

CHAPITRE I

Généralité sur la robotique

I.1 Historique des Robots

La notion de robot remonte à l'époque médiévale. Même s'il n'existait pas de terme pour décrire ce que nous appelons aujourd'hui "Robots", à cette époque des personnes ont tout de même imaginé des mécanismes capables d'exécuter des tâches humaines. Ce fut dans les années **1730** que le français *Jacques DE VAUCANSON* inventa un canard capable de caqueter, de manger et de digérer sa nourriture. Cette création est considérée comme le premier robot de l'histoire.

L'origine du mot robot est issue du tchèque "*robota*" qui signifie le «travail forcé». Le mot robot fut initialement utilisé par l'écrivain tchécoslovaque *Karel ČAPEK* dans sa pièce de théâtre "*Les robots universels de Rossum, RUR*" en **1920**. Cette pièce fut jouée pour la première fois en **1921**. Bien que *Karel ČAPEK* soit souvent considéré comme l'inventeur du mot.

Mais ce n'est qu'à la moitié de *XXe siècle* que sont apparues les premières formes utiles des robots. En **1950**, l'Anglais *Grey WALTER* réalisa une machine au comportement autonome. Il s'agit d'une tortue mécanique capable de se déplacer. Cette tortue se dirigeait vers toute source de lumière, et en l'absence de lumière se déplaçait de manière aléatoire. A partir des années **1960**, les robots semblaient percevoir le monde. Grâce notamment à l'université *John HOPKINS* aux Etats-Unis qui a élaboré un robot équipé d'un œil et de sonars. Le terme robotique remonte à 1941. Il a premièrement été utilisé par le célèbre chercheur et écrivain "*Isaac ASIMOV*". C'est dans un de ses ouvrages "*Runaround*".

En 1956, une société Unimation, a été créée aux U.S.A, avec pour seul domaine d'activité la robotique; elle a installé le premier robot industriel dans une entreprise de métallurgie mécanique en **1961**. En **1972**, soit 16 ans après sa fondation et après avoir investi 12 millions de dollars, Unimation a réalisé ses premiers bénéfices, en produisant de vrais robots industriels. Cette année **1972** a aussi vu l'apparition du premier robot "tout électrique", commercialisé par la firme suédoise *A.S.E.A.* (maintenant *A.B.B.*). Mais ce que l'on peut appeler l'ère de la robotique ne s'est engagé qu'à la fin des années 70 et début des années 80[1].

I.2 Définition d'un robot industriel [2]

La définition que l'on donne actuellement du robot industriel diffère quelque peu selon les pays. C'est au Japon que la définition est la plus vague. On y qualifie de robot "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".

Le caractère multifonctionnel du robot n'implique nullement son universalité: le succès de l'insertion d'un robot dans un processus de fabrication est toujours lié au choix du robot le plus approprié à la tâche à effectuer.

C'est la définition de l'Association Française de Robotique Industrielle (AFRI) 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, 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 Constitution d'un Robot

D'une manière générale on a 4 parties essentielles dans un robot manipulateur:

