

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche Scientifique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En électrotechnique
Option électromécanique

Thème

Contribution à la réalisation d'un système
de positionnement à forte dynamique

Réalisé par :

- Kheloufi Halim
- Latreche Hocine

Encadré par :

Mr. Tabti. B
Mr : Ben dehmane

Promotion 2012 / 2013

Remerciements

Nous remercions le Dieu de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce modeste travail. Nous remercions aussi Mr : B.TABTI pour nous avoir dirigé et aider pendant toute la durée de réalisation de ce travail et dont les critiques et les conseils nous ont été très précieux.

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant la charge de juger ce travail.

Nous sommes reconnaissants envers nos enseignants auxquels nous devons notre formation en électrotechnique grâce à l'enthousiasme qu'ils ont su nous communiquer en tant qu'étudiants lors de notre cursus d'études à l'UAMB.

Enfin, nous ne pourrions terminer ces remerciements sans remercier notre famille pour leurs aides, compréhensions, encouragements et soutiens, qu'elles nous ont apportés tout le long de nos études et à tous nos amies.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

*A ma très chère Mère et à mon cher Père- que Dieu les protège-
pour leurs soutien moral permanent durant toutes mes années
d'études, leurs sacrifices illimités et les efforts pour mon éducation,
et pour me voir atteindre ce but.*

A mes amies : Azze-ddine, Lyes, bille, babi et Sofiane.

A mes oncles, mes cousins, mes frères, ma sœur

A tous mes camarades de la promotion 2013.



L.HOCINE.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

*A ma très chère Mère et à mon cher Père- que Dieu les protège-
pour leurs soutien moral permanent durant toutes mes années
d'études, leurs sacrifices illimités et les efforts pour mon éducation,
et pour me voir atteindre ce but.*

A mes amies : Azze-ddine, Lyes, Ridha, Bissam et Hacene.

A mes oncles, mes cousins, mes frères et ma sœur

A tous mes camarades de la promotion 2013.



KHALIM.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I :	L'état de l'art sur les systèmes de positionnement électriques à dynamique élevé
I.1) Introduction.....	4
I.2) Système de positionnement.....	4
I.2.1) Degrés de liberté.....	4
I.2.2) Eléments d'un système de positionnement électrique.....	5
I.2.2.1) Partie commande.....	5
I.2.2.2) Partie opérative.....	6
I.2.3) Caractère pluridisciplinaire des système de positionnement rapide.....	6
I.2.4) problématique des systèmes de positionnement rapides.....	6
I.2.5) Architecture des systèmes de positionnement.....	7
I.2.6) Performances (exigences).....	8
I.3) liaison et schéma cinématique.....	8
I.4) Accouplement.....	9
I.5) Guidage en translation.....	9
I.5.1) Réalisations de la liaison.....	10
I.5.2) Précision du guidage.....	11
I.6) Modes de transmission d'effort.....	11
I.6.1) Les engrenages.....	12
I.6.2) Transmission par le système poulies-courroie.....	14
I.6.3) Transmission par le système vis-écrou.....	17
I.7) Conclusion.....	18
Chapitre II :	Réalisation virtuelle d'un système de positionnement rapide
II.1) Contexte.....	20
II.2) Réalisations virtuelle avec (SOLIDWORKS).....	20
II.2.1) Support.....	21
II.2.2) Axe de transfert.....	22
II.3.1) Les axes de la sonde	26
II.4) Principe de fonctionnement du banc	30
II.5) Conclusion.....	31
Chapitre III :	Modélisation et analyse des performances
III.1) Introduction.....	33
III.2) Démarche adoptée.....	33
III.2.1) Introduction à la modélisation par le Graphe Informationnel Causal(GIC).....	33
III.2.1.1) Démarche à suivre pour une modélisation d'un processus électromécanique par le (GIC).....	34
III.2.1.2) Les relations de transformation.....	35
III.2.2) Modélisation par Graphe Informationnel Causal (GIC).....	37
III.2.3) Passage au model d'état.....	47

III.3) Simulation et analyse de comportement.....	52
III.4) Conclusion	58
Conclusion général.....	60

Liste des figures

Figure I.1 : Mouvement associé à un degré de liberté dans un système a3D.....	5
Figure I.2 : Elément d'un système de positionnement.....	5
Figure I.3 : Système avec deux axes dépendant.....	7
Figure I.4 : Système avec deux axes indépendant.....	7
Figure I.5 Accouplement.....	9
Figure. I.6 : Guidage en translation.....	9
Figure I.7 : Réalisations d'une liaison pour le guidage.....	10
Figure I.8 : Précision du guidage.....	11
Figure I.9 : Les engrenages.....	12
Figure I.10 : Caractère rampant d'une courroie.....	15
Figure I.11 : Système poulies-courroie.....	15
Figure I.12 : Transmission par le Système vis-écrou.....	17
Figure II.1 : Banc expérimental de la caractérisation des électrets.....	20
Figure II.2 : Le banc expérimental de la caractérisation des électrets.....	21
Figure II.3 : Le support.....	21
Figure II.4 : L'axe de transfert.....	22
Figure II.5 : Moteur-polie.....	22
Figure II.6 : Le système de guidage.....	23
Figure II.7 : L'élément (1).....	23
Figure II.8 : L'élément (2).....	24
Figure II.9 : Les tiges de guidage.....	24
Figure II.10 : L'élément mobile.....	25
Figure II.11 : Le support de la feuille.....	25
Figure II.12 : polie-courroie.....	12
Figure II.13 : axes de la sonde.....	26
Figure II.14 : La sonde selon L'axe (X).....	26
Figure II.15 : moteur –roue motrice.....	27
Figure II.16 : Vis-écrou.....	28
Figure II.17 : Les deux tiges de guidage.....	28
Figure II.18 : pièce de téflon.....	28
Figure II.19 : l'axe (Y).....	29
Figure II.20 : Support de la sonde.....	29

Liste des figures

Figure II.21 : Principe de fonctionnement du système.....	30
Figure III.1 : La cause précède l'effet.....	34
Figure III.2 : Graphe Informationnel Causal (GIC)	34
Figure III.3 : Séparation du traitement mécanique	34
Figure III.4 : enrichissement du Graph Informationnel.....	35
Figure III.5 : Apparition du couplage électromécanique.....	35
Figure III.6 : symbolisme du GIC.....	36
Figure III.7 : modélisation du moteur à courant continu par GIC.....	38
Figure III.8 : principe de modélisation à énergie localisée.....	39
Figure III.9 : Model physique de la souplesse structurelle.....	40
Figure III.10 : Model GIC de la souplesse structurelle	41
Figure III.11 : model à constantes localisés de la souplesse de transmission.....	43
Figure III.12 : Graphe informationnel causal de la souplesse de transmission.....	43
Figure III.13 : Assemblage des deux souplesses.....	44
Figure III.14 :G.I.C de l'assemblage.....	45
Figure III.15 : model simplifié de l'axe de transfert.....	45
Figure III.16 :G.I.C simplifié de l'axe de transfert.....	46
Figure III.17 : Model à énergie localisée de l'axe de la sonde.....	46
Figure III.18 :G.I.C de l'axe de la sonde.....	47
Figure III.19 : Model d'état dans le cas général.....	48
Figure III.20 : Résultats de simulation de fonctions de transfert (structurelle).....	53
Figure III.21 : Le circuit analogique de la souplesse structurelle.....	53
Figure III.22 : Vitesse du support (vibration).....	54
Figure III.23 : vitesse du port échantillon.....	54
Figure III.24 : Résultats de simulation de fonctions de transfert (transmission).....	55
Figure III.25 : Le circuit analogique (transmission).....	55
Figure III.26 : Vitesse du port échantillon,	56
Figure III.27 :vitesse de la charge.....	56
Figure III.28 Circuit analogique de l'axe de transfert.....	57
Figure III.29 : Vitesse d'un point de courroie	57
Figure III.30 : vitesse de port échantillon.....	57

Tableau I.1 : caractéristiques géométriques d'une roue à denture droite	12
Tableau I.2 : caractéristiques d'une courroie	16
Tableau III.1 : Analogie électrique-mécanique	37



INTRODUCTION GENERALE



Introduction générale :

La thématique de ce mémoire concerne la problématique que posent les systèmes de nouvelle génération utilisés pour le positionnement à grande vitesse.

Ces systèmes traversent actuellement une période d'innovation exceptionnelle tant sur le plan conceptuel que technologique. C'est au dernier siècle que les systèmes des positions ont amorcé l'explosion des thèmes de recherche. À cette époque les systèmes du positionnement étaient conçus en respectant les contraintes imposées par le milieu industriel, comme la répétition, la précision dans la réalisation des tâches, le respect des cadences de production [1].

C'est avec le développement scientifique, spécifiquement de l'électronique et de l'informatique, mais aussi automatique, mathématique, mécanique et matériaux, que la technologie du système du positionnement a progressée.

Les mouvements devant être effectués par les systèmes de positionnement pour réaliser les tâches désirées exigent plus de précision et des vitesses parfois variables. Ceci a conduit à la mise au point d'algorithmes de commande sophistiqués. Parmi ces algorithmes, on peut citer les algorithmes basés sur les modèles dynamiques.

La diversité et le caractère souvent multi domaines des systèmes au sein desquels le Génie électrique intervient complexifient leur analyse globale. Pourtant, l'approche système est essentielle, car elle met en exergue les couplages entre éléments situés dans différentes Disciplines. Pour faciliter cette démarche, le formalisme de modélisation unifiant "Graphe Informationnel Causal " est utilisé pour visualiser les transferts énergétiques [2].

Dans ce thème on s'intéresse aux systèmes de positionnements à 2 axes, par l'étude technique et conception, sous SolideWorks un banc expérimental de la caractérisation des électrets, et ensuite étudier les performances par un modèle graphique GIC (Graphe Informationnel Causal) et une simulation sous MATLAB.

Pour cela on a réparti ce travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre, sera consacré à l'état de l'art sur les systèmes de positionnement.
- Le second chapitre c'est la conception et la réalisation virtuelle d'un système de positionnement à 2 axes (un banc expérimental de la caractérisation des électrets), à l'aide du logiciel SolideWorks, et une étude technique sur ses parties électrique, physique et mécanique.

- Quand au troisième chapitre, il est réservé à l'étude des performances par la modélisation du système virtuel, on utilisant l'outil graphique GIC (Graphe Informationnel Causal) et une simulation sous MATLAB.

