

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en ELECTRONIQUE,
Option : Instrumentation

Thème

**Conception et réalisation d'une carte
d'acquisition pour un banc d'essai
mécanique**

Dirigé par:

Mr. M.LAGHROUCHE

Présenté par :

GULIL Feth-allah
DJEKBAR Said

Promotion: 2010-2011.

Remerciement

Nous remercions tout d'abord dieu qui nous a donné la force et le courage pour terminer nos études et élaborer ce modeste travail.

Nos remerciements à notre encadreur Mr M.LAGHEROUCHE qui a bien voulu nous encadrer, et de nous avoir encouragé tout au long de notre travail,

Nos remerciements sont aussi adressé aux chefs du département de génie mécanique et génie de construction pour leur aide tout au long de notre travail,

Nos remerciements sont destinés également à tous nos enseignants pour l'effort fourni pendant la durée de nos études.

Nous remercions également le président du jury ainsi que les membres du jury qui nous ont honorés pour évaluer et juger notre modeste travail.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I :

Introduction.....	1
I.1. Définition de matériaux composite	1
I.2. Intérêt et inconvénients des matériaux composites.....	1
I.2.1. Intérêt des matériaux composite	1
I.2.2. Inconvénients des matériaux composites	2
I.3. Mise en œuvre des matériaux composites	2
I.4. Matériaux étudié	3
I.5. Préparation des éprouvettes	4
I.5.1. Forme des éprouvettes	5
I.6. Caractérisation des matériaux composites	6
I.6.1. Essais de flexion et de fluage	6
I.6.1.1. Essai de flexion	6
I.6.1.2. Condition des essais de flexion	6
I.6.1.3. Illustration de quelque résultat des essais de flexion a différentes température.....	7
I.6.2. Essai de fluage	8
I.6.2.1. Définition de fluage	8
I.6.2.2. Conditions des essais	8
I.6.2.3. Mode opératoire	9
I.6.2.4. Illustration de quelque résultat des essais de fluage.....	9
I.7. Description du banc d'essai	10
I.7.1. Mode opératoire	12
Conclusion.....	13

Chapitre II :

Introduction.....	
II. Étude des capteurs	
II.1. Le capteur de déplacement linéaire LVDT	
II.1.1. Constitution d'un LVDT	
II.1.2. Principe de fonctionnement du LVDT	
II.1.3. Équation de fonctionnement d'un capteur LVDT	
II.1.4. Avantage/Inconvénient des capteurs LVDT	
II.1.5. Caractéristique générale du LVDT DCTH1000A	
II.1.6. Conditionnement du capteur de déplacement LVDT	
II.1.6.1. Description du fonctionnement	
II.1.7. Étalonnage du capteur de déplacement sur le banc d'essai	
II.2. Capteur de Force ou jauge extenso métrique	
II.2.1. Constitution d'une jauge d'extensométrie	
II.2.2. Principe de fonctionnement des jauges de déformation	
II.2.3. Équation de fonctionnement de la jauge extensométrie	
II.2.4. Caractéristique de la jauge extensométrie	
II.2.5. Étalonnage de la jauge de contrainte	
II.2.6. Conditionnement de la jauge avec le pont de Wheatstone	
II.2.6.1. Équation générale - Condition d'équilibre du pont	
II.2.6.2. Tension de déséquilibre	
II.2.6.3. Montage $\frac{1}{4}$ de pont avec 3 résistances fixes et 1 capteur (jauge)	
II.3. Le Thermocouple.....	
II.3.1. Constitution d'un Thermocouple.....	
II.3.2. Principe de fonctionnement d'un thermocouple	

II.3.3.	Équation de fonctionnement d'un thermocouple.....	.....
II.3.3.2.	Référence de la jonction externe.....	.....
II.3.3.3.	Annulation des tensions de jonction .....	.....
II.4.	Régulateur de température .....	.....
	Conclusion .....	.....

Chapitre III :

	Introduction.....	.....
III.1.	Les différents blocs.....	.....
III.2.	Microcontrôleur 16F877A.....	.....
III.3.	Le Choix de microcontrôleur.....	.....
III.4.	Les éléments de base du PIC 16F877 .....	.....
III.4.1.	L'Horloge .....	.....
III.4.2.	Les ports d'E/S .....	.....
III.4.3.	Circuit de reset .....	.....
III.4.4.	La liaison série USART ou SCI .....	.....
III.4.5.	Mode Asynchrone .....	.....
III.4.7.	La liaison à la norme RS 232 .....	.....
III.4.8.	Les connecteurs DB9 .....	.....
III.4.8.1.	Protocole de transmission .....	.....
III.4.8.2.	Format des trames .....	.....
III.4.8.3.	Brochage du port RS232 .....	.....
III.4.8.4.	Fonctionnement.....	.....
III.4.9.	Le MAX 232 .....	.....
III.4.10.	L'afficheur LCD .....	.....
III.4.10.1.	Définition .....	.....
III.4.10.2.	Brochage .....	.....

III.4.10.3.Fonctionnement	
III. 5. Alimentation de la carte d'acquisition	
Conclusion	
Chapitre IV :	
Introduction.....	
IV. Constitution de la carte d'acquisition	
IV.2. Organigramme de fonctionnement de la carte	
IV.2.1. Déclarations des variables	
IV.3. Programme du pic 16F877A	
IV.4. Écriture et transfert du programme dans le PIC.....	
IV.4.1 Utilisation du logiciel CCS.....	
IV.4.2. Simulation du programme et le fonctionnement de la carte	
IV.4.3. WinPic800_3.55G	
IV.5. Réalisation pratique.....	
IV.5.1. Circuit imprimé de la carte de commande.....	
IV.5.1.1. L'insolation.....	
IV.5.1.2. La gravure	
IV.5.1.3. Le perçage.....	
IV.5.2. Implantation des composantes de la carte d'acquisition.....	
IV.6. Liste des composent de la carte d'acquisition.....	
Conclusion.....	
Conclusion générale.....	
Bibiographie.....	

Liste des figures

Fig. I.1 : Principale étapes des procédés de mise en œuvre des matériaux composites.....	3
Fig. I.2 : Exemple de prothèse pour laquelle est utilisé le matériau étudié.....	4
Fig. I.3 : Tricot de fibre de verre.....	4
Fig. I.4 : tricot en perlon.....	4
Fig. I.5 : Dimensions pour les essais de flexion trois points.....	5
Fig. I.6 : Courbe contrainte/déplacement en Flexion trois pannes à 40°.....	7
Fig. I.7 : Courbe contrainte/déplacement Flexion trois pannes à 60°C	7
Fig. I.8 : Courbe contrainte/déplacement en Flexion trois pannes à 90°C.....	8
Fig. I.9 : Évolution de la déformation de fluage en fonction de temps.....	9
Fig. I.10 : Courbe moyenne de la déformation Avec différentes contraintes.....	10
Fig. I.11 : Courbe moyenne déformation Avec différentes températures.....	10
Fig. I.12 : Banc d'essai de flexion et de fluage.....	11
Fig. I.13 : Banc d'essai équipé d'enceinte thermique.....	12
Fig. I.14 : Schémas fonctionnelle du banc d'essai de flexion/fluage.....	13
Fig. II.1 : Schéma fonctionnel d'un capteur.....	14
Fig. II. 2. Vue coupée, constitution d'un LVDT.....	15
Fig. II. 3 : Schéma électrique simplifié.....	15
Fig. II.4 : Exemple de déplacement du noyau vers les directions gauches et droites.....	16
Fig. II.5 : Schéma d'un LVDT version palpeur à ressort.	18
Fig. II.6 : schéma de principe du convertisseur LVDT, et conditionneur LVDT.....	20
Fig. II. 7 : Étalonnage du capteur LVDT avec des cale de dimension connue.....	22
Fig. II. 8 : Jauge Extensometrie.....	23
Fig. II. 9 : Constitution d'une jauge d'extensometrie.....	24
Fig. II.10 : Principe de fonctionnement du capteur de force.....	26
Fig. II.11 : Principe de l'étalonnage du capteur de force.....	27
Fig. II.12 : Courbe d'étalonnage du capteur de force.....	28
Fig. II.13 : La structure générale du pont de Wheatstone.....	29

Fig. II.14 : Exemple d'un pont de Wheatstone et un Amplificateur Opérationnelle pour la linéarisation de signal de sortie.....	31
Fig. II.15 : Structure d'un thermocouple, circuit ferme.....	32
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.....	34
Fig. II.18 : Principe d'annulation des tensions des jonctions J ₃ et J ₄	34
Fig.III.1 : Schéma Synoptique de la carte.....	36
Fig. III.2: Brochage du pic 16F877A.....	38
Fig. III.3 : Schéma de la structure interne du pic16F877.....	39
Fig. III.4 : Circuit de l'horloge.....	40
Fig. III.5 : Les différents ports d'I/O de pic 16F877.....	41
Fig. III.6 : Circuit d'initialisation Reset.....	42
Fig. III.7 : Port de la transmission de PIC16F877.....	44
Fig. III.8 : Port de réception du PIC 16F877.....	45
Fig. III.9 : mode de transmission RS 232.....	45
Fig. III.10 : le branchage de MAX232 et le DB9.....	49
Fig. III.11 : Structure interne de max232.....	50
Fig. III. 12 : Afficheur LCD.....	51
Fig. III.13 : Les broches de l'afficheur LCD 2x16.....	51
Fig. III.14 : Architecture fonctionnelle d'un afficheur à accès parallèle 2 lignes de 16 caractères.....	52
Fig. III.15 : Le branchage de l'afficheur LCD avec le PIC16F877A.....	53
Fig. III.16 : Bloc d'alimentation.....	54
Fig. IV.1. Organigramme du programme du pic 16F877A	57
Fig. IV.2. Création et enregistrement du programme.....	62
Fig. IV.3. Configuration du PIC par logiciel.....	63
Fig. IV.5. Compilation du programme.....	64
Fig. IV.6. Simulation de la carte avec le logicielle de simulation ISIS.....	65

Fig. IV.6. Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G.....	66
Fig. IV.7. Le circuit imprimé de notre circuit coté cuivre.....	67
Fig. IV.8. Implantation des composants.....	68
Fig. IV.9. Photo de la carte d'acquisition.....	68

Liste des tableaux

Tableau I.1 exemple des caractéristiques d'éprouvettes utilisées lors des essais	7
Tableau II.1 Caractéristique générale du capteur LVDT DCTH1000A.....	19
Tableau II.2 caractéristique générale de fonctionnement et de tension de sortie.....	19
Tableau II.3 Tensions obtenues en fonction des différents poids.....	37
Tableau III.1 Brochage de port RS232.....	47
Tableau III.2 exemple de quelque fonction utilisé pour l'affichage.....	53

Created with

 **nitro**^{PDF} professional

download the free trial online at nitropdf.com/professional

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 influence dans le monde industriel. En outre, le recours aux différents types des secteurs est devenu un besoin impératif ; et dans ce cadre-là que on peut inclure la convention signée entre le département de génie mécanique et l'office national d'appareillages et accessoires pour personnes handicapées (O.N.A.A.P.H) et dans ce même concept de complémentarité entre les différents secteurs, le domaine de l'électronique joue un rôle très important vu ces multiples avantages de fonctionnalités et son apport très important à l'amélioration des procédés industriels .

Le but de notre travail, est de réaliser une carte d'acquisition qui sera installée sur un banc d'essai mécanique pour la caractérisation des matériaux composites.

Ce projet contient quatre chapitres qui sont répartis de la manière suivante :

Le premier chapitre consiste à la présentation des matériaux composites et à la description du banc d'essai utilisée pour la caractérisation des matériaux composites utilisés dans la fabrication des prothèses.

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 des composants qui constituent les différents blocs de la carte d'acquisition.

Le dernier chapitre contient l'organigramme et le programme du PIC qui assure le fonctionnement de la carte et les différentes étapes de la réalisation de la carte d'acquisition.

I. Introduction :

Le matériau composite est la nouvelle donne de la technologie compétitive vue le large domaine d'application de part son comportement mécanique relativement aux métaux dont la résistance est approchée mais de poids de 5 à 10 fois moins.

La concurrence à l'exploitation de ses matériaux nécessite donc une très grande et une complète connaissance et une bonne maîtrise de ses caractéristiques technique (caractéristiques mécanique, physicochimique, 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 associé et sa stratification à définir en fonction des utilisations variées que une étude appropriée de ces matériaux complexe 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.

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 emboitures 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.

I.1. Définition de matériaux 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 permettant d'aboutir à un matériau dont les caractéristique serrant meilleures à celles des composants pris séparément. Le matériau composite = Matrice +Renfort.

I.2. Intérêt et inconvénients des matériaux composites

I.2.1. Intérêt des matériaux composite :

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

- Faible masse des structures volumique, dans l'aéronautique et l'automobile, ils permettent d'alléger les structures et de diminuer la consommation de l'énergie à performance égales.
- Bonne tenue en fatigue, il permet d'augmenter la durée de vie de certain équipement d'où une économie sur l'amortissement et la maintenance.
- Résistance mécanique, les différentes possibilités de réalisation des structures permettent une grande variété de géométries et de performances.
- Résistance chimique, insensibilité aux produits chimiques mécaniques.
- Liberté de forme, il offre de différentes possibilistes de conception permettent de réaliser de forme complexes.
- Réduction du nombre de pièces.
- 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 propre aux matériaux tels que les défauts de mise en forme, ils sont anisotropes hétérogène et la dispersion des caractéristique 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 certain produit chimique...
- La plupart des composites sont à base de polymères thermodurcissable, ce qui les rend difficilement recyclable. Cette contrainte va donc à l'encontre du développement durable.

I.3. Mise en œuvre des matériaux composites :

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

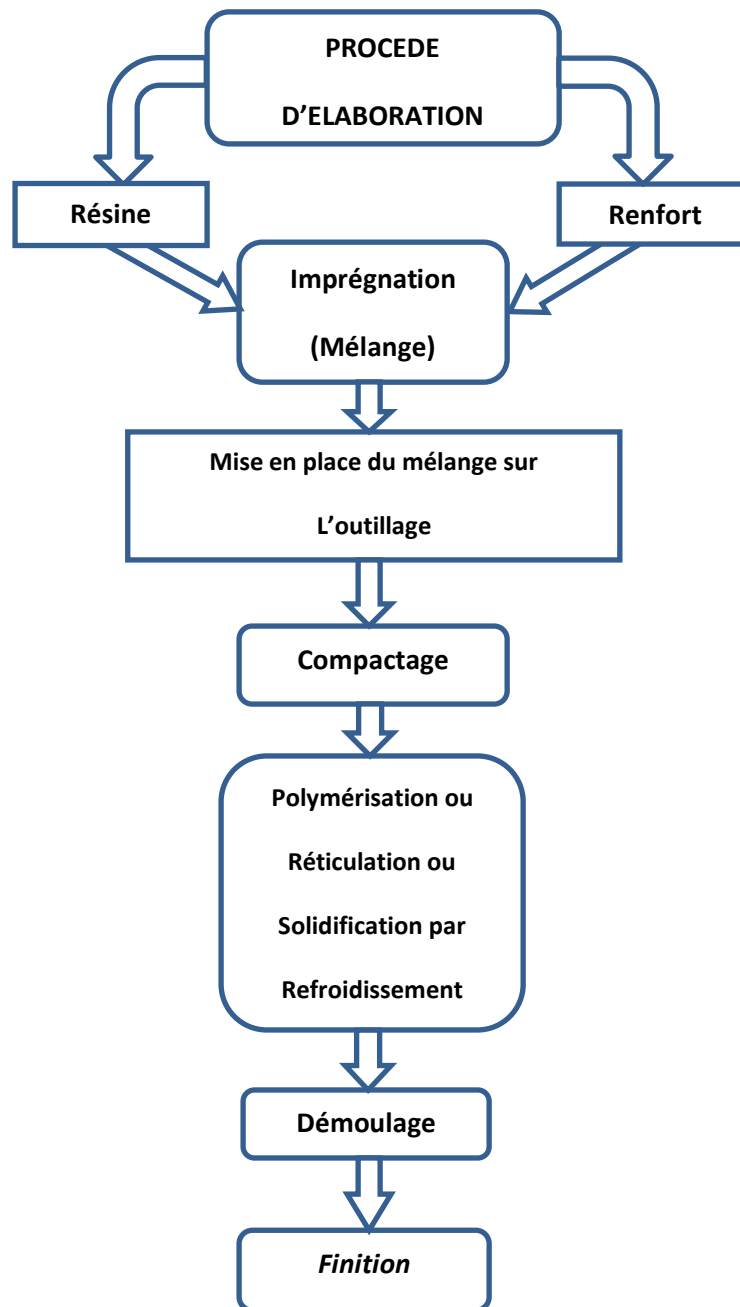


Fig. I.1 : Principales étapes des procédés de mise en œuvre des matériaux composites

I.4. Matériaux étudié :

C'est un matériau composite hybride, c'est-à-dire composé de deux renfort de nature différent .L'un en fibre de verre pour donner la résistance ,l'autre en perlon (un des nom commerciaux des fibres de polyamide) a tissage plus fin pour donner une meilleure souplesse et un meilleur aspect extérieur .

Ces renforts se présentent sous forme de tricot tubulaire de différent diamètre. La stratification est deux couche de perlon, deux couche de fibre de verre et deux couche de perlon (2P2V2P).on utiliser ce genre de matériau dans la fabrication des prothèses pour handicapés au niveau de l'O .N.A.A.P.H.



Fig. I.2 : Exemple de prothèse pour laquelle est utilisé le matériau étudié

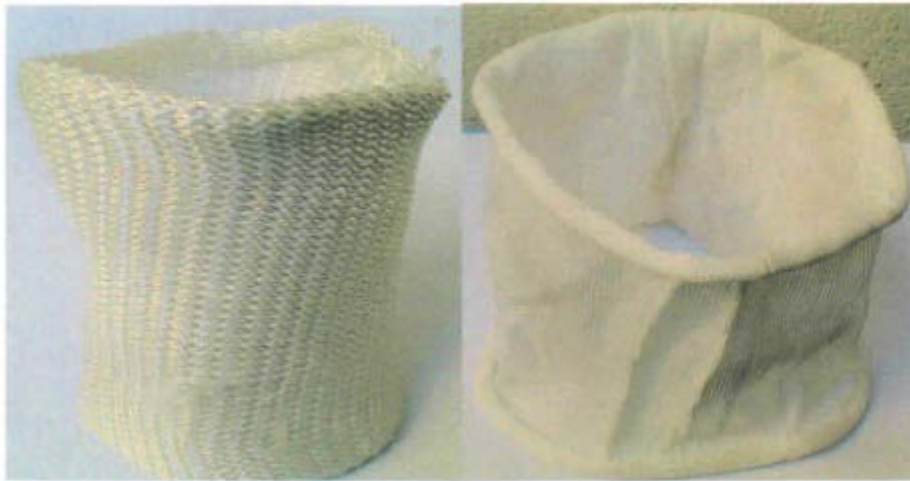


Fig. I.3 : Tricot de fibre de verre

Fig. I.4 : tricot en perlon

I.5. Préparation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont découpées à partir de 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.5.1. 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 :

- Type 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.
- Type II, rectangulaire, pour les matières thermo-durcies armées avec mats ou avec des tissus à faible résistance.
- Type III, rectangulaire, avec talons rectangulaire pour les matières thermo-durcies armées avec de tissu résistants, ou avec des fibres unidirectionnelles continues.
- Type IV, rectangulaire, avec talons biseautés pour le renforcement à fibre 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 à 2,4 mm selon la dépression dans le sac. Elles sont toutes découpées dans le sens longitudinal.

