

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par:

Mr BELAID Issam Eddine

Mr AZZOUZ Youcef

Sujet

ETUDE ET REALISATION D'UN BRAS MANIPULATEUR DE TYPE R-P

Soutenu publiquement, le 25 juin 2018, devant le jury composé de :

Mr BELALIA SM	MC-A	Univ. Tlemcen	Président
Mr CHORFI SM	MC-A		Encadrant
Mr SERDOUN N	MC-B		Co- Encadrant
Mr HAMZA CHERIF SM	MC-A		Examineur 1
Mr BELKAID M	MA-A		Examineur 2

2017/2018

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEU le miséricordieux de nous avoir donné la possibilité de réaliser notre projet, d'arriver à notre souhait et d'atteindre notre objectif.

Nous aimerions dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de notre travail, tout au niveau humain qu'au niveau scientifique.

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur Mr. **CHORFI SIDI MOHAMMED** et Co-encadreur Mr. **SERDOUN NADJIB** qui nous ont permis de bénéficier à la fois de leurs compétences scientifiques et de leurs disponibilité, tant pour résoudre les difficultés rencontrées lors de la réalisation de notre projet ou pour répondre à nos questions.*

Nous le remercions aussi pour leurs patiences et encouragements ce qui nous a permis de travailler dans de bonnes conditions.

*Grand remerciement à Mr **Abdeljalil** qui nous a ouvert la porte de son atelier. Nos remerciements s'adressent également à tous les membres de jury qui ont accepté de nous honorer de leur présence et de juger notre travail merci.*

Et à toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à notre soutien moral.

Dédicace

A mon Père, mon premier encadreur depuis ma naissance ;

A ma chère Mère, quelle trouve ici l'hommage de ma gratitude, si grande quelle puis être, ne sera la hauteur de ses sacrifices et ses prière pour moi ; A mes chers frères et sœur, Mohammed ; Meriem et mon frère jumeaux Hamza, à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur ; A toute ma famille en témoignage de mon profond respect ; A tous mes amis de la faculté de technologie de Clemcen, mes amis Salim, Sofiane, Ibrahim et mon binôme Issam, A tous ce que j'aime et qui m'aiment : qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiment les plus dévoués et mes vœux les plus sincères ; Que dieu le tout puissant vous préserve et vous procure sagesse et bonheur ; A tous qui a participé à la réussite de ce modeste travail de près ou de loin.

Pouces

Dédicace

A mon Père, mon premier encadrant depuis ma naissance ;

A ma chère Mère, quelle trouve ici l'hommage de ma gratitude, si grande quelle puis être, ne sera la hauteur de ses sacrifices et ses prière pour moi ; A mes chers frères et sœur, Mouad ; Hroune et Zineb , à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur ; A toute ma famille en témoignage de mon profond respect ; A tous mes amis de la faculté de technologie de Tlemcen, mes amis Facine, Nadir, Salah, Taha, Abdsamad et mon binôme Foucef et spécialement à ma fiancé Ahlem et sa familles; A tous ce que j'aime et qui m'aiment : qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiment les plus dévoués et mes vœux les plus sincères ; Que dieu le tout puissant vous préserve et vous procure sagesse et bonheur ; A tous qui a participé à la réussite de ce modeste travail de près ou de loin.

Issam Eddine

Résumé

Les bras manipulateurs comme classe importante des robots industriels ont marqué leur présence exigée pour une variété de champ industriel, médical, nucléaire, aéronautique et d'autres. La conception de tel type de robot nécessite la contribution de plusieurs disciplines et touche de nombreux domaines de connaissance. La part de la mécanique reste la grande part dans cette contribution. L'objet de ce travail est la conception et réalisation d'un bras manipulateur. La modélisation géométrique tridimensionnelle est réalisée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Elle est suivie par une mise en plan bidimensionnel des différentes pièces constituant le robot. La partie commande du robot est aussi entamée. Un ensemble de pièces, procurées du marché, ou récupérées de machine usée, d'autre usinées sont assemblées afin de concrétiser la modélisation géométrique tout en optimisant le coût.

Le robot réalisé est dédié aux étudiants de graduation afin de mettre en œuvre leurs connaissances théoriques comme il ouvre de nouvelle perspective de recherche, dans le domaine de la robotique.

Mot clé : robot, CNC, bras manipulateur, crémaillère, engrenage, moteurs pas à pas, conception assistée par ordinateur.

Summary

Manipulator arms as an important class of industrial robots have marked their presence required for a variety of industrial, medical, nuclear, aeronautical and other fields. The design of this type of robot requires the contribution of several disciplines and touches many areas of knowledge. The part of the mechanics remains the great part in this contribution. The object of this work is the design and realization of an R-P manipulator arm. Three-dimensional geometric modeling is performed using the SOLIDWORKS software. It is followed by a two-dimensional layout of the various components of the robot. The control part of the robot is also started. A set of parts, procured from the market, or recovered from used machinery, other machined are assembled to concretize the geometric modeling while optimizing the cost.

The realized robot is dedicated to graduation students in order to implement their theoretical knowledge as it opens up a new research perspective, in the field of robotics.

Keyword: robot, CNC, manipulator arm, rack, gear, stepper motors, computer-aided design.

ملخص

تميزت أذرع المناور كفتة مهمة من الروبوتات الصناعية بوجودها المطلوب لمجموعة متنوعة من المجالات الصناعية والطبية والنوعية والطيران وغيرها. يتطلب تصميم هذا النوع من الروبوت مساهمة العديد من التخصصات ويلامس العديد من مجالات المعرفة. الجزء من الميكانيكا يبقى الجزء الأكبر في هذه المساهمة. الهدف من هذا العمل هو تصميم وتحقيق ذراع مناولة R-P. يتم تنفيذ النمذجة الهندسية ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج SOLIDWORKS. ويتبعه تخطيط ثنائي الأبعاد للعناصر المختلفة للروبوت. كما بدأ جزء التحكم في الروبوت. يتم تجميع مجموعة من الأجزاء، يتم شراؤها من السوق، أو يتم استردادها من الآلات المستخدمة، وغيرها من الآلات لتجميع النماذج الهندسية مع تحسين التكلفة. إن الروبوت المتحقق مكرس لطلاب التخرج من أجل تطبيق معرفتهم النظرية لأنه يفتح منظور بحث جديد، في مجال الروبوتات.

الكلمات المفتاحية: الروبوت ،CNC، ذراع مناور ، الرف ، والعتاد ، محركات السائر ، التصميم بمساعدة الكمبيوتر.

TABLE DES MATIERES

Table des matières.....	4
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	10
Introduction générale.....	11

CHAPITRE I : généralité sur les robots manipulateurs.

1.1 Introduction.....	13
1.2 Définition.....	13
1.2.1 Robot Institute of America.....	13
1.2.2 Association Japonaise de Robotique Industrielle.....	13
1.2.3 L'association Française de Robotique Industrielle (AFRI).....	13
1.2.4 International Standard Organization (ISO).....	13
1.3 Classification des robots.....	14
1.4 Les éléments constitutifs d'un robot.....	14
1.5 Architecture des robots manipulateurs.....	17
1.5.1 Vocabulaire.....	15
1.5.1.1 La base.....	15
1.5.1.2 Le poignet.....	15
1.5.1.3 Le porteur.....	16
1.6. Caractéristiques d'un robot.....	17
1.3 Conclusion.....	19

CHAPITRE II : Conception et modélisation géométrique.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnel et modélisation géométrique.....	21
2.1 Introduction.....	21
2.2 Analyse fonctionnelle du bras robotique (cahier des charges).....	21
2.2.1 Analyse du besoin.....	22
2.2.2 Méthode APTE 'graphe des interactions' ou 'diagramme pieuvre'.....	22
2.2.3 Diagramme FAST.....	24

2.3	Chaine cinématique	25
2.4	Modélisation géométrique	25
2.4.1	Ossature du robot.....	27
2.4.2	Eléments de fixation	27
2.4.3	Moteur pas à pas Nema 17	29
2.4.4	Eléments de transmission	29
2.4.4.1	Manchon de transmission	29
2.4.4.2	Pignon-crémaillère.....	29
2.4.5	Eléments de guidage.....	30
2.4.5.1	Liaison palier lisse (Manchon + butté à bille)	30
2.4.5.2	Roulement à bille.....	31
PARTIE 2 : Notions de calcul de transformation de mouvement		32
2.5	Introduction	32
2.6	Translations du bras	32
2.6.1	Système pignon-crémaillère	32
2.6.1.1	Notion fondamentales	33
2.6.1.2	Calcul de d'engrenage	34
2.7	Système de rotation	37
2.7.1	L'énergie cinétique	37
2.7.2	Le moment d'inertie	38
2.8	Conclusion.....	42

CHAPITRE III : Partie commande.

3.1	Introduction	44
3.2	Schéma de commande du robot manipulateur	45
3.3	Composant d'interface	46
3.3.1	Composant matériel (Hard)	46
3.3.2	Composant logiciel (soft)	49
3.3.2.1	Logiciel INKSCAPE	49
3.3.2.2	Création du chemin / vectorisation	51
3.3.3	Création du Code G	52
3.3.4	Universel gcode sender (UGS) / grbl Controller	54

3.3.5 Firmware (micrologiciel) GRBL.....	55
3.4 Conclusion.....	57

CHAPITRE IV : Partie réalisation.

4.1 Introduction	59
4.2 La base.....	59
4.2.1 Profilé aluminium.....	59
4.2.2 Support	60
4.3 Le porteur	60
4.3.1 L'articulation rotoïde.....	60
4.3.2 L'axe de rotation.....	61
4.4 Le segment	62
4.4.1 Profiler aluminium.....	62
4.4.2 Support	62
4.5 Articulation prismatique.....	62
4.5.1 Le bras	62
4.5.1.1 Profiler d'aluminium (rail linéaire)	63
4.5.1.2 Crémaillère	63
4.5.2 Pignon.....	63
4.5.3 Roulement.....	63
4.6 L'actionneurs.....	64
4.7 Elément de fixation	64
4.8 Réalisation finale.....	65
4.9 Fonctionnement.....	66
4.10 Conclusion.....	67
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	69
Annexe	70

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Généralité sur les robots manipulateurs.

Figure 1.1 Robot FANUC- type Scara	14
Figure 1.2 Structure fonctionnelle d'un robot	14
Figure 1.3 Structure série	15
Figure 1.4 Structure fermée	16
Figure 1.5 Représentation d'une articulation rotoïde	17
Figure 1.6 Représentation d'une articulation prismatique	17
Figure 1.7 Architecture d'un robot	18

CHAPITRE II : Conception et modélisation géométrique.

Figure 2.1 Schéma du besoin du bras robotique	22
Figure 2.2 Schéma de diagramme Pieuvre	23
Figure 2.3 Schéma cinématique du robot manipulateur type R-P	25
Figure 2.4 Modèle géométrique 3D	26
Figure 2.5 Schéma d'ensemble du robot P-R	26
Figure 2.6 Profilé de la barre.....	27
Figure 2.7 pièce (15) profilé 20x40 mm (83mm).....	27
Figure 2.8 pièce (2) éléments de fixation	28
Figure 2.9 pièce (3) : Connecteur V-slot 90°	28
Figure 2.10 Pièce (5-24) : vue 3D du modèle géométrique des supports	28
Figure 2.11 Pièce (25-9) : Moteur pas à pas de type Nema 17 H47.....	29
Figure 2.12 pièce (13) : Manchon de transmission de mouvement de rotation	29
Figure 2.13 pièce (27) : Pignon	30
Figure 2.14 pièce (23) : vue 3D du modèle géométrique de la crémaillère	30
Figure 2.15 Pièce (7-12 et 14) : la butée	31
Figure 2.16 Pièce (20) : roulement mini V-Wheel	31
Figure 2.17 Système pignon crémaillère	32
Figure 2.18 Propriétés géométrique du pignon-crémaillère	33
Figure 2.19 Systèmes de transmission	35
Figure 2.20 Caractéristique d'engrenage à denture droit	39

CHAPITRE III : Partie commande.

Figure 3.1 Schéma de commande du robot manipulateur	45
Figure 3.2 Les composants de la carte Arduino Uno	46
Figure 3.3 La carte CNC sheild V3	47
Figure 3.4 Driver A4988	48
Figure 3.5 Moteur Nema 17	48
Figure 3.6 L'utilité INKSCAPE	49
Figure 3.7 Interface logiciel inkscape	49
Figure 3.8 Fenêtre paramètre inkscape.....	50
Figure 3.9 Importation d'image sur inkscape.....	50
Figure 3.10 Exemple dessin en filaire par logiciel inkscape	51
Figure 3.11 paramètre de vectorisation d'image sur inkscape	51
Figure 3.12 Exemple de vectorisation	52
Figure 3.13 L'interface Mi GRBL.....	53
Figure 3.14 Interface logiciel UGS	54
Figure 3.15 Visualisation chemin code G	55

CHAPITRE IIII : Partie réalisation.

Figure 4.1 Machine de coupe d'aluminium	59
Figure 4.2 Opération de coupe	59
Figure 4.3 Barre aluminium 20x20x200 mm	59
Figure 4.4 Barre aluminium 20x40x120mm	60
Figure 4.5 Supporte moteur.....	60
Figure 4.6 Les pièces de système de guidage.....	61
Figure 4.7 Le segment	62
Figure 4.8 Le bras.....	62
Figure 4.9 Crémaillère.....	63
Figure 4.10 pignon-crémaillère	64
Figure 4.11 kits de roulement.....	64
Figure 4.12 Actionneur.....	64
Figure 4.13 Connecteur v-slot 90°	64

Figure 4.14 Vis m5 10 mm	65
Figure 4.15 Erou	65
Figure 4.16 Vis inclus avec le moteur	65
Figure 4.17 Réalisation finale	65

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II : Conception et modélisation géométrique.

Tableau 2.1 Les grandes familles d'engrenage	35
Tableau 2.2 les principales formules de calcul d'engrenage.....	36
Tableau 2.3 Caractéristique d'engrenage à denture droit	39

CHAPITRE III : Partie réalisation.

Tableau 4.1 Opération d'usinage	61
--	----

Introduction générale

Les bras manipulateurs ou robot industriel en général ont été développés dans ces dernières années pour effectuer différentes tâches simple ou complexe d'une façon à faciliter le travail ou accélérer le processus de fabrication ou productions des produits.

Dans l'industrie les machines peuvent être extrêmement grande.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude théorique, conception et modélisation géométrique et la réalisation pratique d'un bras manipulateur (notée R-P). Il sera dédié par la suite aux étudiants de maîtrise en construction mécanique pour leur donner une plateforme d'application des notions théoriques données en cours (systèmes articulés robotique).

Ce document comporte quatre chapitres et est organisé comme suit :

Le premier chapitre est un aperçu sur les robots et des informations nécessaires aidant à la compréhension des robots industriels, leurs types et architectures.

Le deuxième chapitre est consacré à la conception du modèle géométrique de robot manipulateur (notée R-P). Les éléments constitutifs et les solutions technologiques adoptées sont présentés en détail.

Le troisième chapitre est consacré à la partie commande du robot. Les éléments constitutifs matériels et logiciels sont présentés. Ensuite une description des différentes étapes de branchement et de programmation est détaillée.

L'étape de réalisation est réservée au chapitre quatre. A la fin de ce chapitre un test est effectué afin de faire une application des notions illustrées dans les chapitres précédents.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale qui fera la synthèse de notre travail en ouvrant de nouvelles perspectives.

CHAPITRE I :

GENERALITE SUR LES ROBOTS
MANIPULATEURS.

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons un aperçu général sur la robotique et les robots industriels dit robot manipulateur

1.2 Définition :

-Si les manipulateurs et les automates existant depuis nombreuse décennies, c'est seulement vers les années 1970 que sont véritablement apparues en exploitation industrielle les premières machines que l'on puisse qualifier comme robots. En effet, le robot est avant tout une machine industrielle poly articulée, dotée de possibilité d'auto-adaptabilité et qui peut de ce fait agir d'une manière plus ou moins autonome dans et sur son environnement.

-La définition que l'on donne actuellement du robot diffère quelque peu selon les régions :

1.2.1 Robot Institute of America :

« Un robot est un manipulateur reprogrammable à fonctions multiples. Il est conçu pour déplacer des matériaux, des pièces, des outils ou des instruments spécialisés suivant des trajectoires variables programmées, en vue d'accomplir des tâches très diverses » [1].

1.2.2 Association Japonaise de Robotique Industrielle :

« Tout mécanisme permettant d'effectuer, en tout ou en partie, une tâche normalement réalisée par l'homme » [1].

1.2.3 L'association Française de Robotique Industrielle (AFRI) :

« Un robot industriel est une machine formée de divers mécanismes comportant divers degrés de liberté, ayant souvent l'apparence d'un ou de plusieurs bras se terminant par un poignet capable de maintenir un outil, une pièce ou un instrument de contrôle. En particulier, son unité de contrôle doit contenir un système de mémorisation, et il peut parfois utiliser des accessoires sensitifs et adaptables qui tiennent compte de l'environnement et des circonstances. Ces machines, ayant un rôle pluridisciplinaire, sont généralement conçues pour effectuer des fonctions répétitives, mais sont adaptables à d'autres fonctions » [1].

1.2.4 International Standard Organization (ISO) :

« Une machine formée par un mécanisme incluant plusieurs degrés de libertés, ayant souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet capable de tenir des outils, des pièces ou un dispositif d'inspection » [2].

1.3 Classification des robots :

Il existe plusieurs classifications des robots, on cite les classes suivantes [IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)] [3] :

- Robot cartésien
- Robot Cylindrique
- Robot Polaire
- Robot Articuler
- Robot Scara



Figure 1.1 Robot FANUC- type Scara

1.4 Les éléments constitutifs d'un robot :

De même qu'un trou n'est défini que par ce qui l'entoure, un robot n'a de sens que dans un environnement qu'il modifie. C'est pourquoi on peut distinguer les ensembles interactifs dans un robot en fonctionnement [4].

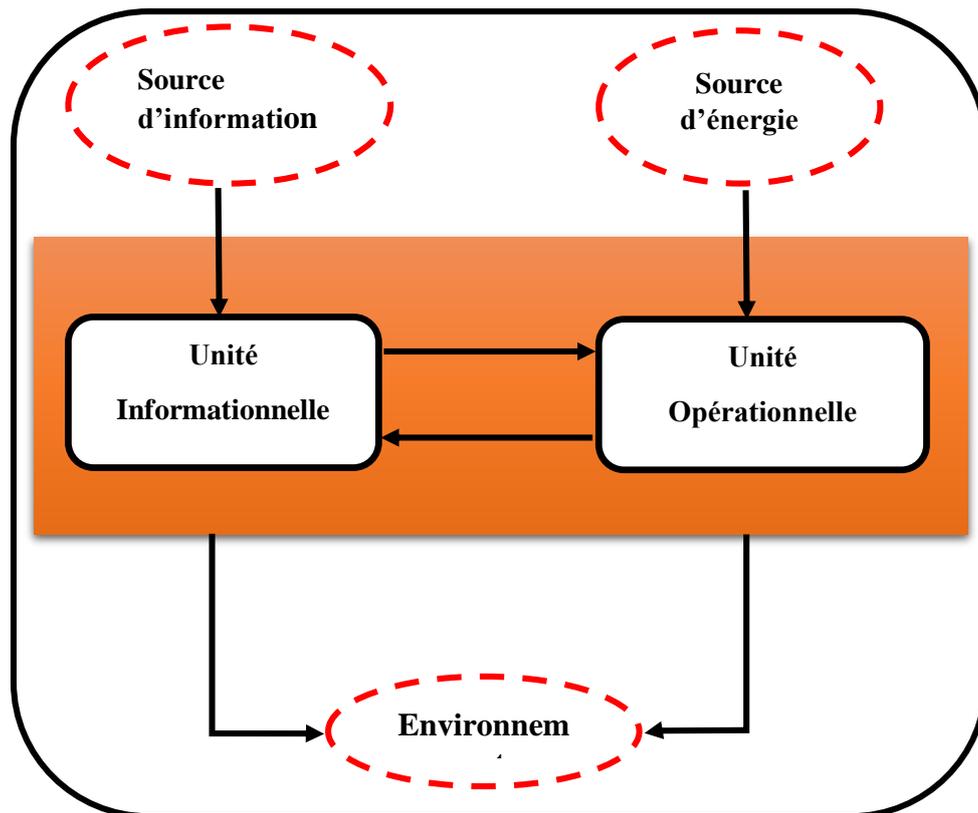


Fig. 1.2 : Structure fonctionnelle d'un robot.

1.5 Architecture des robots manipulateurs :

1.5.1 Vocabulaire :

1.5.1.1 La base :

La base du manipulateur est fixée sur le lieu du travail. Ceci est le cas de la quasi-totalité des robots industriels.

