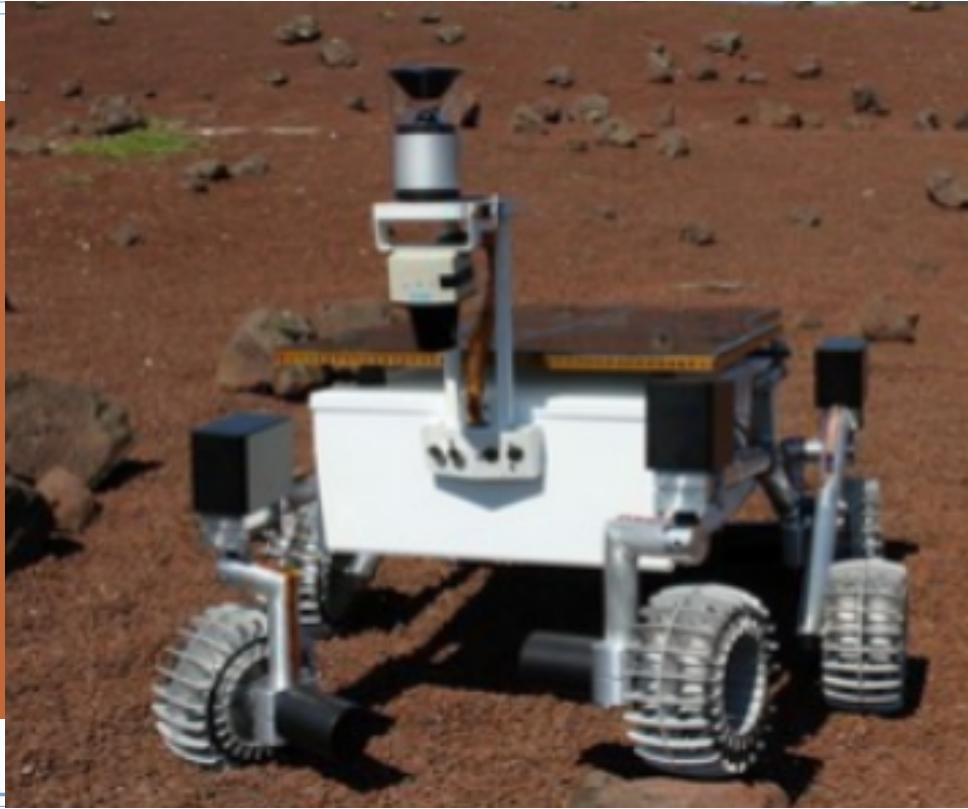


# Rapport de projet commun

ANDREW GARNIER  
KEVIN GELONCH  
GABRIEL SINQUIN



## INTÉGRATION MOBILITÉ DU MARAUDER DANS ROS2



Projet encadré par :

SÉBASTIEN BORD  
THIERRY BOYER  
JOËL MAUQUIE

# Rapport de projet commun

## TABLE DES MATIÈRES

### I. INTRODUCTION

#### A. MISE EN CONTEXTE

1. *BUT DU PROJET*
2. *LE CLIENT : LE CNES  
(CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES)*
3. *ANALYSE DU BESOIN*

#### B. ROS2 HUMBLE

1. *PRÉSENTATION DE ROS2*
2. *NOEUDS ET TOPICS*

#### C. ORGANISATION

1. *LE GROUPE DU PROJET*
2. *MÉTHODE DE TRAVAIL*
3. *RÉPARTITION DES TÂCHES*
4. *GANTT*

### II. LE PROJET

#### A. ANALYSE UML

1. *DIAGRAMME D'EXIGENCE*
2. *DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION*
3. *DIAGRAMME DE DÉPLOIEMENT*
4. *DIAGRAMME DE CLASSE*

#### B. ARCHITECTURE ROS2

1. *SCHÉMA RQT*
2. *RÔLE DES NOEUDS*

### III. CONCLUSION

#### A. FINALISATION DU PROJET

#### B. APPRÉCIATION GÉNÉRALE

# I. INTRODUCTION

## A. MISE EN CONTEXTE

### 1. BUT DU PROJET

Dans le cadre de l'obtention du diplôme de technicien supérieur, Les étudiants réalisent un projet prenant place lors du second semestre de la deuxième année de BTS systèmes numériques.

Ce projet s'étale sur un peu plus de 4 mois soit 180 heures et se réalise en groupe de 3 ou 4 et dans un cadre de liberté et d'autonomie. Le but étant de développer des compétences en gestion de projet de l'étudiant et de le mettre en situation afin de mettre en application les compétences acquises durant la formation. Au terme de ce projet, l'étudiant se voit évalué au cours d'une présentation orale des activités qu'il aura réalisées dans l'élaboration du projet ainsi qu'une démonstration technique du produit fini.

### 2. LE CLIENT : LE CNES (CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES)

Le CNES ou le centre national d'études spatiales est un établissement public à caractère industriel et commercial français implémenté dans 4 sites différents dont le principal se trouve à Toulouse. Dans le but de placer la France parmi les plus grandes puissances spatiales mondiale, l'établissement public est créé le 19 décembre 1961 et est chargé de proposer au gouvernement une stratégie spatiale et de la mettre en œuvre. Pour l'année scolaire 2022-2023, la section BTS système numérique informatique et réseau a pris contact avec le CNES afin qu'un projet soit soumis pour l'ensemble des étudiants de la formation initiale.

