

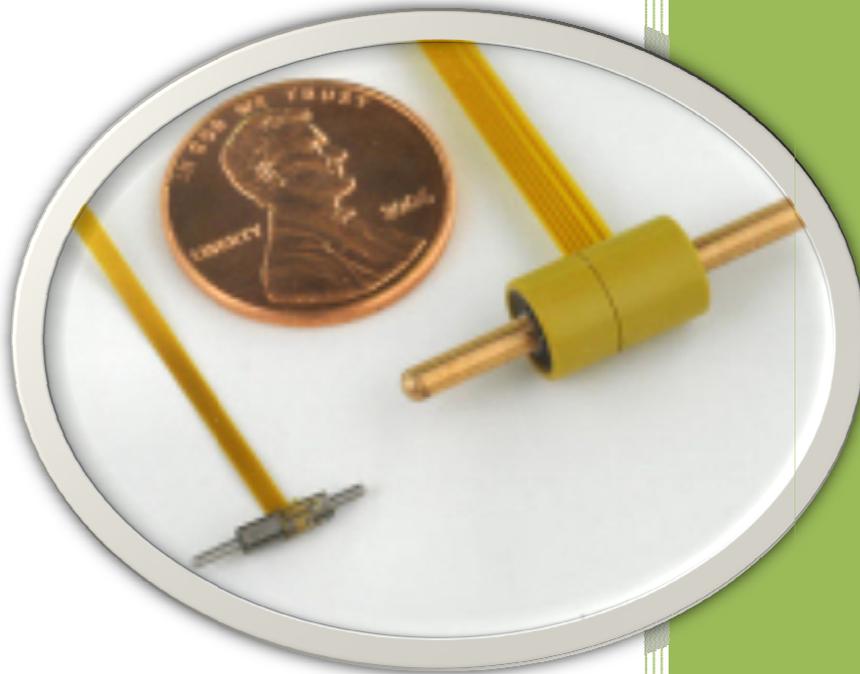
ENSIL – Spécialité Mécatronique

3^{ème} année

Rapport d'étude technique

2008

Etude et mise en œuvre d'un moteur piézoélectrique



LEONARD Sylvain

DEJEAN Paul



Responsable ENSIL : M. Gilles DUCREUX

Soutenance du 13/03/07

Remerciements

Nous souhaitons remercier notre responsable de projet, M. Gilles DUCREUX, enseignant à l'ENSIL, qui nous a accompagné et soutenu tout au long de cette année et qui nous a donné tous les conseils dont nous avons besoin pour mener au mieux notre projet.

Table des matières

Contexte	6
Objectifs du projet.....	7
I. Présentation du moteur piézoélectrique	7
1. Le principe de piézoélectricité	7
2. Application au moteur piézoélectrique	8
II. Etude de la commande du moteur.....	9
1. Commande du moteur	9
2. Cahier des charges.....	11
3. Choix du capteur	12
4. Utilisation du capteur	15
III. Etude de différents système.....	15
1. Système bras de levier	15
2. Système direct	16
3. Système à poulies	17
IV. Conception de la maquette d'essais	18
1. Fabrication.....	18
2. Réalisation et montage	18
3. Câblage.....	19
V. Tests du moteur	20
VI. Conclusion	21
Annexe 1 – Fiche technique du codeur incrémental	22
Annexe 2 - Liste des commandes de programmation	24
Annexe 3 - Liaison RS-422 du contrôleur	25
Annexe 4 – Caractéristiques du capteur optique.....	26
Résumé.....	27

Table des illustrations

Figure 1 : Déformation mécanique dû à la tension électrique appliquée sur la partie vibrante ..	7
Figure 2 : Propagation de l'onde	8
Figure 3 : Signaux de commande du moteur.....	8
Figure 4 : Caractéristiques du moteur	9
Figure 5 : Page de commande du moteur	10
Figure 6 : Page de réglages des paramètres de commande	10
Figure 7 : Page de scripts de contrôle	11
Figure 8 : Capteur SHARP GP2D12.....	12
Figure 9 : Courbe de réponse du capteur.....	12
Figure 10 : Schéma du montage utilisé pour la manipulation.....	13
Figure 11 : Programme de commande du déplacement	13
Figure 12 : SIGNAL DELIVRE PAR LE CAPTEUR OPTIQUE	14
Figure 13 : CODEUR INCREMENTAL OEZ-025-2MC, 1024 PAS PAR TOUR.	14
Figure 14 : PRINCIPE DU SYSTEME A BRAS DE LEVIER	15
Figure 15 : PRINCIPE DU SYSTEME A ENTRAINEMENT DIRECT.....	16
Figure 16 : PRINCIPE DU SYSTEME A POULIES.....	17
Figure 17 : DESSIN DE LA MAQUETTE POUR LE SYSTEME A POULIES.....	18
Figure 18 : MAQUETTE	19
Figure 19 : SCHEMA DE CABLAGE DU SYSTEME.....	19
Figure 20 : PHOTOGRAPHIE DU PLAN DE TRAVAIL.....	20

CONTEXTE

A une époque où les nouvelles technologies sont de plus en plus nombreuses afin de solutionner de nouveaux problèmes, l'ENSIL (Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs de Limoges) s'intéresse à plusieurs types de moteurs électriques, qu'ils soient grand, petit, puissant, rapide, performant ou à commande simple. Le moteur piézoélectrique est un nouveau type de moteur apparu récemment afin de répondre aux contraintes principalement dimensionnelles.

Ce moteur basé sur le principe de la piézoélectricité est généralement utilisé pour le zoom d'appareils photographiques numériques (réglage de l'autofocus), pour les montres et les microsystèmes mécatroniques.

Le fort couple de maintien sans alimentation par rapport à son poids, le couple élevé à basse vitesse (favorisant les entraînements directs), l'absence de champs magnétiques parasites, système non cassant en cas de blocage, ainsi que son fonctionnement silencieux et sa petite taille font de ce moteur un actionneur idéal. Le seul point négatif serait sa faible durée de vie.

OBJECTIFS DU PROJET

Afin que les élèves de deuxième année puissent étudier la commande du moteur piézoélectrique, il a été demandé la mise en place d'une maquette intégrant le moteur, son driver, et le capteur qui permet un asservissement du moteur. Pour réussir cette tâche, nous avons dû définir des sous tâches. Ainsi, ce projet s'articule autour de deux principaux objectifs :

✚ Mettre en œuvre le système:

- . Etude de la commande du moteur
- . Choix d'un capteur
- . Réalisation d'un banc de mesures

✚ Réaliser un TP d'entraînement

I. PRESENTATION DU MOTEUR PIEZOELECTRIQUE

1. LE PRINCIPE DE PIEZOELECTRICITE

La piézoélectricité est une propriété basée sur la capacité de certains cristaux de générer un champ électrique lorsqu'ils sont soumis à une pression mécanique externe ; on parle alors d'effet piézoélectrique direct. Par contre, ces mêmes cristaux subissent une déformation sous l'action d'un champ électrique ; c'est l'effet piézoélectrique inverse.

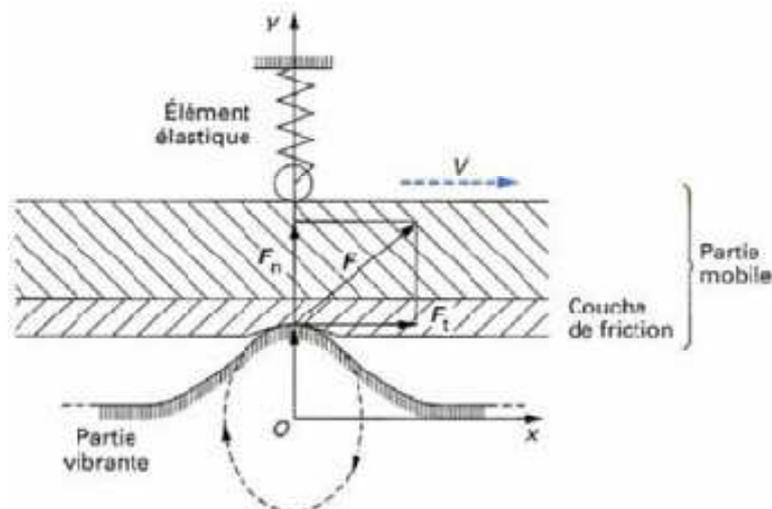


Figure 1: Déformation mécanique dû à la tension électrique appliquée sur la partie vibrante

Le fonctionnement du moteur piézoélectrique est basé sur l'effet piézoélectrique inverse. C'est cette déformation mécanique qui entraîne le rotor par friction (cf Fig.1).