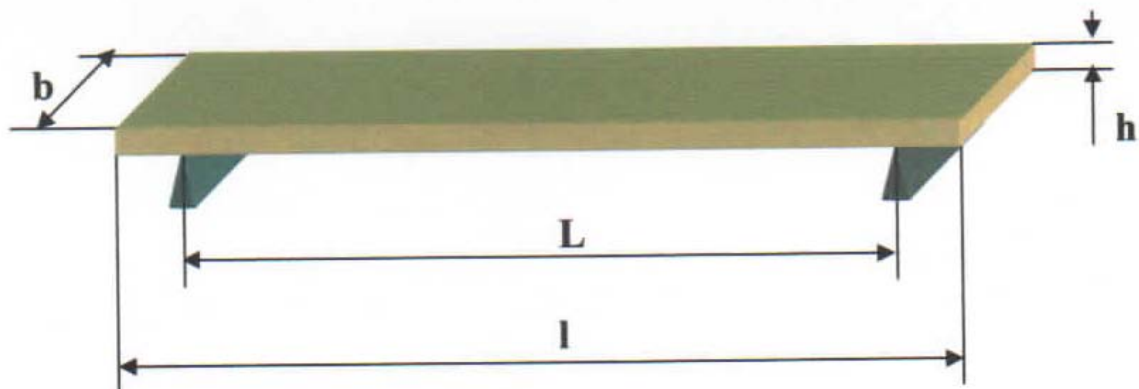


Fig. I.5 : Dimensions pour les essais de flexion trois points

I.6. Caractérisation des matériaux composites :

L'intérêt que portent les labos de recherche 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.6.1. Essais de flexion et de fluage :

I.6.1.1. 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 en déduit sont le module de Young ainsi que 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 à trois pannes permettent de privilégier un mode de rupture par rapport à l'autre en jouant sur la distance entre appuis.

I.6.1.2. 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 de 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, pour chaque température, une même épaisseur moyenne élimine ainsi l'influence de celle-ci sur l'allure de chaque courbe.

Le tableau N°01 montre un exemple d'un lot d'éprouvettes utilisé 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.6.1.3. Illustration de quelque résultat des essais de flexion a différentes température :

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

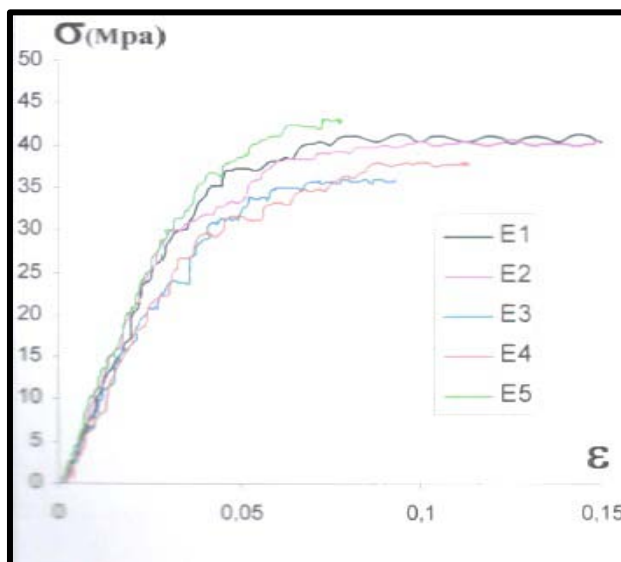


Fig. I.6 : Courbe contrainte/déplacement en Flexion trois pannes à 40°.

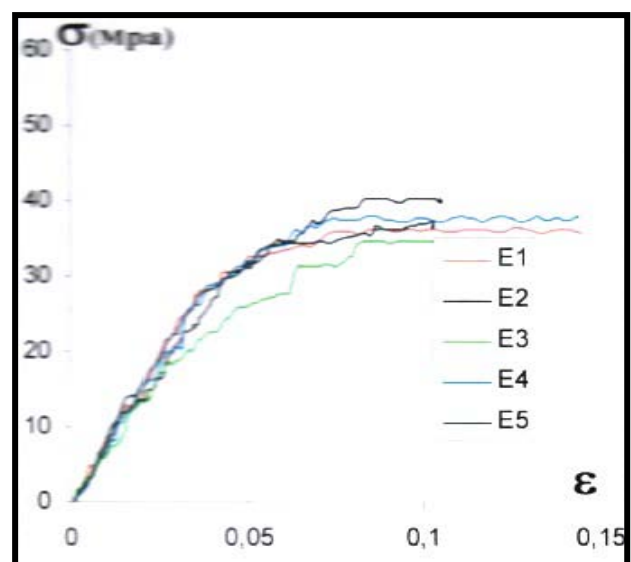


Fig. I.7 : Courbe contrainte/déplacement Flexion trois pannes à 60°C.

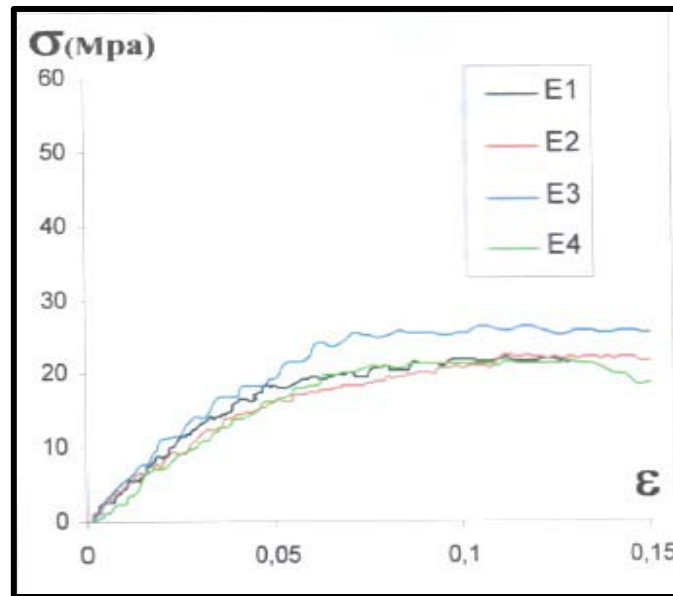


Fig. I.8 : Courbe contrainte/déplacement en Flexion trois pannes à 90°C.

I.6.2. Essai de fluage :

I.6.2.1. 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 uniaxiale, flexion..., une contrainte constante à une éprouvette et suivre ses déformations en fonction de temps.

I.6.2.2. 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 préjudiciables à l'obtention de 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.6.2.3. Mode opératoire :

- La charge est incrémentée de 5 Mpa, valeur en dessous de laquelle il est inutile de descendre vu l'imprécision de mesure, et la variation d'épaisseur des éprouvettes.
- Les températures d'essai sont choisies entre 40° 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.6.2.4. Illustration de quelque résultat des essais de fluage :

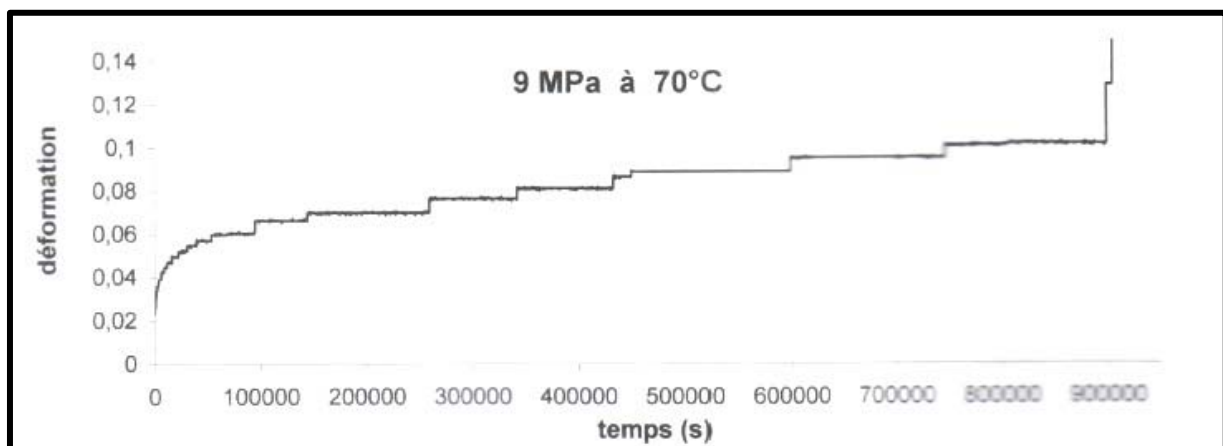


Fig. I.9 : Évolution de la déformation de fluage en fonction de temps.

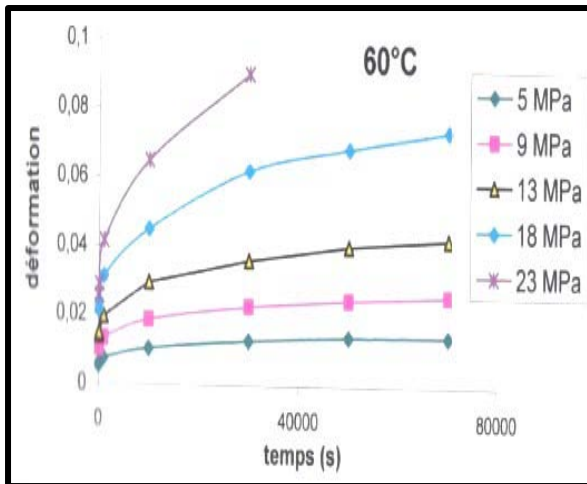


Fig. I.10 : Courbe moyenne de la déformation Avec différentes contraintes.

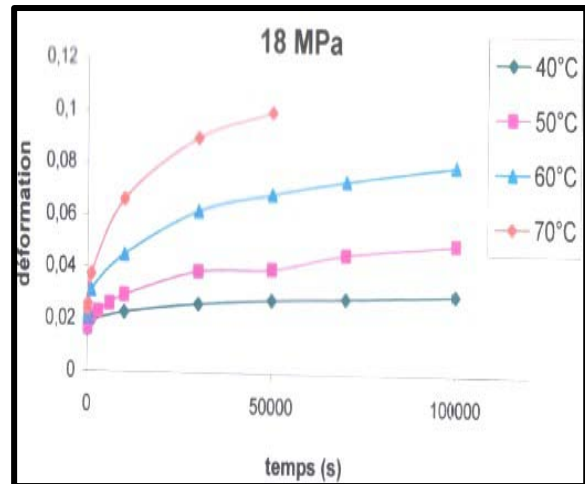


Fig. I.11 : Courbe moyenne déformation Avec différentes températures.

I.7. Description du banc d'essai :

Pour un essai de fluage, la meilleure façon de maintenir une force constante pendant un temps très long est d'utiliser la force de la pesanteur. La solution la plus simple consiste à suspendre la charge, directement ou par l'intermédiaire d'un levier à un bâti rigide et à contrôler les déformations de l'éprouvette. C'est sur cette base qu'a été conçu le banc qui a été initialement prévu uniquement pour le fluage en flexion. Il a 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.

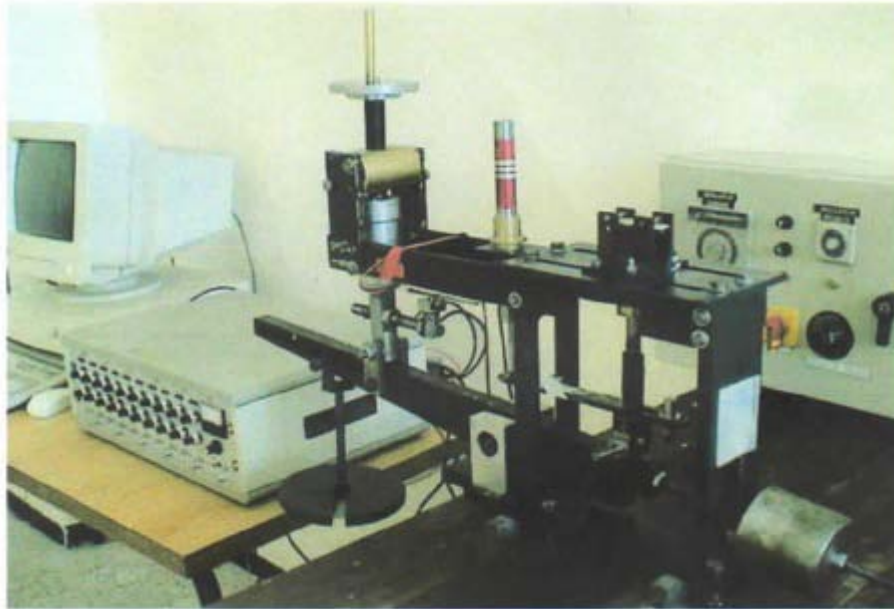


Fig. I.12 : Banc d'essai de flexion et de fluage.

De faite l'influence de la température sur les propriétés mécaniques du polymère est très forte. Celle-ci doit être contrôlée et maintenue avec une assez bonne précision.

Une enceinte thermique a été conçue et fabriquée pour équiper le banc d'essai. La température est contrôlée à l'aide d'un régulateur par l'intermédiaire d'un thermocouple placé suffisamment proche de l'élément chauffant pour améliorer la précision (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'intérieur de celle-ci, il faut aussi lui laisser un temps suffisant pour être à la même température que l'enceinte.

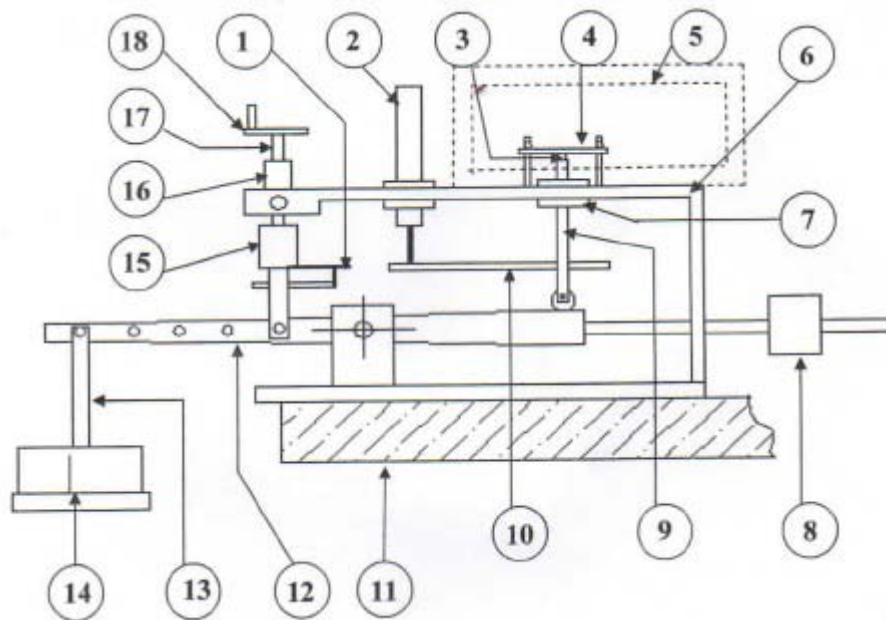


Fig. I.14 : Schémas fonctionnelle du banc d'essai de flexion/fluage

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

Introduction :

Pour une bonne caractérisation des matériaux composites, les ingénieurs de génie mécanique ont décidé d'instrumenter le banc d'essai, et pour cela ils l'ont équipé de trois capteurs qui sont ; Capteur de déplacement linéaire LVDT (Linear Variable Differential Transformer), jauge extensométrie qui est un capteur de force et d'un thermocouple.

II. Étude 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 une 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 LVDT :

Le LVDT est constitué d'un bobinage primaire et deux bobinages secondaires connectés en opposition placés symétriquement par rapport à ce dernier, l'ensemble de ces bobinages constitue la partie fixe du capteur. Tandis que, un noyau ferromagnétique mobile relié à une tige de manœuvre constitue l'équipage mobile.

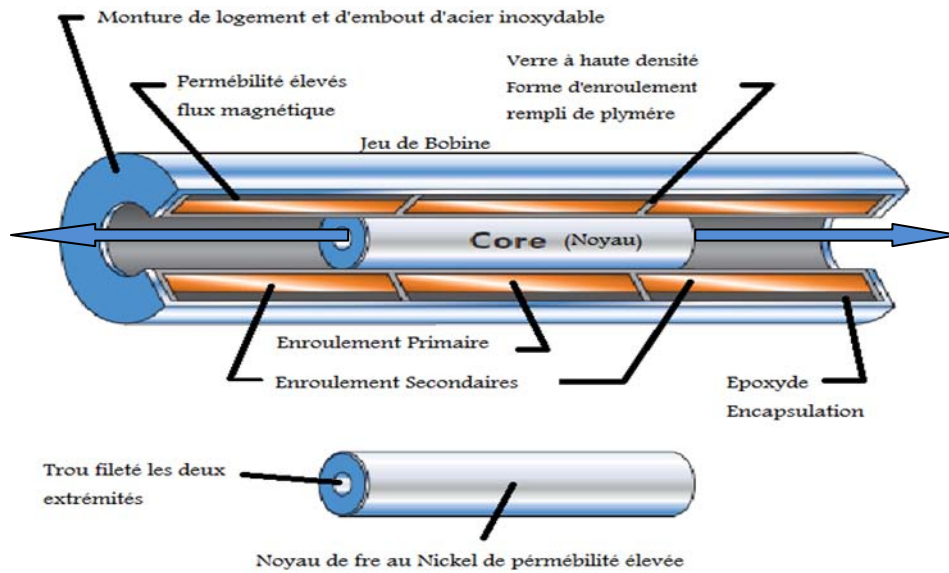


Fig. II. 2. Vue coupée, constitution d'un LVDT.

On peut représenter le schéma électrique simplifié dans la figure 2.

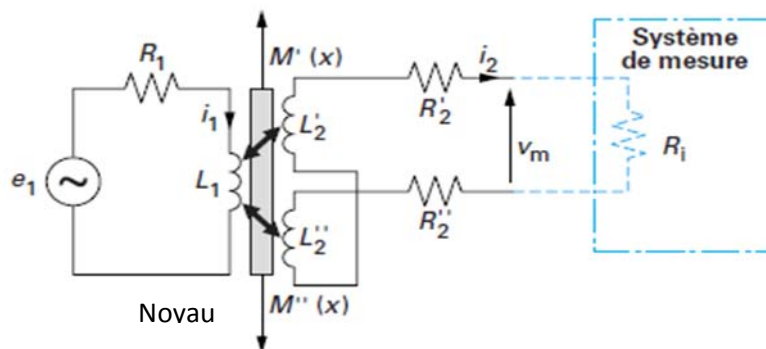


Fig. II. 3 : Schéma électrique simplifié.

L_1 = bobinage primaire.

L_2' et L_2'' = bobinage secondaire.

Noyau, partie mobile.

V_m est la tension mesurée, qui est une différence entre V_2' et V_2'' .

II.1.2. Principe de fonctionnement du LVDT :

Le bobinage est alimenté par un signal sinusoïdal, le signal est induit dans les 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 central de la course de mesure, les tensions des deux secondaire du capteur de déplacement sont égale à 0, donc ; $V_A = V_B \Rightarrow V_0 = 0$.

