DÉPARTEMENT ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS avec MATÉRIAUX

COMPTE RENDU

Projet collectif de la coupe de France de Robotique

Bilan intermédiaire

20/12/2018

Rédigé par :

AUTRAN Jean-Victor - BELKACEMI Oussama - BLANCHARD Charles - EGEA TIEM Wesley Thiago - FONTANA PIRES Leandro - HAMAIN Thomas - KOUAKOU Hugues - MAHIEUX Tony - MICHEL Quentin - MOHAMAD AMIN Muhammad Azamuddin - ROBE Guillaume - RUAUX Justin

Professeur(s) encadrant(s) :

TORU Sylvain

SOMMAIRE

1. Les règles ... 3
1.1. Le déroulement ... 4
1.1.1. Les matchs ... 4
1.1.1.1. Homologation ... 4
1.1.1.2. Phases qualificatives ... 4
1.1.1.3. Phases finales ... 4
1.1.1.4. Qualification pour la finale Européenne ... 4
1.1.1.5. Le terrain ... 5
1.1.1.5.1. Aires de départ (1) ... 6
1.1.1.5.2. Tableau périodique (2) ... 7
1.1.1.5.3. AccÉlÉrateur de particules (3) ... 7
1.1.1.5.4. Balance (4) ... 8
1.1.1.5.5. Pente d'accès à la balance (5) ... 8
1.1.1.5.6. Zone d'expérience (6) et atome d'oxygène (8) ... 9
1.1.1.5.7. Zones de chaos (7) ... 9
1.1.1.5.8. Distributeurs d'atomes (9) ... 9
1.1.1.5.9. Supports de balises fixes (10) ... 10
1.1.1.5.10. Système de repérage central (11) ... 11
1.1.1.6. Contraintes sur les robots et balises ... 11
2. Stratégie ... 12
2.1. Planification ... 12
2.2. Défis ... 14
3. Gestion de projet ... 15
3.1. Gantt ... 15
3.2. Répartition des tâches ... 16
3.3. Finances ... 16
4. Solutions techniques ... 18
4.1. Le robot à la reprise ... 18
4.2. Les idées de solutions ... 18
4.2.1. Robot principal ... 18
4.2.1.1. Motorisation ... 18
4.2.1.1.1. Contrôleur moteur ... 18

4.2.1.1.2. Encodeurs 19
4.2.1.2. Localisation 20
4.2.1.2.1. Balises 20
4.2.1.2.2. Caméra 21
4.2.1.3. Alimentation 21
4.2.1.4. Système de récupération des palets 24
4.2.1.5. Compilation du programme sur la STM32 via la Raspberry 26
4.2.2. Robot secondaire 26
4.2.2.1. Conception 26
4.2.2.2. Motorisation 27
4.2.2.3. Localisation 28
4.2.2.4. Système de récupération du Goldenium 28
4.2.2.5. Sécurité et homologation 28
5. État du projet à ce jour 30
6. Conclusion 31

PROJET: COUPE DE FRANCE DE ROBOTIQUE

La coupe de France de robotique est une compétition qui se déroule chaque année et qui regroupe près de 200 équipes. Le projet collectif de la coupe de France de robotique regroupe cette année 12 étudiants des filières IESE et Matériaux principalement en quatrième année mais aussi en troisième année. Le local du club de robotique Polybot accueille la conception du robot destiné à participer à l'événement. Dans ce rapport nous décrirons en détail ce qu'est la coupe de France de robotique, comment nous nous organisons face aux défis techniques, nos solutions et la gestion de projet.

1. Les règles

Le thème de l'édition 2019 est "Atom Factory". À l'image de Dmitri Mendeleïev, les équipes devront classer des atomes selon leurs poids et couleurs. Sur le terrain, les équipes feront face à 4 types d'atomes, qui prennent la forme de palets de hockey. Nous verrons plus loin, la répartition de ces palets sur le terrain, mais les équipes n'ont que quelques palets qui leur sont réservés (zones où l'adversaire n'a pas le droit d'entrer).

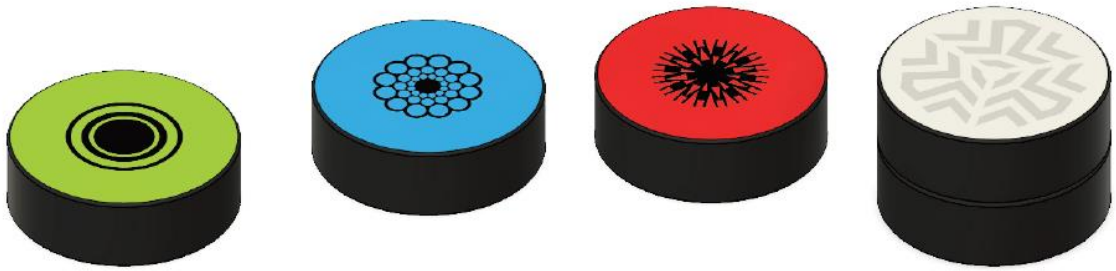

FIGURE 1 - ATOMES

La différence des atomes se fait suivant les caractéristiques suivantes :

Atome	Couleur	Poids	Nombre accessible par équipe (nombre total)
Redium	Rouge	60g	21 (22)
Greenium	Vert	120g	8 (12)
Blueium	Bleu	170g	6 (8)
Goldenium	Blanc	340g	1 (2)

TABLEAU 1 - CARACTÉRISTIQUES DES ATOMES

Les palets de hockey font 75*mm* de diamètre et 25*mm* d'épaisseur et sont fabriqués en caoutchouc.

1.1. Le déroulement

1.1.1. Les matchs

Les matchs se déroulent en 100 secondes sur un terrain de 2*m* par 3*m* et les robots sont entièrement autonomes. Chaque équipe a le droit d'amener 2 robots pour le match, un robot principal et un robot secondaire facultatif. De plus, le terrain permet le placement de 3 balises de localisation et d'une balise centrale. Avant le début de chaque match, les équipes homologuées ont 3 minutes pour placer les robots et se préparer au début du match.

1.1.1.1. Homologation

Dans un premier temps, les organisateurs vérifient la conformité des robots aux contraintes définies par le règlement. La deuxième étape consiste en une homologation dynamique c'est-à-dire que les robots se déplacent sur le terrain pendant 100 secondes dans les conditions d'un match sans adversaires. Les robots doivent valider une action et être capables d'éviter des obstacles. Une fois que les robots et balises ont passé ces tests, l'équipe est déclarée homologuée. Il est possible d'apporter des modifications sur l'ensemble des robots ou balises. Dans le cas de modifications significatives les organisateurs doivent en être avertis.

1.1.1.2. Phases qualificatives

Un classement par points est défini suite à un minimum de 3 matchs par équipes (ce nombre varie en fonction des organisateurs locaux). Suite au classement, une liste d'équipes qualifiées pour les phases finales est définie.

1.1.1.3. Phases finales

À l'issue de la phase qualificative, 4, 8 ou 16 premières équipes entament les matchs de la phase finale. L'équipe qui marque le plus de points gagne le match et l'équipe perdante est éliminée. Voici un exemple de schéma des phases finales :

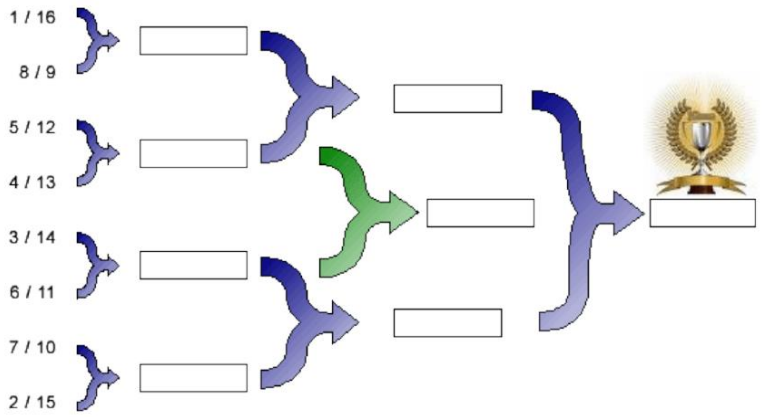

FIGURE 2 - SCHEMA D'UN EXEMPLE DU DEROULEMENT DES PHASES FINALES

1.1.1.4. Qualification pour la finale Européenne

Les 2 premières équipes de la phase finale participeront à la finale européenne.

1.1.1.5. Le terrain

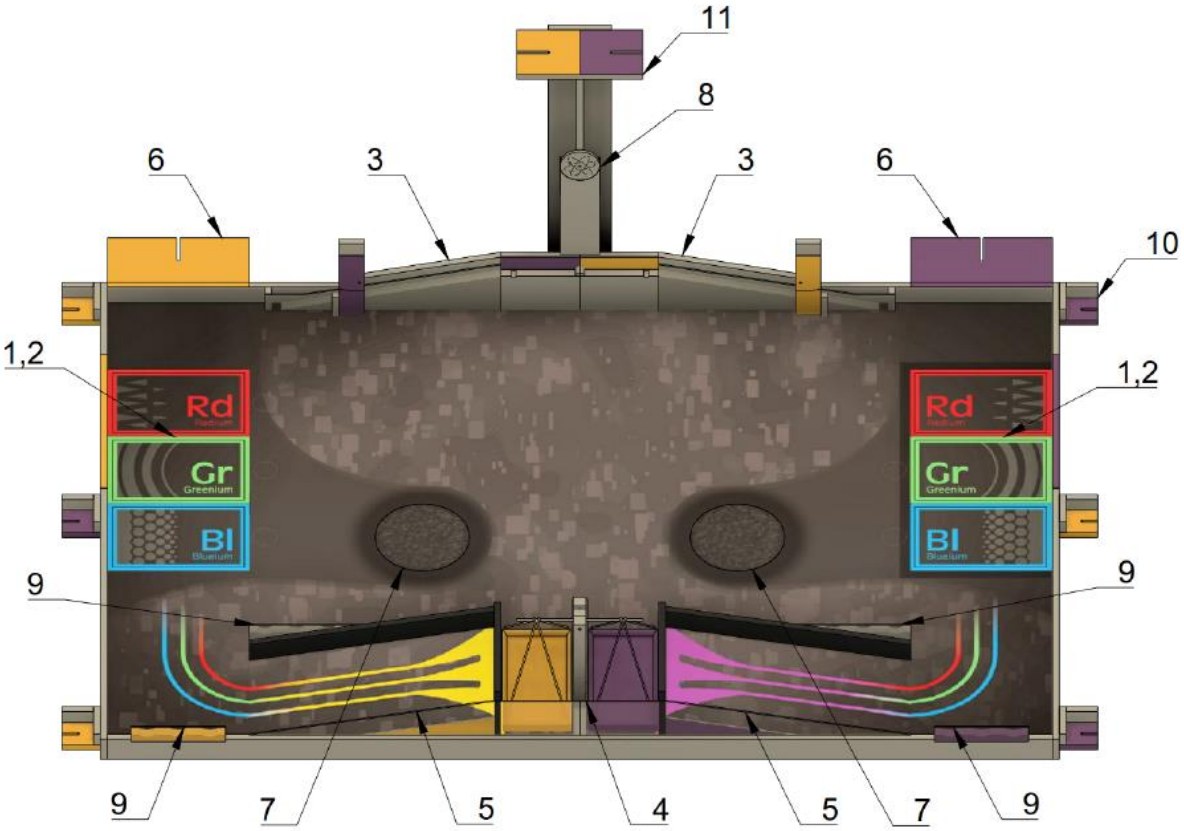

FIGURE 3 - TERRAIN DE JEU

Le terrain est symétrique et chaque côté porte une couleur (jaune et violette) pour marquer les éléments devant être activés par la bonne équipe. Décomposons les différentes sources de points et éléments de jeu.