2. APPLICATION AU MOTEUR PIEZOELECTRIQUE

On voit sur cette figure que la déformation crée une force à une composante normale et une composante transversale, ce qui permet le déplacement de la partie mobile. Ainsi, par friction répétée à l'aide d'une commande en sinus, l'onde se propage.

La vitesse dépend de la fréquence d'excitation, de l'amplitude de la tension et du déphasage entre les deux phases d'alimentation. On a donc à disposition trois degrés de liberté pour commander le moteur en vitesse.

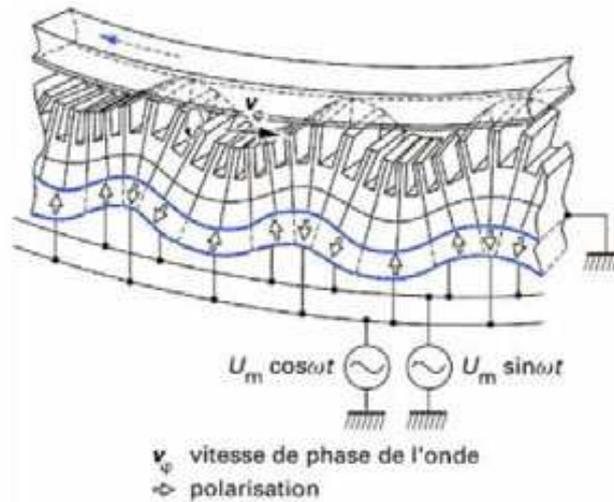


Figure 2 : Propagation de l'onde

Pour faire avancer le moteur en continu et sous contrôle, on applique aux quatre plaques piézoélectriques deux tensions carrées en quadrature qui permettront la propagation de l'onde. Le comportement passe bas du moteur fait qu'il visualise des signaux sinusoidaux.

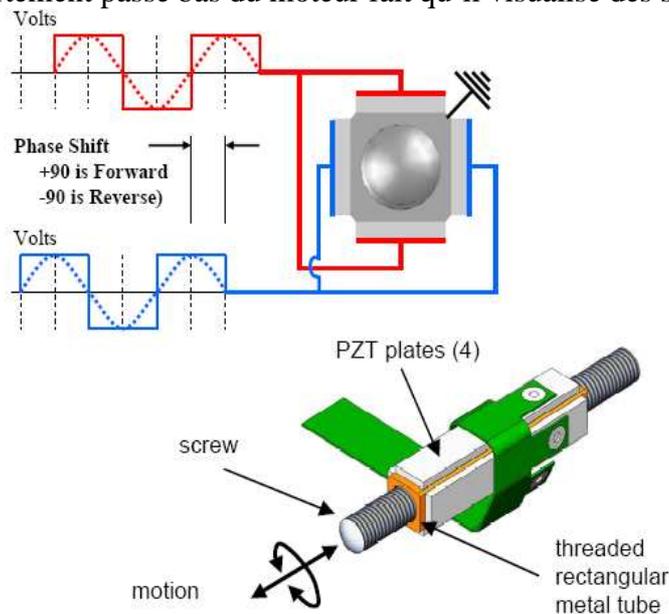


Figure 3 : Signaux de commande du moteur1

Les caractéristiques de notre moteur sont les suivantes :

Specifications: Model# SQL-3.4-10-xx	
Travel Range - SQL-3.4-10-40 - SQL-3.4-10-30 - SQL-3.4-10-15	30 mm (40 mm screw length) 20 mm (30 mm screw length) 5 mm (15 mm screw length) Call for custom travel range
Resolution	0.5 μ m
Speed	5 mm/s (100 g load)
Stall Force	> 200 g
Operating Frequency	\sim 116 KHz
Capacitance per Phase	\sim 1.35 nF
Input Power to Driver (moving)	500 mW ; MC-1000 or SQ-2300 driver
Input Power (stationery)	0 mW (0 V) to hold position
Lifetime	> 100,000 cycles
Operating Temperature	-30 to +70° C
Storage Temperature	-40 to +85° C
Shock Resistance	2500 G's
Cable/Connector	Flex circuit
Driver	MC-1000 or SQ-2300
Mounting	Flange or potting; instructions supplied
Weight	1.7 grams

Figure 4 : Caractéristiques du moteur

Avantages : résolution élevée, rapidité, poids faible

Inconvénients : force de poussée axiale faible, course de la tige faible, faible durée de vie

II. ETUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR

1. COMMANDE DU MOTEUR

Le moteur est livré avec son driver qui assure la liaison entre le PC et le moteur. Il est possible d'asservir le moteur en position ou en vitesse. La sélection du mode « open loop » ou « closed loop » permet de choisir entre une commande manuelle (appui maintenu manuel sur la touche « Forward » ou « Backward ») ou une commande asservi.

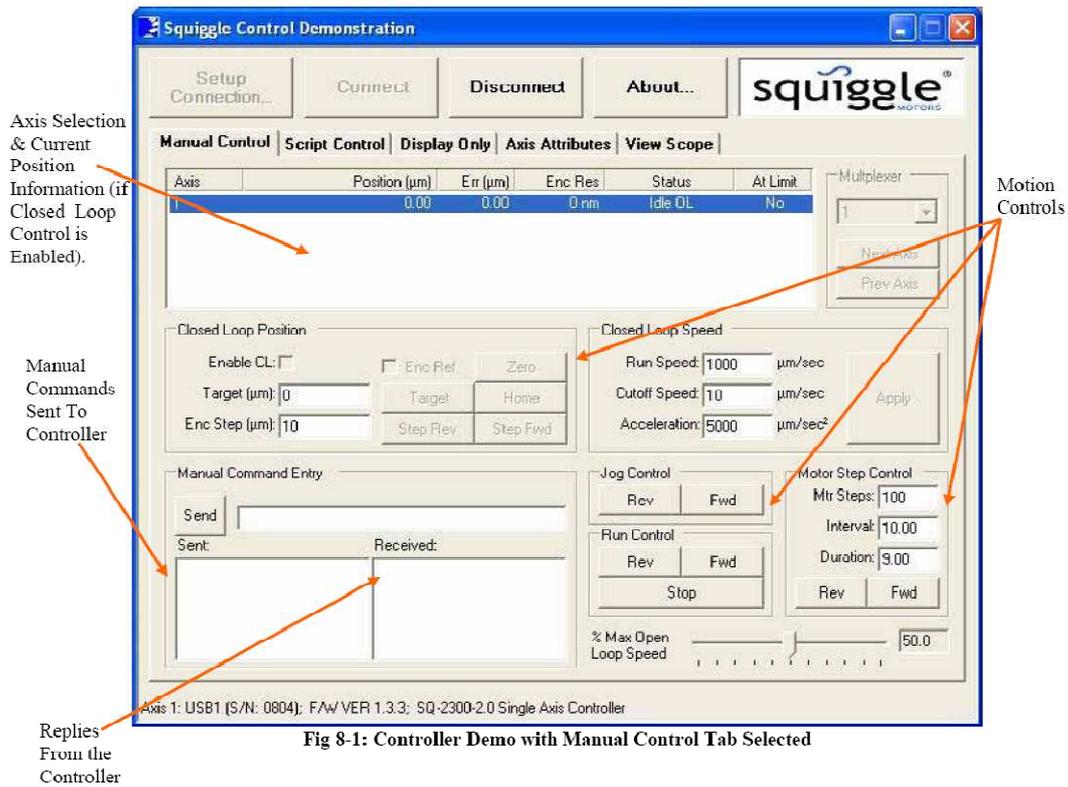


Fig 8-1: Controller Demo with Manual Control Tab Selected

Figure 5 : Page de commande du moteur

C'est à la commande asservi que nous allons nous intéresser ici. Une fenêtre du logiciel prévu à cet effet permet le réglage des paramètres de régulation à utiliser pour corriger les erreurs de déplacements. C'est un régulateur Proportionnel Intégral Dérivateur (PID).

