

Octobre 2022



RosEyes

Chef de projet : Halil Kaan YAZGAN

Tête :

Amredin BATBOUT
Dany HU
Samba TRAORE

Base :

Loick GOMES GRANCHO
Félix MAZELY
Halil Kaan YAZGAN

Bras :

Ali HAMED IBRAHIM
Japleen KAUR
Benjamin NDEBOLO

Table des matières

Introduction.....	3
État de l’art.....	4
État de l’art sur le robot à reconnaissance faciale	4
1) Introduction.....	4
2) Interaction Homme-machine.....	4
3) La détection de visage.....	6
4) La reconnaissance faciale.....	7
5) Conclusion	10
État de l’art d’une base motorisée	11
1) Introduction.....	11
2) Les caractéristiques de la robotique mobile et ses domaines d’utilisation.....	11
3) Historique.....	13
4) Les différents scénarios envisageables.....	15
5) Fonctionnement du suivi de ligne	15
6) Conclusion	17
État de l’art des bras robotiques.....	18
1) Introduction.....	18
2) Les robots manipulateurs	18
3) Domaines d’application des bras robotisés :	20
4) Conclusion	22
État de l’art global.....	23
1) Introduction.....	23
2) Domaines d’utilisation	24
3) Description du scénario et innovation apportée	25
4) Conclusion	25
Diagrammes fonctionnels	26
Diagramme fonctionnel de la tête	26
Diagramme fonctionnel de la base mobile.....	27
Diagramme fonctionnel du bras robotique.....	28
Diagrammes de classe UML	29
Diagramme de classe UML de la tête	29
Diagramme de classe UML de la base mobile.....	30
Diagramme de classe UML du bras robotique.....	31
Diagramme de Gantt	32
Bibliographie.....	34

Introduction

Les robots représentent une place importante dans plusieurs activités, telles que l'industrie, la santé ou le transport. Les bras automatiques dans les usines de fabrication, les robots microscopiques conçus pour détruire une bactérie ou l'automatisation des trains, comme la ligne 1 de la RATP. Les robots sont censés remplacer l'Homme pour la réalisation de tâches pénibles, notamment dans des usines de production où les tâches pour chaque poste sont souvent répétitives.

Dans le cadre de notre 2^{ème} année en BUT Génie Électrique et Informatique Industrielle, nous devons fabriquer et programmer un robot. Celui-ci doit posséder une base mobile, un bras et une tête. Dans un premier temps nous devons réfléchir et mener des recherches sur les robots déjà existants, et leur utilité. Ces recherches nous permettront ensuite d'imaginer notre scénario, qui doit être innovant. Le langage de programmation n'est pas imposé, nous pouvons utiliser au choix du Python, du C ou éventuellement du Java.

Ce projet sera réalisé en groupe qui sera divisé en 3 : une équipe travaillera sur la tête du robot, une autre sur la base mobile, et une dernière sur le bras. Chaque partie doit être finalisée au mieux avant mi-novembre et le robot assemblé doit être prêt pour mi-décembre. Afin de permettre une meilleure organisation nous utiliserons divers outils tels que des diagrammes fonctionnels, UML et un diagramme de Gantt.

État de l'art

État de l'art sur le robot à reconnaissance faciale

1) Introduction

La reconnaissance faciale a une place importante dans certaines créations technologiques modernes. Les premiers scans de visages furent effectués sur des modèles en 2D. Toutefois, un scan en 2D est limité dans un monde en 3 dimensions. Grâce à un développement rapide des équipements de captures 3D, la reconnaissance faciale est de mieux en mieux maîtrisée. Dans le cadre de notre projet, détecter un visage est l'étape qui précède la reconnaissance faciale (reconnaître un visage) car il est impossible pour les robots de reconnaître automatiquement une personne sans détecter son visage.

Pour détecter un visage, il suffit de scanner une image et de chercher les éléments qui constituent un visage humain comme la bouche, le nez, les yeux, les sourcils, les oreilles... Cependant, cette étape peut être perturbée par plusieurs éléments qui modifient le traitement de l'image, tels que le maquillage, les accessoires, ou la mauvaise qualité de l'image extraite. Reconnaître un visage est la seconde phase du processus : il s'agit d'enregistrer le visage d'une seule personne et de le comparer à tous les visages détectés (pilosité, teinte de la peau, rides, couleur des yeux, position et forme des yeux, du nez, de la bouche, des sourcils...). En traitant ces parties, nous pouvons alors nous demander, comment notre robot pourrait s'avérer utile en se référant à ceux déjà existant sur le marché ?

Dans cette partie du projet consacrée à la tête du robot, nous présentons dans un premier temps l'interaction Homme-machine, puis nous présentons l'évolution de la détection de visage. Enfin, nous présentons l'enregistrement et la reconnaissance faciale.

2) Interaction Homme-machine

Définition : L'interaction Homme-machine appelé IHM, s'intéresse à la conception et au développement de systèmes interactifs en prenant en compte ses impacts sociétaux et éthiques.

L'interface Homme-machine a pour but de trouver les moyens les plus efficaces, les plus accessibles et les plus intuitifs pour les utilisateurs à compléter des tâches rapides et de la façon la plus précise possible.

L'interaction Homme-machine possède de nombreux avantages :

- l'amélioration de la **visibilité**
- l'augmentation de l'**efficacité**
- la diminution des **temps d'arrêts**
- l'amélioration de l'**ergonomie**
- l'unification du **système**

Elle peut se faire de différentes manières :

- Avec un ordinateur :

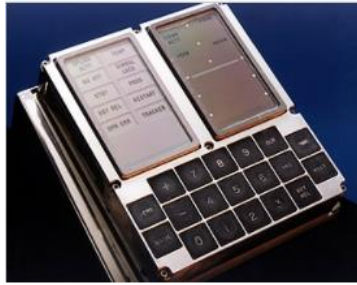


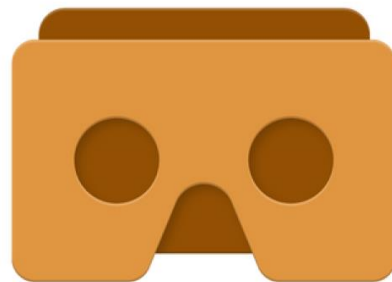
Fig. 1.2.1 - Appolo Guidance Computer [1]

La Fig. 1.2.1 est l'ordinateur embarqué de navigation et de pilotage installé dans les vaisseaux spatiaux des missions Appolo, il a été conçu par la société **MIT Instrumentation Laboratory**.

- La réalité virtuelle :



(a)



(b)

Fig. 1.2.2 - (a) Casque de réalité virtuelle - (b) Application : Cardboard [2]

La réalité virtuelle est une technologie informatique qui **simule** la présence physique d'un utilisateur dans un environnement artificiellement généré par des **logiciels**. Il peut être utilisé sur **smartphone**, par exemple: **Cardboard** (Fig.1.2.2 (b)) est l'une des meilleures applications de réalité virtuelle, il suffit juste de mettre son smartphone dans un casque de réalité virtuelle pour profiter de cette technologie.

- Les robots humanoïdes



Fig. 1.2.3 - Robot Pepper [3]

Le robot **Pepper** est un robot humanoïde interactif développé par **Softbanks Robotics**. Il sait lire les émotions, ce qui fait de lui un assistant personnel idéal pour améliorer les relations client. Il est équipé d'une reconnaissance vocale, parle 15 langues différentes, de capteurs, de LEDs et de micros pour des interactions.



Fig. 1.2.4 - Robot Ameca [4]

Le robot **Ameca** est un robot humanoïde développé par **Engineered Arts**. Ameca est un robot qui est programmé à sourire et montrer d'autres **émotions humaines**. Ameca est nommé le robot humanoïde le plus réaliste au monde, ce robot dispose de 17 moteurs individuels et peut effectuer des mouvements de base.

3) La détection de visage

La détection de visage est une technique importante pour la reconnaissance de visage. Elle est la partie qui précède toutes les analyses du visage. Généralement, une capture peut contenir un visage et une zone en arrière-plan. La détection de visage ne doit que segmenter la zone du visage. Ce traitement est possible avec des images 2D, des données 3D ou une combinaison des deux.

Les premiers essais de la détection de visage datent des années 70 avec des méthodes à base d'heuristiques (une méthode qui fournit une solution mais pas optimale ou exacte, ce qui pose des problèmes). C'est environ 20 ans plus tard, en 1991 que Matthew Turk et Alex Pentland ont réussi pour la première fois à détecter un visage avec la méthode de statistique d'analyse en composantes principales (ACP) [5], qui s'applique sur une image 2D. Après une dizaine d'années, grâce à la méthode de Viola et Jones, la technologie dédiée à la détection de visage avança d'un grand pas. Leur méthode se base sur une détection d'objet dans une image numérique et permet de détecter des visages en temps-réel [6]. Cette méthode consiste à positionner un type de caractéristique sur un élément du visage se rapprochant le plus de l'élément cherché, par exemple le type (2) la Fig. 1.3.1 positionnée sur les yeux ou le type (3) avec la zone noire positionnée sur le nez. En 2002, Rainer Lienhart et Jochen Maydt ont introduit dans la méthode de Viola et Jones les caractéristiques orientées à 45°, ce qui augmenta l'efficacité. Sur la Fig. 1.3.3, nous avons un exemple d'application de la méthode Viola et Jones accompagnée de la proposition de Lienhart et Maydt.

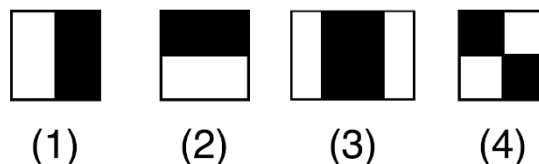


Fig. 1.3.1 - Premiers types de caractéristiques pseudo-Haar [6]

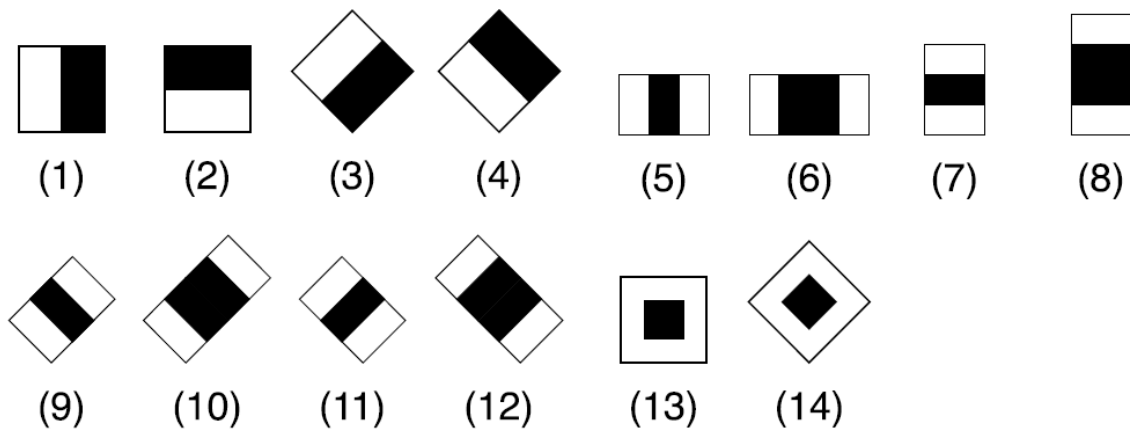


Fig. 1.3.2 - Types de caractéristiques pseudo-Haar par Lienhart et Maydt [7]

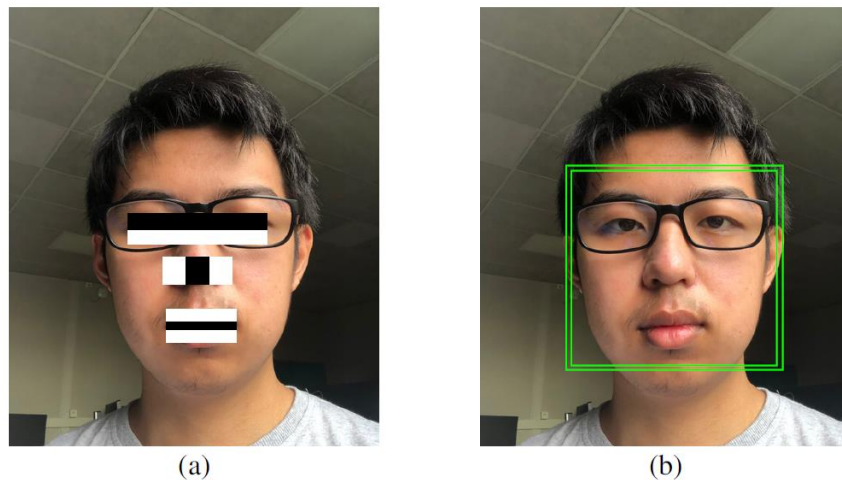


Fig. 1.3.3 - Exemple d'application des caractéristiques pseudo-Haar

La méthode est notamment utilisée dans la bibliothèque OpenCV, une bibliothèque adaptée pour le traitement de vidéo sur ordinateur.

