

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE UNIVERSITE DU DJILALI BOUNAAMA

Faculté de Technologie
Département : Génie électrique



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention d'un diplôme de Master.
Filière : Automatique.
Spécialité : Automatique et informatique industriel.

Thème :

**Etude et Contrôle d'un robot
Kawasaki FS03N à 6 ddl**

Devant le jury composé de :

- Mr. Ikni Samir

Encadreur

Présenté par :

**Boudani Belaid
Benyamina Radhwan**

Année universitaire : 2019 / 2020

Dédicaces

***Je dédie ce mémoire : À mes chers parents,
À mes frères et mes sœurs,
À mes amis,
Et à tous ceux qui m'aiment.***

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux personnes qui me sont très chères au monde :

À mes parents qui m'ont toujours soutenu dans mes études et qui m'ont donné le courage de continuer à vivre.

À mes frères et mes sœurs et toute ma famille.

À tous ceux qui me sont chers.

À tous mes amis et mes camarades et à tous ceux qui m'aiment et me connaissent.

Remerciements

*Nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous a donné le courage et la volonté de mener à terminer ce présent travail.*

*Nous remercions énormément **Mr IKNI Samir** d'avoir accepté de nous encadrer et nous*

Sommes très reconnaissants pour ces précieuses aides pendant les moments difficiles.

*Nous remercions aussi **Mr hamza** pour ses efforts avec nous. Qu'il n'a pas cessé de nous prodiguer tout au long de la réalisation de ce travail.*

Nous remercions tous les enseignants qu'ils nous ont enseigné dans les deux années passées et le chef de département ST et aussi nos amis pour leur soutien.

ملخص:

هذه المذاكرة سوف تساعد على التعرف ودراسة الخصائص المختلفة للروبوتات المناورة وبعد ذلك تصميم المحاكاة وسيتم تخصيص دراستنا للروبوت المناور

Kawasaki FS03N بدراسة خصائصه و إعطاء نماذج تحت برامج مختلفة

Solidworks

الذي سوف يعطينا نموذج بخصائص هندسية مشابهة للحقيقي و سيتم استخدامه لخلق المحاكاة للروبوت في

SIMULINK

وتطبيق الأوامر على الروبوت سيتم وضع برنامج ما تلاب على أساس نماذج هندسية المباشرة والعكسية في النهاية خلق واجهة رسومية لمقارنة النتائج

Résume :

Ce mémoire va nous aider à connaître et étudier les différentes caractéristiques des robots manipulateurs pour ensuite modéliser et simuler ces derniers, notre étude va être consacré au robot manipulateur **Kawasaki (FS03N)**. En étudiant ces caractéristiques et le modélise avec différent logiciel, **solidworks** qui va donner un modèle avec des caractéristiques géométriques semblable au réel qui va servir à créer une simulation du robot sous Simulink et appliquer des commandes sur le robot, un programme MATLAB va être développé a base des modèles géométriques directe et inverse pour à la fin faire une interface graphique pour comparer les résultat obtenus.

Abstract:

This is memory helped us to know and study the different characteristics of robots manipulator after goals to simulate our robot type **Kawasaki (FS03N)** with different software, which will **solidworks** given a model with geometrical characteristics similar to reel which will be used to create a simulation of the robot in Simulink and applied commands on the robot a MATLAB program will be developed based on a direct and inverse geometric models for the end to a graphical interface for comparing the result

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 : généralité sur les robots manipulateur	
1.1. Définition.....	3
1.1.1. Constitution d'un robot.....	4
1.1.1.1. L'organe terminal.....	4
1.1.1.2. Le Système Mécanique Articulé (S.M.A.).....	5
1.1.1.3. L'actionneur.....	5
1.1.1.4. Les capteurs.....	6
1.1.1.5. Système de commande.....	6
1.1.2. Caractéristiques des robots.....	6
1.1.2.1. Caractéristique géométrique.....	6
1.1.2.2. Volume accessible.....	7
1.1.2.3. précision/répétabilité.....	7
1.1.2.3. Charge utile.....	8
1.1.3. Classification des robots.....	8
1.1.3.1. Les robots manipulateurs industriels... ..	9
1.1.3.2. Les robots didactiques.....	9
1.1.3.3. Les robots mobiles autonomes.....	9
1.2. Description des robots manipulateurs.....	9
1.2.1. Mécanismes.....	11
1.2.2. Morphologie des robots manipulateurs.....	12
1.2.3. Modélisation des robots.....	14
1.2.3.1 Nécessité d'un modèle.....	14
1.2.3.2. Matrice de transformation homogène.....	16
1.2.3.2.1. Coordonnés homogène.....	16
1.2.3.2.2. Matrices de transformations.....	16
1.3. Conclusion.....	18

Chapitre 2 : modélisation du robot Kawasaki(FS03N)

2.1.1	Introductin	19
2.2.	Morphologie et (d.d.l) du robot kawasaki (FS03N)	19
2. 3.	Quelque caractéristique du robot kawasaki (FS03N).....	21
2.3.1	: Tableau des caractéristiques	21
2.3.2.	Enveloppe de travail et dimensions	22
2.4.	Description de la boite de commande D70	23
2.4.1.	Caractéristique	23
2.5.	Modèle géométrique directe	23
2.5.1.	Paramètre géométrique du robot kawasaki (FS03N)	23
2.5.2.	Matrice de transformation homogène du robot kawasaki (FS03N).....	24
2.6.	Modèles géométriques inverse du bras	25
2.7.	Modélisation cinématique	26
2.7.1.	Méthodes de calcul de la matrice jacobéenne	26
2.7.2.	Calcul du jacobien de base.....	27
2.8.	Conclusion.....	28

Chapitre 3 : simulation du robot kawasaki(FS03N) avec solidworks

3.1.	Introduction	29
3.2.	Comment modéliser dans solidworks	29
3.2.1.	Les projets.....	30
3.2.2.	Créer une esquisse.....	31
3.2.3.	Bossage	33
2.2.4.	Enlever du volume	33
3.2.5.	Arrondir les angles	34
3.3.	Modelisation du robot kawasaki (FS03N)	35
3.3.1.	Dimonssion du manipulateur	35

3.3.2. Les piéces du robot (FS03N).....	36
3.3.3. Créer un nouvel assemblage	37
3.3.4. Importer des pièces	37
3.3.5. Contraindre des pièces	38
3.4. Animation	40
3.5. Conclusion.....	42

Chapitre 4 : simulation

4.1. Introduction	43
4.2. Simulation sous simulink	43
4.2.1. Installation de la passerelle (solidworks_matlab)	43
4.2.2. Import de la modélisation dans matlab et lancement de la simulation	44
4.2.3. Teste du model avec simulink.....	47
4.3. Modélisation du robot awasaki (FS03N) sous matlab	49
4.4. Interface graphique	52
4.5. Conclusion.....	54
Conclusion générale.....	55

Notations et acronymes

D.D.L :	degré de liberté
A.F.N.O.R :	Association française de normalisation.
S.M.A :	système mécanique articulé
C.A.O :	conception assistée par ordinateur
M.G.D :	modèle géométrique directe
M.C.D :	modèle cinématique directe
M.C.I :	modèle cinématique inverse
M.D.D :	modèle dynamique directe
M.D.I :	modèle dynamique inverse
R.R.R :	rotation rotation rotation
R.R.P :	rotation rotation prismatique
R.P.R :	rotation prismatique rotation
R.P.P :	rotation prismatique prismatique
P.R.R :	prismatique rotation rotation
P.P.R :	prismatique prismatique prismatique
P.P.P :	prismatique prismatique prismatique
atan :	arctangent
θ :	angle de rotation
Pi :	constante d'Archimède égale à 3,1457...
J(q) :	La matrice jacobéenne du mécanisme égale à $\frac{\partial X}{\partial q}$
0P_n :	cordonnées de point de repère n dans repère 0
w_n :	la vitesse de rotation du repère R_n
0T_i :	Matrices de translation de repère i dans repère 0
t1 :	theta1
t2 :	theta2
Px :	cordonnées de point dans l'axe x
Py :	cordonnées de point dans l'axe y
Pz :	cordonnées de point dans l'axe z
Si :	sinus
Ci :	cosinus
Epsilon :	erreur
σ_j :	rotation autour de l'axe Oz, appelé lacet (yaw en anglais),
α_j :	rotation autour de l'axe Oy', appelé tangage (pitch en anglais),
Dj :	articulation prismatique sur l'axe Oz
θ_j :	rotation autour de l'axe Oz'', appelé roulis (roll en anglais)
Rj :	articulation prismatique sur l'axe Oy
D :	Longueur de segment
RL :	Longueur de l'axe

Liste des figures

Figure1.1 : Exemple de robot.....	3
Figure1.2 : vocabulaire de robots.....	4
Figure 1.3 : différent partie du robot manipulateur.....	4
Figure 1.4 : symbole de l'articulation rotoïde.....	7
Figure 1.5 : symbole de l'articulation prismatique.....	7
Figure 1.6 : schéma général du robot manipulateur.....	11
Figure 1.7: différent chaine de robots.....	12
Figure 1.8 : morphologie possible des manipulateurs.....	13
Figure 1.9 : porteur et poignet.....	14
Figure 1.10 : positionnement du poigner.....	15
Figure 1.11 : rotation des axe Y, Z sur l'axe X.....	15
Figure 2.1 : les parties du robot.....	19
Figure 2.2 : la boîte de commande (H).....	19
Figure 2.3 : position des axes.....	20
Figure2.4 : dimension de la base.....	22
Figure 2.5: diminution du porteur de l'outil.....	22
Figure 2.6: espace attelable.....	22
Figure2.7 : positon normal du robot.....	23
Figure 3.1 : différentes parties de l'interface.....	29
Figure 3.2 : les projets.....	30
Figure 3.3 : différent élément de la fenêtre d'esquisse.....	31
Figure 3.4 : liste des plans.....	32
Figure 3.5 : fenêtre de bossage.....	33
Figure 3.6 : arrondissement des angles.....	34
Figure 3.7 :dimension des corps du robot.....	35
Figure 3.8 : dimension de la base.....	35

Figure 3.9 : les pieces du robot	36
Figure 3.10 : le robot FS03N a la fin de l'assemblage	39
Figure 3.11 : l'angle de l'étude du mouvement.....	40
Figure 3.12 : panneau de configuration pour l'ajout de moteur	41
Figure 3.13 : suivi du mouvement dans l'angle d'étude	41
Figure 4.1 : fenêtre d'importation des fichiers (XML)	44
Figure 4.2 : schéma blocs du modèle du robot kawasaki (FS03N).....	45
Figure 4.3 : fenêtre de visualisation	45
Figure 4.5 : position initiale	46
Figure 4.5 : modèle du robot en simulink	46
Figure 4.6 : pointage du dossier courant sur le dossier comprenant les fichiers STL	47
Figure 4.7 : teste de la simulation du robot	48
Figure 4.8 : mouvement de l'organe terminal	49
Figure 4.9 : coordonnées opérationnelles $x_d=200$; $y_d=0$; $z_d=0$	50
Figure 4.10 : coordonnées opérationnelles $x_d=120$; $y_d=120$; $z_d=0$	50
Figure 4.11 : coordonnées opérationnelles $x_d=200$, $y_d=200$, $z_d=0$	51
Figure 4.12 : coordonnées opérationnelles $x_d=0$, $y_d=-200$, $z_d=0$	51
Figure 4.13: Fenêtre de l'inter face graphique	52
Figure 4.14 : première position	53
Figure 4.15 : deuxième position	53

List des tableaux

Tableau 2.1: caractéristiques du robot kawasaki (FS03N).....	21
Tableau 2.2: paramètre géométrique.....	23

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

La robotique est la science qui s'intéresse aux ensemble des techniques et études tendant à concevoir des systèmes articulées (robots). En effet, il s'agit d'un domaine multidisciplinaire : on y trouve par exemple la mécanique, l'informatique, l'électronique et l'automatique. [3]

Un robot c'est une machine pouvant manipuler des objets et réaliser des mouvements variés dictés par un programme aisément modifiable. Programmer un robot consiste, dans un premier temps à lui spécifier la séquence des mouvements qu'il devra réaliser.

Certains robots sont dotés de "sens", c'est-à-dire d'un ensemble plus ou moins important d'instruments de mesure et d'appréciation (camera, thermomètre, télémètre) permettant au programme d'un robot de décider du mouvement le mieux adapté aux conditions extérieur

Il existe des travaux et technique qui permet également de doter des robots d'un dispositif d'intelligence artificielle afin qu'ils puissent faire face à des situations imprévues et nouvelles (le robot pourrait acquérir une certaine "expérience"). [6]

La différence entre un robot et un automate est qu'un automate est une machine conçue pour exécuter automatiquement une tâche bien définie. Le robot par contre, peut en fonction de son programme réaliser des tâches différentes. En plus de l'aspect programmation, il faut remarquer que l'automate est plus dédié physiquement à sa fonction que le robot. Les robots sont principalement utilisés dans l'industrie pour effectuer des manipulations répétitives, surtout lorsque le processus de fabrication est fréquemment soumis à des modifications. Par exemple la soudure des composants sur les circuits imprimés, dans

L'industrie électronique

L'avantage d'un robot (robot manipulateur) par-apport à l'homme est sa régularité : il peut exécuter le même mouvement des milliers de fois d'affilée sans ressentir la moindre lassitude ou fatigue. De plus, les robots peuvent être construits de manière à pouvoir résister à des conditions qui seraient dangereuses, voire mortelles pour l'homme (gaz nocifs, forte chaleur, froid instance, radiations). [3][5]

Notre travail consiste à étudier est simuler un robot manipulateur Kawasaki FS03N, cette étude passera par plusieurs phases de compréhension, du système (robot) a la simulation et la réalisation d'une interface graphique (simulation des commandes PID) pour analyse et testé différent type de mouvement.

Introduction générale

Suite à cet objectif notre mémoire est organisé comme suit :

- **Dans le premier chapitre** : on d'apportera quelques définitions de base et décrire les constituants technologiques d'un robot et définir les principaux termes du domaine.
- **Dans le deuxième chapitre** : on présente la modélisation géométrique, cinématique et dynamique d'un robot manipulateur se basant sur la méthode de Dinavit-Hartenberg.
- **Dans Le troisième chapitre** sera consacré à la modélisation en 3D de notre robot sous l'environnement du logicielle Solid Works.
- **Dans Le quatrième chapitre** et consacré à la simulation avec une passerelle entre l'environnement Solid Works_MATLAB et test des résultats.

Chapitre 1 : Généralité sur les robots manipulateur

Chapitre 1 : généralité sur les robots manipulateur

1.1. Définition	3
1.1.1. Constitution d'un robot	4
1.1.1.1. L'organe terminal.....	4
1.1.1.2. Le Système Mécanique Articulé (S.M.A.)	5
1.1.1.3. L'actionneur	5
1.1.1.4. Les capteurs	6
1.1.1.5. Système de commande	6
1.1.2. Caractéristiques des robots	6
1.1.2.1. Caractéristique géométrique	6
1.1.2.2. Volume accessible	7
1.1.2.3. précision/répétabilité.....	7
1.1.2.3. Charge utile.....	8
1.1.3. Classification des robots	8
1.1.3.1. Les robots manipulateurs industriels	9
1.1.3.2. Les robots didactiques	9
1.1.3.3. Les robots mobiles autonomes	9
1.2. Description des robots manipulateurs	9
1.2.1. Mécanismes	11
1.2.2. Morphologie des robots manipulateurs.....	12
1.2.3. Modélisation des robots	14
1.2.3.1 Nécessité d'un modèle	14
1.2.3.2. Matrice de transformation homogène	16
1.2.3.2.1. Coordonnés homogène.....	16
1.2.3.2.2. Matrices de transformations	16
1.3. Conclusion	18

1.1. Définition :

Un robot est défini tant que un système mécanique articulée à usage multiple, cet appareil automatique représenté par la figure 1 nous donne la capacité de manipuler des objets, ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable.[1]



Figure1.1 : Exemple de robot [2]

Ce système doit posséder une certaine flexibilité pour "mériter" le nom de robot, dont les propriétés qui le caractérisent sont[5] :

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

Ces machines polyvalentes subit généralement des études dans le but d'effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées aux d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. [1]

1.1.1. Constitution d'un robot :

Les robots sont constitués des sous-ensembles principaux montrés sur la figure au-dessous :

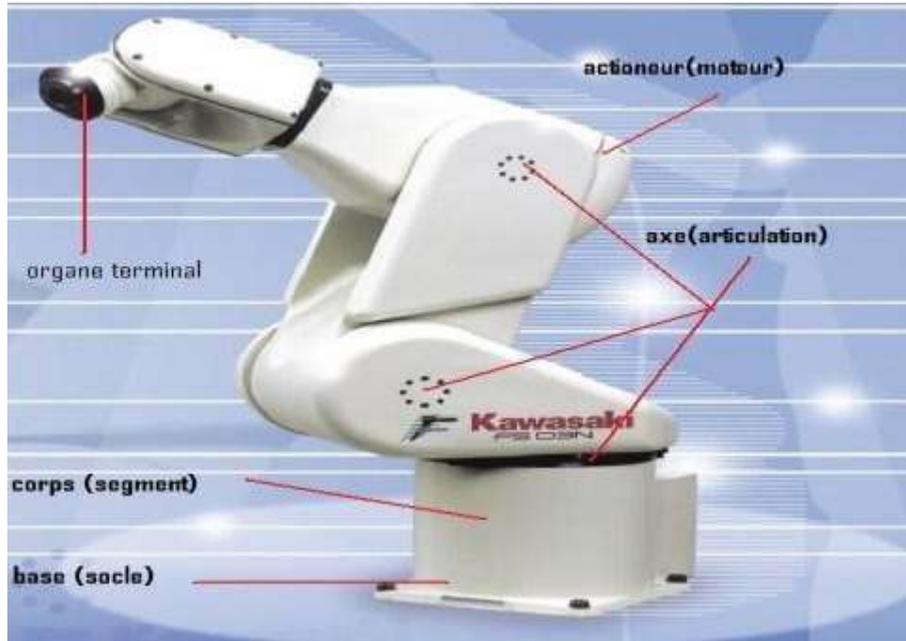


Figure1.2 : Vocabulaire de robots [2]

1.1.1.1. L'organe terminal :

Un organe terminal manipule des objets et il peut être équipé de plusieurs dispositifs ayant des fonctionnalités différentes (dispositifs de serrage, dispositifs magnétiques, à dépression, torche de soudage, pistolet de peinture) donc il peut être multifonctionnel. Un robot, peut-être multi-bras, chacun de ses bras portant un organe terminal différent. [2]

1.1.1.2. Le Système Mécanique Articulé (S.M.A.) :

C'est un mécanisme ayant une structure simultanée à celle du bras humain. Il permet de remplacer ou de prolonger son action. Le rôle de S.M.A est d'amener l'organe terminal dans une position donnée, selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données. Son architecture est une chaîne cinématique de corps, généralement rigides, assemblés par des liaisons appelées articulations. Sa motorisation peut être hydraulique, électrique ou pneumatique. [2]

1.1.1.3. L'actionneur :

Plusieurs types des actionneurs sont utilisés pour assurer les différents mouvements du S.M.A. On utilise 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, 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). [10]

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]

1.1.1.4. Les capteurs :

La perception rend possible 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 (vitesses des articulations et positions) et extéroceptifs lorsqu'ils recueillent des informations sur l'environnement (détection de contact, de présence, mesure de distance, vision artificielle). [2]

1.1.1.5. Système de commande :

La partie commande résume 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.
- ❖ La robotique est une science pluridisciplinaire qui requiert, notamment, des connaissances en mécanique, automatique, électronique, électrotechnique, traitement du signal, communications, informatique. [2]

Généralité sur les robots manipulateurs

On distingue classiquement 4 parties principales dans un système robotique :

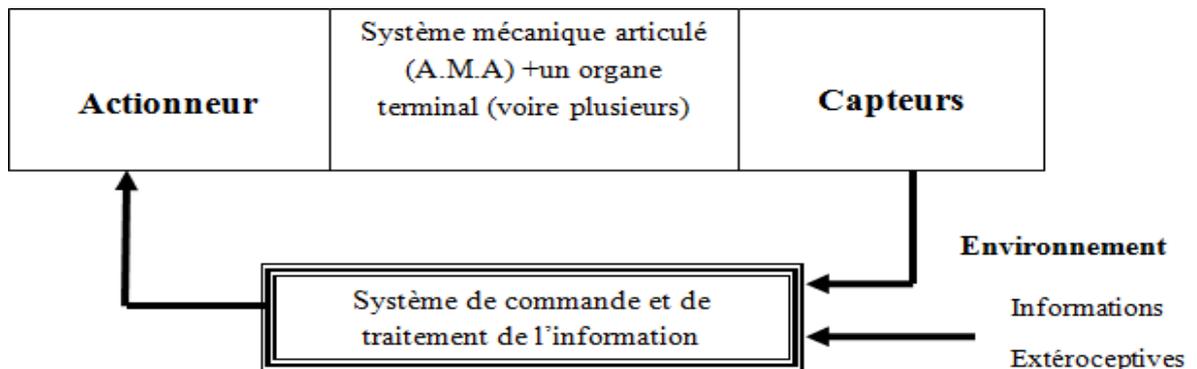


Figure1.3 : Différent partie du robot manipulateur [4]

- **Actionneur** : convertie l'énergie primaire en énergie mécanique.
- **Capteurs** : plusieurs types de capteurs sont utilisés tel que le capteur de position, de vitesse, télémétrie....
- **Système de commande** : possède un régulateur, calculateur et traitement de signal.

