

I.1- INTRODUCTION

La robotique est un ensemble de disciplines techniques (mécanique, électronique, automatique, informatique) articulées autour d'un objectif et d'un objet communs. Cet objectif est l'automatisation flexible de nombreux secteurs de l'activité humaine réputés jusqu'à très récemment comme ne pouvant se passer de la présence de l'homme, et l'objet est le robot, sorte de machine universelle dont l'homme rêve depuis toujours (mais qui n'a pas encore la forme de ce rêve !). Historiquement, le terme «robot» a été introduit en 1920 par l'écrivain tchèque *Karel Čapek* dans sa pièce de théâtre *RUR (Rossum's Universal Robots)*. Ce terme, provenant du tchèque robot signifie «travail forcé », désigne à l'origine une machine androïde capable de remplacer l'être humain dans toutes ses tâches. Ensuite, dans les années quarante, les progrès de l'électronique permettent de miniaturiser les circuits électriques (inventions des transistors et circuits intégrés), ouvrant ainsi de nouvelles horizons à la fabrication de robots. Dans les premiers temps de la robotique, le robot est considéré comme une imitation de l'homme, aussi bien fonctionnelle que physique. Aujourd'hui, les constructeurs ne tentent plus de reproduire l'aspect humain sur un robot, privilégiant avant tout sa fonctionnalité. Actuellement, les robots sont très répandus dans le secteur industriel, notamment en construction automobile et chez la plupart des fabricants d'ordinateurs. Leurs capacités d'effectuer rapidement des travaux répétitifs ne cessent de croître. Ils sont notamment utilisés dans les chaînes de montage et de fabrication. On les emploie également dans des environnements difficilement supportables par l'homme caractérisés par des conditions extrêmes de température ou de pression, radioactivité élevée, etc... L'industrie du nucléaire a ainsi largement contribué au développement de la robotique, notamment dans la conception de bras télémanipulateurs.

Ce chapitre commencera par une généralité sur les robots ainsi que les différents types. Puis nous terminons par quelques applications.

I.2- DEFINITION[5]

La définition que l'on donne actuellement du robot industriel diffère quelque peu selon les pays.

Le Petit Larousse définit un robot comme étant un appareil automatique capable de manipuler des objets, ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable.

C'est au Japon que la définition est la plus vague. Où le rôle du robot y est essentiellement de servir d'intermédiaire entre l'homme et la machine. On le qualifie de :

« Tout mécanisme permettant d'effectuer, en tout ou en partie, une tâche normalement réalisée par l'homme ».

Le rôle du robot y est essentiellement de servir d'intermédiaire entre l'homme et la machine. Il permet de changer le système de production d'un système à interaction directe entre la machine et l'homme en un système où l'homme gère la machine par l'intermédiaire du robot. Le peu de précision de la définition japonaise du robot a une incidence immédiate sur les statistiques correspondantes : Le *JIRA (Japan Industrial Robot Association)* a recensé en 1981 77000 robots industriels dans l'industrie japonaise. Toutefois, plus de 50% de ces robots sont des manipulateurs à séquence fixe qui ne seraient pas recensés comme tels aux USA ou en France, où la définition d'un robot est beaucoup plus restrictive. La définition américaine du robot (*Robot Institute of America*) est beaucoup plus spécifique :

« Un robot est un manipulateur reprogrammable à fonctions multiples. Il est conçu pour déplacer des matériaux, des pièces, des outils ou des instruments spécialisés suivant des trajectoires variables programmées, en vue d'accomplir des tâches très diverses ».

C'est la définition de l'Association Française de Robotique Industrielle (*A.F.R.I.*) qui est la plus explicite, et aussi la plus proche de la technologie actuelle des robots :

« Un robot industriel est une machine formée de divers mécanismes comportant divers degrés de liberté, ayant souvent l'apparence d'un ou de plusieurs bras se terminant par un poignet capable de maintenir un outil, une pièce ou un instrument de contrôle. En particulier, son unité de contrôle doit contenir un système de mémorisation, et il peut parfois utiliser des accessoires sensitifs et adaptables qui tiennent compte de l'environnement et des circonstances. Ces machines, ayant un rôle pluridisciplinaire, sont généralement conçues pour effectuer des fonctions répétitives, mais sont adaptables à d'autres fonctions ».

En plus de la définition américaine, la définition française, du fait qu'elle envisage la perception de l'environnement par le robot, implique une certaine prise de décision. Elle annonce la génération des robots dits « intelligents ».

I.3- CONSTITUTS D'UN ROBOT[6]

La Figure I.1 représente les vocabulaires du robot :

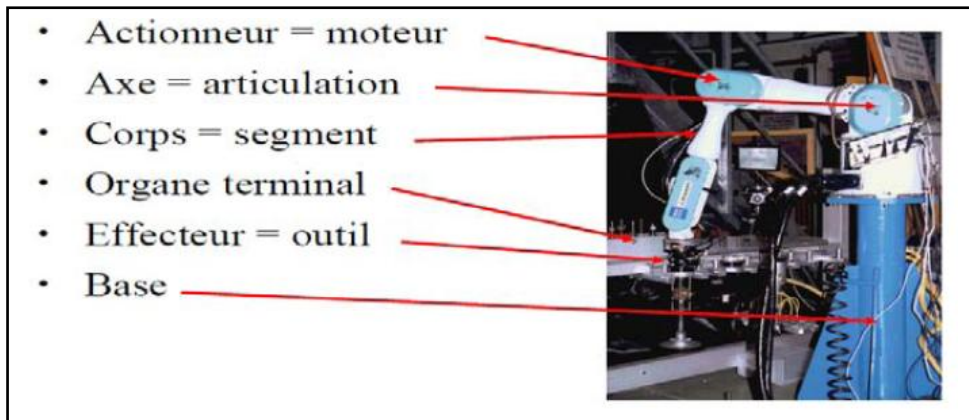


Figure I.1: vocabulaire du robot.

