

Rapport de stage

EPITA - Promotion 2022

Stage à l'ENSTA Bretagne



Erwan Sallé

23 janvier 2021

Table des matières

1	Introduction	1
2	Présentation de l'entreprise	2
2.1	Le secteur d'activité	2
2.2	L'entreprise	2
2.3	Le service	3
2.4	Le positionnement du stage dans les travaux de l'entreprise	3
3	Travail effectué	4
3.1	Le cahier des charges	4
3.1.1	But général	4
3.1.2	Explication détaillée des résultats à obtenir	5
3.2	Compte-rendu d'activité	6
3.2.1	Axes d'étude et de recherche choisis	6
3.2.2	Déroulement concret des études, expérimentations, mises au point	6
3.3	Développement, interprétation et critique des résultats	9
4	Conclusion	11
	Glossaire	11
5	Annexes	12

Introduction

La Terre contiendrait encore 17% de zone terrestre et 75% de zones maritimes profondes inexplorées par l'Homme. Celles-ci sont, pour la plupart, difficiles ou impossibles d'accès. Quelle serait alors la solution pour explorer de tels endroits, des zones profondes, recluses, trop sauvages et dangereuses pour l'être humain ? La technologie semble être un moyen d'y remédier en envoyant explorer, par exemple, des robots terrestres, marins, voire aériens.

Dans le cadre de ma deuxième année du cycle d'ingénieur à l'EPITA, j'ai réalisé mon stage dans un laboratoire de recherche en robotique dans une école d'ingénieur : l'ENSTA Bretagne. Cette expérience s'est déroulée du 14 septembre 2020 au 29 janvier 2021. L'école nationale supérieure des techniques avancées est spécialisée dans le secteur maritime, de la défense et dans les entreprises de hautes technologies. Celle-ci dispose de nombreux laboratoires de recherche, notamment en robotique. Ce stage m'a été proposé par les chercheurs de l'EPITA : Laurent Beaudoin et Loïca Avanthey. Ce choix m'a paru cohérent avec le travail que j'ai réalisé au sein du laboratoire SEAL à l'EPITA tout au long de la première année du cycle d'ingénieur. J'ai ainsi pu découvrir davantage le monde de la recherche scientifique. En effet, il s'agit d'un domaine qui m'intéresse car on avance dans l'inconnu, on doit se débrouiller seul et s'adapter aux problèmes que l'on peut rencontrer. C'est aussi un domaine très technique en robotique. Ce stage a été l'occasion de mettre en relation les connaissances acquises durant le tronc commun, lors de mon expérience au sein du laboratoire de l'EPITA, et lors des différentes formations suivies. J'ai pu travailler sur du concret avec de réelles applications dans le monde de la robotique, tout en utilisant la partie théorique et pratique apprise en cours.

L'objectif de ce stage était de comprendre le fonctionnement d'un radar 2D, de l'analyser et d'exploiter ses données. Le but était de l'utiliser sur un robot pour repérer des obstacles, des objets en mouvement, et de pouvoir se localiser uniquement grâce au radar. J'ai pu travailler avec les langages Python et C++, des outils comme Git, ROS (robot operating system), ssh et l'environnement Linux.

Le stage a eu lieu à Brest, et était encadré par le professeur Luc Jaulin. En raison de la situation sanitaire, j'ai été contraint à faire du télétravail à partir du mois d'octobre.

Dans ce rapport sera présenté l'entreprise dans laquelle j'ai évolué et rendra compte du travail effectué.

Présentation de l'entreprise

2.1 Le secteur d'activité

L'établissement public dans lequel j'ai évolué travaille en relation étroite avec de nombreux partenaires industriels et académiques, en France et à l'international : Thales, Dassault, etc. Les activités proposées visent à l'innovation dans de nombreux domaines d'application : le maritime, la défense et, plus généralement les hautes technologies (transports, aérospatiale, énergie, numérique, recherche, etc.).

2.2 L'entreprise

L'ENSTA Bretagne est une grande école d'ingénieur généraliste située à Brest (29200), 2 Rue François Verny. Elle a été fondée en 1819 et délivre, depuis le premier septembre 2019, le diplôme d'ingénieur. D'ailleurs, il s'agit d'une des plus anciennes écoles d'ingénieurs de France. L'établissement est sous la tutelle du ministère des armées qui compte trois autres écoles : l'école Polytechnique, ENSTA Paris et ISAE-Supaero. Cependant, les entreprises extérieures travaillent aussi avec l'école et les étudiants, lors de projet de fin d'étude par exemple. De plus, ENSTA Bretagne est l'école de référence pour la formation des ingénieurs des études et techniques de l'armement (IETA). Effectivement, les étudiants représentent 15% de l'effectif total du campus et se préparent à concevoir et diriger les grands programmes d'armement, à la DGA et dans les entreprises du secteur de la défense. L'école ne comporte pas de classe préparatoire intégrée et recrute essentiellement des élèves par le concours Mines-Télécom.

L'ENSTA Bretagne est, depuis le 1er Juillet 2020, dirigée par Bruno Gruselle et compte entre 250 et 500 salariés. L'école accueille environ 1000 étudiants de Bac +3 à Bac +8.

L'école forme et entreprend des travaux de recherche dans dix grands domaines différents :

- Architecture navale et offshore.
- Architecture de véhicules.
- Modélisation avancée des matériaux et structure.
- Systèmes pyrotechniques.
- Énergies marines renouvelables.
- Sciences de l'entreprise et entrepreneuriat.

- Systèmes numériques et sécurité.
- Systèmes d'observation & IA ; Systèmes embarqués.
- Robotique autonome.
- Hydrographie et océanographie.

2.3 Le service

L'école possède trois laboratoires de recherche :

- Sciences mécaniques.
- Sciences et technologies de l'information et de la communication (Lab-STICC).
- Sciences humaines et sociales.

Chacun de ces laboratoires possède plusieurs pôles (voir [5.1](#)).

Le Lab-STICC réunit plusieurs établissements et organismes de recherche : IMT Atlantique, Université de Bretagne Occidentale, Université de Bretagne Sud, ENIB et le CNRS. Le laboratoire est structuré scientifiquement en trois pôles et 12 équipes de recherche.