1.1.2. Caractéristiques des robots : les robots sont caractériser par leur géométries, volume accessible répétabilité/précisions et leur charge utile qui seront détaillé. [3]

1.1.2.1. Caractéristique géométrique :

Suivant le type de mouvement, les articulations vont être variées en :

- ✓ 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. L'angle autour de cet axe donne la situation relative entre les deux corps (voir la figure suivante). [3]



Figure 1.4 : Symbole de l'articulation rotoïde [3]

Généralité sur les robots manipulateurs

- ✓ 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 distance le long de cet axe mesure la situation relative entre les deux corps (voir la figure suivante) [3]



Figure 1.5 : Symbole de l'articulation prismatique [3]

- ✓ Nombre d'axe (par un actionneur).
- ✓ Architecture (série ou parallèle).
- ✓ Chainage des articulations.
- ✓ Nombre de degrés de liberté.

1.1.2.2. Volume accessible :

- ✓ Géométrie du robot.
- ✓ Longueur des segments.
- ✓ Débattement des articulations (limité par des butées).

1.1.2.3. précision/répétabilité :

Positionnement absolu imprécis (>1mm) :

- ✓ Erreurs de modèle géométrique
- ✓ Erreurs de quantification de la mesure de position
- ✓ Flexibilités
- ✓ 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 <0.1mm [2]

1.1.2.3. Charge utile :

La charge utile est la charge maximale que porte le robot sans dégrader la répétabilité. La charge utile est nettement inférieure à la charge maximale que peut porter le robot qui est directement des actionneurs. [2]

1.1.3. Classification des robots :

On retiendra pour notre part 3 types de robot : [3]

➤ Les manipulateurs :

- Les trajectoires sont non quelconques dans l'espace.
- Les positions sont discrètes avec 2 ou 3 valeurs par axe.
- La commande est séquentielle.

Les télémanipulateurs : appareils de manipulation à distance (pont roulant, pelle mécanique), apparus vers 1945 aux USA : [2]

- Les trajectoires peuvent être quelconques dans l'espace.
- Les trajectoires sont définies de manière instantanée par l'opérateur, généralement à partir d'un pupitre de commande (joystick).

Les robots : [4]

- Les trajectoires peuvent être quelconques dans l'espace.
- L'exécution est automatique.
- Les informations extéroceptives peuvent modifier le comportement du robot.

Pour cette dernière classe, on peut distinguer :

1.1.3.1. Les robots manipulateurs industriels :

Ces robots ont plusieurs tâches à manipuler, soient : [4]

- Des pièces : pour faciliter les tâches répétitifs (Stockage/déstockage, Palettisation/ dépalettisation, Chargement/ déchargement).
- Des outils : pour augmenter la fiabilité et la précision (Soudure en continu ou par points, Collage, Peinture, Ebavurage).

1.1.3.2. Les robots didactiques : qui sont définis comme des versions au format réduit des précédents robots. La technologie est différente, de même que les constructeurs. Ils ont un rôle d'enseignement et de formation, ils peuvent aussi être utilisés pour effectuer des tests de faisabilité d'un poste robotisé. [4]

1.1.3.3. Les robots mobiles autonomes : Les possibilités sont plus vastes, du fait de leur mobilité. Notamment, ils peuvent être utilisés en zone dangereuse (nucléaire, sécurité civile, incendie, déminage), inaccessible (spatial, océanographie). De tels robots font appel à des logiciels sophistiqués et à des capteurs. On peut distinguer deux types de locomotion : Les robots marcheurs imitant la démarche humaine, et les robots mobiles ressemblant plus à des véhicules. [4]

❖ La deuxième partie de ce chapitre va porter plus de lumière sur les robots manipulateurs.

1.2. Description des robots manipulateurs :

Un robot est un automate destiné principalement à la manipulation et doté d'un certain degré d'anthropomorphisme, ainsi que des possibilités élevées de programmation qui permet d'affecter le même robot à des tâches diverses tel la diminution des coûts de production, l'amélioration de sa qualité ainsi que sa reproductibilité et on peut distinguer la meilleure tolérance à l'environnement.

Les robots prouvent ainsi être substitués à l'homme pour effectuer des tâches dans des environnements à haut risque tel que ceux rencontrés dans l'énergie nucléaire. Les robots peuvent être classés en fonction de leur [1]

- Espace de travail
- Précision et respectabilité
- Charge utile
- Agilité
- Mobilité (nombre de degrés de liberté)

Ces paramètres, ainsi que le niveau de fiabilité requis. Le manipulateur proprement composé de sa structure articulée, de ses moteurs et ses transmissions et de capteurs proprioceptifs (ex : encodeurs) permettant de connaître sa configuration. [1]

La complexité de la structure mécanique s'accroît rapidement avec le nombre de d.d.l. Connaissant l'environnement dans lequel évolue le manipulateur, au départ de la spécification de la tâche, en évitant les obstacles éventuels présents dans l'espace de travail il est possible de générer une trajectoire qui permettra l'exécution de cette tâche. [1]

Le processus de génération de trajectoire décrit ci-dessus porte le nom de programmation hors-ligne car elle s'effectue sans interaction directe avec le robot. Donc elle n'interrompt pas

Généralité sur les robots manipulateurs

son fonctionnement, éliminant aussi les temps morts. En outre, elle permet d'optimiser et de simuler les trajectoires à l'aide d'un system CAO. [5]

Lors de son fonctionnement, le manipulateur se contente par un modèle cinématique précis du manipulateur, mais elle impose les périodes d'arrêt dans l'utilisation du manipulateur afin d'effectuer l'apprentissage. Elle ne permet pas non plus d'effectuer des simulations dans un environnement CAO. Une fois que la trajectoire de l'organe effecteur a été définie [5]

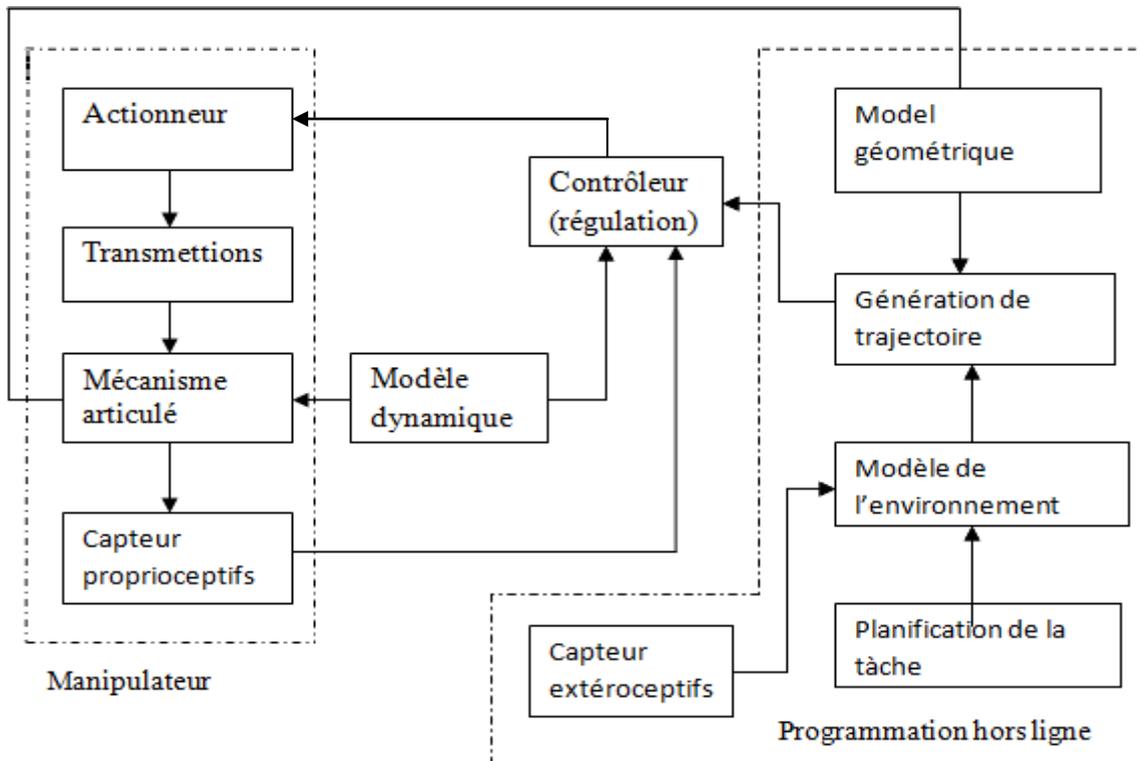


Figure 1.6 : Schéma général du robot manipulateur. [6]

La trajectoire est entrée comme consigne au contrôleur qui en assure la régulation en boucle fermée, pour compenser les incertitudes et les perturbations, la régulation, en général utilise un modèle dynamique du manipulateur. [5]

Généralité sur les robots manipulateurs

1.2.1. Mécanismes :

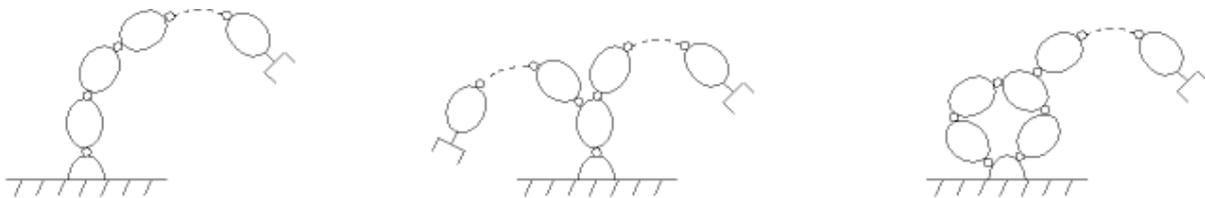
On appelle mécanisme un ensemble de solides reliés deux à deux par des liaisons.

On distingue deux types de mécanismes :

- Les mécanismes en chaîne simple ouverte (ou en série). Lorsque l'on parcourt le mécanisme, on ne repasse jamais deux fois sur la même liaison, ou sur le même solide. Ce type de système est le plus répandu.
- Les mécanismes en chaîne complexe, i.e., tout ce qui n'est pas en série (au moins un solide avec plus de deux liaisons). [6]
-

Pour représenter un mécanisme, on dispose de deux méthodes :

- Le schéma cinématique : On utilise la représentation normalisée des liaisons pour représenter le mécanisme, soit en perspective, soit en projection.
- Le graphe, non normalisé. A titre d'exemples, considérons quelques mécanismes : [6]

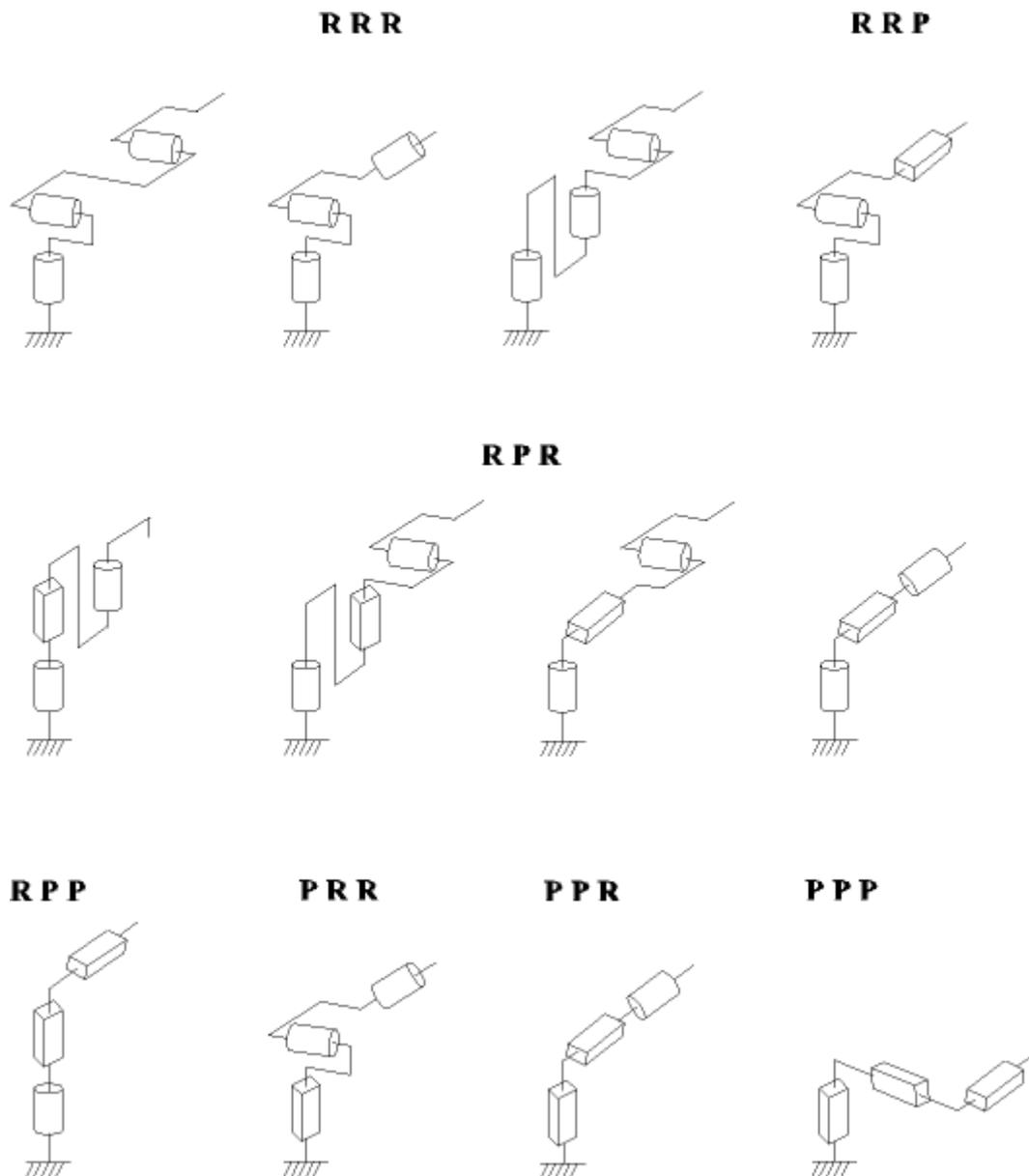


- **Figure 1.7** : Différents chaînes de robots [6]

1.2.2. Morphologie des robots manipulateurs :

-Ce paragraphe est relatif aux chaînes simples ouvertes. Afin de dénombrer les différentes architectures possibles, on ne considère que deux paramètres : le type d'articulation (rotoïde (R) ou prismatique (P)) et l'angle que font deux axes articulaires successifs (0° ou 90° ; sauf cas très particulier, les axes consécutifs d'un robot sont soit parallèles, soit perpendiculaires). On convient d'appeler les trois premiers **d.d.l.** Le porteur du robot. Les **d.d.l.** Résiduels forment le poignet, caractérisé par des dimensions beaucoup plus petites et une plus faible masse. [6]

Sont schématisées dans la figure qui suit les **12** morphologies possibles de porteur (ces morphologies sont non redondantes (on élimine a priori les structures limitant les mouvements du porteur à des déplacements linéaires ou planaires : trois liaisons prismatiques d'axes parallèles, par exemple, ou trois liaisons rotoïdes d'axes parallèles). [1]



- **Figure 1.8:** Morphologie possible des manipulateurs [18]

Dans la pratique, le poignet de type rotule est très répandu. Le robot, obtenu en lui associant un porteur à trois **d.d.l.** est la structure la plus classique à six **d.d.l.** Elle permet d'assurer un découplage entre la position et l'orientation de l'organe terminal :

- Le porteur a pour rôle de fixer la position du point d'intersection, noté P, des axes des trois dernières articulations (centre du poignet) ; cette position (P) ne dépend que de la configuration des solides (corps) 1, 2 et 3 (i.e., du porteur).

- Le poignet est destiné à l'orientation de l'organe terminal (pince, outil). [18]

Voir la figure suivante :

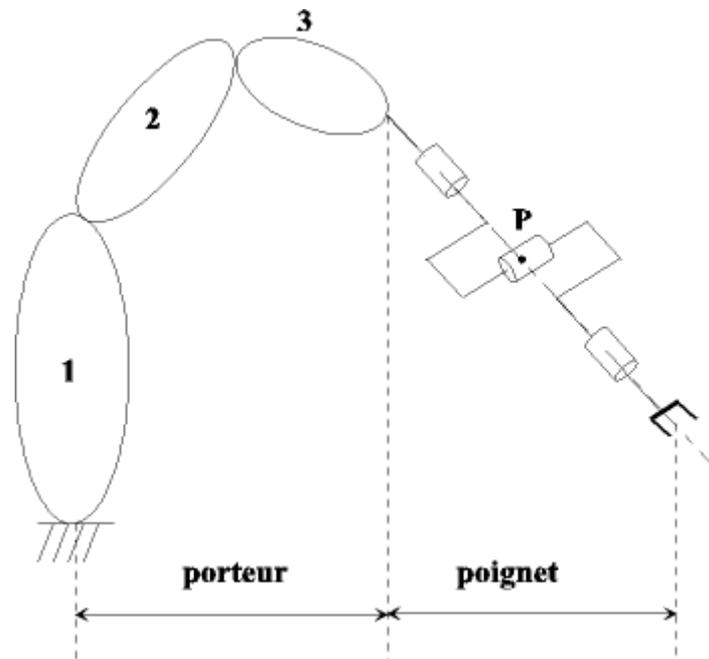


Figure 1.9: Porteur et poignet[10]

Cette structure de robot à poignet de type rotule correspond à celle du robot kawasaki FSO3N

1.2.3. Modélisation des robots :

Le problème principal dans la robotique est de trouver une relation entre des consignes données dans l'espace cartésien de la tâche et les postures des éléments du robot dans l'espace articulaire. Cette relation, qui doit être générée automatiquement, permet de fournir une interface masquant le problème mathématique à l'utilisateur pour manipuler de manière interactive un robot. [7]

1.2.3.1 Nécessité d'un modèle :

Le calcul de certains modèles mathématiques est nécessaire dans la conception et la commande des robots, tels que : [7]

Les modèles de transformation entre l'espace opérationnel (qui définit la situation de l'organe terminal) et l'espace articulaire (qui définit la configuration du robot). Parmi ces modèles, on distingue :

- Les modèles géométriques direct et inverse qui expriment la situation de l'organe terminal en fonction de la configuration du mécanisme et inversement.

