

# ROBOTIQUE

KELKOUL BAHIA

# Table des matières



<b>Objectifs</b>	3
<b>Introduction</b>	4
<b>I - Fiche de contact</b>	5
<b>II - Pré-requis recommandés</b>	6
<b>III - Chapitre 1 : Introduction à la robotique</b>	7
1. Définition d'un robot .....	7
2. Historique .....	7
3. Types de robots .....	12
3.1. 1. Robots manipulateurs .....	13
3.2. 2. Robots mobiles : .....	14
4. Constitution d'un robot manipulateur .....	15
5. Niveaux d'autonomie .....	17
6. L'adaptabilité à l'environnement domestique .....	17
<b>IV - Chapitre 2 : Généralités sur les robots</b>	18
1. Caractéristiques d'un robot .....	18
2. Programmation des robots .....	18
2.1. 1- L'apprentissage : .....	19
2.2. 2- La génération de trajectoires et les opérations à réaliser le long de ces trajectoires : .....	19
3. Les générations de robot .....	19
4. Les types de navigation d'un robot : .....	19
<b>V - Exercice :</b>	22
<b>Conclusion</b>	23
<b>Bibliographie</b>	24
<b>Webographie</b>	25

# Objectifs

Ce cours constitue une introduction au domaine de la Robotique .

- Au terme de ce cours, les étudiants doivent acquérir les bases théoriques sur la robotique et sa relation entre les autres disciplines .

- Avoir une idée sur l'histoire de la robotique et l'évolution des robots au cours des années précédentes.

\* Développer les connaissances des étudiants sur les caractéristiques d'un robot, les types des robots et leurs domaines d'applications ainsi que les éléments constituant un robot. , ainsi que la programmation des robots et ses types de navigation .

# Introduction



L'**automatique** et la **robotique** ne cessent d'évoluer grâce aux développements en informatique, traitement automatique du signal et mécatronique. Leurs champs d'applications, outre la production industrielle, s'étend désormais à des secteurs très variés tels que le transport, la santé, l'aide à la personne, l'énergie, la surveillance et l'intervention civile et militaire[1]\*.

La **robotique** peut être définie comme l'ensemble des techniques et études tendant à concevoir des systèmes mécaniques, informatiques ou mixtes, capables de se substituer (remplacer) à l'homme dans ses fonctions motrices, sensorielles et intellectuelles[2]\*.



# Fiche de contact



Enseignante : Mme KELKOUL BAHIA

Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Électrique et Électronique.

Laboratoire d'automatique.

e-mail : bahiakelkoul@yahoo.com

# Pré-requis recommandés



Les étudiants doivent posséder une solide base dans les domaines de l'automatique, et du traitement du signal, ainsi que des notions de base sur l'informatique, de la mécanique et de l'électronique.

# Chapitre 1 : Introduction à la robotique



La **robotique** est une science pluridisciplinaire qui requiert, notamment, des connaissances robotique en mécanique, automatique, électronique, électrotechnique, traitement du signal, communications, informatique [3]\*.

Un robot est un appareil automatique capable de manipuler des objets, ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable.

Souvent un robot est défini comme un manipulateur automatique à cycles programmables. Il est formé d'un processeur (ou un microcontrôleur), d'une mémoire et de périphériques. Ces derniers se divisent en périphériques de sortie, ou actionneurs, qui permettent au robot de se mouvoir et d'agir sur son environnement, et ses périphériques d'entrée, ou capteurs, qui lui permettent d'analyser cet environnement[1]\*,[2]\*\*.

## 1. Définition d'un robot

### *Définition d'un robot*

Un **robot** est un système mécanique de type manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent (i.e., à usages multiples), à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches[4]\*.

Il a souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment, un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances [4]\*.

Ces machines polyvalentes sont généralement étudiées pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel[3]\*.

## 2. Historique

Le terme de robot apparaît pour la première fois dans une pièce de Karel Capek en 1920 : Rossum's Universal Robots. Il vient du tchèque robota qui veut dire travail forcé. Il présente une vision des robots comme serveurs dociles et efficaces pour réaliser les tâches pénibles.