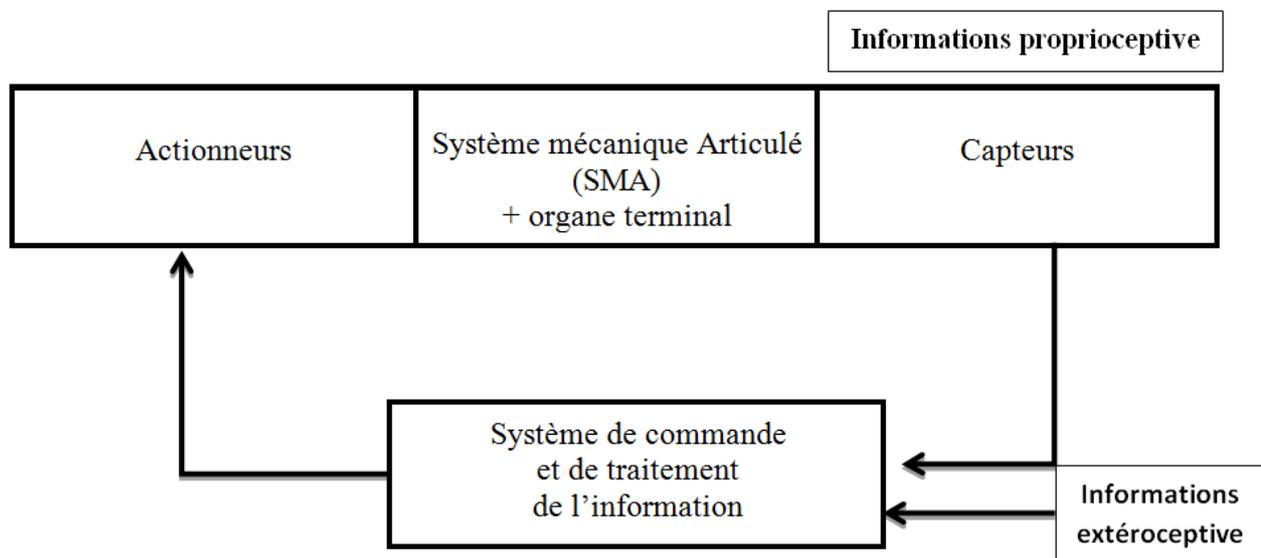


FIG I. 1 Schéma fonctionnel d'un robot industriel

I.3.1 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. 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 solides reliés entre eux, les uns à la suite des autres, ces solides sont 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. Donc chaque solide est mobile par rapport au précédent. Cette mobilité s'exprime en termes de degrés de liberté (d.d.l).[3]

I.3.1.1 L'actionneur

Pour être animé, la structure mécanique articulée comporte des moteurs le plus souvent associés à 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. 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 une structure mécanique articulée 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).[3]

I.3.1.2 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).[3]

I.3.2 L'architecture d'un robot manipulateur

La figure ci-dessous montre l'architecture d'un robot manipulateur :

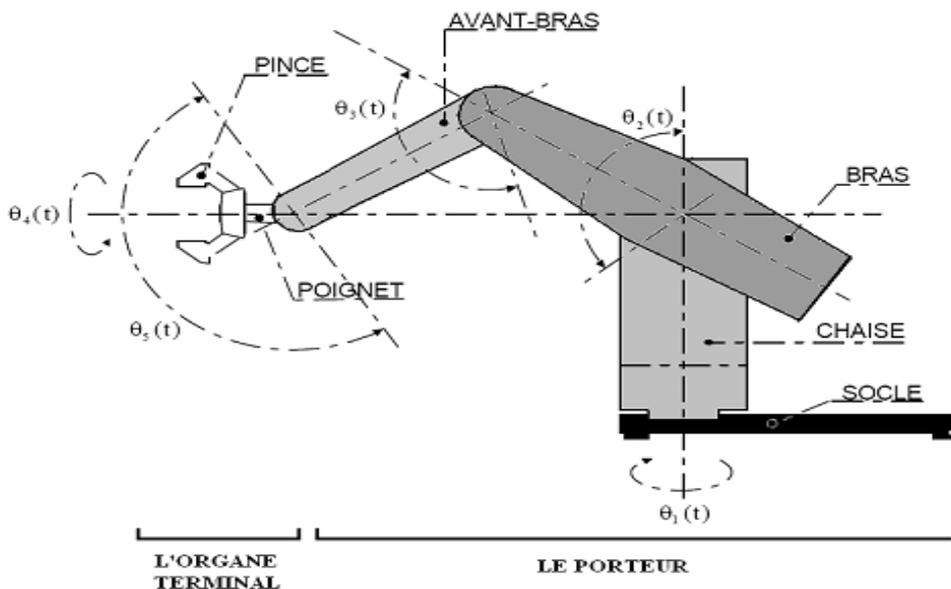


FIG I. 2 Eléments constitutifs d'un robot

- **Le véhicule**

Amène le porteur dans la région où le robot doit travailler (zone d'action). Ce sous-ensemble est inexistant sur les robots industriels à poste fixe (majorité des cas). Néanmoins, certains robots possèdent un véhicule doté de 1 d.d.l (translation, c'est le cas de certains robots industriels) à 6 d.d.l (3 translations et 3 rotations, c'est le cas de satellites artificiels ou de sous-marins équipés de manipulateurs).[1]

- **Le poignet**

Il est destiné à l'orientation de la pince ou de l'outil porté par le robot. Les deux structures les plus courantes sont données en annexe.