On distingue classiquement 4 parties principales dans un robot manipulateur :

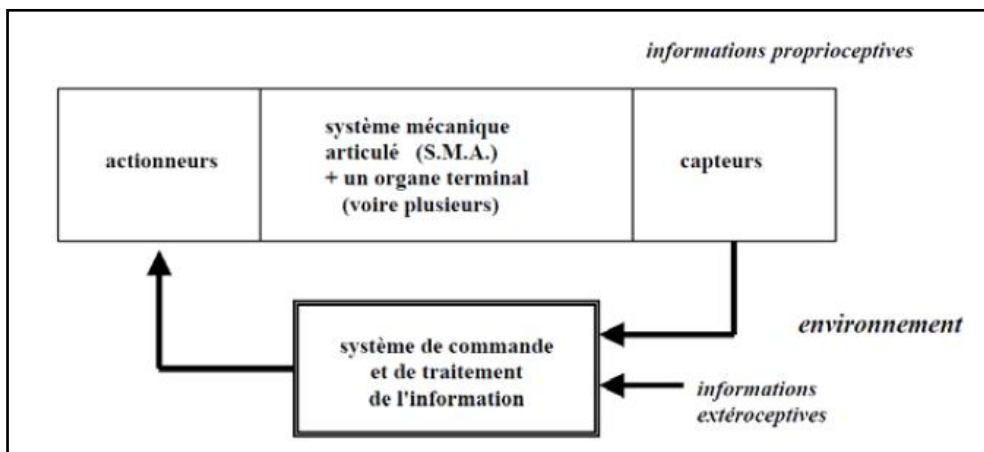


Figure I.2: parties principales dans un robot.

✚ **Organe terminal** : 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 multifonctionnel, au sens où il peut être équipé de plusieurs dispositifs ayant des fonctionnalités différentes. Il peut aussi être monofonctionnel, mais interchangeable. Un robot, enfin, peut-être multi-bras, chacun des bras portant un organe terminal différent. On utilisera indifféremment le terme organe terminal, préhenseur, outil ou effecteur pour nommer le dispositif d'interaction fixé à l'extrémité mobile de la structure mécanique.

✚ **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.

✚ **Les actionneurs** : le S.M.A. comporte des moteurs le plus souvent avec des transmissions (courroies crantées), l'ensemble constitue les actionneurs. Les actionneurs utilisent fréquemment des moteurs électriques à aimant permanent, à courant continu, à commande par l'induit (la tension n'est continue qu'en moyenne car en général l'alimentation est un hacheur de tension à fréquence élevée ; bien souvent la vitesse de régime élevée du moteur fait qu'il est suivi d'un réducteur, ce qui permet d'amplifier le couple moteur). 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)[12].

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).

✚ **Les capteurs** : Les organes de perception permettent de gérer les relations entre le robot et son environnement. Les 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).

✚ **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

I.4- CLASSIFICATION DES ROBOTS[5]

On peut classer les robots d'un point de vue fonctionnel ou d'après leur structure géométrique.

I.4.1- Classification fonctionnelle

Le nombre de classe et les distinctions entre celles-ci varient de pays à pays (6 classes au Japon, 4 en France). L'A.F.R.I. distingue 4 classes illustrées ci-dessous :

I.4.1.a- manipulateurs à commande manuelle ou télécommande

La Figure I.3 représente les manipulateurs à commande manuelle :

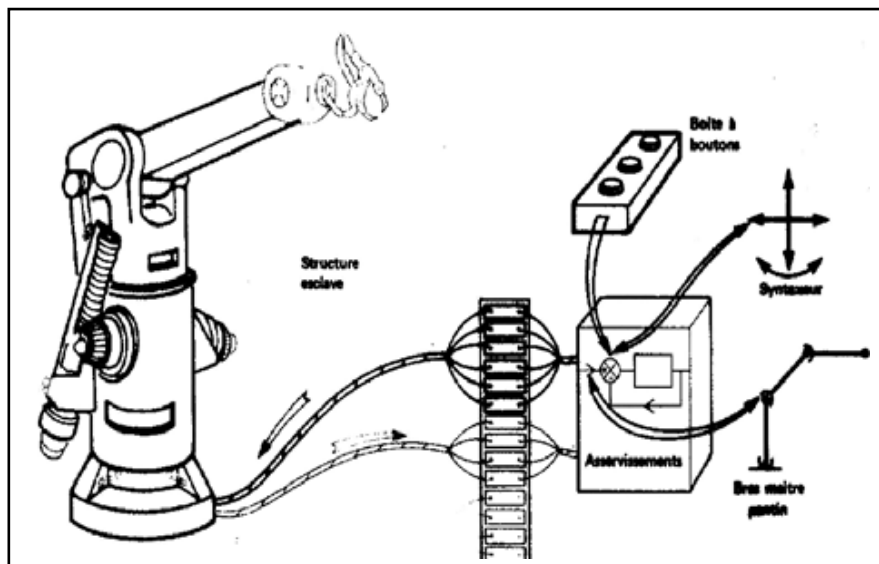


Figure I.3: Manipulateurs à commande manuelle.