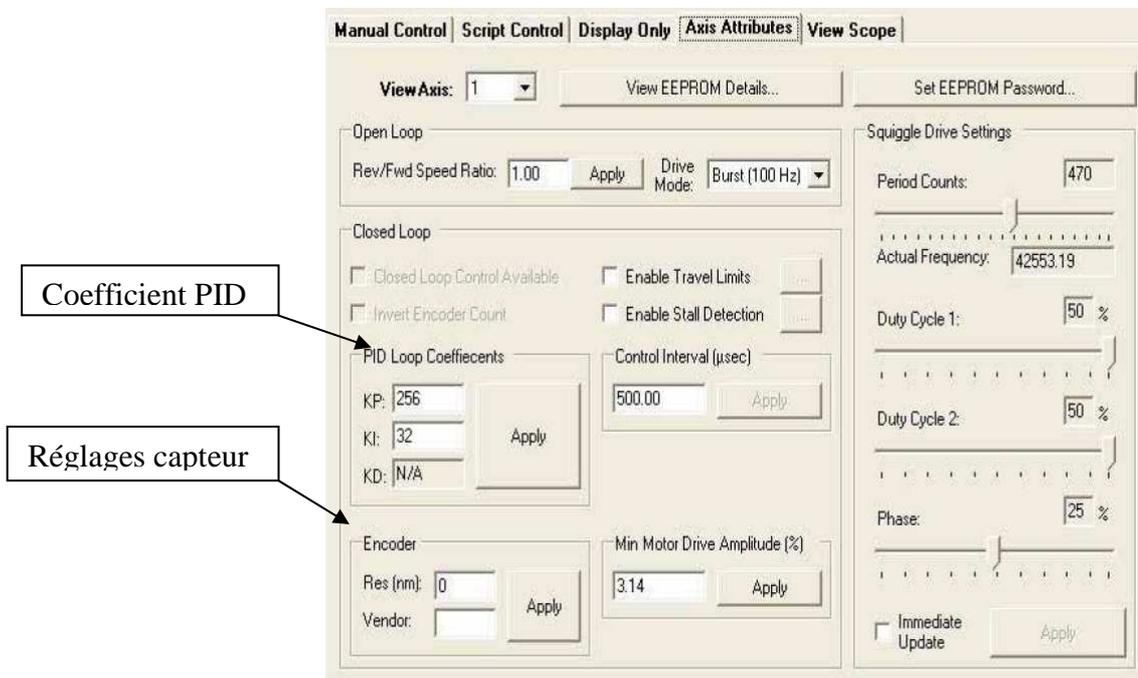


Figure 6 : Page de réglages des paramètres de commande

Un paramètre important à régler est celui de la résolution du capteur utilisé pour transmettre l'information de position. Ce paramètre dépend évidemment du capteur choisi.

La fenêtre « Script Control » nous permet de créer les programmes où le driver sera chargé de traduire les déplacements du moteur en conséquence. Une liste des scripts de commande est fournie en annexe 2. Voici la forme sous laquelle se présente cette fenêtre :

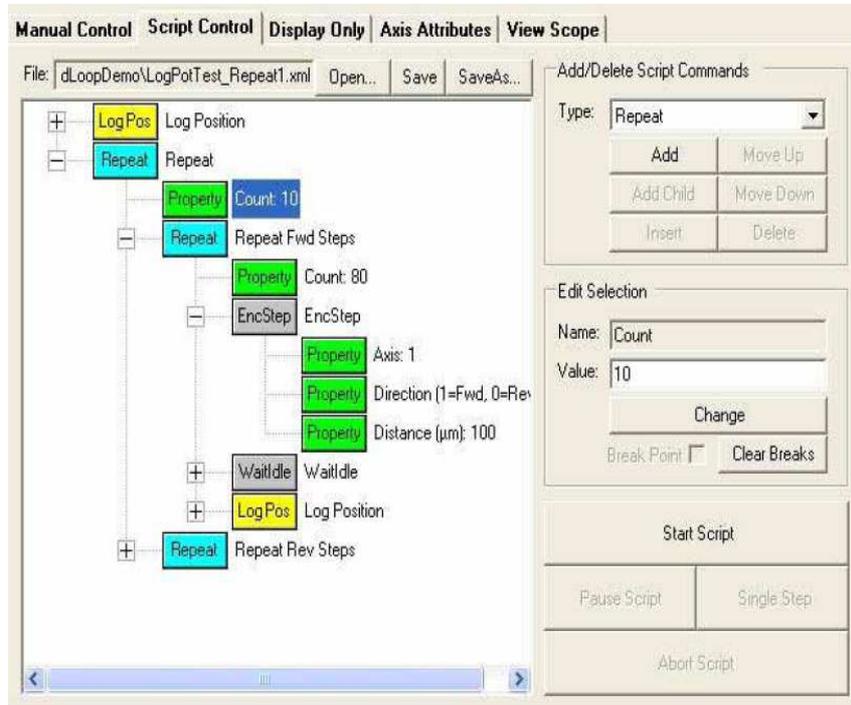


Figure 7 : Page de scripts de contrôle

2. CAHIER DES CHARGES

Pour pouvoir utiliser la commande du moteur en mode « open loop », il est nécessaire de brancher un capteur de position numérique ou analogique sur le driver.

C'est naturellement que nous avons dressé le cahier des charges suivant pour le choix du capteur de position à partir de la documentation du moteur:

FONCTION	CRITERE	NIVEAU	FLEXIBILITE
Délivrer un signal image de la position de la cible	Précision	< 10 µm	F1
Retourner l'information rapidement	Temps de réponse	< 100 µs	F0
Faible perturbation pour le moteur	Frottements faibles	< 0,5 N	F1
	Poids si appliqué sur le moteur	< 100g	F2

3. CHOIX DU CAPTEUR

Notre premier choix s'est porté sur un capteur analogique optique de type SHARP GP2D12.



Figure 8 : Capteur SHARP GP2D12

Les principales caractéristiques de ce capteur sont les suivantes :

- ✚ Plage de détection : de 10cm à 80cm
- ✚ Alimentation : +5V
- ✚ Réponse du capteur en fonction de la distance (graphique ci-dessous) :

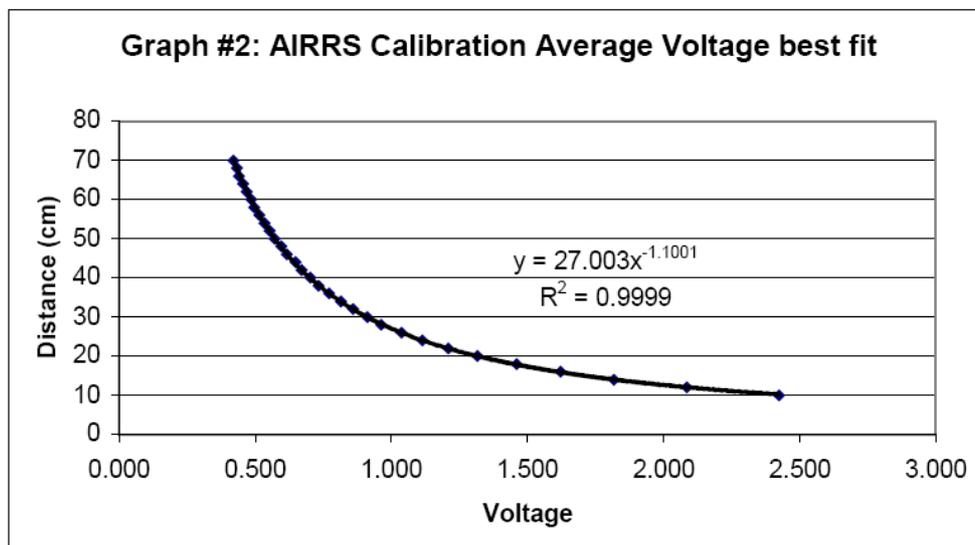


Figure 9 : Courbe de réponse du capteur

Nous avons dû inventer un système de bras de levier car il s'est avéré que le capteur seul n'était pas assez précis pour détecter les déplacements du moteur avec la précision voulu.

