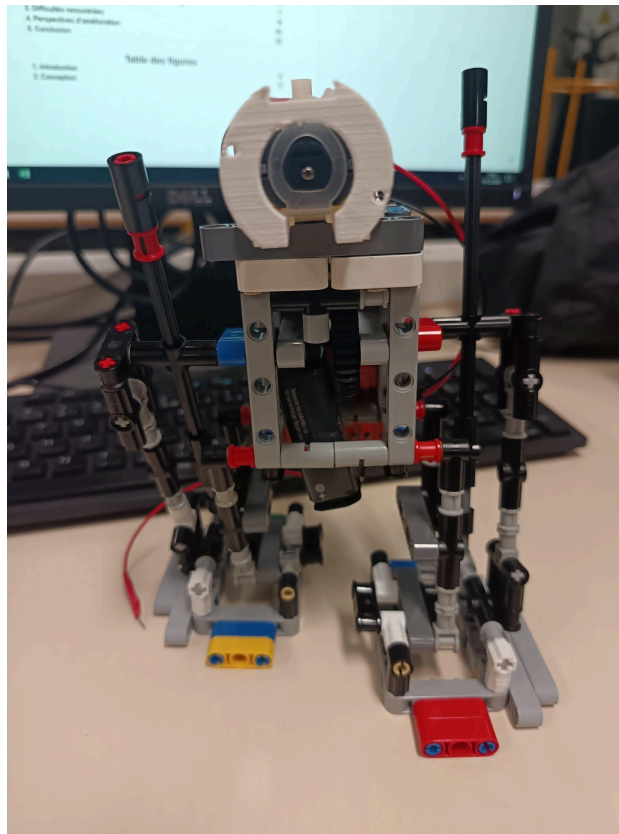


Faculté des Sciences et Techniques - Mulhouse
Licence 3 - Informatique
U.E. Conception et Création Libre en Électronique - Semestre 5

Conception d'un robot télécommandé en LEGO



SCHELLENBAUM Mathieu
CHIBANI Rayane

Année universitaire 2024-2025

Remerciements

Nous tenons à remercier M.Jean-Philippe URBAN, enseignant encadrant pour avoir pris le temps de répondre à nos questions que ce soit lors des séances ou par mail. Ils nous ont offert cette expérience et nous ont donné des outils pour nous permettre de réaliser ce projet.

Table des matières

1. Introduction	3
1.1. Matériels	3
1.2. Logiciels	4
1.3. Planification	5
2. Conception	7
2.1. Montage du robot	7
2.2. Circuit arduino	9
2.3. Conception de la manette	10
3. Difficultés rencontrées	11
3.1. LoRa Grove E5	11
3.2. L'alimentation	11
3.3. Pièces LEGO	11
3.4. Arduino Nano	12
4. Perspectives d'amélioration	12
4.1. Mouvements en 360 degrés	12
4.2. Évitement d'obstacles	12
4.3. Communication longue distance	12
5. Conclusion	14
Bibliographie	15

1. Introduction

Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'U.E. intitulée "Conception et Création Libre en Électronique" (2CLE). Il a pour objectif de développer des compétences en électronique, en utilisant notamment Arduino et LEGO, à travers un projet autonome. L'approche consiste à résoudre un problème pour lequel l'apprenant dispose de la liberté de concevoir sa propre solution, sans nécessiter de connaissances préalables.

Nous avons pour projet de concevoir un robot bipède DIY, assemblé à partir de pièces LEGO. Ce robot sera capable d'exécuter des mouvements contrôlés à distance via une télécommande.[1] Ce choix est motivé par notre admiration au robotique et systèmes embarqués.

