



# Vacuum Fleet

Mathias Kremer – Epitech Nantes

Maxime Sorin – Epitech Nantes

Hugo Poissonnier – Epitech Nice

Nassim Aïdar – Epitech Paris

Nicolas Uglietta – Epitech Marseille

Blaud Bertrand – Epitech Lyon

---

Introduction.....	3
i. Contexte .....	3
ii. Le Projet.....	3
iii. Premières décisions sur les principaux challenges à relever .....	4
Les Grandes lignes du projet .....	6
i. Contexte et définition.....	6
Notre équipe de développement est composée de 6 étudiants. ....	6
ii. Structuration préliminaire du projet .....	6
iii. Limitations .....	7
iv. Contribution .....	7
v. Déploiement du robot .....	8
vi. Description fonctionnelle des besoins.....	8
vii. Enveloppe budgétaire.....	9
viii. Délais (date de réalisation attendue avec les équipes de l'école).....	10

## Introduction

### i. Contexte

Avec l'expansion de l'automatisation, de plus en plus de tâches sont aujourd'hui effectuées par des robots. Ce phénomène a dans un premier temps concerné principalement l'industrie. Il s'étend maintenant progressivement à une multitude usages. Aux robots automates et robots manipulateurs généralement fixés à un endroit précis dans une usine, s'ajoutent désormais les robots mobiles capables d'effectuer une mission spécifique sur un lieu ou dans un endroit donné.

Parmi les nombreuses applications des robots mobiles existantes, on distingue celles qui nécessitent la présence d'un opérateur humain afin de téléopérer le robot dans l'exécution de sa tâche et celles qui sont totalement autonomes sans aucune intervention extérieure, ni aucun aménagement ou installation préalable.

Idéalement, le déploiement d'un robot mobile autonome est de transporter le robot sur les lieux, de le placer dans sa zone d'opération, de le mettre en marche et de le laisser effectuer sa mission. Pour certains couples application/zone d'opération on se rapproche de ce cas idéal comme pour les robots aspirateurs ou les robots utilisés pour la logistique dans les entrepôts qui évoluent dans des environnements intérieurs fermés et structurés.

Dans chaque cas, application/zone d'opération, le robot mobile autonome doit être en mesure de se localiser au sein de la zone d'opération. Cette dernière est soit préenregistrée, soit *construite* par le robot mobile autonome. Dans les 2 cas, la contrainte de l'autonomie du robot (le retour à la station de recharge en autonomie) doit être prise en compte dans l'application.

### ii. Le Projet

Notre projet a pour objectif de construire une méthode permettant le déploiement d'un robot mobile autonome.

Pour répondre à cet objectif, nous utiliserons un robot mobile terrestre à quatre roues motrices, destiné à accomplir des tâches de manière autonome dans un environnement délimité par l'utilisateur.

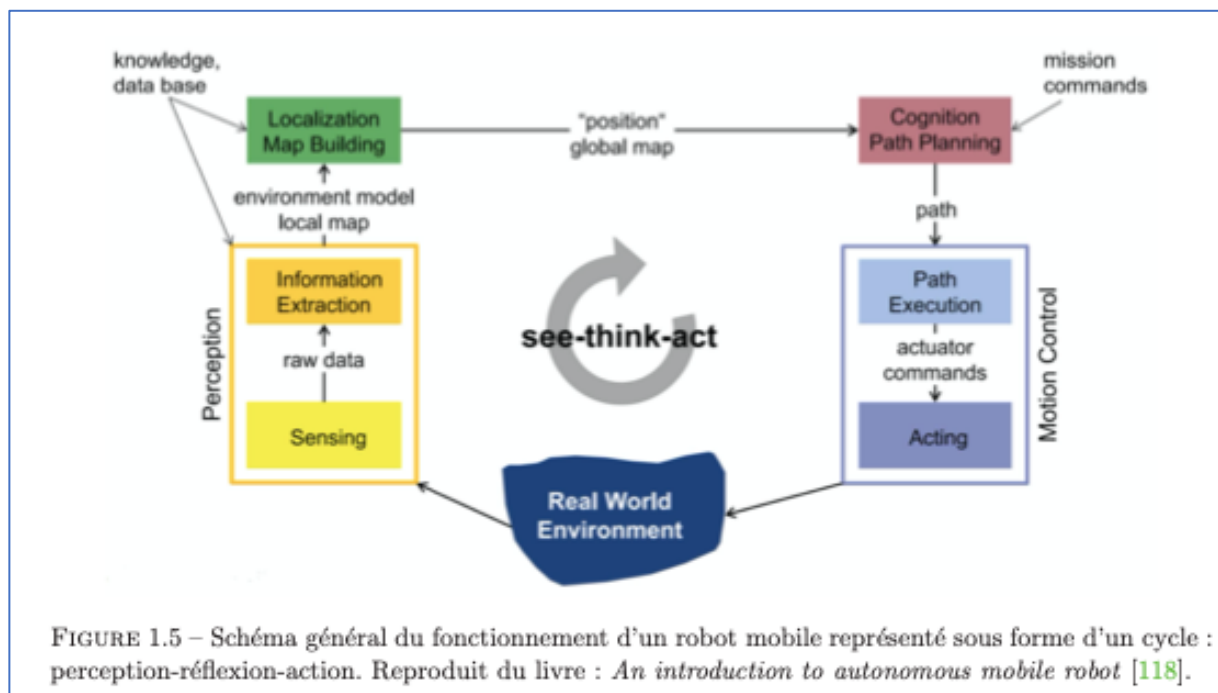
La méthode repose sur l'installation de quelques balises ainsi que la définition des limites de la zone d'opération du robot par l'utilisateur. Le robot est alors en capacité de réaliser les tâches assignées en toute autonomie tout en restant à l'intérieur de son périmètre. Quant à la gestion de l'autonomie, nous utiliserons des accumulateurs, permettant de stocker l'énergie.