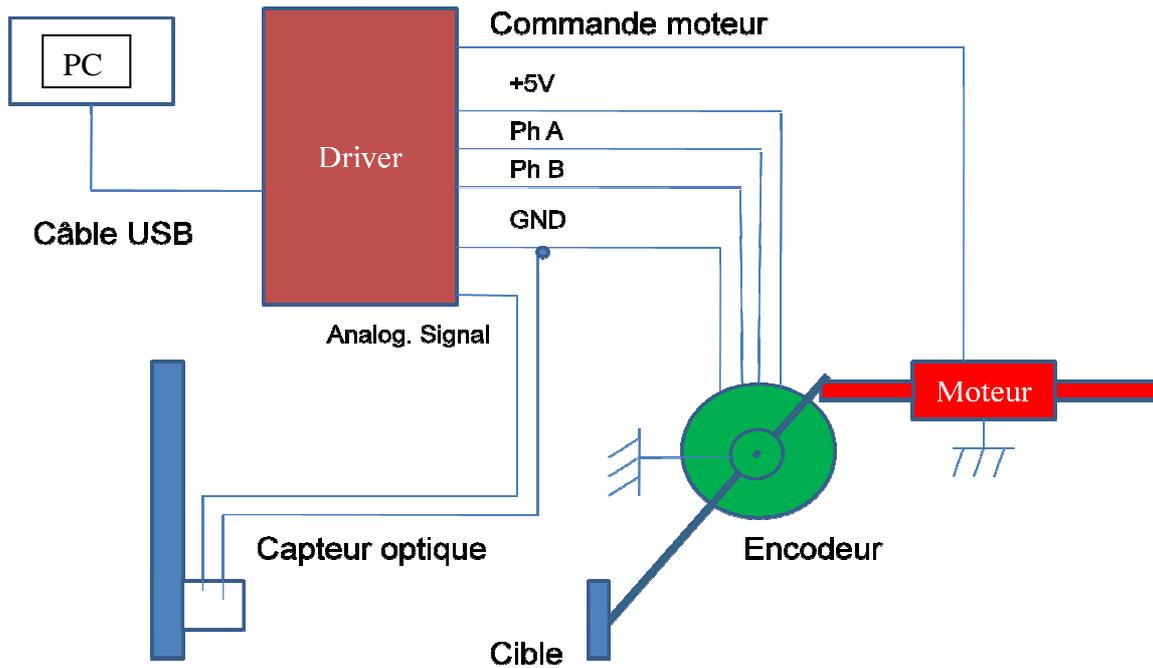


Figure 10 : Schéma du montage utilisé pour la manipulation

Afin de mieux connaître les capacités de ce capteur, nous avons créé un programme de commande du déplacement de l'axe moteur à partir du logiciel d'exploitation.

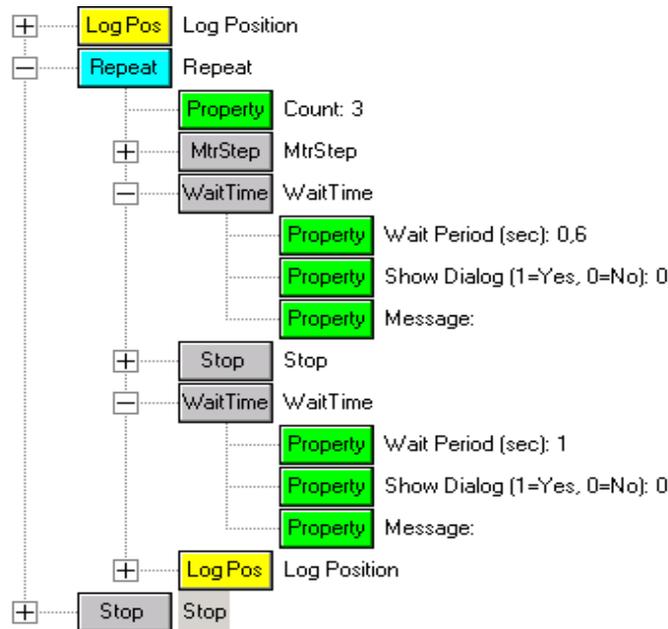


Figure 11 : Programme de commande du déplacement

Ce programme ordonne lorsqu'il est exécuté trois déplacements (MtrStep) pendant 0,6 seconde, toujours dans le même sens de l'axe du moteur, suivi de trois phases d'attentes (Wait Time) pendant 1 seconde. « Log position » permet la lecture de la position de l'axe du moteur par rapport à un point de référence précédemment défini.

Ci-dessous, la tension délivrée par le capteur optique lors du déplacement du moteur par l'intermédiaire d'un bras de levier.

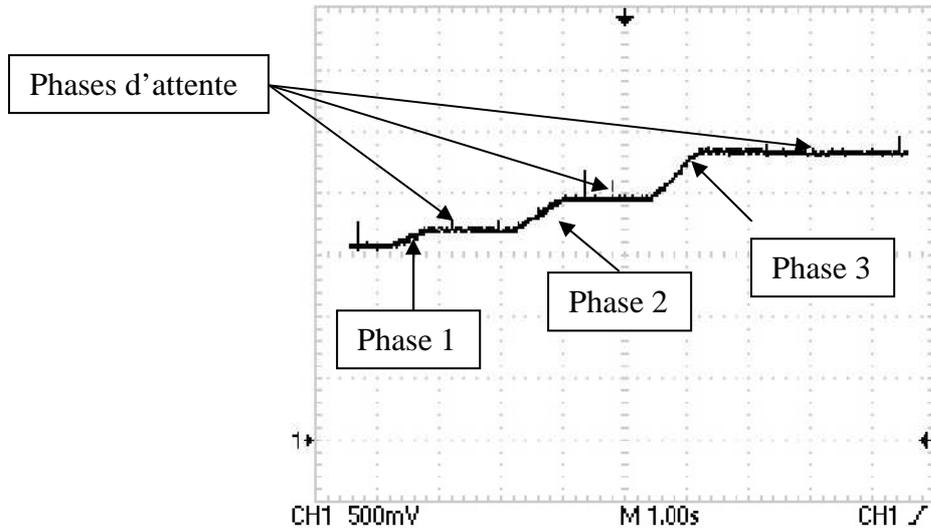


Figure 12 : SIGNAL DELIVRE PAR LE CAPTEUR OPTIQUE

Observations :

- On peut facilement voir les phases d'attentes pendant 1 secondes aux erreurs de mesures près.
- Phase 1 : un déplacement de Δx provoque une variation de tension de ≈ 200 mV.
- Phase 2 : un déplacement de Δx provoque une variation de tension de ≈ 300 mV.
- Phase 3 : un déplacement de Δx provoque une variation de tension de ≈ 400 mV.

Ces valeurs révèlent que le capteur analogique a une réponse non linéaire même pour la course du moteur (≈ 2 cm). Au vu des difficultés de mise en œuvre qu'engendrerait un capteur analogique, notre second choix s'est porté sur le codeur incrémental numérique suivant :



Figure 13 : CODEUR INCREMENTAL OEZ-025-2MC, 1024 PAS PAR TOUR.

En effet, la réponse non linéaire de la tension délivrée, même avec l'utilisation d'un bras de levier, impose une lourde partie traitement du signal en sortie du capteur. C'est pourquoi il est beaucoup plus aisé de travailler avec le codeur incrémental.

4. UTILISATION DU CAPTEUR

Le codeur à notre disposition est beaucoup trop gros pour pouvoir être relié directement à l'arbre du moteur piézoélectrique. Il faut créer un système permettant l'utilisation de ce codeur pour une mesure précise de la position du moteur suivant son axe de translation.

Le codeur sera relié indirectement au moteur donc son inertie et sa masse ne perturbera pas le fonctionnement du moteur. En ce qui concerne le temps de réponse, le codeur fonctionne avec une fréquence de 150 kHz, soit un temps de réponse égal à 6,7 μ s. Cette valeur est largement acceptable.

Pour la précision, avec un codeur de 1024 pas par tour, on capte une variation minimale d'angle de $\Delta\alpha=0,35^\circ$. C'est pourquoi il a fallu mettre au point un système d'amplification du mouvement pour pouvoir utiliser le codeur tout en respectant la précision imposé par le cahier des charges.

III. ETUDE DE DIFFERENTS SYSTEME

Les études que nous avons faites servent à calculer la précision de notre système, et cela afin de se rapprocher au mieux de notre cahier des charges.

1. SYSTEME BRAS DE LEVIER

Ce système est composé de l'encodeur sur lequel on relie une tige de longueur L, et on place le moteur à l'autre extrémité de la tige.

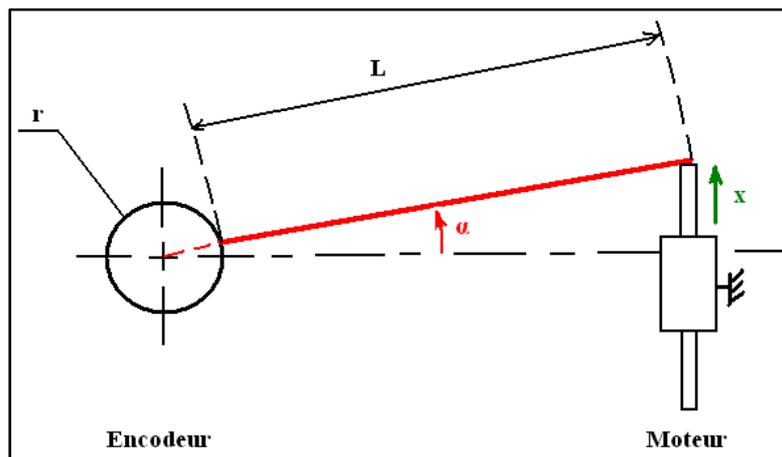


Figure 14 : PRINCIPE DU SYSTEME A BRAS DE LEVIER

Paramètres :

- $\alpha = 0.3516^\circ$
- $r = 2.5\text{mm}$
- $L = 20\text{mm}$
- x est à déterminer

On va alors déterminer la précision de ce système pour une longueur de tige de 20mm :

$$\sin(\alpha) = \frac{x}{L+r} \quad \rightarrow \quad x = (L+r)\sin(\alpha)$$

$$x = (0.02 + 0.0025) \sin(0.3516) \approx 138\mu\text{m}$$

D'où une précision de 138 μm par front de codeur.