I.4.1.b- manipulateurs automatiques à cycles préréglés

Le réglage se fait mécaniquement par cames, butées comme le montre la Figure I.4, la commande peut se faire par automate programmable on peut distinguer entre manipulateurs à cycle fixe et manipulateurs à cycle programmable.

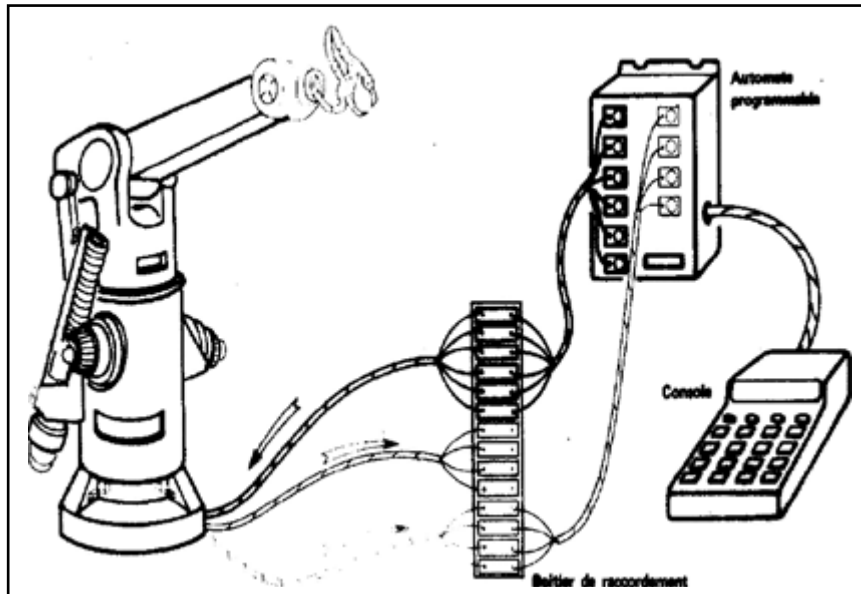


Figure I.4: Manipulateur à cycle préétabli.

I.4.1.c robots programmables

C'est la première génération de robots industriels ; ils répètent les mouvements qu'on leur a appris ou programmés, sans informations sur l'environnement ou la tâche effectuée. On peut aussi faire la distinction entre robots « play-back » qui reproduisent la tâche apprise et robots à commande numérique qui peuvent être programmés hors-ligne. Pour de nombreux robots, l'apprentissage de la tâche se fait à l'aide d'un « syntaxeur » (« boîte à boutons », « teach pendant ») qui permet à un opérateur d'amener le robot en un certain nombre de points, qui sont ensuite mémorisés, lors de l'exécution de la tâche, le robot suivra une trajectoire passant successivement par tous les points programmés, le passage d'un point au suivant se faisant suivant un profil de vitesse en fonction du temps qui est prédéfini (triangulaire ou trapézoïdal), l'opérateur n'ayant qu'à choisir la fraction de la vitesse maximum à laquelle il souhaite que le robot effectue la tâche. Pour certains robots, par exemple les robots de peinture, qui doivent suivre une trajectoire complexe qu'il est difficile d'exprimer mathématiquement, un opérateur humain spécialiste de la tâche effectue la trajectoire en

guidant le bras du robot à l'aide d'un « pantin », et l'entièreté de la trajectoire est mémorisée par le robot et la figure I.5 représente les robots programmable :

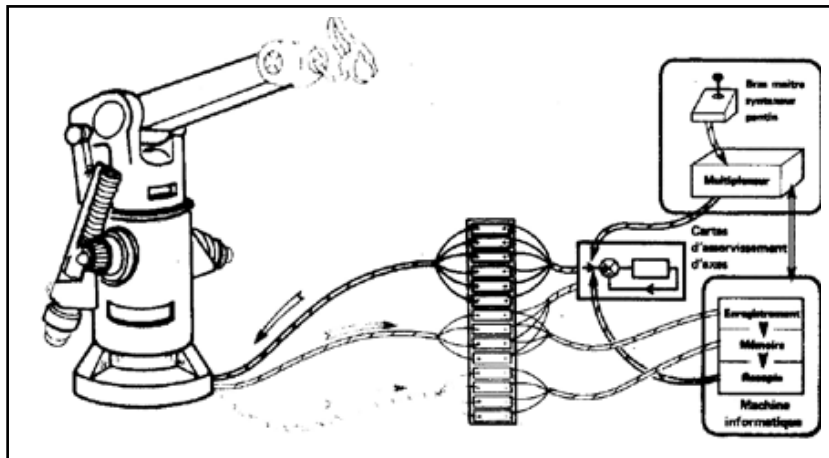


Figure I.5: Robot programmable.

I.4.1.d- robots intelligents

On trouve actuellement des robots de seconde génération qui sont capables d'acquérir et d'utiliser certaines informations sur leur environnement (systèmes de vision, détecteurs de proximité, capteurs d'efforts,...) comme le montre la Figure I.6. On étudie des robots de troisième génération, capables de comprendre un langage oral proche du langage naturel et de se débrouiller de façon autonome dans un environnement complexe, grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle[13].

