IR1 Détecté" signale l'arrivée de l'objet, la carte ESP32 envoi un signal pour arrêter le convoyeur. L'étape suivante, "Scan et Analyse Couleur", utilise le capteur TCS3200 pour identifier la couleur de l'objet. Une fois la "Couleur Identifiée", le convoyeur redémarre pour passer à l'état

"Mouvement vers Prise" (Object vers IR2). L'arrêt du convoyeur est commandé à nouveau par l'ESP32 lorsque le second capteur "IR2 DéTECTé" signale l'alignement de l'objet dans l'état "Prêt à Trier" (Objet Alignée). La commande de tri est alors envoyée de Node-RED à l'Arduino, initiant l'état "Tri en Cours" où l'Arduino exécute la logique de contrôle du bras. En fonction de la couleur détectée, le servo-moteur se positionne à un angle précis :

- R :180°, pour la couleur rouge
- V :130° pour la couleur verte
- B :155° pour la couleur bleue

Une fois le "Tri Accompli", le système passe à l'état "Cycle Terminé", le bras étant mis "au Repos". De là, deux transitions sont possibles : le retour à "Attente Objet" pour le "Prêt Objet Suivant" (impliquant le redémarrage du convoyeur) ou, depuis l'état "Attente Objet", un retour direct à l'état "Cycle Terminé" en cas d'absence d'objet. Ce processus décrit de manière séquentielle le flux de détection, d'analyse, de positionnement et de tri.

C. Architecture IoT

Le système de tri d'objet par couleur est caractérisé par une architecture hétérogène qui combine à la fois la carte ESP32 pour la gestion du convoyeur et la carte Arduino Uno pour la commande du bras robotisé. Le système utilise Node-RED, un environnement de développement JavaScript, adapté au développement de systèmes IoT [15] pour la gestion de flux de données. L'interface utilisateur graphique (homme – machine) (IHM) est développé avec LabVIEW [16] afin de superviser le processus de tri en temps réel. La connexion entre les composants électroniques à travers les plateformes et interfaces utilisateur est illustrée dans la figure suivante :

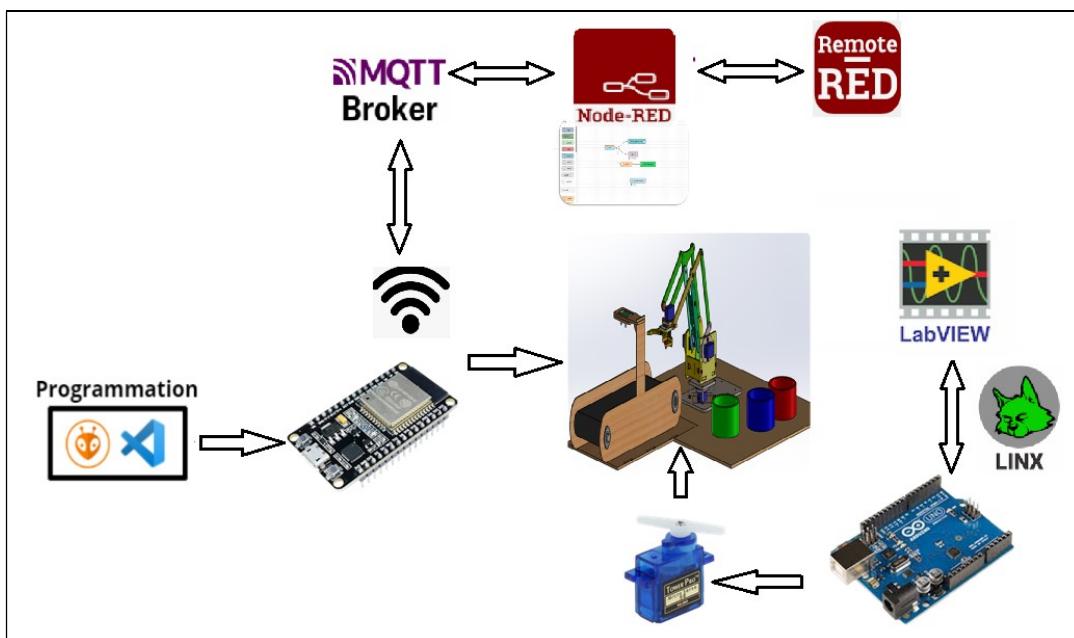


Fig. 6 Architecture IoT du système

Ce schéma illustre l'architecture IoT du système de tri basé sur une carte ESP32 connecté au réseau Wi-Fi pour gérer les capteurs et commander le convoyeur. Le bras communique avec l'écosystème IoT via un Broker MQTT, assurant un échange de données efficace, essentiel pour l'envoi des commandes. Node-RED reçoit les données via MQTT et génère les commandes vers les actionneurs. L'application Remote RED, connectée à Node-RED, fournit une interface utilisateur distante (un dashboard) pour la surveillance et le contrôle en temps réel du cycle de tri.