→ Pour avoir la précision de 10 μm il faudrait que notre tige moteur pousse l'axe à 1.6mm de son centre, ce qui est très compliqué et cela ne permettrait au moteur que de faire de très petits déplacements.

2. SYSTEME DIRECT

Son principe est le plus simple. On place un fil autour de l'axe de l'encodeur et on tire sur celui-ci à l'aide du moteur.

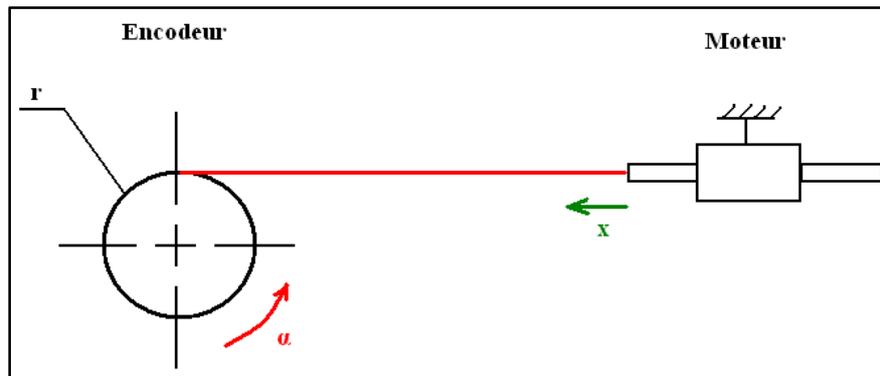


Figure 15 : PRINCIPE DU SYSTEME A ENTRAINEMENT DIRECT

Paramètres :

- $\alpha = 0.3516^\circ = 6.136 \cdot 10^{-3} \text{rad}$
- $r = 2.5\text{mm}$
- $e = 1\text{mm}$ (rayon du fil)
- x est à déterminer

Les calculs nous donnent les résultats suivants :

$$x = \alpha(r + e) = 6.136 \cdot 10^{-3} * (0.0025 + 0.001) = 21.5\mu\text{m}$$

→ On a donc une précision du système égale à 21.5 μm .

La réalisation de ce cas est simple mais on n'obtient pas la bonne précision. Il faut démultiplier le mouvement afin de pouvoir atteindre celle-ci.

3. SYSTEME A POULIES

Afin d'obtenir une démultiplication du mouvement nous avons choisis de prendre un système à deux poulies montées sur un même axe. Le moteur, à l'aide du fil, fait tourner la petite poulie, et la courroie sur la grande poulie entraîne l'encodeur en rotation.

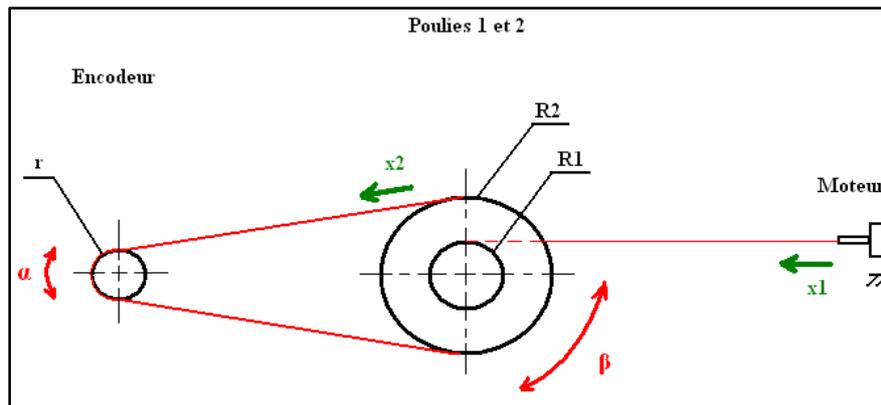


Figure 16 : PRINCIPE DU SYSTEME A POULIES

Paramètres :

- $\alpha = 0.3516^\circ = 6.136 \cdot 10^{-3} \text{rad}$
- $r = 2.5 \text{mm}$
- $R1 = 6 \text{mm}$
- $R2 = 21 \text{mm}$

A partir de ces paramètres on peut déterminer la précision que l'on peut atteindre lorsque l'on détecte un front de l'encodeur (soit 0.3516 degrés). On prendra en compte, pour la suite, les rayons des courroies. Pour celle entre le moteur et les poulies on a $e1 = 1 \text{mm}$, et pour celle entre l'encodeur et les poulies on a $e2 = 1 \text{mm}$.

Les calculs sont alors les suivants :

$$\alpha(r + e2) = x2 \quad \rightarrow \quad x2 = 6.136 \cdot 10^{-3} * (0.0025 + 0.001) = 21.5 \mu\text{m}$$

$$\beta(R2 + e2) = x2 \quad \rightarrow \quad \beta = \frac{21.5 \cdot 10^{-6}}{0.021 + 0.001} = 9.762 \cdot 10^{-4} \text{rad}$$

$$x1 = \beta(R1 + e1) \quad \rightarrow \quad x1 = 9.762 \cdot 10^{-4}(0.006 + 0.001) \approx 7 \mu\text{m}$$

On obtient donc une précision de **7 μm** .

→ C'est-à-dire que l'encodeur, dans ce cas, sera capable de détecter une variation de l'ordre de $7\mu\text{m}$ au niveau du déplacement de la tige moteur.

On a donc ici un système capable de respecter notre cahier des charges. Le système sera alors utilisé pour la réalisation de notre maquette.

IV. CONCEPTION DE LA MAQUETTE D'ESSAIS

Au fur et à mesure de l'évolution du projet, nous avons conçu la maquette afin de pouvoir réaliser un système correspondant au mieux aux fonctions de notre cahier des charges.

La maquette a tous d'abord été conçue à l'aide du logiciel Catia afin d'avoir un aperçu de l'ensemble, ce qui nous a permis par la suite de dimensionner les divers éléments fonctionnels à réaliser.

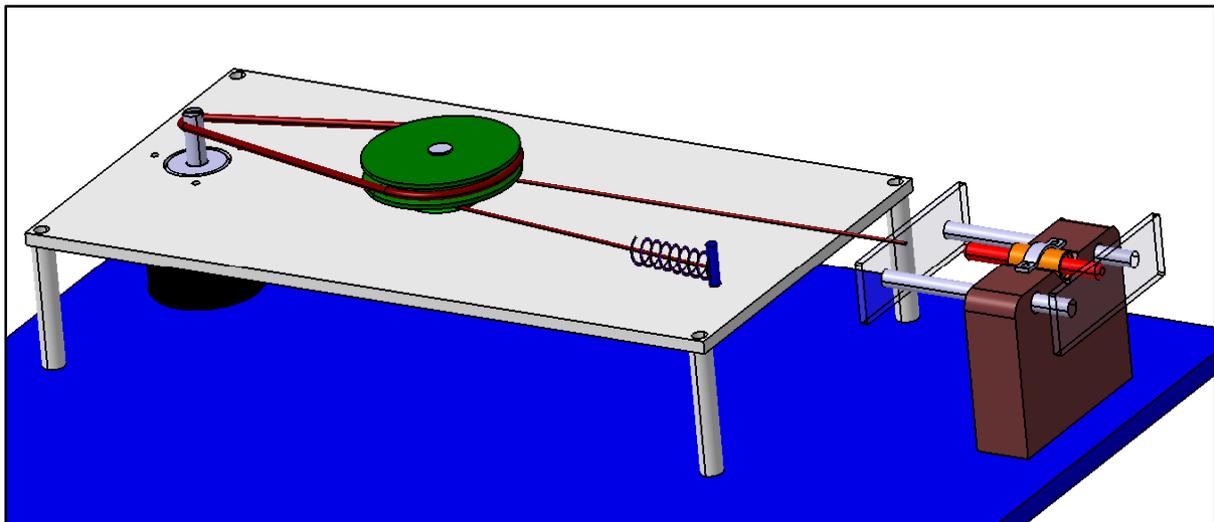


Figure 17 : DESSIN DE LA MAQUETTE POUR LE SYSTEME A POULIES

1. FABRICATION

Aux vues du temps limité et des coûts de fabrication importants dans le cas où certaines pièces seraient réalisées par l'IUT, nous avons choisis de faire les pièces par nos propres moyens et avec des pièces récupérées sur d'autres systèmes.