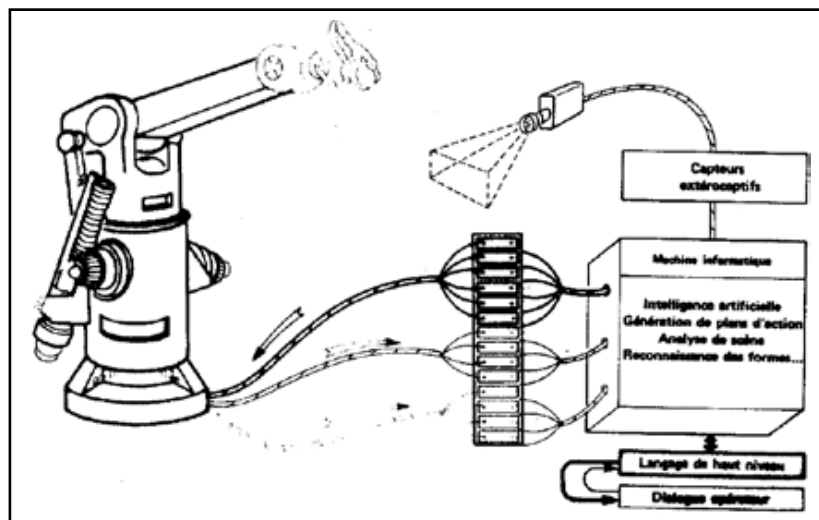


Figure I.6: Robot intelligent.

I.4.2- Classification géométrique

On peut aussi classer les robots suivant leur configuration géométrique, autrement dit l'architecture de leur porteur. Les 3 premiers ddm d'un robot peuvent être réalisés avec un grand nombre de combinaisons de translations (max. 3T) et de rotations (max. 3R), autrement dit par des articulations **prismatiques** (P) ou **rotoïdes** (R) ; en pratique, on n'utilise que 4 ou 5 d'entre elles :

- ❖ porteur cartésien (TTT ou PPP) : les 3 axes sont animés d'un mouvement de translation ;
- ❖ porteur en coordonnées cylindriques (RTT ou RPP) : un mouvement de rotation et une translation axiale, complétées par une translation radiale (voir figure I.7) ;
- ❖ porteur en coordonnées polaires ou sphériques (RRT ou RRP) : deux rotations (longitude et latitude) autour d'axes orthogonaux, complétées par une translation radiale comme le montre la figure I.8 ;
- ❖ porteur en coordonnées universelles, appelé aussi configuration poly articulée ou anthropomorphe (RRR), trois rotations dont les deux dernières se font autour d'axes parallèles orthogonaux au premier, les trois articulations correspondant respectivement au tronc (base), à l'épaule et au coude d'un être humain.

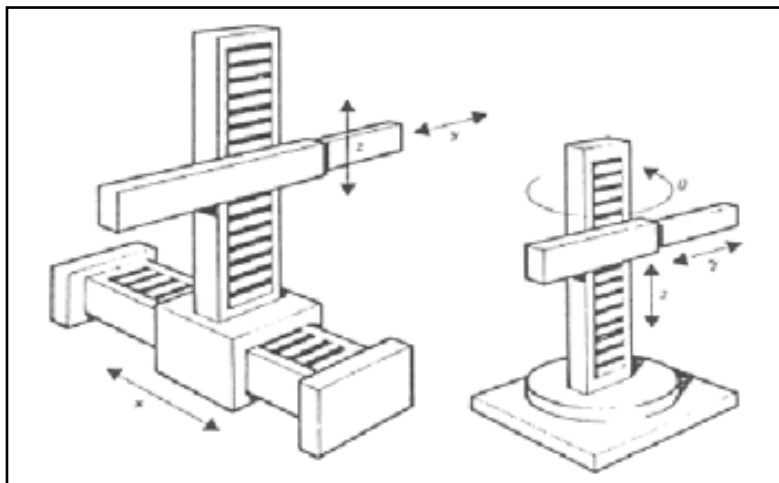


Figure I.7: Coordonnées cartésiennes et cylindriques.

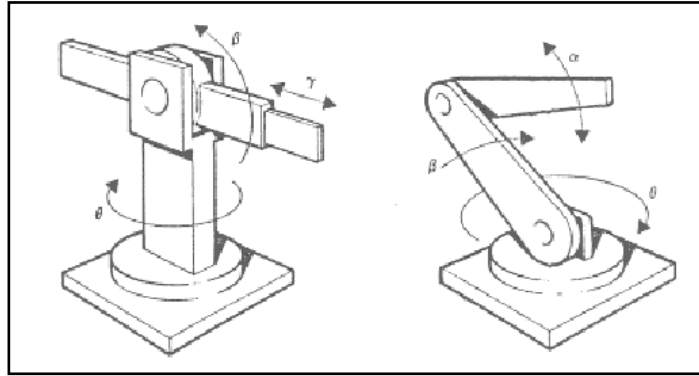


Figure I.8: Coordonnées polaires et universelles.

Une cinquième architecture comprend deux rotations autour de deux axes parallèles, précédées ou suivies d'une translation dans la même direction (éventuellement celle-ci peut être reportée au niveau du poignet, qui peut aussi tourner autour du même axe, soit au total 4 ddm). Cette architecture est celle des robots SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assembly) que l'on utilise dans des opérations d'assemblage et la figure I.9 représente le robot scara.



Figure I.9: Robot SCARA.

