3ème Conférence Internationale sur les Sciences Appliquées et l'Innovation (CISAI-2025)
Proceedings Book Series –PBS- Vol 24, pp.97-102

Conception et Déploiement d'un Robot Pompier Intelligent Basé sur l'IoT et le Logiciel LabVIEW

Marwen Fassatoui[#1], Amira Rzig[#2]

[1]*Direction Générale des Etudes Technologiques, Institut supérieur des études technologiques de Radès.*
[1]*Rue de Jérusalem 2098 Radès Médina – Ben Arous (Tunisie)*

[1]marouan.fassatoui@gmail.com
[2]rzigamira@gmail.com

***Résumé*— Cet article présente la conception, la réalisation et la mise en œuvre d'un robot pompier intelligent qui est basée sur plusieurs technologies à savoir l'internet des objets (IoT), la mécatronique et la supervision par LabVIEW.**
Le système repose sur une carte ESP32 pilotant des capteurs infrarouges pour la détection de flammes, un système d'extinction automatique, ainsi qu'une interface de supervision graphique. Le recours à Firebase en tant que plateforme de communication permet une interaction en temps réel entre le robot et l'utilisateur. Ce projet démontre une solution innovante qui permet l'amélioration des premières interventions en milieu à risque, tout en ouvrant la voie à plusieurs améliorations se basant notamment sur des techniques d'IA et de navigation autonome. Au-delà de sa fonction première d'extinction des flammes, ce robot pompier intelligent illustre la convergence entre différentes disciplines technologiques modernes. La mécatronique assure l'intégration harmonieuse entre les parties mécaniques, électroniques et informatiques, tandis que l'IoT favorise la connectivité et le partage rapide des données. L'utilisation de LabVIEW comme outil de supervision constitue également un atout majeur, puisqu'il permet de concevoir une interface ergonomique offrant une visualisation en temps réel de l'état du système, la lecture des capteurs ainsi que le contrôle manuel ou automatique du robot.

***Mots clés*— Robot pompier, IoT, Supervision, LabVIEW, Node-RED, MQTT, Firebase, NX Siemens**

I. INTRODUCTION

Les avancées en robotique, en intelligence artificielle et dans les technologies embarquées ne cessent d'être un besoin imminent pour les modalités d'intervention dans les environnements complexes.
Depuis les premiers robots télécommandés utilisés dans les années 1970-1980 pour des missions militaires ou industrielles [1], jusqu'aux systèmes intelligents actuels, les objectifs recherchés visent toujours l'autonomie, la miniaturisation et l'interconnectivité.
L'essor de l'Internet des Objets (IoT) a particulièrement stimulé la création de robots intelligents qui peuvent agir dans des zones à risque, comme les incendies.
Plusieurs recherches récentes ont ainsi mis en évidence le potentiel de l'IoT pour la détection, la surveillance et la prise de décision autonome dans des scénarios de secours [2][3]. C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent article qui propose la conception et la mise en œuvre d'un robot pompier intelligent fondé sur une architecture embarquée ESP32, intégrant des capteurs IR, une pompe à eau, une interface LabVIEW, et un échange de données via Firebase.
L'objectif est de créer un prototype autonome et connecté, capable de détecter une flamme, de se positionner automatiquement juste en face d'elle et de procéder à son extinction tout en communiquant les données en temps réel à un poste de supervision.
L'évolution rapide des architectures matérielles embarquées et des protocoles de communication sans fil a rendu possible l'intégration de systèmes robotiques de plus en plus performants dans des contextes de secours. Dans ce cadre, l'utilisation de l'ESP32 comme cœur du système constitue un choix pertinent, car il combine des capacités de calcul adaptées au traitement en temps réel avec une double connectivité Wi-Fi et Bluetooth, permettant une interaction fluide avec l'environnement numérique. Les capteurs infrarouges assurent une détection rapide et efficace des sources de chaleur, tandis que la pompe à eau intégrée matérialise la fonction d'extinction. L'interface graphique développée sous LabVIEW offre une plateforme de supervision flexible et modulaire, facilitant à la fois le monitoring, le diagnostic et l'interaction avec le robot. Enfin, le recours à

Copyright © 2025
ISSN: 2961-6611

Firebase comme solution de communication cloud assure une transmission fiable et centralisée des données, ce qui permet d'élargir l'application envisagée vers une gestion collaborative multi-robots ou un déploiement dans un réseau IoT urbain de type « smart city ».

