

Chapitre 1 : Généralités

1. Définitions

Un robot est une machine mécatronique conçue pour assister ou remplacer l'Homme dans différentes tâches. Il a évolué avec les progrès en électronique et en informatique.

La robotique est l'ensemble des disciplines et des techniques d'étude et de mise en place des robots.

2. Domaines d'utilisation

Les robots sont utilisés dans différents domaines d'activités. Ils remplacent l'Homme dans la réalisation des tâches dangereuses, pénibles, répétitives...

En industrie, on les trouve dans les chaînes de montage de voiture, peinture soudure, manipulation, dans les zones nucléaires...

Dans le transport, lignes de Métro par exemple.

Dans le domaine militaire, utilisés pour des missions d'éclairage ou d'espionnage.

Dans le domaine spatial.

Dans le domaine médical, assistance aux chirurgiens.

Assistance aux personnes aux besoins spécifiques

...

3. Constituants d'un robot

Si le robot doit remplacer l'Homme (H), il devra donc avoir des capacités mécaniques, sensorielles et intellectuelles. Ces capacités sont assurées par :

Capacité mécanique : les actionneurs et la structure mécanique articulée.

Capacité sensorielle : les différents capteurs

Capacité intellectuelle : la commande et l'unité de traitement d'information

4. La robotisation des tâches

Introduction des actionneurs (Actuators)

Le premier schéma de robot présenté sur la figure 4.1, est caractérisé par l'introduction des actionneurs qui ont remplacé l'énergie musculaire.

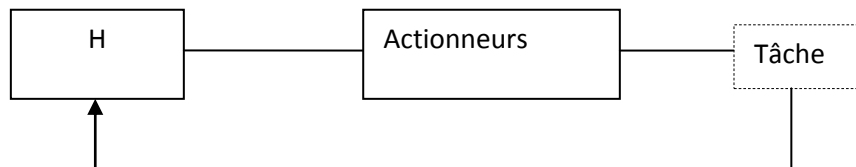


Figure 4.1

L'actionneur est composé d'un moteur, le plus souvent avec des transmissions. Il reçoit un signal de la commande du robot. Il est alimenté par énergie électrique, hydraulique ou pneumatique.

Les moteurs classiques ont une vitesse de régime élevée par rapport à celle nécessaire pour mouvoir l'articulation. Un réducteur d'un rapport convenable sera donc placé à la sortie du moteur. L'emplacement de ce dernier peut être loin de l'articulation, dans ce cas un système de transmission est nécessaire.

Les actionneurs de cette génération de robots, sont directement pilotés par l'Homme qui agit sur des commandes manuelles, exemple des engins des chantiers des travaux publics. L'exécution de la tâche est contrôlée par l'homme.

Introduction de la commande et des capteurs internes (control and internal sensors)

La commande reçoit une série d'ordres de l'homme. Elle se charge de la gestion des actionneurs jusqu'à exécution finale de la tâche. Le contrôle final, permanent ou intermittent de la tâche est encore assuré par l'homme.