CHAPITRE I

**ETAT DE L'ART SUR LES SYSTEMES
DE POSITIONNEMENT A FORTE
DYNAMIQUE**

I.1) Introduction

Les systèmes d'aujourd'hui bénéficient des structures allégées, de nouveaux composants en électronique de puissance et en motorisation qui leur permettent d'atteindre des performances inaccessibles. Mais la complexité de ces systèmes augmente plus en plus: architecture multiaxes, intégration de plusieurs fonctions, résistance, légèreté, tenu dans le temps ...etc. [3]

Pour connaître le comportement d'un système dynamique, il est important de savoir :

- Les relations qui existent entre les tâches de positionnement qui peut être décomposée en une suite de mouvements.
- La complexité de ces mouvements qui augmente avec la nature des déplacements, et la dynamique de l'environnement.
- La planification de chemin a un rôle prépondérant pour un système de positionnement, elle est liée aux chemins que les objets de système doivent suivre pour l'exécution d'une tâche.
- La manipulation d'objets en environnements de 3D est une des aptitudes qu'un système de positionnement doit être capable de maîtriser.

La conception mécanique d'un système de positionnement est complexe, dont le mouvement du manipulateur est généré non seulement en fonction de la position et du la détermination de l'évolution des forces généralisées (forces ou couples), mais aussi en fonction de la configuration, des vitesses et des accélérations, que les actionneurs doivent exercer pour garantir l'exécution de la tâche tout en satisfaisant certains critères de performance. [4]

I.2) Système de positionnement

I.2.1) Degrés de liberté

Un système libre, situé dans un espace à trois dimensions peut réaliser six mouvements, à chaque mouvement est associé un degré de liberté. Un degré de liberté traduit donc une liberté de mouvement (rotation ou translation). Une pièce libre dans l'espace dispose de 6 degrés de liberté : 3 rotations (R_x, R_y, R_z) et 3 translations (T_x, T_y, T_z). [5]

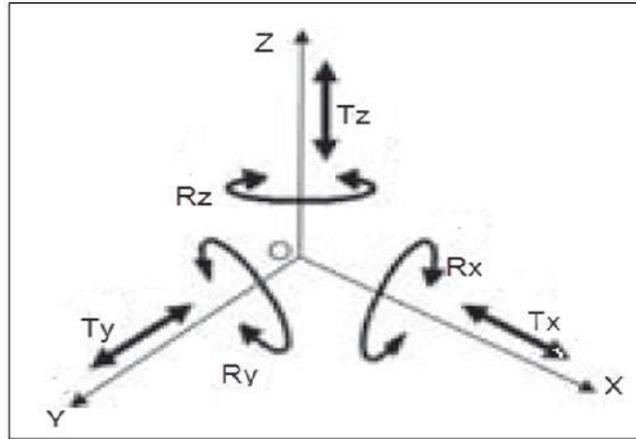


Figure I.1 : Mouvement associé à un degré de liberté dans un système a 3D.

I.2.2 : Eléments d'un système de positionnement électrique

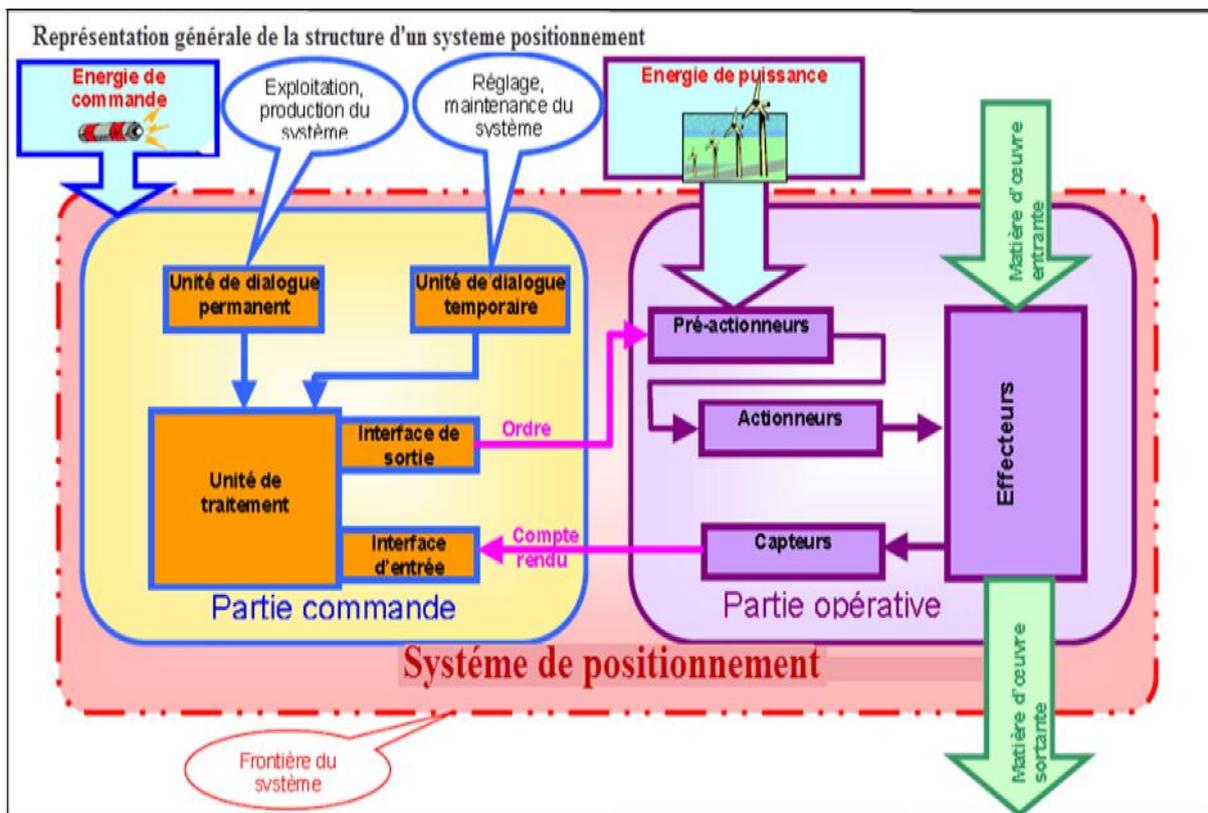


Figure I.2 : Elément d'un système de positionnement

I.2.2.1) Partie commande

Cette partie est programmée pour gérer en une suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des signaux informations (électrique) des capteurs situe dans la partie opérative, et les rétablit vers cette dernière en direction des pré-actionneurs.

I.2.2.2) Partie opérative

C'est la partie visible et dynamique du système de positionnement. Elle comporte des pré-actionneurs (contacteurs) destinés à ouvrir ou fermer un circuit électrique par l'intermédiaire d'un circuit de commande. Ils alimentent les moteurs électriques en énergie de puissance en fonction des consignes opératives issue de la partie commande. Des actionneurs qui ont pour rôle d'exécuter les ordres. Pour cela les moteurs électriques sont chargés de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Le mouvement de rotation à l'intérieur de ces moteurs est engendré grâce à des phénomènes magnétiques [6]. Des efforts sous formes de couples ou de force seront développés afin d'assurer le mouvement d'un système mécanique en vue d'un positionnement ou d'un entraînement. Ces moteurs sont souvent complétés par des accouplements mécaniques et/ou réducteurs. Des capteurs qui soumis à l'action des grandeurs physiques et qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Dans la grande majorité des cas cette information se fait par l'intermédiaire d'un signal électrique. La famille utilisée dans les systèmes de positionnement est celle des capteurs de déplacements.

I.2.3) Caractère pluridisciplinaire des systèmes de positionnement rapide

Les systèmes de positionnements de forte dynamique sont des systèmes pluridisciplinaires par excellence : électronique de puissance (alimentations variables), électrotechnique (machines électriques), mécanique, mais aussi instrumentation (capteurs), automatique (commande)...etc.

Cette juxtaposition de disciplines est délicate lorsqu'on désire obtenir un système performant. Une interdisciplinarité est alors nécessaire : il est indispensable d'établir des liens entre les diverses disciplines pour assurer un fonctionnement homogène. [3]

I.2.4) Problématique des systèmes de positionnement rapides

La plupart des systèmes électromécaniques ont initialement été considérés linéaires, continus, stationnaires et de paramètres bien connus. Cette vision idéale a permis de développer des structures de commande relativement simple. Dans notre cas (système de positionnement de forte dynamique), une bonne modalisation doit chercher l'amélioration de performances de l'entraînement et l'élimination de toute hypothèse simplificatrice non justifiée est nécessaire car la limitation naturelle de performances dynamiques d'un dispositif de positionnement rapide est généralement induite par :

- L'apparition des modes vibratoires indésirables, qui sont généralement très oscillants et peu amortis ($\xi \ll 1$) ce qui affecte le positionnement.
- Les modes vibratoires sont généralement non stationnaires parce que les masses ramenées

au point de génération d'efforts moteurs varient en fonction de la position.

- L'intervention de non linéarités telles que jeux et frottements secs.
- Une imprécision du positionnement dynamique due de couplages entre les parties mécaniques, s'ils ne sont pas prise en compte.

I.2.5) Architecture des systèmes de positionnement

Il existe plusieurs architectures des systèmes de positionnement, on cite ici deux exemples présentés dans les deux figures suivante **Figure I.3** et **Figure I.4**. Chaque système est composé de deux axes X et Y, dans le premier exemple les deux axes interdépendant et le deuxième, les deux axes sont indépendant. L'entraînement se fait avec des moteurs, la transformation de mouvement rotatif en mouvement de translation est assurée par un système de type vis-écrou.[7]



Figure I.3 : Système avec deux axes dépendant

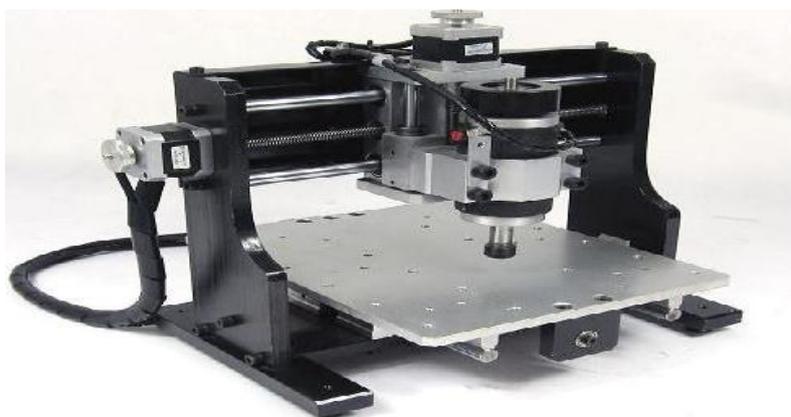


Figure I.4 : Système avec deux axes indépendant

I.2.6) Performances (exigences)

Les performances d'un système de positionnement rapide peuvent se résumer par :

- grande vitesse et précision de l'objet à positionner.
- accélération très élevée car leur inertie est faible.
- haute fiabilité car ils simplifient les chaînes cinématiques.
- encombrement réduit permettant de construire des systèmes compacts.