La carte Arduino est dédiée à la commande des servomoteurs du bras, l'intégration de LabVIEW via le protocole LINX permet une interaction puissante et graphique avec l'Arduino. Cela offre des capacités avancées de supervision, et d'analyse des signaux, transformant le système en une plateforme de contrôle et d'acquisition de données robuste. Cette conception mélange l'agilité de l'IoT (MQTT, Node-RED) avec la fiabilité du contrôle temps réel (Arduino) et la puissance de l'analyse graphique (LabVIEW).

III. MATERIEL UTILISE

Le système utilise plusieurs composants clés pour atteindre l'objectif souhaité. La liste des composants électroniques est illustrée dans le tableau I ci-dessous :

TABLEAU I
COMPOSANTS ET MATERIEL

Pour la Commande du convoyeur	Pour la Commande du tri
	Carte ESP32
	Moteur pas à pas
	Shield moteur
	Capteur infrarouge
	Carte Arduino Uno
	Capteur de couleur TCS3200
	Servomoteur
	Diode Led

La carte ESP32 est utilisée pour la commande du convoyeur et des capteurs tandis que la carte Arduino Uno est utilisée commander les servos moteurs du bras robotisé. Le capteur de couleur TCS3200 a été choisi suite aux recherches menées dans [12]. Le capteur de couleur est connecté aux broches du microcontrôleur Arduino IDE pour détecter la couleur rouge, verte et bleue. D'après les recherches menées dans [13] et [14], le servomoteur a été choisi pour ce prototype de recherche en raison de son alimentation électrique limitée et de la simplicité de son fonctionnement.

IV. RESULTAT ET ANALYSES

L'expérience a été menée pour les 4 degrés de liberté (DDL) du bras robotisé, incluant les 4 servomoteurs. La première expérience consiste à contrôler manuellement le mouvement du bras robotisé en fonction de l'angle saisi par l'utilisateur via l'interface graphique. Cette expérience a permis de conclure que le bras répondait bien aux instructions (commandes) données par l'utilisateur via l'interface utilisateur LabVIEW. Les variations angulaires appliquées aux servomoteurs se traduisent par des mouvements précis, sans décalage entre la commande et l'exécution. Par ailleurs, les résultats observés confirment la bonne synchronisation entre l'interface de supervision et la carte de commande Arduino. Cette phase de validation manuelle constitue une étape essentielle pour garantir la fiabilité du système avant le passage au mode automatique de tri. Elle permet également de vérifier le fonctionnement mécaniques du bras et d'assurer la sécurité des mouvements lors des opérations de saisie et de dépôt des objets.

