

Systemes Mécaniques Articulés et robotique

Enseignante. Far Sihem

Université Bedji Mokhtar-Annaba

Faculté de Technologie

Département Génie Mécanique

Email : sihem.far@univ-annaba.dz

Mars 2024



Construction Mécanique

Table des matières

Objectifs	3
I - Généralités sur la robotique	4
1. Généralités	4
1.1. Définitions	4
1.2. Historique de la robotique.....	4
2. Constituants d'un robot	5
2.1. Le système mécanique articulé.....	6
2.2. L'organe terminal.....	6
2.3. L'articulation	6
2.4. Les actionneurs	7
2.5. Système de commande	7
2.6. Les capteurs	7
3. Classification des robots suivant leur structure cinématique.....	8
3.1. Robots cartésiens.....	8
3.2. Robots cylindriques	8
3.3. Robots sphérique	8
3.4. Manipulateur SCARA	9
3.5. Robots anthropomorphe.....	9
Abréviations	10
Bibliographie	11

Objectifs



A l'issue de cet enseignement d'apprentissage, l'apprenant sera capable d'identifier correctement les différentes caractéristiques des systèmes mécaniques articulés qui se présentent comme suit:

- Acquisition de quelques concepts de base mais fondamentaux de la robotique tels que les degrés de liberté, l'espace de configuration, l'espace opérationnel.
- Comprendre les techniques de calcul du nombre de degrés de mobilité d'un mécanisme (ou d'un robot).
- Acquisition de la capacité de passer du domaine de manipulation des objets dans l'espace représentés en aux applications de modèle mathématique des matrices de transmission homogènes.
- Devenir capable d'analyser un système mécanique articulé par la méthode Denavit-Hartenberg DH
- Structurer et organiser le reste de contenu après avoir identifié les savoirs à utiliser en déterminant le modèle géométrique jusqu'à l'obtention des modèles cinématique et dynamique.

Généralités sur la robotique



1. Généralités

Pour concevoir, simuler ou commander un robot, il est nécessaire, entre autres, de disposer de modèles du mécanisme. Plusieurs niveaux de modélisation sont possibles. Ils dépendent des spécifications du cahier des charges de l'application envisagée : il en découle des modèles géométriques, cinématiques et dynamiques à partir desquels peuvent être engendrés les mouvements du robot, ou bien des modèles statiques qui décrivent les interactions du mécanisme avec son environnement.

L'obtention de ces différents modèles n'est pas aisée, la difficulté variant selon la complexité de la cinématique de la chaîne articulée. Entrent en ligne de compte le nombre de degrés de liberté, le type des articulations mais aussi le fait que la chaîne peut être ouverte simple, arborescente ou fermée.

1.1. Définitions

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.

En fait, l'image que chacun s'en fait est généralement floue, souvent un robot est défini comme un manipulateur automatique à cycles programmables. Pour "mériter" le nom de robot, un système doit posséder une certaine flexibilité, caractérisée par les propriétés suivantes :

- La versatilité : Un robot doit avoir la capacité de pouvoir exécuter une variété de tâches, ou la même tâche de différente manière ;
- L'auto-adaptativité : Un robot doit pouvoir s'adapter à un environnement changeant au cours de l'exécution de ses tâches.

L'Association Française de Normalisation (A.F.N.O.R.) définit un robot comme étant 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. 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. 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.

1.2. Historique de la robotique

La robotique est passée par plusieurs générations :

- 1947 : Premier manipulateur électrique télé-opéré.
- 1954 : Premier robot programmable.
- 1961 : Utilisation d'un robot industriel, commercialisé par la société UNIMATION (USA), sur une chaîne de montage de General Motors.

- 1961 : Premier robot avec contrôle en effort.
- 1963 : Utilisation de la vision pour commander un robot.
- 1978 : Le robot ARGOS. Développé à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (France). Le robot ARGOS simule la navigation d'un robot mobile équipé d'un système de vision au fur et à mesure de ses déplacements.
- 1979 : Le robot HILARE. Les chercheurs du L.A.A.S. de Toulouse (France) étudièrent la planification des trajectoires d'un robot mobile ponctuel, dans un environnement totalement connu.
- 1981 : Le robot VESA. Ce robot, construit à l'I.N.S.A (France) de Rennes, est équipé d'un arceau de sécurité pour réaliser la détection d'obstacles dans un environnement totalement inconnu.
- 1984 : Le robot FLAKEY. Ce robot, conçu et construit au Stanford Research Institute est le reflet des améliorations apportées par 14 années de développement. Le robot FLAKEY est équipé de deux roues motrices avec encodeurs, mais sa vitesse maximale est de 66 cm/s au lieu de quelques centimètres par seconde. Ce robot est capable de naviguer dans des environnements réels.
- 1993 : Les robots ERRATIC et PIONNER. Le robot ERRATIC a été conçu par Kurt Konolige, au Stanford Research Institute, comme un robot mobile de faible coût pour ses cours de robotique.
- Les robots mobiles actuels : A présent la plupart des travaux de recherche portent sur les problèmes de perception, de planification de trajectoires, l'analyse et la modélisation de l'environnement de robot. La recherche actuelle porte sur la conception mécanique des robots mobiles pour des applications hautement spécialisées, comme l'exploration sous-marine, les robots volants et le micro robots [1¹ p.11]

