

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

**Etude d'un prototype de pivot d'irrigation avec un bras
d'arrosage d'angle pour les surfaces carrées**

Devant le jury composé de :

Mr. GUIA Houcem

Mr. ZINE Bechir

Dr. GUERRAH Ayoub

Mr. MANSOURI Khaled

Président

Examineur

Encadreur

Co-Encadreur

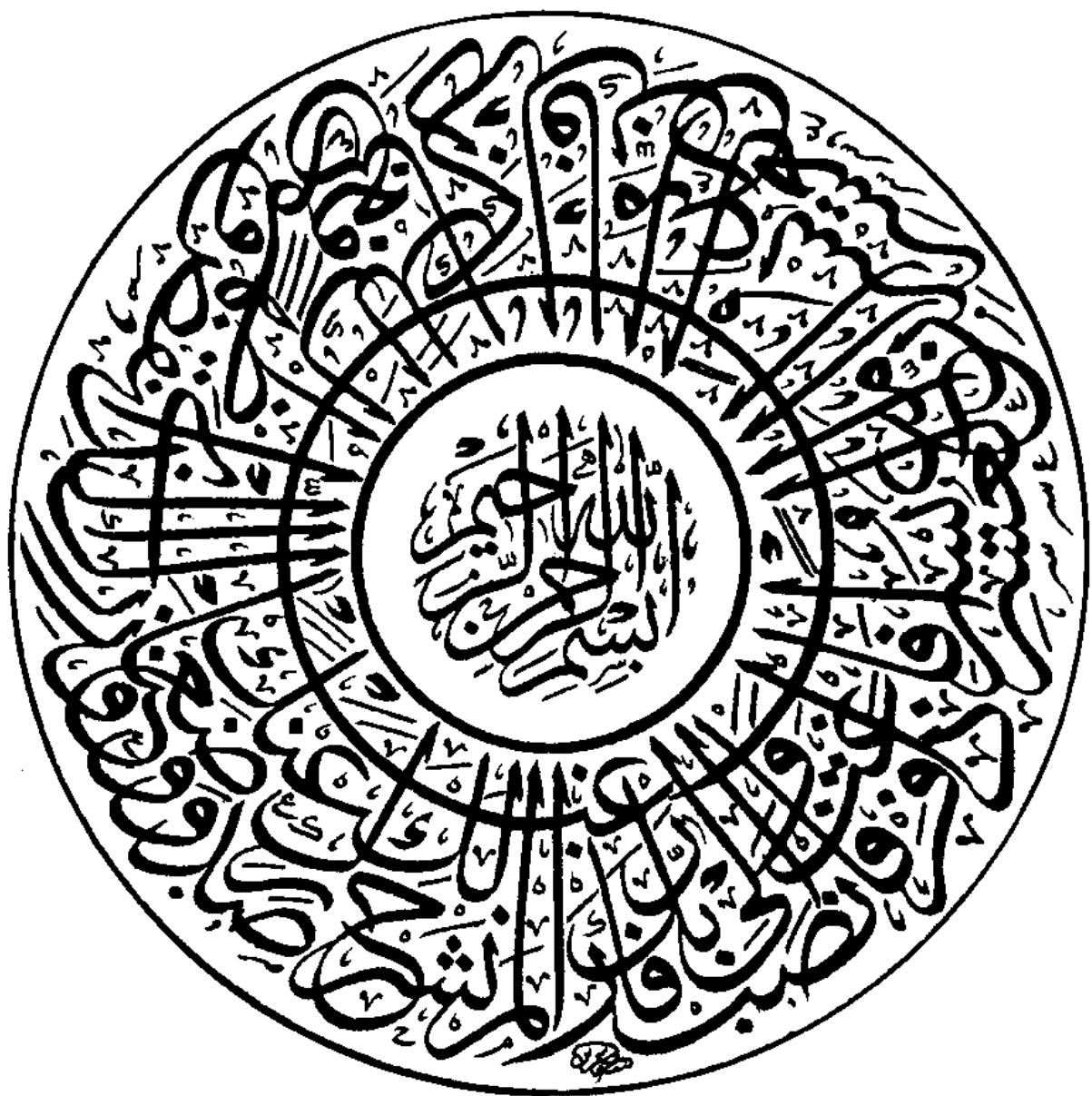
Présenté par :

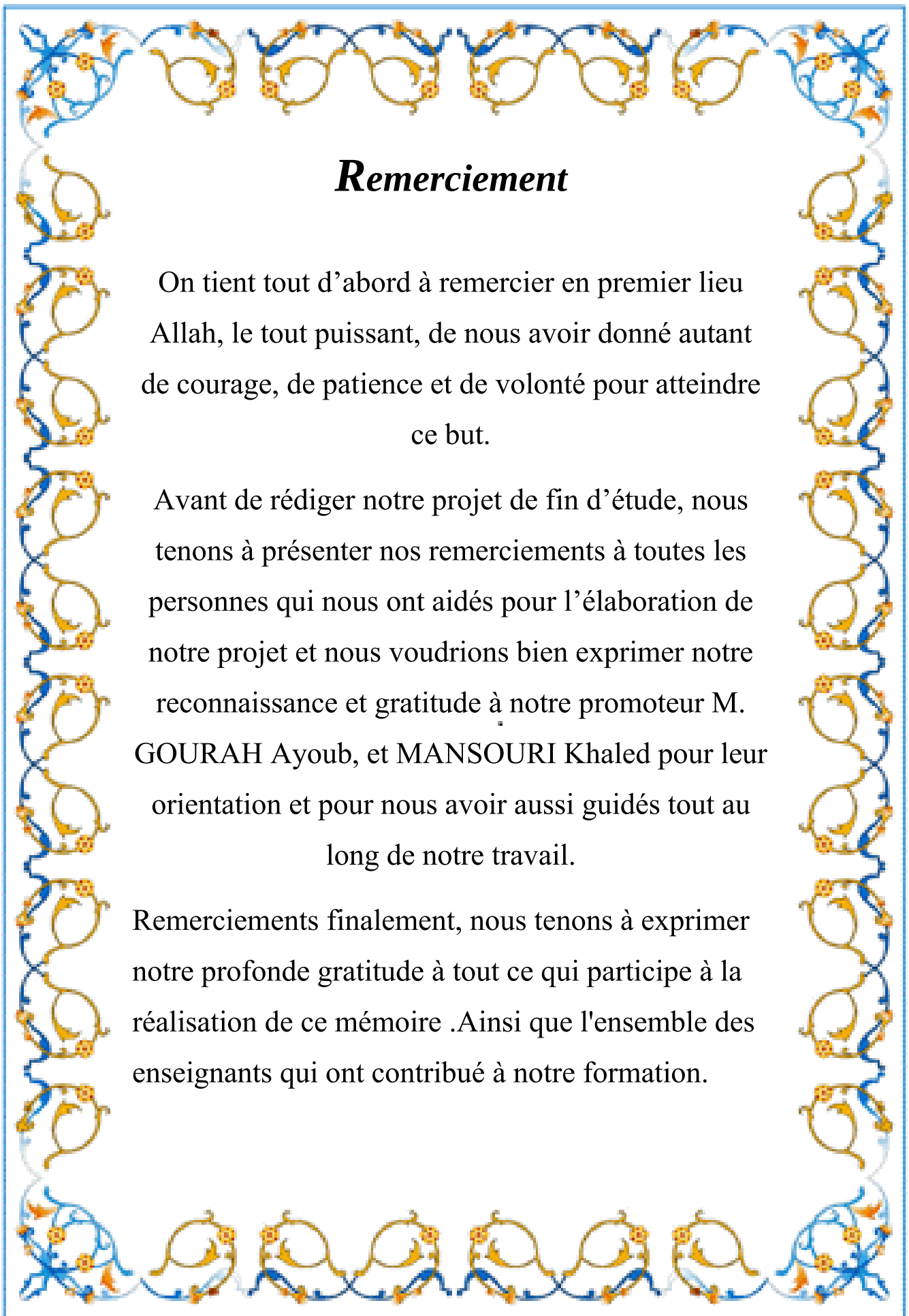
- RAGHDA Abdelhalim

- BERROUBA Lamine

- NECIB ELHADJ Mosbah

Année Université 2018/2019





Remerciement

On tient tout d'abord à remercier en premier lieu Allah, le tout puissant, de nous avoir donné autant de courage, de patience et de volonté pour atteindre ce but.

Avant de rédiger notre projet de fin d'étude, nous tenons à présenter nos remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés pour l'élaboration de notre projet et nous voudrions bien exprimer notre reconnaissance et gratitude à notre promoteur M. GOURAH Ayoub, et MANSOURI Khaled pour leur orientation et pour nous avoir aussi guidés tout au long de notre travail.

Remerciements finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tout ce qui participe à la réalisation de ce mémoire .Ainsi que l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

اهداء

نهدي هذا العمل المتواضع الى اوليائنا
الاعزاء والى كل من كان وراء هذا النور.
الى كل من تجمعنا بهم صلة المحبة
والاخلاص من الاساتذة والاصدقاء، والى
حاملي مشعل العلم وساروا بنا على هذا
النهج. والى كل طلبة السنة الثانية ماستر
هندسة ميكانيكية تخصص كهروميكانيك
نهديهم ثمرة جهدهم.

Table des matières

Index des figure.....	i
Index de tableaux... ..	iii
Nomenclature.....	iv
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DES RAMPES PIVOTANTES	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Divers éléments matériels constituant une rampe pivotante	4
I.2.1. Unité centrale	4
I.2.3. Travées.....	4
I.2.5. Porte-à-faux.....	6
I.2.6. Articulation des canalisations entre les travées.....	6
I.3. Instruments de commande.....	7
I.3.1. Le collecteur	7
I.3.2. Boîtiers de contrôle tour	7
I.3.3. Détecteur de position	8
I.4. Fonctionnement.....	9
I.4.1. Arrosage.....	9
I.4.2. Avancement des rampes pivotantes	10
I.6. Conclusion	12
CHAPITRE II : SYSTEMES DE COIN	
II.1. Introduction.....	14
II.2. Solutions technologiques.....	14
II.3. Système de pivot d'irrigation avec d'un bras d'arrosage	18
II.3.1. Principe de fonctionnement.....	18
II.3.2. Description cinématique	20
II.3.3. Description mécaniques	21
II.3.3.1. Support de bras d'extension	22
II.3.3.2. Agencement mouvements roue de direction	23
II.3.3.3. Freinage d'amortir des charges de bras d'extension.....	24
II.3.4. Description électrique	25
II.3.4.1. La structure de collecteur de liaison électrique	28
II.3.4.2. Schéma du circuit électrique des tours de flèche d'extension.....	29
II.3.4.3. Roue de codage (capteur de position)	30

II.3.5. Description hydraulique	31
II.3.5.1. Technique de contrôles de sprinkler	32
II.3.5.2. Passage d'eau entre la flèche principale et la flèche d'extension.	33
II.4. Conclusion.....	33
CHAPITRE III : Modélisation géométrique et cinématique	
III.1. Introduction	34
III.3. Modélisation et commande adaptative d'un bras manipulateur rigide à 2 degré de liberté	35
III.4. Mouvement de pivot d'irrigation avec le bras d'arrosage	38
III.4.1. Modèle géométrique	39
III.3.2. Modèle cinématique.....	40
III.4. Calcul de surface irriguée	41
III.5. Conclusion	42
CHAPITRE IV : Réalisation d'un prototype	
IV.1. Introduction.....	43
IV.2. Description de la partie mécanique	43
IV.2.1. Dimension du prototype	44
IV.2.2. La structure métallique	45
IV.3. Description de la partie électrique.....	48
IV.3.1. Les actionneurs.....	48
IV.3.2. Le capteur de position	48
IV.3.3. La boîte de commande.....	50
IV.4. Test cinématique fonctionnel	52
IV.4.1. Simulation.....	52
IV.4.2. Analyse cinématique	54
V. Conclusion.....	60
Conclusion générale	61
Références	62
Annexe A : Photo de prototype	64
Annexe B : paramétrés des positions	66

Index des figures

Figure I. 1 Rampe pivotante.....	2
Figure I. 2 Unité centrale Photo ANABIB.....	4
Figure I. 3 Travée de rampes d'arrosage. (Gauche) Schématisation des différents.	5
Figure I. 4 Tour de travée (gauche) ; Schématisation des différents éléments d'une tour (droite).....	5
Figure I. 5 Porte- à -faux de rampe d'irrigation.	6
Figure I. 6 Elément de liaison entre travée.....	6
Figure I. 7 Collecteur de liaison électrique.	7
Figure I. 8 Boîtiers de tour.	8
Figure I. 9 Détecteur de position.....	8
Figure I. 10 Cannes de descente.....	9
Figure I. 11 Schéma du déplacement d'une rampe pivotante.....	10
Figure II. 1 Vue aérienne et plan d'un mouvement de pivot central avec système de coin de Lindsay (130) ($\pi = 0.305$ m) [2].....	15
Figure II. 2 Mouvement d'un pivot central avec un système de coin VALLEY [2].	16
Figure II. 3 Système d'angle OLSON [2].....	16
Figure II. 4 Système de coin PRINGLE [2].	17
Figure II. 5 Système de coin REINKE (bras tendu) [2].	17
Figure II. 6 Appareil d'irrigation de zones non circulaires [9].	18
Figure II. 7 Schéma de fonctionnement de système [9].	19
Figure II. 8 Schéma des positions relatives de l'ensemble de bras principal et du bras d'extension [9].	20
Figure II. 9 Graphique montrant la position du volant en fonction de l'angle de l'ensemble bras principal [9].	21
Figure II. 10 Vues de face d'ensemble de bras principal et bras d'extension [9].	21
Figure II. 11 Vue en plan d'ensemble bras principal et bras d'extension [9].	22
Figure II. 12 Vue en perspective fragmentaire de la tour de support orientable pour la flèche d'extension [9].	23
Figure II. 13 Support de flèche d'extension [9].	24
Figure II. 14 Joints flexibles intègres également [9].	24
Figure II. 15 Boîte contrôle des tours [9].	25
Figure II. 16 Structure à double charnière avec les lignes pointillées indiquant le mouvement de la flèche d'extension [9].	26

Figure II. 17 Vue en élévation fragmentaire du boîtier de commande de la double charnière [8].	26
Figure II. 18 Schéma du circuit électrique dans le boîtier de commande de la tour à charnière [8].	27
Figure II. 19 Schéma du circuit électrique de la bague collectrice au point de pivot de la machine d'irrigation [8].	28
Figure II. 20 Diagramme schématique du circuit électrique sur la tour orientable de la flèche d'extension [8].	29
Figure II. 21 Montre l'une des roues de codage utilisées dans le mode de réalisation préféré [8].	30
Figure II. 22 Vue en plan illustrant le système d'irrigation à bras de coin de cette invention [8].	31
Figure II. 23 Vue en perspective partielle de la travée d'angle ayant deux lignes d'arrosage fournies sur celle-ci [8].	32
Figure II. 24 Vue en coupe telle que vue sur les lignes A-A et B-B de la fig.II.23 [8].	32
Figure II. 25 Vue en élévation latérale de la connexion [8].	33
Figure III. 1 Structure fonctionnelle d'un robot [3].	35
Figure III. 2 Architecteur d'un robot.	36
Figure III. 3 Présentation des mouvements du système.	38
Figure III. 4 Représentation du système à deux axes rotoïdes	39
Figure III. 5 Dimensions des surfaces de brevet.	41
Figure III. 6 Courbe de comparaisons entre les surfaces en fonction de L (m).	41
Figure IV. 1 Description de la partie mécanique.	43
Figure IV. 2 Dimension de prototype.	44
Figure IV. 3 Travée de rampe principal et bras d'extension.	45
Figure IV. 4 Unité central de prototype.	46
Figure IV. 5 Unité centrale giratoire[18].	46
Figure IV. 6 Réducteur de vitesse de rotation de rampe principal.	47
Figure IV. 7 Réducteur de vitesse d'orientation de bras d'extension.	47
Figure IV. 8 Moteurs jouets d'enfants.	48
Figure IV. 9 Capteur de position.	48
Figure IV. 10 Divisé disque de capteur.	49

Figure IV. 11 résistance variable de contrôler la valeur d'amplification des commande.	49
Figure IV. 12 Boite de commande.	50
Figure IV. 13 Schéma du circuit électrique d'orientation de bras d'extension et rotation de bras principal.	51
Figure IV. 14 Schéma de bloc de simulation cinématique.....	52
Figure IV. 15 Image Matlab de programme de simulation cinématique.	53
Figure IV. 16 Surface couvert par bras principal et bras d'extension de prototype.	54
Figure IV. 17 Surface couvert par bras principal et bras d'extension de simulation.....	54
Figure IV. 18 Position de bras principal et bras d'extension de prototype.	55
Figure IV. 19 Position de bras principal et bras d'extension de simulation.....	55
Figure IV. 20 Courbe d'équation d'interpolation de (θ_{1p} , θ_{1s}).....	56
Figure IV. 21 Courbe d'équation d'interpolation de (θ_{2p} , θ_{2s}).....	56
Figure IV. 22 Vitesse angulaire w_1 , w_2 de prototype en fonction de temps.	57
Figure IV. 23 Vitesse angulaire w_1 , w_2 de simulation en fonction de temps.....	57
Figure IV. 24 Trajectoire des points x_{1p} , x_{2p} de prototype en fonction de temps.	58
Figure IV. 25 Trajectoire des points y_{1p} , y_{2p} de prototype en fonction de temps.	58
Figure IV. 26 Trajectoire des points x_{1s} , x_{2s} de simulation en fonction de temps.	58
Figure IV. 27 Trajectoire des points y_{1s} , y_{2s} de simulation en fonction de temps.	59
Figure IV. 28 Trajectoire des points x_{1p} , x_{1s} en fonction de temps.....	59
Figure IV. 29 Trajectoire des points y_{1p} , y_{1s} en fonction de temps.....	59
Figure IV. 30 Trajectoire des points x_{2p} , x_{2s} en fonction de temps.....	60
Figure IV. 31 Trajectoire des points y_{2p} , y_{2s} en fonction de temps.....	60

Index des tableaux

Tableau. III. 1 Tableaux des surfaces carrées, cercle et elliptique en fonction L (m).....	41
Tableau IV. 1 Les ordres de détecteur de position.	52

Nomenclature

Haut	Hauteur liber sous travée	m
R	Rayon du cercle	m
Θ_1	Angle des rampes principales	rad
Θ_2	Angle des rampes du bras d'extension	rad
Θ'_1	Angle de rampe principale de la nouvelle position	rad
Θ'_2	Angle de rampe de bras d'extension de la nouvelle position	rad
L1	Langueur des rampes principales	m
L2	Langueur des bras d'extension	m
w	Vitesse angulaire	rad/s
V	Vitesse	tour/min
S	Surface irriguée	m ²
q	Vecteur des variables articulaires.	
X	Vecteur des variables opérationnelles.	
q'	Vecteur des vitesses articulaires.	
x'	Vecteur des vitesses opérationnelles.	
J(q)	La matrice JACOBIENNE.	

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les pivots d'irrigation sont l'un des systèmes d'irrigation modernes les plus importants. Il est possible de cultiver de vastes étendues de terres et des quantités limitées d'eau, en particulier des terres désertiques, permettant de surmonter la plupart des problèmes auxquels nos pays sont confrontés, tels que la plantation de cultures telles que le blé, l'orge.

L'objectif principal de ce travail est de contrôler un bras qui nous permet d'exploiter les espaces perdus dans le coin. Nous souhaitons que ce travail développe et améliore le système d'irrigation pivotant pour irriguer les surfaces carrée afin d'augmenter le produit souhaité.

Le mémoire est constitué de quatre chapitres, chaque chapitre traite une partie de ce travail.

Dans le premier chapitre a pour objectif de synthétiser les différentes informations qui permettront d'aider de comprendre le brevet pour contribuer à la réalisation de prototype.

Dans le deuxième chapitre, explication du système de coin et description des propriétés mécaniques et électriques et découvrir les complexités du système pour faciliter la réalisation de prototype.

Le troisième chapitre est dédié à la modélisation géométrique et cinématique, du système de coin. Nous choisissons les architectures de système. Parmi ces architectures, nous prenons modélisation de robot à deux bras, c'est-à-dire déterminer la position et l'orientation de l'organe terminal du système par rapport à un repère de référence en fonction des variables articulaires.

Le quatrième chapitre, explication la méthode dans laquelle le prototype a été réalisé et le comparer à la simulation et en déduire les résultats obtenus en tirant les coordonnées puis en les évaluant.

Finalement une conclusion générale sur le contenu des quatre chapitres. Les résultats obtenus sont finalement présentés et commentés.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DES RAMPES PIVOTANTES

I.1. Introduction

Les rampes d'arrosage sont des appareils métalliques mobiles de grandes dimensions (leur longueur peut dépasser le kilomètre), principalement destinées à l'irrigation automatique des cultures. Il existe désormais trois grandes catégories de rampes d'irrigation, les rampes pivotantes, les rampes frontales et les speedy-moves, pour lesquelles le mode de déplacement est respectivement circulaire, rectiligne et combinaison des deux. Au niveau de la géométrie, les appareils se distinguent principalement par la forme générale des travées, la longueur de ces dernières et le diamètre de leur canalisation. On a vu qu'il existe différentes sortes de rampes d'arrosage. Nous limitons par la suite notre étude aux rampes pivotantes.



Figure I. 1 Rampe pivotante [15].

La rampe pivotante (figure I.1) est la solution la plus moderne dans le cadre d'une installation d'irrigation. C'est le système que l'on doit examiner en priorité lors d'un projet d'irrigation pour des raisons économiques et de simplicité technique.

Ces appareils dont l'invention revient aux États-Unis où ils sont appelés « center pivot » ou « pivot system », ont été conçus dans le Nebraska en 1949. À l'origine, ils étaient à propulsion hydraulique.

Depuis cette période, les rampes pivotantes ont fait l'objet d'améliorations constantes. L'une des plus importantes est l'utilisation de la force électrique pour leur fonctionnement.

Ce matériel couvre à l'heure actuelle plusieurs millions d'hectares dans le monde. La progression de l'irrigation mécanisée dans le monde se fera principalement avec ce type de matériel en raison de son adaptation à l'irrigation des grandes surfaces, de son faible coût et du très bas niveau de main-d'œuvre nécessaire à son fonctionnement. Ce type de matériel présente pour l'agriculteur avec la simplicité d'emploi, une bonne homogénéité d'arrosage et l'intérêt d'un fonctionnement complètement automatique ne requérant qu'un contrôle léger.

Grace à plusieurs atouts, ces appareils se sont depuis imposés comme une bonne alternative à d'autres techniques d'irrigation telles que les asperseurs. Parmi leurs avantages, on peut citer :

- Le système d'irrigation est totalement automatique lorsqu'il est fixe et semi-automatique s'il est déplaçable ;
- sa rotation rapide permet une fréquence d'arrosage élevée ce qui le rend particulièrement intéressant pour les sols peu épais à faible réserve en eau ;
- la répartition de l'arrosage est très bonne ;
- Efficience d'application élevée de 75-85 pour cent permettant des économies d'eau, avec contrôle absolu de l'eau d'irrigation depuis la source jusqu'à la plante [1] ;
- les rampes pivotantes électriques peuvent fonctionner dans toutes sortes de situation en arrosant, sans arroser, en avant, en arrière, à des vitesses qui peuvent être facilement réglée pour un apport de doses précises d'irrigation.

En revanche, le principal inconvénient est le fait d'irriguer en cercle, sachant que dans les pays où le parcellaire est ancien, la forme des parcelles est rectangulaire et de taille plutôt faible. Cet inconvénient est en train de s'estomper progressivement, car la taille des parcelles augmente avec les remembrements ainsi qu'avec la diminution du nombre d'agriculteurs.

Nous allons maintenant essayer de synthétiser les différentes informations nécessaires pour l'étude du comportement mécanique de ces appareils. Dans un premier temps, nous détaillons les divers éléments matériels constituant la rampe pivotante étudiée, les différentes caractéristiques mécaniques de l'appareil sont alors données et les deux grandes composantes du fonctionnement : arrosage et déplacement, sont finalement présentées.

I.2. Divers éléments matériels constituant une rampe pivotante

I.2.1. Unité centrale

C'est le centre de l'appareil, point de la rotation de l'ensemble. Sa charpente est constituée d'un assemblage boulonné de cornières à section en L, qui forme une pyramide à base carrée d'environ 3 mètres de hauteur et 3 mètres de côté, scellé au sol sur un massif de béton de 9 m³ minimum pour la rampe en arc, car tous les efforts, durant le fonctionnement sont concentrés sur l'unité centrale

L'axe de l'unité centrale est la colonne montante qui alimente en eau l'appareil. Cette canalisation, venant du système de pompage, arrive par le sol, et passe au centre de la pyramide.



Figure I. 2 Unité centrale Photo ANABIB [1].

I.2.3. Travées

La rampe pivotante est composée d'une succession de poutres articulées appelées travées équipées de roues mues par des moteurs électriques. On trouve différents modèles de travées. Leur élément principal est dans tous les cas la canalisation dans laquelle circule l'eau, qui est constituée de tubes de différentes longueurs. Toujours de façon générale, cette canalisation est sous-tendue par deux lignes de tirants auxquels elle est reliée par un treillis destiné à rigidifier l'ensemble. L'assemblage de ces différents éléments est réalisé par boulonnage (Voir la Fig. I.3)

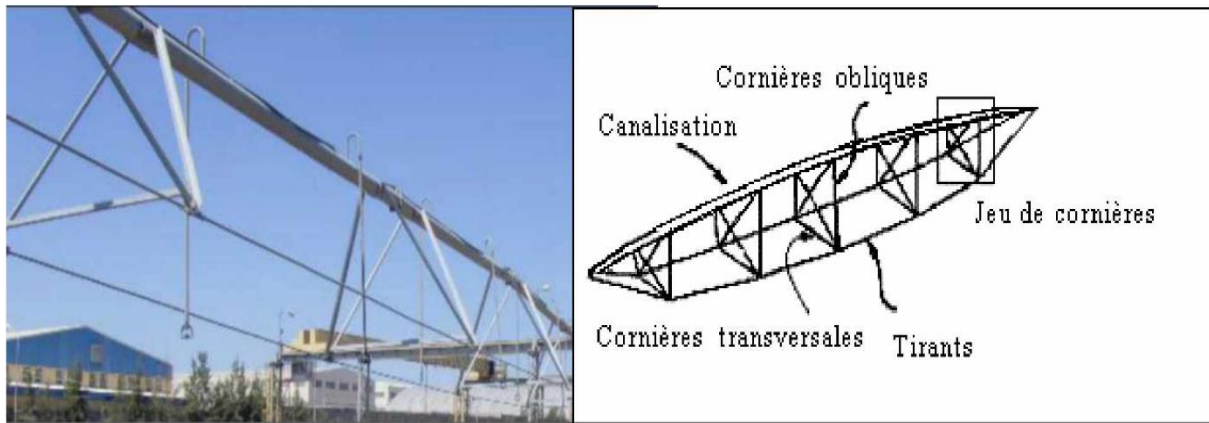


Figure I. 3 Travée de rampes d'arrosage. (Gauche) Schématisation des différents[1].

I.2.4. Tours

Chaque tour (Fig.I.4) possède deux fonctions. La première est de supporter la travée associée à une hauteur au-dessus du sol qui correspond à la taille maximale des cultures (en général 4 mètres). La deuxième consiste à assurer la mobilité de la rampe grâce à deux roues commandées par un moteur électrique (le déplacement des rampes est décrit plus en détail par la suite).