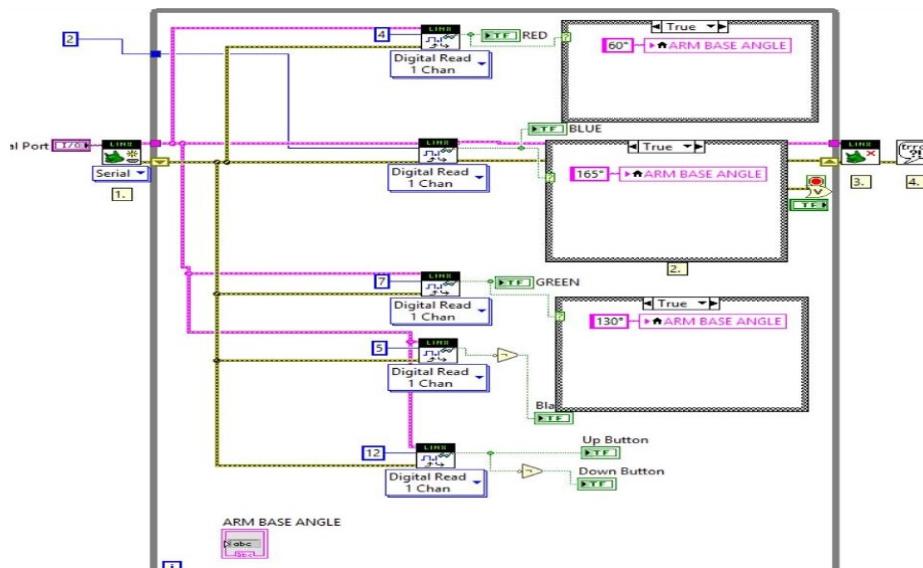


Fig. 7 Diagramme LABVIEW

Ce diagramme LabVIEW a pour utilité principale de piloter la base du bras robotisé en fonction de la couleur détectée par le système. Il agit comme le centre de commande entre la logique de décision (provenant probablement de Node-RED ou de l'ESP32, convertie en signaux numériques "RED", "BLUE", "GREEN") et l'actionneur physique (le servomoteur de la base du bras). En lisant l'état des signaux, il traduit la couleur identifiée en un angle de rotation précis. Ces angles correspondent aux positions exactes des conteneurs de tri. Il permet également une interface de commande manuelle pour l'opérateur.

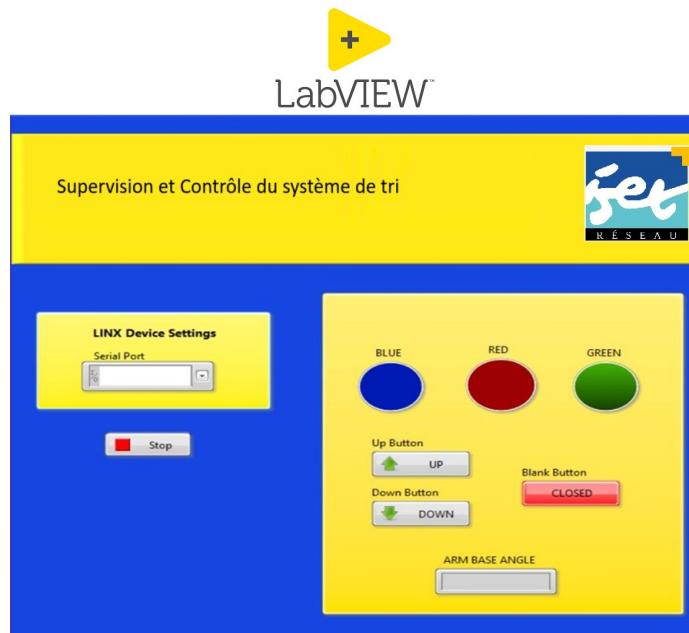


Fig. 8 Interfaces LABVIEW (Supervision du tri)

Cette figure présente le (Front Panel) de LabVIEW servant d'interface de Supervision et Contrôle du système de tri. L'interface est divisée en plusieurs zones fonctionnelles sur un fond bleu. La zone jaune à gauche est dédiée à la configuration de la communication, notamment les "LINX Device Settings" qui permettent de sélectionner le Port Série utilisé pour établir la liaison avec la carte de contrôle (Arduino). La zone principale de droite regroupe les commandes et indicateurs pour l'opération : trois indicateurs circulaires de couleur (Bleu, Rouge et Vert) affichent l'objet détecté. Un ensemble de boutons (Up Button, Down Button) permet la commande manuelle du bras et les réglages fins de position. Un indicateur nommé "ARM BASE ANGLE" permet de visualiser l'angle de rotation de la base du bras robotisé. Le bouton "Stop" est un contrôle essentiel de sécurité et d'arrêt immédiat du programme LabVIEW, permettant de mettre fin à l'exécution de l'Instrument Virtuel (VI) et d'interrompre l'opération du système de tri, quelle que soit sa phase en cours. Enfin,

pour assurer la sécurité et l'arrêt immédiat du programme, le bouton "Stop", permet de mettre fin et d'interrompre l'opération du système de tri, quelle que soit sa phase en cours.