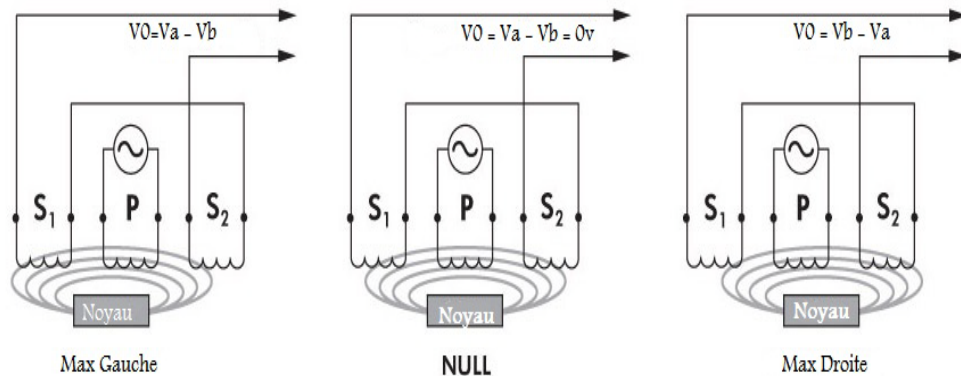


Fig. II.4 : Exemple de déplacement du noyau vers les directions gauches et droites.

! Remarque :

En générale les capteurs LVDT fonction avec des fréquences de 1Khz à quelle que dizaines de KHz.

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

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

Les équations qui régissent dans le fonctionnement des circuits primaires et secondaires tels qu'il est décrits sur le schéma de la figure 2. Sont :

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

Aussi ;

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

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

$$V_m = \frac{j\omega R_i [M''(x) - M'(x)]}{D} e_1 \dots \dots (3).$$

Avec :

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

Et $L_2 = L'_2 + L''_2$ et $R_2 = R'_2 + R''_2$

La linéarisation de la tension V_m en fonction de $M''(x) - M'(x)$ et son indépendance en fonction de R_1 sont obtenues au moyen d'une valeur de cette dernière. L'expression de V_m devient alors :

$$V_m = \frac{j\omega[M''(x) - M'(x)]}{R_1 + j\omega L_1} e_1$$

Les non-linéarités de la variation des coefficients d'induction mutuelle entre le circuit primaire et les circuits secondaires (en fonction du mesurant) sont compensées 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 ;

$$M'(x) = M(0) + a x + b x^2 + \dots \quad \text{et} \quad M''(x) = M(0) - a x + b x^2 + \dots$$

Leur différence (limitée au premier ordre) devient :

$$M''(x) - M'(x) = -2a x$$

La tension de mesure $V_m = \frac{-2j\omega a e_1}{R_1 + j\omega L_1} x$, varie alors de manière linéaire en fonction du mesurant.

Les défauts de symétrie de capteur sont au niveau géométrique que structurel (hystérésis des phénomènes magnétiques induits dans le noyau) et les impédances parasites (capacités entre les spires des circuits primaire 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 moyennes permettant de limiter ce décalage de zéro consistent à soigner la réalisation du capteur, à limiter les capacités parasites. L'alimentation symétrique du circuit primaire par rapport à une masse reliée à 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 LVDT, est très répandu du fait de ses avantages qui sont :

- Une grande plage d'étendues de mesure (de quelle que millimètre à quelle que dizaine 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).
- Une étanchéité possible qui rend son fonctionnement compatible avec des environnements très sévères.
- 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 allons utiliser 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.

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. Caractéristique générale du LVDT DCTH1000A :

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

Version palpeur à ressort.

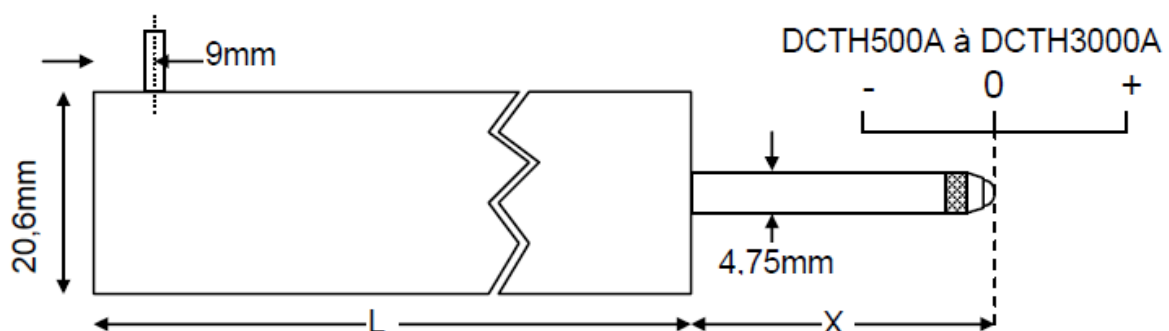


Fig. II.5 : Schéma d'un LVDT version palpeur à ressort.

Type	Gamme	Erreur de linéarité (% P.E.)	L	X	Poids total	Force du ressort a x	Force de rappel	Noyau comp rentré	Noyau comp sortie
DCTH1000A	$\pm 25\text{mm}$ (0.984 ‘‘)	$< \pm 0.5 / \pm 0.25 / \pm 0.1$	210mm	63mm	284g	2.0N	0.3N/cm	3.0mm	10mm

Tableau II.1 : Caractéristique générale du capteur LVDT DCTH1000A.

Spécification		
V sorties	Tension d'alimentation (double)	$\pm 12\text{V}$ à $\pm 20\text{V}$ C.C., 30mA
	Tension d'alimentation (simple, doit être flottant)	24V à 40V C.C., 30mA
	Changer la sortie pour changer l'alimentation	5mV/V
	Charge de sortie	10kOhm
	Bruit de sortie	30mV (crête-crête)
	Bande passante de la sortie électrique	200Hz
	Impédance de sortie	2 Ohm
	Température de fonctionnement	-50°C à 80°C
4 à 20mA sortie ($\geq \pm 12.5\text{mm}$)	Tension d'alimentation	12V à 36v C.C.
	Résistance max de boucle	(tension d'alimenta-11)x50 Ohm
	Bruit de sortie	50µA (crête-crête)
	Bande passante de la sortie	200Hz
	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	2m (câble intègre)

Tableau II.2 : caractéristique générale de fonctionnement et de 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.

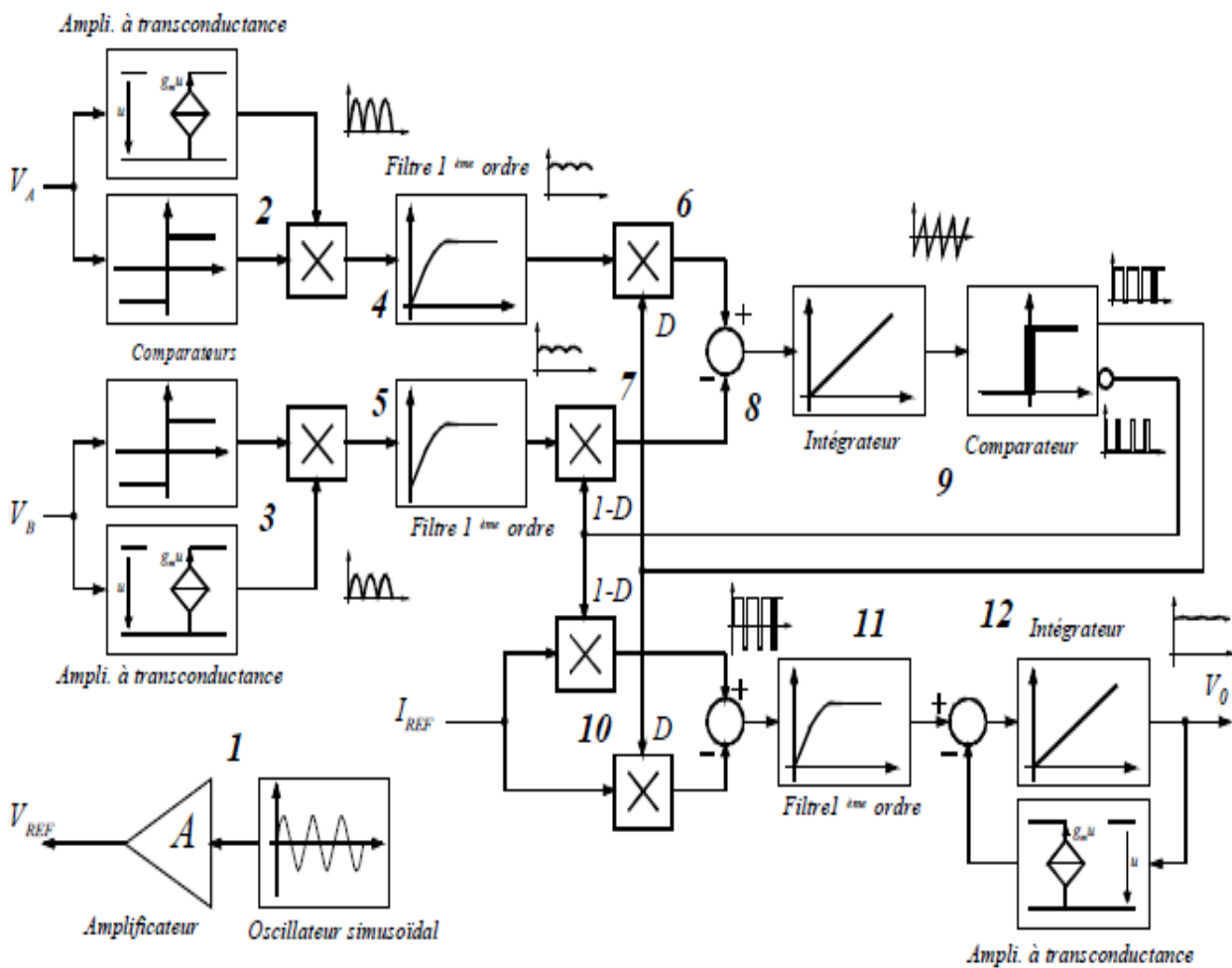


Fig. II.6 : schéma de principe du convertisseur LVDT, et conditionneur LVDT.

II.1.6.1. 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 de crête de ces deux signaux est une constante : $\widehat{V}_A + \widehat{V}_B = cte$. En sortie, on a les valeurs moyennes $\overline{|V_A|}$ et $\overline{|V_B|}$ (moyenne des valeurs absolues).

6 Création d'un train d'impulsions de rapport cyclique D d'amplitude $\overline{|V_A|}$.

7 Création d'un train d'impulsions de rapport cyclique 1-D d'amplitude $\overline{|V_B|}$.

8 Création d'un train d'impulsions dont la valeur positive vaut $\overline{|V_A|}$, la valeur négative vaut $-\overline{|V_B|}$ et le rapport cyclique 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 fonction de $\overline{|V_A|}$ et $\overline{|V_B|}$.

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 établie 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 transconductance permet de modifier la sensibilité de la mesure.

Le capteur de déplacement dont nous disposons, possède un conditionneur intègre, la tension de sortie est convertie à un signal continue DC. Le signal varie de 0 à 10v. Nous allons brancher cette tension à un pic qui possède un convertisseur analogique/numérique ou vers un C.A.N (convertisseur analogique/numérique) pour la conversion du signal de sortie du capteur.

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

En installent 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 pose sur la plaque (10).

L'étalonnage du celui-ci 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 a fin de tracer la courbe d'étalonnage. Figure suivante :

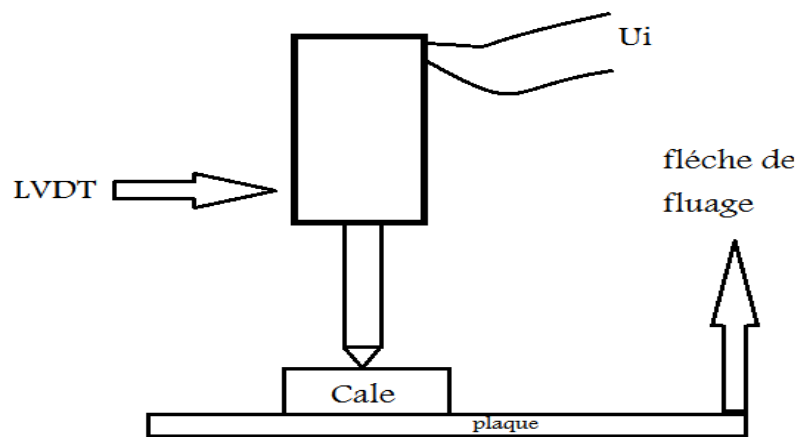


Fig. II. 7 : Étalonnage du capteur LVDT avec des cales de dimension connue.

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

$f = a U_i + b$, ou U_i et la tension de sortie.

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

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 jauge extensométrie, sont largement utilisées pour la mesure de déformation à la surface des structures. Étant 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 extensométrie, sa résistivité varie en fonction de cette déformation donc en fonction de l'effort appliqué sur le corps. Figure II. 7.

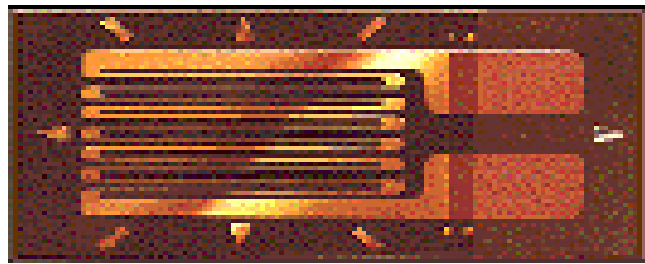


Fig. II. 8 : Jauge Extensometrie.

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

La jauge d'extensométrie est un petit élément résistif qui est collé sur une pièce dit 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 collée sur la pièce (le corps d'épreuve) dont on veut connaître les déformations, et terminée par des connexions appropriées, ramenées à la même extrémité de la jauge. À l'origine, elles étaient constituées d'un fil (généralement en constantan) collée en spires rapprochées sur un support mince. Fig. II. 8

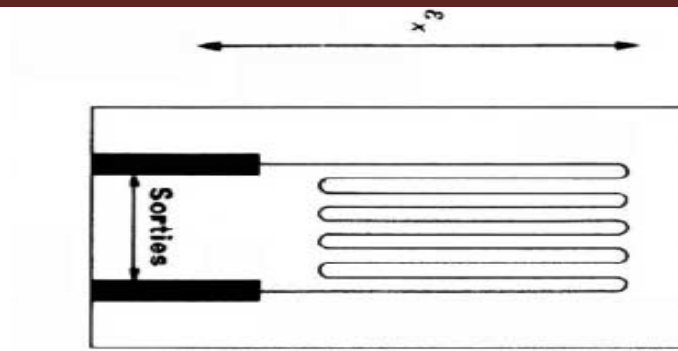


Fig. II. 9 : Constitution d'une jauge d'extensomericite.

II.2.2. Principe de fonctionnement des jauges de déformation :

Traduire en variation de résistance électrique, la déformation de la pièce sur la quelle 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 colle et le support à la jauge. Un changement proportionnel de la résistance en résulte, cette variation est proportionnel a la force ou a la charge appliquer sur le corps d'épreuve.

Si ϵ est l'allongement relatif, le diamètre subit une diminution relative, soit $-\nu \epsilon$,

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

II.2.3. Équation de fonctionnement de la jauge extensométrie :

Sachant que la résistance d'un fil conducteur est :

$$R = \rho \frac{\ell}{s} \text{ avec } \rho : \text{résistivité,}$$

ℓ : Longueur, et s : section,

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

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \ell}{\ell} - \frac{\Delta s}{s}$$

En tenant compte des remarques précédentes :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \ell}{\ell} (1 + 2\nu)$$

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

$$\frac{\Delta R}{R} = 1.6 \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

En fait, on trouve :

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

Où k est un facteur de jauge, exemple ; dans les métaux $k=2$ à 4 et dans les semi-conducteur $k=\pm 50$ à ± 200 .

- Relation de $\frac{\Delta R}{R}$ avec la Force F :

La force est relié a la contrainte par la relation suivante :

$$F = \sigma s, \text{ ou } \sigma \text{ est la contrainte appliquer sur une surface } s$$

On peut écrire aussi :

$$F = E \cdot s \cdot \frac{\Delta \ell}{\ell} \text{ ou } E \text{ est le module de YONG, donc on aura ;}$$

$$F = \frac{E \cdot s}{K} \frac{\Delta R}{R} \quad \text{Ou} \quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{F \cdot K}{E \cdot s}$$

- Coefficient de température :

Les jauge de contrainte sont sensibles également a la température

$$\frac{\Delta R}{R} = [\alpha_r + K(\lambda_s - \lambda_j)] \Delta T$$

α_r : Coefficient de température de la résistance de la jauge.

λ_s : Coefficient de dilatation du support.

λ_j : Coefficient de dilatation de la jauge.

On peut écrire :

$$\frac{\Delta R}{R} = K_0 [1 + \alpha_K (T - T_0)] \Delta T.$$

II.2.4. Caractéristique de la jauge extensométrie :

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

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

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

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

II.2.5. Étalonnage de la jauge de contrainte :

La jauge étant collé sur une lame flexible, cette dernière installe 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.

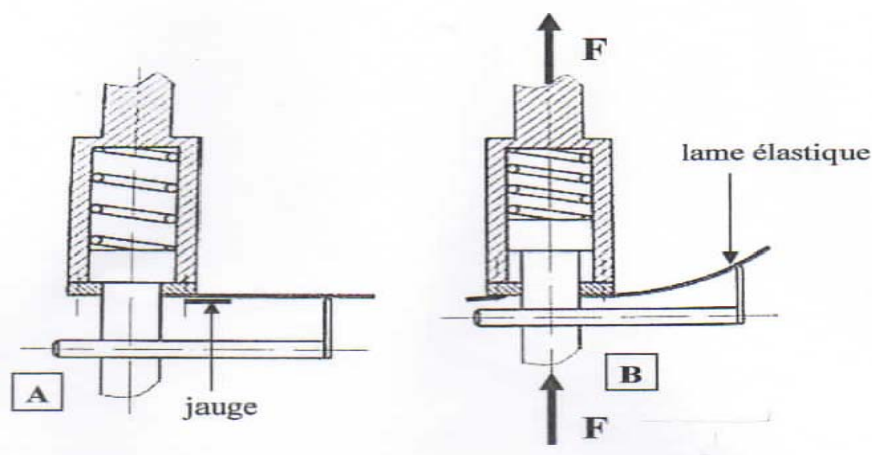


Fig. II.10 : Principe de fonctionnement du capteur de force.

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. Figure II. 10.

Le mot soulèvement veut dire entamer le mouvement ascendant pour vaincre les frottements dans le sens du mouvement de l'essai.

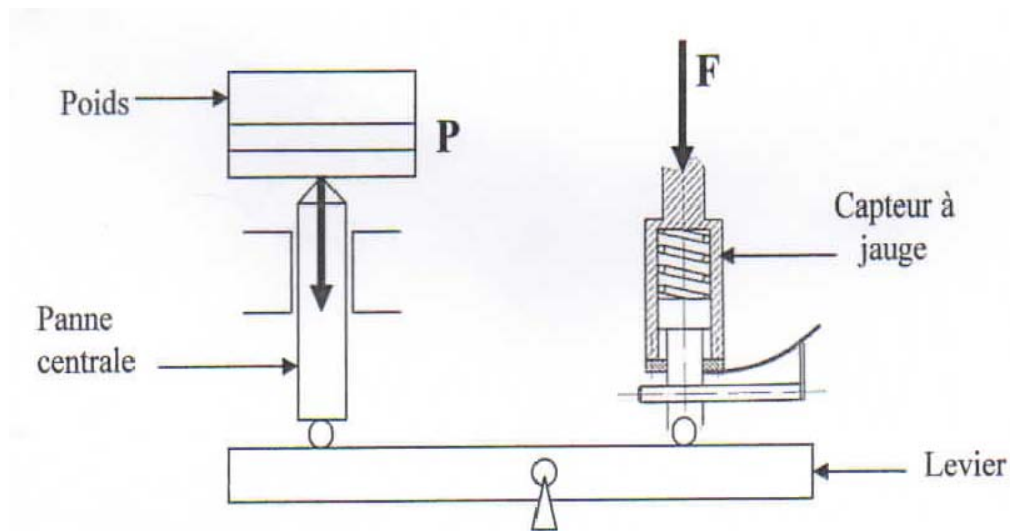


Fig. II.11 : Principe de l'étalonnage du capteur de force.