I.5- PERFORMANCES DES ROBOTS[5]

Lorsqu'on désire fabriquer un appareil, une machine ou un équipement quelconque, l'utilisateur ou celui qui passe commande présente un cahier des charges. Ce cahier des charges définit les contraintes d'exploitation et il est souvent aisé de mesurer les performances de l'appareillage réalisé car elles s'expriment vis-à-vis de ces contraintes. Celles-ci peuvent être le poids et l'indépendance énergétique pour une machine transportable, le respect de la précision, la vitesse d'exécution, la fiabilité, etc... Pour d'autres machines.

On a vu qu'une des caractéristiques d'un robot est la versatilité, c'est-à-dire cette possibilité de faire des tâches diverses mais dont on ne sait pas dire lesquelles à l'avance. Comme on ignore à priori les utilisations du robot, on peut difficilement connaître les paramètres de référence permettant d'établir les performances. Certains se sont lancés dans des énumérations de qualité impliquant plusieurs centaines de paramètres si bien qu'il est impossible de s'y retrouver.

I.5.1- Les performances-tâches

Un robot appliquant des efforts et des déplacements à son organe terminal, on peut en cerner les caractéristiques qui sont importantes en pratique.

I.5.1.a- Le volume atteignable (volume de travail)

Le volume de travail en position d'un robot manipulateur est défini comme l'espace physique engendré par un point de l'organe terminal lorsque la configuration du robot évolue. Il s'exprime en unités volumiques, mais la forme de son enveloppe (qui peut-être compliquée puisque formée par la combinaison des mouvements de plusieurs articulations) est aussi importante (voir figure I.10). Il est plus simple et plus parlant de la décrire par une surface inscrite au vrai volume mais de forme simple (par exemple intersection de sphères ou des parallélépipèdes ou des ellipsoïdes). Sinon il faut une représentation graphique. Le volume de travail est alors habituellement représenté par deux sections perpendiculaires choisies en fonction du type de robot manipulateur, cette représentation étant préférable à une seule vue en perspective.

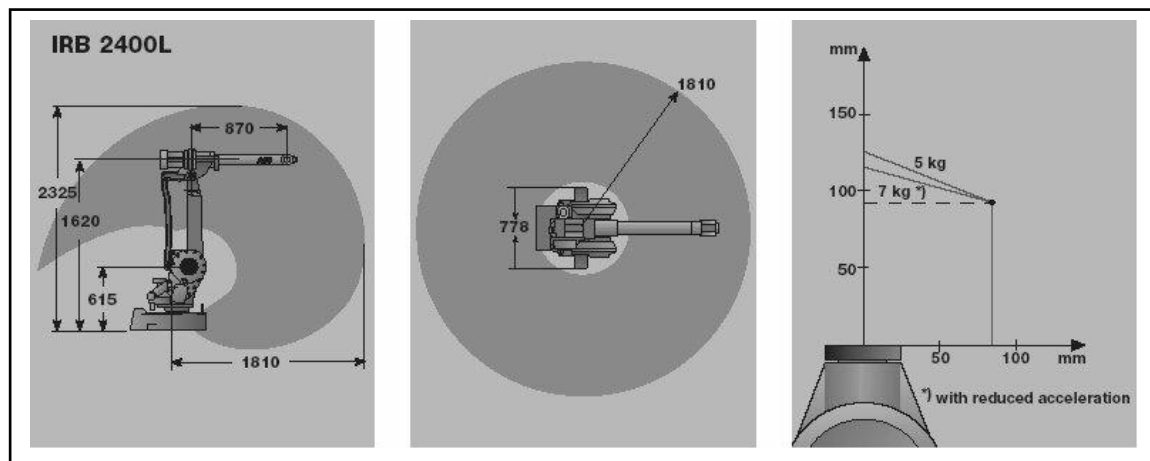


Figure I.10: Représentation du volume de travail.

Quelques exemples sur les volumes de travail du robot :

✚ **robot PPP :** Le volume de travail est un parallélépipède dont les dimensions sont les translations permises par les trois liaisons prismatiques, d'où :

$$V = L_1 L_2 L_3 \dots \dots \dots (I-1)$$

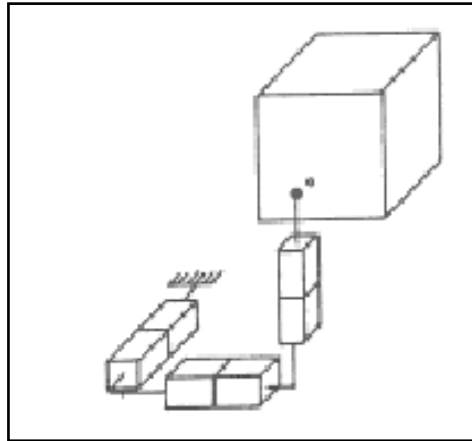


Figure I.11: Structure PPP.