Au cours de mon stage, j'ai évolué au sein du laboratoire Sciences et technologies de l'information et de la communication, dans le pôle CID (Connaissance, Information, Décision) et dans l'équipe de recherche PRASYS (Perception, Robotics and Autonomous Systems). Ce service travaille sur le développement d'algorithmes pour la perception de robots autonomes dans des environnements réels. Un système autonome doit analyser les données collectées par des capteurs, obtenir une représentation de son environnement et l'utiliser pour éventuellement se mouvoir.

L'équipe est dirigée par Isabelle Quidu et comprend environ 30 personnes : six professeurs, huit enseignants-chercheurs, quatre ingénieurs de recherche et des étudiants en thèse. Cette équipe est divisée dans trois lieux académiques différents : l'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées en Bretagne (ENSTA Bretagne), Institut Mines-Telecom Atlantique (IMT Atlantique), Université de Bretagne Occidentale (UBO).

2.4 Le positionnement du stage dans les travaux de l'entreprise

Les activités de recherche participent au maintien de formations d'excellence, stimulent l'esprit d'innovation et d'entrepreneuriat sur le campus, contribuent au rayonnement et à l'attractivité de l'ENSTA Bretagne sur le plan national et international. J'ai été amené à participer aux diverses activités menées dans cette école.

Travail effectué

3.1 Le cahier des charges

3.1.1 But général

Le laboratoire de recherche que j'ai intégré avait récemment acheté un lot de radar afin de les étudier, et à terme, de les utiliser sur leurs différents robots, voir [5.10](#). Le but était donc d'étudier et d'utiliser l'un de ces radars. Le radar utilisé était un radar pour véhicule de chantier qui sert à alerter l'utilisateur d'un obstacle ou objet en mouvement, voir [5.7](#). Pour se faire, il a fallu faire du reverse engineering et étudier des morceaux de codes pour comprendre son fonctionnement. Beaucoup d'expérimentations ont aussi été nécessaires, ainsi que des formations et de l'aide d'experts dans différents domaines.

Ce radar a pour but d'être utilisé pour différentes applications dont quelques explications sur les deux points primordiaux sont présentées ci-dessous :

- Concernant la localisation dans un premier temps, il convient de préciser qu'en connaissance du terrain, il est possible à un robot de se localiser grâce à des points de repère qui serait obtenu avec le radar. Dans le cadre de mon travail, une formation sur le calcul d'intervalle à été nécessaire. Le but était pour le robot de se localiser d'abord dans le milieu terrestre, et ensuite d'adapter ce code afin de l'utiliser avec un sonar dans le milieu marin.
- Ensuite, concernant la détection d'obstacles statiques, d'objets en mouvement et de fusion d'un lidar et d'un radar, plusieurs aspects sont à approfondir. Un lidar envoie un faisceau lumineux et analyse le retour de la lumière émise, tandis que le radar est un système qui se sert des ondes électromagnétiques pour détecter la présence d'objets, ainsi que leur vitesse. Le lidar permet bel et bien de détecter les obstacles, mais pas de savoir si une cible se déplace, à quelle vitesse elle se déplace, ni quelle est sa direction. Le radar a pour but d'obtenir ces données et de mettre en relation les obstacles obtenus par le lidar, ainsi que ses propres données, pour faire éviter à un robot les murs, voitures et piétons. Le radar est aussi, en théorie, capable de voir des objets ou obstacles différents du lidar, comme des vitres ou des cibles de petites tailles. Il a donc été nécessaire de réaliser des tests.

3.1.2 Explication détaillée des résultats à obtenir

Le premier objectif est de comprendre et de réussir à détecter des objets et cibles en utilisant le radar. Ce dernier n'étant pas conçu pour ce genre d'utilisation, il commence par effectuer différentes expérimentations, comprendre le code fournit qui est open-source, et en extraire un bilan de ce qu'il est capable de détecter et de nous renvoyer. Pour cela, il faut réaliser des tests à l'extérieur pour voir s'il détecte, par exemple, les piétons, les voitures, un mur, une vitre etc. L'école possède également une chambre anéchoïque qui nous est utile afin de détecter des objets précis. Une chambre anéchoïque est une salle d'expérimentation dont les parois absorbent les ondes sonores ou électromagnétiques, en reproduisant des conditions de champ libre et en ne provoquant pas d'écho pouvant perturber les mesures, voir [5.3](#).

Il faut ensuite s'intéresser davantage à la question de la localisation. Pour se faire, il faut admettre que nous connaissons parfaitement le terrain avec des points de repères : chaque point de repère doit être connu avant l'expérience et sera utilisé par le robot pour se repérer. Prenons l'exemple d'un stade. Si sur celui-ci nous plaçons deux piliers (A et B), et que nous envoyons notre robot, dès qu'il obtiendra, grâce au radar, un retour d'onde des piliers, alors il saura comment il se situe par rapport à eux. Il pourra ainsi, grâce au calcul d'intervalle, avoir une idée de là où il se situe sur le stade, et dès qu'il aura un retour des piliers, il remettra à jour sa position pour savoir où il est exactement positionné. Cette méthode permet au robot de se repérer et d'avoir une estimation de sa position sans gps. Pour finalité, elle a pour but d'être utilisée sur un sous-marin avec un sonar qui lui n'a aucune idée de sa position sous l'eau car les ondes électromagnétiques ne passent pas dans le milieu marin. Il est donc impossible d'utiliser un gps ou un radar. Toutefois, grâce à un sonar qui lui utilise la propagation du son sous l'eau pour avoir un retour d'ondes, cela sera possible.

3.2 Compte-rendu d'activité

3.2.1 Axes d'étude et de recherche choisis

Afin de réaliser ce stage, trois axes d'études ont dû être établis, le premier étant la recherche et la formation. Beaucoup de connaissances étaient requises afin de mener à bien ce stage, que se soit sur le robot operating system, le calcul d'intervalle ou encore sur le fonctionnement d'un radar. Le second axe d'étude était l'expérimentation. Avec ces formations, je suis aujourd'hui censé être capable de comprendre le fonctionnement du radar, l'architecture du code ROS (robot operating system), et de pouvoir faire des expériences dans la salle anéchoïque et à l'extérieur. Enfin, pour le dernier axe il s'agit d'explorer toutes ces connaissances et expérimentations, et l'objectif est de réaliser un programme qui exploite ce radar. Idéalement, il s'agirait de localiser, voire même de détecter un d'obstacle statique, et pourquoi pas mobile.