De façon générale, ces structures sont constituées de deux montants reliés entre eux par un essieu long d'environ quatre mètres où sont fixes le moteur et les deux roues. On associe par la suite à chaque tour deux tubes dits de compression, qui servent de lien entre la tour proprement dite et le tube principal.

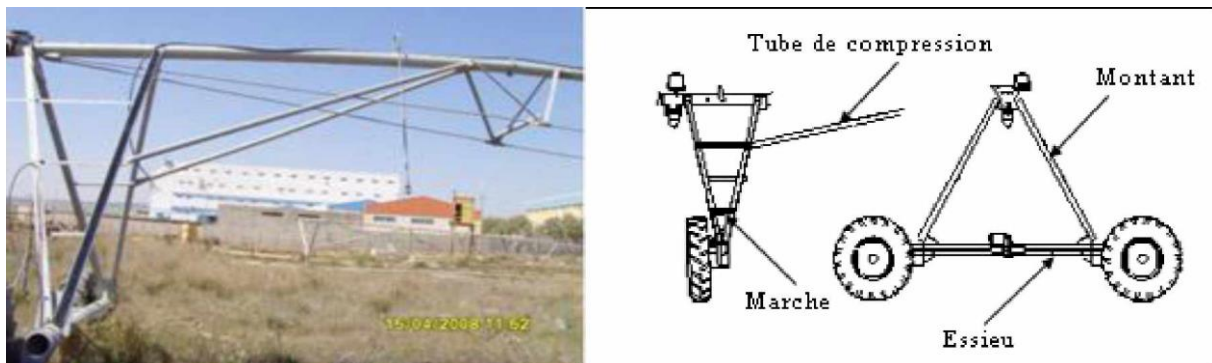


Figure I. 4 Tour de travée (gauche) ; Schématisation des différents éléments d'une tour (droite) [1].

I.2.5. Porte-à-faux

À l'extrémité de la rampe, il est parfois utile pour allonger celle-ci de quelques dizaines de mètres, d'installer un porte à faux. La canalisation est alors soutenue par des haubans. L'extrémité peut être équipée d'un canon d'extrémité qui augmentera encore la portée de la rampe.



Figure I. 5 Porte- à -faux de rampe d'irrigation [1].

Les portes à faux sont standardisées en rapport avec les longueurs de canalisation. On trouve des longueurs qui sont des multiples de 6 m et ce, jusqu'à 24 m. Il existe des portes à faux escamotables qui peuvent se plier et se déplier de façon totalement automatique.

I.2.6. Articulation des canalisations entre les travées

La liaison mécanique entre les différentes travées peut être assurée de différentes façons. Nous considérons dans la suite une liaison de type cardan (Voir la Fig. I.6), où seule la rotation autour de l'axe du tube de la travée est empêchée, le système de cardan limite le débattement à 15° ou 20°.



Figure I. 6 Élément de liaison entre travée [1].

L'articulation de flexion de pivot multidirectionnelle est connectée à un coude supérieur à grand rayon de diamètre complet au-dessus du palier de pivot. L'articulation de flexion de pivot est conçue pour minimiser la contrainte exercée sur le palier et la structure de pivot.

I.3. Instruments de commande

I.3.1. Le collecteur

Un collecteur étanche, situé au-dessus de l'unité centrale et très facilement accessible. Equipé de plusieurs bagues, il permet d'assurer toutes les liaisons électriques nécessaires entre l'armoire fixe et les travées mobiles. Cette bagues est un composant unique situé au point de pivotement et consiste en une série de bagues en laiton fixes et de brosses de contact rotatives. Les fils électriques du panneau de commande sont introduits dans la bague collectrice et connectés à des bagues en laiton fixes. Les brosses de contact sont alignées de sorte qu'elles continuent de toucher les anneaux pendant leur rotation, fournissant ainsi un courant électrique continu au pivot. Ce composant permet au pivot de faire des révolutions dans toutes les directions sans avoir à se soucier de l'enroulement ou de la torsion des fils électriques autour du point de pivot.



Figure I. 7 Collecteur de liaison électrique [16].

I.3.2. Boîtiers de contrôle tour

Chaque tour interne a une tige de commande fixée entre la boîte à tour et une petite languette sur la travée extérieure suivante. Lorsque la portée se déplace, la tige de commande active un Cam-Switch qui alimente le contacteur en envoyant courant alternatif au moteur de commande. Lorsque la tige de commande se déplace suffisamment, l'interrupteur de marche est activé et la tour commence à bouger. La tour continuera à se déplacer jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau alignée, ce qui désactive le Cam-Switch (Voir la Fig. I.8).

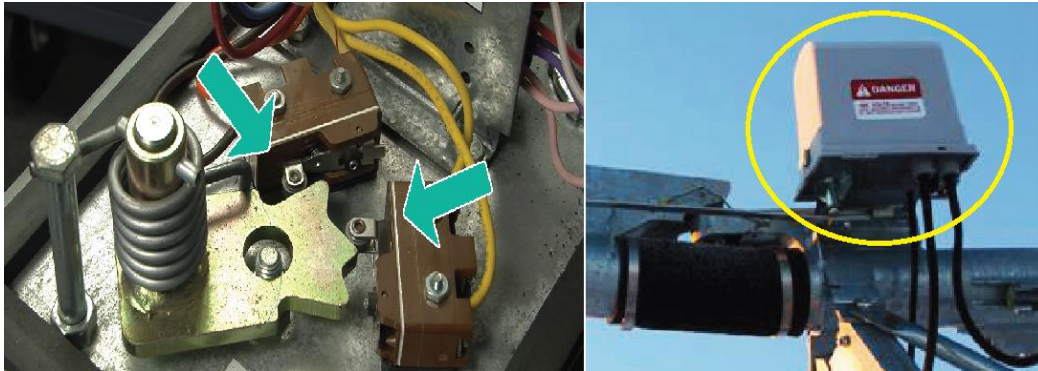


Figure I. 8 Boîtiers contrôle des tours [17].

Logés dans des boîtiers, ces modules de contrôle ultra-fiabiles vérifient le bon alignement du système et maintiennent celui-ci tout au long du déplacement.

I.3.3. Détecteur de position

Le détecteur de position est un ensemble de bagues sont toujours au centre d'une rotation de 360°. Diverses applications rotatives sont améliorées par la possibilité de détecter une position unique, plusieurs positions ou de définir une ou plusieurs zones. Cette détection de position permet aux fonctions définies par le client de fonctionner dans le respect des exigences de chaque application individualisée (Voir la Fig. I. 9).

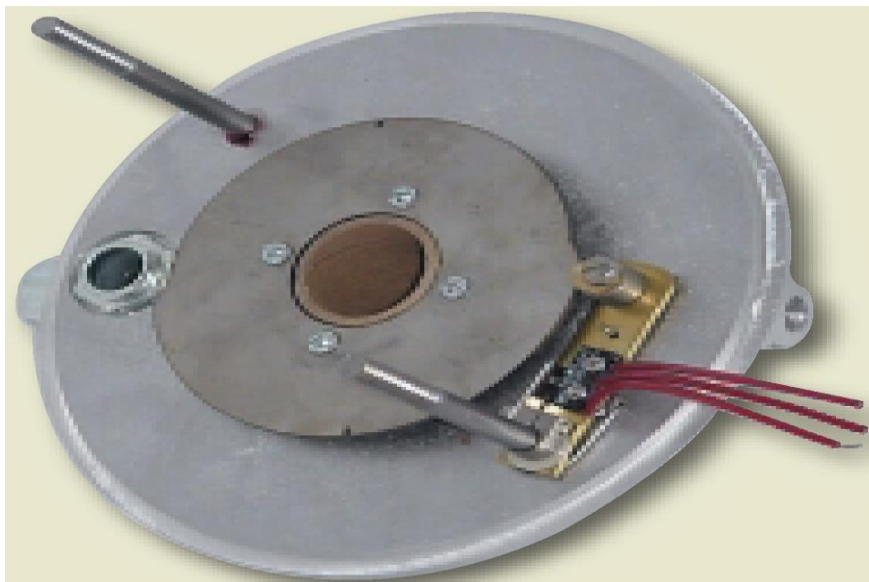


Figure I. 9 Détecteur de position [16].

I.4. Fonctionnement

I.4.1. Arrosage

Les débits d'eau utilisés par les rampes pivotantes sont liés à leurs dimensions et donc très variables, de 30 à 50m³/h pour les petites rampes (2 à 3 travées), les rampes plus importantes allant de 100 à 900 m³/h et quelquefois plus. Les forages utilisés, n'ont, dans la plupart des cas, pas la capacité d'assurer seuls l'alimentation en eau d'une rampe. Le principe adopté est alors de multiplier les forages et les pompes, disposés sur le terrain à des distances suffisantes pour que les cônes de rabattement de la nappe n'interfèrent pas. Ces pompes refoulent l'eau vers la rampe en gavage.

L'arrosage se fait alors au moyen d'asperseurs à basses et moyennes pressions (sprinklers, buses ...etc.) fixés sur des piquages, eux-mêmes disposés à intervalles réguliers (de 1 à 3 mètres) sur la canalisation. Cette position rend l'irrigation très sensible au vent, c'est pourquoi dans les zones où le vent est quasi permanent, les buses sont installées sur des cannes de descente (Fig. I.10) qui les placent beaucoup plus près du sol et donc dans un environnement moins sensible au vent.



Figure I. 10 Cannes de descente [1].

I.4.2. Avancement des rampes pivotantes

Chacune des tours est équipée de deux roues entraînées par un moteur électrique fixé au milieu de l'essieu. Exception faite de la travée la plus éloignée de l'unité centrale, toutes les tours disposent également d'un boîtier renfermant un dispositif mécanique de contrôle angulaire vis-à-vis de la travée voisine. L'ensemble de la rampe avance de manière automatique, sous le commandement de la travée la plus éloignée de l'unité centrale, suivant un mouvement basé sur des corrections angulaires successives dont nous allons maintenant détailler le principe. Pour simplifier, prenons l'exemple d'une rampe de trois tours. La tour d'extrémité étant la tour 3 et la suivante tour 2 puis tour 1, et enfin le pivot (Voir la Fig. I.11).

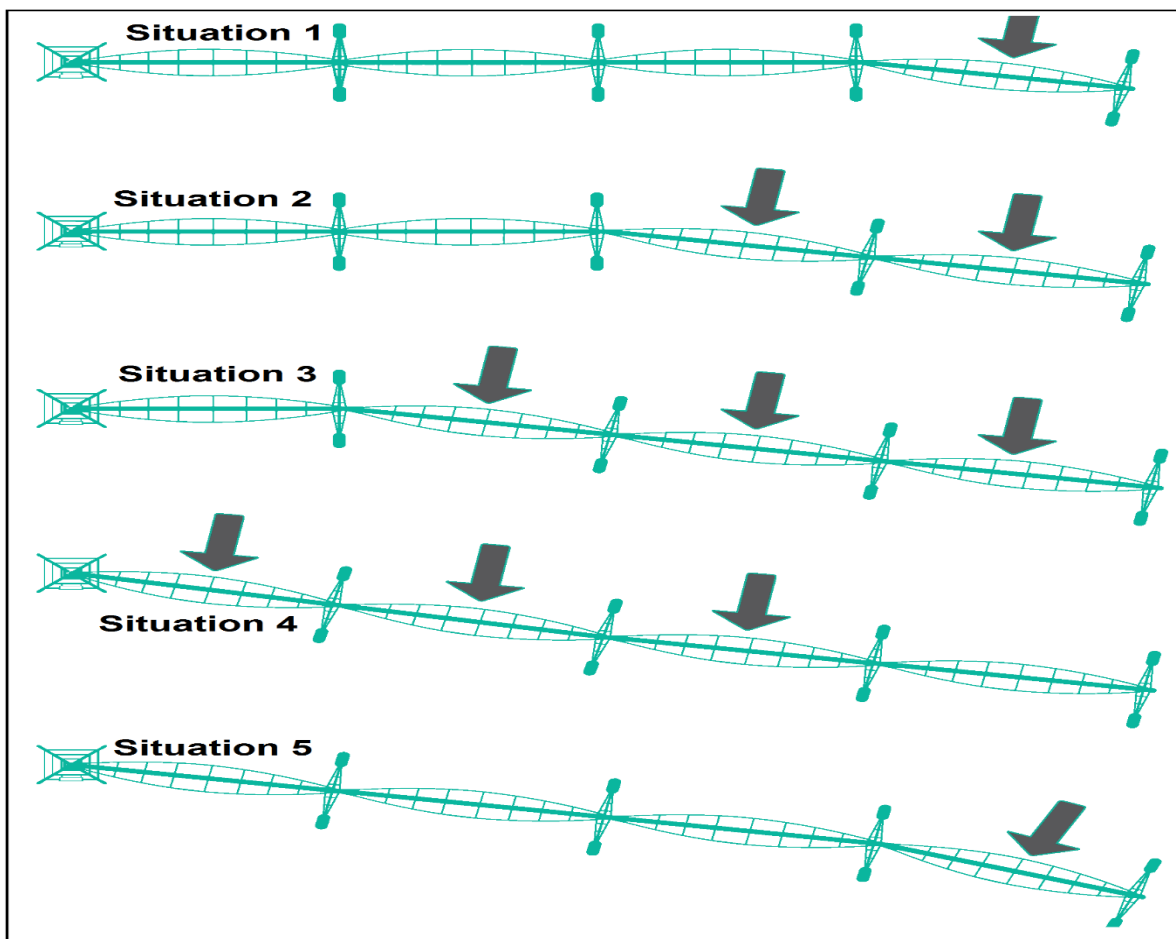


Figure I. 11 Schéma du déplacement d'une rampe pivotante [17].

En fait la dernière tour ne fonctionne pas en permanence. Ses arrêts programmés par le doseur cyclique créent seulement des décalages dans le fonctionnement ainsi décrit sans en modifier le principe. Nous avons évoqué seulement l'angle α_0 de déclenchement bien qu'il existe également un angle, encore plus petit que le précédent, à partir duquel la tour qui le caractérise s'arrête, mais ce paramètre ne change pas, non plus, le principe décrit.

I.5. Recherche bibliographique sur l'automatisation de pivot d'irrigation

Des capteurs électroniques, des contrôles d'équipement et des protocoles de communication ont été développés pour répondre à l'intérêt croissant suscité par l'irrigation spécifique à un site à l'aide de systèmes d'irrigation à pivot central et à déplacement latéral.

Les capteurs embarqués et distribués sur le terrain peuvent collecter les données nécessaires aux décisions de gestion de l'irrigation en temps réel et les transmettre directement.

I.5.1. Options de contrôle du sprinkler

Les systèmes de pivot central existants suivent l'évolution de la technologie de l'eau aux machines électriques et hydrauliques. En raison de leur conception, les pivots centraux fonctionnent sur différentes topographies et ont souvent une gamme de textures de sol présentes sous une seule machine. Les sols à faible taux d'infiltration posent un défi aux gestionnaires de machines standard : ils doivent fournir peu ou pas d'eau d'irrigation à certaines zones et en irriguer complètement d'autres. Chacun de ces facteurs représente une raison d'utiliser un moniteur / contrôleur pour gérer les applications liées à l'eau en fonction des besoins.

Application de précision, irrigation à débit variable et irrigation spécifique au site sont des termes développés pour décrire les dispositifs d'application d'eau dans le but de maximiser la valeur économique et / ou environnementale de l'eau appliquée via un système d'irrigation en mouvement.

La méthode la plus simple pour modifier la profondeur de l'eau appliquée avec un pivot central consiste à ajuster la vitesse de déplacement du pivot central en fonction des sols du champ ou plus fréquemment en fonction des caractéristiques topographiques du champ ou de différentes cultures. Les premiers développements ont fourni un ensemble très limité de contrôles permettant d'activer et de désactiver les pistolets d'extrémité en fonction de la position sur le terrain. Les autres fonctionnalités comprennent des arrêts en bordure de champ et des commandes d'arrêt dans la fente permettant de mettre fin à l'irrigation en raison d'obstructions ou de l'achèvement d'une rotation complète. Les panneaux de commande programmables permettent d'ajuster la vitesse de déplacement plusieurs fois pendant un événement d'irrigation. Ceci est accompli en entrant la position du champ dans un cercle de 360° où la vitesse sera modifiée pour appliquer plus, moins ou pas d'eau d'irrigation. Cette approche pourrait être utilisée où des parties du champ étaient plantées pour une culture différente, mais il manquait

de la flexibilité nécessaire pour fournir de l'eau aux taux requis pour atteindre les objectifs de gestion de zones de champ relativement petites avec des limites de forme irrégulière.

Le contrôle individuel de la profondeur d'application de l'eau par des sprinklers peut être réalisé en utilisant une série de cycles de temps on-off ou, comme on l'appelle maintenant, «pulser» le sprinkler à travers des cycles on-off (**Karmeli et Peri**, 1974). La réduction du temps de réponse réduit efficacement la profondeur d'application et le débit d'application de l'eau. Des efforts ultérieurs dans l'État de Washington ont consisté à équiper un pivot central avec un contrôleur électronique construit sur mesure pour activer les électrovannes actionnées par eau dans des groupes de 2 à 4 buses (Evans et autres, 1996 ; **EVANS et HARTING**, 1999). Les solénoïdes normalement ouverts permettaient le contrôle du système avec l'assurance que l'eau d'irrigation était appliquée même en cas de défaillance du système de contrôle.

I.5.2. Capteurs et communications

La position du pivot central est l'utilisation la plus élémentaire des capteurs pour les systèmes de contrôle du pivot central. Jusqu'à récemment, les systèmes d'alignement avaient généralement une précision de $\pm 0,50$ à $1,50$ de l'emplacement de la première tour. À une distance de 390 m du point de pivotement, la position du dernier arroseur pourrait être décalée de 3 à 10 m. Les recherches menées par **PETERS et EVETT** (2005) ont montré que le résolveur avait déterminé que les erreurs de position pouvaient atteindre 5 degrés ou plus de 30 m sur un pivot central de 390 m de long.

I.6. Conclusion

Les rampes pivotantes ont fait l'objet d'améliorations constantes. L'une des plus importantes est l'utilisation de la force électrique pour leur fonctionnement.

Ce matériel couvre à l'heure actuelle plusieurs millions d'hectares dans le monde. La progression de l'irrigation mécanisée dans le monde se fera principalement avec ce type de matériel en raison de son adaptation à l'irrigation des grandes surfaces, de son faible coût et du très bas niveau de main-d'œuvre nécessaire à son fonctionnement. Ce type de matériel présente pour l'agriculteur avec la simplicité d'emploi, une bonne homogénéité d'arrosage et l'intérêt d'un fonctionnement complètement automatique ne requérant qu'un contrôle léger.

Grace à plusieurs atouts, ces appareils se sont depuis imposés comme une bonne alternative à d'autres techniques d'irrigation telles que les asperseurs. Parmi leurs avantages, on peut citer :

- Le système d'irrigation est totalement automatique lorsqu'il est fixe et semi-automatique s'il est déplaçable ;
- sa rotation rapide permet une fréquence d'arrosage élevée ce qui le rend particulièrement intéressant pour les sols peu épais à faible réserve en eau ;
- la répartition de l'arrosage est très bonne ;
- Efficacité d'application élevée, avec contrôle absolu de l'eau d'irrigation depuis la source jusqu'à la plante ;
- les rampes pivotantes électriques peuvent fonctionner dans toutes sortes de situation en arrosant, sans arroser, en avant, en arrière, à des vitesses qui peuvent être facilement réglée pour un apport de doses précises d'irrigation.

En revanche, le principal inconvénient est le fait d'irriguer en cercle, sachant que dans les pays où le parcellaire est ancien, la forme des parcelles est rectangulaire et de taille plutôt faible. Cet inconvénient est en train de s'estomper progressivement, car la taille des parcelles augmente avec les remembrements ainsi qu'avec la diminution du nombre d'agriculteurs. Et à partir de cela, nous avons consacré cette mémoire à étudier la solution de ce inconvénient afin de le réduire et d'améliorer la production, par à l'étude d'un brevet.

CHAPITRE II :

SYSTEMES DE COIN

II.1. Introduction

Comme les exploitations situées dans une zone irriguée sont très souvent disposées en carré, l'utilisation des pivots centraux conduit à négliger les angles des champs, ce qui entraîne une perte de superficie :

$$\frac{4R^2 - \pi R^2}{4R^2} = 0.21 \quad (II.1)$$

Appelé “corner system” aux États-Unis [2].

Un problème inhérent à l'utilisation de tels dispositifs est que la section irriguée prend nécessairement la forme d'un cercle (avec le bras comme rayon). Ainsi, l'utilisation d'appareils d'irrigation de type à pivot central dans une section carrée de terrain aura pour conséquence qu'une partie importante du terrain (en dehors de ce cercle) restera non irriguée. On a estimé que de tels systèmes ne couvriraient pas 21,4% de la surface potentiellement productive d'un champ carré en agriculture.

La présente invention fournit un appareil d'irrigation qui est capable d'irriguer des sections d'un champ en dehors de la zone circulaire traversée par l'ensemble de bras principal d'un appareil d'irrigation à pivot central. Il évite ou minimise sensiblement les inconvénients associés aux systèmes à pistolet à eau connus pour atteindre cet objectif, tout en restant simple et relativement peu coûteux. Un avantage particulier de l'invention est qu'elle peut être facilement intégrée aux systèmes d'irrigation à pivot central existants, de sorte que le remplacement de ces systèmes coûteux n'est pas nécessaire. En bref, conformément à l'invention, un bras d'extension est monté à l'extrémité libre d'un ensemble de bras principal qui tourne autour d'un pivot central.

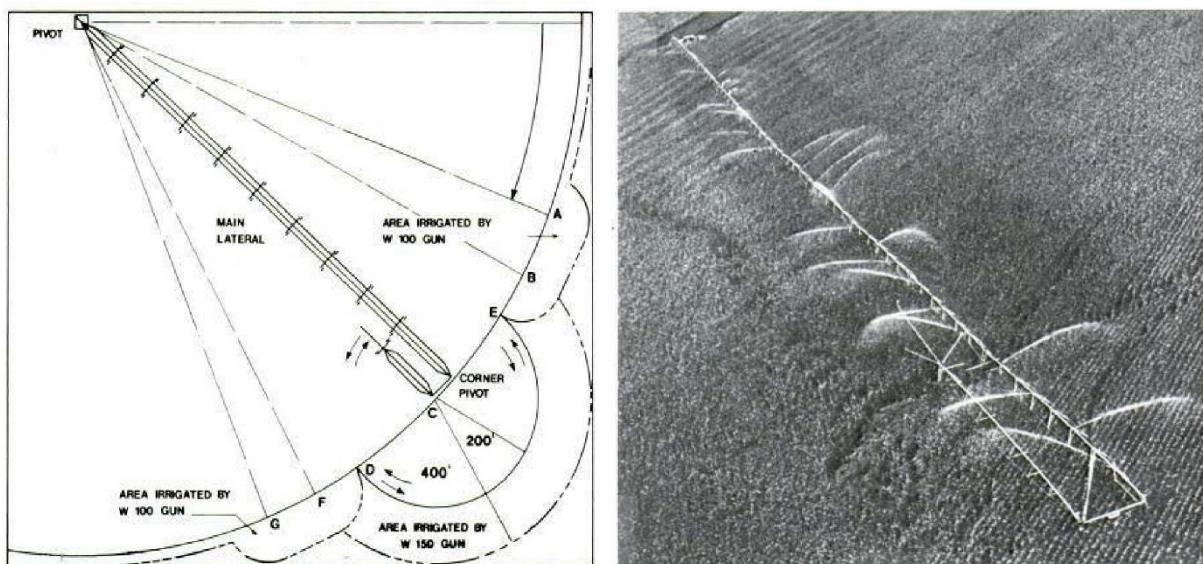
Les fabricants de pivots centraux ont donc mis au point un certain nombre de solutions technologiques permettant une irrigation au-delà du cercle d'au moins une partie des angles.

II.2. Solutions technologiques

La première solution est un pistolet de fin d'irrigation des coins, le pivot central doit être latéral à propulsion électrique. L'extrémité du latéral est équipée d'un pistolet. De temps en temps équipé d'une pompe de surpression. Une tige de contacteur montée sur le pivot et tournant avec la butée latérale frappe une contre-jambe fixe dans une position appropriée, correspondant au moment où la face latérale recoupe le coin non irrigué ; ce contact déclenche l'ouverture d'une vanne permettant au pistolet de fournir de l'eau mise en marche de la pompe de gavage, s'il en

existe une. Lorsque le latéral atteint la fin du coin non irrigué, la tige heurte une seconde jambe qui arrête le pistolet et le surpresseur. Ceci se répète aux quatre coins du carré. S'appelle un pistolet de fin d'irrigation des coins.

La deuxième solution est un système d'irrigation d'angle ZIMMATIQUE de LINDSAY, le latéral est équipé à l'extrémité opposée au latéral lui-même est équipé d'un EAD-GUM ainsi que du bras supplémentaire. La machine avance généralement avec le bras replié sur le côté ; quand il atteint le coin, son canon est mis en action comme décrit dans la solution 1 et commence à fonctionner, arrosant un secteur comme indiqué sur le schéma de la (Fig. II 1), et s'arrête quand le latéral est sur la diagonale du carré Le latéral est équipé à l'extrémité opposée au latéral lui-même est équipé d'un EAD-GUM ainsi que du bras supplémentaire. La machine avance généralement avec le bras replié sur le côté ; quand il atteint le coin, son canon est mis en action comme décrit dans la solution 1 et commence à fonctionner, arrosant un secteur comme indiqué sur le schéma de la (Fig. II 2), et s'arrête quand le latéral est sur la diagonale du



carré.

Figure II. 1 Vue aérienne et plan d'un mouvement de pivot central avec système de coin de Lindsay (130) ($\pi = 0.305 \text{ m}$) [2].

La troisième solution est un système d'irrigation d'angle VALMONT VALLY, la longueur totale des latérales est prolongée par un bras pouvant tourner autour de l'axe vertical de la dernière tour. Ce bras est soutenu près de son extrémité par une traverse réunissant deux roues dont le plan est perpendiculaire au bras (voir Fig. II 2). Cet appareil est équipé d'un capteur à onde magnétique qui peut suivre un câble enterré. Sont transmises aux roues pour que l'unité d'entraînement suive le fil enterré en fonction de la position du fil conducteur par rapport au fil.

Le fil enterré est posé sur une longue et appropriée voie, de sorte que le système de bras s'unisse et se retire progressivement au passage de l'angle, passe au-dessus du diagonal du carré et s'en éloigne.

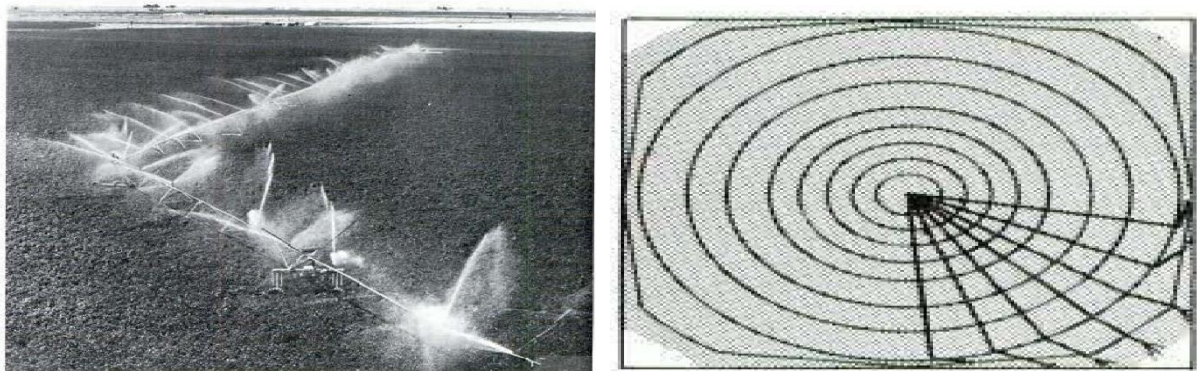


Figure II. 2 Mouvement d'un pivot central avec un système de coin VALLEY [2].