1.5.1.2 Le poignet : il est destiné à l'orientation de la pince ou de l'outil porté par le robot. La façon dont les liaisons motorisées sont réparties du bâti au poignet définit trois grandes classes d'architecture

Une structure mécanique articulée peut être représentée par une architecture composée de plusieurs chaînes de corps rigides assemblés par des liaisons appelées articulations. Les chaînes peuvent être dites soit ouvertes ou en série dans lesquelles tous les corps ont au plus deux liaisons, ou bien arborescentes où au moins l'un des corps a plus de deux liaisons. Les chaînes peuvent aussi être fermées dans lesquelles l'organe terminal est relié à la base du mécanisme par l'intermédiaire de plusieurs chaînes [5].

- Structure mécanique articulée à chaîne cinématique simple :

C'est une chaîne cinématique dont chaque membre possède un degré de connexion (nombre de liaisons mécaniques) inférieur ou égal à deux. Un robot sériel est formé d'une chaîne cinématique simple dont la base et l'organe effecteur possèdent un degré de connexion d'un (c'est-à-dire qu'il n'est relié qu'à un seul corps) et les autres éléments un degré de connexion de deux.

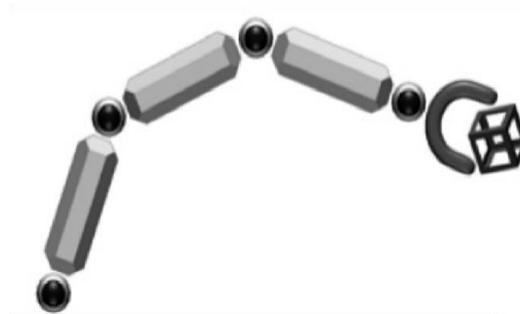


Fig. 1.3 : Structure série.

Structure mécanique articulée à chaîne cinématiques fermée : C'est une chaîne cinématique dont l'un des membres, différent de la base, possède un degré de connexion supérieur ou égal à trois.

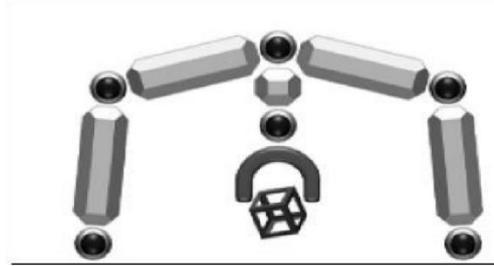


Fig. 1.4 : Structure fermée.

On définit aussi deux types d'espace relatif au robot :

L'espace articulaire : c'est celui dans lequel est représentée la situation de tous ses corps. On utilise des variables articulaires.

L'espace opérationnel : c'est celui dans lequel est représentée la situation de l'organe terminal. On utilise des coordonnées cartésiennes, sphérique ou cylindrique.

Autres particularités de robots :

La redondance :

Lorsque le nombre de degré de liberté de l'organe terminal est inférieur au nombre de degré de liberté de l'espace articulaire (nombre d'articulations motorisées).

Les qualités requises pour un robot sont la résolution, la précision et la répétabilité. [5]

• 1.5.1.3 Le porteur :

Le porteur représente l'essentiel du système mécanique articulé, il a pour rôle d'amener l'organe terminal dans une situation donnée imposée par la tâche (la situation d'un corps peut être définie comme la position et l'orientation d'un repère attaché à ce corps par rapport à un repère de référence). Si P est un point de l'extrémité et R0 un repère lié au bâti, le rôle du porteur est de fixer la position de P dans R0. Les liaisons utilisées sont des liaisons pivot notées R ou prismatique notées P.

Il est constitué de :

✓ Segment :

Corps solides rigides susceptibles d'être en mouvement par rapport à la base du porteur, et les uns par rapport aux autres,

✓ Articulation :

Une articulation lie deux corps successifs en limitant le nombre de degré de liberté, de l'un par rapport à l'autre. Soit m le nombre de degré de liberté résultant, encore appelé mobilité de l'articulation. La mobilité d'une articulation est telle que $0 \leq m \leq 6$, lorsque $m = 1$, ce qui est

fréquemment le cas en robotique, l'articulation est dite simple : soit rotoïde (R), soit prismatique (P).

✓ Articulation rotoïde (R):

Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée R, réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour d'un axe commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle autour de cet axe [1].

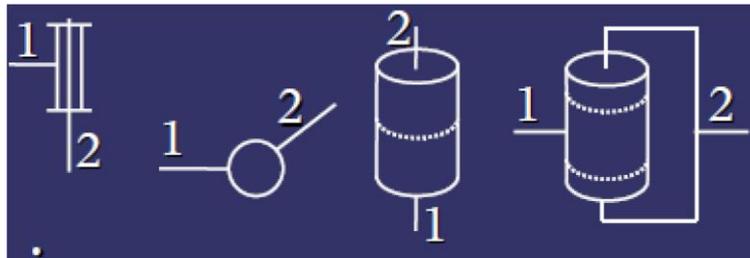


Fig. 1.5 : Représentation d'une articulation rotoïde.

✓ Articulation **prismatique (P)** :

Il s'agit d'une articulation de type glissière, notée P, réduisant le mouvement entre deux corps à une translation le long d'un axe commun. La situation relative entre les deux corps est mesurée par la distance le long de cet axe [7].

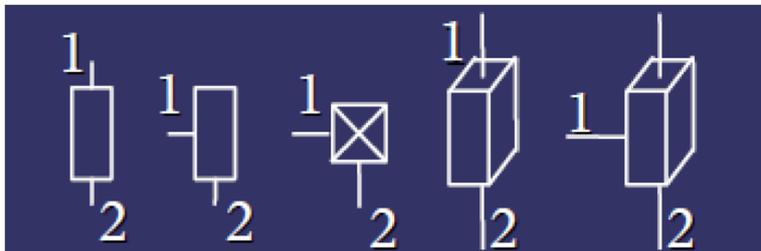


Fig. 1.6 : Représentation d'une articulation prismatique.

1.6 Caractéristiques d'un robot :

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve. Voici quelques paramètres à prendre, éventuellement, en compte :

-La charge maximum transportable (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables (en élongation maximum).

- L'architecture de la structure mécanique articulée, le choix est guidé par la tâche à réaliser.

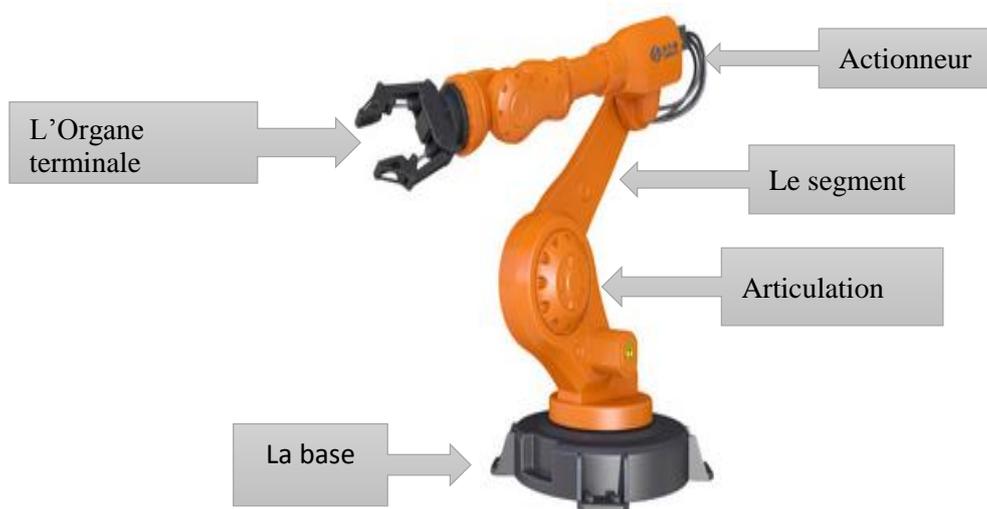


Figure 1.7 Architecture d'un Robot manipulateurs

- Le volume de travail, défini comme l'ensemble des points atteignables par l'organe terminal. Tous les mouvements ne sont pas possibles en tout point du volume de travail. L'espace de travail (reachable workspace), également appelé espace de travail maximal, est le volume de l'espace que le robot peut atteindre via au moins une orientation de l'organe terminal. L'espace de travail est le volume de l'espace que le robot peut atteindre avec toutes les orientations possibles de l'organe terminal. Cet espace de travail est un sous-ensemble de l'espace de travail maximal.

- Le positionnement absolu, correspondant à l'erreur entre un point souhaité (réel) défini par une position et une orientation dans l'espace cartésien et le point atteint est calculé via le modèle géométrique inverse du robot. Cette erreur est due au modèle utilisé, à la quantification de la mesure de position, à la flexibilité du système mécanique. En général, l'erreur de positionnement absolu, également appelée précision, est de l'ordre de moins de 1mm.

- La répétabilité, ce paramètre caractérise la capacité que le robot à retourner vers un point (position, orientation) donné. La répétabilité correspond à l'erreur maximum de Positionnement sur un point prédéfini dans le cas de trajectoires répétitives. En général, la répétabilité est de l'ordre de 0,1mm ou moins [7].

- La vitesse de déplacement (vitesse maximum en élongation maximum), accélération.
- La masse du robot.
- Le coût du robot.
- La maintenance.

1.7 Conclusion :

La structure mécanique d'un robot manipulateur est composée de plusieurs corps connectés les uns aux autres par des liaisons appelées articulations, à un seul degré de liberté de translation ou de rotation, cette structure mécanique peut constituer une chaîne cinématique continue ouverte simple, une chaîne arborescente ou une chaîne complexe.

Ce chapitre a été consacré à quelques généralités sur les robots industriels, leurs types et architecture et leurs domaines d'utilisation, à une introduction sur les notions du langage de programmation.

Le chapitre suivant est dédié à la conception d'un modèle de bras manipulateur de type R-P.

CHAPITRE II :

CONCEPTION ET MODELISATION GEOMETRIQUE

PARTIE 1 : Analyse fonctionnel et modélisation géométrique

2.1. Introductions :

Dans ce chapitre on s'intéresse à concevoir un robot type R-P. Donc un bras manipulateur de trois parties physiques. Une partie fixe qui constitue la base, une deuxième qui garantit un mouvement de translation qui a au moins un point qui se déplace sur un plan ou plus. La troisième assure un mouvement de rotation.

Pour cela on a fixé la stratégie suivante :

- Le budget : le budget doit être raisonnable et minimiser au maximum.
- Marché : ou en doit suivre l'offre du marché et la disponibilité des pièces nécessaire
- Outils : doivent être disponibles sur l'atelier de l'université, domicile, environnement industriel.
- Géométrie : concevoir une géométrie stable compacte avec une facilité de déplacement et d'assemblage en gardant la fonction principale active.
- Temps : le facteur le plus importants dans un projet est le temps, pour cela le projet va se dérouler à base des recherches faites dans un temps limite et tous ce qui suit est limité par ce facteur.

2.2 Analyse fonctionnelle du bras robotique (Cahier des charges) :

Le cahier de charge permet d'identifier les différents besoins et problématiques et établir les propositions techniques, les modalités d'exécutions du projet, son coût et sa durée.

Conception d'un système permettant de piloter une plateforme motorisée.

2.2.1 Analyse du besoin :

D'après AFNOR un besoin est un désir (ou une nécessité) éprouvé par l'utilisateur d'un système.

La méthode d'analyse du besoin s'appuie sur deux hypothèses :

- Hypothèse 1 : La satisfaction du besoin est réalisée par l'utilisation du produit à concevoir.
- Hypothèse 2 : Le besoin est satisfait par le changement d'état d'une matière d'œuvre.

Pour verbaliser le besoin, il faut répondre à ces trois questions :

- ✓ **A qui** le produit rend-il service ? >>>>> Au **client**
- ✓ **Sur quoi** le produit agit-il ? >>>>> Sur la **matière d'œuvre**
- ✓ **Dans que but (pourquoi faire)** ? >>>>> Pour satisfaire le **besoin**

Et on représente tout ça dans un schéma nommé le schéma du besoin :

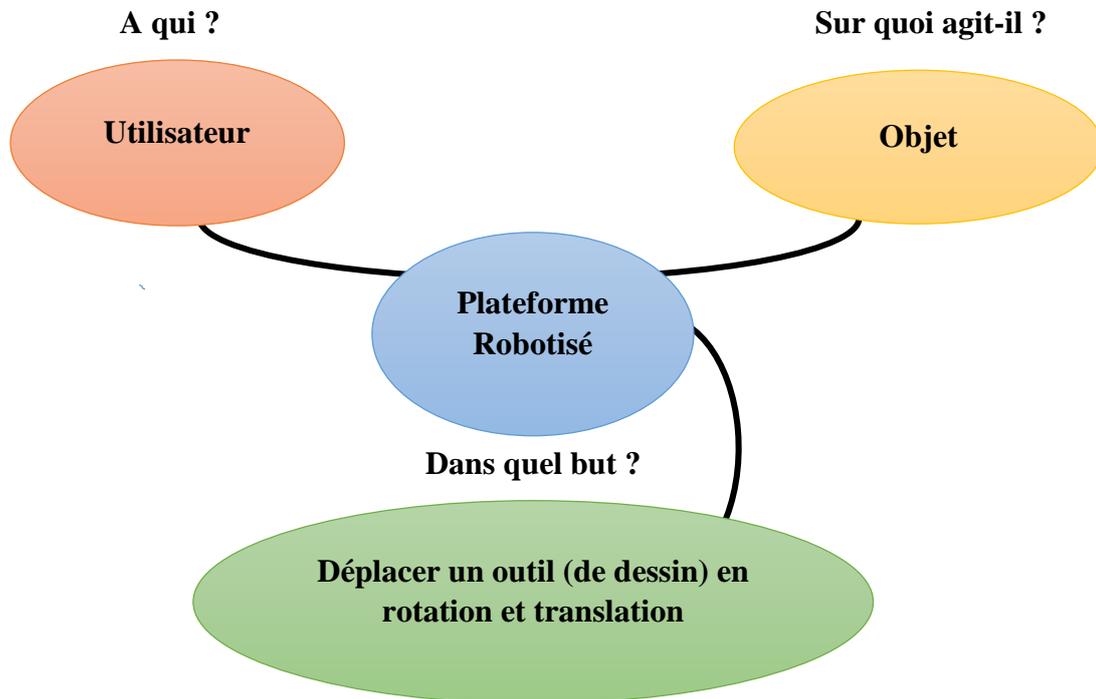


Fig. 2.1 : Schéma du besoin du bras robotique.

2.2.2 Méthode APTE ‘graphe des interactions’ ou ‘diagramme Pieuvre’ :

La méthode pieuvre est un excellent outil de représentation des fonctions et de leurs relations avec l’objet étudié. Son avantage principal est de présenter synthétiquement et de manière conviviale ce que la littérature décrirait dans un document très long et peu explicite.

Fonctions de service : Fonctions liées au service ou à l’usage d’un produit, elles décrivent ou définissent une action du produit répondant à un besoin ou une attente de l’utilisateur.

Fonctions principales **FP** : Elles justifient la création du produit et elles représentent les relations entre deux éléments du milieu extérieur.

Fonctions contraintes **FC** : Elles rassemblent toutes les fonctions complémentaires aux fonctions principales du produit en leur imposant ou non des limites.

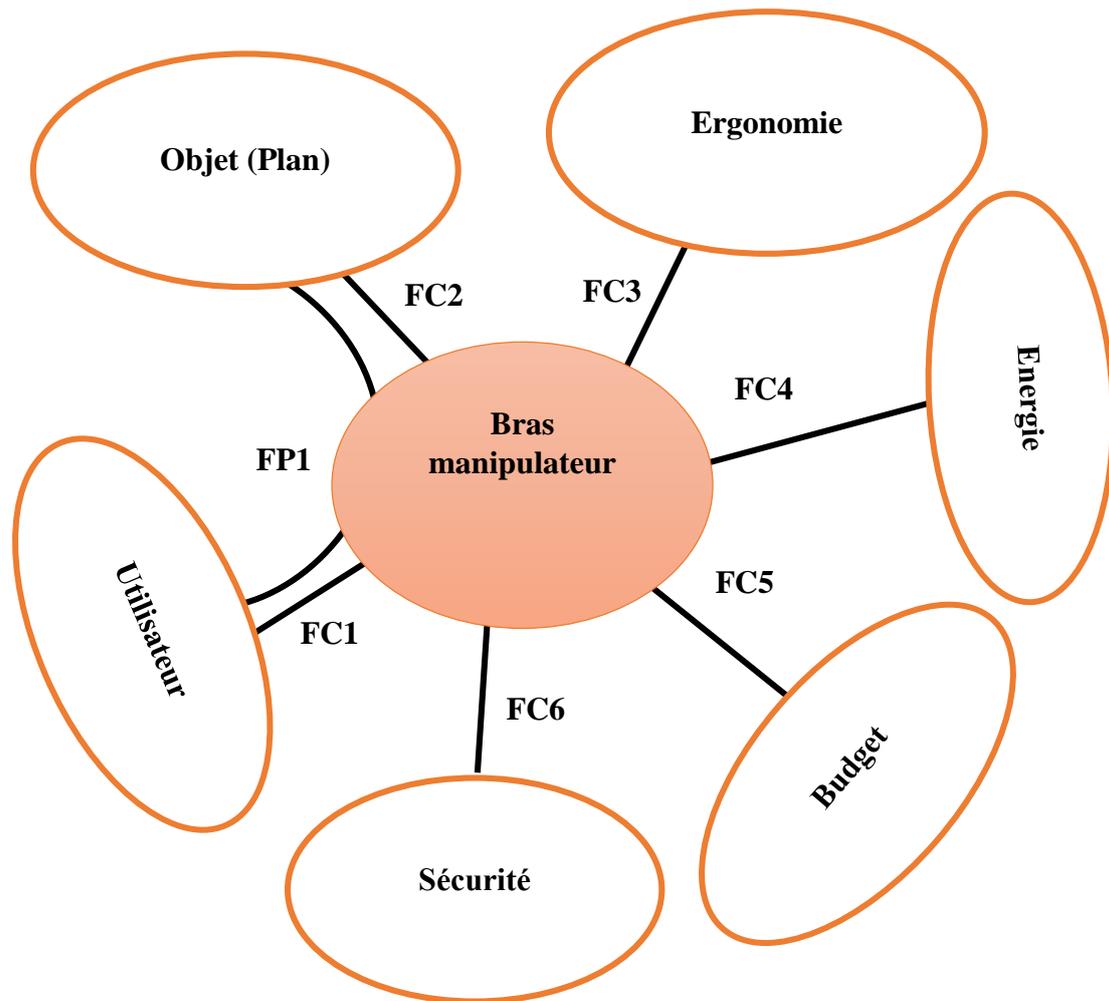


Fig. 2.2 : Schéma de diagramme Pieuvre.

Fonctions principales :

FP1 : Interagir sur un objet à travers une plateforme motorisé en rotation et en translation.

Fonctions Complémentaire :

FC1 : pouvoir faire un mouvement et déplacement du bras dans un espace de travail définis.

FC2 : Adapter la saisie robotisée en fonction des côtes de l'objet.