1.1. Matériels

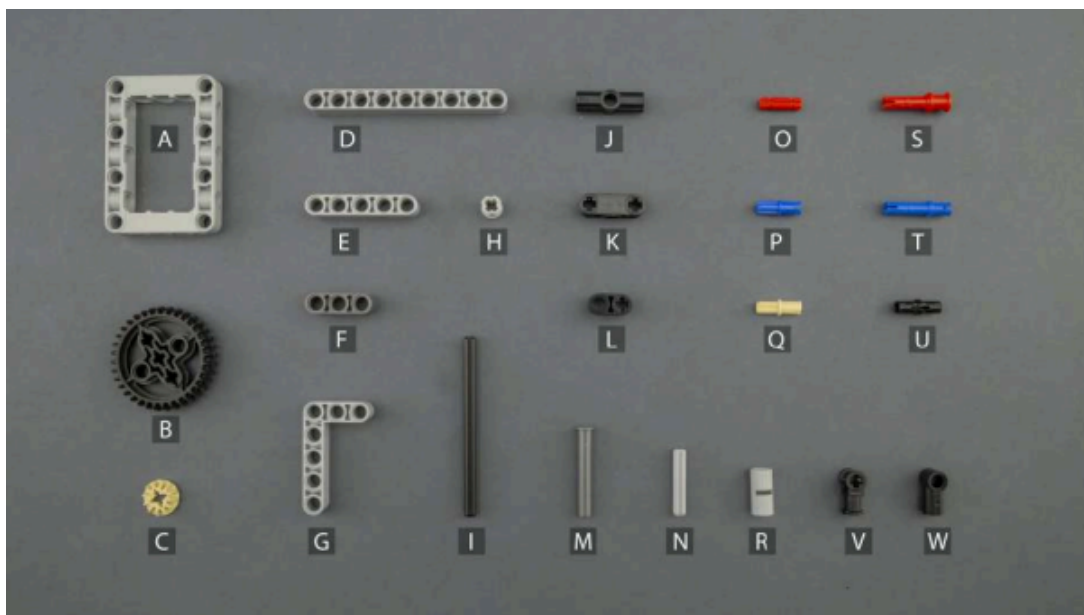


Figure 1 - Liste des pièces LEGO utilisées

Noms des pièces de LEGO :

- A. Frame, 5x7-module
- B. Double bevel gear, 36-tooth
- C. Bevel gear, 12-tooth
- D. Beam, 9-module
- E. Beam, 5-module
- F. Beam, 3-module
- G. Angular beam, 3x5 module
- H. Bushing, 1-module
- I. Axle, 8-module
- J. Angular block 2, 180°
- K. Double cross block, 3-module
- L. Beam with cross hole, 2-module
- M. Axle with stop, 4-module
- N. Beam, 3-module
- O. Axle, 2-module
- P. Connector peg with friction/axle, 2-module
- Q. Connector peg with axle, 2-module
- R. Tube, 2-module
- S. Connector peg with bushing, 3-module
- T. Connector peg with friction, 3-module
- U. Connector peg with friction, 2-module
- V. Axle connector with axle hole
- W. Angular block 1, 0

Equipements :

- Arduino UNO
- Arduino NANO
- Moteur à courant continu
- NRF24L01
- Batterie 9v
- BreadBoard, Mini Size
- Fils connecteurs mâle femelle / mâle mâle / femelle femelle
- Câble usb-a usb-b / usb-a usb-c
- L298N motor driver
- Dual button grove

1.2. Logiciels

Sur le plan logiciel, nous avons utilisé **Arduino IDE** pour programmer les cartes Arduino, ce qui nous a permis d'écrire, de compiler et de téléverser facilement le code nécessaire au bon fonctionnement de notre robot. Cet environnement de développement intégré (IDE) est spécialement conçu pour simplifier la programmation des microcontrôleurs Arduino grâce à des bibliothèques préexistantes, facilitant ainsi l'interaction avec les différents modules et composants du robot. Cela nous a permis de nous concentrer davantage sur la logique du projet, en réduisant la complexité du code nécessaire à la communication sans fil, à la gestion des moteurs et aux capteurs.