I.3) Liaison et schéma cinématique

Une liaison est un contact entre deux solides, qui n'impose pas seulement de considérer le jeu et le frottement interne mais aussi la déformation en contact l'hors de fonctionnement.

On dit :

- une liaison est élémentaire lorsqu'elle est obtenue par contact entre deux solides, on distingue :
 - ✓ une liaison pivot,
 - ✓ une liaison glissière,
 - ✓ une liaison hélicoïdale.
- une liaison est parfaite lorsque :
 - ✓ les jeux de fonctionnement entre deux solides sont supposés nuls,
 - ✓ les déformations des surfaces fonctionnelles de contact sont supposées nulles,
 - ✓ il n'ya pas de frottement (pas de dissipation d'énergie).
- une liaison est réelle, lorsque le fonctionnement et la réalisation des liaisons, imposent de considérer les jeux et les frottements internes aux liaisons et les déformations en contacts.

Le schéma cinématique permet de modéliser les interactions entre les solides d'un même mécanisme. Ce type de représentation permet de décomposer de manière détaillée une liaison entre deux solides, le schéma cinématique permet, d'une part, d'aider à la conception d'un mécanisme en lui donnant le principe de fonctionnement cinématique et, d'autre part, d'aider à la compréhension du système à analyser.

I.4) Accouplement

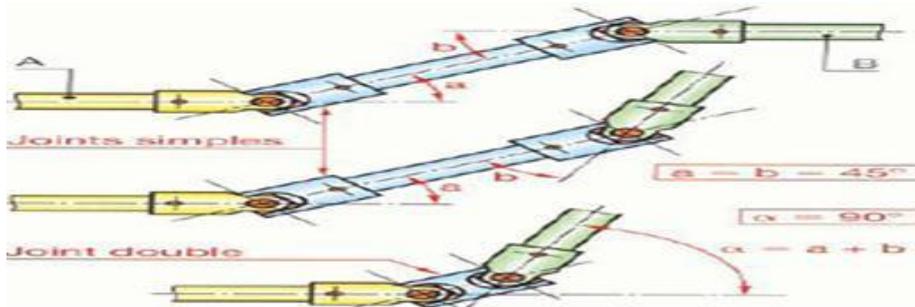


Figure I.5 Accouplement

Les joints d'accouplement destinés à transmettre intégralement un couple entre deux arbres d'axes sécants, sans élasticité torsionnelle, résultent de réalisations spécifiques, à fortiori quand l'homocinétisme de la transmission est prépondérant. Leur conception diffère essentiellement des joints d'accouplement, élastique ou non, dont les dispositions constructives ne permettent pas, pour la plupart, d'accepter durablement des désalignements importants. On distingue :

1) Les joints d'accouplement homocinétique, pour arbres à axes sécants

Un joint d'accouplement est homocinétique quand les vitesses angulaires instantanées des deux arbres moteur et récepteur accouplés sont égales quelles que soient les valeurs des abscisses angulaires de ces arbres, et quel que soit l'angle de brisure (désalignement angulaire).

2) Les joints d'accouplement élastique ou non pour arbres à axes sécants ou non

Contrairement aux joints d'accouplement homocinétique présentes dont le désalignement angulaire (ou angle de brisure) permanent est important, les joints d'accouplement élastiques sont des organes de correction conçus pour des désalignements limités.

I.5) Guidage en translation

Le guidage en translation entre deux pièces est la matérialisation de la liaison glissière. Il faut donc éliminer entre ces deux pièces 5 degrés de liberté : 2T et 3R.

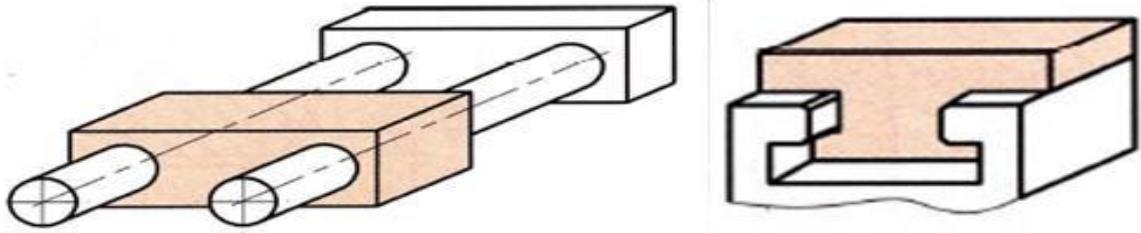


Figure. I.6 : Guidage en translation

Le degré de liberté en translation peut être obtenu aussi bien par association de surfaces planes que de surfaces de révolution. Selon la nature de ces surfaces assurant la mise en position on distinguera :

- * Le guidage prismatique : Surfaces de contact planes.
- * Le guidage cylindrique : Surface de contact cylindrique plus un arrêt en rotation.

Dans ces deux cas il existe une combinaison minimale des surfaces permettant d'obtenir un guidage isostatique.

La pièce prise comme référence fixe sera appelée glissière.

La pièce mobile par rapport à la glissière sera appelée coulisseau.

I.5.1) Réalisations de la liaison

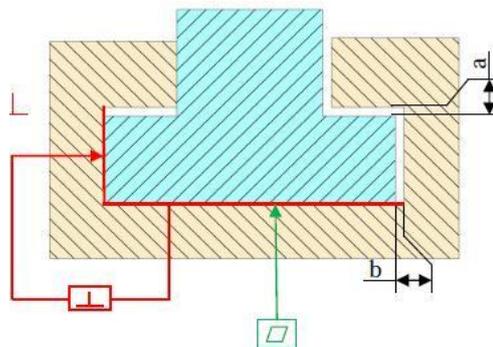


Figure I.7 : Réalisations d'une liaison pour le guidage

Pour réaliser cette liaison, il convient de définir entre glissière et coulisseau :

- un plan de déplacement
- la direction du déplacement dans ce plan

Le maintien en position est assuré par des surfaces complémentaires entre lesquelles doivent exister des jeux fonctionnels.

Dans tous les cas, la réalisation du guidage dépendra des conditions fonctionnelles:

1) dimensionnelles : jeux a et b.

2) de forme : planéité 

3) de position : perpendicularité 

I.5.2) Précision du guidage

Quelle que soit la solution technologique retenue pour la liaison glissière (contact direct du coulisseau sur la glissière ou interposition d'éléments roulants) elle se comporte comme l'indique la figure suivante.

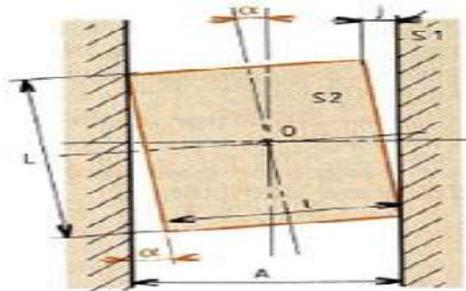


Figure I.8 : Précision du guidage

Le jeu de fonctionnement entraîne une imprécision angulaire du coulisseau par rapport à la direction de translation : angle α

Pour obtenir un guidage précis et éviter à l'angle α d'être trop important il est souhaitable de respecter la règle :

Longueur de guidage $L \gg l$ d'où $L > 2l$ avec l : diamètre ou largeur de la glissière

I.6) Modes de transmission d'effort

Les transmetteurs de puissances sont des mécanismes qui permettent d'accommoder la puissance en fonction du besoin. Deux modes de transmetteurs sont notés :

- transmetteurs qui multiplient la puissance surnommé multiplicateur de vitesse.
- transmetteurs qui réduisent la puissance surnommés réducteurs de vitesse.

Cette fonction de transmission mécanique est assurée par plusieurs types d'organe tels que : Chaîne, roue dentée, poulie courroie, engrenages... etc.

I.6.1) Les engrenages [8]

Un engrenage est un mécanisme élémentaire composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable. Il permet de transmettre, sans glissement, un mouvement de rotation continu entre deux arbres rapprochés.



Figure I.9 : Les engrenages

Plusieurs modèles d'engrenages existent. Dont on note :

- les engrenages à axes parallèles à denture droite ou hélicoïdale.
- les engrenages à axe concourant à denture droite ou hélicoïdale.
- les engrenages à axe non concourant ou gauche (roue-vis, hypoïde, etc.).

L'entraînement d'un engrenage se fait sous la pression de contact des dents. Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages.

Les caractéristiques géométriques d'une roue à denture droite sont données dans le tableau suivant :

Nombre de dents	Z	Creux	$h_f = 1.25 m$
Module	m	Hauteur de dent	$H = 2.25 m$
Diamètre primitif	$d = m \cdot Z$	Largeur de dent	b
Saillie	$h_a = m$	Pas au primitif	$P = \pi m$
Diamètre de tête	$d_a = d + 2.m$	Diamètre de pied	$d_f = d - 2.25 m$

Tableau I.1 : caractéristiques géométrique d'une roue à denture droite

Le module m choisi parmi les modules normalisés et déterminé par un calcul de résistance des matériaux. C'est une grandeur qui permet de caractériser le pas circonférentiel d'une roue par un nombre qui ne soit incontournable en éliminant le facteur π .

$$\geq 2.34 \sqrt{\frac{F_t}{k_p}} \tag{I.1}$$

$$= \frac{60P}{\pi d N} \tag{I.2}$$

Avec :

F_t : force tangentielle en (N)

P : puissance à transmettre en (W)

N : vitesse de rotation en (tr/s)

d : diamètre primitif en (m)

k : largeur de la dent en (m)

R_p : résistance pratique (N / m^2)

Le nombre de dents Z : de chaque roue dentée permettent de définir le rapport des vitesses de l'engrenage.

Un certain nombre de formules théoriques, que nous ne citons pas, montre que le rendement d'engrenage est en général excellent avec des dentures taillées, de qualité courante, le rendement moyen reste supérieur 98% avec des dentures de précision, il peut atteindre 99%, une très bonne rectification peut encore améliorer ce dernier résultat.

$$P = P + P \quad \Rightarrow \quad \eta_e = \frac{P}{P + P} \tag{I.3}$$

Le couple de sortie de la transmission est :

$$P = \eta_e P \quad \Rightarrow \quad C \Omega = \eta_e C \Omega$$

$$C = \eta_e \frac{\Omega}{\Omega} \quad C = \eta_e C \tag{I.4}$$

$$\frac{1}{k_{12}}$$

Avec :

P : Puissance à l'arbre d'entrée.

P : Puissance à l'arbre de sortie.

P : Puissance perdue par frottement

C : Couple à l'arbre de sortie.

Ω : Vitesse angulaire à l'arbre de sortie.