4) La reconnaissance faciale

Derrière la reconnaissance faciale se cachent des technologies différentes. La reconnaissance faciale combine la biométrie et l'intelligence artificielle pour identifier une personne après comparaison et analyse des caractéristiques de son visage.

L'algorithme analyse différentes caractéristiques du visage, appelées des « Points nodaux » [8]. Parmi ces caractéristiques il y a :

1. La forme du visage,
2. L'écart des yeux,
3. L'écart séparant le nez des yeux et de la bouche,
4. La largeur de la mâchoire et la longueur du nez,
5. Deep learning
6. Arbres de décision
7. Etc...

Les dispositifs de reconnaissance de visage implémentés sur les smartphones s'appuient sur deux techniques différentes.

- La première porte sur une reconnaissance en 2D, mais, elle est assez facile à tromper avec une simple photo papier de la personne. Le recours au capteur de mouvement vient parfois parfaire le dispositif et éviter qu'il puisse être ainsi leurré.
- La seconde technique, appelée reconnaissance 3D, consiste à projeter des repères lumineux (jusqu'à 30 000 faisceaux sur le TrueDepth d'Apple) sur le visage de l'utilisateur. Puis à analyser leur déformation pour dresser une cartographie en trois dimensions, bien plus fiable qu'une empreinte 2D. Ces informations sont chiffrées et conservées sur le téléphone.

Il existe des projets Open Source permettant la détection et la reconnaissance faciale des individus :

- **OpenCV** est une bibliothèque utilisée pour effectuer le traitement d'images à l'aide de langages de programmation tels que *Python* ou *C++*. Ce projet utilise la bibliothèque OpenCV pour effectuer une détection de visage en temps réel en utilisant votre webcam comme caméra principale. Plusieurs grandes entreprises utilisent cette bibliothèque comme Google, Yahoo, Microsoft, Intel, IBM, Sony, Honda, Toyota qui utilisent la bibliothèque,
- **SimpleCV** est un framework open source pour la création d'applications de vision par ordinateur. Cependant, ce dernier est dérivé d'OpenCV et n'est disponible qu'en *Python*.
- La reconnaissance faciale sur smartphone :



Fig. 1.4.1 - Reconnaissance faciale smartphone - Intellectsoft

L'utilisation de la reconnaissance faciale prend beaucoup d'ampleur auprès des utilisateurs de smartphones et sur plusieurs types d'appareils. Elle permet de déverrouiller l'appareil en le plaçant tout simplement en face du visage.

La reconnaissance faciale sur les smartphones est une méthode de verrouillage moins sûre car il est possible d'utiliser une photo qui ressemble au visage de la personne.

- La reconnaissance faciale d'un robot de livraison de nourriture (Amy Food Delivery Robot [9]) :



Fig. 1.4.2 - Amy Food Delivery Robot - Alibaba

Ce robot fournit un service en tant que robot de bureau et de livraison. Il peut supporter jusqu'à 10kg de poids sur ses plateaux et est équipé de SLAM Tech, facilitant la navigation. Parfait pour les bureaux, les restaurants et les environnements promotionnels.

Il est donc capable de délivrer la nourriture à la bonne personne en reconnaissant son visage. Celui-ci possède également des expressions faciales LED, un écran tactile HD et est capable de retourner automatiquement au point de charge pour charger à un moment raisonnable.

- La reconnaissance faciale de la caméra RealSense de Intel [10] :

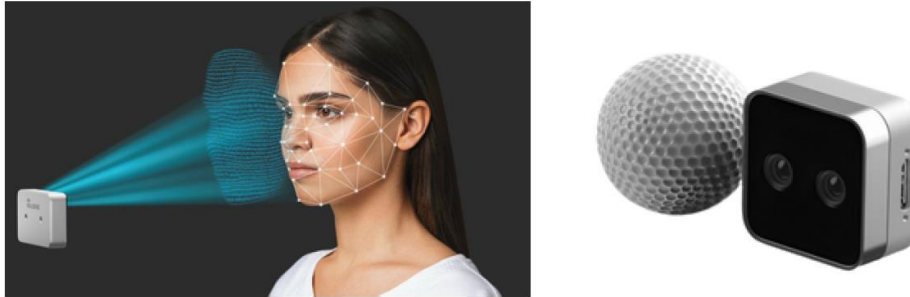


Fig. 1.4.3 - RealSense D406 - Intel

Intel a dévoilé en janvier 2020 **RealSense ID**, une version de sa caméra permettant d'authentifier de façon sécurisée des personnes par la reconnaissance faciale. Un outil qui peut fonctionner avec une serrure connectée, pour des contrôles d'accès, des points de vente, des distributeurs automatiques de billets...

RealSense est également utilisée au sein de drones ou de robots pour les aider à mieux percevoir leur environnement en 3D. Elle peut aussi servir pour l'authentification biométrique de Windows 10, ou aussi, pour des casques de réalité virtuelle ou augmentée.

- La reconnaissance faciale d'un robot de Police (HP Robocop [11]) :



Fig. 1.4.4 - HP Robocop - Creapills

Un robot policier dans la ville de Huntington Park en Californie est capable de surveiller les lieux, les rues de cette ville et repérer les criminels et gangsters. En effet, il a été défini que la charge de travail des policiers était trop élevée et ne les permettait pas de surveiller l'ensemble des lieux. Ce robot est capable de détecter les criminels à l'aide de caméras filmant à 360° dont les enregistrements sont envoyés au poste de police de la ville. Il est également équipé de dispositifs censés l'aider à dissuader quiconque voudrait commettre une infraction.

5) Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des méthodes de détection du visage, les différents conceptions de la reconnaissance faciale et les différents types d'interaction Homme-machine présents sur le marché. Dans un premier temps, nous avons présenté une chronologie de la détection faciale, avec plusieurs méthodes de détection, comme la méthode de statistique d'analyse en composantes principales (ACP) ou la méthode de Viola et Jones avec les types de caractéristiques pseudo-Haar avec la proposition de Lienhart et Maydt. Ensuite, nous avons présenté la méthode de reconnaissance faciale en 2D et 3D, qui se base sur des points nodaux, les bibliothèques existants qui reprennent certaines méthodes de la première partie pour la détection de visage, comme OpenCV et les différents types de robots déjà existants sur le marché. Enfin, nous avons présenté les différents types d'interaction Homme-machine sur plusieurs domaines différents comme l'ordinateur embarqué dans la fusée Appolo, la réalité virtuelle ou des robots humanoïdes socialement interactif avec une multitude de langues comme Pepper ou encore Ameca.

Dans le cadre de notre projet, nous envisageons à nous inspirer de l'interaction du robot Pepper, mais depuis un écran tactile intégré. Il sera également équipé d'un détecteur de visage accompagné d'une reconnaissance faciale du visage d'une personne préalablement enregistré pour pouvoir transmettre les informations, programmé avec la bibliothèque OpenCV.

État de l'art d'une base motorisée

1) Introduction

Shakey est le premier robot mobile autonome. Il fut développé à la fin des années 1960 et a eu un grand impact sur le monde de la robotique, l'intelligence artificielle et l'informatique en général. Il fut créé dans l'objectif de capter les informations du monde extérieur et d'adapter son comportement en conséquence. Pour cela, il devait être mobile. Ainsi, son corps est constitué d'un immense ordinateur reposant sur une plateforme à roulette. Depuis, les technologies ont beaucoup évolué mais encore aujourd'hui, un robot devient mobile grâce à une base motorisée qui lui permet de se déplacer. Celle-ci est réalisée en fonction du type d'environnement sur lequel le robot va agir.

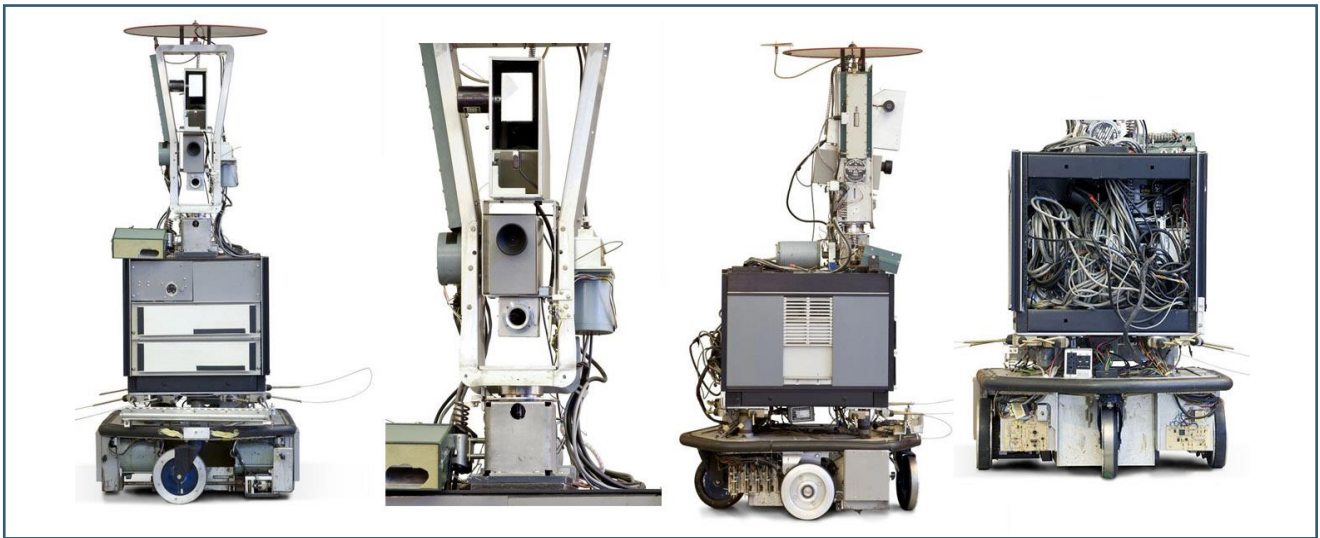


Fig 2.1.1 : Shakey

Quelle base mobile serait la plus adaptée pour la fonction de notre robot ?

Dans le cadre de notre projet, le robot doit transporter des composants électroniques légers dans plusieurs salles sur un étage au sein de l'établissement. Il s'agit d'un robot mobile et autonome, il devra donc se repérer et se déplacer vers une zone précise imposée par l'utilisateur. Pour la conception de notre base mobile, il faudra d'abord déterminer quel aspect physique serait le plus adapté à son environnement (ici l'étage de l'établissement), comme les dimensions, les types de roues, les matériaux, etc... Puis nous étudierons le système de navigation, de déplacement et de détection d'obstacles avec la programmation et différents capteurs.

2) Les caractéristiques de la robotique mobile et ses domaines d'utilisation

Par définition, un robot est dit autonome lorsqu'il exécute les comportements ou tâches qui lui sont assignées avec un degré élevé d'indépendance. Dans le cas d'une base mobile, on juge l'autonomie d'un robot par sa capacité à se déplacer sans guidage physique ou électromécanique d'un individu humain. Il a la possibilité de bouger dans son environnement sans être attaché à un endroit physique.