Généralité sur les robots manipulateurs

- Les modèles cinématiques direct et inverse qui expriment la vitesse de l'organe terminal en fonction de la vitesse articulaire et inversement.
- Les modèles dynamiques définissant les équations du mouvement du robot, qui permettent d'établir les relations entre les couples ou forces exercés par les actionneurs et les positions, vitesses et accélérations des articulations.

Définir les différentes tâches d'un robot réclame de pouvoir positionner l'organe terminal par rapport à un repère de référence. En effet : [7]

- Les informations proprioceptives (issues du S.M.A.) sont généralement définies dans des repères liés aux différents solides du robot.
- La position à atteindre est souvent définie dans un repère lié au socle du robot,
- L'objet à saisir peut être défini dans un repère mobile indépendant du robot (par exemple, des pièces à prendre sur un tapis roulant).
- Les informations extéroceptives (issues de l'environnement) sont définies dans divers repères.

Aussi, il faut un référentiel commun afin de "ramener" les diverses informations dans un même référentiel, notamment pour concevoir les consignes des actionneurs. [7]

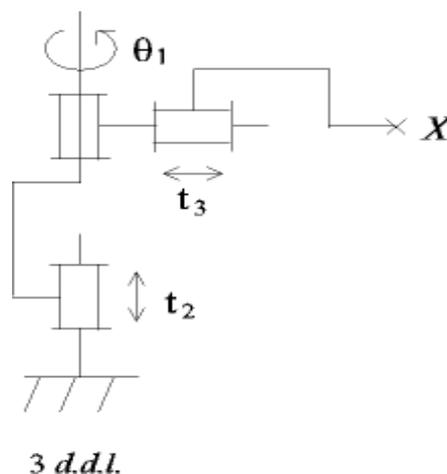


Figure 1.10 : Positionnement du poignet [7]

La position du poignet X en x, y, z se fait par θ_1, t_2, t_3 consigne d'actionneur à générer

$$X = f(q) \dots \dots \dots (0)$$

Avec :

$$X = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

$$q = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

Où f est fonction vectorielle statique (la variable temporelle n'intervient pas).

1.2.3.2. Matrice de transformation homogène :

1.2.3.2.1. Coordonnés homogène : [8]

Plusieurs possibilités existent pour la définition du vecteur X selon les méthodes utilisées pour spécifier la position et l'orientation. Par exemple, si l'orientation est spécifiée à l'aide des cosinus directeurs (décrits ci-dessous), on aura :

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} M_x & M_y & M_z & a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{12} & a_{22} & a_{32} & a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

← voir a) →
← voir b) →
a) En

général, on définit la position d'un point du repère lié à l'organe terminal via des coordonnées cartésiennes (3 longueurs), cylindriques (2 longueurs + 1 angle) ou sphériques (1 longueur + 2 angles).

b) Il existe différentes possibilités pour définir l'orientation de l'organe terminal :

- Les angles d'Euler,
- D'autres types d'angles (Bryant).
- Les cosinus directeurs. Leur utilisation revient à considérer l'ensemble des projections de vectrices unités portées par les axes du repère, sur les axes du repère (repères orthonormés). Il en résulte 3×3 paramètres, en effet :
 - 6 relations sont nécessaires pour indiquer que la base est orthonormée (3 pour indiquer des normes unitaires + 3 pour indiquer l'orthogonalité de la base).
 - et 3 paramètres pour décrire l'orientation du repère. [8]

1.2.3.2.2. Matrices de transformations :

- Translation : [8]

Soit trans (A, B, C) une transformation qui désigne la translation a,b,c le long des axe x,y et z respectivement la transformation dans le cas s'exprime par :

$${}^i T = \text{trans}(a,b,c) \dots\dots\dots (4)$$

Généralité sur les robots manipulateurs

$${}^i_j T = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (5)$$

On utilise par la suite, la matrice transe (u,d) pour designer une translation d'une valeur 'd' le long d'un axe 'u'

- Rotation :

-Soit rotation (x, θ) une transformation qui désigne une rotation de θ par rapport à l'axe 'x'

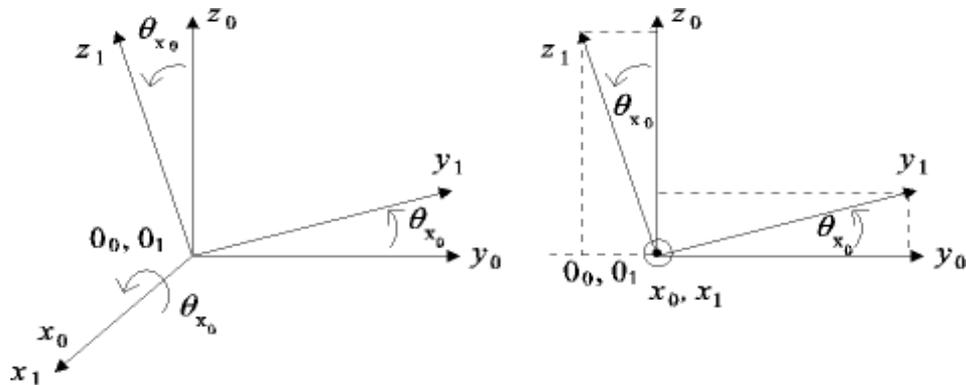


Figure 1.11 : Rotation des axe Y, Z sur l'axe X [7]

$${}^i_j T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & b \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (6)$$

-Soit rot (y, θ) une transformation qui désigne une rotation de θ para port à l'axe 'y'

$${}^i_j T = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (7)$$

-Soit rot (z, θ) une transformation qui désigne une rotation de θ para port à l'axe 'z'

$${}^i_j T = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & a \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (8)$$

$$T_1 * T_2 = \begin{bmatrix} A_1 & P_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_2 & P_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 * A_2 & A_1 * P_2 + P_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (9)$$

Il est important de ce rappeler que le produit de deux matrice de transformation n'est pas commutatif.

[9]

1.3. Conclusion :

La première partie de ce chapitre a été consacré aux robots d'une façon générale. En suivons-nous nous somme focaliser sur l'étude des structures ouverte simple des robots manipulateurs.

La connaissance des paramètres qui interviennent dans les différents modèles géométriques, dynamiques, etc. des robots est indispensable pour la simulation du robot et pour implémenter des algorithmes utilisant ces modèles. Le chapitre suivant va nous permettre de connaitre le robot manipulateur **kawasaki (FS03N)** avec ces différent caractéristique.

Chapitre 2 :
Modélisation
du robot
kawasaki FS03N

Chapitre 2 : modélisation du robot kawasaki(FS03N)

2.1.1	Introductin	19
2.2.	Morphologie et (d.d.l) du robot kawasaki (FS03N)	19
2. 3.	Quelque caractéristique du robot kawasaki (FS03N)	21
2.3.1 :	Tableau des caractéristiques	21
2.3.2.	Enveloppe de travail et dimensions	22
2.4.	Description de la boite de commande D70	23
2.4.1.	Caractéristique	23
2.5.	Modèle géométrique directe	23
2.5.1.	Paramètre géométrique du robot kawasaki (FS03N)	23
2.5.2.	Matrice de transformation homogène du robot kawasaki (FS03N)	24
2.6.	Modèles géométriques inverse du bras	25
2.7.	Modélisation cinématique	26
2.7.1.	Méthodes de calcul de la matrice jacobéenne	26
2.7.2.	Calcul du jacobien de base	27
2.8.	Conclusion	28

2.1. Introduction :

Les robots de la famille Kawasaki série FS03N sont du type polyarticulé à 6 degrés de liberté. Ils se composent, voir figure ci-dessous, des organes mécaniques (A, B, C, D, E, F) et d'une baie de commande (H). [10]

Le bras est constitué de segments reliés entre eux par des articulations. Chaque articulation est constituée d'un axe autour duquel deux segments pivotent. Les mouvements des articulations du robot sont générés par des servomoteurs (moteur asservis) sans balais, couplés à des résolveurs (capteurs de précision). [10] Les différents éléments du bras du robot sont :

Le pied (A), L'épaule (B), le bras (C), le coude (D), l'avant-bras (E) et le poignet (F) (voir figure ci-dessous). L'ensemble bras du robot contient la motorisation, les freins, les mécanismes de transmission du mouvement, le faisceau de câbles, les circuits pneumatique et électrique pour l'utilisateur et le système d'équilibrage (effectué par un système intégré de ressorts) du bras. [10]

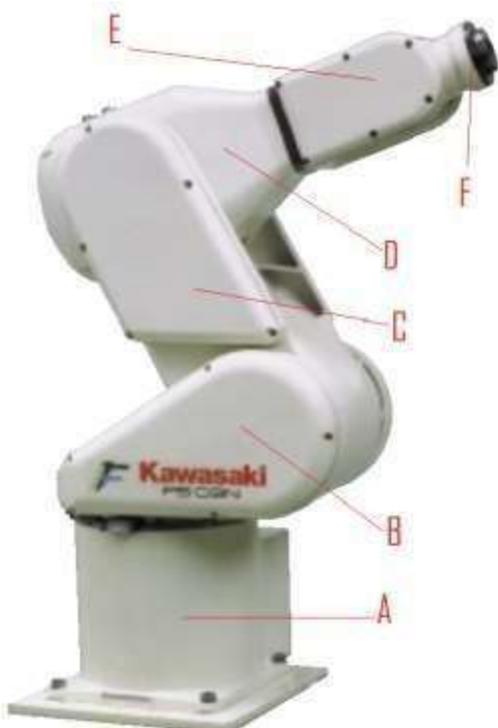


Figure 2.1 : les parties du robot [16]



Figure 2.2 : la boîte de commande (H) [16]

2.2. Morphologie et (d.d.l) du robot Kawasaki (FS03N) :

Tous les robots de la 'série F' sont de conception extrêmement robuste et combinent une vitesse de travail élevée avec un encombrement et un poids minimisée. De plus, le concept de modularité rendus flexible la charge utile des robots. [10]

Modélisation du robot kawasaki (FS03N)

Le (FS03N) contient 6 segments reliés entre eux par des articulations de type rotoïde avec des angles de rotation différents. La figure ci-dessous nous montre les positions des axes (parallèles ou perpendiculaires).

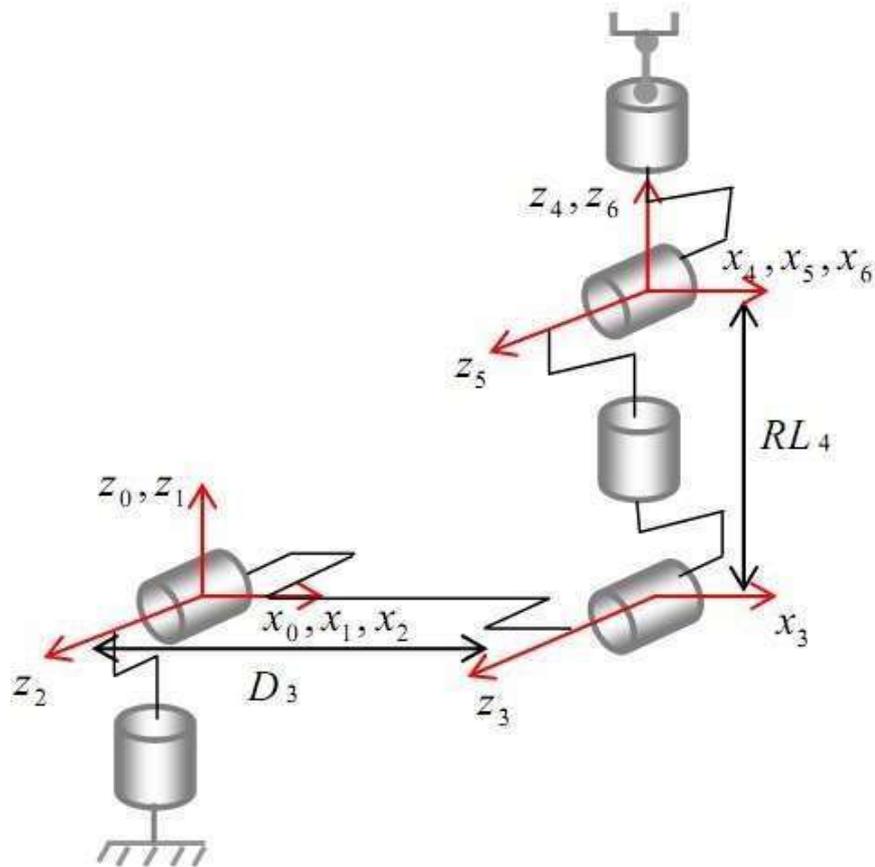


Figure 2.3 : position des axes [11]

Sa morphologie le rend maniable, les grands espaces de travail induisent des coûts élevés. La faible empreinte de la sole et le design optimisé du robot (FS03N) de la 'série F' (signaux utilisateur intégrés dans le corps et le bras du robot) permettent d'économiser de la place lors de la construction des cellules robotisées.

De la figure précédente, on peut conclure qu'il contient 6 axes, donc le degré de liberté est de 6 d.d.l.

- Temps de cycle réduit

L'allègement du poids des robots, l'utilisation de moteurs à haut rendement et de réducteurs performants permettent d'optimiser l'accélération et la vitesse des six axes de rotation [11].

Modélisation du robot kawasaki (FS03N)

2. 3. Quelques caractéristiques du robot Kawasaki (FS03N) :

2.3.1 : Tableau des caractéristiques :

Caractéristique		Valeur/nombre		
Nombre de degrés de liberté		6 d.d.l		
Portée maximale		6200mm		
Charge maximale		3kg		
Rotation des axes et vitesse maximal		Axe	Englue Max	Vitesse max
		JT1	$\pm 160^\circ$	360°/S
		JT2	+150°~-60°	250°/S
		JT3	+120°~-150°	225°/S
		JT4	$\pm 360^\circ$	540°/S
		JT5	$\pm 135^\circ$	225°/S
		JT6	$\pm 360^\circ$	540°/S
Répétabilité		$\pm 0,05$ mm		
Vitesse linéaire max		6.000 mm/s		
Couple admissible et Inertie	Axe	Couple	Inertie	
	JT4	5.8N.m	0.12 kg.m ²	
	JT5	5.8N.m	0.12 kg.m ²	
	JT6	2.9N.m	0.03 kg.m ²	
Contrôleur recommandé		D70		
Couleur		Muselle 10GY9/1 ou équivalent		
Montage		au sol au plafond (installation au mur en option)		
Environnement d'installation	Température	0 à 45°C		
	Humidité	35 à 85 % (sans condensation ni gel)		
	Vibration	Inférieure à 0,5G		
	Divers	Le robot doit être installé dans un lieu dégagé de tout gaz ou liquide inflammables ou corrosifs et d'interférences électrique.		
circuit pneumatique		1 circuit à double distributeur		
indice de protection		IP54 IP65 (IP67 pour le poignet axes 5 et 6)		

Tableau 2.1: caractéristiques du robot kawasaki (FS03N) [12]

2.3.2. Enveloppe de travail et dimensions : [12]

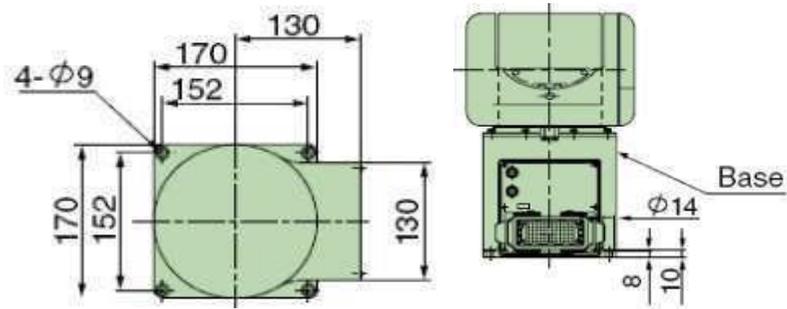


Figure 2.4 : dimension de la base

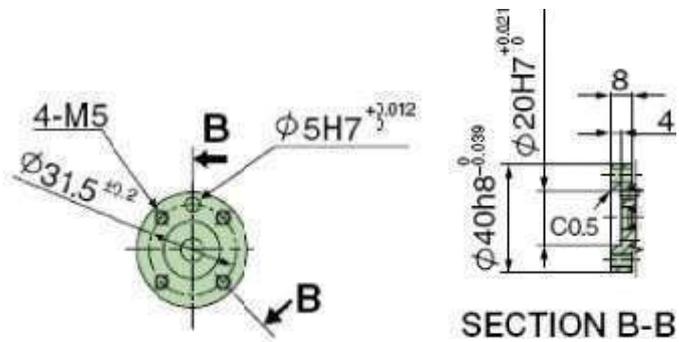


Figure 2.5: dimension du porteur de l'outil

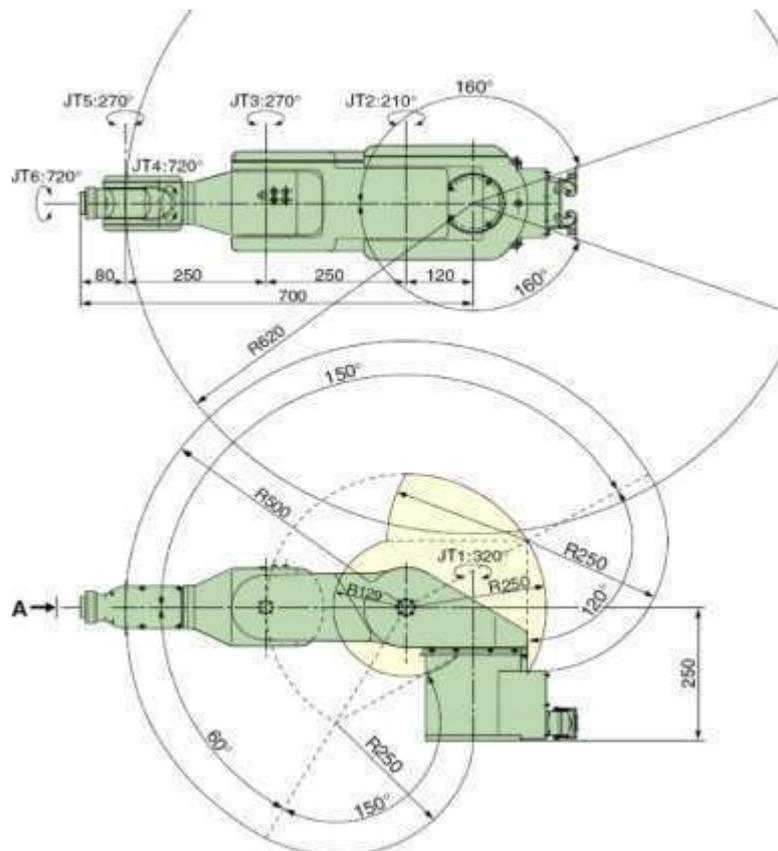


Figure 2.6: espace atteignable

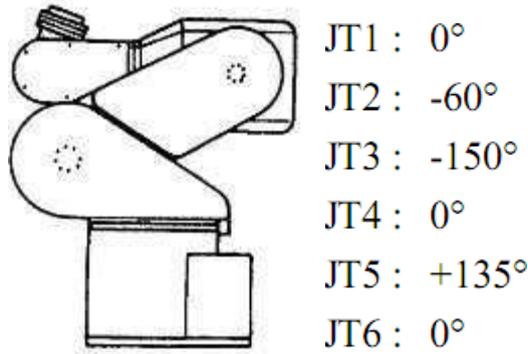


Figure2.7: position normal du robot

2.4. Description de la boîte de commande D70 :

2.4.1. Caractéristique :

- Une utilisation simplifiée
- Des logiciels spécifiques pour répondre aux standards
- Une technologie de command de haute performance
- Une conception modulaire et flexible :
 - Connexion d'équipements périphériques :
 - Communication réseau
 - L'ajout d'axes additionnels
- Une conception conviviale