3.2.2 Déroulement concret des études, expérimentations, mises au point

Mon intégration auprès de l'équipe a été très rapide. J'ai été principalement suivi par mon maître de stage Luc Jaulin, ainsi que par l'enseignant chercheur Fabrice Le Bars. Le travail que j'ai effectué dans le laboratoire a été réalisé seul, même si je pouvais demander de l'aide si besoin : lorsque je rencontrais un problème, l'ensemble de l'équipe m'apportait son aide. En plus de cela, j'ai eu accès à l'ensemble du matériel concernant le radar et je travaillais avec mon propre ordinateur. Même si la majeure partie du travail s'est effectuée en télétravail, j'ai pu m'organiser. Un chrono-gramme est disponible en annexe pour rendre compte de la répartition du travail réalisé, voir [5.2](#).

La première semaine de mon stage a principalement consisté à découvrir l'environnement dans lequel j'allais évoluer, que ce soit l'équipe, le matériel, les locaux etc. M'ont ensuite été présentées les tâches que j'allais avoir à réaliser au cours du stage, ainsi que les différentes formations que j'allais devoir suivre. Des explications m'ont également été fournies concernant le fonctionnement du robot qui peut-être, un jour, comportera un radar. Des explications m'ont également été fournies concernant le code et son emploi.

Cela a été suivie de plusieurs formations, la première concernant le robot operating system (ROS), qui était le noeud maître pour comprendre la suite du stage. ROS est un ensemble d'outils informatiques utilisés en robotique, open-source, permettant de développer des logiciels. Il s'agit d'une architecture et d'une abstraction sur l'ensemble des éléments constituant un robot. Le robot se décompose en noeuds et chaque noeud correspond à un driver pour les capteurs. A cela s'ajoutent des noeuds d'interprétations de ces capteurs, ainsi qu'un noeud maître qui dirige et communique avec tout ces noeuds. Tout le code du robot était implémenté sous ROS, ainsi que le driver du radar. Les langages pouvant être utilisés sous ROS sont le python et le C++, deux langages connus. La seconde formation a porté sur le calcul par intervalles, qui sera très utile lors de la localisation. Mon maître de stage le professeur Luc Jaulin étant un expert dans ce domaine, il a réalisé un mooc que j'ai suivi. A ce propos, il a rédigé de nombreux articles et écrit plusieurs livres dans différentes langues sur ce sujet. Le calcul par intervalle est une méthode numérique qui permet de résoudre des problèmes non-linéaires. Elle a plusieurs

applications, notamment en robotique, en chimie et en optimisation. Pour la localisation, cette méthode nous permet d'avoir une idée de la localisation du robot qui est compris dans un certain intervalle. La troisième formation ciblait la robotique, et pour se faire j'ai participé avec d'autres étudiants à une semaine dédiée à la robotique. La semaine devait se dérouler à l'origine autour du lac de Guerlédan (22530), mais en raison des conditions sanitaires, elle a eu lieu à l'établissement, autour d'un bassin que l'école avait mis en place. L'objectif était de partir d'un petit bateau qui comportait deux hélices et d'une carte Arduino. Il fallait ensuite coder ou bien s'aider des drivers existant pour faire fonctionner le bateau. Le bateau devait être capable de s'orienter en cap ; grâce à une boussole qu'il a fallu calibrer ; détecter les chocs ainsi que les accélérations et devait effectuer un parcours dans la piscine. Il a été très intéressant d'effectuer cette formation car le travail devait être effectué en totalité. De plus, pouvoir observer comment chaque driver et bout de code était imbriqué, ainsi que l'impact direct qu'ils pouvaient avoir sur les mouvements de notre bateau était enrichissant. Tout a été réalisé en python. Une vidéo est disponible sur ma chaîne Youtube et rend compte de la tâche réalisée, [ici](#). Ces ont eu lieu tout le premier mois du stage, ce qui m'a apporté de nombreuses connaissances qui m'ont servies pour la suite.

Les mois suivants ont consisté à comprendre et réaliser des tests avec le radar. Afin de comprendre son comportement, il a fallu appréhender la meilleure façon et tester et lancer le code sous ROS. Néanmoins, peu de documentation était disponible, et la faible quantité dont je disposais était en allemand, ce qui a complexifié mes recherches. Le code était en C++. La formation suivie a donc été très utile, ainsi que les bases acquises lors de la première année du cycle d'ingénieur, pour évoluer. Le code étant complexe et l'architecture ayant été réalisée pour tout les modèles de radar et lidar de la même marque, il a fallu trouver les bons fichiers, les comprendre et savoir les lancer. L'objectif était d'obtenir, lors de ce test, une représentation 3d de ce que voyait le radar afin de pouvoir déterminer ce qu'il était capable de détecter. Cela a été réalisé sous Linux avec rviz mais, il était possible d'utiliser le driver sous Windows qui comportait une interface graphique plus compréhensible (voir 5.5). Malheureusement, après de nombreux essais, le driver sous Windows ne fonctionnait pas avec tous les ordinateurs : sûrement dû à la carte graphique. Le logiciel a cependant marché trois mois après. Il a donc été impératif de comprendre le code open-source du radar et d'effectuer des modifications pour obtenir une représentation 3D correcte en ajustant les paramètres, voir 5.12.

Une fois la partie logiciel effectuée, il a fallu réaliser des expériences. Les premières ont eu lieu dans le bureau mais se sont avérées très peu concluantes, dû aux échos multiples. J'en ai donc conclu que son utilisation en intérieur était très compliquée et qu'il faudrait développer un algorithme pour éviter les échos multiples, et donc de fausses détections. J'ai pu obtenir l'aide d'enseignants chercheurs experts dans le domaine des systèmes radars. Ils m'ont apporté leurs connaissances et m'ont guider dans l'interprétation des résultats. Ils m'ont également fourni des conseils pour l'utilisation du radar. Grâce à leur intervention, j'ai aussi pu avoir accès à la chambre anéchoïques de l'école qui résout le problème d'échos multiples et qui permet de se concentrer sur des cibles ponctuelles. Dans cette chambre, j'ai ainsi pu me focaliser sur une cible déterminée que j'ai placé à une distance connue sur l'ensemble des axes XYZ. Sur le logiciel, j'ai réussi à obtenir une représentation de ce point, ce qui m'a permis de trouver quels étaient les axes du radar. Il s'est avéré que le radar ne renvoie pas les points détectés dans un espace 3d, mais seulement 2d. En effet,