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.

Pois soulevé	0	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
Tension moyenne(mV)	520	1275	1380	1680	2045	2460	2699	2949	3387	4077	4804

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

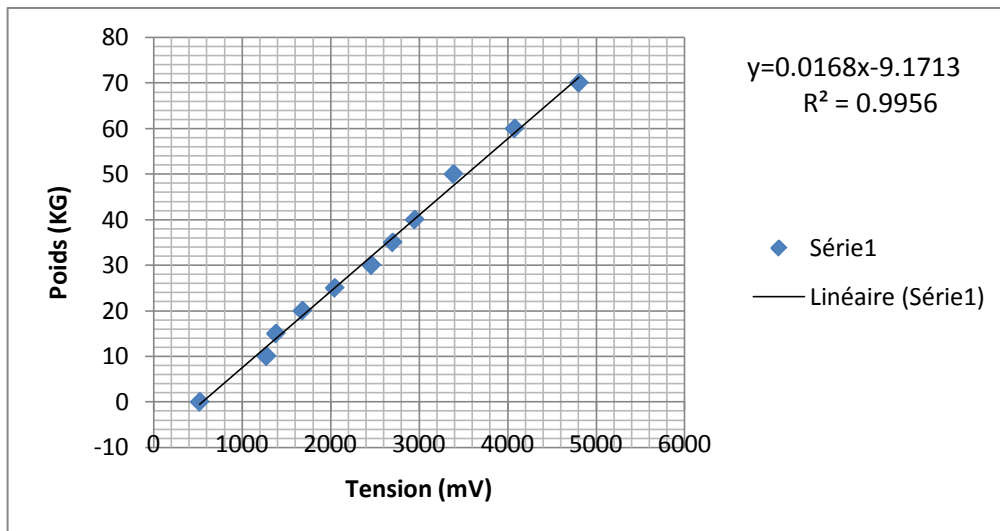


Fig. II.12 : Courbe d'étalonnage du capteur de force.

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 le pont de Wheatstone :

En générale, 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 f.e.m de source e_{s0} , alors les potentiels en A et B sont respectivement égaux à :

$$V_A = e_{s0} \cdot \frac{R_{c0} + \Delta R_c}{(R_1 + R_{c0} + \Delta R_c)} + \Delta e \cdot \frac{R_{c0} + \Delta R_c}{(R_1 + R_{c0} + \Delta R_c)}$$

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

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

$$\frac{R_{c0}}{R_1 + R_{c0}} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

La tension de mesure V_m a pour expression ;

$$V_m = V_A - V_B = e_{s0} \left(1 + \frac{\Delta e}{e_{s0}} \right) \frac{R_1 \Delta R_c}{(R_1 + R_{c0} + \Delta R_c)(R_3 + R_4)}$$

L'influence de la fluctuation Δe est considérablement réduit dans le montage en pont des lors que $\Delta R \ll R_{c0}$

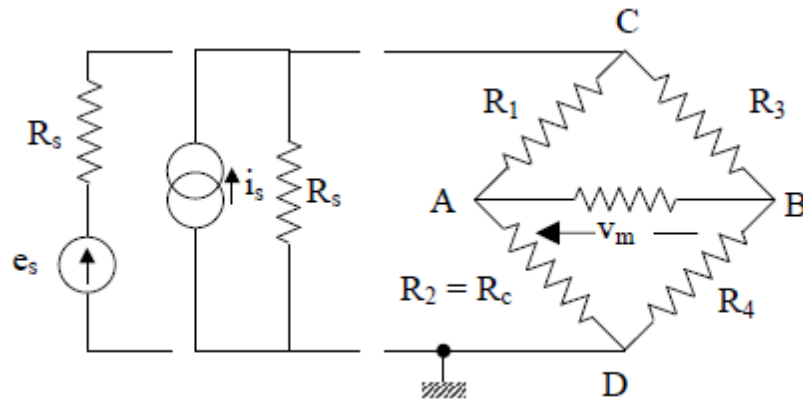


Fig. II.13 : La structure générale du pont de Wheatstone.

II.2.6.1. Équation 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) caractérisent 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 permettent de calculer le courant i_d :

$$i_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{\left[R_1 R_4 (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_4) + R_s (R_1 + R_3) (R_2 + R_4) \right] + R_d (R_1 + R_2) (R_3 + R_4) + R_s R_d (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}$$

Le pont est dit équilibré lorsque $V_A = V_B \Rightarrow i_d$ est alors nul ce qui correspond à $R_1 R_4 = R_2 R_3$.

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 la 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 :

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

et

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

➤ 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 ;

$$V_m = i_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

II.2.6.3. Montage ¼ de pont avec 3 résistances fixes et 1 capteur (jauge) :

Le pont de Wheatstone est donc constitué de 3 résistances fixes telle que $R_1 = R_3 = R_4 = R_{c0}$, et d'un capteur dont la résistance est $R_2 = R_{c0} + \Delta R_c$. la tension de déséquilibre du pont a pour expression :

➤ Alimentation en tension :

$$V_m = \frac{e_s \Delta R_c}{4 R_{c0}} \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{2 R_{c0}}}$$

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 :**

$$V_m = \frac{i_s}{4} \Delta R_c \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{4R_{c0}}}$$

On peut écrire aussi que :

$$\frac{\Delta R_c}{R_{c0}} = K\varepsilon, \text{ donc } V_m \text{ devine ;}$$

$$V_m = e_s K\varepsilon \frac{1}{4 + 2K\varepsilon}$$

V_m n'est pas linéaire avec R_{c0} . Cependant pour de très faibles variations de la résistance $\Delta R_c \ll R_{c0}$, on a alors :

$$V_m = \frac{e_s}{4} \frac{\Delta R_c}{R_{c0}}$$

Dans le cas général, c'est-à-dire si ΔR_c n'est pas négligeable devant R_{c0} , l'expression de V_m peut être linéarisée avec un amplificateur opérationnel associé au pont.

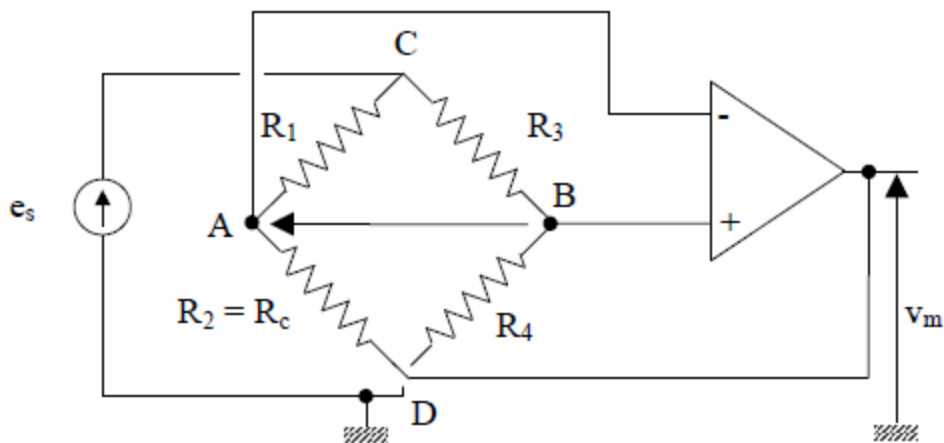


Fig. II.14 : Exemple d'un pont de Wheatstone et un Amplificateur Opérationnelle pour la linéarisation de signal de sortie.

II.3. Le Thermocouple :

En physique, les thermocouples sont utilisés pour la mesure de température. Ils sont bon marché 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 à $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La mesure de 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.

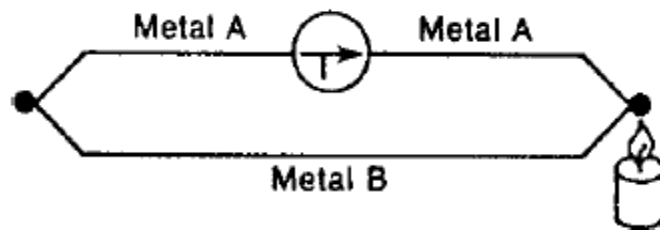


Fig. II.15 : Structure d'un thermocouple, circuit fermé.

Si le circuit est ouvert, une différence de potentiel par effet Seebeck apparaît entre les deux jonctions du thermocouple.

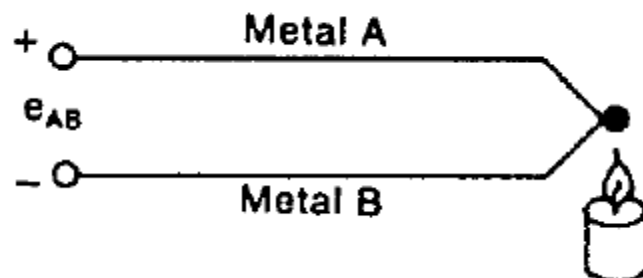


Fig. II.16 : Structure d'un thermocouple, circuit ouvert.

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

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

Par 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. Équation de fonctionnement d'un thermocouple :

Pour de petits changements de température, la variation de tension est proportionnelle à la variation de température : $\Delta e_{AB} = \Delta \alpha T$ - 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 °C), une force électromotrice importante (41310 μ V à 1000 °C avec soudure froide à 0°C) et une courbe que l'on sait très bien linéaires pour obtenir sur toute l'étendue de mesure des précisions meilleures que 0,2%.

II.3.3.2. Référence de la jonction externe :

Une manière de déterminer facilement la température de la jonction J2 est de la 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: $V = (V1 - V2)$ équivalent à $\alpha (t_{j1} - t_{j2})$.

Écrivons la formule avec des degrés Celsius :

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

$$V = V1 - V2$$

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

$$= \alpha (T_{j1} - T_{j2})$$

$$= \alpha T_{j1}$$

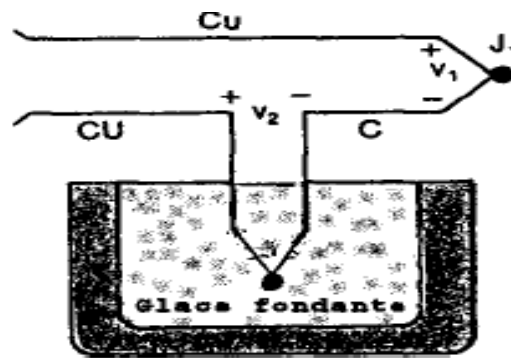


Fig. II.17 : Mesure de la température avec une référence de 0°C sur J2.

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.3.3.3. 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 (J3 et J4) génèrent des tensions identiques mais en opposition et nous aurons toujours $V = \alpha (T_1 - T_{ref})$.

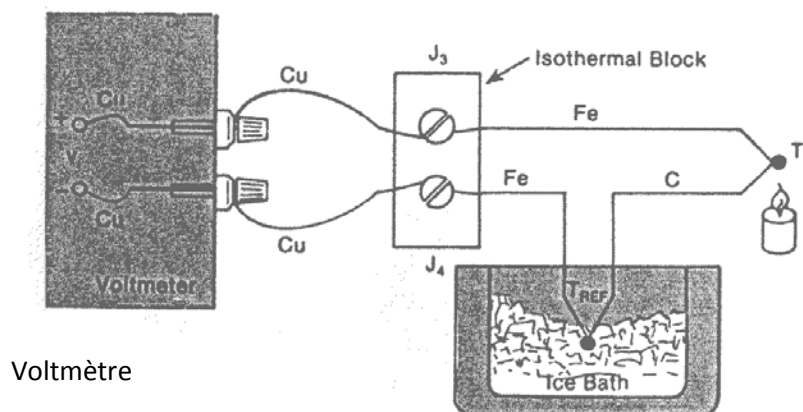


Fig. II.18 : Principe d'annulation des tensions des jonctions J3 et J4 .

II.4. Régulateur de température :

La température est contrôlée à l'aide d'un régulateur par l'intermédiaire du thermocouple installée dans l'enceinte thermique, le thermocouple installée suffisamment proche de l'élément chauffant pour améliorer la précision et réduire l'écart entre la température d'enclenchement et de 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 leur principe de fonctionnement.

Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons une description détaillée de la solution adoptée pour répondre aux spécifications de notre cahier de charge et en abordant la conception détaillée de chaque partie de la carte afin d'obtenir une schématisation complète et précise.

III.1. Les différents blocs :

Notre carte comme l'indique la figure ci dessous est menue de plusieurs unités qui assurent le bon fonctionnement de la carte d'acquisition.

- Un microcontrôleur PIC 16F877 qui gère tous les traitements et les liaisons entre les différents blocs de la carte.
- Un bloc d'alimentation « alimentation stabilisé ». Ce bloc a pour but l'alimentation des différents blocs de la carte d'acquisition.
- Un afficheur LCD (2 lignes, 16 caractères) qui permet d'afficher les résultats, le traitement faisant intervenir le microcontrôleur PIC.
- Une liaison série (RS232) pour assure le transfert des données vers un ordinateur.

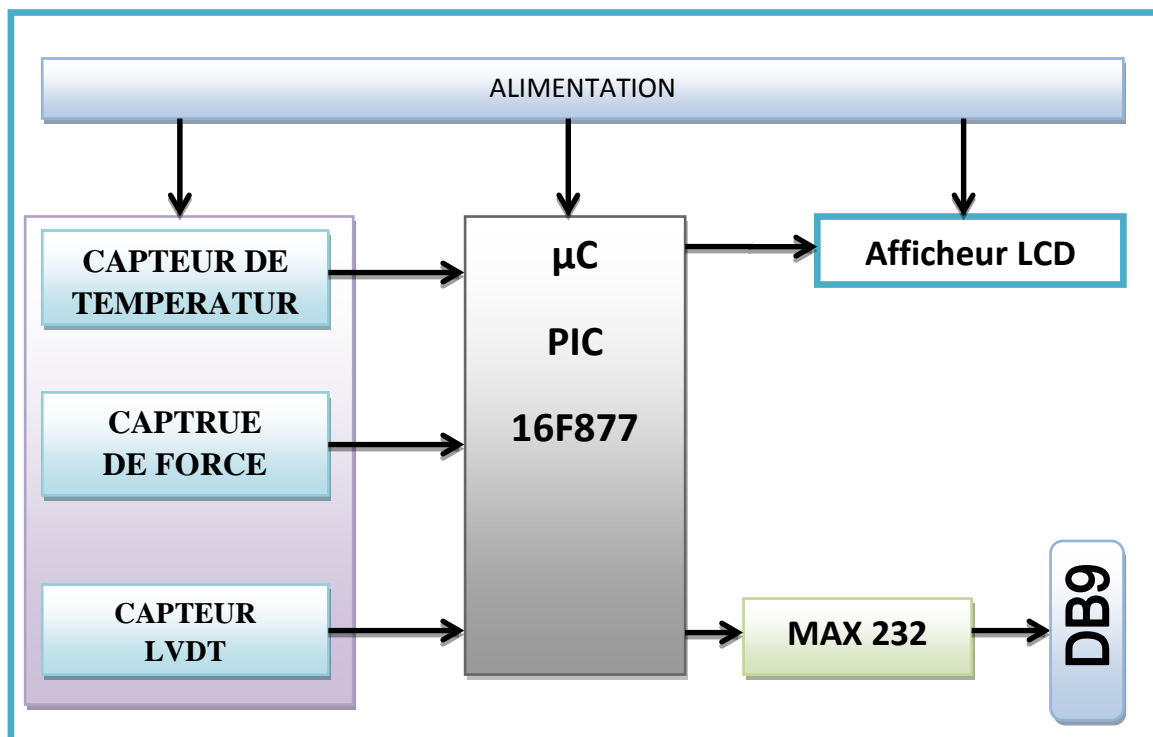


Fig.III.1 : Schéma Synoptique de la carte.

III.2. Microcontrôleur 16F877A:

Les Pics sont des microcontrôleurs à architecture RISC (Reduced Instructions Construction Set), ou encore composant à jeu d'instructions réduit. L'avantage est que plus on réduit le nombre d'instructions, plus leur décodage sera rapide ce qui augmente la vitesse de fonctionnement du microcontrôleur. La famille des Pics est subdivisée en 3 grandes familles : La famille **Base-Line**, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits, la famille **Mid-Range**, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie la 16F84 et 16F876), et la famille **High-End**, qui utilise des mots de 16 bits. Les Pics sont des composants STATIQUES, Ils peuvent fonctionner avec des fréquences d'horloge allant du continu jusqu'à une fréquence max spécifique à chaque circuit. Un PIC16F876-04 peut fonctionner avec une horloge allant du continu jusqu'à 4 MHz. Dans notre cas nous allons étudier la famille Mid-Range et particulièrement les PIC 16F876/877.

III.3. Le Choix de microcontrôleur :

Pour mieux utilisé le microcontrôleur on doit d'abord se familiariser avec ce dernier. On se voit donc dans l'obligation d'étudier un vrai microcontrôleur, sachant que l'étude d'un microcontrôleur donnée sera aussi applicable à d'autres PIC. Le 16F877 est un PIC de la série « Mid range» qui se prête particulièrement bien à la programmation en C. Les PIC de la série inférieure sont moins performant et ont une capacité mémoire insuffisante pour accueillir un programme issu d'un compilateur C ; mieux vaut les programmer en assembleur. Les gammes supérieures (16 ou 32 bits) supportent sans problème la programmation en C, mais comme ce sont des circuits plus complexes (et plus chers), par conséquent étudiant quelque chose de plus simple et mieux approprié. Le 16F877 (F comme « Flash ») convient parfaitement : mémoire programme de taille suffisante (8K), nombreux périphériques intégrés, fréquence de fonctionnement jusqu'à 20 MHz.