Ω : Vitesse angulaire à l'arbre d'entrée.

C : Couple à l'arbre d'entrée.

i_{12} : Rapport de réduction.

Parmi les avantages de transmissions par engrenage on site :

- fiabilité et grande résistance aux efforts subits.
- bonne performance et suppression de toute sorte de glissement.
- forte résistance à la fatigue.
- large plage de température de fonctionnement.
- grande précision.
- bon rendement.

I.6.2) Transmission par le système poulies-courroie [9]

Une courroie est un lien flexible destiné à assurer une transmission de puissance entre un arbre moteur et un arbre récepteur dont les axes peuvent occuper diverses positions relatives.

Le couple transmis à l'arbre récepteur peut varier en intensité et en sens (selon que les brins sont croisés ou non) en fonction des valeurs relatives des diamètres primitifs des deux poulies motrice et réceptrice.

En charge, la longueur d'une courroie varie de façon réversible suivant l'intensité des tensions qu'elle supporte. L'allongement d'un élément de courroie est plus important sur le brin tendu que sur le brin mou. Par ailleurs, cet allongement varie progressivement entre les points A et B, lieux d'entrée et de sortie de la courroie sur la poulie. Il en résulte un glissement relatif (courroie/poulie) et donc une vitesse de glissement fonctionnelle non nulle.

On dit que la courroie rampe sur la poulie si la tension exercée en R sur un élément de courroie de longueur $r \cdot d\theta$ est F , alors l'hypothèse d'un allongement suivant la loi de Hooke s'écrit :

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \tag{I.5}$$

Avec $\varepsilon = \frac{\Delta}{l} = \frac{\Delta}{r \cdot \theta}$
 Soit $\Delta = \varepsilon \cdot r \cdot \theta$
 D'où $\frac{\Delta}{r} = \varepsilon \cdot \theta$

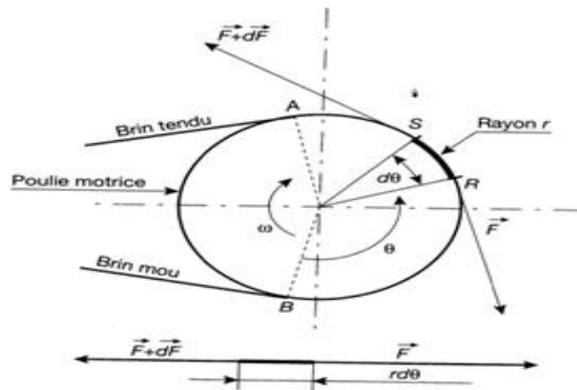


Figure I.10 : Caractère rampant d'une courroie

- Avec :
- E : Module d'Young du matériau constituant la courroie
- S : Aire de la section droite de la courroie
- σ : Limite d'élasticité
- ε : Allongement relative.
- F : Force appliquée sur la courroie.

Comme F varie avec θ , l'allongement Δ_{SR} varie le long du contact curviligne AB .ce phénomène existe sur les deux poulies, motrice et réceptrice. Quand le glissement relatif (courroie/poulies), nommé glissement fonctionnel (g), n'est pas négligeable, le rapport de transmission a pour expression :

$$i_{12} = (1 - g)^{-1} \tag{I.6}$$

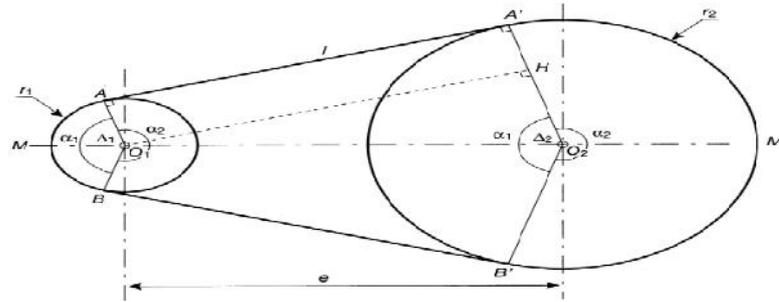


Figure I.11 : Système poulies-courroie

rapport de transmission	12	$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{12} = -$	
longueur de la courroie	L	$L = 2e + \frac{\pi}{2} (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4e}$ (brins non croisés)	d_1, d_2 : Diamètre des poulie
angles d'enroulement	α_1	$\alpha_1 = 2 \arcsin \frac{d_2 - d_1}{2e}$	d_1, d_2 : Rayons des poulie
	α_2	$\alpha_2 = 2 \arcsin \frac{d_1 - d_2}{2e}$	e : entraxe
tension pendant le fonctionnement	T, t	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{C_2}{C_1}$ Avec $C_1 = \frac{P}{w_1}$ et $C_2 = \frac{P}{w_2}$ $w = \lambda \alpha$ (courroie plate) $w = 3\lambda \alpha$ (courroie trapézoïdale)	T : Tension dans le brin tendu t : Tension dans le brin mou C_i : Couple transmis par la poulie i de rayon i P : Puissance transmise α : Angle d'enroulement le plus petit (mesuré sur 1 ou 2) λ : Coefficient de frottement
tension de pose		$T_0 = \frac{1}{2} (T_1 + T_2)$	(courroie poulie) λ : Constance < 1
nombre de brins		$n \geq \frac{P}{\sigma_p b}$	$\frac{\lambda}{\sigma_p}$: Résistance pratique en extension de la courroie b : Section d'un brin de courroie

Tableau I.2 : Caractéristiques d'une courroie

- **Les principaux avantages d'une transmission par courroie :**
 - la possibilité d'une variation d'entraxe et de position relative entre les arbres moteur et récepteur.
 - une relative souplesse dans la transmission.
 - l'élasticité du matériau constituant la courroie confère à celle-ci un rôle d'amortisseur.
 - une possibilité de glissement (courroie poulie) dans le cas de fortes charges transmises : fonction de limiteur de couple à glissement.
 - une non nécessité de lubrification : les carters ne sont que des éléments de protection secs.
 - un entretien limité au réglage périodique de la tension initiale.
 - un fonctionnement silencieux.
 - une grande durée de vie.
 - un cout d'achat et d'installation réduit.
 - un bon rendement.
- **Les principaux inconvénients d'une transmission par courroie :**
 - l'encombrement des éléments de guidage (roulements, coussinets...) dans les paliers soumis à des efforts radiaux souvent importants (dépendant directement des tensions dans la courroie).
 - Le non garanti d'une transmission parfaitement homocinétique pour les courroies asynchrones, qui entraînent des poulies sans denture.

I.6.3) Transmission par le système vis-écrou

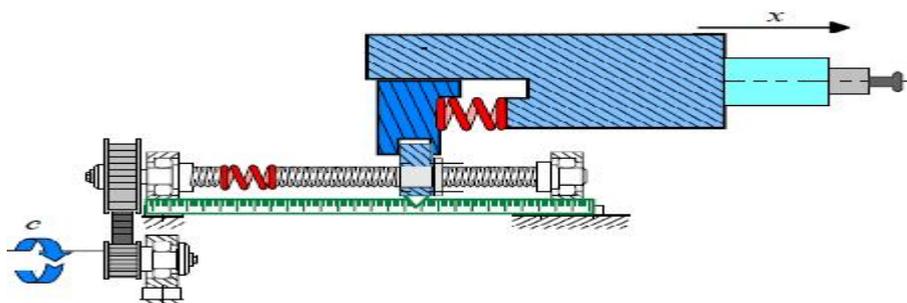


Figure I.12 : Transmission par le Système vis-écrou

Un système vis-écrou se compose d'une vis en rotation à la vitesse Ω et d'un écrou en translation à la vitesse V . La relation de transformation des vitesses entre Ω et V fait intervenir le pas de la vis, noté p , défini comme suit :

Le pas p est la distance parcourue en translation par l'écrou lorsque la vis fait un tour.

La durée d'un tour peut donc être exprimée de deux façons : $= \frac{2\pi}{\Omega}$ d ou $V = \frac{\Omega}{2\pi}$

L'inertie ramenée à l'arbre de la vis si l'on connaît la charge M de l'écrou

$$= \frac{1}{2} V^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{p}{2\pi}\right)^2 \Omega^2 \quad (\text{I.7})$$

L'inertie ramenée est donc donnée :

$$= \frac{mp^2}{4\pi^2} \quad (\text{I.8})$$

Le couple à la vis est calculable si l'on connaît la force qui s'oppose au mouvement de l'écrou F

Par le bilan de puissance, on peut déterminer le couple (C).

$$C \cdot \Omega = \frac{F \cdot V}{\eta} = \frac{F \cdot p}{2\pi} \cdot \Omega$$

La relation donnant le couple à la vis est donné par

$$C = \frac{p \cdot F}{2\pi\eta} \quad (\text{I.9})$$

I.7) Conclusion

Après avoir exposé les différents éléments et architectures des systèmes de positionnement de forte cadence, les modes de transmission d'effort utilisés pour ces systèmes, le deuxième chapitre sera consacré pour une réalisation virtuelle d'un banc de mesure expérimentale de forte dynamique.

Chapitre II

REALISATION VIRTUELLE D'UN SYSTEME DE POSITIONNEMENT RAPIDE



II.1) Contexte

Notre travail est une contribution à la réalisation d'un banc expérimental de la caractérisation des électrets. Le système est utile pour le transfert d'électret du poste de formation vers le poste de mesure. Egalement le profil et la cartographie du potentiel de surface nécessite le déplacement de l'échantillon et la sonde de mesure du potentiel de surface. [10]

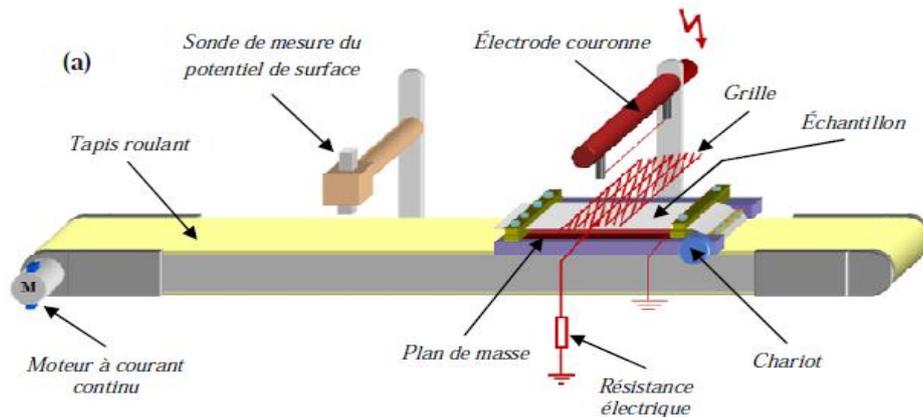


Figure II.1 : Banc expérimental de la caractérisation des électrets (existe)

L'objectif de système de cette figure consiste à positionner l'échantillon sous une électrode de décharge (couronne). Le système est composé d'un axe de transfert pour le déplacement de l'échantillon selon X, et la sonde qui se déplace selon Y.