Conception d'un robot télécommandé en LEGO

Pour la conception des circuits électroniques, nous avons utilisé **Fritzing**, un logiciel de modélisation de circuits qui nous a aidés à établir les connexions entre les différents composants de manière claire et précise. Grâce à Fritzing, nous avons pu créer des schémas de câblage détaillés qui nous ont facilité la tâche lors de l'assemblage des circuits physiques. Ce logiciel offre une visualisation intuitive des circuits électroniques, permettant de vérifier rapidement les erreurs potentielles et de s'assurer que chaque composant est correctement connecté avant l'assemblage réel. Cette approche visuelle a non seulement amélioré la compréhension des connexions, mais a également rendu la phase de montage plus fluide et moins sujette aux erreurs.

1.3. Planification

Le projet s'est structuré en trois phases principales. La première a été une courte phase de réflexion, au cours de laquelle la problématique a été définie, le cahier des charges élaboré, et les besoins matériels identifiés.

La deuxième phase a concerné les réalisations matérielles et logicielles, incluant l'assemblage complet du robot bipède et de ses composants électroniques, les tests de communication entre l'émetteur et le récepteur, ainsi que la soudure de l'Arduino Nano.

Enfin, la dernière phase a consisté à combiner ces étapes pour permettre au robot d'exécuter des mouvements précis, dans la bonne direction et à la vitesse souhaitée.

Le tableau suivant détaille le déroulement du projet dans le temps :

N° de tâche	Phase	Période/Dates	Responsable
1	Lancement du projet	30/09	X
2	Recherches sur la conception d'un robot en LEGO avec arduino	30/09 au 07/10	Mathieu et Rayane
3	Conception du robot + impression 3D des pièces	17/10 au 31/10	Mathieu
4	Conception du circuit arduino pour le robot et la manette	17/10 au 04/12	Rayane
5	Rédaction du cahier des charges	01/11 au 03/11	Mathieu et Rayane
6	Tests et améliorations	03/11 au 10/12	Mathieu et Rayane

Conception d'un robot télécommandé en LEGO

7	Rédaction du rapport	28/11 au 10/12	Mathieu et Rayane
8	Soutenance	13/12	X

Tableau 1 – Tableau des phases et réalisations

2. Conception

2.1. Montage du robot

Pour le montage du robot, étant donné notre non expérience en matière de conception d'un robot en LEGO, nous avons dans un premier temps chercher des modèles de robot mélangeant l'arduino existant. Nous avons décidé de choisir le robot biped de Tart Robotics disponible sur leur site [1].

Dans un premier temps, nous avons cherché à comprendre comment ce robot à été construit. C'est grâce aux différentes vidéos YouTube que nous avons pu comprendre comment était articulé le robot et quels sont les mouvements qui seraient attendus. Etant donné que la semaine de congé arrivait, nous avons décidé de concevoir le "mode d'emploi de construction du robot" à l'aide du logiciel LEGO Digital Designer. Nous avons pû grâce à ce logiciel, concevoir une page html qui détaille la construction du robot étape par étape et nous donne la liste des pièces LEGO et leurs quantités pour la construction du robot.

Dans un second temps, après avoir conçu ce mode d'emploi, nous avons décidé de rassembler toutes les pièces LEGO nécessaires. Le problème durant cette étape a été de trouver certaines pièces dont celle-ci :

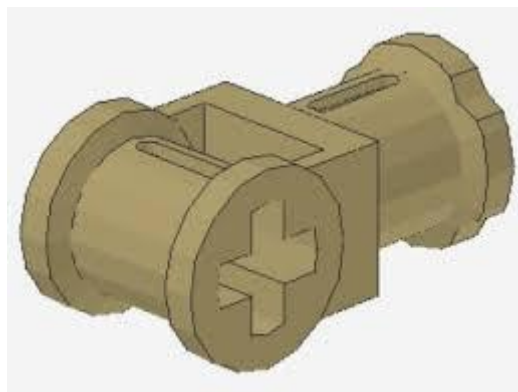


Figure 1 - Axle connector with axle hole

Conception d'un robot télécommandé en LEGO

Cette pièce étant manquante des différents kits LEGO disponibles en salle TP, nous avons décidé de l'imprimer via l'imprimante 3D disponible à la FST. Avec ces dernières pièces, nous avons pu concevoir notre première version du robot en LEGO dont voici la photo :