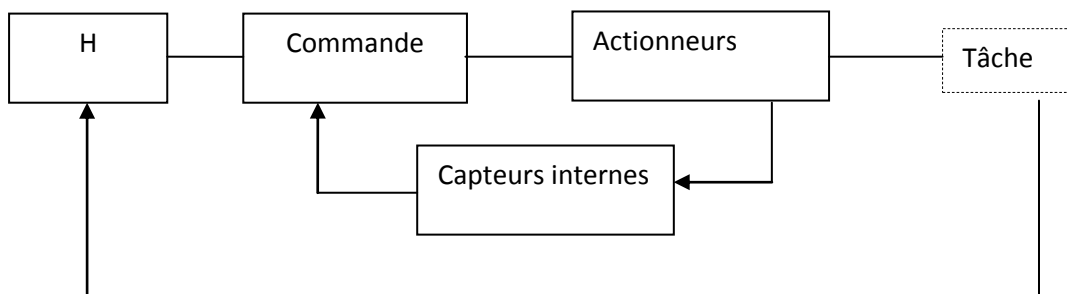


Figure 4.2

Pour fonctionner de façon autonome, la commande doit être informée de l'état du système actionneurs-outil aux moyens de capteurs internes. Ces derniers le plus souvent de position et/ou de vitesse, délivrent une information sur l'état interne du système. La figure 4.2, illustre le fonctionnement des robots dans les activités industrielles qui exécutent la tâche en boucle ouverte (open-loop control).

En cas d'un changement non prévue de l'environnement, l'exécution de la tâche peut être mise en échec.

Introduction des capteurs externes

Pour avoir un robot autonome, la fonction perception de l'environnement doit s'ajouter aux performances du robot précédant. Elle est assurée par des capteurs externes (figure 4.3). Ils sont plus complexes que les capteurs internes et nécessitent un traitement de l'information qui sera lu par la commande et non par l'homme ; le contrôle se fait en boucle fermée (closed-loop robot control). L'homme ne donne qu'un ordre initial.

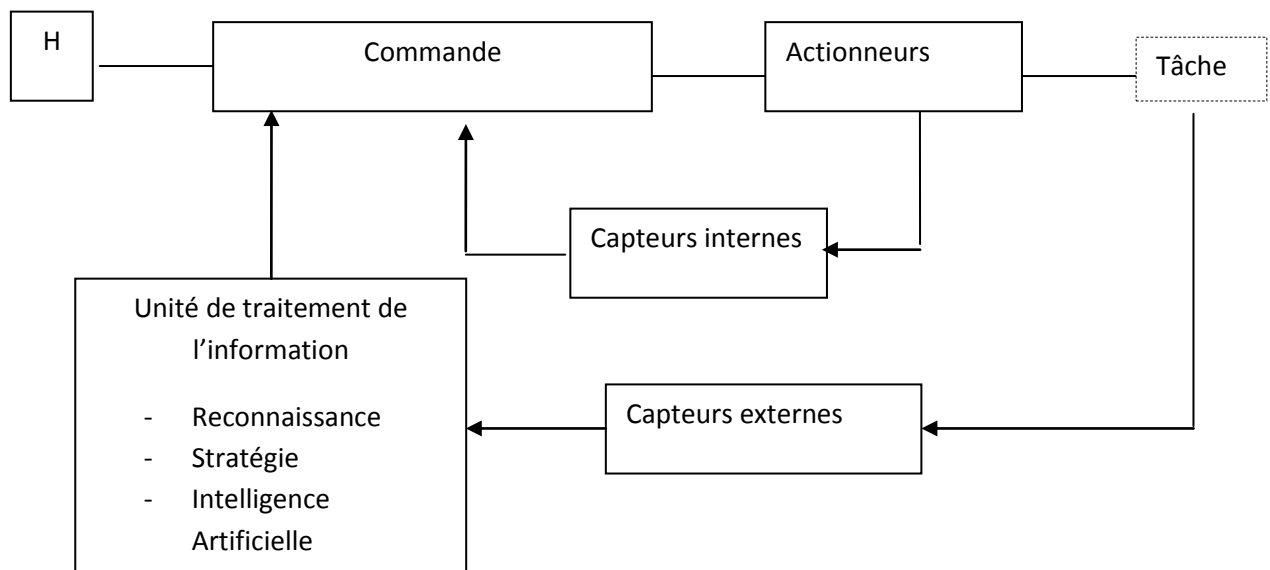


Figure 4.3

Le fonctionnement de ce type de robots nécessite la mise en œuvre des procédures d'intelligence artificielle.

Remarque

Le schéma sur la figure 4.3 présente **un système automatique** qui peut être un centre d'usinage par exemple. Donc quelle est la différence entre un système automatique est un robot ?