Quatrième solution est un système d'irrigation OLSON Corner, ce système est identique à celui de VALMONTS mais le bras mobile est supporté par deux unités de traverse, une seule étant une unité d'entraînement, ce qui permet de prolonger le bras avec moins de poids sur chaque unité moins de risque de créer des ornières. Le bras étant plus long, la surface gagnée dans les coins du carré est légèrement plus grande qu'avec la solution trois.



Figure II. 3 Système d'angle OLSON [2].

La cinquième solution est un système d'irrigation de coin PRINGLE, la fin du côté latéral est prolongée à la dernière tour par un sprinkler de huit alimenté par le pivot central. Un bras du sprinkler est remplacé par un contrepoids, l'autre porte deux petits pistolets (voir Fig. II. 4).

Lorsque la fin du pivot central atteint un coin du carré. Un doigt sur le contacteur heurte un poteau fixé dans le sol, ce qui déclenche l'approvisionnement en eau, le fait tourner, ce qui

entraîne sa rotation et arrose donc une zone supplémentaire dans le coin non irriguée par un simple pivot central.

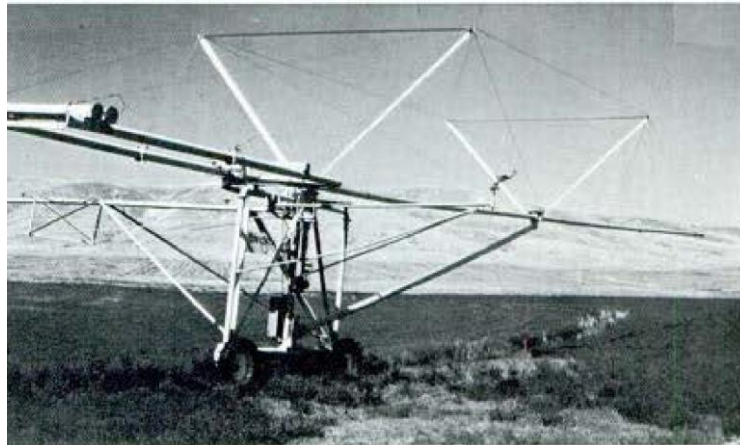


Figure II. 4 Système de coin PRINGLE [2].

La sixième solution est un système d'irrigation d'angle REINKE, Il s'agit d'un système de coin télescopique pour arrosage (voir Fig. II. 5). Les éléments situés à l'extrémité du latéral peuvent se rétracter l'un dans l'autre et être allongés à l'aide d'un moteur mis en marche au moment opportun. Ainsi, le pivot central, de longueur variable, s'allonge progressivement à l'approche de la diagonale du carré à irriguer puis se rétracte, permettant ainsi un arrosage complet du carré.

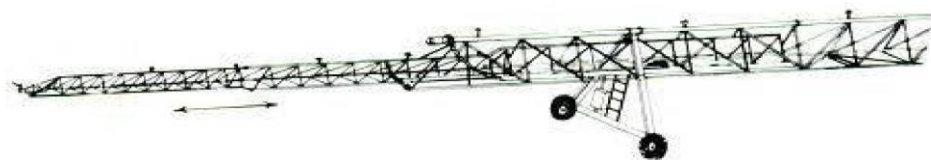


Figure II. 5 Système de coin REINKE (bras tendu) [2].

Il existe de nombreuses autres solutions très similaires à l'une ou l'autre de celles décrites ci-dessus, conçues par différents fabricants. Il convient également de noter que les angles peuvent être irrigués par n'importe quel système d'irrigation complémentaire, indépendant du pivot central. Dans notre mémoire, nous avons choisi d'étudier du brevet la troisième solution.

II.3. Système de pivot d'irrigation avec d'un bras d'arrosage

Un appareil d'irrigation automoteur pour l'arrosage de zones non circulaires comprend un ensemble de bras principal pivotant à une extrémité et soutenu à intervalles réguliers par des tours de support automotrices. Un ensemble de bras d'extension est monté sur des tours de support automotrices et a une extrémité reliée de manière pivotante à l'extrémité libre de l'ensemble de bras principal pour irriguer des parties du champ en dehors de la zone circulaire traversée par le bras principal. Des moyens de commande électriques sont prévus pour faire tourner l'ensemble de bras d'extension par rapport à l'ensemble de bras principal lorsque celui-ci tourne (voir la Fig. II.6).

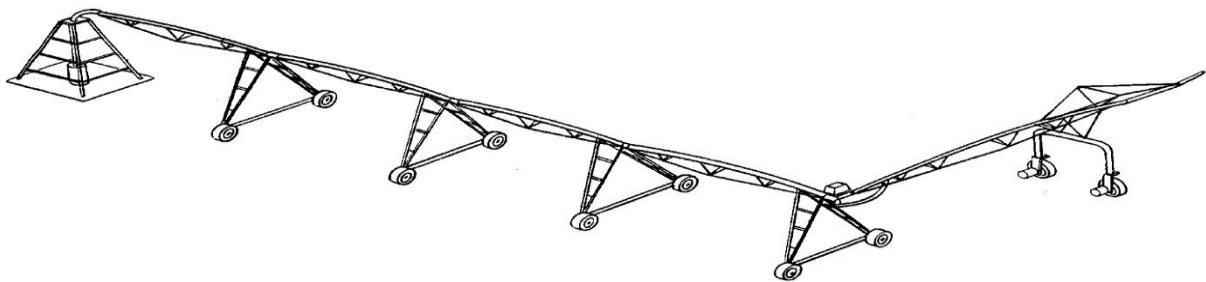


Figure II. 6 Appareil d'irrigation de zones non circulaires [9].

Le bras d'extension supporte des sprinklers qui irriguent les zones situées en dehors de la zone circulaire couverte par l'ensemble de bras principal. Il est mobile par rapport à l'ensemble de bras principal afin de contrôler les zones qu'il couvre (le bras d'extension). Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le bras d'extension pivote par rapport à l'ensemble de bras principal et la position du bras d'extension est contrôlée électriquement en fonction de la position angulaire de l'ensemble de bras principal.

II.3.1. Principe de fonctionnement

Le fonctionnement de base de ce système selon l'invention est expliqué en référence à la (voir la Fig.II.7) L'ensemble de bras principal, représenté globalement par 12, comprend une pluralité de sections séparées 12A, 12B, 12N, qui sont alignés de manière colinéaire. Le bras d'extension est représenté en 16 et peut, par exemple, comprendre deux sections 16X et 16Y. La section de bras d'extension 16X est montée de manière pivotante en 17 à l'extrémité extérieure ou libre de la section de bras principal 12N.

Chacune des sections de bras principal 12A, B, N est supporté sur une tour de support respective 18A, B, N, sur laquelle sont montées des paires de roues 20A, B, N. Les sections de bras d'extension 16X et HEY s'appuient sur les tours 22X et 22Y qui contiennent des paires

respectives de roues 24X et 24Y. Les constructions des tours de support 18 et 22 (voir la Fig. II. 7) sont identiques sauf que les roues 24X et 24Y sont orientables. En pratique, un seul moteur de direction représenté schématiquement en 26 peut être utilisé pour commander les roues 24Y, les roues 24X étant autorisées à suivre les roues 24Y soit passivement, soit avec assistance.

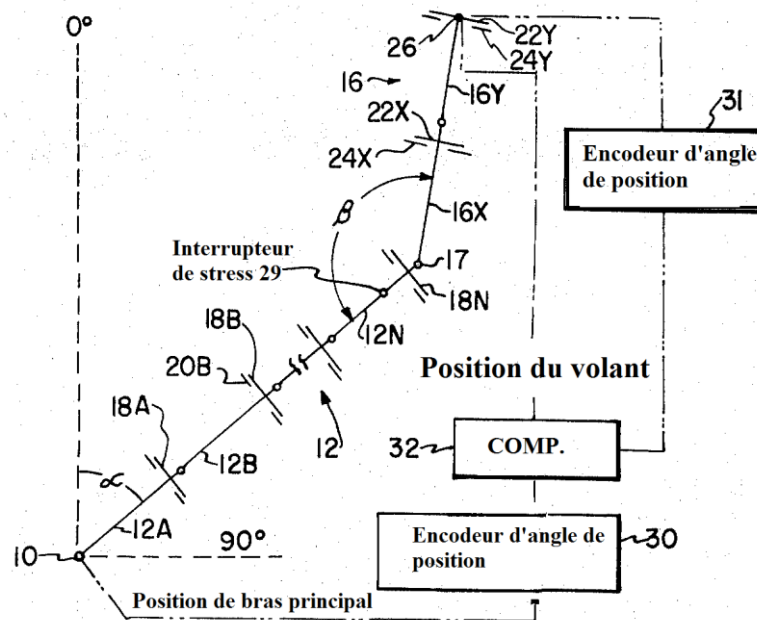


Figure II. 7 Schéma de fonctionnement de système [9].

Les deux signaux numériques provenant des codeurs 30 et 31 sont couplés à un comparateur électrique 32 qui produit un signal de commande électrique lorsque les deux signaux numériques ne sont pas égaux (ou ont une autre relation présélectionnée). Ce signal électrique est couplé au moteur de direction 26, ce qui force les roues 24Y (et 24X) à tourner jusqu'à ce que la sortie numérique codée représentant la position du volant soit égale (ou sinon correspond) à la sortie du codeur d'angle de position du bras principal 30. A cette position, le moteur de direction 26 est désactivé et le bras d'extension continue à tourner avec les roues directrices dans une position fixe.

Lorsque le bras d'extension 16 tourne, une position est atteinte où la contrainte exercée sur la section de bras d'extension principale 12N provoque l'actionnement du commutateur de contrainte 29. Lorsque l'interrupteur 29 est actionné, il active le moteur d'entraînement des roues de la section principale 12N, ce qui provoque alors le démarrage de cette section du bras d'extension principal. De manière similaire, comme décrit ci-dessus, le mouvement de cette section principale extérieure actionne successivement les moteurs d'entraînement associés aux sections intérieures restantes de sorte que le bras d'extension principal balaie le champ.

II.3.2. Description cinématique

Dans ce mode de réalisation, il est nécessaire de déterminer le sens dans lequel les volants doivent être alignés pour chaque position discrète de l'ensemble de bras principal. Cela peut être fait mathématiquement si les longueurs des assemblages respectifs et leurs vitesses relatives sont connues. La direction des roues directrices du bras d'extension 24Y pour chaque position discrète (a) du bras principal est dans la même direction que le vecteur vitesse requis pour le point extérieur du bras d'extension 16 par rapport à la base 10. Par conséquent, ce vecteur vitesse est calculé pour chaque position de bras principal discrète, puis les roues codeuses (qui produisent un signal numérique différent pour chaque position de bras principal) sont correctement positionnées de manière à provoquer le contrôle requis des roues directrices. A titre d'exemple, la (Fig. II.08) montre une relation exploitable entre l'angle de position a du bras principal et l'angle de position du volant.

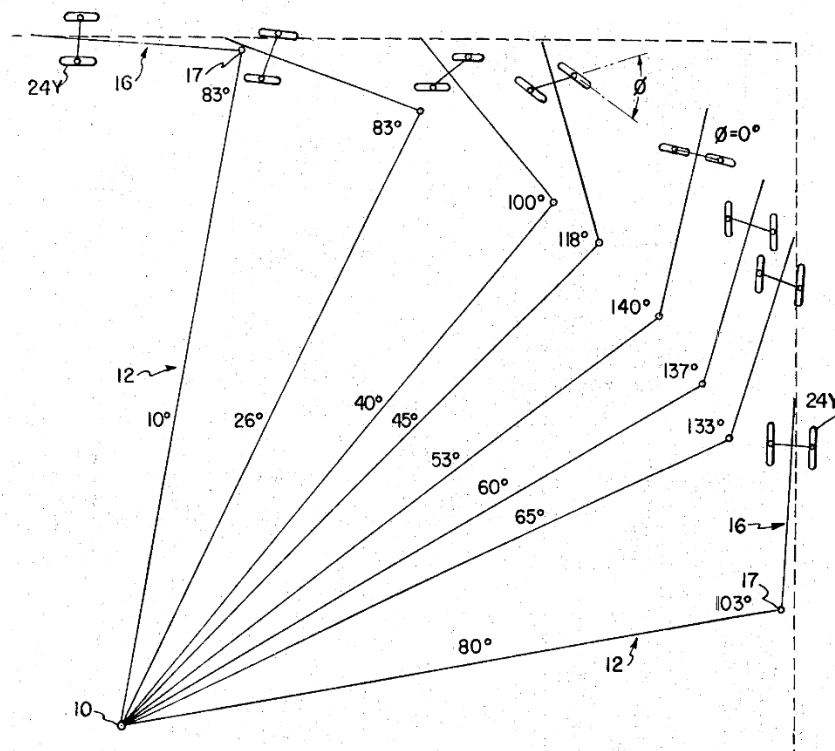


Figure II. 8 Schéma des positions relatives de l'ensemble de bras principal et du bras d'extension [9].

Il peut apparaître de la (Fig. II. 9) que des changements inhabituellement abrupts de la position du volant sont nécessaires entre 0° - 40° et 60° , en raison du mouvement de l'ensemble bras principal ; cependant, la vitesse linéaire de la section extérieure du bras principal 12 est très faible, par exemple de l'ordre de 300 pieds par heure. Par conséquent, à toutes fins utiles, la rotation des volants 22Y peut être considérée comme instantanée en ce sens que les volants sont positionnés très rapidement par rapport à la vitesse linéaire de l'ensemble.

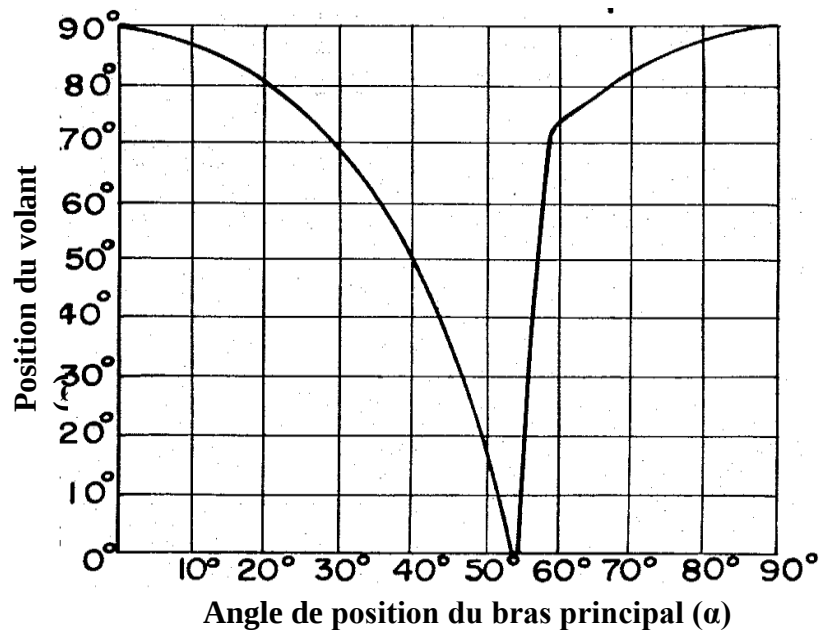


Figure II. 9 Graphique montrant la position du volant en fonction de l'angle de l'ensemble bras principal [9].

II.3.3. Description mécanique

Les figures (II. 10 et II.11) montrent certaines caractéristiques mécaniques d'un système incorporant l'invention. Les pièces illustrées sur ces (fig. II. 7) ont été numérotées pour correspondre à la (Fig. II. 8) Dans la mesure où la construction de l'ensemble bras principal est connue, une discussion détaillée de la structure physique du système n'est pas incluse.

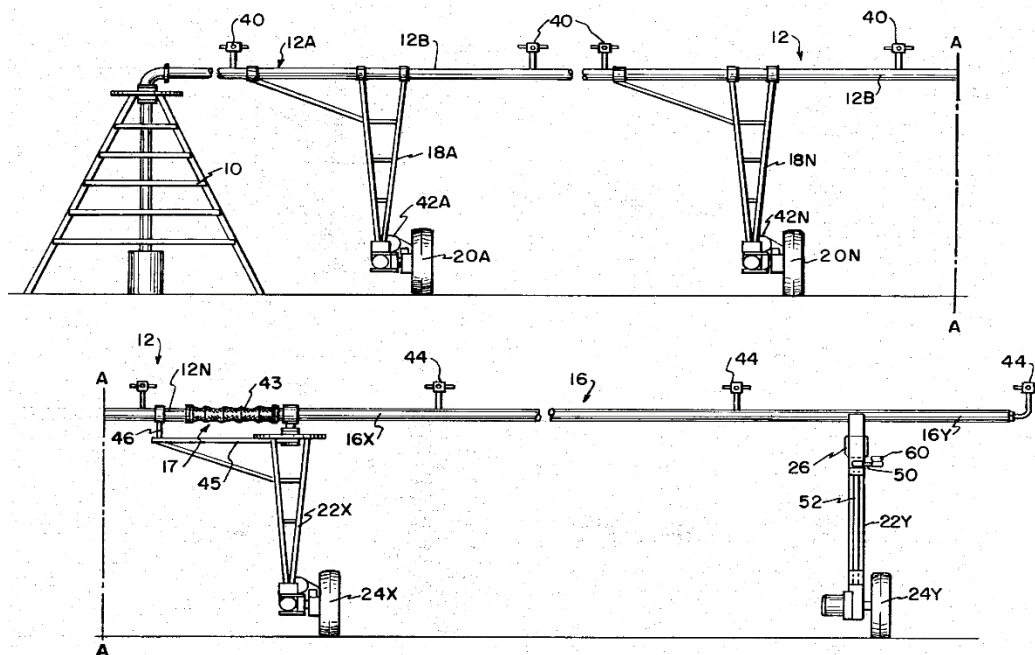


Figure II. 10 Vues de face d'ensemble de bras principal et bras d'extension [9].

Les sections 12A, 12B. .N de l'ensemble du bras principal sont représentés comme consistant en des conduits creux à travers lesquels de l'eau est appliquée aux sprinklers 40 espacés le long des sections individuelles. (En variante, un conduit séparé pour l'eau peut être supporté de manière conventionnelle sur ces sections). Moteurs d'entraînement 42A, 42B. .N sont montés sur des tours de support respectif 18A, 18B. .N pour conduire les roues 20A, 20B. .N qui font pivoter l'ensemble bras principal. Comme mentionné ci-dessus, la manière dont ces moteurs sont contrôlés est standard, sauf que le fonctionnement du moteur 42N est déterminé par la contrainte de la section 12N provoquée par la rotation du bras d'extension.

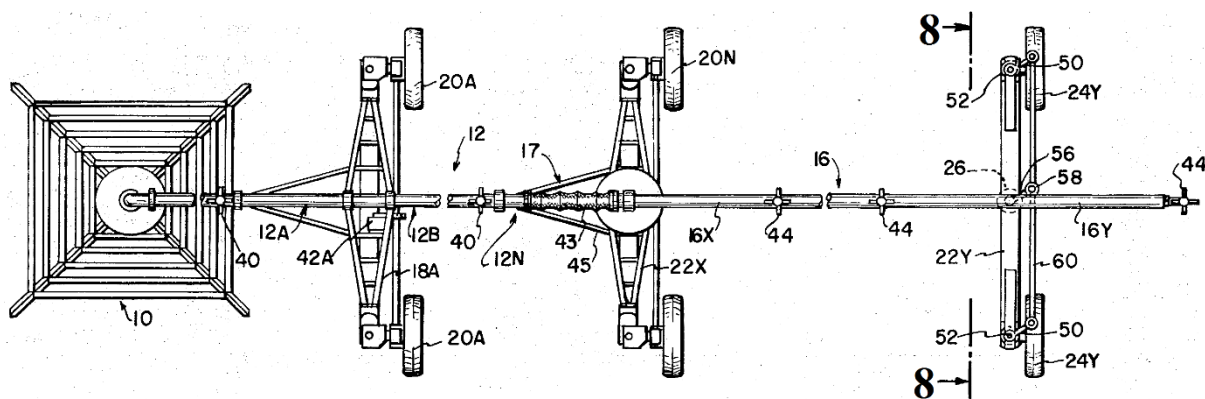


Figure II. 11 Vue en plan d'ensemble bras principal et bras d'extension [9].

L'agencement de direction pour les roues directrices 24B est représenté le plus clairement sur la figure. (II. 11). Le moteur de direction 26 est supporté physiquement sur la tour de support 22Y au-dessus des roues. Le moteur 26 est un moteur électrique à vitesse constante qui est allumé et éteint lors de la réception des signaux du comparateur 34, comme décrit ci-dessus en référence à la (Fig. II. 7) L'alignement ou la position des roues directrices 22Y est commandé par un axe 50 relié à des biellettes verticales 52 qui font tourner les supports d'essieu 54 sur lesquels les roues sont montées. Le moyen physique pour diriger les roues est conventionnel et, évidemment, tout agencement approprié pour les roues directrices 22Y peut être utilisé.

II.3.3.1. Support de bras d'extension

La Figure (II.12), est la tour pivotante orientable 22 comprend une paire de jambes 68 qui convergent lorsqu'elles s'étendent vers le haut et se raccordent à la flèche d'extension 18 à leurs extrémités supérieures. Un support 70 relie la section de tuyau courte 34 de la flèche d'extension aux pieds 68. Des plaques de support 72 connectent les extrémités inférieures des pieds 68 à une base généralement horizontale 74 de la tour. Les extrémités opposées de la base 74 sont reliées aux manchons verticaux 76. Chaque manchon 76 reçoit une jambe 78 portant une roue 80 en prise avec le sol sur son extrémité inférieure. Chaque jambe 78 comporte un moteur

électrique conventionnel 82 qui entraîne la roue 80 correspondante par l'intermédiaire d'un réducteur 84. Les jambes 78 sont capables de faire tourner les manchons 76 pour diriger la tour pendulaire 22.

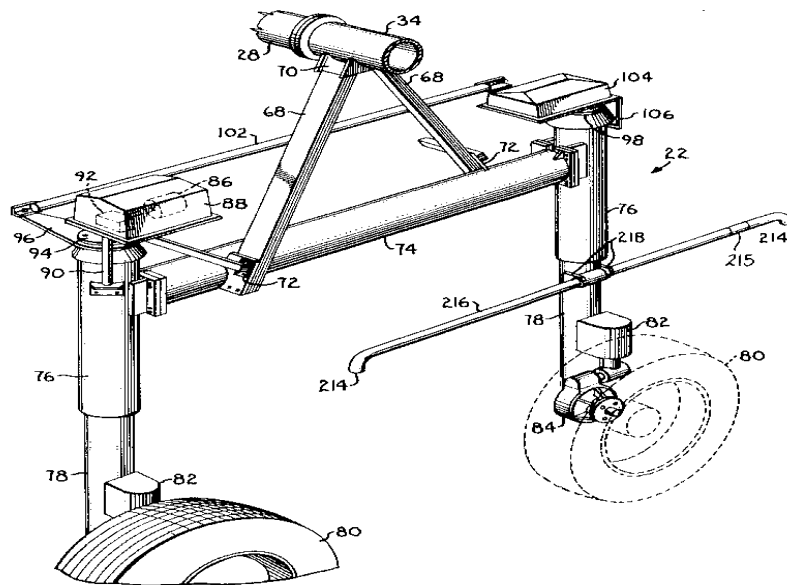


Figure II. 12 Vue en perspective fragmentaire de la tour de support orientable pour la flèche d'extension [9].

II.3.3.2. Agencement mouvements roue de direction

Comme expliqué ci-dessus, il est nécessaire de déplacer les roues directrices dans un sens pour que le bras d'extension puisse commencer à se déplacer vers l'extérieur, puis de se replier dans l'autre sens pour que le bras d'extension puisse revenir à sa position initiale. En conséquence, dans la pratique, les volants doivent être alignés dans la même direction à deux reprises pendant le balayage d'un quadrant donné (c.-à-d. En allant et venant). Cela crée une redondance ou une ambiguïté qui obligeait normalement les circuits électroniques du comparateur à mesurer les signaux d'angle de position codés de manière à pouvoir déterminer la direction dans laquelle le bras d'extension se déplace par rapport au bras principal.

Selon une autre caractéristique de ce mode de réalisation, cette exigence est évitée par un agencement de direction du type à vilebrequin comprenant un disque rotatif 56 qui tourne dans un seul sens en réponse à l'actionnement du moteur de direction 26. Le disque 56 est relié aux broches 50 au moyen d'un lien 58 épinglé de manière appropriée au bord du disque 56 (voir figure. II. 13) en 59, l'autre extrémité du lien 58 étant reliée à des broches 50 par des tirants horizontaux 60. Avec ce type de disposition (et un dimensionnement approprié et la disposition du mécanisme de direction, la rotation complète du disque 56 fait tourner le volant 22Y de 90° dans un sens (correspondant à la rotation des disques 56 à 180) puis de retour 90 à

la position de départ (lorsque le disque 56 tourne de 180 à 360 °). Par conséquent, Puisqu'il existe une position discrète du disque 56 pour chaque position de l'ensemble de bras principal dans tout quadrant donné, il n'existe plus l'ambiguïté mentionnée ci-dessus, bien que le cycle de direction complet soit toujours disponible.

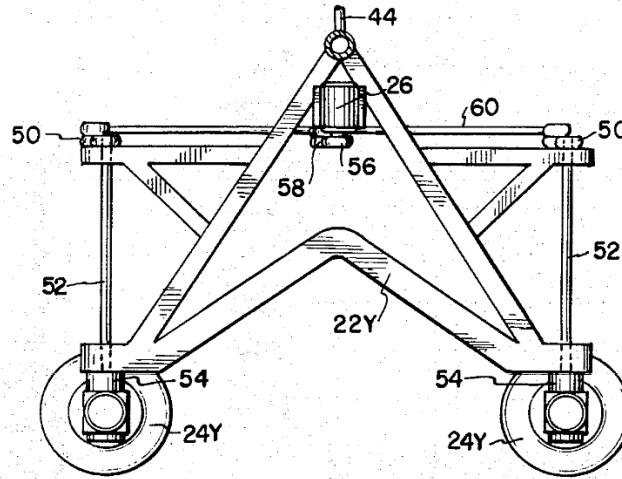


Figure II. 13 Support de flèche d'extension [9].

II.3.3.3. Freinage d'amortir des charges de bras d'extension

Autre l'invention est concerné en particulier le joint flexible intègre également un frein pour limiter le roulage. La rotation de l'ensemble bras entraîne le pare-chocs en contact avec la plaquette de frein. Le patin est suffisamment rigide pour retarder le roulement, mais suffisamment flexible pour permettre la rotation du bras en position de fin de course d'arrêt de sécurité en cas de dysfonctionnement grave.