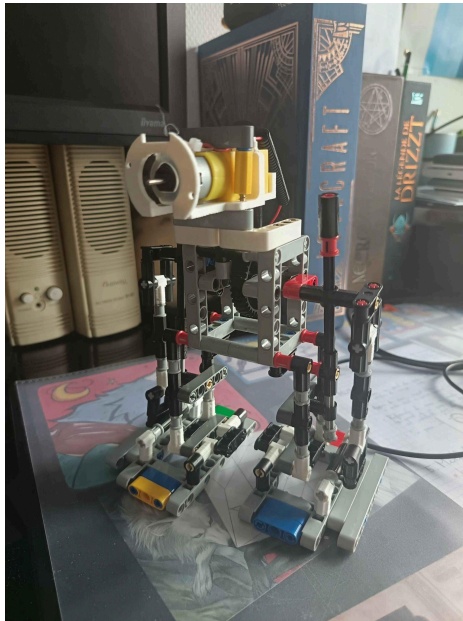


Figure 2 - Robot ATT version 1.1 chez Mathieu

Suite à quelques améliorations que nous détaillerons dans la partie “Difficultés rencontrés” que nous avons obtenu la version finale du robot dont voici la photo :

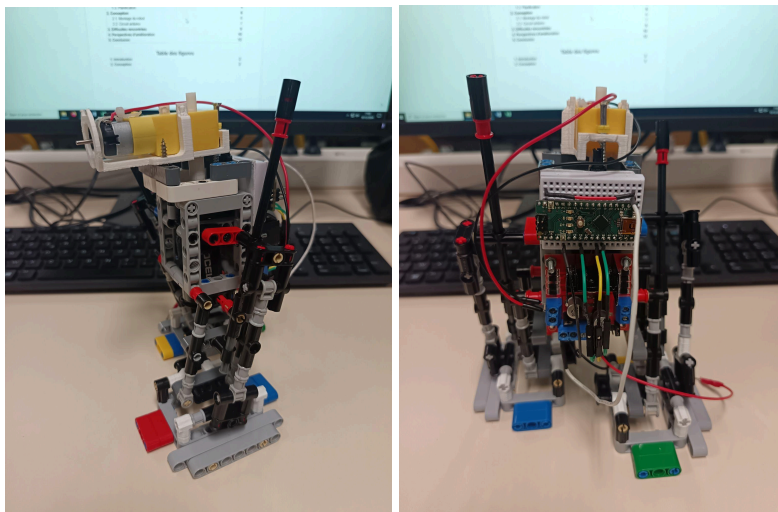


Figure 3 et 4 - Robot ATT version 2.1 en salle TP

2.2. Circuit arduino

Pour la conception du circuit Arduino, nous avons utilisé une carte Arduino Nano montée directement sur le robot. Cette carte gère l'ensemble des composants électroniques du robot, en contrôlant notamment le moteur à courant continu. Le moteur est relié à la carte via un circuit simple, sans besoin de régulateur de tension, car l'alimentation fournie par la batterie 9V est suffisante pour alimenter à la fois l'Arduino et le moteur.

En ce qui concerne la communication sans fil, nous avons intégré deux modules NRF24L01. Le premier est installé sur le robot, agissant comme récepteur, tandis que le second se trouve sur la télécommande (émetteur), connectée à une carte Arduino UNO. Cette configuration permet à la télécommande d'envoyer des commandes au robot, notamment pour démarrer ou arrêter ses mouvements. Nous avons codé ces commandes dans l'Arduino IDE pour que l'Arduino Nano puisse recevoir et interpréter les signaux provenant du module NRF24L01 et contrôler le moteur en fonction des actions de la manette.