La réponse est que le robot est un système automatique dont la partie opérative est **un système mécanique articulé (SMA)**.

5. Architectures mécaniques

5.1. Liaisons mécanique

Un système mécanique articulé (SMA) est constitué d'un ensemble de solides (segments) reliés entre eux par des liaisons mécaniques (figure 5.1a). Vous pouvez vous référer au tableau des liaisons mécaniques. La figure 5.1b montre un exemple de liaison entre les segments 1 et 2. Dans ce cas la liaison est une liaison prismatique ou glissière. La liaison ne peut être décrite sans être associée à un repère, exemple $R(0,x,y,z)$.

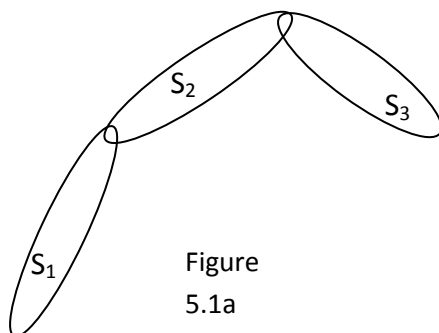


Figure 5.1a

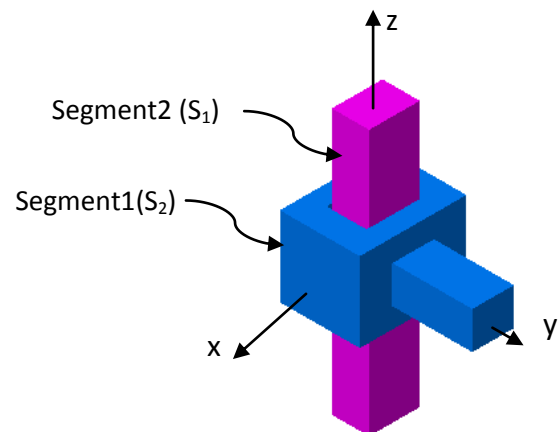


Figure 5.1b

La figure 5.2 montre les symboles plans de cette liaison suivant les différents plans.

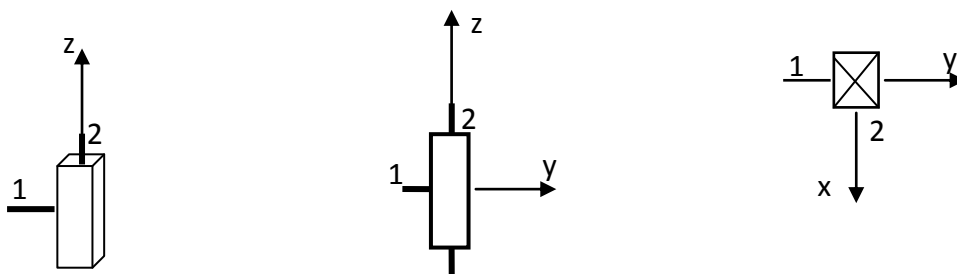


Figure 5.2

La liaison entre les solides S1 et S2 de la figure 5.1b ne permet qu'un mouvement de translation suivant l'axe Z. Ce mouvement est le degré de liberté (ddl) de cette liaison.

Dans le SMA, la liaison est dite active si elle est motorisée. Ce sera généralement le cas des liaisons pivot et prismatique.

Les liaisons non motorisées seront appelées liaisons passives. Ce sera le cas des liaisons rotule, cardan et appui plan. La mise en série de trois liaisons pivot motorisées et à axes concourants, est équivalente à une liaison rotule motorisée. Le terme articulation est aussi utilisé pour liaison.

Le nombre d'actionneurs est le nombre de ddl du robot. Sur le schéma du SMA, les liaisons motorisées sont celles auxquelles sont associées les variables articulaires q_i de commande.

5.2. Les architectures du SMA en robotique

Architecture série ou chaîne cinématique ouverte

Il n'y a qu'un seul chemin du bâti au point extrême P. Toutes les liaisons pivot sont actives.