Les matériaux que nous avons utilisés sont le bois et le plexiglas, et cela, à cause de leur facilité d'usinage mais aussi de leur aspect.

2. REALISATION ET MONTAGE

Une fois que les diverses pièces furent fabriquées, nous les avons montées sur les supports en plexiglas, tous en prenant soin de les disposer de manières adéquates pour un bon fonctionnement général.

Afin que la partie mobile du moteur soit toujours en contact avec la glissière pour transmettre le mouvement (et donc l'information de position), on place un ressort à l'autre extrémité du fil reliant la glissière à la poulie. Le ressort permettra, de plus, de tendre constamment le fil.

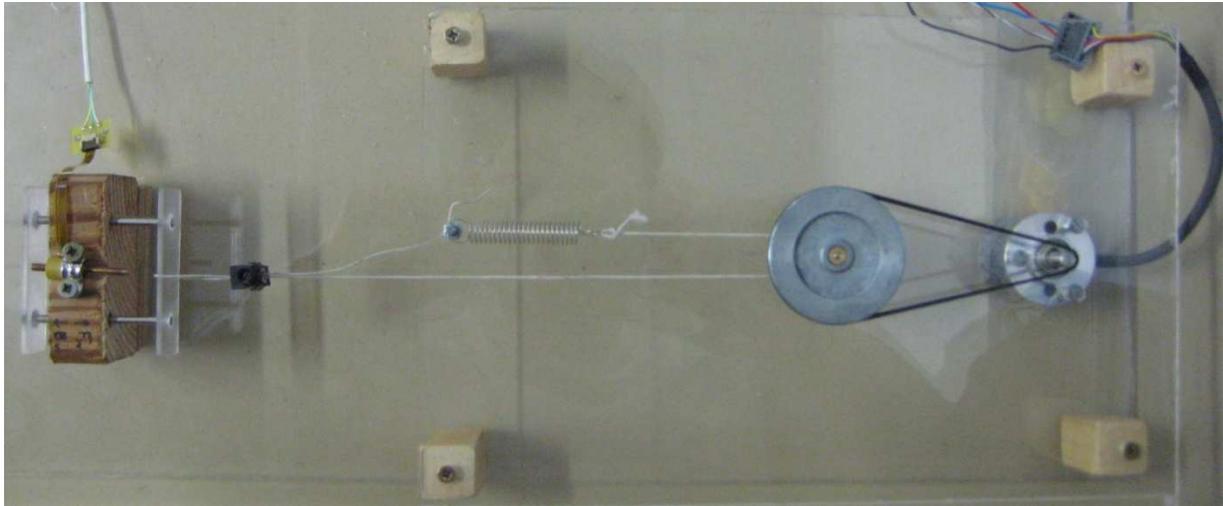


Figure 18 : MAQUETTE

3. CABLAGE

Afin de relier les différents éléments entre la maquette, le boîtier de contrôle et l'ordinateur, il est nécessaire de créer un schéma de câblage.

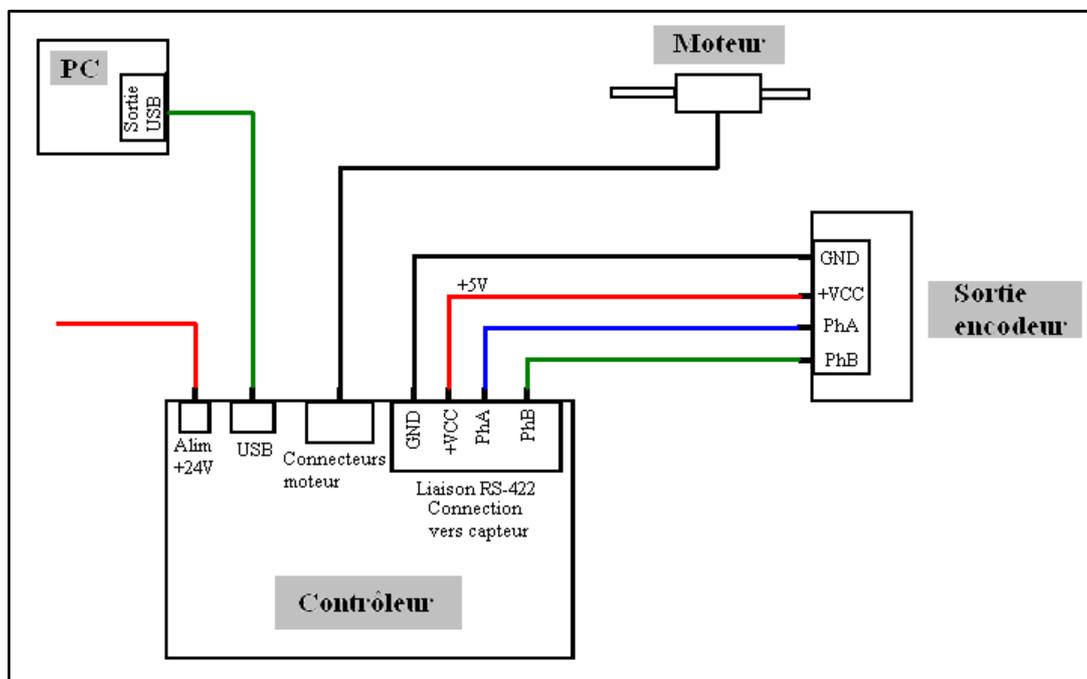


Figure 19 : SCHEMA DE CABLAGE DU SYSTEME

V. TESTS DU MOTEUR

Une fois la maquette finalisée, nous avons procédé à la phase de tests afin de faire les réglages nécessaires pour que notre système soit utilisable et que celui-ci affiche les résultats voulus.

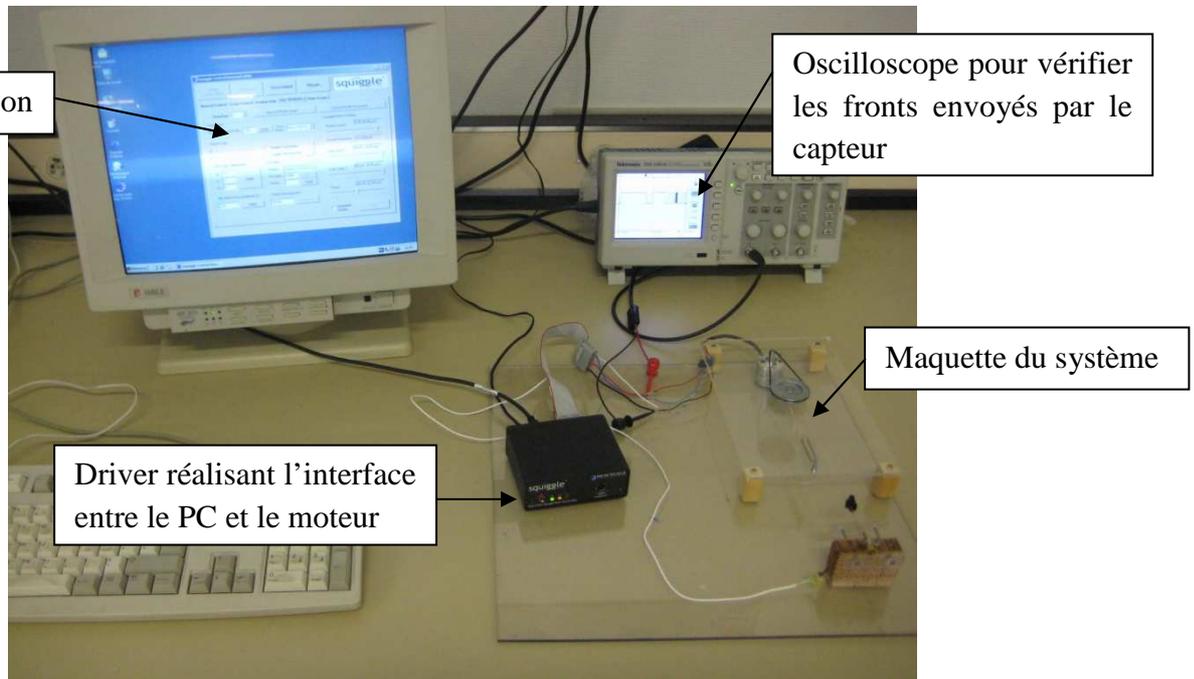


Figure 20 : PHOTOGRAPHIE DU PLAN DE TRAVAIL

Après branchement des divers éléments, on a pu faire des essais sur une commande manuelle et ainsi voir que notre maquette était fonctionnelle et que le logiciel retournait une valeur de position grâce au codeur.