Nous tenons à préciser que le module NRF24L01 doit être relié au 3.3V et pas au 5V, sinon il risque d'être endommagé.

Pendant la phase de montage, la carte Arduino Nano a été soudée pour garantir une connexion stable et éviter toute déconnexion accidentelle. En parallèle, nous avons dû réparer certains fils qui étaient déchirés en les soudant à nouveau pour assurer la continuité du circuit. Ce travail de soudure a été crucial pour maintenir la stabilité du système et éviter les interruptions de fonctionnement lors des tests.

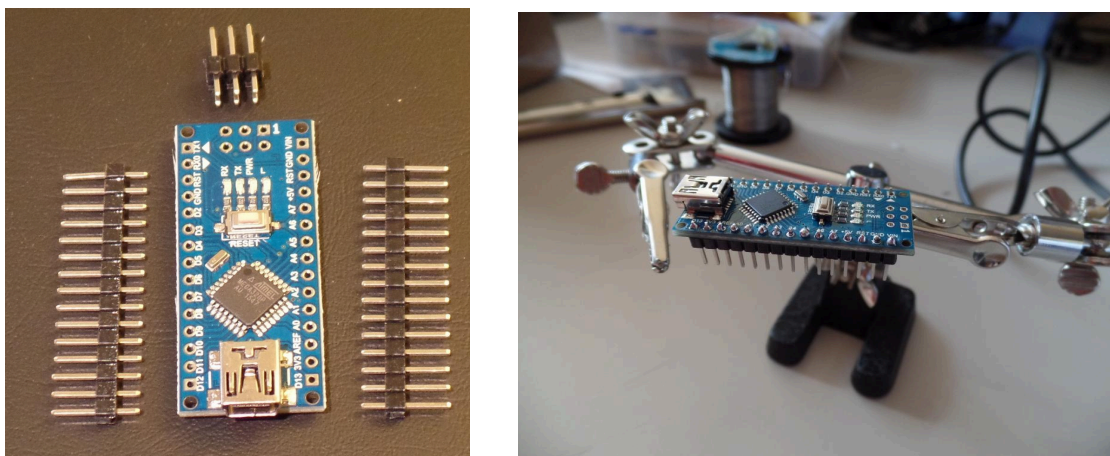


Figure 2 - Soudure de la carte arduino

Conception d'un robot télécommandé en LEGO

Cette approche simple et directe nous a permis de nous concentrer sur le contrôle du moteur et la communication sans fil, tout en gardant un design minimaliste pour le robot.