Attention, « autonome » ne veut pas dire « mobile ». Les robots industriels, par exemple, sont généralement plus ou moins stationnaires, composés d'un bras articulé (manipulateur multi-liaisons) et d'une unité de préhension fixée sur une surface qui ne bouge pas ou peu, mais ils exécutent leur tâche sans intervention humaine (voir Fig 1.2.1 ci-dessous).



Fig 2.2.1 : Les robots industriels

Les robots mobiles autonomes peuvent faire appel à des dispositifs de guidage qui leur permettent de naviguer sur une route prédéfinie d'un environnement. À l'aide de divers capteurs, ils peuvent analyser l'environnement et s'adapter à celui-ci afin d'éviter divers obstacles, ce qui limite le risque de collision. Couplé à un programme informatique, on peut demander aux robots de suivre un parcours précis et d'effectuer une série d'actions.

En guise d'exemple de la vie de tous les jours, nous pouvons mentionner les robots aspirateurs semi-autonomes, qui n'ont pas besoin d'intervention humaine contrairement aux aspirateurs ordinaires : ils suivent un programme leur permettant de se déplacer et d'éviter toute collision avec des objets tels que des meubles ou des marches d'escaliers.

Dans le secteur industriel et agricole, la robotique mobile est un élément majeur des usines et des fermes dites « intelligente ». Elle est particulièrement utilisée pour effectuer des transports de divers matériaux vers d'autres machines, des entrepôts, etc... Les avantages de son utilisation sont, entre autres, la réduction des coûts financiers sur le long terme, un gain de vitesse de production et une meilleure sécurité au travail : les tâches pénibles ne sont plus confiées aux humains, ceux-ci ne servant plus qu'à la maintenance et l'organisation.

Les moyens de transports deviennent automatiques comme les métros de la ligne 1 et 14 à Paris, ou encore les voitures de Tesla. Des robots mobiles apparaissent dans les hôpitaux, les écoles, les centres sociaux et même les foyers pour aider ou animer. Pendant la période de covid-19, on a vu de nombreux robots-livreur arriver dans les villes (principalement aux Etats-Unis). On passe alors de « machines commandées » à « robots mobiles autonomes ». La transition est en cours et il reste de nombreux domaines qu'il reste à automatiser mais l'humain est de moins en moins sollicité pour les tâches manuelles.

Au niveau militaire, la robotique mobile est utile dans la prévention contre le terrorisme et la protection civile : elle exécute des tâches dangereuses pour l'homme comme le désamorçage de mines, en mer (sous-marins) ou dans la reconnaissance (drones). À noter que les robots militaires terrestres sont généralement munis de roues en chenille pour se mouvoir en terrain accidenté. De plus, les sous-marins et les drones de combat n'ont plus besoins de cabine de pilotage. Ces exemples nous montrent que les robots mobiles sont créés en fonction de l'environnement dans lequel ils agissent et ne respectent plus les contraintes d'un corps humain comme la chaleur la pression...

3) Historique

1948-1949 : W. Gray Walter a fabriqué *Elmer* et *Elsie*, deux robots électroniques connu sous le nom de *Tortues de Bristol* du fait de leur forme similaire avec l'animal. Munis d'un détecteur de lumière, ces robots se dirigeaient vers une source lumineuse tout en évitant ou en déplaçant les obstacles sur leur route. Ces robots ont démontré qu'une conception simple pouvait donner un comportement complexe. [12]

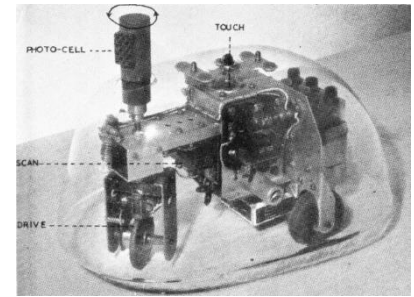


Fig 2.3.1 : Les tortues de Grey Walter



Fig 2.3.2 : Johns Hopkins MOD II

Années 1960 : L'Université Johns Hopkins a développé *Johns Hopkins Beast*, un automate mobile.

Son déplacement se faisait par le biais d'un sonar et de capteurs de lumière et il était capable de se brancher à une prise par lui-même pour se recharger. [13]

1969 : *Mowbot* est le tout premier robot à tondre la pelouse sans guidage électromagnétique. Elle se déplace aléatoirement sur la pelouse puis tourne lors du contact avec le câble périmétrique. [14]



Fig 2.3.3 : Pub pour Mowbot en 1969

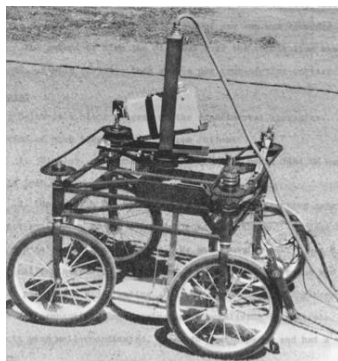


Fig 2.3.4 : Stanford Cart en 1961

1960-1980 : *Stanford Cart*, un robot capable de se déplacer en suivant une ligne blanche. Le dispositif lui permettant de la voir était une caméra, et les calculs étaient effectués par un grand ordinateur central lié au robot via des ondes radios. [15]

1996 : Le tout premier robot aspirateur complètement autonome a été développé par Electrolux, le *Electrolux Trilobite*. Muni de capteurs à ultrasons (et à infrarouges au deuxième modèle), il identifie les différentes pièces du domicile et évite les obstacles. Cependant, la détection peut échouer dans le cas où le robot avance vers un coin pointu, ne reflétant pas les ondes émises vers lui. [16]



Fig 2.3.5 : *Electrolux Trilobite*



Fig 2.3.6 : *BigDog*

2005 : Pour transporter des charges lourdes sur des terrains accidentés ou bosselé, Boston Dynamics a développé *BigDog*, un robot quadrupède ressemblant à un chien. Capable de grimper des pentes de jusqu'à 35° d'inclinaison et de marcher jusqu'à une allure de 6,4 km/h, *BigDog* avait pour objectif de porter jusqu'à 150kg de matériel sur des terrains trop irréguliers pour des véhicules à roues. [17]

2016 : *MARCBot* est un robot militaire se consacrant à l'aide des soldats américains notamment à la guerre d'Irak et la guerre en Afghanistan. Peu cher, son utilité première est l'inspection d'objets suspects (souvent explosifs) pour préserver les soldats de tout risque. Il est également équipé d'une caméra surélevée pour vérifier la présence d'ennemis derrière les murs. [18]

Il a également servi à éliminer un tireur d'élite ayant commis 5 meurtres de policiers à Dallas au Texas. [19]



Fig 2.3.7 : *Modèle 3D de MARCBot*

4) Les différents scénarios envisageables

Pour la conception de notre projet de notre base mobile, trois possibilités s'offrent à nous :

- Dans le cas d'un scénario simple et basique, le robot se déplacera sur une ligne : il se met en route une fois posé sur la ligne motrice et s'arrête au bout de sa trajectoire. Ce scénario concerne les cas de robot dont la fonction est le déplacement sans condition.
- Pour un scénario plus avancé, le robot suit toujours une ligne mais évite les chocs pour préserver son intégrité. La mise en marche est commandée par un humain et le robot est capable d'aller et retour sur une même trajectoire sans intervention humain.
- Et enfin dans le cadre d'un scénario innovant le robot est capable de se déplacer librement sur toute la surface disponible, d'éviter les obstacles, de changer d'étage et n'a besoin de strictement aucune intervention humaine pour fonctionner même pour se recharger. Même sans intervention nécessaire, le robot reçoit des ordres d'humain qu'il exécute selon la demande.

Notre choix scénaristique se porte sur un mélange du scénario avancé et innovant. Le robot n'a besoin de se déplacer que dans les salles de travaux pratiques tous sur un même étage pour leur fournir le matériel commandé, et suit donc les mêmes trajectoires : le changement d'étage et le déplacement sur une surface ne sont donc pas nécessaires.

À la différence des robots industriels cartésiens, la base mobile doit pouvoir pivoter pour se diriger autrement que sur deux axes par conséquence de la nature obtus du couloir liant les salles et l'atelier des composants. On adoptera donc le guidage avec suivi de ligne.

Cependant, le système s'innove dans sa capacité à s'aiguillonner pour son trajet : en effet la ligne qui sert de trajectoire au robot relie plusieurs destinations entre elles, il doit donc pouvoir se repérer et se rendre d'une salle à une autre sans perte et sans intervention extérieure. Vu qu'il ne peut éviter les obstacles du fait de sa route prédéfinie, il est également équipé d'une alerte sonore pour prévenir l'arrêt de la machine.

5) Fonctionnement du suivi de ligne

Le suivi de ligne, malgré son concept simple, est assez répandu dans les systèmes électroniques actuels : elle sert pour certains robots industriels qui gèrent des charges lourdes, pour certains véhicules autonomes et même pour des tournois de robotique. Leur simplicité de réalisation, leur coût de fabrication et leur fiabilité mécanique en font un système idéal pour l'enseignement électronique en université. [20]

La fonction première est de suivre une ligne noire, qui se fera à l'aide d'un capteur infrarouge. Le capteur, constitué d'un émetteur infrarouge et d'un phototransistor, détectera la présence d'un obstacle de la couleur choisie (ici la ligne noire) grâce aux rayonnements infrarouges émis par l'émetteur et perçu par le phototransistor. Dans le cas où l'obstacle n'est pas de la couleur définie, l'émission ne sera pas réfléchi et le capteur délivrera le signal '0', dans le cas contraire ce sera '1'.

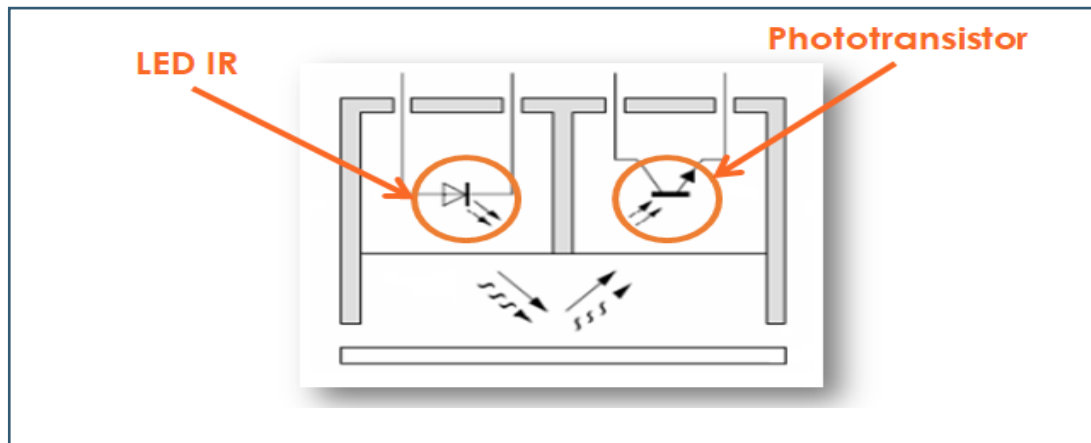


Fig 2.5.1 : Schéma du capteur infrarouge

Cependant un robot suiveur de ligne ne peut pas se contenter d'un unique capteur si son but est de suivre une trajectoire avec virages. En effet il doit s'équiper d'autres capteurs autour du capteur central pour lui permettre d'avancer et d'être guidé.

Avec l'aide d'un programme Arduino, les capteurs du robot agiront sur son moteur en conséquence :

- Si le capteur central est le seul à détecter la ligne, le robot avancera simplement ;
- Si le capteur à droite détecte la ligne, tout seul ou avec le capteur central, le robot tournera à droite pour se recentrer sur la ligne (de même pour le capteur de gauche) ;
- Si les trois capteurs détectent la ligne, le robot comprendra qu'il est arrivé et s'arrêtera.