II.2) Réalisations virtuelle avec (SOLIDWORKS)

La réalisation virtuelle permet, de montrer une réalité virtuelle tendant à représenter le système de positionnement à réaliser ou à étudier le plus fidèlement possible. Elle rend plus facile les modifications éventuelles sans avoir recours à des frais de matériaux onéreux. La réalisation virtuelle tend à réduire les temps de conception en limitant les essais par l'étude virtuelle de différentes solutions et en analysant, si nécessaire selon objectifs, les différentes défaillances du système.

Le banc qu'on a réalisé est considéré dans le cadre des systèmes de positionnement à fort dynamique.

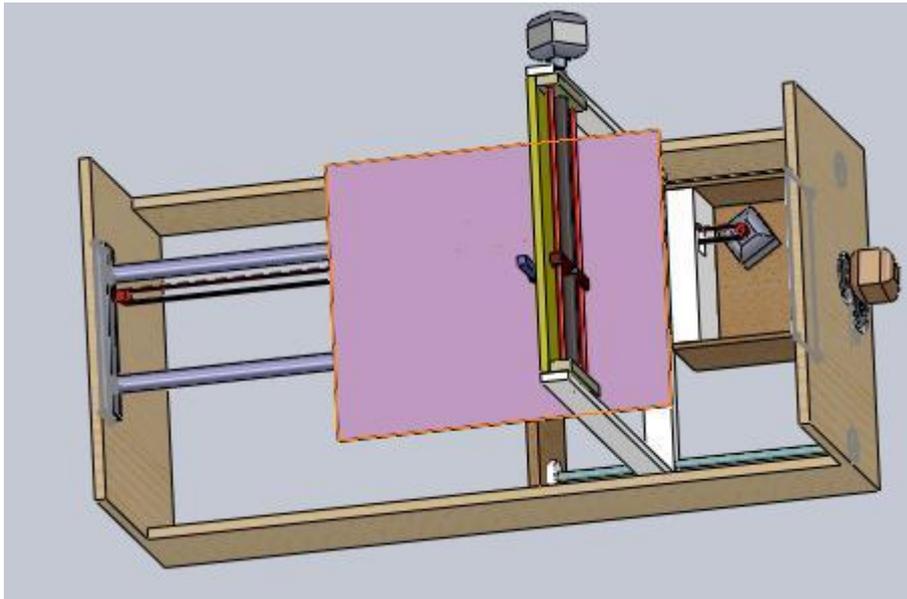


Figure II.2 : Le banc expérimental de la caractérisation des électrets (réalisé)

II.2.1) Suport

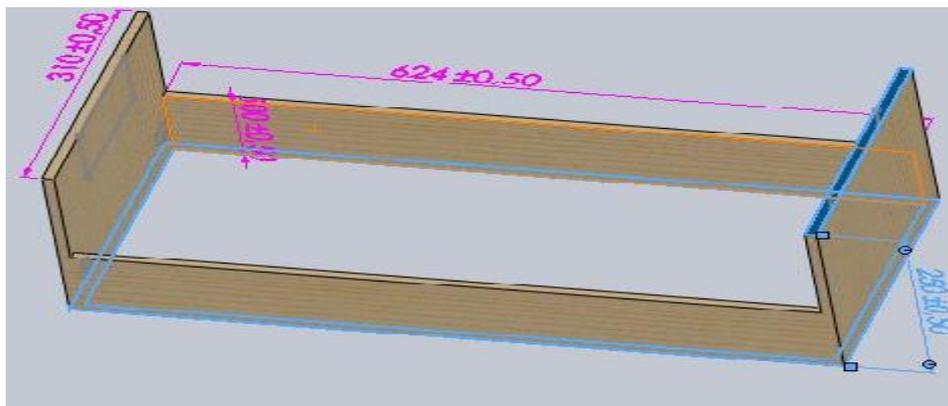


Figure II.3 : Le support

C'est l'élément sur lequel tous notre système est fixé. Il est constitué de quatre plaques en bois qui sont attachés comme suit :

Deux plaques transversales en parallèle qui sont attachées avec deux autre plaques verticales.

II.2.2) Axe de transfert

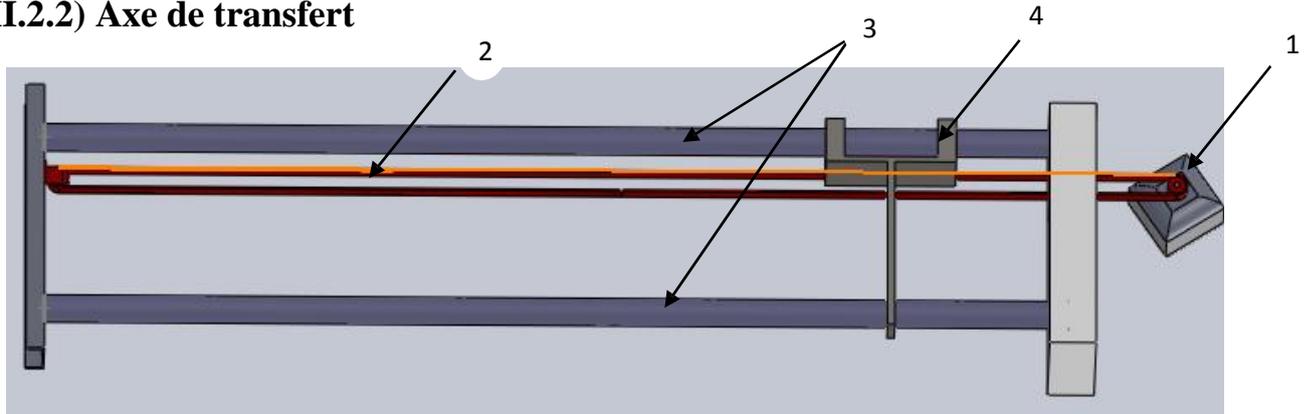


Figure II.4 : L'axe de transfert

Il est composé des éléments suivants :

- 1) Moteur à courant continu.
- 2) Le système poulie-courroie.
- 3) Deux tiges de guidage.
- 4) Element mobile fixé sur la courroie.

1) Moteur à courant continu

Il est composé d'un moteur à courant continu qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique rotative.

Le moteur est réalisé à base d'une combinaison d'une boîte et d'un cylindre, le premier représente l'enveloppe qui couvre les éléments électromagnétiques du moteur, et le deuxième l'arbre de transmission. La poulie est un cylindre creux pour l'ajuster avec serrage sur l'arbre moteur.

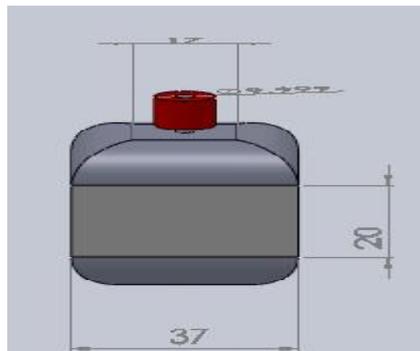


Figure II.5 : Moteur-poulie

2) Le système de guidage

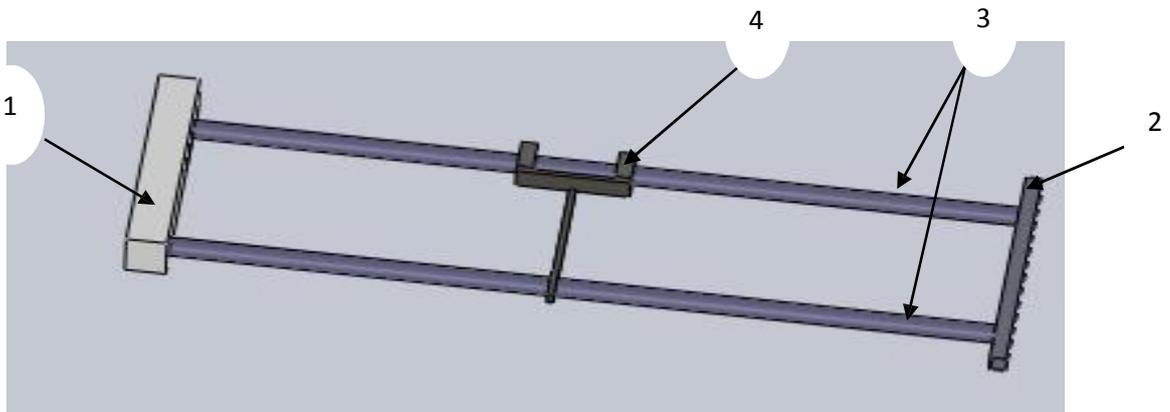


Figure II.6 : Le système de guidage

Son rôle est de guider l'élément mobile. Il est composé de deux tiges cylindriques identiques, l'un des ces extrémités est fixé sur l'élément (1) et l'autre sur l'élément (2), la figure suivante montre le système.

❖ L'élément (1)

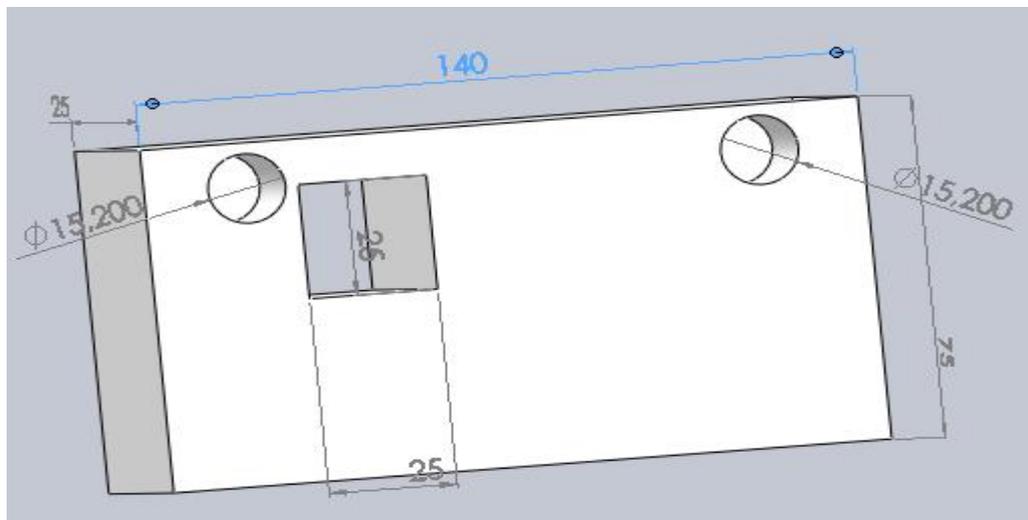
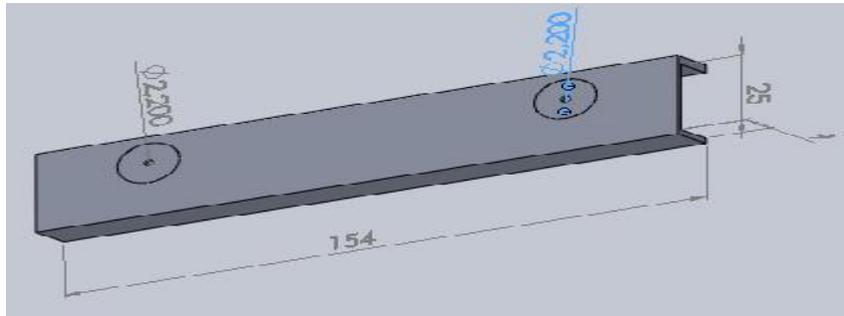