Ces choix technologiques s'inscrivent dans une logique de prototypage évolutif, pouvant être enrichi par des algorithmes de navigation avancés, l'intégration de capteurs complémentaires (caméra thermique, lidar, GPS) ou encore l'adoption de modèles d'intelligence artificielle pour améliorer la prise de décision autonome et la robustesse de l'intervention.

II. ARCHITECTURE ET METHODOLOGIE

Le robot pompier suit une séquence opérationnelle basée sur quatre phases pour la détection et l'éteinte du feu d'un foyer d'incendie. En première étape, un ensemble de capteurs infrarouges (IR) à courte portée identifie la présence de flammes par détection du rayonnement infrarouge. Les signaux collectés sont ensuite transmis à un microcontrôleur ESP32, qui exécute un algorithme d'analyse en temps réel afin d'interpréter les données et déterminer la position du foyer.

Partant de cette analyse, le système détermine la stratégie de déplacement à adopter en activant les moteurs à courant continu via des signaux PWM générés par l'ESP32. Une fois installé devant la cible, le robot commence la procédure d'extinction en activant un servomoteur, synchronisé avec une pompe à eau commandée électriquement assurant le balayage de la zone sinistrée en question. La séquence prend fin automatiquement dès que les capteurs IR ne détectent plus d'émission thermique, signalant l'extinction du feu. Le robot retourne alors en mode d'attente.

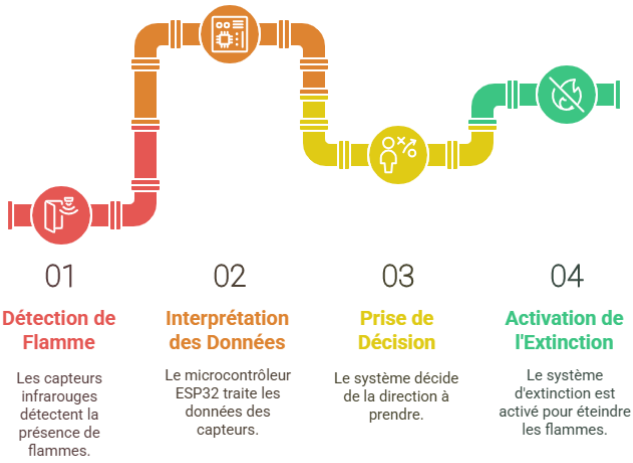
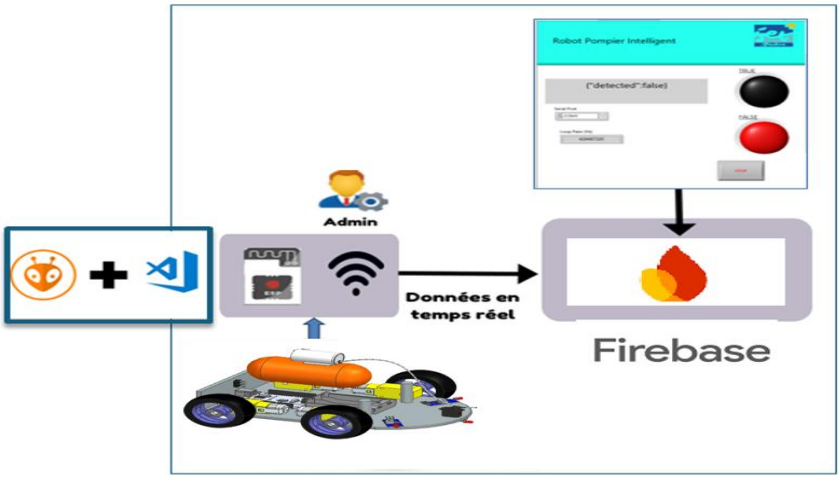


Fig 1 : Séquence d'opération du Robot Pompier

L'environnement logiciel repose sur LabVIEW, qui est utilisé pour la conception des interfaces de contrôle, la programmation du comportement logique et la supervision du système. LabVIEW communique avec l'ESP32 via une liaison série, assurant l'envoi des signaux de commandes et la réception des données émises par les capteurs. L'ESP32 est également interfacé avec Firebase, une base de données cloud NoSQL, pour l'enregistrement des événements (détection, intervention, extinction) et le suivi des performances du système assurant une traçabilité à l'utilisateur



Copyright © 2025
ISSN: 2961-6611

Fig 2 : Architecture IOT du robot

L'architecture matérielle repose sur une carte ESP32 comme unité centrale de traitement. Trois capteurs IR sont placés en configuration frontale (gauche, centre, droite) afin d'effectuer une triangulation simplifiée de la position du feu. Les signaux analogiques sont traités via les entrées ADC de l'ESP32, permettant une prise de décision directionnelle. Le déplacement du robot est assuré par deux moteurs à courant continu pilotés via un pont en H.

