

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département d'Electronique.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES



**En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Electronique.**

Option : communication et contrôle.

THEME :

***ETUDES ET CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ACQUISITION
POUR UN BANC D'ESSAI MECANIQUE.***

Présenté par :

Mr. AMROUNI Khaled

Mr. SAHLI Aghilès

Mr. BERSI Mouloud

Encadré par :

Mr. M.LAGHROUCHE

Promotion 2012.

Sommaire

Introduction générale.

Chapitre I

I. Introduction.....	1
I.1. Définition de matériau composite	1
I.2. Intérêts et inconvénients des matériaux composites	1
I.2.1. Intérêt des matériaux composites	1
I.2.2. Inconvénients des matériaux composites	2
I.3. Mise en œuvre des matériaux composites	2
I.4 Matériaux étudiés	4
I.4.1. Forme des éprouvettes	4
I.5. Caractérisation des matériaux composites	5
I.5.1. Essai de flexion et de fluage	5
I.5.1.1. Essai de flexion	5
I.5.1.2. Condition des essais de flexion	6
I.5.1.3. Illustration de quelques résultats des essais de flexion a différentes températures...7	
I.5.2. Essai de fluage	8
I.5.2.1. Définition de fluage	8
I.5.2.2. Conditions des essais	8
I.5.2.3. Mode opération	8
I.5.2.4. Illustration de quelques résultats des essais de fluage	9
I.6. Description du banc d'essai	9
I.6.1. Mode opératoire	11
Conclusion	12

Chapitre II

Introduction	13
II. Etude des capteurs	13
II.1. Le capteur de déplacement linéaire LVDT	13
II.1.1. Constitution d'un capteur LVDT	13
II.1.2. Principe de fonctionnement d'un LVDT	15
II.1.3 .Equation de fonctionnement d'un capteur LVDT.....	16
II.1 .4. Avantage / Inconvénient des capteurs LVDT	17
II .1.5. Caractéristiques générales du capteur de déplacement LVDT DCTH1000A.....	18
II.1.6. Conditionnement du capteur de déplacement LVDT.....	19
II.6.1. Description du fonctionnement	21
II.1.7. Etalonnage du capteur de déplacement LVDT sur le banc d'essai.....	22
II.2. Capteur de force ou jauge extenso métrique.....	23
II.2.1. Constitution d'une Jauge d'extensométrie	23
II.2 .2. Principe de fonctionnement des Jauges de déformation	24
II.2.3. Equation de fonctionnement de la jauge extensiométrie	24
II.2.4. Caractéristique de la jauge extensométrie.....	26
II.2.5. Etalonnage de la jauge de contrainte	26
II.2.6. Conditionnement de la jauge avec pont de Wheatstone	28
II.2.6.1 Equation générale - Condition d'équilibre du pont.....	29
II.2.6.2. Tension de déséquilibre	29
II.2.6.3. Montage $\frac{1}{4}$ de pont avec 3 résistances fixes et un capteur (jauge)	30
II.3. Le thermocouple	31
II.3.1. Constitution d'un Thermocouple	31
II.3.2.Principe de fonctionnement d'un thermocouple.....	32
II.3.3.Equation de fonctionnement d'un thermocouple	32

II.3.3.1. Référence de la jonction externe.....	33
II.3.3.2. Annulation des tensions de jonction	33
II.4. Régulateur de température :.....	34
Conclusion.....	34

Chapitre III :

Introduction	35
III.1. Le module d'acquisition Labjack UE9	35
III.2. Le choix de labjack UE9	35
III.3. Caractéristiques de LABJACK UE9	35
III.3.1. Les entrées « analogiques/numériques »	36
III.3.2. Les sorties "numériques/analogiques"	37
III.3.3. Les "entrées/sorties" tout ou rien	37
III .3.4. Les raccordements	38
III.3.5. Alimentation du boîtier	38
III.4. Configuration de la carte	39
III.4.1. Application de panneau de commande (LJControlPanel)	39
III.4.2. Application Self-Upgrade (LJSelfUpgrade)	42
III.5. Description du matériel	43
III.5.1. Le port USB	43
III.5.2. L'Ethernet	45
III.5.3. Alimentation externe.....	45
III.5.4. GND, AGND et SGND	46
III.5.5. Les entrées analogiques intégrées(AIN)	47

III.5.5.1. Les autres entrées et sorties de l'UE9	47
III.5.6. Les entrées de conversion analogiques/numériques (DAC)	48
III.5.7 : Les Entrées-sorties digitales	49
III.5.8 : Le connecteur DB37	50
III.5.9 : Le connecteur DB15	51
Conclusion.....	51

Chapitre IV

Introduction.....	52
IV.1. Alimentation et étalonnage des capteurs.....	52
IV.2 : Connexion des capteurs au module d'acquisition UE9	54
IV.2.1 : connexion du capteur LVDT avec l'UE9	54
IV.2.2 : Connexion du capteur de force au Labjack EU9	54
IV.3 : Visualisation des résultats sur le micro-ordinateur	55
IV.3.1 : Utilisation de la fenêtre LJStreamUD	56
IV.4 : Résultats graphiques des applications	58
IV.5 : Transfert des résultats vers le Microsoft Excel	60
Conclusion	61

Conclusion générale

Liste des figures

Fig. I.1 : Principales étapes de procédés de mise en œuvre des matériaux composites.....	3
Fig. I.2 : Dimensions pour les essais de flexion trois.....	5
Fig. I.3 : Courbe contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 40°C.....	7
Fig. I.4 : Courbe Contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 60°C.....	7
Fig. I.5 : Courbe Contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 90°C.....	7
Fig. I.6 : Evolution de la déformation de fluage en fonction de temps.....	9
Fig. I.7 : Courbe moyenne de la Déformation avec différentes contraintes.....	9
Fig. I.8 : Courbe moyenne de Déformation avec différentes températures.....	9
Fig. I.9 : Banc d'essai de flexion et de fluage.....	10
Fig. I.10 : Banc d'essai équipé d'enceinte thermique.....	11
Fig. I.11: Schémas fonctionnel du banc d'essai de flexion /fluage.....	12
Fig. II 1 : Schéma fonctionnel d'un capteur.....	13
Fig. II.2. Vue coupée, constitution d'un LVDT.....	14
Fig. II.3 : Schéma électrique simplifié d'un LVDT.....	15
Fig. II.4 : Exemple de déplacement du noyau vers les directions gauches et droites.....	15
Fig. II.5 : schéma d'un LVDT version palpeur à ressort.....	18
Fig. II.6 : Schéma de principe du convertisseur LVDT, et du conditionneur LVDT.....	20
Fig. II.7 : Etalonnage du capteur LVDT avec des cales de dimensions connues.....	22
Fig. II.8 : Jauge Extensiométrie.....	23
Fig. II.9 : Constitution d'une jauge d'extensométrie.....	24
Fig. II.10 : Principe de fonctionnement du capteur de force.....	26
Fig. II.11: Principe d'étalonnage du capteur de force.....	27

Fig. II.12: Courbe d'étalonnage du capteur de force.....	27
Fig. II.13 : La structure générale du pont de Wheatstone	28
Fig. II.14 : Exemple d'un pont de Wheatstone et un amplificateur opérationnel pour la Linéarisation du signal de sortie.....	31
Fig. II.15 : Structure d'un thermocouple, circuit fermé.....	31
Fig. II.16 : Structure d'un thermocouple, circuit ouvert.....	32
Fig. II.17 : Mesure de la température avec une référence de 0 °C sur J2.....	33
Fig. II.18 : Principe d'annulation des tensions des jonctions J3 et J4.....	34
Fig. III.1 : Labjack UE9.....	36
Fig.III.2 : Coté bas de labjack UE9.....	38
Fig. III.3: Fenêtre principale de LJControlPanel.....	39
Fig. III.4 : Fenêtre d'essai de LJControlPanel.....	40
Fig. III.5 : Fenêtre d'arrangements de LJControlPanel.....	41
Fig. III.6: Application Self-Upgrade (LJSelfUpgrade).....	42
Fig. IV.1 : Capteur de force 8230-002.....	53
Fig. IV.2 : LJControl Panel.....	56
Fig. IV.3 : La fenêtre LJStreamUD.....	57
Fig. IV.4 : Courbe de déplacement du capteur LVDT non étalonné.....	59
Fig. IV.5 : Courbe des amplitudes de déplacement avec étalonnage.....	59
Fig. IV.6 : Graphe du capteur de force.....	60
Fig. IV.7 : Courbe obtenue à l'aide d'un potentiomètre	61

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Exemple des caractéristiques d'éprouvettes utilisées lors des essais...6
Tableau II.1 : Caractéristiques générales du capteur LVDT DCTH1000A.....	..18
Tableaux II.2 : Caractéristiques générales du fonctionnement et de la tension de sortie.....	19
Tableaux II.3 : Tensions obtenues en fonction des différents poids.....	27

Liste des images

Image IV.1 : Alimentation du capteur LVDT.....	53
Image IV.2 : Connexion des capteurs LVDT et TF82-002 avec UE9	55

Introduction Générale :

La mondialisation pousse de plus en plus les entreprises et les différents organismes industriels à s'engager dans une rude bataille de concurrence ; dans le but d'accroître leur influences dans le monde industriel. En outre, le recours aux différents types de secteurs est devenu un besoin impératif vu la complémentarité entre ces différents secteurs.

Dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'office national d'appareillages et accessoires pour personnes handicapées (O.N.A.A.P.H) et le département de génie mécanique de UMMTO, qui, dans leurs atelier, ils ont élaboré le matériau de type utilisé dans les emboîtures de prothèses orthopédiques dont ils ont proposée de le caractériser, pour cela ils utilisent un banc d'essai quasi-statiques qui entièrement réalisée dans le laboratoire de génie mécanique.

Le matériau composite est la nouvelle donne de la technologie compétitive vue le large domaine d'application ; leur exploitation nécessite une très grande et une complète connaissance et une bonne maîtrise de ses caractéristiques techniques ; et dans le cadre la complémentarité entres les différents secteurs ; le domaine de l'électronique joue un rôle très important vu ses multiples avantages et son apport très important à l'amélioration des procédés industriels. Pour cela ; le but de notre travail est l'étude et élaboration d'un module d'acquisition pour un banc d'essai mécanique. Afin de pouvoir automatiser la mesure et d'acquérir les signaux pour connaître les caractéristiques des matériaux composites.

Le projet contient quatre chapitres qui sont repartis de la manière suivante :

Le premier chapitre consiste à la représentation les matériaux composites et la description du banc d'essai. Ces matériaux sont utilisés dans différents domaines ; dans l'aéronautique, dans des bateaux, vu leurs différentes caractéristiques.

Le second chapitre concerne l'étude des différents capteurs installés sur le banc d'essai.

Dans le troisième chapitre nous avons fait une description générale de notre matériel d'acquisition, qui est une interface d'acquisition de données (labjack).

Le dernier chapitre comporte la partie pratique de notre travail, avec un lot de tests et de résultats.

I. Introduction :

Le matériau composite est la nouvelle donne de la technologie compétitive vue le large domaine d'application de son comportement mécanique relatif aux métaux dont la résistance est approchée mais du poids de 5 fois moins.

La concurrence à l'exploitation de ces matériaux nécessite donc une très grande et une complète connaissance et une bonne maîtrise de ses caractéristiques techniques (caractéristiques mécaniques, physicochimiques, procédés d'obtention et de mise en œuvre) ; c'est ce qui pose un grand problème et qui préoccupe la majorité des laboratoires de recherche spécialisés dans le domaine de ces matériaux.

Sa composition d'éléments associés et sa stratification à définir en fonction des utilisations variées qu'une étude appropriée de ces matériaux complexes nécessite des différentes méthodes et des équipements spécifiques pour le concevoir et le réaliser sous différentes formes et de le définir parfaitement pour mieux le normaliser .

I.1. Définition de matériau composite :

Un matériau composite est constitué de l'assemblage d'au moins deux matériaux de natures différentes ayant une forte capacité d'adhésion se complétant et permettent d'aboutir à un matériau dont les caractéristiques seront meilleurs à celles des composants pris séparément. Le matériau composite= Matrice+Renfort.

I.2. Intérêts et inconvénients des matériaux composites :

I.2.1. Intérêt des matériaux composites :

Les matériaux composites à matrice polymérique disposent d'atouts importants par rapport aux matériaux traditionnels. La variété des constituants disponibles permet un grand nombre de combinaisons possibles, c'est-à-dire de matériaux différents. Ils apportent de nombreux avantages :

® Faible masse des structures volumiques, dans l'aéronautique et l'automobile, ils permettent d'alléger les structures et de diminuer la consommation de l'énergie à performances égales.

® Bonne tenue en fatigue, ils permettent d'augmenter la durée de vie de certains équipements d'où une économie du l'amortissement et la maintenance.

- ® Résistance mécanique, les différentes possibilités de réalisation des structures permettent une grande variété de géométries et de performances.
- ® Liberté de forme, ils offrent de différentes possibilités de conception permettant de réaliser des formes complexes.
- ® Lutte contre le bruit, ils atténuent les bruits et absorbent les vibrations.

I.2.2. Inconvénients des matériaux composites :

Il existe deux forme d'inconvénients pour ces matériaux dont :

- Des inconvénients propres aux matériaux tels que les défauts de mise en forme, ils sont anisotropes hétérogènes et la dispersion des caractéristiques d'où la difficulté de normalisation.
- Les inconvénients des constituants tels que le vieillissement, présente une faible résistance à la chaleur, toxicité des gaz de combustion et sensibilité à certains produits chimiques ...
- La plupart des composites sont à base de polymères thermodurcissable, ce qui les rend difficilement recyclables. Cette contrainte va donc à l'encontre du développement durable.

I.3. Mise en œuvre des matériaux composites :

Les procédés de mise en œuvre des matériaux composites sont plus nombreux que les techniques de transformation des matériaux ; toutes fois leur industrialisation est encore récente ce qui engendre de nombreuses difficultés quand à la prédictibilité des résultats. Les caractéristiques finales des conditions d'élaboration. L'organigramme en bas représente les différentes étapes de la mise en œuvre de ces matériaux.

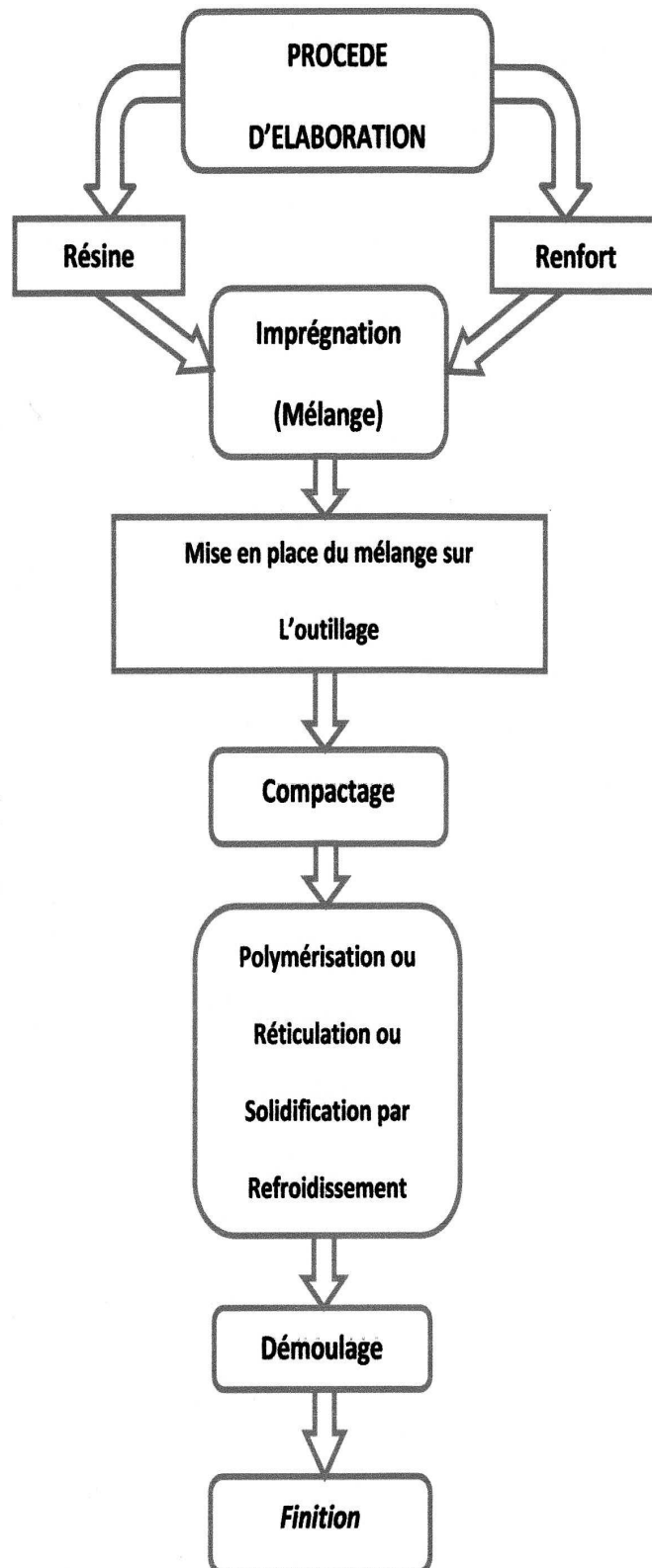


Fig. I.1 : Principales étapes de procédés de mise en œuvre des matériaux composites.

I.4 Matériaux étudiés :

Les éprouvettes sont découpées à partir des plaques fabriquées au niveau de l'entreprise avec les mêmes procédés, Les mêmes conditions et la même architecture que celle utilisée pour les prothèses.

I.4.1. Forme des éprouvettes :

Les normes relatives aux essais sur les matériaux composites renforcés de fibre de verre ou de carbone préconisent différentes géométries d'éprouvettes. Le choix du type d'éprouvettes dépend du type de renfort (unidirectionnel, tissu, matrice) et de son orientation.

On peut retenir quatre types d'éprouvettes :

- Types I, en forme d'haltère, pour matières thermoplastiques renforcées de fibres coupées et certains composites à base de mats ou de tissu très peu résistants.
- Types II, rectangulaire, pour les matières thermo-durcies armées avec mats ou avec des tissu à faible résistance.
- Types III, rectangulaire, avec talons rectangulaires pour les matières thermo-durcies armées avec de tissus résistants, ou avec des fibres unidirectionnelles continues.
- Types IV, rectangulaire, avec talons biseautés pour le renforcement à fibres continues unidirectionnelles.

La solution la plus pratique est de travailler avec des éprouvettes rectangulaires sans talons.

L'éprouvette retenue d'après le tableau est donc de forme parallélépipédique de dimensions : $b=15$ mm, $L=60$ mm, l'épaisseur h est obtenue avec le procédé utilisé pour la fabrication des plaques ; varie de 2 mm selon la dépression dans le sac. Elles sont toutes découpées dans le sens longitudinal.

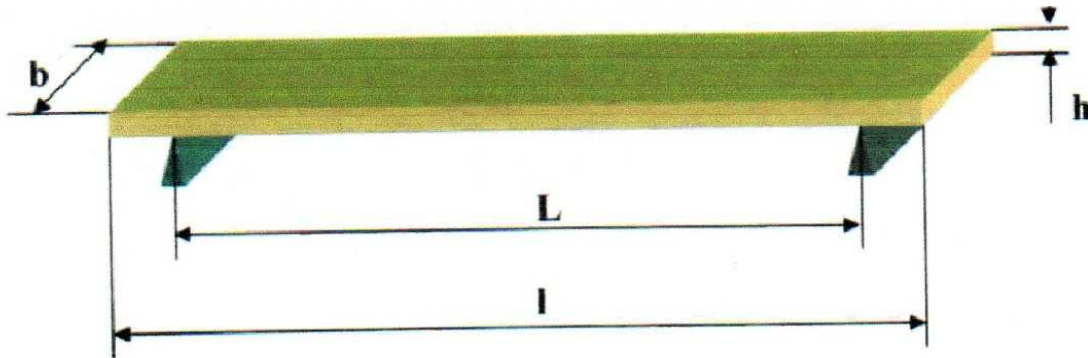


Fig. I.2 : Dimensions pour les essais de flexion trois

I.5. Caractérisation des matériaux composites :

L'intérêt que portent les labos de recherches aux caractéristiques des matériaux composites les pousse de plus en plus à perfectionner leur technique de caractérisation. Dans le laboratoire de génie mécanique, ils utilisent un banc d'essai de flexion et de fluage pour la caractérisation de ces matériaux.

I.5.1. Essai de flexion et de fluage :

I.5.1.1. Essai de flexion :

Les essais de flexion sont très utilisés en raison de leur simplicité. Ils nécessitent des charges plus faibles que la traction et les mesures de flèches posent moins de problèmes que les mesures d'allongements. Les éprouvettes de flexion ne nécessitent pas de talons.

Ces essais permettent de déterminer la loi de comportement contrainte-déformation dans une direction donnée. Les caractéristiques habituelles que l'on déduit sont le module de Young ainsi la contrainte d'allongement. On peut retenir deux configurations possibles pour faire ces essais à savoir la flexion à trois pannes et la flexion à quatre pannes.