2.5. Modèle géométrique directe :

Le calcul du MGD conduit a identifié la matrice de transformation 0T_6 entre R_0 et R_6 . Pour cela, on réalise les calculs successifs suivants :

2.5.1. Paramètre géométrique du robot Kawasaki (FS03N) :

J	σ_j	α_j	D_j	θ_j	r_j
1	0	0	0	θ_1	0
2	0	$-\pi/2$	0	θ_2	0
3	0	0	D	θ_3	0
4	0	$\pi/2$	0	θ_4	RL4
5	0	$-\pi/2$	0	θ_5	0
6	0	$\pi/2$	0	θ_6	0

Tableau 2.2: paramètre géométrique [10]

2.5.2. Matrice de transformation homogène du robot Kawasaki (FS03N):

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & 0 \\ C1 & S1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (10)$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S2 & -C2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (11)$$

$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} C3 & -S3 & 0 & d_3 \\ S3 & C3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (12)$$

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} C4 & -S4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -r_4 \\ S4 & C4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (13)$$

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} C5 & -S4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S5 & -C5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (14)$$

$$T_6^5 = \begin{bmatrix} C6 & -S6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ S6 & C6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (15)$$

$${}^1T_0 = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & 0 \\ C1 & S1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (16)$$

$${}^2T_1 = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & -C2.d_2 \\ -S2 & -C2 & 1 & -S2.d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (17)$$

$${}^3T_2 = \begin{bmatrix} C3 & S3 & 0 & -d_3.C3 \\ -S3 & C3 & 0 & S2.d_2 \\ 0 & 0 & 0 & -r_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (18)$$

$$T_3^4 = \begin{bmatrix} C4 & 0 & S4 & 0 \\ -S4 & 0 & C4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -r_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (19)$$

$$T_4^5 = \begin{bmatrix} C5 & 0 & -S5 & 0 \\ -S5 & 0 & -C5 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (20)$$

$$T_5^6 = \begin{bmatrix} C6 & 0 & S6 & 0 \\ -S6 & 0 & C6 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (21)$$

La transformation globale qui permet de passer du repère R_6 lié à la pointe de l'instrument au repère R_0 lié à la base du robot est finalement :

Modélisation du robot kawasaki (FS03N)

$$T_5^6 = T_1^0 * T_2^1 * T_3^2 * T_4^3 * T_5^4 * T_6^5 = \begin{bmatrix} s_x & n_x & a_x & 0 \\ s_y & n_y & a_y & 0 \\ s_z & n_z & a_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_6^0 & p_6^0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (22)$$

$$S_x = C_1 (C_{23} (C_4 C_5 C_6 - S_4 S_6) - S_{23} S_5 C_6) - S_1 (S_4 C_5 C_6 + C_4 S_6) \dots\dots\dots (23)$$

$$S_y = S_1 (C_{23} (C_4 C_5 C_6 - S_4 S_6) - S_{23} S_5 C_6) + C_1 (S_4 C_5 C_6 + C_4 S_6) \dots\dots\dots (24)$$

$$S_z = S_{23} (C_4 C_5 C_6 - S_4 S_6) + C_{23} S_5 C_6 \dots\dots\dots (25)$$

$$n_x = C_1 (-C_{23} (C_4 C_5 S_6 + S_4 S_6) + S_{23} S_5 C_6) + S_1 (S_4 C_5 S_6 - C_4 C_6) \dots\dots\dots (26)$$

$$n_y = S_1 (-C_{23} (C_4 C_5 S_6 + S_4 S_6) + S_{23} S_5 C_6) + C_1 (S_4 C_5 S_6 - C_4 C_6) \dots\dots\dots (27)$$

$$n_z = -S_{23} (C_4 C_5 S_6 + S_4 S_6) + S_{23} S_5 C_6 \dots\dots\dots (28)$$

$$a_x = -C_1 (C_{23} C_4 S_5 + S_{23} C_5) + S_1 S_4 S_5 \dots\dots\dots (29)$$

$$a_y = -S_1 (C_{23} C_4 S_5 + S_{23} C_5) + C_1 S_4 S_5 \dots\dots\dots (30)$$

$$a_z = -S_{23} C_4 S_5 + C_{23} C_5 \dots\dots\dots (31)$$

$$P_x = -C_1 (S_{23} RL_4 + C_2 D_3) \dots\dots\dots (32)$$

$$P_y = -S_1 (S_{23} RL_4 + C_2 D_3) \dots\dots\dots (33)$$

$$P_z = C_{23} RL_4 + S_2 D_3 \dots\dots\dots (34)$$

Avec:

$$C_{23} = \cos(\theta_2 + \theta_3) \text{ et } S_{23} = \sin(\theta_2 + \theta_3) \dots\dots\dots (35)$$

2.6. Modèles géométriques inverse du bras :

Pour traiter le modèle géométrique inverse de notre bras nous avons utilisé la méthode de Paul car elle est permet de traiter séparément chaque cas (chaque type du bras manipulateur) particulier et convient pour la plupart des robots industriels .[10]

Après ces calculs, on obtient les solutions suivantes :

- Calcule de θ_1 :

$$\theta_1 = \text{atan}_2 (P_x, P_y) \dots\dots\dots (36)$$

Calcule de θ_2 :

$$\theta_2 = \text{atan}_2 (S_2, C_2) \dots\dots\dots (37)$$

$$\text{Avec } C_2 = \frac{YZ - \xi X \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}{X^2 + Y^2} \dots\dots\dots (38)$$

$$\text{Et } C_2 = \frac{XZ - \xi X \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}{X^2 + Y^2} \dots\dots\dots (39)$$

$$\xi = \pm 1$$

$$B_1 = P_x C_1 + P_z S_1$$

$$X = -2P_y D_3$$

$$Y = -2B_1 D_3$$

$$Z = (RL_4)^2 - (D_3)^2 + (P_z)^2 + (B_1)^2$$

- Calcule de θ_3 :

$$\theta_3 = \text{atan}_2(p_z S_2 - B_1 C_2 + D_3 / RL_4, -B_1 S_2 + p_z C_2 / RL_4) \dots \dots \dots (40)$$

- Calcule de θ_4 :

$$\theta_4 = \text{atan}_2(S_1 a_x - C_1 a_y, -C_{23}(C_1 a_x + C_1 a_y) - S_{23} a_z) \dots \dots \dots (41)$$

$$\theta_4 = \theta_4 + \pi$$

Calcule de θ_5 :

$$\theta_5 = \text{atan}_2(S_5, C_5) \dots \dots \dots (42)$$

$$S_5 = -C_4 [C_{23}(C_1 a_x + S_1 a_y) + S_{23} a_z] + S_4 (S_1 a_x - C_1 a_y) \dots \dots \dots (43)$$

$$C_5 = -S_{23}(C_1 a_x + S_1 a_y) + C_{23} a_z \dots \dots \dots (44)$$

- Calcule de θ_6 :

$$\theta_6 = \text{atan}_2(S_6, C_6) \dots \dots \dots (45)$$

Avec :

$$S_6 = -C_4 (S_1 s_x - C_1 s_y) - S_4 [C_{23}(C_1 s_x + S_1 s_y) + S_{23} s_z] \dots \dots \dots (46)$$

$$C_6 = -C_4 (S_1 n_x - C_1 n_y) - S_4 [C_{23}(C_1 n_x + S_1 n_y) + S_{23} n_z] \dots \dots \dots (47)$$

$$C_1 = \text{Cos}(\theta_1), S_1 = \text{Sin}(\theta_1) \dots \dots \dots (48)$$

$$C_4 = \text{Cos}(\theta_4), S_4 = \text{Sin}(\theta_4) \dots \dots \dots (49)$$

2.7. Modélisation cinématique :

Le Modèle Cinématique Direct (MCD) décrit les vitesses des coordonnées opérationnelles en fonction des vitesses articulaires. [9]

$$X = J(q) * \dot{q} = \begin{bmatrix} V_n \\ W_n \end{bmatrix} \dots \dots \dots (50)$$

- $J(q)$: désigne la matrice jacobéenne du mécanisme de dimension $(m \times n)$, égale à $\frac{\partial X}{\partial q}$.

Modélisation du robot kawasaki (FS03N)

- V_n : désigne la vitesse de translation de l'origine O_n du repère R_n , égale à est la dérivée par rapport au temps du vecteur oP_n .
- w_n : désigne la vitesse de rotation du repère R_n , mais n'est pas égale à la dérivée des Paramètres d'orientation. [9]

2.7.1. Méthodes de calcul de la matrice jacobéenne :

$$J_{ij} = \frac{\partial f(\dot{q})}{\partial \dot{q}_j}$$

- 1- On peut calculer la matrice jacobéenne en dérivant le MGD ($X = f(q)$) :

J_{ij} : est l'élément (i, j) de la matrice jacobéenne J ; $i = 1, \dots, m$ et $j = 1, \dots, n$.

On évite cette méthode car son calcul est long et difficile à mettre en œuvre pour le FS03N qui possède 6 d.d.l. elle suppose également que la relation entre la vitesse angulaire et la dérivée des paramètres représentant la configuration angulaire soit introduite. [9]

- 2- la deuxième méthode consiste au calcul de la matrice jacobéenne de base qui est plus Pratique dans le cas du FS03N.

$$\dot{X} = \begin{bmatrix} V_n \\ w_n \end{bmatrix} = J_n \cdot \dot{q} = J_n \cdot \dot{O} \dots \dots \dots (51)$$

2.7.2. Calcul du jacobien de base :

On note :

$$\begin{cases} V_{k,n} = (a_k \wedge L_{k,n}) \dot{q}_k \\ w_{k,n} = a_k \cdot \dot{q}_k \end{cases} \dots \dots \dots (52)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_n = \sum_{k=1}^n V_{k,n} = \sum_{k=1}^n (a_k \wedge L_{k,n}) \dot{q}_k \\ w_n = \sum_{k=1}^n w_{k,n} = \sum_{k=1}^n a_k \cdot \dot{q}_k \end{cases} \dots \dots \dots (53)$$

Soient :

- k l'indice de la $k^{\text{ème}}$ articulation du robot ;
- V_k , et w_k , les vitesses de translation et de rotation induites par la vitesse \dot{q}_k sur le repère terminal R_n .
- L_k , désigne le vecteur d'origine O_k et d'extrémité O .
- a_k est le vecteur unitaire porté par l'axe Z_k de l'articulation k .

On exprime, en général, V_n et w_n dans les bases des repères R_o et R_n . Les matrices jacobéennes Correspondantes sont $J_n^n = J_6^6$ et $J_n^o = J_6^o$ Chaque colonne de la matrice J_6^i s'écrit. [9]

(Au point O_e et dans le repère R_i) de la forme suivante :

$$j_{6,k}^6 = \begin{bmatrix} -P_{6y}^k s_k^i + P_{6x}^k n_k^i \\ a_k^i \end{bmatrix} \dots \dots \dots (54)$$

Modélisation du robot kawasaki (FS03N)

- Nous illustrons le calcul par la matrice jacobéenne de base J_6^6 du robot Kawasaki (FS03N) :

$$J_{6,1}^6 = \begin{bmatrix} -r3(C23(C4.C5.C6 - S4.S6) - S23.S5.C6) + (S23.r4 + d2 + d3.C2)(S4.C5.C6 + C4.S6) \\ -r3(C23(-C4.C5.S6 - S4.C6) + S23.S5.S6) + (S23.r4 + d2 + d3.C2)(-S4.C5.S6 + C4.C6) \\ -r3(C23.C4.S5 + S23.C5) + (S23.r4 + d2 + d3.C2)(S4.S5) \\ -S23(C4.C5.C6 - S4.S6) - C23.S5.C6 \\ -S23(-C4.C5.C6 - S4.S6) + C23.S5.C6 \\ -S23.C4.S5 + C23.C5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(55)$$

$$J_{6,2}^6 = \begin{bmatrix} C3.r4((C4.C5.C6 - S4S6)C3 - S5.C6.S3) + (S.r4 + d3)((C4.C5.C6 - S4S6)S3 + S5.C6.C3) \\ C3.r4((-C4.C5.S6 - S4C6)C3 + S5.S6.S3) + (S3.r4 + d3)((-C4.C5.S6 - S4C6)S3 - S5.S6.C3) \\ C3.r4(C3.C4.S5 + S3.C5) + (S3.r4 + d3)(S3.C4.S5 - C3.C5) \\ S4.C5.C6 + C4.S6 \\ -S4.C5.S6 + C4.C6 \\ S4.S5 \end{bmatrix} \dots(56)$$

$$J_{6,3}^6 = \begin{bmatrix} r4(C4.C5.C6 - S4.S6) \\ r4(-C4.C5.S6 - S4.C6) \\ r4(C4.S5) \\ S4.C5.C6 + C4.S6 \\ -S4.C5.S6 + C4.C6 \\ S4.S5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(57)$$

$$J_{6,4}^6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -S5.C6 \\ S5.S6 \\ C5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(58)$$

$$J_{6,5}^6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -S6 \\ C6 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(59)$$

$$J_{6,6}^6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(60)$$

2.8. Conclusion :

Les modèles du robot Kawasaki (FS03N) que nous avons développés dans ce chapitre ont été faite à partir de mesure et paramètre réelle du robot et vont être utilisé comme référence pour continuer le travail de la simulation dans les chapitres suivent et pour d'autre projet sur ce robot

Chapitre 3 :
Simulation du
robot
kawasaki FS03N
avec
solidworks

Chapitre 3 : simulation du robot Kawasaki(FS03N) avec solidworks

3.1. Introduction	29
3.2. Comment modéliser dans solidworks.....	29
3.2.1. Les projets	30
3.2.2. Créer une esquisse	31
3.2.3. Bossage	33
2.2.4. Enlever du volume.....	33
3.2.5. Arrondir les angles	34
3.3. Modelisation du robot kawasaki (FS03N).....	35
3.3.1.Dimonsion du manipulateur	35
3.3.2. Les piesses du robot (FS03N)	36
3.3.3. Créer un nouvel assemblage.....	37
3.3.4. Importer des pièces	37
3.3.5. Contraindre des pièces	38
3.4. Animation.....	40
3.5. Conclusion	42

3.1. Introduction :

SolidWorks est un logiciel de CAO "Conception Assistée par Ordinateur". Il a été créé en 1993 et a été acheté en 1997 par la société Dassault Systèmes. [13]

Ce logiciel est différent des logiciels de 3D comme Maya, Blender, 3DS Max, et j'en oublie, car il ne s'agit de directement créer des volumes à partir d'esquisses mais pas de créer un maillage, un ensemble de points, faces. [13]

Ce logiciel sert à des ingénieurs, des concepteurs pour l'élaboration de plans de pièces mécaniques, de prévisualisation 3D.

Ce logiciel est donc utilisé par des entreprises ayant comme secteurs d'activité l'industrie, la médecine, les transports, la grande consommation, les sciences, etc. [13]

Il est relativement facile à prendre en main et à utiliser, et est également très répandu dans les collèges et lycées, et dans les filières technologiques, où les élèves et étudiants l'utilisent pour les sciences de l'ingénieur et la technologie. [13]

3.2. Comment modéliser dans solidworks :

- ✓ Lancez SolidWorks.
- ✓ On remarque les différentes parties de l'interface :



Figure 3.1 : différentes parties de l'interface

1. Nouveau fichier (Pièce, Assemblage, ...)
2. Ouvrir un projet existant
3. Zone de dessin
4. Apparence/Scène

Voici les principales parties constituant l'interface de SolidWorks

3.2.1. Les projets :

Pour créer un nouveau projet, vous l'aurez devinée, cliquez sur "Nouveau». une fenêtre apparait pour nous demander quelle sorte de projet nous voulons créer.

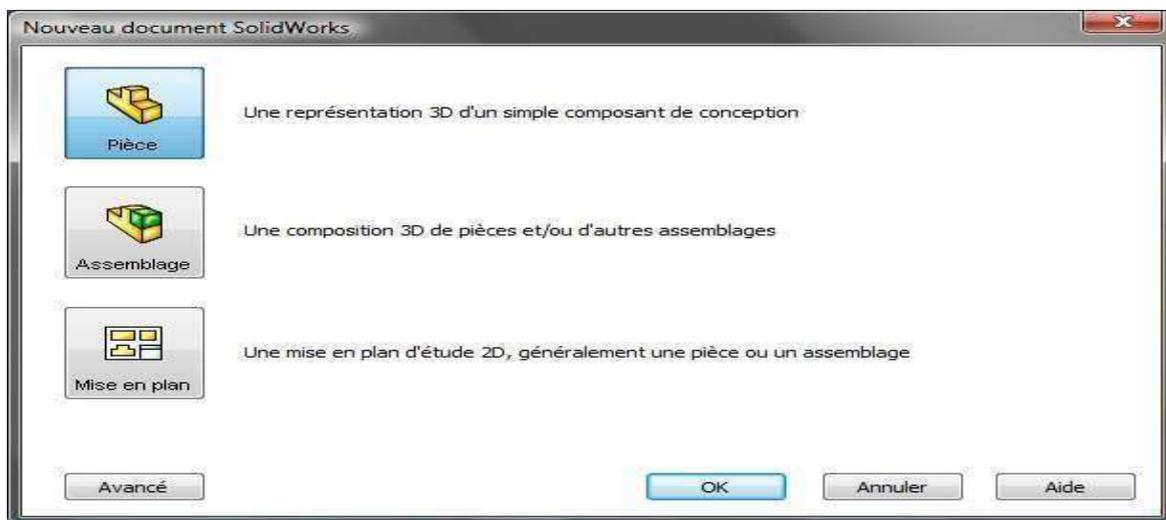


Figure 3.2 : les projets

3 choix s'offrent à vous :

- Créer une pièce
- Créer un assemblage
- Créer une mise en plan

Cliquez sur "Pièce", puis "OK".