Figure II.7: L'élément (1)

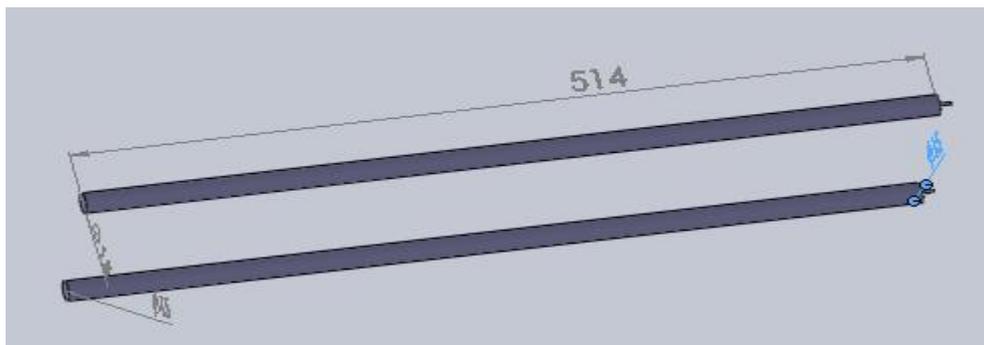
L'élément figurant sous forme de rectangle est réalisé en Téflon. En perçant des profiles, pour avoir les deux trous de 10mm d'épaisseur et de 7,1mm de rayon et d'entraxe de 100mm pour la fixation des deux tiges. On réalise le trou rectangulaire pour le passage de la courroie.

❖ L'élément (2)

**Figure II.8** : L'élément (2)

L'élément (2) est réalisé à la base de l'acier à partir des deux trous de rayon (1,1mm) et d'entraxe (100mm) les deux tiges sont fixes de l'autre cote.

❖ L'élément (3)

**Figure II.9** : Les tiges de guidage

Est constitué de deux tiges identiques de longueur (514mm) et de rayon (7mm), sont réalisées à la base de l'acier.

❖ L'élément (4)

C'est l'élément mobile de système, Il est réalisé sous forme de « T » à partir d'une forme géométrique (boite en acier). On agissant sur ses dimensions on obtient la forme de la figure suivante.

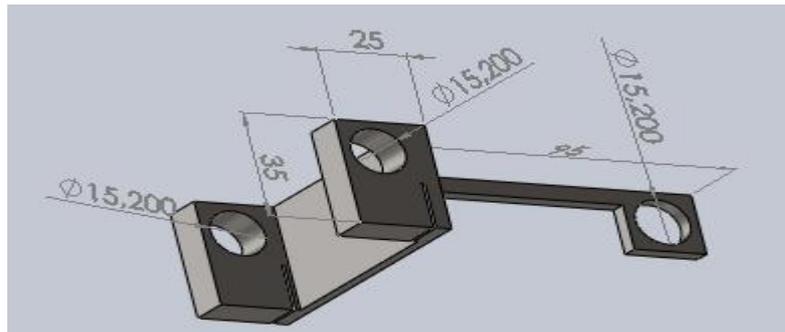


Figure II.10 : L'élément mobile

Cet élément glisse sur les deux tiges fixées sur le support. Les deux vides situés en bas des deux trous sont pour la fixation de la courroie.

❖ Port d'échantillon

C'est une surface rectangulaire destinée à recevoir la décharge couronne et sur laquelle s'effectue la cartographie. Elle est en aluminium et fixée sur l'élément (4).

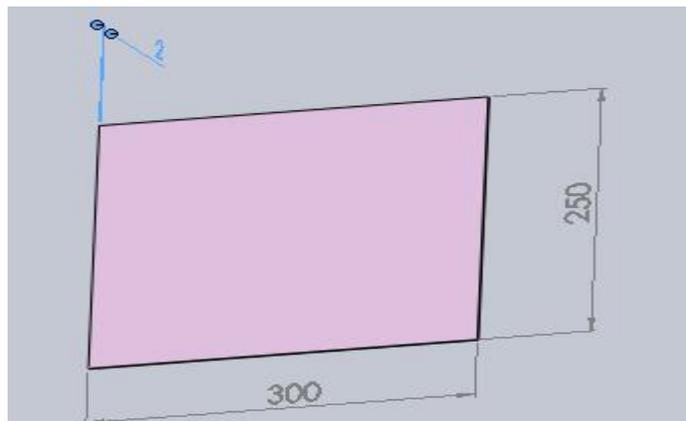


Figure II.11 : Le port échantillon

3) Le système poulie-courroie

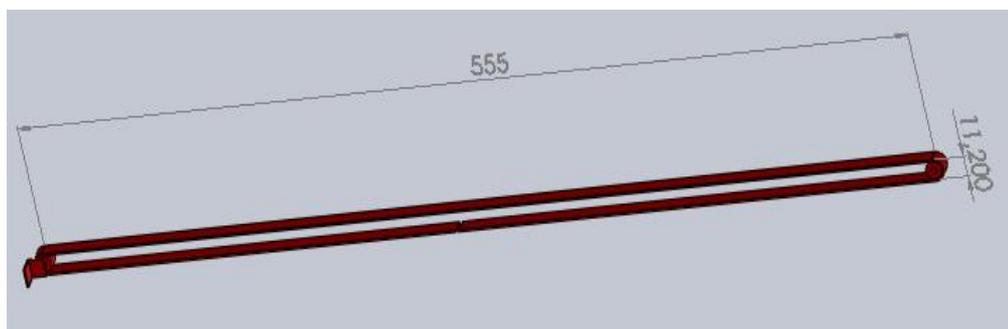


Figure II.12 : poulie-courroie

Le système est composé d'une courroie fabriqué en caoutchouc et de deux polies en plastique, l'une est fixée sur l'arbre moteur et l'autre l'élément (2).

II.3.1) Les axes de la sonde

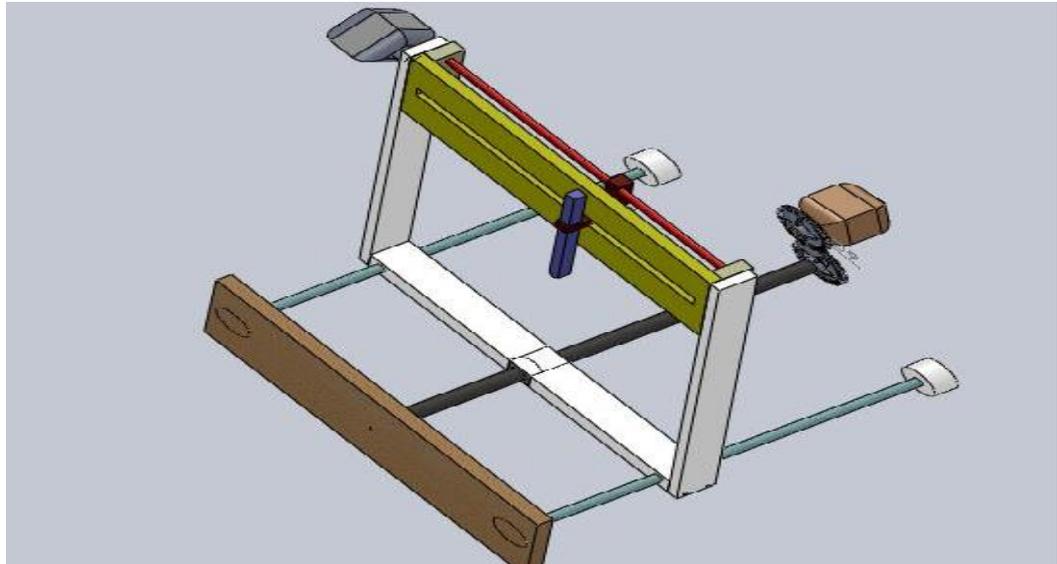


Figure II.13: axes de la sonde

Elle est composée de deux axes qui ont des mouvements de translation grâce à un système vis-écrou, le premier selon (X) et le deuxième selon (Y).

- **Selon (x)**

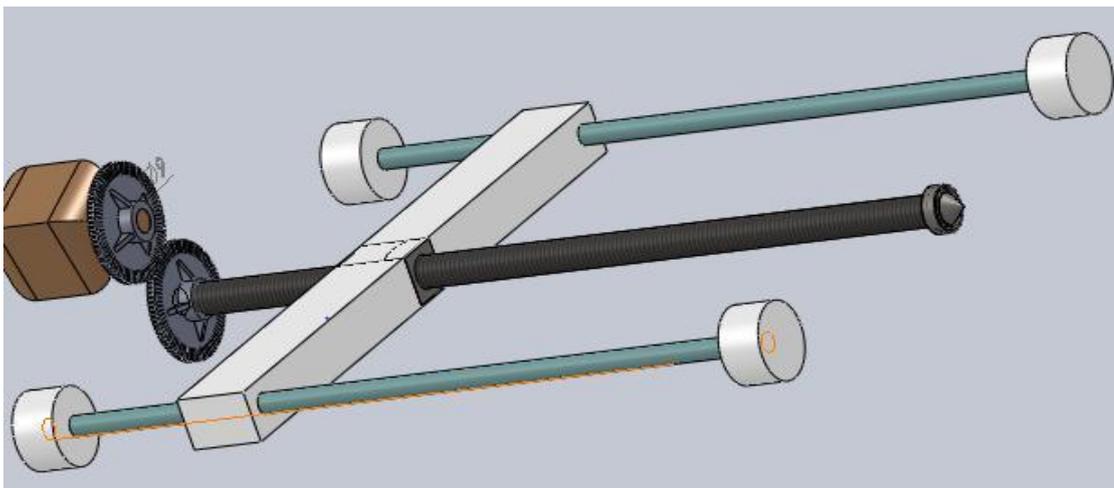


Figure II.14 : La sonde selon L'axe (X)

Il est composé des éléments suivants :

- 1) Le système moteur réducteur.