✚ **robots RPP et RPR ou RRP :** Le volume de travail est un cylindre plein ou creux, autrement dit un tore à section rectangulaire, dont la hauteur L est la translation permise par une liaison prismatique et dont les rayons intérieur et extérieur, R_i et R_e , sont fixés soit par la disposition d'une liaison prismatique et la translation qu'elle permet, soit par les longueurs des deux parties du bras :

$$V = \pi * L * (R_e^2 - R_i^2) \dots \dots \dots (I-2)$$

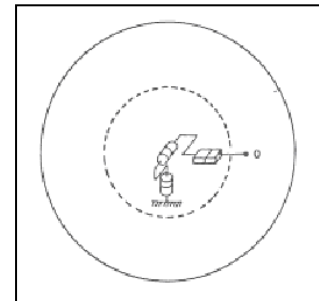
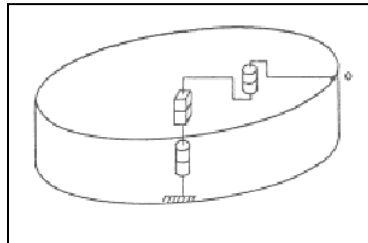
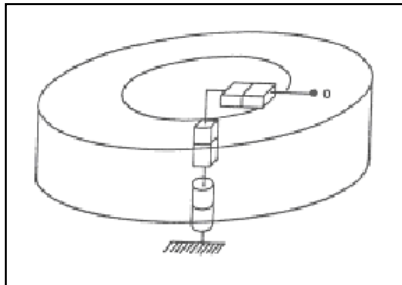


Figure I.12: Structure RPP (ou PRP) Figure I.13: Structure RPR Figure I.14: Structure RRP

✚ **robots RRP et RRR :** Le volume de travail est une sphère creuse, dont les rayons intérieur et extérieur, R_i et R_e , sont fixés soit par la disposition de la liaison prismatique et la translation qu'elle permet, soit par les longueurs des deux parties du bras :

$$V = \frac{3}{4} \pi (R_e^3 - R_i^3) \dots \dots \dots (I-3)$$

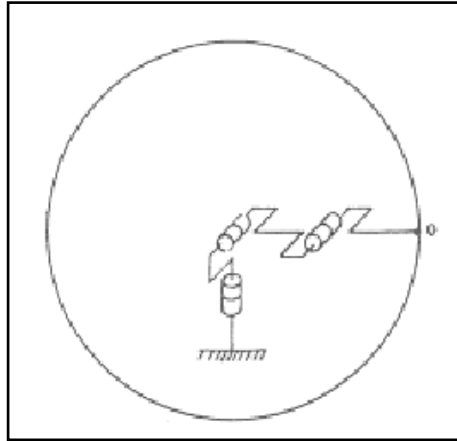


Figure I.15: Structure RRR.

I.5.1.b- Charge utile

C'est la charge maximale que peut porter le robot sans dégrader la répétabilité et les performances dynamiques. La charge utile est nettement inférieure à la charge maximale que peut porter le robot qui est directement dépendante des actionneurs.

I.5.1.c- Précision / Répétabilité

- ✚ La précision du robot manipulateur est définie par l'écart entre la situation programmée et la situation moyenne. Elle caractérise l'aptitude du robot à situer l'organe terminal en conformité avec la situation programmée.
- ✚ Répétabilité : la répétabilité d'un robot est l'erreur maximale de positionnement répété de l'outil en tout point de son espace de travail.
- ✚ En général, la répétabilité $< 0.1 \text{ mm}$.

I.5.1.d- La vitesse

C'est évidemment une caractéristique fondamentale pour les robots industriels, puisqu'elle déterminera les temps nécessaires à l'exécution d'une tâche. Or, ce sont ceux-ci qui intéressent essentiellement l'utilisateur. Dans l'évaluation des performances a priori, on ignore naturellement ces tâches. Il faut donc s'en tenir à des vitesses de déplacement et de rotation de l'organe terminal.

Les constructeurs sont assez évasifs sur les performances en vitesse de leurs robots. On parle d'ordre de grandeur ou de vitesse maximum, mais toujours pour des translations de l'organe terminal (1 à 2 m/s). On donne aussi souvent les vitesses de rotations articulaires maximales (1 rad/s à 1 tour/s), mais il est difficile d'en déduire la vitesse instantanée dans l'espace de la tâche, qui est la grandeur que l'utilisateur attend.

I.5.1.e- L'orientation possible de l'organe terminal

De par la présence de butées sur chaque articulation, et aussi parfois de par l'existence de couplages mécaniques entre articulations, il n'est pas toujours possible d'atteindre le débattement maximum sur chacun des degrés de mobilité de l'organe terminal dans tout le volume atteignable. Il y aurait donc lieu, soit de donner les débattements angulaires minimaux de l'organe terminal par rapport au repère fixe dans tout le volume atteignable, soit de fournir une cartographie de ces débattements. (Ceci serait plus utile que la présentation des constructeurs, qui donnent le débattement de chaque articulation à partir d'une position de référence, en négligeant les problèmes de butées et de couplages qui modifient quelquefois de façon non négligeable les possibilités du mécanisme).

I.5.1.f- La fiabilité

Bien qu'elle mette en jeu tous les éléments présents dans le robot, c'est une donnée qui intéresse au plus haut point l'utilisateur, même s'il ignore tout du système. C'est pourquoi on peut la classer dans les performances-tâche. Comme pour tout autre système, elle sera définie par un taux de pannes, celui-ci étant exprimé soit par la fraction du temps durant laquelle le robot ne remplit pas la fonction qui lui est assignée, soit par un MTBF (Mean Time Between Failures). On exprime aussi souvent cette fiabilité à l'aide d'un diagramme fréquentiel (fréquence de pannes) tout au long de la vie du système.

Le robot peut être sujet à deux grandes catégories de pannes

1. arrêt total du fonctionnement ;
2. dégradation des performances.