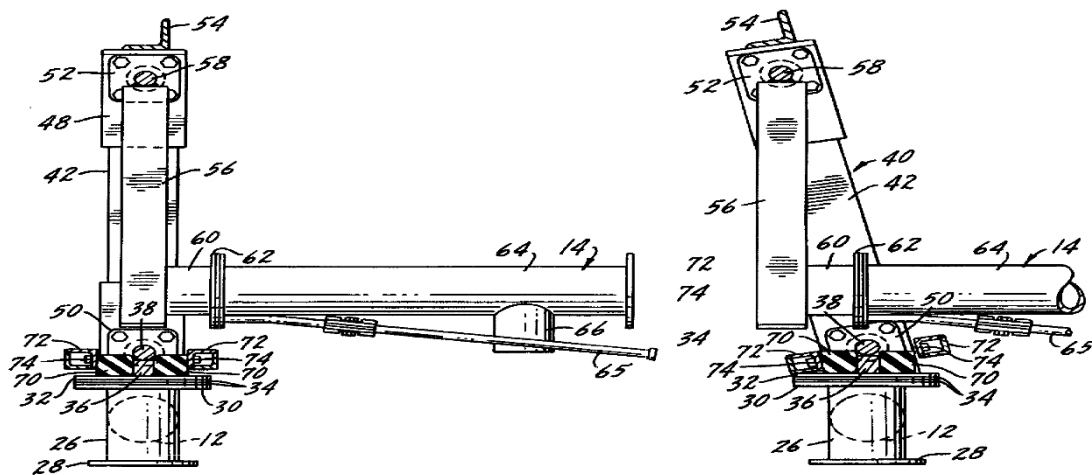


Figure II. 14 Joints flexibles intègres également [9].

Les freins pour amortir le ralentissement sont mieux visibles sur la figure. (II.14), Le frein comprend une paire de patins ou blocs souples 70. Il y a un bloc de chaque côté de l'entretoise 36, reposant sur le dessus de la bride de fusée 32. Les patins 70 sont de préférence réalisés en un matériau élastomère tel que de l'uréthane. Une paire de pare-chocs 72 est boulonnée de manière lâche en 74 sur les éléments allongés 42 de l'ensemble de bras. Lorsque le bras tourne suffisamment, comme illustré à la Figure (II.14), l'un des pare-chocs 72 comprime le patin de frein 70, ce qui tend à retarder le mouvement de l'ensemble bras et de la liaison. Les patins sont lâches et viennent s'asseoir sur la bride de broche 32, coincée entre l'entretoise 36 et les pare-chocs 72. En cas de dysfonctionnement, c'est-à-dire si la tour à travée mobile ou la tour d'extrémité du pipeline principal ne se déplace pas ou ne s'arrête pas, un arrêt de sécurité est nécessaire. Dans une telle situation, le bras continue à tourner. La broche est sortie de la prise. Cela provoque le mouvement de la plaque à cames vers le haut, actionnant l'interrupteur de sécurité 90, ce qui provoque l'arrêt.

II.3.4. Description électrique

La tour la plus à l'extérieur 30 (il apparaît plus clairement dans la Fig. II.14) programmée pour se déplacer à une certaine vitesse, soit de manière continue, soit par paliers ou intervalles, et son angulation par rapport à la section de conduite intérieure suivante sera détectée ou détectée par l'intermédiaire d'un joint flexible 32 qui détecte l'angulation vers l'avant de l'extérieur. section de conduite 30 (voir la Fig. II.14) et fait fonctionner le moteur électrique qui entraîne la tour intérieure suivante, la faisant avancer pas à pas, comme indiqué par son joint flexible (voir la Fig. II.15).

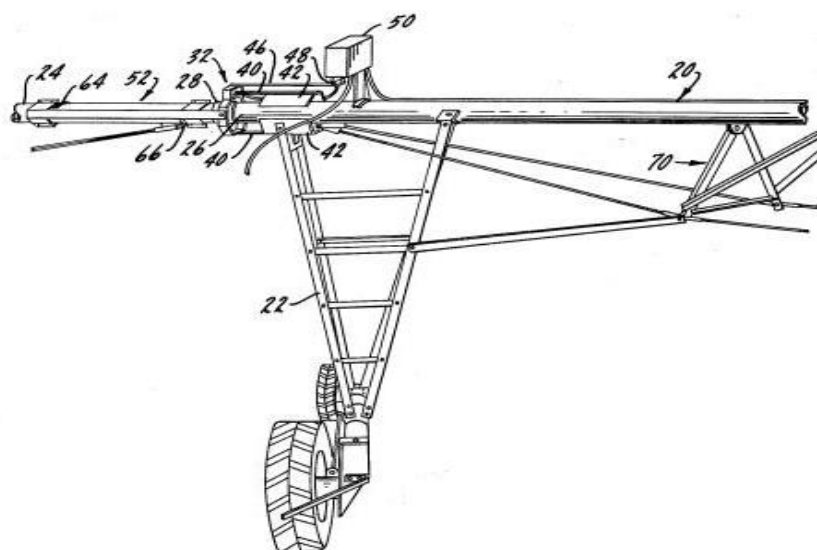


Figure II. 15 Boite contrôle des tours [9].

Boite de contrôle des tours

La tour de charnière 20 comporte une paire de jambes 122 convergeant vers le haut qui se raccordent à leurs extrémités supérieures à un support 124. Un coude 126 relié au support est relié à l'extrémité externe du bras d'irrigation principal 10. La partie verticale du coude 126 s'étend à travers une plaque 130 formant un bras de l'ensemble de charnière (voir la fig. II. 16).

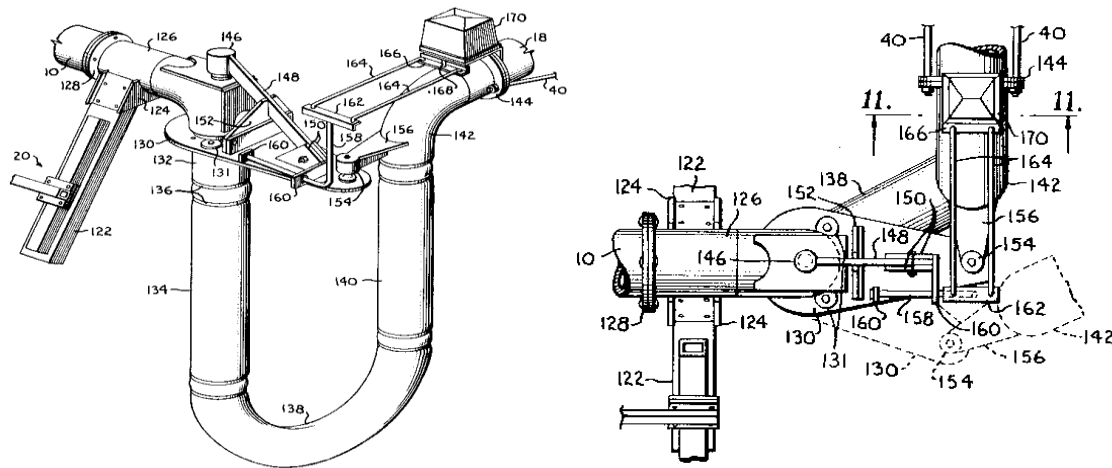


Figure II. 16 Structure à double charnière avec les lignes pointillées indiquant le mouvement de la flèche d'extension [9].

Les moteurs d'entraînement des tours articulées et pivotantes sont commandés en fonction de la position angulaire de la rallonge autour de l'articulation extérieure de la charnière 154. Un bras en forme de L 158 comporte une partie horizontale fixée aux pattes 160 montées sur la plaque 130. Le bras 158 porte une console 162 munie de tiges parallèles 164 accrochées à ses extrémités opposées.

Comme le montre bien la Figure (II.17), l'arbre 168 pénètre dans la partie inférieure d'un boîtier de commande 170 monté de manière adjacente à la connexion à bride 144. Sur l'arbre 168 situé à l'intérieur du boîtier 170 se trouvent une pluralité de cames 172 qui commandent les commutateurs correspondants 174. Les cames 172 et les commutateurs 174 commandent les moteurs d'entraînement du moteur.

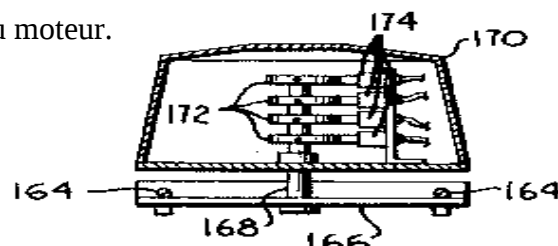


Figure II. 17 Vue en élévation fragmentaire du boîtier de commande de la double charnière [8].

Lorsque la flèche d'extension 18 pivote vers l'intérieur et l'extérieur, elle pivote autour de l'axe d'articulation vertical fourni par l'articulation interne 146. Les articulations d'articulation interne et externe 146 et 154 coopèrent pour permettre un mouvement linéaire parallèle à la flèche d'extension 18 afin de commander les moteurs d'entraînement de la tour à charnière 20 et de la tour pendulaire 22. En se référant au schéma de circuit électrique (voir la Fig. II.18).

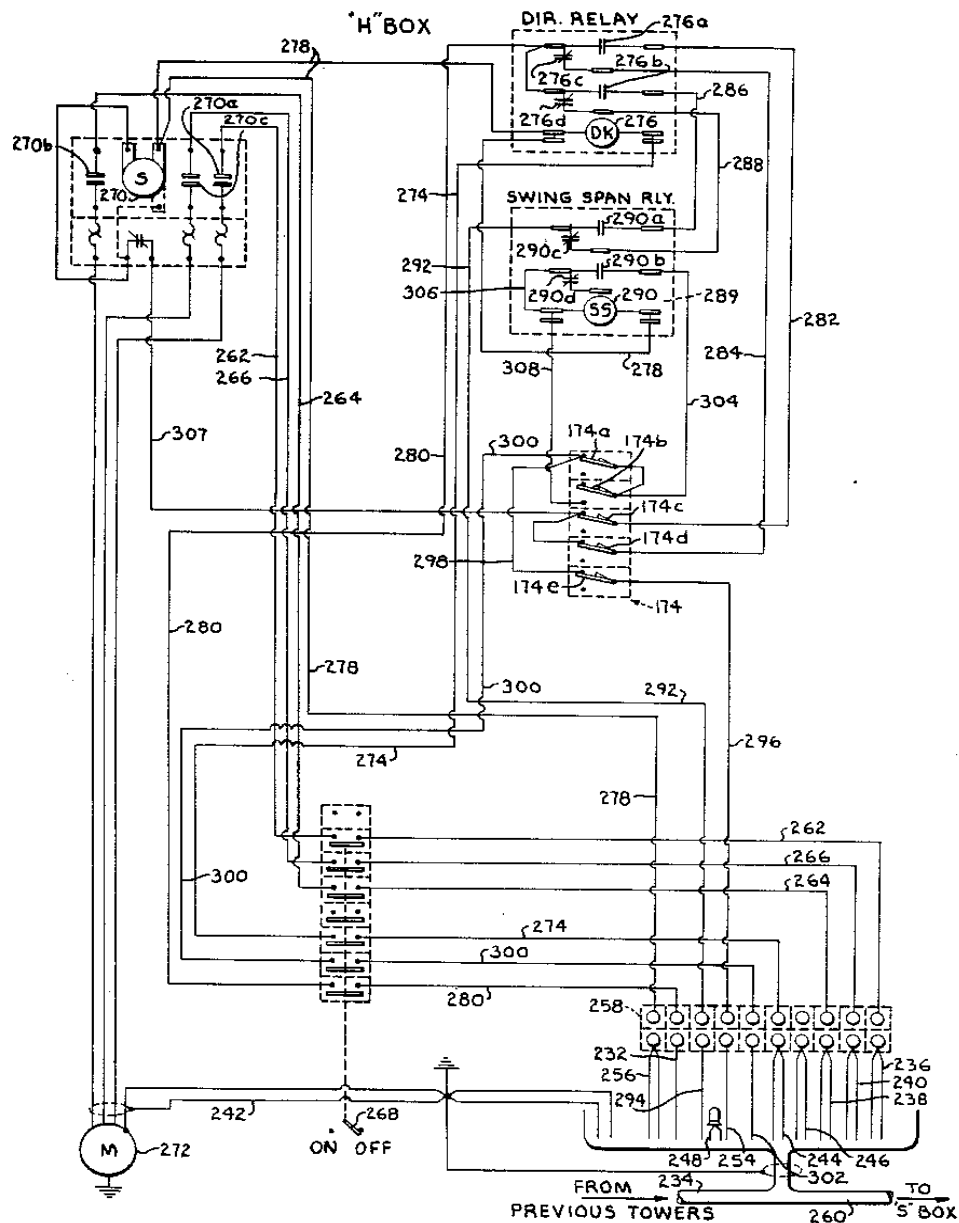


Figure II. 18 Schéma du circuit électrique dans le boîtier de commande de la tour à charnière [8].

II.3.4.1. La structure de collecteur de liaison électrique

La Figure (II. 19), le conduit 228 mène à un ensemble de collecteur 230 situé au support pivot 12 de la machine d'irrigation. L'assemblage d'anneau collecteur 230 fournit de l'énergie électrique à la rampe d'irrigation en rotation. Le conducteur 226 qui est commandé par la minuterie de pourcentage 220 est connecté à un autre conducteur 232 partant de la bague collectrice. La conduite 232 s'étend dans un conduit 234 qui mène à un boîtier de commande sur chaque tour de support de la flèche principale, y compris la tour à charnière 20. Des conducteurs 236, 238 et 240 s'étendant également à partir de la bague collectrice par le conduit 234 les moteurs d'entraînement de la tour.

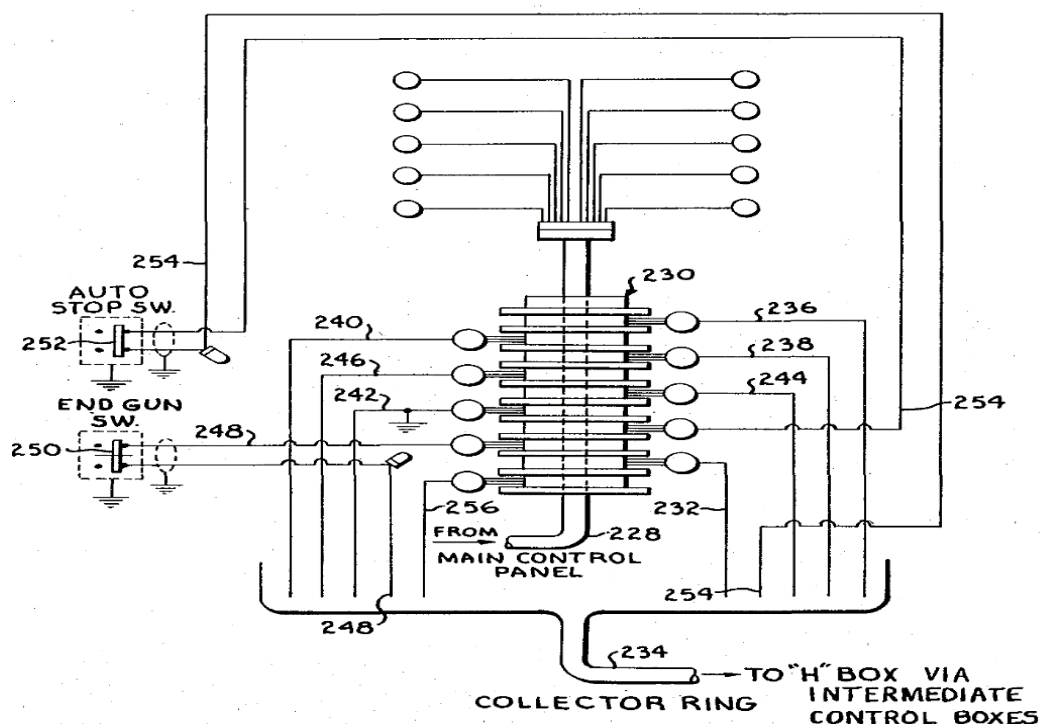


Figure II. 19 Schéma du circuit électrique de la bague collectrice au point de pivot de la machine d'irrigation [8].

La bague collectrice comporte également une ligne de terre 242 traversant le conduit 234. Un commutateur de direction (non représenté) commande l'alimentation des lignes 244 et 246. La ligne 244 reçoit 120 volts lorsque la machine fonctionne en mode direct et le l'autre ligne 246 reçoit 120 volts en mode de fonctionnement inverse de la machine.

II.3.4.2. Schéma du circuit électrique des tours de flèche d'extension

La figure (II. 20) illustre les circuits de commande qui actionnent les moteurs d'entraînement de tourelle pivotante, le moteur de guidage et les sprinklers, bien que les circuits de la "boîte en H" (figure II. 18) puissent interrompre les moteurs d'entraînement de tourelle pivotante et le moteur de direction. Le conduit 260 partant de la tour à charnière s'étend jusqu'à un boîtier de commande 310 monté sur la tour pivotante 22. Les conducteurs qui s'étendent dans le conduit 260 mènent aux contacts d'un interrupteur marche / arrêt 312. Les conducteurs à 480 volts 236, 238 et 240 se connectent avec les moteurs d'entraînement 82 de la tourelle pivotante à travers les contacts de l'interrupteur 312 et les contacts normalement ouverts 314a, 314b et 314c. Une bobine de démarrage de tour 314 ferme les contacts 314a, 314b et 314c lorsqu'elle est alimentée.

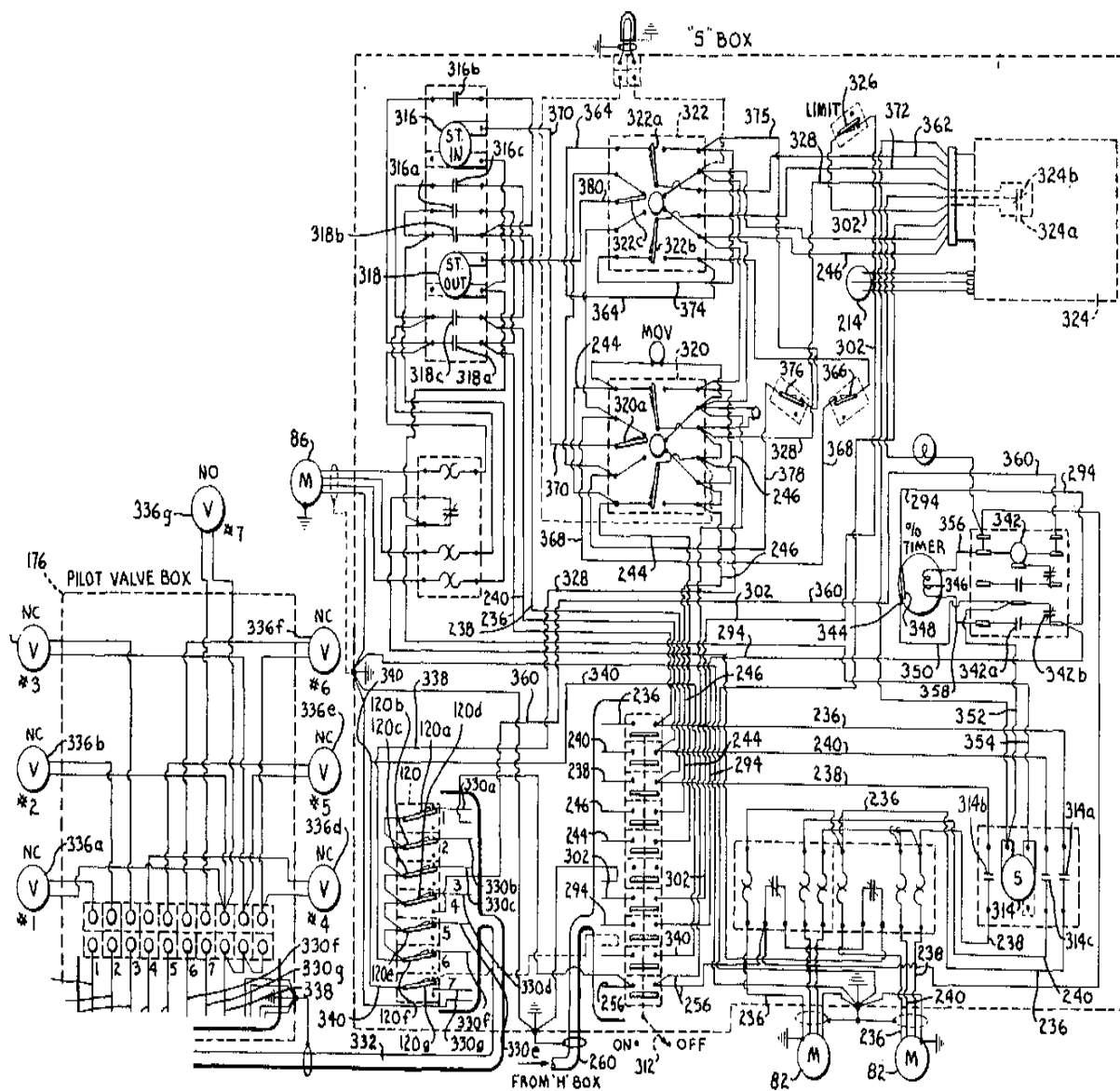


Figure II. 20 Diagramme schématique du circuit électrique sur la tour orientable de la flèche d'extension [8].

II.3.4.3. Roue de codage (capteur de position)

Ce Figure. (II. 21) illustre une roue de codage qui peut être utilisée conformément au mode de réalisation préféré de l'invention. Peuvent être lus par des moyens photoélectriques et des dispositifs appropriés à cet effet sont connus. Une roue similaire peut être utilisée comme encodeur de volant, la disposition physique des roues respectives étant correctement ajustée pour créer une relation souhaitée entre le bras d'extension 16 et le bras principal 12 pour chaque position discrète du bras principal.

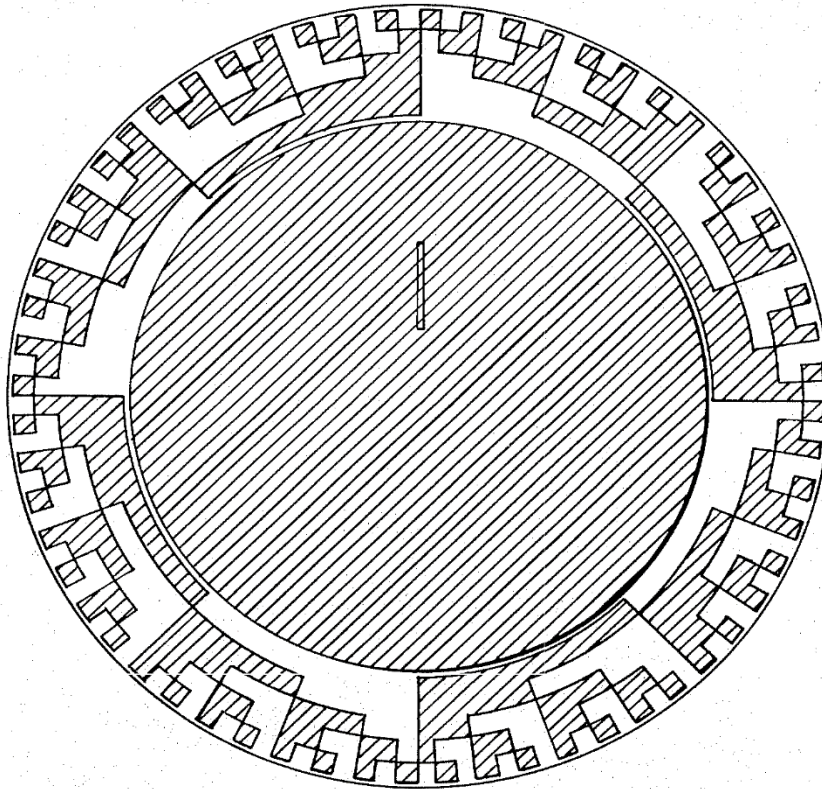


Figure II. 21 Montre l'une des roues de codage utilisées dans le mode de réalisation préféré [8].

Le ou les disques de codage ou un autre moyen de codage peuvent être modifiés à volonté pour modifier la zone couverte par les ensembles bras et rallonges combinés.

II.3.5. Description hydraulique

Encore un autre objet de l'invention est de proposer un procédé et des moyens pour maintenir un débit de pompe constant pour une machine à pivot central avec une travée angulaire tout en appliquant la profondeur d'eau correcte à la fois sous les travées pivotantes et dans la travée angulaire lorsque les exigences de débit changent sous la travée de coin.

Une pluralité de sprinklers espacés sont prévus sur la rampe principale ainsi que sur la rampe d'extension. Les sprinklers de la rampe d'extension ne sont activés que lorsque celle-ci se déplace dans les angles du champ. Une difficulté est de fournir une distribution uniforme de l'eau sous les travées de pivot et la travée de coin lorsque les exigences de débit changent sous la travée de coin. Comme illustré à la (Fig. II. 22) l'envergure des coins 14 suit le bras principal et est déplacée vers les coins 53 du champ 54 de sorte que les coins du champ puissent être irrigués de manière conventionnelle. La travée de coin 14 comprend une conduite d'eau d'extension 44, telle que décrite précédemment, qui comporte une pluralité de sprinklers espacés 56 positionnés sur celle-ci.

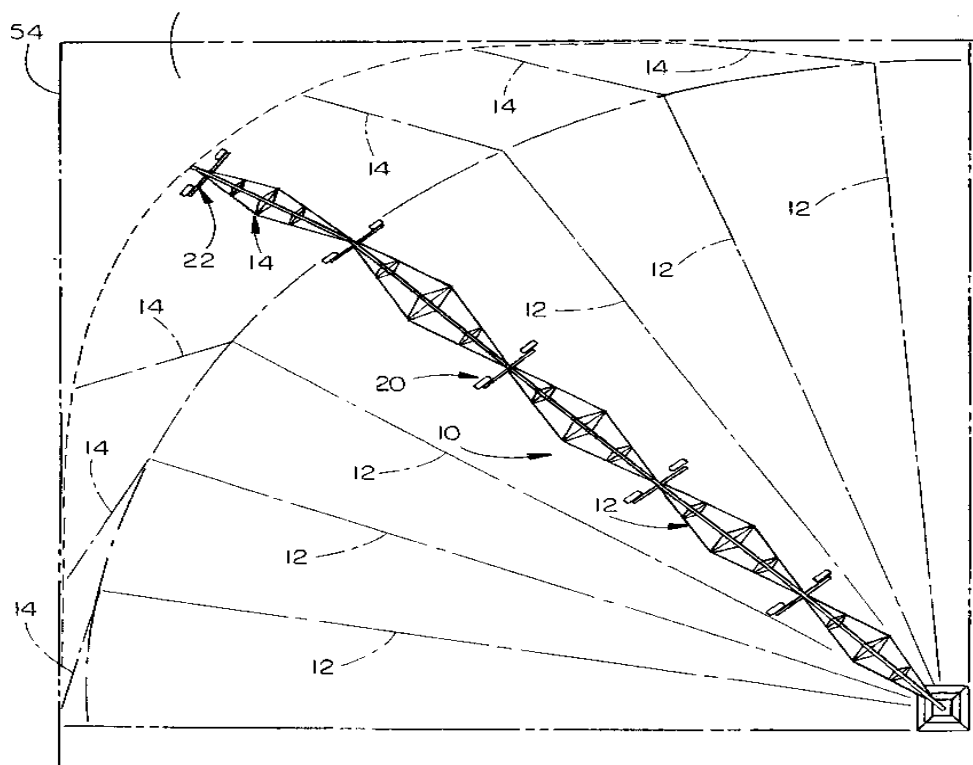


Figure II. 22 Vue en plan illustrant le système d'irrigation à bras de coin de cette invention [8].

