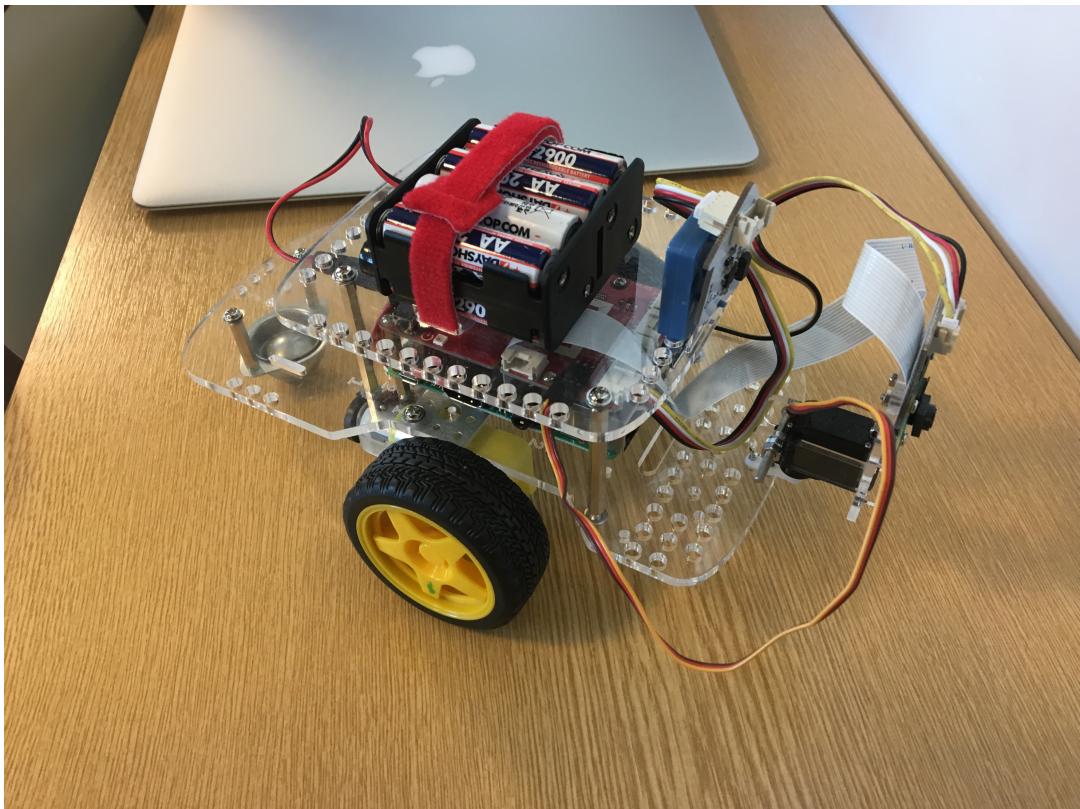


LICENCE D'INFORMATIQUE

---

## Projet Robotique

---



Groupe FiveGuys  
UE 2I013

*Chargé de cours : M. BASKIOTIS*  
*Chargé de TME : M. VENIAT*

1<sup>er</sup> Février 2019 — Mai 2019

# Table des matières

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Remerciements</b>                                | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>Introduction</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Rapport</b>                                      | <b>4</b>  |
| 3.1      | Méthodes et outils . . . . .                        | 4         |
| 3.1.1    | Agile/Scrum . . . . .                               | 4         |
| 3.1.2    | Outils pour le travail d'équipe . . . . .           | 5         |
| 3.1.3    | Hiérarchie du code . . . . .                        | 5         |
| 3.2      | Mise en place de briques de base . . . . .          | 7         |
| 3.2.1    | Modélisation du réel . . . . .                      | 7         |
| 3.2.2    | Mise en place de l'interface graphique 2D . . . . . | 8         |
| 3.2.3    | Stratégies de base . . . . .                        | 8         |
| 3.2.4    | Passage de la simulation au réel . . . . .          | 9         |
| 3.3      | Développement des stratégies . . . . .              | 10        |
| 3.3.1    | Stratégie carré . . . . .                           | 10        |
| 3.3.2    | Stratégie détection de mur . . . . .                | 10        |
| 3.3.3    | Stratégie cercle . . . . .                          | 10        |
| 3.3.4    | Stratégie contourner une porte . . . . .            | 11        |
| 3.3.5    | Stratégie détection balise . . . . .                | 12        |
| <b>4</b> | <b>Conclusion</b>                                   | <b>13</b> |