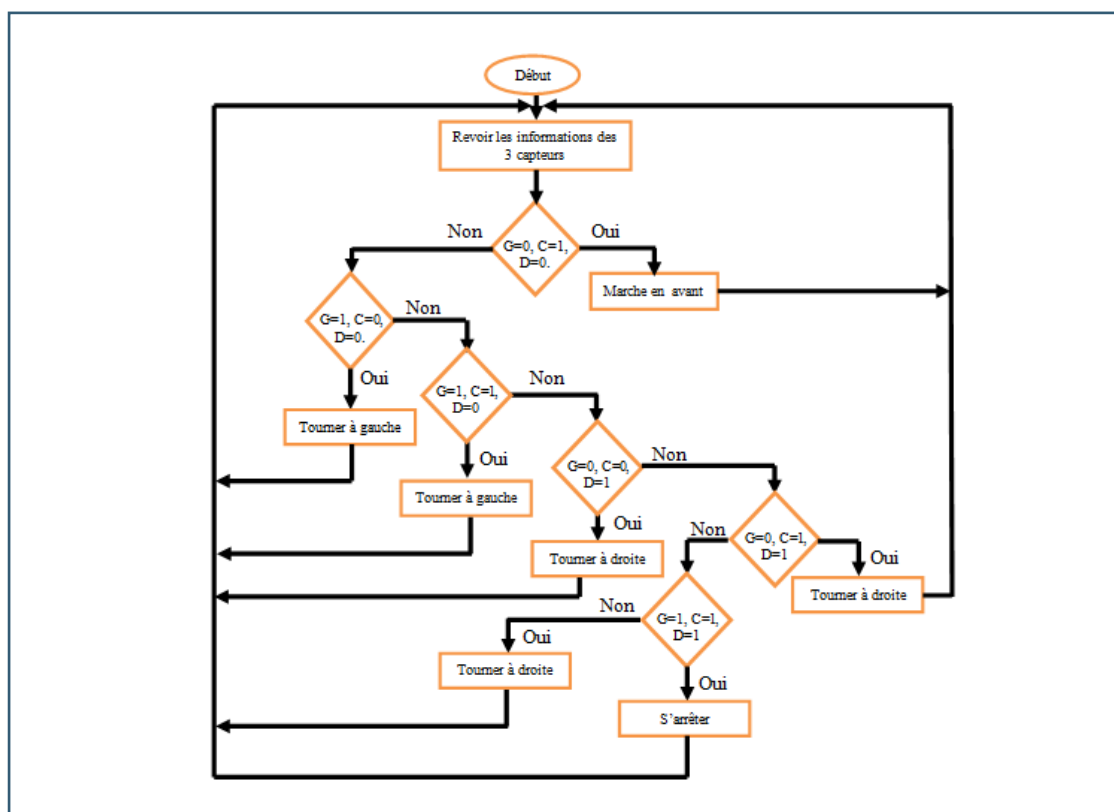


Fig 2.5.2 : Organigramme type d'un robot suiveur de ligne

6) Conclusion

Les modèles de base mobile sont nombreux : dans un contexte militaire les chenilles sont adoptées pour correspondre au terrain, les roues classiques sont plus communes sur terrain plat et certains robots se déplacent même sur deux pieds pour simuler un déplacement humanoïde.

Dans les cas de robots autonomes, des guidages sont également appliqués comme de l'intelligence artificielle ou la suivie de ligne. Elles permettent aux robots de gérer leurs déplacements en alliant efficacité et sécurité pour se dispenser d'interventions humaines. Cela fait maintenant des dizaines d'années que l'industrie robotique innove pour améliorer les machines de sorte à les rendre toujours plus intelligent.

Le suivi de ligne (trajectoires préétablies), la détection d'obstacles, la fonction de transport de matériels et la munition d'un bras mécanique rend *RosEyes* très apparent à un robot industriel qu'on aurait amélioré, innové. Étant donné que la surface de déplacement est plate, une base mobile équipée de roues simples avec le suivi de ligne serait la plus adaptée avec en complément un détecteur d'obstacle pour éviter les collisions entre un objet délaissé ou un élève.

État de l'art des bras robotiques

1) Introduction

De l'industrie manufacturière à l'industrie automobile, en passant par le domaine militaire, de la médecine et de l'éducatif, les bras robotiques ont permis de faciliter, d'optimiser et d'innover le travail dans plusieurs secteurs. Les bras robotiques, également appelés bras robotiques articulés, bras manipulateurs, ou même bras robotisés sont rapides, fiables et précis et peuvent être programmés pour effectuer un nombre infini de tâches dans des environnements variés.

Dans une optique d'innovation, au sein de notre établissement, comment un bras manipulateur monté sur base mobile permettrait-il d'améliorer le quotidien des étudiants en GEII ?

Il existe différents types de bras robotisé, et ils peuvent être classés et définis en fonction de certains aspects et facteurs tels que [21] :

- Le nombre d'axes : il en existe qui ne nécessitent que deux axes pour atteindre un point.
- Les degrés de liberté : certains bras peuvent être classés en fonction des degrés de liberté.
- L'application : Ils peuvent également être classés en fonction des tâches et applications qu'ils effectuent ou de leur domaine d'utilisation (tels que le domaine médical, le domaine automobile...).
- La précision : tous ceux-ci n'ont pas la même précision ; ceux qui ont une excellente précision sont classés comme des robots haut de gamme.
- La source d'alimentation : il existe généralement deux types de sources d'alimentation pour les robots, soit les moteurs électriques, soit l'hydraulique.

2) Les robots manipulateurs

Un bras manipulateur, quelle que soit la fonction qui lui est attribuée (transfert d'objet, soudage, assemblage), est un mécanisme capable de déplacer et de situer un objet appelé « organe terminal » ou « point outil » dans une partie de l'espace appelé « volume de travail » [22]. Un robot manipulateur se compose à plusieurs degrés de liberté, contrôlé automatiquement, reprogrammable et multitâche qui peut être fixe ou mobile pour une application d'automatisation.

Le robot manipulateur, se compose d'une structure mécanique animée par des actionneurs, à partir d'ordres élaborés par un calculateur (Arduino, Raspberry). Ces ordres dépendent des informations délivrées par les capteurs. L'utilisation de capteurs externes, capteurs « extéroceptifs », pour évaluer et mesurer l'interaction du robot avec l'environnement directement depuis son organe terminal devient une pratique de plus en plus courante dans les applications robotiques de haute précision.

Constituants d'un bras manipulateur

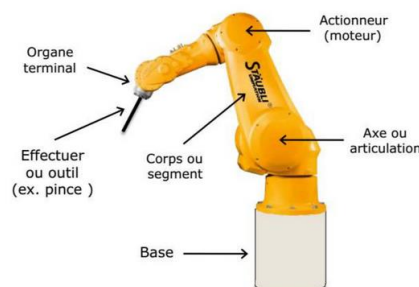


Figure 3.1

- **La base :** La base du manipulateur est fixée sur le lieu du travail. Ce qui est le cas de la quasi-totalité des robots industriels.
- **Élément porteur:** Il est composé d'un ensemble de corps souples ou rigides liés par des articulations, servant à déplacer l'organe terminal d'une configuration à une autre. Le porteur représente l'essentiel du système mécanique articulé (segment, articulation, actionneur, l'organe terminal), il a pour rôle d'amener l'organe terminal dans une situation donnée imposée par la tâche. Il est constitué de : segment, articulation, actionneur, l'organe terminal.
- **Organe terminal :** Désigne tout dispositif destiné soit à manipuler des objets comme les dispositifs de serrage (pinces à deux ou trois doigts), les dispositifs magnétiques ou à dépression (ventouse), soit à transformer (outils de découpe, torche de peinture, torche de soudage). Il s'agit d'une interface permettant au robot d'interagir avec son environnement.

Caractéristiques d'un bras manipulateur

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve. Voici quelques paramètres à prendre, éventuellement, en compte [22] :

- La charge maximale transportable (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables (en élongation maximum).
- L'architecture de la structure mécanique articulée. le choix est guidé par la tâche à réaliser.
- Le volume de travail, défini comme l'ensemble des points atteignables par l'organe terminal.
- Tous les mouvements ne sont pas possibles en tout point du volume de travail. L'espace de travail (reachable workspace), également appelé espace de travail maximal, est le volume de l'espace que le robot peut atteindre via au moins une orientation. L'espace de travail dextre est le volume de l'espace que le robot peut atteindre avec toutes les orientations possibles de l'effecteur (organe terminal). Cet espace de travail est un sous-ensemble de l'espace de travail maximal.
- Le positionnement absolu, correspondant à l'erreur entre un point souhaité (réel), défini par une position et une orientation dans l'espace cartésien et le point atteint est calculé via le modèle géométrique inverse du robot. Cette erreur est due au modèle utilisé, à la quantification de la mesure de position, à la flexibilité du système mécanique. En général, l'erreur de positionnement absolu, également appelée précision, est de l'ordre de 1mm.
- La répétabilité, ce paramètre caractérise la capacité que le robot à retourner vers un point (position, orientation) donné. la répétabilité correspond à l'erreur maximum de positionnement sur un point prédéfini dans le cas de trajectoires répétitives. En général, la répétabilité est de l'ordre de 0,1 mm
- La vitesse de déplacement (vitesse maximum en élongation maximum).
- La masse du robot.
- Le coût du robot.
- La maintenance, ...

3) Domaines d'application des bras robotisés :

Les bras robotiques dans le domaine industriel

Les robots sont intensivement utilisés dans le domaine de l'industrie, où ils effectuent des tâches répétitives ou dangereuses avec rigueur. Avec les progrès de la robotique, la technologie des robots industriels s'améliore et leur coût diminue [23].

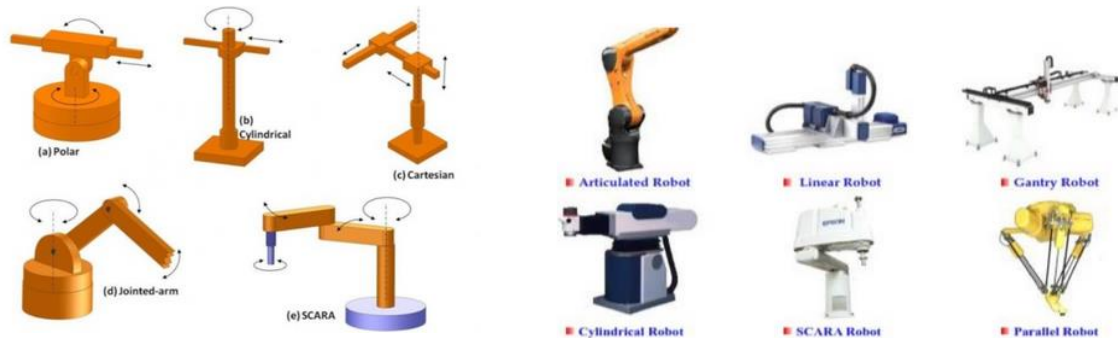


Figure 3.2 : les différents type de bras robotiques industriels

- **Le robot polaire ou à configuration sphérique (a) :** les mouvements de ce robot sont programmés grâce aux coordonnées sphériques par rapport à un autre système de référence. Il est utile notamment dans les processus de production de soudure au gaz, de moulage de métal ou de fraisage [24].
- **Le robot cylindrique (b) :** il possède des mouvements linéaires et rotatifs lui permettant de réaliser des opérations d'assemblage très complexes. Il est également utilisé pour la manipulation des machines de moulage sous pression ou de soudage par points [24].
- **Le robot cartésien (c) :** celui-ci ne peut se déplacer que transversalement. Il est surtout utilisé dans les opérations de pick and place et dans les opérations d'assemblage [24].
- **Le robot articulé (d) :** utilisé dans le secteur automobile, il est composé d'au minimum trois axes rotatifs qui lui sont utiles lors de procédés de fabrication très complexes. Il peut être utilisé pour la peinture au pistolet, par exemple [24].
- **Le robot Scara (e) :** acronyme de Selective Compliant Assembly Robot Arm, ce robot possède jusqu'à quatre niveaux de liberté. Sa flexibilité lui permet d'être rapide et simple par rapport aux autres types de robots (comme les cartésiens) [24].
- **Le robot parallèle (ou robot delta) :** sa plateforme mobile et ses axes rotatifs lui permettent d'effectuer une large variété de mouvements. Il est utilisé notamment pour la préparation de commandes, plus particulièrement pour les produits de faible volume [24].