Vous devriez voir apparaître, l'interface garnie d'onglets, de boutons et de menus

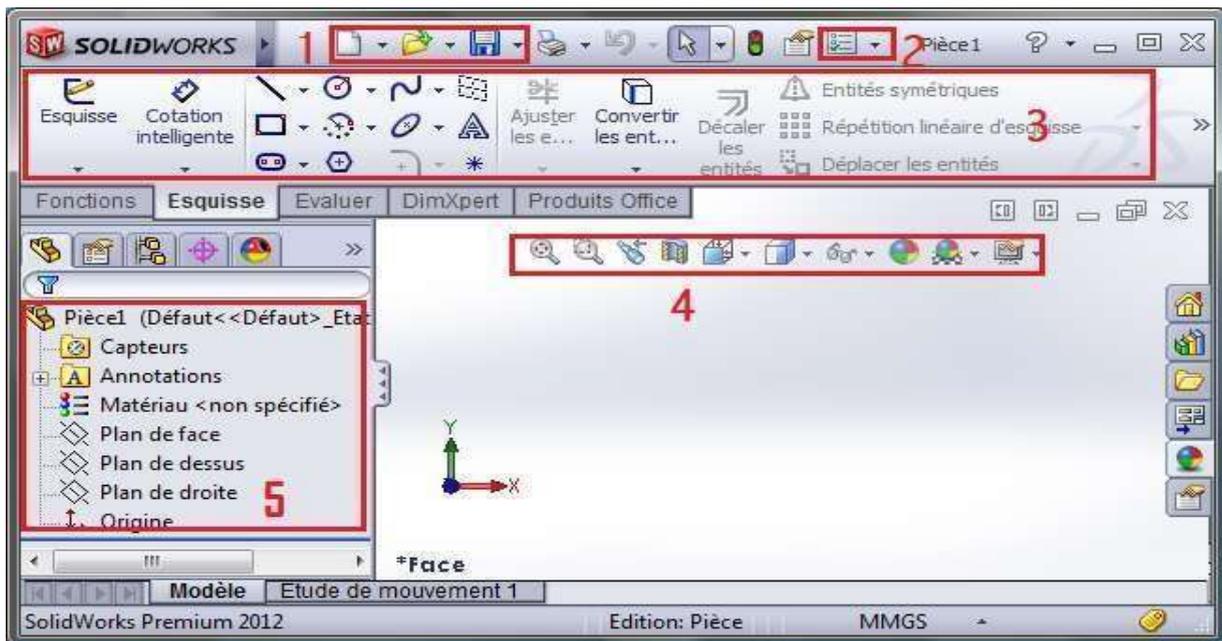


Figure 3.3 : différents éléments de la fenêtre d'esquisse

1. les boutons "Nouveau", "Ouvrir", et "Enregistrer".
2. Les Options
3. Le bandeau principal, que nous utiliserons le plus souvent.
4. Diverses icônes : Vue en coupe, Zoom, Apparence, Vues, ...
5. L'Arbre de conception.

[14]

3.2.2. Créer une esquisse :

Au niveau du bandeau principal, vous remarquerez les onglets : "Fonctions", "Esquisse", etc.



Cliquez donc sur l'onglet "Esquisse"

Les plans sont les supports de nos esquisses. Comme c'est un plan, il est... plat !

Au début de la conception de votre pièce, vous avez 3 plans qui vous sont proposés :

- Plan de face
- Plan de dessus
- Plan de droite

Simulation du robot kawasaki (FS03N) avec solidworks

Comme vous pouvez le voir, nos trois plans sont là :

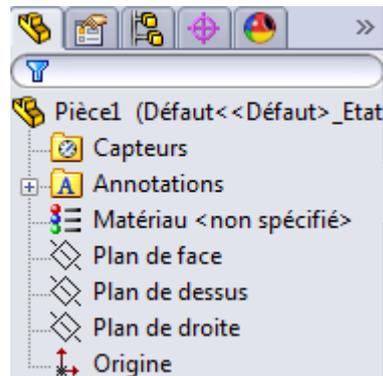


Figure 3.4 : liste des plans

Nous commencerons par une esquisse sur le plan de dessus pour modéliser notre pièce.

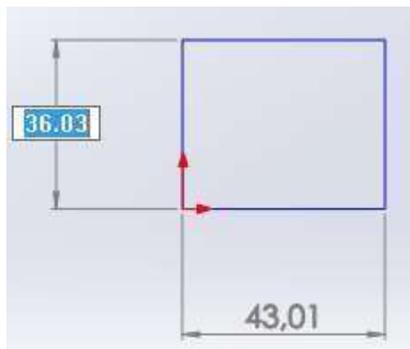
Cliquez donc sur le plan de dessus.



Vous observez une série de boutons pour le moment quand vous regardez ensuite le bandeau principal, nous n'allons-nous intéresser qu'à quelques-uns.

Commençons par esquisser un rectangle, à l'aide de ce bouton :

Dessinez un rectangle au centre de l'écran. On peut changer les dimensions directement sur



les cotations :

Terminez votre esquisse en appuyant sur :

[14]

3.2.3. Bossage :

Donner un volume. L'extrusion consiste simplement à "tirer" sur l'esquisse pour la mettre en volume, selon une direction donnée.

Cette direction est par défaut perpendiculaire au plan de l'esquisse.



Regardez le bandeau principal :

Sélectionnez votre esquisse, cliquez sur "Basse/Bossage extrudé", un panneau apparaît à gauche, et votre esquisse prend du volume ! Là où il y a écrit "10.00 mm"

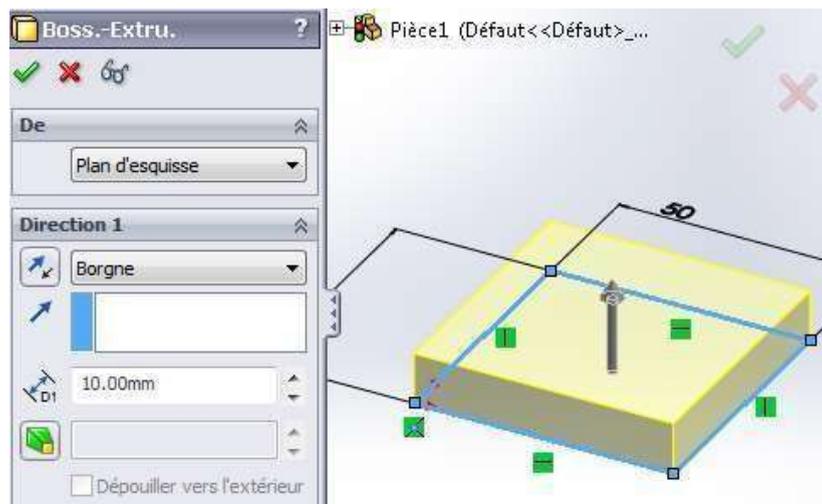


Figure 3.5 : fenêtre de bossage

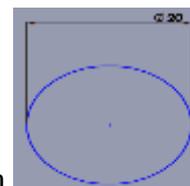
Validez votre fonction en appuyant sur :



2.2.4. Enlever du volume :

Créez une autre esquisse sur la face du dessus. Pour ce faire, cliquez sur cette face puis sur le

bouton esquisse Dessinez un cercle, en appuyant sur ce bouton :



Placez votre cercle vers le centre, et donnez-lui un diamètre de 20 mm



Ce cercle va nous servir à trouser le pavé. Dans le bandeau principal, cliquez sur :

Il s'agit de la fonction "Enlèvement de matière extrudé". C'est l'inverse de l'extrusion que nous avons vu précédemment : là, nous enlevons de la matière.

Dans le panneau qui apparaît à gauche, semblable à celui de l'extrusion

Validez votre fonction en appuyant sur :  [13]

3.2.5. Arrondir les angles :

Le terme exact est "congédier", c'est à dire appliquer un "congé". Il existe une fonction

spéciale sur SolidWorks. Dans le bandeau principal, repérez et appuyez sur : 

Un panneau apparaît, vous pouvez alors sélectionner les arrêtes de votre pavé à arrondir , en cliquant simplement dessus :

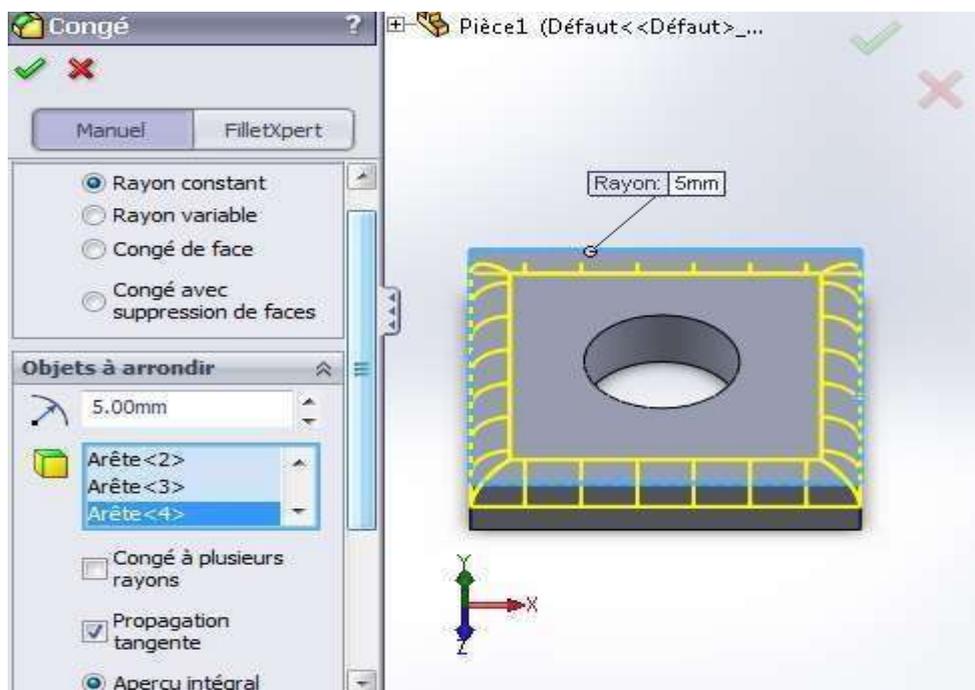


Figure 3.6 : arrondissement des angles

Validez votre fonction en appuyant sur : 

3.3. Modelisation du robot kawasaki (FS03N) :

3.3.1. Dimonssion du manipulateur :

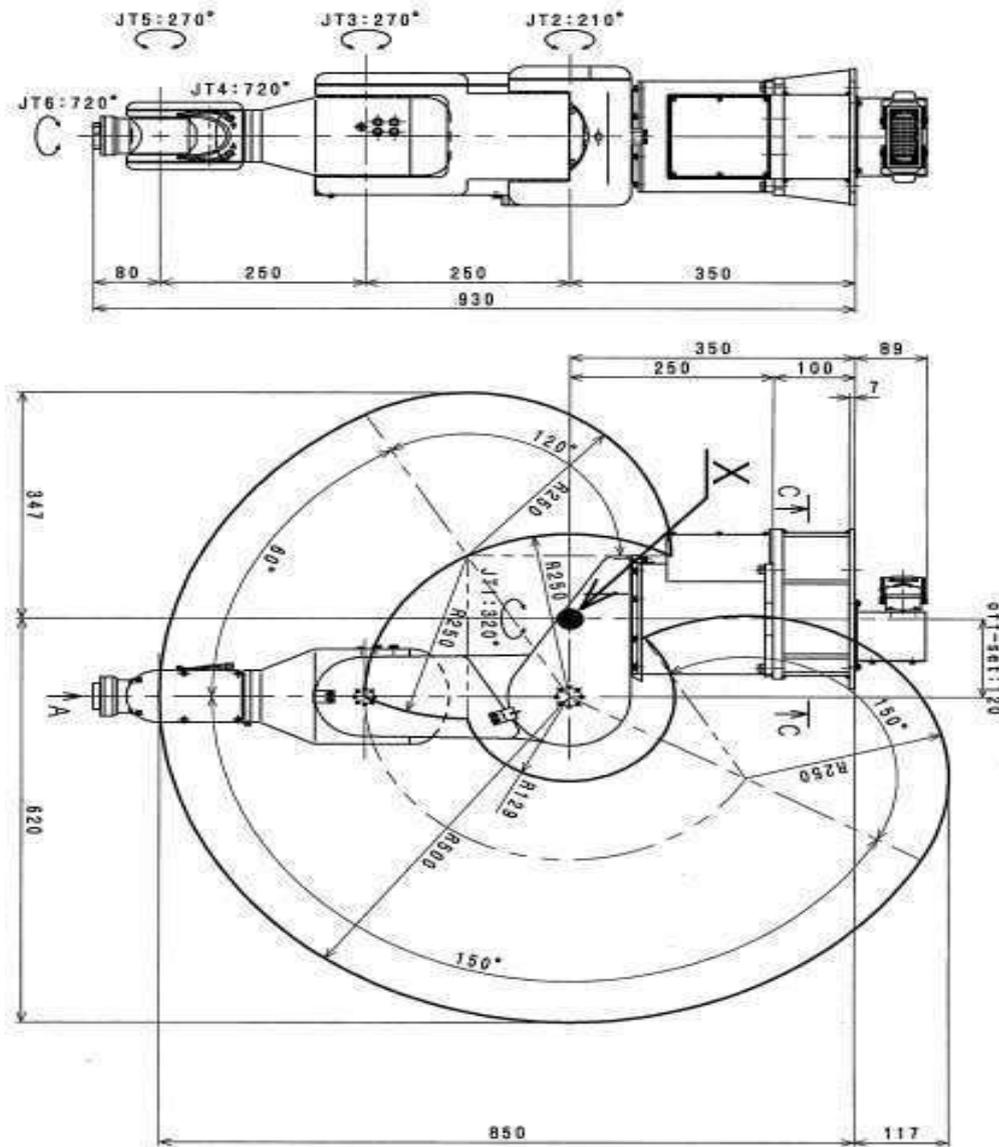


Figure 3.7 : dimension des corps du robot [11]

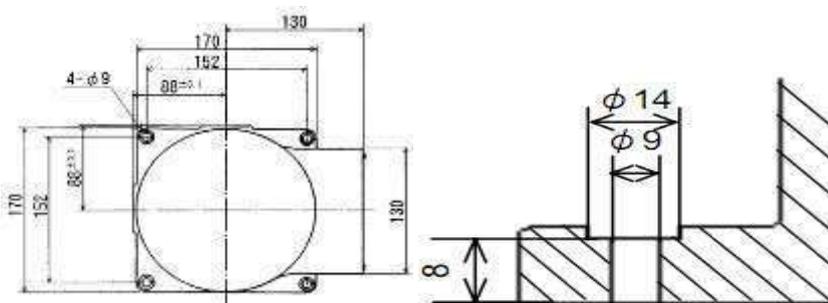


Figure 3.8 : dimension de la base

Simulation du robot kawasaki (FS03N) avec solidworks

Notre robot est constitué de 6 segments plus une masse attachée à l'organe terminal. En utilisant les dimensions réelles du robot, on obtient la reproduction parfaite des pièces (corps) du robot.

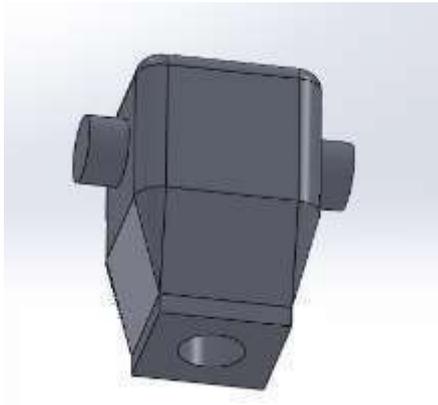
3.3.2. Les pièces du robot (FS03N) :



La base

Le premier corps1

Corps 2



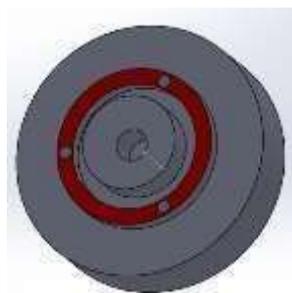
Corps 3



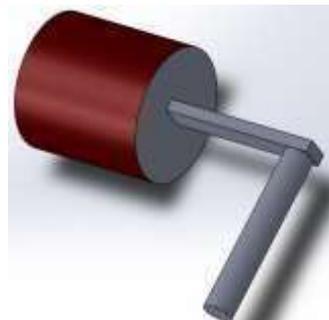
Corps4



Corps 5



Corps 6



masse

Figure 3.9 : les pièces du robot

Vous avez donc modélisé vos pièces, puis les avez enregistrées.

Simulation du robot kawasaki (FS03N) avec solidworks

3.3.3. Créer un nouvel assemblage :

Dans cette partie, tout ce qui nous intéresse c'est l'assemblage, sa création puis l'importation de pièces à assembler.

Vous avez appris à modéliser des pièces (pour l'instant en volumique) mais nous allons voir maintenant que nous pouvons les assembler entre elles.

Pour cela, modélisez vos pièces auparavant, dans des fichiers séparés bien entendu.

Un fichier de pièce a pour extension .SLDPRT et un assemblage .SLDASM.



Appuyez sur le bouton pour créer un nouvel assemblage:

Différentes options s'offrent à vous comme vous pouvez le noter. Vous avez la possibilité de créer des éléments de géométrie de référence, de déplacer les composants. Nous remarquons l'apparition d'un nouveau dossier nommé "Contraintes" dans l'arbre de création. [14]

3.3.4. Importer des pièces :

Votre fichier assemblage créé, vous devez ajouter des fichiers de pièces.



Cliquez sur le bouton : Un panneau apparaît : Cliquez ensuite sur "Parcourir". Une fenêtre s'affiche :

Sélectionnez la pièce à ajouter, puis appuyez sur "Ouvrir".

Votre pièce s'est ajoutée :

Cette pièce est fixée. Vous ne pouvez pas la déplacer.

Vous pouvez savoir si une pièce est fixée grâce à l'arbre de création. Un "(f)" est écrit avant le nom :  (f) BASE (2)<1> (Défaut<<l

Maintenant, ajoutez les autres pièces :

3.3.5. Contraindre des pièces :

Nous allons maintenant nous intéresser aux contraintes. Ce sont des liaisons entre deux pièces que nous les avons déjà abordées au cours de la partie concernant l'esquisse.

Cependant, le nombre des assemblages est plus important

Pour contraindre deux pièces entre elles, cliquez sur l'icône :



Un panneau s'ouvre :

Sélectionnez alors les faces/arêtes/points/plans des deux pièces à contraindre.

Les pièces sélectionnées bougent, puis un petit bandeau apparaît, contenant toutes les

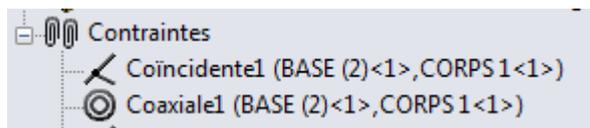
contraintes possibles entre vos sélections:



Appuyez sur le bouton pour valider cette relation: 

Vos deux pièces ont maintenant une certaine relation qui les contraint.