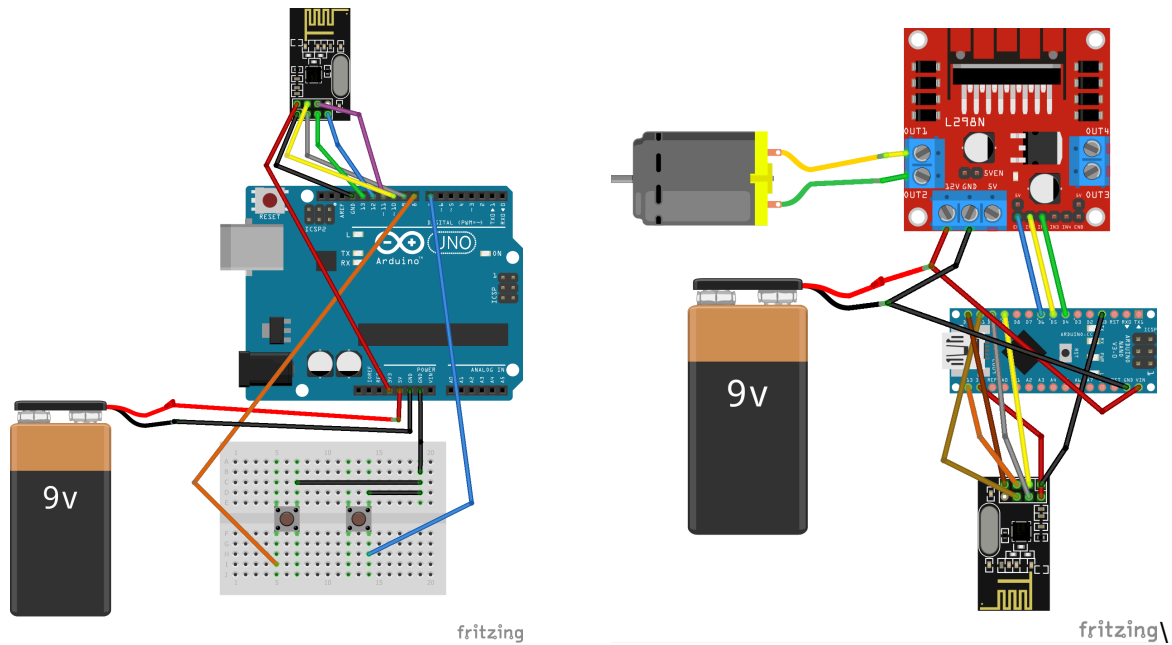


Figure 3 - Câblage du projet

3. Difficultés rencontrées

3.1. LoRa Grove E5

Le module LoRa Grove E5 a représenté un défi majeur lors du développement de notre projet. Bien que ce composant soit prometteur en raison de ses capacités de communication longue distance et de faible consommation d'énergie, sa mise en œuvre s'est révélée plus complexe que prévu. Nous avons consacré beaucoup de temps à essayer de comprendre son fonctionnement, notamment en explorant sa documentation technique et en testant divers exemples de codes disponibles en ligne. [2] Cependant, les ressources limitées et la nature complexe de son interface ont constitué des obstacles significatifs. Malgré nos efforts, nous n'avons pas réussi à le configurer correctement pour établir une communication stable avec notre système.

Face à cette difficulté, nous avons décidé de nous orienter vers une alternative plus accessible : le module NRF24L01. Ce dernier s'est avéré beaucoup plus intuitif, grâce à une documentation claire et à une large communauté de développeurs partageant des tutoriels détaillés et des exemples pratiques. [3] Cette transition nous a permis de progresser rapidement et de finaliser le système de communication sans fil entre le robot et la télécommande.

3.2. L'alimentation

Un autre défi rencontré a été lié à l'alimentation. La batterie utilisée, initialement de 9V, voyait sa tension chuter rapidement à 7V après une utilisation avec interruptions d'à peine une heure. Cette diminution affectait directement la stabilité et les performances du système, obligeant à de fréquentes interruptions pour remplacer ou recharger la batterie. Ce problème a compliqué nos tests prolongés, car il nécessitait une gestion minutieuse de l'énergie pour éviter une coupure imprévue en plein fonctionnement du robot.

3.3. Pièces LEGO

Lors de la conception, le manque de pièces LEGO spécifiques a été un réel défi pour nous, certaines pièces nécessaires pour l'assemblage du robot n'étaient pas disponibles, ce qui nous a contraints à adapter notre design en utilisant des alternatives ou en imprimant en 3D certaines pièces manquantes. Bien que cette contrainte ait ralenti notre avancement, elle nous a également poussés à faire preuve de créativité et de flexibilité dans nos choix de conception.