Les essais de flexion à quatre pannes sont utilisés quelque fois pour éviter l'influence des contraintes de cisaillement qui se superposent aux contraintes normales de flexion (l'effort tranchant est nul dans la zone des contraintes maximales).

Les essais de flexion trois pannes permettent de privilégier un mode de rupture par rapport à l'autre en jouant sur la distance entre appuis.

I.5.1.2. Condition des essais de flexion :

Les essais de flexion sont réalisés à différentes températures avec une longueur entre appuis de 40 mm à une vitesse de déformation d'environ 45 mm/mn. Celle-ci est contrôlée par le système vis-écrou. La température est prélevée à 10 mm de l'échantillon.

Les dimensions de chaque éprouvette sont mesurées avec précision à l'aide d'un palmer pour tenir compte des légères variations des dimensions, les éprouvettes sont donc classées par épaisseur et réparties sur les différentes températures de manière à ce que on ait, pour chaque température, une même épaisseur moyenne et éliminer ainsi l'influence de celle-ci sur l'allure de chaque courbe.

Le tableau N°01 montre un exemple de lot d'éprouvettes utilisées dans ce genre d'essai.

Température De l'essai	N °	Epaisseur (h) mm	Largeur (b) mm	Tension initiale De la flèche mv	Tension initiale De la force mv
50°C	E1	2.2	15.2	1189	1565
	E2	2.25	15	1140	1550
	E3	2.3	14.8	1230	1555
	E4	2.35	15.4	1273	1558

Tableau I .1 Exemple des caractéristiques d'éprouvettes utilisées lors des essais.

I.5.1.3. Illustration de quelques résultats des essais de flexion a différentes températures :

Ces graphes représentent quelques résultats de rapport entre contrainte/déplacement obtenus au par avant dans le laboratoire de génie mécanique :

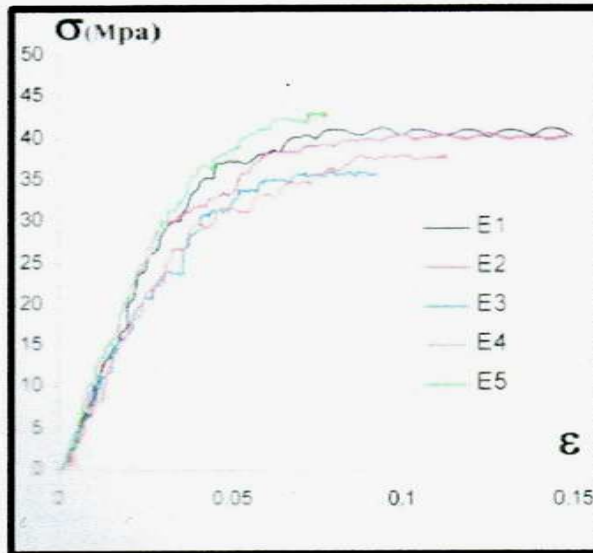


Fig. I.3 : Courbe contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 40°C.

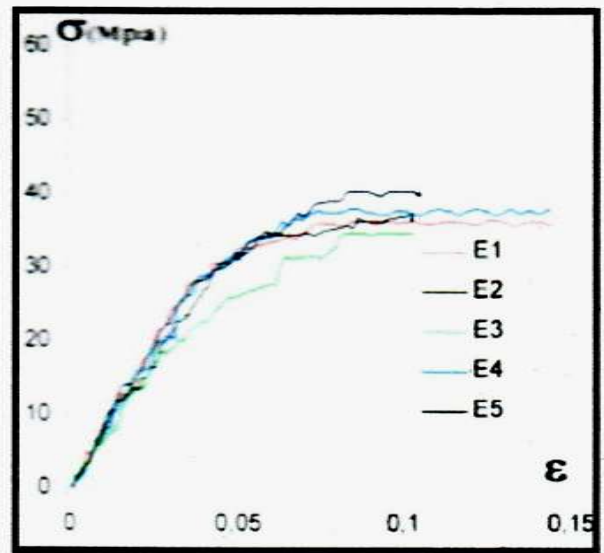


Fig. I.4 : Courbe Contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 60°C.

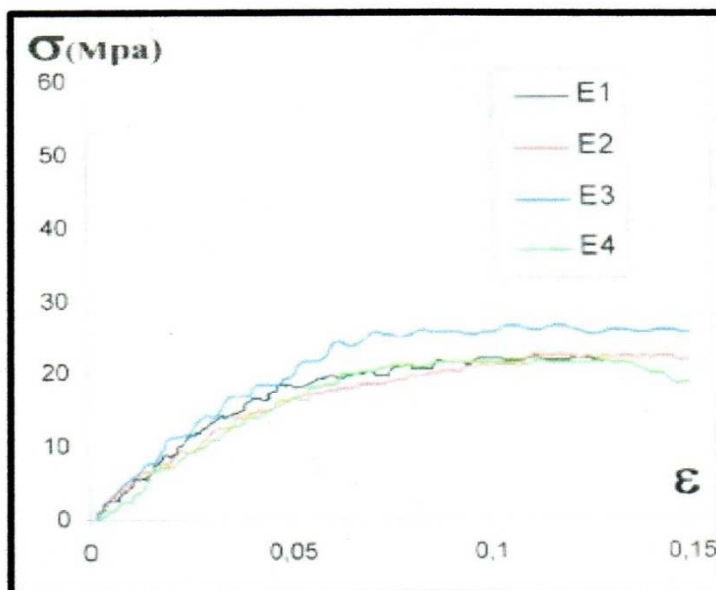


Fig. I.5 : Courbe Contrainte/Déplacement en Flexion trois pannes à 90°C.

I.5.2. Essai de fluage :

I.5.2.1. Définition de fluage :

Par définition le fluage est la capacité de certains matériaux, dont le polymère et les matériaux composites, à se déformer au cours de temps sous l'action d'une sollicitation mécanique constante. Il consiste à imposer de façon instantanée en traction, compression uni-axiale, flexion . . . , une contrainte constante à une éprouvette et suivre ses déformations en fonction de temps.

I.5.2.2. Conditions des essais :

De manière à simplifier le problème, les quantités à mesurer sont la contrainte et le déplacement, pour le bon déroulement de l'expérience on pose les conditions suivantes :

- On impose une force constante, ce qui se traduit par une augmentation de la contrainte due à la diminution de la section pendant la déformation.
- L'application instantanée de la force introduit des effets d'inertie et de rebond très préjudiciable à l'obtention des résultats corrects.
- La mesure de la déformation n'a de sens qu'à partir d'un temps donné, temps nécessaire pour que la déformation ne soit plus influencée par la loi de mise en charge.

I.5.2.3. Mode opération :

- La charge est incrémentée de 5Mpa, valeur en dessous de la quelle il est inutile de descendre vu l'imprécision de mesure, et la variation des éprouvettes.
- Les températures d'essai sont choisies entre 40°C et 70°C au-delà de laquelle le nombre d'incrément de la contrainte, donc le nombre de points sur la courbe, est très limité et au-dessous de laquelle les essais à faible contrainte peuvent durer très longtemps.
- Vu le temps de fluage trop important, le nombre d'essai de fluage pour chaque point est limité à trois.
- Comme pour la flexion, les légères variations d'épaisseur des éprouvettes sont réparties de manière uniforme sur les différentes températures, et les différents niveaux de chargement pour éliminer l'influence de cette légère variation de taux de renfort de résine.

I.5.2.4. illustration de quelques résultats des essais de fluage

Ces graphes représentent quelques résultats de l'évolution de la déformation de fluage en fonction de temps ; et en fonction de différentes contraintes et différentes températures.

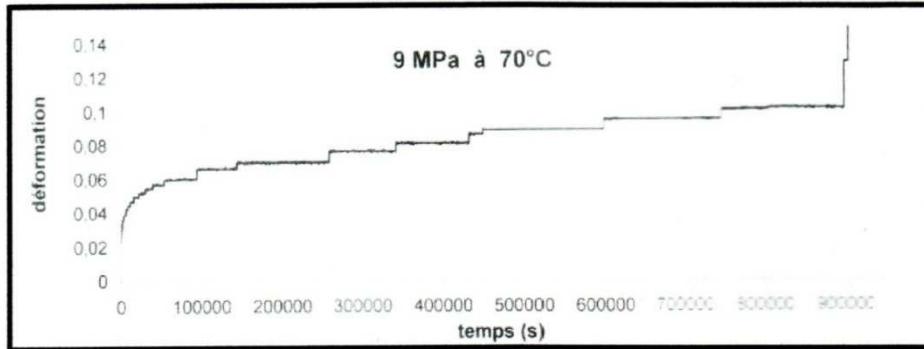


Fig. I.6 : Evolution de la déformation de fluage en fonction de temps.

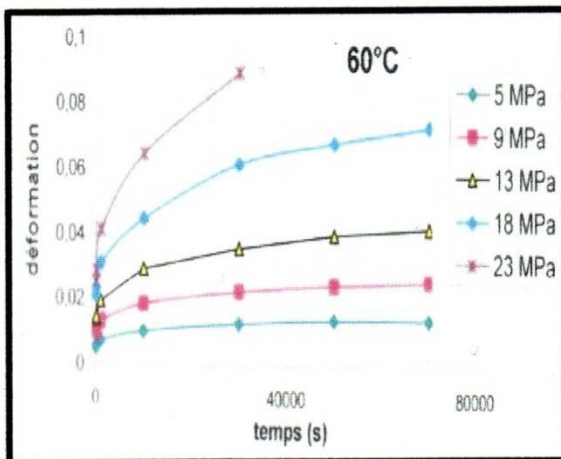


Fig. I.7 : Courbe moyenne de la Déformation avec différentes contraintes.

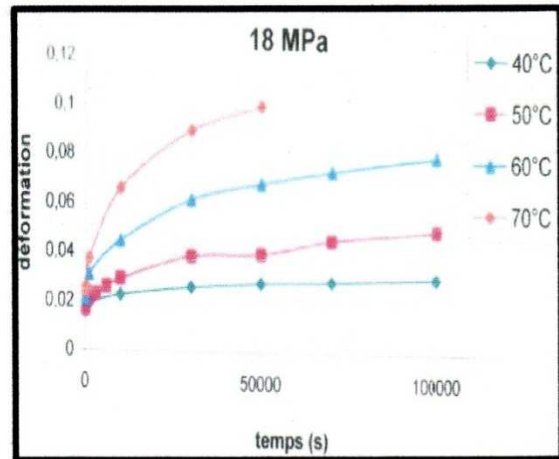


Fig. I.8 : Courbe moyenne de Déformation avec différentes températures.

I.6. Description du banc d'essai :

Pour des essais mécaniques comme les essais de fluage, la meilleure façon de maintenir une force constante pendant un temps très long est d'utiliser la force de pesanteur. La solution la plus simple consiste à suspendre la charge, directement ou par l'intermédiaire d'un levier à un rigide et à contrôler les déformations de l'éprouvette. C'est sur cette base qu'à été ensuite modifié et équipé d'un capteur de force pour faire des essais quasi statiques en flexion trois

points. Il est aussi équipé d'une enceinte thermique qui permet de faire des essais isothermes à différentes températures.

Les essais de flexion et de fluage sont donc réalisés sur un même banc d'essai, qui est entièrement conçu et fabriqué au niveau de laboratoire LMES de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

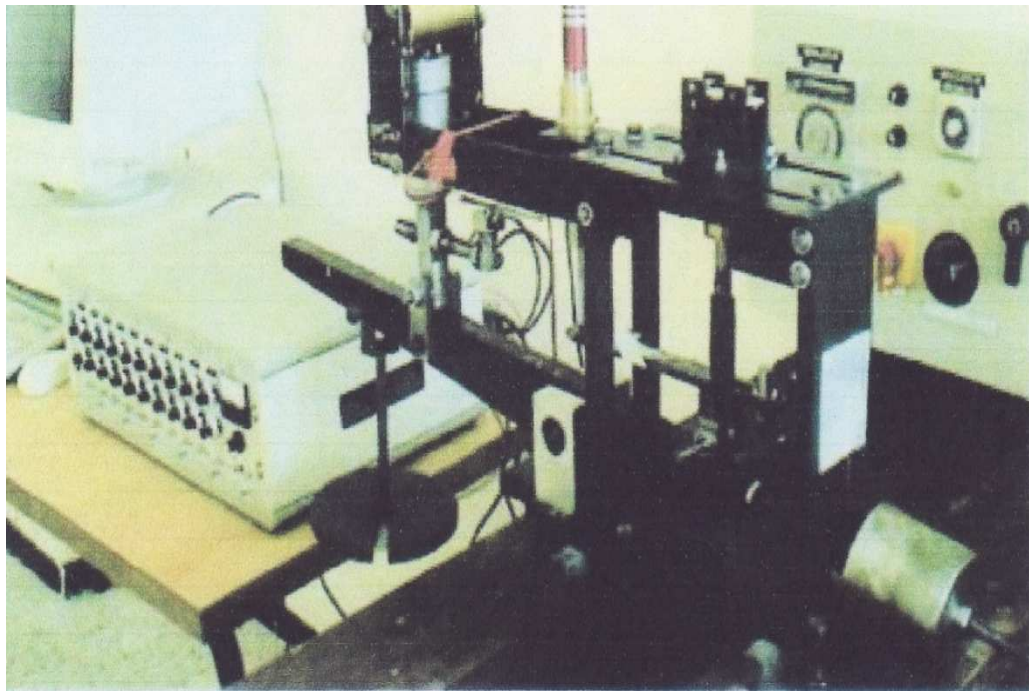


Fig. I.9 : Banc d'essai de flexion et de fluage.

De fait l'influence de la température sur les propriétés mécaniques du polymère est très forte. Celle-ci doit être contrôlée à l'aide d'un régulateur par l'intermédiaire d'un thermocouple placé suffisamment proche de l'élément chauffant pour améliorer la précision et diminuer l'écart entre la température d'enclenchement et de déclenchement du contacteur ($\pm 5^\circ$) pour la ramener à $\pm 1^\circ$ au niveau de l'éprouvette.

Remarque :

Dans tous les essais (flexion quasi-statique ou de fluage) l'éprouvette n'est introduite dans l'enceinte qu'après la stabilisation de la température à l'intérieure de celle-ci, il faut aussi lui laisser un temps suffisant pour être à la même température que l'enceinte.

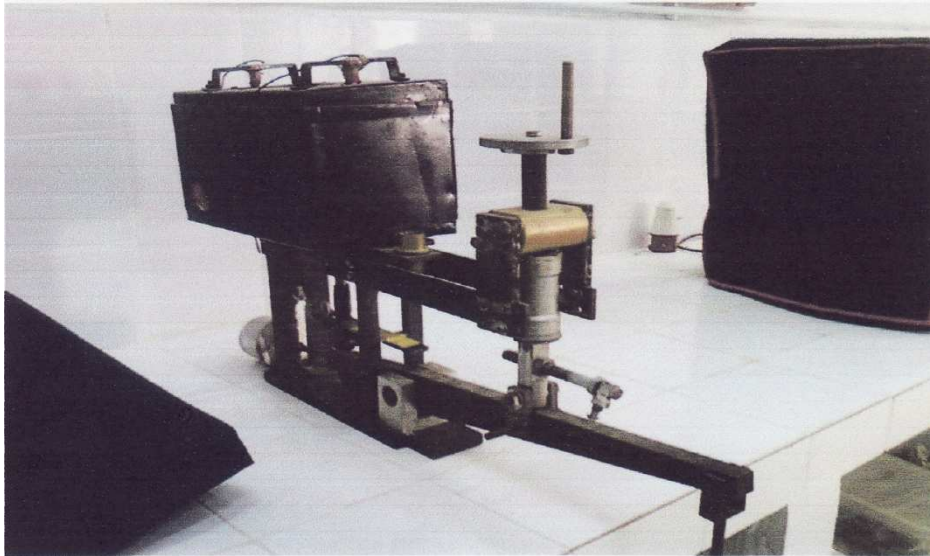


Fig. I.10 : Banc d'essai équipé d'enceinte thermique.

I.6.1. Mode opératoire :

L'échantillon est d'abord placé entre les pannes Fig. I.11, ils font alors tangentes à la panne centrale sur l'éprouvette avec un mouvement ascendant ce qui permet de vaincre les frottements dans le sens de l'essai. On note la valeur initiale de déplacement et la force initiale pour tenir compte des différentes épaisseurs et/ou d'une éventuelle courbure de l'éprouvette.

Le chargement est obtenu en exerçant une force sur le bras de levier(12) par l'intermédiaire du système de chargement (15) Fig. I.11 à l'aide du volant (18) et de la vis (17) qui se visse dans le manchon(16).la variation de la flèche de l'éprouvette est transmise au capteur LVDT(2) par la plaque de la tige (9).L'axe (13) permet de suspendre les poids dans les essais de fluage.Le contre poids (8) permet d'ajouter une précharge, pour diriger les frottements dans le cas des essais de flexion et de régler l'équilibre du bras dans les essais de fluage.

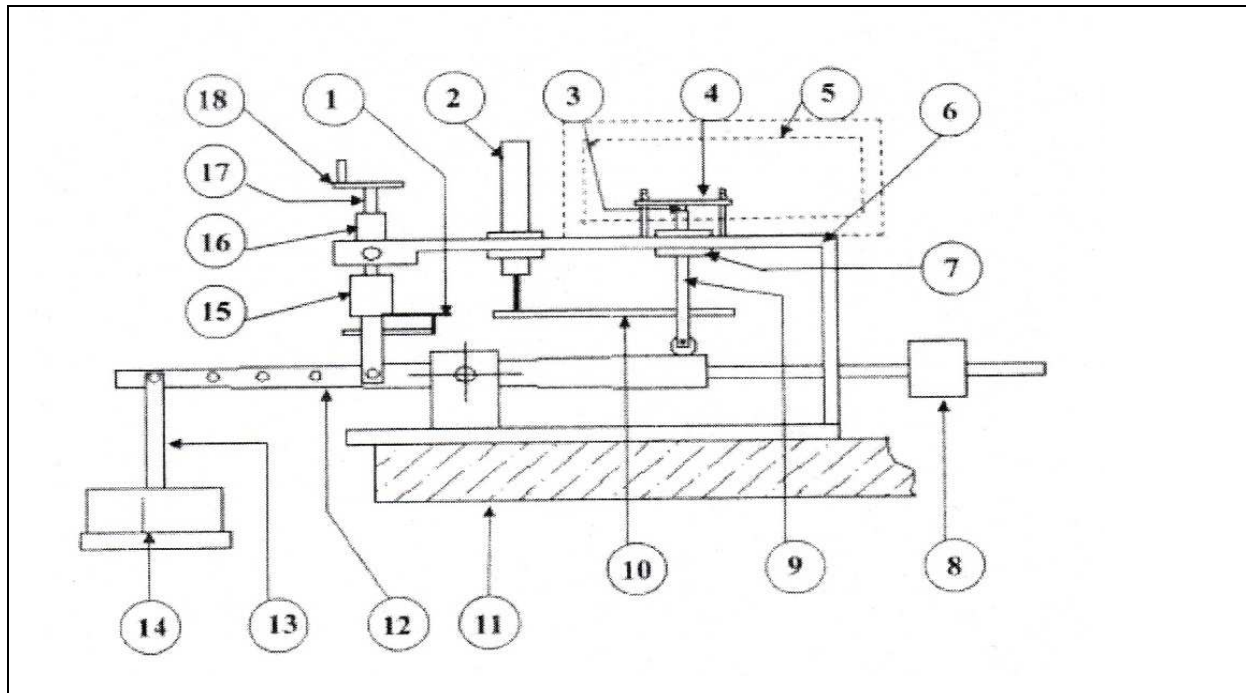


Fig. I.11: Schémas fonctionnel du banc d'essai de flexion /fluage.

1 : lame élastique	10 : plaque
2 : capteur LVDT	11 : bâti
3 : panne centrale	12 : bras de levier
4 : éprouvette	13 : axe
5 : enceinte thermique	14 : poids
6 : support	15 : capteur de force
7 : guide	16 : manchon
8 : contrepois	17 : vis
9 : tige	18 : volant de chargement

Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons fait une petite présentation des matériaux composites, et les techniques utilisées pour leurs caractérisations, ainsi que la description du banc d'essai qui est utilisé pour les essais de fluages et de flexions.

Introduction :

Dans le but de caractériser les matériaux composites, on a décidé d'instrumenter le banc d'essai, et pour cela on a placé trois capteurs qui sont :

- ❖ Capteur de déplacement linéaire LVDT (Linear Variable Differential Transformer).
- ❖ Jauge extensomètre qui est un capteur de force.
- ❖ Thermocouple.

II. Etude des capteurs :

Le capteur est l'élément indispensable à la mesure des grandeurs physiques.

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations, qui élabore à partir d'une grandeur physique en une grandeur électrique utilisable à des fins de mesure ou de commande.

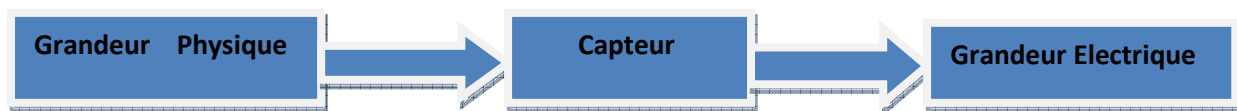


Fig. II 1 : Schéma fonctionnel d'un capteur.