Cette classe de robot représente les robot manipulateurs comme figure 5.3

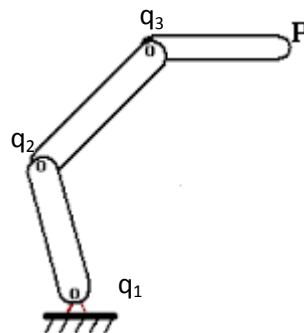


Figure 5.3

Architecture parallèle ou chaîne cinématique multiboucles

C'est l'exemple de la figure 5.4, connu sous le nom de plate forme de Stewart. Il existe 6 chemins différents entre la pince et le bâti. Sur chaque chemin, il y a une seule liaison prismatique active. Les liaisons en A_i et B_i sont des liaisons sphériques passives. La combinaison des six paramètres q_i provoque les 6ddl de la table haute (la pince).

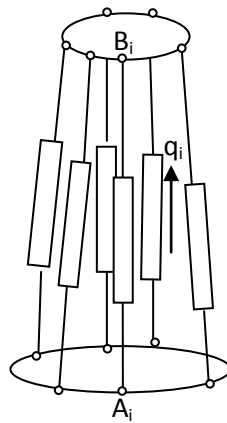


Figure 5.4

L'intérêt de l'architecture parallèle sur l'architecture série est la meilleure répartition des efforts, mais le volume de travail est beaucoup plus petit.

Architecture mixte

Elle est composée des deux ; on dit parallèle-série ou série-parallèle selon la prédominance de liaisons en série ou en parallèle.

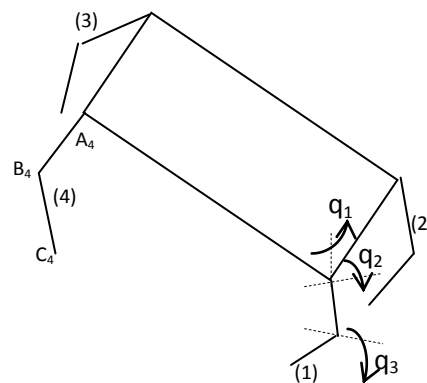


Figure 5.5

Le robot marcheur de la figure 5.5 est un exemple de cette architecture. La plate forme est reliée au bâti par quatre(4) chaînes cinématiques en parallèle (les pattes). Chacune (ABC) comporte 3 liaisons pivots motorisées et une liaison de contact ponctuel C avec frottement. C'est un robot parallèle-série avec 12ddl (3pivots 4fois). Il y a donc 6 actionneurs redondants.

Les pattes du robot ne doivent pas glisser ni perdre contact avec le sol. Quand le robot lève une patte, il reste trois boucles et une chaîne ouverte, il est dit à topologie variable.

6. Robot à architecture série ou robot manipulateur

Son SMA est composé de deux parties principales lui permettront le positionnement et l'orientation de l'effecteur. Ce sont le porteur et le poignet.

6.1. Le porteur

Il est formé des 3 premières liaisons à partir du bâti. Il peut y avoir plus, si le porteur est redondant. Le rôle du porteur est de positionner l'extrémité du manipulateur par rapport à un repère fixe au bâti. Il est formé généralement, de liaisons pivots R et prismatiques P. Le nombre de porteurs possibles formés par ces 2 liaisons placées à chaque fois sur trois points est de $8=2^3$ (PPP-PPR-PRP-PRR-RPP-RPR-RRP-RRR) (figure 6.1). Pour chacun de ces 8 porteurs et on changeant la position des axes des liaisons, on peut avoir plusieurs robots. Ils n'auront pas nécessairement les même caractéristiques comme par exemple l'espace de travail. Il est évident et important que les positions des axes ne doivent pas être quelconques. Donc, en posant les axes, il faut s'assurer que le point P ait la possibilité de se déplacer suivant les 3 axes (x,y,z).