La machine de coin actuelle aura des débits de pompe variables au fur et à mesure que les sprinklers de coin sont activés et désactivés. Les sprinklers situés sur les travées de pivot d'une machine d'angle auront soit un débit fixe, soit un flux variable en fonction du changement de pression sur chaque sprinkler. L'unité de pompage est configurée pour la condition lorsque tous les sprinklers de la machine fonctionnent. Lorsque les sprinklers sont désactivés, l'unité de pompage utilise une énergie inutile (voir la Fig. II. 23).

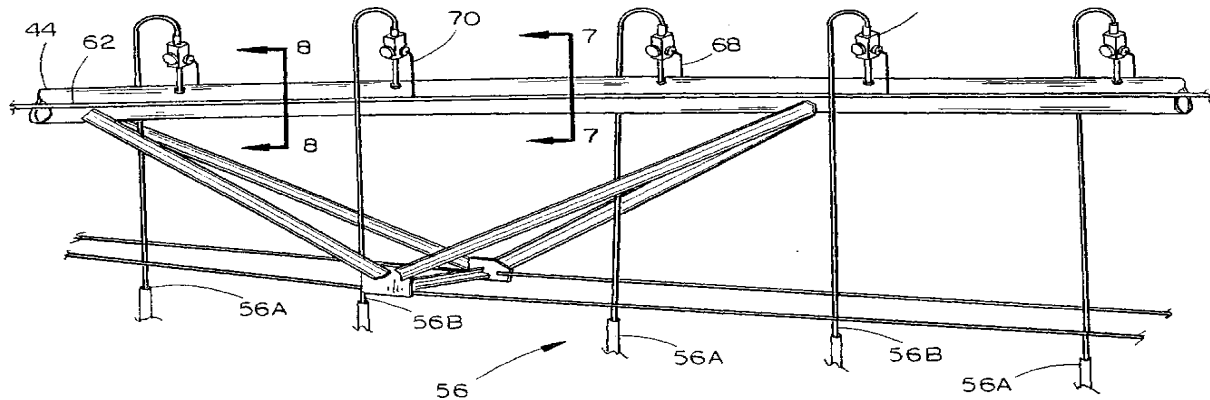


Figure II. 23 Vue en perspective partielle de la travée d'angle ayant deux lignes d'arrosage fournies sur celle-ci [8].

Jusqu'à présent, des groupes de sprinklers sur la rampe d'extension étaient activés ou désactivés, en fonction de l'angle de la rampe d'extension par rapport à la rampe principale. Cela a entraîné des arrosages excessifs et des inondations, en fonction de la position de la flèche d'extension.

II.3.5.1. Technique de contrôles de sprinkler

Les tubes pilotes hydrauliques 68 s'étendent du tube 60 aux vannes 58 des sprinklers. 56A tandis que les tubes pilotes hydrauliques 70 s'étendent du tube 62 aux vannes 58 des sprinklers 56B. Les sprinklers 56A sont couramment contrôlés et les sprinklers 56B sont couramment contrôlés.

En d'autres termes, les sprinklers 56A peuvent être activés tant que les sprinklers 56B sont désactivés, et inversement (voir la Fig. II. 24)

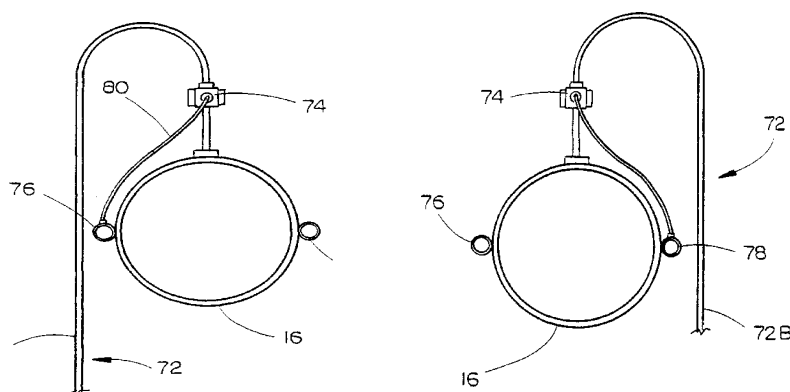


Figure II. 24 Vue en coupe telle que vue sur les lignes A-A et B-B de la fig.II.23 [8].

II.3.5.2. Passage d'eau entre la flèche principale et la flèche d'extension.

En se référant à la Figure (II. 25), le numéro 24 fait référence à la section de tuyau la plus à l'extérieur de la flèche principale 16. Le support 26 est fixé à la plaque annulaire 28 montée à l'extrémité extérieure de la section de tuyau 24 et comporte une boule d'attelage 30 montée sur celle-ci. Le support 26 comprend un tuyau ou une section coudée 32 qui s'étend vers le bas, vers l'extérieur et vers l'arrière depuis la section de tuyau 24.

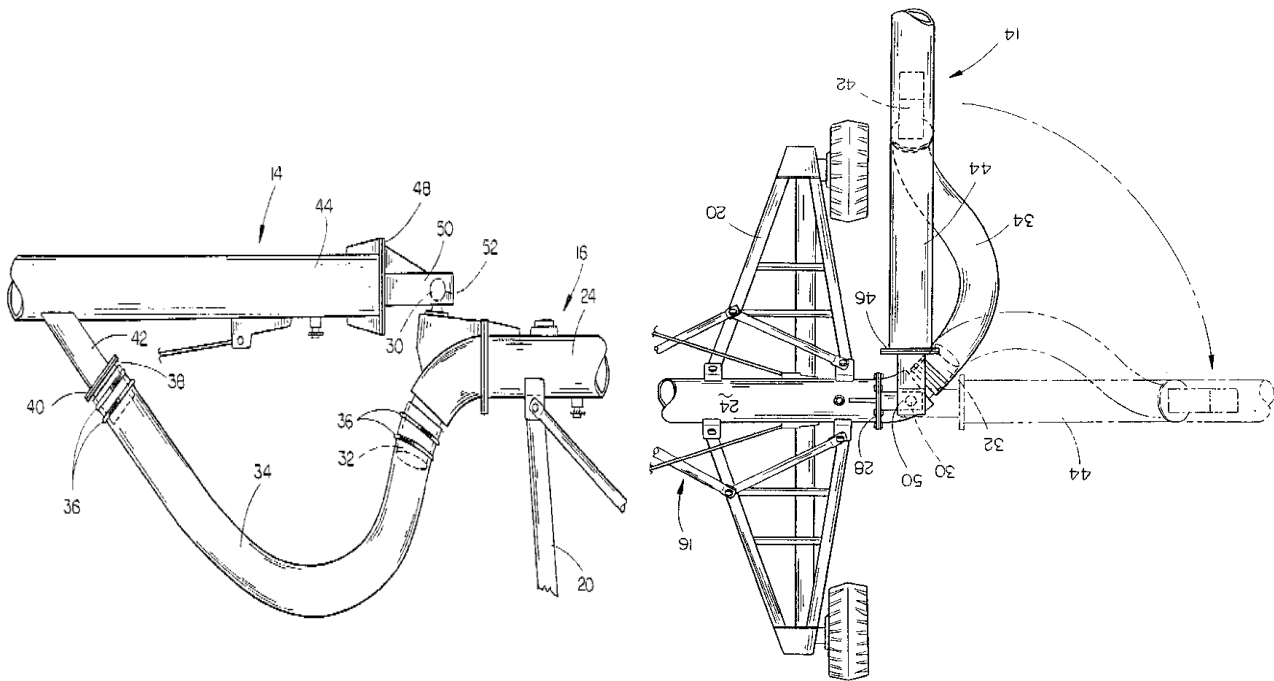


Figure II. 25 Vue en élévation latérale de la connexion [8].

II.4. Conclusion

En décrivant les caractéristiques mécaniques, électriques et hydrauliques du système, nous pouvons d'abord comprendre le brevet puis contribuer à la réalisation d'un modèle simulant l'idée d'invention. D'autre part, nous notons la complexité de la mécanisation de tous les côtés et mon père a besoin d'un effort considérable pour l'étudier et la comprendre.

CHAPITRE III :

Modélisation géométrique et cinématique

III.1. Introduction

La mécanique du solide est une branche de la physique dont l'objet est l'étude du mouvement, des déformations ou des états d'équilibre des systèmes solides. La mécanique dite du solide rigide fait abstraction des déformations des corps considérés : elle se décompose en 3 branches principales :

- La cinématique est la discipline de la mécanique qui s'intéresse au mouvement des corps indépendamment des causes qui les produisent.
- La statique consiste à calculer l'équilibre des forces d'un système à l'équilibre, en l'absence de mouvement.
- La dynamique est l'étude des corps en mouvement sous l'influence des forces qui lui sont appliquées. Elle établit donc une relation entre la statique et la cinématique.

Dans ce chapitre, nous étudions et analysons les modèles géométriques et cinématique du système de coins, en suite l'extraction les équations géométriques et cinématique afin de nous aider à calculer les coordonnées (x, y) , à dessiner le diagramme de position et à tracer la trajectoire qui seront représentés sur le quatrième chapitre.

III.2. Présentation du bras manipulateur

Un bras manipulateur est le bras d'un robot généralement programmable, avec des fonctions similaires à un bras humain. Les liens de ce manipulateur sont reliés par des axes permettant, soit du mouvement de rotation, ou de translation (linéaire) de déplacement. Il peut être autonome ou contrôlé manuellement et peut-être utilisé pour effectuer une variété de tâches avec une grande précision. Les bras manipulateurs peuvent être fixes ou mobiles (c'est-à-dire à roues) et peuvent être conçus pour des applications industrielles. Généralement, un robot manipulateur est considéré comme un système articulé rigide.

III.3. Modélisation et commande adaptative d'un bras manipulateur rigide à 2 degré de liberté

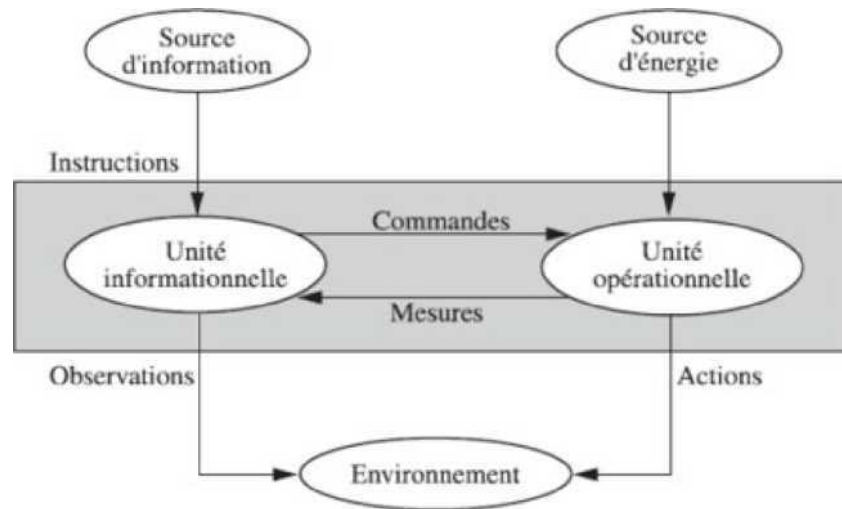


Figure III. 1 Structure fonctionnelle d'un robot [3].

Reçoit les instructions décrivant la tâche à accomplir, les mesures relatives à l'état interne de la structure mécanique qui constitue le bras manipulateur et les observations concernant son environnement. Elle élabore en conséquence les commandes de ses différentes articulations en vue de l'exécution de ces tâches. Les systèmes actuels fonctionnent en interaction permanente selon le cycle information-décision-action [3].

Exerce les actions commandées en empruntant la puissance nécessaire à la source d'énergie. Cette partie, qui constitue le robot physique, intègre la structure mécanique (segments, articulations, architecture...), les modules d'énergie (amplificateurs, variateurs, servovalves....), les convertisseurs d'énergie (moteurs, vérins..), les chaînes cinématiques de transmission mécanique (réducteurs, vis à billes, courroies crantées), les capteurs de proprioceptifs placés sur chaque axe pour mesurer en permanence leur position et leur vitesse, et enfin l'effecteur, ou organe terminal, qui est en interaction avec l'environnement [3].

Un robot manipulateur est constitué généralement de deux sous-ensembles distincts : un organe terminal qui est le dispositif destiné à manipuler des objets et une structure mécanique articulée (SMA), constituée d'un ensemble de solides reliés entre eux, généralement les uns à la suite des autres où chaque solide est mobile par rapport au précédent. Cette mobilité s'exprime en termes de degrés de liberté (ddl) qui est par définition le nombre de mouvements indépendants possibles d'un solide C_i par rapport au solide qui lui est directement relié C_2 .

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 [3].

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 de 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 [3].

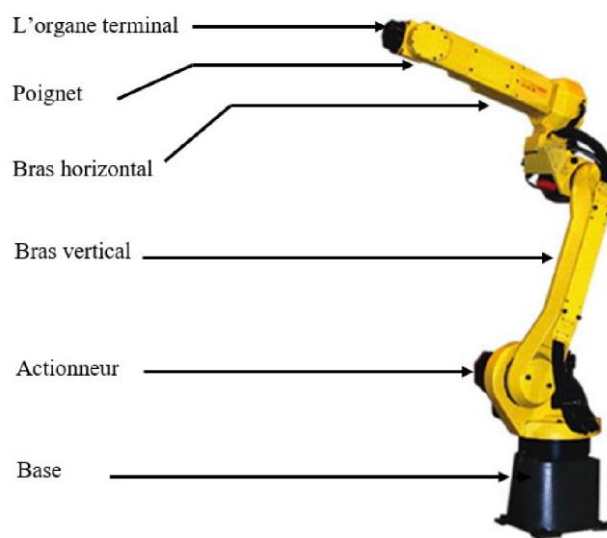


Figure III. 2 Architecteur d'un robot [3].

La base du manipulateur est fixée sur le lieu du travail. Ceci est le cas de la quasi-totalité des robots industriels [3].

Le porteur représente l'essentiel du système mécanique articulé (segment, articulation, actionneur, organe terminal), il a pour rôle d'amener l'organe terminal dans une situation imposée [3]. Corps solides rigides susceptibles d'être en mouvement par rapport à la base du porteur, et les uns par rapport aux autres [3]. Une articulation lie deux corps successifs en limitant le nombre de degré de liberté, de l'un par rapport à l'autre [3]. Les premiers travaux concernant les manipulateurs mobiles ont considéré pour la quasi-totalité d'entre eux des tâches de suivi de trajectoire ou de mouvement en espace libre. Dans ce type de tâche, la position et l'orientation de l'organe terminal (OT) évoluent mais il n'existe aucun contact ou interaction mécanique de celui-ci avec l'environnement. Nous pouvons citer dans ce domaine les travaux pionniers de Yamamoto et Yun [7] ou l'approche originale suivie par Tchon et al [6] et un état

de l'art raisonnablement documenté peut être trouvé dans [4]. La plupart des travaux considèrent un manipulateur mobile particulier et, à notre connaissance, la seule tentative de généralisation des méthodes appliquées à une large classe de manipulateurs mobiles demeure le travail de Bayle et al [3]. Il n'existe pas ou peu de travaux relatifs au travail au contact pour les manipulateurs mobiles (nous pouvons citer par exemple [5], où seul le bras manipulateur est commandé et réagit aux perturbations que produit le mouvement de la plate-forme mobile qui le soutient).

Dans la pratique courante de robotique, la description du mouvement d'un robot manipulateur dans l'espace est réalisée en fonction des modèles 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). Parmi ces modèles, on distingue :

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

Le **modèle géométrique direct** permet de déterminer la position et l'orientation de l'organe terminal du manipulateur par rapport à un repère de référence en fonction des variables articulaires, le modèle s'écrit :

$$X = T(P) \quad (\text{III.1})$$

$$\text{Ou } \begin{cases} \theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \dots, \theta_m]^T & \text{Variable articulaires} \\ X = [x_1, x_2, \dots, \dots, x_m]^T & \text{Variable opérationnelles} \end{cases}$$

Par exemple, si le manipulateur se déplace dans l'espace on pose $m=6$ (3 coordonnées pour la position et 3 coordonnées pour la rotation). S'il se déplace dans un plan on pose $m=2$ et si en plus on est concerné par la rotation on pose $m=3$.

La position de l'organe terminal peut être définie par des coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques. Le choix d'une structure particulière est guidé par les caractéristiques du robot, ainsi que par celle de la tâche à réaliser [3].

Pour calculer le modèle géométrique du robot manipulateur, il existe 3 méthodes, la première est la méthode classique, la deuxième est la convention de **Denavit Hartenberg (DH)** et la troisième méthode est la convention de **Denavit Hartenberg Modifié (DHM)**.

Le **modèle cinématique direct** permet de déterminer la vitesse de l'organe terminal dans l'espace opérationnel en fonction de la vitesse des variables articulaires. Le modèle est décrit par l'équation :

$$X' = J(P)P' \quad (III.2)$$

$$\begin{cases} P' = [P'_1, P'_2, P'_3 \dots \dots P'_n]^T \text{ Vitesses articulaires} \\ X' = [x'_1, x'_2 \dots \dots x'_m]^T \text{ Vitesses opérationnelles} \\ J(P)P \in R^{n \times m} \quad \text{Est la matrice Jacobienne.} \end{cases}$$

III.4. Mouvement de pivot d'irrigation avec le bras d'arrosage

Le prototype de pivot d'irrigation avec le bras d'arrosage d'angle est deux bras attachés à l'articulation (le bras ajouté se déplace dans le bras principal pour remplir la fonction d'agitation). Le bras de commande suit un trajet précis lorsqu'il est agité par des dispositifs électroniques, des capteurs et des moteurs. Donc le système de coin est robot deux degré de liberté.

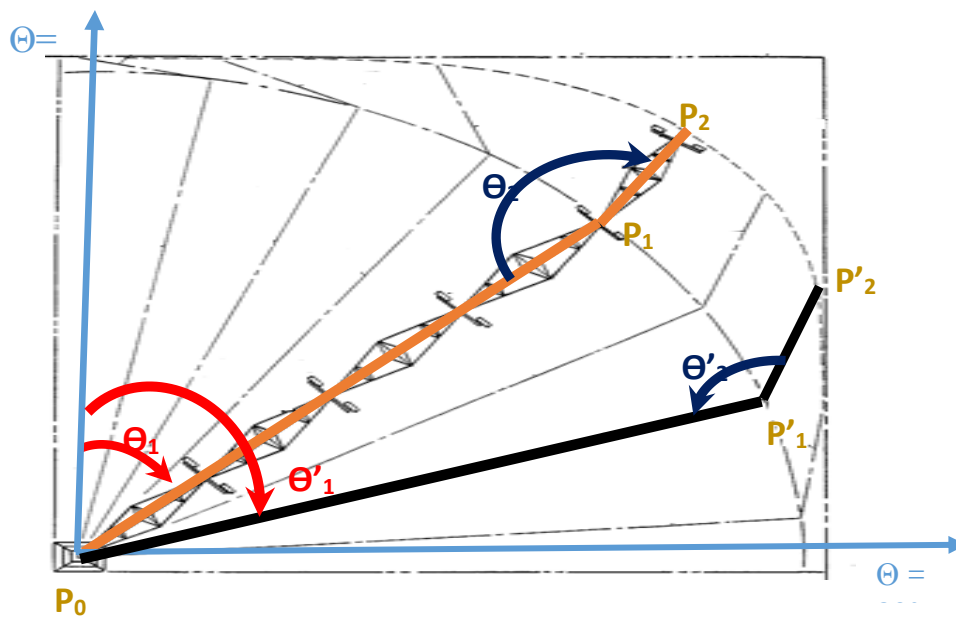


Figure III. 3 Présentation des mouvements du système.

θ_1, θ_2 : angle des rampes principales et bras d'extension

θ'_1, θ'_2 : angle des rampes principales et bras d'extension de nouvelle position

P_0, P_1, P_2 : Les coordonnées des axes

P'_1, P'_2, P'_3 : Les coordonnées des axes de nouvelle position.

III.4.1. Modèle géométrique

La modélisation du système est similaire à modélisation de robots à deux degrés de liberté. Un robot à deux degrés de liberté et qui a deux articulations rotoïdes.

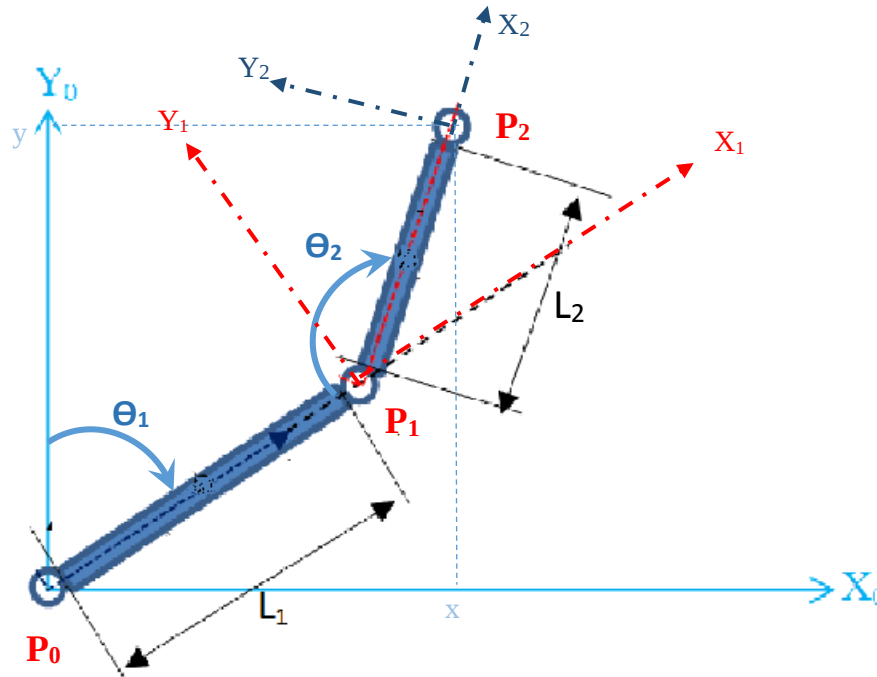


Figure III. 4 Représentation du système à deux axes rotoïdes

L_1, L_2 : Longueur des rampes principales et bras d'extension

$L_1 = 445 \text{ mm}$; $L_2 = 210 \text{ mm}$

Puisque le diamètre au point $P_0 = 0$, les coordonnées de ce point = 0

$$\begin{cases} P_{0x} = 0 \\ P_{0y} = 0 \end{cases} \quad (III.3)$$

Les coordonnées de point P_1 comme suit :

$$\begin{cases} P_{1x} = [L_1 * \sin\theta_1] \\ P_{1y} = [L_1 * \cos\theta_1] \end{cases} \quad (III.4)$$

Les coordonnées de point P_2 :

$$\begin{cases} P_{2x} = [L_1 * \sin\theta_1 + L_2 * \sin(\theta_1 + \theta_2)] \\ P_{2y} = [L_1 * \cos\theta_1 + L_2 * \cos(\theta_1 + \theta_2)] \end{cases} \quad (III.5)$$

Calcule θ_1 et θ_2

$$\cos\theta_2 = \frac{(x^2 + y^2 - L_1^2 - L_2^2)}{2 * L_1 L_2} \quad (III.6)$$

$$\sin\theta_2 = \mp \sqrt{1 + (\cos\theta_2)^2} \quad (III.7)$$

Donc :

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\pm \sqrt{1 - (\cos \theta_2)^2}}{\cos \theta_2} \right) \quad (III.8)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{L_2 \cos \theta_2}{L_1 + L_2 \sin \theta_2} \right) \quad (III.9)$$

III.3.2. Modèle cinématique

Le modèle cinématique appelé aussi modèle variation el permet de calculer les vitesses ou la variation de l'organe terminal en fonction des vitesses articulaires.

1- Vitesse angulaire de point P₀

$$Rayon = 0 \rightarrow w_{P_0} = 0 \text{ rad/s}$$

2- Vitesse angulaire régulière de point P₁

$$0 \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2} \rightarrow w_{P_1} = L_1 * \theta'_1 * \cos \theta_1 \quad (III.10)$$

3- Vitesse angulaire non régulière de point P₂

$$0 \geq \theta_1 \geq \frac{7\pi}{36} \rightarrow \frac{\pi}{2} \geq \theta_2 \geq \frac{7\pi}{18}$$

$$w_{P_2} = [-L_1 * \theta'_1 \cos \theta_1 - L_2 * (\theta'_1 + \theta'_2) * \cos(\theta_1 + \theta_2)] \quad (III.12)$$

$$\frac{7\pi}{36} \geq \theta_1 \geq \frac{7\pi}{18} \rightarrow \frac{7\pi}{18} \geq \theta_2 \geq \frac{3\pi}{5}$$

$$w_{P_2} = [L_1 * \theta'_1 \sin \theta_1 + L_2 * (\theta'_1 + \theta'_2) * \sin(\theta_1 + \theta_2)] \quad (III.13)$$

$$\frac{7\pi}{18} \geq \theta_1 \geq \frac{\pi}{2} \rightarrow \frac{3\pi}{5} \geq \theta_2 \geq \frac{\pi}{2}$$

$$w_{P_2} = [-L_1 * \theta'_1 \cos \theta_1 - L_2 * (\theta'_1 + \theta'_2) * \cos(\theta_1 + \theta_2)] \quad (III.14)$$

III.4. Calcule de surface irriguée

Calcule surface circulaire

$$S_{\text{Cercle}} = \pi * L^2 \quad (III. 15)$$

Calcule surface carrée

$$S_{\text{Carrée}} = 4L^2 \quad (III. 16)$$

Calcule surface de brevet

$$S_{\text{Brevet}} = 4 \left(\frac{L * H}{2} \right) + \pi \left(\frac{\alpha}{90} \right) R^2 \quad (III. 17)$$

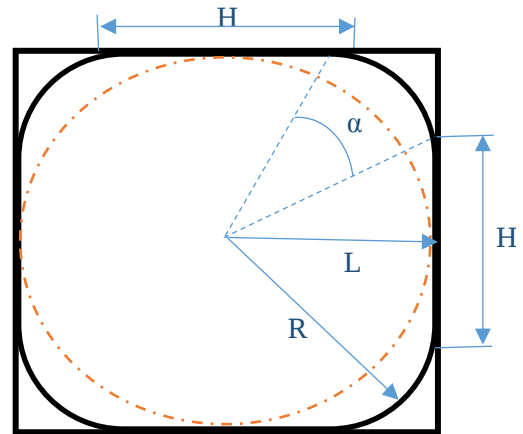


Figure III. 5 Dimensions des surfaces de brevet [11].

Tableaux calcule des surfaces en fonction de L (m)

L (m)	Surface de brevet (ha)	Surface cercle (ha)	Surface carrée (ha)
100	3,15200959	3,14	4
200	12,8608644	12,56	16
300	29,5058034	28,26	36
400	53,4660656	50,24	64
500	85,1208902	78,5	100
600	124,849516	113,04	144
700	173,031182	153,86	196
800	230,045128	200,96	256
900	296,270591	254,34	324

Tableau. III. 1 Tableaux de calcul des surfaces carrées, cercle et surface de brevet en fonction L (m).