II.1. Le capteur de déplacement linéaire LVDT :

Le LVDT est un capteur inductif de déplacement, qui fonctionne avec le même principe d'un transformateur différentiel.

II.1.1. Constitution d'un capteur LVDT :

Le LVDT est constitué d'un bobinage primaire et deux bobinages secondaires connectés en opposition, placés en symétrie par rapport à ce dernier, tandis que, un noyau ferromagnétique mobile relié à une tige de manœuvre constitue l'équipage mobile.

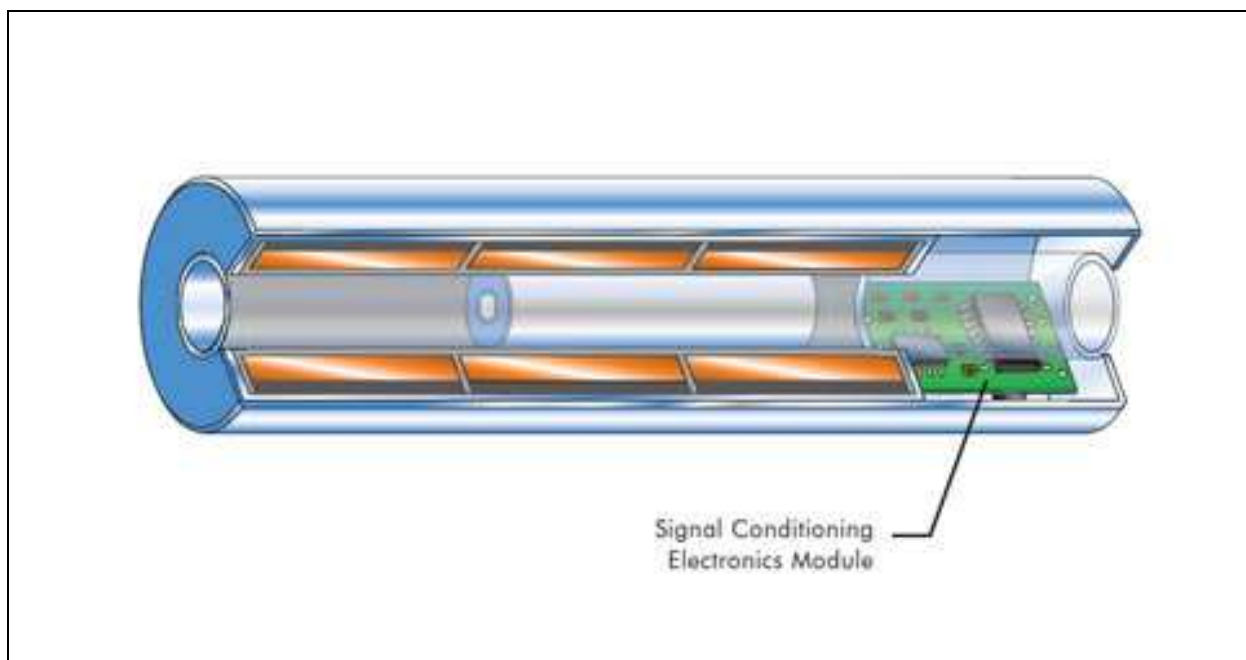
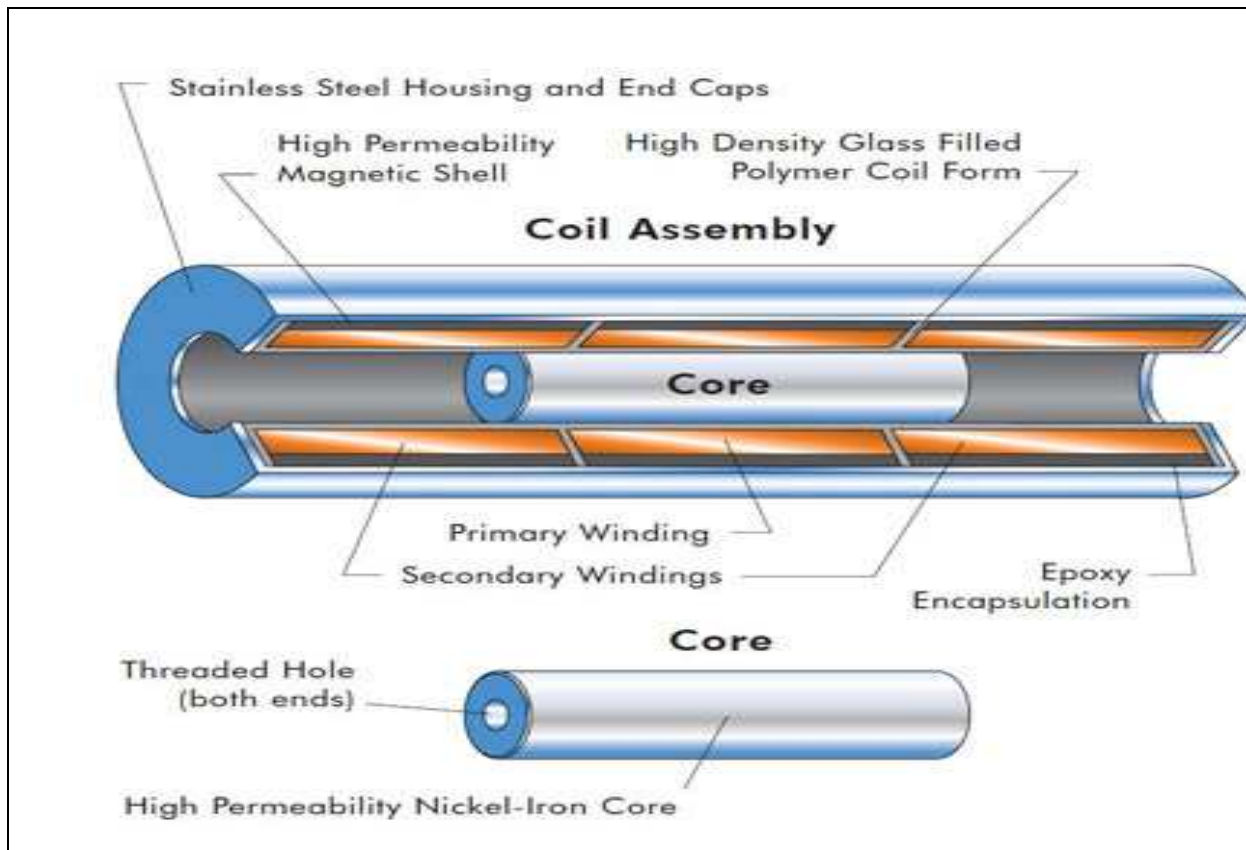


Fig. II.2. Vue coupée, constitution d'un LVDT.

On peut représenter le schéma électrique simplifié du LVDT comme suivante :

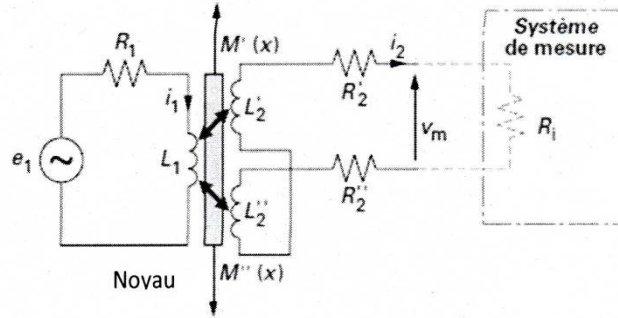


Fig. II.3 : Schéma électrique simplifié d'un LVDT.

L_1 =bobinage primaire.

L'_2 et L''_2 =bobinage secondaire.

Noyau, partie mobile.

V_m est la tension à mesurer, qui est une différence entre V'_2 et V''_2 .

II.1.2. Principe de fonctionnement d'un LVDT :

Le bobinage est attaqué par un signal sinusoïdal, le signal est induit dans deux bobines du secondaire. Le transfert du courant entre le primaire et les deux secondaires du capteur de déplacement LVDT est contrôlé par la position du noyau ferromagnétique.

Dans les capteurs LVDT, les deux secondaires sont connectés en opposition.

En position centrale de la course de mesure, les deux tensions des deux secondaire du capteur de déplacement sont égales à zéro, donc ; $V_A = V_B \Rightarrow V_0 = 0$.

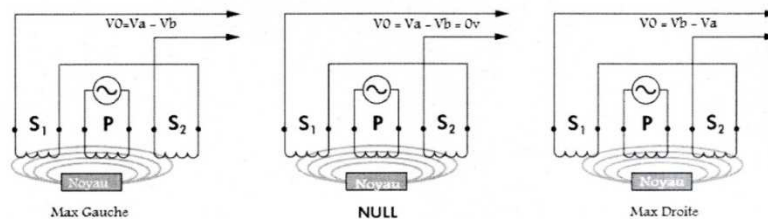


Fig. II.4 : Exemple de déplacement du noyau vers les directions gauches et droites.

Remarque :

En général les capteurs LVDT fonctionnent avec des fréquences de 1Khz à quelques dizaines de KHz.

L'étendu de mesure peut atteindre jusqu'à $\pm 250\text{mm}$.

II.1.3 .Equation de fonctionnement d'un capteur LVDT :

Les équations qui régissent dans le fonctionnement des circuits primaires et secondaires tel qui est décrit sur le schéma de la fig. II.3 sont :

$$e_1 = (R_1 + j\omega L_1) i_1 + j\omega [M'(X) - M''(X)] i_2 \dots \dots (1).$$

$$[R'_2 + R''_2 + R_i + j\omega (L'_2 + L''_2)] i_2 + j\omega (M'(X) - M''(X)) i_1 = 0 \dots \dots (2).$$

$V_m = R_i i_2$: tension aux bornes du dispositif de mesure branché au secondaire s'exprime alors en fonction de e_1 comme suite :

$$V_m = (j\omega R_1 [M''(X) - M'(X)] / D) e_1 \dots \dots (3).$$

Avec :

$$D = R_1 (R_2 + R_i) + j\omega (L_2 R_1 + L_1 (R_2 + R_i)) - \omega^2 [L_1 L_2 + M'(X) - M''(X)] \dots \dots (4).$$

Et

$$L_2 = L'_2 + L''_2 \quad \text{et} \quad R_2 = R'_2 + R''_2 \dots \dots (5).$$

La linéarisation de la tension V_m en fonction de $M''(x) - M'(x)$ et son impédance en fonction de R_1 est obtenue par moyen d'une valeur de cette dernière. Alors l'expression de V_m devient :

$$V_m = (j\omega [M''(X) - M'(X)] / (R_1 + j\omega L_1)) e_1 \dots \dots (6).$$

Les non-linéarités de la variation des coefficients d'induction mutuelle entre le circuit primaire et les circuits secondaires (en fonction du mesurant) sont compensés par un montage push-pull.

La symétrie du capteur entraîne en effet une variation opposée de ces coefficients par rapport au mesurant (déplacement du noyau) pour les ordres impaires ;

$$M'(X) = M(0) + aX + bX^2 + \dots \dots \text{ et } M''(X) = M(0) - aX + bX^2 + \dots \dots (7).$$

Leur différence (limite du premier ordre) devient :

$$M''(X) - M'(X) = -2aX \dots \dots (8).$$

Leur tension de mesure :

$$V_m = [-2JWae_1 / (R_1 + JWL_1)] X \dots \dots (9) \text{ varie d'une manière linéaire en fonction du mesurant.}$$

Les défauts de symétrie du capteur sont au niveau géométrique que structurel (hystérésis des phénomènes magnétiques induits dans le noyau) et les impédances parasites (capacité entre les spires des circuits primaires et secondaires) viennent perturber la symétrie du signal de sortie. La position médiane du capteur ne fournit alors plus une tension de mesure nulle.

Les moyens permettant de limiter ce décalage de zéro consiste à soigner la réalisation du capteur, limiter les capacités parasites. L'alimentation symétrique du circuit primaire par rapport à une masse reliée à l'une des bornes du circuit secondaire, permet par exemple de limiter le couplage capacitif.

II.1.4. Avantage / Inconvénient des capteurs LVDT :

Le transformateur différentiel ou le capteur LVDT, est très répandu du fait de ses avantages qui sont :

- Une grande d'étendue de mesure (de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres).
- Une bonne linéarité, une très fine résolution, un fonctionnement sans liaison mécanique entre la partie fixe et la partie mobile (ce qui lui confère une très grande longévité).
- Un isolement galvanique entre le circuit d'alimentation et le circuit de mesure qui simplifie la réjection des tensions en mode commun.
- Il existe des versions alimentées en DC (électronique intégrée dans le capteur), c'est le cas de notre capteur que nous avons utilisé sur le banc d'essai de fluage. Dans ce cas ; le capteur n'a pas besoin d'un conditionneur, la tension de sortie est en DC. On peut traiter directement les signaux de sortie à l'aide d'un pic ou d'un labJack.

Malgré tous ces avantages, la disposition de plusieurs capteurs l'un à côté de l'autre cause des perturbations mutuelles et leur fabrication délicate sont les inconvénients majeurs des capteurs de déplacement LVDT.

II .1.5. Caractéristiques générales du capteur de déplacement LVDT DCTH1000A :

Notre capteur de déplacement à ressort possède un roulement pour guider le noyau à l'intérieur du corps du capteur et un ressort qui pousse le noyau en position complètement sortie. Les palpeurs à ressort LVDT sont utilisés quand il n'est pas possible de connecter le noyau du capteur à la pièce en mouvement à mesurer.

Notre capteur de déplacement, est de type LVDT DCTH1000A, version palpeur à ressort à ressort alimenté par un courant continu DC, ce dernier possède un circuit de conditionnement intégré à l'intérieur du capteur, dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

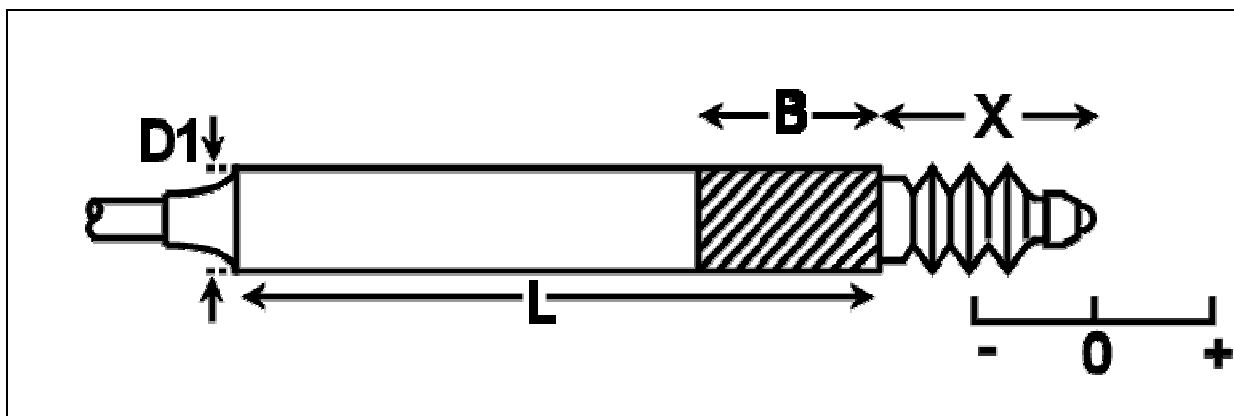


Fig. II.5 : schéma d'un LVDT version palpeur à ressort.

Type	Gamme	Erreur de linéarité (% P.E)	L (mm)	X (mm)	Poids total (g)	Force du ressort a x (N)	Force de rappel (N/cm)	Noyau comp entrée (mm)	Noyau comp sortie (mm)
DCTH1000A	±25mm (0.984 ")	<±0.5/±0.25/±0.1	210	63	284	2.00	0.30	3.00	10

Tableau II.1 : Caractéristiques générales du capteur LVDT DCTH1000A.

Spécification		
V sorties	Tension d'alimentation (double)	$\pm 12V$ à $\pm 20V$ C.C., 30 mA
	Tension d'alimentation (simple, doit être flottant)	24 V à 40 V C.C. , 30 Ma
	Changer la sortie pour changer l'alimentation	5 MV/V
	Charge de sortie	10 KOhm
	Bruit de sortir	30 Mv (crête à crête)
	Bande passante de la sortie électrique	200 Hz
	Impédance de sortie	2 Ohm
	Température de fonctionnement	- 50°C à 80°C
4 à 20Ma sortie ($\varnothing = \pm 12.50$ mm)	Tension d'alimentation	12V à 36V C.C
	Résistance max de boucle	(Tension d'alimenta° 11)50 Ohm
	Bruit de sortie	50 μ A (crête à crête)
	Bande passante de la sortie	200 Hz
	Température de fonctionnement	-10°C à 70°C
Sur les deux sorties	Coefficient de température (zéro)	$\pm 0.01\%$ P.E /°C (typique)
	Coefficient de température (échelle)	$\pm 0.03\%$ P.E /°C (typique)
	Terminaison électrique	2 m (Câble intégré)

Tableau II.2 : Caractéristique générale de fonctionnement et de la tension de sortie.

La sensibilité de ce capteur est de 195.44 mV/mm, et la linéarité du capteur est de 0.38 % et l'incertitude de calibrage est de 13.0 microns.

II.1.6. Conditionnement du capteur de déplacement LVDT :

La particularité du capteur LVDT, est que le circuit de conditionnement est intégré.

Un oscillateur/Démodulateur construit à l'intérieur du capteur fournit l'excitation et convertie le signal retour en tension continue.

La figure suivante illustre un exemple de conditionnement des signaux LDC pour aboutir à une information analogique donnant la position relative du signal du noyau plongeur par rapport à la culasse.

Ampli. à transductance

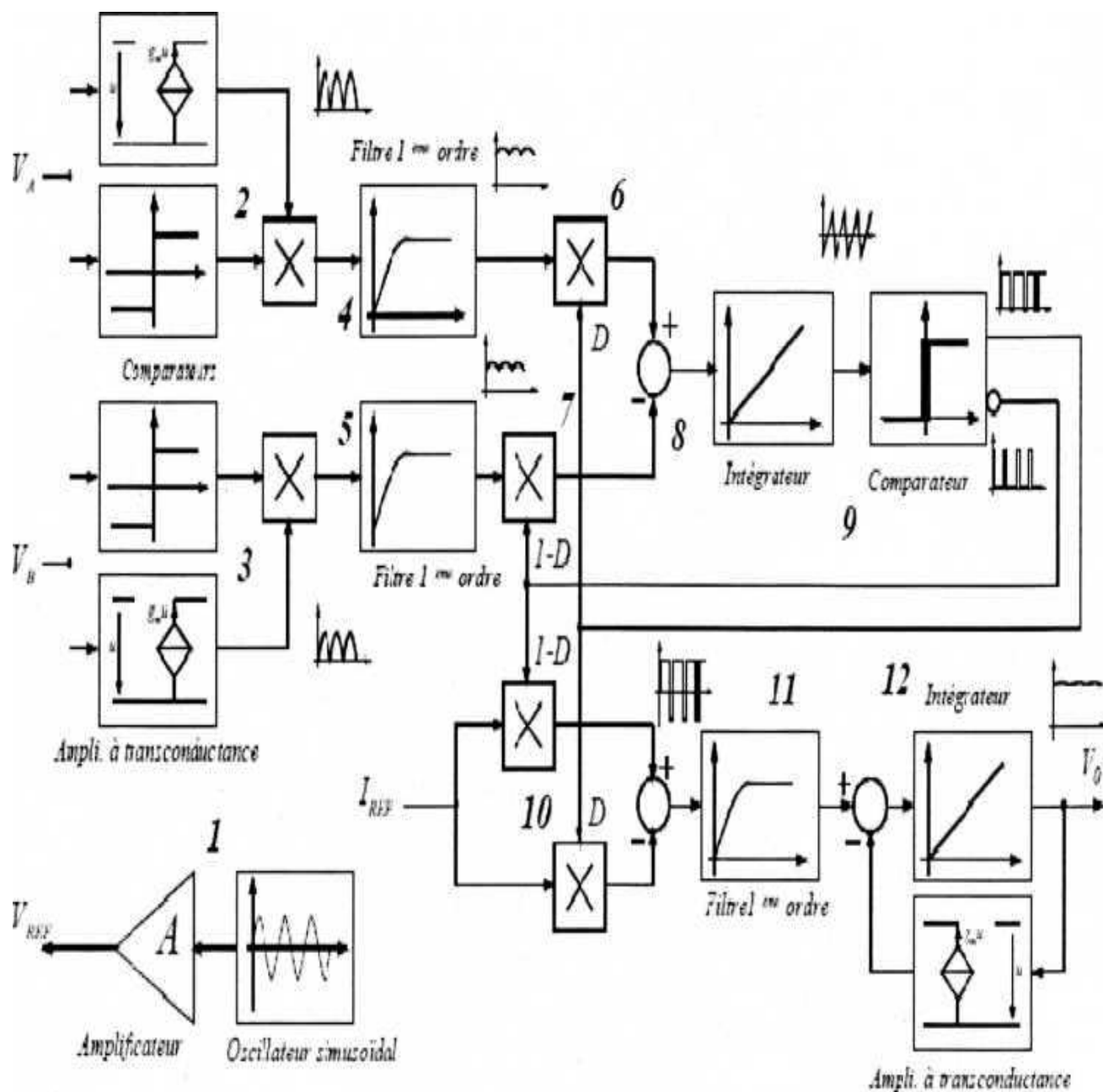


Fig. II.6 : Schéma de principe du convertisseur LVDT, et du conditionneur LVDT.