Voici la répartition des palets sur le terrain :

FIGURE 4 - REPARTITION DES PALETS SUR LE TERRAIN

1.1.1.5.1. AIRES DE DEPART (1)

Les équipes démarrent chacune d'un côté du terrain et la zone de départ est composée uniquement des zones Redium et Greenium. Les robots ne doivent pas dépasser de ces zones en projection verticale. Ces deux zones font partie du tableau périodique décrit plus loin.

1.1.1.5.2. TABLEAU PÉRIODIQUE (2)

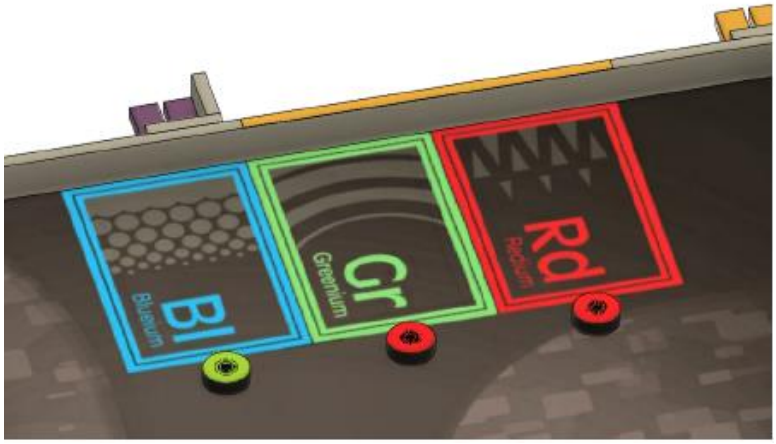

FIGURE 5 - ZONE DE DEPART

Les atomes peuvent être placés dans les trois cases du tableau périodique. Classer les atomes en associant les couleurs des cases et celles des atomes rapportera plus de points. Un atome dans le tableau rapport 1 point, 5 points supplémentaires par atome classé dans la bonne case et 6 points pour le Goldenium. Il est interdit de pénétrer dans le tableau périodique adversaire.

1.1.1.5.3. ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES (3)

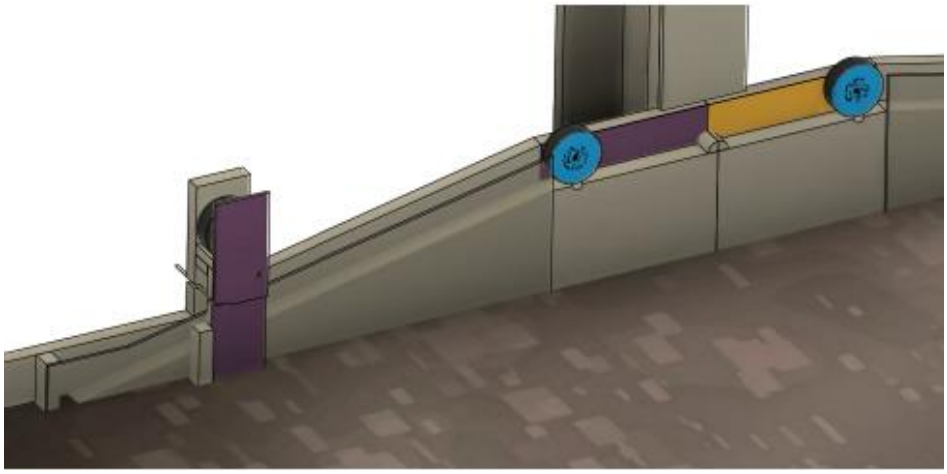

FIGURE 6 - ACCELERATEUR DE PARTICULES

L'accélérateur de particules est composé d'une pente et d'un "détecteur de particules" au bout de la pente qui active un mécanisme si un atome passe par le détecteur. Le mécanisme libère l'atome Goldenium réservé uniquement à l'équipe de l'accélérateur de particules. En revanche si le Goldenium est placé quelque part sur le plateau, l'adversaire peut récupérer l'atome. Il est autorisé de placer n'importe quel atome dans l'accélérateur de particules et il est donc autorisé de récupérer l'atome Blueium prépositionné dans l'accélérateur. Il est cependant interdit de toucher au Blueium de l'adversaire et de placer des atomes dans l'accélérateur adverse. À chaque atome présent dans l'accélérateur l'équipe se voit attribuer 10 points (maximum 8 atomes), 10 points pour le détecteur déverrouillé et 20 points si l'atome Goldenium a été récupéré.

1.1.1.5.4. BALANCE (4)

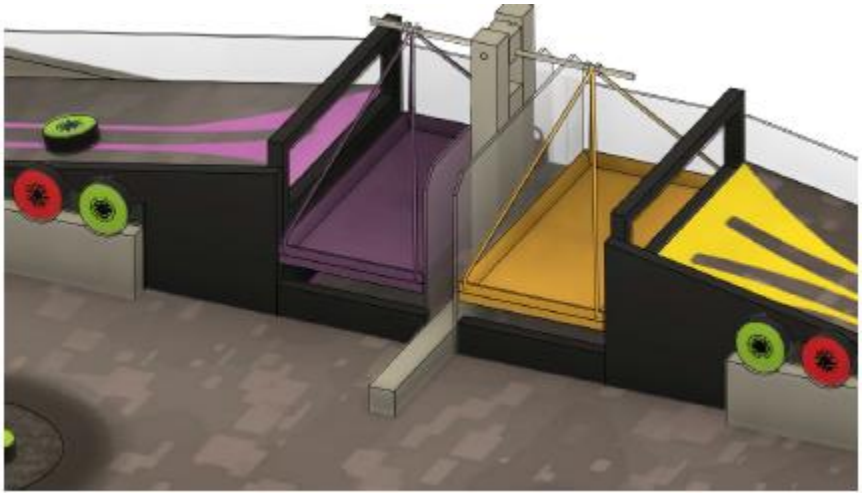

FIGURE 7 - BALANCES

Les équipes peuvent placer jusqu'à 6 atomes dans une balance. Les atomes les plus légers seront retenus dans le cas où il y a plus de 6 atomes dans la balance. Voici la distribution des points en fonction de leur couleur :

Atome	Points
Redium	4
Greenium	8
Blueium	12
Goldenium	2

TABLEAU 2 - NOMBRE D'ATOMES

Les équipes ne se voient pas attribuer de malus si leur balance pèse moins lourd que celle de l'adversaire. En revanche, lorsque des phases finales, les équipes avec une balance plus lourde gagnent un bonus de 30 points.

1.1.1.5.5. PENTE D'ACCÈS A LA BALANCE (5)

La pente sert simplement à aider les équipes à accéder à ces balances respectives. Aucune contrainte d'accès à la rampe adverse n'est signalée.

1.1.1.5.6. ZONE D'EXPÉRIENCE (6) ET ATOME D'OXYGÈNE (8)

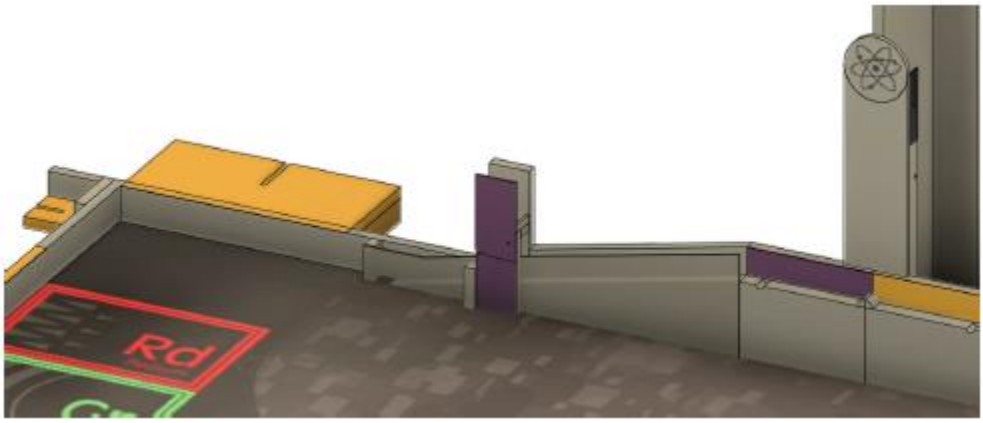

FIGURE 8 - POSITIONNEMENT DE L'EXPERIENCE

L'atome d'oxygène situé en hauteur, à l'extérieur de l'aire de jeu et au centre symétrique du plateau devra être relié par une cordelette à la zone d'expérience (ici en jaune) par l'équipe. Celle-ci devra construire une "expérience" qui lancera un "électron" devant se déplacer de la zone de l'expérience jusqu'à l'atome d'oxygène. Il existe une grande liste de contraintes physiques au niveau de l'expérience qu'il est possible de retrouver à la page 15 du règlement final de la coupe de France de Robotique 2019 dans la section D.8.b. Globalement, l'équipe a le choix sur le fonctionnement de l'élément qui se déplacera sur la cordelette, sur le choix de la cordelette et sur la manière de l'activation (par appui uniquement). L'équipe se voit attribuer 5 points pour avoir déposé l'expérience dans la zone avant le début de match, 15 points supplémentaires pour l'avoir activé et 20 points additionnels si l'électron atteint l'oxygène.

1.1.1.5.7. ZONES DE CHAOS (7)

Ce sont deux zones dessinées sur le plateau. Elles contiennent 2 atomes de Redium, 1 atome de Greenium et 1 atome de Blueium. Ces atomes sont disposés aléatoirement dans la zone.

1.1.1.5.8. DISTRIBUTEURS D'ATOMES (9)

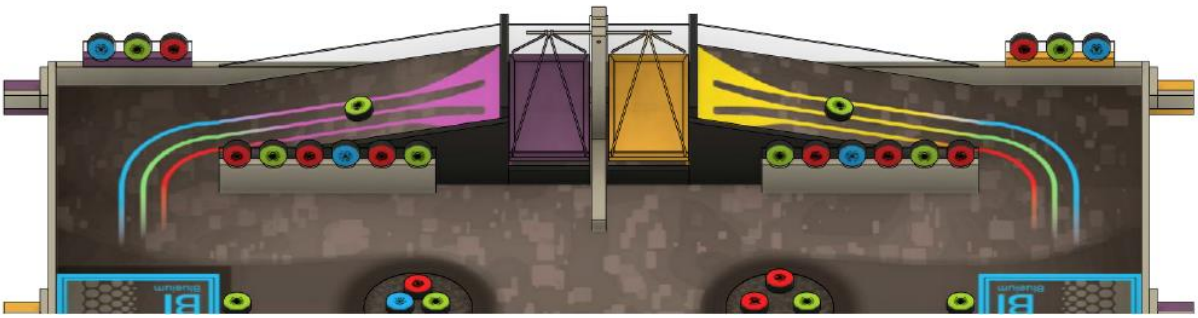

FIGURE 9 - REPARTITION DES ATOMES SUR LES DISTRIBUTEURS D'ATOMES

Ce sont des supports sur lesquels sont disposés des atomes sur leurs tranches. Il en existe 4 dont 2 grands communs aux deux équipes et 2 petits réservés à chacune des équipes. Les atomes sont toujours disposés dans le même ordre qu'indiqué sur l'image