Cette relation est visible ici :



En va à l'angle contraintes avancer pour limiter les angles de rotation des articulations [14]

A la fin de l'assemblage on obtient ce ci

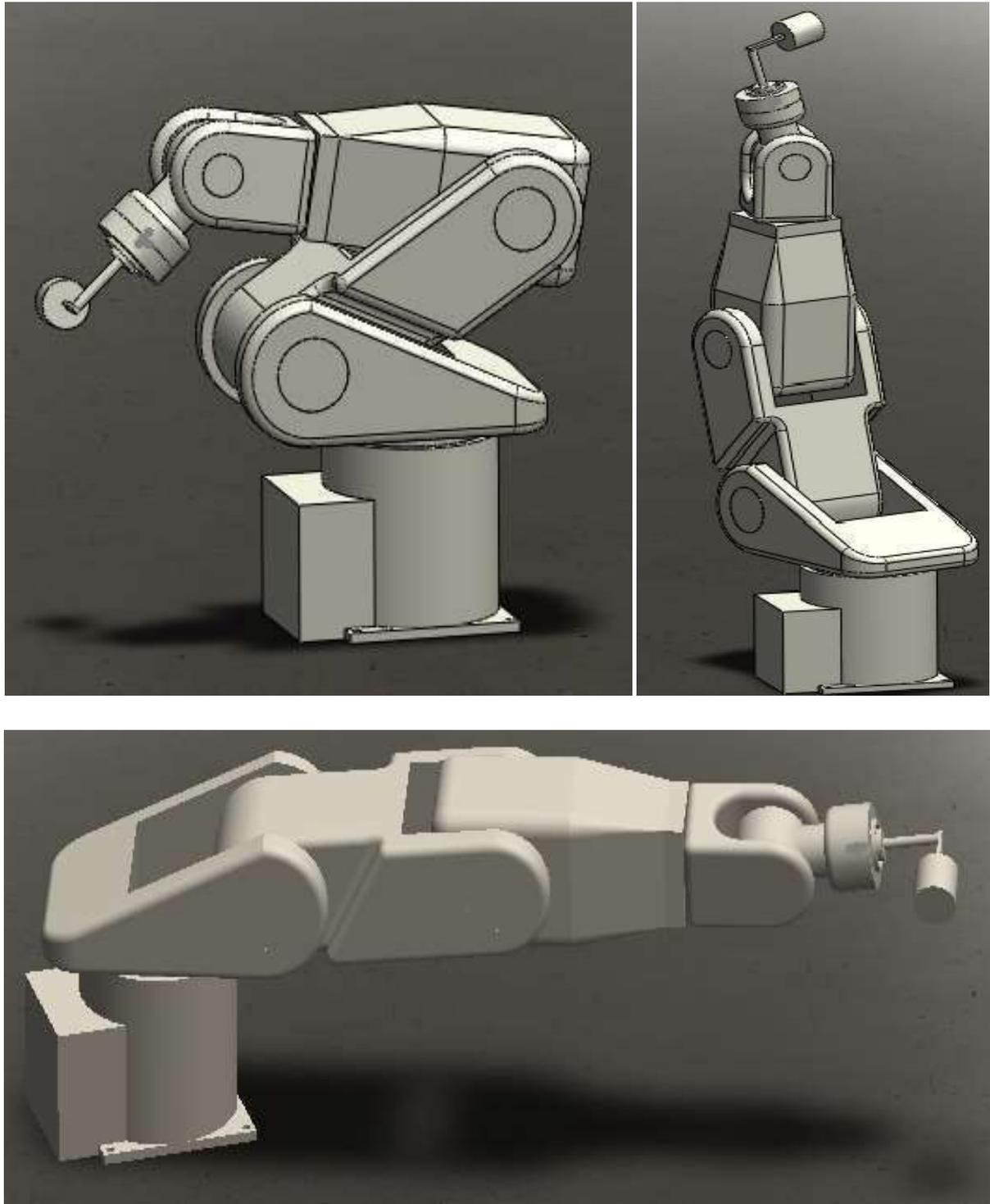


Figure 3.10 : le robot FS03N a la fin de l'assemblage

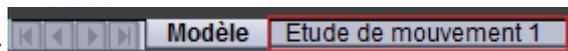
3.4. Animation :

L'animation consistera sur SolidWorks à faire une "étude de mouvement".



Cliquez ici pour créer une nouvelle étude de mouvement :

Ou alors, cliquez sur l'onglet en bas :



L'étude de mouvement s'ouvre :

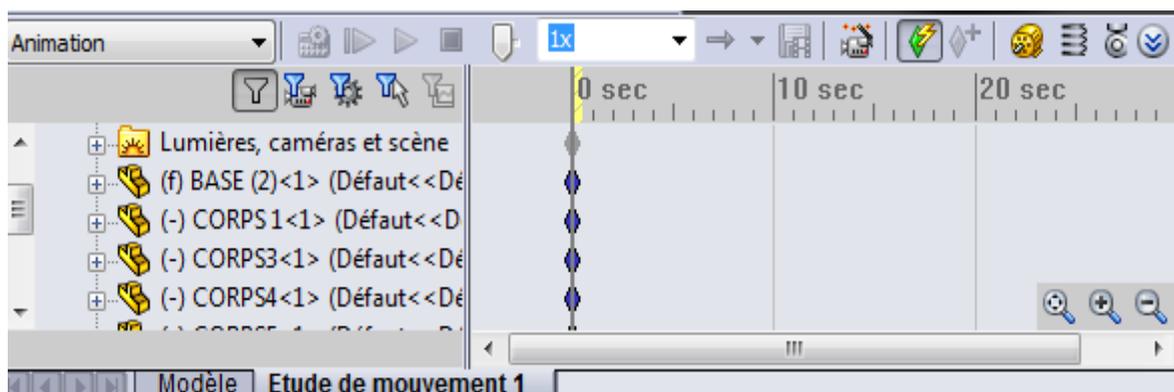
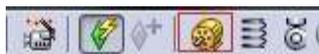


Figure 3.11 : l'angle de l'étude du mouvement

Vous pouvez voir à gauche le nom des pièces de votre assemblage ainsi que leurs contraintes.

Nous allons commencer par faire tourner le socle de 90°. Cette rotation devra s'effectuer en 4 secondes. Pour faire tourner le composant, il va falloir lui attribuer un "moteur circulaire" :



Simulation du robot kawasaki (FS03N) avec solidworks

Le panneau s'ouvre :

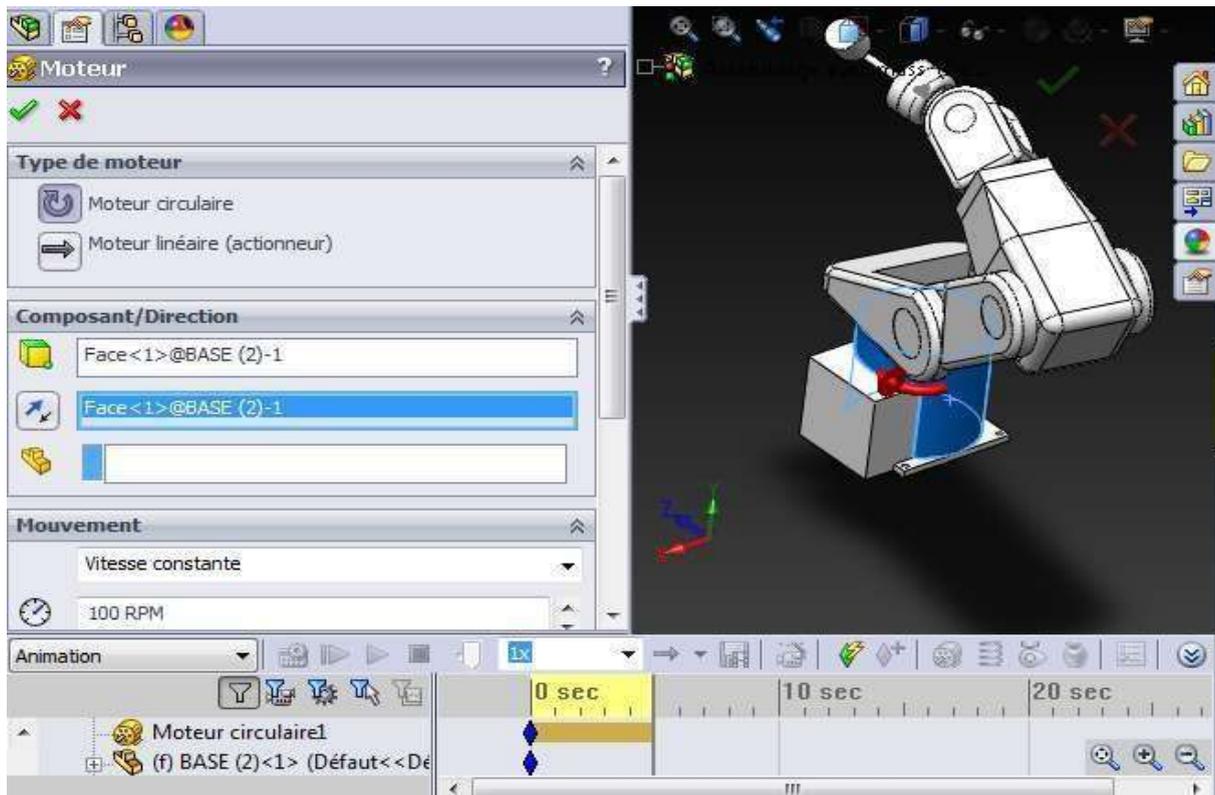


Figure 3.12 : panneau de configuration pour l'ajout de moteur

Choisissez un moteur circulaire, la face du composant à faire tourner, et dans "Mouvement", sélectionnez "Distance".

Renseignez alors l'angle, et le temps. Validez en appuyant sur :



Appuyez ensuite sur :



et l'animation se calcule

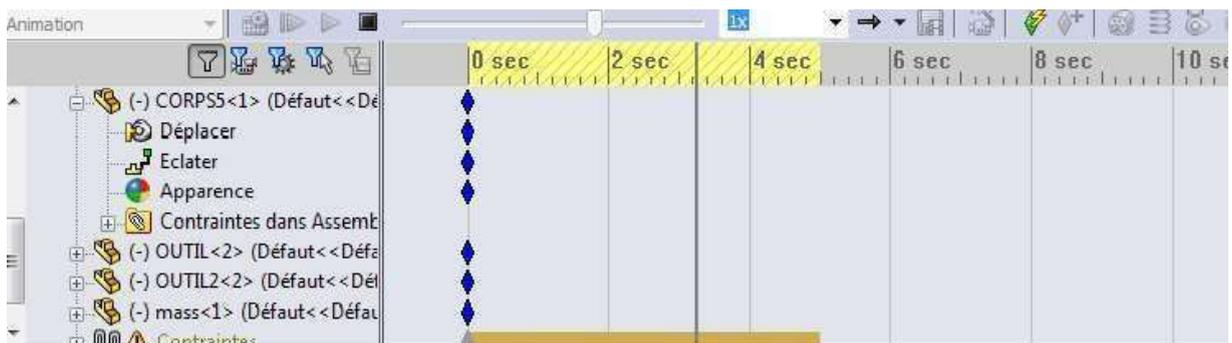


Figure 3.13 : suivi du mouvement dans l'angle d'étude

3.5. Conclusion :

En plus de la facilité de l'utilisation et la réalisation on se basons sur les mesures exactes, solidworks a donné un modèle semblable au robot (FS03N) avec quelques paramètres qui ne sont pas fournis par le constructeur sinon les dimensions et la géométrie sont pareilles.

L'ingéniosité des concepteurs de solidworks ont laissé le choix aux utilisateurs d'enregistrer les projets sous différents formats pour ensuite utiliser le projet (le robot) dans d'autres logiciels comme par exemple avec MATLAB tout simplement on installe une passerelle entre les deux logiciels. Ces étapes seront illustrées dans le chapitre suivant.

Chapitre 4 :

Simulation

Chapitre 4 : simulation

4.1. Introduction	43
4.2. Simulation sous simulink	43
4.2.1. Installation de la passerelle (solidworks_matlab).....	43
4.2.2. Import de la modélisation dans matlab et lancement de la simulation	44
4.2.3. Teste du model avec simulink.....	47
4.3. Modélisation du robot awasaki (FS03N) sous matlab	49
4.4. Interface graphique	52
4.5. Conclusion.....	54

4.1. Introduction :

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 ; ces modèles décrivent les interactions du mécanisme avec son environnement. [7]

L'obtention de ces différents modèles est plus au moins complexe car la difficulté varie selon la complexité de la cinématique de la chaîne articulée. Et le nombre de degrés de liberté, le type des articulations amplifient la difficulté de la modélisation. [7]

4.2. Simulation sous Simulink : [15]

Pour simuler et modéliser le robot Kawasaki (FS03N) sous Simulink on utilise la bibliothèque simmechanics. Prévue pour simuler le système mécanique dans un environnement 3D. Le système est représenté par des blocs qui représentent les corps, les articulations, les contraintes, et les forces. Cette bibliothèque Simmechanics formule et résout les équations des mouvements du système mécanique complet.

La correction des erreurs se fait par un correcteur (PID) proportionnel-intégral-dérivé qui est un correcteur très utilisé en industrie à cause de sa simplicité. Il est composé de trois actions : [15]

- L'action proportionnelle (P) : est souvent utilisée pour améliorer la rapidité du système bouclé.
- L'action intégrale (I) : est employée pour améliorer le régime permanent.
- L'action dérivée (D) : assure l'amélioration de la stabilité.

Ce correcteur placé dans la chaîne directe d'un système asservi agit sur l'erreur du système pour produire le signal approprié à l'actionneur en vue de réduire cet écart entre la consigne et la grandeur de sortie.

Pour avoir un modèle parfait du robot Kawasaki (FS03N) avec des dimensions et des paramètres réelles, on va exploiter le modèle que l'on a conçu avec SolidWorks en installant une passerelle entre (solidworks_matlab).

4.2.1. Installation de la passerelle (Solidworks_matlab) :

- Installation des fichiers

Télécharger deux fichiers :

- Install_addon.m
- Smlink.r2011b.«votre version de système d'exploitation».zip

- Démarrer MARLAB en tant qu'administrateur (clic droit sur l'icône MatLab, puis « Exécuter en tant qu'administrateur »).
- Placer ces deux fichiers à la racine du Current folder de MatLab
- Dans la ligne de commande MatLab, écrire :install_addon smlink.r2011b.«Votre version de système d'exploitation».zip

Puis : Simulink_linksw

- Export de la modélisation de puis Solidworks

Démarrer Solidworks, aller dans« Outils, Compléments » et cocher « SimMechanics Link (*.xml) »

Pour exporter la maquette vers matlab toujours dans Solidworks, sélectionner :

« Fichier / enregistrer sous / type : « SimMechanics Link (*.xml) » [15]

4.2.2. Import de la modélisation dans matlab et lancement de la simulation :

Dans matlab commande importer la modélisation en tapant

Mech_import (ou mech_import t suivant la version)

Sélectionner le chemin de la maquette. : « XML file »

Donner un nom à la maquette (facultatif) : « Model name: » [15]

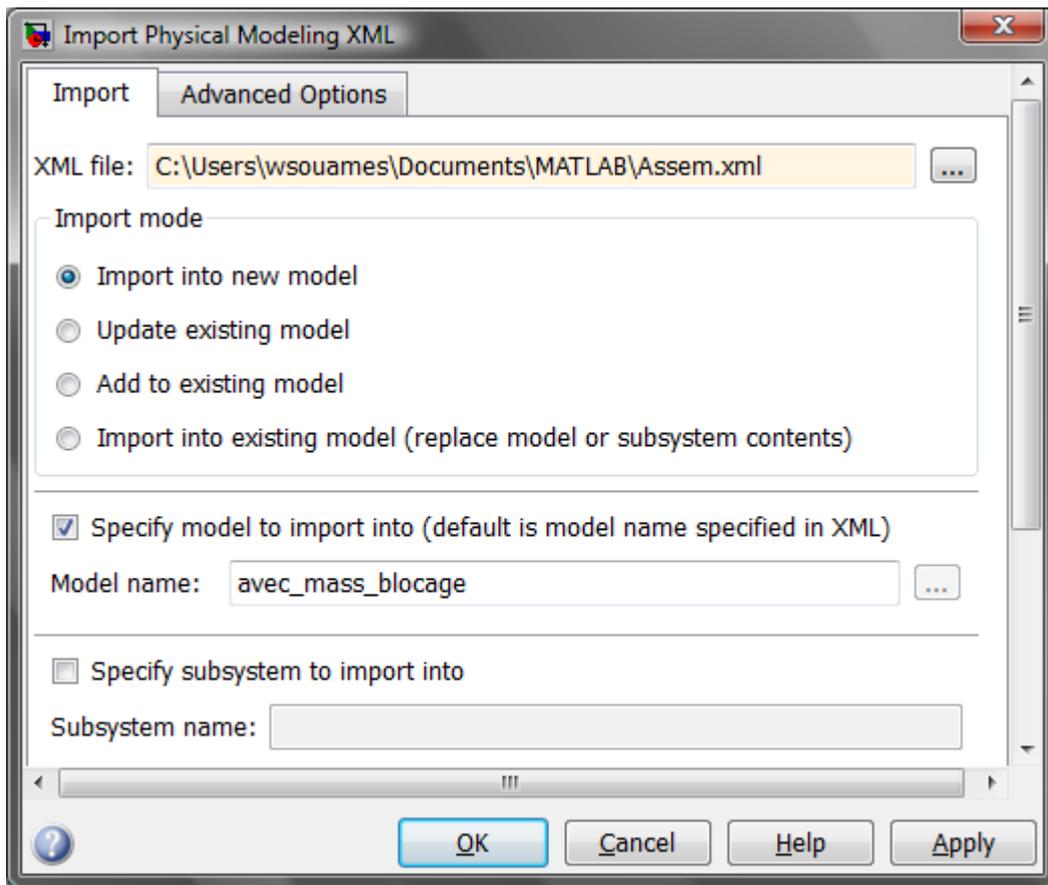


Figure 4.1 : fenêtre d'importation des fichiers (XML)

La modélisation Simulink apparait alors :

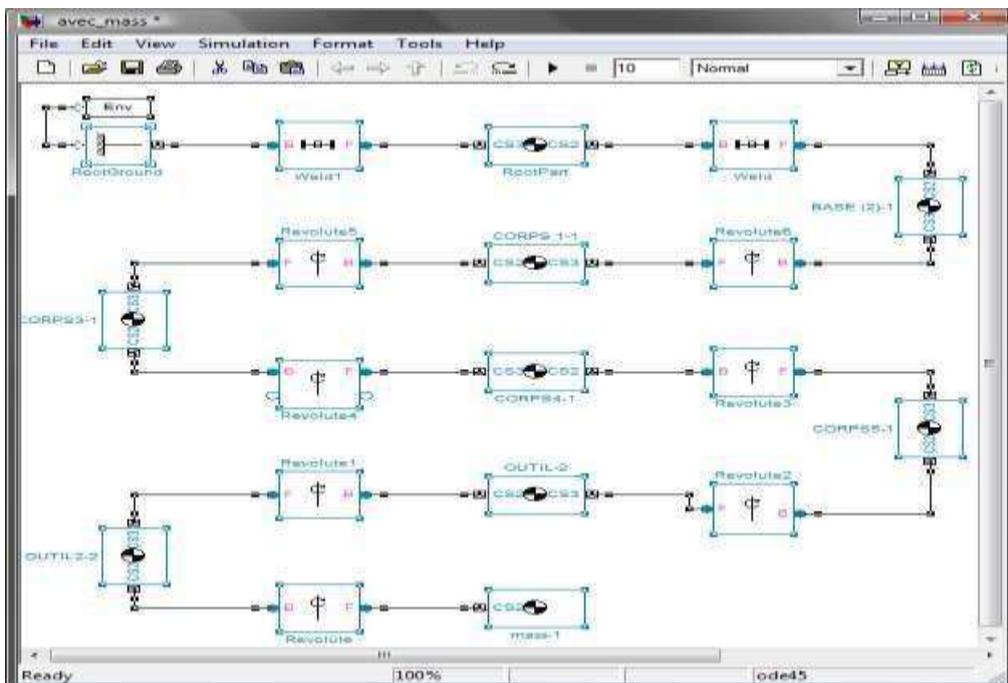


Figure 4.2 : schéma blocs du modèle du robot kawasaki (FS03N)

Simulation

On peut voir la modélisation volumique en cliquant « Ctrl + D »