### 3. ANALYSE DU BESOIN

Le projet qui nous a été confié par le CNES consiste à mettre en fonctionnement un robot d'exploration spatiale à vocation pédagogique nommé Marauder. L'objectif de ce projet est d'initier d'autres étudiants aux techniques spatiales en leur permettant de manipuler et de comprendre le fonctionnement d'un tel engin. Toutefois, le robot fourni par le CNES ne fonctionne pas de manière autonome et il est nécessaire de l'implémenter avec les fonctions principales et, si possible, d'y ajouter des fonctionnalités supplémentaires. En effet, lorsqu'il nous a été remis, l'état de la plateforme Marauder ne permettait aucun mouvement en autonomie.

## I. INTRODUCTION

### A. MISE EN CONTEXTE

Actuellement le Marauder est une base mécanique constituant la plateforme du projet, il est composé d'un routeur, d'un Intel NUC et d'un ESP32. Il est accessible par réseau sans fil (WiFi).

#### Description structurelle du système :

Principaux constituants :	Caractéristiques techniques :
PC Embarqué :	Intel NUC + Linux Ubuntu + ROS2
Routeur Industriel Embarqué :	Robustel R2000-D4L1
Servomoteurs « dynamixel »	Dynamixel XC430-W240
Cartes $\mu$ C ESP32	Type ESPRESSIF Wroom32
Contrôleur MPPT	<i>A définir</i>
Plateforme mécanique Marauder	CNES



Sa mobilité devra être assurée par 10 servomoteurs "dynamixels" connectés sur bus de communication série. Ces servomoteurs ne sont pas fournis par le CNES. Parmi ces servomoteurs, 6 seront dédiés à la traction de l'appareil en rotation continue et 4 autres sont dédiés au positionnement angulaire en rotation séquentielle, ajustant les roues avant et arrière du Marauder.

# I. INTRODUCTION

## A. MISE EN CONTEXTE

La motorisation du Marauder puise son énergie des panneaux solaires embarqués lorsque l'ensoleillement est maximal. Seuls les équipements dit "vitaux" sont maintenus fonctionnels lorsque l'énergie produite par les panneaux solaires est insuffisante, la mission courante est différée jusqu'à recouvrement d'une production énergétique suffisante des panneaux solaires.

Le contrôle de mobilité du robot nécessite la remontée d'informations sur l'état et la configuration instantanés du rover. En conséquence les grandeurs suivantes devront être mesurées :

- La vitesse de rotation des roues motrices
- La position angulaire des moteurs directeurs
- Une acquisition 3D de l'environnement
- La consommation instantanée d'énergie
- La production instantanée d'énergie

Aussi, la plateforme Marauder nécessite une documentation exhaustive sur les modules logiciels qui la constituent : une documentation nécessaire à la prise en main ainsi qu'à l'implémentation de nouvelles fonctionnalités pour les futurs étudiants qui reprendront par la suite cette base de projet afin d'y ajouter de nouveaux composants logiciels.

Afin de réaliser ce projet dans les meilleures conditions, le CNES a fourni un budget total pour la section BTS système numérique de 3 000 euros. Un budget qui comprend les servomoteurs ainsi que les cartes utilisées.

## I. INTRODUCTION

### B. ROS2 HUMBLE

#### 1. PRÉSENTATION DE ROS2

Pour répondre aux exigences techniques et livrer un produit final fonctionnel, l'utilisation de ROS2 est incontournable dans le développement de la mobilité sur une plateforme rover. Ce middleware est doté de fonctionnalités puissantes qui permettent de travailler en parallèle sur des tâches distinctes, sans blocage dans le développement du projet.

L'une des caractéristiques clés de ROS2 est l'utilisation de nœuds indépendants qui permettent de se concentrer sur la création d'un fonctionnement spécifique, sans perturber le développement des fonctionnalités parallèles. Cette approche facilite l'implémentation de fonctionnalités indépendantes, qui peuvent ensuite être intégrées les unes aux autres, sans ordre spécifique. Ainsi, des parties du projet peuvent être rendues fonctionnelles sans forcément dépendre d'un ordre de développement particulier, réduisant ainsi les délais de mise en production.

Cela est parfaitement mis en corrélation avec la méthode agile que nous avons utilisé, là où les fonctionnalités peuvent être développées et intégrées au fur et à mesure, sans avoir besoin d'un plan de développement rigide. Cette approche flexible facilite l'adaptation aux changements de spécifications et permet aux développeurs de travailler de manière plus efficace en réponse aux exigences changeantes du projet. Car effectivement, tout au long du projet les exigences ont constamment évolué, la méthode de travail nous a alors beaucoup aidé, notamment dans un réel gain de temps.

Naturellement, un autre avantage de ROS2 est sa capacité à autoriser des modifications sans altérer les fonctionnalités déjà existantes. En outre, le CNES a imposé l'utilisation de ROS2 pour ce projet, soulignant l'importance de cet outil pour la réussite de la mission.