Par exemple sur la précision spatiale : une dérive plus ou moins lente peut se produire et, après un certain temps, le robot n'exécute plus la tâche. Ou bien un degré de mobilité ne fonctionne plus (il serait intéressant alors d'avoir une redondance des degrés de mobilité qui permette par une procédure automatique de compenser la défaillance en attendant de pouvoir réparer le robot).

I.5.2- Les performances-homme

On entend par là la facilité d'utilisation du robot, ce dernier étant sur le site d'utilisation et entre les mains d'un opérateur non spécialiste. Les compétences exigées pour faire fonctionner un robot ont trait :

- à la connaissance du matériel réglage, etc.
- à la connaissance du logiciel programmation du robot.

I.5.3 Les performances économiques

Il s'agit essentiellement de la rentabilité d'utilisation de robots dans l'entreprise. Elle dépend bien sûr d'un grand nombre de facteurs :

1. coûts d'investissements :

- prix d'achat
- coût d'installation du robot et des équipements de péri-robotique
- coût de modification de l'atelier ou de la chaîne de production.

2. coûts d'exploitation

- énergies, maintenance, espérance de vie, fiabilité (doit-on laisser une possibilité de travail manuel en cas de panne ?) et pourcentage temporel d'utilisation.

3. nature des tâches que les robots vont exécuter

- tâches qui revenaient cher en main-d'oeuvre ou non ?
- la cadence de la fabrication augmentera-t-elle ?
- la qualité de la production sera-t-elle améliorée ?
- y aura-t-il réduction de la main-d'oeuvre ? (supprime-t-on un poste d'O.S. pour le remplacer par un poste de technicien ?)

4. le degré d'automatisation déjà présent dans l'atelier

- Insérer un robot entre deux hommes ou réciproquement ne se justifie que dans des circonstances particulières, par exemple si la tâche est dangereuse

5. la taille de l'entreprise

- Un robot seul peut ne pas être "rentable" mais une chaîne de plusieurs robots en ligne peut l'être.

Le constructeur de robots ne peut que proposer des robots "les plus performants possibles" et au "meilleur prix", en espérant atteindre le bon créneau après une étude de marché. C'est à l'utilisateur d'établir les performances économiques qu'il peut espérer, après avoir défini les tâches qu'il veut automatiser et les performances tâches et homme que les constructeurs peuvent lui proposer.

I.6-LES DIFFERENTS TYPES DES ROBOTS[7]**I.6.1- Les robots SCARA**

SCARA = Selective Compliance Articulated Robot for Assembly.

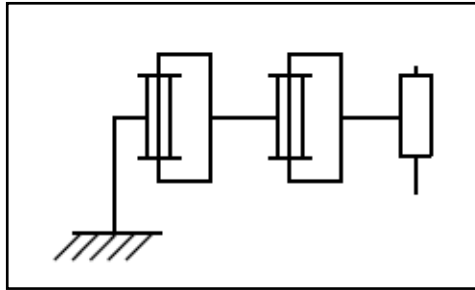


Figure I.16: Schéma de Les robots SCARA.

Caractéristiques :

- 3 axes, série, RRP, 3 DDL.
- Espace de travail cylindrique.
- Précis.
- Très rapide.

Exemple :

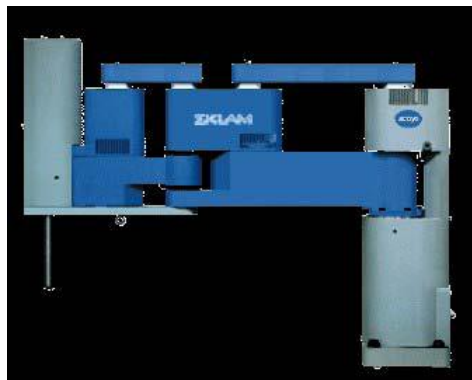


Figure I.17: Robot Sankyo.

I.6.2- Les robots cylindriques

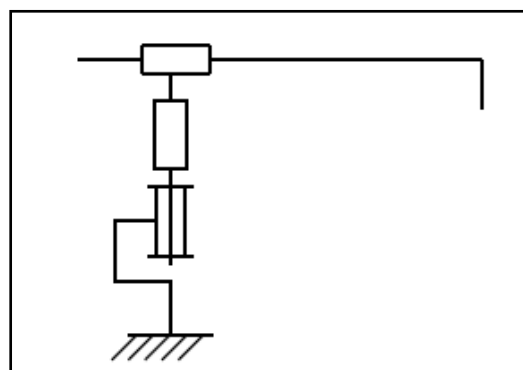


Figure I.18 : Le robot cylindrique .

Caractéristiques :

- 3 axes, série, RPP, 3 DDL.
- Espace de travail cylindrique.
- Très rapide.

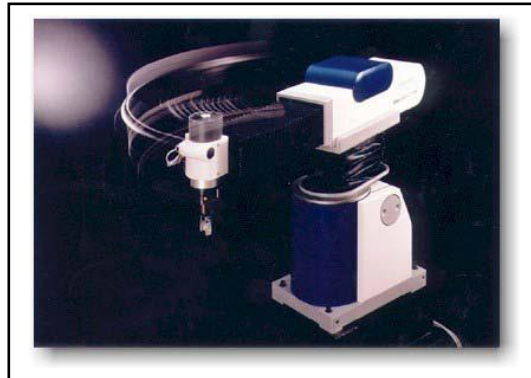
Exemple :

Figure I.19 : Robot Seiko .