1.1.1.5.9. SUPPORTS DE BALISES FIXES (10)

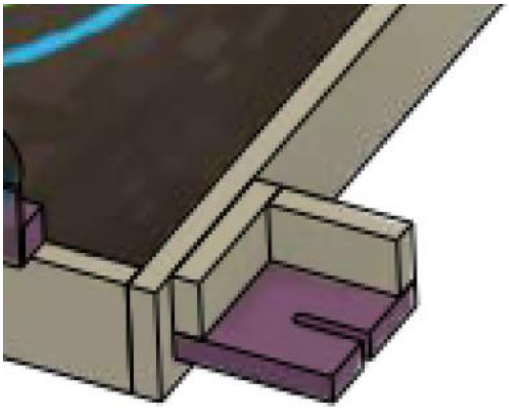

FIGURE 10 - EXEMPLE D'UN SUPPORT DE BALISE FIXE

Les équipes ont le droit de déposer des balises sur les robots adverses mais également sur des supports fixes situés en périphérie du plateau. Celles-ci peuvent faire 510mm de haut pour une base de 100 mm et ne devoivent pas dépasser un poids de 1,5kg. Voici les contraintes dimensionnelles :

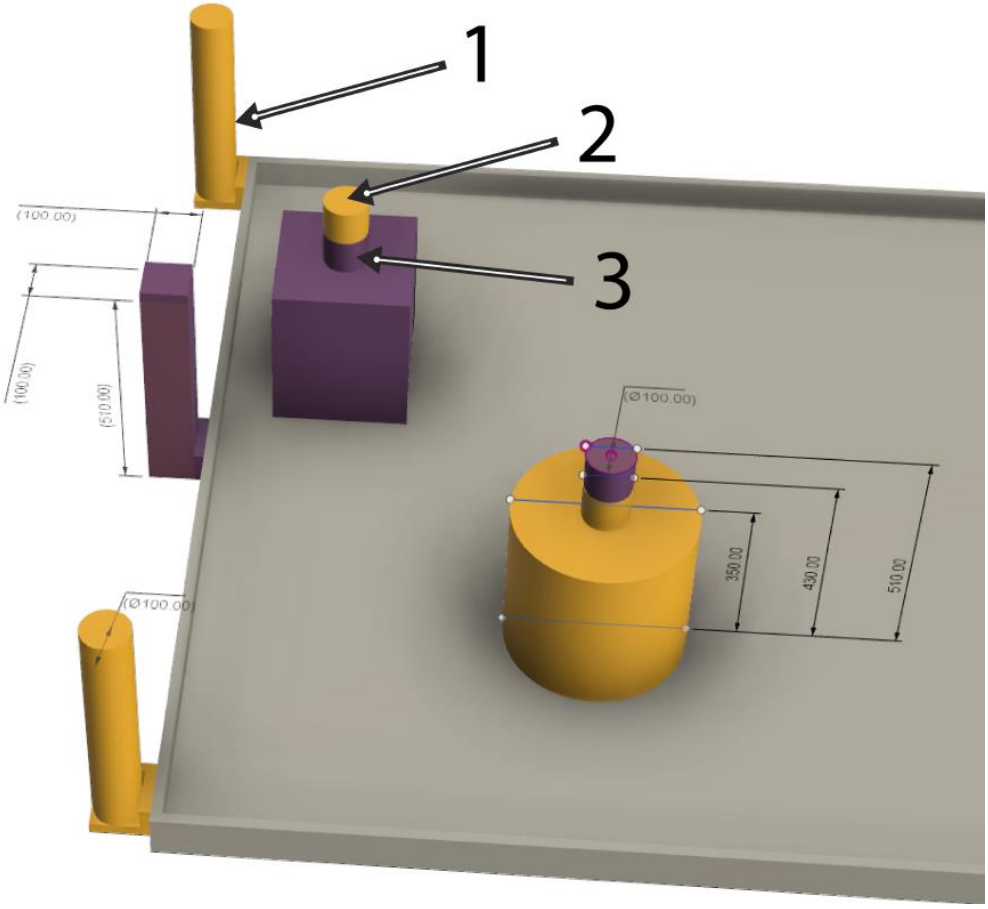

FIGURE 11 - DIMENSIONS RÉGLEMENTAIRES DES BALISES

1.1.1.5.10. SYSTÈME DE REPÉRAGE CENTRAL (11)

FIGURE 12 - MAT POUR REPERAGE CENTRAL

Les équipes peuvent également concevoir un système de repérage disposé sur la périphérie du plateau à une hauteur de 1 mètre et au centre symétrique du terrain.

1.1.1.6. Contraintes sur les robots et balises

Les robots ne doivent pas excéder les tailles suivantes, les dimensions données représentent les périmètres des robots :

Dimensions du robot principal :	Dimensions du robot secondaire :
Non déployé <= 1200mm Déployé <= 1500mm	Non déployé <= 850mm Déployé <= 1050mmm

FIGURE 13 - LIMITES DE TAILLE DES ROBOTS

La hauteur des deux robots ne doit pas excéder les 35*mm*. Il est également interdit de porter un objet au-dessus de cette hauteur pour ne pas gêner le fonctionnement des balises.

Les sources d'énergie stockées dans les robots ainsi que les systèmes annexes sont autorisées hors sources d'énergies chimiques (combustion ou procédés pyrotechniques, produits corrosifs et projections liquides). L'utilisation de batteries à Lithium implique la possession d'un chargeur adapté et une protection ignifuge lors des matchs et lors du stockage de la batterie.

Le robot doit avoir un espace rectangulaire de 100x70 mm destiné à l'apposition du numéro de l'équipe.

Le démarrage des robots doit se faire via un cordon d'une longueur minimale de 500*mm*. Lorsque celui-ci est tiré, les robots démarrent. Le démarrage du robot principal peut démarrer le robot secondaire.

Chaque robot doit être équipé d'un bouton d'arrêt d'urgence de 20 mm de diamètre et de couleur rouge qui désactive totalement le robot. À la fin des 100s réglementaires du match, les robots doivent s'arrêter automatiquement.

Les robots doivent avoir un système d'évitement des obstacles. Pour cela il est possible d'utiliser un système de balises fixes ou mobiles. Elles ont une taille et une disposition prédéfinie. Les balises fixes ont été décrites dans la partie 1.1.1.5.9.

2. Stratégie

2.1. Planification

Nous avons commencé par nous familiariser avec les règles de la compétition pour estimer quelles sont les actions réalisables et celles qui sont le plus rentables.

Action	Action détallée	Par unité de réalisation	Score optimal	Score réalisable
Classer les atomes	atome classé	1	102	12
	atome classé correctement	5		25
	Goldenium	6		0
Peser les atomes	Redium	4	84	0
	Greenium	8		24
	Bluenium	12		24
	Goldenium	24		24
Accélérateur	Présence d'atome	10	110	10
	Détecteur	10		10
	Goldenium récupéré	20		20
Expérience	Existance	5	40	5
	Activation	15		15
	Experience réussie	20		20
Evaluation de performance		0,3xScore-Ecart	101	57
Bonus en phase finale	Balance la plus lourde	40	40	40
Total			477	286

FIGURE 14 - REPARTITION DES POINTS PAR ACTION

Le tableau regroupe le score maximal possible et le score que nous estimons possible de marquer suivant la stratégie que nous pensons adopter décrite plus loin.

Pour marquer le maximum de points, il faudrait être capable de :

- Récupérer la totalité des palets non réservés avant que l'adversaire n'ait le temps de les saisir.
- Récupérer le Blueium prépositionné dans l'accélérateur de particules et le substituer avec un autre atome.
- Placer 8 atomes dans l'accélérateur de particules
- Classer la totalité des atomes dans le tableau périodique
- Placer les 5 Blueium récupérables dans la balance.

La complexité de ce plan d'action n'est pas réalisable pour notre équipe. Nous nous sommes donc tout de suite focalisés sur les points que nous sommes pratiquement certains d'obtenir (éléments réservés et points bonus). Cela nous a donc amenés à nous focaliser sur la conception d'une expérience, un système de récupération de palets sur les supports, l'accélérateur de particules et la récupération du Goldenium. Nous avons effectué un prototype pour le mécanisme de récupération de palets que nous présenterons plus tard dans le rapport, et nous nous sommes rendu compte qu'il est très difficile de récupérer les palets au sol. Ainsi, nous ne pensons trier uniquement les palets que nous allons récupérer sur les supports. Le reste des palets au sol seront poussés vers le tableau périodique uniquement si le temps le permet.

Étant donné la taille de notre groupe, nous avons décidé de nous séparer en deux équipes pour la conception d'un deuxième robot qui nous aidera à réaliser les tâches les plus simples.

Actions du robot principal:

- Le robot pousse les atomes de la zone de chaos en les gardant près de soi.
- Récupération des palets sur le grand support commun.
- Dépôt des palets de la zone de chaos dans le tableau périodique sans tri et dépôt d'une partie des palets du grand support commun triés.
- Récupération des palets sur le petit support.
- Dépôt des palets (3xGreenium, 2xBlueium) dans la balance.
- Dépôt du reste des palets triés dans le tableau périodique.

Actions du robot secondaire

- Le robot appuie sur le bouton de l'expérience pour la lancer.
- Il avance vers le palet prépositionné dans l'accélérateur de particules et le pousse.
- Récupération du Goldenium.
- Dépôt du Goldenium dans la balance.

Les déplacements et actions du robot principal sont représentés par les flèches bleues et les numéros sur fond blanc. Ceux du robot secondaire sont désignés par les flèches orange et les numéros sur fond noir.

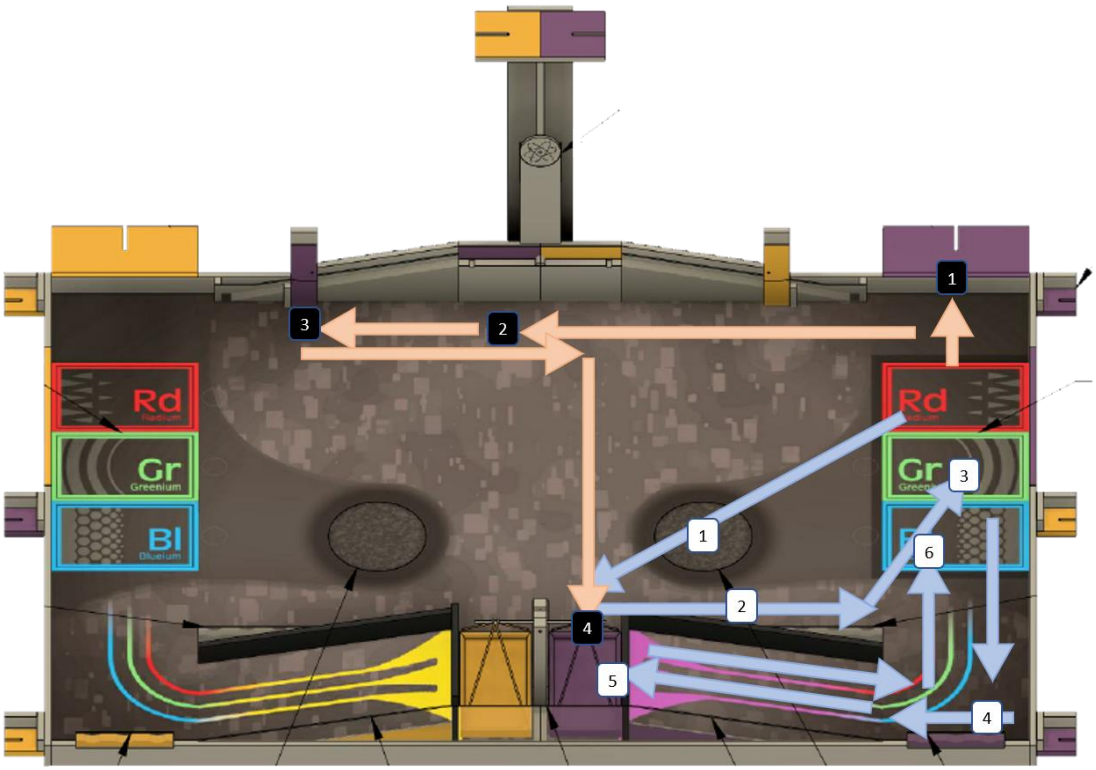

FIGURE 15 - PLAN D'ACTION DES DEUX ROBOTS

2.2. Défis

Les palets étant volumineux et relativement lourds (370g pour le Goldonium), le plus grand défi est de réussir à manipuler ces palets. Le deuxième plus grand défi est la localisation des robots. Le terrain est large et la déviation de la trajectoire voulue n'est pas un facteur anodin. Il faut donc travailler sur la précision de nos déplacements tout en évitant le robot adverse.