## I. INTRODUCTION

### B. ROS2 HUMBLE

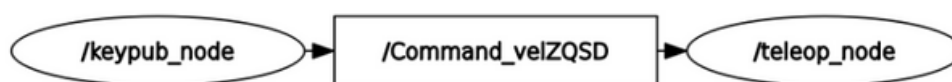
## 2. NOEUDS ET TOPICS

Dans un projet ROS2, chaque fonctionnalité est gérée à travers un nœud. Un nœud est une entité logicielle qui traite les données et les envoie à d'autres nœuds via des topics. Les topics sont des canaux de communication permettant l'échange de messages entre les nœuds. Chaque topic est associé à un type de message spécifique.

Lorsqu'un nœud publie des messages sur un topic, les autres nœuds qui sont abonnés à ce topic reçoivent ces messages et peuvent les traiter en conséquence. Les messages peuvent contenir différents types de données définies par les nœuds qui publient sur ces mêmes topics. Les nœuds peuvent alors utiliser ces données pour réaliser différentes tâches et notamment communiquer entre eux.

La communication entre les nœuds se fait de manière asynchrone, ce qui signifie que les nœuds n'attendent pas les messages les uns des autres pour continuer leur travail. Cela permet une meilleure efficacité du système en permettant aux nœuds de travailler en parallèle sans être bloqués les uns par les autres. On comprend alors aisément que l'utilisation des nœuds et donc de ROS2 est un grand atout pour le développement de fonctionnalités distinctes d'un même projet.

Dans les représentation graphique des architectures ROS2, les noeuds sont représentés par des formes rectangulaires, tandis que les topics sont eux représentés par des formes ovales avec leur noms précédés d'un "/" tel que sur la représentation suivante :



Les souscriptions et publications sont indiquées par les flèches. La direction de la flèche indique si un nœud publie sur un topic ou si un nœud est souscrit à un topic.



#### 1. LE GROUPE DU PROJET

L'équipe constitué au sein du projet "Intégration mobilité du Marauder dans ROS2" comprend 3 étudiants :



GABRIEL SINKUIN

GARNIER ANDREW

KEVIN GELONCH



### 2. MÉTHODE DE TRAVAIL

Durant notre projet, nous avons choisi d'utiliser la méthode agile pour sa flexibilité et son adaptabilité aux changements de spécifications. Nous avons organisé notre travail en sprints de 2 semaines, où chaque sprint correspondait à un cycle de développement comprenant la planification, la conception, la mise en œuvre et les tests. À la fin de chaque sprint, nous présentions le travail accompli et discussions des ajustements nécessaires pour le sprint suivant, en fonction des retours de l'avancement du projet et du travail de chaque étudiant.

La méthode agile nous a permis de travailler de manière efficace et de produire des résultats concrets tout en gardant une communication constante entre le groupe du projet et l'équipe pédagogique. En nous concentrant sur des itérations courtes et fréquentes, nous avons pu nous adapter aux changements de spécifications tout en restant en mesure de respecter les délais et les objectifs du projet.

### 3. RÉPARTITION DES TÂCHES

Comme indiqué plus haut, l'organisation et la répartition des tâches peuvent être complexes. Certaines tâches ont ainsi été réalisées en parallèle par deux voire trois étudiants de façon simultanée, ces derniers soumettant chacun leur proposition. Ceci a été particulièrement le cas lors des premières semaines de projet où le contexte d'apprentissage du middleware ROS2 nous a tous fait passer par les mêmes étapes de compréhension.

A la suite du projet, des tâches plus spécifiques ont ensuite été confiées à chacun. Kevin Gelonch se spécialisant ainsi dans la gestion de la direction du Marauder, Andrew Garnier sur la gestion des servomoteurs tracteurs et Gabriel Sinquin sur la création d'un joystick virtuel.

### 4. GANTT

GANTT - INTEGRATION MOBILITE DU MARAUDER DANS ROS2			
NOM	DATE DE DEBUT	DATE DE FIN	RESSOURCES
<b>SPRINT 1</b>	<b>06/02/2023</b>	<b>17/02/2023</b>	
Création des diagrammes			Kevin Andrew
Reformulation du besoin client			Kevin Andrew Gabriel
Organisation des tâches			Kevin Andrew Gabriel
Découverte de ROS2			Kevin Andrew Gabriel
<b>SPRINT 2</b>	<b>17/02/2023</b>	<b>03/03/2023</b>	
Apprentissage de ROS2			Kevin Andrew Gabriel
Création d'un premier noeud ROS2			Kevin Andrew
Rédaction de la documentation			Kevin Andrew
Premier essaie du joystick			Kevin Andrew Gabriel
Création d'un noeud clavier			Kevin Andrew Gabriel
<b>SPRINT 3</b>	<b>03/03/2023</b>	<b>17/03/2023</b>	
Ajout d'un esp32			Kevin Andrew
Développement MQTT sur l'esp32			Andrew Gabriel
Mise en place WIFI sur l'esp32			Andrew
Prise en main du protocole dynamixel 2.0			Kevin Andrew
Premier test unitaire			Kevin Andrew Gabriel
<b>SPRINT 4</b>	<b>17/03/2023</b>	<b>31/03/2023</b>	
Installation du Nuc			Gabriel
Mise en place du retour IHM			Kevin Andrew
Création d'un pilote pour dynamixel			Kévin
Conception du circuit électrique			Kévin