II.6.1. Description du fonctionnement :

- ♣ **1.** Cette partie est constituée par un oscillateur sinusoïdal de faible distorsion issu d'un oscillateur à relaxation et d'un conformateur à diode. Le taux de distorsion harmonique se situe en général aux alentours de -50dB. V_{REF} correspond donc au signal d'excitation du primaire du LVDT.
- ♣ **2, 3.** Pour des raisons technologiques, les deux signaux secondaires de LVDT subissent une transformation tension-courant suivie d'une mesure de la valeur absolue.
- ♣ **4,5.** Le signal d'entrée des filtres est une fonction sinusoïdale absolue dont l'amplitude dépend de la position du noyau plongeur. La somme des valeurs crête de ces deux signaux est une constante : $V_{AC} + V_{BC} = cste$. En sortie on aura les valeurs moyennes $V_{A\ moy}$ et $V_{B\ moy}$.
- ♣ **6.** Création d'un train d'impulsions de rapport cyclique D d'amplitude qui est égale à la valeur absolue de $V_{A\ moy}$.
- ♣ **7.** Création d'un train d'impulsions de rapport cyclique $1-D$ d'amplitude qui est égale à la valeur absolue de $V_{B\ moy}$.
- ♣ **8.** Création d'un train d'impulsions dont la valeur positive vaut la valeur absolue de $V_{A\ moy}$, et la valeur négative vaut moins la valeur absolue de $V_{B\ moy}$, et le rapport cyclique est D .
- ♣ **9.** En régime établi, la tension moyenne à l'entrée de l'intégrateur est nulle. La sortie du comparateur donne un train d'impulsion, donc le rapport cyclique D et la fréquence F_P sont en fonction des valeurs absolues de $V_{A\ moy}$ et de $V_{B\ moy}$.
- ♣ **10.** La source de courant de référence I_{REF} donne, après multiplication par le rapport $(1-2D)$, une valeur moyenne qui est directement l'image de la position.
- ♣ **11.** Le filtre du 1^{er} ordre permet de passer, en régime établi du train d'impulsions + $I_{REF}(D)$; - $I_{REF}(1-D)$ à sa valeur moyenne.
- ♣ **12.** Pour des raisons technologiques, la sortie est en tension. L'intégrateur et le circuit de réaction constitué d'un amplificateur à transductance permet de modifier la sensibilité de la mesure.

Le capteur de déplacement dont nous disposons possède un conditionneur intégré, la tension de sortie est convertie à un signal continu DC. Le signal varie entre 0 et 10 V.

II.1.7. Etalonnage du capteur de déplacement LVDT sur le banc d'essai :

En installant le capteur LVDT sur le banc d'essai sur le support (6), et le doigt de la tige qui comporte le noyau du capteur est directement posé sur la plaque (10).

L'étalonnage du capteur LVDT est réalisé en intercalant des cales de dimension connues entre le doigt et la surface de contact de la plaque, et relever les tensions correspondantes à fin de tracer la courbe d'étalonnage.

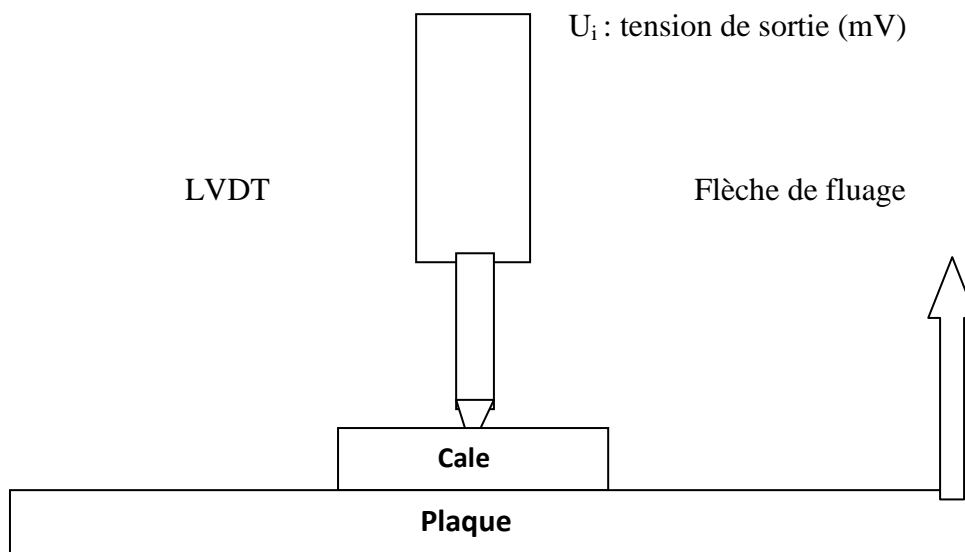


Fig. II.7 : Etalonnage du capteur LVDT avec des cales de dimensions connues.

Le flèche et la tension aux bornes des capteurs LVDT sont donc liées par une droite ;

$f = a U_i + b$, avec U_i est la tension de sortie.

Le décalage à l'origine b est obtenue en relevant, pour chaque éprouvette, la tension de déplacement après avoir fait la tangente, la panne centrale sur celle-ci pour tenir compte de l'éventuelle différence d'épaisseur, mais aussi de leur forme car certaines éprouvettes ont une forme légèrement courbées.

La sensibilité obtenue avec ce capteur est de $\pm 1\text{mV}$, donc celle de la flèche sera de $0.0052X_1 = 0.0052\text{mm}$.

II.2. Capteur de force ou jauge extenso métrique :

Les jauges de contraintes ou jauges extenso métriques, sont largement utilisées pour la mesure de déformation à la surface des structures. Etant un capteur résistif, toute grandeur mécanique (pression, force, accélération, ...) dont l'action est appliquée sur un corps d'épreuve entraîne sa déformation, est mesurable par extensiométrie, sa résistivité varie en fonction de cette déformation, donc en fonction de l'effort appliqué sur le corps.

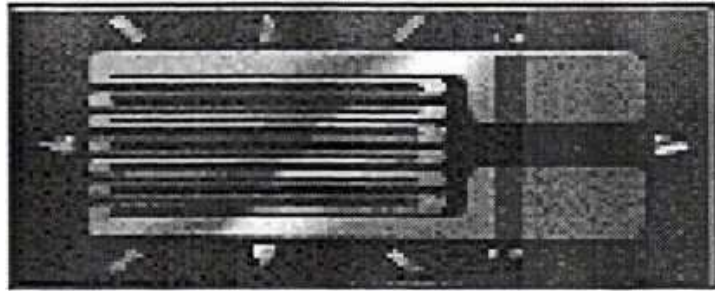


Fig. II.8 : Jauge Extensiométrie.

II.2.1. Constitution d'une Jauge d'extensométrie :

La jauge d'extensométrie est un petit élément résistif qui est collé sur une pièce dite corps d'épreuve aux points où on veut mesurer la déformation. Dans notre cas, le corps d'épreuve est une lame élastique. Les jauges sont généralement constituées d'une grille formée par un conducteur imprimé ou collé sur un support isolant (papier, résine synthétique), lui-même collé sur la pièce (le corps d'épreuve) dont on veut connaître les déformations, est terminé par des connexions appropriées, ramenées à la même extrémité de la jauge. A l'origine, elles étaient constituées d'un fil (généralement en constantan) collé en spires rapprochées sur un support mince. Fig. II.8.

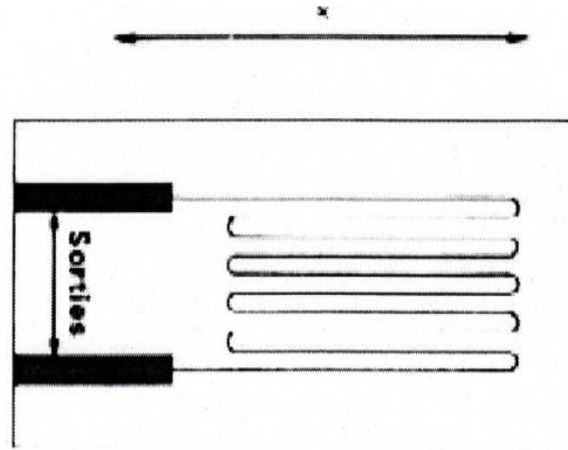


Fig. II.9 : Constitution d'une jauge d'extensométrie.

II.2 .2. Principe de fonctionnement des Jauges de déformation :

Traduire en variation de résistance électrique, la déformation de la pièce sur laquelle sont fixés (corps d'épreuve); tel est le principe de base des jauges de contraintes. Lorsque la pièce est soumise au chargement, une force ou une contrainte, sa déformation est transmise à travers la calle et le support à la jauge. Un changement proportionnel à la résistance en résulte, cette variation est proportionnelle à la force ou à la charge appliquée sur le corps d'épreuve.

Si x est l'allongement relatif, le diamètre subit une diminution relative, soit - νx ,

ν étant le coefficient de poisson, voisin de 0.3 pour la plupart des métaux.

II.2.3. Equation de fonctionnement de la jauge extensiométrie :

Sachant que la résistance d'un fil conducteur est :

$$R = \rho \frac{\ell}{s} \dots \dots (1). \quad \text{avec} \quad \rho : \text{résistivité,}$$

ℓ : Longueur Et s : la section.

On a par dérivation logarithmique, et on cofondant les faibles variations de grandeurs physiques avec les différentielles mathématiques, on obtient :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \ell}{\ell} - \frac{\Delta s}{s} \dots \dots (2).$$

En tenant compte des remarques précédentes :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \ell}{\ell} (1+2 \mathbf{x}) \dots \dots (3).$$

Si en première approximation, on admet que la résistivité ρ est constante, on devrait trouver :

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta \ell}{\ell} \dots \dots (4). \quad \text{Avec } k = 1.6$$

K : est un facteur de jauge, exemple ; dans les métaux k allant de 2 à 4 et dans les semi-conducteurs k allant de ± 50 à ± 200 .

✓ Relation de $\frac{\Delta R}{R}$ avec la force F :

La force est reliée à la contrainte par la relation suivante :

$$F = \sigma s \dots \dots (5), \quad \text{avec } \sigma \text{ est la contrainte appliquée sur la surface.}$$

On peut écrire aussi :

$$F = E.S. \frac{\Delta \ell}{\ell} \dots \dots (6) \quad \text{Avec } E \text{ est le module de YONG, donc on aura :}$$

$$F = \frac{E.S}{K} \frac{\Delta R}{R} \dots \dots (7) \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{F.K}{E.S} \dots \dots (8).$$

✓ Coefficient de température :

Les jauges de contraintes sont sensibles également à la température, et cette sensibilité est exprimée par la relation suivante :

$$\frac{\Delta R}{R} = [\alpha_r + K (\alpha_s - \alpha_j)] \Delta T \dots \dots (9).$$

α_r : Coefficient de température de la résistance de jauge.

α_s : Coefficient de dilatation du support.

α_j : Coefficient de dilatation de la jauge.

On peut écrire :

$$\frac{\Delta R}{R} = k_0 [1 + \alpha_k (T - T_0)] \Delta T \dots \dots (10).$$

II.2.4. Caractéristique de la jauge extensométrique :

Dans notre projet, la jauge utilisée présente les caractéristiques suivantes à 24°C :

$$R = 350 \pm 0.4 \% \Omega.$$

$$K = 2.09 \pm 0.5 \%. \text{ Avec } k : \text{ facteur de jauge.}$$

$$K_t = 0.4 \pm 0.2 \%. \text{ } K_T : \text{ Coefficient latéral (souvent négligeable).}$$

II.2.5. Etalonnage de la jauge de contrainte :

La jauge étant collée sur une lame flexible, cette dernière installée sur le banc d'essai. Une force exercée sur le piston est transmise au cylindre par l'intermédiaire du ressort de compression. Le mouvement relatif induit la flexion de la lame élastique, qui entraîne à son tour l'extension de la jauge. Les figures suivantes représentent respectivement le capteur dans la position de repos et dans la position de travail.

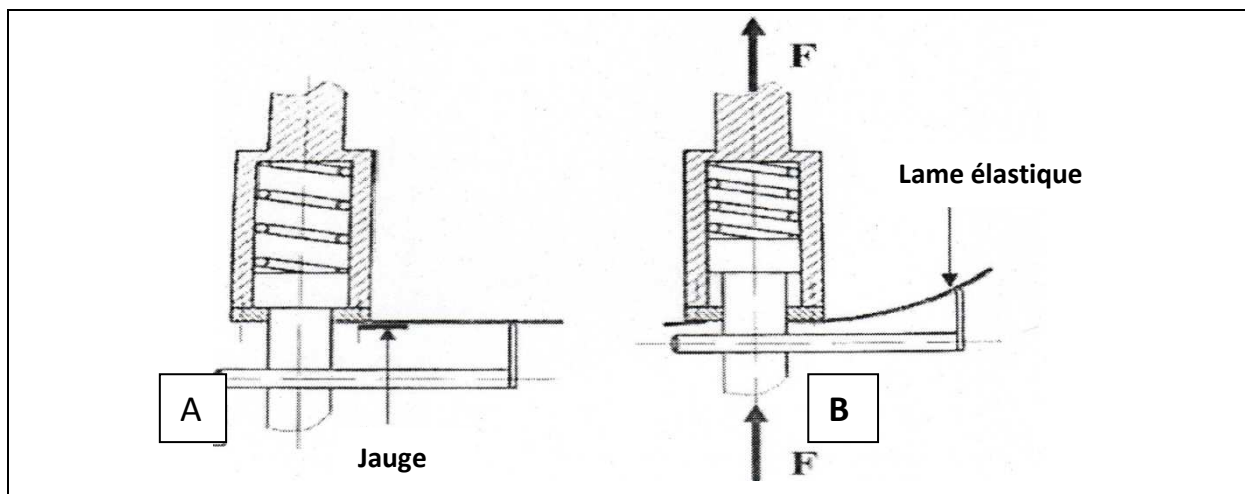


Fig. II.10 : Principe de fonctionnement du capteur de force.

A- Position de repos.

B- Position de travail.

Pour évaluer la force effective exercée sur la panne centrale et tenir compte de tous les paramètres pouvant influencer sur la mesure de celle-ci. L'étalonnage du capteur est réalisé par le soulèvement par la panne centrale de différents poids de valeurs connues. Fig. II.10.

- ✓ Soulèvement : veut dire entamer le mouvement ascendant pour vaincre les frottements dans le sens du mouvement de l'essai.

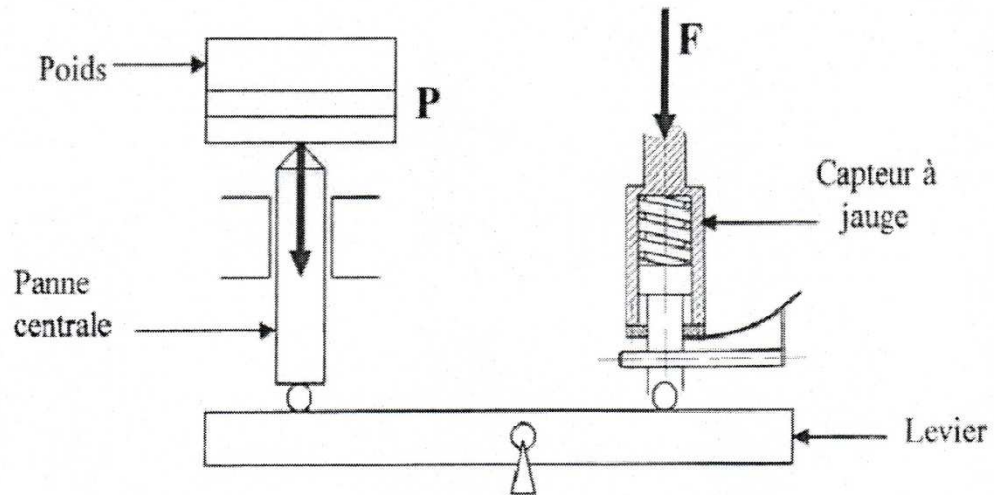


Fig. II.11 : Principe d'étalonnage du capteur de

La moyenne de plusieurs étalonnages nous a donné la courbe suivante qui est parfaitement approchée par une droite. Le décalage à l'origine correspond à la force nécessaire pour vaincre les frottements dans le sens du mouvement.

Poids soulevés	0	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
Tensions moyennes	520	1275	1380	1680	2045	2460	2699	2949	3387	4077	4804

Tableau .II.3 : Tensions obtenues en fonction des différents poids.

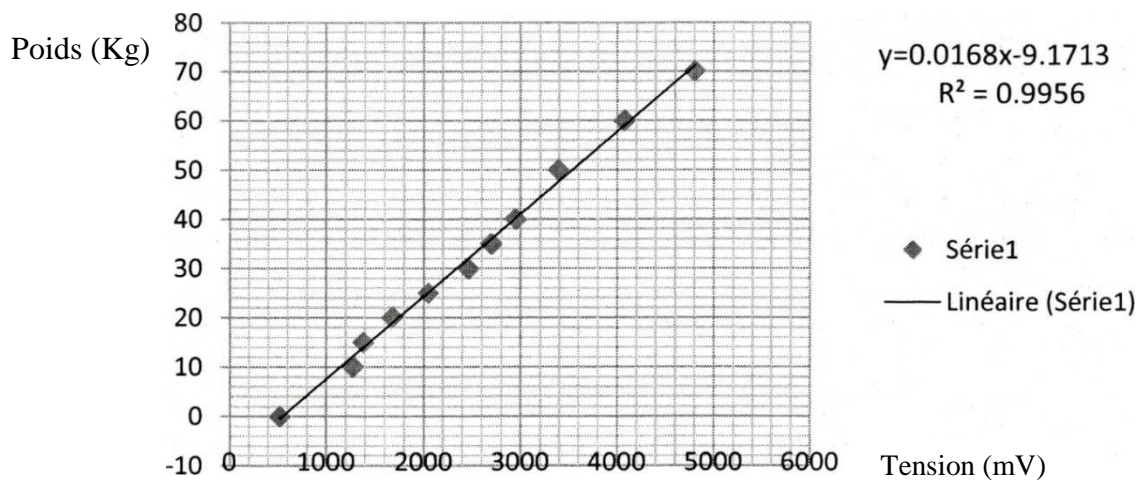


Fig. II.12: courbe d'étalonnage du capteur de force.

La tension varie de $\pm 10\text{mV}$ au repos, donc la sensibilité obtenue avec ce capteur est de $\pm 0.2 \text{ N}$.

II.2.6. Conditionnement de la jauge avec pont de Wheatstone :

En général, le pont de Wheatstone est le montage de conditionnement le plus utilisé pour ce type de capteur. Sa nature différentielle de la mesure qui la rend moins sensible aux bruits et aux dérives de la source.

Si une fluctuation Δe vient s'ajouter à la f.e.m de source e_{s0} , alors les potentiels en A et en B sont respectivement égaux à :

$$V_A = e_{s0} \cdot \frac{R_{co} + \Delta R_c}{(R_1 + R_{co} + \Delta R_c)} + \Delta e \cdot \frac{R_{co} + \Delta R_c}{(R_1 + R_{co} + \Delta R_c)} \dots \dots (1).$$

$$V_B = V_A = e_{s0} \cdot \frac{R_4}{(R_3 + R_4)} + \Delta e \cdot \frac{R_4}{(R_3 + R_4)} \dots \dots (2).$$

Le pont est initialement équilibré, ce qui signifie $V_m = 0$ en ayant choisi ;

$$\frac{R_{co}}{(R_1 + R_{co})} = \frac{R_4}{(R_3 + R_4)} \dots \dots (3).$$

La tension de mesure V_m a pour expression :

$$V_m = V_A - V_B = e_{s0} \left(1 + \frac{\Delta e}{e_{s0}}\right) \frac{R_1 \Delta R_c}{(R_1 + R_{co} + \Delta R_c)(R_3 + R_4)} \dots \dots (4).$$

L'influence de la fluctuation Δe est considérablement réduite dans le montage en pont lorsque $\Delta R \ll R_{co}$

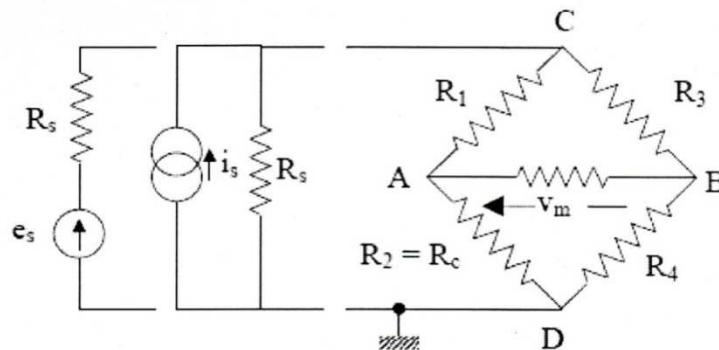


Fig. II.13 : La structure générale du pont de Wheatstone.