### iii. Premières décisions sur les principaux challenges à relever

Dans l'objectif de la construction d'un robot mobile autonome, on peut identifier différentes composantes notamment :

- Contrôle bas-niveau (moteurs), et haut-niveau (position, trajectoire, ...),
- Perception de l'environnement et de l'état du robot grâce aux capteurs,
- Localisation du robot et cartographie de son environnement,
- Contournement et gestion des obstacles,
- Traitement des ordres de mission, planification de trajectoires.

Toutes ces fonctions sont liées et interagissent entre elles, comme le montre le schéma de la Figure 1.5.



Ce schéma ci-dessus représente le cycle de perception-raisonnement-action et résume les différents éléments clés d'un robot mobile lui permettant de devenir autonome. Ainsi, lâché au milieu du monde réel, le robot doit être capable d'extraire les informations pertinentes (perception) lui permettant de se localiser et de construire une représentation de son environnement (localisation et cartographie).

En tenant compte de sa position et de son entourage, le robot doit alors être capable de planifier les différentes actions à accomplir afin de mener à bien sa mission, en fonction des objectifs qui lui sont données (raisonnement). Ces actions de haut-niveau sont alors traduites en actions de bas-niveau qui vont commander les actionneurs du robot et permettre au robot d'aller à une position donnée avec une vitesse donnée (contrôle du mouvement), le rapprochant ainsi de l'objectif à atteindre.

Comme on peut le voir, la réalisation d'un robot mobile nécessite la mise en place d'un certain nombre de modules. Compte tenu de notre objectif principal poursuivi : la réalisation d'un système permettant de localiser un robot dans une zone d'opération inconnue nous nous intéressons plus particulièrement aux fonctions de perception, de localisation et de cartographie

La localisation est la fonction permettant à un robot mobile de se localiser par rapport à un environnement connu au préalable. L'emploi du terme localisation suppose donc que l'environnement est connu à l'avance et disponible sous forme d'une carte. Cependant, dans la majorité des cas, la carte de l'environnement n'est pas disponible a priori, et il est donc nécessaire de la construire. Le robot doit alors être capable de se localiser par rapport à un environnement qu'il est en train de construire. Ce problème, bien connu en robotique mobile, et fait référence au terme de localisation et cartographie simultanées, ou SLAM en abrégé. Le challenge de ce problème étant qu'en partant de rien, le robot doit être capable de construire une représentation de son environnement et de connaître sa position au sein de celui-ci. La principale difficulté se trouvant dans les premiers instants ou très peu d'information est encore disponible, et où la moindre erreur peut fausser complètement la procédure. Si tout se passe bien, au fur et à mesure de la collecte des informations, la carte de l'environnement devient plus complète et le robot peut se localiser de manière plus précise. En effet, la corrélation des différents éléments de la carte et le passage du robot dans des endroits déjà explorés permet de réduire les incertitudes.