## I. INTRODUCTION

## C. ORGANISATION

SPRINT 5	31/03/2023	14/04/2023	
Revue de projet n°1			Kevin Andrew Gabriel
Suppression de l'esp32 et MQTT			Kevin Andrew Gabriel
Prise en main de dynamixel SDK			Kevin Andrew Gabriel
Fondation du joystick virtuel			Gabriel
SPRINT 6	14/03/2023	28/04/2023	
Contrôle moteur avec dynamixel SDK			Kevin Andrew
Retour du couple vers l'IHM			Kevin Andrew
Calcul du point de rotation			Kevin
SPRINT 7	28/04/2023	12/05/2023	
Révision pour Epreuve BTS			Kevin Andrew Gabriel
SPRINT 8	12/05/2023	26/05/2023	
Epreuve BTS			Kevin Andrew Gabriel
Revue de projet n°2			Kevin Andrew Gabriel
SPRINT 9	26/05/2023	09/06/2023	
Implémentation du joystick virtuel			Gabriel
Mise en place du point de rotation			Kevin Andrew
Finalisation des retour vers l'IHM			Kevin Andrew
Création des diaporamas pour l'oral			Kevin Andrew Gabriel
SPRINT 10	09/06/2023	23/06/2023	
Finalisation de la documentation			Kevin Andrew Gabriel
Présentation au CNES			Kevin Andrew Gabriel

## II. LE PROJET

### A. ANALYSE UML

#### 1. DIAGRAMME D'EXIGENCE

Ci-dessous sont représentés les principaux cas d'utilisation avec leurs exigences et le moyen mis en place pour le mettre à exécution. Les exigences suivantes représentaient les besoins en termes de communication avec les servomoteurs et le besoin de les commander en rotation continue et en position.

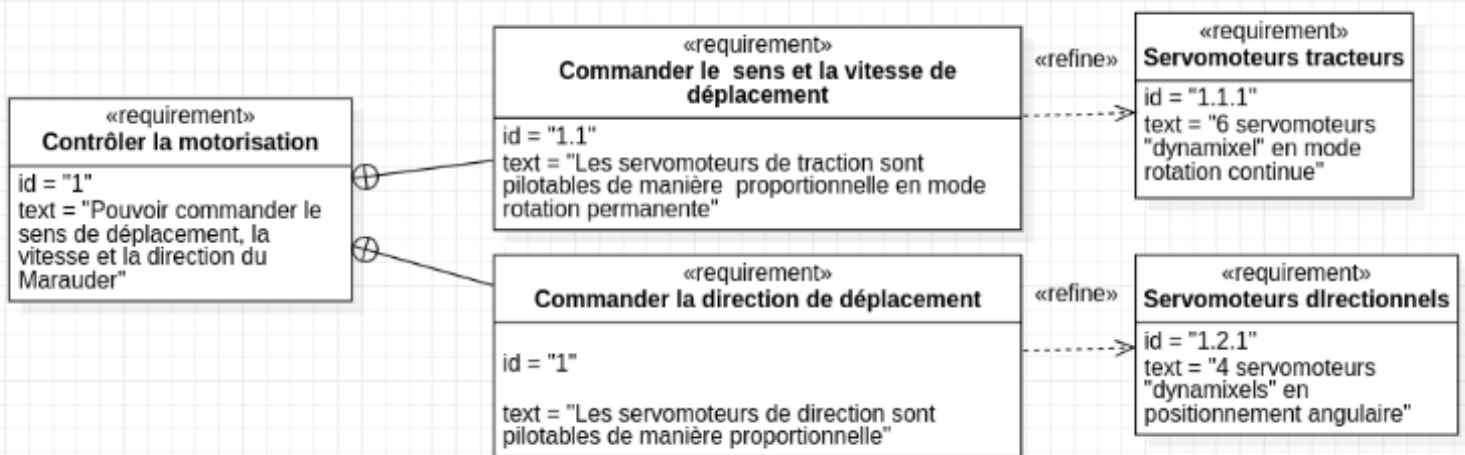


FIGURE 1 : DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION CONTRÔLE MOTEUR

## II. LE PROJET

### A. ANALYSE UML

Les exigences ci-dessous définissent les besoins d'effectuer un retour d'informations depuis les moteurs vers les interfaces. Définissant ainsi la vitesse des servomoteurs tracteurs de la plateforme ainsi que la direction des servomoteurs directionnels