3. Gestion de projet

3.1. Gantt

Afin de prévoir et d'estimer la répartition du temps et des ressources, nous avons réalisé un Gantt sur le logiciel MindView. Dans ce rapport nous n'allons pas rentrer dans le détail de ce diagramme mais plutôt son utilité.

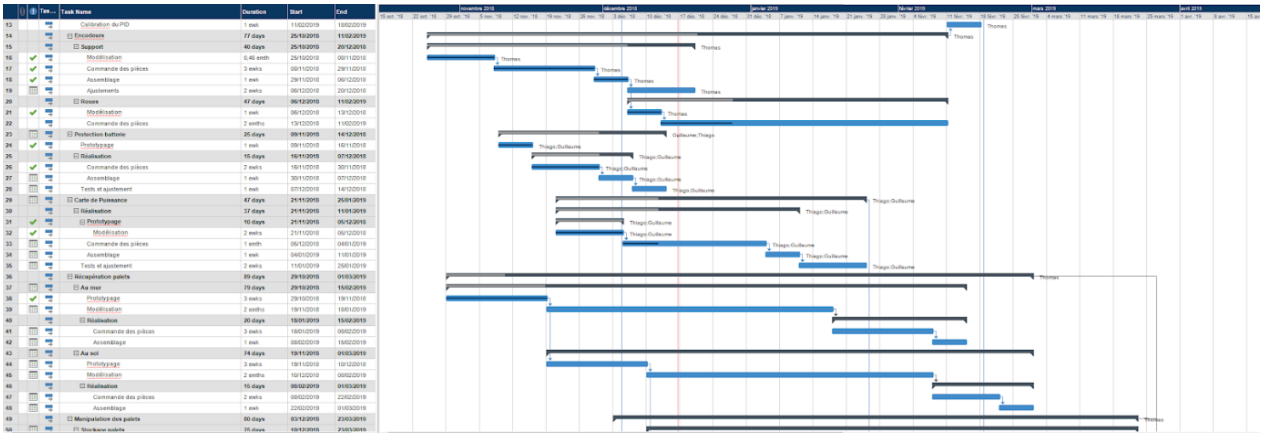

FIGURE 16 - APERÇU DU GANTT REALISE MIS-OCTOBRE 2018

Nous avons dessiné ce diagramme de Gantt mis octobre après nous être réparti les tâches et défini les objectifs. De manière générale, nous avons séparé chaque tâche en plusieurs parties :

- La conception (concrétisation de l'idée, modélisation etc.)
- La commande de pièces (choix des composants suivant la disponibilité, réajustement de la modélisation, délais de livraison etc.)
- L'assemblage
- Les ajustements

Nous avons attribué la majeure partie du temps à la commande de pièces et les ajustements par expérience des années précédentes.

Le diagramme de Gantt nous a également permis de visualiser les dépendances entre les différentes tâches (impossible de travailler sur la calibration du contrôleur moteur avant que les encodeurs ne soient prêts). En ayant placé la deadline du 5 mai en rapport avec le départ en stage des étudiants en quatrième année, nous avons réussi à établir les éléments sur lesquels nous devons nous focaliser en priorité.

La conception d'un Gantt exhaustif est fastidieuse. De plus, des éléments sont susceptibles d'être ajoutés ou supprimés. Globalement, l'avancement de notre projet concorde avec les prévisions, mais nous allons refaire un diagramme pour concrétiser les changements de perspectives par rapport au début d'année.

3.2. Répartition des tâches

Comme dit précédemment, notre répartition des tâches apparaît dans le diagramme de Gantt. Elle a été réalisée en fonction des préférences de chacuns. Lorsque nous avons décidé de faire 2 robots, chacun a émis ses préférences. Nous avons remarqué que les 3èmes années ont préféré travailler sur le robot secondaire. Ainsi, ils peuvent suivre la conception d'un robot depuis le début. Il n'aurait pas été dans leur intérêt d'arriver dans la conception quasi terminée du premier robot. Ensuite, à l'intérieur des deux équipes créées, la répartition des tâches s'est faite très naturellement. Nous avons à tour de rôle dit ce que nous préférons : électronique, informatique, mécanique, modélisation etc.

3.3. Finances

Le projet de la coupe de France de robotique s'inscrit dans le cadre de la vie du club de robotique de Polytech Grenoble : Polybot. Nous considérons le club Polybot comme un espace de création et d'échange. Ainsi, notre deuxième objectif dans le courant de l'année est d'améliorer le local en complétant l'outillage et en organisant le matériel à disposition. C'est pour cette raison qu'avant le commencement du projet, nous avons établi un budget pour la coupe, le robot mais également pour le local.

Le budget se divise en plusieurs parties:

- Le robot comprenant la mécanique et l'électronique.
- Le local et investissement à long terme (rangement, ameublement etc.)
- L'outillage
- Les consommables (Visserie, quincaillerie, bois, métal, plexi, étain, etc.)
- L'organisation de la coupe.
- Les projets de robots au Brésil

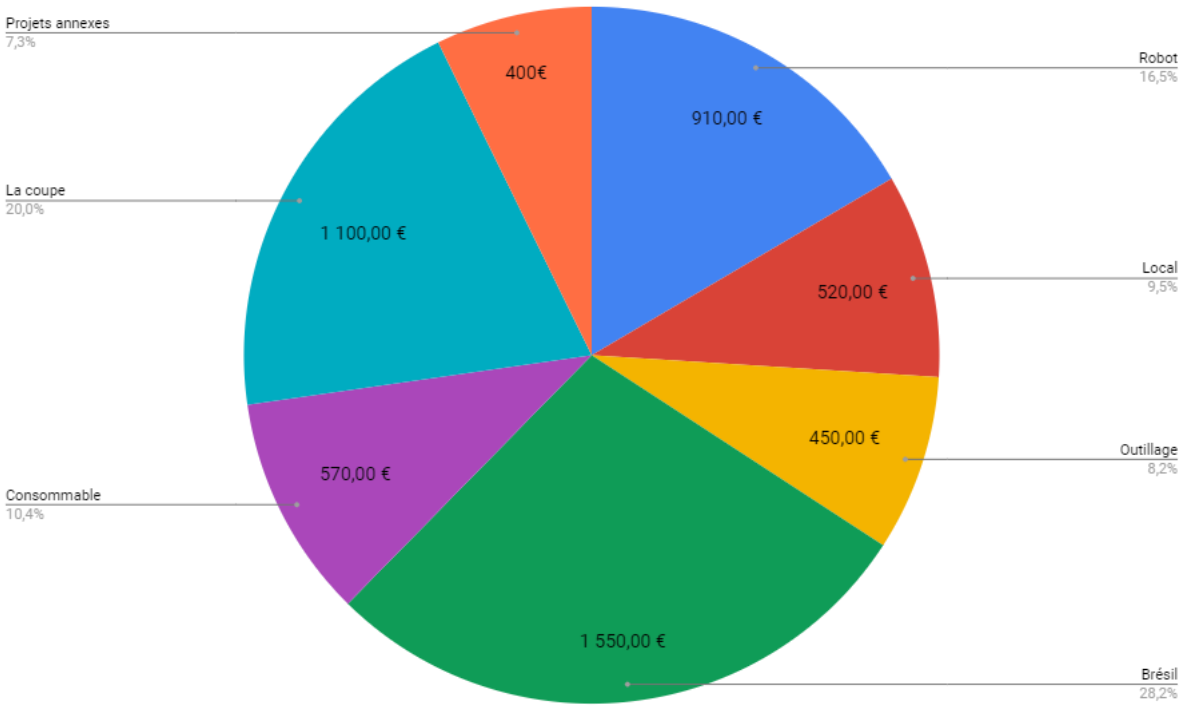

FIGURE 17 - REPARTITION DU BUDGET DE POLYBOT 2018-2019

Nous nous sommes adressés à l'administration de l'école pour effectuer notre demande de subvention ce à quoi nous avons eu une réponse positive. Bien que l'école soit une source de subvention fiable, nous cherchons des sponsors. Nous avons profité de la journée Polytech Pro pour prendre contact avec les entreprises. Nous cherchons toujours à mettre en avant pourquoi l'entreprise devrait nous sponsoriser. Certaines d'entre elles présentes à l'événement travaillent dans le domaine des véhicules autonomes, la réalité augmentée, fabricants de composants électroniques, fabricants de pièces mécaniques ou simplement des entreprises spécialiser dans le consulting. Les arguments principaux seraient donc la concordance entre leurs domaines d'activité et la thématique de notre projet, de la visibilité lors de la coupe car les entreprises sont susceptibles d'avoir une visibilité auprès de groupes de personnes intéressées par ces domaines, mais surtout la connaissance des étudiants de ces entreprises et la formation de ces derniers aux produits des entreprises. En retour nous attendons de l'aide matérielle, financière ou du conseil. Malheureusement, nous n'avons pas de responsable communication/sponsoring au sein de notre équipe. S'occuper de la communication avec les entreprises occupe beaucoup de temps et nous n'en trouvons pas toujours.

4. Solutions techniques

4.1. Le robot à la reprise

La base du robot sur laquelle nous travaillons a vu le jour il y a deux ans. Nous avons donc repris une base qui possède une motorisation solide ainsi qu'un début de support d'encodeurs. La structure est organisée en plusieurs étages maintenus par deux piliers centraux.

FIGURE 18 - ROBOT A LA REPRISE

Nous possédons également un contrôleur moteur qui prend en compte l'information des encodeurs et peut communiquer avec un microcontrôleur pour transmettre des instructions aux moteurs. Il possède un PID numérique intégré et il nous suffira donc d'envoyer une instruction de vitesse ou de distance à parcourir pour que le contrôleur s'occupe de commander les moteurs. Il nous faudra donc créer un système de localisation et d'évitement des obstacles, programmer le déplacement et construire des actionneurs pour marquer des points lors de la compétition.

4.2. Les idées de solutions

4.2.1. Robot principal

4.2.1.1. Motorisation

4.2.1.1.1. CONTROLEUR MOTEUR

Un des principaux problèmes du non-aboutissement du projet de l'année dernière est la motorisation. La partie mécanique (moteurs, courroie et roue) a été réalisée il y a deux ans et est solide. Un système de roue codeuse avait été mis en place. Cependant, la communication entre un contrôleur moteur très puissant et le microcontrôleur n'avait pas été réalisée.