- 2) Le système vis-écrou.
- 3) Le système de guidage.

1) Le système moteur et réducteur

Il est composé d'un moteur à courant continu qui fournit une énergie mécanique rotative, et un réducteur de vitesse pour adapter la vitesse.

- **Le moteur**

C'est un moteur à courant continu qui fournit une énergie mécanique rotative

- **Le réducteur de vitesse**

Il est constitué réellement avec un système d'engrenage (. Lorsqu'elles sont mises en contact, elles transmettent le mouvement rotatif de l'arbre du moteur à l'arbre de système vis-écrou. La première roue de rayon $R1$ lié à l'arbre de moteur, et l'autre de rayon $R2$ ($R2 > R1$) lié à l'arbre de système vis-écrou.

La figure suivante montre le système moteur-roue motrice

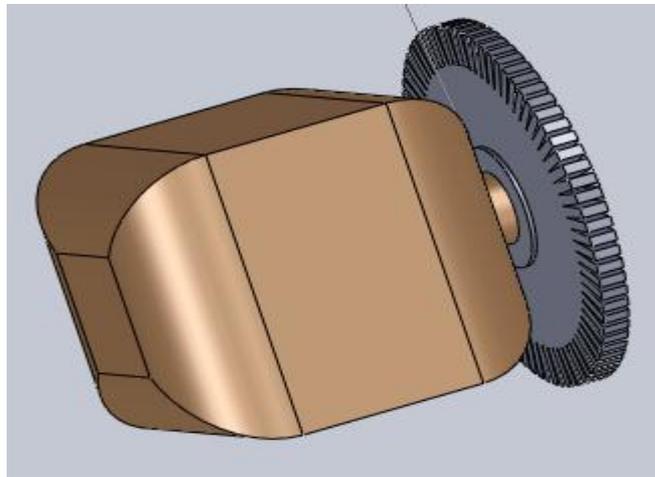


Figure II.15 : moteur –roue motrice

- **Le système vis-écrou**

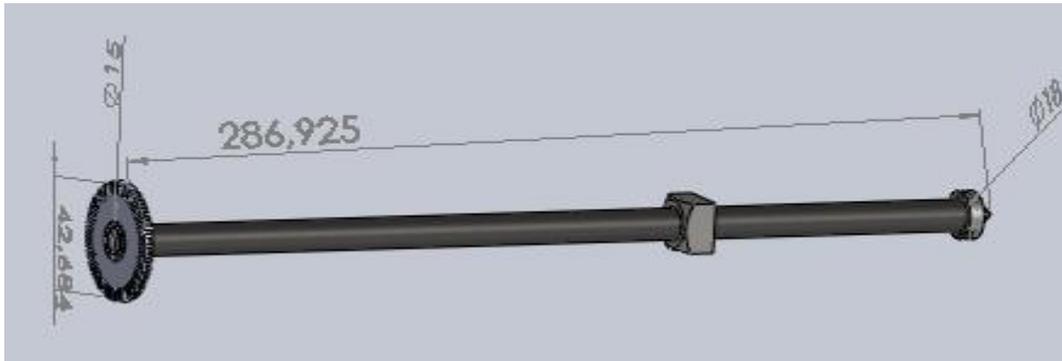


Figure II.16 : Vis-écrou

Il a un rôle de transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation. Il se compose de un vis qui lié la deuxième roue (réceptrice) de réducteur d'un côté et avec un roulement dans l'autre côté et d'un écrou. Pour le roulement qui est fixé sur l'extrémité de la vis il doit être ajusté avec serrage, car leur cage intérieure tourne.

- **Le système de guidage**

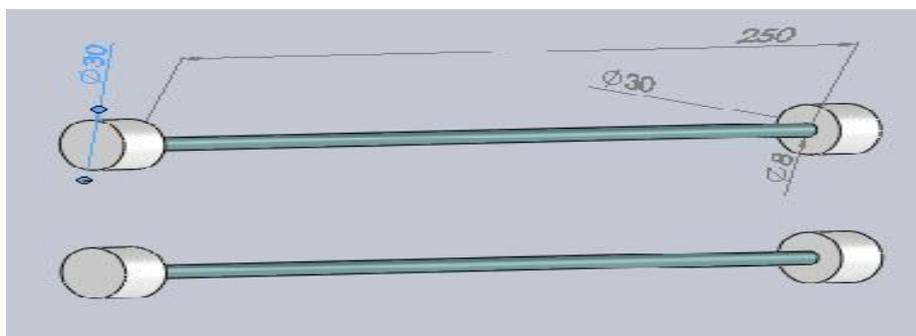


Figure II.17 : Les deux tiges de guidage

Son rôle est de guider un outil de déplacement (une pièce de téflon), il est composé de deux tiges identiques placées sur le support fixé par des vis.

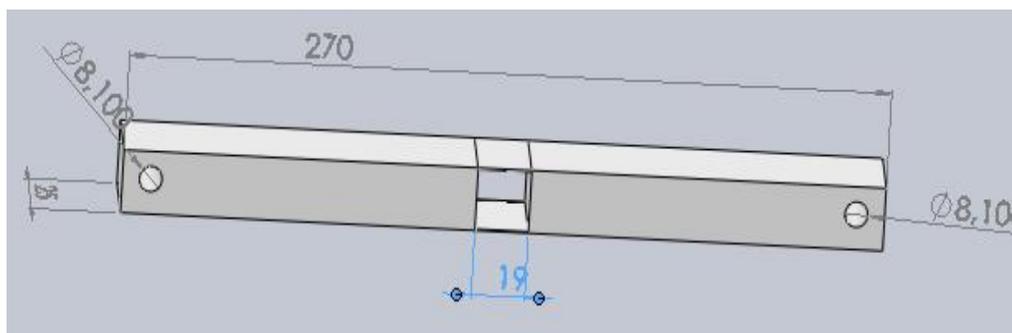


Figure II.18 : pièce de téflon

- Selon (Y)

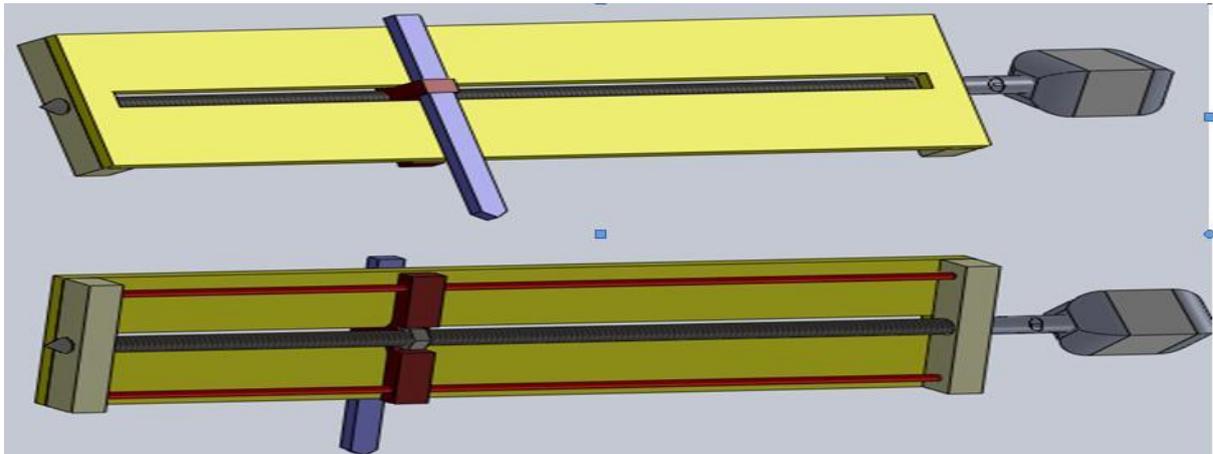


Figure II.19 : l'axe (Y)

Il ressemble au l'axe (x) sauf que ce système il porte sonde

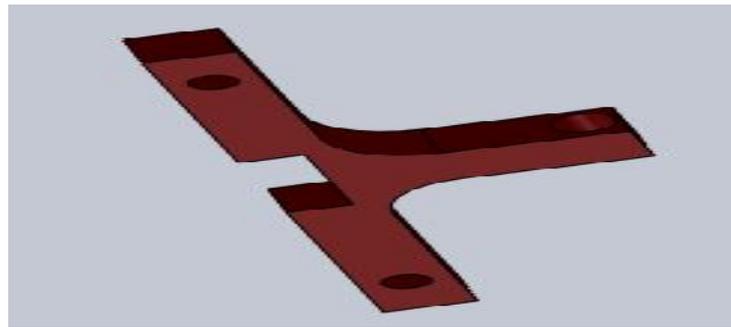


Figure II.20 : Support de la sonde

Remarque

Le support de la sonde est guidé par des tiges, réalisé comme les tiges précédentes.

II.4) Principe de fonctionnement du banc

La figure ci-dessous montre la hiérarchisation du fonctionnement de système :