Les bras robotiques dans le domaine médicale

Depuis les années 1980, la chirurgie est devenue un nouveau domaine d'application de la robotique. Ces robots chirurgicaux se distinguent des robots industriels par trois caractéristiques : ils doivent être sécurisés car ils travaillent au contact du patient et des chirurgiens, ils doivent pouvoir être stérilisés (ou au moins les composants qui entreront en contact du patient) et enfin, ils doivent pouvoir s'intégrer dans un bloc opératoire, c'est-à-dire qu'ils ne doivent pas être trop encombrants, ils doivent être faciles à mettre en œuvre et à maintenir [25][26].

Les premiers robots chirurgicaux étaient des robots industriels qui ont été adaptés afin de pouvoir être mis en œuvre en salle d'opération et sur lesquels des instruments conventionnels de chirurgie ont été adaptés. Ils étaient de simples robots sécurisés. On peut citer quelques dispositifs pionniers :

- Le robot Puma 260 est le premier robot chirurgical créé. Il a été utilisé en neurochirurgie sur une vingtaine de patients en 1985, à l'hôpital de Long Beach (Californie).
- Le robot Scara a été créé entre 1986 et 1989 grâce à la collaboration entre IBM Yorktown Heights et l'université de Californie à Davis. Ce dispositif a été créé pour la chirurgie orthopédique et c'est à partir de celui-ci qu'a été développé Robodoc. Commercialisé depuis 1992, il a effectué plusieurs milliers de poses de prothèse de hanche.
- Le robot Speedy est un robot développé par la société française AID. Il a été adapté en 1989 par le laboratoire T.I.M.C. (techniques de l'imagerie, de la modélisation et de la cognition) de Grenoble. Il servira en neurochirurgie stéréotaxique.
- Le robot Puma 560 en 1990, a permis à une équipe médicale d'Imperial College à Londres d'effectuer une ablation de la prostate.



Figure 3.4 : Robot Puma 260



Figure 3.5 : Robot Scara



Figure 3.6 : Robot DaVinci

Les bras robotiques dans le domaine militaire

Vers le début du 21ème siècle, lors des avancées technologiques majeures, de nouveaux robots ont été utilisés dans le contexte militaire, notamment pour des missions de déminage. Ces bras robotisés localisent les mines explosives et les neutralisent. Les mines terrestres font 26 000 victimes chaque année et afin de limiter le risque d'explosion, l'armée se sert de ces robots. Ils possèdent de nombreux avantages : très peu coûteux et facile d'utilisation, ils sont également très fiables. Ils utilisent une radiographie aux rayons X et détection de produits chimiques. Le bras quant à lui permet le transport des objets suspects ou du matériel de déminage [27].

Le premier robot militaire était le « goliath » utilisé par l'armée allemande durant la 2ème guerre mondiale. Il était monté sur des chenilles et contenait une masse d'explosifs capable de détruire un char, il était conçu pour être détruit après l'explosion.







Figure 3.7 Robot Goliath



Figure 3.8 Robot démineur de l'unité NEDEX (Neutralisation,

Benchmark des bras robotiques des différents domaines

Marque	FANUC	MECADEMIC	KINOVA	NIRYO
Domaine	Industriel	Industriel/Education	Médical	Education
Robot	M-900iB/280	MCS500	EON	Niryo Ned 2
Image				
Axe de rotation	6	4	6	6
Rayon d'action (en mm)	2 655	225	1 064	700

Les caractéristiques techniques des différents robots voir : FANUC [28], MECADeMIC [29] KINOVA [30], NIRYO [31].

4) Conclusion

Nous avons pu voir les principaux domaines dans lesquels les bras robotiques ont prouvé leur efficacité. De nos jours, ils font partie intégrante de notre quotidien, par-delà l'industrie, la médecine, la sécurité et tant d'autres.

Premièrement nous avons décrit le fonctionnement d'un bras mécanique et sa composition : la base, l'élément porteur et l'organe terminal. Dans le cadre de notre projet, nous souhaitons utiliser le bras mécanique à l'IUT, ce qui pourra aider à améliorer le quotidien des élèves et des professeurs. Notre bras permettra de récupérer des objets et les déposer à un autre endroit. Grâce à ses degrés de liberté, il pourra également contribuer à l'interaction Homme-machine car en effet, certains de ses mouvements peuvent permettre de saluer une personne qu'il croiserait à l'IUT.

État de l'art global

1) Introduction





Malgré le grand nombre de systèmes robotiques déjà existants munis d'une tête, d'un bras ou d'une base, rares sont les robots comprenant les trois à la fois. Cette statistique est due au fait que les tâches nécessitant tous ces modules sont peu communes : un micro-onde n'a pas besoin de tête, une cafetière n'a pas besoin de roue, par exemple.

Dans le cadre de notre projet, nous avons dans un premier temps une base mobile motorisée équipée de roues. Cette base est équipée de capteurs, afin d'améliorer l'efficacité de son déplacement. Sa conception se base également sur la principe ou la théorie fondamentale de la statique (PFS ou TFS) et de la dynamique (PFD ou TFD) [32], qui se base sur l'application des forces selon un ou plusieurs points d'appuis sur le sol, en étant statique ou mobile. Ensuite, nous avons un bras robotique articulé sur les axes (x, y, z) qui permet au robot de saisir des objets avec rapidité, fiabilité et avec précision dans un plan 3D [21]. Contrairement aux bras automatisés utilisés dans les usines de fabrication qui ont pour rôle de toujours réaliser la même tâche, notre bras doit s'adapter dans son environnement à l'aide de capteurs ou doit suivre les instructions de l'utilisateur, car elle doit effectuer des tâches selon une situation aléatoire. Enfin, nous avons une tête robotique équipée d'un détecteur de visage et d'une reconnaissance faciale [8] qui permet au robot de reconnaître le visage d'une personne préalablement enregistré dans un plan tridimensionnel à l'aide de la bibliothèque OpenCV qui se sert de la méthode des types de caractéristiques de Viola et Jones [6] et de la proposition de Lienhart et Maydt [7]. La tête robotique est la partie ayant pour rôle d'interagir avec l'Homme, car en effet, elle est équipée d'un écran tactile pour l'interaction Homme-machine. Nous pouvons alors nous poser la problématique suivante, comment l'assemblage de ces parties permet de concevoir un robot utile et innovant ?

Dans un premier temps nous présenterons les robots possédant base, tête et bras déjà existants et leur domaine d'utilisation. Ensuite nous décrirons notre scénario et l'innovation qu'on a apporté.

2) Domaines d'utilisation

Dans cette partie, nous allons comparer les robots déjà existants possédant une tête, une base et un bras mécanique. Ce tableau montre les différents robots présents dans des domaines divers tels que, le domaine médical et industriel. Ci-dessous nous précisons le nom de chaque robot, leur utilité (c'est-à-dire les actions qu'ils sont en mesure d'effectuer) et les points positifs et négatifs de chacun d'entre eux.

Marque	SOFTBANK	CSJBOT+	LuxAI et QTrobot	HONDA
Domaine	Médical	Industriel	Médical	Médical
Robot	Pepper [3]	CSJBOT [33]	QTrobot [34]	Asimo [35]
Image				
Action	Mime les émotions de gens. Parle plusieurs langues	Support technique	Aide les enfants autiste	Sert de démonstration pour observer ce que l'on pourrait faire avec un robot de ce niveau
Point positif / négatif	(+) : léger, mobilité accrue et peut parler plusieurs langues (-) : Faible autonomie, pas assez développé	(+) : multitâche selon le programme utilisé	(+) : jouer et communiquer avec des enfants avec eux, peut générer des expressions faciales grâce à son IA (-) : Faible autonomie, petite taille	(+) : il peut descendre des escaliers (-) : poids trop important (214 kg), ne peut que se déplacer

Comme nous pouvons le voir, parmi les 4 robots présentés, aucun d'entre eux n'est utilisé dans le milieu scolaire. Ils sont plus ou moins similaires par la forme : blancs, possèdent un écran et 2 bras sur les côtés. Les points négatifs pour deux d'entre eux sont communs : l'autonomie de la batterie, la taille et le poids sont également des facteurs pouvant poser problème. En effet, un robot trop lourd ne peut pas être déplacé manuellement, et un robot trop léger risque de ne pas être assez résistant, le poids et la taille du robot doit être équilibré et la batterie doit être choisie en fonction de la consommation énergétique de chaque composant. L'autre point commun de ces robots est la mobilité, ils se déplacent à l'aide d'une base mobile et un écran fait office de « tête ». Ils possèdent des IA permettant l'interaction Homme-machine.

3) Description du scénario et innovation apportée

Notre robot se porte sur un scénario mi-avancé avec une touche d'innovation : il se base sur une technologie de suivi de ligne classique avec détection d'obstacles mais le choix de la destination passe par l'homme. Il consistera à faire la passerelle entre les étudiants et le technicien de l'IUT afin de réduire le nombre de confusions possibles entre chaque transactions. Le transport des matériaux est effectué par le biais d'un bras mécanique pour simuler la saisie d'un objet par un humain, et sa tête reconnaîtra le fournisseur de matériau pour le saluer avec ce même bras. Plusieurs trajets sont prédéfinis pour le robot, chacun correspondant à une salle de TP, tous reliés à un même point de départ : la réserve de composant. Lorsqu'un élève ou un enseignant a besoin d'un composant ou d'un document lors de séances de TP ou pour des projets, il pourra transférer sa demande au robot. L'appareil affichera alors les composants demandés et relèvera son bras pour récupérer les composants demandés. Si pendant son chemin, il croise un obstacle, il s'arrêtera et enverra un signal d'alerte.

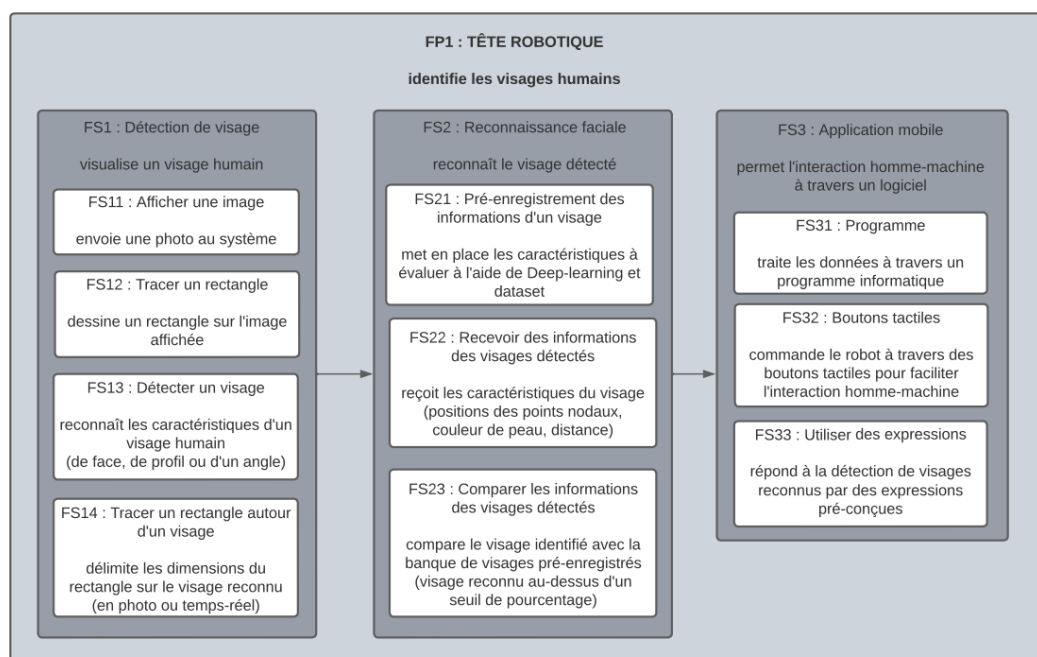
Après avoir mené des recherches et comparé les différents types de robots possédant une tête, un bras et une base mobile, nous sommes arrivés au scénario ci-dessus. Dans le but d'apporter de l'innovation à ce modèle de robot nous avons tout d'abord commencé par réfléchir à un domaine d'utilisation. La majorité des robots étant utilisés dans le domaine médical et industriel, nous avons choisi de rendre le nôtre utile au quotidien des étudiants et des professeurs de notre IUT. Il permet d'éviter les nombreux déplacements dans les couloirs qui, dans le contexte sanitaire actuel, permet de limiter les contacts et ainsi les risques de contamination. Le programme dont sera doté le robot permettra une interaction bidirectionnel avec les étudiants et le technicien : expressions du visage variant selon son activité, reconnaissance du technicien et salut avec des mouvement du bras robotique...