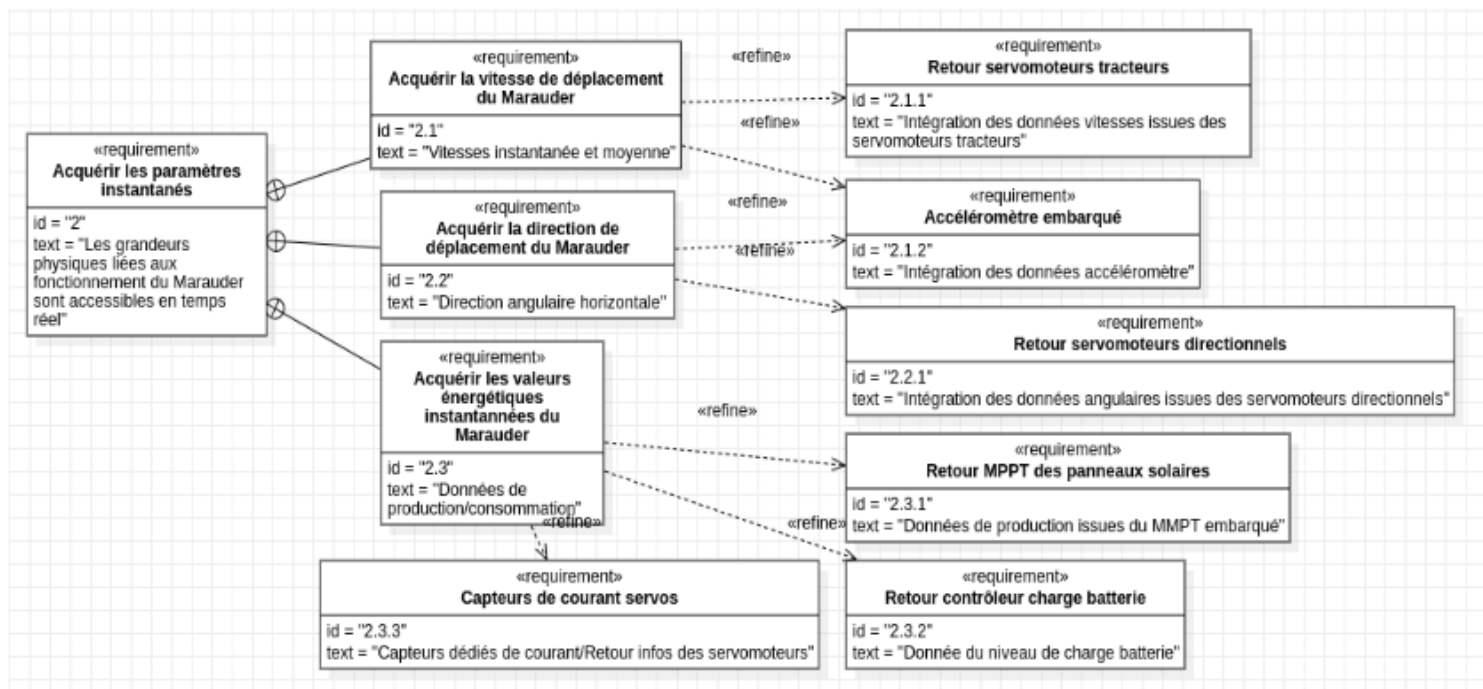


FIGURE 2 : DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION RETOUR DES DONNÉES

## II. LE PROJET

### A. ANALYSE UML

#### 2. DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION

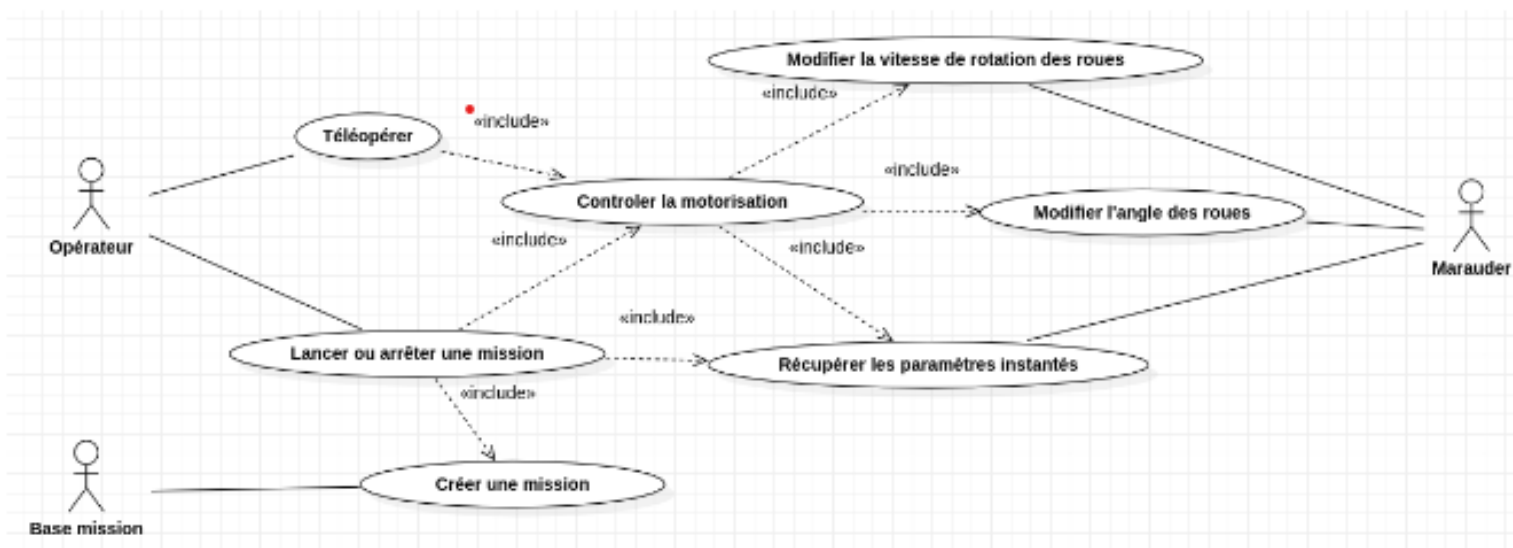


FIGURE 3 : DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION

## II. LE PROJET

### A. ANALYSE UML

#### 3. DIAGRAMME DE DÉPLOIEMENT

Le diagramme de déploiement suivant décrit la structure matériel ainsi que l'emplacement des nœuds ROS2 pour le fonctionnement global de la plateforme Marauder.