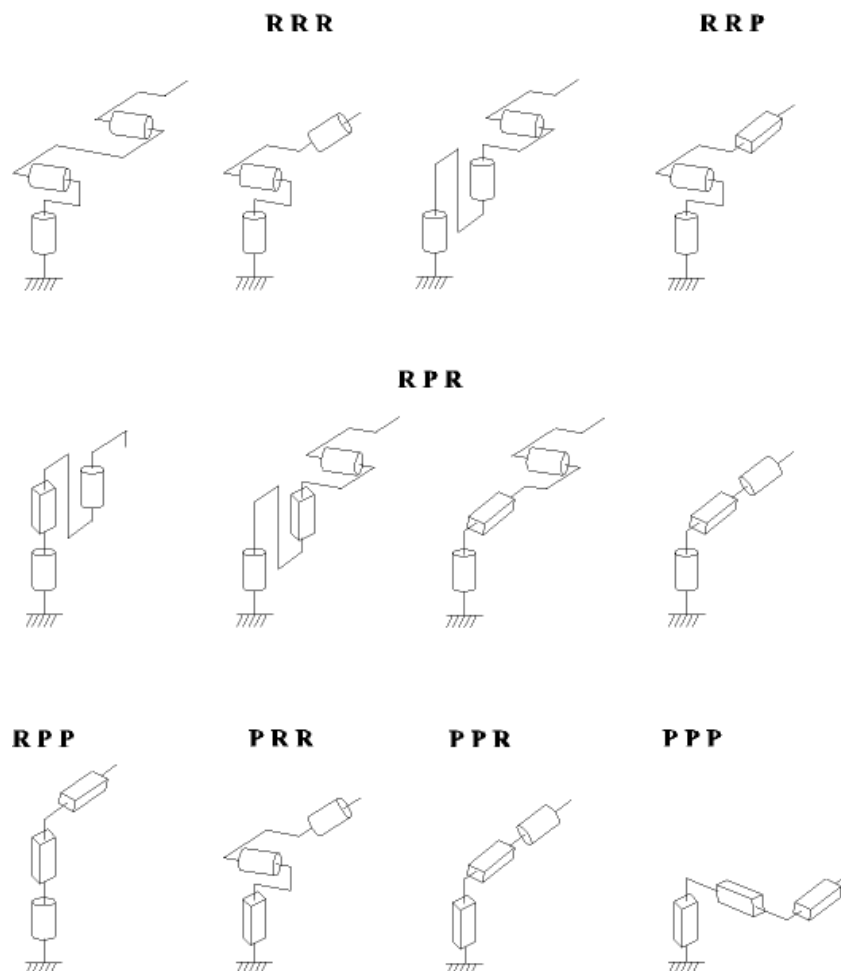


Figure 6.1

Selon la position des axes des liaisons, plusieurs agencements sont possibles pour le même porteur. Sur la figure 6.1, trois agencements sont présentés pour le porteur RRR et 4 pour RPR.

L'espace de travail

C'est l'ensemble des points de l'espace que l'effecteur peut atteindre pendant ses mouvements. Sa forme et son volume dépendent du porteur ainsi que des limites de trajet des liaisons. Le porteur permet aussi le classement des manipulateurs en Cartésien, cylindrique, sphérique (ces noms viennent des coordonnées classiques), SCARA et anthropomorphe.

Caractéristiques des différents porteurs

1. Le manipulateur cartésien

Son nom vient des coordonnées cartésiennes. On peut remarquer sur la figure 6.2 que q_1 correspond à z , q_2 à y et q_3 à x (à une constante près). Cela a fait que la précision dans le positionnement du poignet est la même partout dans tout l'espace de travail. Cette structure est très rigide. Il est utilisé dans la manutention et la manipulation des pièces lourdes et encombrantes. Généralement les actionneurs utilisés dans cette structure sont électriques et rarement pneumatiques.