L'interface utilisateur de Node-RED, est représenté dans la figure suivante :

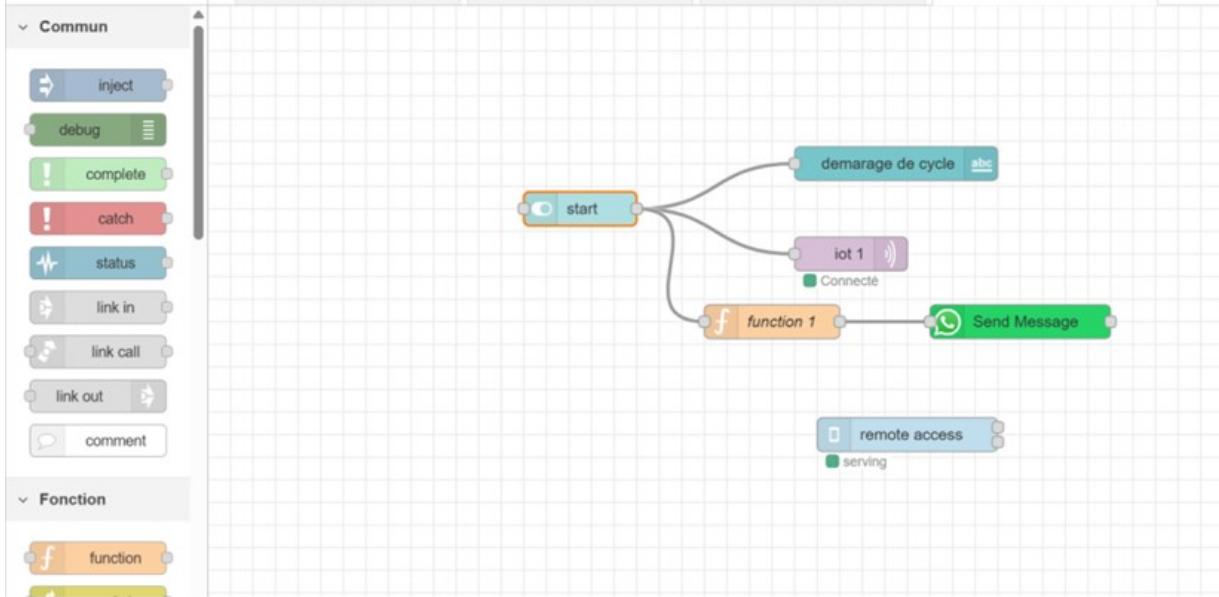


Fig. 9 Interfaces Node -RED (Commande du convoyeur)

Cette interface est un outil de programmation basé sur des flux pour connecter les différents dispositifs du système. Les nœuds (blocs de construction) classés par catégories sont glissés et déposés pour former un flux. Les lignes de connexion indiquent le chemin de l'information (le message) entre les nœuds, définissant la logique d'exécution. Le flux illustré utilise des nœuds comme start (déclencheur), démarrage de cycle et lot 1 (actions/sorties), function 1 (logique de traitement), et Send Message (une action finale).

La figure ci-dessous représente un tableau de bord (Dashboard) Node-RED simple, conçu pour la commande du convoyeur.

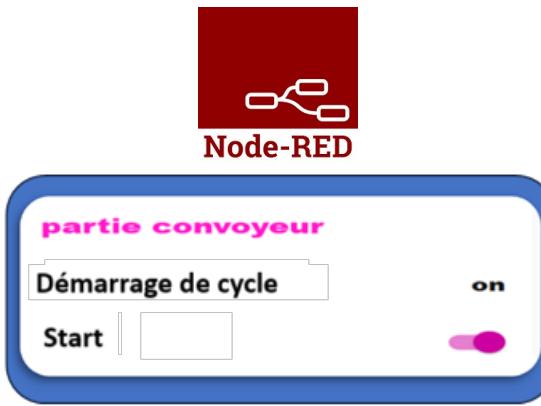


Fig. 10 Tableau de bord Node-RED (Commande du convoyeur)

Cette interface permet de visualiser l'état (Démarrage de cycle : on) et contrôler le démarrage/l'arrêt (Start switch) du convoyeur.