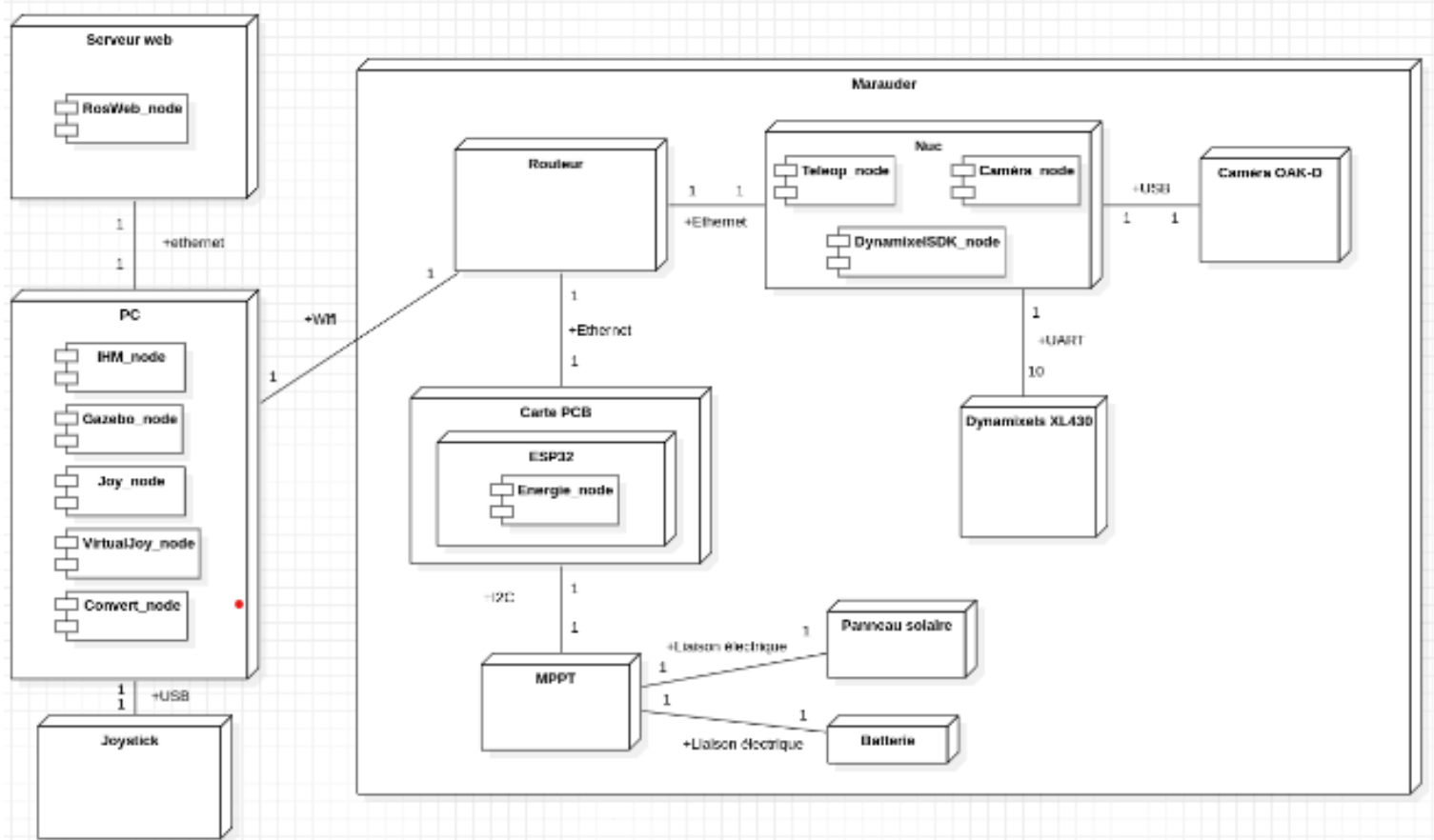


FIGURE 4 : DIAGRAMME DE DÉPLOIEMENT



## II. LE PROJET

### A. ANALYSE UML

#### 4. DIAGRAMME DE CLASSE

Ce diagramme nous permet de mettre en lumière les différentes classes ainsi que les différentes méthodes utilisées.