II.2.6.1 Equation générale - Condition d'équilibre du pont :

La structure générale du pont de Wheatstone est indiquée ci-dessus (e_s , R_s) ou (i_s , R_s) caractérise la source de tension ou de courant. R_d est la résistance du dispositif de détection de l'équilibre du pont ou bien de mesure de son déséquilibre.

Les équations de KIRCHHOFF permettant de calculer le courant i_d :

$$I_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{[R_2 R_4 (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_4) + R_s (R_1 + R_3) (R_2 + R_4) + R_d (R_1 + R_2) (R_3 + R_4) + R_s R_d (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)]} \dots \dots (1).$$

Le pont est dit équilibré lorsque $V_A = V_B$ \Rightarrow i_d est alors nul, ce qui correspond à

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \dots \dots (2).$$

II.2.6.2. Tension de déséquilibre :

Lorsque le dispositif de mesure est à grande impédance d'entrée (oscilloscope, voltmètre, carte d'acquisition) on peut alors considérer que $R_d \gg R_1, R_2, R_3, R_4$.

Alimentation en tension :

Dans ce cas, la résistance de source de tension est telle que $R_s \ll R_1, R_2, R_3, R_4$.

Les termes en R_s s'en vont dans l'expression de i_d et V_m :

$$I_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_d (R_1 + R_2) (R_3 + R_4)} \dots \dots (3).$$

$$V_m = R_d i_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2) (R_3 + R_4)} \dots \dots (4).$$

➤ Alimentation en courant :

La résistance de la source R_s est très supérieure aux autres, on pose $i_s = \frac{e_s}{R_s}$

Alors V_m s'écrit ;

$$V_m = i_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \dots \dots (5).$$

II.2.6.3. Montage $1/4$ de pont avec 3 résistances fixes et un capteur (jauge) :

Le pont de Wheatstone est donc constitué de 3 résistances fixes telle que $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_{co}$, et d'un capteur dont la résistance est $R = R_{co} + \Delta R_c$. La tension de déséquilibre du pont a pour expression :

- **Alimentation en tension :**

$$V_m = \frac{e_s \Delta R_c}{4 R_{co}} \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{2 R_{co}}} \dots \dots (1).$$

- la condition d'équilibre du pont ne dépend que des résistances du pont : elle est indépendante des résistances de la source et du détecteur du déséquilibre.

- **Et alimentation en courant :**

$$V_m = \frac{i_s}{4} \Delta R_c \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{4 R_{co}}} \dots \dots (2)$$

On peut aussi écrire :

$$\frac{\Delta R_c}{R_{co}} = K \square \dots \dots (3) ; \text{ donc } V_m \text{ devienne :}$$

$$V_m = e_s K \square \frac{1}{4 + 2 K \square} \dots \dots (4).$$

V_m n'est pas linéaire avec R_{co} . Cependant pour de très faibles variations de la résistance

$\Delta R_c \ll R_{co}$, on a alors :

$$V_m = \frac{e_s \Delta R_c}{4 R_{co}} \dots \dots (5).$$

Dans le cas général, c'est-à-dire si ΔR_c n'est pas négligeable devant R_{co} , l'expression de V_m peut être linéarisée avec un amplificateur opérationnel associé au pont.

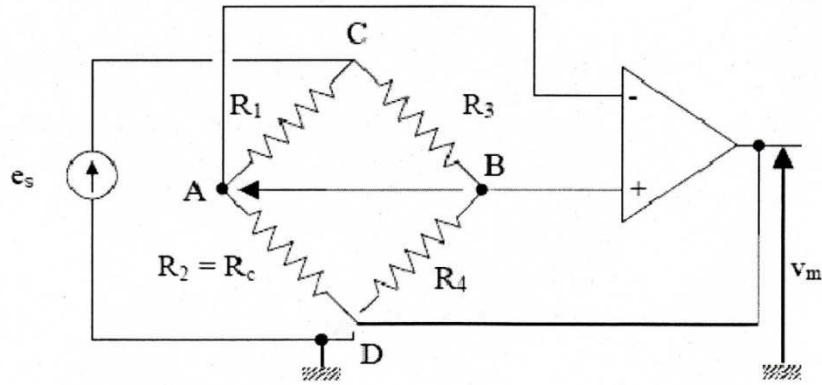


Fig. II.14 : Exemple d'un pont de Wheatstone et un amplificateur opérationnel pour la linéarisation de signal de sortie.

II.3. Le thermocouple :

En physique, les thermocouples sont utilisés pour la mesure de température. Ils sont bons marchés et permettent la mesure dans une grande gamme de températures. Leur principal défaut est leur imprécision : il est relativement difficile d'obtenir des mesures avec une erreur inférieure = 0.1 °C - 0.2 °C. La mesure de la température par des thermocouples est basée sur l'effet Seebeck.

II.3.1. Constitution d'un Thermocouple :

Le thermocouple est constitué de deux conducteurs de nature différente. Dans un circuit fermé, il circule un courant lorsqu'on maintient entre les deux jonctions une différence de température par l'effet Peltier (Inverse de l'effet seebeck). C'est l'effet thermoélectrique.

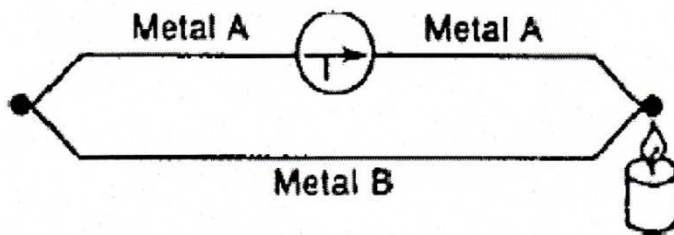


Fig. II.15 : Structure d'un thermocouple, circuit

Si le circuit est ouvert, une différence de potentiel par l'effet seebeck apparait entre les deux jonctions du thermocouple.

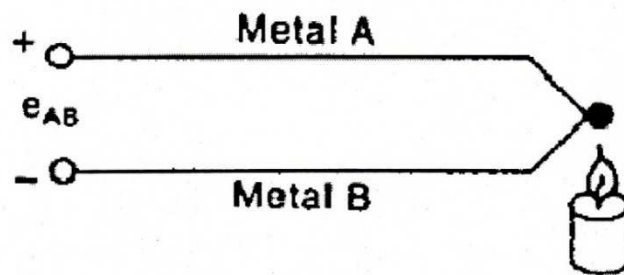


Fig. II.16 : Structure d'un thermocouple, circuit ouvert.

Notons que les thermocouples ne mesurant pas proprement dit une température mais une différence de température.

II.3.2.Principe de fonctionnement d'un thermocouple :

Par l'effet Seebeck, le thermocouple génère une différence de potentiel qui dépend de la différence de température entre les jonctions, $\Delta T = T_1 - T_2$.

Pour mesurer une température inconnue, l'une des deux jonctions doit être maintenue à une température connue, par exemple celle de la glace fondante (0°C). Il est également possible que cette température de référence soit mesurée par un capteur (température ambiante, par exemple). La mesure de température est donc une mesure indirecte, puisque les thermocouples mesurent en effet une différence de potentiel électrique.

II.3.3.Equation de fonctionnement d'un thermocouple :

Pour de petits changements de température, la variation de tension est proportionnelle à la variation de température : $\Delta e_{AB} = \Delta \alpha T$ et α est appelé coefficient de Seebeck.

Un des thermocouples, le plus utilisé est le Chromel-Alumel ou Thermocouple de type K. Il possède une plage de mesure étendue (100 à $+1370^\circ\text{C}$), une force électromotrice importante ($41310 \mu\text{V}$ à 1000°C avec soudure froide à 0°C) est une courbe bien linéaire pour obtenir une toute étendue de mesure des précisions meilleures que 0.2% .

II.3.3.1. Référence de la jonction externe :

Une manière de déterminer facilement la température de la jonction J2 est de plonger celle-ci dans un bain de glace fondante, ce qui force sa température à 0°C, et alors, on pourra considérer J2 comme étant la jonction de référence. Le schéma a donc maintenant une référence 0°C sur J2. La lecture du voltmètre devient : $V = (V_1 - V_2)$ équivalant à $\alpha (t_{j1} - t_{j2})$.

Ecrivons la formule avec des degrés Celsius :

$$T_{J1} (^{\circ}\text{C}) + 273,15 = t_{j1}$$

$$V = V_1 - V_2$$

$$= \alpha [(t_{j1} + 273,15) - (t_{j2} + 273,15)]$$

$$= \alpha (T_{J1} - T_{J2})$$

$$= \alpha T_{J1}$$

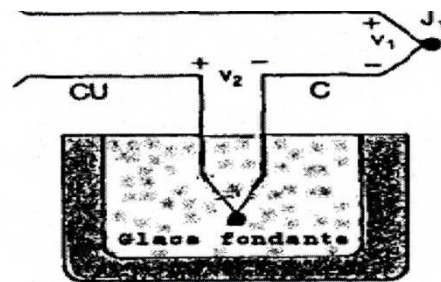


Fig. II.17 : Mesure de la température avec une référence de 0°C sur J2.

Nous avons utilisé ce raisonnement pour souligner que la tension V_2 de la jonction J2, dans le bain de glace, **n'est pas zéro volt**. C'est une fonction de la température absolue. Cette méthode est très précise car la température 0°C (point de fusion de la glace), peut être facilement contrôlée.

II.3.3.2. Annulation des tensions de jonction :

Si les deux bornes de mesure ne sont pas à la même température, il y aura une erreur d'autant plus importante que la différence de température entre les deux bornes sera importante. Afin de minimiser les erreurs, les fils en cuivre de liaison avec le voltmètre doivent être connectés sur un bloc de jonction isothermique qui est un isolant électrique mais un très bon conducteur de la chaleur. Il sert à garder J3 et J4 à la même température.

De ce fait, les deux jonctions Cuivre/fer (J_3 et J_4) génèrent des tensions identiques mais en opposition et nous aurons toujours $V = \alpha (T_1 - T_{ref})$.

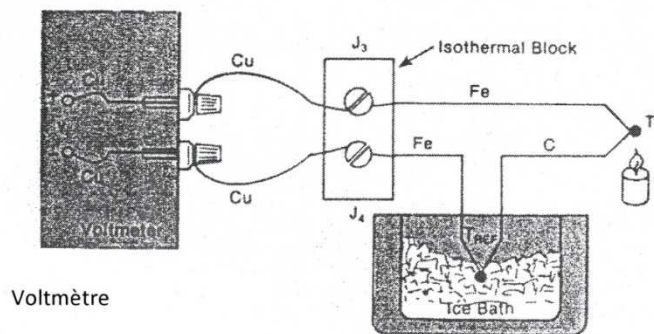


Fig. II.18 : Principe d'annulation des tensions des Jonctions J_3 et J_4 .

II.4. Régulateur de température :

La température est contrôlée à l'aide d'un régulateur par l'intermédiaire du thermocouple installé dans l'enceinte thermique, le thermocouple installé est suffisamment proche de l'élément chauffant pour améliorer la précision et diminuer l'écart entre la température ; d'enclenchement et déclenchement du contacteur ($\pm 5^\circ\text{C}$) pour la ramener à $\pm 1^\circ\text{C}$ au niveau de l'éprouvette.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents types de capteurs utilisés sur le banc d'essai, et leurs principes de fonctionnement. Afin de pouvoir automatiser la mesure et d'acquérir les signaux à la sortie des capteurs, nous avons utilisé un système d'acquisition de données.

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons faire une description générale de notre matériel d'acquisition, qui est une interface d'acquisition de données nommée « LABJACK UE9 ».

III.1. Le module d'acquisition labjack UE9 :

Le module "LabJack UE9" est un système d'acquisition de données professionnel universel à connexion **USB** et **Ethernet**, architecturé sur la base 168 MHz. Doté de 39 "E/S", il se prêtera à de multiples applications dans le domaine de la mesure embarquée, de la recherche, de l'Education Nationale, Le dessus du boîtier laisse apparaître des borniers à vis dédiés à la récupération de signaux, tandis que sur le côté, 2 prises sub-D vous permettront de récupérer le reste des signaux. Livré avec de nombreux programmes de commande ainsi que des exemples des codes sources pour la plus part des langages de programmation, il peut être facilement et rapidement mis en œuvre dans divers domaines.

III.2. Le choix de labjack UE9 :

Cette interface a été choisie pour les raisons suivantes:

- Connexion USB.
- Faible coût.
- Précision des entrées/sorties analogiques de 12 bits pouvant être portée à 16bits en utilisant deux ports simultanément.
- Nombre d'entrées/sorties digitales élevé.
- Facilité de développement grâce à la DLL fournie.
- 14 entrées de conversion "A/N" 12 bits (ou 4 entrées en mode différentiel).

III.3. Caractéristiques de LABJACK UE9 :

Le LABJACK UE9 dispose 14 entrées de conversion « A/N » 12 bits (suivant la vitesse de conversion).

- Gamme de tension des entrées analogiques : 5 volts ou 0-5 volts.
- Support acquisition temporelle « logiciel et matériel »
- Acquisition des entrées analogiques en streaming jusqu'à 50 KHz(Ethernet).
- 2 sorties analogiques (12 bits).

- 23 entrées/sorties digitales, jusqu'à 2 compteurs 32 bits.
- 6 timers (pulse timing, sortie PWM, entrée quadrature).
- Raccordement sur connecteur et borniers à vis, interface USB 2.0.1.1 full speed, interface Ethernet 10Base-T.
- Double processeurs et isolation électrique possible en mode Ethernet.
- Aucune alimentation extérieure n'est nécessaire en mode USB.
- Dimension de boîtier : 75 *185*30 mm.



Fig. III.1 : Labjack UE9

III.3.1 : Les entrées « analogiques/numériques » :

Les 14 entrées de conversion "analogique/numérique" sont accessibles via des borniers à vis sur le devant du boîtier. Ces dernières peuvent être configurées en mode "indépendant" (8 entrées) ou "différentiel" (4 entrées). Chaque entrée dispose d'une plage de tension de mesure de + 10 Volts avec une résolution de conversion de 12 bits, et un courant d'entrée de + 90 micro Ampère. Les canaux utilisés en mesure différentielle peuvent faire appel à un Amplificateur de Gain Programmable faible bruit (PGA) afin de disposer d'une amplification pouvant aller jusqu'à 20 fois.

Avec le boîtier "LabJack UE9", l'acquisition temporelle est possible en mode "logiciel" ou "matériel".

- Lorsqu'il est utilisé en mode "logiciel", le PC envoie une commande au module, qui lui répond avec une donnée. Ce mode permet l'acquisition de 4 canaux jusqu'à 50 échantillons/sec par canal ou 8 canaux jusqu'à 25 échantillons/sec par canal.

- Lorsqu'il est utilisé, en mode "matériel", le PC envoie une commande au module afin de lui indiquer de démarrer une phase d'acquisition en mode "**Burst**" ou "**Stream**". Ces deux modes permettent de bénéficier de la grande précision de l'oscillateur à quartz du boîtier "LabJack UE9" et de son buffer d'acquisition haute vitesse.

- En mode "Burst" il est possible de faire l'acquisition de près de 4096 échantillons des canaux 1 - 4 à près de 8192 échantillons/sec, lesquels seront stockés dans un buffer. Après la phase d'échantillonnage, les données seront transférées vers le PC. Un déclenchement matériel pourra être configuré en mode "Burst" afin que ce dernier démarre suite au changement d'état d'une entrée numérique "tout-ou-rien".

- En mode "Stream"; les données sont acquises sur les canaux 1 - 4 à près de 1200 échantillons/sec afin d'être stockées dans le buffer du module. Ces dernières sont simultanément transmises au PC afin de permettre leur sauvegarde sur le disque dur de façon continue.

III.3.2 : Les sorties "numériques/analogiques" :

Les 2 sorties de conversion "numérique/analogique" sont accessibles via des borniers à vis sur le devant du boîtier. Chaque sortie peut être configurée pour une tension comprise entre 0 et 5 V (avec une résolution de 10 bits). La tension de sortie peut être contrôlée en mode "logiciel" (envoi d'une commande/réponse) jusqu'à 50 Hz par canal.

III.3.3 : Les "entrées/sorties" tout ou rien :

Le boîtier "LabJack UE9" dispose de 23 "entrées/sorties" tout ou rien individuellement configurables en entrée ou en sortie. 4 de ses broches sont accessibles via des borniers à vis sur le devant du boîtier. Ces 4 broches disposent d'une protection contre les surtensions et les courts-circuits.

Ces dernières peuvent être commandées (en tant qu'entrée ou sortie) en mode "logiciel" (envoi commande/réponse) jusqu'à 50 Hz par bit. Elles peuvent également être utilisées en entrée en mode haute vitesse "Burst" ou "Stream".

III .3.4 : Les raccordements :

Les raccordements des différents signaux se font via :

- un connecteur SUB-D 15 broches (12 entrées/sorties tous ou rien).
- un connecteur SUD-B 37 broches (entrées de conversion analogiques/numériques), sorties de conversion numériques/analogiques, entrées/sorties tous ou rien via des borniers à vis (signaux divers).

III.3.5 : Alimentation du boîtier :

Le boîtier peut être directement alimenté via la prise USB, si on l'utilise avec ce mode de connexion on n'aura pas besoin d'une tension d'alimentation du boîtier.

Une tension de +5 volt externe est nécessaire pour l'alimenter en mode Ethernet, mais elle doit être parfaitement et soigneusement régulée et filtrée avant de la connecter pour ne pas endommager l'interface. Dans la majorité des cas un bloc secteur opérationnel se livre généralement avec le boîtier.



Fig.III.2 : coté bas de labjack UE9.

III.4 : Configuration de la carte :

Après installation du logiciel, LJControlPanel couru pour configurer et examiner l'unité. Puis LJSelfUpgrade sert à vérifier les plus nouveaux progiciels. Nous procédons à la configuration de notre matériel comme suit.

III.4.1 : Application de panneau de commande (LJControlPanel) :

L'application de panneau de commande de LabJack (LJCP.exe) manipule la configuration et l'essai de l'UE9. Cliquant dessus le bouton « FIND LABJACK » pour rechercher les dispositifs reliés.

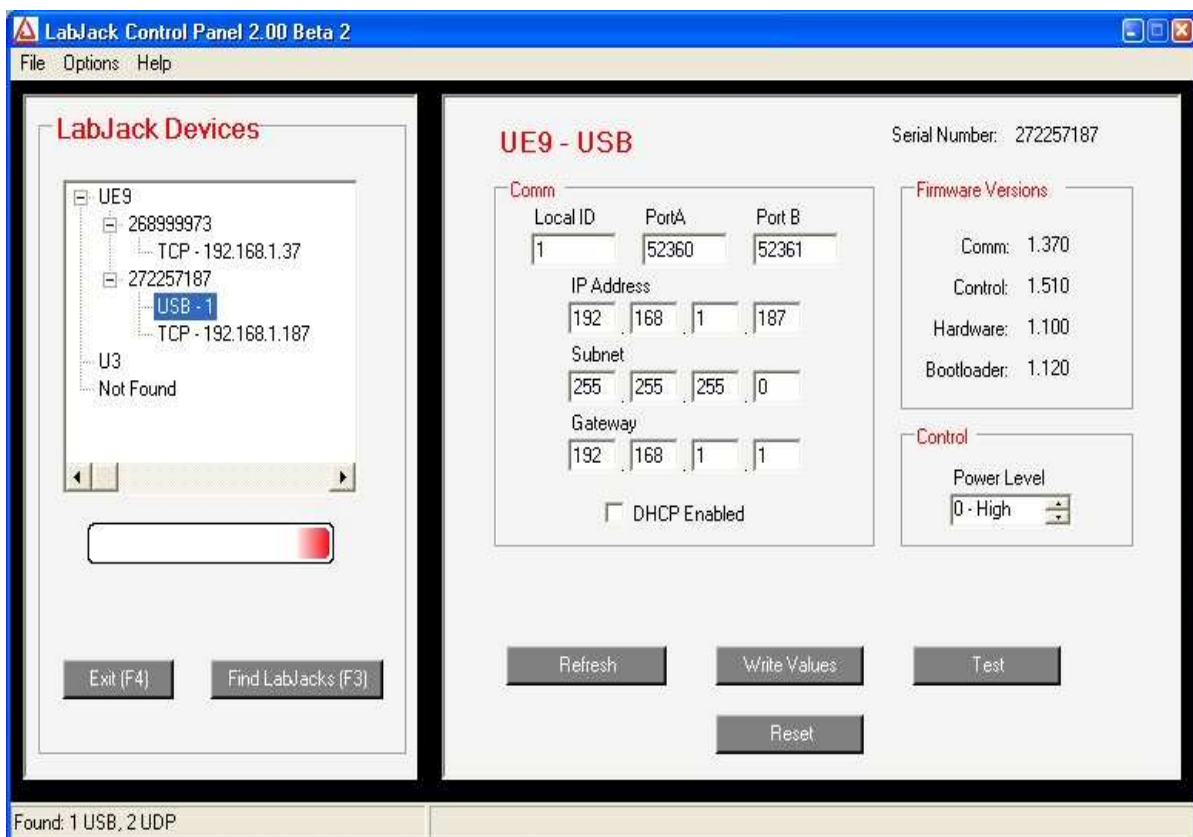


Fig. III.3 : Fenêtre principale de LJControlPanel.