chaque point est ramené dans un repère à deux dimensions, bien que la détection s'effectue dans un plan à trois dimensions. Grâce à ces tests, j'ai rapidement compris comment les axes étaient représentés. Sont venus ensuite les tests sur des cibles en mouvements. Avec l'aide d'un enseignant chercheur, nous avons capturés, grâce à ROS, un petit trajet réalisé dans la chambre anéchoïques où la personne marchait à une vitesse connue. J'ai ensuite réalisé un programme en python qui, à partir de la capture, récupère les informations qui nous intéressent, c'est à dire la direction de l'objet, sa vitesse et sa position. Cet objet est ensuite placé dans un repère sur un graphique, avec une flèche pour la direction et une échelle de couleur pour la vitesse. Cette étape a été très importante et permet de rendre compte des différentes informations renvoyées, de la signification des axes et fournit des précisions importantes pour pouvoir ensuite effectuer des tests à l'extérieur.

Les tests à l'extérieur sont très importants car ils représentent un test dans des conditions réelles sur le terrain. Les résultats obtenus à l'extérieur ont été bien différents. En effet, le radar repère plusieurs cibles bien qu'il n'y en ait aucune, ou alors il récupère des échos multiples. Cependant, en faisant abstraction du bruit, il est possible de percevoir l'objet sur la représentation 3d. Afin de m'aider dans l'interprétation des résultats, j'ai réalisé des programmes qui excluent le bruit en supprimant tout les points n'ayant pas de vitesse, pour récupérer uniquement les objets mobiles, et inversement pour les objets statiques. Il est compliqué d'interpréter les informations d'un radar car celui-ci nous renvoie un point tout les x temps qui disparaît ou est modifié si le radar ou l'objet bouge.

3.3 Développement, interprétation et critique des résultats

La travail réalisé dans ce laboratoire avait pour but de découvrir, comprendre et trouver une utilisation potentielle au radar. Les radars ayant été achetés récemment, ils n'avaient jamais servis auparavant et n'ont jamais pu être utilisés sur un système robotique. L'analyse et l'étude du système radar a été primordial pour leur trouver une application en robotique.

Certaines étapes du stage étaient plus longues que d'autres pour différentes raisons. Tout d'abord, en raison de problèmes matériels, il a fallu que je cherche à comprendre comment me connecter au radar et comment récupérer ses informations. La documentation étant minimale et ne précisant pas comment se connecter ou l'employer, j'ai dû m'employer à faire des recherches qui m'ont occupé pas mal de temps. J'ai ensuite dû connecter le radar au réseau en lui appliquant une adresse ip statique afin d'avoir accès. Le radar n'ayant pas pour but d'être utilisé dans ce cadre, j'ai été amené à tester plusieurs méthodes avant de trouver la bonne. Il y a également eu des problèmes logiciels, avec notamment le logiciel sous Windows qui ne fonctionnait pas sur certains ordinateurs, même si plus tard a finalement fonctionné. Pour avancer, j'ai donc utilisé le code source disponible sous Linux que j'ai étudié car le code d'origine source d'instructions. En effet, ce dernier ne disposait d'aucun élément, il manquait le format de sortie des données du radar, ainsi que la méthode pour pouvoir les visualiser. J'ai donc ensuite dû trouver tous les paramètres pour avoir un aperçu compréhensible. Même s'il peut s'agir en apparence de problèmes minimes, ils m'ont pris énormément de temps à résoudre ; ne dépendant pas directement de ma volonté. D'autant plus que j'étais partie du principe que le matériel fournit allait forcément fonctionner. L'issue positive à cela est que grâce au temps que j'ai passé à résoudre ces problèmes, les futures personnes qui seront amenées à travailler sur le projet n'auront pas à s'en soucier et pourront s'en servir sereinement.

Le programme python que j'ai réalisé a servi, et servira par la suite, pour interpréter plus facilement les données du radar. Le travail ayant été effectué majoritairement seul, j'ai réalisé un programme, qui à partir d'un enregistrement ROS, place les détections sur un graphique (voir 5.15). Ce programme est paramétrable et permet une visualisation dans le temps, ainsi qu'une distinction des détections statiques et dynamiques. Grâce à cela, on peut placer le radar sur le terrain et lancer la capture tout en bougeant devant le radar pour capter un mouvement ou une trajectoire et étudier ensuite ce que le radar a pu nous renvoyer.

Toutefois, les résultats obtenus sur la détection et l'étude du radar ne permettent pas d'aboutir à un résultat concluant. La détection de certaines cibles se fait bien mais il y a beaucoup de bruit autour d'elles. Il est néanmoins possible de paramétrer le radar avec deux modes différents : un sans traitement des données, et le second avec un pré-traitement. Le mode sans traitement renvoie les données brutes, mais nous obtiendrons que des points et non des objets. La différence entre un point et un objet est que l'objet est un ensemble de points regroupés car ils bougent avec la même vitesse et direction. L'ensemble permet d'établir une estimation de la taille de l'objet. Le mode avec traitement reconnaît ces ensembles et crée une boîte qui comporte toutes les informations nécessaires (comme sa taille par exemple). Le pré-traitement permet une réduction du bruit mais ne

le fait pas totalement disparaître. Le radar repère facilement les cibles en mouvement (tel qu'un humain, un vélo ou une voiture), l'estimation de sa vitesse semble correcte, mais sa direction reste compliquée à expliquer et comprendre. Sur des mouvements rectilignes, bien que la direction de l'objet soit droite, la trajectoire renvoyée est approximative. Quoi qu'il en soit, ces deux modes sont paramétrables sous l'environnement Linux et Windows. Il existe aussi un autre paramètre sous Windows que je n'ai par-contre pas réussi à retrouver dans le code C++. Le logiciel Windows permet de paramétrer des zones de détection sur le radar, et le radar ayant un champs de détection de 45m, il est possible de créer des zones qui déclencheront un signal si une cible est détectée dans cette zone (voir 5.6). Toutes les informations récupérées par le logiciel Windows sont similaires à celles sous Linux, il suffit de retrouver le bon service correspondant sous ROS. La détection des objets statiques restent plus compliquée à l'extérieur : il est difficile de distinguer quel objet correspond à quel objet en extérieur. Le bruit est effectivement une source d'erreur et permet difficilement de reconnaître notre cible. Tous ces résultats ont été réalisés pour un radar qui est statique et n'a malheureusement pas pu aboutir complètement à cause d'un manque de connaissances et le fait que le radar ne marche pas comme escompté. Il faudrait effectuer davantage de tests sur terrain car dans la chambre anéchoïque nous obtenons les bons résultats qui permettent d'avancer. En conclusion de ces expérimentations le radar est conçu pour détecter les cibles mouvantes d'une taille égale ou supérieur d'un humain, voici un [exemple](#).