A la reprise du projet, nous avions trois tâches à accomplir : refaire un système d'encodeurs plus stable (l'ancien était fragile et avait du jeu, ce qui pouvait amener des incertitudes), communiquer parfaitement entre la carte STM32 et le contrôleur moteur MCP233, et asservir nos moteurs.

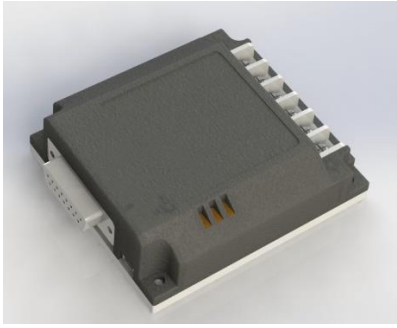

FIGURE 19 - CONTROLEUR MOTEUR MCP233

De longues lectures de la documentation et de nombreux essais nous ont permis de réaliser la liaison entre les deux appareils. Le contrôleur laissait beaucoup de choix de moyen de communication et c'est pour cela que nous avons eu des difficultés. Le module Bus et Interface dispensé lors des cours de IESE 4 nous a aussi beaucoup aidés. Nous pouvons maintenant envoyer des commandes au contrôleur et recevoir ses réponses.

Nous utilisons le contrôleur moteur MCP233 d'ION Motion Control. Il permet de contrôler les moteurs grâce à une liaison série. De plus, il est possible de connecter les roues codeuses directement à ce dernier. Ainsi, nous pouvons lui demander d'avancer, reculer, tourner etc. sans se soucier de la commande de chaque moteur ou de la position des encodeurs. Nous pourrons programmer l'asservissement numérique directement grâce au logiciel fourni avec le contrôleur moteur.

4.2.1.1.2. ENCODEURS

La roue codeuse doit être en permanence en contact avec le sol. En effet, il est possible que des imperfections du terrain se glissent sur le chemin du robot. Il est donc important de s'assurer que les encodeurs ont une flexibilité verticale, sans quoi les roues motrices du robot risquent de tourner dans le vide lors d'un contact avec une imperfection ou des erreurs de calcul de position peuvent arriver. L'idée est donc de faire glisser les encodeurs sur des axes avec des ressorts de retour. Afin de réduire au maximum les mouvements indésirables des encodeurs, nous avons conçu un boîtier dans lequel seraient montés ces derniers, comportant une ouverture pour les axes de glissement. Pour créer ce boîtier, nous avons téléchargé le modèle 3D des encodeurs que nous utilisons : 05.2400.1122.1024 de chez Kubler. Ensuite, un deuxième boîtier avec une monture solide reliant l'ensemble du support encodeur à la base du robot ce qui assure une immobilité des axes de glissement. Finalement le boîtier avec encodeur est glissé sur les axes sur lesquels des ressorts de raideur et en nombre ajustables sont insérés.

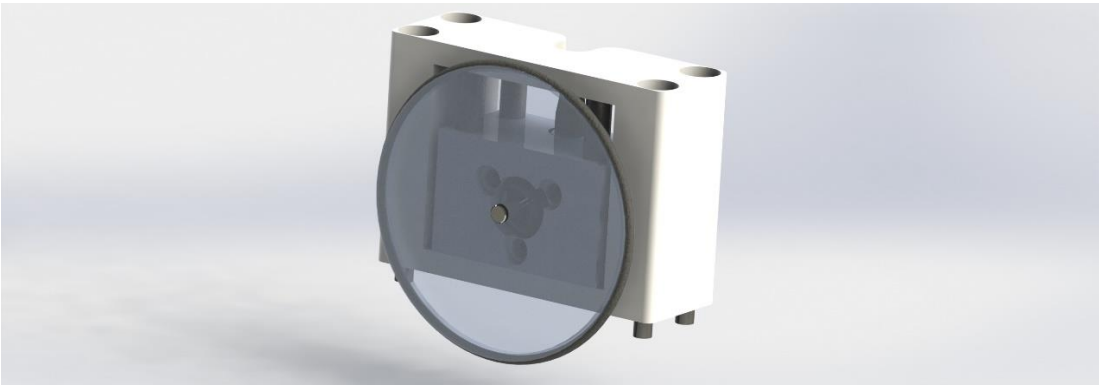

FIGURE 20 - SUPPORT DES ENCODEURS

4.2.1.2. Localisation

Nous avons fait le choix de concevoir plusieurs systèmes de localisation.

Le premier est la position absolue grâce aux roues codeuses. Le contrôleur pourra nous renvoyer le nombre de tour et la position des roues codeuses, nous aurons donc la position absolue du robot ainsi que son orientation. Des essais sur la précision seront à faire.

Nous avons décidé de réaliser d'autres systèmes de localisation, afin d'avoir la plus grande précision possible et avoir une solution de secours si jamais une des solutions n'est pas fiable.

Un système de repérage de l'adversaire est aussi nécessaire. Une solution simple est les capteurs de distances classiques à ultrason ou infrarouge. Les deux problèmes qui se posent sont la place que ces capteurs prennent, car il en faut plusieurs pour couvrir un grand angle, et la précision. En plus de la précision s'ajoute le problème de la distinction entre un obstacle statique que l'on ne prendrait pas en compte et les robots adverses. C'est pour cette raison que nous avons décidé de concevoir une combinaison de deux systèmes de détection : les balises fixes et mobiles, et le traitement d'image de l'environnement du robot.

4.2.1.2.1. BALISES

Nous voulons utiliser des balises de localisation pour mesurer la distance entre deux balises. Le principe de fonctionnement reposerait sur la vitesse de propagation des ondes sonores. Nous allons utiliser des émetteurs et récepteurs ultrasonores pour générer les ondes sonores. Contrairement à un capteur de distance à ultrasons classique, nous allons intégrer dans les balises un module de communication RF. La balise maîtresse placée sur le robot principal émettra un signal ultrasonore en même temps qu'un message via la communication RF. La différence entre l'arrivée à la balise escale du signal sonore et du signal RF sera calculée par la balise esclave et l'information sur la distance entre les deux balises sera renvoyée à la balise maîtresse.

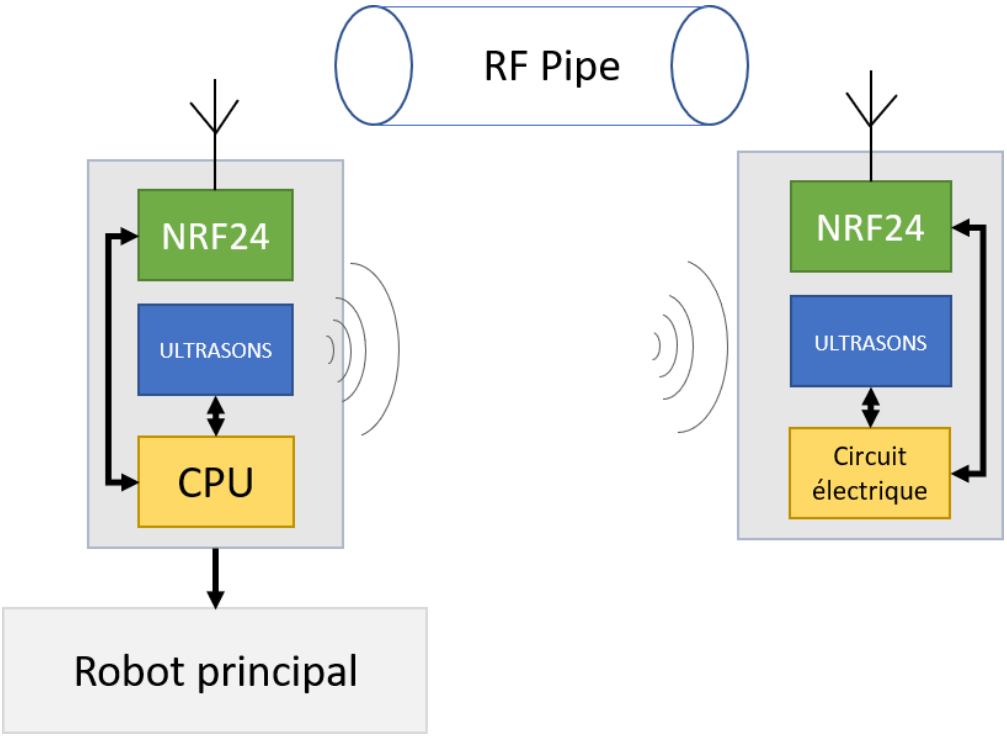

FIGURE 21 - SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DES BALISES

Nous pensons utiliser les modules de communication NRF24 car ces derniers sont très peu coûteux et faciles à mettre en place. En effet, un module NRF24 communique en SPI avec un microcontrôleur et est conçu pour envoyer les données reçues sur le bus. L'avantage supplémentaire de ces modules est leur basse consommation et la capacité de communiquer avec plus d'une centaine de modules simultanément. Il faut en revanche prendre en compte, que ces modules peuvent être utilisés pour la communication des équipements sans fil grand public (souris, clavier, etc.). Nous devrons donc mettre en place un protocole de communication sécurisé.

Afin d'émettre des ondes sonores dans toutes les directions, nous allons utiliser une structure conique pointée sur l'émetteur. Le même principe s'applique à la réception des ondes.

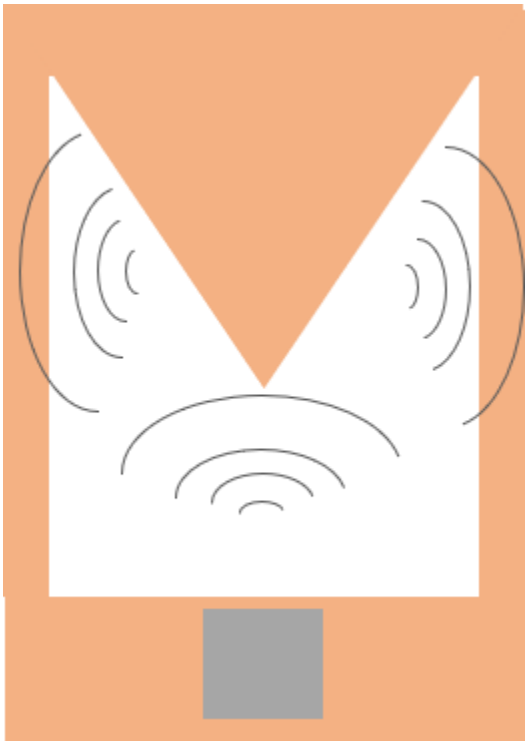

FIGURE 22 - SCHEMA DE LA DISPERSION DES ONDES SONORES

4.2.1.2.2. CAMERA

Nous nous sommes intéressés à la possibilité de fixer une balise sur le pilier de la balise central du plateau qui se situe à 1*m* de hauteur. Ainsi, nous aurions une vue d'ensemble du terrain. Pour le moment, nous avons fait des recherches sur le traitement d'image qui est globalement simple car de nombreuses librairies existent déjà. Le problème actuel est de savoir si cette idée est pertinente au niveau de la précision du traitement d'image et par conséquent le matériel qu'il faudrait pour traiter l'image en question.

4.2.1.3. Alimentation

En ce qui concerne l'alimentation du robot, celui-ci est alimenté par une batterie LiPo composée de 4 cellules pouvant délivrer une tension de 14.7V et ayant une capacité de 6000mAh. Nous avons choisi ce type de batterie car elle offre le meilleur rapport capacité/poids.

Nous avons ensuite réalisé la carte de puissance du robot, le contrôleur moteur étant directement alimenté par la batterie, cette carte permet d'alimenter les différentes cartes électroniques présentes sur le robot ainsi que les moteurs secondaires.