Les ancêtres des robots sont les automates. Un automate très évolué fut présenté par Jacques de Vaucanson en 1738 : il représentait un homme jouant d'un instrument de musique à vent. Jacques de Vaucanson créa également un automate représentant un canard mangeant et refoulant sa nourriture après ingestion de cette dernière[1]\*.



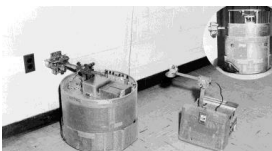
La TORTUE construite par Grey Walter dans les années 1950 est l'un des premiers robots mobiles autonomes. Elle est capable de se diriger vers une lumière, de s'arrêter face à des obstacles et de recharger ses batteries lorsqu'il arrive dans sa niche.



UNIMATE est le premier robot industriel créé. Il fut intégré aux lignes d'assemblage de Général Motors en 1961.



Dans les années 60, l'apparition du transistor va conduire à des robots plus complexes mais qui vont réaliser des tâches similaires. Le robot BEAST de l'université John Hopkins est capable de se déplacer au centre des couloirs en utilisant des capteurs ultrason, de chercher des prises électriques en utilisant des photodiodes et de s'y recharger.

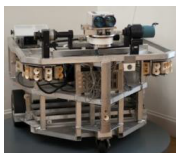


Les premiers liens entre la recherche en intelligence artificielle et la robotique apparaissent à Stanford en 1969 avec le robot SHAKEY qui utilise des télémètres à ultrason et une caméra et sert de plate-forme pour la recherche en intelligence artificielle[3]\*.



En France, le robot HILARE est le premier robot construit au LAAS, à Toulouse en 1977. Conçu pour se déplacer sur Mars donc sur un terrain accidenté AMBLER (1990) expérimenta la navigation en trois dimensions. Ce colosse mesurait 5 m de hauteur et possédait 6 pattes afin de franchir des terrains accidentés, des pentes et des fossés.





GHENGIS, développé en 1990 par le Massachusetts Institute of Technology, est un insecte mesurant 35 cm crée pour expérimenter la marche sur un terrain accidenté.



Le robot P2 (1,82 m, 210 kg), développé par HONDA en 1996, est le premier d'une famille de robots, imitant la marche humaine.



Le robot **NOMAD** fut conçu en 1998 pour naviguer dans les environnements extrêmes. Il a été financé par la NASA et envoyé en Antarctique, pour chasser les météorites martiennes. Le prochain objectif de NOMAD est la recherche de glace sur la Lune.



Le **Sony Dream Robot** ou SDR-3X (50 cm, 5kg), conçu en 2000, est le premier humanoïde à intégrer des capacités motrices et cognitives (perception et intégration sociale). Il peut marcher, danser, se tenir en équilibre sur un pied... Il dispose d'un système de reconnaissance vocale pour dialoguer en utilisant le langage courant et de processeurs dédiés pour percevoir les objets de couleur uniforme.



Les systèmes robotiques, n'ont cessés d'évoluer ces dernières années. Voici les derniers robots résultats de la recherche en robotique.

**TWENDY-ONE** (Department of Mechanical Engineering dans l'université de Waseda à Tokyo) démontre sa capacité à tenir des objets délicats. Ce robot très sophistiqué a été développé sous la notamment pour l'aide aux personnes âgées.



Le robot de la NASA nommé LEMUR (Limbed Excursion Mechanical Utility Robot) a été conçu pour être capable de construire, d'inspecter et d'entretenir des structures en orbite autour de la Terre. Une version réduite pourrait aider à la construction de grandes structures dans l'espace.



**DA VINCI** est un robot médical qui permet d'assister les chirurgiens lors des opérations. Il est vendu par l'entreprise américaine Intuitive Surgical. En avril 2011, elle indiquait que 1 750 exemplaires étaient en service dans le monde.



Le robot de sécurité T-34 arrête immédiatement le moindre intrus détecté. Il possède des capteurs qui réagissent à la chaleur du corps et au son. Le propriétaire peut voir les images en direct grâce à la caméra du robot et peut l'autoriser à projeter son filet.



Développé par SCom Japon, le robot **MY SPOON** a été spécialement conçu pour aider les personnes handicapées à prendre leur repas en utilisant un joystick qui est manipulable par la mâchoire, la main ou les pieds.