Aussi, lors des quelques tests avec le moteur, nous avons remarqué quelques problèmes : notre robot n'avance pas droit, il tourne et n'est pas très stable. Il a aussi du mal à monter

Conception d'un robot télécommandé en LEGO

ses pieds. Nous avons suspecté un problème de poids au niveau des pieds. Il a été décidé de changer ses pieds pour de nouvelles pièces pour améliorer le poids sans trop toucher à la stabilité du robot. Suite à ces améliorations, nous avons testé les mouvements du robot sans grandes améliorations. Mais c'est suite à la relecture de la vidéo que nous nous sommes rendus compte de plusieurs problèmes où d'incohérence par rapport à la vidéo : certaines pièces n'étaient pas de la bonne taille ou pas à la bonne place. Aussi certaines des pièces LEGO imprimées se sont cassées ou ne soutenaient plus la structure du robot. C'est suite à la recherche dans de très vieux kits que nous avons pu enfin trouver la pièce LEGO "Axle connector with axle hole" et que nous avons pu les placer dans le robot.

Avec toutes ces améliorations, nous avons enfin eu les mouvements attendus. Le robot avance droit selon la direction que nous lui donnons au départ.

4. Perspectives d'amélioration

4.1. Mouvements en 360 degrés

Actuellement, le robot est limité à avancer dans une direction droite. Une amélioration notable consisterait à lui permettre d'effectuer des mouvements en 360 degrés. Cette capacité offrirait une plus grande fluidité et précision dans ses déplacements, notamment dans des environnements restreints ou nécessitant des manœuvres complexes. Cela impliquerait de repenser l'architecture en ajoutant des moteurs et en optimisant l'algorithme de contrôle.

4.2. Évitement d'obstacles

Pour accroître l'autonomie et l'intelligence du robot, il serait intéressant d'intégrer un module ultrasonique, afin qu'il puisse détecter et éviter les obstacles sur son chemin. Cette fonctionnalité pourrait être mise en œuvre via un programme simple dans l'Arduino, où le robot analyserait en temps réel les distances devant lui et ajusterait sa trajectoire pour éviter toute collision. Cette amélioration est particulièrement utile pour les scénarios d'interaction dans des espaces dynamiques ou inconnus.

4.3. Communication longue distance

L'actuel module radio NRF24L01, bien qu'efficace pour des distances courtes, montre ses limites lorsque le robot est utilisé dans de grandes zones ou en extérieur. En effet, nous avons constaté que la communication devenait instable et se perdait au-delà d'une portée de 20 mètres, rendant difficile le contrôle du robot sur des distances plus importantes. Une alternative pourrait consister à adopter un module de communication radio à plus longue portée, tel que le LoRa (Long Range) ou le XBee. Ces modules permettraient de contrôler le robot à des distances beaucoup plus importantes, ouvrant la voie à des applications nécessitant une plus grande liberté de mouvement, comme des missions de reconnaissance ou d'exploration.

Ces évolutions rendraient le robot non seulement plus performant, mais aussi plus adaptable à des environnements variés et à des tâches plus complexes.

5. Conclusion

Ce projet nous a permis de réaliser que la création d'un robot peut être beaucoup plus simple qu'on ne l'imaginait, grâce aux outils modernes comme Arduino et les modules radio. Nous avons appris à établir une connexion sans fil entre ces modules et à contrôler un robot à distance, ce qui a concrétisé nos idées.

L'apprentissage en autonomie a été une expérience à la fois enrichissante et ludique, nous permettant de développer nos compétences en résolution de problèmes et en gestion de projet. Bien que nous ayons accompli beaucoup de choses, nous aurions aimé avoir plus de temps pour approfondir et faire évoluer le robot.

Nous remercions chaleureusement le professeur Jean-Philippe Urban pour son accompagnement et ses précieux conseils tout au long de ce projet.

Bibliographie

[1] Projet original : Najafi, F. (2020, août 26). BiPed Robot | LEGO®-compatible walking Robot. Tart Robotics. <https://www.tartrobotics.com/blogs/all/biped-robot>

[2] Parasolaire Électronique et Programmation. (2021, 25 juin). Arduino Tutorial 100 : Codage du LORA Chat v.1.0 [Vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DdPGuY0zbSs>

[3] ElectroCodeur. (2021, 28 juin). Communication sans fil avec les modules NRF24I01 | ARDUINO # 29 [Vidéo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=1Rq5_bleP6o