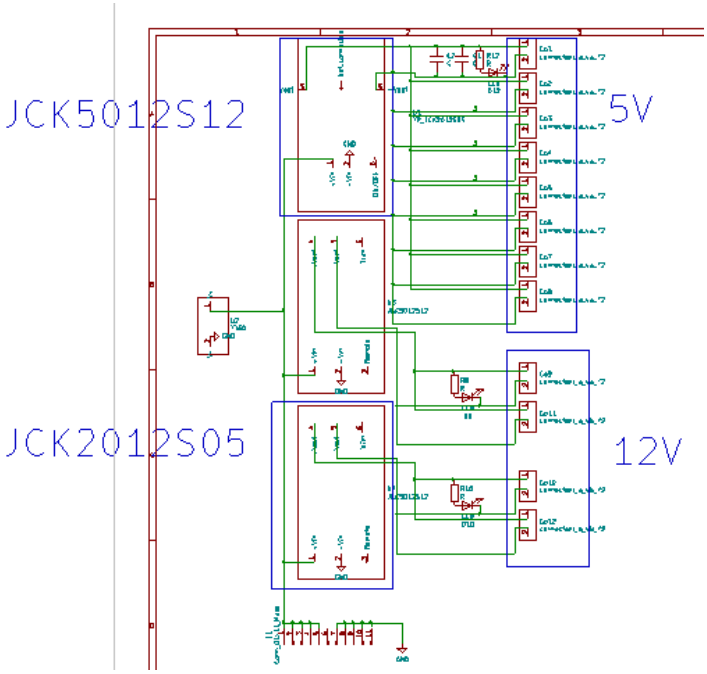

FIGURE 23 - SCHEMA DE LA CARTE DE PUISSANCE

La carte est composée de 2 convertisseurs DC/DC XP_5012S12 permettant de convertir une tension allant de 9 à 18 volts en une tension de sortie constante de 12V. D'un convertisseur DC/DC XP_JCK2012S05 permettant de convertir une tension allant de 9 à 18 volts en une tension constante de 5V. Grâce à ces convertisseurs nous obtenons une tension stable en 5V et 12V, chaque convertisseur peut délivrer une intensité de 4A. Cette carte peut au maximum posséder 8 sorties 5V et 4 sorties 12V. Dans un premier temps nous utiliserons qu'un seul convertisseur 12V mais si le robot a besoin de plus de puissance dans la suite du projet un deuxième convertisseur pourra être ajouté.

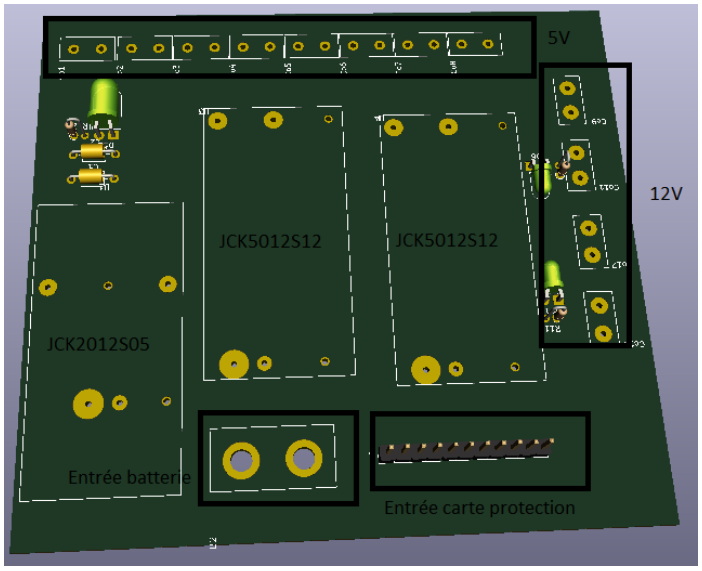

FIGURE 24 - MODELE 3D DU PCB DE LA CARTE DE PUISSANCE

La carte peut être alimentée de deux façons différentes : soit directement par la batterie soit par le module de protection. En effet afin de protéger notre batterie lors des phases de test nous avons réalisé une carte de protection. Si la tension d'une cellule descend en dessous d'un certain seuil, l'alimentation se coupe.

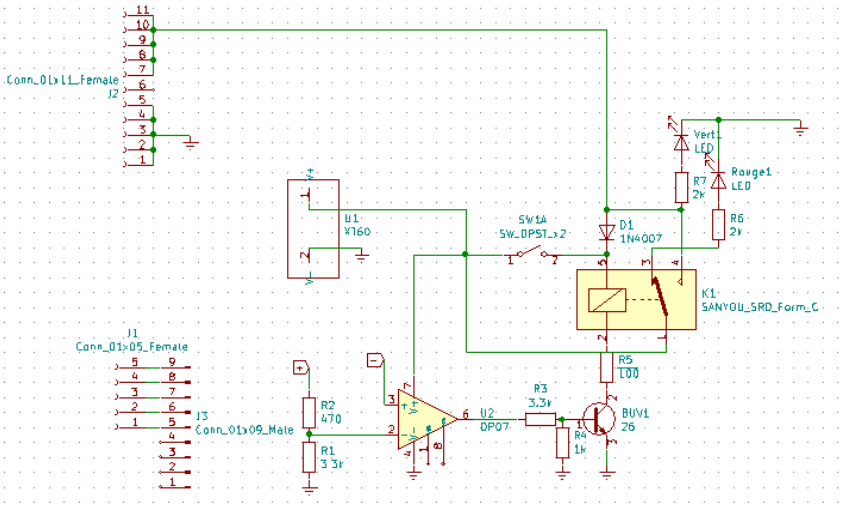

FIGURE 25 - SCHEMA DE LA CARTE DE PROTECTION

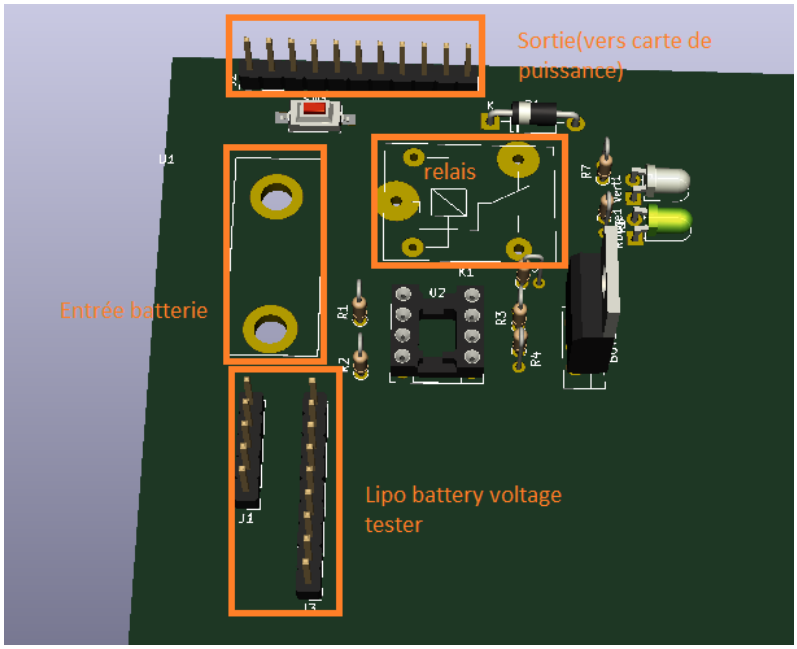

FIGURE 26 - MODELE 3D DU PCB DE LA CARTE DE PROTECTION

Le fonctionnement de cette carte est le suivant : un testeur de tension pour batterie LiPo est implanté sur la carte. Celui-ci vérifie la tension de chaque cellule, si une cellule descend en dessous d'un certain seuil (pouvant être définis) celui-ci émet un signal. Grâce à un système de relais et en fonction de ce signal, la tension de la batterie peut être délivrée ou non à la carte de puissance. Le système laisse par défaut circuler le courant, lorsque celui-ci se coupe il faut alors actionner un interrupteur afin de remettre le courant.

Nous avons modélisé le PCB de ces deux cartes sur le logiciel Kicad, nous les commanderons avant les vacances afin de pouvoir souder les composants à la rentrée.

4.2.1.4. Système de récupération des palets

Nous nous sommes d'abord posé la question de la récupération des palets. En tournant le problème dans plusieurs sens, nous avons eu du mal à trouver une solution simple pour récupérer les palets, c'est-à-dire impliquant le moins de pièces mécaniques possible. En revanche, par le biais de pièces LEGO Technics, nous avons réussi à trouver un moyen de récupérer les palets en hauteur et de les trier. Nous nous sommes focalisés sur cette solution pour des raisons de simplicité et de priorité moindre vis-à-vis du bon fonctionnement du déplacement et de la localisation des robots. De plus, l'ordre de couleur des palets sur les supports est toujours le même. Nous n'avons donc pas besoin de développer de capteur de couleur pour le tri.

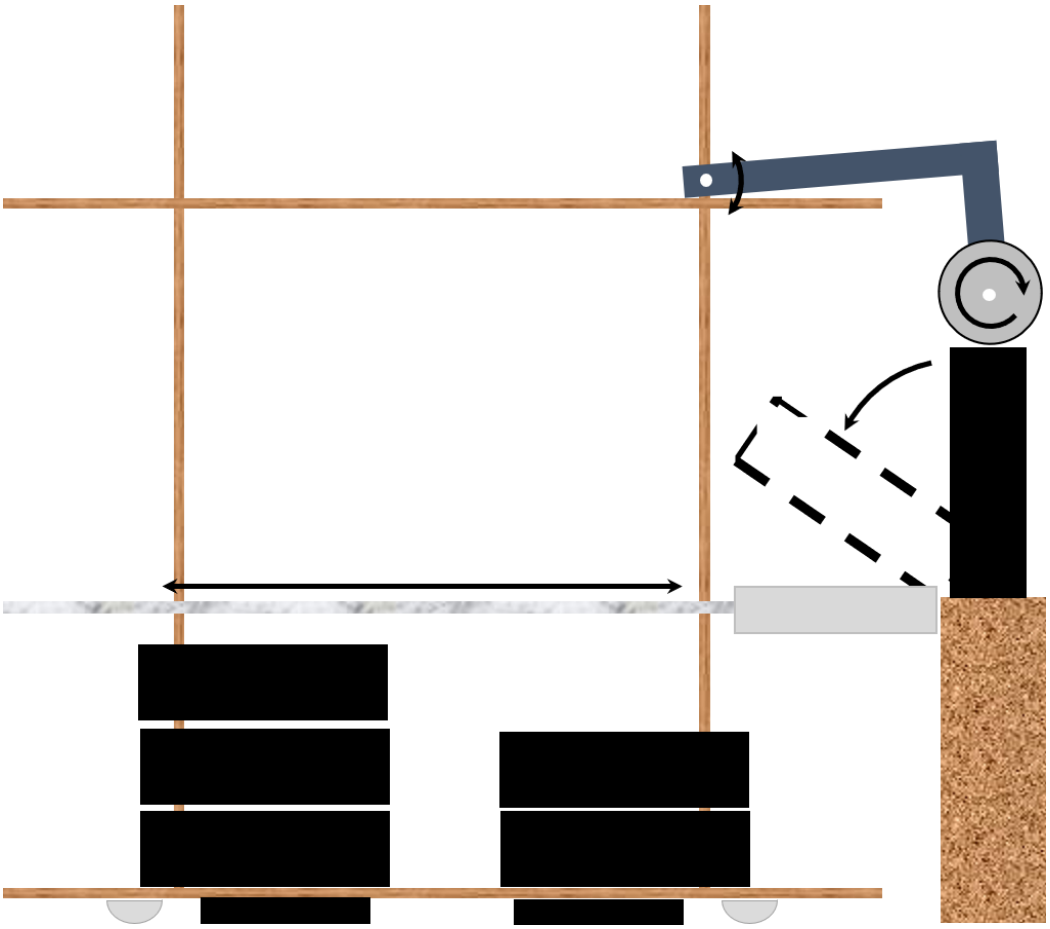

FIGURE 27 - SYSTEME DE RECUPERATION DES PALETS EN HAUTEUR

Le dispositif de récupération n'est simplement qu'une roue entraînant les palets vers le robot lors du contact entre les deux. La roue est fixée de sorte à toujours effleurer les palets. La fixation se voit accorder une légère flexibilité au niveau de la hauteur de la roue pour garder un aspect ajustable en cas de besoin et ne pas dépasser du périmètre d'homologation du robot non déployé. Le palet entraîné tombe ensuite sur un chariot.