- **Le porteur**

Son rôle consiste à mener un point du robot vers un lieu précis de l'espace. Dans ce cas une combinaison de 3 degrés de liberté est nécessaire pour assurer les translations ou les rotations.

- **L'organe terminal**

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 multifonctionnel, au sens où il peut être équipé de plusieurs dispositifs ayant des fonctionnalités différentes. Il peut aussi être mono-fonctionnel, 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.[3]

I.4 Classification des robots

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

I.4.1 Classification fonctionnelle[4]

L'AFRI (Association Française de Robotique Industrielle) distingue quatre classes de robot:

1-Les Télémanipulateurs ou manipulateur à commande manuelle

Ils sont commandés à distance et "en temps réel" par un opérateur humain. Cette télécommande se fait à plus ou moins longue distance par signaux mécanique, hydraulique ou le plus souvent électrique. Ces manipulateurs sont employés en forage, fonderie, meulage-ébarbage, milieux hostiles,...etc., mais nécessitent toujours la présence et l'intervention constante d'un opérateur.

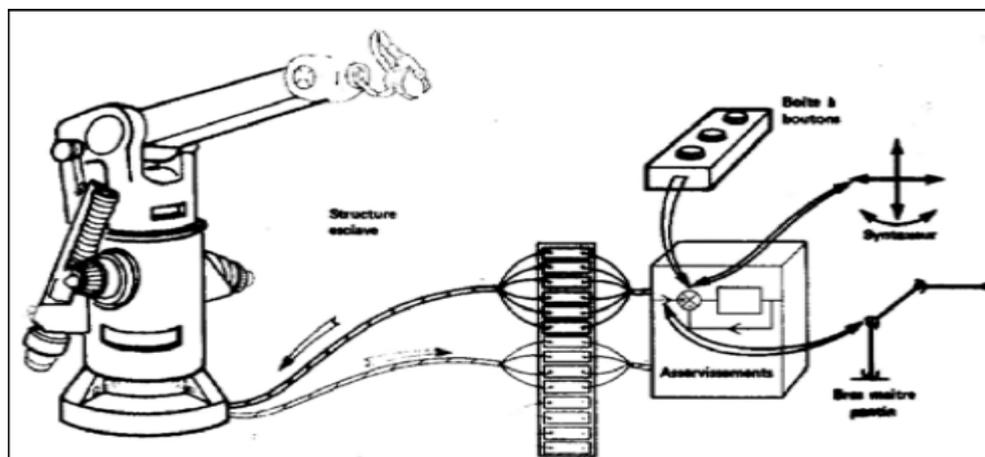


FIG I. 3 Manipulateur à commande manuelle

2-Les manipulateurs automatiques à cycle pré-réglés

Leurs mouvements sont limités par des butées et cames à la main. Ils sont commandés à l'aide de logique à relais ou pneumatiques (séquences fixes), ou par automates programmables ou microprocesseurs (séquences variables). Généralement modulaires, ces appareils sont conçus pour une application déterminée.

3-Les robots programmables

Ils sont pilotés des ordinateurs ou des armoires de commande numérique. Leurs mouvements continus dans l'espace sont alors programmés par apprentissage ou en langage symbolique par l'intermédiaire d'un clavier, ou encore sur l'écran de poste de CAO. Ils assurent des manipulateurs complexes, des opérations de soudage, usinage, découpe, peinture et pulvérisation,...etc.