La localisation n'a malheureusement pas pu être commencé car la partie étude de détection d'obstacle n'a pas pu être achevée. Il aurait été possible de commencer cette partie si la détection sur terrain était suffisamment satisfaisante pour obtenir de solides résultats, en robotique la partie terrain étant la plus importante.

Conclusion

Ce stage de robotique a consisté en l'étude d'un radar. Ne connaissant rien de ce radar, il a fallu comprendre son fonctionnement et lui trouver un emploi. Les résultats obtenus ne sont pas complètement satisfaisants mais permettront aux personnes dans le futur de continuer sans avoir de problèmes logiciels. De plus, elles disposeront d'un programme qui pourra simplifier le travail d'étude. Le travail d'étude et d'expérimentation a pris beaucoup de temps car le radar manquait énormément de documentation, ce qui a nécessité un travail de recherches important.

J'ai pu travailler sur différentes notions (réseaux, programmations etc.), avec différentes technologies comme git et ssh. J'ai pu apprendre à maîtriser ROS et des techniques nouvelles, comme le calcul par intervalle et la calibration en cap d'un robot. Ce stage a été l'occasion de mettre en application les connaissances de première année du cycle ingénieur, de m'atteler à de la recherche et à faire preuve de débrouillardise. Mon maître de stage, monsieur Luc Jaulin, ainsi que l'ensemble des personnes avec lesquelles j'ai pu travailler et discuter m'ont également apportées énormément de connaissances et je les en remercie.

Le monde de la recherche est très intéressant et cette entreprise m'a permis de le découvrir davantage. L'aspect recherche et découverte m'a toujours beaucoup attiré, mais à la suite de mes différentes expériences je me suis rendu compte que ce n'est pas ce à quoi j'aspire pour ma carrière future. J'aimerais découvrir d'autres domaines et technologies. J'ai cependant beaucoup aimé l'aspect développement et les simplifications que peut nous apporter un programme. J'aimerais davantage me tourner vers l'aspect développement.

Annexes

FIGURE 5.1 – Architecture du laboratoire STICC de l’ENSTA Bretagne.

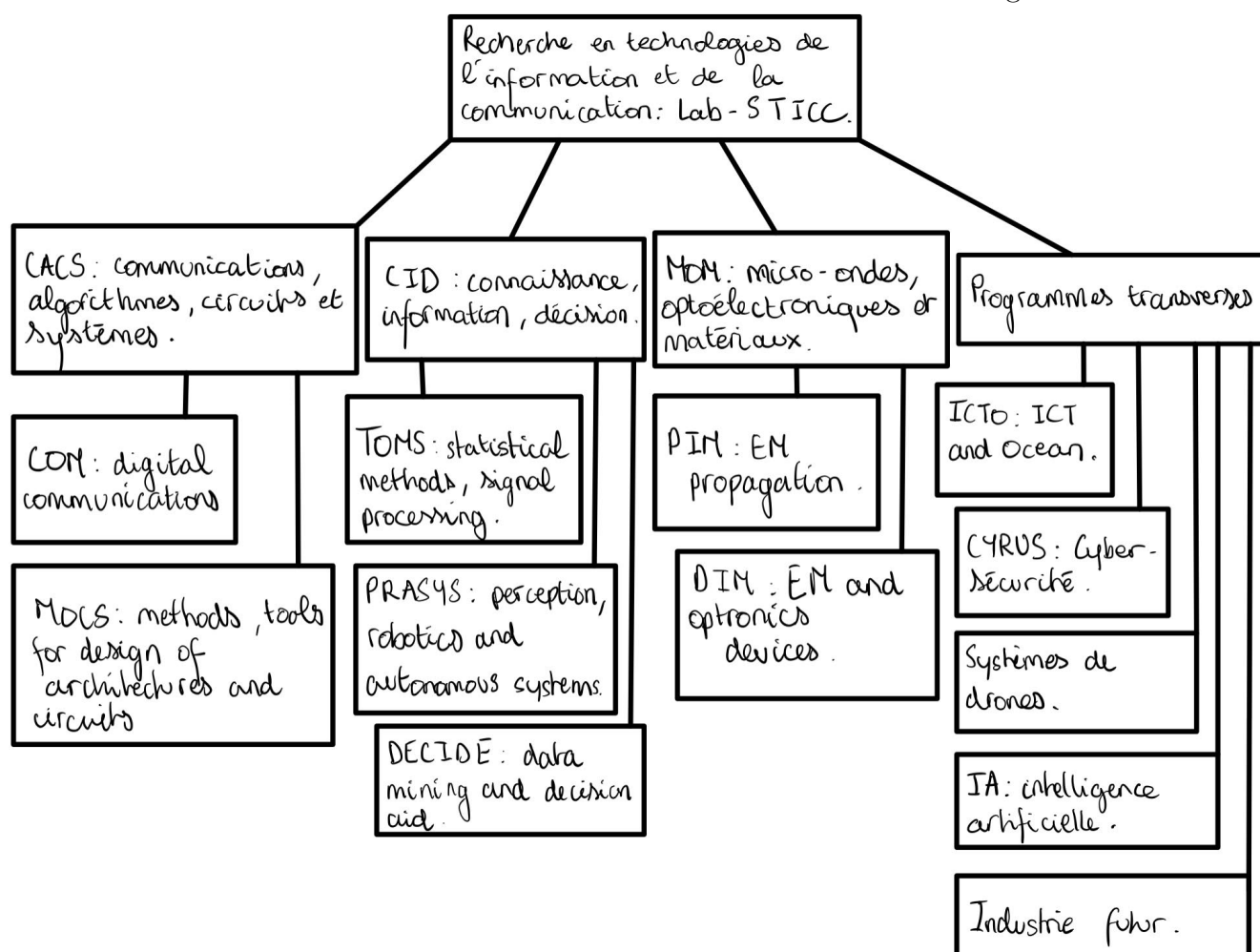


FIGURE 5.2 – Chronogramme.