Un robot de sauvetage conçu par le département des sapeurs-pompiers de Tokyo qui permet d'éloigner une victime d'une zone à risque.



Le robot sous-marin **ROBOLOBSTER** a été conçu par biomimétisme. Il est destiné à être utilisé pour reconnaître les changements dans l'océan et à localiser les mines sous-marines.



Ce robot expérimental appelé RED permet la surveillance et l'exploration. Il dispose d'un équipement qui lui octroie une vision en trois dimensions. IL est destiné à l'exploration planétaire.



Un robot de sauvetage conçu par le département des sapeurs-pompiers de Tokyo qui permet d'éloigner une victime d'une zone à risque.

Le robot tout terrain ATHLETE (NASA) est capable de rouler sur des terrains très vallonnés et de « marcher » sur un terrain extrêmement accidenté. Même les pentes raides, pour leur future mission lunaire, ne devraient pas être un obstacle pour eux.



Les "ROBOTS AND PLAY" ont été fabriqués par Toyota Motor Corporation. Ils sont capables de jouer de la musique ensemble en toute harmonie.

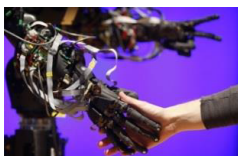
### WAKAMARU



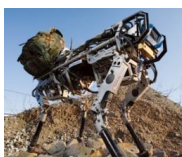
**WAKAMARU** est un robot domestique commercialisé par Mitsubishi Heavy Industry. Il dispose voix synthétique. Equipé d'un téléphone portable intégré, il peut, par exemple, appeler les secours si son maître a un problème. Il possède des systèmes de reconnaissance vocale et faciale. Il sait également prendre l'initiative de parler à la famille, en utilisant les informations qu'il a obtenues par observation en restant en contact avec la famille ou bien via son organisateur.



Le robot (Science Museum de Londres) est un humanoïde grandeur nature, spécialement **BERTI** réalisé pour imiter les gestes de l'homme



**BIGDOG** est un robot quadrupède (91 cm de long, 76 cm de haut et 110 kg) destiné à accompagner les soldats en leur transportant du matériel dans des terrains trop irréguliers pour les véhicules. Il peut également mener des opérations d'observation. Il utilise quatre pattes qui lui permettent de se mouvoir sur un sol impraticable (enneigés ou verglacés) pour des engins ou robots avec des roues.



**ROLLIN' JUSTIN** est un robot semi-humoïde de conception allemande. Il est équipé de deux bras rigides ainsi et de deux mains développées par KUKA lui permettant de manipuler des objets fragiles avec un contrôle absolu de ceux-ci. **ROLLIN' JUSTIN** est fixé sur un châssis à 4 roues de 360° de libertés qui lui permettent sur terre de se déplacer, mais son objectif reste la réparation des satellites en apesanteur.



Le prototype BINO3 est robot de sécurité à 4 « yeux » qui sont des objectifs grand-angle et qui permettent de suivre un sujet ou un intrus en douceur.



Le robot est un bébé phoque robotisé. Il peut apprendre son nom, réagir au toucher, émettre PARO des sons et bouger les nageoires, la queue, les sourcils... Il a été conçu pour aider les personnes âgées à lutter contre la solitude et à développer une communication et de l'interaction affective avec les humains. Son utilisation principale est animal de compagnie dans les maisons de retraite japonaise.



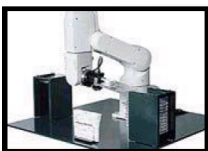
Le rover CURIOSITY a été développé par la NASA pour effectuer des prélèvements sur Mars et les étudier sur place. Pour son alimentation électrique, il utilise un générateur thermoélectrique à radioisotope qui remplace des panneaux solaires. Equipé de six roues d'un demi-mètre chacune, il est conçu pour parcourir 20 km et peut gravir des pentes de 45°.



### 3. Types de robots

On distingue deux grandes catégories de robots :

**1- Robots manipulateurs** : robots ancrés physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise ou répétitive.



**2- Robots mobiles** : robots capables de se déplacer dans un environnement. Ils sont équipés ou non de manipulateurs suivant leur utilisation.