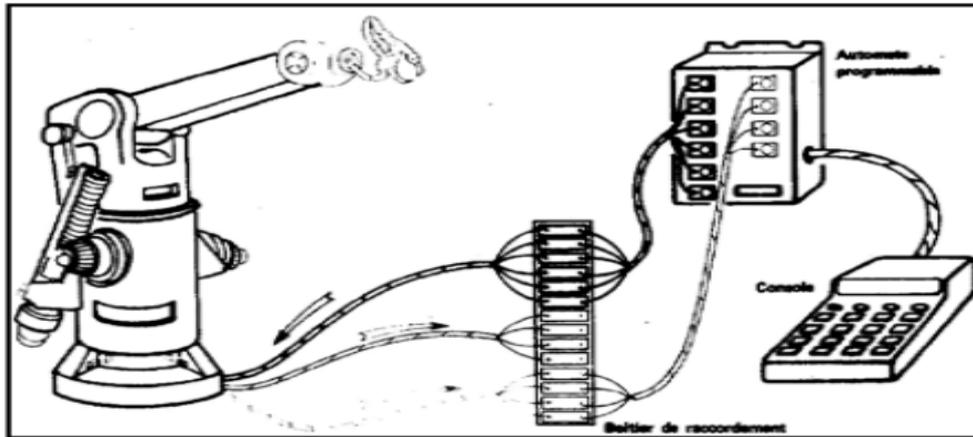


FIG I. 4 Manipulateur à cycle pré-réglé

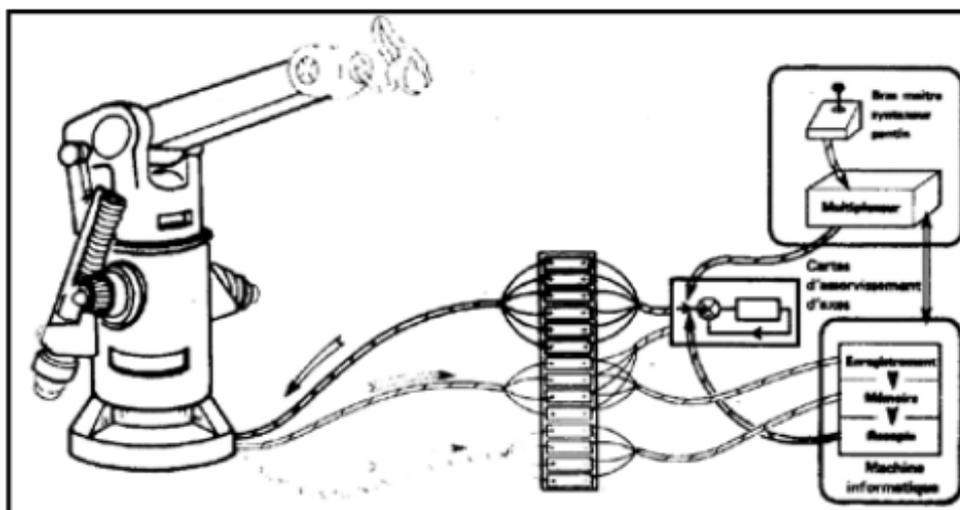


FIG I. 5 Robot programmable

4-Les robots dits "Intelligents"

Equipés de capteurs (par exemple un système de vision artificielle ou de suivi de joint et soudage), ils peuvent analyser les modifications de leurs mouvements ou de leurs trajectoires et réagir en conséquence. Ces machines appelées robot de "deuxième génération" commencent à être rependus dans l'industrie. La "troisième génération" disposant de capacités de raisonnement grâce à l'intelligence artificielle fait aujourd'hui l'objet de recherches approfondies.

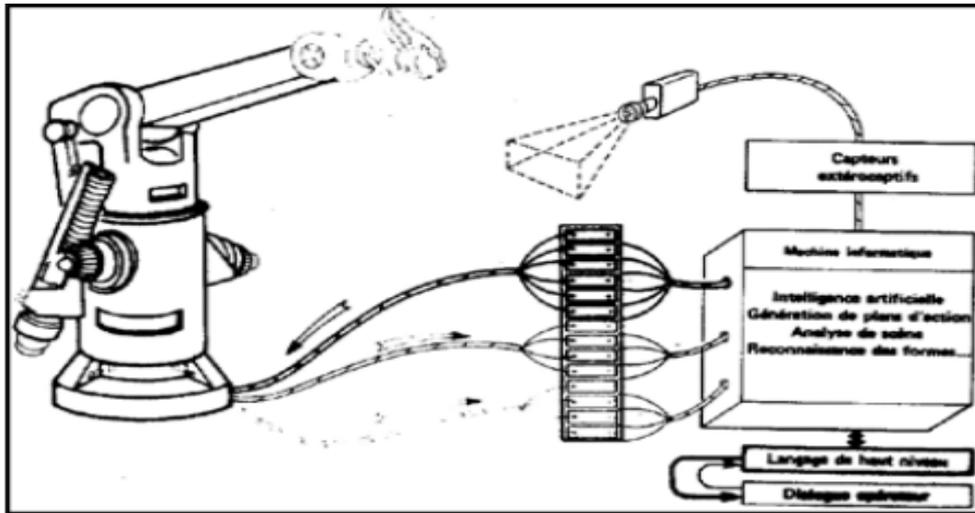


FIG I. 6 Robot intelligent

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 d.d.l 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:

1-Structure cartésienne (PPP)

Obtient 21% du marché, c'est un robot à trois liaisons prismatiques, est la plus ancienne, historiquement, elle découle logiquement de la conception traditionnelle d'une machine-outil à trois axes, type rectifieuse ou fraiseuse par exemple. Cette structure est relativement peu utilisée, sauf dans quelques applications particulières, robots pratiques, robots de magasinage, par exemple.