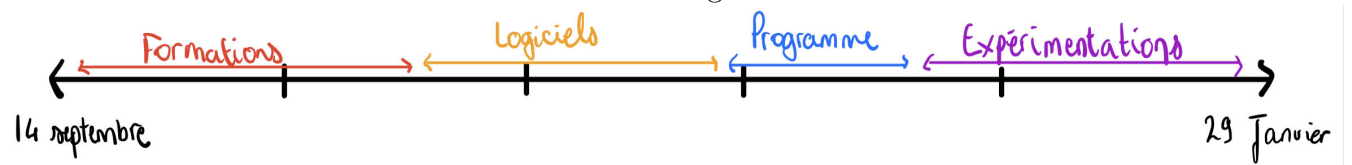


FIGURE 5.3 – Chambre anéchoïque.

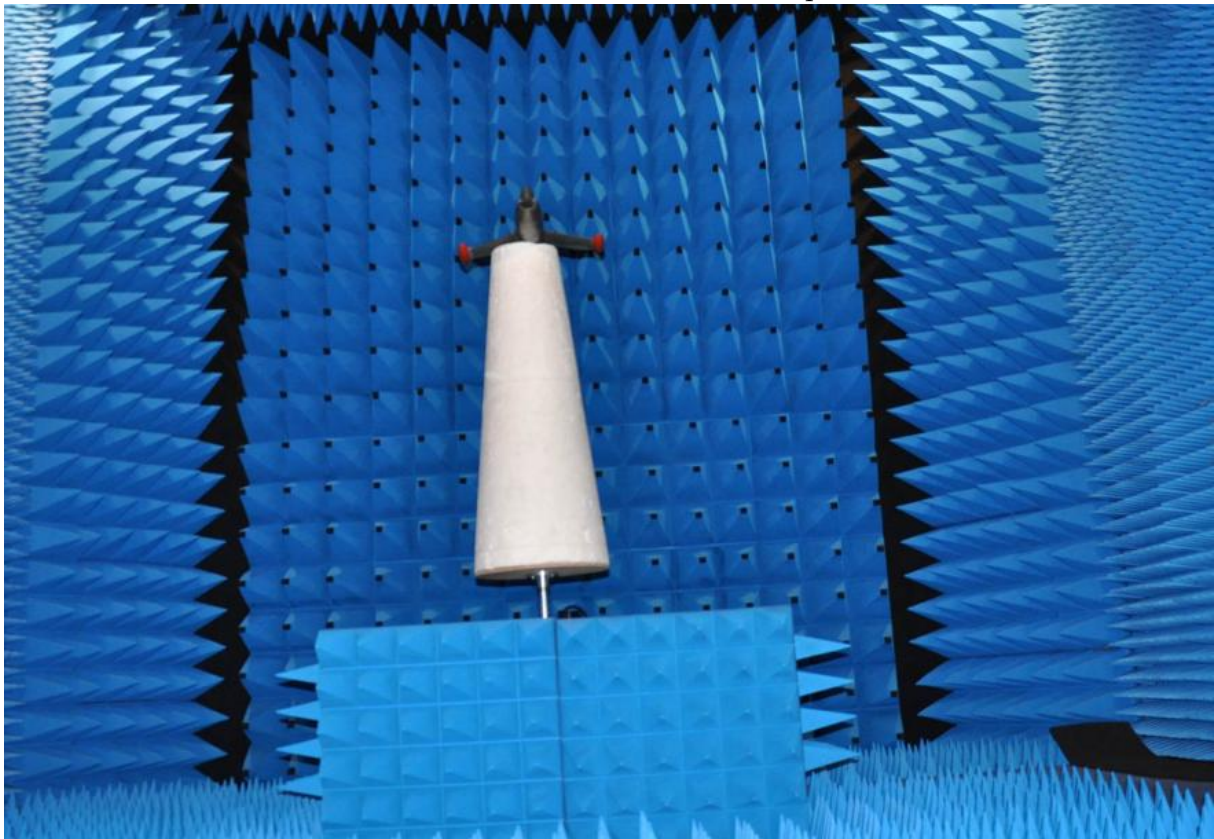


FIGURE 5.4 – Intérieur du robot.