# **1 Remerciements**

Tout d'abord, nous tenons remercier la Sorbonne-Université qui nous offre chaque année l'opportunité de nous exercer dans des exercices de plus en plus complexes comme l'UE 2I013 Robotique. En effet, cette démarche nous a permis d'avoir l'occasion d'approcher au plus près le travail d'équipe les bons côtés comme les mauvais. Grâce à cela, nous ne pouvons qu'être plus confiant à l'entrée dans le monde professionnel.

De plus, nous remercions nos professeurs M. Baskiotis et M. Veniat qui nous ont soutenus dans ce travail périlleux. Ils ont tenu le rôle de professeurs et de clients à la fois. Cela nous a permis de nous sentir en confiance et d'avoir en même temps la pression d'un contrat à maintenir. De la part de Clément MALONDA, Nicolas DESCHAR, Angelo BEAUBREUIL, James GUIRGUES et Nagulan SELVACHANDRAN, nous vous présentons nos plus sincères remerciements.

## 2 Introduction

Dans le cadre de l'UE 2I013, notre projet était de concevoir un logiciel permettant de contrôler un robot ainsi que son simulateur. Nous avions en charge la totalité du projet et aucun code ne nous était fourni. Nos encadrants étaient à la fois nos superviseurs et nos clients. Il s'agissait donc d'échanger avec eux au sujet des éléments à changer et de l'avancement de notre projet.

Les deux objectifs principaux de ce travail étaient :

- la découverte d'un projet de robotique
- la découverte des méthodes de travail en équipe

Le projet s'est développé en trois grandes étapes :

- dans un premier temps, il a fallu mettre en place les outils et méthodes nécessaires à notre travail d'équipe
- dans un deuxième temps, nous avons mis en place les briques de bases de notre projet tel que notre modèle physique ou notre simulateur 2D.
- pour finir, nous avons commencé à développer les stratégies qui nous permettent de répondre aux challenges qui nous ont été soumis.

### 3 Rapport

#### 3.1 Méthodes et outils

##### 3.1.1 Agile/Scrum

Notre travail ne s'inscrivait pas seulement dans le cadre d'un projet de robotique, il avait également pour but de nous faire découvrir les méthodes de développement en équipe.

En effet, dans les projets que nous réalisions jusqu'alors, nous ne nous occupions pas particulièrement de la façon dont nous allions gérer le développement de nos projets. Les codes à développer sur quelques semaines seulement, en binôme ou trinôme, étaient relativement courts et guidés. Dans la plupart des cas, nous avions eu à réaliser des projets pour obtenir directement notre rendu final avec une méthode dite "en V". Cette dernière consiste en un développement du projet de A à Z à partir des exigences du "cahier des charges" (sujet) afin d'obtenir notre application. Les "retours client" se font donc en fin du développement. Il n'y a par conséquent aucune adaptation aux nouvelles exigences du client en cours de projet et les modifications à la fin de celui-ci sont rendues compliquées. Dans nos anciens projets cela ne posait pas problème mais dans le cadre de ce projet oui.

Ce projet était construit de manière à ce que nous développions la totalité du code sur tout le semestre. Il nous fallait donc avoir un retour régulier sur l'avancement afin d'apporter des modifications et de s'adapter aux nouvelles exigences. Pour répondre à cette exigence, nous avons appliqué la méthode "Agile/Scrum", présentée en cours.