Le problème du SLAM étant bien connu et traité depuis les années 1980, il existe maintenant des méthodes développées bénéficiant d'assez de maturité pour être utilisées dans des applications en dehors des laboratoires. Cependant, la plupart de ces méthodes reposent sur l'utilisation de capteurs, soit très coûteux, soit restreints à certains types d'environnement. Ainsi, on retrouve souvent des méthodes utilisant des lasers, des GPS, ou des centrales inertielle très précises et donc très chères. Le problème du SLAM est donc plutôt bien résolu avec ces capteurs, mais l'utilisation d'autres types de capteurs peut rendre le problème encore plus complexe.

Dans le cadre de ce travail, le choix a été fait d'utiliser une technologie à faible coût (de l'ordre d'une cinquantaine d'euros), mais présentant des caractéristiques plus adaptées à l'application finale, comme nous le détaillerons par la suite.

## Les Grandes lignes du projet

### i. Contexte et définition

Notre équipe de développement est composée de 6 étudiants.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du projet Esp Vacuum Fleet, notre projet de fin d'année au sein de l'Epitech ayant pour objectif le développement d'un robot mobile terrestre autonome.

Le robot doit être capable de réaliser, en totale autonomie, des tâches spécifiques dans une zone d'opération dont seuls les contours sont définis au préalable par l'utilisateur.

En comparaison avec les robots aspirateurs classiques, la caractéristique essentielle du projet est de réaliser un robot(s) aspirateur intelligent(s) capable d'atteindre et d'aspirer dans les endroits non accessibles par les robots classiques du fait de leur taille.

Nous proposons d'atteindre cet objectif par combinaison d'un robot mère qui aura la capacité de détecter la surface inaccessible et d'envoyer un robot moins volumineux sur cette surface à nettoyer pour aspirer.

### ii. Structuration préliminaire du projet

Le robot sera capable d'effectuer une ou plusieurs tâches définies par l'utilisateur de façon autonome, tout en nécessitant un minimum d'aménagements et d'interventions extérieures.

Le robot-mère mobile communiquera (enverra des informations) à une base (micro-ordinateur) qui elle-même transmettra l'information à un robot-enfant moins volumineux sur le lieu défini par les informations du robot-mère et inaccessible pour celui-ci.

Pour répondre à cette problématique, plusieurs étapes ont été identifiées :

- Définition et réalisation d'un système permettant le déploiement d'un robot mobile autonome,
- Choix des capteurs et autres modules équipant le robot et nécessaires à la réalisation du système,
- Développement d'un prototype du robot mobile,
- Développement des méthodes et algorithmes permettant au robot d'évoluer en autonomie,
- Réalisation d'un démonstrateur complet du système permettant de valider la solution développée.

### iii. Limitations

Afin de pouvoir utiliser le système dans un maximum de scénarios, aucune hypothèse n'est faite sur le type, la structure, et la taille de l'environnement.

Même si la réalisation est plus axée sur une utilisation en intérieur, nous n'excluons pas la possibilité d'un fonctionnement en extérieur.

Dans un premier temps, pour faciliter la réalisation, l'essentiel du travail sera d'abord effectué en supposant un environnement 2D où tous les éléments sont supposés évoluer dans le même plan. Dans un second temps, la réalisation prendra en compte la réalité 3D et les modifications des développements 2D en tenant compte de leurs complexités.

Une autre contrainte s'ajoute à l'adaptabilité en milieu extérieur, le robot doit être capable d'opérer de jour comme de nuit. En conséquence, le choix des capteurs à utiliser pour l'application devient un point important et tiendra compte des contraintes environnementales. À titre d'exemple, l'utilisation de tous types de caméras (mono, stéréo, omnidirectionnelle, RGBD, ...) de plus en plus utilisées actuellement, s'avère assez difficile dans de telles conditions. De même pour le GPS, où il n'est pas toujours évident d'avoir une vue parfaitement dégagée vers le ciel afin de garantir et d'optimiser la réception des signaux en provenance des satellites.

Enfin, par rapport au cas idéal du déploiement d'un robot mobile, où la seule intervention nécessaire consiste à déposer le robot à l'intérieur de sa zone d'opération, l'hypothèse suivante est retenue : c'est l'utilisateur qui est en charge de la définition des limites du périmètre d'intervention du robot. Pendant cette phase, l'utilisateur « *apprend* » au robot les limites de son espace de travail et valide la compréhension par le robot du résultat. À compter de cet instant, le robot est alors capable de se débrouiller en totale autonomie. Il faut souligner que la solution permettant de définir les limites du terrain doit se faire en minimisant les aménagements et être la plus simple possible pour l'utilisateur.