Comparassions entre les surfaces

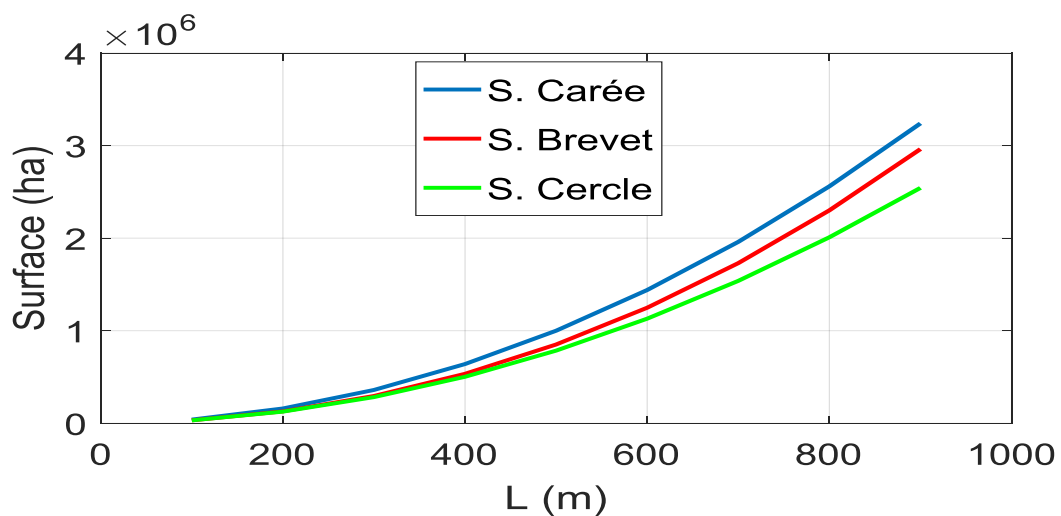


Figure III. 6 Courbe de comparassions entre les surfaces en fonction de L (m).

Notez que la perte dans la surface circulaire augmente en augmentant le diamètre. Par exemple, au diamètre $L = 100$ m la surface totale égale à 4 (ha) et la surface d'irriguée circulaire égale à 3,14 (ha), la perte égale à 0,86 (ha) ; et la perte dans $L = 800$ (m) ce qui correspond à 55.04 ha donc la perte augmente en augmentant le diamètre. Le système bras d'extension réduit ces pertes et couvre plus de surface que la surface couverte par la rampe pivotant normale (circulaire). Par exemple, dans le même diamètre $L = 800$ (m), la perte est égale à 25.095 (ha), ce qui est inférieur à la perte dans la surface de rampe pivot normale (circulaire).

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé le modèle géométrique et la modèle cinématique, la définition de quelques notions générales relatives aux mécanismes des robots manipulateurs à chaîne simple et les différents modèles utilisés pour décrire les mouvements des articulations d'un manipulateur et montré comment calculer ces modélisations (géométrique, cinématique) auxquelles ils sont nécessaires pour la commande des système manipulateurs.

CHAPITRE IV :

Réalisation d'un prototype

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentera le dispositif expérimental. Après avoir donné dans le chapitre précédent une description théorique sur bras principal, bras d'extension, support de bras d'extension, on va procéder à l'application expérimentale. Il s'agit d'un petit modèle simulant une système d'irrigation réelle qui permet de connaître les difficultés et les obstacles qui peuvent être surmontés et qui peut être maîtrisé et réalisé au moindre coût.

IV.2. Description de la partie mécanique

On a réalisé le prototype de la partie mécanique pour être conforme avec les partie mécanique de la rampe pivotant réel à savoir (l'unité centrale, le tour mobile et la travée), mais on a trouvée des difficultés sur le choix des matériaux de ces composants, cela selon le disponible sur le marché comme les jeux, les tube en aluminium de chouffe de gaz.

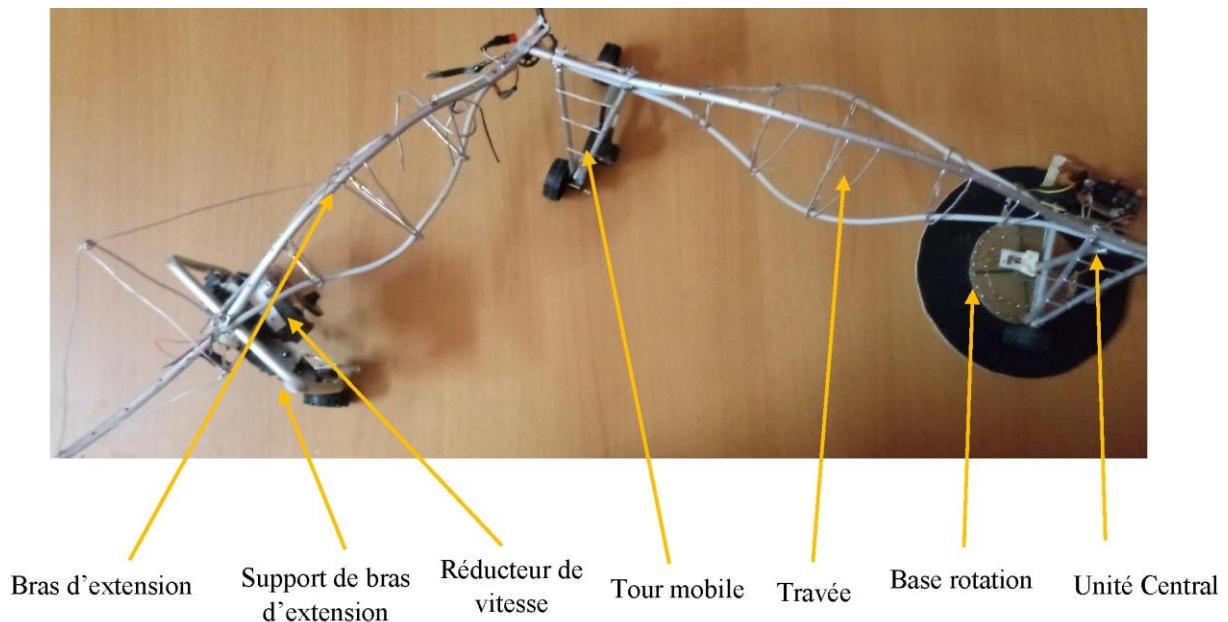


Figure IV. 1 Description de la partie mécanique.

IV.2.1. Dimension du prototype

Le choix des dimensions de prototype proportionnellement avec le coefficient de réduction pour la rampe réel.

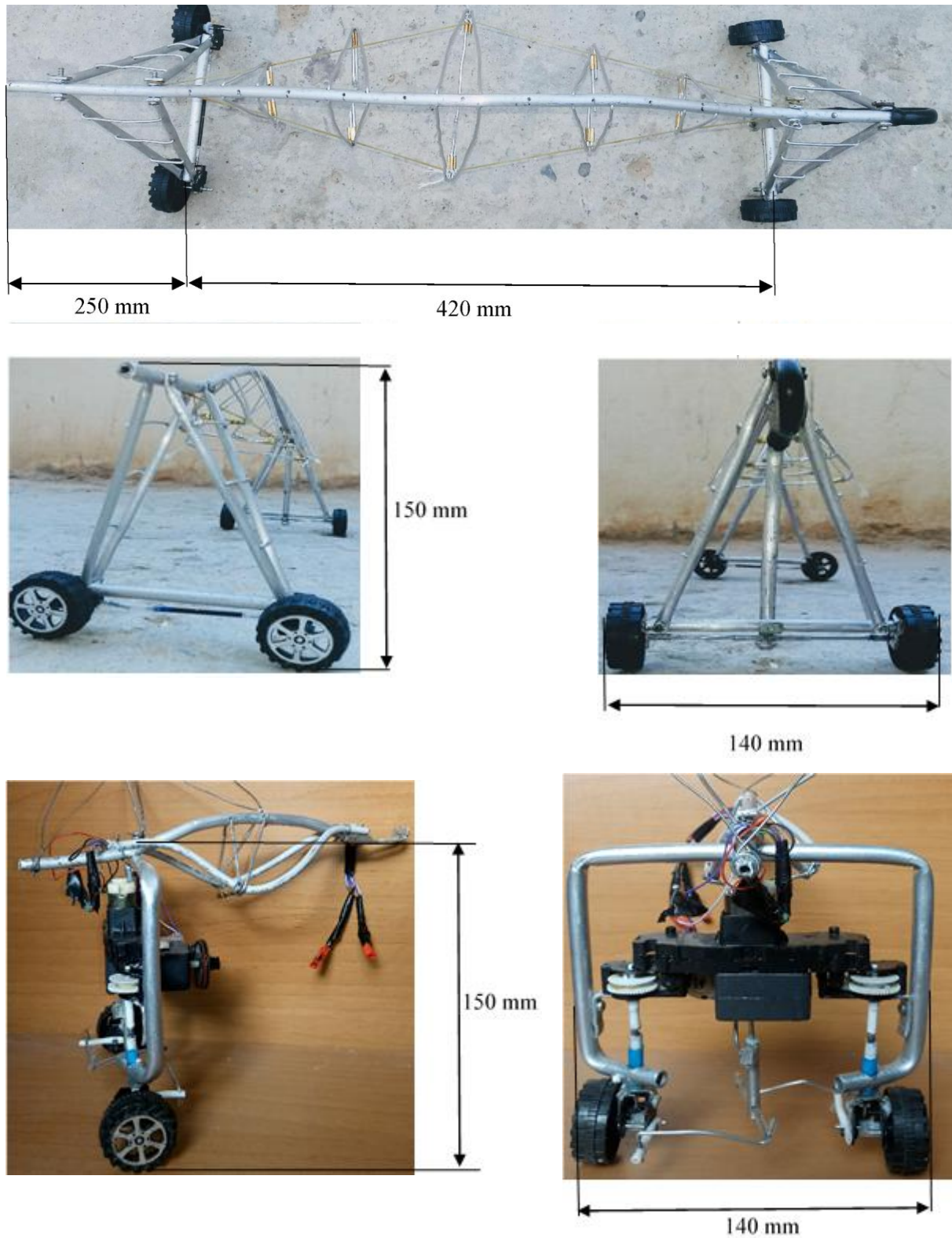


Figure IV. 2 Dimension de prototype.

IV.2.2. La structure métallique

Le rampe pivotant est composé d'ensemble des grands tubes en métal, qui en lui donnant force et rigidité dans sa structure.

Dans ce projet, la structure métallique a été réalisée par des tuyaux en aluminium des systèmes de chauffage qui sont facile à plier et à perforer, ainsi qu'en termes de poids et de prix.

a) Travée

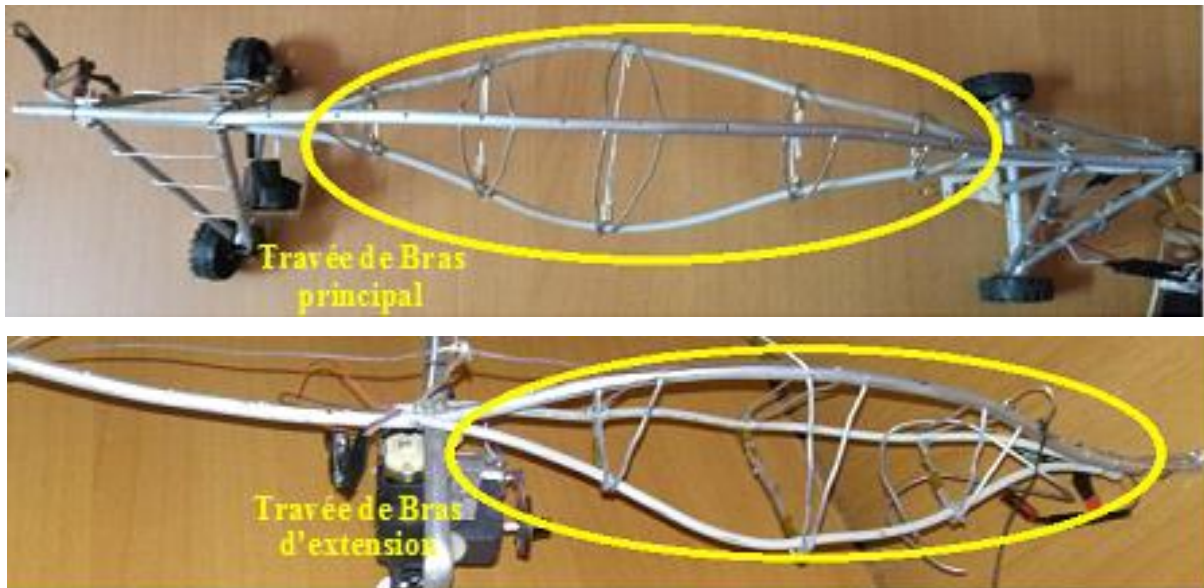


Figure IV. 3 Travée de rampe principal et bras d'extension.

- La canalisation principale a été réalisée par des tuyaux de systèmes de chauffage.
- Les supports entretoises étaient en câbles électrique en aluminium de diamètre 2,5 mm
- Le canal principal était raccordé avec le tour mobile par des vices
- Les supports entretoises étaient raccordés entre eux par des cosse à serti
- Les supports entretoises ont été raccordés avec les tirants par des fils.

b) Unité centrale

On a réalisé l'unité centrale sous forme d'une unité mobile pour faciliter le transport ou le transfert entre les pivots sans démontage. On a ajouté une liaison pivotant entre la pipe venant du puits et la tube fixé sur l'unité centrale afin de faciliter sa rotation sans obstacle comme illustre sur la figure (IV.5) (unité centrale giratoire).

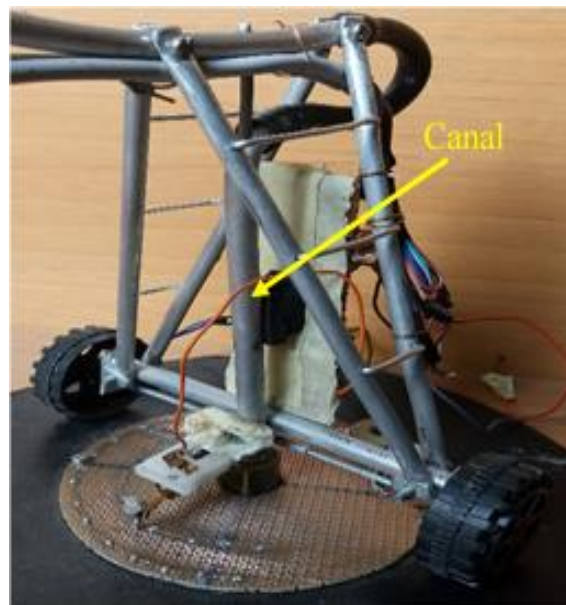


Figure IV. 4 Unité central de prototype.

Unité centrale giratoire (voir la figure IV.5) son fonctionnement est similaire au pivot fixe mais il a la particularité de pouvoir se déplacer sur plusieurs parcelles, ceci augmentant considérablement la superficie irriguée avec la même machine. Ce système est auto-déplaçable et ne nécessite pas de tracteur ou autre type d'engin pour changer de position.



Figure IV. 5 Unité centrale giratoire [18].

IV.2.3. Le réducteur

Les organes de réducteur ont été assemblés à partir des boîtes d'engrenage existe sur les jeux, son rôle est de réduire la vitesse et l'augmentation de moment d'inertie. Le rapport de réduction de vitesse est calculé par l'équation suivante :

$$n = \frac{N1}{N2} = \frac{d2}{d1} = \frac{Z2}{Z1} = \frac{w2}{w1} = \frac{C2}{C1} \quad (\text{VI. 1})$$

n : pourcentage de réduction,

N : vitesse de rotation,

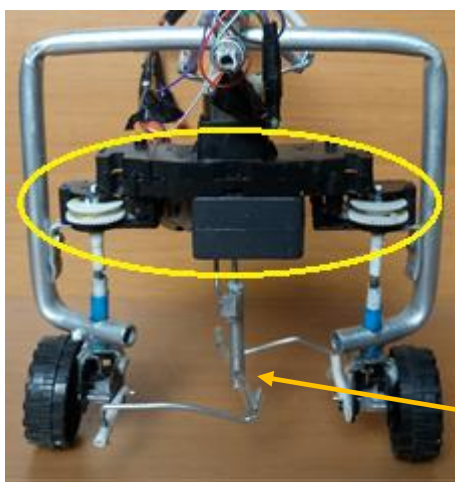
D : diamètre,

Z : nombre des dents pour transfert des mouvements par engrenage,

C : couple,

w : vitesse Angulaire.

1. La boîte de vitesse de la rampe principale : contient des engrenages qui transfert le mouvement sans changement de vitesse et le couple rotation de diamètre de 15mm et trios pignons pour réduire la vitesse et l'augmentation de couple rotation de diamètre 5mm, 10mm et 15 mm, respectivement.
2. Boîte de vitesse de bras d'extension : le transfert de mouvement de moteur vers les roues est effectué via une courroie et après vers une vis sans fin en fin vers l'engrenage d'orientation installer sur les roues.



Système de
braquage

Figure IV. 7 Réducteur de vitesse de rotation de rampe principal.

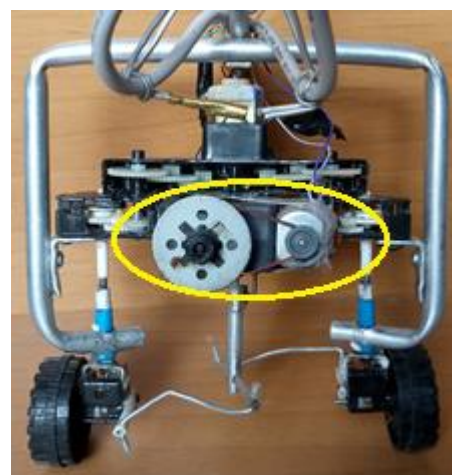


Figure IV. 6 Réducteur de vitesse d'orientation de bras d'extension.

IV.3. Description de la partie électrique

IV.3.1. Les actionneurs

Il s'agit d'organes qui permettent au système de coin d'exécuter une tâche. Leur but est de produire assez de force pour provoquer le mouvement du système, celui-ci représente la transformation d'une énergie mécanique. Dans notre projet nous avons utilisé les actionneurs électriques (jouer des enfants). Il existe deux moteurs ont les mêmes caractéristiques électriques. Un moteur pour faire tourner la rampe principale et le deuxième moteur pour l'orientation bras d'extension.

Tension 1.5-9v
Vitesse à vide 9100 ± 2000
Vitesse à Charge 4500 ± 2000
Courant de charge 520 mA
Courant de charge 520 mA
Courant max 500 mA
Poids 17.5 g.



Figure IV. 8 Moteurs jouets d'enfants.

IV.3.2. Le capteur de position

Le capteur de position a été réalisé à partir d'une plaque d'expérimentation, appelée aussi plaque d'essai ou VEROBOARD ou M-BOARDA BORD, coupé sous forme d'un disque pour simuler un petit pivot qui faciliter la détection de pivot du prototype.

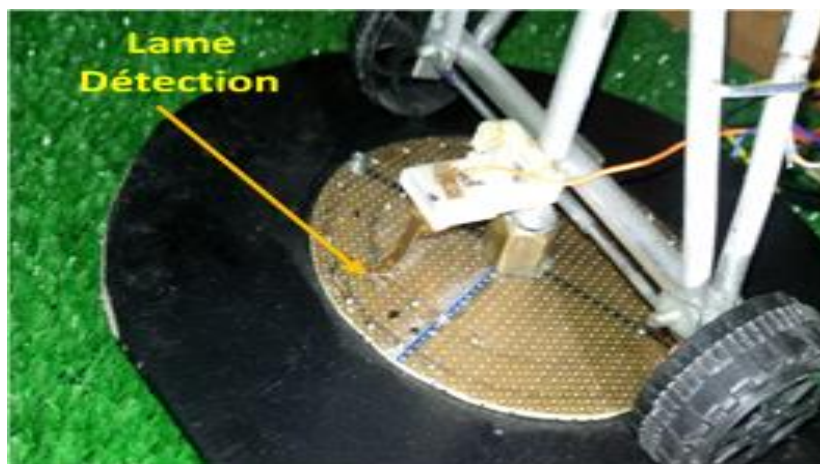


Figure IV. 9 Capteur de position.

Le disque a été divisé par un rapporteur pour fixation des câbles de commande électrique afin d'organiser l'ouverture et la fermeture lorsqu'elle est touchée par la lame de détection installée sur l'unité lorsqu'elle est tournée.

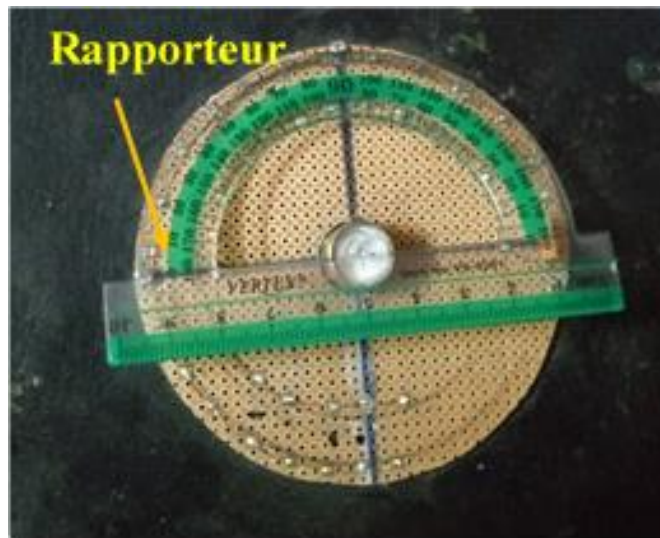


Figure IV. 10 Divisé disque de capteur.

La résistance variable a été installée sur le disque de capteur pour contrôler la valeur d'amplification des commandes et protéger le transistor.

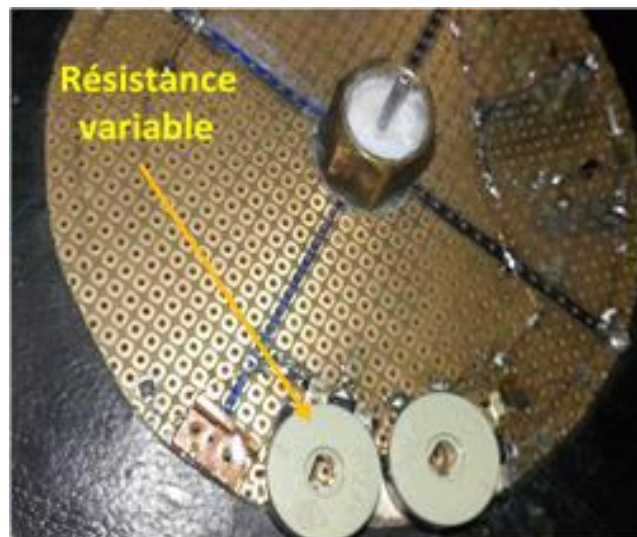


Figure IV. 11 résistance variable de contrôler la valeur d'amplification des commande.

IV.3.3. La boîte de commande

Est un plaque d'essai comprend des composant électronique et électrique. Assurer le fonctionnement de moteur de la rampe principale et transfert des ordres parvenus de capteur de position vers le moteur d'orientation de bras d'extension.

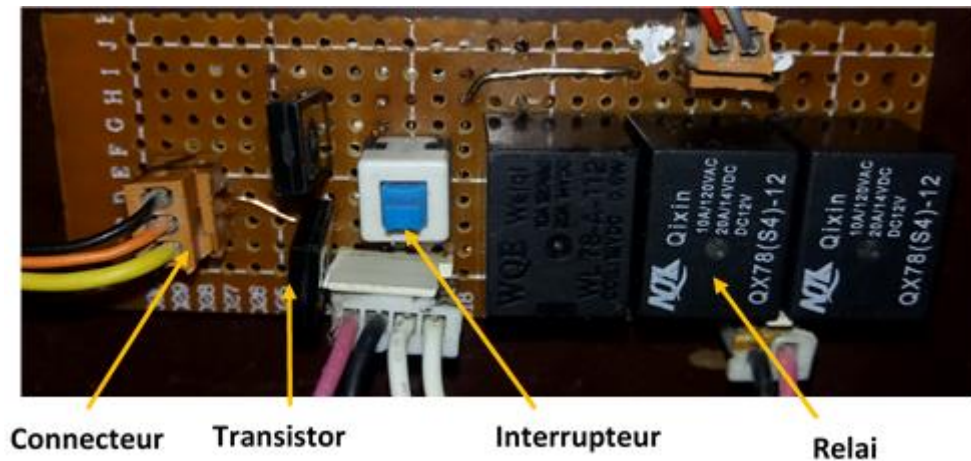


Figure IV. 12 Boite de commande.

Cette boîte de commande contient plusieurs éléments électroniques :

Transistor est un composant électronique semi-conducteur tripolaire travaille comme amplificateur des signaux arrivant du capteur de position et le transférer vers les relais et donc vers la moteur de orientation de bras d'extension.

Relai est un composant électrique se compose d'interrupteur fonctionner par le champ magnétique, son rôle est l'ouverture et la fermeture le circuit de moteur de bras d'extension, La boîte de commande contient 04 relais qui basculer le sens de rotation de moteur de orientation de bras d'extension vers l'ouverture et la fermeture de l'angle.

Caractéristiques :

- Charge nominale : 10A 120VAC, 20A 14VDC
- Courant de commutation max : 10A
- Tension de commutation maximale : 12V
- Puissance de la bobine 0,45 W
- Dimensions : 19 x 15 x 15 mm

Interrupteur son rôle de fonctionner le moteur de rampe principale.

Les connecteurs électriques pour branchement des fils électrique.

Circuit de partie électrique de moteur bras principal

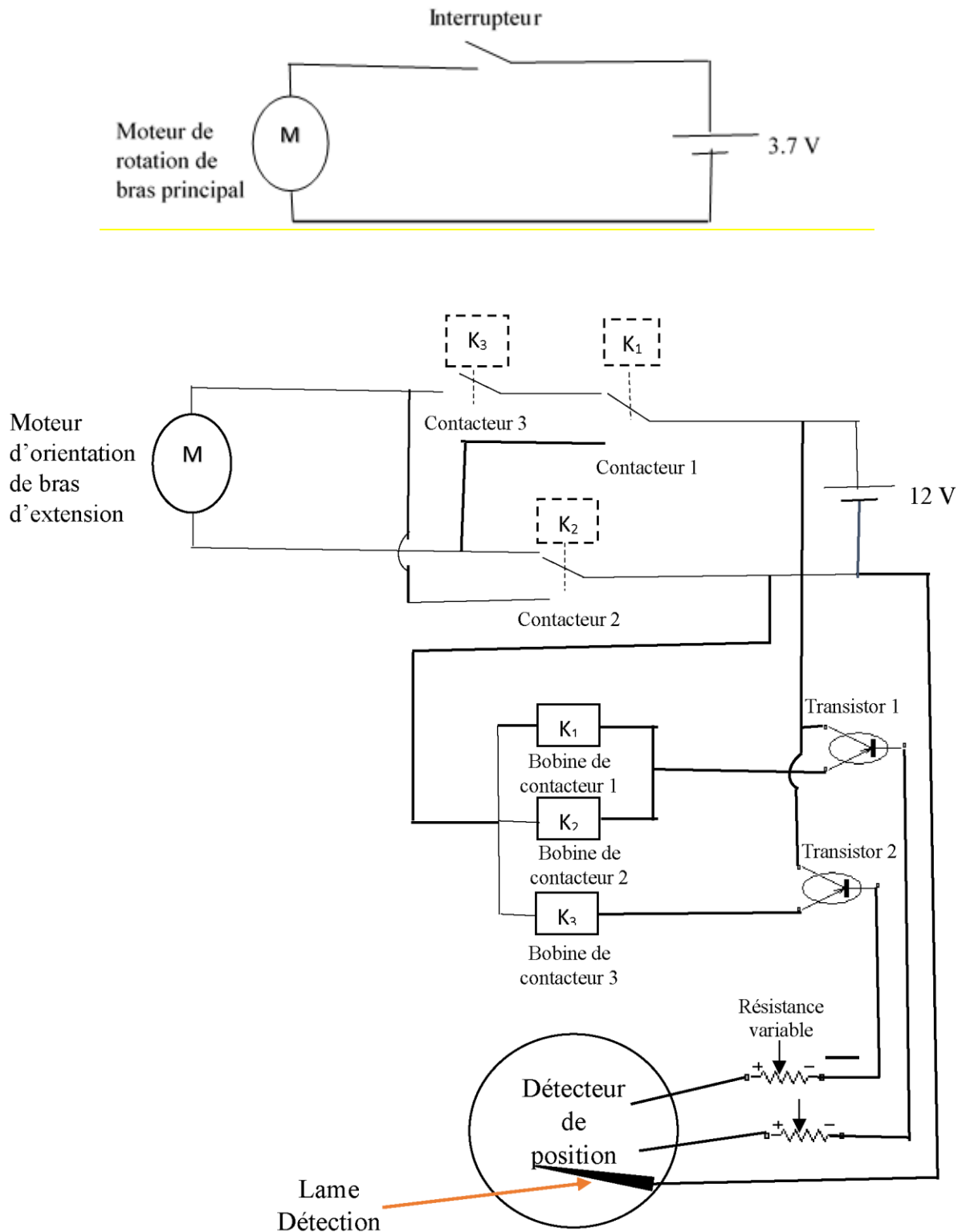


Figure IV. 13 Schéma du circuit électrique d'orientation de bras d'extension et rotation de bras principal.