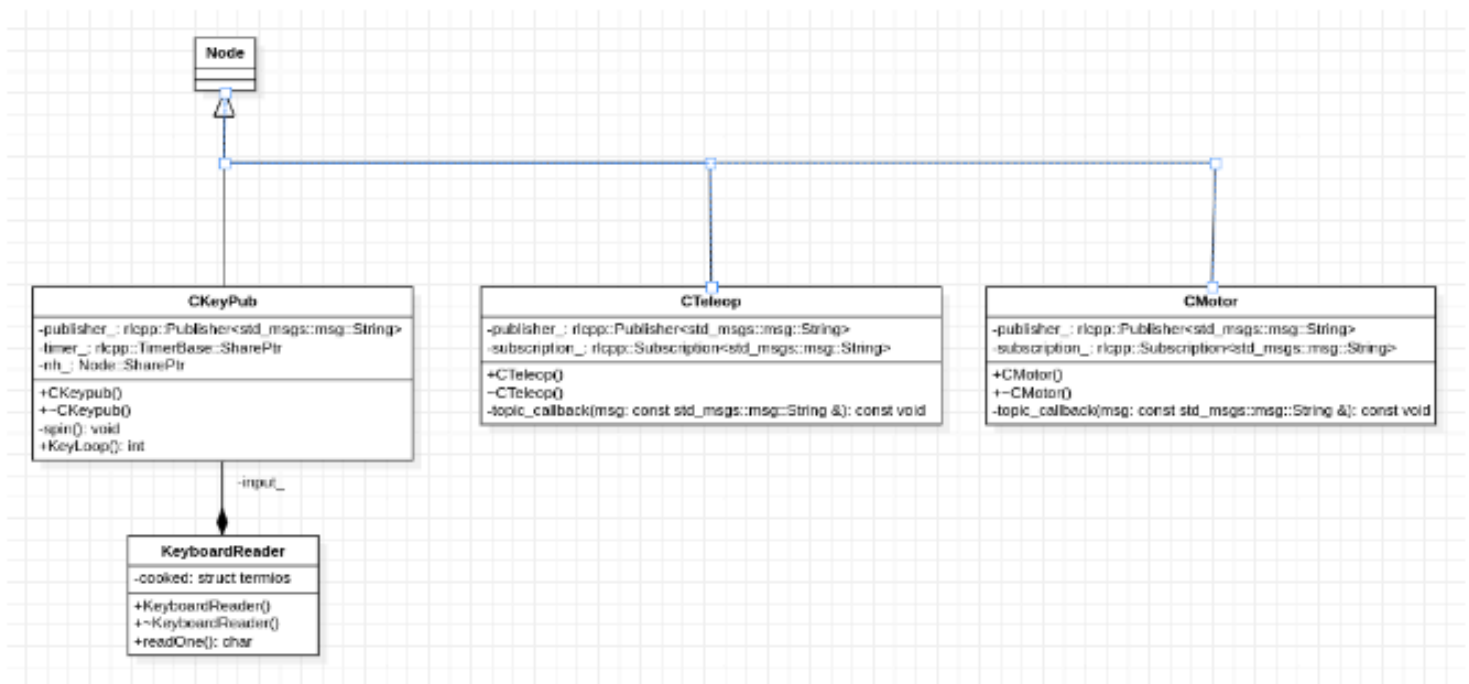


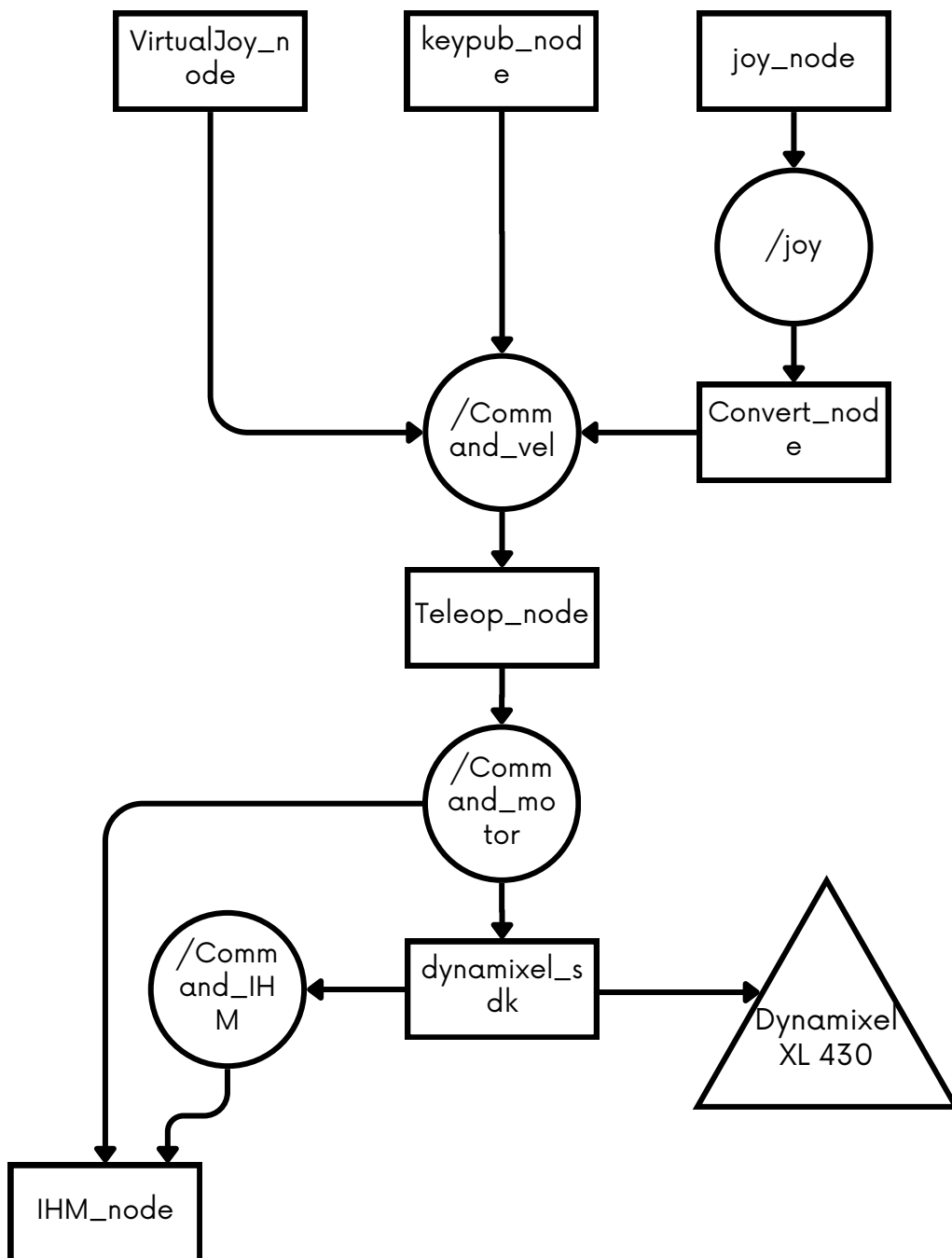
FIGURE 4 : DIAGRAMME DE CLASSE

## II. LE PROJET

### B. ARCHITECTURE ROS2

#### 1. SCHÉMA RQT

Le schéma suivant représente l'architecture ROS2 finalisée permettant de contrôler le Marauder et de communiquer les retours d'informations aux différents groupes de projet :



## 2. RÔLE DES NOEUDS

### “JOY\_NODE”

Le nœud Joy\_node est lié à l'utilisation du joystick. Il est créé automatiquement au branchement du joystick sur le pc téléopérateur. Ce nœud publie sur le topic /joy avec le type suivant : “sensor\_msgs::msg::Joy” qui est une structure de données prenant en compte les différents axes du X Y Z ainsi que les différents boutons du joystick.

### “CONVERT\_NODE”

Le nœud Convert\_node est utilisé pour transformer les données envoyées par les joysticks physiques et virtuels afin qu'elles soient ensuite traitées sous forme de chaînes de caractère aux nœuds et topics suivants.

### “VIRTUALJOY\_NODE”

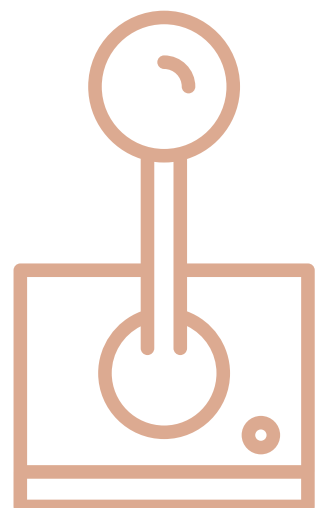
Le nœud VirtualJoy\_node est un nœud alternatif au joystick, il s'agit d'une Interface Homme Machine programmée en python envoyant les informations similaires au joystick sur le topic /joy, il est utilisé pour avoir une forme de redondance.

### “TELEOP\_NODE”

Le nœud Teleop\_node est utilisé comme point G central de l'architecture ROS à travers lequel toutes les informations transitent, qu'elles soient des données envoyées aux moteurs ou des données provenant des retours moteurs à envoyées à l'IHM.