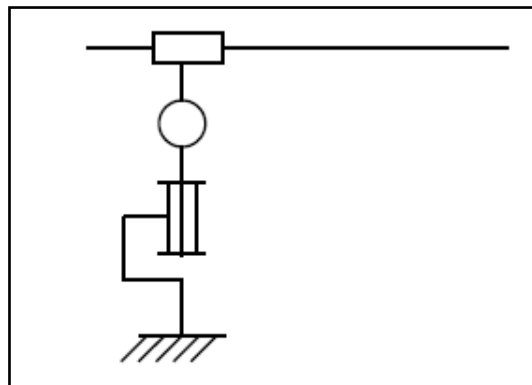
I.6.3- Les robots sphériques

Figure I.20: Robot sphérique .

Caractéristiques :

- 3 axes, série, RRT, 3 DDL.
- Espace de travail sphérique.
- Grande charge utile.

Exemple :



Figure I.21: Robot fanuc .

I .6.4- Les robots Cartésiens

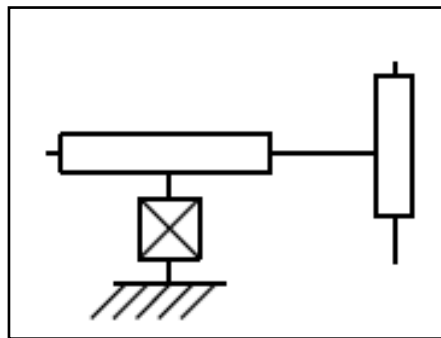


Figure I.22 : Robot Cartésien .

Caractéristiques :

- 3 axes \perp 2 à 2, série, PPP, 3 DDL.
- Très bonne précision.
- Lent.

Exemple :



Figure I.23 : Robot Toshiba .

I.6.5- Les robots parallèles

Caractéristiques :

- Plusieurs chaînes cinématiques en parallèle.
- Espace de travail réduit.
- Précis (grande rigidité de la structure).
- Rapide.

Exemple :



Figure I.24 : Robot Comau .

I.6.6- Les robots anthropomorphe

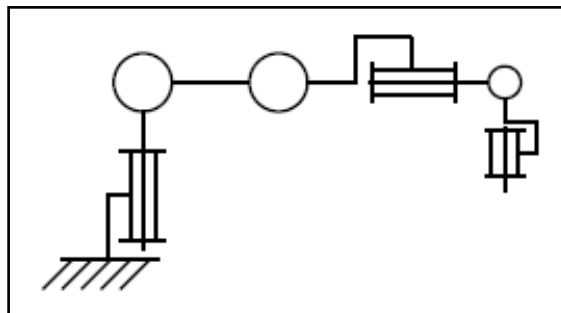


Figure I.25 : Robot anthropomorphic .

Caractéristiques :

- Reproduisent la structure d'un bras humain.
- 6 axes, série, 6R, 6 DDL.

Exemple :



Figure I.26 : Robot Kawasaki .

I.7. UTILISATION DES ROBOTS[9]

I.7.1. Tâches simples

- ❖ La grande majorité des robots est utilisée pour des tâches simples et répétitives.
- ❖ Les robots sont programmés une fois pour toute au cours de la procédure *d'apprentissage*.
- ❖ Critères de choix de la solution robotique:
 - La tâche est assez simple pour être robotisée.
 - Les critères de qualité sur la tâche sont importants.
 - Pénibilité de la tâche (peinture, charge lourde, environnement hostile, ...).

Exemples :

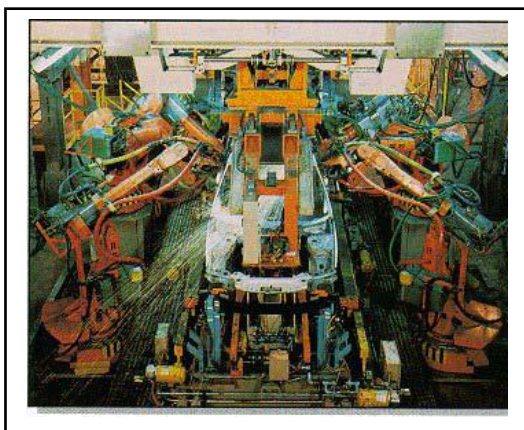


Figure I.27 : Robot soudeurs par points .

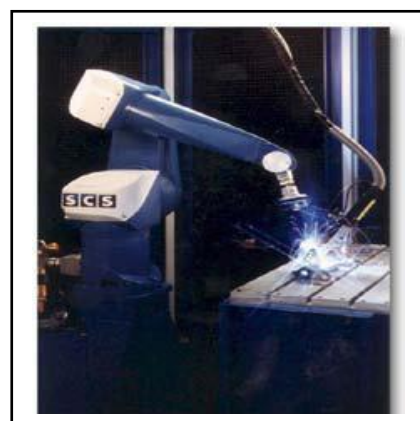


Figure I.28 : Robot soudeurs a l'arc .

I.7.2- Tâches complexes**Figure I.29 : Robot pompiste .****Figure I.30 : Robot de construction .****I.8- CONCLUTION**

Le présent chapitre fait l'objet d'une description sur le domaine de la robotique en mettant l'accent sur les domaines applicatifs des robots industriels. Ensuite la classification des robots est abordée.

Dans le chapitreII on présente les différents éléments de la carte Arduino, qui on a utilisé dans notre projet. Cette carte de commande est contrôlé par ordinateur qui permettant de contrôlé un bras manipulateur.