Afin de valider l'implantation de notre codeur, on réalise des essais en boucle fermée. Il suffit par la suite de créditer les valeurs de position signalées par le logiciel par rapport à la commande imposée.

Il s'avère qu'après chaque déplacement, la valeur de position affichée ne correspond pas à celle demandée. Pour améliorer ce point, nous avons essayé de régler les coefficients PID du système au mieux. Nous en sommes donc encore à cette phase de réglage car pour trouver les meilleurs coefficients, cela prend beaucoup de temps du fait de la précision que nous voulons obtenir.

VI. CONCLUSION

Les actionneurs piézoélectriques ne trouvent en principe pas de limitation à la miniaturisation comparés aux moteurs électromagnétiques où l'on se heurte à des phénomènes de saturation magnétique des matériaux et à la présence d'enroulement. C'est donc le capteur de vitesse ou de position qui constituerait une limitation externe.

Tout au long de ce projet, nous avons pu mettre en application la démarche d'un chef de projet car il a fallu s'approprier le sujet pour bien connaître les limites et les objectifs de celui-ci. Ainsi, nous avons dû passer par les phases :

- ✚ Analyse du besoin.
- ✚ Recherche des solutions et modélisation.
- ✚ Conception primaire de la maquette.
- ✚ Conception détaillée.
- ✚ Prototypage et test de validité

Les jalons restants sont à faire pour améliorer et optimiser le système créé. Cependant, les principaux points dans la mise en place d'un nouveau système ont été abordés.

ANNEXE 1 – FICHE TECHNIQUE DU CODEUR INCREMENTAL

NEMICON

シャフトタイプ
SHAFT TYPE

OEZ モデル
Model



小型高速型
Small High-Speed Model

- ◇ FAニーズ対応 150kHzの高速応答
High Speed Response Frequency 150kHz.
- ◇ 分解能はクラス最高 1500P/R
High Resolution (1500P/R).

型式 Model

OEZ- [] [] - 2M [] - [] [] - [] [] [] - [] 00

パルス数
Resolution

0036	36P/R	04	400P/R
005	50P/R	05	500P/R
006	60P/R	0512	512P/R
01	100P/R	06	600P/R
015	150P/R	08	800P/R
02	200P/R	10	1000P/R
025	250P/R	1024	1024P/R
03	300P/R	15	1500P/R
036	360P/R		

※ 24モード除く Except 24V mode
他仕様は別途お問い合わせ下さい。
Please Ask for Alternative Specifications.

電源電圧
Power Source

- 05 : 5V
- 12 : 12V
- 24 : 24V

出力形態
Output Mode

- 無表記 : 電圧出力 (NPNトランジスタ型)
Voltage Output
- C : オープンコレクタ出力 (NPN型)
Open Collector Output
- D : ラインドライバ出力
Line Driver Output

信号分類
Signal

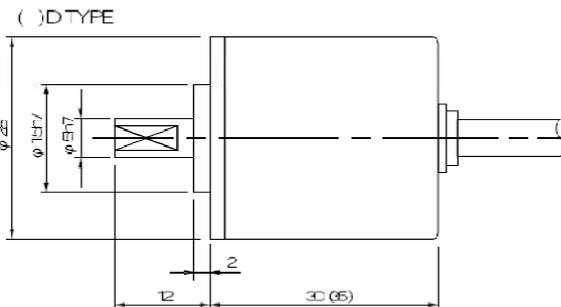
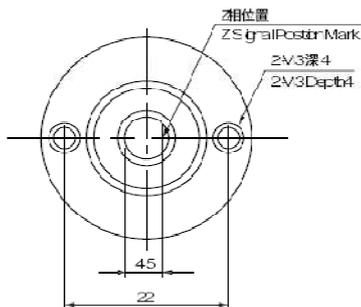
AB90°位相差信号 + 原点信号
A390° Phase Difference + Zero Signal

ケーブル長
Cable Length

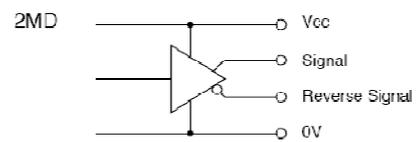
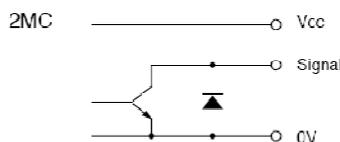
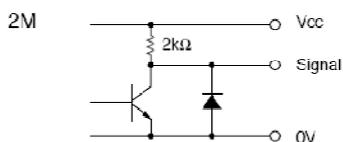
- 050 : 500mm (標準・Standard)
- 100 : 1000mm
- 300 : 3000mm

- 無表記 : D出力以外
No Indication Other than D output
- 無表記 : D出力 (LS)
No Indication D output with LS
- C : D出力 (CMOS)
D output with CMOS

外形図 External Dimension



出力回路 Circuit of Output Signal



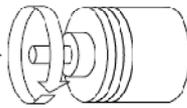
電気仕様 Electrical Spec.

TYPE		2M	2MC	2MC-24	2MD
電源電圧 Supply Voltage		DC 4.5~5.5V DC 10.8~13.2V	DC 4.5~5.5V DC 10.8~13.2V	DC 21.6~26.4V	DC 4.75~5.25V
消費電流 Requirement		80 mA 以下 or Less	60 mA 以下 or Less	60 mA 以下 or Less	150 mA 以下 or Less
出力電圧 Output Voltage	"H"	電源電圧-1以上 Within -1 Power Volt	—	—	2.5 V 以上 or More
	"L" ※1	—	0.5 V 以下 or Less	—	—
最大引き込み電流 Maximum Output Current		20 mA MAX			
信号立上り・立下がり時間 Rise & Fall Time		1 μs 以下 or Less			200 ns 以下 or Less
最大応答周波数 Maximum Frequency Response		150 kHz			
出力回路耐圧 Withstanding Voltage of Output Tr.		—	50 V MAX.	—	—

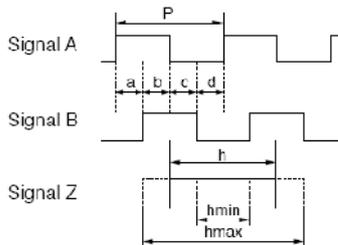
※1 最大引き込み時
at Maximum Output Current

波形説明 Wave Form.

CW → 矢印より見て時計方向
Rotating Toward Clockwise Viewed
from an Arrow



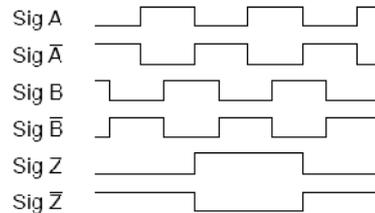
CW回転時、Z信号 "H" レベルの時
Signal A立ち上り1ヶ所のこと
Rising point of A-Signal is always at one point
while Z-Signal is at H-Level now.



$$P = \frac{1}{\text{1回転パルス数 Resolution}}$$

$$a, b, c, d = \frac{P}{4} \pm \frac{P}{8} \quad \frac{P}{2} \leq h \leq \frac{3P}{2}$$

デューティ比 (A,B) 50 ± 25 (%)
Wave Ratio (Duty) 50 ± 25 (%)



結線表 Electrical Connections

色	接続
赤	電源入力
黒	0V コモン
緑又は青	信号A
白	信号B
黄	信号Z
シールド	NC

Color of Lead Wire	Description
Red	Power Source
Black	0V Common
Green or Blue	Signal A
White	Signal B
Yellow	Signal Z
Shielding Braid	NC

色	接続	色	接続
赤	電源入力	白	信号B
黒	0V コモン	灰	信号B
緑	信号A	黄	信号Z
青	信号A	橙	信号Z
シールド	NC		

Color of Lead Wire	Description	Color of Lead Wire	Description
Red	Power Source	White	Signal B
Black	0V Common	Gray	Signal B
Green	Signal A	Yellow	Signal Z
Blue	Signal A	Orange	Signal Z
Shielding Braid	NC		

機械仕様 Mechanical Spec.