4) Conclusion

Après avoir traité indépendamment les trois différentes parties du robot, la réalisation de notre robot se fera à la suite de l'intégration de ces trois modules. Pour rappel la fonction de notre système est l'aide au transport de matériels au sein de l'établissement scolaire : il suivra des trajectoires prédéfinies, maintiendra les objets transportés et détectera les éventuels obstacles afin de ne pas les percuter. Dans cette partie nous avons tout d'abord introduit différents robots et les avons comparé selon leur utilisation, leurs points communs, qu'ils soient positifs ou bien négatifs. Ensuite, nous avons introduit notre scénario qui est principalement de transmettre une liste de composants au technicien de l'IUT et de les rapporter aux étudiants sans qu'ils n'aient à y aller d'eux-mêmes. et les innovations que nous lui avons apporté dont, l'interaction Homme-machine accompagnée d'une automatisation du robot.

Diagrammes fonctionnels

Diagramme fonctionnel de la tête



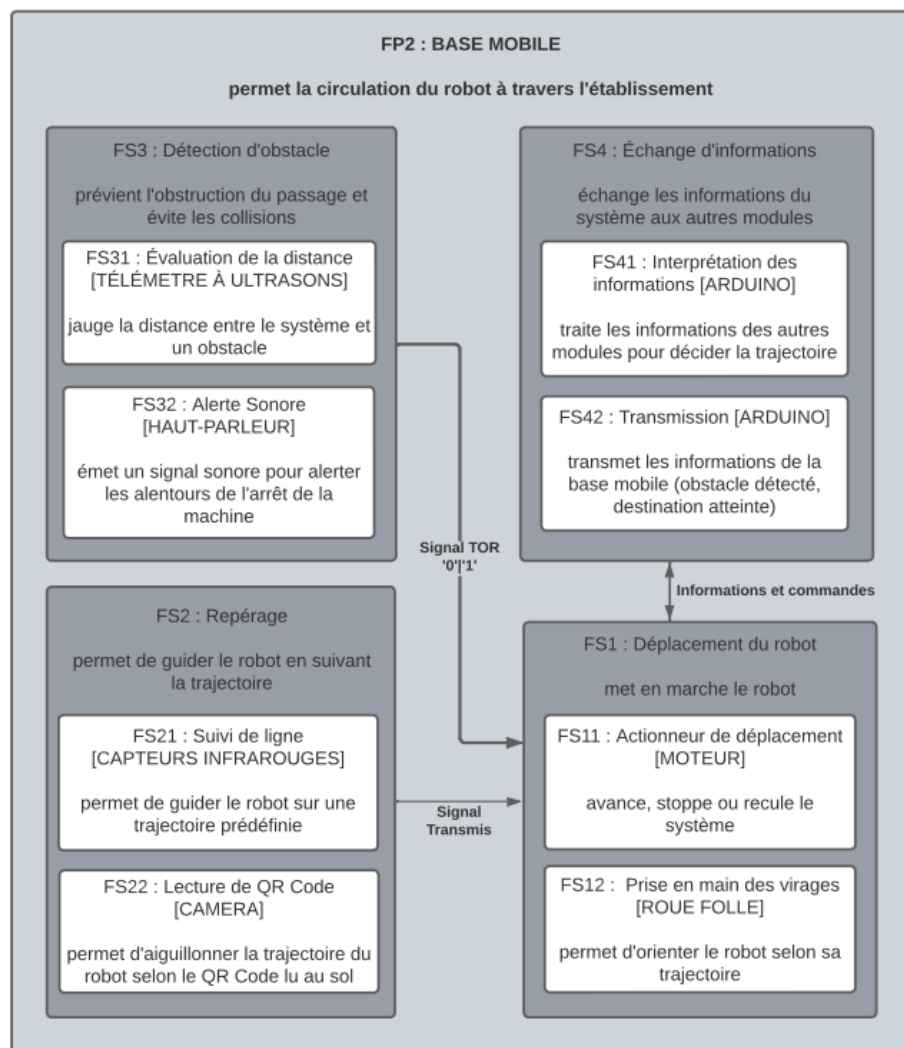
La partie de la tête robotique est composée en trois fonctions secondaires, la détection de visage, la reconnaissance faciale et l'application mobile.

Tout d'abord, la détection faciale permet de détecter des visages tout autour du robot et comporte 4 sous-fonctions, il y a FS11 pour l'affichage d'image, qui permet d'envoyer les images capturées par la webcam au système pour qu'il puisse la traiter. La sous-fonction FS12 permet de tracer un rectangle quelconque qui sert de prototypage pour la suite. La partie la plus importante de la FS1 est la FS13 qui permet de détecter un visage, grâce à plusieurs points clés, tels que la présence des yeux, du nez ou de la bouche positionnés sur des coordonnées précises. Et la FS14 qui reprend ce qu'a fait la FS12, mais cette fois-ci trace le rectangle autour du visage détecté, ainsi nous pouvons savoir si le visage est réellement détecté ou non. Cette sous-fonction nous sert de point de repère dans la détection de visage.

Ensuite, après la détection de visage vient la reconnaissance faciale, qui permet de reconnaître un visage que nous avons enregistré au préalable. Cette fonction est composée de 3 sous-fonctions. La FS21 permet de pré-enregistrer le visage d'une personne, la méthode utilisée est le deep learning du visage de la personne pour en faire un dataset de Kaggle. Pour compléter la fonction FS2, il y a la FS22 pour recevoir des informations des visages enregistrés. Cette sous-fonction permet de prélever des informations sur le visage de la personne détectée, en prenant en compte la distanciation des éléments clés d'un visage, c'est-à-dire les yeux, le nez ou la bouche. Ces informations collectées serviront alors à la FS23, qui compare le visage pré-enregistré et les informations collectées sur les personnes détectées. nous pouvons alors établir un seuil de compatibilité entre les deux visages et ainsi envoyer une information au reste des parties du robot pour informer que la personne à enregistrée au préalable est présent devant.

Enfin, la FS3 est l'application mobile permettant d'avoir une interaction Homme-machine. Cette fonction est implémentée dans un écran afin de traiter des données, comme les composants que les personnes souhaitent ou d'afficher des informations telles que le niveau de la batterie, les noms des composants tapées ou des expressions pré-enregistrées. La FS32 permet à l'interface d'avoir des boutons interactifs. Et la FS33 permet d'afficher les expressions, telles qu'un sourire lorsqu'un étudiant souhaite avoir un composant ou un visage triste si personne ne l'utilise au bout d'un certain temps.

Diagramme fonctionnel de la base mobile



La base mobile est composée de quatre fonctions secondaires pour permettre le mouvement du robot : le déplacement du robot, son repérage, la détection d'obstacle et l'échange d'informations.

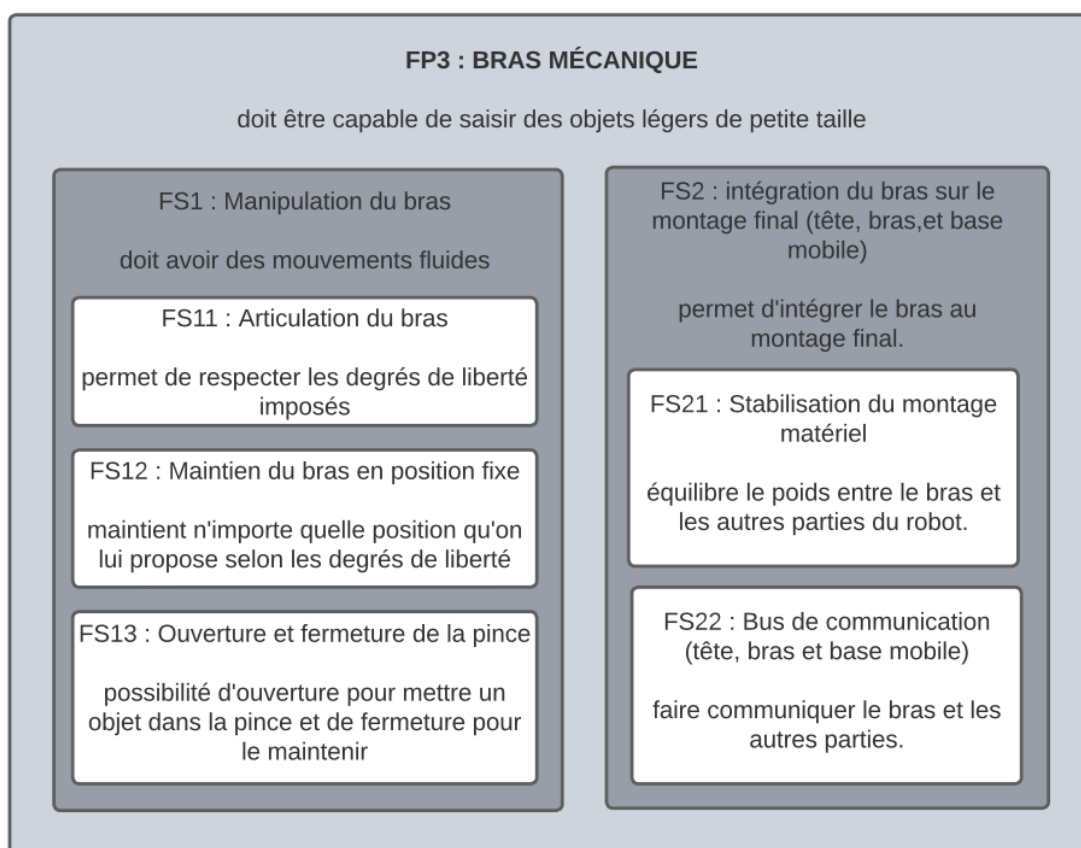
Premièrement, le déplacement du robot (FS1) se fait en deux sous-fonctions : l'actionneur de déplacement et la prise en main des virages. Un moteur s'occupe d'avancer, stopper ou reculer le robot (FS11) et une roue folle permet d'orienter sa trajectoire selon le guidage transmis (FS12) par le suivi de ligne (FS21).

Cependant, le déplacement du robot ne peut se faire sans le repérage (FS2) pour le guider. La sous-fonction suivi de ligne permet de diriger le robot sur une trajectoire prédéfinie, et une lecture de QR Code permet d'aiguillonner le robot sur les trajets disponibles selon la destination entrée par l'utilisateur (FS4).

En complément, la détection d'obstacle (FS3) permet de stopper le véhicule en cas d'obstacle détecté par le télémètre à sons (FS31) et d'alerter les alentours pour prévenir l'arrêt du robot (FS32). Un signal est envoyé au moteur pour le stopper à partir d'un certain seuil de distance.

Et enfin, la fonction d'échange d'informations (FS4) est là pour interpréter les données venant d'autres modules comme la tête et le bras (FS41) pour choisir la destination afin de mettre en place un QR Code d'aiguillage. La sous-fonction de transmission (FS42) est là pour informer les autres parties du robot de l'état de la base mobile (destination atteinte, obstacle détecté).