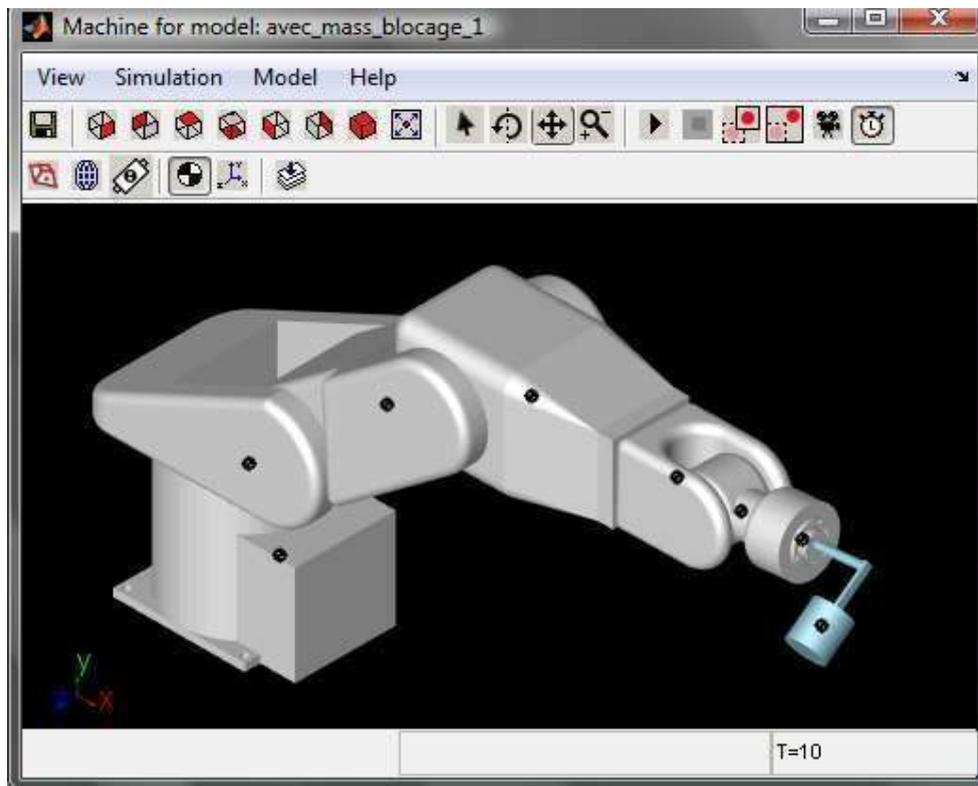


Figure 4.3 : fenêtre de visualisation

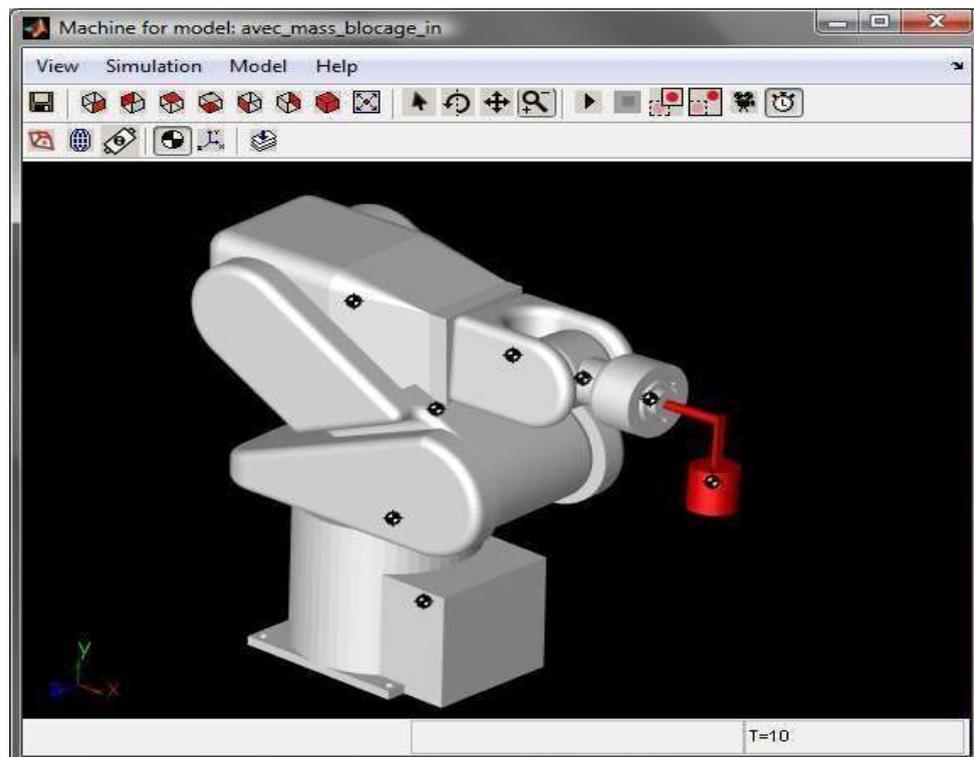


Figure 4.5 : position initiale

Simulation

Pour que la modélisation volumique apparaisse correctement, il faut pointer le dossier courant sur le dossier comprenant les fichiers STL (export de solidworks).

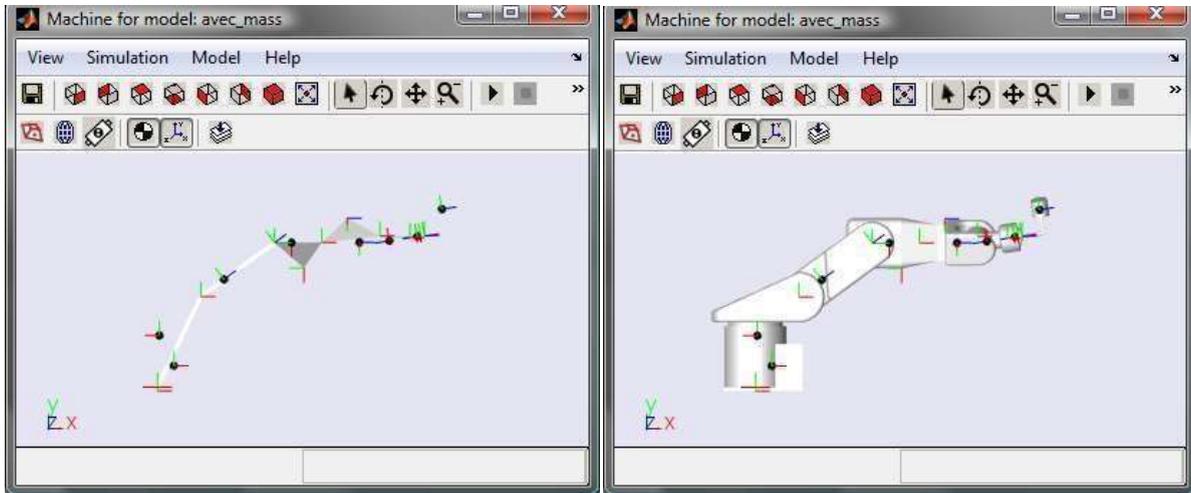


Figure 4.5 : modèle du robot en Simulink

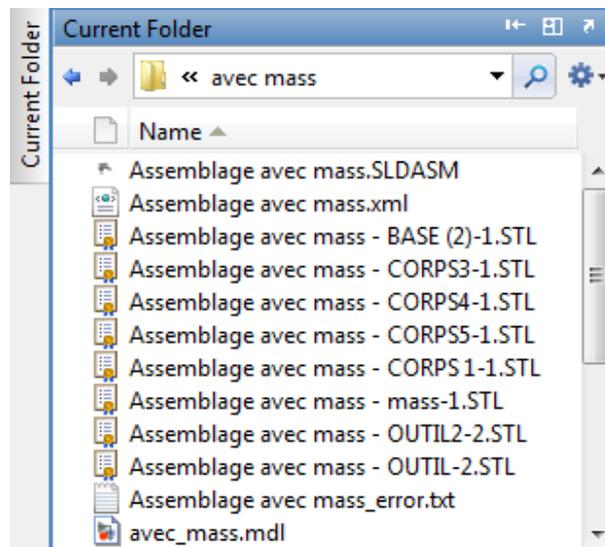
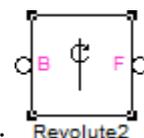


Figure 4.6 : pointage du dossier courant sur le dossier comprenant les fichiers STL

- Il faut noter que tous les paramètres des blocs constituant le robot peuvent être modifiés

4.2.3. Teste du modèle avec Simulink :

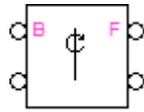
Pour simplifier le test en va bloquée toutes les articulations sauf celle de l'organe terminale pour ensuite appliquer un simple signal comme consigne



Les articulations rotoïdes sont représentées en SimMechanics avec le bloc suivant :

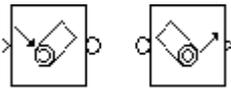
Simulation

Habituellement l'entrée et la sortie du bloc sont reliés à d'autres blocs. Les corps en général donc pour appliquer une commande sur l'articulation il faut changer les paramètres du bloc pour



obtenait ce si : **Revolute3**

Pour commandé ou relevé un signal de sortie de l'articulation il faut faire appel au deux blocs



suivent : **Joint Actuator1** **Joint Sensor1** comme leur nom l'indique

Joint Actuator : actionneur d'articulation

Joint sensor : capteur

On a construit Le schéma bloc ci-dessous du robot avec l'actionneur et le capteur [16]

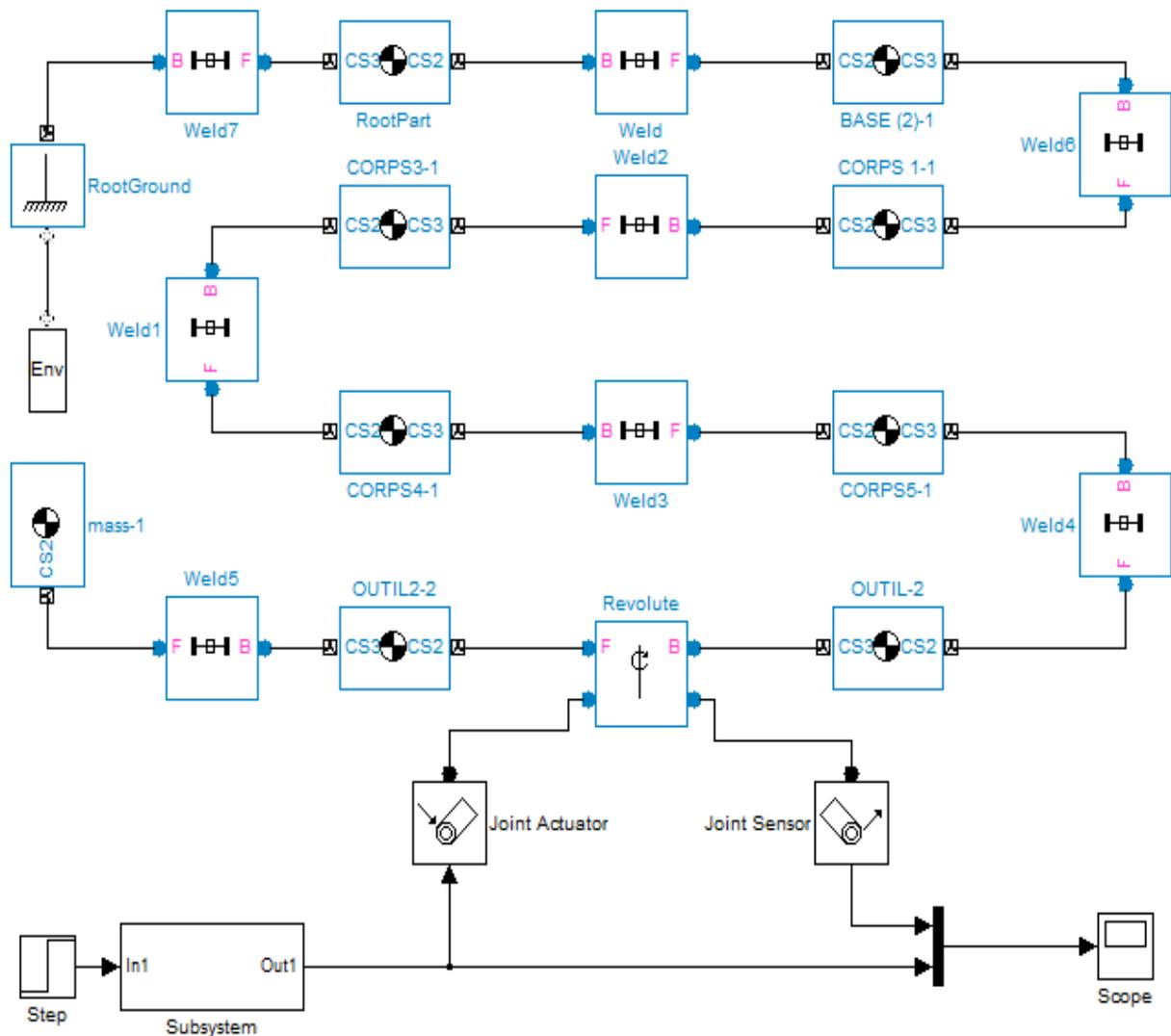


Figure 4.7 : teste de la simulation du robot

Simulation

La simulation nous donne les figures de l'organe terminal dans quatre positions différent

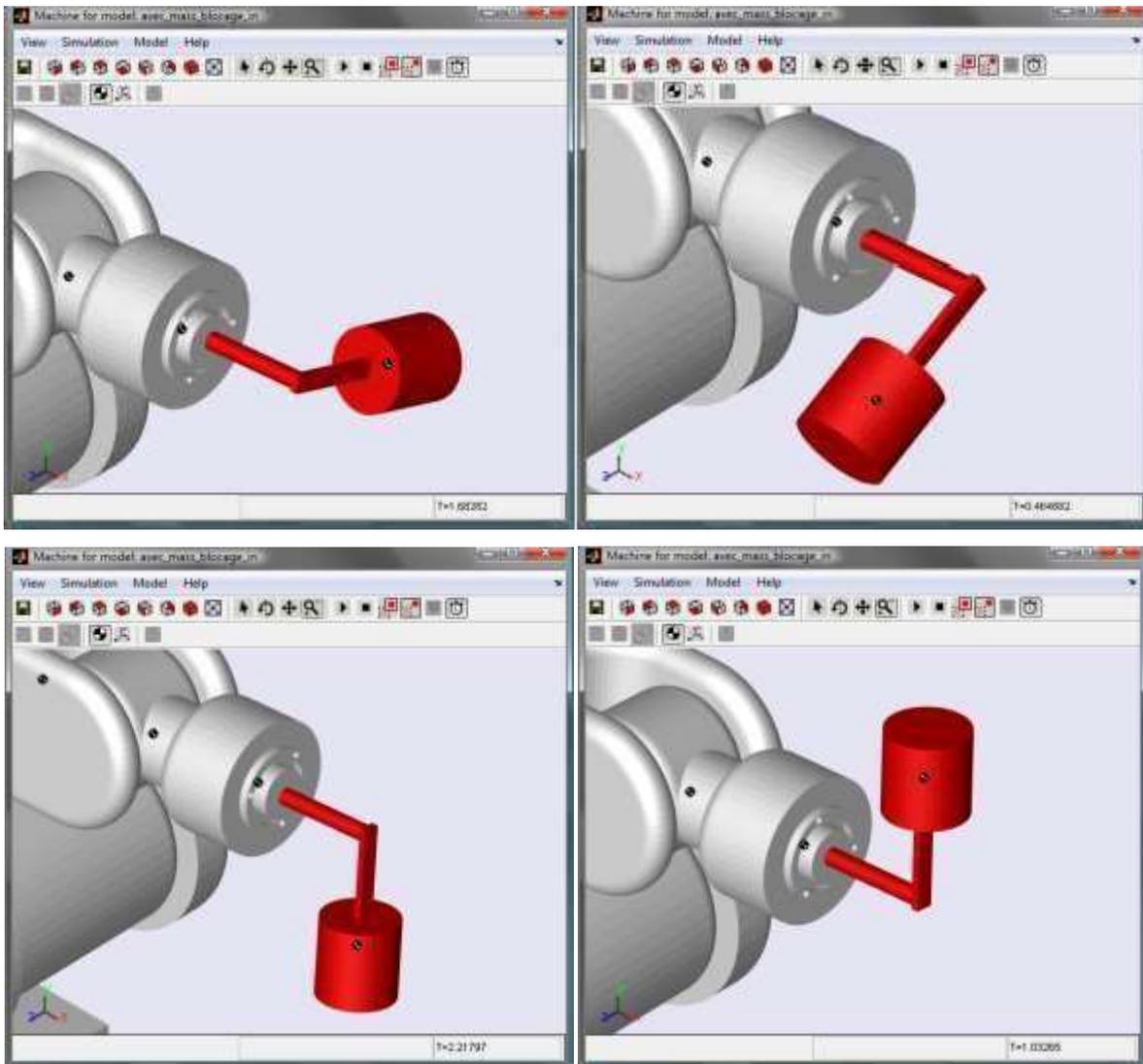


Figure 4.8 : mouvement de l'organe terminal

4.3. Modélisation du robot awasaki (FS03N) sous matlab :

Les modèle géométrique direct et inverse du robot kawasaki (FS03N) que on a devloppée dans le chapitre II vont nous aidé à créer un simulateur du robot pour ensuit faire des teste ons appliquent des commandes simple sur l'organe terminal

Pour commencer il faut choisir les coordonnées du repère den référence $R_0(x_0, y_0, z_0)$ et les coordonnées opérationnelle (position initiale de l'organe terminal) (x_f, y_f, z_f) ainsi que la position que on désire que l'organe terminal l'attint (x_d, y_d, z_d)

Pour un repère de référence :

$$x_0=0 ;$$

$$y_0=0 ;$$

$$z_0=0 ;$$

Et les quatre coordonnées opérationnelles désirées :