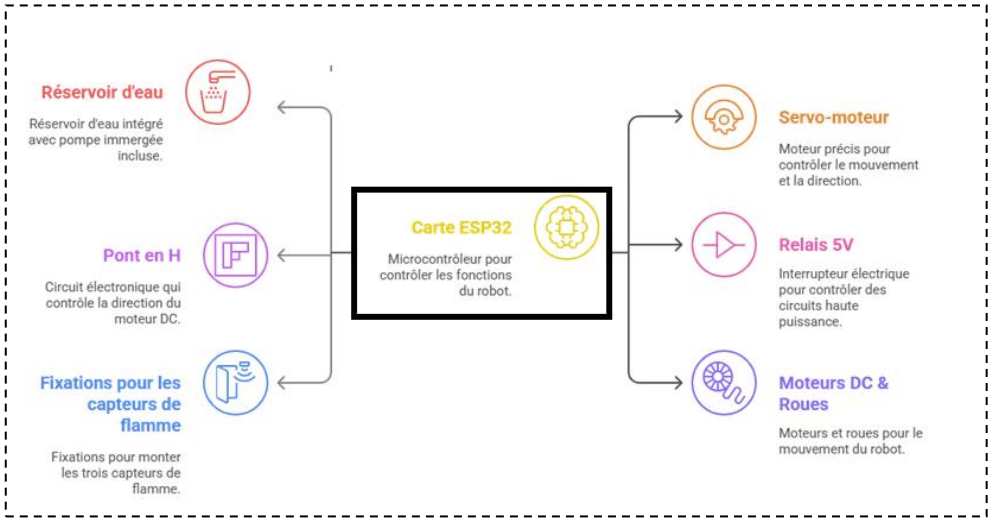


Fig 3: Architecture électrique du robot

A. Dimensionnement et Conception Mécanique

La structure mécanique du robot, conçue à l'aide du logiciel de CAO NX Siemens, adopte une configuration à deux étages. Le niveau inférieur accueille les modules de propulsion et d'alimentation, tandis que le niveau supérieur regroupe l'ensemble des capteurs, le système d'extinction (servomoteur et pompe), ainsi que les composants électroniques tels que l'ESP32, le régulateur et les interfaces de communication.
Afin de garantir une intégration précise des éléments électroniques, leurs modèles 3D ont été importés depuis la plateforme GrabCAD. Cette approche a permis de simuler les mouvements du robot, d'optimiser la mise en place des différents composants et de valider la conception avant fabrication, minimisant ainsi les risques d'erreurs lors de l'assemblage final.

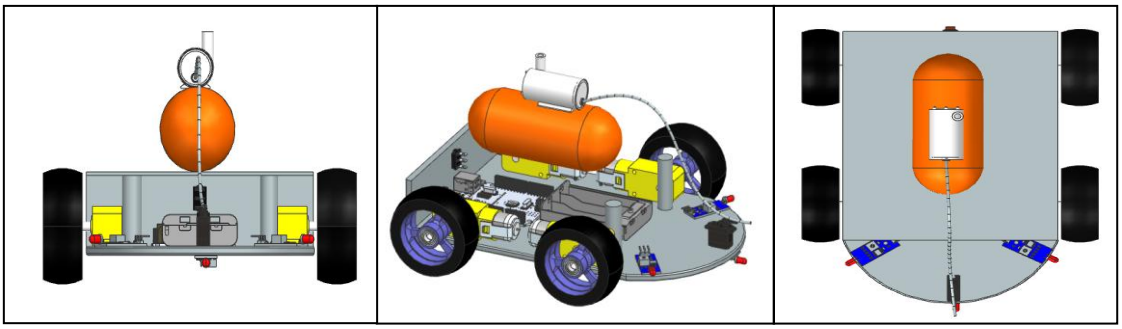


Fig 4: Conception mécanique du Robot Pompier

L'utilisation du logiciel NX Siemens, combinée à l'importation de modèles 3D réalistes via GrabCAD, offre un environnement de conception virtuel très proche des conditions réelles. Cela permet non seulement d'anticiper les contraintes mécaniques et d'éviter les interférences entre composants, mais aussi d'explorer plusieurs scénarios d'implantation avant de retenir la configuration la plus performante. Enfin, cette méthodologie réduit considérablement les coûts et délais liés aux prototypes physiques, tout en augmentant la fiabilité du produit final.