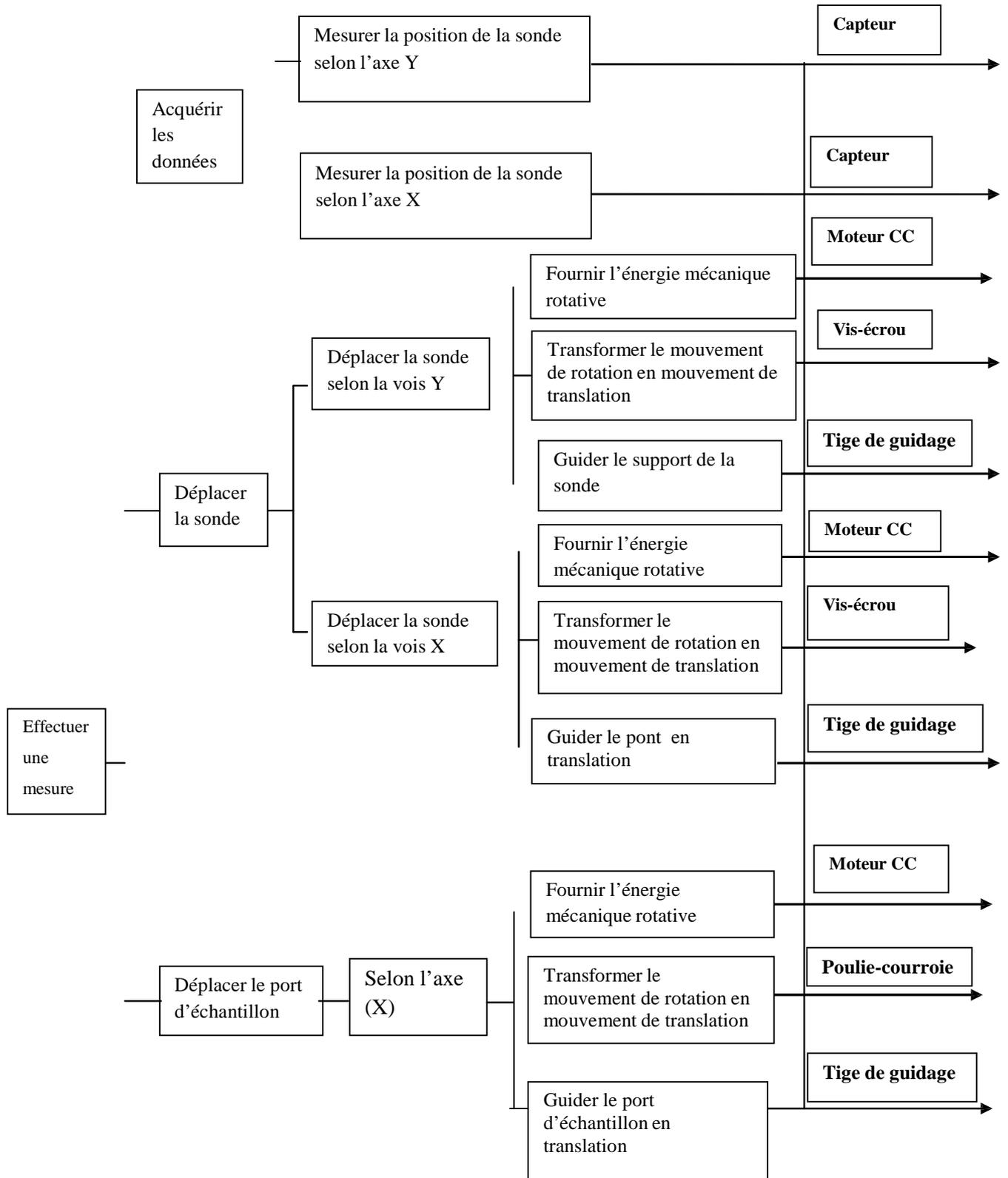


Figure II.21 : Principe de fonctionnement du système

A. Axe de transfert

Un moteur électrique fournissant une vitesse de rotation qui entraîne une courroie le port d'échantillon est fixé sur l'élément mobile qu'est entraîné par la courroie. L'élément mobile est guidé par des tiges, et il a un mouvement de translation suivant l'axe de X.

B. Axes de la sonde

- **Selon (X)**

Un moteur électrique fournissant une vitesse de rotation provoque, par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse (système d'engrenage), qui entraîne une vis. Le chariot est fixé à l'écrou de la vis qu'est entraîné par le système vis-écrou selon(X). Le chariot guidé par des tiges, et il a un mouvement de translation suivant l'axe de X. Même principe pour l'axe (Y) de la sonde.

II.5) Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, nous avons présenté les différents composants réalisés ainsi que le principe de leurs constructions physiques et géométriques à l'aide du logiciel Solidworks.

Pour obtenir le produit final, on a divisé notre conception en deux sous-système (l'axe de transfert et l'axe de la sonde), qui sont composés d'éléments secondaires tel que les poulies, les moteurs, la courroie... la combinaison de ses éléments nous donne la vue générale de notre système.

Chapitre III

MODELISATION ET ETUDE DES PERFORMANCES



Conclusion générale



Conclusion générale

Au cours de ce travail, nous avons présenté et rappelé les différentes notions nécessaires pour l'étude des systèmes de positionnements (un banc expérimental de la caractérisation des électrets), pour faire en suite une analyse des performances.

La présentation et la réalisation virtuelle par le logiciel de conception 'SOLIDWORKS', nous ont amenées à maîtriser ce dernier.

Dans ce mémoire, nous avons voulu souligner l'importance et l'intérêt de formalisme (Grphe Informationnel Causal). Cette méthodologie permet de modéliser, de manière homogène, les systèmes hétérogènes que nous rencontrons souvent dans des dispositifs au sein desquels le domaine du Génie Electrique tient un rôle majeur.

Plusieurs méthodes d'analyse systématiques ont été présentées en vue de la simplification de modèle et de l'analyse de performance. Nous avons appliqué ces méthodes sur le système qu'on a réalisé qui constitue un cas typique d'étude présentant un couplage électromécanique. On a appliqué le modèle (GIC) sur notre système, pour enfin obtenir la modélisation de l'axe de transfert (selon l'axe X) et la sonde (selon l'axe Y) par des fonctions de transfert et des circuits analogiques.

A titre de perspectives à ce travail, il serait intéressant d'appliquer les méthodes présentées sur d'autres systèmes.

En fin une tentative de réalisation qui n'est affiner.





Références bibliographiques



[1] : G. GANDANEGARA

Méthodologie de conception systémique en Génie Electrique à l'aide de l'outil Bond Graph
Application à une chaîne de traction ferroviaire.

7 Novembre 2003

[2] : G. Remy

Commande optimisée d'un actionneur linéaire synchrone pour un axe de positionnement
rapide. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en "Génie Electrique".

17 décembre 2007

[3] : J.PIERQUIN

Contribution à la commande des systèmes multi machines multi convertisseurs.
Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en Génie électrique.

Le 05 juillet 2002.

[4] : P. ALEXANDRE

« Le Contrôle Hiérarchisé d'un Robot « Marcheur Hexapode », thèse présentée en vue de
l'obtention du grade de docteur en Sciences Appliquées.

1996/1997

[5] : G. SABATIER, F. RAGUSA et H. ANTZ

Manuel de technologie mécanique. Edition Dunod 2006.

[6] : Etude et réalisation d'un système de positionnement à 2D/3D à l'aide d'un logiciel de
réalité virtuelle. P.F.E présentée par **B.TACFARINAS et B. MADJID** en vue de l'obtention
du diplôme master.

Université de Bejaïa 2012.

[7]: site web www.uswcnc.com / www.usw.co.th

[8]: A. Chevalier

Guide du dessinateur industriel Edition 2004.

[9] : F. ESNAULT Construction mécanique -Transmission de puissance tome 3.

3^{eme} édition DUNOD

[10] : B. TABTI

Contributions à la caractérisation des filtres à électret par la mesure du déclin de potentiel de
surface : thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en électrotechnique.

14 décembre 2011.

[11] : P. MAYE

Aide-mémoire électrotechnique. Edition DUNOD,

Paris 2006.

[12] : F. COLAS

Synthèse et réglage de lois de commande adaptées aux axes souples en translation-Application aux robots cartésiens 3 axes- thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en Automatique et Informatique Industrielle.

14 Novembre 2007

[13] : J. L FRANCHON

Génie mécanique. SEJER/Edition NATHAN,

Paris 2004

Liste des abréviations

T_x : Translation selon X

T_y : Translation selon Y

T_z : Translation selon Z

R_x : Rotation selon X

R_y : Rotation selon Y

R_z : Rotation selon Z

Z : Nombre de dents

m : Module

d : Diamètre

*d*_p : Diamètre primitif

h_a : Saillie

d_a : Diamètre de tête

h : Creux

h : Hauteur de dent

b : Largeur de dent

p : Pas au primitif

d_f : Diamètre de pied

F_t : Force tangentielle en (N)

P : Puissance à transmettre en (W)

N : Vitesse de rotation en (tr/s)

d : Diamètre primitif en (m)

P : Puissance à l'arbre d'entrée.

P : Puissance à l'arbre de sortie.

P : Puissance perdue par frottement

T : Couple à l'arbre de sortie.

Ω : Vitesse angulaire à l'entrée

Liste des abréviations

sortie.

Liste des abréviations

- T_1 : Couple à l'arbre d'entrée.
- Ω : Vitesse angulaire à l'arbre d'entrée.
- k_{12} : Rapport de réduction.
- E : Module d'Young du matériau constituant la courroie
- S : Aire de la section droite de la courroie
- σ : Limite d'élasticité
- ε : Allongement relative.
- F : Force appliquée sur la courroie.
- d_1, d_2 : Diamètre des poulies
- r_1, r_2 : Rayons des poulies
- e : Entraxe
- T_1 : Tension dans le brin tendu
- T_2 : Tension dans le brin mou
- T_i : Couple transmis par la poulie i de rayon r_i
- P : Puissance transmise
- α : Angle d'enroulement
- μ : Coefficient de frottement
- C : Constance < 1
- σ_p : Résistance pratique en extension de la courroie
- S : Section d'un brin de courroie
- T_1 : La tension d'alimentation (entrée)
- Ω_m : La vitesse de rotation du moteur
- Ω_1 : La vitesse de rotation de l'arbre moteur
- Ω_v : La vitesse de rotation de la vis
- Γ_m : Le couple électromagnétique développé par le moteur
- Γ_1 : Le couple de la sortie de l'arbre moteur
- Γ_v : Le couple de la vis
- e : La force électromotrice
- Γ_r : Le couple résistant appliqué sur l'arbre du moteur

Liste des abréviations

R, L : La résistance et l'inductance de l'induit du moteur.

τ : Constante du moteur.

J_m : Le moment d'inertie du moteur

J_v : Le moment d'inertie de la vis

μ_m : Coefficient frottement de l'arbre moteur.

μ_v : Coefficient frottement de la vis

m : La masse de support

k : Raideur de fixation du support

k_1 : Raideur de l'arbre moteur

k_2 : Raideur de la vis

c : Amortissement interne de fixation du support

c_1 : Amortissement interne de l'arbre moteur

c_2 : Amortissement interne de la vis

c_p : Coefficient de frottement de port échantillon sur les guidages

c_c : Coefficient de frottement interne de fixation de la charge sur le port d'échantillon

c_{cr} : Coefficient de frottement interne de la courroie

k_c : Raideur de fixation de la charge sur le port d'échantillon

k_{cr} : Raideur de la courroie

m_c : Masse de la courroie

m_p : Masse de port échantillon

v_p : Vitesse de port échantillon

v_c : Vitesse de la charge

$v_{c/p}$: Vitesse de la charge vue par le port échantillon

$v_{pe/cr}$: Vitesse de port échantillon vue par la courroie

Liste des abréviations

v_{cr} : Vitesse de la courroie

F_{sr} : Force de ressort de la charge

F_{sr} : Force de ressort de la courroie

F_{fr} : Force de frottement interne de la courroie

F_{fr} : Force de frottement interne de la charge

F_{fr} : Force de frottement de la charge

X : Vecteur des positions

F : Vecteur des efforts

$[M]$: Matrice des masses

$[D]$: Matrice de dissipation

$[K]$: Matrice des rigidités