V. DEMONSTRATION

Le résultat final du système de tri met clairement en évidence le bon fonctionnement de la solution proposée, avec un tri réussi de trois objets de couleurs bleu, rouge et vert. Le fonctionnement automatique et

autonome du bras pour la détection, la reconnaissance de couleur et la pose de l'objet dans l'endroit adéquat a été testé avec succès. Le bras a placé l'objet rouge à un angle de déplacement prédéfini de 180°, l'objet vert à 130°, et le bleu à 155° comme le montrent les figures ci-dessous :

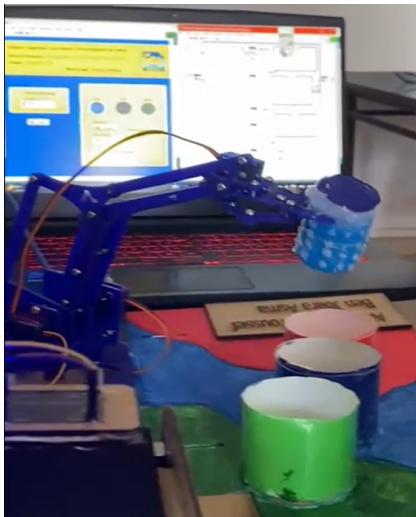


Fig. 11 Identification et tri de la couleur bleue

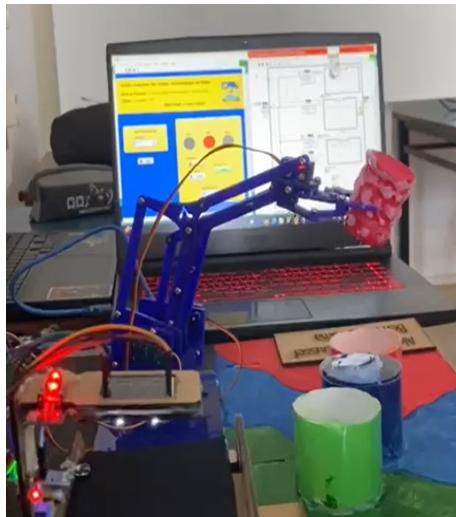


Fig. 12 Identification et tri de la couleur rouge

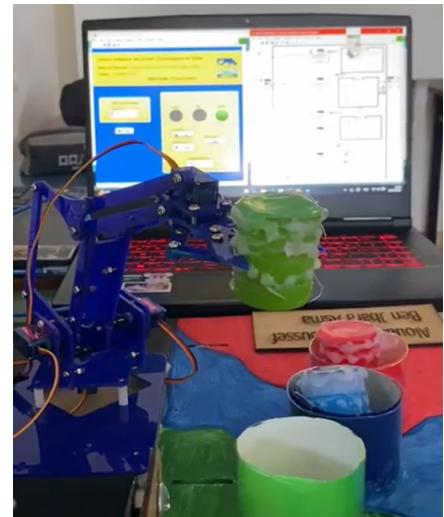


Fig. 13 Identification et tri de la couleur verte

Les figures 11, 12 et 13 montrent le bras en train d'identifier et de déposer l'objet dans l'endroit adéquat selon sa couleur. Lors du passage de chaque objet sur le convoyeur, la détection est assurée de manière fiable par le capteur coupleur TS200, qui signale la présence de l'objet au système de commande. Une fois l'objet détecté, le bras manipulateur à quatre degrés de liberté, piloté par la carte Arduino, effectue une séquence de mouvements précise permettant la saisie de l'objet sans perturbation. La couleur de l'objet est ensuite identifiée, puis une trajectoire spécifique est générée afin de déposer l'objet dans la zone de tri correspondante. Les essais réalisés montrent une concordance totale entre la couleur détectée et la position finale de dépôt, confirmant l'exactitude du tri. La coordination entre le convoyeur commandé par l'ESP32 et le bras robotisé assure une fluidité globale du processus. Par ailleurs, l'interface LabVIEW permet une supervision en temps réel de l'ensemble du système, avec un affichage clair de l'état des capteurs, des actions du bras et des résultats du tri. Cette visualisation sur ordinateur renforce la fiabilité du système et facilite le diagnostic en cas d'anomalie. L'ensemble des tests démontre ainsi la robustesse, la précision et la cohérence du système de tri développé.

VI. CONCLUSION

En conclusion, ce travail a permis de concevoir et de valider un système de tri d'objets intelligent et connecté, reposant sur l'intégration de Node-RED et LabVIEW. Le système développé est basé sur un bras manipulateur à quatre degrés de liberté, piloté par une carte Arduino, ainsi qu'un convoyeur commandé par une carte ESP32, assurant une communication efficace et une supervision en temps réel. L'utilisation du coupleur TCS3200 a permis de garantir une détection fiable des objets, rendant possible leur identification et leur tri selon leur couleur. Les résultats expérimentaux obtenus confirment la robustesse et la performance de la solution développée. Les perspectives d'évolution s'orientent principalement vers l'intégration de techniques d'intelligence artificielle et d'apprentissage machine pour améliorer la reconnaissance des couleurs et les formes des objets à trier. Enfin, l'optimisation mécanique et le renforcement de l'actionnement du bras permettraient, à terme, la manipulation et le tri d'objets plus lourds, ouvrant la voie à des applications plus avancées.