Diagramme fonctionnel du bras robotique



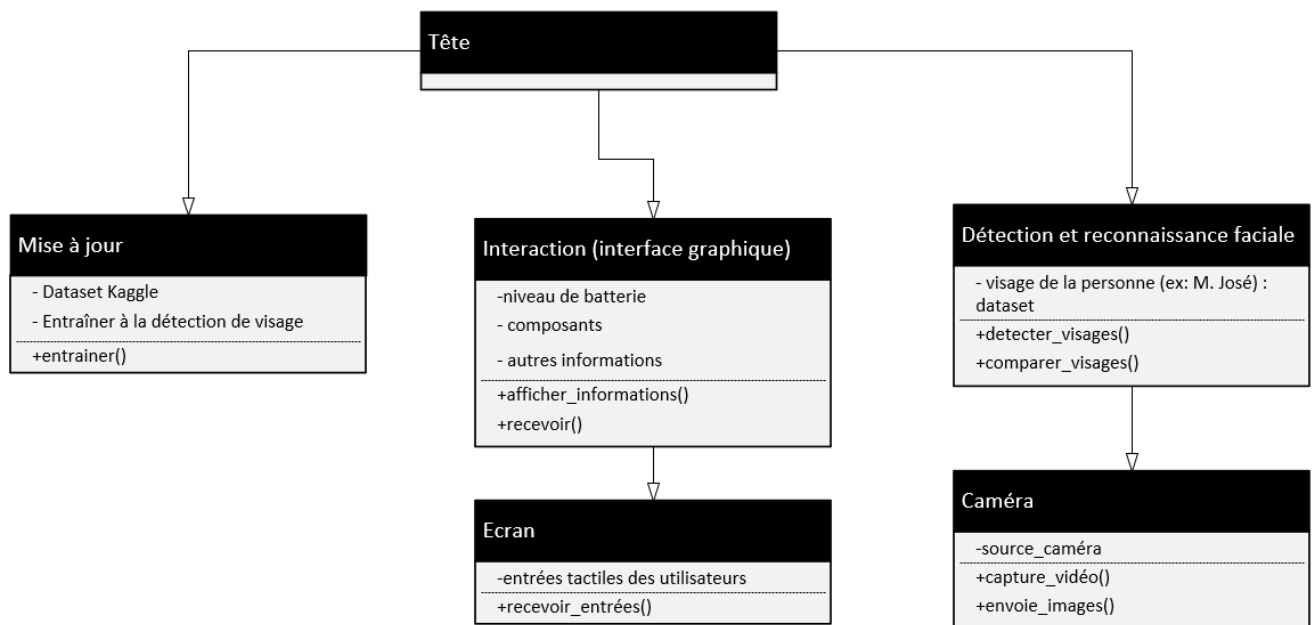
Le bras mécanique, quant à lui, ne possède que 2 fonctions secondaires.

Tout d'abord (FS1), qui est la fonction permettant la manipulation du bras, est composée de 3 sous-fonctions. La sous-fonction (FS11) nous permet d'articuler le bras mais sous une condition, ses degrés de libertés. En effet, comme nous avons pu le voir, chaque bras possède des degrés de libertés propres à lui-même. Nous devons prendre en compte ce facteur au moment de la programmation du bras robotique. (FS12) sert à garder le bras dans une même position fixe pendant un temps donné. Cette fonction évitera divers problèmes d'équilibres et pourra maintenir le bras dans une position initiale préalablement choisie. Dernièrement, (FS13) est une des fonctions les plus importantes pour le transport d'objets ou de composants car en effet, elle permet l'ouverture et la fermeture de la pince du bras. La pince permettra de tenir des objets dans la limite du poids supporté par le bras.

(FS2) est la fonction qui permet d'adapter le bras mécanique au reste du robot. Elle est composée de (FS21) qui équilibrera le poids pour éviter que le robot penche d'un côté. (FS22) est le bus de communication qui permettra au bras la transmission d'informations avec la base et la tête du robot.

Diagrammes de classe UML

Diagramme de classe UML de la tête



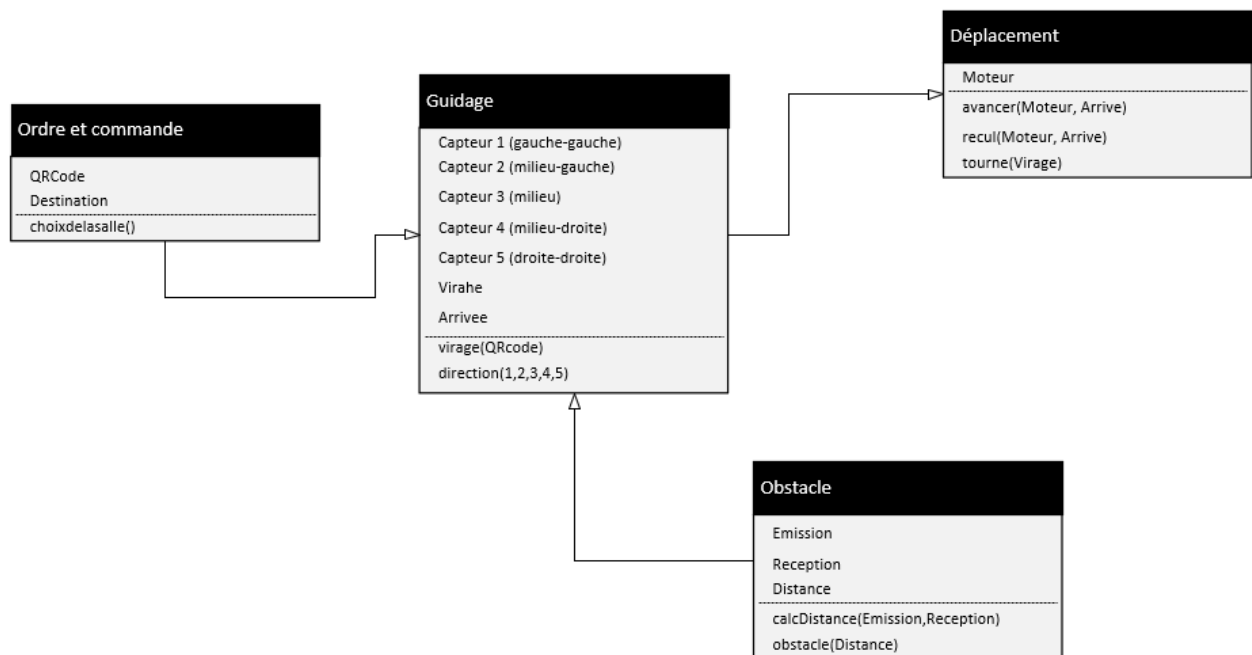
La tête robotique est divisée en 3 fonctions et 2 sous-fonctions englobant toutes les fonctionnalités de cette partie du robot.

Tout d'abord, la fonction mise à jour comporte le dataset Kaggle qui sert à entraîner et à collecter des données sur les visages, en se référant à des points nodaux ou la teinte de la peau.

Puis, l'interaction homme-machine, c'est-à-dire une interface graphique sert à afficher le niveau de batterie, des messages et d'envoyer et de recevoir des informations des autres parties du robot. Cette fonction comporte une sous-fonction qui se nomme écran, qui permet à l'utilisateur d'entrer des informations que le programme traite, à l'aide d'un écran tactile.

Et enfin, la détection et la reconnaissance faciale sert à détecter un visage à l'aide du dataset de la fonction mise à jour. Dans le cadre de notre projet, nous allons du deep learning avec le visage de M. José, ainsi, le programme pourra comparer les visages détectés par la caméra et le visage de M. José. Cette fonction comporte une sous-fonction qui est la caméra, qui permet de capturer plusieurs images par seconde et aussi permet à la détection de visage de fonctionner.

Diagramme de classe UML de la base mobile



La base mobile est composée de quatre classes pour permettre le mouvement du robot.

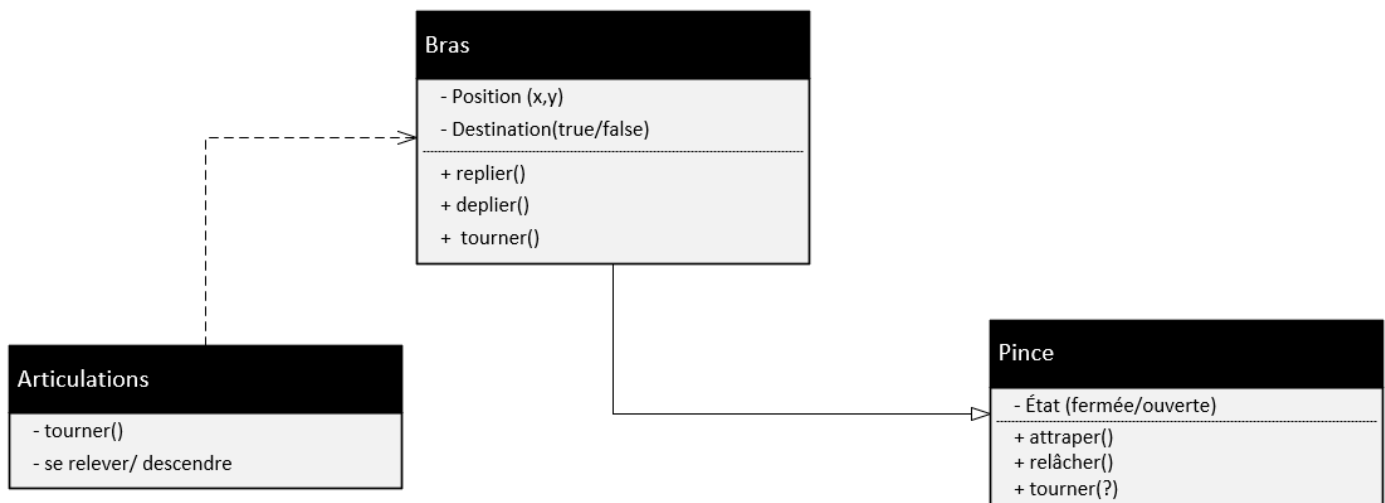
La classe **Ordre et commande** permet d'entrer une destination dans la variable `Destination` à travers la fonction `choixdelasalle()`. Selon la variable entrée, un QR Code est choisi dans une bibliothèque pour choisir les virages que le robot prendra.

Selon le QR Code en place, la classe **Guidage** oriente le robot avec sa fonction `direction(1, 2, 3, 4, 5)` et sa fonction `virage(QRcode)` : les capteurs permettent au robot de rester centré sur la ligne suivie et dans le cas où tous les capteurs s'activent, le robot se comprend à destination et s'arrête.

Grâce à cela, la classe **Déplacement** avance, recule et stoppe grâce la variable "Arrivee" et la variable "Virage" permet la rotation de la base mobile. Dans le cas où le robot est à destination le robot avance et recule simultanément, ce qui permet l'arrêt du robot.