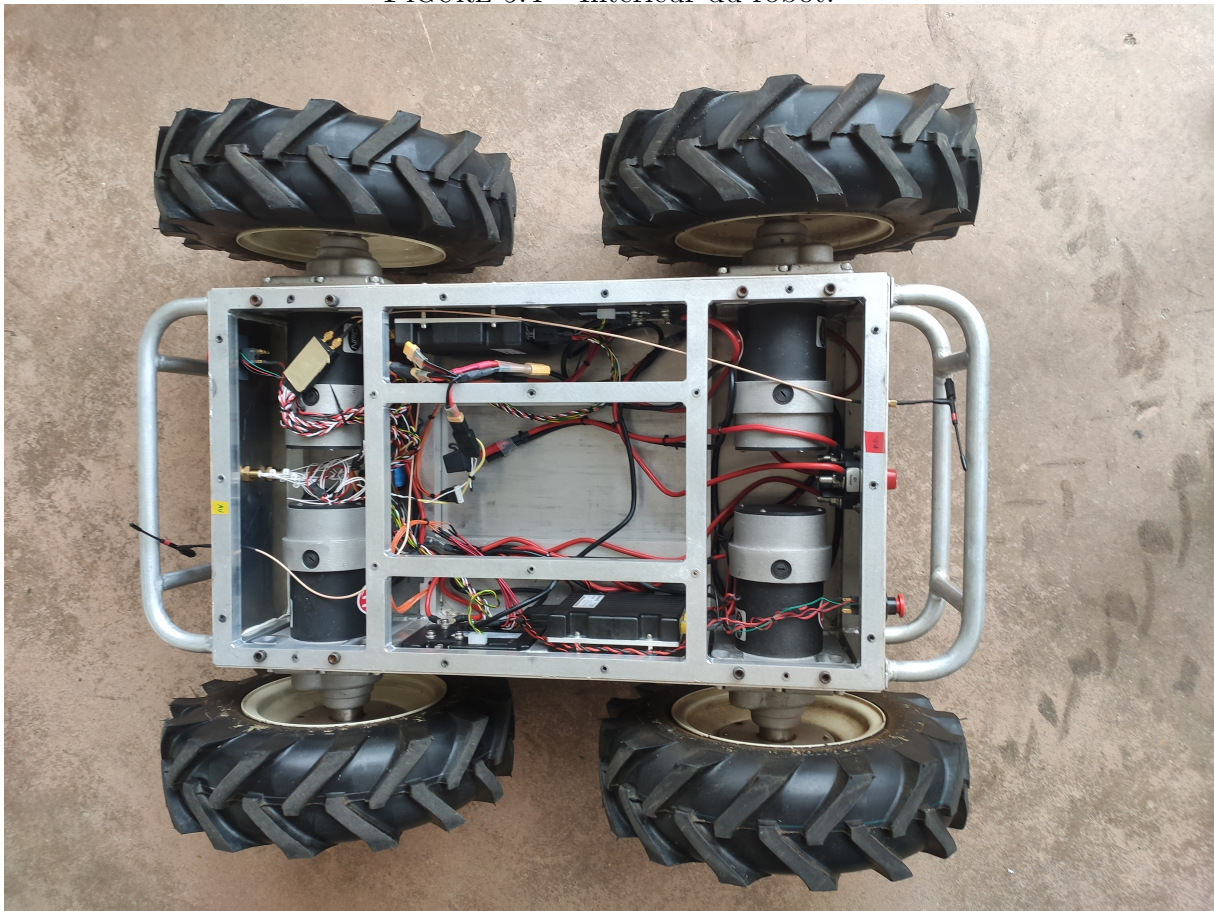


FIGURE 5.5 – Visualisation du logiciel Windows.

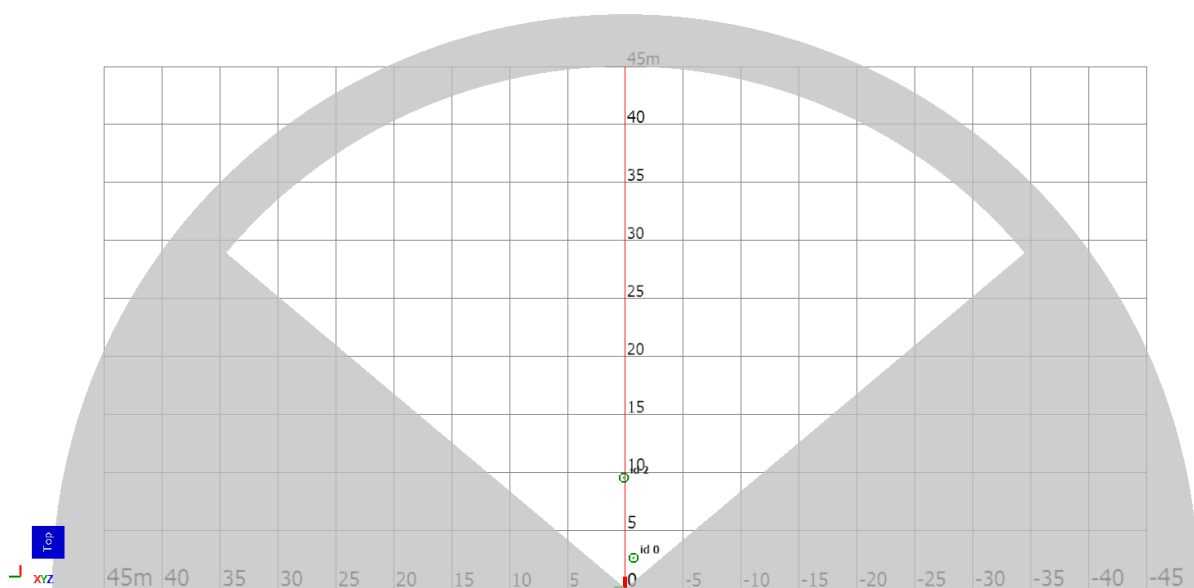


FIGURE 5.6 – Visualisation du logiciel Windows avec ses paramètres.

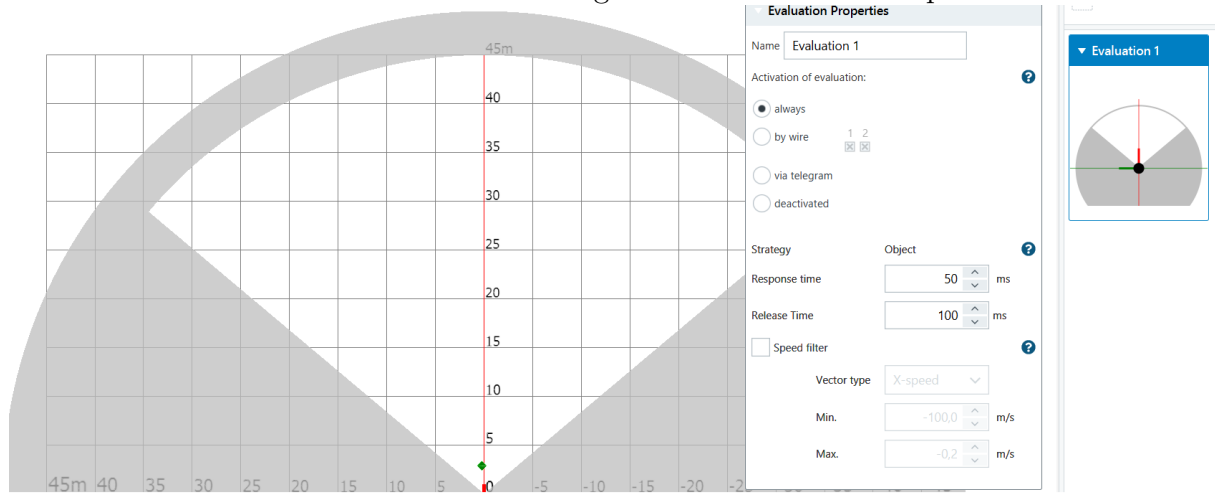


FIGURE 5.7 – Radar.



FIGURE 5.8 – Robot.



FIGURE 5.9 – Robot.



FIGURE 5.10 – Robot.



FIGURE 5.11 – Visualisation 3D Linux avec paramètres.