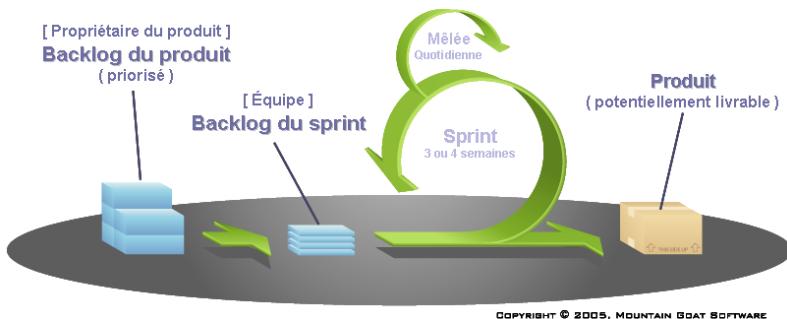


FIGURE 1 – Schéma méthode Agile/Scrum

Cette méthode consiste à élaborer un ensemble de tâches. Ces dernières doivent être les plus petites et indépendantes possibles les unes des autres, et ainsi former ce que l'on appelle le "backlog". Les tâches doivent toutes être définies avec un maximum de précisions et en concertation avec toute l'équipe pour qu'il n'y ait pas de différence de résultat en fonction du membre du groupe qui l'accomplit. L'objectif, à l'issue du "sprint", est de réaliser une démonstration concrète des nouvelles fonctionnalités du projet.

A l'issue de la nouvelle démonstration, les retours clients et le compte-rendu d'équipe rédigé permet de mettre en place le "backlog" et préparer le nouveau sprint.

### 3.1.2 Outils pour le travail d'équipe

#### Git & GitHub

La logiciel de gestion de version Git, nous a permis de conserver une version centralisée du code. Ce système nous permet alors de développer un même code sans avoir à le partager manuellement à chaque modification. De plus, cette organisation, par la centralisation du code permet d'éviter un maximum de conflit lors du développement de celui-ci mais également de conserver une trace de ses versions précédentes.

#### Trello

Pour mettre en place les différentes tâches présentes dans le backlog, nous avons utilisé le logiciel Trello. La fonctionnalité de celui-ci permet de créer un tableau numérique qui facilite la mise en place de nos différentes tâches et leurs lisibilités. Dans un premier temps l'élaboration de nos sprints et la préparation de nos cartes nous ont montré une mauvaise mise en place d'Agile, ce qui nous a conduit à la compréhension des résultats attendus et parfois du travail en double.

Par la suite, grâce aux premières réunions et aux premiers retours, nous avons pu améliorer la préparation de nos sprints, et nous permettre ainsi d'avancer dans la préparation de notre simulateur avec une première interface et la mise en place de notre modèle.

### 3.1.3 Hiérarchie du code

#### MVC (*Model-View-Controller*)

La hiérarchie du code présenté ci-dessous se base sur une volonté d'appliquer un modèle de conception de logiciel (*design pattern*) appelé le modèle *MVC* (Modèle - Vue - Contrôleur). Ce *design pattern* impose une hiérarchie du code très précise qui comprend trois parties distinctes :

- la partie modèle gère les données relatives au programme mais également les calculs sur celles-ci,
- la partie contrôleur fait le lien entre l'affichage et le modèle, le contrôleur transmet à la vue les données à afficher depuis le modèle et communique en retour les informations issues des interactions avec l'interface au modèle,
- la partie vue gère uniquement l'affichage à partir des informations qui lui sont communiquées par le contrôleur.