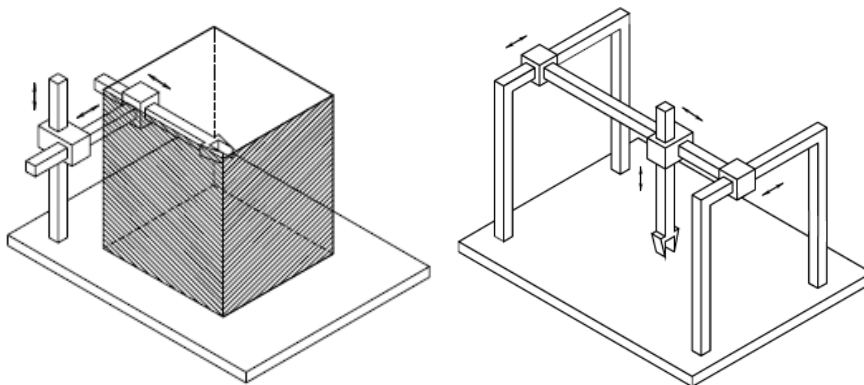


Figure 6.2

2. Le manipulateur cylindrique

Son nom vient par analogie aux coordonnées cylindriques ($q_1=\theta$, $q_2=z$ et $q_3=r$) (Figure 6.3). La structure cylindrique offre une bonne rigidité mécanique. La précision diminue à mesure que la course horizontale (P) augmente. L'espace de travail est une partie d'un cylindre creux.

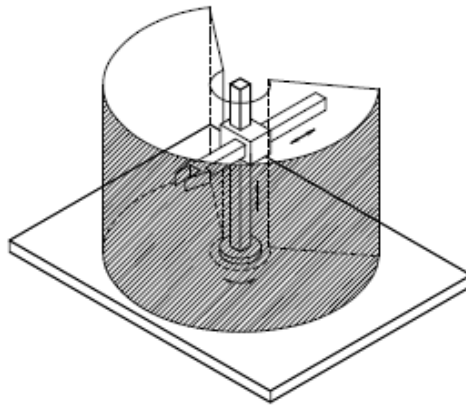


Figure 6.3

Les manipulateurs Cylindriques sont principalement utilisés dans le déplacement des objets de grandes dimensions. Les moteurs hydrauliques sont donc privilégiés.

3. Le manipulateur sphérique

La rigidité du manipulateur sphérique (figure 6.4) est moins importante que celle des deux précédents. La précision dans le positionnement du poignet diminue avec l'augmentation du rayon de la sphère.

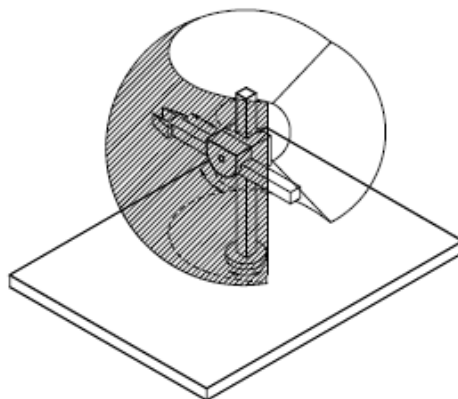


Figure 6.4

Ils sont principalement utilisés pour l'usinage. Les moteurs électriques sont généralement utilisés pour mouvoir les liaisons.

4. Robot SCARA

SCARA est un manipulateur RRP dont les axes des trois liaisons sont parallèles (figure 6.5). Il a une rigidité pour les charges verticales. Son nom est l'acronyme de *Selective Compliance*

Assembly Robot Arm. Les liaisons sont actionnées par des moteurs électriques. La précision dans le positionnement du poignet diminue s'il est éloigné de l'axe de la première liaison.