2. Constituants d'un robot

Un robot manipulateur est constitué généralement d'un système mécanique articulé et d'un ensemble d'organe associés .

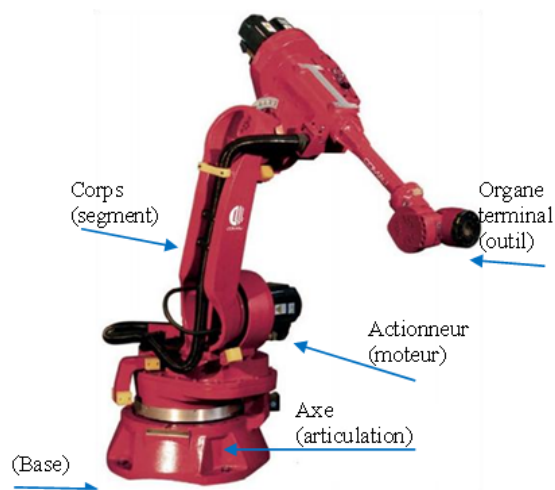


Figure 1.1 robot manipulateur

On distingue généralement 4 parties principales On distingue généralement 4 parties principales

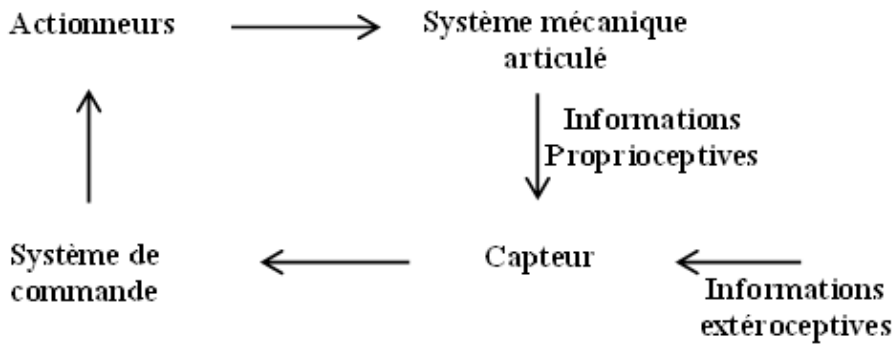


Figure I.2 Schéma synoptique d'un robot manipulateur

2.1. Le système mécanique articulé

Le système mécanique articulé (SMA^{p.10}) 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 (transmetteurs) [2^{p.11}]

2.2. L'organe terminal

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 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, 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

2.3. L'articulation

L'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 : $0 \leq m \leq 6$. Lorsque $m = 1$; ce qui est fréquemment le cas en robotique, l'articulation est dite simple : soit **rotoïde**, soit **prismatique**.

a) 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.



b) 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.



2.4. Les actionneurs

Le SMA. 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). Les actionneurs pneumatiques sont d'un usage général pour les manipulateurs à cycles (robots tout ou rien). Un manipulateur à cycles est un SMA. 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). (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).

2.5. Système de commande

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

2.6. Les capteurs

La perception permet de gérer les relations entre le robot et son environnement. Les organes de perception sont des capteurs. On peut distinguer entre deux classes:

a) Les capteurs proprioceptifs

ils mesurent l'état interne du robot (positions et vitesses des articulations).

b) Les capteurs extéroceptifs

ils recueillent des informations sur l'environnement (détection de présence, de contact, mesure de distance, vision artificielle).