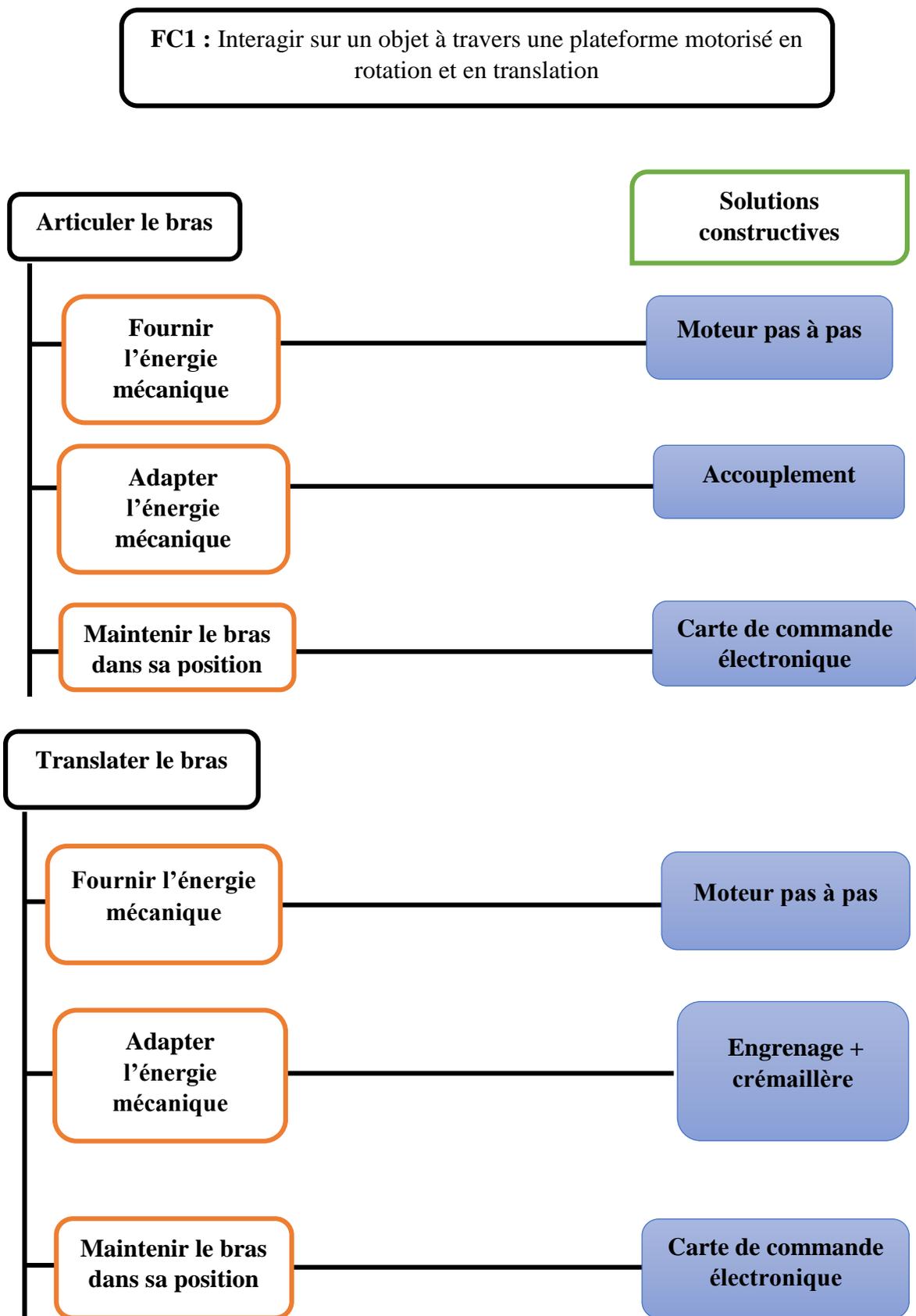
FC3 : Ergonomie et facilité d'utilisations et adaptations du système à son environnement

FC4 : Alimenter en énergie le système (bras manipulateur).

FC5 : Le cout de fabrications doit être entre 25 000 et 30 000 DA.

FC6 : Respecter le minimum des règles de sécurité (mécaniques, électriques).

2.2.3 Diagramme FAST :



- Le guidage en rotation sera assuré par un roulement type butée.
- Le guidage de translation sera assuré par une crémaillère.

2.3 Chaîne Cinématique :

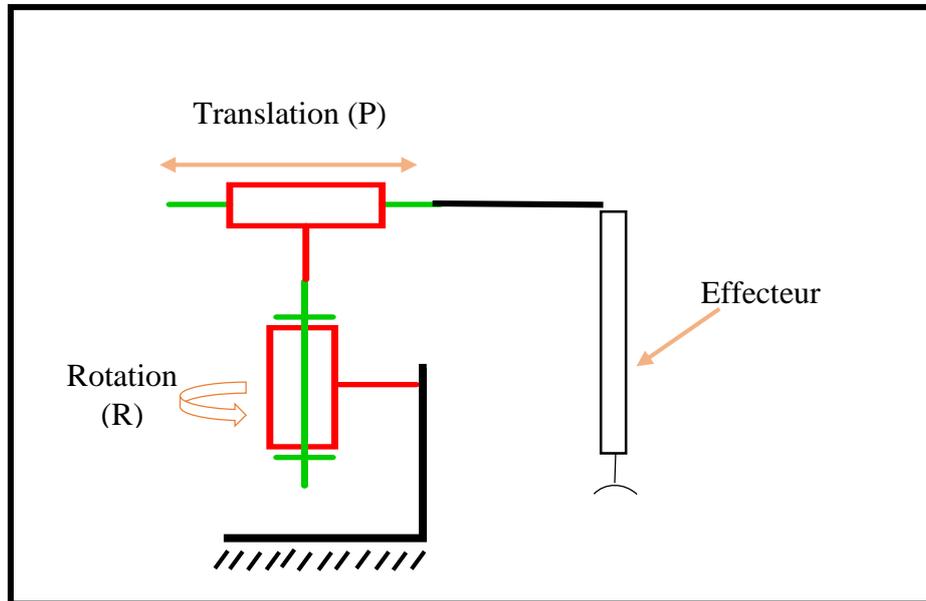


Fig. 2.3 : schéma cinématique du robot manipulateur type R-P.

Le schéma de la figure est un schéma cinématique du robot manipulateur de type R-P. Deux type de mouvement sont possible, mouvement de rotation de la base et mouvement de translation de la tige deux actionneurs de type pas à pas seront utilisé, un troisième actionneur de type servo moteur sera réservé à l'effecteur.

Un moteur horizontal assura la translation, un autre en disposition vertical asura la rotation.

2.4 Modélisation géométrique :

Plusieurs solutions technologiques ont été discutés, avec plusieurs croquis afin d'entamer une meilleure solution parmi d'autre.

La solution adoptée a été concrétisée sur un logiciel de conception assisté par ordinateur (SolidWorks), la figure (2.4) suivante est une vue 3D du modèle géométrique réalisé.

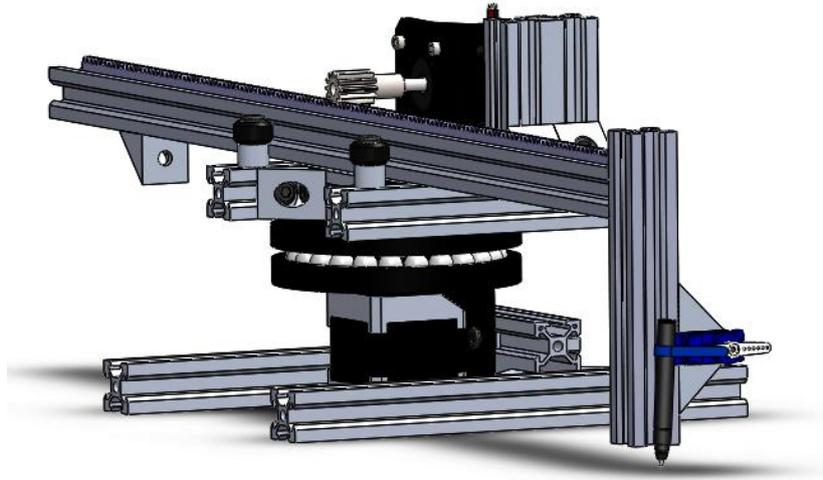


Fig. 2.4 : Modèle géométrique 3D

Le logiciel de CAO SolidWorks® est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises.

Le dessin d'ensemble est donné par la figure 4 dont 32 pièces constituent le robot.

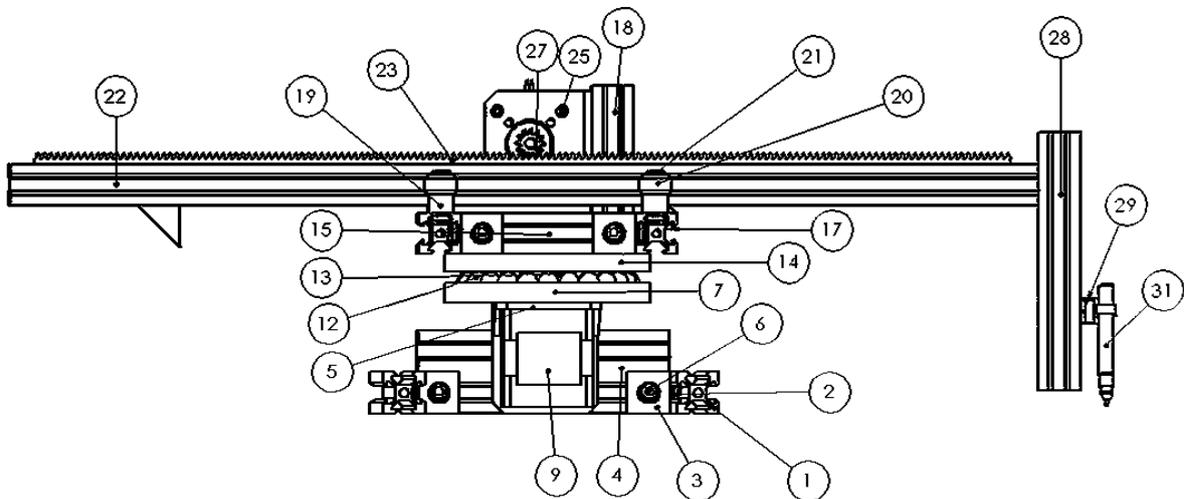


Fig. 2.5 : Schéma d'ensemble du robot R-P

Dans ce qui suit le dessin de définition de quelques pièces fondamentales sera présenté, pour les autres pièces ils seront portés en annexe.

2.4.1. Ossature du robot :

Les éléments essentiels qui constituent l'ossature du robot sont des barres d'aluminium. Leur profilé de type V-Slot (20x20 ou 20x40) est donné par la figure (2.6) suivante. Les pièces de numéro (1-4-15-17-18-22-28) dans le dessin d'ensemble sont conçues par ce profilé.

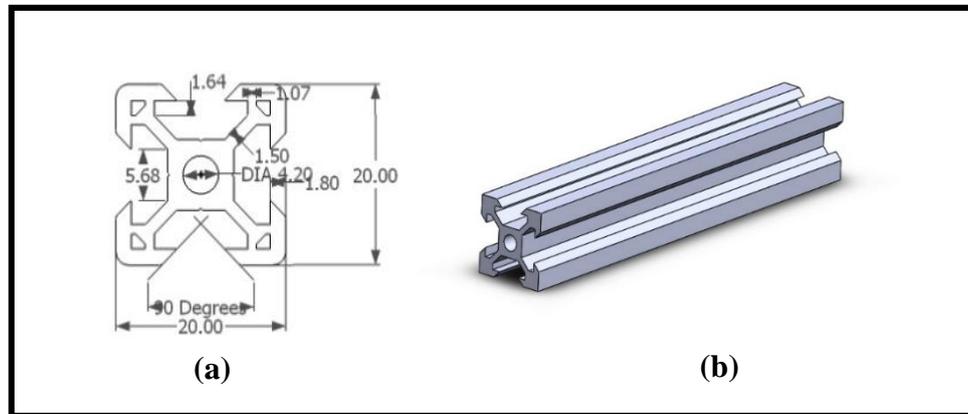


Fig 2.6 : Profilé de la barre : (a) cotation sur vue de coupe ; (b) vue isométrique

La pièce numéro (15) de la figure (2.7) est la base de la partie supérieure du robot. La pièce a deux trous pour permettre le passage des vis d'assemblage des éléments au-dessous.

Sur les deux extrémités de cette pièce se fixent deux barres pour former une base. Elle porte le système de translation.

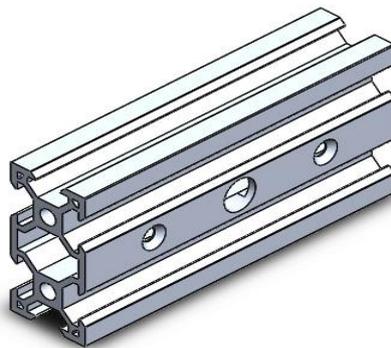


Fig. 2.7 Pièce (15) profilé 20x40 mm (83mm)

2.4.2 Eléments de fixation

Les barres constitutives de l'ossature sont assemblées à l'aide des éléments de fixation présentés par les figures (2.8) et (2.9).

L'écrou (T-Nut) de la figure 7 entre facilement dans le rail du profilé en aluminium c'est un écrou de serrage placé sur le connecteur 90° de la figure (2.9).

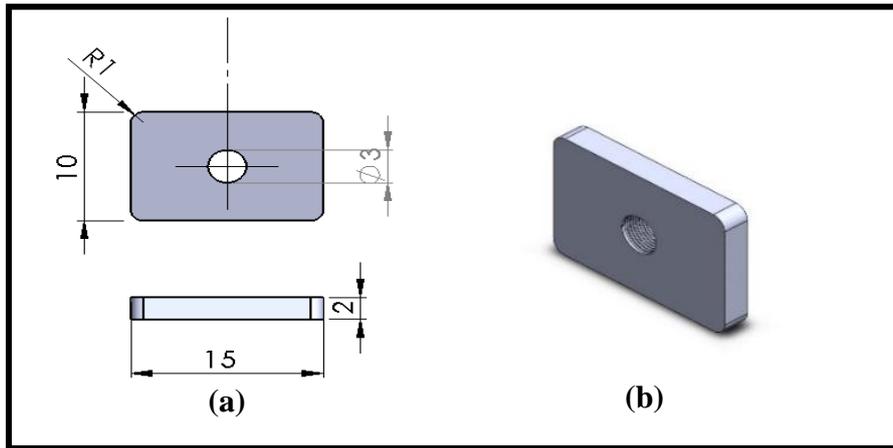


Fig. 2.8. Pièce (2) éléments de fixation :(a) cotation ;(b) vue 3D

L'élément de la figure (2.9) est un connecteur de coin. Il permet d'assembler facilement

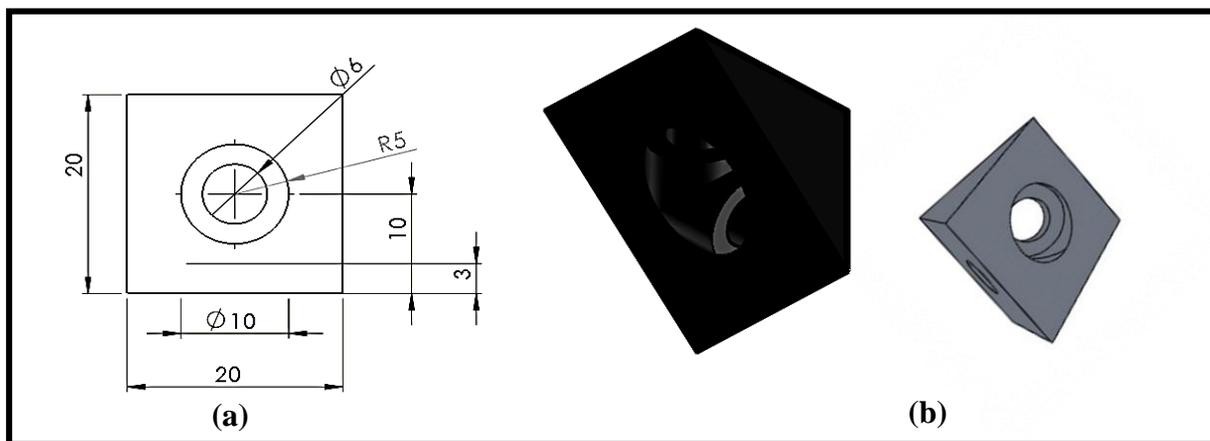


Fig. 2.9 pièce (3) : Connecteur V-slot 90° :(a) cotation de base ; (b) : vue 3D du modèle

deux barres perpendiculaires.

La figure (2.10) présente les supports des moteurs de pivotation et de translation respectivement. Le support moteur est uni au moteur pas à pas par quatre vis de type M3.

Deux trous supplémentaires sur le support du moteur de pivotation (Figure 2.10 (a)/pièce (5)) sont engendrés pour supporter d'autres éléments.

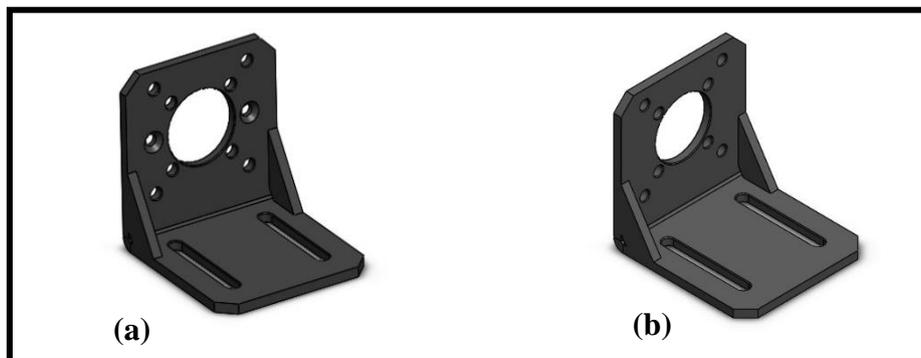


Fig. 2.10 Pièce (5-24) : vue 3D du modèle géométrique des supports moteur

2.4.3. Moteur pas à pas Nema 17

La figure (2.11) est celle du moteur électrique pas à pas de type Nema 17 avec un axe de 5 mm de diamètre, employé pour assurer le mouvement de rotation et de translation du robot.

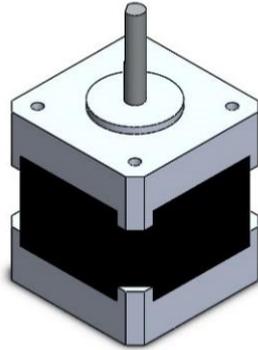


Figure 2.11 Pièce (25 ; 9) : Moteur pas à pas de type Nema 17 H47.

2.4.4 Eléments de transmission :

2.4.4.1 Manchon de transmission :

C'est la pièce 13 du dessin d'ensemble, elle assure la transmission du mouvement de rotation de l'axe du moteur à la partie supérieure du robot et permet aussi le guidage en rotation du système. Cette pièce glisse sur l'axe du moteur et se fixe par une vis sans tête de type M4.

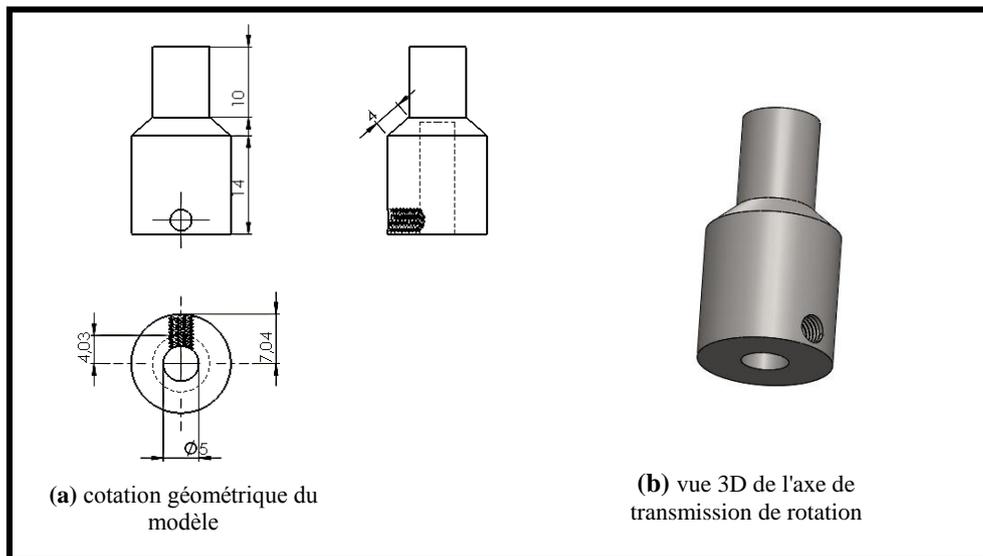


Figure 2.12 Pièce 13 : Manchon de transmission de mouvement de rotation.

2.4.4.2 Pignon – crémaillère :

Le pignon représenté sur la figure (2.13) transmet le mouvement de rotation de l'axe du moteur pas à pas horizontale à la crémaillère. Ce pignon se fixe sur l'axe du moteur pas à pas Nema 17 42H33 par une vis de pression. Le pignon a 12 dents de module 1 et de rayon primitif de 12 mm Il entraîne la crémaillère de même module (m=1) représenté par la figure (2.14).

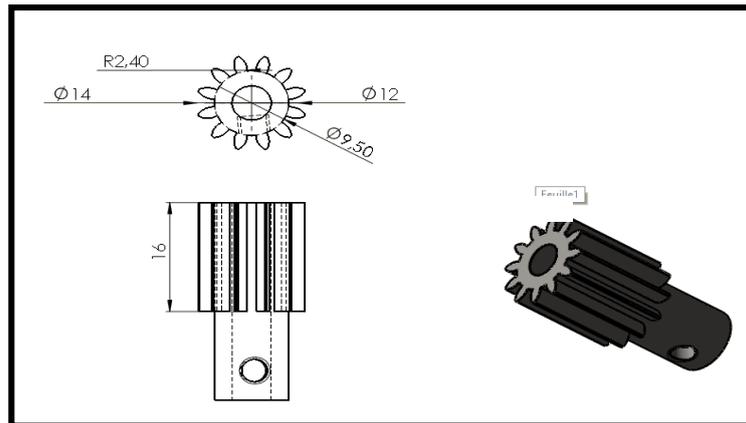


Figure 2.13. Pièce(27) : pignon .