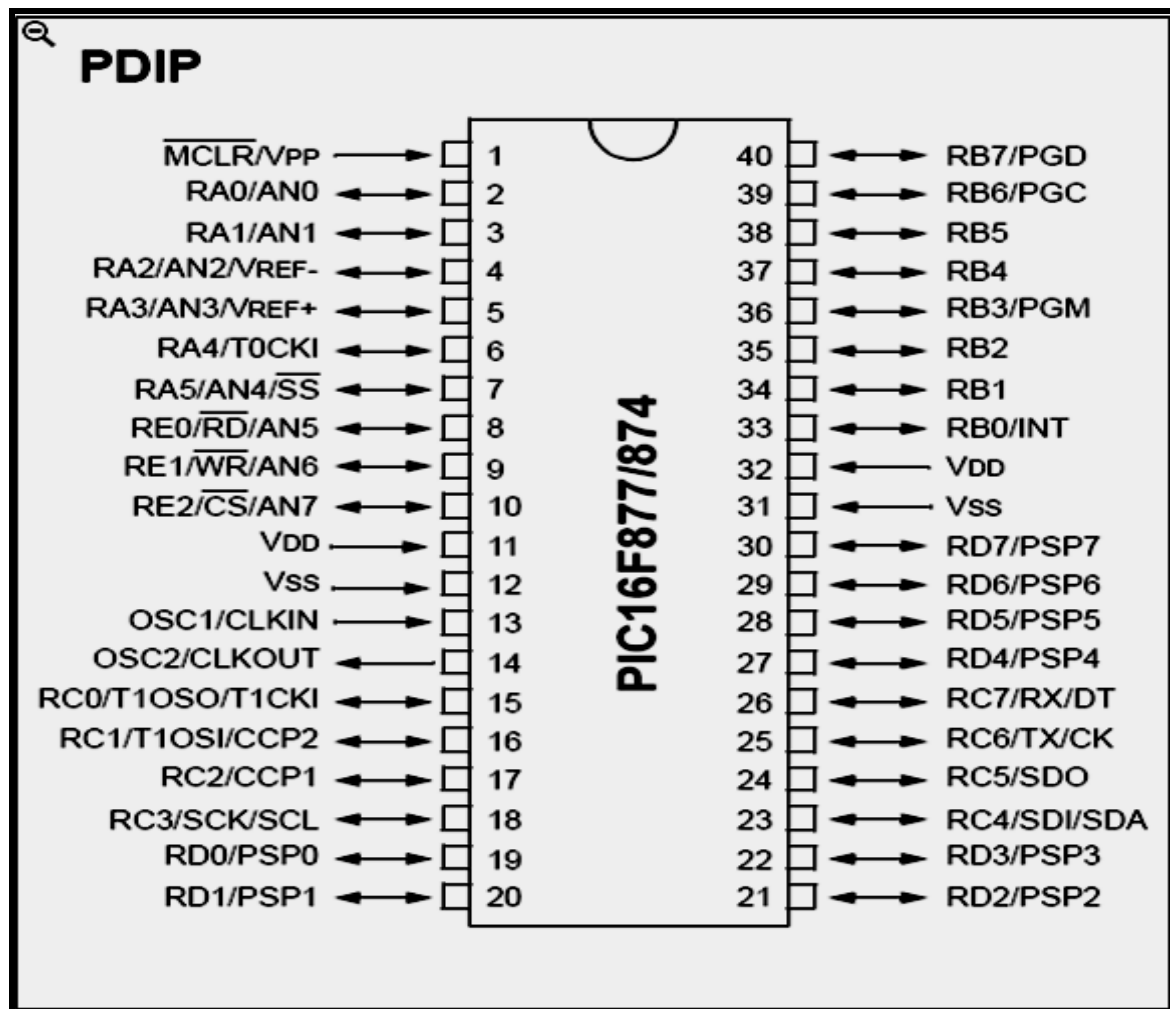


Fig. III.2: Brochage du pic 16F877A.

Les éléments de PIC16F877A :

- ✓ Une mémoire programme de type EEPROM flash de 8K mots de 14 bits ;
- ✓ Une RAM donnée de 368 octets ;
- ✓ Une mémoire EEPROM de 256 octets ;
- ✓ Quatre ports d'entrée sortie, A (8 bits), B (8 bits), C (8 bits), D (8 bits) ;
- ✓ Convertisseur Analogiques numériques 10 bits à 8 canaux ;
- ✓ USART, Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone ;
- ✓ SSP, Port série synchrone supportant I2C;
- ✓ Trois TIMERS : TMR0, TMR1, TMR2 ;
- ✓ Deux modules de comparaison et Capture CCP1 et CCP2 ;

III.4. Les éléments de base du PIC 16F877 :

III.4.1. L'Horloge :

L'horloge peut être soit interne soit externe. L'horloge interne est constituée d'un oscillateur à quartz ou d'un oscillateur RC.

Avec l'oscillateur à Quartz, on peut avoir des fréquences allant jusqu'à 20 MHz selon le type de μC . Le filtre passe bas (R_s , C_1 , C_2) limite les harmoniques dus à l'écrêtage et Réduit l'amplitude de l'oscillation, il n'est pas obligatoire.

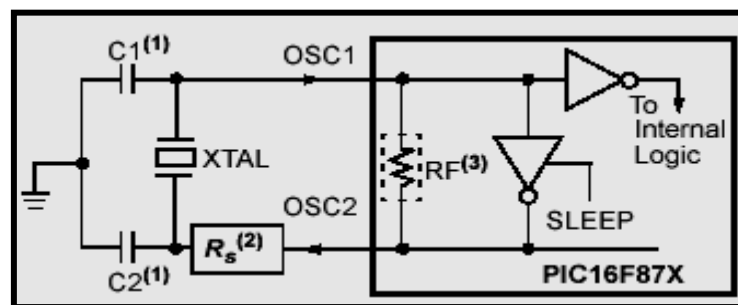


Fig. III.4 : Circuit de l'horloge.

III.4.2. Les ports d'E/S :

✓ Le port d' E/S PORT A

Les broches (RA0 jusqu'à RA7) peuvent être utilisées soit comme E/S numériques soit comme entrées analogiques.

✓ Le port d'E/S PORT B

Le port B désigné par PORTB est un port bidirectionnel de 8 bits (RB0 à RB7). Toutes les broches sont compatibles TTL.

✓ Le port d'E/S PORT C

Le port C désigné par PORTC est un port bidirectionnel de 8 bits (RC0 à RC7). Toutes les broches sont compatibles TTL.

Toutes les broches du port C peuvent être utilisées soit comme E/S normales soit comme broches d'accès à différents modules comme le timer 1, les modules de comparaison et de capture CCP1/2, le timer 2, le port I2C ou le port série.

✓ Le port d'E/S PORT D

Le port D désigné par PORTD est un port bidirectionnel de 8 bits (RD0 à RD7). Toutes les broches sont compatibles TTL et ont la fonction trigger de Schmitt en entrée.

✓ Le PORT E

Les 3 bits de PORTE peuvent être utilisés soit comme E/S numérique soit comme entrées analogiques du CAN. La configuration se fait à l'aide du registre ADCON1.

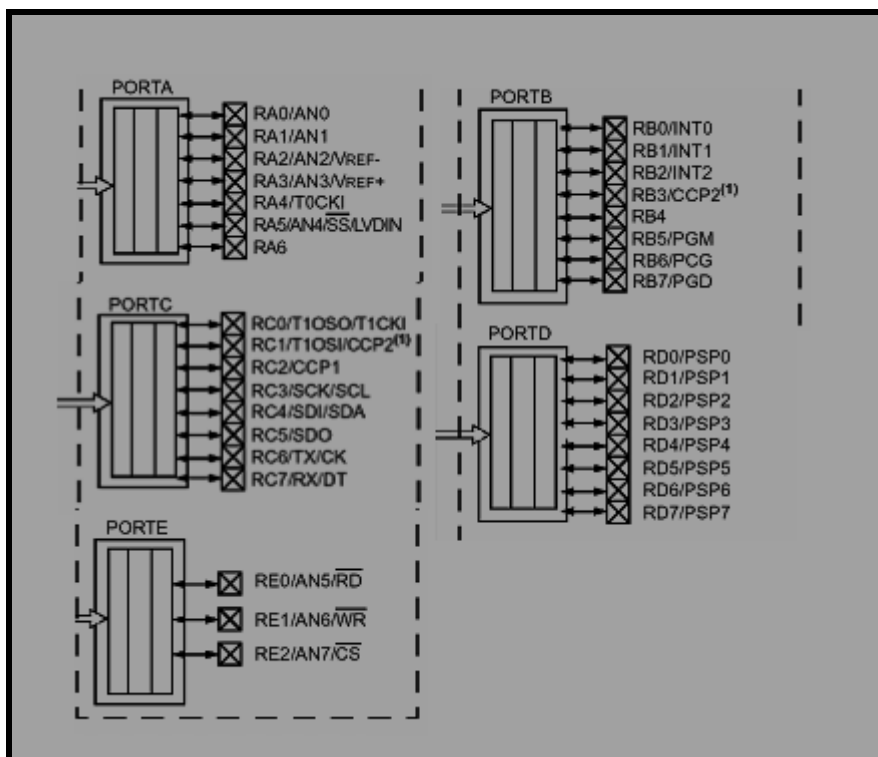


Fig. III.5 : Les différents ports d'I/O de pic 16F877.

III.4.3. Circuit de reset :

Lors de la phase d'alimentation du pic, ce dernier n'est pas prêt à exécuter des instructions instantanément, une broche nommée MCLR va permettre d'initialiser le pic après la mise sous tension. Cela est bien utile lorsque notre programme se trouve dans un état indéterminé ou non souhaité. Ce reset peut être en interne en reliant uniquement la broche MCLR à +5V (par le biais d'une Résistance), ou bien si on souhaite pratiquer un reset a tout moment, il sera nécessaire un schéma tel que celui représenté à la figure suivante :

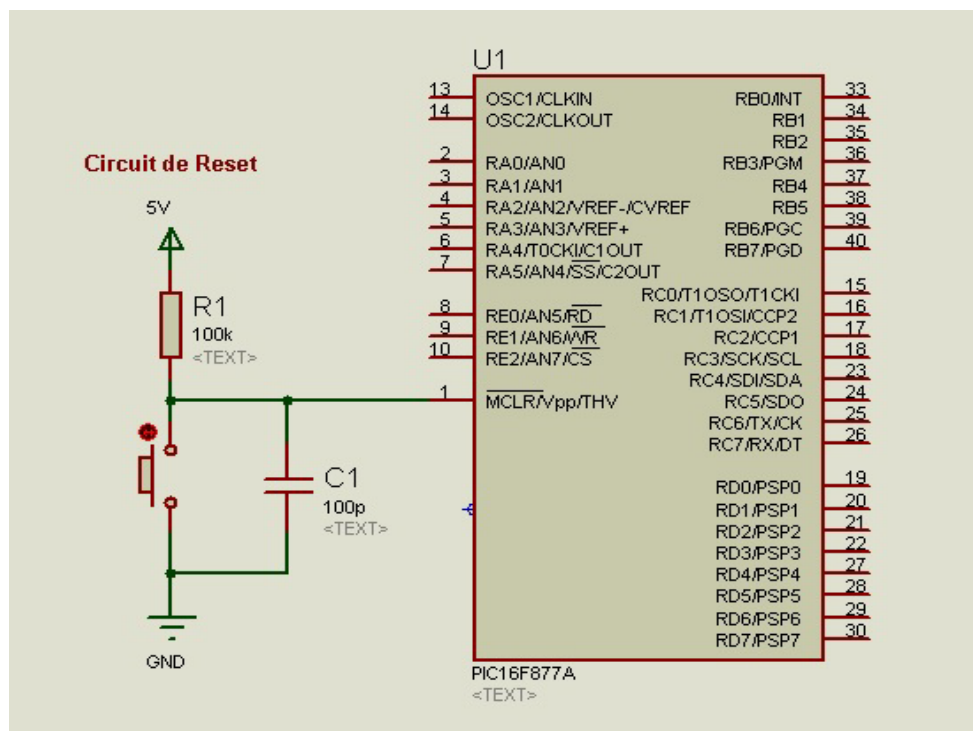


Fig. III.6 : Circuit d'initialisation Reset.

III.4.4. La liaison série USART ou SCI :

L'USART ou Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter est l'un des deux modules de communication série du PIC ou SCI en anglais (Serial Communication Interface).

Elle peut établir une liaison synchrone ou asynchrone, recevoir et transmettre des données, selon la manière dont elle est configurée.

L'USART permet de communiquer avec d'autres équipements tels qu'un ordinateur ou tout autre matériel équipé d'une interface série RS232, des circuits intégrés convertisseurs Numérique/Analogique ou Analogique/Numérique, des EEPROMs série...

Elle dispose des fonctionnalités suivantes:

- ✓ Fonctionnement en Full Duplex, c'est à dire émission et réception de données en même temps ;
- ✓ Transmission et réception de données (compatibles avec la norme RS232 en utilisant une fonction d'adaptation de niveaux) ;
- ✓ Contrôle des erreurs de transmission et de réception ;
- ✓ Transmission sur 8 ou 9bits ;
- ✓ Mode réveil automatique lors de la réception de signaux valides ;
- ✓ 4 Sources d'interruptions possibles.

L'USART peut être configurée selon 3 modes :

- ✓ Asynchrone (Full Duplex);
- ✓ Synchrone Maître (Half Duplex);
- ✓ Synchrone Esclave (Half Duplex).

La communication se fait sur les deux broches RC6/TX et RC7/RX qui doivent être configurés toutes les deux en ENTREE par TRISC.

III.4.5. Mode Asynchrone :

Si on place le bit SYNC du registre TXSTAT à 0, l'USART fonctionne dans le mode asynchrone standard, 10 (ou 11) bits sont transmis ou reçus dans l'ordre ci-dessous :

- ✓ 1 bit de START (toujours 0) ;
- ✓ 8 ou 9 bits de donnée (LSB d'abord) ;
- ✓ 1 bits de STOP (toujours 1) ;
- ✓ La transmission se fait sur la broche RC6/TX et la réception sur la broche RC7/RX.

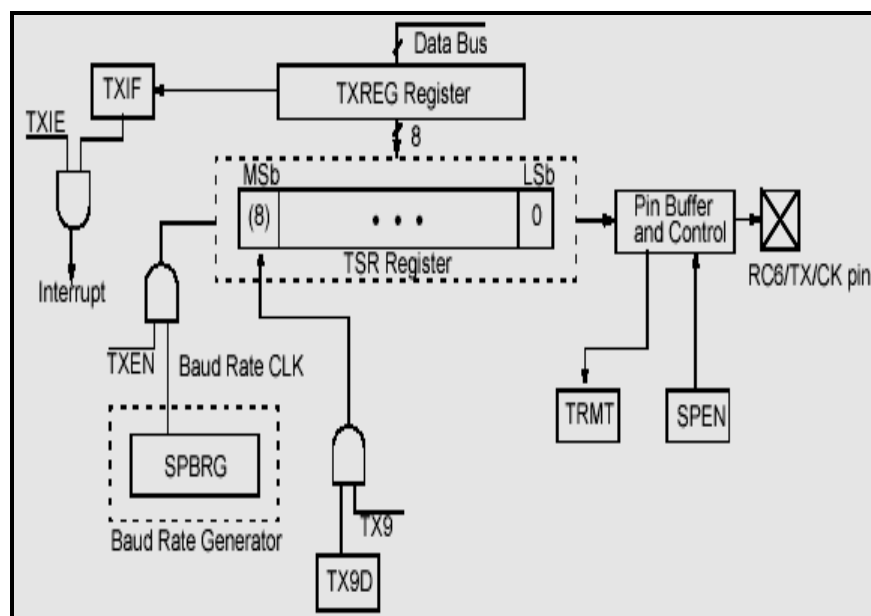
Le port en transmission :

Fig. III.7 : Port de la transmission de PIC16F877.

Le port en réception

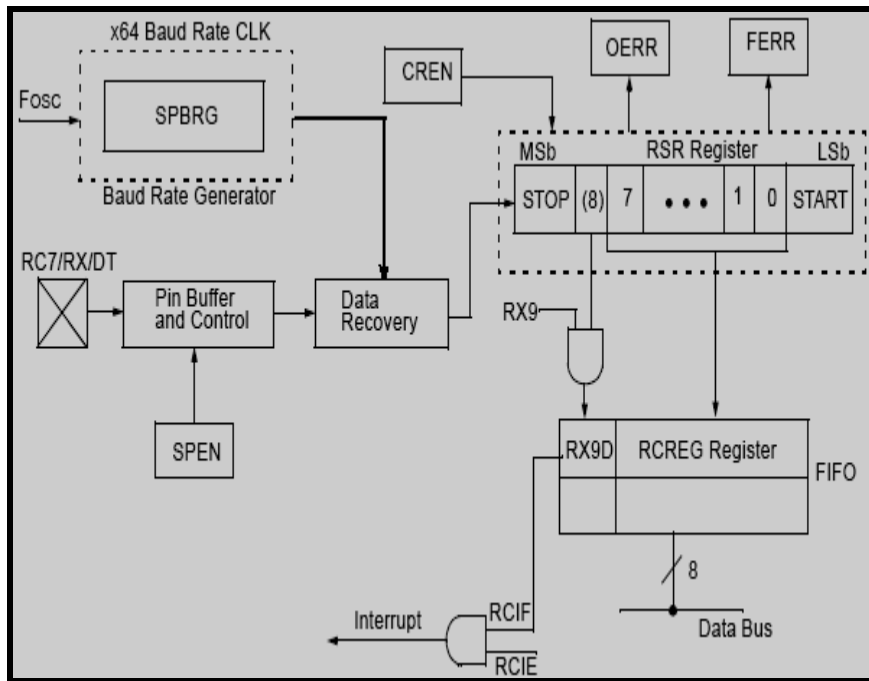


Fig. III.8 : Port de réception du PIC 16F877.

III.4.7. La liaison à la norme RS 232 :

La liaison série à la norme RS 232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique (ex: port de communication com1 et com2 des PC permettant la communication avec des périphériques tels que modem et PC). Elle est de type asynchrone, c'est à dire qu'elle ne transmet pas de signal d'horloge. Le schéma fonctionnel est le suivant :

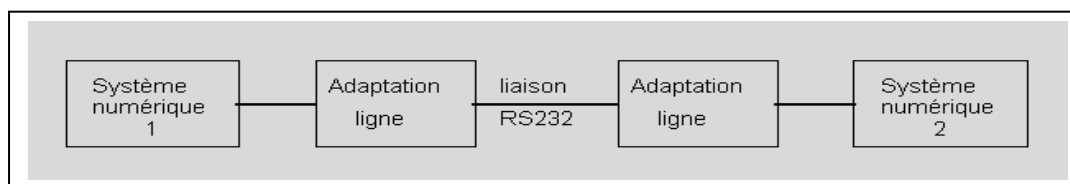
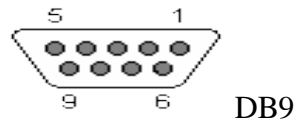


Fig. III.9 : mode de transmission RS 232.

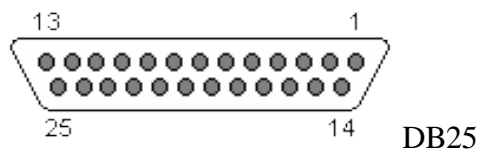
III.4.8. Les connecteurs DB9 :

Le connecteur DB9 (à l'origine nommé) est une prise analogique comportant 9 branches, de la famille des connecteurs D-Subminiatures (D-Subou Sub-D).

Le connecteur DB9 sert essentiellement dans la liaison séries, permettant la transmission de données asynchrones selon la norme RS_232 (RS-232c).



Notez qu'il existe des adaptateurs DB9-DB25 permettant facilement de convertir une prise DB9 en DB25 et inversement.



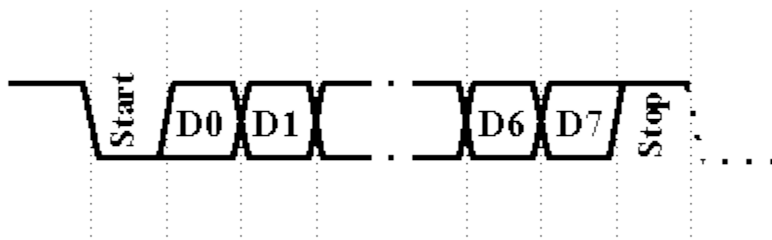
- **Protocole de transmission :**

Afin que les éléments de communication puissent se comprendre, il est nécessaire d'établir un protocole de transmission. Ce protocole devra être le même pour les deux éléments afin que la transmission fonctionne correctement.