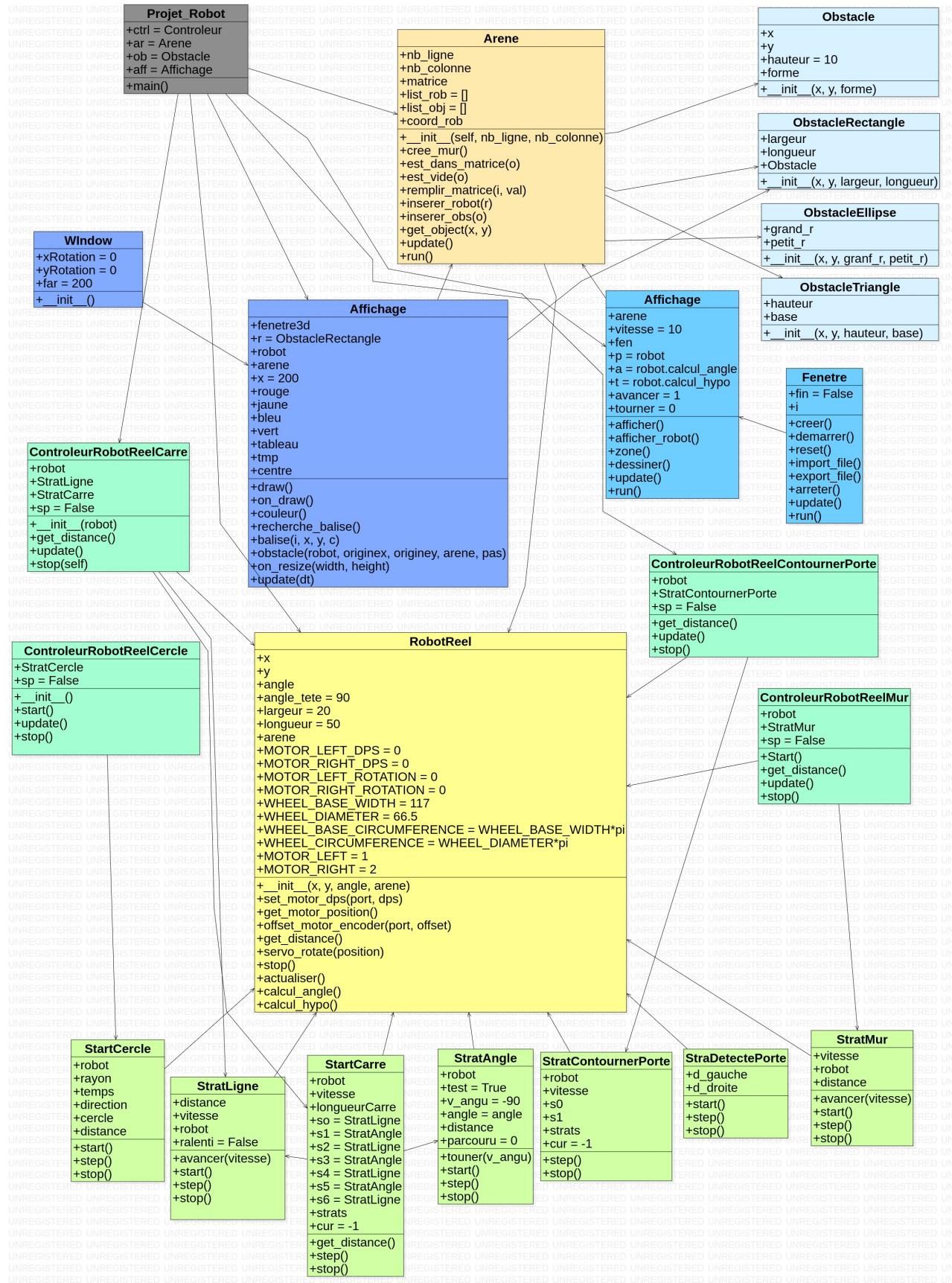


FIGURE 2 – Hiérarchie du code

## 3.2 Mise en place de briques de base

### 3.2.1 Modélisation du réel

Comme nous le savons, le but du projet est de modéliser les différents comportements d'un robot dans son environnement. Autrement dit, le déplacement d'un robot dans une arène semée d'obstacles. Nous remarquons ainsi la présence des termes de nos objets de bases : une arène, un robot et des obstacles.

#### Notre Arène

Le terme d'arène peut être vulgarisé par le terme d'espace. C'est l'environnement dans lequel nous allons conserver nos données. Quoi de mieux qu'une matrice ? Une matrice  $M \times N$  est un tableau de nombres à M lignes et N colonnes. Les nombres présents dans la matrice sont appelés « éléments de la matrice ». Ce type de tableau va nous permettre de différencier les objets présents ainsi que leurs coordonnées. Par exemple, nous avons décidé d'attribuer le chiffre, « 0 » aux emplacements vides, « 1 » au centre de notre robot et « 2 » aux zones occupées par des obstacles. Pour résumer, grâce à cette perspective nous pouvons savoir où se trouve notre robot et si un objet est présent à la colonne x et à la ligne y.