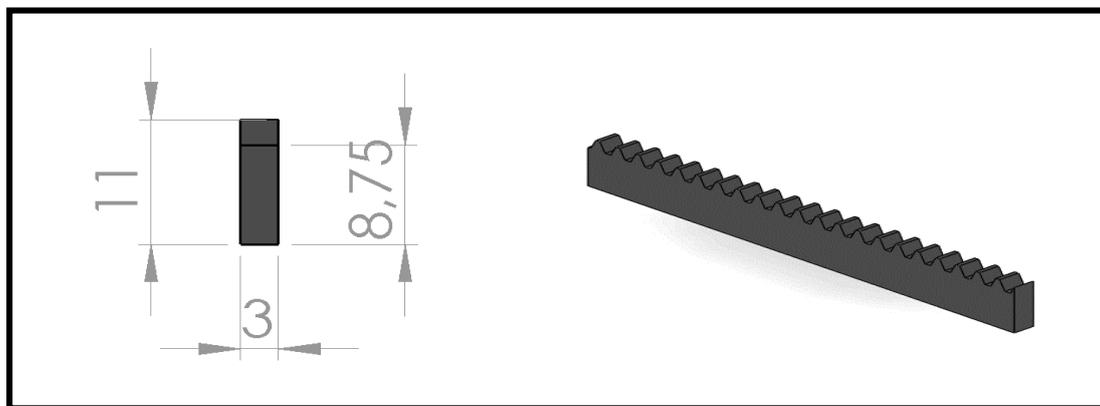


Figure 2.14 pièce(23) : vue 3D du modèle géométrique de la crémaillère.

2.4.5 Eléments de guidage :

2.4.5.1 Liaison palier lisse (Manchon + Butée à bille) :

Le Guidage en rotation est assuré par la liaison palier lisse avec la butée, ce type de butées conviennent particulièrement pour les arbres verticaux, chargé axialement et tournant lentement.

La figure (2.15) donne le modèle 3D de la butée. Il est en plastique, constitué de deux plateaux cylindriques : un supérieur (14) et inférieur (7) avec 25 billes glissantes à l'intérieur des plateaux.

Le plateau inférieur est fixé sur le support moteur (5) avec les deux vis de fixation de numéro (10).

Ce roulement élimine la transmission des efforts radiaux de la partie supérieure du robot à l'axe du moteur de pivotation.

Les billes (12) portant la charge doit facilement tourner à l'intérieur du contour du cylindre inferieur.

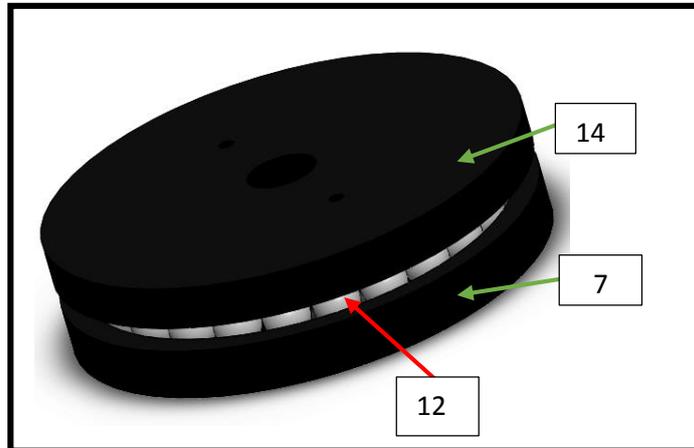


Figure 2.15. Pièce (7,12 et 14) : la butée.

2.4.5.2 Roulement à bille :

Le Guidage de la tige (22) en translation est assuré par des roulements à bille. Leur modèle géométrique 3D est donné par la figure (2.16).

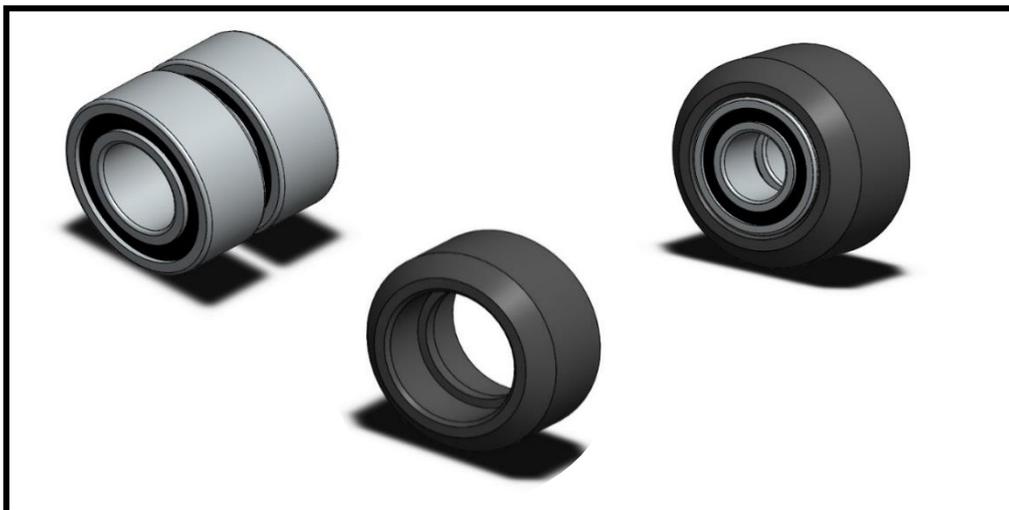


Figure 2.16 Pièce (20) : roulement mini V-Wheel

Les autres pièces sont présentées dans l'annexe.

PARTIE2 : Notions de calcul de transformation de mouvement

2.5 Introduction :

La transformation du mouvement est une fonction mécanique complexe qui consiste à transmettre un mouvement d'une pièce à une autre, tout en modifiant sa nature. Le type de mouvement change, soit d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation ou inversement. Ci-dessous quelque notion à prendre en compte l'or d'étude de transformation de mouvement d'un système.

2.6 Translations du bras :

2.6.1 Système Pignon crémaillère :

Le système a pignon et crémaillère transforme le mouvement de rotation du pignon en un mouvement de translation de la crémaillère. Ce système comprend une roue dentée qu'on appelle « pignon » et une tige dentée qu'on appelle « crémaillère ». Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent dans les dents de la crémaillère et entraînent cette dernière dans un mouvement de translation.

Avantages :

- Il n'y a aucun glissement lors de la transformation de ce mouvement.
- La force de ce système est relativement grande.

Inconvénients :

- Les engrenages qui sont utilisés peuvent nécessiter une lubrification importante.
- Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents entre la roue et la crémaillère.
- Il y a beaucoup d'usure.
- Ce n'est pas un mouvement cyclique, c'est un mouvement fini (on doit s'arrêter lorsqu'on est rendu au bout de la crémaillère).

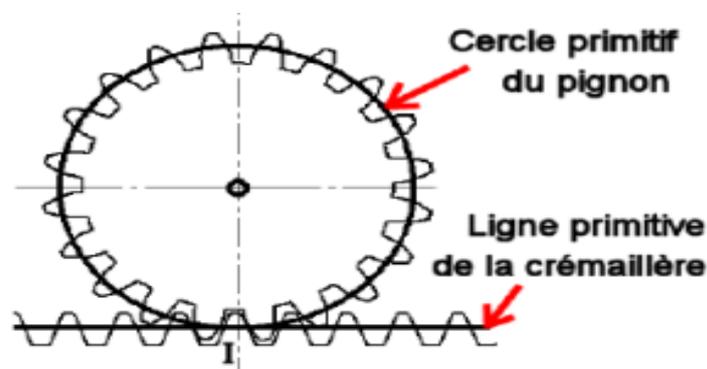


Figure 2.17 : Système pignon crémaillère.

2.6.1.1 Notions Fondamentales :

La roue a les mêmes propriétés géométriques qu'une roue dentée classique. La loi cinématique d'entrée/sortie est issue du roulement sans glissement entre le cercle primitif de la roue et la ligne primitive de la crémaillère.

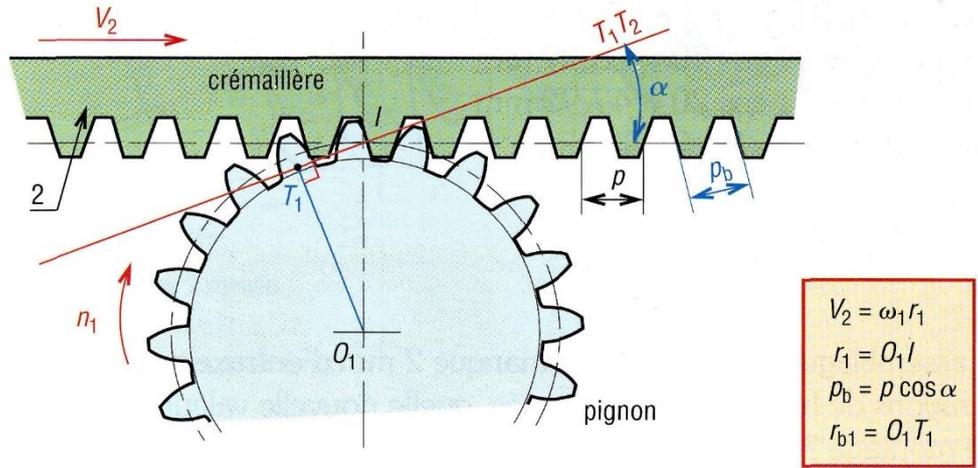


Figure 2.18: Propriétés géométrique du pignon-crémaillère

La vitesse de translation est donnée par :

$$v = \omega * r$$

La puissance est donnée par :

$$p = \omega * c$$

Avec : (c) c'est le couple du moteur.

2.6.1.2 Calcule d'engrenage :

Les engrenages sont des composants mécaniques essentiels, ils font partie des systèmes de transmission de mouvement et de puissance les plus utilisés, les plus résistants et les plus durables.

Ils sont normalisés. Les engrenages fabriqués avec la norme internationale ISO présentent l'avantage d'être facilement interchangeables et permettent des possibilités de fabrication plus économiques.

a) Définition :

Un engrenage est un ensemble de deux roues dentées complémentaires, chacune en liaison (pivot ou glissière) par rapport à un support (souvent le bâti). La petite roue se nomme le pignon, la grande roue extérieure s'appelle la roue, la grande roue intérieure s'appelle la couronne. L'une des roues peut avoir un rayon infini, elle s'appelle alors une crémaillère.

Les engrenages ont pour fonction de transmettre une puissance d'un arbre en rotation à un autre arbre tournant à une vitesse généralement différente, les deux vitesses restant dans un rapport constant.

Le rapport de transmission i est par définition :

$$i = \frac{\omega_{sortie}}{\omega_{entrée}}$$

Avec :

ω : la vitesse angulaire en (rad/s)

b) Les grandes familles d'engrenage :

Nom	Photos	Représentation		
Engrenage cylindrique à denture droite				
Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale				
Engrenage conique				
Engrenage à roue et vis sans fin				

Tab 2.1 : Les grandes familles d'engrenage

c) Systèmes d'engrenage à denture droite :

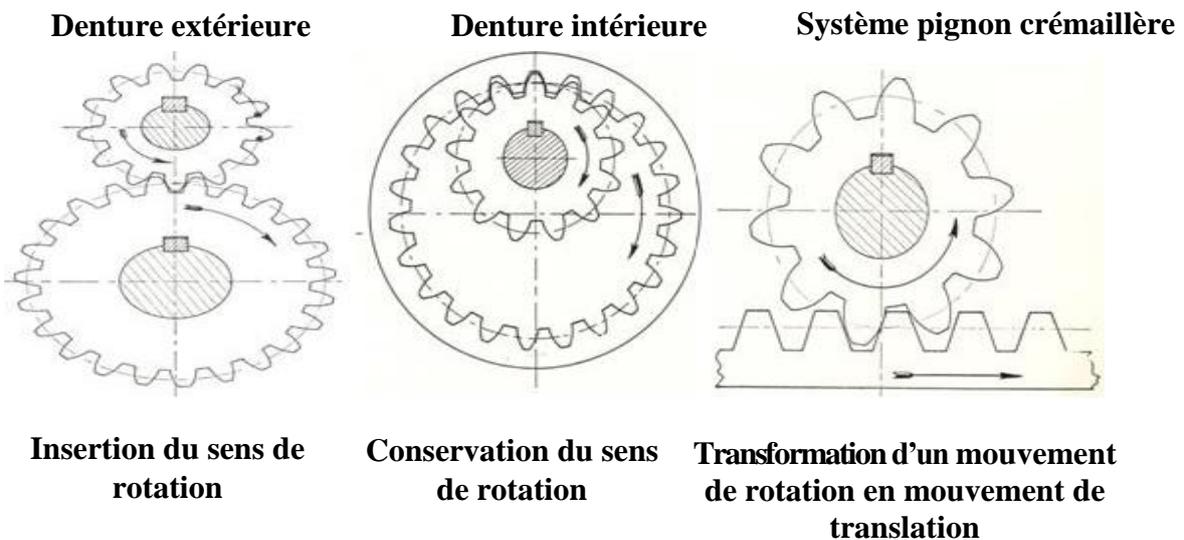


Figure 2.19: Systèmes de transmission

d) Caractéristique d’engrenage à denture droit :

Ce tableau regroupe les principales formules applicables à un engrenage.

Désignation	Symbole	Proportion
Vitesse angulaire	ω	$\omega = \frac{\pi * n}{30}$ (Rad/s)
Nombre de tours	n	n1 (roue1), n2 (roue2) en (tours/min)
Module	m	Le module est une grandeur normalisée qui caractérise un engrenage
Nombre de dente	z	C’est le nombre de dents de l’engrenage. z1 (roue1), z2 (roue2)
Rayon primitif	r	$r = d/2$ R1(roue1),r2(roue2)
Diamètre primitif	d_p	$d_p = m * z$
Diamètre de tête	d_a	$d_a = d_p + 2 * m$
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d_p - 2,5 * m$
Pas primitif	p	$p = \pi * m$
Hauteur de denture	h	$h = 2.25 * m$
Entraxe	a	$a = \frac{m * (z1 + z2)}{2}$
Angle de pression	α	$\alpha = 20^\circ$, la valeur utiliser
Rayon de base	r_b	$r_b = d_b / 2$
Diamètre de base	d_b	$d_b = d * \cos \alpha$
Pas de base	p_b	$p_b = p * \cos \alpha$

Tab 2.2: les principales formules de calcul d’engrenage

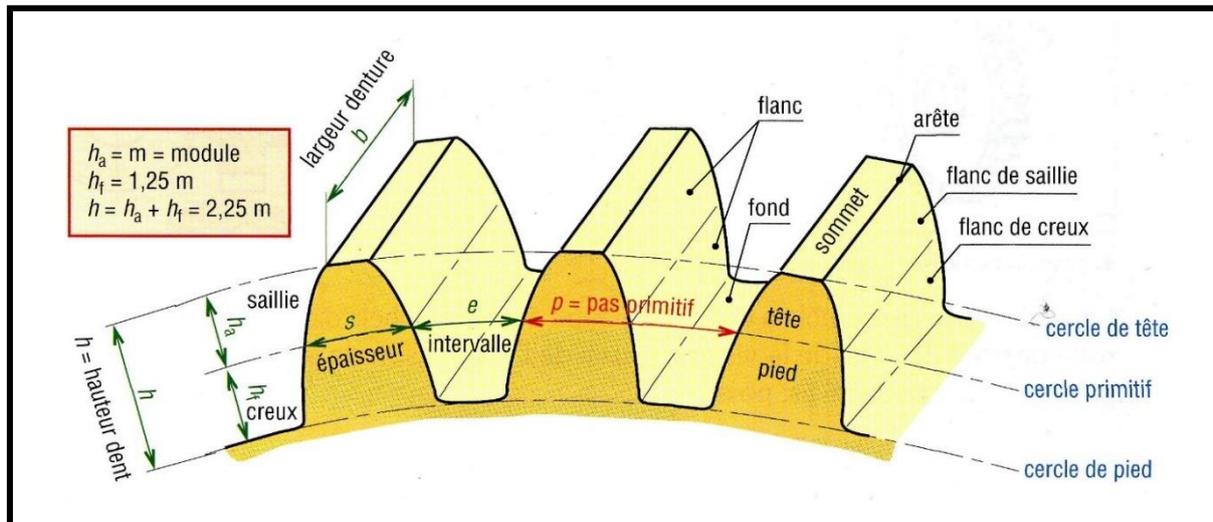


Fig. 2.20 : Caractéristique d’engrenage à denture droit

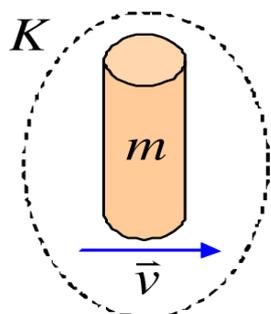
2.7 Système de rotation :

Le système de rotation dans ce cas basé sur l’énergie cinétique et le moment d’inertie.

2.7.1 L’énergie cinétique :

L’énergie cinétique K est par définition l’énergie associée au mouvement d’un corps. Lorsque celui-ci effectue une translation, l’énergie cinétique dépend de l’inertie de translation qui est la masse m et du module de la vitesse v au carré :

$$k = \frac{1}{2}mv^2$$

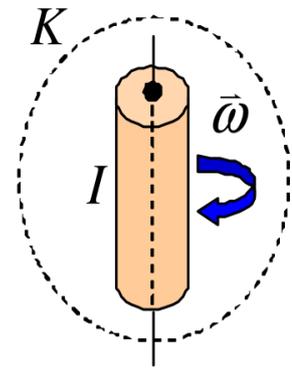


- où K : Énergie cinétique de translation (J)
- m : Masse de l’objet (inertie de translation) (kg)
- v : Vitesse de l’objet (m/s)

Lorsqu’un corps effectue une rotation à vitesse ω autour d’un axe, le corps est en mouvement et possède une énergie cinétique. Puisque l’ensemble du corps se déplace avec une vitesse angulaire commune ω , on peut définir une énergie à partir de cette vitesse. L’inertie de rotation I pour cette expression d’énergie n’est pas uniquement la masse m car l’énergie possède comme unité le joule ($J = N.m = kg \cdot m^2/s^2$).

Afin de préserver la forme de l'expression de l'énergie cinétique, voici l'expression de l'énergie cinétique en rotation qui respecte l'unité du joule :

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2$$



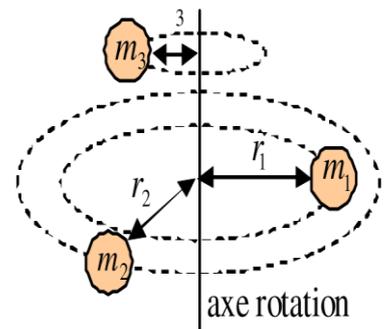
- Où K : Énergie cinétique de l'objet en rotation (J)
 I : Inertie de l'objet en rotation autour d'un axe ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 ω : Vitesse angulaire (rad/s)

Axe de rotation

2.7.2 Le moment d'inertie :

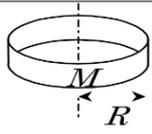
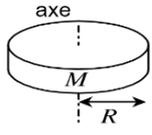
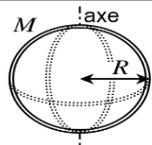
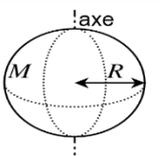
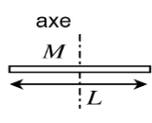
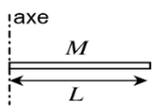
En rotation, l'inertie d'un corps dépend de sa masse, de sa forme et de sa position par rapport à l'axe de rotation du corps. Lorsque le corps peut être décomposé en N masses ponctuelles m_i , l'inertie totale du corps sera égale à l'addition de toutes les inerties associées à chaque masse ponctuelle :

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$



- Où I : Inertie totale du système de masse ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 m_i : Masse ponctuelle i (kg)
 r_i : Rayon de la trajectoire circulaire de la masse ponctuelle i (m)
 N : Nombre de masses ponctuelles dans le calcul du moment d'inertie.

Voici un tableau de différentes géométries où le moment d'inertie a été calculé en fonction de la masse de l'objet, de sa forme et de sa position par rapport à l'axe de rotation.