3. Classification des robots suivant leur structure cinématique

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:

3.1. Robots cartésiens

3 articulations prismatiques dont les axes sont typiquement mutuellement orthogonaux (PPP), 3 ddL

- La structure cartésienne offre une très bonne rigidité mécanique et une grande précision
- Utilisation typique: manutention et assemblage
- Actionneurs: généralement électriques, parfois pneumatiques

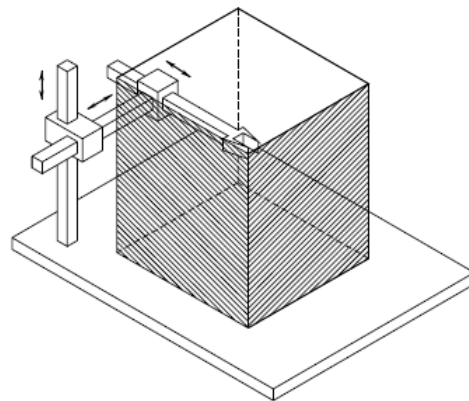


Fig 1.3 Manipulateur cartésien et volume de travail

3.2. Robots cylindriques

- La géométrie cylindrique diffère de la géométrie cartésienne en ce que la 1ère articulation prismatique est remplacée par une articulation rotoïde (RPP); 3 ddL

- La structure cylindrique offre une très bonne rigidité mécanique
- Utilisation typique: transport d'objets, même de grande taille (dans un tel cas, des moteurs hydrauliques sont préférés aux moteurs électriques).

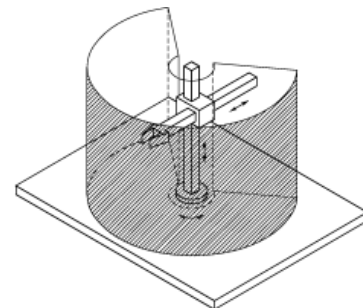


Fig 1.4 Manipulateur cylindrique et Volume de travail

3.3. Robots sphérique

- La géométrie sphérique diffère de la géométrie cylindrique en ce que la 2ème articulation, prismatique est remplacée par une articulation

prismatique est remplacée par une articulation rotoïde (RRP); 3 ddL

- La rigidité mécanique est inférieure à celle des deux robots précédents et la construction mécanique est plus complexe.
- Utilisation typique: usinage

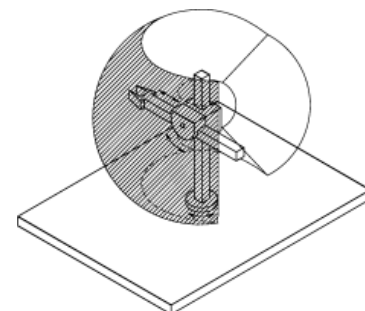


Fig 1.5 Manipulateur sphérique et Volume de travail

3.4. Manipulateur SCARA

SCARA^{p.10}: Selective Compliance Assembly Robot Arm

- Manipulateur sphérique à géométrie "spéciale"
- Deux articulations rotoïdes et une articulation prismatique (RRP): tous les axes sont parallèles; 3 ddL Rigidité élevée pour charges verticales et souplesse aux charges horizontales
- Bien adapté à des tâches de montage vertical et à la manipulation de petits objets
- Précis et très rapide (1er modèle: 1981)

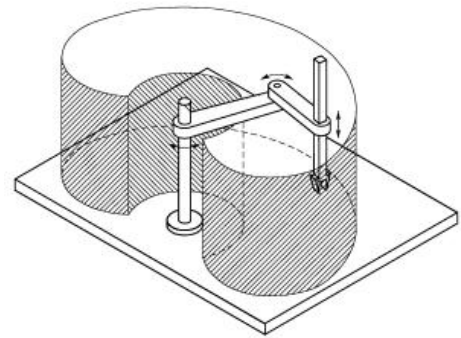


Fig I.6 Manipulateur SCARA et volume de travail cylindrique

3.5. Robots anthropomorphe

- Trois articulations rotoïdes (RRR): l'axe de la 1ère articulation est orthogonale aux axes des deux autres qui sont parallèles; 3 ddL
- En raison de sa ressemblance avec le bras humain, la 2ème articulation est appelée l'articulation de l'épaule et la 3ème, l'articulation du coude puisqu'elle relie le bras avec l'avant-bras.
- Manipulateur le plus agile car tous les articulations sont rotoïdes
- Grand volume de travail par rapport à l'encombrement du robot

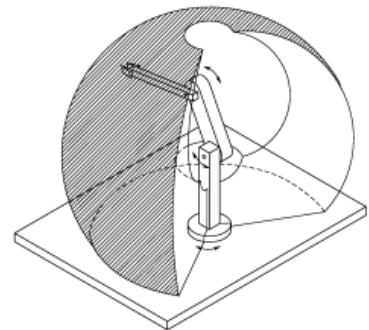


Fig I.7 Manipulateur anthropomorphe et Volume de travail

Abréviations



SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm

SMA : système mécanique articulé

Bibliographie



[1] Fadhila_LACHEKHAB «Contribution à la commande des systèmes robotisés » Thèse de doctorat en Automatique École nationale polytechnique 2020

[2] Robotique ISTIA, Université Angers Jean-Louis Boimond