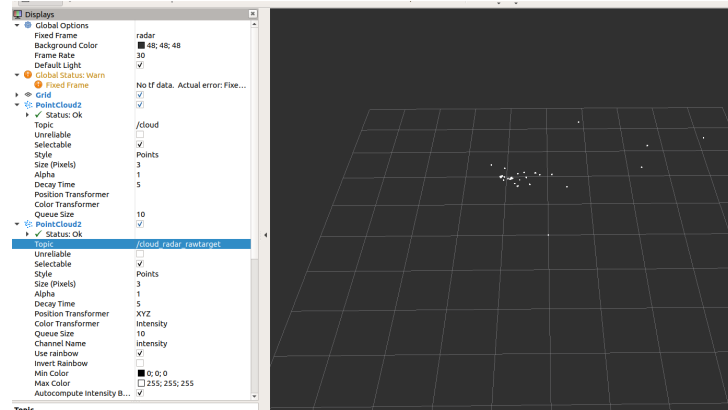


FIGURE 5.12 – Visualisation 3D Linux.

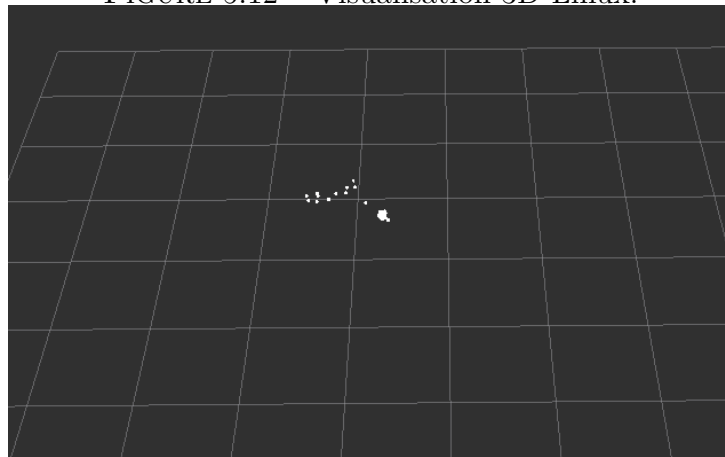


FIGURE 5.13 – Visualisation du programme python réalisé.

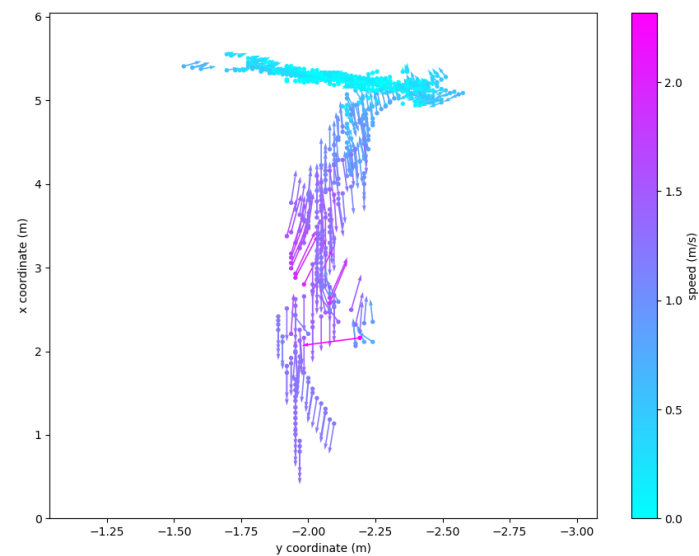


FIGURE 5.14 – Visualisation du programme python réalisé.

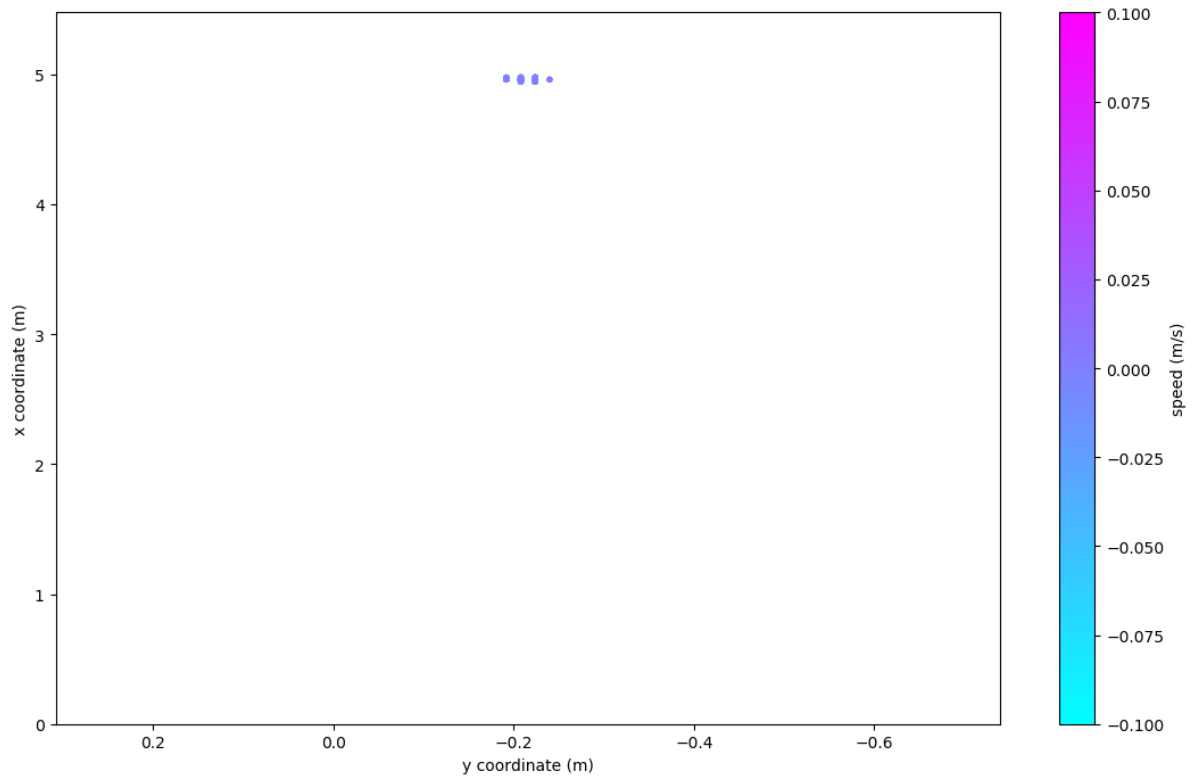


FIGURE 5.15 – Visualisation du programme python réalisé.