Géométrie	Situation	Schéma	Moment d'inertie
Cylindre	Cylindre creux de rayon R tournant autour de son axe de symétrie		$I = MR^2$
	Cylindre plein de rayon R tournant autour de son axe de symétrie		$I = \frac{1}{2}MR^2$
Sphère	Coquille sphérique mince de rayon R tournant autour de son centre		$I = \frac{2}{3}MR^2$
	Sphère pleine de rayon R tournant autour de son centre		$I = \frac{2}{5}MR^2$
Tige	Tige mince de longueur L tournant autour d'un axe perpendiculaire à elle-même passant par son centre		$I = \frac{1}{12}ML^2$
	Tige mince de longueur L tournant autour d'un axe perpendiculaire à elle-même passant par une extrémité		$I = \frac{1}{3}ML^2$

Tab. (2.3) : Caractéristique d'engrenage à denture droit

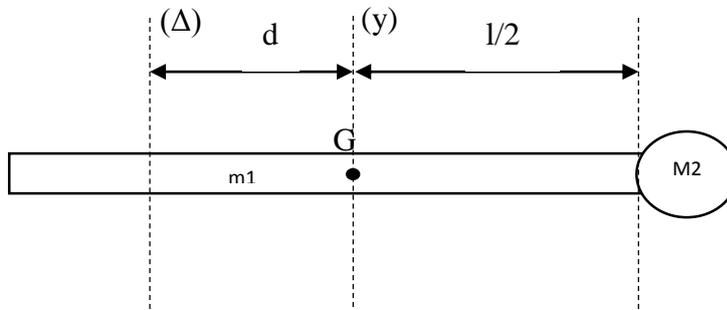
Les équations et calculs mécanique mentionnée précédemment pour but d'éviter la désadaptation d'inertie (mismatch effect) dans le domaine de la robotique.

- La désadaptation d'inertie (mismatch effect) :

Dans le domaine de la robotique, la désadaptation d'inertie signifie la différence d'inertie physique entre le moteur et la charge. Ceci est important car toute flexibilité de l'accouplement de l'arbre du moteur à la charge forme un oscillateur dont la fréquence de résonance dépend de la désadaptation de l'inertie. Plus l'inertie de la charge est élevée par rapport à l'inertie du moteur, plus la fréquence de résonance est faible.

Schéma simplifié dans ce cas :

La figure suivante représente un dessin simplifié du bras du robot en mouvement de rotation :



Avec :

m_1 : la masse de l'arbre + la masse de crémaillère.

m_2 : la masse de l'arbre + la masse de servo moteur + la masse de supporte de feutre + la masse de feutre.

axe (y) : l'axe de centre de gravité.

axe(Δ) : l'axe de rotation du moteur

l : la longueur de l'arbre

d : la distance entre les axes (Δ) et (y)

en vas commencer par le calcul de moment d'inertie du système $I_{\Delta}(s)$:

$$I_{\Delta}(s) = I_{\Delta}(m_1) + I_{\Delta}(m_2)$$

ou : $I_{\Delta}(m_1)$: c'est le moment d'inertie de la masse 1 par rapport à l'axe (Δ).

$I_{\Delta}(m_2)$: c'est le moment d'inertie de la masse 2 par rapport à l'axe (Δ).

Tel que :

$$I_{\Delta}(m_2) = m_2 * (d + l/2)^2$$

Et

$$I_{\Delta}(m_2) = I_G + m_1 * d^2 = (m_1/12) * l^2 + m_1 * d^2$$

Donc :

$$I_{\Delta}(s) = (m_1/12) * l^2 + m_1 * d^2 + m_2 * (d + l/2)^2$$

En suite l'énergie cinétique est :

$$E_c = \frac{1}{2} * I_{\Delta}(s) * (d\alpha/dt)^2$$

Pour réduire l'énergie cinétique :

- ✓ Diminuer la vitesse angulaire (dα/dt).
- ✓ Diminuer le moment d'inertie du système (réduire les masse m1 et m2 et la longueur de l'arbre).
- ✓ Calcul du moment d'inertie du system :

$$j_{eq} = G * r^2$$

Avec : G : le poids du système en (kg)

R : le rayon de l'axe du moteur en (cm)

$$j_{rot} = \frac{1}{2} * \pi * r^4 * l * \gamma \text{ (kg.cm}^2\text{)} \quad j_{rot} = j_{pin}$$

$$j_{rot} = j_{eq} + j_{pin} + j_{rot}$$

2.7 Conclusion :

Dans ce chapitre conception et modélisation géométrique, nous avons conclu les solutions technologiques après une analyse fonctionnel du besoin suivant un cahier de charge défini correspond à la chaine cinématique proposé, et modéliser sur un logiciel de conception (SolidWorks) les éléments (pièce) nécessaire à la réalisation d'un bras manipulateur de type R-P. Puis démontrer les notions de base à suivre pour la transformation du mouvement de translation et de rotation à partir des calculs d'engrenage et des moments d'inertie et l'énergie cinétique.

On a fini par un schéma simplifié des paramètres nécessaires pour notre cas, comportant les équations de vérification du moment d'inertie et l'énergie cinétique.

CHAPITRE III :

PARTIE COMMANDE

3.1 Introduction :

Ce chapitre se propose de traiter de la commande du robot. Plus généralement, la fonction d'un robot manipulateur est de situer dans l'espace son organe terminal. La Situation de l'organe terminal est définie par la position et l'orientation d'un repère lié à son but.

Dans ce chapitre nous proposons un schéma de commande pour la programmation du robot manipulateur, il présente l'interface Homme-Robot en deux parties, la première présente la partie logicielle, et la deuxième dédiée au matériel correspond pour atteindre le résultat voulu.

Le matériel choisi à pour ses avantages de disponibilité sur le marché et la facilité d'utilisation en programmation de différents systèmes dans le domaine de robotique.

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

S'ajoutent à cela :

L'interface homme-machine à travers laquelle l'utilisateur programme les tâches que le robot doit exécuter,

Le poste de travail, ou l'environnement dans lequel évolue le robot.

3.2 Schéma de commande du robot manipulateur :

La figure suivant (**Fig. 3.1**) présente le schéma de commande, qui résume la relation entre les composantes matérielles et logiciels.

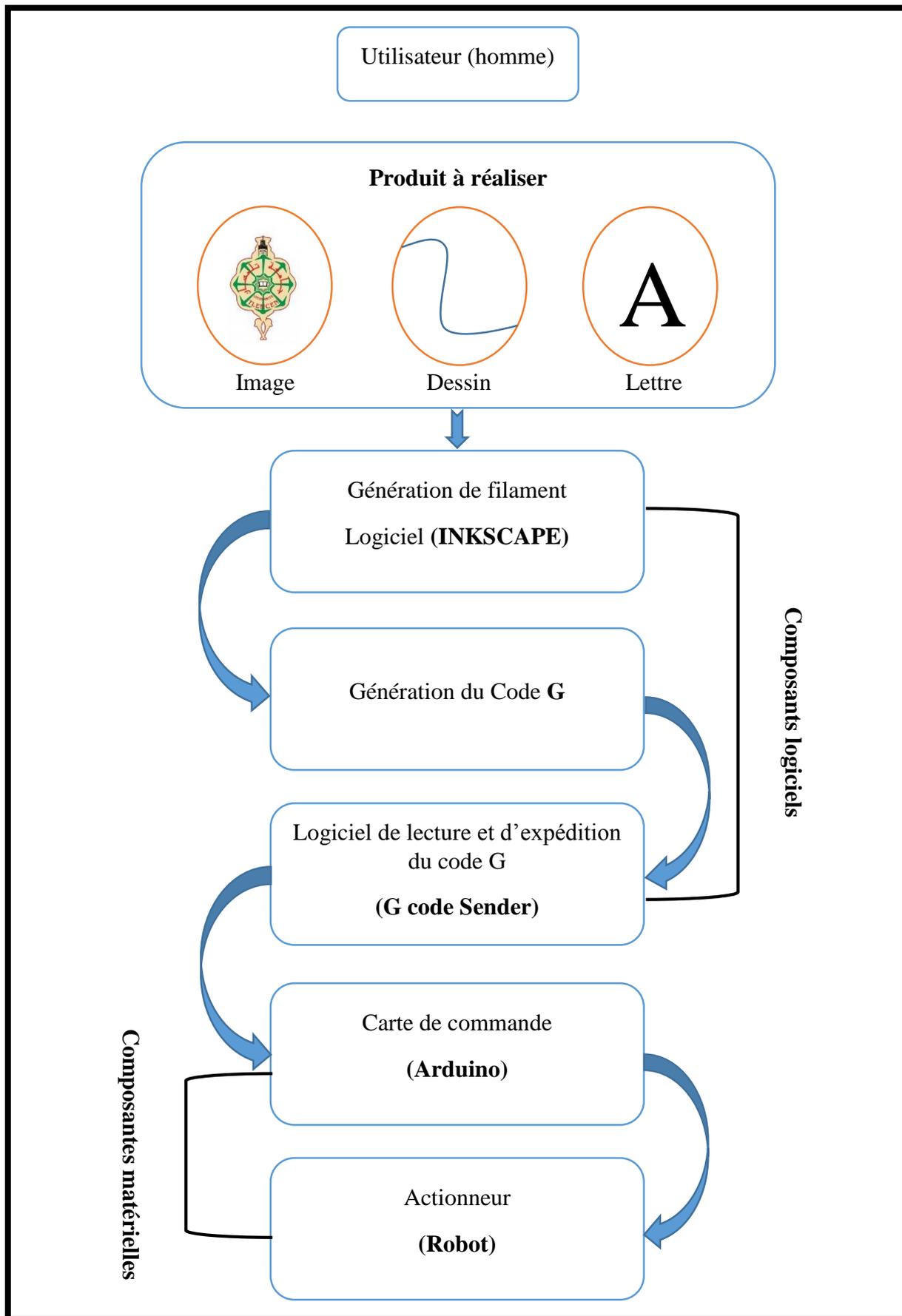


Fig. (3.1) : Schéma de commande du robot manipulateur.

3.3 Composantes d'interface :

3.3.1 Composant matériel (Hard) :

La composante principale de la partie commande est la carte électronique programmable appelée 'Arduino'. Il existe plusieurs types, nous présentons dans ce qui suit celle qu'on a utilisée.

- Arduino uno :

Arduino uno (fig3.2) est une carte électronique programmable, doté d'un microcontrôleur ATmega328P et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Le logiciel de commande de cette carte est gratuit.

La carte de programmation se place entre le pilote du moteur et l'ordinateur. Les moteurs pas à pas ont besoin de pilote (driver) pour que cette dernière gère normalement les actionneurs avec un programme fourni. L'ordinateur régit cette carte avec n'importe quelle plateforme.

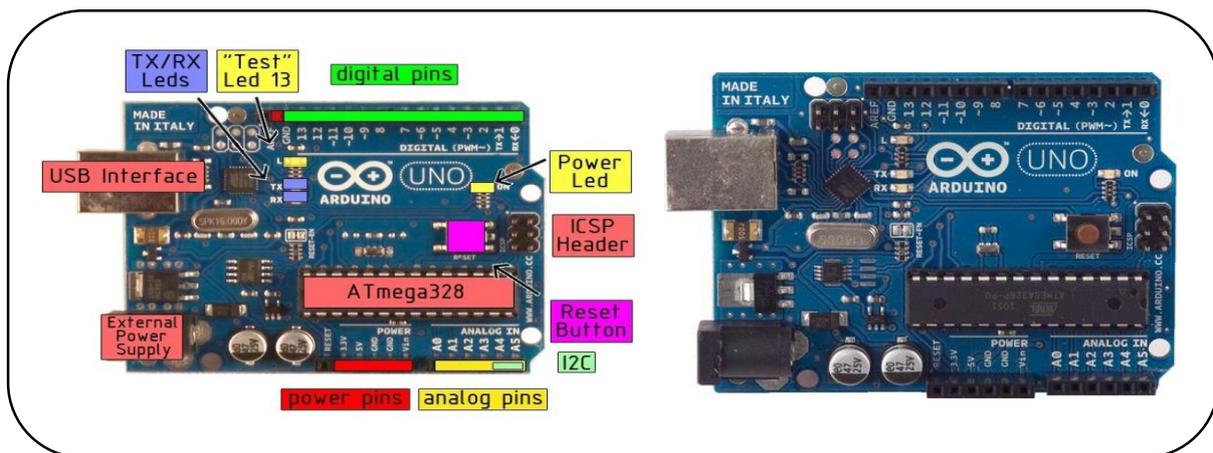


Fig. (3.2) : Les composants de la carte Arduino Uno.

- CNC Shield :

La carte CNC Shield V3 : d'un design compact rend le branchement des composants très simples, en utilisant des drivers moteurs pas à pas (A4988) suivant le nombre des moteurs, pour notre cas on a utilisé 2 drivers DRV 8825 sur la carte. Cette carte est amplement utilisée dans la robotique, les systèmes à déplacement linéaire, les machines à commande numérique, et même les robots Pick and Place et autres.

La carte Shield à de haute performance et la capacité a accepté plusieurs formes complexes du code-G comme l'ARC, CERCLE, forme hélicoïdale et une alimentation jusqu'à 36 V.

Les caractéristiques importantes de cette carte sont :

- ✓ Comptabilité avec le GRBL 0.9. (Pour logiciel a licence libre sur Arduino UNO qui transforme la commande code-G a un signal pour moteur pas à pas).
- ✓ Supporte jusqu'à 4 axes X, Y, Z, et A
- ✓ Double sortie d'arrêt pour chaque axe
- ✓ L'activation de refroidissement

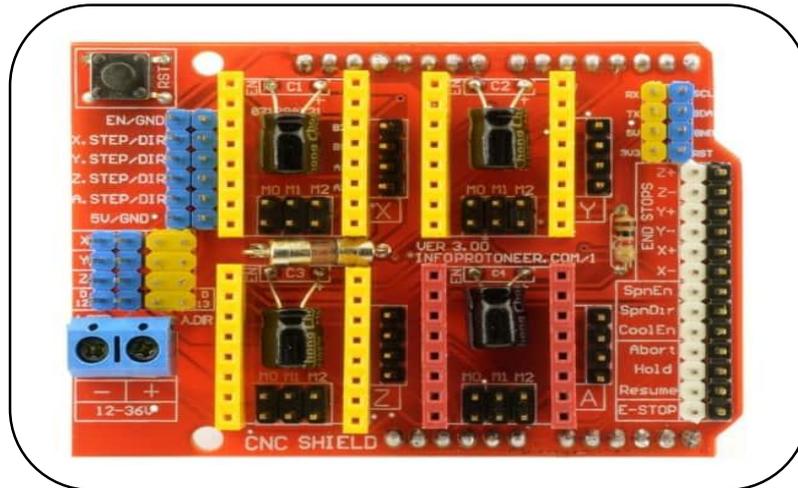


Fig. 3.3 : La carte CNC shield V3

- Driver DRV A4988 :

Ce driver pour moteur pas à pas est très performant et détachable. IL est compatible avec la technologie « Micro-stepping » ou le micro pas à pas sur des entre au-dessous de son emplacement.

Ce driver DRV A4988 est capable de faire jusqu'à 1/32^{ème} Micro-Pas. Avec une alimenter de 12 à 36 V, pour notre projet on a utilisé une alimentation 12 V d'un adaptateur AC/DC Sagemcom. Les moteurs sont connectés avec un câble connecteur molex 4 pin, le sens de couleur des files au branchement doit être pareil à l'entrée du moteur pour le bon fonctionnement.

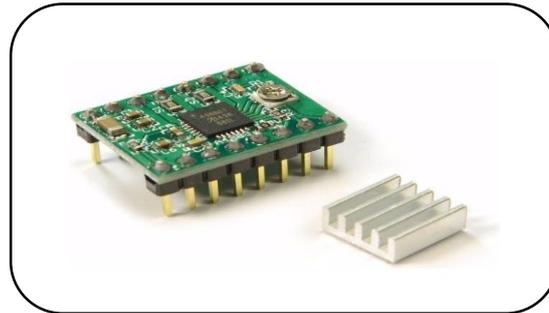


Fig. 3.4 : Driver A4988

- Moteurs électriques pas à pas Nema 17 :

Une machine électrique est un dispositif électromécanique basé sur l'électromagnétisme permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique.

Le moteur pas à pas est à la base un moteur synchrone polyphasé à plusieurs groupes de pôles. Il est devenu "pas à pas" lorsqu'on s'est avisé qu'il était facile de le faire tourner en commutant en tout ou rien l'alimentation des enroulements. Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le Stator et le Rotor par une liaison pivot :

- Le stator, partie fixe par rapport au bâti, qui permet l'échange de l'énergie électrique, grâce à des fils conducteurs reliés au circuit électrique.
- Le rotor, partie mobile par rapport au bâti, qui permet l'échange de l'énergie mécanique, grâce à un arbre accouplé au système mécanique.

Le transfert interne entre énergie électrique et énergie mécanique se fait par l'intermédiaire de l'énergie magnétique, grâce à une interaction entre le champ magnétique inducteur produit par le stator et celui induit dans le rotor.

Les moteurs pas à pas de type Nema 17 sont choisis pour notre robot manipulateur. Les performances de ce type de moteur sont données en annexe.



Fig. (3.5) : Moteur Nema 17

3.3.2 Composant logiciel (Soft)

Il existe plusieurs logiciels utilisés dans l'industrie suivant le produit à réaliser et le matériel utilisé. Pour le graphisme 2D on a choisis le logiciel de dessin INKSCAPE.

3.3.2.1 Logiciel INKSCAPE :

C'est un logiciel de dessin vectoriel libre sur Windows/Mac. Ce logiciel comporte des outils de dessin flexibles de nombreux formats de données. Doté d'un outil texte puissant qui supporte des courbes de Bézier et spirographies.

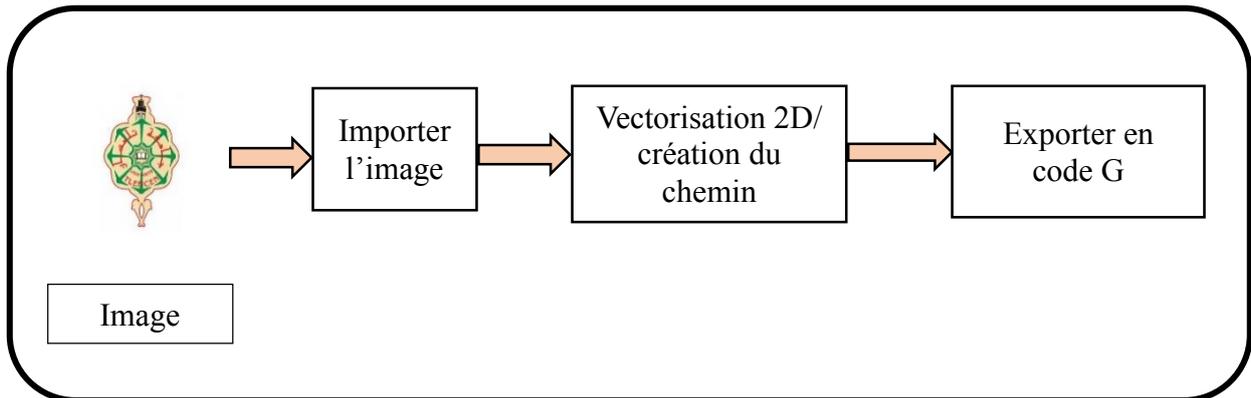


Fig. (3.6) : l'utilité INKSCAPE

Inkscape permet de vectorisé des images matricielles, pour en faire un chemin (élément <path>). Il génère un fichier et l'enregistre sous forme SVG.

La figure 3.6 résume l'utilité de ce logiciel, bien que la figure 3.7 qui suit donne l'interface du logiciel.

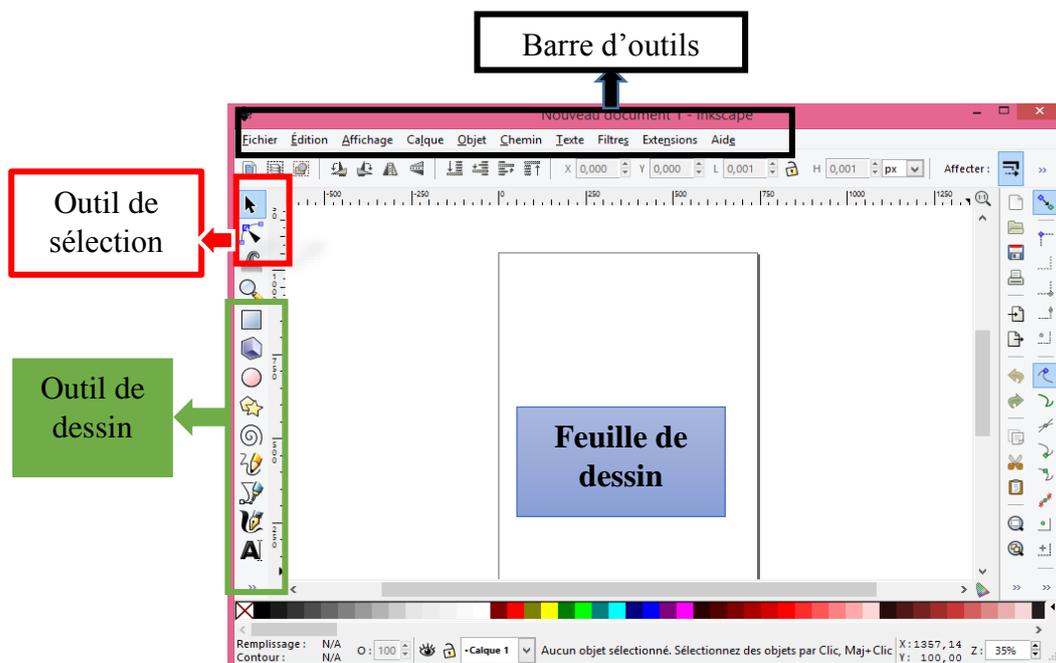


Fig. (3.7) : interface logiciel inkscape

La feuille de dessin doit être paramétrée en changeant l'unité vers le millimètre (mm) avec un réglage d'orientation et de dimension de la feuille de dessin (voir la figure 3.8).