$$x_d=100 \quad x_d=200 \quad x_d=100 \quad x_d=100$$

Simulation

$y_d=100$ $y_d=200$ $y_d=100$ $y_d=100$

$z_d=0$ $z_d=0$ $z_d=0$ $z_d=100$

On obtient les quatre figures suivantes

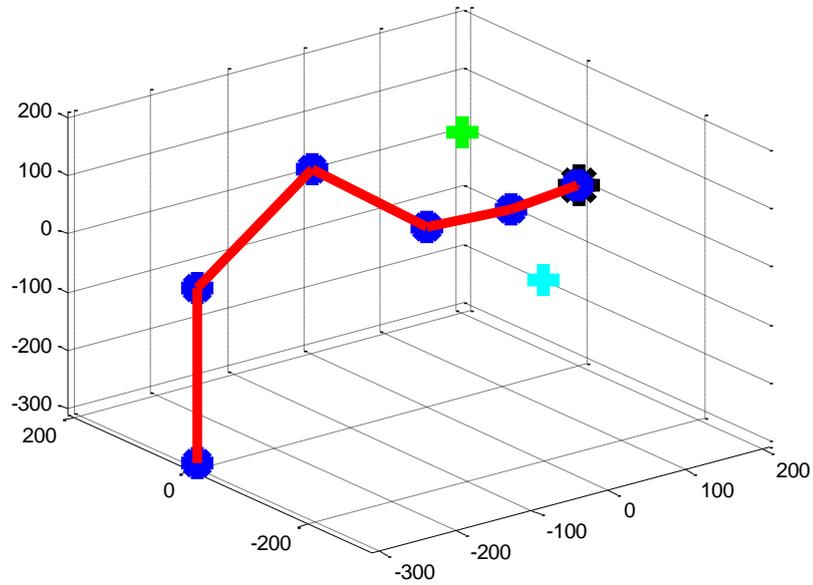


Figure 4.9 : coordonnées opérationnelles $x_d=200$; $y_d=0$; $z_d=0$

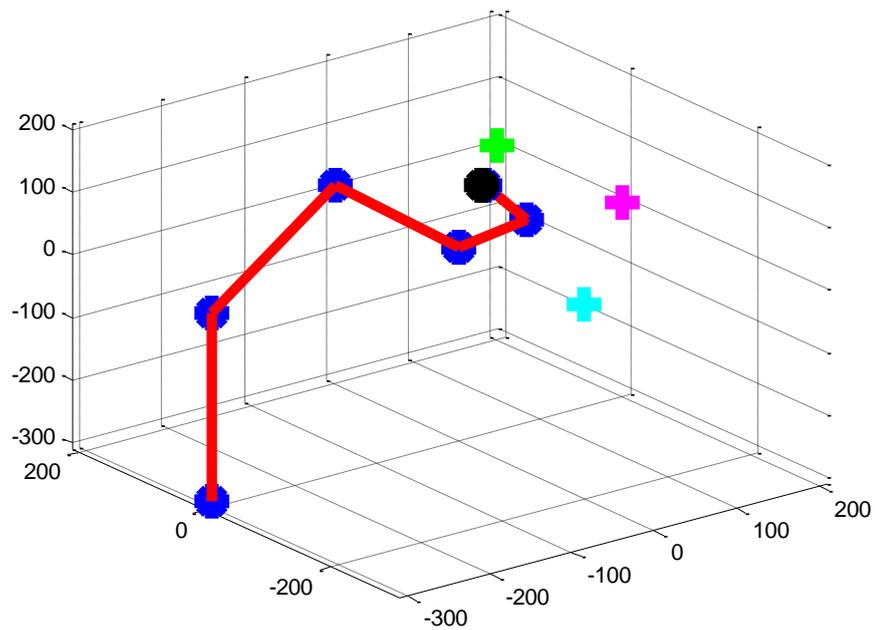


Figure 4.10 : coordonnées opérationnelles $x_d=120$; $y_d=120$; $z_d=0$

Simulation

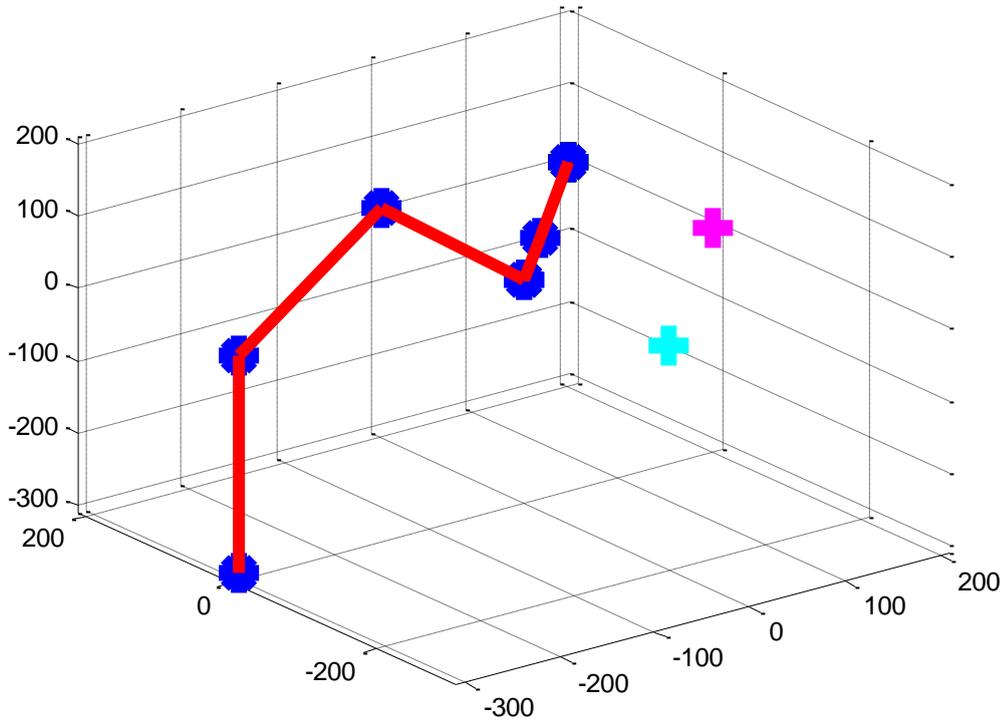


Figure 4.11 : coordonnées opérationnelles $x_d=200$, $y_d=200$, $z_d=0$

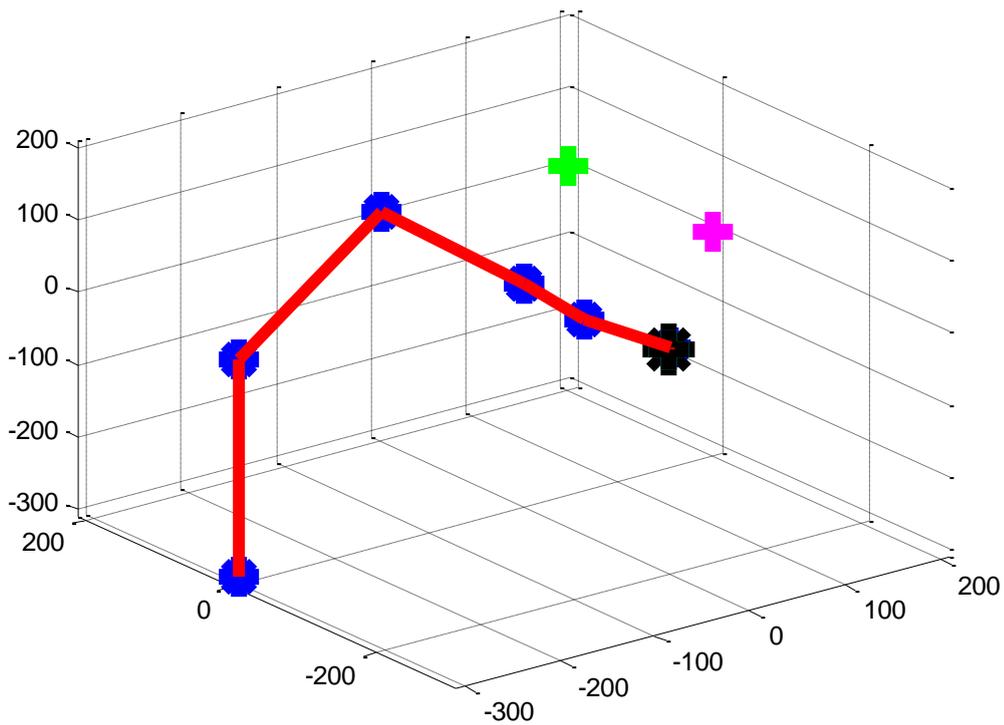


Figure 4.12 : coordonnées opérationnelles $x_d=0$, $y_d=-200$, $z_d=0$

Simulation

On changeant les 4 coordonnées opérationnelles on trouve les 4 figures au dessus exprimant la position du robot après chaque valeur donnée

4.4. Interface graphique :

La création d'une interface graphique va nous aidé à comparaitre les résultats de la simulation sous simulink et le programme matlab

L'interface et créer avec le logiciel matlab, on utilise la fonction GUIDE ensuite il sufi de choisir les différent bouton et texte que nous utiliserons dans notre interface et les placer la ou on veut et les redimensionné a la taille désiré, ce qui reste à faire ces d'attribué une action a chaque bouton on ajouton des commande a la fonction spécifiant le bouton dan le M.file de l'interface [17]

Dans note application on à conçue une interface qui va nous permettre d'exécuter l'un des deux programme et afficher leur courbe séparément ou bien lancer l'une des deux simulations ou bien lancer la première simulation et exécuter le premier programme au même temps et comparer les deux figure qui représente le déplacement du robot ver le même point et comparaitre les résultats.

Pour ce la nous avons placé six bouton dans l'interface comme ci dessous :

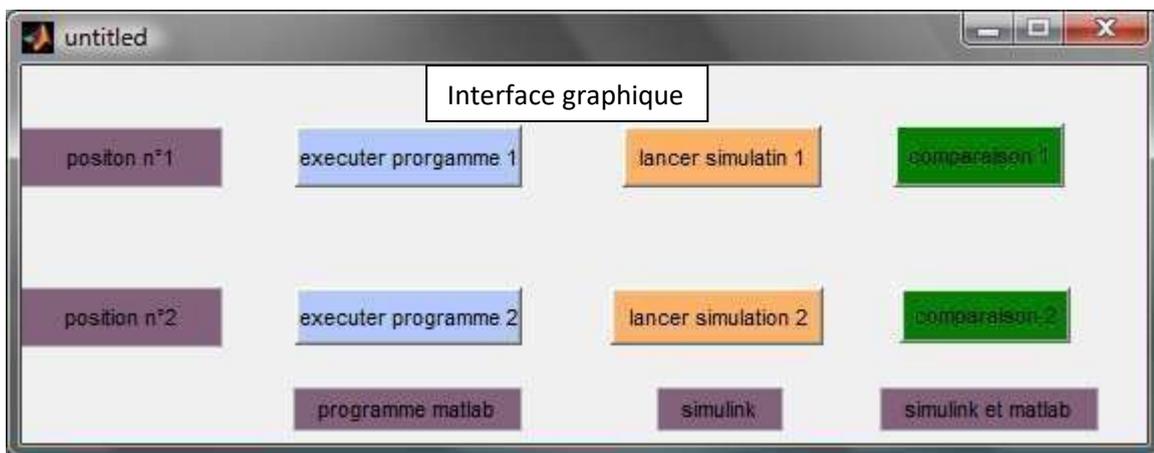


Figure 4.13: Fenêtre de l'interface graphique

Simulation

L'interface graphique fait un raccourcis de notre travail, utilisant des boutons qui sans définit par la suit :

Pour le bouton (comparaison 1) nous obtiendrons la figure suivent :

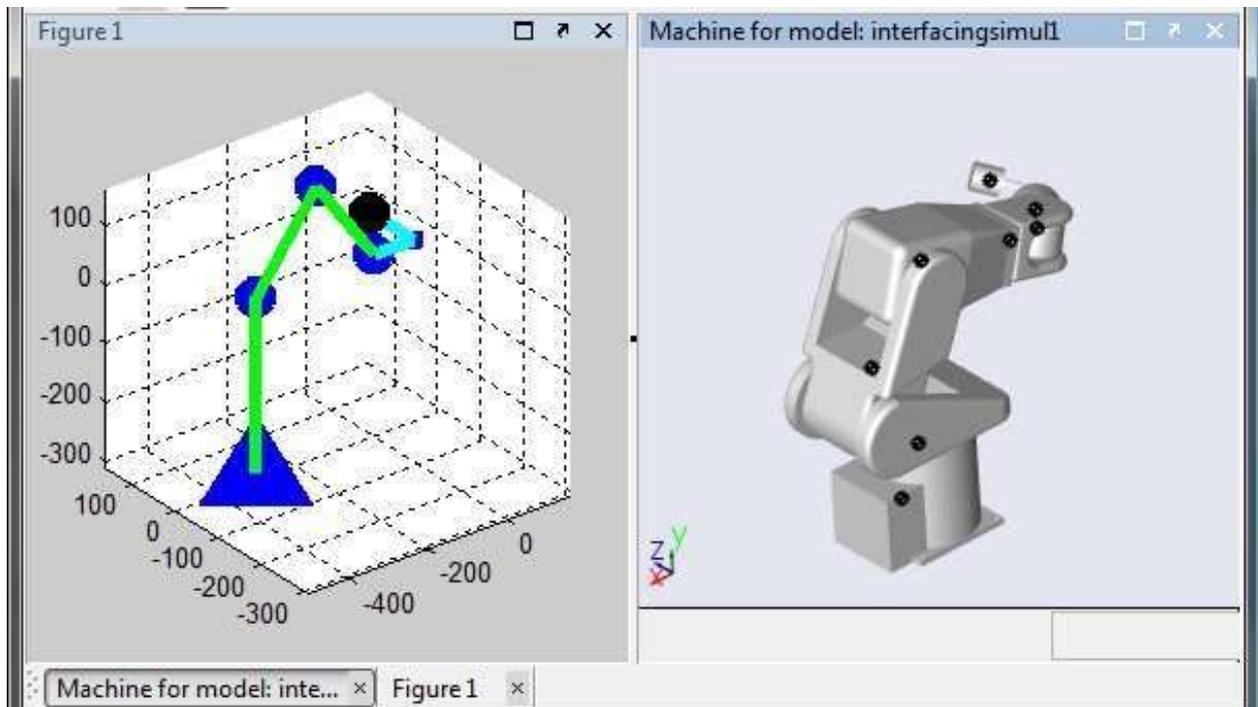


Figure 4.14 : première position

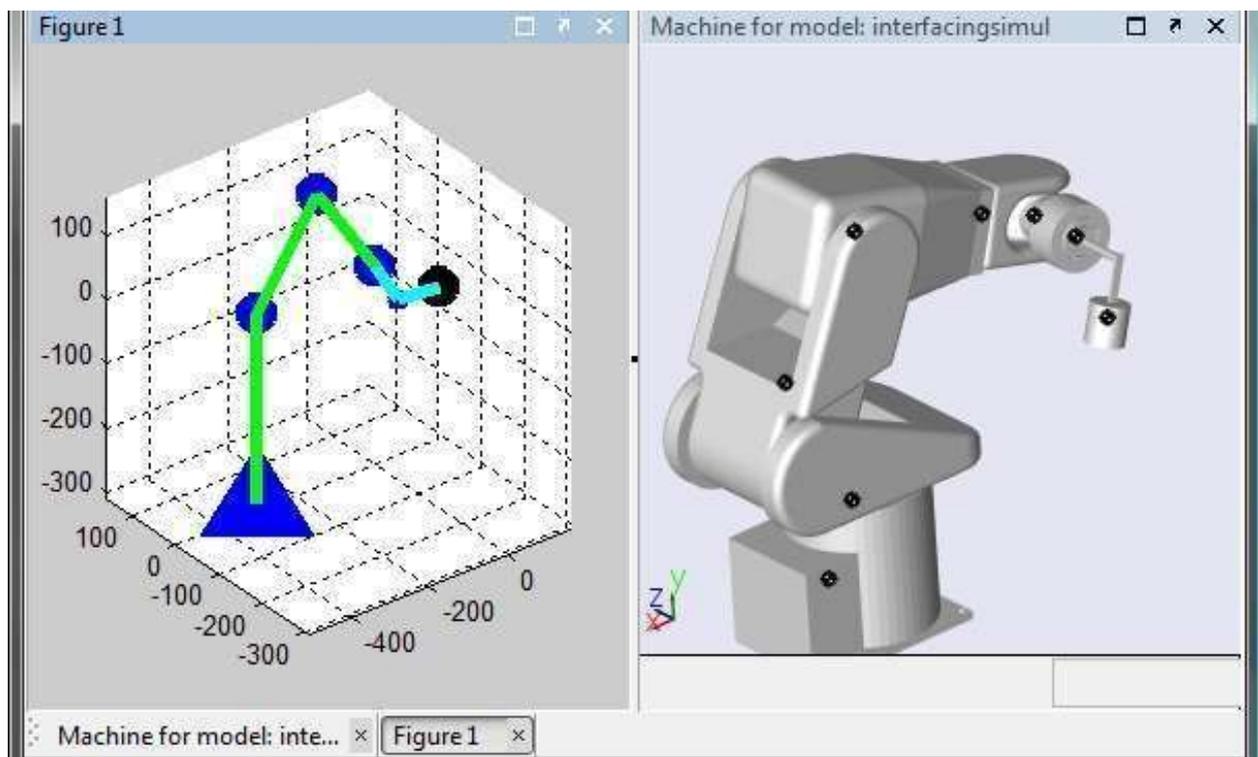


Figure 4.15 : deuxième position

On remarque que les deux simulations attendent la position désiré presque au même temps

4.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons on premier partie modélisé notre robot sous Simulink et testé une commande en boucle ouvert avec une consigne de type échelon ensuite les modèles géométriques directe et inverse ont été utilisés dans un programme qui commande et affiche le robot en 3D. Les modèles qui ont été développés sous Simulink et Matlab sont acceptables et seront utilisés dans l'avenir pour faire des tests de commande à base d'un modèle dynamique du robot.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail avait pour objectif d'étudier et connaître les caractéristique et sur tout simuler le robot manipulateur kawasaki (FS03N) et en fin créer une interface graphique pour facilité les testé de commande sur ce dernier.

La première partie de ce travail nous sa permit de nous familiariser avec les robots en générale et spécialement les robots manipulateurs avec leur différent caractéristique et les méthodes de commande.

La partie suivante on a utilisé les connaissances requises dans la première partie pour étudier les caractéristiques et déterminer les modèles mathématiques de notre robot.

La troisième partie illustre les différentes étape utiliser pour développer un modèle du robot Kawasaki(FS03N) avec le logicielle SolidWorks on se base sur des mesure réelle du robot, et nous avons obtenu un modèle avec des caractéristique semblable au robot réelle sauf quelque paramètre qui ne sont pas donné par les constructeurs du robot.

La dernière parti a été consacré à la simulation des modèles du robot Kawasaki(FS03N) qui ont été développée dans les chapitre précédant au début on à installer la passerelle SolidWorks_Matlab pour avoir un modèle Simulink avec des dimensions et des caractéristiques géométriques réelle du robot et tester les commandes sur ce dernier, en suit les modèles géométriques direct et inverse on servie dans la réalisation d'un programme qui commande et simule le robot en 3D, à la fin nous avons réalisé une interface graphique qui facilite l'utilisation des simulateur et le teste des commandes sur les modèles du robot Kawasaki(FS03N).

Parmi la perspective de ce mémoire. Ce travail ouvre la voie à plusieurs points de recherche, aussi bien théoriques qu'applicatives.

Théoriques on améliore les modèles du robot pour avoir des résultats de simulation plus exacte et on développe d'autre commende basé sur un modèle dynamique. Et applicatives on crée d'autre interface graphique.

Bibliographie

- [1] Modeling, Identification & Control of Robots, **W. Khalil**, E. Dombre, Hermes Penton Science 2002, 480 pages
- [2] Robotique. Aspects fondamentaux, J.-P. Lallemand, S. Zeghloul, Masson 1994, 312 pages
- [3] Cours de robotique, J.-L. Ferrier, DESS ASC
- [4] Robots. Principes et contrôle, C. Vibet, Ellipses 1987, 207 pages
- [5] Cours de robotique, J. Gangloff, ENSPS,
<http://hp2gra.ustrasbg.fr/library/teaching/robotics/>
- [6] Introduction to Robotics Mechanics and Control, 2th edition, John J. Craig, Addison-Wesley Publishing Company, 1989, 450 pages.
- [7] COMMANDE D'UN BRAS MANIPULATEUR 6 D.D.L AVEC EVITEMENT D'OBSTACLE PAR LA LOGIQUE FLOUE, Hatem GHODBANE, Manel MOUSSAOUI & Okba KAZAR, Université Mohamed Khider Biskra, Courrier du Savoir – N°10, Avril 2010, pp.15-22
- [8] Identification et simulation physique d'un robot Staubli TX90 pour le fraisage a grande vitesse, Hiba HAGE, thèse, UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE ECOLE DOCTORALE SMAER, 195pages
- [9] ETUDE ET COMPARAISON DE DIFFERENTES STRUCTURES DE COMMANDE MULTI-CONTRÔLEURS. APPLICATION A UN AXE ROBOTISE. Olivier PAGES, L'UNIVERSITE DE SAVOIE, Juillet 2001,243pages
- [10] étude de la boite de commande du robot manipulateur Kawasaki FS03N, HAMZA Sara & SOUAMES Hamza, université 20 aout 1955 Skikda ,78 pages
- [11] Installation and connection manual simple frindly robot Kawasaki, Juliet 2001, 25 pages
- [12] Simply the highest performance robots on the planet, FS03Series - REV06/06-1M – EGD, www.kawasakirobotics.com
- [13] Tutorial SolidWorks 99, © 1999, SolidWorks Corporation, 180 pages
- [14] Apprenez à utiliser SolidWorks Par Romain Ginestou (Romaingin), Licence Creative Commons 6 2.0, Dernière mise à jour le 7/01/2013, 257pages
- [15] Fiche méthode d'installation de la passerelle Solidworks => MATLAB ,3 pages
- [16] SimMechanics 2 User's Guide MATLAB & SIMULIK, The MathWorks, September 2007 Online only Revised for Version 2.7 (Release 2007b)
- [17] MATLAB® Creating Graphical User Interfaces, September 2010 Online Only Revised for MATLAB 7.11 (Release 2010b)
- [18] Arato.S.deo, these de PhD« Inverse Kinematics and Dynamic Control Methods for Robotic Systems»,Houston .Texas.1995.