#### Notre Robot

Nous avons décidé de modéliser notre robot comme un rectangle muni d'un angle de direction car ce sont les concepts de base se rapprochant au maximum de nos contraintes dans notre contexte. Son corps est ainsi un rectangle (rouge) muni d'une certaine longueur et d'une certaine largeur. Si nous voulons savoir où se trouve notre robot, nous avons qu'à parcourir la matrice et chercher l'élément ayant pour valeur « 1 ». Cependant, cela ne correspond qu'au centre du robot et non l'espace total qu'il occupe. Nous savons que notre robot possède un centre de coordonnées [ x , y ], une longueur et une largeur. Ainsi, l'espace occupé est réellement tous les éléments de l'arène ayant une abscisse comprise entre ‘ ‘x - largeur /2 ” et “x + largeur/2” et une ordonnée comprise entre ‘ ‘y - longueur /2 ” et “y + longueur/2”. Pour mieux visualiser, vous trouverez un schéma ci-dessous :

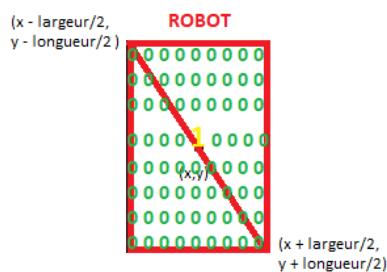


FIGURE 3 – Modélisation de notre arène

#### Nos Obstacles

Dans la même idée que pour notre robot, nos obstacles sont modélisés par des rectangles noirs, avec une longueur et une largeur. Dans notre matrice, leur centre correspondent aux éléments « 2 ». Les différencier par la valeur de leurs éléments va nous permettre de connaître, par exemple, leur nombre, leurs coordonnées et l'espace qu'ils occupent individuellement. Cela va nous être très utile pour transmettre à notre robot quelles zones il doit contourner.

### 3.2.2 Mise en place de l'interface graphique 2D

Nous avons à notre disposition différentes classes comme Robot, Arène et Obstacle. Cependant, cela n'est que du code et nos clients ne sont pas forcément experts en informatique. Nous devions trouver un moyen adapté pour favoriser la compréhension de notre avancement dans le projet. Voilà pourquoi une grande partie de notre travail était de modéliser l'attente de notre client sous forme de simulation 2D.

#### Tkinter

Après de nombreuses recherches, nous avons fini par trouver le module Python spécifique aux interfaces graphique 2D qui nous convenait le mieux : Tkinter. Il est adapté à chaque OS, fourni avec Python et compatible avec Python 3. Ainsi, après la conception de notre Modèle (ensemble des classes Arène, Robot et Obstacle), nous pouvons nous concentrer sur notre Affichage. Grâce à Tkinter, nous pouvons ainsi créer une fenêtre affichant le robot et les obstacles. De plus, nous y avons ajouté des évènements permettant ainsi aux clients d'interagir avec son robot (hors démo) ou encore des boutons permettant l'importation et l'exportation de différentes simulations. Vous trouverez ci-dessous différentes captures d'écran imageant quelques situations :

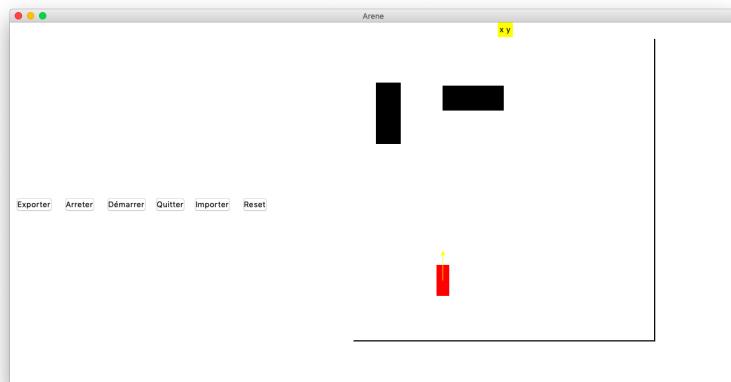


FIGURE 4 – Interface 2D réalisée pour le simulateur

### 3.2.3 Stratégies de base

#### Ligne droite

Notre premier objectif a été de faire avancer notre robot en ligne droite. Pour cela, nous réalisions une modification des coordonnées du robot pour le déplacer d'une distance fournie en argument. Pour le faire avancer en ligne droite selon son orientation, nous avons au robot un paramètre d'angle qui indique à tout moment son orientation sur le cercle trigonométrique. Ainsi, les fonctions trigonométriques nous permettaient de facilement coefficienter la modification des paramètres, et donc de le faire se déplacer dans la bonne direction.