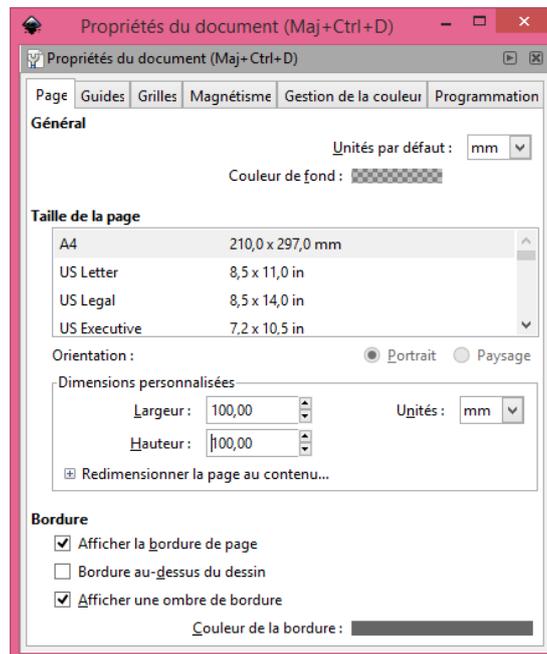


Fig. (3.8) fenêtre paramètre inkscape

Après avoir importé l'image il est possible d'ajouter du texte ou même dessiner (ligne, point, courbe...etc.), voir la figure qui suit.

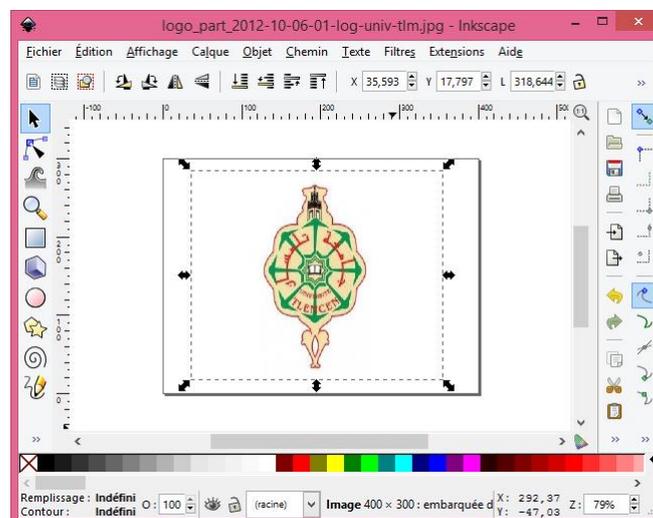


Fig. (3.9) : importation d'image sur inkscape

Après le réglage de la position et la dimension de l'image, dessin ou texte on effectue une sélection. La sélection de la zone du dessin aide à choisir précisément le point de départ du dessin sa longueur et son hauteur.

3.3.2.2 Création du chemin / vectorisation :

Le but de la vectorisation avec cet outil n'est pas de produire une duplication exacte de l'image originale, ni de produire un résultat finalisé. Aucun outil de vectorisation automatique ne peut produire cela.

On obtient un ensemble de courbes qu'on peut l'utiliser comme ressources dans notre dessin.

Le moteur de vectorisation Potrace interprète une image matricielle en noir et blanc, et produit un ensemble de courbes. Nous avons trois types de filtres d'entrée pour Potrace, afin de convertir les images brutes en quelque chose que Potrace peut exploiter.

En général, plus il y a de pixels sombres dans l'image intermédiaire, plus la vectorisation générée par Potrace sera importante.

Plus la vectorisation est importante, et plus le temps du processus sera grand et plus le chemin résultant sera important.

Pour utiliser l'outil de vectorisation, il faut ouvrir ou importer l'image, sélectionner, et lancer la commande Chemin > Vectoriser un objet matriciel ou appuyez sur Maj+Alt+B.

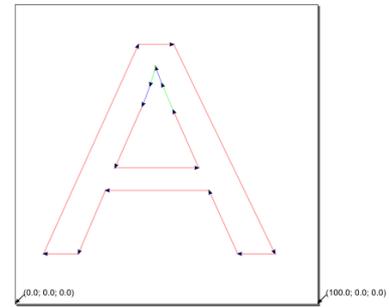


Fig. (3.10) Exemple dessin en filaire par logiciel inkscape.

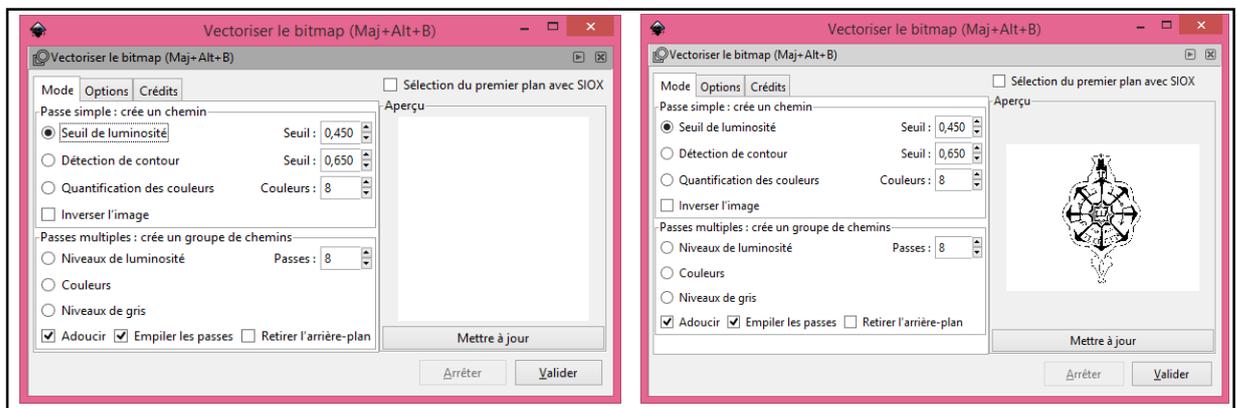


Fig. 3.11 : paramètre de vectorisation d'image sur inkscape

Pour les dessins et les lettre on sélectionne directement la zone de dessin – Option : Chemin – Objet en chemin. La zone de texte est en coordonnée XY. L'image originale sera supprimée la feuille du dessin. La figure suivante illustre un exemple de vectorisation d'image.

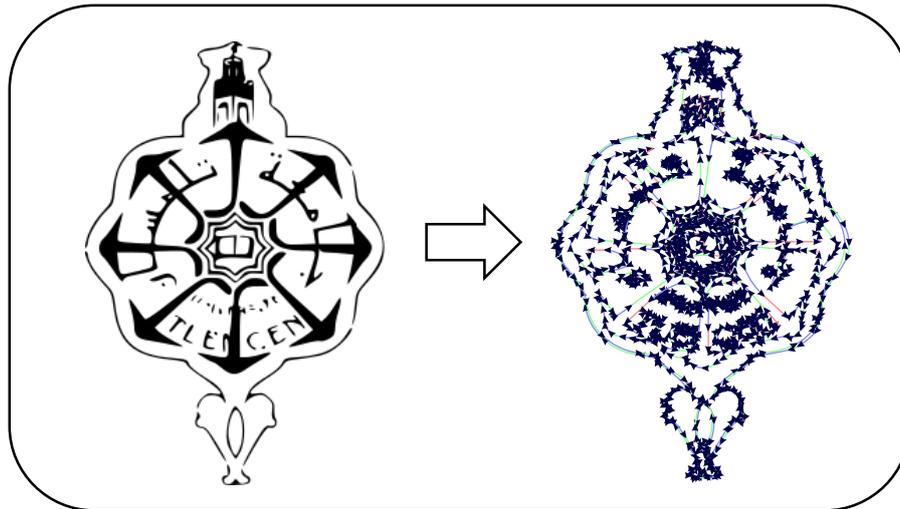


Fig. 3.12 : exemple de vectorisation

3.3.3 Création du Code G :

Il s'agit bien d'un langage de programmation, qui nous sert donc à programmer les mouvements que la machine va effectuer, et le fichier contenant la suite d'instructions s'appelle, en toute logique, un programme. Il s'agit de simple fichier texte, humainement lisible, Il se compose d'un certain nombre de "commandes" spécifiques, indiquant à la machine quel type de mouvement elle doit exécuter (droite, arc de cercle, etc.), et d'indications de coordonnées sur les axes X, Y et Z. Il est à noter que G Code n'est pas utilisé exclusivement pour des fraiseuses à commande numérique, mais aussi pour des tours, des imprimantes 3D et des lasers de découpe en différente configuration.

A l'aide de l'extension **Mi grbl** sur le logiciel **inkscape**, qui va créer le fichier code G contenant les positions et le réglage du servomoteur qui control le mouvement de l'outil sur la machine ou le robot CNC.

- **EXTENSION / Mi grbl Z axis Controller**

M3 et M5 sur la figure 3.13 sont des commandes pour actionner le servomoteur.

G1 F1000

Activation de la vitesse rapide 1000 mm/min

G1 X0 Y0

Retour à la position initiale

3.3.4 Universel gcode Sender (UGS) /grbl Controller :

C'est un logiciel qui interprète, visualise et injecte le code G vers une machine de commande numérique. Ce logiciel peut modifier les paramètres détectés sur le porte USB installé sur la carte de commande de la machine CNC qu'on appelle paramètre machine.

Les paramètres machine dépend de la version du firmware-GRBL téléchargé sur la carte de commande (Arduino uno pour notre cas). La figure suivante donne l'interface graphique de la version 10.7 de ce logiciel.

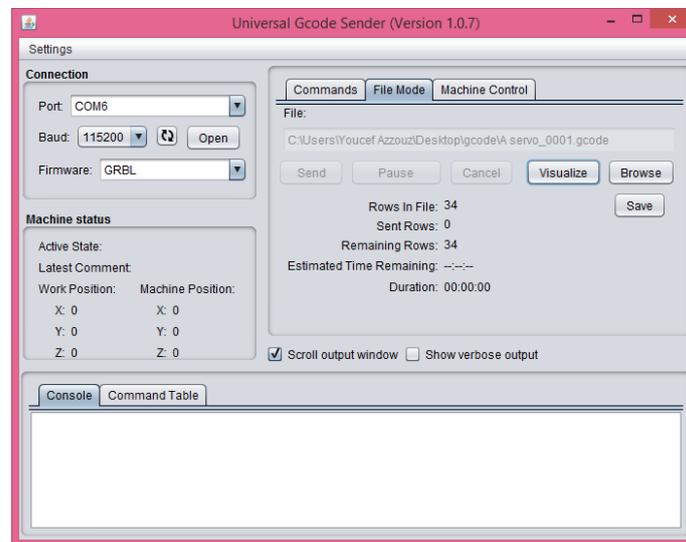


Fig. 3.14 : Interface logiciel UGS

- Utilisation du logiciel UGS :

Les étapes d'utilisation de ce logiciel sont les suivantes :

1. Allumer la machine, ouvrir « universal gcode sender »
2. Commencer par un “homing” pour aller chercher les 0 machines (capteur fin de course)
3. Ensuite faire le 0 logiciel en plaçant la broche à l'endroit où nous souhaitons commencer.
4. Ouvrir un fichier GCODE.

Le code G se téléchargera sur l'onglet > File mode > Browse > selection fichier. gcode

5. Visualiser le fichier à l'aide de l'onglet File mode > Visualise
6. Lancer le programme (Bouton : Send)

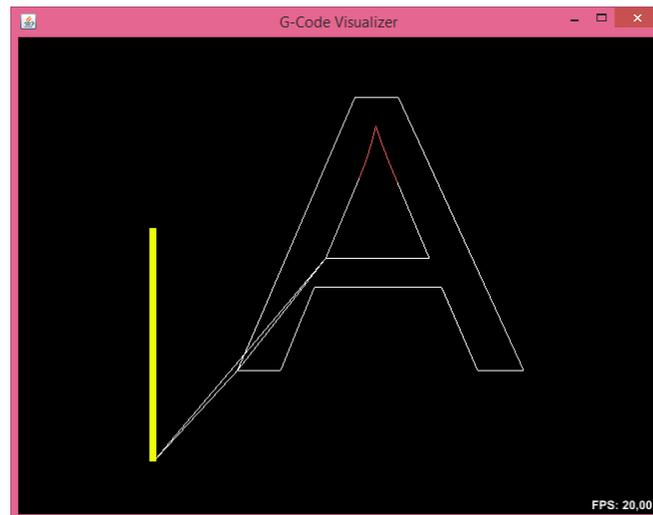


Fig. 3.15 : Visualisation chemin code G

- Commande de base sur UGS :

Ce sont des commandes permettent de causer avec le logiciel et la carte :

- \$ une aide sommaire
- \$\$ voir les paramètres de la machine et permet de les modifier (par exemple je tape \$110=1490 qui va changer la valeur \$110 (vitesse max en x)
- \$H homing : la machine va chercher son zéro machine (capteur de fin de course X et Y)

Le programme sera envoyé sur le robot suivant des coordonnées préprogrammées sur le firmware injecté dans la carte électronique ARDUINO.

3.3.5 Firmware (micrologiciel) GRBL :

Le firmware GRBL a pour vocation d'être un firmware dit logiciel embarquer ou micrologiciel, qui tourne sur microcontrôleur Atmel Atmega328p utilisé notamment par les plateformes Arduino, open-source fiable et robuste pour piloter simplement et efficacement de petit robot ou n'importe machine à commande numérique.

Le rôle du firmware est d'interpréter les commandes G-code envoyées par un ordinateur au microcontrôleur de l'Arduino et de piloter le déplacement d'un axe en prenant en compte notamment l'accélération et la décélération lors des déplacements de celui-ci.

Pour cela on fait appel au firmware grbl polaire pour piloter le robot en coordonnée polaire.

Le code G s'écrit en coordonnée cartésien et se transforme en coordonnée polaire l'or de l'injection du programme vers la carte de commande par ce qu'on appelle un préprocesseur.

- Paramétrage grbl sur UGS :

Pour changer de vitesse on utilise la commande suivante :

\$110 pour l'axe X

\$111 pour l'axe Y

On peut atteindre jusqu'à 1000 mm/min

\$101=10.000 y step/mm et x, est une résolution de nombre de pas par millimètre (correspond au plus petit ordre de déplacement que donne le système de commande). Les deux moteurs ont 200 pas par tour ceci devient 16 mm en mouvement radial par pas. Cette valeur peut être optimisée par l'activation de la technologie micro-pas supporté par le matériel (moteur + la carte de commande).

Quelque ligne de paramètre du programme machine « grbl » :

```
$23=0 (homing dir invert mask:00000000) (directions à préciser devant la machinS  
$100= xxx (x, step/mm) (résolution X : à ajuster finement si besoin)  
$101= 16 (y, step/mm) (résolution Y : à ajuster finement si besoin)  
$102=100.000 (z, step/mm) (résolution Z :à ajuster finement si besoin)  
$110=100.000 (x max rate, mm/min)  
$111=100.000 (y max rate, mm/min)  
$112=100.000 (z max rate, mm/min)  
$120=10.000 (x accel, mm/sec^2)  
$121=10.000 (y accel, mm/sec^2)  
$122=10.000 (z accel, mm/sec^2)  
$130=100.000 (x max travel, mm) (course utile X, à ajuster finement si besoin)  
$131=100.000 (y max travel, mm) (course utile Y, à ajuster finement si besoin)  
$132=50.000 (z max travel, mm) (course utile Z, à ajuster finement si besoin)
```

3.4 Conclusion :

Ce chapitre résume le passage d'une commande depuis une idée tracée sur ordinateur jusqu'à l'injection sur un robot manipulateur généralement en deux dimension. la commande présentée sur ce chapitre est un exemple fait sur des logiciel et matériel compatible.

Cette commande est un exemple qui peut être utilisé sur des petit robots a l'aide des logiciels libre, pour cela l'efficacité du programme n'est toujours pas valide ou au moins automatiquement l'ors de génération des coordonnées du chemin du bras manipulateur.

Pour cela les programme industriel reste plus performant et adapté parce qu'ils sont développés pour chaque type de robot en prenant en compte plus de paramètre relatif à ce robot et son environnement. Les explications et les tests faits seront mentionnés dans le chapitre suivant « réalisation ».

CHAPITRE IV:

PARTIE REALISATION

4.1 Introduction :

Sur ce chapitre on explique le processus de réalisation et d'assemblage du bras manipulateur de type R-P basé sur les solutions technologiques proposées dans le chapitre deux. Le travail effectué a été faite en parallèle avec la conception.

4.2 La base :

La base du manipulateur est fixe sur le lieu de travail supporte toutes les charges, contient les éléments suivants :

4.2.1 Profiler aluminium :

On a eu des barres de 500 mm puis couper avec une machine de coupe d'aluminium suivant les dimensions voulues.



Fig. 4.1 : Machine de coupe d'aluminium



Fig. 4.2 : opération de coupe

On obtient Deux barres de profile 20x20mm de 200 mm longueur

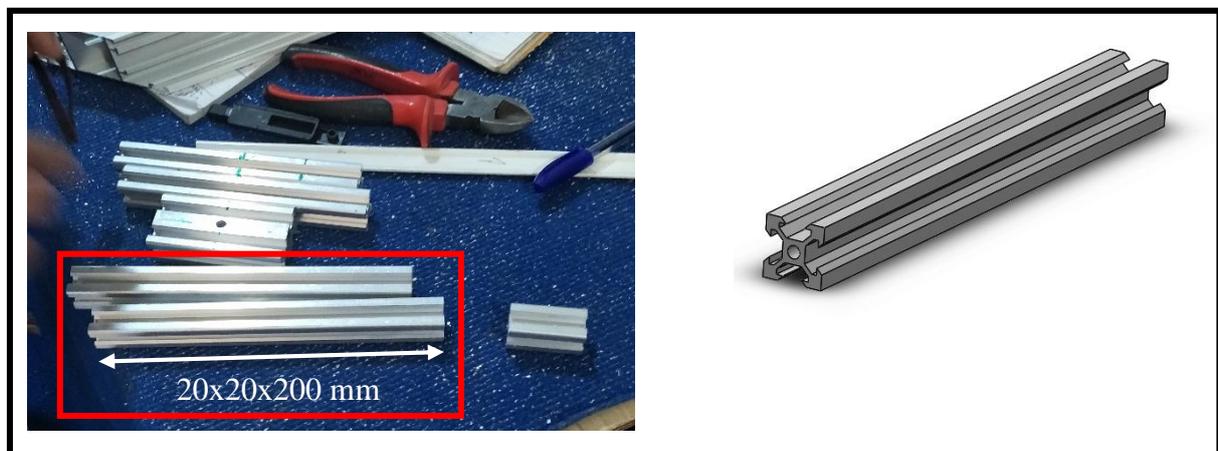


Fig. 4.3 : barre aluminium 20x20x200 mm

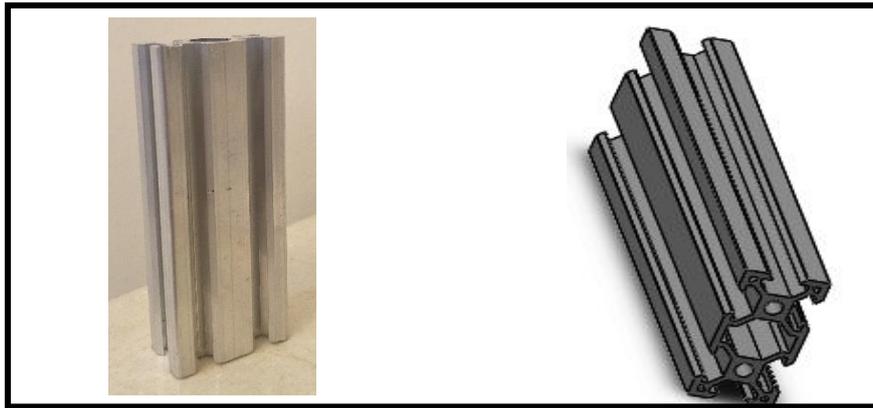


Fig. 4.4 : barre aluminium 20x40x120mm.