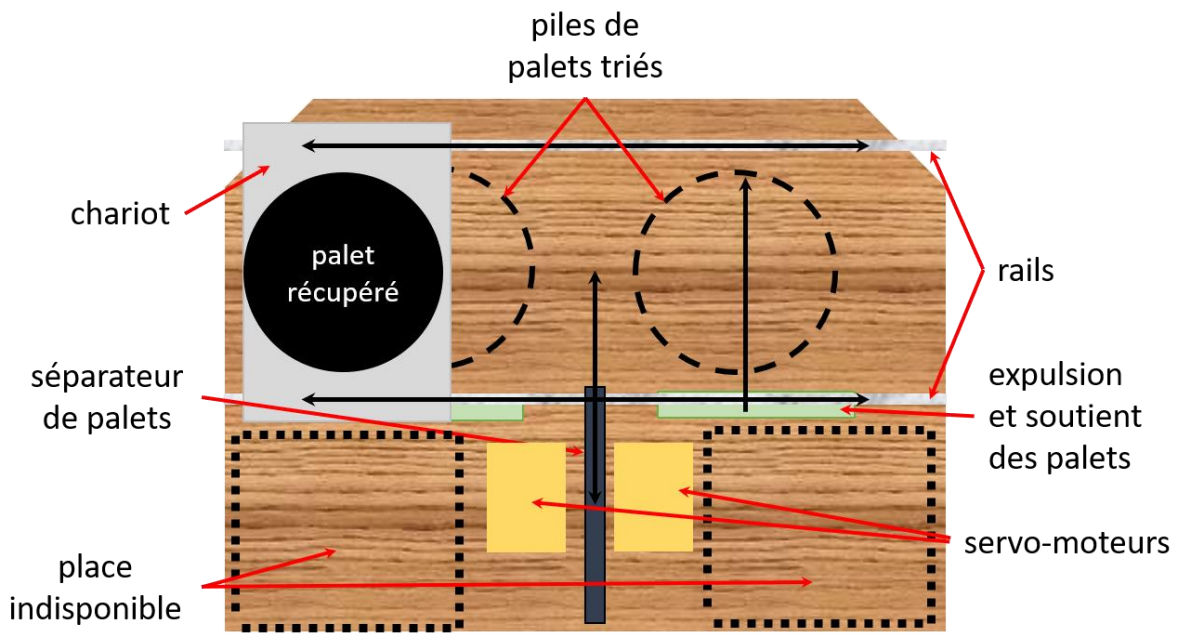

FIGURE 28 - SYSTEME DE TRI DES PALETS

Ce chariot se déplace par la suite sur deux rails espacés d'une distance supérieure à celle des palets. Nous voyons que le robot peut accueillir deux colonnes de palets sans trop encombrer l'espace. Cela ne nous dérange pas, car nous connaîtrons quand même l'ordre des palets. Afin de répartir les palets par couleur un séparateur en forme de glissière est mis en place à la même hauteur que le palet récupéré. Celui-ci se rétracte ou se déploie au bon moment lors du passage du chariot. Le palet est bloqué mais le chariot continu son mouvement ce qui entraîne la chute du palet entre les deux rails. Le problème de la chute du palet est sa tendance à tomber sur la tranche. Nous allons donc utiliser les servomoteurs qui servent à pousser les palets en dehors du robot afin de décomposer leur chute en plusieurs étapes, ou en quelque sorte "amortir" leur chute. Cela devrait garantir une chute horizontale du palet ce que nous préférons car un palet sur la tranche peut se balader dans la structure lors du mouvement du robot ce qui compromettrait le tri et potentiellement le mécanisme de récupération des palets. Nous pouvons ainsi stocker 4 palets dans chaque colonne en ayant un palet dans la colonne opposée au côté de récupération des palets obstruant le mouvement du chariot au-dessus de cette colonne, et un dernier palet sur le chariot.

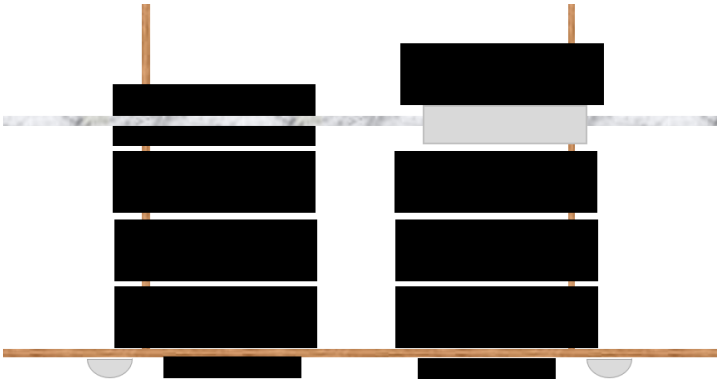

FIGURE 29 - CAPACITE DE STOCKAGE DES PALETS

4.2.1.5. Compilation du programme sur la STM32 via la Raspberry

La programmation des cartes STM32 se fait grâce à l'IDE Mbed. Après compilation, celui-ci génère un fichier binaire (.bin). Le fichier doit être placé sur la carte pour qu'elle l'exécute. Cela implique qu'il faut se brancher sur la carte à chaque fois que nous voulons tester notre programme. Étant donné que la carte est en permanence sur le robot, cette manipulation fréquente n'est pas pratique et risquerait de causer des soucis en débranchant des fils par exemple. Afin d'éviter cela, nous avons choisi d'installer une Raspberry Pi sur laquelle sera branchée la STM32. Le fichier binaire est envoyé directement depuis l'ordinateur grâce au protocole SSH. Un script Shell a été mis en place afin de simplifier le transfert.

4.2.2. Robot secondaire

Afin d'avoir le maximum de points, nous avons décidé de concevoir un deuxième robot avec comme objectifs d'activer notre expérience et récupérer le Goldenium en lançant l'atome de Blueium sur l'accélérateur de particules dans le but de libérer l'atome de Goldenium qui est positionné dans le détecteur de particules.

Nous avons commencé par choisir la forme et les dimensions pour le robot afin de respecter la réglementation.

Nous nous sommes séparés en deux petits groupes, le premier traite la partie structurelle du robot et le second s'occupe de la partie technique.

4.2.2.1. Conception

Pour ce robot nous avons aucune base de départ. Nous avons commencé par imaginer un robot de forme rectangulaire, mais après réflexion nous avons décidé d'en faire un de forme trapézoïdale pour que dans le cas où celui-ci rentre avance dans des palets, ils ne restent pas bloqués à l'avant du robot et qu'ils glissent sur les côtés à la manière d'un chasse-neige.

Le robot serait composé de 2 niveaux permettant d'accueillir les différentes cartes pour le commander, les moteurs, la batterie et le système de récupération du Goldenium. Le deuxième niveau serait soutenu par deux autres plaques qui s'emboîtent dans la première. Ces deux plaques auraient plusieurs encoches à différents niveaux permettant de moduler la hauteur du second niveau.

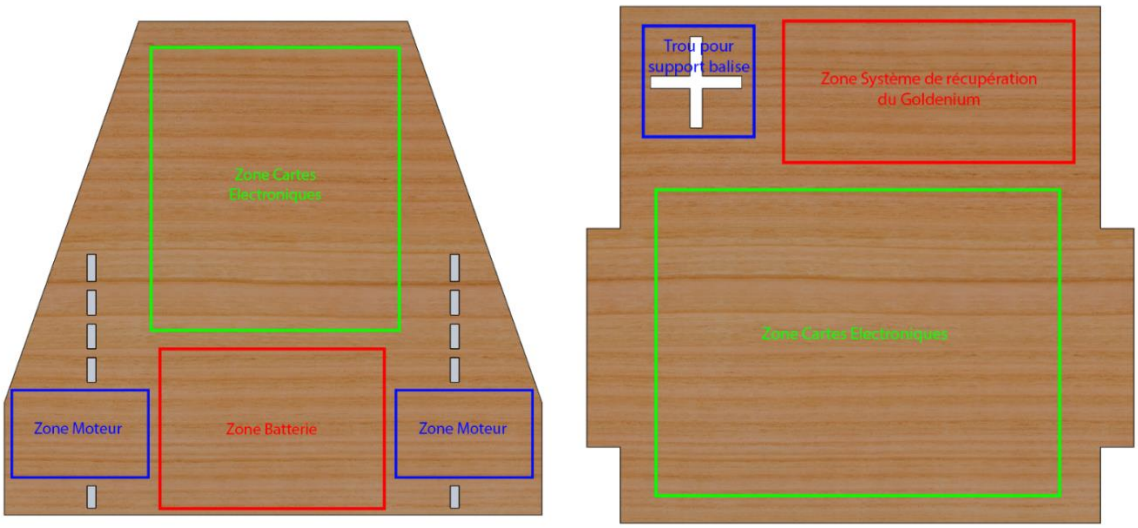

FIGURE 30 - REPARTITION DES ELEMENTS DU ROBOT SECONDAIRE

FIGURE 31 - STRUCTURE GLOBALE DU ROBOT SECONDAIRE

4.2.2.2. Motorisation

La fonction principale du robot consiste à récupérer le Goldonium de façon à gagner plus de points. Pour ce faire, ce robot doit suivre un certain chemin prédéfini et récupérer le Goldonium avec une pince à l'aide d'un servomoteur.

Nous avons d'abord commencé par choisir les moteurs à courant continu et les étudier. La tension nominale du moteur est de 12V. Ensuite, nous avons créé un programme pour commander les moteurs à l'aide de la carte STM32 en générant des signaux créneaux PWM (modulation de largeur d'impulsions) afin de varier les vitesses des moteurs en fonction de la valeur moyenne de la tension de la PWM. Donc une diminution du rapport cyclique se traduit par une diminution du courant moyen dans les moteurs ce qui engendre une diminution du couple moyen. Les petites variations du courant se traduisent par des variations de couple qui entraînent des vibrations de l'axe moteur, la plupart du temps ces vibrations sont intégrées par la mécanique accouplée à l'axe moteur et sont sans conséquence sur la vitesse par contre il ne faut pas choisir une fréquence trop importante car le signal PWM serait dans ce cas trapézoïdal et non rectangulaire, la durée des transitions ne serait plus négligeable devant la période du signal PWM.

Cependant, les sorties numériques de la carte STM32 délivrent 3.3V alors qu'il nous faut une tension nominale de 12v pour arriver au point idéal de fonctionnement du moteur. Pour ce faire, nous avons utilisé une carte hacheur élévateur de tension (Pont-H L298N) de façon à changer les niveaux des signaux PWM que nous allons utiliser de 3.3v à 12v. Cette carte permet de contrôler deux moteurs à courant continu en changeant la vitesse et la direction.