Paramètres rentrant en jeu :

- Longueur des mots : 7 ou 8 bits.
- La vitesse de transmission : les différentes vitesses de transmission sont réglables à partir de 110 bauds (bits/seconde) de cette façon : 110 b/s, 150 b /s, 300b/s, ...
- La parité : le mot transmis peut être suivi ou non d'un bit de parité sert a détecter les erreurs éventuelles de transmission.
- Bit Start : indique la transmission d'un mot (niveau bas).
- Bit stop : indique que le mot est transmis (niveau haut).

- **Format des trames :**



Bit de START en premier dans la trame puis les données (du poids faible en premier au poids fort), la parité éventuelle et le bit stop à la fin de la trame marque la fin de la donnée.

- **Brochage du port RS232 :**

Brochage	Nom
1	DCD
2	RXD
3	TXD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	RI

Tableau III.1 : Brochage de port RS232

- ✓ **DCD (Data Carrier Detect) :** Cette ligne est une entrée active à l'état haute. Elle signale à l'ordinateur qu'une liaison a été établie avec un correspondant.
- ✓ **RX (Receiver Data) :** Cette ligne est une entrée. C'est ici que transitent les informations du correspondant vers l'ordinateur.
- ✓ **TX (Transmit Data) :** cette ligne est une sortie. Elle permet le véhicule des données de l'ordinateur vers le correspondant.
- ✓ **DTR (Data Terminal Ready) :** Cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de signaler au correspondant que le port série a été libéré et qu'il peut être utilisé s'il le souhaite.
- ✓ **GND (Grounds) :** c'est la masse.

- ✓ **DSR (Data Set Read)** : Cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet au correspondant de signaler qu'une donnée est prête.
- ✓ **RTS (Request To Send)** : cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle indique au correspondant que l'ordinateur veut lui transmettre des données..
- ✓ **CTS (Clear To Send)** : Cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle indique à l'ordinateur que le correspondant est prêt à recevoir des données.
- ✓ **RI (RING Indicator)** : Cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de savoir si un correspondant veut initier une communication avec lui.

- **Fonctionnement :**

Pour pouvoir dialoguer avec la carte d'acquisition ou envoyé des données a partir de la carte vers le PC, notre microcontrôleur utilise son module USART (Universel Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter). C'est donc un module qui permet d'envoyer et de recevoir des données en mode série, soit de façon synchrone, soit asynchrone. Le module USART de notre PIC gère uniquement deux pins, à savoir RC6/TX/CK et RC7/RX/DT.

Une liaison série synchrone nécessite une connexion à l'horloge, donc il reste une seule ligne pour transmettre les données. Alors qu'en mode asynchrone on n'a pas besoin d'une ligne d'horloge, il nous restera alors deux lignes pour communiquer, chacune étant dédiée à un sens de transfert. Nous pourrons donc envoyer et recevoir des données en même temps.

Les liaisons RS 232 sont des liaisons asynchrones très utilisées en informatique. Elle nécessite que l'émetteur et le récepteur soit informé de la vitesse choisie de transfert. Puisque le récepteur connaît la vitesse du transfert il peut se passer de signal de synchronisation.

Trois lignes sont nécessaires à cette liaison.

TX : transmission de données.

RX: récepteur de données.

GND : masse

Grâce à cette liaison la carte peut servir d'interface entre un PC et un montage extérieure afin d'adapter les signaux TTL du microcontrôleur au standard RS232.

Un MAX232 est montée de faucon classique, les lignes RX, TX et la masse sont disponibles sur un connecteur DB9 mâle qui permet ainsi de relier la carte au PC avec un simple câble série.

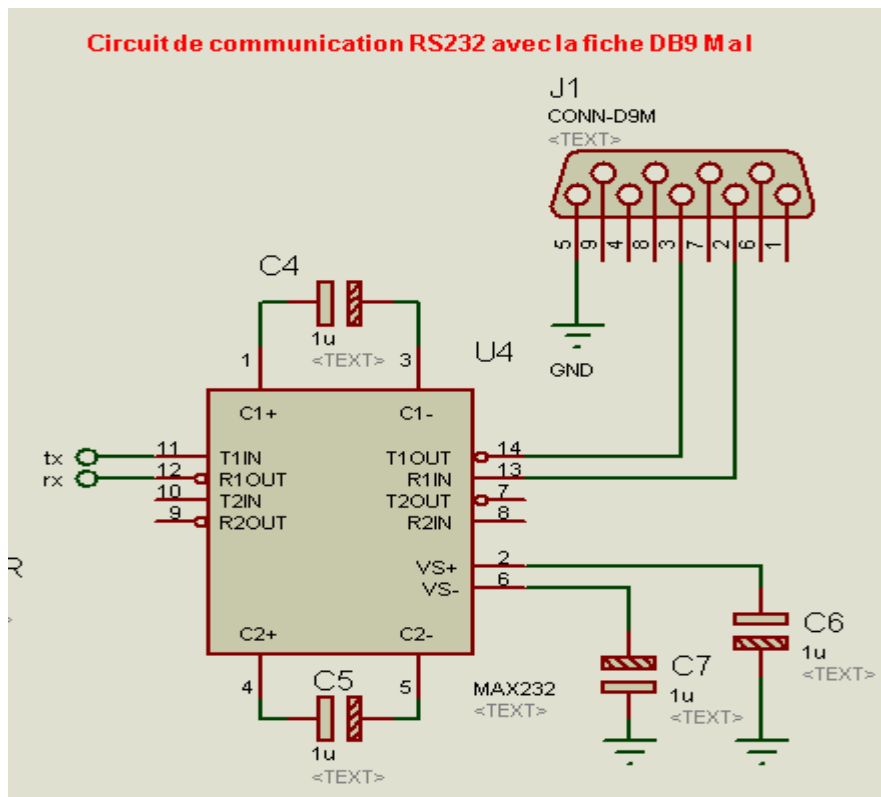


Fig. III.10 : le branchage de MAX232 et le DB9

III.4.9. Le MAX 232 :

La norme RS 232 définit des niveaux de +12v et -12v. Ce circuit dispose de :

Deux blocs dénommés T1 et T2 qui convertissent les niveaux entrés de 0v / 5v en signaux de sortis sous +12v et -12v. Les entrées de ces blocs sont donc dirigés vers le pic et les sorties sont connectées sur le port RS 232.

Deux blocs dénommés R1 et R2, qui convertissent les niveaux entrés en +12v /-12v en signaux de sortis sous 0v / 5v.

Les entrées de ces blocs sont donc connectées sur le port RS232, les sorties sur le PC.

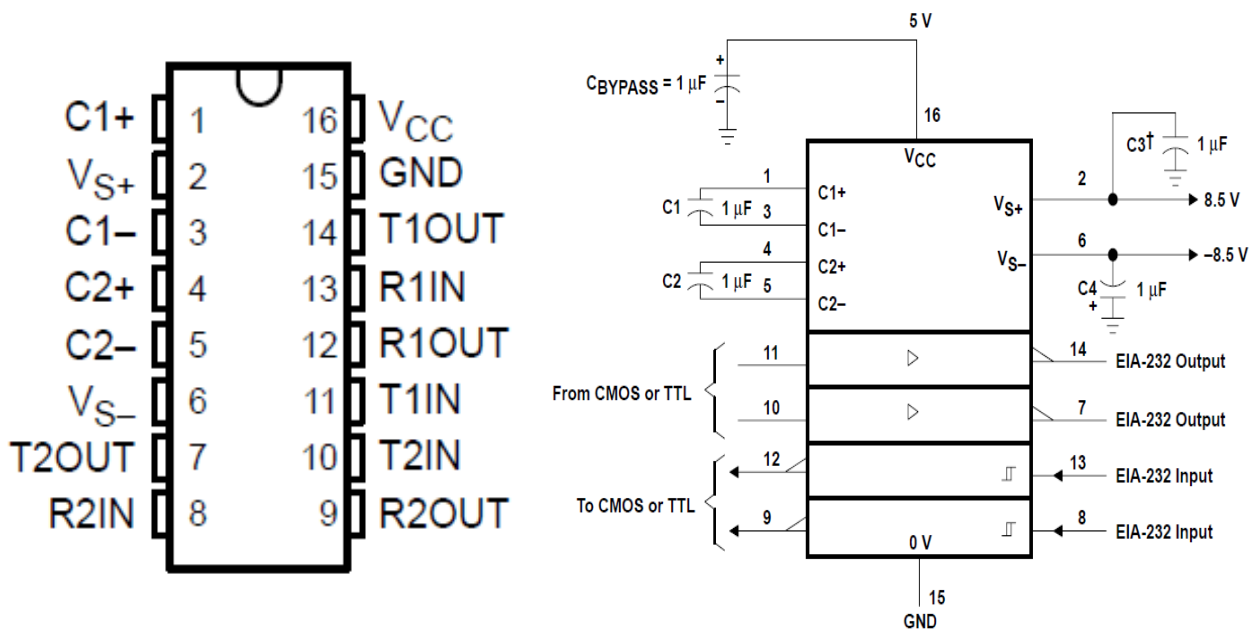


Fig. III.11 : Structure interne de max232.

III.4.10. L'afficheur LCD :

- **Définition :**

Les afficheurs à cristaux liquides (LCD = Liquide Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externe. Ils sont utilisés avec beaucoup de facilité. Ils son pratiquement les seuls utilisés sur les appareils à alimentation par pile. Les afficheurs LCD peuvent être avec ou sans contrôleur intégré. Lorsqu'un contrôleur est intégré, on parle de module LCD. Le contrôleur LCD est le circuit de commande de l'afficheur qui va gérer la gestion du module LCD et la gestion de la communication avec les commandes extérieures. L'afficheur est alimenté en 5V. La broche contraste (focus) va permettre, via le réglage d'un potentiomètre, de régler le contraste de l'afficheur.



Fig. III. 12 : Afficheur LCD.

- **Brochage :**

Au-dessus de l'écran à cristaux liquide, on trouve les broches suivantes :

- ✓ La broche 1 (**Vss**) ; masse.
- ✓ La broche 2 (**Vcc**) ; pour l'alimentation de 5.
- ✓ La broche 3 (**Vee**) ; contraste (focus);
- ✓ La broche 4 (**RS**); sélection de mode écriture ou lecteur ;
- ✓ La broche 5 (**R/W**); indique le sens du transfert des données ;
- ✓ La broche 6 (**E**); Enable. Cycle d'écriture ; l'état du bus de données est pris en compte au niveaux bas de ce signal.

Cycle de lecture ; la donnée est fournie pendant l'état haut de ce signal.

- ✓ Les broches 7 à 14 (**D7 à D14**) ; utilisées pour les transferts donnés ou des instructions. Le transfert peut se faire sur 8 bits alors on utilisera toutes les broches, ou sur 4bits, dans ce cas-là, seules les broches 11 à 14 sont utilisées.
- ✓ Les broches 15 et 16 ; sont pour les LED de rétroéclairage.

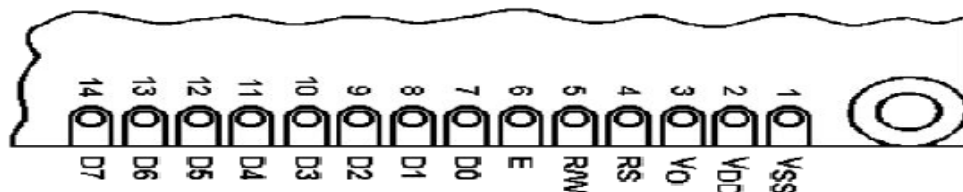


Fig. III.13 : Les broches de l'afficheur LCD 2x16

- **Fonctionnement :**

Un afficheur LCD est conçu pour afficher tous les caractères alphanumériques et quelques symboles supplémentaires. Pour certains afficheurs, il est même possible de créer ses propres caractères.

Chaque caractère est identifié par son code ASCII qu'il faut envoyer sur les lignes D_0 à D_7 c-à-dire les broches 7 à 14. Ces lignes sont utilisées pour la gestion de l'afficheur avec l'envoi d'instruction de l'écran telles que l'écriture dans la ligne une ou la ligne deux, ou l'effacement de l'écran et le sens de défilement du curseur.

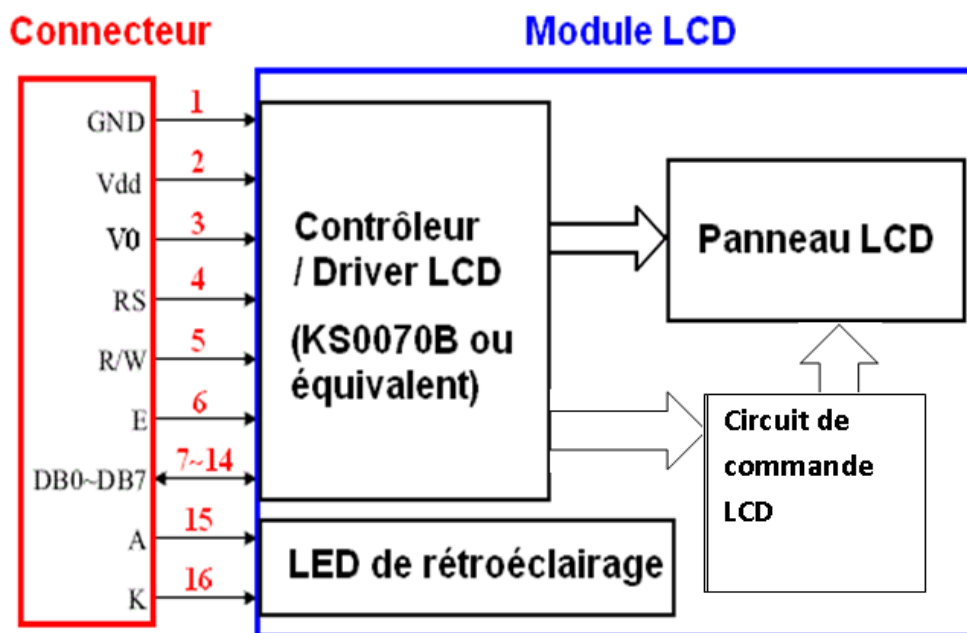


Fig. III.14 : Architecture fonctionnelle d'un afficheur à accès parallèle 2 lignes de 16 caractères.

Le tableau suivant, illustre quelques fonctions à réaliser et les positions des bits D0 à D7 selon la fonction à réaliser.

Fonction réalisée	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Effacement de l'écran	0	0	0	0	0	0	0	1
Positionner le curseur en début de 1 ^{ère} ligne	0	0	0	0	0	0	1	*
Sélection du mode d'affichage	0	0	0	0	0	1	a	b
Contrôle de l'affichage « ON » « OFF »	0	0	0	0	1	c	d	e
Déplacement de l'afficheur	0	0	0	1	f	g	*	*
Paramétrage de l'afficheur	0	0	1	h	i	j	*	*
Adresse du générateur de caractère	0	1	Caractère	Car	Car	Rangée	Ran	Ran
Adresse du générateur de caractère	1	0	Adresse	Adr	Adr	Adr	Adr	Adr

Tableau III.2 : exemple de quelques fonctions utilisées pour l'affichage.

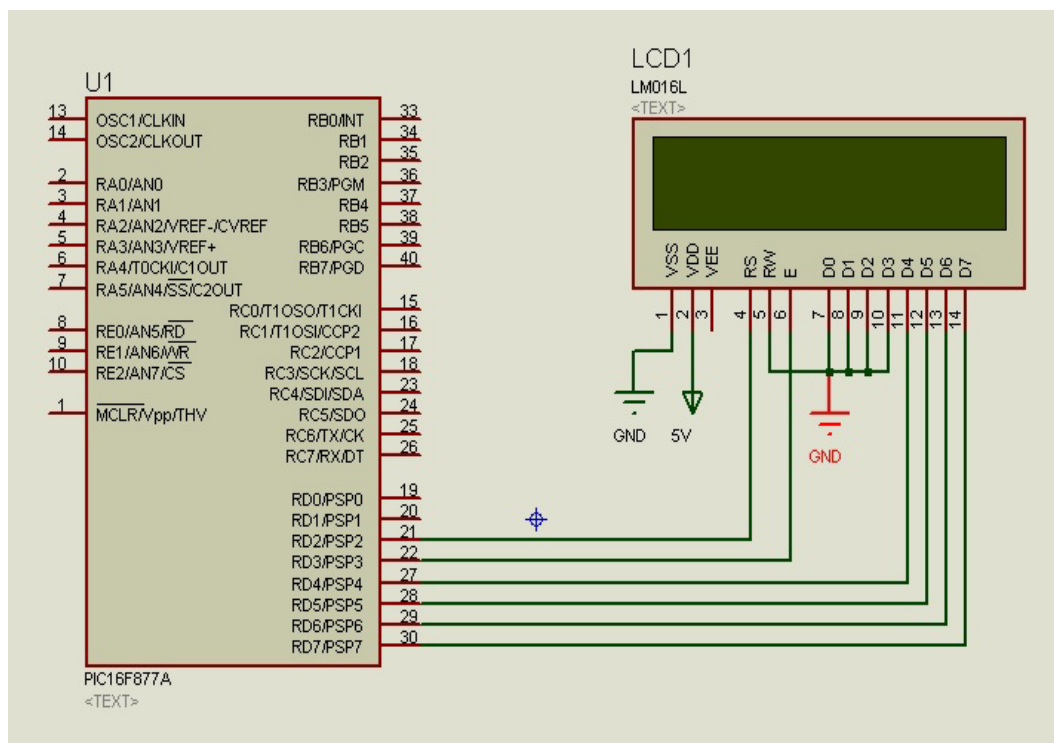


Fig. III.15 : Le branchement de l'afficheur LCD avec le PIC16F877A.

III. 5. Alimentation de la carte d'acquisition :

Le terme d'alimentation électrique désigne un ensemble de systèmes capables de fournir de l'électricité aux appareils fonctionnant avec cette énergie.

Une alimentation électrique est, en particulier, un appareil ou appareillage plus ou moins complexe, destiné à fournir de l'électricité, à partir d'un réseau électrique à un autre appareil.

Le bloc d'alimentation qu'on utilise dans notre cas, alimente d'une tension de 12V et qui délivre une tension stabilisée de +5V pour l'afficheur, le microcontrôleur 16F877A et le MAX232.

La figure suivante représente le bloc d'alimentation de la carte.

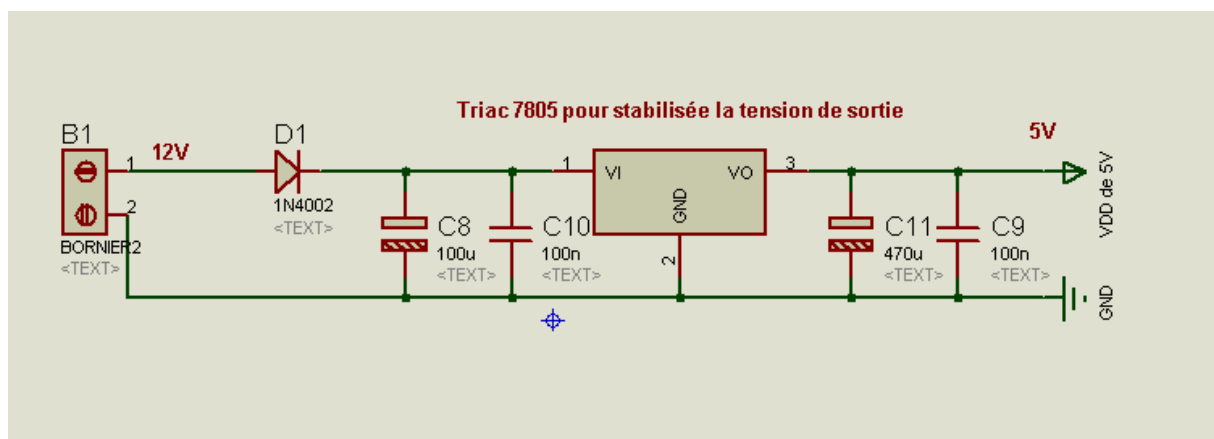


Fig. III.16 : Bloc d'alimentation.