Tableau des ordres de capteur des positions

$T = 1$ fermeture, $T = 0$ ouverture

$K = 1$ fermeture, $k = 0$ ouverture

Ordre de transistor		Numéro bobine de contacteur			Rotation de moteur d'orientation	
T_1	T_2	K_1	K_2	K_3	Gauche	Droit
1	0	1	1	0	✓	0
0	1	0	0	1	0	✓

Tableau IV. 1 Les ordres de détecteur de position.

IV.4. Test cinématique fonctionnel

Dans ce titre, nous voulons tester le mouvement fonctionnel du prototype. Notre objectif est d'atteindre un modèle qui simule le brevet.

IV.4.1. Simulation

Sur la base des équations du chapitre troisième, nous avons effectué une simulation dans le programme Matlab (comme la figure ci-dessus) Où (L_1 , L_2 et W_1) représentent les entrées est les sorties (x, y). Le FUNCTION contient les équations du prototype cinématique, puis nous avons demandé au programme de tracer la trajectoire du point, qui représente la surface d'arrosage, puis nous lui avons demandé de tracement beaucoup de positions à différents temps.

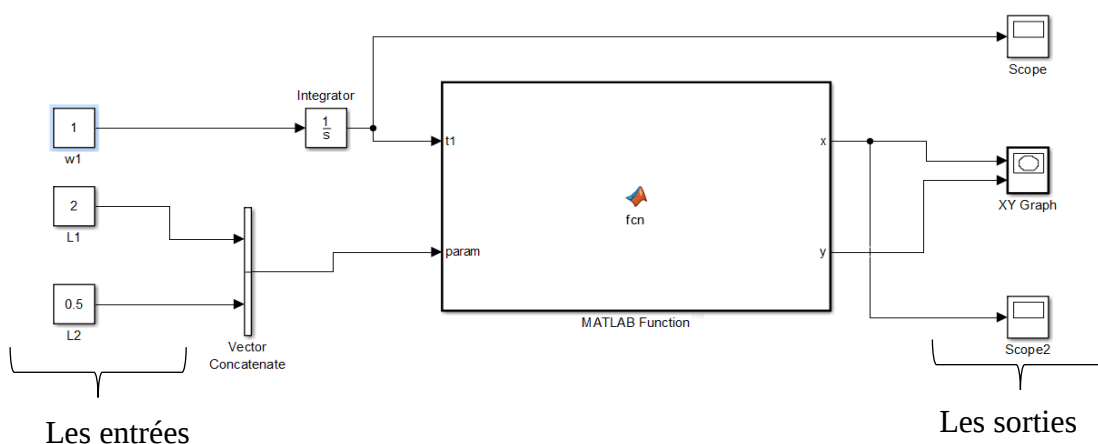


Figure IV. 14 Schéma de bloc de simulation cinématique.

```

t1 = [0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,90];
t2 = [90,86,80,78,76,73,71,70,72,77,80,86,95,103,106,97,92,91,90];
param = [44.5,21];
segma = [0;pi/2; pi; 3*pi/2];
[X,Y]= PivotSim(t1,t2, segma, param);
figure,
plot(X,Y)

```

Diagram labels: 'a' points to the input arrays t1 and t2. 'b' points to the PivotSim function call and the plotting commands.

```

t1 = [0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,90];
t2 = [90,86,80,78,76,73,71,70,72,77,80,86,95,103,106,97,92,91,90];
tetal= deg2rad(t1);
teta2 = deg2rad(t2);
param = [44.5,21];
L1= param(1);
L2= param(2);
segma = [0;pi/2; pi; 3*pi/2];
for j=1:4
for i =1:length(t1)
alpha = tetal(i)+teta2(i)-(pi/2);
L1x = L1*sin(tetal(i)+segma(j));
L1y = L1*cos(tetal(i)+segma(j));
L2x = -L2*cos(alpha+segma(j));
L2y = L2*sin(alpha+segma(j));
r1 = tetal<=pi/4;
r2 = tetal>pi/4;
if r1
D1 = [0 0 ;L1x L1y]
D2 = [L1x L1y; L1x-L2x L1y+L2y]
else
D1 = [0 0 ;L1x L1y];
D2 = [L1x L1y; L1x+L2x L1y+L2y];
end
plot(D1(:,1),D1(:,2), 'b')
hold on
plot(D2(:,1),D2(:,2), 'r')
end
end

```

Diagram labels: 'c' points to the input arrays t1 and t2. 'd' points to the conversion functions deg2rad. 'e' points to the parameter extraction from param. 'f' points to the start of the nested loops. 'g' points to the geometric model equations. 'h' points to the conditional logic for point calculation. 'i' points to the point calculation logic. 'j' points to the plotting commands.

Figure IV. 15 Image Matlab de programme de simulation cinématique.

Dans l'image, la partie (a) représenté les valeurs les angles par degré (Données), et la partie (b) représenté les valeurs longueur de rampe principale et bras d'extension, et la partie (c) représenté les valeurs des angles par degré (Données), et la partie (d) représenté les valeurs transfert les angles vers rad, et la partie (e) représenté les valeurs longueur de rampe principale et bras d'extension, et la partie (f) représenté les valeurs exécute un groupe d'instructions dans une boucle pendant un nombre de fois spécifié, et la partie (g) représenté les valeurs les équations de modèle géométrique, et la partie (h) représenté les valeurs exécute un groupe d'instructions dans une boucle pendant un nombre de fois spécifié, et la partie (i) représenté les valeurs les coordonnées et la partie (j) représenté les valeurs connecter des points.

IV.4.2. Analyse cinématique

La dynamique du robot exige d'imposer des trajectoires réalisables, ainsi la continuité en position, vitesse et accélération offrent au robot la possibilité de poursuivre la trajectoire avec des commandes réalisables. La figure suivante est représenté les trajectoires des points 1 et 2 de prototype mentionnée dans la figure (IV. 16).

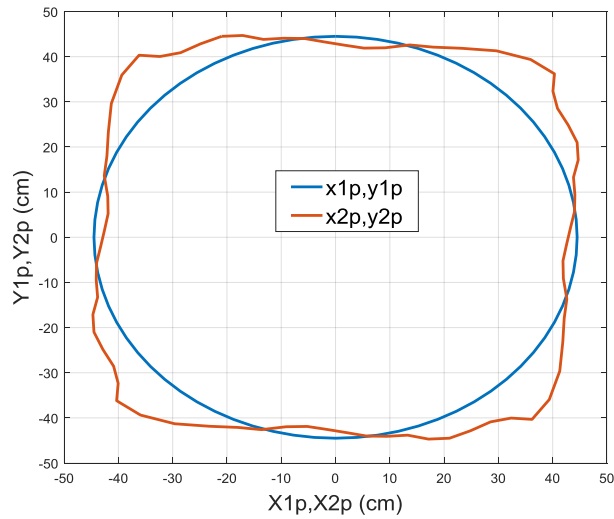


Figure IV. 16 Surface couverte par bras principal et bras d'extension de prototype.

Afin de comparer et de vérifier les caractéristiques du mouvement de prototype, nous trouvons dans la figure suivante les trajectoires des points 1 et 2 par la simulation, où nous constatons une grande convergence des résultats théoriques et expérimentaux.

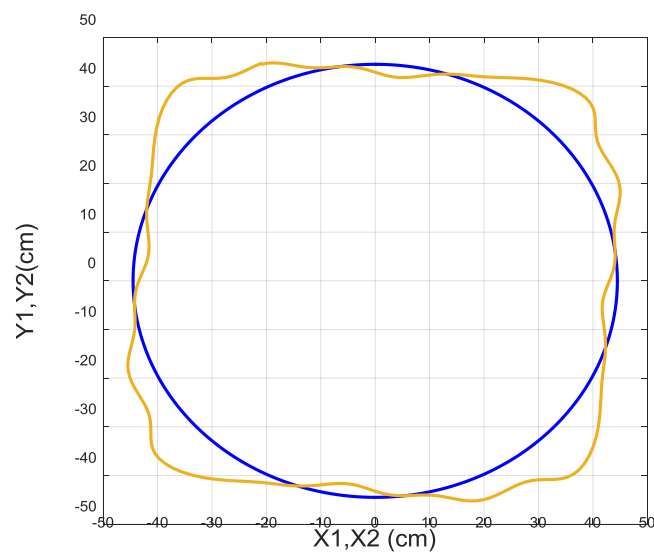


Figure IV. 17 Surface couverte par bras principal et bras d'extension de simulation.

Pour bien comprendre le mouvement du modèle, nous avons mesuré les positions en fonction du temps tous les 5 degrés pour l'angle θ_1 du bras principal. La figure illustre les positions de prototype à titre expérimental lorsqu'il est configuré pour un cercle complet.

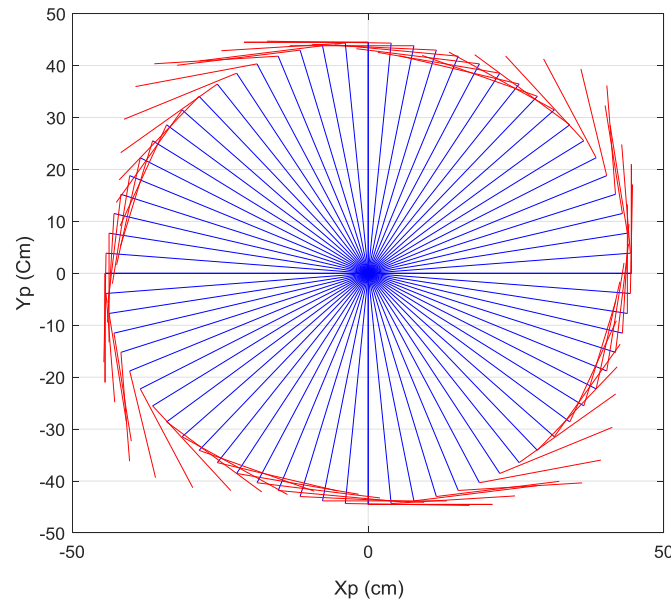


Figure IV. 18 Position de bras principal et bras d'extension de prototype.

Les positions générées par la simulation basée sur les équations de modélisation cinématique du troisième chapitre sont présentées dans la figure (IV.19).

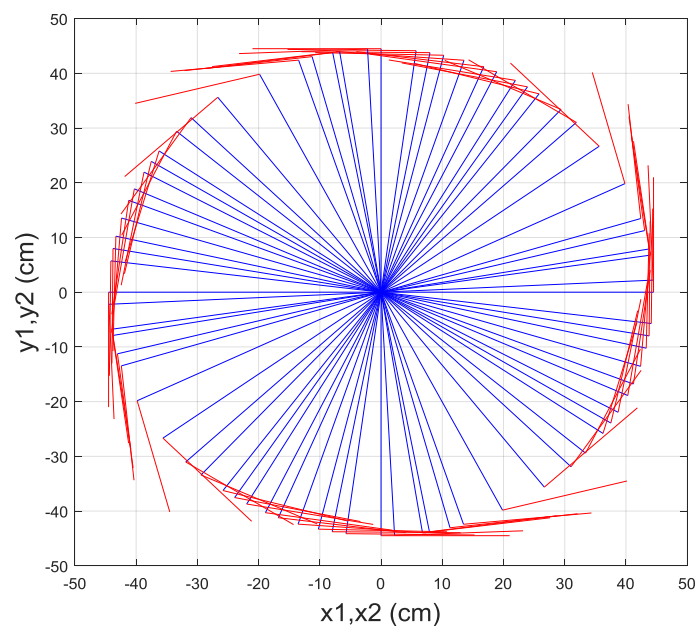


Figure IV. 19 Position de bras principal et bras d'extension de simulation.

Les valeurs mesurées de θ_1 , représentées sur la courbe θ_{1p} dans la figure (IV.20), ont été approximées par une équation linéaire θ_{1s} à utiliser dans les équations de simulation :

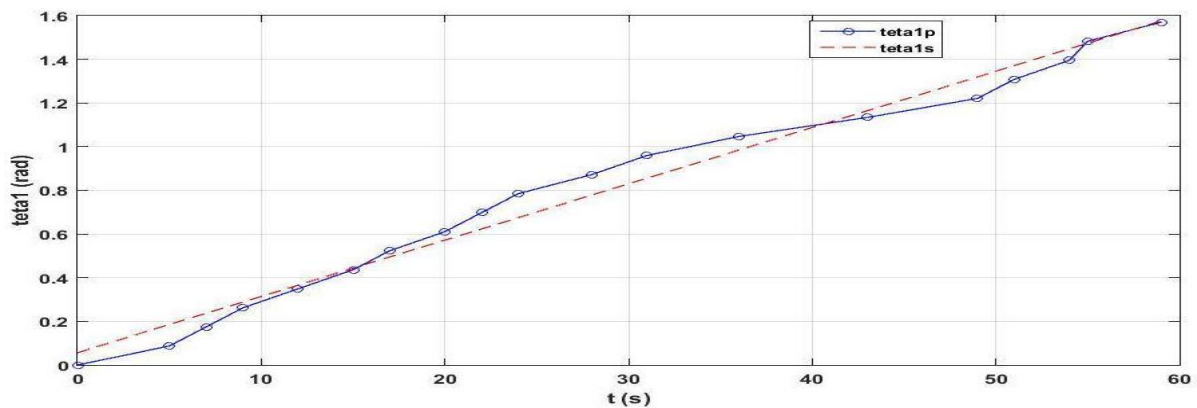


Figure IV. 20 Courbe d'équation d'interpolation de (θ_{1p} , θ_{1s})

De la même manière, en utilisant l'outil de Matlab (Curve fitting tool) [10], nous obtenons une équation sinusoïdale approximative pour θ_2 pour les valeurs expérimentales θ_{2p} présentées dans la courbe θ_{2p} .

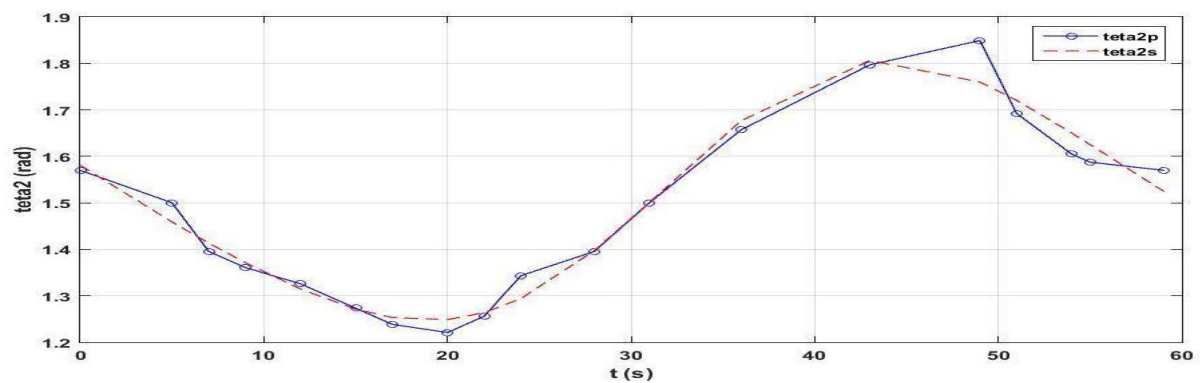


Figure IV. 21 Courbe d'équation d'interpolation de (θ_{2p} , θ_{2s})

[10] MathWorks, Curve Fitting Toolbox User's Guide, The MathWorks ed. 2011.

Pour les vitesses angulaires w_1 et w_2 , la figure suivante montre les variations des vitesses en fonction du temps sur la base de mesures effectuées à partir du mouvement de prototype.

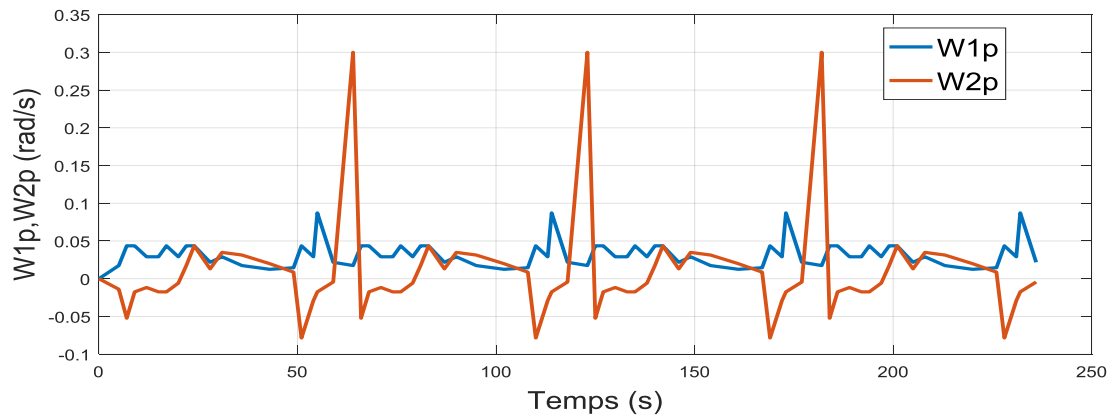


Figure IV. 22 Vitesse angulaire w_1 , w_2 de prototype en fonction de temps.

Par ailleurs, dans la simulation, nous avons adopté une valeur constante pour $w_1 = 0.02577$, alors que pour w_2 , nous avons trouvé une équation sinusoïdale approximative, comme indiqué dans l'illustration suivante :

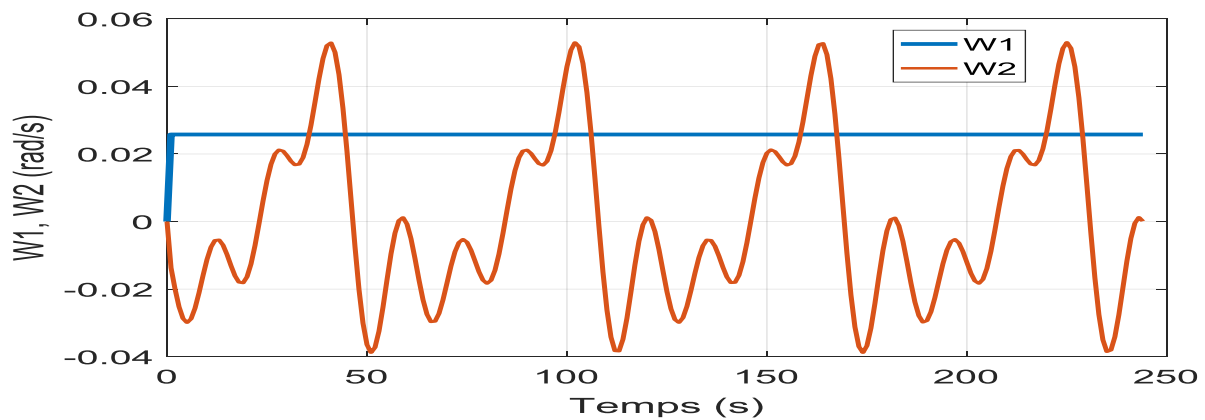


Figure IV. 23 Vitesse angulaire w_1 , w_2 de simulation en fonction de temps.

La figure suivante montre clairement les coordonnées du point 1 et 2 en fonction de temps de prototype expérimentalement lorsqu'il se déplace dans un quart de cycle.

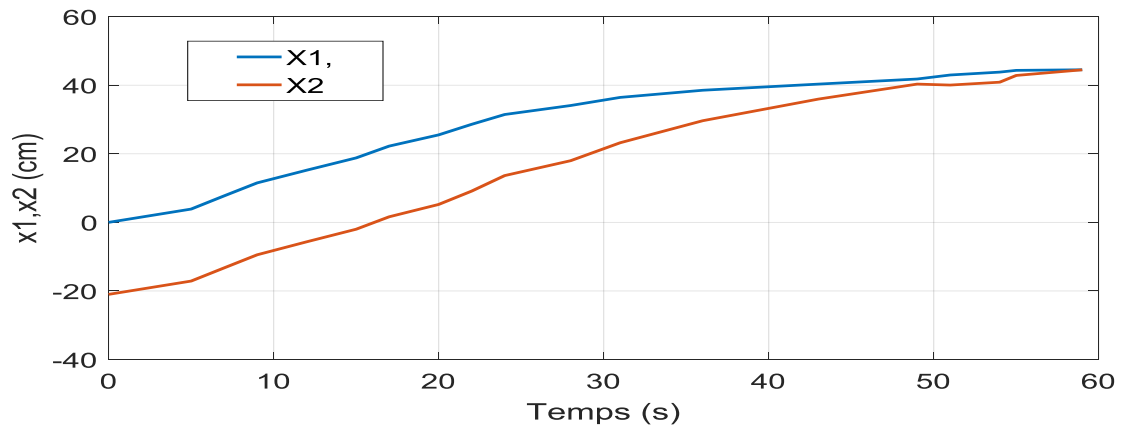


Figure IV. 24 Trajectoire des points $x1p$, $x2p$ de prototype en fonction de temps.

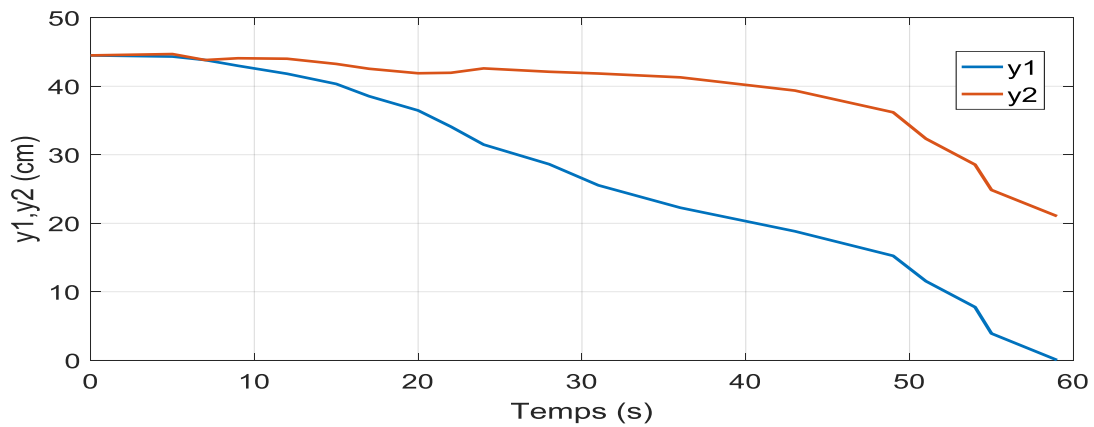


Figure IV. 25 Trajectoire des points $y1p$, $y2p$ de prototype en fonction de temps.

La figure suivante montre les coordonnées du point 1 et 2 basées sur des résultats de simulation dans un quart de cycle.

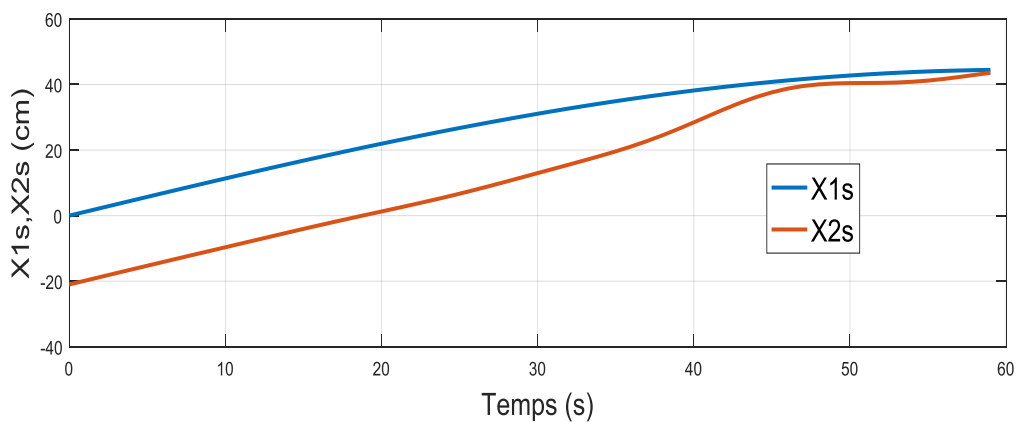


Figure IV. 26 Trajectoire des points $x1s$, $x2s$ de simulation en fonction de temps.

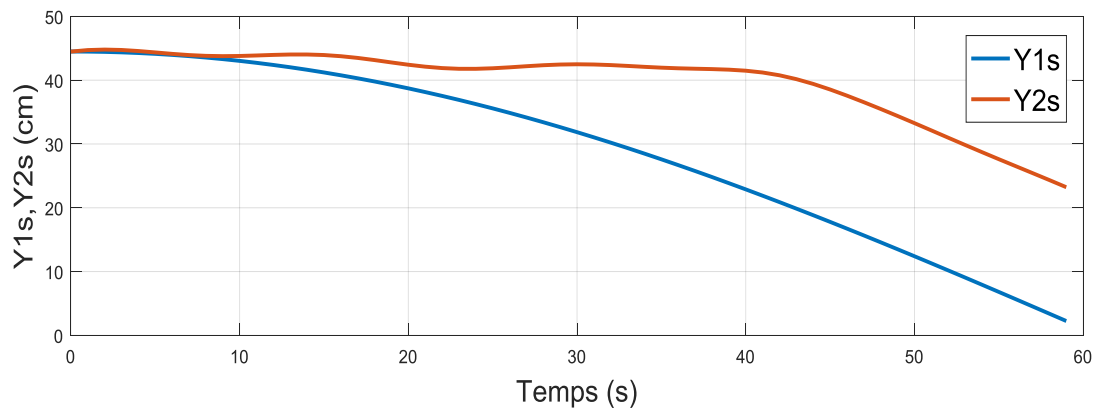


Figure IV. 27 Trajectoire des points $y1s$, $y2s$ de simulation en fonction de temps.

Les figures suivantes montre la comparaison des coordonnées des points ($P1s$) et ($P1p$) basées sur des résultats de simulation et le teste de prototype dans quart cycle.