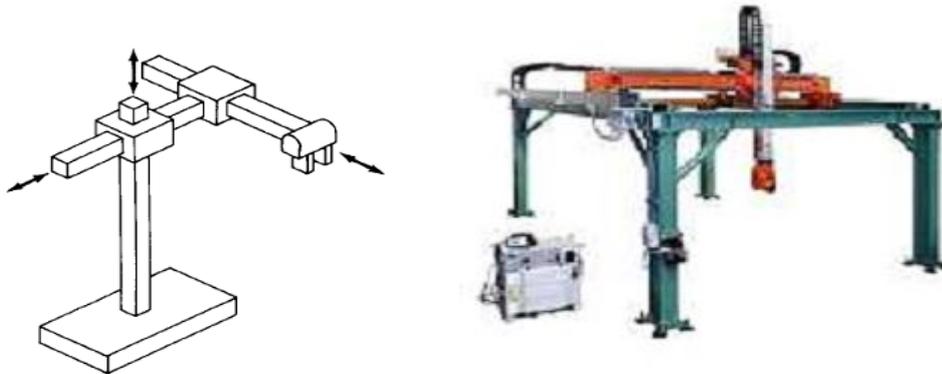


FIG I. 7 Robot cartésien

2-La structure cylindrique (RPP) ou (PRP)

A 7% du marché, associe une rotation et deux translations. Elle présente l'inconvénient d'offrir un volume de travail faible devant un encombrement total important. Elle n'est pratiquement plus utilisée.

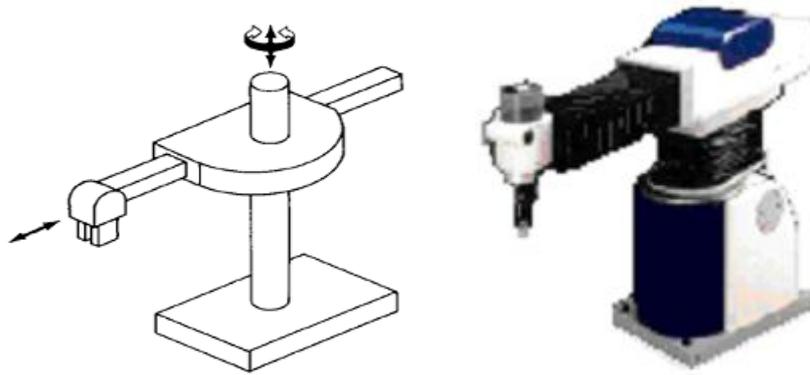


FIG I. 8 Structure PRP et robot SEIKO(RPP)

3-La structure sphérique ou polaire à axe de rotation orthogonale

Est une structure quasiment abandonnée pour des raisons similaires à l'abandon de la structure cylindrique.

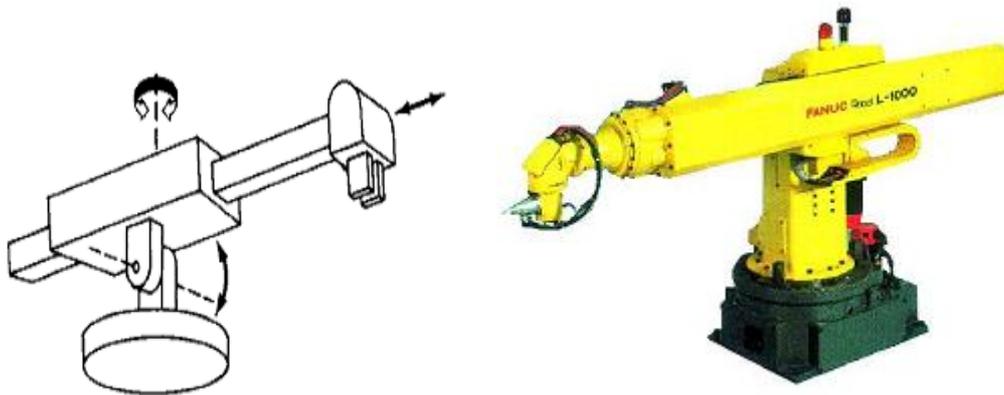


FIG I. 9 Structure RRP et Robot FANUC

4-La structure dite SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) :