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait une petite initiation concernant les différents étages du dispositif en donnant une idée générale sur les caractéristiques techniques et le brochage de chaque composant.

Introduction :

Dans ce chapitre, on va présenter une description de notre carte d'acquisition, et on va expliquer le fonctionnement de chaque partie de la carte, ainsi que, l'organigramme et le programme qui va assurer le fonctionnement de la carte.

IV. Fonctionnement de la carte d'acquisition :

La gestion de différentes tâches de la carte d'acquisition est assurée par le PIC 16F877 qui est l'élément indispensable au fonctionnement de la carte. Il permet la conversion des signaux électriques issus des capteurs du banc d'essai en signaux numériques, les valeurs converties sont affichées sur un afficheur LCD, le pic assure aussi le transfert de données de la carte vers le PC par l'intermédiaire d'une liaison RS232 et pour cela on a relié un MAX232 au pic pour permettre la transmission de données vers le PC par une fiche DB9. Tout le dispositif est alimenté par une alimentation stabilisée par un triac 7805 de 5V. Un bouton poussoir STAR pour commencer la conversion et l'envoi des valeurs au MAX232 et l'afficheur LCD, le bouton poussoir STOP pour arrêter le fonctionnement de la carte, et un bouton poussoir RESET pour la réinitialisée.

IV.2. Organigramme de fonctionnement de la carte :**IV.2.1. Déclarations des variables :**

Les différentes variables utilisées dans notre programme sont définies ci-dessous :

Float L=0; pour le capteur de déplacement LVDT, la valeur numériser sur la pin AN0.

Float J=0; pour la jauge extensométrie, la valeur numériser sur la pin AN1.

Float T=0; pour le thermocouple, la valeur numériser sur la pin AN4.

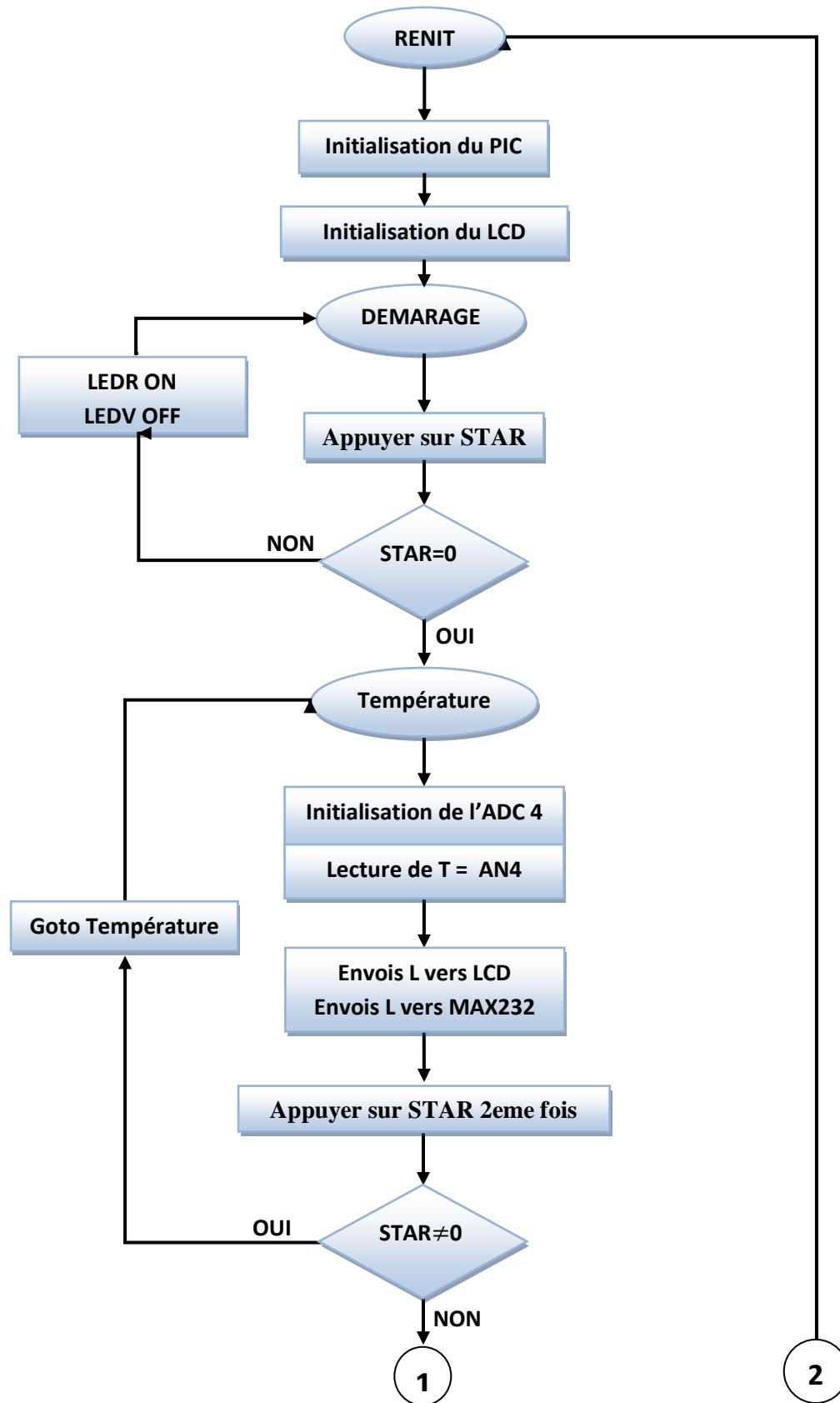
Bit STAR = 0x06.0; un bouton poussoir branche sur la pin RB0.

Bit STOP = 0x06.1; un bouton poussoir branche sur la pin RB1.

Bit LEDV = 0x06.4; une LED indique que la carte en marche, branche sur la pin RB4.

Bit LEDR = 0x06.5; une LED indique que la carte en arrêt, brancher sur la pin RB5.

La figure suivante illustre l'organigramme de fonctionnement de la carte :



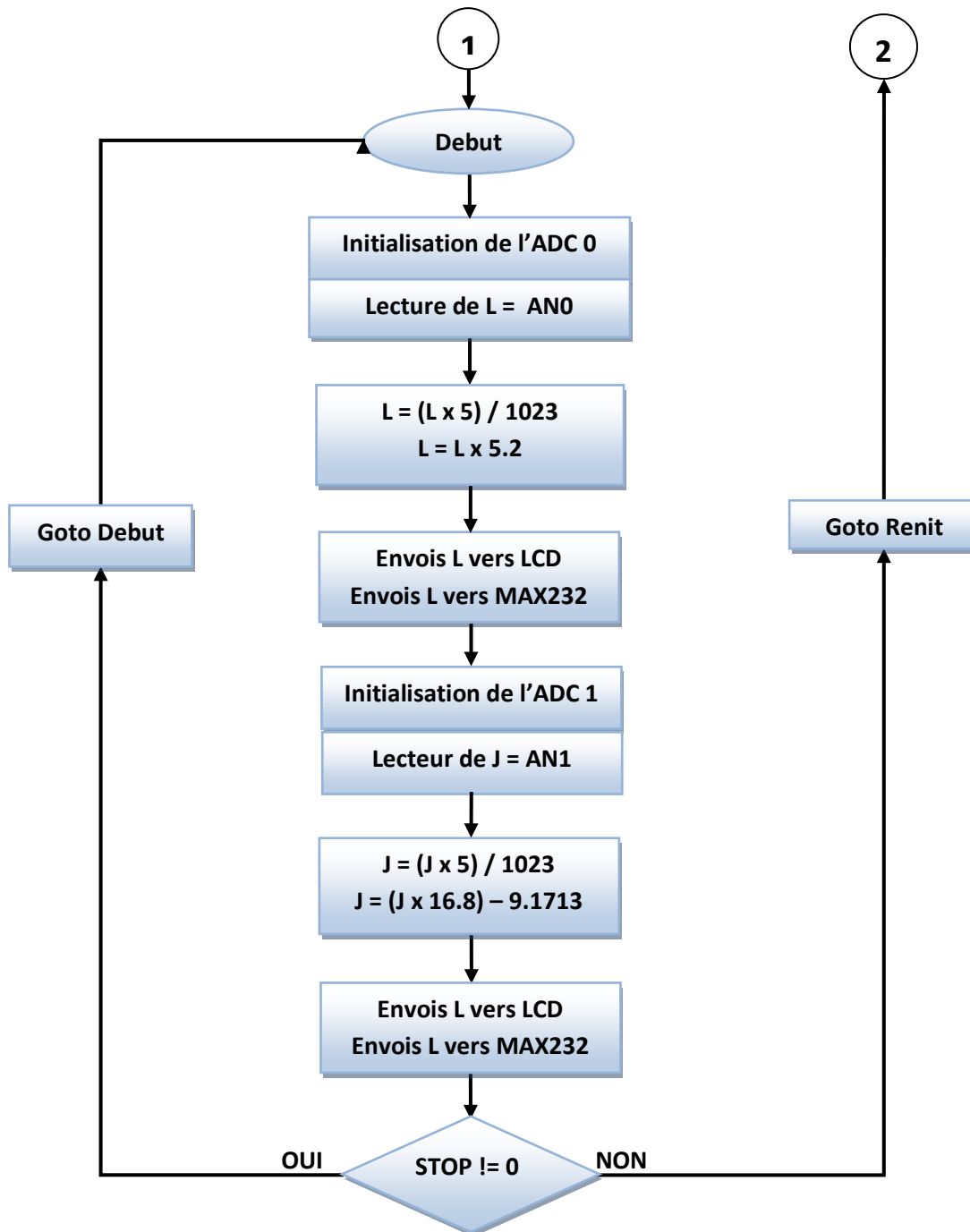


Fig. IV.1. Organigramme du programme du pic 16F877A.

IV.3. Programme du pic 16F877A :

Le PIC se charge d'exécuter les instructions du programme afin de réaliser les tâches souhaitées pour l'acquisition des données. L'exécution du programme se fait par étape comme suit :

- ❖ Déclaration des variables et constantes et les pilotes :

#include "D:\MEMOIRE\Pic\PIC2\PROG D'AQUUI.h"	}	Insertion des pilotes .
#include "Flex_LCD.c"		
#include "valeur.c"		
#bit STAR = 0x06.0	}	L'adresse du PORTB du pic est 0x06, on affecte une adresse pour chaque pin du port B.
#bit STOP = 0x06.1		
#bit LEDV = 0x06.4		
#bit LEDR = 0x06.5		
#bit LEDJ = 0x06.6		
#byte TRISB = 0xff		le port B est en entrée.

- ❖ Initialisation du pic, le convertisseur ADC et l'afficheur LCD.

void main()	fonction principale	
{		
RENIT:	Etiquette 1	
Setup_adc_ports(AN0_AN1_AN2_AN4_VSS_VREF);	}	Configuration des différentes fonctions du PIC
Setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);		
Setup_psp(PSP_DISABLED);		
Setup_spi(SPI_SS_DISABLED);		
Setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);		
Setup_timer_1(T1_DISABLED);		
Setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);		
Setup_comparator(NC_NC_NC_NC);		
Setup_vref(FALSE);		
lcd_init();	initialiser l'afficheur LCD	

- ❖ Teste du bit STAR pour démarre la lecture de température avant l'acquisition.

<pre> DEMARAGE: Lcd_gotoxy(1,1); Printf(lcd_putc, " App sur STAR "); if (STAR !=0) { output_high (pin_b4); output_low (pin_b5); Delay_ms (1000); goto Température; } else { output_high (pin_b5); output_low (pin_b4); goto DEMARAGE; } </pre>	<p>Étiquette 2</p> <p>Condition Si le bit STAR et égale a 0 un saut vers l'étiquette début pour commence l'acquisition, si non un retour a l'étiquette DEMARAGE.</p>
--	--

- ❖ Teste du bit STAR une deuxième fois pour démarre l'acquisition.

<pre> Temperature: set_adc_channel(4); T = read_adc (); T = ((T*5)/1024); T == Tc; lcd_gotoxy (1,1); printf(lcd_putc," Temp =%f C\n",T); printf("Temp =%2.2f C",T); lcd_gotoxy (2,2); printf(lcd_putc," App sur STAR "); if (STAR!=0) { goto Temperature; } Else { goto debut; } </pre>	<p>Etiquette 3</p> <p>Lecture de la température avant le début de l'acquisition.</p> <p>Envois des valeur a l'afficheur LCD et au max232</p> <p>Tant que le bit STAR est différent de 0, le pic affiche la température, si on souhaite commencer l'acquisition si on appuis sur STAR l'acquisition commence.</p>
---	--

- ❖ Si le bit STAR est égale à 0 pour la deuxième fois, la conversion et l'acquisition commence à partir de l'étiquette début.

Debut:	}	Etiquette 4
set_adc_channel(0);		Début de la conversion des signaux analogique
L = read_adc ();	}	Envois des valeur a l'afficheur LCD et au max232
L = ((L*5)/ 1023);		
L = (L* 5.2);	}	Tempo risation
lcd_gotoxy(1,1);		
printf(lcd_putc," DEP=%3.4fmm\n",L);	}	Envois des valeur a l'afficheur LCD et au max232
printf(" Dep = %3.4fmm ",L);		
delay_ms(400);	}	Début de la conversion des signaux analogique
set_adc_channel(1);		
J = read_adc ();	}	Envois des valeur a l'afficheur LCD et au max232
J = ((J * 5)/ 1023);		
J = ((J * 16.8)-9.1713);	}	Tempo risation
lcd_gotoxy (2,2);		
printf(lcd_putc,"POI=%3.4fKg\n",J);	}	Condition Si le bit STOP est différent de 0, un saut vers l'étiquette début si non un saut vers l'étiquette RENIT
printf(" Poi =%3.4fKg ",J);		
delay_ms(400);	}	
if (STOP!=0)		
{	}	
goto debut;		
}	}	
else		
{	}	
goto RENIT;		

IV.4. Écriture et transfert du programme dans le PIC :

L'écriture du programme pour le PIC se fait dans le compilateur CCS avec le langage C, nous l'écrivons d'abord sous forme littéral, après la compilation, un fichier hexadécimal sera créé automatiquement et enfin on le transfère vers la mémoire du PIC en utilisant le logiciel WinPic800.

IV.4.1 Utilisation du logiciel CCS :

Pour l'écriture de code source du PIC, nous utilisons l'éditeur de texte du logiciel CCS. La figure suivante donne le premier écran qu'on obtient après le lancement du logiciel. En créant un dossier vide où le programme sera enregistré. On lance le logiciel et en cliquant sur les boutons « Projet », « PIC Wizard » simultanément une fenêtre apparaît où le programme c'est enregistré (dossier vide).

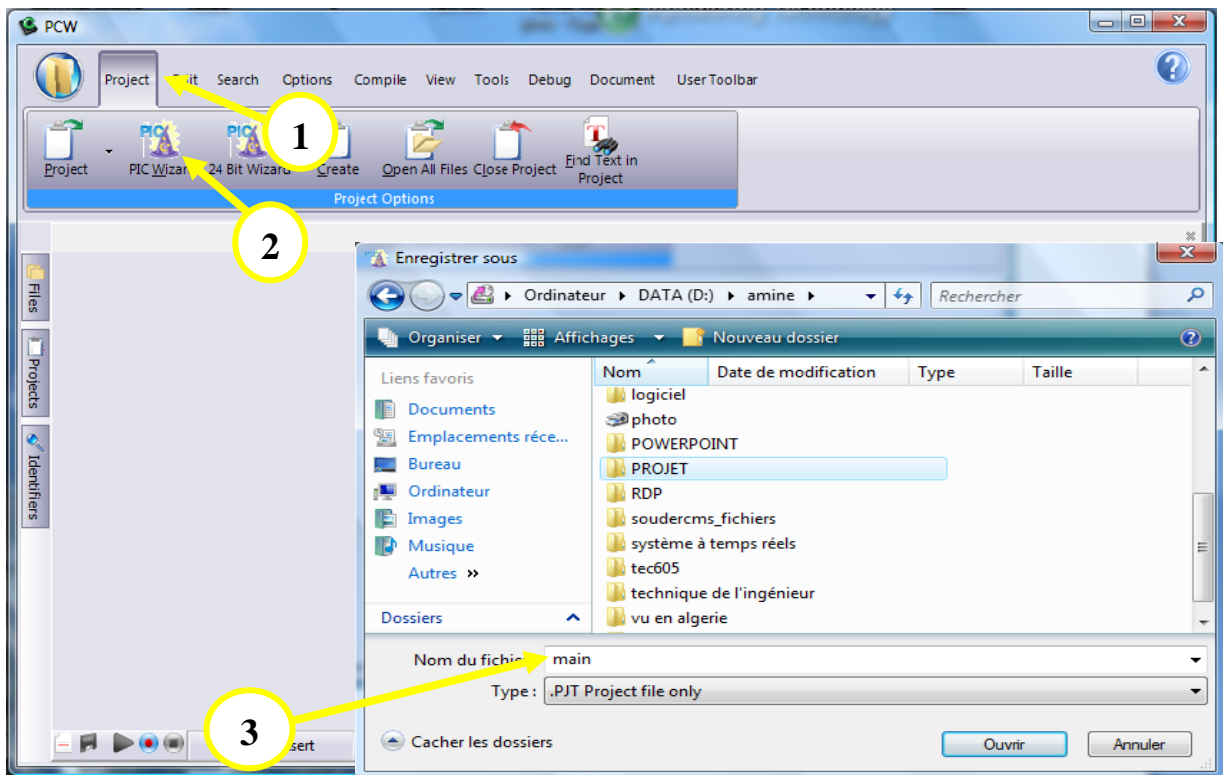


Fig. IV.2. Création et enregistrement du programme.