### 3.1. 1. Robots manipulateurs

#### Définition

Un robot manipulateur est un bras articulé destiné principalement à la manipulation et doté d'un certain degré d'anthropomorphisme, ainsi que des possibilités élevées de programmation. Cette dernière propriété permet d'affecter le même robot à des tâches diverses.

Les principales motivations ayant conduit à l'utilisation des robots manipulateurs dans l'industrie, notamment automobile, sont la diminution des coûts de productions, l'amélioration de la qualité et de la reproductibilité des tâches. Un autre intérêt des robots manipulateurs est la tolérance à l'environnement. Ces robots peuvent être substitués à l'homme pour effectuer des tâches en ambiance polluée ou dans des environnements à haut risque tels que ceux rencontrés dans l'énergie nucléaire [2]\*.

Les principales caractéristiques d'un robot manipulateur sont :

précision ;

répétabilité : erreur maximale de positionnement répété de l'outil en tout point de son espace de travail ; vitesse maximale de translation ou de rotation de chaque axe ;

Accélération maximale pour chaque axe dans la configuration la plus défavorable (inertie maximale, charge maximale) ;

charge utile : charge maximale que peut porter le robot sans dégrader la répétabilité et les performances dynamiques[4]\*.

Des robots de complexité variable

**Automates** : Un automate est un dispositif se comportant de manière automatique, c'est-à-dire sans l'intervention d'un humain.

**Robots cognitifs** : le robot analyse son environnement et calcule la meilleure action à effectuer.

**Robots industriels** : Un robot industriel permet de maximiser une production en réalisant des tâches compliqués.



**Robots pour l'assistance médicale** : Un robot médical est un dispositif mécanique ou électronique qui est conçu pour aider les médecins et les chirurgiens dans leurs tâches diagnostiques ou thérapeutiques. Les robots médicaux peuvent être utilisés pour la chirurgie, l'imagerie, la thérapie physique et d'autres

applications médicales[2]\*.



## 3.2. 2. Robots mobiles :

### Définition

On regroupe sous l'appellation l'ensemble des robots à base mobile, par opposition robots mobiles notamment aux robots manipulateurs. L'usage veut néanmoins que l'on désigne le plus souvent par ce terme les robots mobiles à roues. Les autres robots mobiles sont en effet le plus souvent désignés par leur type de locomotion, qu'ils soient marcheurs, sous-marins ou aériens[3]\*.

#### **Robots explorateurs:**

Ils sont destinés à explorer des environnements où l'homme ne peut pas se rendre :

exploration d'autres planètes comme Mars.

exploration d'épaves ou de décombres : recherche de victimes lors de tremblements de terre, déminage de terrains, exploration de zones radioactives : entretien de réacteurs, de piscine de stockage, etc...



#### **Robots de service :**

Ils sont destinés à aider l'homme pour certaines tâches :

robots agricoles : Un robot agricole est un robot conçu pour accomplir certaines tâches dans le domaine de l'agriculture et de l'horticulture.



**Robots de transport de marchandises :** robots docker

**robots ménagers :** aspirateur, tondeuse.



**guide de musée :** cite de l'espace à Toulouse



**aide aux personnes :** personnes âgées ou ayant un handicap Laetitia Matignon

**Robots ludiques :** Un robot ludique est un robot conçu comme un jouet destiné aux loisirs individuels.



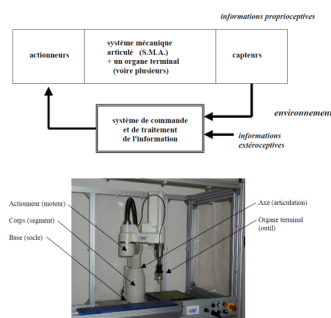
**Robot humanoïde :** Le premier-né de la famille Aldebaran s'appelle Nao, pèse 4,3 kg et mesure 58 cm.