#### Rotation

Le second objectif a été de déterminer comment faire tourner le robot. La méthode la plus simple était de le faire tourner sur lui-même, n'ayant pas à gérer de modification de ses coordonnées. L'implémentation du paramètre d'angle a grandement facilité la réalisation de cette fonction, puisque réduite à une modification de paramètre.

## Detection d'obstacles

Le robot étant doté d'un capteur permettant de déterminer sa distance à un obstacle devant lui, il nous fallait inclure cette fonctionnalité à notre robot simulé. Pour cela nous avons implémenté un capteur, qui au lancement de la fonction se déplace en ligne droite en partant du robot d'un pas fourni en argument, et selon la même procédure de calcul que pour de déplacement du robot. A chaque pas, le capteur observe la valeur de la matrice sur ses coordonées. S'il détecte un "0", il continue à avancer, s'il rencontre un "2" (un obstacle), il s'arrête et la fonction renvoie les dernières coordonnées du capteur, qui étaient ensuite interprétées pour calculer la distance à l'obstacle.

### 3.2.4 Passage de la simulation au réel

L'une des exigences pour projet était que notre code ne devait pas dépendre du fait que celui-ci soit lancé dans notre simulateur ou dans notre robot. Le but étant de pouvoir tester les nouvelles fonctionnalités de notre robot, nous voulions les ajouter comme si elles étaient déjà dans le robot. Ainsi l'implémentation dans le robot peut être directe et normalement sans bug. La démarche que nous devions adopter nous permet ainsi également de pas développer le code en double.

Nous avons donc du réadapter notre code afin de pouvoir répondre à cette contrainte. Notre première version du robot mise en place dans le simulateur ne répondait pas à cette attente. En effet, il n'était pas conçu de tel sorte qu'il puisse répondre aux instructions de la véritable API du robot. Nous avons donc dans un premier temps créé un nouveau robot, fonctionnant dans notre simulation comme le premier robot, mais ne réagissant qu'aux fonctions de l'API du robot. Cette nécessité de créer un nouveau robot a été dans un premier temps problématique car il nous fallait complètement repenser notre robot. Une fois la solution trouvée nous avons pu avancer dans la mise en place des briques de base et le perfectionnement de notre simulateur.

Dorénavant, le code sera indifférencié qu'il soit utilisé dans le robot ou dans le simulateur. Mais alors comment faire la différence ? La différence se fait au moment du lancement de notre script, en jouant sur l'importation de l'API intégré à notre robot. Si python réussit à importer l'API alors on est dans le véritable robot sinon nous sommes dans notre simulateur.

### 3.3 Développement des stratégies

#### 3.3.1 Stratégie carré

Notre premier grand objectif a été d'implémenter une stratégie carré. Pour ce faire nous avons utilisé les stratégies ligne et angle. Les paramètres de la stratégie carré sont le robot, sa vitesse et la longueur du carré à réalisé. Pour que le robot puis réaliser un carré il nous a fallu implémenter 4 stratégies ligne possèdant les mêmes paramètres, et 4 stratégies angle possèdant également les mêmes paramètres. Par la suite on ajoute chacune de ses stratégies dans un tableau, qui effectuera le mouvement d'un carré. Notre stratégie va donc parcourir ce tableau, jusqu'à ce qu'il n'y est plus de stratégie, en affichant a chaque déplacement sa distance. Cependant, lors de notre premiers essai, nous n'avions pas obtenu un carré parfait car on obtenait un légère différence au niveau de la première rotation, ce qui implique une modification sur les quatres côtés du robot. Ainsi, pour combler ce problème, nous avions pensé a diminuer la vitesse du robot sur les stratégies de base avant que le robot effectue une rotation, pour que chaque rotation du robot soit identique à la valeur que nous avions attribué dans les paramètres du robot.