REFERENCES

- [1] Y. Zhou, T. Yu, W. Gao, W. Huang, Z. Lu, Q. Huang, and Y. Li, "Shared three-dimensional robotic arm control based on asynchronous BCI and computer vision," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 31, pp. 3163–3175, 2023.

- [2] Khin Moe Myint, Zaw Min Min Htun and Hla Myo Tun, "Position control method for pick and place robot arm for object sorting system," International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 5, no. 6, pp. 57-61, Jun. 2016.
- [3] Sanjay L., Shweta P., —Position Control of Pick and Place Robotic Arml, International Conference on Engineering Innovation and Technology, Nagpur, 1st July, 2012.
- [4] Binbin L., Yimin S., Gang D., Tao S., Yang Q., —Dimensional Synthesis of a Planar Parallel Manipulator for Pick-and-Place Operations Based on Rigid-Body Dynamicsl, Intelligent Robotics and Applications/Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 7506, pp. 261-270, 2012.
- [5] M. Guennoun and F. Bennouna, "Utilisation de l'industrie 4.0 par les entreprises industrielles marocaines comme moyen de résilience face à la crise du Covid-19," in *Proc. Colloque sur les Objets et Systèmes Connectés*, June 2023.
- [6] P. B. Patil, S. S. Patil, and M. L. Harugade, "Review on colored object sorting system using Arduino UNO," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 6181–6184, 2019.
- [7] T. Yoshimi, N. Iwata, M. Mizukawa, and Y. Ando, "Picking up operation of thin objects by robot ARM with two-fingered parallel soft gripper," in *Proc. Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 2012, doi: 10.1109/ARSO.2012.6213390.
- [8] R. S. Pol, S. Pol, R. S. Mulik, and N. S. Bhosle, "LabVIEW based four DoF robotic ARM," in *IEEE Proc. International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, 2016.
- [9] R. Szabó and I. Lie, "Automated colored object sorting application for robotic arms," in *Proc. 10th Int. Symp. Electronics and Telecommunications (ISETC)*, 2012, pp. 95–98, doi: 10.1109/ISETC.2012.6408119.
- [10] A. M. M. Ali, K. Kadir, M. M. Billah, Z. Yosuf, and Z. Janin, "Development of Prismatic robotic arms for rehabilitation by using Electromyogram (EMG)," in *Proc. IEEE 5th Int. Conf. Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 2018, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICSIMA.2018.8688770.
- [11] N. K. Agrawal, V. K. Singh, V. S. Parmar, V. K. Sharma, D. Singh, and M. Agrawal, "Design and development of IoT based robotic arm by using Arduino," in *Proc. Fourth Int. Conf. Comput. Methodologies Commun. (ICCMC)*, 2020, pp. 776–780, doi: 10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-000144.
- [12] G. I. E. Panie and A. B. Mutiara, "Development of robotic arm for color based goods sorter in factory using TCS3200 sensor with a web-based monitoring system," in *Proc. Third Int. Conf. Informatics Comput. (ICIC)*, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/IAC.2018.8780461.
- [13] G. Kato, D. Onchi, and M. Abarca, "Low cost flexible robot manipulator for pick and place tasks," in *Proc. 10th Int. Conf. Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, 2013, pp. 677–680, doi: 10.1109/URAI.2013.6677451.
- [14] P. Bora and V. Nandi, "Low cost shadow function based articulated robotic arm," in *Proc. Int. Conf. Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE)*, 2015, pp. 1–4, doi: 10.1109/EPETSG.2015.7510079.
- [15] K. Ferencz and J. Domokos, "Using Node-RED platform in an industrial environment," in *Proc. XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia*, Budapest, 2019, pp. 52–63.
- [16] C. C. Mouli, P. Jyothi, K. N. Raju, and K. Nagabhushan, "Design and implementation of robot arm control using LabVIEW and ARM controller," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 80–84, 2013.