B. Etude électrique et programmation

Le schéma électrique ci-dessous représente le circuit de commande du robot mobile, incluant des moteurs, un contrôleur, des capteurs ultrasoniques, un interrupteur et une alimentation par batteries connectées en parallèle. Ce montage illustre l'architecture de base nécessaire au bon fonctionnement du robot. Les moteurs assurent le déplacement de la plateforme

Copyright © 2025
ISSN: 2961-6611

mobile et sont généralement pilotés via un contrôleur, tel qu'un microcontrôleur ou une carte de développement (par exemple une carte ESP32 ou Arduino), capable de gérer les signaux de commande et la distribution de l'énergie électrique.

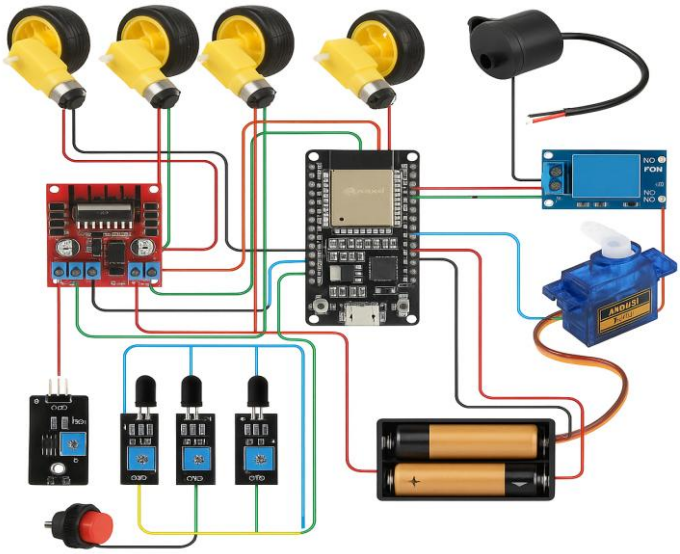


Fig 5 : Schéma du câblage électrique du robot

Les capteurs ultrasoniques jouent un rôle essentiel dans la détection des obstacles et permettent au robot de s'orienter dans son environnement en évitant les collisions. L'interrupteur, placé stratégiquement, sert à activer ou désactiver l'ensemble du système de manière simple et sécurisée. Enfin, l'utilisation de batteries connectées en parallèle garantit une autonomie plus longue tout en maintenant une tension stable pour l'alimentation de l'ensemble des composants électroniques et électromécaniques. Cette configuration assure non seulement la fiabilité du circuit, mais aussi la sécurité et l'efficacité énergétique du robot mobile.

III. RESULTAT ET ANALYSES

Les essais expérimentaux ont validé la capacité du robot à réagir efficacement à la présence d'une flamme. Les capteurs infrarouges assurent une détection rapide, immédiatement suivie d'une relocalisation automatique du châssis grâce au pilotage des moteurs, puis de l'activation du système d'extinction. L'interface de supervision développée sous LabVIEW, connectée à la base de données Firebase [5] via une API REST, permet la visualisation en temps réel des données issues des capteurs IR, notamment l'occurrence et la localisation des flammes.
L'analyse de la consommation énergétique a montré que l'ensemble du système reste opérationnel sous une alimentation autonome de type batterie 9V, garantissant une mobilité sans fil et une autonomie suffisante pour des interventions de courte durée