始動トルク Starting Torque	98 × 10 ⁻⁴ N・m 以下 or Less	
回転角加速度 Angular Acceleration	1 × 10 ⁵ rad/s ²	
軸荷重 Shaft Loading	スラスト方向 Thrust axial	49N
	ラジアル方向 Radial	98N
慣性モーメント Moment of Inertia	2 × 10 ⁻⁷ kg・m ²	
最大回転数 Maximum RPM	6000/min	
質量 Net Weight	60g 以下 or Less	

環境仕様 Environmental Spec.

動作温度 Operating Temperature	-10 °C ~ +70 °C
保存温度 Storage Temperature	-30 °C ~ +80 °C
耐湿度 Humidity	RH 85 % 以下 結露不可 or Less No Condensation
耐振動 Vibration	10~50 Hz / 1.5mm 2h
耐衝撃 Shock	490m/s ² / 11ms X, Y, Z 各3回 Each 3 times
保護構造 Degree of Protection	IP50

ANNEXE 2 - LISTE DES COMMANDES DE PROGRAMMATION

Pour la partie programmation de séquences avec le moteur il est nécessaire d'utiliser la bibliothèque de commande suivante :

Command	Description
Repeat	Allows the contained script commands to be repeated a specified number of times.
WaitTime	Pauses execution of the script for a specified period of time
MccDAQ	Starts an ADC input monitoring thread. Once started, may run concurrently with subsequent script commands.
Target	Starts moving the specified axis to a specified absolute position
EncStep	Starts moving the specified axis to a specified relative position
MtrStep	Starts moving the specified axis a specified number of motor steps (or bursts)
CL Mode	Sets the mode of the specified axis to closed or open loop.
CL Speed	Sets the closed loop speed of the specified axis.
OL Speed	Sets the open loop speed of the specified axis
Stop	Halts the specified axis.
WaitIdle	Pauses execution of the script until the specified axis stops moving.
StallDet	Enables/disables stall detection.
ZeroRefEna	Enables zero reference mark detection
Log Position	Logs position data of the specified axis to a specified file for a specified period of time. Script execution is paused until all requested samples have been written.
Custom	Allows any controller command to be issued to the specified axis.
Mcc DAQ	Saves data collected from an ADC Input (provided by Measurement Computing Corporation) to a file. Script execution continues after acquisition is started. That way motion commands may be issued while acquisition is in progress.
Tek Port Setup	Defines the COM port number and baud rate of the connected Tektronics™ oscilloscope. The oscilloscope must be equipped with the RS-232 option.
Tek Data Query	Downloads the data from the specified channels to the PC and stores them in the specified file (in a CSV – comma separated variable format). Script execution stops until all the data is downloaded.
Tek Command	Issues up to four commands to the Tektronics™ oscilloscope.
Display Tab	Displays the selected tab as defined by a numeric index. For example, 0 is the Manual Control tab, 2 is the Display Only tab.

ANNEXE 3 - LIAISON RS-422 DU CONTROLEUR

On présente ici les caractéristiques de la liaison RS-422 qui relie le contrôleur à l'encodeur. Cette broche est constituée de 20PIN ayant chacun une utilisation différente qui est présentée dans le tableau ci-dessous :

RS-422 Encoder Input or Position Sensor Input Connector (J7 and External Rear Facing Ribbon Connector)

Pin	Pin Name	Description
1	PHA+	Phase A positive encoder connect
2	PHA-	Phase A negative encoder connect
3	PHB+	Phase B positive encoder connect
4	PHB-	Phase B negative encoder connect
5	INDX+	Index mark positive encoder connect
6	INDX-	Index mark negative encoder connect
7	Vcc	3.3 Volts
8	GND	Ground connection
9	NC	
10	Encoder Power	5 Volt Supply
11	Reserved	Reserved for future use
12	Reserved	Reserved for future use
13	Servo Enable Input	If pulled low, enables servo control of motor speed and direction (see also pins 16 and 19)
14	Reserved	Reserved for future use
15	NC	
16	Servo Run/Stop	If pulled low and servo is enabled (see pin 13), starts moving the motor according to the voltage level from pin 17.
17	Servo Speed/Dir Input	Leads to the dsPIC's ADC1 10-bit input. May be used to control motor speed and direction.
18	NC	
19	Analog Position Sensor Input	Leads to the dsPIC's ADC0 10-bit input. May be used for position feedback.
20	GND	Ground Connection

On voit ici la liaison RS-422 à l'arrière du contrôleur sur le port I/O.



ANNEXE 4 – CARACTERISTIQUES DU CAPTEUR OPTIQUE

HVW Technologies Analog Infra-Red Ranging System (AIRRS™)

Overview

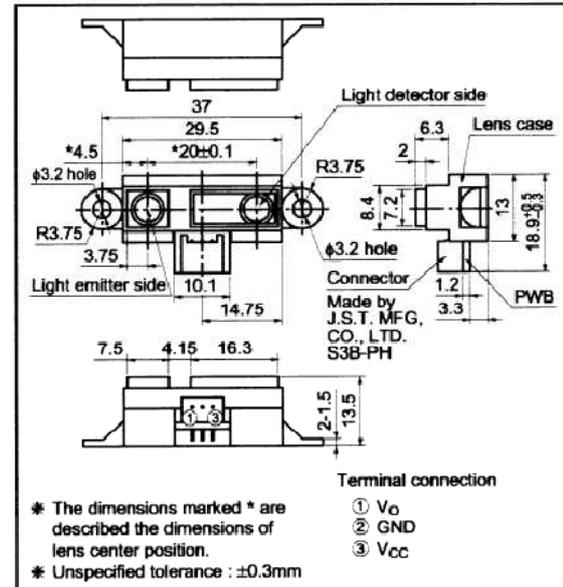
AIRRS™ is a low-cost, short-range Infra-Red (IR) alternative to ultrasonic range-finding systems. Usable detection range is 10 cm to 80 cm (approx. 4" to 31.5").

The IR Object Detection System consists of the Sharp GP2D12 Distance Measuring Sensor and a custom cable assembly. The GP2D12 is a compact, self-contained IR ranging system incorporating an IR transmitter, receiver, optics, filter, detection, and amplification circuitry. The unit is highly resistant to ambient light and nearly impervious to variations in the surface reflectivity of the detected object.

Unlike many IR systems, AIRRS™ has a fairly narrow field of view, making it easier to get the range of a specific target. The field of view changes with the distance to an object (see the graph at the end of this document), but is no wider than 5 cm (2.5 cm either side of centre) when measuring at the maximum range.

Outline Dimensions

(Unit : mm)



Specifications

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta=25 °C, Vcc=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage ¹	V _{cc}	-0.3 to +7	V
Output Terminal Voltage	V _o	-0.3 to V _{cc} +0.3	V
Operating Temperature	T _{op}	-10 to +60	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-40 to +70	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating Supply Voltage ¹	V _{cc}	4.5 to +5.5	V

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (Ta=25 °C, Vcc=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance Measuring Range	ΔL	Note 2,3	10	-	80	cm
Output Terminal Voltage	V _o	L=80cm	0.25	0.4	0.55	V
Difference of Output Voltage	ΔV _o	Note 4	1.75	2.0	2.25	V
Average Dissipation Current	I _{cc}	L=80cm	-	33	50	mA

- Notes:
- 1) Nominal operating voltage is 5.0 Volts
 - 2) Usig reflective object : White paper (Made by Kodak Co. Ltd. Gray cards R-27 – white face, reflective ratio; 90%)
 - 3) Distance measuring range of the optical sensor system
 - 4) Output change from L=80 cm to L=10 cm

RESUME

Ce rapport, dans le cadre d'un projet effectué à l'ENSIL, présente les méthodes utilisées ainsi que les résultats obtenues lors de l'élaboration d'un système. Système permettant l'exploitation d'un moteur piézoélectrique destinée à étudier son comportement lors de séances de travaux pratiques « d'entraînements ».

C'est pourquoi une description de l'effet piézoélectrique permettra de mieux comprendre le fonctionnement de ce moteur de plus en plus utilisé dans les microsystemes mécatronique.

Seront abordées également les différentes étapes auquel un chef de projet est confronté pour mener à bien le développement d'un système.

Abstract

This report, as part of a project carried out at ENSIL, presents the methods used and the results obtained during the development of a system. System allowing the operation of a piezoelectric motor to study its behavior during training exercises for "training".

Therefore, a description of the piezoelectric effect will explain the operation of the motor, increasingly used in mechatronics microsystems.

We will also discussed the various steps at which a project manager is faced to complete the development of a system.