#### 3.3.2 Stratégie détection de mur

La stratégie « détection de mur » est la stratégie répondant à l'une des missions confiées par nos clients. En effet, la mission consiste à modéliser la course du robot en ligne droite, fonçant dans un mur et s'arrêtant juste avant la collision. Cependant, certaines contraintes s'imposent à nous :

- La trajectoire de la course du robot est perpendiculaire au mur. En effet, le capteur de distance permettant la détection d'obstacles est au centre de la face avant du robot. Si nous dévions le robot cela pourrait causer la collision entre le mur et le coin du robot.
- La distance entre la position initiale du robot et le mur vers lequel il se dirige ne doit pas dépasser 8,000 millimètres car cela correspond à la limite du capteur de distance.
- Il n'y a aucun obstacle entre le mur et le robot

La stratégie aura un attribut "distance" qui sera la distance entre lui et le mur et à laquelle le robot va devoir interrompre sa course. Nous avons à notre disposition la méthode "get\_distance" qui nous renvoie la distance entre la face avant du robot et l'obstacle le plus proche si la valeur de retour est comprise entre 5 et 8,000 millimètres, sinon elle nous renvoie "8190". Ainsi, nous appelons cette méthode « en continu » et nous vérifions si la distance passée en paramètre est inférieure à la distance renournée par "get\_distance" ou si la valeur renournée est égale à 8190 car cela voudrait dire que le robot est à moins de 5 millimètres. Ainsi, le robot va tout droit dans le mur, et si la distance est suffisamment petite il s'arrête.

#### 3.3.3 Stratégie cercle

La stratégie cercle a pour ambition d'utiliser toutes les capacités du robot. En effet, les 2 roues du robot pouvant aller à des vitesses différentes, le robot peut réaliser n'importe quelle courbe, pour avoir un déplacement plus fluide qu'en devant s'arrêter pour tourner sur lui-même. Pour que l'utilisateur puisse complètement choisir la courbe à réaliser, il a été décidé qu'il devrait fournir à la stratégie le rayon autour duquel le robot doit tourner, le rapport "arc de cercle à parcourir/cercle total" et le temps dédié pour effectuer le déplacement, le but étant de facilement utiliser cette stratégie pour réaliser des mouvements complexes. Si sa réalisaton a été assez simple dans la réalité a été assez simple, son implémentation dans le simulateur a posé plus de problèmes. La solution a été d'approximer le mouvement du robot par une quadrature du cercle, en réalisant un arc de cercle de 20 cotés par seconde.

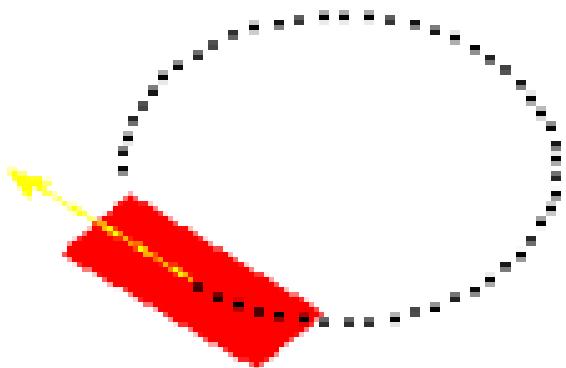


FIGURE 5 – Robot réalisant un cercle dans la simulation

Cependant, si la stratégie est fonctionnelle, certains aspects du problème n'ont pas trouvé de solution, notamment la gestion de la vitesse du robot en fonction du temps alloué et de la distance à parcourir.

### 3.3.4 Stratégie contourner une porte

L'objectif de contournement de la porte a pour but d'expérimenter une première stratégie qui ne soit pas complètement définie à l'avance. En effet, cette stratégie est construite de telle sorte que le robot puisse passer la porte qu'elle se trouve sur sa droite ou sur sa gauche. La stratégie en elle-même se déroule de la façon suivante :

- le robot se trouve face au mur de la porte et avance,
- une fois au mur il détecte le côté de la porte, en tournant sa tête, grâce à son capteur de distance,
- il tourne alors du côté de la distance la plus courte,
- il avance à nouveau pour se présenter devant la porte ouverte avant de se replacer dans l'axe précédent
- il finit par passer la porte et traverser le couloir jusqu'au mur.