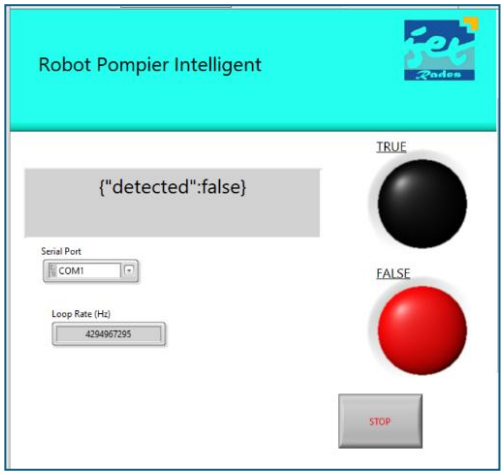


Fig6 : Interface LabVIEW

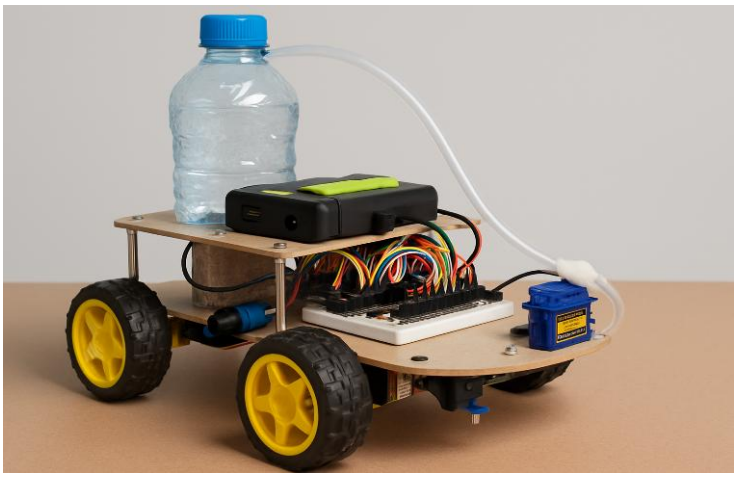


Fig7 : Prototype réel du Robot

Copyright © 2025
ISSN: 2961-6611

Les figures ci-dessus présentent les étapes clés du cycle de développement du Robot Pompier Intelligent : modélisation, simulation, prototypage, intégration des sous-systèmes et mise en œuvre finale. L'architecture permet un pilotage à distance via Firebase et une supervision centralisée via LabVIEW, assurant ainsi une interaction fluide entre l'utilisateur et le système robotisé.

IV. Discussion et Perspectives

Ce projet illustre la faisabilité d'un système robotisé intelligent pour des interventions de première urgence. L'utilisation de l'ESP32 garantit une connectivité fiable, tandis que Firebase assure la transmission rapide des données. L'interface LabVIEW facilite la supervision en affichant l'état des capteurs. Plusieurs améliorations peuvent être envisagées :

- Intégration de caméras thermiques ou de modules OpenCV pour une détection visuelle avancée Ajout de capteurs LIDAR ou ultrasoniques pour la navigation autonome,
- Implémentation d'un algorithme de pathfinding (A*) pour l'optimisation des trajectoires,
- Extension vers des communications longue portée (LoRa, 5G) et interfaces mobiles.

Ces évolutions permettraient au robot d'intervenir dans des environnements de complexité plus importante, de manière plus autonome, tout en renforçant la précision de la détection et la robustesse de la communication.

V. Conclusion

Le robot pompier intelligent développé démontre la synergie entre l'IoT, la mécatronique et la supervision logicielle pour la gestion automatisée d'incidents. Son architecture modulaire, sa réactivité et son intégration Cloud en font une solution prometteuse pour les actions nécessitant des interventions rapides. En tirant parti des capteurs embarqués et de l'échange d'informations via LabVIEW/Firebase, le système conçu a fait preuve d'une réelle capacité à renforcer la sécurité dans des contextes critiques. Des extensions futures pourraient faire de cette plateforme un outil d'assistance robuste et autonome pour les équipes de secours. Au-delà de ces caractéristiques, ce projet illustre parfaitement la convergence entre matériel et logiciel dans la conception de systèmes intelligents appliqués à la sécurité. La mécatronique assure la mobilité et la précision des actions mécaniques, tandis que l'IoT et le Cloud garantissent une communication fluide et une supervision en temps réel, même à distance. La capacité du robot à détecter rapidement une anomalie, à l'analyser et à agir de façon autonome témoigne de l'efficacité des technologies mises en œuvre. Cette approche ouvre la voie à des applications plus larges dans le domaine de la prévention des catastrophes, de la surveillance des environnements industriels à haut risque, ou encore de l'assistance en milieu urbain. À terme, l'intégration de l'intelligence artificielle, de la vision par ordinateur et d'algorithmes de prise de décision avancée pourrait conférer au système un degré encore plus élevé d'autonomie, transformant ce robot en un acteur incontournable de la sécurité civile et industrielle.

References

[1]] H. Moravec, "Obstacle Avoidance and Navigation in the Real World by a Seeing Robot Rover," Stanford University, 1980.K. Ferencz and J. Domokos, "Using Node-RED platform in an industrial environment," *in Proc. XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia*, Budapest, 2019, pp. 52–63.
[2] M.H. Alsharif et al., "Internet of Things (IoT) for Smart Firefighting and Rescue Operations," IEEE Access, vol. 8, pp. 186190–186212, 2020.
[3] B.N. Kolamunna et al., "ESP32-Based Smart Fire Detection and Alert System," Int. Conf. on Intelligent Systems and Control (ISCO), IEEE, 2022.
[4] K.B. Swain et al., "Smart Industry Pollution Monitoring and Controlling Using LabVIEW-Based IoT," Int. Conf. on Sensing, Signal Processing and Security, IEEE, 2017.
[5] K. Ferencz and J. Domokos, "Using Node-RED platform in an industrial environment," *in Proc. XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia*, Budapest,2019, pp. 52–63.

Copyright © 2025
ISSN: 2961-6611