Un problème est survenu, nous sommes en manque de roue et la commande de celles-ci devrait arriver en janvier, or pour pouvoir asservir les moteurs il faut qu'ils puissent rouler, donc nous avons fait des recherches préliminaires sur l'asservissement numérique et l'odométrie.

Par la suite, nous allons assembler le robot avec ces différents éléments. Ensuite observer son comportement à une commande donnée et réaliser un asservissement numérique afin de corriger les erreurs de déplacement en utilisant les roues codeuses.

4.2.2.3. Localisation

La trajectoire du robot secondaire restera le plus rectiligne possible. Nous devrons donc simplement utiliser des capteurs infrarouges pour savoir à quel moment le robot doit effectuer des pivots et si un robot adverse entrave le passage. Nous pouvons également utiliser le travail fait sur la localisation du robot principal en implémentant une balise de triangulation ou en communiquant avec la localisation par caméra.

4.2.2.4. Système de récupération du Goldenium

Pour la récupération du Goldenium, nous avons pensé à créer une pince afin de le récupérer sur le robot pour l'amener vers la balance. Elle serait composée de deux mains capables de soulever le Goldenium, puis grâce à un système de piston, le ramener sur le robot et le poser sur un support pendant le trajet du palet vers la balance. Arrivé devant la balance, le piston pousserait le Goldenium dans la balance.

4.2.2.5. Sécurité et homologation

En additions aux règles et aux modalités de l'homologation décrite plus tôt, nous devons veiller à plusieurs nécessités. Nous devons protéger la batterie avec une enveloppe ignifuge. Nous en avons une à disposition, mais sa taille n'est pas optimale. L'achat d'une nouvelle protection adéquate pourrait être une bonne idée dans l'optimisation de la place disponible.

Il sera ensuite nécessaire de réaliser plusieurs programmes, dont un programme de "présentation" destiné à la phase d'homologation.

4.2.3. L'expérience

4.2.3.1. Principe

Une cordelette reliera la plateforme à la plateforme basse de l'expérience. Celle-ci servira de guide à l'expérience en elle-même qui sera incarnée par un petit objet coulissant le long de la cordelette. Son déplacement sera uniquement effectué grâce à la gravité (par effet contrepoids, une masse tirant l'objet depuis la plateforme haute). Le déclenchement de l'expérience se fera par le robot qui appuiera sur un bouton, libérant l'objet attiré vers le haut par le contrepoids.

4.2.3.2. Réalisation

La majorité de cette expérience sera constituée d'éléments créés et imprimés en 3D. Le module de déclenchement est composé d'une structure de forme carrée attachée au plateau de jeu par emboîtement. A l'intérieur de celui-ci se trouvera un actionneur retenu par un ressort. Lorsque le robot devra actionner l'expérience, il appuiera sur l'actionneur. Celui-ci, en se déplaçant, prendra la place d'une goupille qui retenait l'objet depuis le début. Une fois le robot retiré, l'actionneur revient en place, poussé par le ressort, et libère ainsi l'objet.

4.2.3.3. Vues 3D

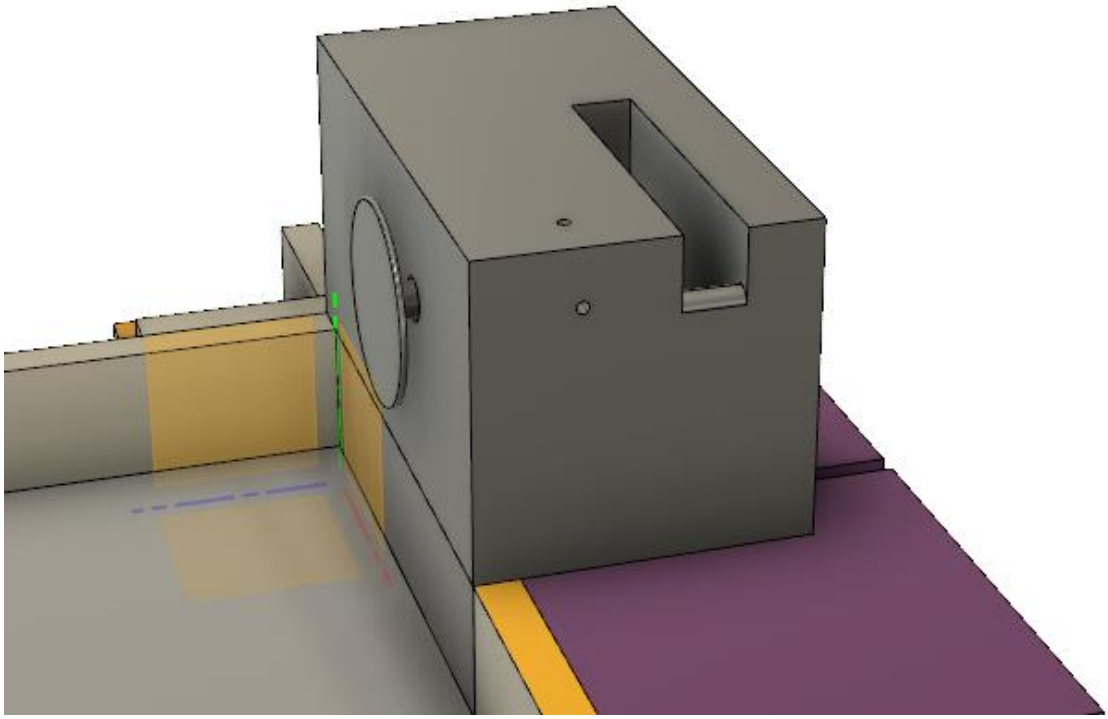

FIGURE 32: MODULE EMBOITE SUR LA TABLE DE JEU

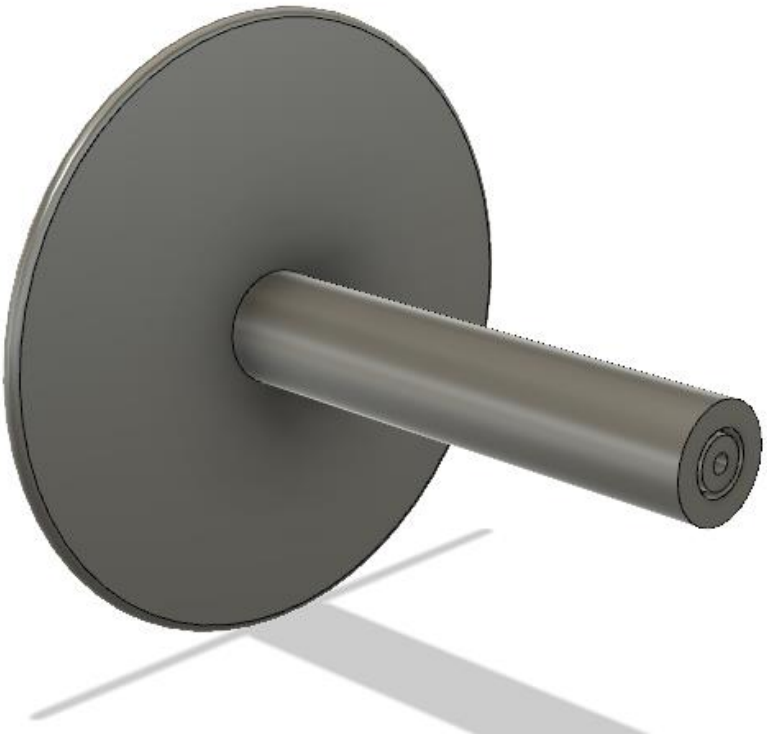

FIGURE 33: ACTIONNEUR

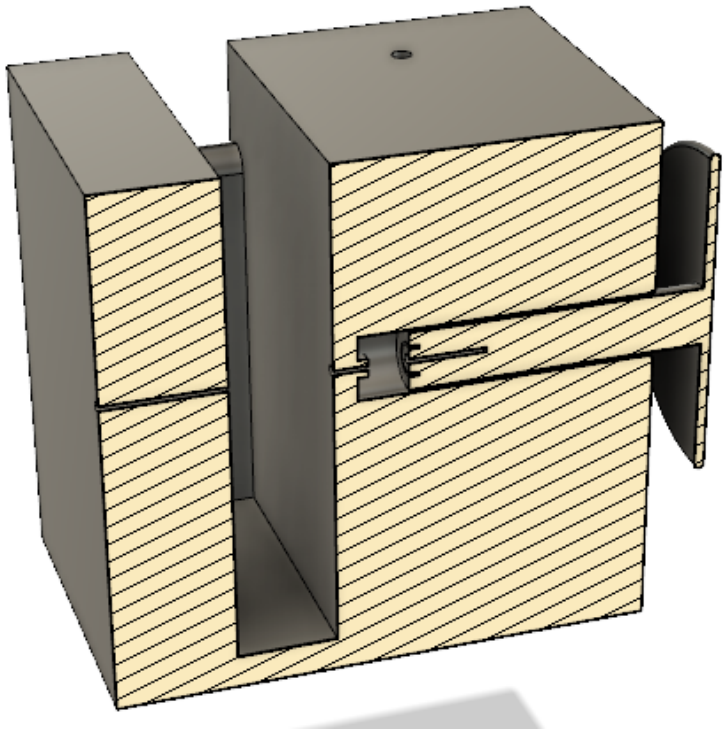

FIGURE 34: VUE EN COUPE DE L'ENSEMBLE

5. État du projet à ce jour

Nous avons pu suivre notre avancement grâce au diagramme de Gantt réalisé. Il est souvent nécessaire de le mettre à jour. Par rapport à nos prévisions du mois d'octobre, nous arrivons à tenir nos objectifs. Nous sommes en avance sur certains points et en retard sur d'autres.

Pour le premier robot, la quasi-totalité des tâches nécessaires à son fonctionnement et homologation est commencée : communication avec le contrôleur moteur, asservissement, système d'odométrie, gestion de l'alimentation.

Actuellement, nous avons donc réussi la communication entre le contrôleur moteur et la STM32. Il nous reste à assembler le nouveau système de roue codeuse (que nous avons commandé) et réaliser un asservissement numérique. Nous sommes encore en train de réfléchir au type d'asservissement que nous allons réaliser : asservissement en vitesse, en position etc. Nous cherchons le moyen le plus simple à la STM32 pour donner les ordres.

Les différentes cartes électroniques sont conçues, nous les avons aussi commandés et nous pourrons souder les composants et les tester dès janvier.

Concernant le second, sa conception est avancée. Sa modélisation est réalisée et les pièces manquantes vont être commandées, ce qui permettra de continuer son développement. Une fois l'assemblage fait, il sera possible de faire des tests et réaliser un asservissement précis. Une réflexion plus poussée sur le système de pinces doit être mise en place afin d'arriver à une modélisation, conception et tests.

Les vacances des fêtes de fin d'année vont nous laisser le temps de commander et recevoir les pièces nécessaires sans perdre de temps à les attendre. Nous pourrons attaquer à travailler avec dès la première séance de janvier.

6. Conclusion

Même si nous sommes conscients de la quantité de travail restante à fournir, nous sommes satisfaits de notre avancée et confiant en notre préparation pour la coupe de France. Les projets de 4ème année pour les IESE vont nous permettre d'avancer beaucoup plus vite qu'au premier semestre, car 7 personnes sur les 12 constituant l'équipe auront 80 heures de travail dédiées au projet au lieu de 20. Bien sûr, de nombreuses heures sont passées hors des emplois du temps.