4.2.2 Support :

Le support compatible avec les moteurs nema 17 pas à pas se fixe en position verticale sur le profilé (20x40x120mm) à l'aide des rainures et contient des trous pour fixer le moteur.

On a percé deux trous de 3mm pour la fixation de la buté.



Fig. 4.5 : supporte moteur.

4.3 Le porteur :

4.3.1 L'articulation rotoïde (R) :

L'articulation rotoïde nécessite un guidage en rotation, on a fait appel à un système de rotation pour guider et supporter les charges axiales exercé sur le moteur. Le système utilisé a le même principe des roulements buté, personnalisé suivant les côtes nécessaires pour la bonne fixation et l'équilibre du système articulé.

Ce système contient trois pièces :

-Plateau inférieur : se fixe avec deux vis sur le support de la base, et contient une rainure pour guider les billes à l'intérieur en rotation.

-Plateau supérieur : celui qui porte le segment à l'aide de deux vis auto-perforant M3 qui est en mouvement de rotation, et se fixe avec l'axe de rotation couplé à l'arbre du moteur.

Matière : Polymère : TEFLON

Coefficient de frottement : 0.03

Diamètre extérieur : 97.65 mm

Diamètre intérieur : 4 mm

Diamètre intérieur de la base : 14 mm

Diamètre intérieur de la base doit permettre à l'axes du moteur de passé donc il est plus grand qu'au diamètre en haut.

-Billes : On a utilisé 25 billes pour faciliter le glissement en rotation, et réduire le frottement entre les deux plateaux et supporté les charges supérieures.

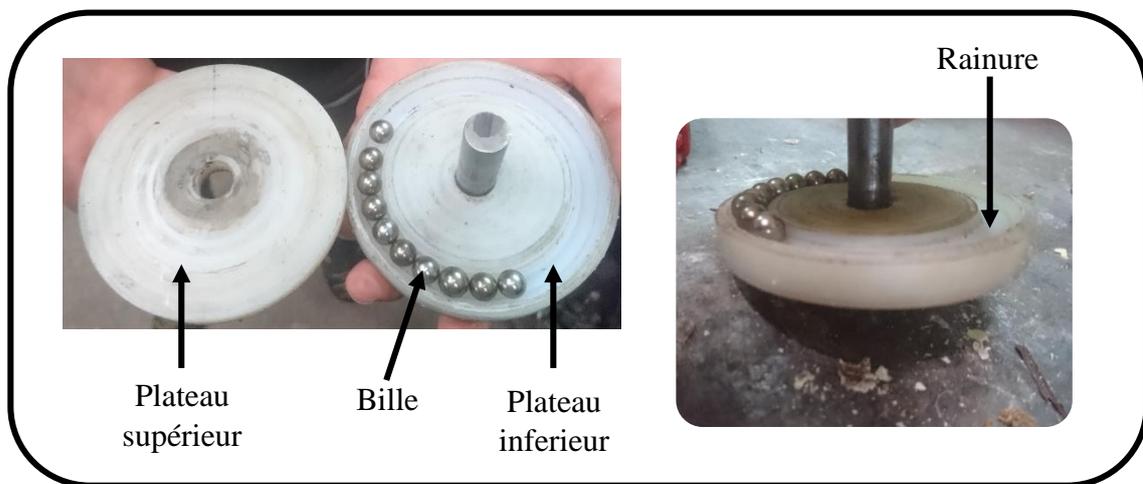


Fig. 4.6 : Les pièces de système de guidage.

4.3.2 L'axe de rotation :

On a réalisé un axe de rotation fixer sur l'axe de moteur avec un vise sans tête, cet axe s'ajuste avec le plateau supérieur. Sur une tour conventionnelle partir d'un brut en acier cylindrique obtenue par des opérations d'usinage la pièce finale.

Le tableau suivant résume les différent opération d'usinage.

Opération	Machine	Outil
Chariotage	Tour conventionnelle	Outil a carbure
Dressage	Tour conventionnelle	Outil a carbure
Perçage	Perceuse Universal	Forêt (4-5mm)
Taroudage	----	Taraud manuel iso M4

Tab. 4.1 : opération d'usinage

Le taroudage

Choix de l'avance : (en mm/tr)

f taraudage = pas du filet

En utilise un taraud manuel ISO M4 de pas de 0.7

4.4 Le segment :

4.4.1 profiler d'aluminium :

Se profiler portant les éléments de l'articulation prismatique est en mouvement de rotation a les dimensions compacte pour se poser sur la partie rotatif, deux barres parallèles fixer sur la barre centrale de dimension 20x40x83 comme montré dans les figure (4.4) et (4.3).

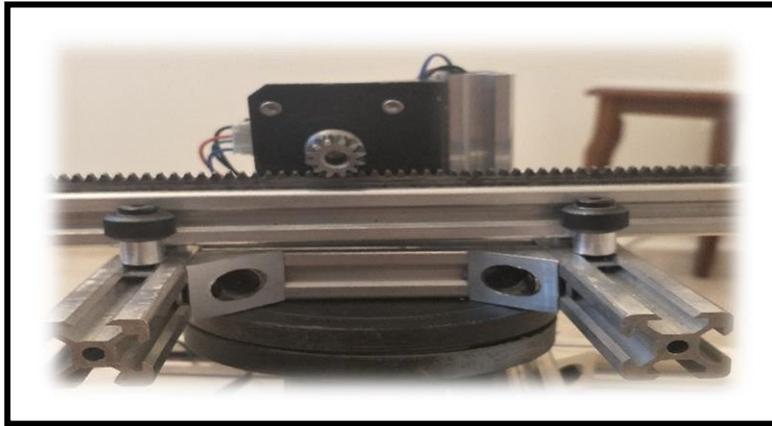


Fig. 4.7 : Le segment

4.4.2 Support :

Le support du moteur de translation du système, se fixe d'une façon au qu'elle l'arbre du moteur soit a l'horizontale et perpendiculaire au bras.

4.5 Articulation prismatique :

4.5.1 Le bras :

Est l'ensemble d'une rail linéaire (profilé V-Slot) et une crémaillère.



Fig. (4.8) : Le bras

4.5.1.1 Profiler :

Un profile d'aluminium type v-slot de dimension 20x20x490mm comme montre la figure (4.3)

4.5.1.2 crémaillères :

On a récupéré une crémaillère à partir d'une machine à écrire.



Fig. (4.9) : Crémaillère.

4.5.2 Pignon :

Le pignon récupérer avec la crémaillère n'était pas compatible avec les dimensions de notre système, et les modifications sont impossibles à cause de la dureté du matériau.

Pour cela on a usiné un pignon avec les mêmes caractéristiques de l'original sur une machine-outil fraiseuse Universelle à l'aide d'outil fraise mère module 1.

Nombre de dent : 12

Module = $\text{Diamètre extérieur} - 2 / \text{nombre de dent} = 14 - 2 / 12 = 1$

Module = 1.



Figure 4.10: pignon-crémaillère.

4.5.3 Roulement :

Pour le mouvement de translation on a fixé 4 roulements avec une vis m5 25 mm et un espaceur pour lever le bras sur la barre 20x20x120 mm pour guider la barre en translation. Chaque roulement comporte deux roulements à bille assemblés sur la mini-roue (en delrin) de forme en V en conjonction avec le bras glissant.

Roulement à billes MR 105 ZZ (2 déflecteurs anti-poussières)



Fig. 4.11 : kits de roulement.

4.6 L'Actionneurs :

Les mouvements du bras manipulateur sont initialement animés par des actionneurs électriques, deux moteurs pas à pas hybride Nema 17 1.8° de 200 pas par tour.

Les moteurs se fixe sur le support compatible à l'aide des vis M3 de tête hexagonal incluse avec le moteur.

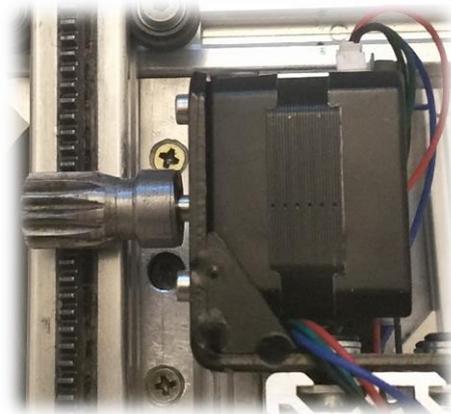


Fig. 4.12 : Actionneur.

4.7 Elément de fixation :

On a utilisé des connecteurs v-slot 90° pour l'assembler les barres



Fig. 4.13 : connecteur v-slot 90°.

Pour le serrage on a utilisé des écrous et des vis M5 serré à l'aide de la clé Torx en forme d'étoile.



Fig. 4.14 : vis m5 10 mm

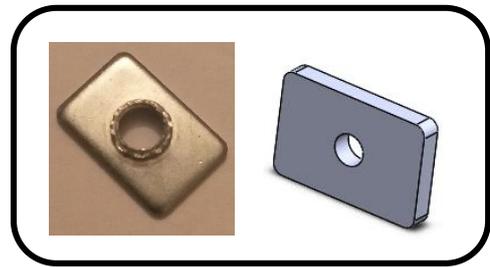


Fig. 4.15 : écrou.

Pour la fixation des moteurs avec les supports on a utilisé des vis inclus avec les moteurs.

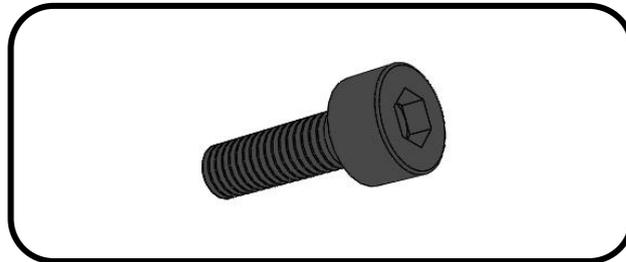


Fig. 4.16 : vis inclus avec le moteur.

4.8 La réalisation finale :

Voici un aperçu de la réalisation finale

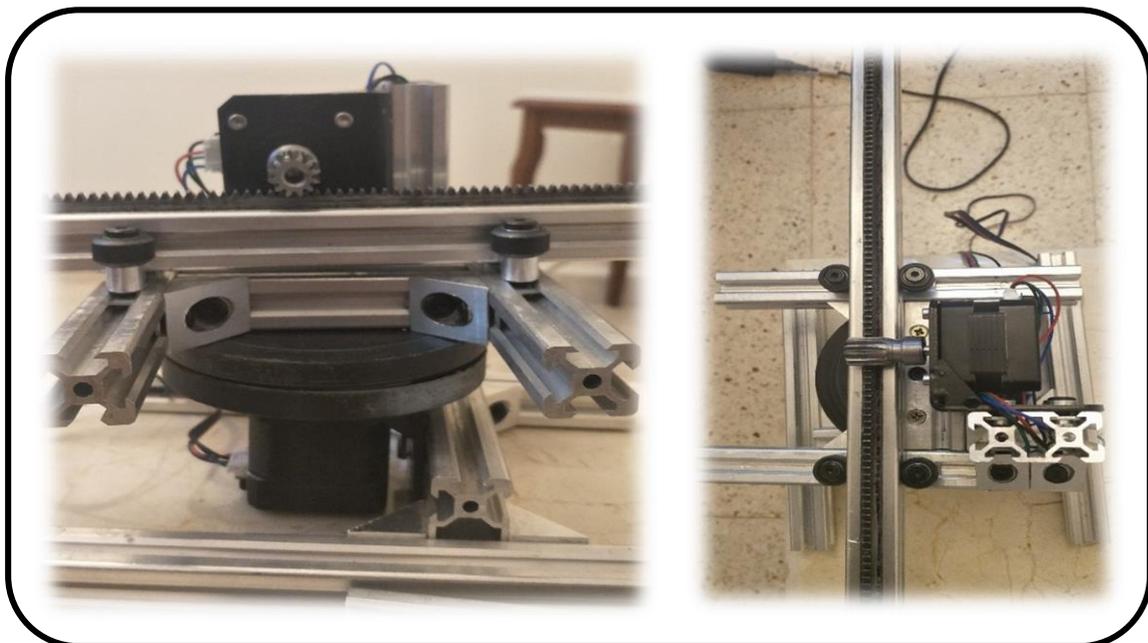
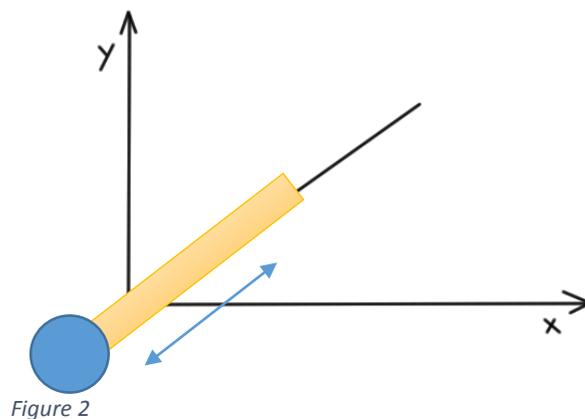


Fig. 4.17 : Réalisation finale.

4.9 Fonctionnement :

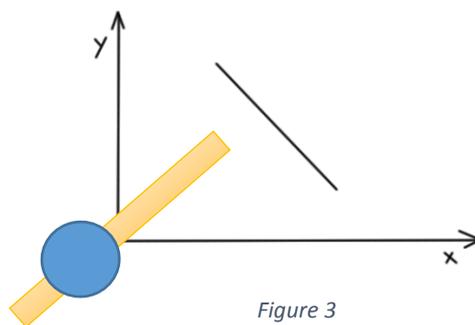
Pour comprendre les mouvement du bras manipulateur on essaye de tracer des lignes a l'aide d'un feutre comme organe terminal.

Dessin sur un traceur traditionnel, tracer des lignes et des rectangles est simple. Vous pouvez exécuter le traceur dans un sens pendant un moment, puis l'exécuter dans une autre direction. Sur un traceur polaire, dessiner des rectangles est plus délicat. Et certaines lignes sont faciles à dessiner et d'autres non. La ligne sur la figure (4.15) est facile à dessiner (il suffit de faire tourner le moteur radial (haut) et de laisser l'angulaire (bas) immobile:



Le mouvement du moteur dédié à la translation le bras avance de 12 mm

Alors que celui-ci est assez difficile:



Pour celui-là, lors de l'exécution du moteur angulaire, le rayon doit d'abord être diminué puis augmenté à nouveau.

Les deux seules formes possibles pour dessiner un moteur à la fois sont une ligne radiale ou un segment circulaire.

Pour pouvoir dessiner n'importe quelle forme, nous devons les diviser en petits morceaux de ces opérations supportées.

Pour commencer, toutes les formes sont converties en un nombre de lignes courtes. Ces lignes sont ensuite divisées en étapes suivant les pas du moteurs (de 1 / 8mm pour chaque mouvement par exemple). Ensuite, pour chaque étape, nous traduisons ce mouvement à ses changements correspondants dans le système de coordonnées polaires, l'angle et le rayon. Ceci est finalement traduit au nombre d'étapes pour exécuter chaque moteur.

Le programme Arduino implémente une sorte d'algorithme de dessin au trait .Dans la mise en œuvre, chaque segment de ligne est divisé suivant les pas des moteurs dans la direction la moins raide. Ces petites étapes assurent des lignes lisses mais introduisent également des erreurs d'arrondi significatives dans chaque étape.

4.10 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les étapes de la réalisation de notre projet en définissons les pièces réelles utilisé pour l'architecture défini en conception.

Le mécanisme assemblé à faire un mouvement de rotation et de translation d'un bras, après le branchement des actionneurs et les tests effectués, le mécanisme peut satisfait aisément notre objectif de réaliser une plateforme motorisée qui est un robot manipulateur type R-P.

CONCLUSION GENERALE

La robotique est une science pluridisciplinaire qui comprend la mécanique, l'automatique l'électrotechnique, le traitement de signal, l'informatique, communication....

Dans le présent travail on a commencé par une recherche approfondie sur l'aspect théorique des robots manipulateurs dont on a présenté le fonctionnement global du robot, les différents types, les éléments essentiels constitutifs et l'architecture du système articulé du robot. L'aspect théorique a permis l'enfoncement dans le la conception tridimensionnelle du bras manipulateur. Cette conception a donné une vision avancée du projet avant même sa concrétisation. L'assistance de l'ordinateur à travers le logiciel SolidWorks a facilité cette tâche. Il a permis une visualisation tridimensionnelle de différentes pièces constitutives. Il a facilité l'assemblage et la mise en plan bidimensionnelle des pièces. La concrétisation de la modélisation géométrique été une tâche ardue mais aussi constructive.

Le bras manipulateur réalisé est dédié aux étudiants de graduation afin de mettre en œuvre leur bagage théorique. Il constituera une plateforme pour mettre en évidences les aspects théoriques en robotique tel que :

- Le modèle de transformation entre l'espace opérationnel dans lequel est définie la situation de l'organe terminal et l'espace articulaire (dans lequel est définie la configuration du robot). On distingue :
- Le modèle géométrique direct et inverse qui exprime la situation de l'organe terminal en fonction des variables articulaire et inversement.
- Les modèles cinématiques direct et inverse qui expriment les vitesses de l'organe terminal en fonction des variables articulaires et inversement.
- Les modèles dynamiques définissant les équations du mouvement du robot qui permettent d'établir les relations entre les couples ou forces exercées par les actionneurs et les positions, vitesses, accélérations des articulations.

- [1] P. Fiset, H. Buyse, J.C. Samin, MECA 2732 : Introduction à la Robotique, 10 novembre 2004.
- [2] I SO, Robots et composants robotiques {Vocabulaire, ISO 8373, 2012.) +RIOA.
- [3] DESIGN AND ANALYSIS OF AN ARTICULATED ROBOT ARM FOR VARIOUS INDUSTRIAL APPLICATIONS S.Pachaiyappan¹ , M.Micheal Balraj² , T.Sridhar³ ^{1&2}(Assistant Professor , Department of Mechanical Engineering, Adhiparasakthi Engineering College, Melmaruvathur, Tamil Nadu, India) ³ (PG Scholar , Department of Mechanical Engineering, Adhiparasakthi Engineering College, Melmaruvathur, Tamil Nadu, India.
- [4] Etienne Dombre, Wisama Khalil Robot Manipulators: Modeling, Performance Analysis and Control.
- [5]W. Khalil and E. Dombre. Modeling, Identification and Control of Robots. 2008
- [6] E. Dombre, Analyse et Modélisation des Robots Manipulateurs, 22 janvier 2002.
- [7] Jean-Louis Boimond- ISTIA, Université Angers.

ANNEXE

Pièces et caractéristiques constructeur :

Profil aluminium /Rail de guidage linéaire :

V-Slot est un profil de rail linéaire de haute qualité en Aluminium avec une rainure en V dextrement lisse sur les côtés. Il est précis, facile à monter et à contrôler aisément la conception grâce à sa nature modulaire. Construire avec ce profilé est un peu comme travailler avec le bois. Vous pouvez le couper avec une scie à hacher et le reste est aussi simple que de tourner un tournevis pour effectuer les connexions. OpenBuilds V-Slot est faite avec 6063 T-5 d'extrusion d'aluminium et une belle, brillante super lisse, finition anodisée, clair.

Kits de roulement :

Le Delrin v roues kits sont parfaits pour une utilisation avec n'importe quel système de guidage linéaire. Ils peuvent être utilisés avec V-Slot extrusion.

Cette roue kits a une Forme V qui permet à monter sur un v-Slot en vertical ou horizontale.

Les kits, y compris:

- 1 V roue.
- 2 x roulements à billes
- 2 x 5mm précise cales
- 1 x Nylon verrouillage noix
-



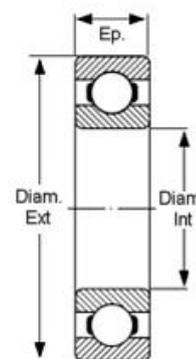
Roulement à billes MR 105 ZZ (2 défecteurs anti-poussières) :

- Acier chromé
- Dimensions 10 OD x 5 ID (Taille de vis M5) x 4mm 'épaisseur'
- Version 3
- ABEC 3



Informations complémentaires

Charges dynamiques	431 KN
Charges statiques	169 KN
Diamètre extérieur	10 mm
Diamètre intérieur	5 mm
Epaisseur	4 mm
Marque	LFD
Vitesse limite	60000 mm/sec

**Mini Roue Delrin en V :**

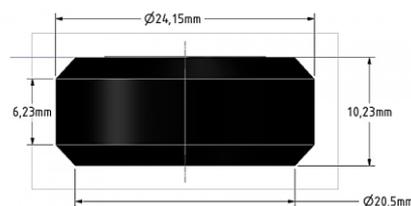
Ces Mini roues en V peuvent être utilisés dans une variété de projets et sont parfaits à l'usage avec des extrusions V-Slot.