### iv. Contribution

Au cours de ce projet, deux types de contribution seront faites.

La première concerne le développement de la solution permettant de déployer le robot dans son environnement et la réalisation d'un prototype du système et du robot associés.

La seconde contribution concernera les méthodes développées pour répondre aux différents problèmes de la localisation, du SLAM, et du placement de capteurs.

## v. Déploiement du robot

La procédure de déploiement du robot s'opère en deux étapes bien distinctes : l'apprentissage du terrain dans le cadre des limites données par l'utilisateur, puis la réalisation en autonomie des tâches assignées au robot.

Le principe de la méthode proposée repose sur l'utilisation de balises permettant d'obtenir une mesure de distance entre deux balises. En préalable à la définition des limites du terrain par l'utilisateur, celui-ci doit dans un premier temps placer un certain nombre de balises sur le pourtour du terrain qu'il va délimiter. Une fois les balises en place, il peut parcourir ou faire parcourir au robot les limites du terrain à apprendre. Pendant cette phase, l'utilisation des balises, et l'utilisation d'autres capteurs si nécessaire, permettent d'estimer la trajectoire effectuée par l'utilisateur ou le robot et la position des balises. On remarque que cette phase correspond au problème du SLAM, reconstruire la carte de l'environnement (position des balises) en même temps qu'estimer la position et/ou trajectoire du système mobile).

Une fois la position des balises et les limites du terrain connues, l'utilisateur peut transférer et valider les données acquises par le robot. Parallèlement, l'utilisateur définit alors les tâches que le robot doit effectuer dans la zone ainsi délimitée. Il est par exemple possible d'indiquer au robot d'explorer et de couvrir la zone en totalité ou d'effectuer des trajectoires spécifiques à l'intérieur de la zone. Le robot se charge alors de planifier ses missions en générant si besoin les trajectoires adéquates. Dès lors, le robot est installé dans sa zone d'opération et il opère de façon autonome. Pendant l'exécution de sa mission, le robot se localise grâce aux balises dont la position est maintenant connue, et rester à l'intérieur des limites du terrain apprises durant la première phase.

## vi. Description fonctionnelle des besoins

Réalisation du robot-mère, voir cahier des charges spécifique, et préparation du terrain.

Réalisation de l'Api.

Développement de l'interface de gestion des échanges.

Réalisation du système embarqué.

Développement de la base de contrôle du robot, contrôler de haut-niveau basé sur un ordinateur mono-carte miniature de type Raspberry Pi qui sera le point d'accès Wifi.

Réalisation de l'application mobile en flutter

Réalisation du robot-enfant.



## vii. Enveloppe budgétaire

Budget prévisionnel						
	Prix Unitaire HT		Taux TVA	Prix Unitaire TTC		Commentaires
	Min	Max		Min	Max	
<b>Déplacements</b>				<b>50</b>	<b>100</b>	
TBD	50	100		50	100	
<b>Matériels</b>				88	208	
Robot-mère	30	80	20%	36	96	
Cables	0	5,82	20%	7	7	
Carte Wifi	0	7,49	20%	9	9	
Robot-enfant	30	80	20%	36	96	
<b>Imprévus</b>	50%	100%	20%	69	308	
<b>Total :</b>				<b>207</b>	<b>616</b>	

## viii. Délais (date de réalisation attendue avec les équipes de l'école)

Un Gantt et l'utilisation d'une méthode Agile seront utilisés pour nous guider lors de notre développement.

GANTT			
	What	From	To
Phase 1			
	<a href="#">Milestone 1</a>	28-févr.-2022	1-mai-2022
	<a href="#">Peer evaluation 1</a>	18-avr.-2022	1-mai-2022
	<a href="#">Job Fair 1</a>	2-mai-2022	15-mai-2022
	<b>Team builder 1</b>	2-mai-2022	15-mai-2022
	<a href="#">Review</a>	2-mai-2022	15-mai-2022
Phase 2	<b>Milestone 2</b>	16-mai-2022	24-juil.-2022
	<b>Astonishment report</b>	16-mai-2022	29-mai-2022
	<b>Peer evaluation 2</b>	11-juil.-2022	24-juil.-2022
	<b>Job Fair 2</b>	16-mai-2022	7-août-2022
	<b>Team builder 2</b>	25-juil.-2022	7-août-2022
	<b>Keynote</b>	25-juil.-2022	7-août-2022
	<a href="#">Feedback</a>	25-juil.-2022	7-août-2022