Pour mettre en place cette stratégie, nous avons dû nous imposer deux contraintes afin de simplifier la prise de décision du robot :

- la première consiste à considérer uniquement les portes s'ouvrant vers l'intérieur de la pièce et de façon perpendiculaire comme celle de notre salle de TME,
- la seconde consiste à imposer le fait que la porte se trouvera à la distance la plus proche du robot.

Ce choix est arbitraire et peut causer quelques problèmes lors de l'utilisation si le mur si trouve plus près du robot.

### 3.3.5 Stratégie détection balise

#### Nécessité d'une interface 3D

La mise en place de l'interface 3D était nécessaire pour la réalisation du challenge detection de balise car nous avions besoin de simuler la camera frontale du robot. Nous avons donc choisi le module pyglet comme préconisé dans le cours sur la 3D puis nous avons suivi différent tuto afin de maîtriser le dessin en 3D ainsi que le positionnement de la camera. L'implémentation de la 3D fut plus simple que celle de la 2D car nos différentes stratégies étaient déjà déboggées et fonctionnelles.

#### Mise en place de la stratégie de détection

En ce qui concerne le fonctionnement de la stratégie, on commence par ouvrir l'image à analyser, puis on prend chaque pixel et on vérifie sa couleur. Si sa couleur correspond à l'une des quatre (bleu, vert, jaune, rouge) visible sur la balise alors on vérifie chaque pixel à sa droite à la recherche d'une des trois autres couleurs attendues. Si on en trouve une couleur attendue on cherche en bas l'une des deux restantes. Et pour finir si l'on a atteint la troisième couleur on recherche la dernière à gauche. La stratégie n'est pour le moment pas réellement fonctionnelle. Du moins pas sur le robot réel dû à la difficulté de détecter des couleurs sur une photo prise par celui-ci.

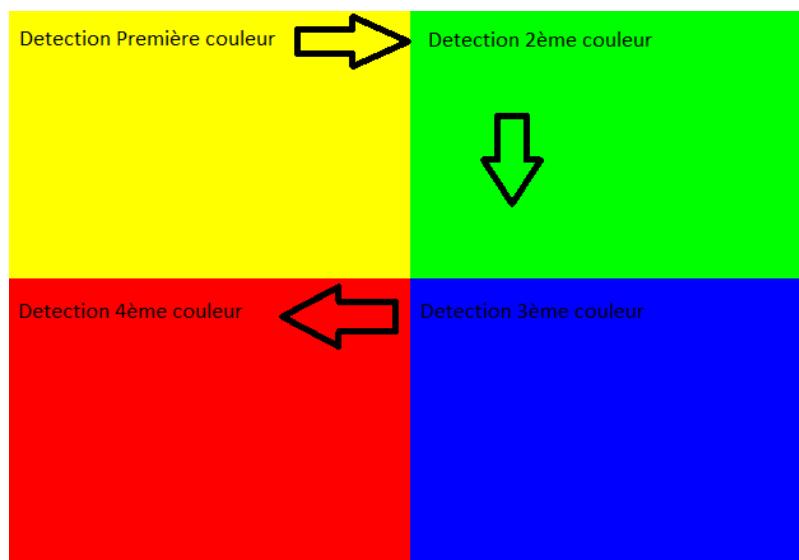


FIGURE 6 – Schéma détection balise

## 4 Conclusion

Ce projet a été une véritable opportunité pour découvrir le travail en équipe dans une ambiance proche d'un travail d'entreprise. En effet, au-delà d'un simple projet de robotique, ce dernier a permis de découvrir de nouvelles méthodes de développement et d'organisation de travail.

En début de projet, nous nous sommes confrontés à des difficultés d'organisation. Les *sprint review* nous ont permis de repenser l'organisation que nous avions mise en place et ainsi faciliter nos échanges.