Doté de jambes, bras et mains articulés ainsi que de nombreux capteurs (2 caméras, 4 microphones, des sonars, capteurs de pression, centrale inertielle, etc.), ce robot humanoïde mobile est doué de capacités cognitives lui permettant par exemple d'interagir avec un interlocuteur, d'attraper un objet, de comprendre plusieurs centaines d'ordres, de se relever quand il tombe, etc. Il a tout le potentiel d'un compagnon artificiel, dont il faut maintenant enrichir les comportements et usages, et pour cela est largement et facilement programmable pour ceux qui veulent participer à l'avènement des robots assistants personnels.



## 4. Constitution d'un robot manipulateur

On distingue classiquement 4 parties principales dans un robot manipulateur :



### 1- L'organe terminal :

on regroupe tout dispositif destiné à manipuler des objets (dispositifs de serrage, dispositifs magnétiques, à dépression, ...), ou à les transformer (outils, torche de soudage, pistolet de peinture, ...).

En d'autres termes, il s'agit d'une interface permettant au robot d'interagir avec son environnement. Un organe terminal peut être multi-fonctionnel, au sens où il peut être équipé de plusieurs dispositifs ayant des fonctionnalités différentes. Il peut aussi être mono-fonctionnel, mais interchangeable.

Un robot, peut-être multi-bras, chacun des bras portant un organe terminal différent [3] \*.

### 2- Le système mécanique articulé (S.M.A.) :

est un mécanisme ayant une structure plus ou moins proche de celle du bras humain. Il permet de remplacer, ou de prolonger, son action (le terme "manipulateur" exclut implicitement les robots mobiles autonomes). Son rôle est d'amener l'organe terminal dans une situation (position et orientation) donnée, selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données. Son architecture est une chaîne cinématique de corps, généralement rigides (ou supposés comme tels), assemblés par des liaisons appelées articulations. Sa motorisation est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes appropriés[4] \*.

### 3- L'articulation :

Une articulation lie deux corps successifs en limitant le nombre de degré de liberté de l'un par rapport à l'autre.

Soit  $m$  le nombre de degré de liberté résultant, encore appelé mobilité de l'articulation. La mobilité d'une articulation est telle que :

$$0 < m < 6 .$$

Lorsque  $m = 1$  ; ce qui est fréquemment le cas en robotique, l'articulation est dite simple : soit rotoïde, soit prismatique.

#### 3.1 Articulation rotoïde :

Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée R, réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour d'un axe qui leur est commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle autour de cet axe (voir la figure suivante).

#### 3.2 Articulation prismatique :

Il s'agit d'une articulation de type glissière, notée P, réduisant le mouvement entre deux corps à une translation le long d'un axe commun. La situation relative entre les deux corps est mesurée par la distance le long de cet axe (voir la figure suivante).

### 4- Les actionneurs :

Pour être animé, le système mécanique articulé S.M.A. comporte des moteurs le plus souvent avec des transmissions (courroies crantées munies des dents), l'ensemble constitue les actionneurs.

Les actionneurs utilisent fréquemment des moteurs électriques à aimant permanent, à courant continu, à commande par l'induit.

On trouve de plus en plus de moteurs à commutation électronique (sans balais), ou, pour de petits robots, des moteurs pas à pas.

Pour les robots devant manipuler de très lourdes charges (par exemple, une pelle mécanique), les actionneurs sont le plus souvent hydrauliques, agissant en translation (vérin hydraulique) ou en rotation (moteur hydraulique).

Les actionneurs pneumatiques sont d'un usage général pour les manipulateurs à cycles (robots tout ou rien). Un manipulateur à cycles est un S.M.A. avec un nombre limité de degrés de liberté permettant une succession de mouvements contrôlés uniquement par des capteurs de fin de course réglables manuellement à la course désirée (asservissement en position difficile dû à la compressibilité de l'air) [2]\*.

### 5- Les capteurs :

La perception permet de gérer les relations entre le robot et son environnement. Les organes de perception sont des capteurs dits proprioceptifs lorsqu'ils mesurent l'état interne du robot (positions et vitesses des articulations) et extéroceptifs lorsqu'ils recueillent des informations sur l'environnement (détection de présence, de contact, mesure de distance, vision artificielle).

### 6- La partie commande :

synthétise les consignes des asservissements pilotant les actionneurs, à partir de la fonction de perception et des ordres de l'utilisateur.