- ♣ Le schéma III-1 donne les résultats d'une recherche typique. L'application a trouvé un UE9 relié par l'USB et l'Ethernet. Elle a également trouvé un deuxième UE9 qui est accessible seulement par Ethernet. Le raccordement d'USB a été choisi sur le schéma III-1, apportant vers le haut la fenêtre de configuration du côté droit.

- Refresh : Recharger la fenêtre des valeurs lues du dispositif.
- write values : Écrire les valeurs de la fenêtre au dispositif. Selon les valeurs qui ont été changées, l'application pourrait inciter pour une remise de dispositif.
- Reset : Clic pour remettre à zéro le dispositif choisi.
- Test : Ouvre la fenêtre représentée sur le schéma III-2. Cette fenêtre sans interruption écrit et lit sur le LabJack choisi.

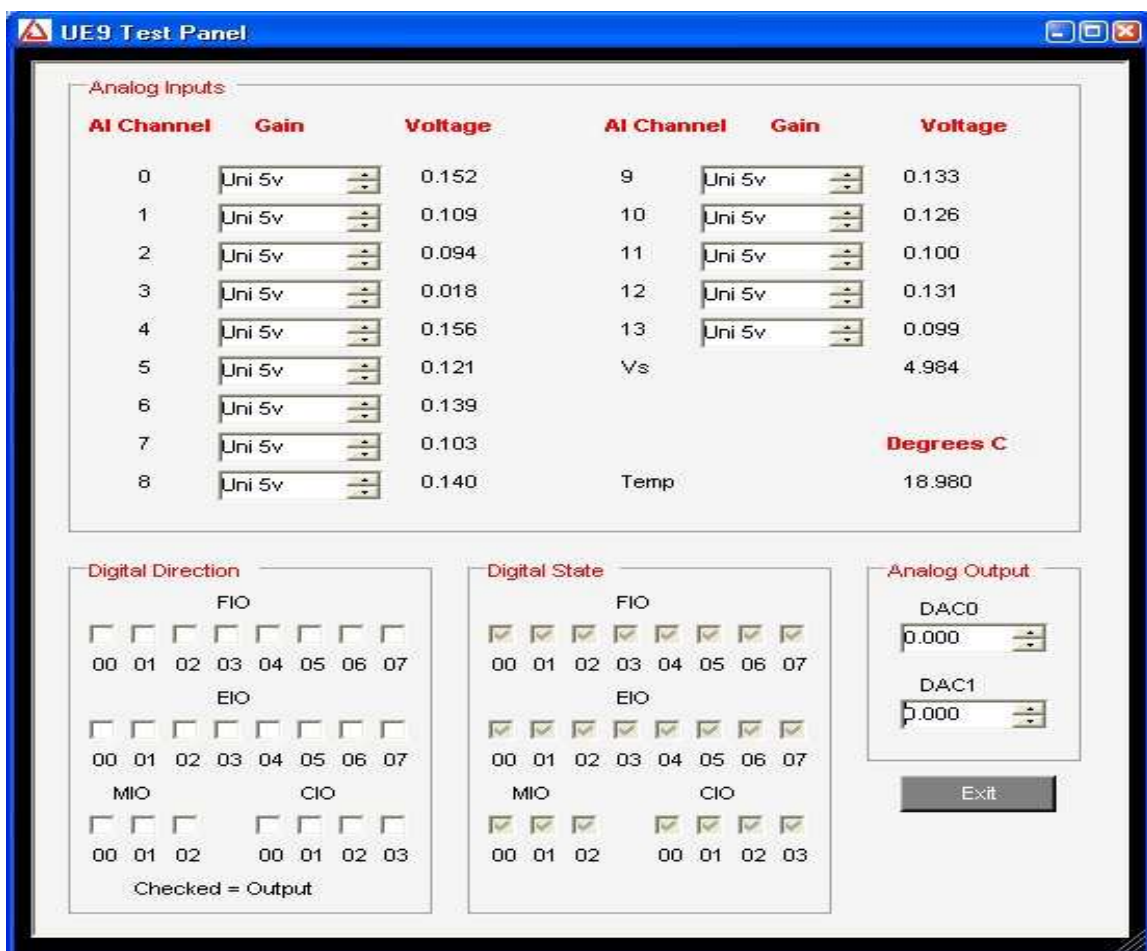


Fig. III.4: Fenêtre d'essai de LJControlPanel.

La sélection d'Options=>Settings à partir du menu de LJControlPanel de force apporte vers le haut la fenêtre représentée sur le schéma III-3. Cette fenêtre permet à quelques dispositifs de l'application de LJControlPanel d'être adaptés aux besoins du client.

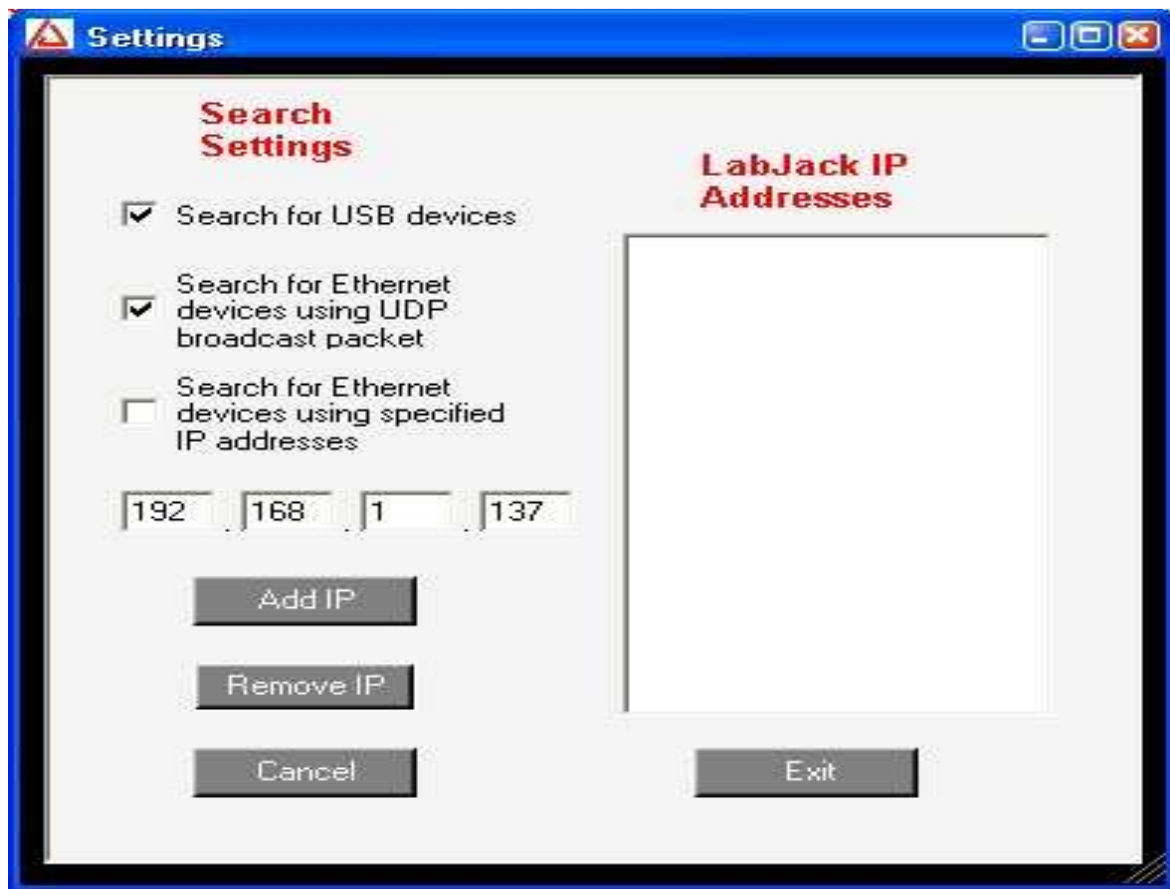


Fig. III.5 : Fenêtre d'arrangements de LJControlPanel.

Recherche des dispositifs d'USB : Si choisi, LJControlPanel inclura l'USB quand recherchant des dispositifs.

- Recherche des dispositifs d'Ethernet utilisant le paquet d'émission d'UDP : Normalement, des dispositifs reliés par Ethernet sont trouvés utilisant une émission de la commande de DiscoveryUDP documentée dans la section. Sur quelques réseaux, cependant, il ne pourrait pas être souhaitable d'annoncer ces paquets d'UDP. Il y a également des situations où un réseau pourrait avoir la communication appropriée de TCP entre le PC et le LabJack, mais le paquet d'UDP d'émission ne fonctionne pas.
- Recherche des dispositifs d'Ethernet des adresses IP spécifiques. Quand cette option est choisie, LJControlPanel recherchera spécifiquement au-dessus du TCP utilisant chaque adresse dans la liste. Sur quelques réseaux ceci pourrait être préféré au-dessus de la recherche d'émission d'UDP.

III.4.2 : Application Self-Upgrade (LJSelfUpgrade) :

Les deux processeurs dans l'UE9 ont la mémoire Flash extensible de champ. L'application représentée sur le schéma III-4 programme les derniers logiciels sur l'un ou l'autre processeur.

D'abord, mettre les valeurs valides dans « Connect by » de la boîte. Si l'USB, choisissez d'abord de trouver ou de spécifier une identification locale. Si l'Ethernet, spécifiez l'adresse IP. Ces valeurs seront employées pour programmer tout autrement.

Cliquer « Get version numbers », découvrir les versions courantes de logiciels sur le dispositif.

Cliquer sur le bouton de lecture rapide et choisir le dossier de mise à niveau pour programmer. Basé sur le nom du fichier, l'application déterminera si le processeur pilote de COMM doit être programmé.

Cliquer le bouton de programme pour commencer individu-améliorent le processus.

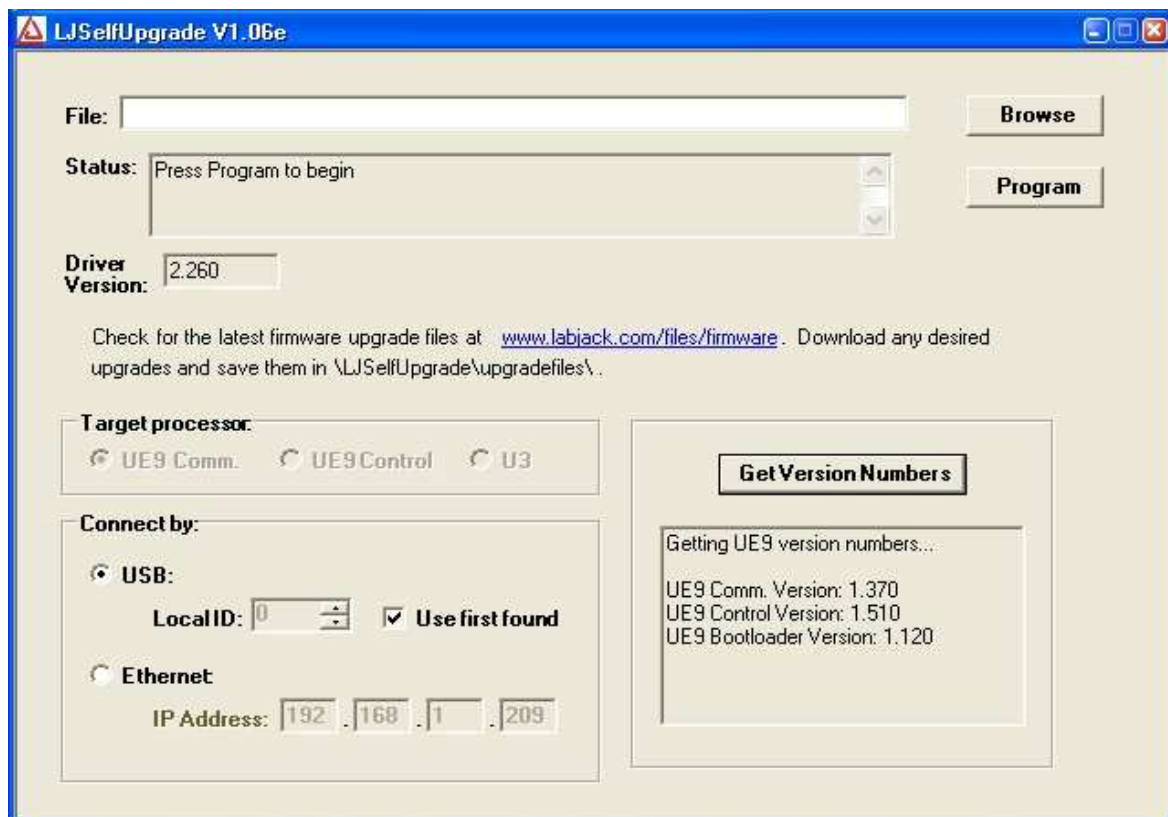


Fig. III.6: Application Self-Upgrade(LJSelfUpgrade).

III.5 : Description de matériel :

Le module d'acquisition LABJACK UE9 possède 3 secteurs d'entrée-sortie différents :

- Bord de communication.
- Bord de borne de vis.
- Bord de DB.

Le bord de communication a connecteur d'USB de type B.

Un connecteur de l'Ethernet 10BaseT, et deux points d'entrée pour la puissance externe (vis-bornes ou cric de puissance). Le bord de borne de vis a les raccordements commodes pour 4 entrées analogiques, les deux sorties analogiques, et 4 entrées-sorties numériques flexibles (FIO).

Les bornes de vis sont arrangées dans les blocs de 4, avec chaque bloc se composant de VS, terre, et 2 entrée-sortie. Également sur ce bord deux LED sont liées aux deux processeurs dans l'UE9.

Le bord de DB a deux types connecteurs SUB-D : un DB37 et un DB15.

Le DB37 à quelques entrées-sorties numériques et toute les entrées-sorties analogiques. Le DB15 à 12 entrées-sorties numériques additionnelles.

III.5.1 : Le port USB :

Labjack UE9 a un raccordement à toute vitesse d'USB compatible avec la version 1.1 ou 2.0 d'USB. Ce raccordement peut fournir la communication et la puissance (V USB), mais il est possible que quelques ports d'USB ne pourront pas fournir assez de puissance pour courir l'UE9 à toutes les vitesses. Certains ports d'USB de puissance faible peuvent être limités à 100 milliampères, et quelques modes de puissance de l'UE9 emploient plus que 100 milliampères. Un hub d'USB avec une alimentation d'énergie (autoalimentée) fournira toujours 500 milliampères pour chaque port.

Le châssis d'USB est mis à la terre de UE9, et l'au sol d'USB est généralement identique que la terre du châssis de PC. Dans ce cas-ci, l'UE9 n'est pas électriquement isolé quand le câble d'USB est relié.

Les détails de l'interface d'USB de labjack UE9 sont manipulés par les conducteurs à niveau élevé (DLL de Windows LabJackUD), ainsi l'information suivante est vraiment nécessaire en développant les conducteurs de bas niveau. L'interface d'USB comprend les points finaux en bloc bidirectionnels et bidirectionnels normaux du point final 0 et deux de commande. Le point final 1 est de 16 bits dans la taille (IN et OUT), et le point final 2 est de 64 bits dans la taille (IN et OUT).

Des commandes peuvent être envoyées sur l'un ou l'autre point final, et la réponse sera envoyée sur le même point final, sauf que des données en mode Stream sont toujours transférées dans le IN de point final 2, indépendamment de la commande de début de mode Stream si elle a été envoyée dans la sortie de point final 1 ou 2. Des commandes peuvent être envoyées sur les deux points finaux en même temps, mais comme avec n'importe quel raccordement sur l'UE9, n'envoient pas une deuxième commande sur un point final jusqu'à après recevoir la réponse à la première commande. Excepté des données de mode Stream de lecture, toujours écrire et lire le nombre de bites réel dans la commande et la réponse. Si la taille n'est pas la même d'un multiple de la taille de point final, un paquet court sera transféré. Généralement les petits transferts seront plus rapides sur le point final 1 et les grands transferts seront plus rapides sur le point final 2, mais les différences de temps sont petites le cas échéant, et il est normal de faire toute la communication sans compter que des données de mode Stream de lecture sur le point final 1. La raison principale des différents points finaux est de simplifier des fonctions de commande/réponse tandis qu'un mode Stream est en marche. Les données de mode Stream d'USB sont un cas spécial où chaque paquet de 46 données de bit est capitonné avec 2 zéros sur la fin, et alors 4 de ces blocs à 48 bits sont groupés ensemble et introduits 3 transferts sur le point final de 64 bits. L'hôte relira généralement des données de mode Stream d'USB dans les multiples de 192 bits (64 échantillons).

L'émetteur récepteur d'USB sur l'UE9 a un amortisseur de matériel de 128 bits sur le point final 2. Si l'amortisseur de données de mode Stream de l'UE9 a un ou plusieurs paquets de mode Stream disponibles, ils sont déplacés à l'amortisseur d'USB pour être lus par l'hôte. Une fois placé dans cet amortisseur d'USB, les données ne peuvent pas être enlevées (par exemple par une commande de Flush Buffer).

Pour éviter la confusion sur la future communication sur le point final 2, cet amortisseur devrait toujours être vidé après avoir coulé le premier chemin.

Alors vider cet amortisseur et continuer des données de lecture après Stream Stop, jusqu'à ce qu'il n'y ait pas plus (les temps lus dehors). Ceci ne devrait pas exiger un long temps mort car les données ne sont pas acquises, mais simplement l'attente pour être recherché de l'amortisseur de labjack UE9. Une autre option est de suivre la commande de Stream Stop avec une commande de Flush Buffer. Essayer alors juste de lire les 128 derniers bits qui pourraient encore être dans l'amortisseur d'USB. Une troisième option est de faire un Stream Stop, et puis il ne faut pas essayer de vider l'amortisseur d'USB, mais de jeter toujours les deux premiers paquets de Stream mode après début Stream.

III.5.2 : L'Ethernet :

Labjack UE9 a un raccordement de l'Ethernet 10 BaseT. Ce raccordement fournit seulement la communication, ainsi la puissance doit être fournie par une alimentation d'énergie externe ou le raccordement d'USB. Le raccordement d'Ethernet sur l'UE9 a 1500 volts d'isolement galvanique. Tant que l'USB le câble n'est pas relié, le niveau global d'isolement de labjack UE9 sera déterminé par approvisionnement de la puissance. Toutes les alimentations d'énergie embarquées par Labjack UE9 ont au moins 500 volts d'isolement. L'UE9 se transporte avec un câble de pièce rapportée d'Ethernet qui serait normalement employé pour se relier à un hub ou à un commutateur. Une liaison directe de l'UE9 à un ordinateur exige généralement un câble de croisement. Quelques ordinateurs ont une carte d'interface de réseau (NIC) qui détecte automatiquement l'orientation de signal et fonctionnera avec l'un ou l'autre type de câble. La LED sur un commutateur/hub/NIC peut être employée pour déterminer si vous avez un raccordement validé électriquement. Si l'ordinateur indique que « un câble de réseau est débranché » ou semblable, il suggère que l'UE9 ne soit pas actionné ou le type inapproprié de câble est relié.

Une condition de base pour la communication de TCP est que l'adresse IP d'UE9 doit être une partie du filet inférieur et n'est pas déjà utilisée. L'adresse IP de défaut de l'UE9 est 192.168.1.209.

III.5.3 : Alimentation externe:

Il y a deux raccordements pour une alimentation d'énergie externe (Vext) : une borne de vis de deux-poteau ou un centre-positif de puissance de 2.1 millimètres. Ces raccordements sont électriquement identiques, généralement un seul est employés à la fois.

La tension d'alimentation électrique nominale pour l'UE9 est de 5 volts. La puissance peut être fournie du raccordement d'USB (V_{usb}) ou d'une alimentation d'énergie externe (V_{ext}). L'UE9 a un commutateur interne de semi-conducteur qui choisit automatiquement entre (V_{usb}) et (V_{ext}).

Les deux sources d'énergie peuvent être reliées en même temps, et l'un ou l'autre peut être relié/déconnecté à tout moment. Tant qu'un approvisionnement demeure valide, l'UE9 fonctionnera normalement. Si V_{usb} et V_{ext} sont reliés et valides, le commutateur interne choisira V_{ext} . La condition d'alimentation de l'énergie UE9 est nominale de 5 volts à <200 mA. Ceci est généralement fourni par un type de mur-verrue ou de mur-transformateur d'approvisionnement. Un approvisionnement capable de 500 mA est recommandé. Le connecteur de puissance est de 2.1 x 5.5 millimètres, positif de centre. Un approvisionnement linéaire (réglé) ou de commutation est acceptable. Les approvisionnements de changement sont généralement plus bruyants que des linéaires, mais l'UE9 n'est pas particulièrement sensible au bruit d'alimentation d'énergie, et la plupart des utilisateurs ne noteront aucune différence.