A axes de rotation parallèles est l'une des plus utilisées, en particulier pour des tâches de manutention ou d'assemblages très fréquents dans l'industrie. Ce succès commercial est lié au fait que le ratio entre le volume de travail et l'encombrement est très favorable et aussi que la structure SCARA est très adaptée à ce type de tâches.

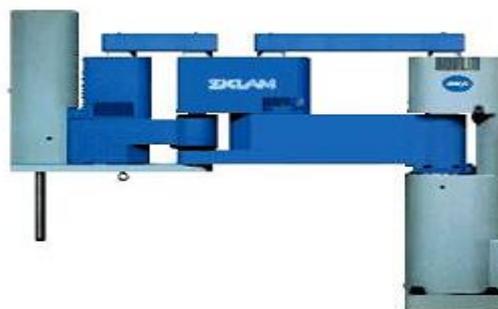


FIG I. 10 Robot SANKYO structure SCARA

5-La structure 3R (anthropomorphe)

Permet d'amener un solide en un point de l'espace par trois rotations, généralement une à axe vertical et deux à axes horizontaux et parallèles c'est le porteur «généraliste par excellence, pouvant se programmer facilement pour différent types de tâches et disposant d'un volume de travail conséquent. Cette architecture couvre 67% du marché.

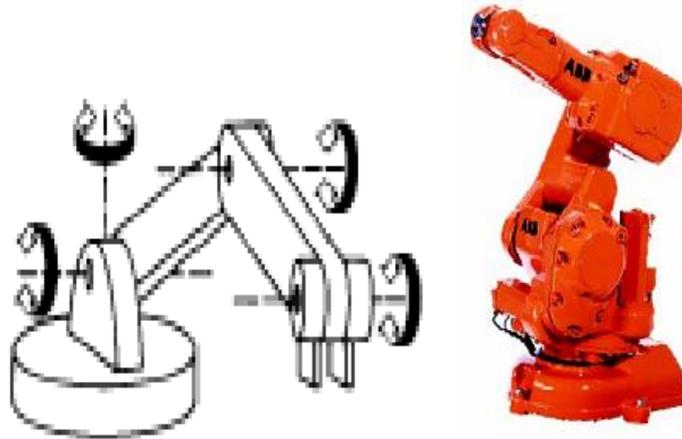


FIG I. 11 Structure RRR et Robot ABB

6-Architecture Parallèle



FIG I. 12 Robot parallèle

I.5 Définitions

I.5.1 Degré de liberté

Le nombre de mouvements indépendants possibles d'un solide C_1 par rapport au solide C_2 qui lui est directement relié.

I.5.2 L'Articulation

Fait la liaison entre deux corps successifs en limitant le nombre de degrés de liberté de l'un par rapport à l'autre. Elle est dite simple soit rotoïde, soit prismatique.

I.5.3 La redondance

Un robot est dit redondant lorsque l'on a : $M < N$, c'est-à-dire que le nombre de degrés de liberté est inférieur à celui des articulations motorisées.

I.5.4 Indice de mobilité (I_m)

Représente les paramètres indépendants (articulations), qui déterminent la géométrie de la structure mécanique.

I.6 Utilisations des bras manipulateurs



FIG I. 13 Robot de construction



FIG I. 14 Robot Assistance aux personnes Handicapées



FIG I. 15 Robot médical



FIG I. 16 Robot de palettisation



FIG I. 17 Robot soudeur

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre les définitions et les concepts de base présentés nous ont permis d'approcher la compréhension des robots. Il constitue en fait une bonne introduction pour l'étude de notre bras manipulateur ROB3 étudié dans ce projet. Le prochain chapitre est consacré pour la description et les diverses caractéristiques du ROB3, ainsi que sa modélisation.