S'ajoutent à cela :

- L'interface homme-machine à travers laquelle l'utilisateur programme les tâches que le robot doit exécuter,



- Le poste de travail, ou l'environnement dans lequel évolue le robot [2] <sup>\*</sup> .

## 5. Niveaux d'autonomie

**1- Robots télécommandés** : aucune autonomie, les commandes sont envoyées au robot par l'utilisateur,

**2- Robots semi-autonomes** : l'utilisateur intervient en cas de panne ou de situations non-prévues,

**3- Robots totalement autonomes** : l'utilisateur n'intervient jamais.

## 6. L'adaptabilité à l'environnement domestique

La forme est pénalisante pour la mobilité. Faire marcher un robot à pattes est humanoïde une fonctionnalité complexe. Mais dans la mesure où les défis scientifiques liés à la marche humanoïde sont maîtrisés, ce qui est pratiquement le cas, le problème change totalement; il devient une question de «rendement de la marche», en termes de coût d'acquisition, de coût d'autonomie, mais aussi d'opportunités de la forme.

. L'utilisation du même moyen de locomotion que l'homme permet en principe l'adaptabilité parfaite du robot à tout type d'environnement domestique (escaliers, marches, etc.) et d'adaptabilité aux objets.

Acquérir un robot ne vous obligera pas à changer d'aspirateur, de meubles, d'ustensiles, ni à équiper vos escaliers d'un monte-charge[1] <sup>\*</sup> .

# Chapitre 2 : Généralités sur les robots

IV

## 1. Caractéristiques d'un robot

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve. Voici quelques paramètres robot à prendre, éventuellement, en compte : La charge maximum transportable (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables

L'architecture du Système mécanique articulé (S.M.A.) , le choix est guidé par la tâche à réaliser (quelle est la rigidité de la structure ? ).

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 (dextrous workspace) 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 et 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 1 mm.

La répétabilité, ce paramètre caractérise la capacité que le robot a 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 [2] \*.

En général, la répétabilité est de l'ordre de 0,1 mm.

La vitesse de déplacement (vitesse maximum en élongation maximum), accélération.

La masse du robot.

Le coût du robot.

La maintenance, ...

## 2. Programmation des robots

Classiquement, 2 étapes sont utilisées pour faire en sorte qu'un robot connaisse la tâche à exécuter.

## 2.1. 1- L'apprentissage :

- Enregistrement dans une mémoire de la trajectoire à exécuter, sous contrôle d'un opérateur humain,
- Pantin : Structure mécanique identique à celle du robot, qui est déplacée et qui mémorise les points "pertinents",
- Syntaxeur : Un manche de pilotage (joystick) commande les déplacements de l'organe terminal,
- Boîte à boutons : Un interrupteur par actionneur.

## 2.2. 2- La génération de trajectoires et les opérations à réaliser le long de ces trajectoires :

ce qui permet de définir la tâche à réaliser : On fait appel à un logiciel qui, à partir du modèle du robot, et des trajectoires à réaliser, élabore la succession des commandes des actionneurs.

Les langages de programmation les plus courants sont : WAVE, VAL (Unimate), LM (Hitachi) [4]\*.

## 3. Les générations de robot

On peut distinguer 3 générations de robots :

### 1. Le robot est passif :

Il est capable d'exécuter une tâche qui peut être complexe, mais de manière répétitive, il ne doit pas y avoir de modifications intempestives de l'environnement. L'auto-adaptativité est très faible. De nombreux robots sont encore de cette génération.

### 2. Le robot devient actif :

Il devient capable d'avoir une image de son environnement, et donc de choisir le bon comportement (sachant que les différentes configurations ont été prévues). Le robot peut se calibrer tout seul.

### 3. Le robot devient « intelligent » :

Le robot est capable d'établir des stratégies, ce qui fait appel à des capteurs sophistiqués, et souvent à l'intelligence artificielle [3]\*.

## 4. Les types de navigation d'un robot :

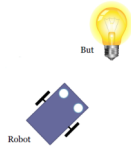
Les stratégies de navigation permettant à un robot mobile de se déplacer pour rejoindre stratégies de navigation un but sont extrêmement diverses.