### “DYNAMIXEL\_SDK”

Le nœud Dynamixel\_SDK est le dernier nœud dans la chaîne de communication de l'interface utilisateur vers les moteurs. Il permet de communiquer directement avec les servomoteurs dynamixel en souscrivant au topic /Command\_motor. Il traite ainsi les informations envoyées par ce nœud et envoie les informations de direction et de vitesse aux servomoteurs. Il récupère ensuite les informations et les fait parvenir au nœud teleop\_node.



### III. CONCLUSION

#### A. FINALISATION DU PROJET

Nous sommes ravis d'annoncer que le projet "Intégration Mobilité du Marauder" avance avec succès, et se trouve actuellement en phase d'assemblage de la plateforme.. Bien que certaines pièces n'aient pas encore été intégrées au rover, nous avons réalisé des progrès significatifs dans notre démarche. Il nous reste à peaufiner les interactions avec les moteurs et à ajouter des fonctionnalités pour obtenir des retours de données plus précis. Malgré ces défis restants, nous sommes confiants quant à la réalisation complète de la plateforme Marauder et à notre capacité à livrer un produit 100% fonctionnel au CNES pour la fin du mois de juin.

#### B. APPRÉCIATION GÉNÉRALE

Le projet "Intégration Mobilité Marauder" a été extrêmement bénéfique pour notre équipe, car il nous a offert une opportunité précieuse de comprendre les tenants et aboutissants d'un tel projet. Au cours de sa réalisation, nous avons été confrontés à diverses difficultés et contraintes de temps, ce qui nous a permis de développer notre capacité à résoudre des problèmes de manière autonome. De plus, ce projet nous a introduits à ROS2, nous permettant ainsi d'acquérir de nouvelles compétences en programmation et de renforcer notre pensée logique. Dans l'ensemble, cette expérience a été une véritable source d'apprentissage et de croissance pour chacun des étudiants de l'équipe.