Matériaux : Delrin (noir)

Dimensions : 15.23 Diamètre extérieur x 9.974 +/- 0.026
Diamètre intérieur x 8.8 'épaisseur'

Dureté Rockwell M80

Force de compression 63Mp



Moteur pas à pas Nema 17 :

Model Nema 17 1.8° bipolaire : (42mm Hybride Stepper Séries)

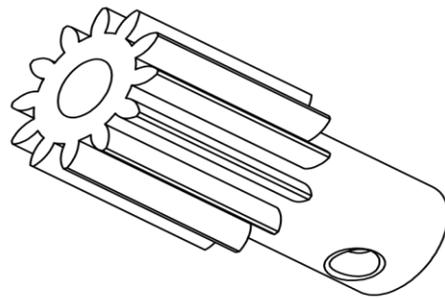
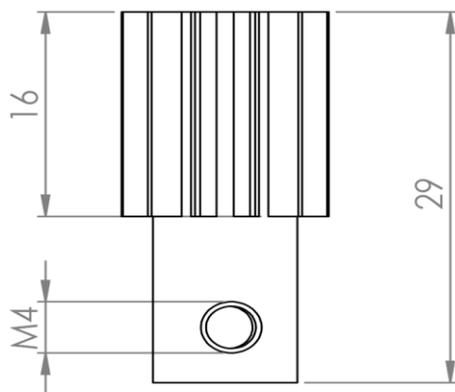
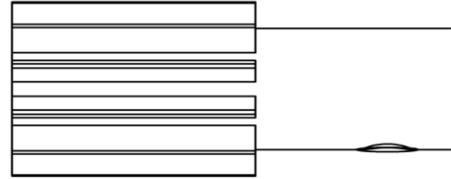
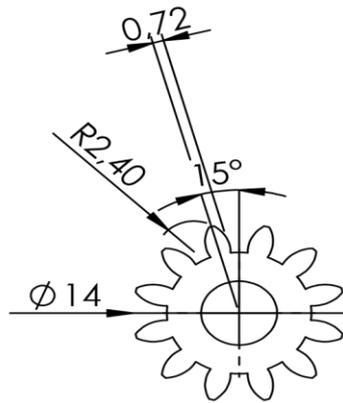
LDO-42STH331334A + LDO-42STH47-1684A

Holding Torque:		1.7~6.5 Kg.cm		Unipolar or Bipolar									
Model No.		Rated Voltage	Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque	# of Leads	Rotor Inertia	Weight	Detent Torque	Body Length		
Single Shaft	Double Shaft	V	A	ohms	mH	Kg.cm		g.cm ²	kg	g.cm	mm		
LDO-42STH													
LDO-42STH25-0404A	LDO-42STH25-0404B	9.6	0.4	24	36	1.7	4	20	0.15	75	25		
LDO-42STH33-0956A	LDO-42STH33-0956B	4	0.95	4.2	2.5	1.6	6	35	0.22	120	34		
LDO-42STH33-0406A	LDO-42STH33-0406B	9.6	0.4	24	15	1.6	6						
LDO-42STH33-0316A	LDO-42STH33-0316B	12	0.31	38.5	21	1.6	6						
LDO-42STH33-1334A	LDO-42STH33-1334B	2.8	1.33	2.1	2.5	2.2	4						
LDO-42STH38-1206A	LDO-42STH38-1206B	4	1.2	3.3	3.2	2.6	6	54	0.28	150	40		
LDO-42STH38-0806A	LDO-42STH38-0806B	6	0.8	7.5	6.7	2.6	6						
LDO-42STH38-0406A	LDO-42STH38-0406B	12	0.4	30	30	2.6	6						
LDO-42STH38-1684A	LDO-42STH38-1684B	2.8	1.68	1.65	3.2	3.6	4						
LDO-42STH47-1206A	LDO-42STH47-1206B	4	1.2	3.3	2.8	3.17	6	68	0.35	200	48		
LDO-42STH47-0806A	LDO-42STH47-0806B	6	0.8	7.5	6.3	3.17	6						
LDO-42STH47-0406A	LDO-42STH47-0406B	12	0.4	30	25	3.17	6						
LDO-42STH47-1684A	LDO-42STH47-1684B	2.8	1.68	1.65	2.8	4.4	4						
LDO-42STH60-1206A	LDO-42STH60-1206B	7.2	1.2	6	7	6.5	6	102	0.5	280	60		

Rappel Norme Opération Taraudage :

Ci-dessous sont indiqués les pas pour les diamètres des vis (outils) les plus courantes.

Diamètre mm	M3	M4	M5	M6
Pas	0.5	0.7	0.8	1



Université A.B.B(Tlemcen) Département de GENIE MECANIQUE

Echelle 2:1

BELAID issam-eddine / AZZOUZ youcef



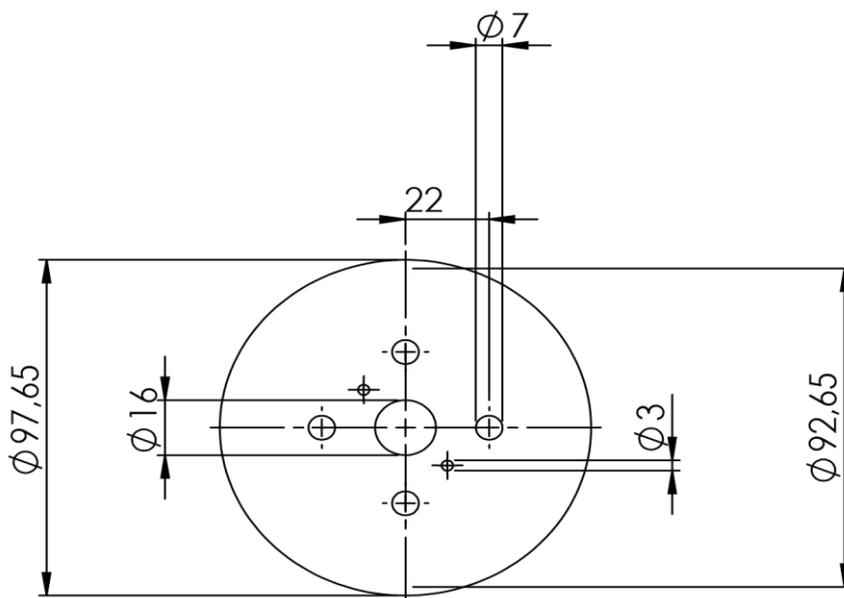
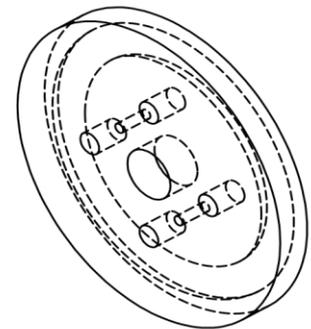
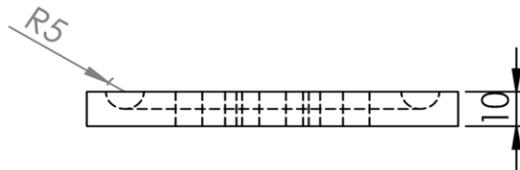
Piece 27

Pignon ISO m1-12 dent

P.F.E

2017/2018

Juin 2018



Université A.B.B(Tlemcen) Département de GENIE MECANIQUE

Echelle 1:2

BELAID issam-eddine / AZZOUZ youcef



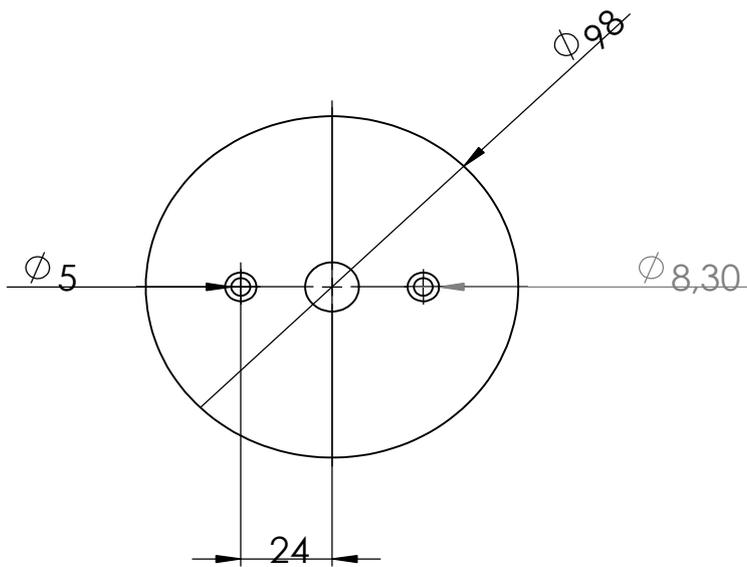
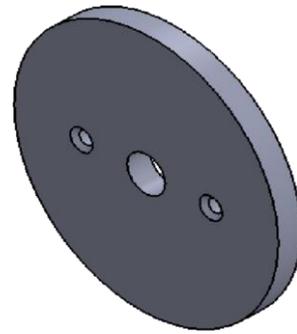
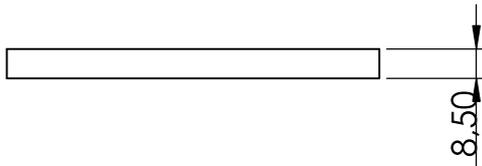
Piece 07

Plateau de la base (butté a bille)

P.F.E

2017/2018

Juin 2018



Université A.B.B(Tlemcen) Département de GENIE MECANIQUE

Echelle 1:2

BELAID issam-eddine / AZZOUZ youcef



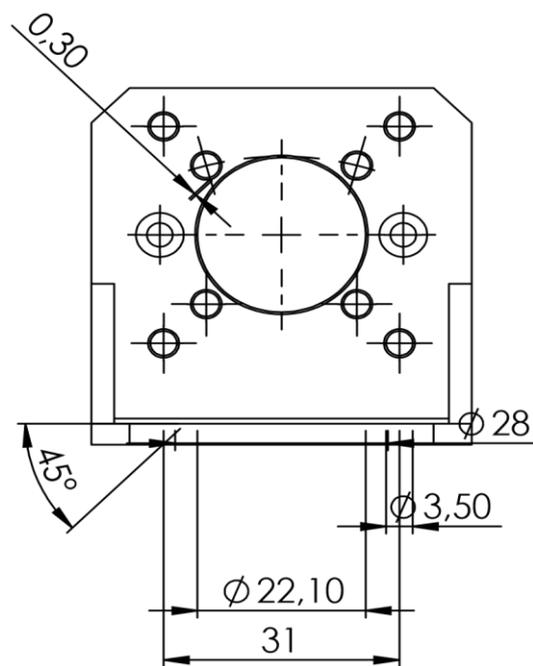
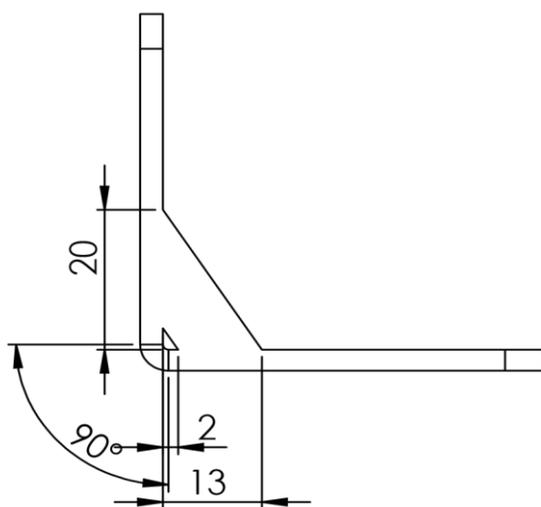
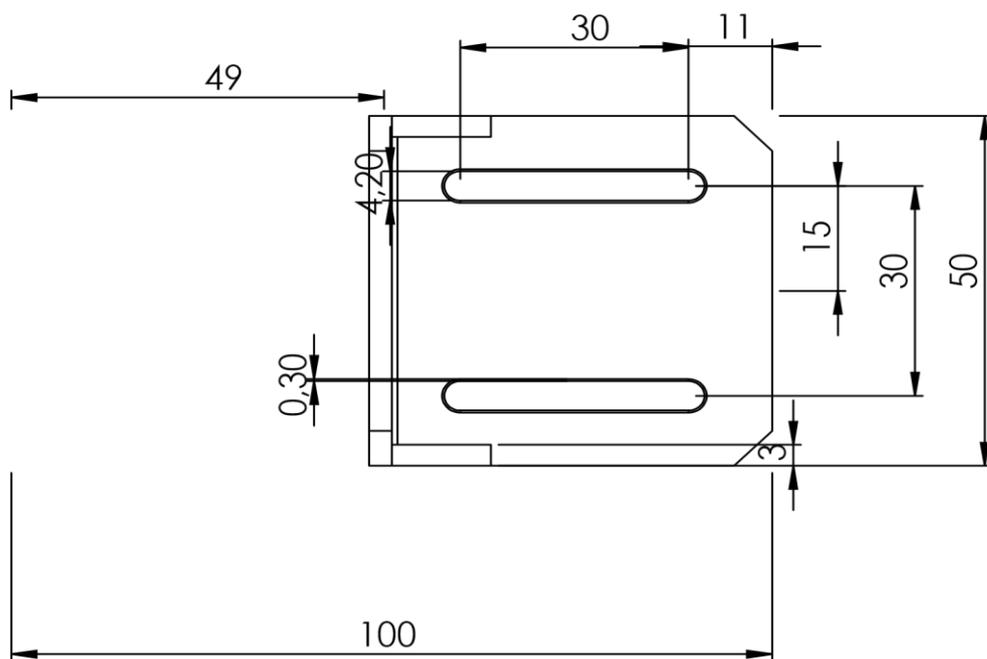
Piece 14

Plateau supérieur (butée à bille)

P.F.E

2017/2018

Juin 2018



Université A.B.B(Tlemcen) Département de GENIE MECANIQUE

Echelle 1:1

BELAID issam eddine - AZZOUZ youcef



Piece 5

Support moteur (Base)

P.F.E

2017/2018

Juin 2018



Résumé :

Les bras manipulateurs comme classe importante des robots industriels ont marqué leur présence exigée pour une variété de champ industriel, médical, nucléaire, aéronautique et d'autres. La conception de tel type de robot nécessite la contribution de plusieurs disciplines et touche de nombreux domaines de connaissance. La part de la mécanique reste la grande part dans cette contribution. L'objet de ce travail est la conception et réalisation d'un bras manipulateur de type R-P. La modélisation géométrique tridimensionnelle est réalisée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Elle est suivie par une mise en plan bidimensionnel des différentes pièces constituant le robot. La partie commande du robot est aussi entamée. Un ensemble de pièces, procurées du marché, ou récupérés de machine usée, d'autre usinées sont assemblées afin de concrétiser la modélisation géométrique tout en optimisant le coût.

Le robot réalisé est dédié aux étudiants de graduation afin de mettre en œuvre leurs connaissances théoriques comme il ouvre de nouvelle perspective de recherche, dans le domaine de la robotique.

Mot clé : robot, CNC, bras manipulateur, crémaillère, engrenage, moteurs pas à pas, conception assistée par ordinateur.

Summary:

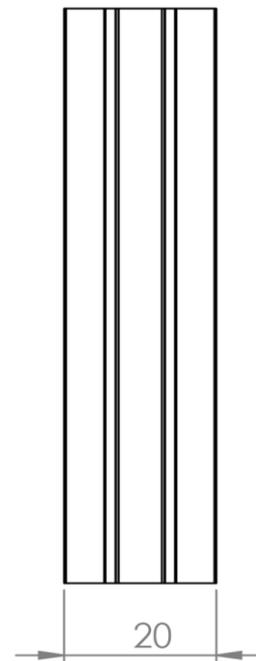
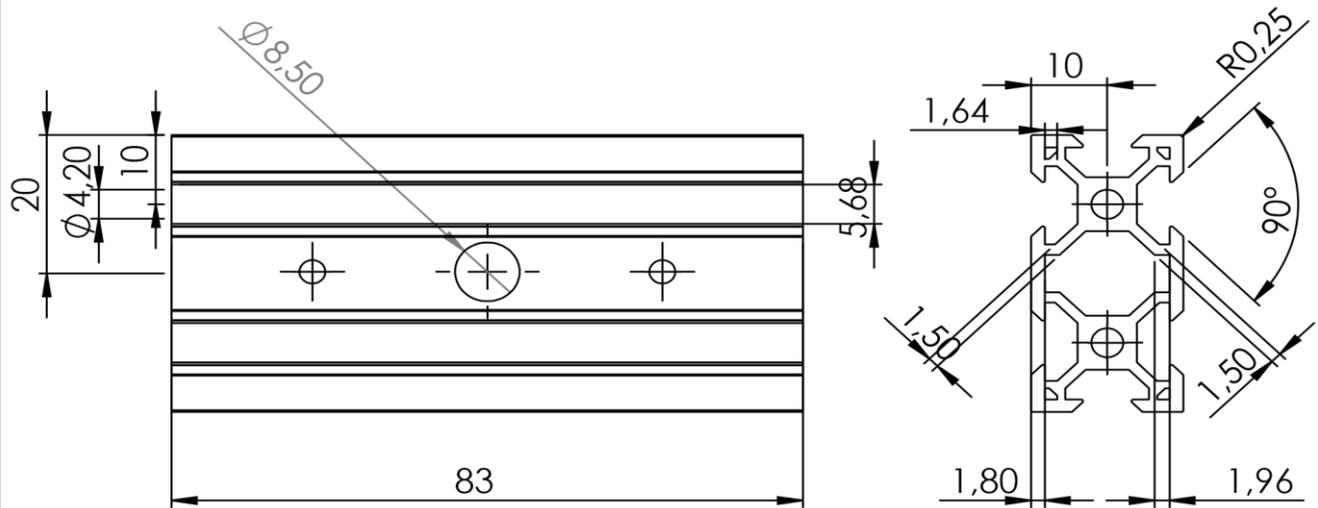
Manipulator arms as an important class of industrial robots have marked their presence required for a variety of industrial, medical, nuclear, aeronautical and other fields. The design of this type of robot requires the contribution of several disciplines and touches many areas of knowledge. The part of the mechanics remains the great part in this contribution. The object of this work is the design and realization of an R-P manipulator arm. Three-dimensional geometric modeling is performed using the SOLIDWORKS software. It is followed by a two-dimensional layout of the various components of the robot. The control part of the robot is also started. A set of parts, procured from the market, or recovered from used machinery, other machined are assembled to concretize the geometric modeling while optimizing the cost.

The realized robot is dedicated to graduation students in order to implement their theoretical knowledge as it opens up a new research perspective, in the field of robotics.

Keyword: robot, CNC, manipulator arm, rack, gear, stepper motors, computer-aided design.

ملخص

تميزت أذرع المناور كقئة مهمة من الروبوتات الصناعية بوجودها المطلوب لمجموعة متنوعة من المجالات الصناعية والطبية والنووية والطيران وغيرها. يتطلب تصميم هذا النوع من الروبوت مساهمة العديد من التخصصات ويلامس العديد من مجالات المعرفة. الجزء من الميكانيكا يبقى الجزء الأكبر في هذه المساهمة. الهدف من هذا العمل هو تصميم وتحقيق ذراع مناولة R-P يتم تنفيذ النمذجة الهندسية ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج SOLIDWORKS ويتبعه تخطيط ثنائي الأبعاد للعناصر المختلفة للروبوت. كما بدأ جزء التحكم في الروبوت. يتم تجميع مجموعة من الأجزاء، يتم شراؤها من السوق، أو يتم استردادها من الآلات المستخدمة، وغيرها من الآلات لتجميع النماذج الهندسية مع تحسين التكلفة. إن الروبوت المتحقق مكرس لطلاب التخرج من أجل تطبيق معرفتهم النظرية لأنه يفتح منظور بحث جديد، في مجال الروبوتات. الكلمات المفتاحية: الروبوت، CNC، ذراع مناور، الرف، والعتاد، محركات السائر، التصميم بمساعدة الكمبيوتر.



Université A.B.B(Tlemcen) Département de GENIE MECANIQUE

Echelle 1:2

BELAID issam-eddine / AZZOUZ youcef



Piece 15

porteur en profilé v-slot

P.F.E

2017/2018

Juin 2018