Afin de situer les différentes méthodes de navigation que nous allons étudier dans un contexte général, nous reprenons ici une classification établie par Trullier et al. Cette classification a été établie en prenant en compte à la fois les stratégies des robots et des animaux. Elle présente l'avantage de distinguer les stratégies sans modèles internes et les stratégies avec modèle interne.

Cette classification comporte cinq catégories, de la plus simple à la plus complexe .

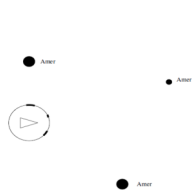
### 4.1. Approche d'un objet :

cette capacité de base permet de se diriger vers un objet visible depuis la position courante du robot. Elle est en général réalisée par une remontée de gradient basée sur la perception de l'objet, comme dans l'exemple célèbre des véhicules de Valentino Braitenberg qui utilisent deux capteurs de lumière pour atteindre ou fuir une source lumineuse. Cette stratégie utilise des actions réflexes, dans lesquelles chaque perception est directement associée à une action. C'est une stratégie locale, c'est-à-dire fonctionnelle uniquement dans la zone de l'environnement pour laquelle le but est visible [2] \*.



#### 4.2. Guidage :

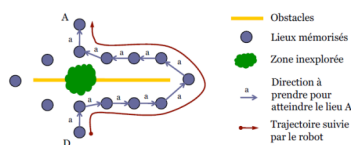
Cette capacité permet d'atteindre un but qui n'est pas un objet matériel directement visible, mais un point de l'espace caractérisé par la configuration spatiale d'un ensemble d'objets remarquables, ou amers, qui l'entourent ou qui en sont voisins. La stratégie de navigation, souvent une descente de gradient également, consiste alors à se diriger dans la direction qui permet de reproduire cette configuration. Cette capacité semble utilisée par certains insectes, comme les abeilles, et a été utilisée sur divers robots. Cette stratégie utilise également des actions réflexes et réalise une navigation locale qui requiert que les amers caractérisant le but soient visibles [4]\*.



#### 4.3. Action associée à un lieu :

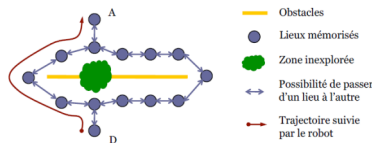
Cette capacité est la première capacité réalisant une navigation globale, c'est-à-dire qui permette de rejoindre un but depuis des positions pour lesquelles ce but ou les amers qui caractérisent son emplacement sont invisibles par exemple,

Elle requiert une représentation interne de l'environnement qui consiste à définir des lieux comme des zones de l'espace dans lesquelles les perceptions restent similaires, et à associer une action à effectuer à chacun de ces lieux (figure 2.1). L'enchaînement des actions associées à chacun des lieux reconnus définit une route qui permet de rejoindre le but. Ces modèles permettent donc une autonomie plus importante mais sont limités à un but fixé. Une route qui permet de rejoindre un but ne pourra en effet pas être utilisée pour rejoindre un but différent. Changer de but entraînera l'apprentissage d'une nouvelle route, indépendante des routes permettant de rejoindre les autres buts[4]\*.



#### 4.4. Navigation topologique (étude d'un lieu) :

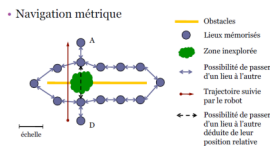
cette capacité est une extension de la précédente qui mémorise dans le modèle interne les relations spatiales entre les différents lieux. Ces relations indiquent la possibilité de se déplacer d'un lieu à un autre, mais ne sont plus associées à un but particulier. Ainsi le modèle interne est un graphe qui permet de calculer différents chemins entre deux lieux arbitraires. Ce modèle ne permet toutefois que la planification de déplacements parmi les lieux connus et suivant les chemins connus [2].



#### 4.5. Navigation métrique :

cette capacité est une extension de la précédente car elle permet au robot de planifier des chemins au sein de zones inexplorées de son environnement.

Elle mémorise pour cela les positions métriques relatives des différents lieux, en plus de la possibilité de passer de l'un à l'autre. Ces positions relatives permettent, par simple composition de vecteurs, de calculer une trajectoire allant d'un lieu à un autre, même si la possibilité de ce déplacement n'a pas été mémorisée sous forme d'un lien [4] \*.