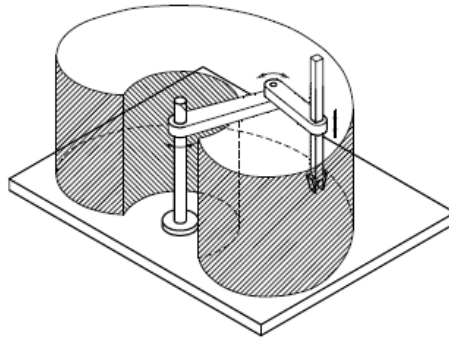


Figure 6.5

5. Manipulateur anthropomorphe

C'est un manipulateur à porteur RRR où l'axe de la première liaison est perpendiculaire aux deux autres. Ces deux derniers sont parallèles (figure 6.6).

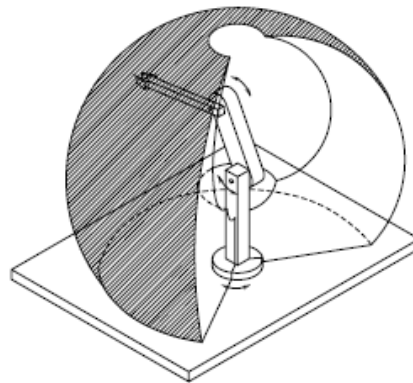


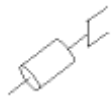
Figure 6.6

Il est similaire au bras humain d'où le nom de sa deuxième liaison (épaule) et la troisième (coude).

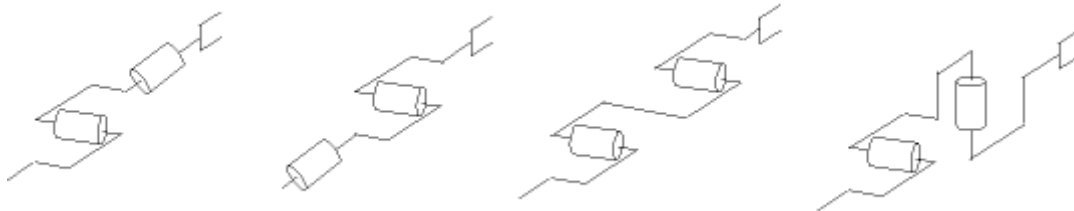
Le robot anthropomorphe ou articulé est le plus agile des autres. La précision du positionnement du poignet varie dans l'espace de travail. Son espace de travail est important par rapport à son volume. Il est largement utilisé en industrie. Ses liaisons sont actionnées par des moteurs électriques.

6.2. Le poignet

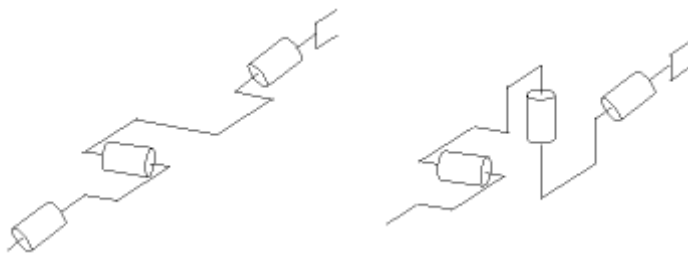
Le poignet oriente la pince portée par le robot. Sa structure est formée de trois articulations pivot en série à axes concourants et orthogonaux deux à deux (figure 6.7). L'ensemble est équivalent à une liaison sphérique. Elle permet de donner toutes orientations de la pince. Dans quelques robots, les axes ne sont pas concourants. Le poignet peut avoir moins que trois pivots, s'ils sont inutiles pour la tâche à effectuer.



Poignet à un axe



Poignets à deux axes



Poignets à trois axes

Figure 6.7

Éléments de bibliographie

- [1] J. P. Lallemand, S. Zegloul, Robotique, Aspects fondamentaux, Masson, 1994
- [2] B. Siciliano et al., Robotics (Modeling Planning and Control), Springer, 2010