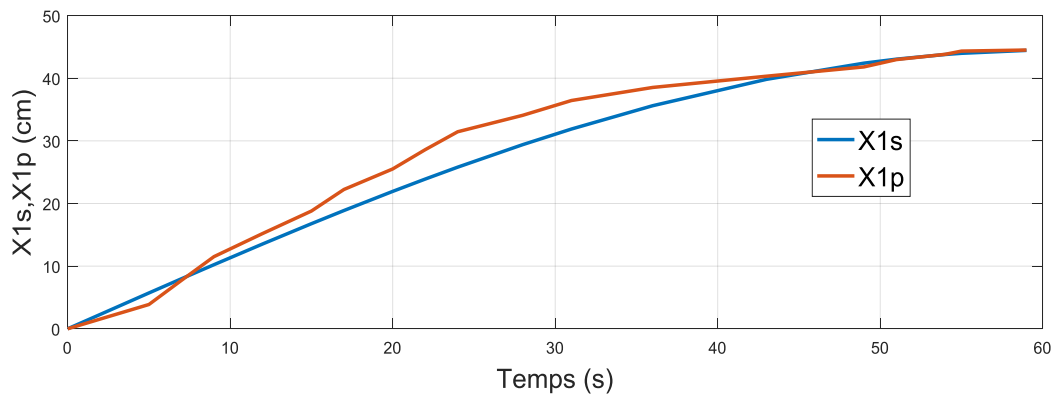


Figure IV. 28 Trajectoire des points $x1p$, $x1s$ en fonction de temps.

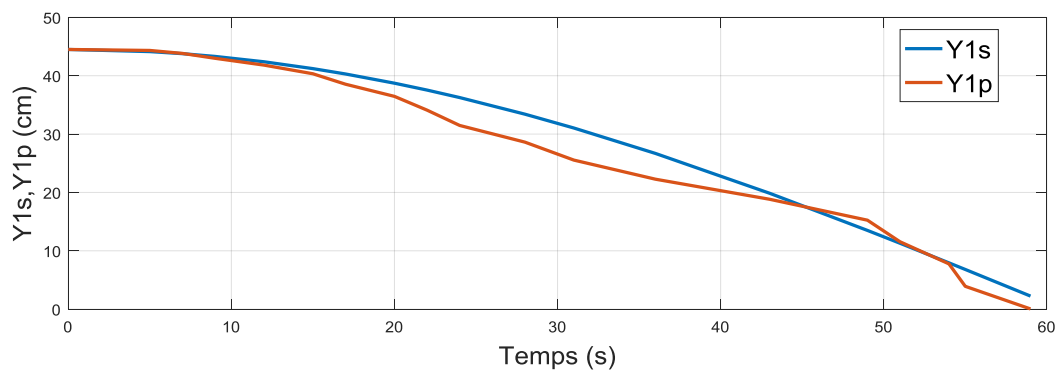


Figure IV. 29 Trajectoire des points $y1p$, $y1s$ en fonction de temps.

Les figures suivantes montre la comparaison des coordonnées des points (P2s) et (P2p) basées sur des résultats de simulation et le teste de prototype dans quart cycle.

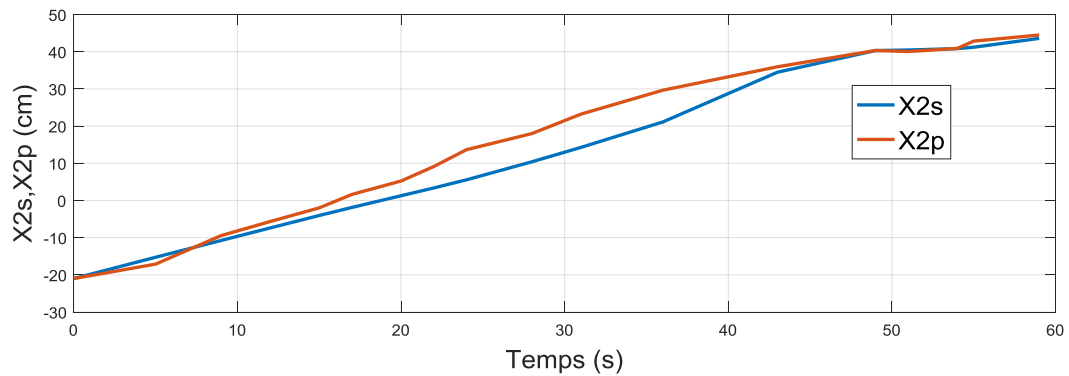


Figure IV. 30 Trajectoire des points x_{2p} , x_{2s} en fonction de temps.

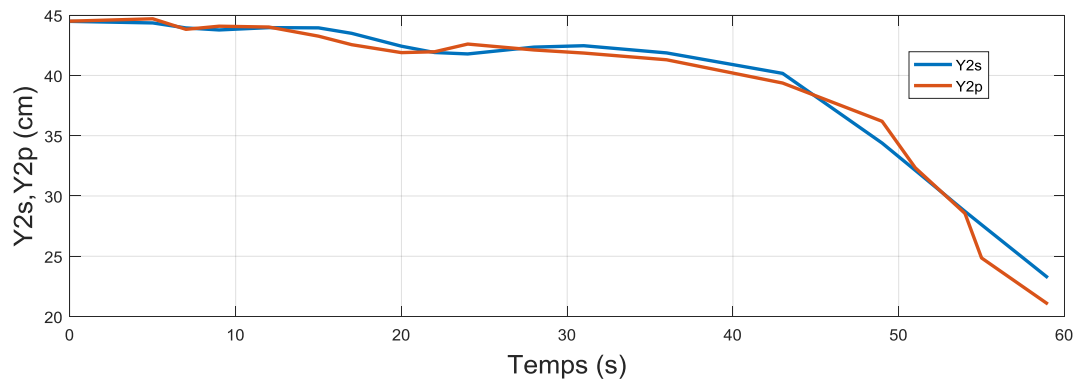


Figure IV. 31 Trajectoire des points y_{2p} , y_{2s} en fonction de temps.

V. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons discuté en détail de la méthode de conception de prototype, puis nous avons analysé le mouvement à partir de simulations et de mesures expérimentales. Les résultats de l'analyse cinématique montrent une nette convergence entre les résultats expérimentaux et théoriques de simulations dans lesquelles nous nous sommes basés sur des équations approximatives. Les courbes des trajectoires, des positions et des vitesses permettent de mieux comprendre le mouvement et le réalisme du système décrit dans le brevet. Nous avons également remarqué que la surface d'irrigation supplémentaire est directement affectée par les longueurs de système et les vitesses angulaires. La réalisation des résultats nécessite un soutien matériel et financement, ainsi que le travail d'une équipe de recherche de différentes disciplines.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire est l'étude et la réalisation d'un prototype de rampe pivotant avec un bras d'extension pour d'irriguer la surface carrée nous contrôlant dans l'orientation de bras d'extension par capteur de position. Nous avons traité ce travail dans le domaine d'étude : Électromécanique.

L'étude a été réalisée sur deux fronts théoriques et pratique, au niveau théorique, nous avons présenté les différentes informations sur système de pivot d'irrigation et système de coin qui permettent d'exploiter les surfaces perdues, puis de la modélisation géométrique et cinématique par le biais de notre étude du mouvement robot à deux bras à deux degrés de liberté.

Nous avons constaté que la trajectoire de surface du prototype est proche de la surface du brevet et que pour la surface du pivot d'irrigation, nous avons gagné la surface du système de coin, c'est-à-dire l'augmentation du produit. D'autre part, notre simulation nous a permis d'analyser le mouvement et ses caractéristiques. Nous avons également remarqué que le contrôle des longueurs des bras (bras principale, bras d'extension) et des vitesses d'angle (θ_1 , θ_2) affectait la valeur de surface supplémentaire.

Ce travail nécessite une étude approfondie par une équipe multidisciplinaire de recherche en mécanique, hydraulique, électrique et agricole pour être pleinement intégré. Un soutien financier et la fourniture du matériel nécessaire sont nécessaires pour mener à bien ce projet.

D'autre part, les bons rendements du système sont affichés dans de grandes surfaces. Mais dans la petite surface doivent être utilisés un autre système moins coûteux.

En ce qui concerne le bras d'extension, si la longueur dépasse le maximum, la travée il perd les Caractéristiques mécaniques.

Références

- [1] GUERRAH Ayoub « Contribution à l'adaptation et au Perfectionnement par optimisation géométrique d'un système de pivot d'irrigation » Thèse Magister Université Biskra 2012
- [2] L. Rolland, « Mechanized sprinkler irrigation » (no. 35). Food & Agriculture Org. 1982.
- [3] F. Rosa, S. Kenza « Réalisation et Commande d'un Bras Manipulateur à Quatre Degrés de Liberté » Mémoire de Master Université Mohamed Bougara-Boumcerdes 2017.
- [3] B. Bayle. Modélisation et commande cinématiques des manipulateurs mobiles à roues. Thèse, LAAS-CNRS, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2001.
- [4] B. Bayle, J.-Y. Fourquet, and M. Renaud. Génération des mouvements des manipulateurs mobiles : Etat de l'art et perspectives. Journal Européen des Systèmes Automatisés, 35(6) :809–845, 2001.
- [5] C. Perrier, L. Cellier, and P. Dauchez. Experimental comparison between hybrid and external control structures for a mobile manipulators. Dans Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 3577–3585, Albuquerque, Etats-Unis, avril 1997.
- [6] K. Tchon and R. Muszynski. Instantaneous kinematics and dexterity of mobile manipulators. Dans Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 2493–2498, San Francisco, Etats-Unis, avril 2000.
- [7] Y. Yamamoto. Control and Coordination of Locomotion and Manipulation of a Wheeled Mobile Manipulator. Thèse, University of Pennsylvania, Philadelphie, Etats-Unis, 1994.
- [8] R. J. Kircher, D. Seckler, R. D. Setty, D. Porat, and D. Port, “Irrigation apparatus,” ed: Google Patents, 1974.
- [9] J. D. Geddes and D. A. Christensen, “Corner irrigation system,” ed: Google Patents, 2000.
- [10] MathWorks, Curve Fitting Toolbox User's Guide, The MathWorks ed. 2011 Site Web.
- [11] R. G. Allen, J. Keller, D. Martin, “Center Pivot Design“ Deuxième édition édité par Clarence Prestwich, PE, CAIS, CID USDA-NRCS Wendell E Dorsett, PE Valmont Industries, Inc. (retired) September 2011.
- [12] R. B. Daugherty and W. C. Eaton, "Center-pivot irrigation system," ed: Google Patents, 1975.

- [13] B. Farooq, O. Hasan, S. Iqbal, "System Analysis & Verification (SAVe) Lab," National University of Sciences and Technology (NUST), Islamabad, Pakistan ICFEM 2013 Queenstown, New Zealand 01 November 2013.
- [14] M. A. BELMAHDI, "Modélisation et commande adaptative d'un bras manipulateur rigide à 2 degré de liberté," 2015.
- [15] www.lindsayeuropefr.com/zimmatic " pivots et rampes d'irrigation". Site Web.
- [16] www.ipandc.com "Slip Rings Custom Slip Rings from Standard Components" Site Web.
- [17] www.teamirrigation.com.au/LiteratureRetrieve.aspx. "Bivot basics what you need to know about center pivot irrigation" Site Web.
- [18] www.agriexpo.online "Pivot d'irrigation central / sur roues / actionné par eau RKD irrigation" Site Web.

Annexe A : Photo de prototype

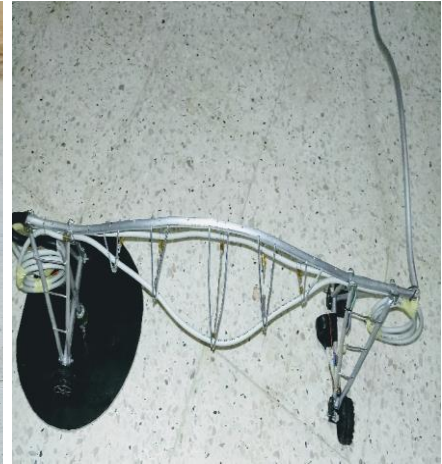
Partie mécanique



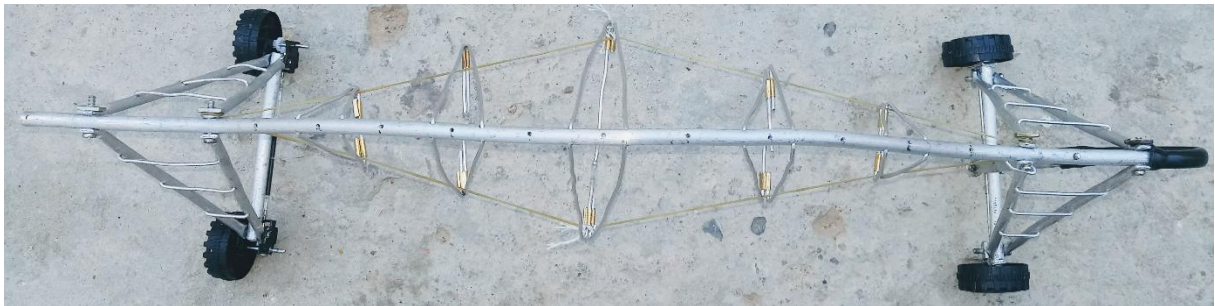
Le tour



Unité centrale giratoire



Bras principale



Travée avec le tour et l'unité centrale



Travée de bras d'extension

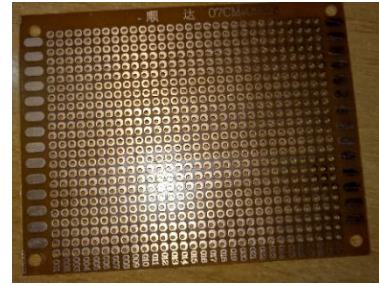
Partie électrique



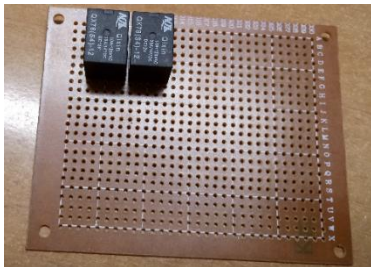
Transistor (PNP), (NPN)



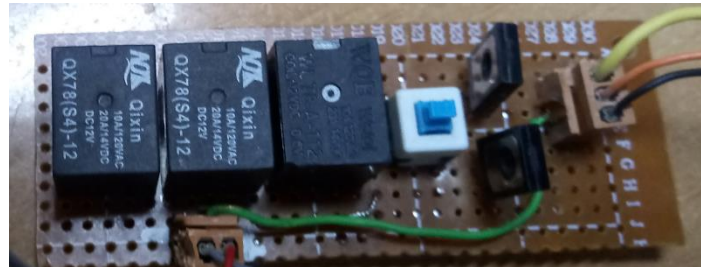
Relai QX78(S4)-12



Veroboard 64x95mm



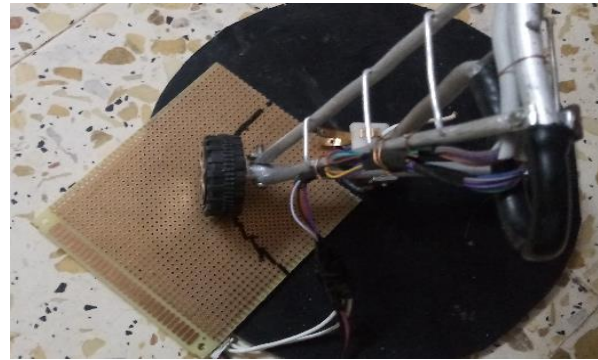
Placements des relais



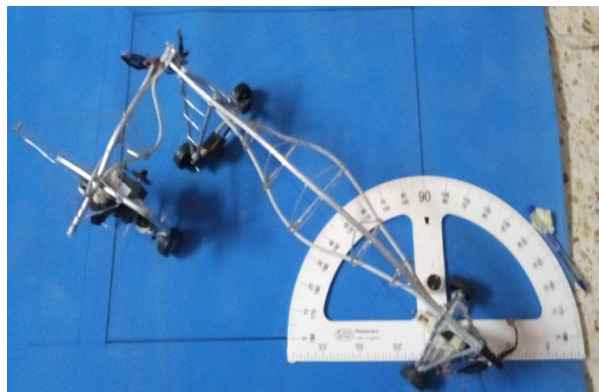
Boite de commande



Disque de détection



Tracements disque de détection



Tracements les angles de θ_1

Annexe B : paramétrés des positions

Tableau de paramétré des positions de prototype

t (s)	$\theta 1$ rad/s	x1	y1	$\theta 2$ rad/s	x2	y2	W1	W2
0	0	0,000	44,500	1,57	-21	44,5	0	0
5	0,087222222	3,876	44,331	1,500222	-17,12	44,6972	0,017444	-0,01396
7	0,174444444	7,723	43,825	1,395556	-13,277	43,8246	0,043611	-0,05233
9	0,261666667	11,512	42,985	1,360667	-9,4595	44,0837	0,043611	-0,01744
12	0,348888889	15,212	41,819	1,325778	-5,6726	44,013	0,029074	-0,01163
15	0,436111111	18,798	40,335	1,273444	-1,9982	43,256	0,029074	-0,01744
17	0,523333333	22,240	38,544	1,238556	1,62521	42,549	0,043611	-0,01744
20	0,610555556	25,513	36,460	1,221111	5,2277	41,8927	0,029074	-0,00581
22	0,697777778	28,592	34,099	1,256	9,11959	41,962	0,043611	0,017444
24	0,785	31,454	31,479	1,343222	13,6416	42,602	0,043611	0,043611
28	0,872222222	34,076	28,619	1,395556	17,9846	42,112	0,021806	0,013083
31	0,959444444	36,440	25,542	1,500222	23,2167	41,856	0,029074	0,034889
36	1,046666667	38,526	22,270	1,657222	29,6404	41,2978	0,017444	0,0314
43	1,133888889	40,320	18,830	1,796778	35,9396	39,3678	0,01246	0,019937
49	1,221111111	41,807	15,246	1,849111	40,3261	36,1935	0,014537	0,008722
51	1,308333333	42,976	11,546	1,692111	40,0383	32,3395	0,043611	-0,0785
54	1,395555556	43,818	7,758	1,604889	40,8807	28,5519	0,029074	-0,02907
55	1,482777778	44,328	3,912	1,587444	42,8469	24,8595	0,087222	-0,01744
59	1,57	44,500	0,035	1,57	44,4833	21,0354	0,021806	-0,00436

Tableau de paramétré des positions de simulation

t	x1	y1	x2	y2	teta1	teta2	w2	w1
0	0	44,5	-21	44,484	0	1,57	0	0
1	1,1466	44,485	-19,85	44,723	0,0258	1,5563	-0.0119254992380833	-0.0119254992380833
2	2,2925	44,441	-18,7	44,801	0,0515	1,5364	-0.0119254992380833	-0.00546228646224026
3	3,4369	44,367	-17,56	44,739	0,0773	1,5112	-0.0119254992380833	-0.00461546257041084
4	4,5789	44,264	-16,42	44,574	0,1031	1,4825	-0.0119254992380833	-0.00305857339396033
5	5,718	44,131	-15,28	44,354	0,1289	1,4526	-0.0119254992380833	-0.00107679861125616
6	6,8532	43,969	-14,15	44,128	0,1546	1,4237	-0.0119254992380833	0.00098716636730003
7	7,9839	43,778	-13,02	43,939	0,1804	1,3981	-0.0119254992380833	0.00279023654553322
8	9,1093	43,558	-11,89	43,817	0,2062	1,377	-0.0119254992380833	0.00404490589261901
9	10,229	43,308	-10,77	43,773	0,2319	1,361	-0.0119254992380833	0.00456519613876102
10	11,341	43,031	-9,645	43,8	0,2577	1,3498	-0.0119254992380833	0.00429538181482643
11	12,446	42,724	-8,522	43,876	0,2835	1,3422	-0.0119254992380833	0.0033170650937822
12	13,543	42,389	-7,398	43,965	0,3092	1,3367	-0.0119254992380833	0.00183363729390993
13	14,631	42,026	-6,274	44,028	0,335	1,3313	-0.0119254992380833	0.000134773104383387
14	15,709	41,635	-5,154	44,03	0,3608	1,3243	-0.0119254992380833	-0.00145320476094874
15	16,776	41,217	-4,046	43,945	0,3866	1,3145	-0.0119254992380833	-0.00262297928776099
16	17,833	40,771	-2,953	43,763	0,4123	1,3015	-0.0119254992380833	-0.00313880524082788
17	18,877	40,298	-1,878	43,491	0,4381	1,2854	-0.0119254992380833	-0.00287732952957682
18	19,909	39,798	-0,821	43,153	0,4639	1,2674	-0.0119254992380833	-0.00184983961435139
19	20,928	39,272	0,2241	42,783	0,4896	1,2492	-0.0119254992380833	-0.00020205466967696
20	21,933	38,719	1,2629	42,425	0,5154	1,2328	-0.0119254992380833	0.00180882599868214
21	22,924	38,141	2,3041	42,12	0,5412	1,2202	-0.0119254992380833	0.00385640264354387
22	23,899	37,538	3,3571	41,901	0,5669	1,2131	-0.0119254992380833	0.00560004963950707
23	24,858	36,91	4,4326	41,788	0,5927	1,2125	-0.0119254992380833	0.00674373073058736
24	25,801	36,257	5,5409	41,782	0,6185	1,2186	-0.0119254992380833	0.00708894733066749
25	26,727	35,58	6,6906	41,869	0,6443	1,2307	-0.0119254992380833	0.00657279072284233
26	27,635	34,88	7,8852	42,018	0,67	1,2476	-0.0119254992380833	0.00528420946843038
27	28,524	34,156	9,1222	42,191	0,6958	1,2676	-0.0119254992380833	0.00345490779178036
28	29,395	33,41	10,392	42,348	0,7216	1,2889	-0.0119254992380833	0.00142527409387349

29	30,246	32,641	11,681	42,456	0,7473	1,3098	-0.0119254992380833	-0.00041020097337569
30	31,077	31,851	12,975	42,496	0,7731	1,3293	-0.0119254992380833	-0.00167005018260083
31	31,887	31,04	14,267	42,464	0,7989	1,3471	-0.0119254992380833	-0.00205514093837142
32	32,677	30,208	15,557	42,37	0,8246	1,3639	-0.0119254992380833	-0.00140894657323068
33	33,444	29,356	16,86	42,238	0,8504	1,3808	-0.0119254992380833	0.000241601834642202
34	34,189	28,484	18,197	42,094	0,8762	1,3997	-0.0119254992380833	0.00267256886699627
35	34,912	27,594	19,6	41,965	0,902	1,4226	-0.0119254992380833	0.00548083351786396
36	35,611	26,685	21,103	41,867	0,9277	1,4511	-0.0119254992380833	0.00813270274599301
37	36,287	25,758	22,733	41,798	0,9535	1,4865	-0.0119254992380833	0.0100379783427252
38	36,939	24,815	24,506	41,739	0,9793	1,5288	-0.0119254992380833	0.0106399325331777
39	37,566	23,855	26,419	41,652	1,005	1,577	-0.0119254992380833	0.00950866055976947
40	38,168	22,879	28,439	41,489	1,0308	1,6291	-0.0119254992380833	0.00642399830024387
41	38,745	21,888	30,51	41,206	1,0566	1,682	-0.0119254992380833	0.0014348773528728
42	39,296	20,882	32,549	40,769	1,0823	1,7322	-0.0119254992380833	-0.00511538108279883
43	39,821	19,863	34,467	40,169	1,1081	1,7757	-0.0119254992380833	-0.0126040615421081
44	40,32	18,83	36,176	39,417	1,1339	1,8091	-0.0119254992380833	-0.0201852042317983
45	40,792	17,785	37,61	38,542	1,1597	1,8299	-0.0119254992380833	-0.0268820453045891
46	41,236	16,728	38,729	37,578	1,1854	1,8365	-0.0119254992380833	-0.0317055883383819
47	41,654	15,66	39,529	36,552	1,2112	1,8291	-0.0119254992380833	-0.0337850555700299
48	42,043	14,581	40,037	35,485	1,237	1,8089	-0.0119254992380833	-0.0324937042764396
49	42,405	13,493	40,309	34,388	1,2627	1,7789	-0.0119254992380833	-0.0275534582882821
50	42,739	12,396	40,419	33,268	1,2885	1,7424	-0.0119254992380833	-0.0191041166040653
51	43,044	11,291	40,453	32,13	1,3143	1,7036	-0.0119254992380833	-0.00772740079506872
52	43,32	10,178	40,49	30,986	1,34	1,6663	-0.0119254992380833	0.00557758004152014
53	43,568	9,0581	40,599	29,847	1,3658	1,6339	-0.0119254992380833	0.0194631385652414
54	43,787	7,9325	40,826	28,723	1,3916	1,6085	-0.0119254992380833	0.0323326814862976
55	43,977	6,8016	41,192	27,616	1,4174	1,5912	-0.0119254992380833	0.0424460007659799
56	44,138	5,6662	41,69	26,523	1,4431	1,5816	-0.0119254992380833	0.0479844193514353
57	44,269	4,527	42,288	25,433	1,4689	1,5782	-0.0119254992380833	0.046978060610697
58	44,371	3,3848	42,936	24,336	1,4947	1,5785	-0.0119254992380833	0.0368168512490433
59	44,444	2,2404	43,574	23,222	1,5204	1,5798	-0.0119254992380833	0.0122230026366456

Titre du mémoire : Etude un prototype de pivot d'irrigation avec d'un bras d'arrosage d'angle pour les surface carrées

Master : Electromécanique

Mots clés : Pivot d'irrigation¹ ; Modélisation² ; Bras d'extension³.

Résumé :

Dans ce recherche, nous proposons une méthodologie pour concevoir un prototype qui améliore l'arrosage par pivot d'irrigation afin d'exploiter les surface perdu dans le pivot central. (Les coins) pour irriguer une zone carrée. La première partie présente et analyse le système et ses composants grâce à l'utilisation des éléments électriques qui contrôlant la position. Dans la deuxième partie, nous avons choisi le système d'arrosage du coin et les solutions technologiques pour couvrir la surface perdue. En fin de compte, nous avons réalisé ce prototype et testé son mouvement fonctionnel à l'aide d'un programme MATLAB sur lequel nous nous sommes appuyés pour analyser le mouvement de système.

Thesis title : Study a prototype of irrigation pivot with à corner irrigation arm for square surfaces

Master : Electromechanical

Keywords : Irrigation pivot 1 ; Modeling 2 ; Extension arm 3.

Summary :

In this research, we propose à methodology to design a prototype that d improves irrigation pivot irrigation to exploit the lost surface in the central pivot. (Corners) to irrigate a square area. The first part presents and analyzes the system and its components through the use of electrical elements that control the position. In the second part, we chose the corner irrigation system and technological solutions to cover the lost surface. In the end, we made this prototype and tested its functional movement using a MATLAB program that we relied on to analyze the system movement.

عنوان المذكرة: دراسة نموذج الري المحوري مع ذراع التمديد لسقي زوايا الحقل للمساحات المربعة

الكلمات المفتاحية: الري المحوري 1; محاكاة 2; ذراع التمديد 3.

ملخص :

في هذا البحث نقترح منهجا من اجل تصميم نموذج تجريبي يحسن السقي المحوري من اجل استغلال المساحة المفقودة في الدائرة وهي الزوايا لسقي مساحة مربعة. في الجزء الاول يبين ويحلل الجهاز الحالي ومكوناته من خلال استعمال العناصر الكهربائية التي تتحكم في الوضعية. , والجزء الثاني نختار نظام الزوايا والحلول التكنولوجية اللازمة لتغطية الاجزاء الضائعة في النهاية نكون قد حققنا هذا النموذج واختبار الحركة الوظيفية له باستعمال برنامج ما تلاب التي اعتمدنا عليه لتحليل الحركة . اختيار الاطوال والسرعات مهم لعمل النظام بشكل جيد. تثمين العمل يكون بتجسيده من قبل فريق بحث من مختلف التخصصات.