#### Complément

Les modèles des trois premières catégories utilisent des actions réflexes pour guider le robot et se différencient essentiellement par le type de perceptions utilisées pour déclencher ces actions.

Ils se regroupent sous le terme générique de navigation réactive. Ils peuvent être très simple, ne nécessitent pas de modèle global de l'environnement mais ont un domaine d'application souvent restreint.

Dans le monde vivant, ces stratégies sont très répandues, notamment chez les insectes. Les comportements de ce type restent toutefois essentiels dans les robots modernes car, du fait de leur simplicité, ils sont généralement exécutés très rapidement et ils permettent de réaliser des tâches de bas-niveau, comme l'évitement des obstacles imprévus, essentielles à la sécurité d'un robot.

#### Remarque

Les modèles des deux dernières catégories autorisent pour leur part une navigation globale et permettent de rejoindre un but arbitraire au sein de l'environnement. Ils s'appuient pour cela sur un modèle interne du monde, une carte, qui supporte une planification. Ce modèle interne mémorise donc la structure spatiale de l'environnement, indépendamment d'un but précis. Chacune des positions mémorisées dans ce modèle interne peut alors être utilisée comme but par le processus de planification dont le rôle est de calculer une route vers ce but. Ce sont ces deux stratégies qui sont regroupées sous le terme de navigation par carte.

Une telle représentation interne est naturelle pour les êtres humains, pour lesquels des processus cognitifs de haut niveau sont utilisés pour créer et utiliser une carte. Ces processus de haut niveau sont toutefois très difficile à copier pour un robot réel qui ne dispose que de systèmes rudimentaires de perception et de traitement des informations en comparaison avec un homme.

# Exercice :



## Quels sont les types de navigations d'un robot

---

- 1. Approche d'un objet :** cette capacité de base permet de se diriger vers un objet visible depuis la position courante du robot.
- 2. Guidage :** Cette capacité permet d'atteindre un but qui n'est pas un objet matériel directement visible, mais un point de l'espace caractérisé par la configuration spatiale d'un ensemble d'objets remarquables, ou amers, qui l'entourent ou qui en sont voisins.
- 3. Action associée à un lieu :** Cette capacité est la première capacité réalisant une navigation globale, c'est-à-dire qui permette de rejoindre un but depuis des positions pour lesquelles ce but ou les amers qui caractérisent son emplacement sont invisibles par exemple,
- 4. Navigation topologique :** cette capacité est une extension de la précédente qui mémorise dans le modèle interne les relations spatiales entre les différents lieux.
- 5. Navigation métrique :** cette capacité est une extension de la précédente car elle permet au robot de planifier des chemins au sein de zones inexplorées de son environnement.

# Conclusion



La **robotique** consiste à implémenter des facultés artificielles de perception, de décision et robotique d'action dans une machine, afin de lui permettre de réaliser une plus grande variété de tâches.

Grâce à un savant mélange d'électronique, d'informatique, de mécanique, de mathématiques, d'intelligence artificielle, et d'automatique, la robotique a aujourd'hui bien

dépassé le stade de science-fiction, où elle était encore confinée il y a quelques décennies à peine.

Dans ces deux chapitres on s'est intéressé à présenter toutes les notions de base nécessaires à la compréhension de la robotique . Nous avons présenté les différents types des robots , les parties constituant un robot , ainsi que les différents types de navigation d'un robot.



# Bibliographie



[1] Cours de robotique, J. Gangloff, ENSPS, <http://hp2gra.u-strasbg.fr/library/teaching/robotics/>

[2] Modeling, Identification & Control of Robots, W. Khalil, E. Dombre, Hermes Penton Science 2002, 480 pages

[4] Cours de robotique, J.-L. Ferrier, DESS ASC

[5] Introduction to Robotics Mechanics and Control, 2th edition, John J. Craig, Addison-Wesley Publishing Company, 1989, 450 pages.



# Webographie



[3] [https://www.ensta-bretagne.fr/jaulin/mastersds\\_cours\\_robot\\_boimond.pdf](https://www.ensta-bretagne.fr/jaulin/mastersds_cours_robot_boimond.pdf)