III.5.4 : GND, AGND et SGND :

Les raccordements de la terre disponibles aux vis-bornes et aux connecteurs de DB fournissent un terrain d'entente pour toutes les fonctions de LabJack. Cette terre est identique que la ligne au sol sur le raccordement d'USB, qui est souvent le même qu'a rectifié sur le châssis de PC et donc les forces à C.A. ont rectifié. Cette terre est également identique que la terre sur ou des raccordements de V_{ext} (mur-verrue actionner le cric ou les bornes de vis), mais si un approvisionnement d'isolement est employé, comme celui inclus avec l'UE9, il n'y a aucun raccordement commun aux forces à C.A. rectifiées.

SGND est situé sur le TB de vis avec SDA et câble coaxial. Cette borne a un fusible thermique de rajustement self- en série avec la terre. C'est souvent une bonne borne pour employer quand reliant la terre d'un autre système séparément alimentation qui pourrait déjà partager un terrain d'entente avec l'UE9.

L'UE9 a les avions au sol séparés sur la carte pour analogique et numérique, mais les avions sont court-circuités ensemble tellement en général l'utilisateur seulement doit considérer un terrain d'entente (la terre).

La goupille d'AGND sur le connecteur DB37 relie directement l'avion au sol analogique, et pourrait fournir ainsi une meilleure exécution pour certains signaux.

III.5.5 : Les entrées analogiques intégrées(AIN) :

Le LabJack UE9 a 14 entrées analogiques intégrées accessibles à utilisateur. Toutes les entrées analogiques sont disponibles sur le connecteur DB37, et les 4 premiers sont également disponibles sur les bornes de vis intégrées. Les entrées analogiques ont la résolution variable, où le temps requis par échantillon augmente avec l'augmentation de la résolution. La valeur passée pour la résolution est de 0-17, où 0-12 tous correspondent à la résolution de 12 bits, et 17 résultent toujours en résolution de 16 bits mais avec le bruit minimum.

L'UE9- pro a un arrangement additionnel de résolution de 18 qui fait utiliser des acquisitions, le convertisseur à haute résolution alternatif (sigma-delta 24-bit). La résolution est configurée sur une base de dispositif, pas pour chaque canal. Les entrées analogiques sont reliées à un amortisseur d'entrée à grande impédance. Les entrées ne sont pas tirées à 0.0 volt, comme qui réduiraient l'impédance d'entrée, ainsi les lectures obtenues à partir des canaux de flottement ne seront généralement pas de 0.0 volt. Les lectures des canaux de flottement dépendent des canaux et du taux adjacents d'échantillon.

En balayant les canaux multiples, le retard de canal en canal nominal est spécifié dans l'annexe A, et inclut assez de temps de stabilisation de rencontrer l'exécution spécifique. Quelques sources de signal pourraient tirer bénéfice de l'arrangement accru, ainsi un paramètre de temps de stabilisation est disponible qu'ajoute le retard supplémentaire entre configurer les multiplexeurs et acquérir un échantillon. L'arrangement passé la valeur de temps est multipliée par 5 microsecondes pour obtenir le retard supplémentaire approximatif. Ce retard supplémentaire effectuera les débits possibles maximum.

III.5.5.1 : Les autres entrées et sorties de l'UE9 :

Le LabJack UE9 a 16 entrées analogiques intégrées. Deux de ces dernières sont reliées intérieurement (AIN14/AIN15), laissant à l'utilisateur 14 des entrées analogiques accessibles (AIN0-AIN13). Les 4 premières entrées analogiques, AIN0-AIN3, apparaissent sur les bornes de vis et sur le connecteur DB37. Ces raccordements sont électriquement identiques, et l'utilisateur doit exercer l'attention pour employer seulement un raccordement ou l'autre, et pour ne pas créer un court-circuit.

III.5.6 : Les entrées de conversion analogiques/numériques (DAC) :

Il y a deux entrées DAC (les convertisseurs numériques-analogique ou les sorties analogiques) sur l'UE9. Chaque DAC peut être placé à une tension entre environ 0.02 et 4.86 volts avec 12 bits de résolution. Bien que les valeurs de DAC ne soient basées sur une tension absolue de référence, et pas la tension d'alimentation, les amortisseurs de rendement de DAC sont actionnés intérieurement près contre, et le rendement maximum est limité ainsi légèrement moins que la terre. Une autre implication de ceci est que le bruit à haute fréquence d'alimentation d'énergie pourrait coupler aux sorties analogiques. Les commandes de sortie analogique sont envoyées en tant que valeurs binaires crues (fonctions de bas niveau). Pour une tension désirée de rendement, la valeur binaire peut être rapprochée. Pour un calcul approprié, bien que, employer les valeurs de calibrage (pente et excentrée) stockées dans le flash interne sur le processeur pilote.

Le DAC apparaît sur les bornes de vis et sur le connecteur DB37. Ces raccordements sont électriquement identiques, et l'utilisateur doit exercer l'attention pour employer seulement un raccordement ou l'autre, et pour ne pas créer un court-circuit. Le DACS sur l'UE9 peut être handicapé. Si handicapés ils sont placés à grande impédance énoncée. DAC sont permis ou désactivés en même temps, ainsi si une commande cause un DAC être permis autre est également permis.

L'état du cycle initial du DAC peut être configuré par l'utilisateur. De l'usine, le défaut de DAC à permis à la tension minimum (~0 volts). Noter que même si le défaut du cycle initial pour une ligne est changé en tension différente ou désactivé, il y a un retard d'environ 100 à la mise sous tension où le DAC sont en état de défaut.

Les sorties analogiques peuvent résister à un court-circuit continu pour rectifier, même lorsqu'ensemble au rendement maximum.

La tension ne devrait jamais être appliquée aux sorties analogiques, car elles sont les sources de tension elles-mêmes. Au cas où une tension serait accidentellement appliquée à l'une ou l'autre sortie analogique, elles ont une Protection contre des événements passagers tels qu'ESD (décharge électrostatique) et surtension continue (ou sous voltage) de quelques volts.

III.5.7 : Les Entrées-sorties digitales :

Le LabJack UE9 possède 23 entrées-sorties numériques. Le driver de LabJack emploie les nombres de bits suivants pour spécifier toutes les lignes numériques:

0-7	FIO0-FIO7
8-15	EIO0-EIO7
16-19	CIO0-CIO3
20-22	MIO0-MIO2

Labjack UE9 a 8 FIO (entrée-sortie numérique flexible). Les 4 premières lignes, FIO0-FIO3, apparaissent sur les bornes de vis et sur le connecteur DB37. Ces raccordements sont électriquement identiques, on doit exercer l'attention pour employer seulement un raccordement, et pour ne pas créer un court-circuit. Les 4 lignes supérieures apparaissent seulement sur le connecteur DB37. Par défaut, les lignes de FIO sont entrée-sortie numériques, mais elles peuvent également être configurées en tant temporisateurs et compteurs. Les 8 EIO et 4 lignes de CIO apparaissent seulement sur le connecteur DB15.

Les MIO sont des entrées-sorties numériques standards qui ont également une fonction de commande spéciale de multiplexeur. Les MIO sont adressées en tant que entrée-sortie numériques 20-22bits par le driver de Windows. Le MIO matériel (caractéristiques électriques) est identique que le matériel d'EIO/CIO.

Toutes les entrées-sorties numériques incluent une résistance interne série qui assure la protection de surtension/court-circuit. Ces résistances série limitent également la capacité de ces lignes de descendre le courant de source.

Toutes les entrées-sorties numériques sur labjack UE9 ont 3 états possibles : entrée, rendement-haut, ou rendement-bas. Chaque entrée-sortie peut être configurée individuellement. Une fois configurée comme entrée, le bit est connecté à une résistance de $\sim 100\text{ k}\Omega$ qui cadre la tension à 3.3 volts (toute entrée-sortie numérique est de 5 volts de tolérance). Une fois configurée comme rendement-haut, l'alimentation interne le fixe à 3.3 volts (par une résistance série).

Une fois configurée comme bas de rendement, le bit est relié à la terre (par une résistance de série).

L'état du cycle initial de l'entrée-sortie numérique peut être configuré par l'utilisateur. Toutes les entrées-sorties numériques sont configurées à la mise sous tension comme entrées. Noter que même si le défaut du cycle initial pour une ligne est changé en rendement-haut ou rendement-bas, il y a un retard d'environ 100 ms à la mise sous tension où toutes les entrées-sorties numériques sont en état de défaut d'usine.

La fonction de bas niveau de rétroaction écrit et lit toutes les entrées-sorties numériques.

Beaucoup de paramètres de fonctionnement contiennent le bit spécifique dans un paramètre simple de nombre entier pour écrire/ lire l'information spécifique. En particulier, la plupart des paramètres numériques d'entrée-sortie contiennent l'information pour chaque bit d'entrée-sortie dans un nombre entier, où chaque bit d'entrée-sortie correspond au même bit dans le paramètre (par exemple la direction de FIO0 est placée dans le bit 0 du paramètre FIODir). Par exemple, dans la fonction Control Config, le paramètre FIODir est un bit simple (8 bits) qui écrit/lit la direction du cycle initial de chacune des 8 lignes de FIO :

- si FIODir est 0, toutes les lignes de FIO sont des entrées.
- si FIODir est 1 (2^0), FIO0 est une sortie, FIO1-FIO7 est une entrée.
- si FIODir est 5 ($2^0 + 2^2$), FIO0 et FIO2 sont des sorties, toutes les autres lignes de FIO sont des entrées.
- si FIODir est 255 ($2^0 + \dots + 2^7$), FIO0-FIO7 sont des sorties.

III.5.8 : Le connecteur DB37 :

Le connecteur DB37 met en évidence les entrées analogiques, les sorties analogiques, FIO, et d'autres signaux. Quelques signaux apparaissent sur les bornes du connecteur DB37 et de vis, ainsi le soin doit être pris pour éviter un court-circuit.

Les différentes broches de DB37 :

1 GND	11 DAC0	21 FIO7	31 AIN12
2 TX0	12 AIN13	22 FIO5	32 AIN10
3 FIO6	13 AIN11	23 FIO3	33 AIN8
4 FIO4	14 AIN9	24 FIO1	34 AIN6
5 FIO2	15 AIN7	25 MIO0	35 AIN4

6 FIO0	16 AIN5	26 MIO2	36 AIN2
7 MIO1	17 AIN3	27 VS	37 AIN0
8 GND	18 AIN1	28 Vm+	
9 VM	19 GND	29 DAC1	
10 GND	20 RX0	30 AGND	

III.5.9 : Le connecteur DB15 :

Le connecteur DB15 met en évidence 12 entrées-sorties numériques additionnelles. Il a le potentiel d'être employé comme autobus d'expansion, où les 8 EIO sont des lignes de données et les 4 CIO sont des lignes de commande. Dans le conducteur de Windows, les EIO sont adressés en tant que bit numérique d'entrée-sortie 8 à 15, et les CIO sont adressés comme bit 16-19. Ces 12 canaux incluent une résistance interne série qui assure la protection de surtension/court-circuit. Ces résistances séries limitent également la capacité de ces lignes de diminuer le courant de source.

Les différentes broches de DB15 :

1 VS	9 CIO0
2 CIO1	10 CIO2
3 CIO3	11 GND
4 EIO0	12 EIO1
5 EIO2	13 EIO3
6 EIO4	14 EIO5
7 EIO6	15 EIO7
8 GND	

Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons étudié le module d'acquisition labjack UE9, en donnant une description générale de toutes les bornes qui le compose, et également quelques fonctions de configuration.

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons procéder à tester notre module d'acquisition sur le bon d'essai, et pour le faire nous avons placé le capteur de déplacement et le capteur d'effort pour voir les variations des courbes des contraintes et déplacements.

Le banc d'essai n'étant pas opérationnel, nous avons fait des tests à vide.

IV.1. Alimentation et étalonnage des capteurs :

- **Le capteur LVDT :** Pour son alimentation qui nécessite un bloc d'alimentation Délivrant en sortie une DDP de ± 10 volts, nous avons utilisé un générateur de tension doté de deux sources de tension, et pour avoir une tension variable en sortie de ± 10 volts, on règle d'abord la tension à 10volts et on connecte la borne rouge (+) du deuxième générateur à la borne noire (-) de premier générateur pour avoir en commun une tension de ± 10 volts qui est recommandée pour alimenter le capteur de déplacement LVDT. Voir Image IV.1.
- **Le capteur d'effort (FT type 8230-002) :**

Contrairement à la description faite dans le deuxième chapitre, au lieu de la jauge d'extensomètre qui a été endommagée, nous avons utilisé un capteur de force de type 8230-002, doté d'un conditionneur, ce qui facilite son alimentation. Voir Image IV.1.

Les types 8230-002 sont des capteurs de force avec l'électronique intégrale conçue pour la charge statique et dynamique, de courte-durée et les mesures de force d'impact. Les capteurs sont utilisés pour mesurer les forces appliquées dans des applications modales, par exemple, insérées directement entre un excitateur et la structure d'essai.

Ce type de capteur travaille sur l'effet piézoélectrique du quartz, qui une fois soumis à une contrainte, dans ce cas-ci comprimé, donne une charge électrique proportionnelle à la force de compression. Cette charge est convertie en résultat basse-impédance de tension et la sensibilité est donc exprimée en termes de tension par force d'unité (mV/N).

- La description de l'étalonnage des capteurs sur le banc d'essai a été faite dans le chapitre II. Et concernant le capteur de force qui n'est pas compatible avec le banc d'essai nous l'avons connecté au module d'acquisition directement, pour avoir sa courbe des contraintes en exerçant des opérations de compression et de traction manuellement.
- La sensibilité de ce capteur est de 2.32 mV/N , sa linéarité est de $\pm 1\%$.



Fig. IV.1 : Capteur de force 8230-002.



Image IV.1. Alimentation du capteur de LVDT.

IV.2 : Connexion des capteurs au module d'acquisition UE9 :

Après l'étalonnage des capteurs sur le banc d'essai, et leur bonne alimentation, l'étape suivante consiste à les connecter au Labjack UE9 pour acquérir leurs données et visualiser leurs courbes respectives sur le PC.

IV.2.1 : connexion du capteur LVDT avec l'UE9 :

Le capteur LVDT dispose de deux entrées qui sont le fil rouge et le fil bleu. Le fil rouge ; on le connecte à la borne rouge du générateur de tension (+10 volts), et on connecte le bleu à la borne noire du générateur de tension (-10 volts). Dans notre cas les deux sortie de ce capteur que nous allons connecter au Labjack UE9 sont ; le fil vert et le fil noir. Le fil vert est la sortie qui délivre les 5 volts, donc on la place à la borne AIN0, et le fil noir qui est la masse on le connecte à la borne de GND de Labjack UE9.

- Notant que le fil vert qui est la sortie du capteur LVDT, nous avons le choix de le connecter vers n'importe qu'elle entrée analogique de Labjack, il suffit juste de la configurer comme étant entrée choisie. Le fil noir aussi, nous avons le choix de le connecter à n'importe qu'elle borne GND des entrées analogiques de moment que toutes ces bornes sont électriquement identiques. Voir Image IV.2.

IV.2.2 : Connexion du capteur de force au Labjack EU9 :

Le capteur de force dispose d'une seule sortie que l'on relie à l'entrée de son conditionneur, ce conditionneur dispose deux sorties, INPUT et OUTPUT, la borne INPUT on la connecte à une entrée analogique de Labjack, nous avons le choix aussi d'utiliser n'importe qu'elle entrée analogique sauf celle qui est utilisée pour le capteur LVDT, si non on a juste à la configurer comme étant entrée choisie. La borne output on doit la relier à l'une des bornes GND des entrées analogiques de Labjack UE9. Voir image IV.2.

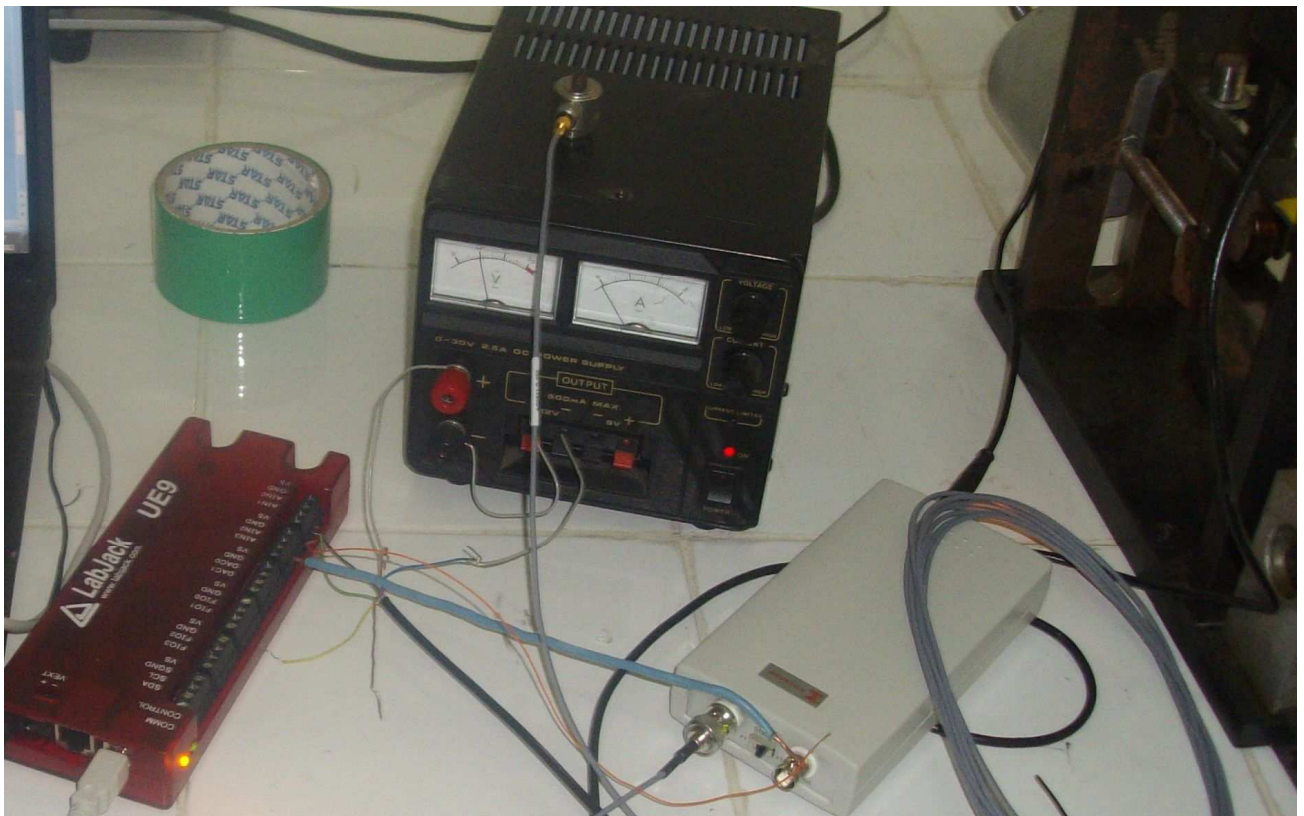


Image IV.2 : Connexion des capteurs LVDT et TF8230-002 avec l'UE9.

IV.3 : Visualisation des résultats sur le micro-ordinateur :

Après avoir étalonné les capteurs, et les alimenter soigneusement à la source de tension, et connecté leurs sorties au module d'acquisition, nous devons configurer l'interface à l'aide de ces différentes applications représentées dans le CHAPITRE III.

- A l'aide de la fenêtre LJControl Panel, nous cherchons l'interface labjack et on choisit le mode de fonctionnement en cliquant sur le bouton (Find Devices), cette fenêtre l'affiche et affiche le mode de connexion choisit, soit USB ou ETHERNET (USB dans notre cas) et le numéro de série du module d'acquisition. Et pour configurer l'interface on clic sur l'icône USB, une autre application s'ouvre et on configure les entrées ou sorties désirées en cliquant sur la case (Config Defaults).

Pour enregistrer toutes les opérations on clic sur (Option) de la fenêtre LJControl Panel, ensuite on clic sur le bouton (Settings) et on coche le cercle (Save Setting To File) et on aura toutes les opérations sur le disque dur de micro-ordinateur, de la un transfert de données (valeurs) vers le World ou Excel est possible.