Hors arrivé à destination, le robot ne s'arrête que si elle détecte un obstacle grâce à la classe **Obstacle** : par l'émission et réception des ondes ultrasoniques (quantifiées par des variables), une distance est calculée par la fonction `calcDistance(Emission, Reception)` et au-delà d'un certain seuil contrôlé par la fonction `obstacle(Distance)`, un signal TOR est émis pour stopper le système en forçant la variable "Arrivee" à True

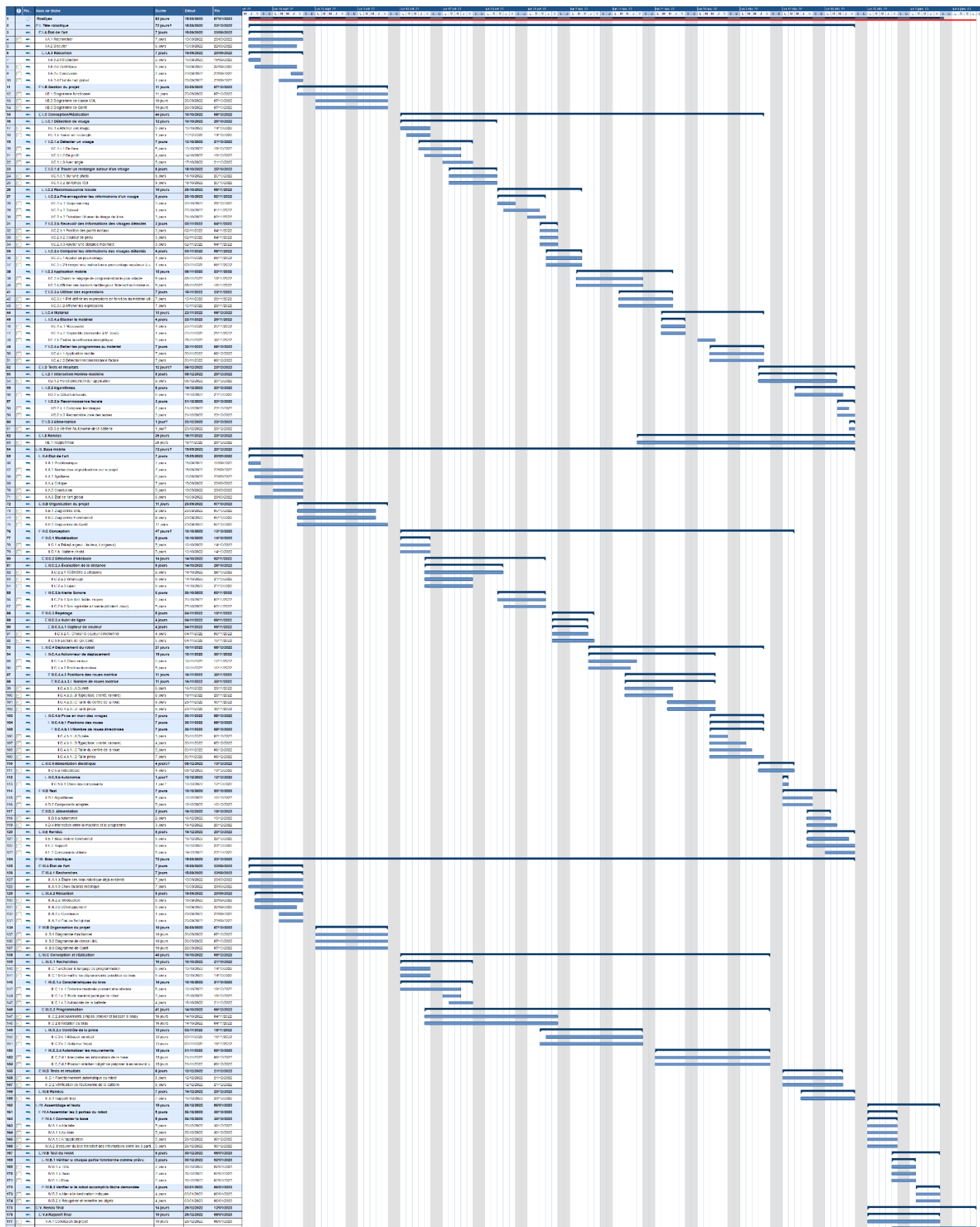
Diagramme de classe UML du bras robotique



Le bras ne possède que 2 classes, la classe « Bras » qui aura pour variables sa position x et y et une information booléenne qui indiquera si le robot est arrivé à destination ou non. Cette classe possède 3 fonctions qui dépendent du degré de liberté du bras utilisé. Le bras que l'on a retenu, possède assez de degrés de libertés pour replier, déplier et tourner le bras comme nous le souhaitons. Ces 3 fonctions font entrer en jeu les différentes articulations du bras.

La classe « Pince » possède seulement une variable qui indiquera au reste du robot si elle est fermée ou non via une information booléenne également (1 pour ouverte, 0 pour fermée). Elle a comme fonction d'attraper un objet, de le relâcher et de tourner (dans la mesure du possible et selon le degré de liberté) si besoin.

Diagramme de Gantt



Tête

La tête robotique se prolonge sur un total de 72 jours, composée de plusieurs parties.

Tout d'abord, il y a la partie rédactionnelle où il y aura l'état de l'art et l'état de l'art global où cela nécessite une recherche sur le sujet, sur les créations déjà existantes et une discussion pour partager les informations, à laquelle nous avons 7 jours pour rédiger et rendre un état de l'art.

Ensuite, la gestion du projet permet d'organiser les différentes tâches nécessaires pour la réalisation de la tête robotique avec le diagramme fonctionnel, le diagramme de classe UML et le diagramme de Gantt, où nous avons 11 jours pour finir de réaliser tous les diagrammes.

Puis, arrive la partie la plus importante du projet, la conception et la réalisation de la tête robotique. Cette partie comporte la détection faciale, qui doit être réalisée en 12 jours, la reconnaissance faciale qui doit se réaliser en 10 jours, l'application mobile en 12 jours et l'étude du matériel en 13 jours. La réalisation de cette partie doit être finie en 44 jours pour respecter le délai.

Après la réalisation viennent les tests et les résultats, qui résument la précédente partie, c'est-à-dire l'interaction Homme-machine, les algorithmes, la reconnaissance faciale et l'alimentation. Les tests doivent se faire en 12 jours.

Enfin, un rendu final est à rendre pour pouvoir suivre l'avancée du projet tout au long de ce dernier. Le rendu final se fait en parallèle au projet, donc dure 26 jours.

Base

Notre partie du projet consiste à s'occuper de la base de notre robot qui est mobile. Elle se divise en 5 grandes parties. Première étape : l'État de l'art qui consiste à répondre à une problématique en lien avec notre sujet afin d'y faire des recherches pour savoir, si éventuellement, notre projet existe et, si possible, comment le rendre innovant. Deuxième étape : l'Organisation du projet, cette phase nous permet de d'avoir un fil conducteur tout au long de notre projet pour découper et simplifier un maximum les tâches que nous aurons à faire. Le Diagramme UML, Fonctionnel et Gantt nous permettra de gérer au mieux notre temps sur chaque étape de la conception. Troisième étape : la Conception, ceci est la partie la plus manuelle de notre projet, dans cette phase nous allons modéliser une base pour y mettre tous les autres éléments dessus (Bras, Tête). Nous allons également réfléchir à comment le robot va se déplacer, détecter les objets et qu'elle sera la meilleure option pour une autonomie optimale. Quatrième étape : les tests, nous allons vérifier si les composants choisis conviennent et ainsi voir si l'algorithme fonctionne en corrélation avec les autres membres du robot mais aussi le monde physique puisque c'est le corps de notre projet. La dernière et cinquième étape sera le rendu final c'est-à-dire, rendre un robot fonctionnel avec la liste des composants utilisés ainsi que le rapport.

Bras

La réalisation du bras robotique s'étale sur environ 72 jours.

Tout d'abord, nous devons effectuer des recherches et discuter de l'utilité du bras dans le robot final. La réalisation de l'état de l'art est très importante car elle nous permet de savoir dans quels domaines les bras robotiques sont déjà utilisés et nous permettent de nous renseigner sur la façon dont ils sont conçus. Contrairement aux 2 autres parties nous n'avons pas besoin de modéliser le bras ou même de le fabriquer car nous avons pu nous en procurer un au sein de l'IUT. La plus grande étape du projet est la programmation du bras et s'assurer que le bras suive des mouvements bien précis que nous indiquerons préalablement. Après la programmation viendra la phase de tests, où nous testerons l'autonomie de la batterie, la fluidité des mouvements et également vérifier si l'échange d'informations se déroule comme prévu entre le bras et la base.

La dernière partie consiste à assembler le bras au reste du robot et la vérification globale du fonctionnement du robot. Suite à cela, un rapport final sera également rendu.

Bibliographie

- [1] David A. Mindell, "*Digital Apollo : Human and Machine in Spaceflight*", Cambridge (Mass.), MIT Press, 31 mai 2008.
- [2] Google Cultural Institut, "Cardboard", France, 25 Juin 2014.
- [3] Softbank Robotics, "*Pepper*", Japon, 5 Juin 2014.
- [4] Engineered Arts, "*Ameca*", Royaume-Uni , fin 2021.
- [5] Matthew Turk, Alex Pentland, "Journal of Cognitive Neuroscience", Volume 3, Issue [1] 1 : 71–86, 1991.
- [6] P. Viola et M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", In Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, volume 1, pages I–511–I–518 vol.1, 2001.
- [7] Rainer Lienhart et Jochen Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", In IEEE ICIP, USA, 2002.
- [8] Silicon.fr, "Les technologies de reconnaissance faciale", 19 octobre 2021.
- [9] Entreprise CSJBOT, "*Pangolin Robot Co. Ltd*", Jiangsu, China, 2006.
- [10] INTEL Corporation, "*Realsense Depth Camera D405* " USA, 6 janvier 2020.
- [11] Huntington Park Police Department , "*HP Robocop*" Californie (USA), 30 juin 2019.
- [12] Gizmodo, "The very first robot "brains" were made of old alarm clocks", 3 juillet 2012
- [13] "The Hopkins Beast", 1960
- [14] S Lawrence Bellinger, "Self-propelled random motion lawnmower", 1969
- [15] Stanford, "Stanford Cart", décembre 2012
- [16] The Pressroom, "Electrolux Unveils Prototype For Robot Vacuum Cleaner", 1 decembre 1997 [ARCHIVE]
- [17] Boston Dynamics, "The Most Advanced Quadruped Robot on Earth", juin 2006 [ARCHIVE]
- [18] Exponent, "MARCBot"
- [19] Lemonde, "Fusillade de Dallas : le suspect tué avec un « robot-bombe », une première aux Etats-Unis", 9 juillet 2016
- [20] Gootrio, "Réaliser un Robot suiveur de ligne avec une carte Arduino UNO"
- [21] Electromike, « Les bras robotiques »
- [22] « Ait Dahmane Kahina » et « Ait Ziane Meziane » ,« Conception et Réalisation d'un Bras Manipulateur Commandé par API »,projet fin d'étude de Master En Automatique des systèmes et production » ,Université de KHEMIS MILIANA 2014/2015
- [23] Mecalux, « Les bras robotiques industriels »

- [24] Online sciences, « Automation, Industrial Robots types & importance »
- [25] Sciences et Vie. Le siècle des robots. Hors-série n°247
- [26] Corbillon E, Poullié A-I. La chirurgie assistée par ordinateur - Rapport d'étape. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé; 2012 mai.
- [27] Universalis, « Robotique chirurgicale »
- [28] Robot mobile d'intervention TSR 200
- [29] « M-900iB/280 »
- [30] Mecademic, « Robot Scara »
- [31] « Kinova Robotics »
- [32] Isaac Newton, "Philosophiae naturalis principia mathematica", 1726
- [33] Direct Industry, "CSJBOT"
- [34] Research Luxembourg, « LuxAI and QTrobot »
- [35] Futura Sciences, « L'humanoïde Asimo de Honda »

Fig 2.1.1 : Robot Magazine, "L'homme, le mythe, la légende : Shakey le robot, le premier robot au monde basé sur l'IA"

Fig 2.2.1 : Niryo, "Les robots industriels"

Fig 2.3.1 : Thomas et Jérémy G, "1950 Les tortues de Grey Walter, premiers robots mobiles autonomes"

Fig 2.3.2 Cybernetic Zoo, "1962-5 – HOPKINS BEAST AUTONOMOUS ROBOT MOD II (WITH VISION) – JHU APL (AMERICAN)", 27 décembre 2009

Fig 2.3.3 : Etsy, "Original Mowbot Ad juillet 1969 maison beau Magazine"

Fig 2.3.4 : Stanford, "Stanford Cart", décembre 2012

Fig 2.3.5 : Les Numeriques, "Electrolux Trilobite"

Fig 2.3.6 : Boston Dynamics, "LEGACY ROBOTS"

Fig 2.3.7 : Turbosquid, "Marcbot modèle 3D"

Fig 2.5.1 : Gootrio, "Réaliser un Robot suiveur de ligne avec une carte Arduino UNO"