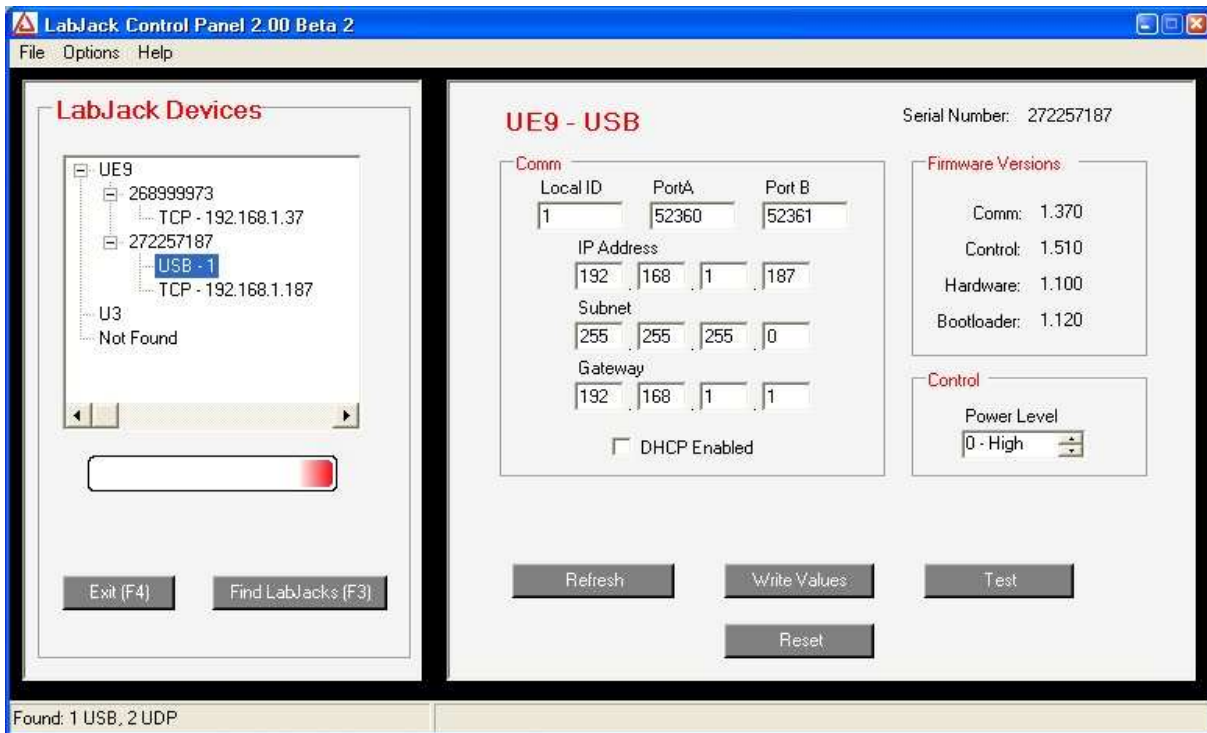


Fig. IV.2 : LJControl Panel.

Remarque : dans notre cas on a choisit AIN0 et AIN1 comme entrées analogiques pour les deux capteurs LVDT et FT 8230-002 respectivement.

IV.3.1 : Utilisation de la fenêtre LJStreamUD :

- Dans cette fenêtre (application), on peut visualiser les signaux des capteurs sous formes de courbes, en faisant un bon étalonnage qui est le rapport entre les sensibilités des capteurs et les tensions qu'ils délivrent, on verra le tracé des courbes variables dans le temps réel des déplacements et contraintes. Cette application; nous permet aussi de choisir notre méthode de travail à savoir la vitesse d'échantillonnage, le nombre de graphes à visualiser, et la possibilité de choisir la taille des fichiers à traiter et beaucoup d'autres applications.

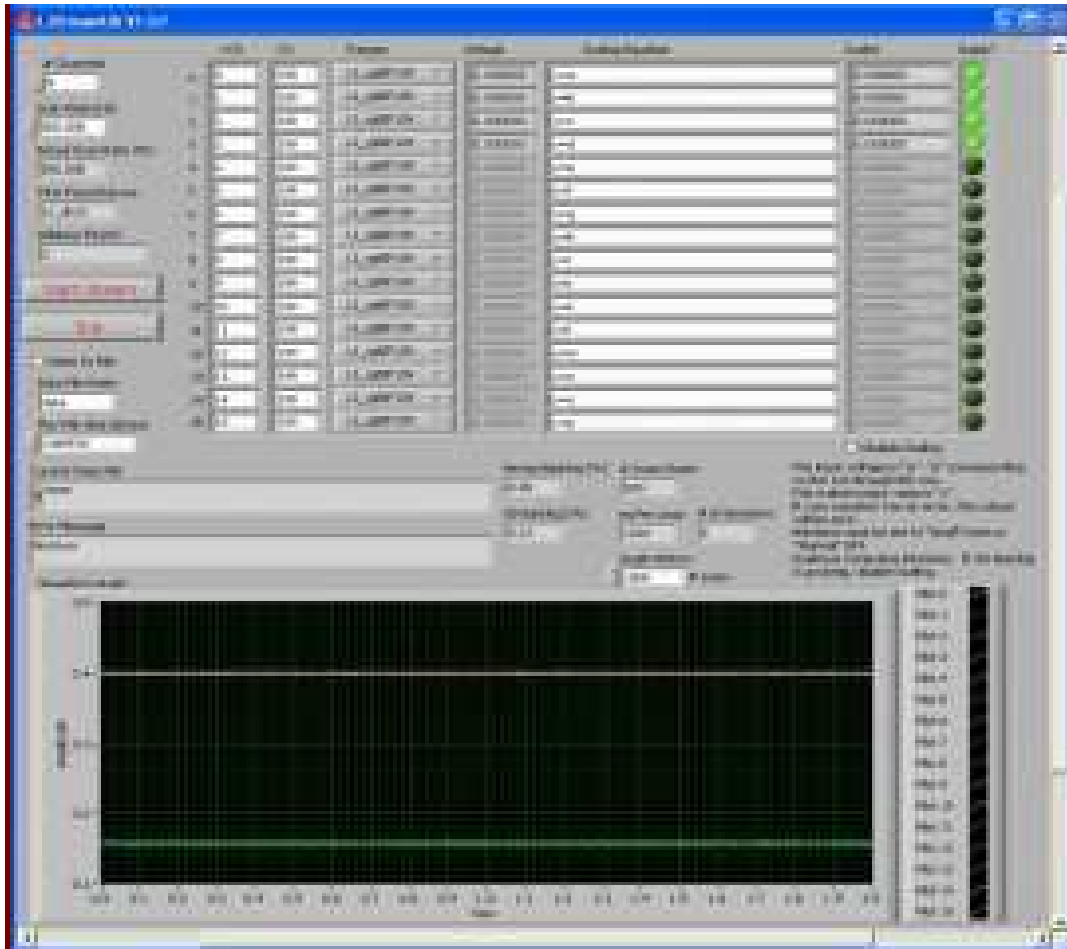


Fig. IV.3 : La fenêtre LJStreamUD.

- **LJLogUD et LJStreamUD:** LJLogUD utilise le mode commande / réponse. Il acquiert et traite un balayage à la fois à l'intervalle spécifié. Généralement utilisé pour peut-être 10 scans / seconde ou plus lents. LJStreamUD utilise le mode flux, à chaque itération, il récupère et traite les secondes de scans. En règle générale il traite et récupère environ 100 scans / seconde ou un peu plus rapide.
- **Les Canaux : 1-16 :** Dans cette case on peut choisir le nombre de canaux que l'on veut utiliser, si par exemple on choisira deux(2) cela veut dire que les canaux 0. 1 et 2 sont actifs. Si on écrit 0 alors le premier canal est actif.
- **Vitesse de balayage:** A l'aide de la fenêtre (Scan Rate) on choisira la fréquence d'échantillonnage souhaitée.
- **+ Ch /-Ch:** Mise en place des numéros de canal désiré positifs et négatifs.

- **Ranges:** sur ces boutons on écrit les tensions utilisées, dans notre cas on a choisi 5 volts, au delà notre interface ne supporte pas et risque un endommagement.
- **Ecrire dans un fichier:** Cliquez sur (Write To File) pour démarrer et arrêter d'écrire dans un fichier et d'enregistrer l'opération, on lit l'emplacement du fichier enregistré dans (Current Data File). Le fichier résultant délimité par des tabulations. La première colonne indique le temps écoulé depuis le commencement de l'écriture dans un fichier (ne pas réinitialisée lorsqu'un nouveau fichier commence automatiquement à cause de la taille de fichier max). Les fichiers sont écrits avec une extension. Dat.
- **Préfixe de fichier de données:** Lorsque LJStreamUD commence un nouveau fichier, il ajoute un "_ #" au préfixe spécifié, où "#" est un nombre utilisé de 0 à 99999.
- **Taille de fichier max (Octets):** Lorsque le fichier de données courant dépasse cette limite, il est fermé et un nouveau fichier est créé. En théorie, la valeur maximale est de 2147483647, mais nous n'avons pas essayé un fichier si gros nous-mêmes.
- **Disable Scaling:** on coche cette case si un étalonnage est indésirable.
- **Scaling Equation :** dans ces colonnes on mentionne les étalonnages des équations, on notant le rapport entre les tensions, et par exemple le déplacement du capteur LVDT pour que le graphe nous donne les amplitudes des déplacements.
- **Start Stream :** quand notre ensemble capteurs-interface est prêt pour l'utilisation on démarre l'opération en cliquant sur ce bouton. Si une erreur a été commise la colonne (Last Stream Error Message) le signal en rouge.

IV.4 : Résultats graphiques des applications :

Les résultats de nos applications sont des graphes que nous avons pu recueillir dans nos différents tests, sous forme d'image nous les avons copiés vers le Microsoft Word.

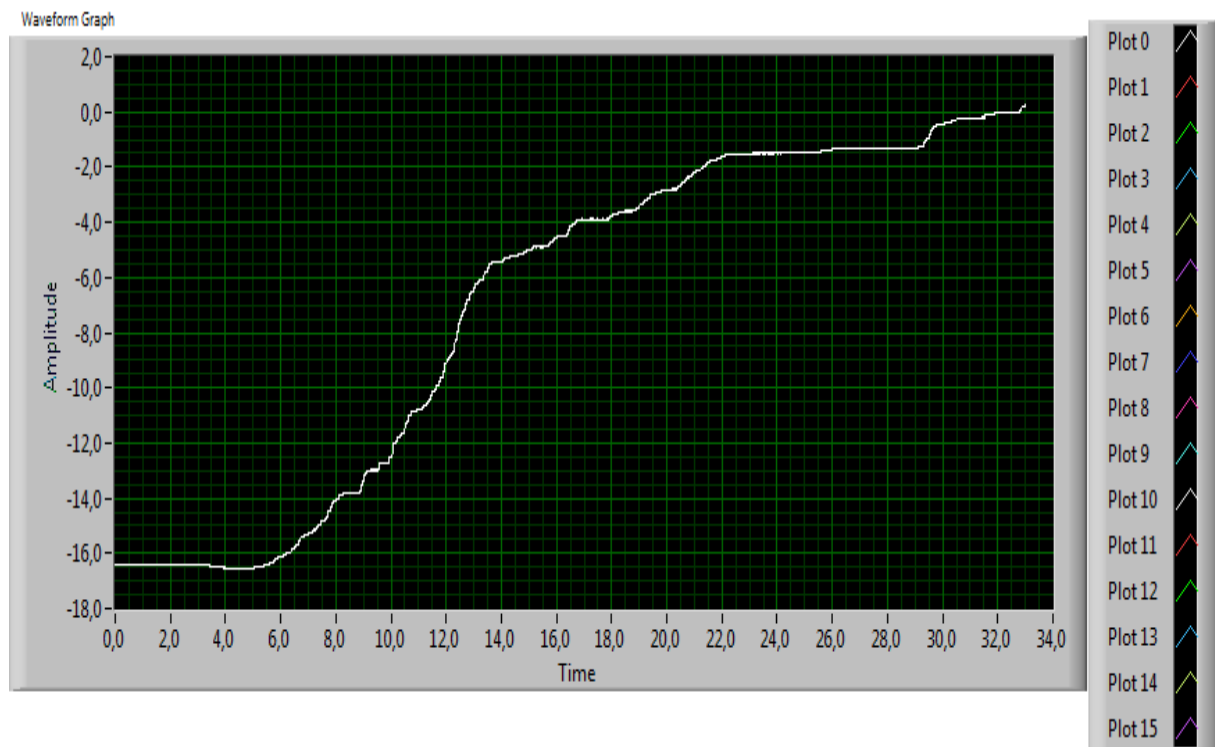


Fig. IV.4 : Courbe de déplacement du capteur LVDT non étalonné.

La courbe représentée en haut est le résultat d'un essai effectué sur le capteur LVDT sans appliquer une charge à ce dernier et sans la mise en place d'une éprouvette sur le banc d'essai. Cette courbe a été obtenue en poussant la tige du capteur manuellement.

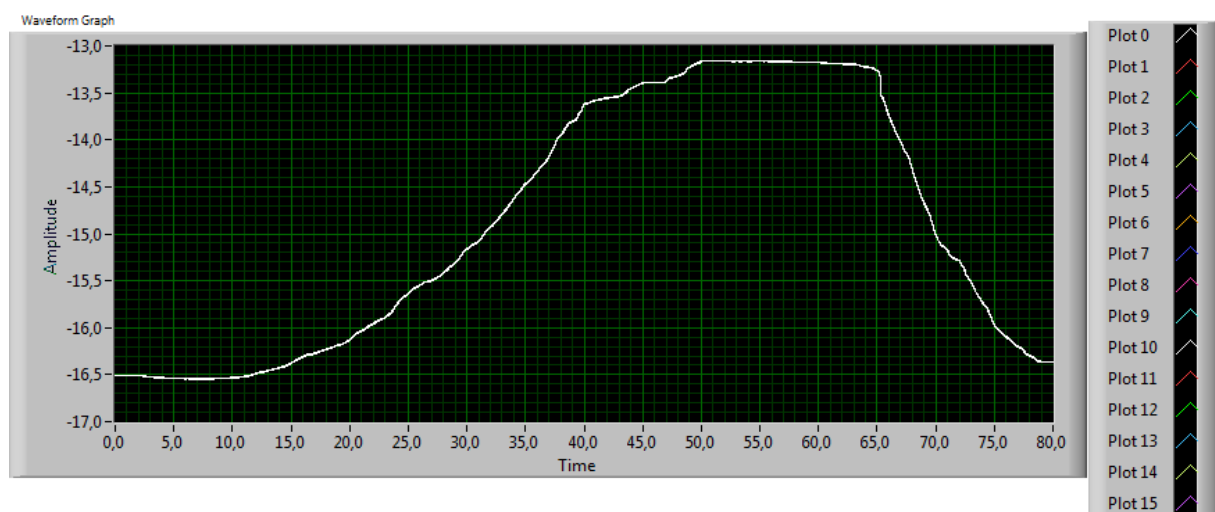


Fig. IV.5 : Courbe des amplitudes de déplacement avec étalonnage.

Cette courbe est le résultat d'un essai avec un étalonnage de l'équation.



Fig. IV.6 : Graphe du capteur de force.

Cette courbe montre deux opérations faites à l'aide du capteur de force qui sont ; la compression et la traction. Les pics positifs sont ceux de la traction et les pics négatifs sont ceux de la traction.

IV.5 : Transfert des résultats vers le Microsoft Excel :

Le but des opérations du fluage et de la flexion et d'avoir des courbes des contraintes et déplacements sous forme graphique, mais le plus important aussi et d'avoir les données des courbes sous forme de tableaux de valeurs numériques, pour cela un transfert de données vers le Microsoft Word ou Excel est important.

Et pour faire, nous devons faire appel aux fichiers que nous avons enregistré auparavant (l'emplacement de ce fichier se mentionne dans la colonne (Current Data File) si la case (Write To) est cochée) pour les ouvrir dans Excel à fin de créer des tableaux de valeurs que l'on veut.

Les données dans l'Excel sont en forme de colonnes. La première représente le temps, la deuxième représente la tension, et la troisième représente les amplitudes soit de déplacement ou de force (traction ou compression).

Dans ce qui suit nous représentons un transfert de données vers l'Excel.

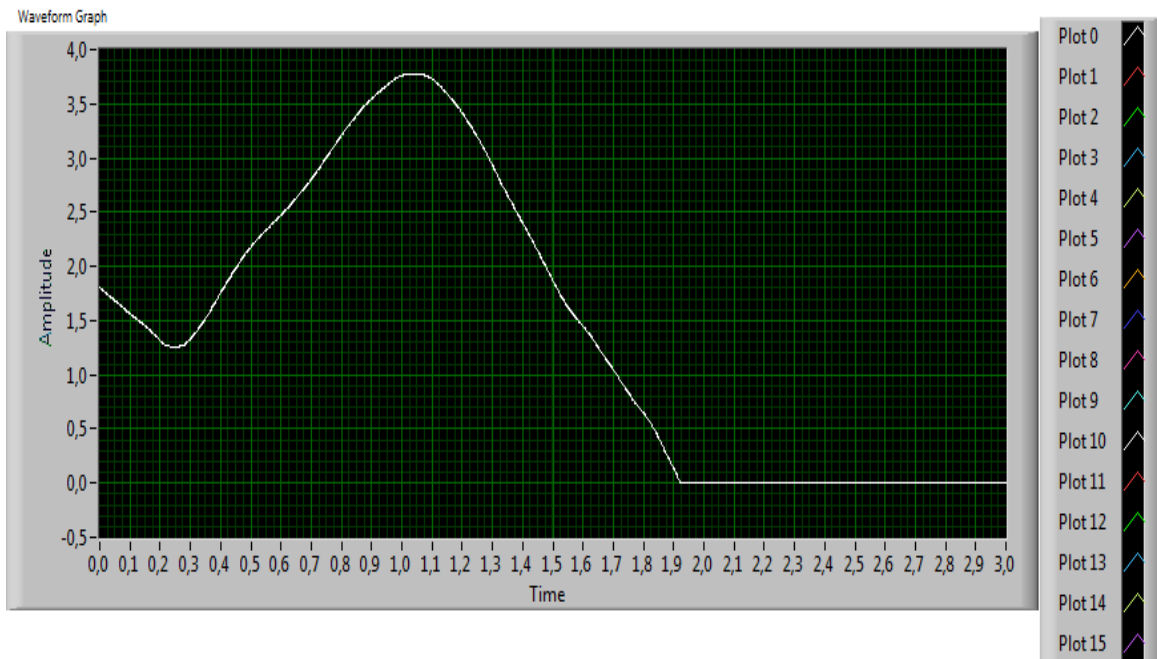


Fig. IV.7: Courbe obtenue à l'aide d'un potentiomètre.

Time	Y ₀
0.000000	1.807926
0.200000	1.315852
0.400000	1.758355
0.800000	3.213010
1.000000	3.758917
1.200000	3.415529
1.400000	2.400581
1.800000	0.646775

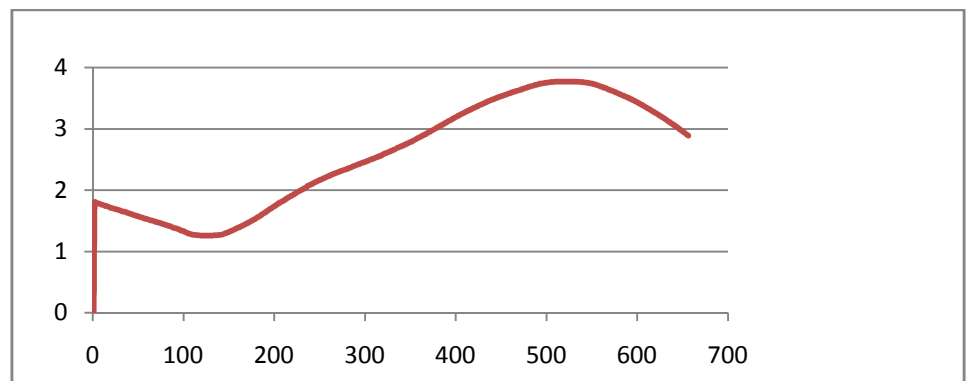


Tableau et graphe de la courbe précédente.

Remarque : Les valeurs du tableau représente quelques valeurs représentées sur le Microsoft Excel, et le graphe représenté est le même que celui qu'on a eu avec le système d'acquisition.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les résultats des tests appliqués sur le système d'acquisition, ce chapitre illustre les différentes étapes de notre travail pratique.

Conclusion générale :

L'élaboration de ce travail dans le cadre du projet de la fin d'étude, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques en électronique et d'acquérir une bonne expérience au niveau de la réalisation pratique.

Ce projet nous a donné une meilleure idée sur la complémentarité entre la partie théorique et la partie pratique.

Pour l'objectif de ce projet, nous avons fait des essais avec la carte d'acquisition pour afficher les différents paramètres mesurés sur le PC; les résultats obtenus sont plutôt satisfaisants, et de même la transmission des données de la carte d'acquisition vers un ordinateur, nous avons pu établir une connexion entre la carte d'acquisition et l'ordinateur.

En perspectives, nous pouvons signaler que ce travail n'est qu'une simple application dans le domaine de l'électronique ; il peut être plus autonome, plus pratique, et assez évolutif vu le pas géant et les progrès réalisés dans les domaines de la technologiques.

Enfin, espérant que ce mémoire servira de base d'étude pour les systèmes plus performants d'une part et de servir de moyen didactiques pour des promotions à venir.

Bibliographie

Références

[1] Georges ASCH & Collaborateurs, les capteurs en instrumentation industrielle.

Dunod 5^{me} édition 1999 ISBN 2 10 004758 2.

[2] Ichinose.N, co-auteur Kobayachi T, guide pratique des capteurs.

ISBN : 2-225-820-30-9.

[3] Francis Cottet, Michel Pinard, Labview : programmation et application.

USINE NOUVELLE 2 édition. ISBN 978-2-10-049580-1.

[4] SABRIE SOLOMANE, SENSORS HANDBOOK, 2^{me} édition, ISBN 978-0-07-160571-7.

[5] Mémoire de fin d'étude, département de l'électronique, Etude et conception d'une carte d'acquisition pour un banc d'essai mécanique, année 2011, encadré par Mr LAGHROUCHE .

Les sites internet

www.labjack.com

www.rdpe.com

www.directindustry.fr

www.scribd.com