Ensuite, une fenêtre de configuration du pic apparaît, qui est constitué de deux parties : l'une (à gauche) pour choisir le bloc de configuration du PIC, et l'autre (à droite) les choix de configuration, on prend l'exemple de la figure IV.2. et IV.3

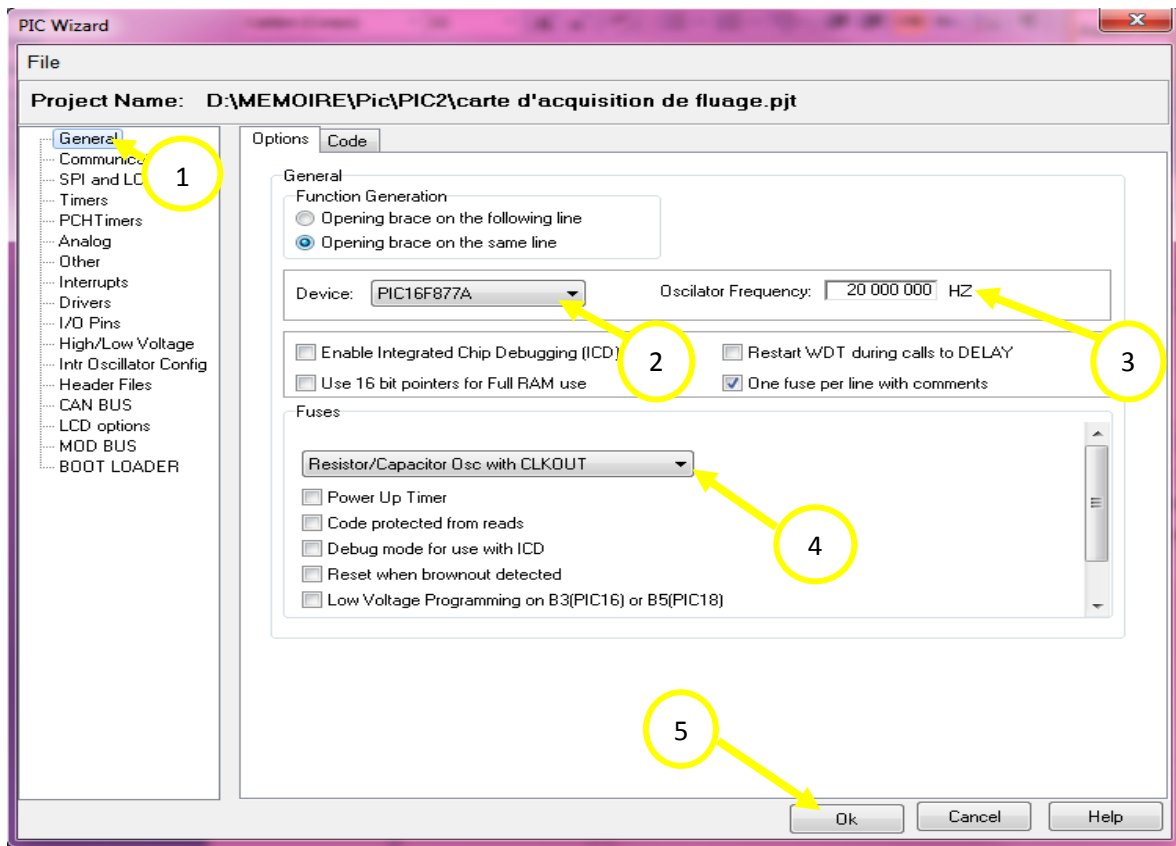


Fig. IV.3. Configuration du PIC par logiciel.

Et enfin, la dernière fenêtre (Fig. IV.4) est la fenêtre d'éditeur de texte CCS (ou on saisit le texte du programme du pic). Et on finit par la compilation du programme (Fig. IV.6) :

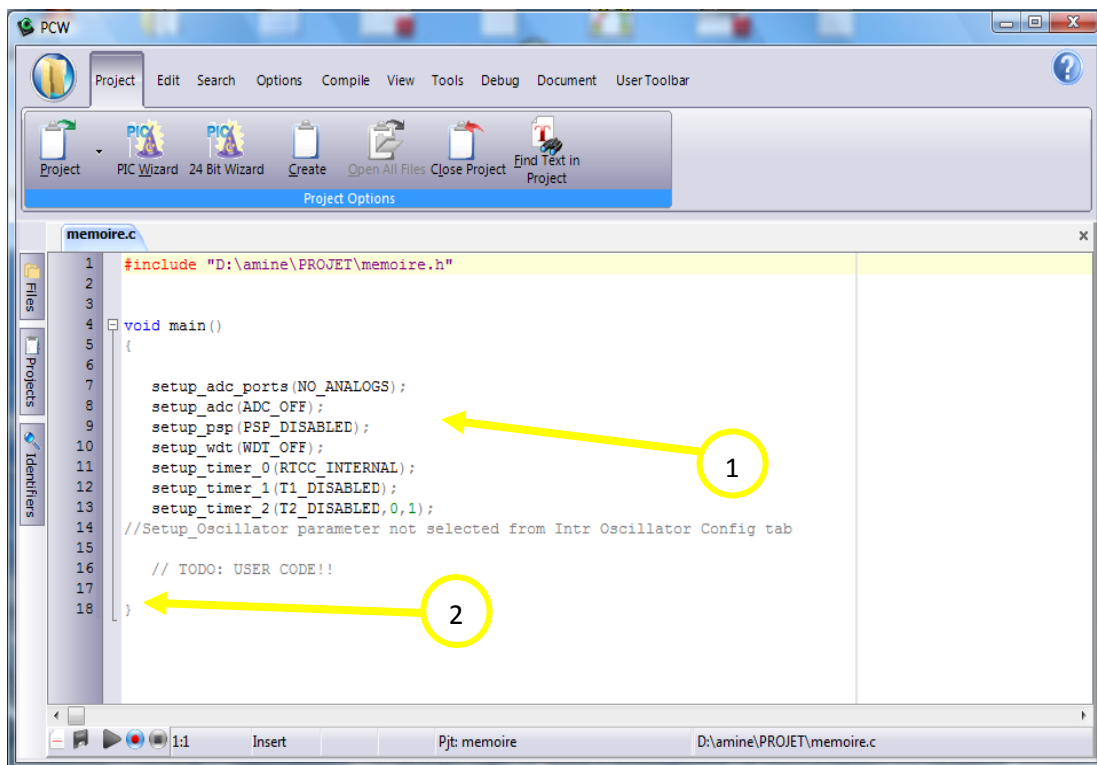


Fig. IV.4. Écriture du programme.

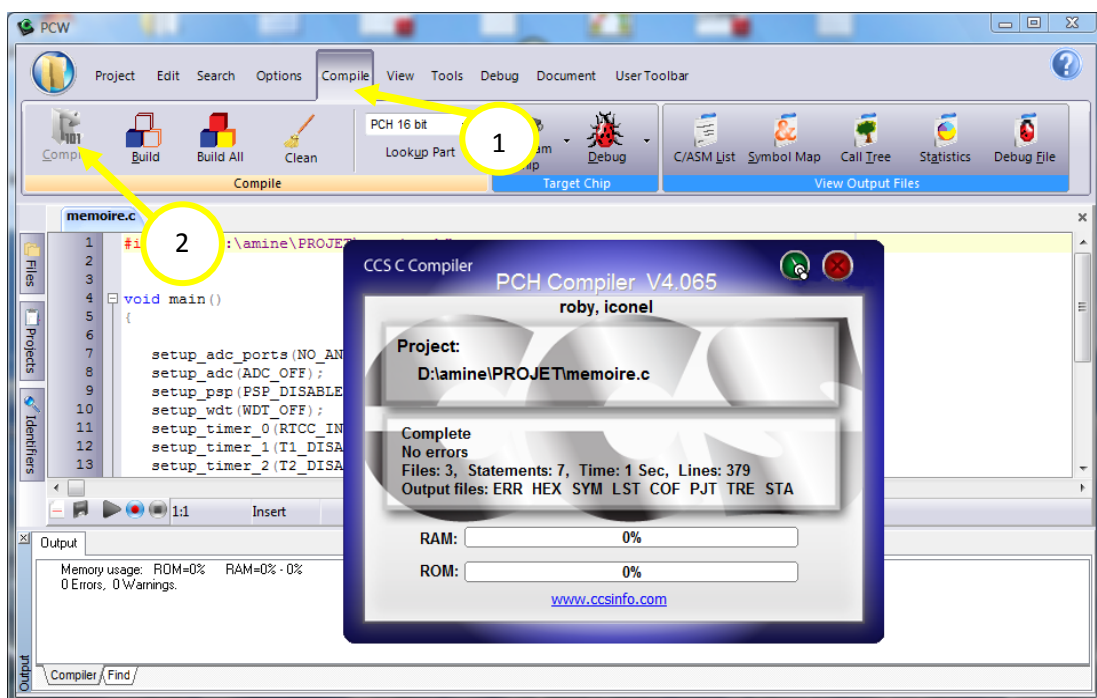


Fig. IV.5. Compilation du programme.

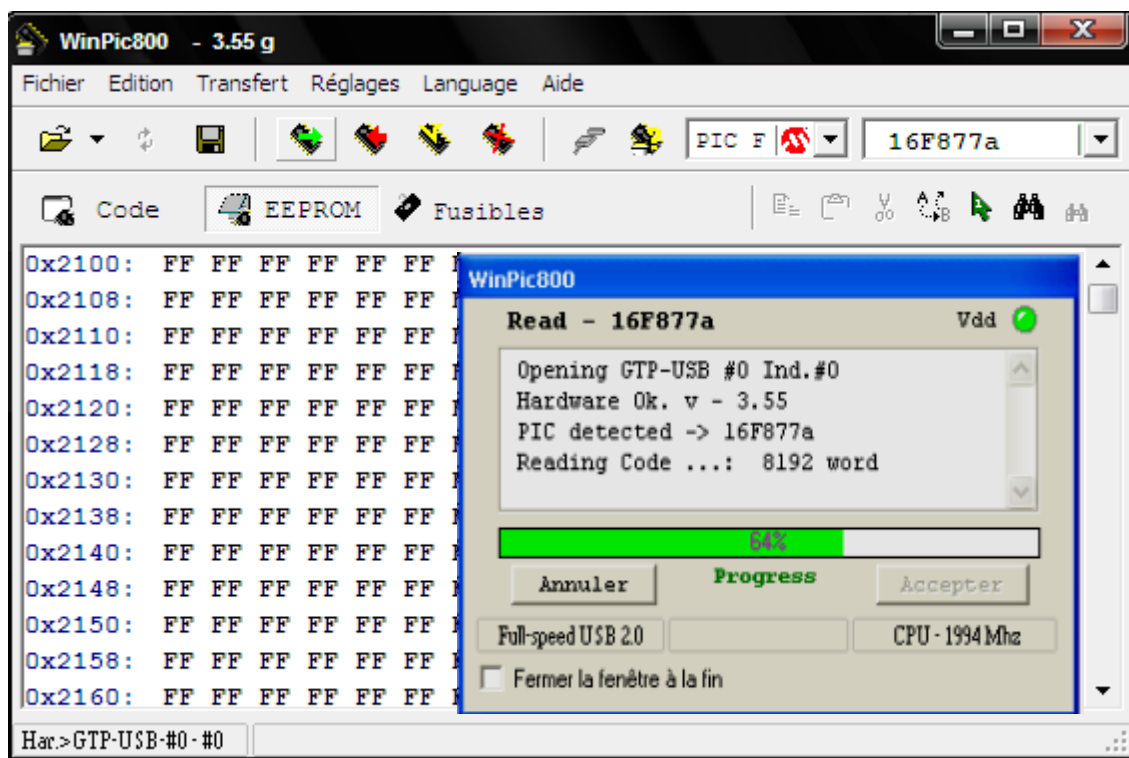


Fig. IV.6. Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G.

IV.5. Réalisation pratique :

Pour la réalisation pratique on est passé par deux étapes essentielles :

- Réalisation des circuits imprimés.
- L'implantation des composants.

IV.5.1. Circuit imprimé de la carte de commande:

Le circuit imprimé est présenté à la figure IV.7, il est réalisé par le logiciel de routage et de simulation électronique « ARES 7.7 ».

IV.5.1.1. L'insolation :

C'est une phase importante du processus de la réalisation d'un circuit imprimé. Il faudrait bien vérifier les points suivants :

- Le bon plaquage du typon sur la face sensible de la plaque.
- Le sens du typon (Face Cuivré ou non).
- La durée de l'insolation généralement 2 min 10 s.

IV.5.1.2. La gravure :

Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue après insolation dans le révélateur pour éliminer la résine fragilisée par les UV, puis on lave la plaque avec de l'eau, on la plonge dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine. Après avoir terminé on la rince avec de l'eau.

IV.5.1.3. Le perçage :

On fixe la plaque sur une planche en bois afin d'éviter tous mouvements de cette dernière pendant le perçage, et pour chaque diamètre des trous on choisit le foret qui convient.

IV.5.2. Implantation des composants de la carte d'acquisition :

Dans cette partie, on fait la présentation des composants sur la carte dans leur place.

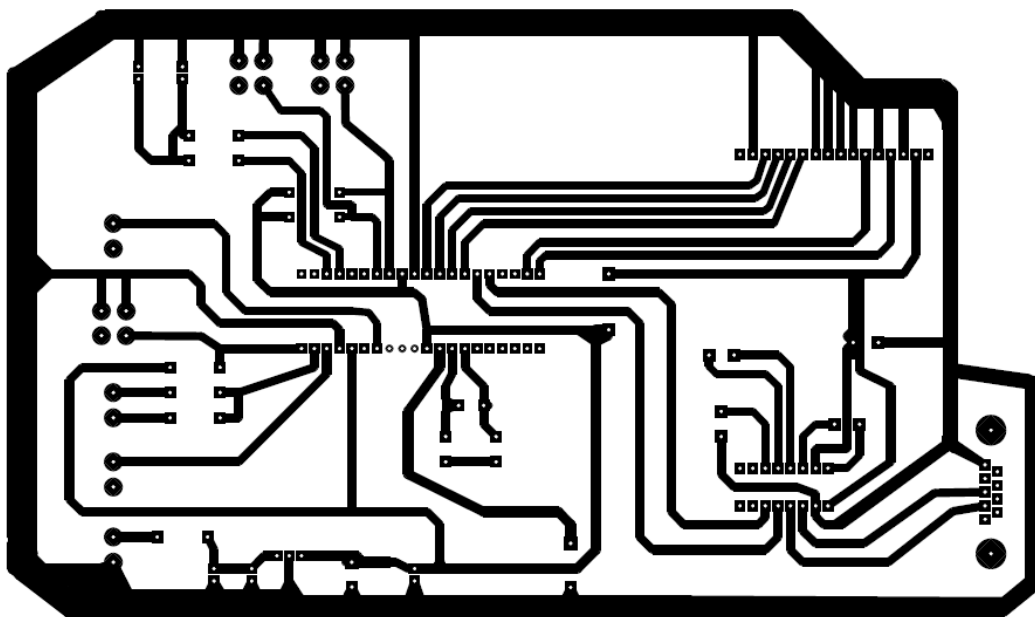


Fig. IV.7. Le circuit imprimé de notre circuit coté cuivre.

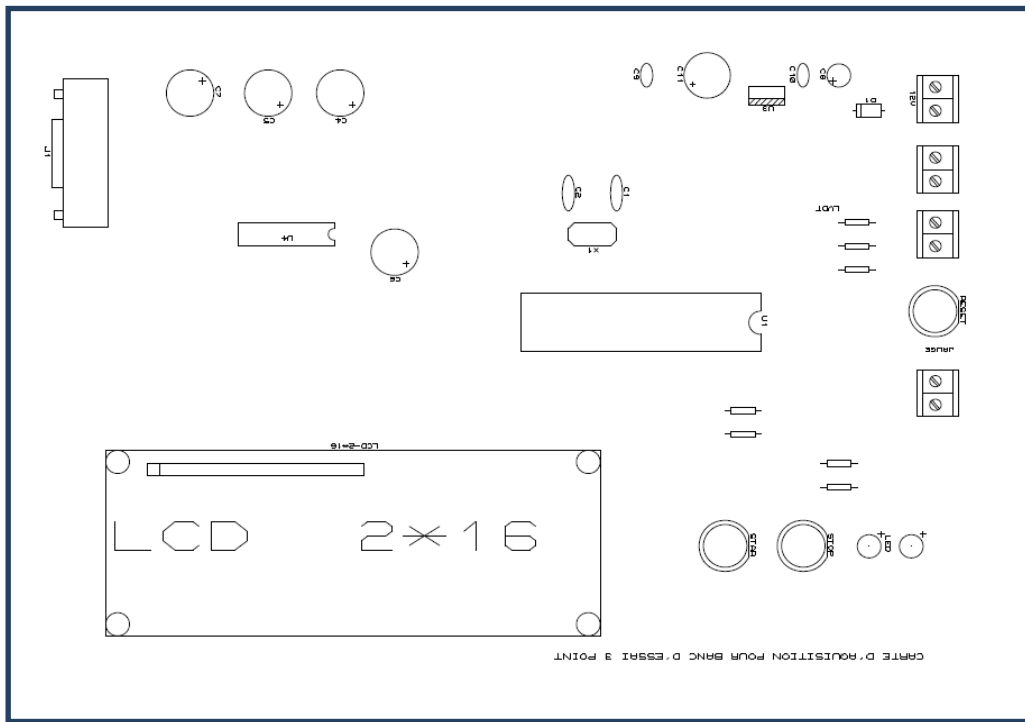
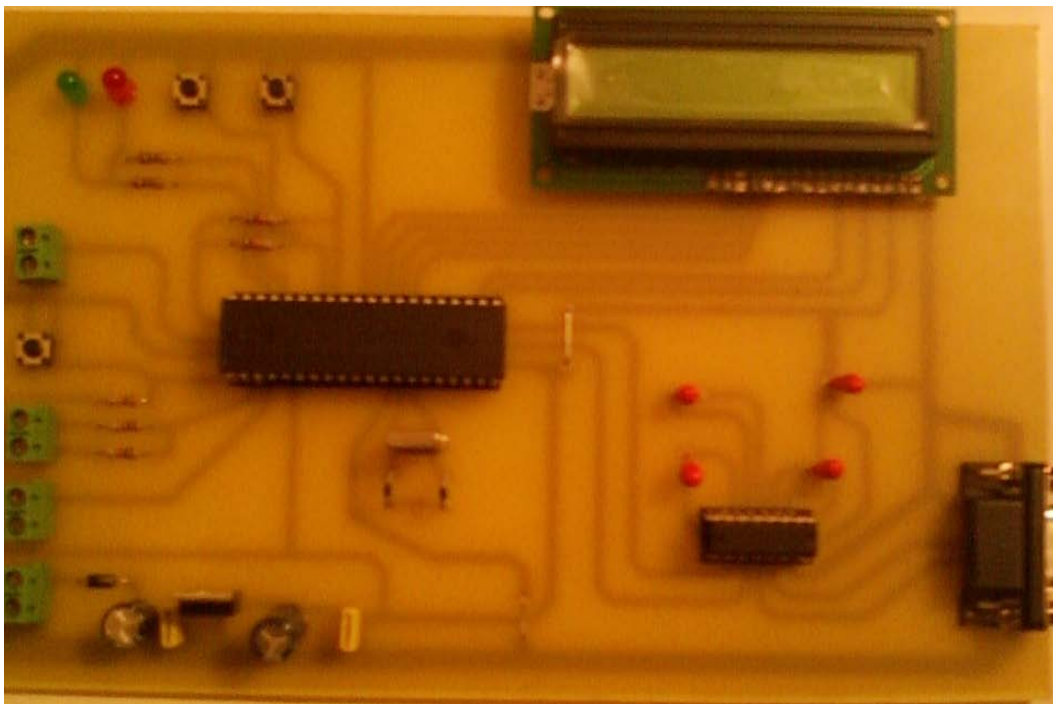


Fig. IV.8. Implantation des composants.

La figure suivante illustre un aperçu de la carte d'acquisition



IV.9. Photo de la carte d'acquisition.

IV.6. Liste des composant de la carte d'acquisition.Affichage à cristaux liquides 2.DSN du circuit 3 ;

Titre de conception : Circuit 3 LCD 2.DSN.

7 Résistance;

Quantity:	References:	Value:	Order Code
2	R1, R2	1.0K	Digikey P1.0KYTR-ND.
2	R3, R4	1K	Digikey P1.0KYTR-ND.
2	R5, R6	100	Digikey P1.0KYTR-ND.
1	R7	10k	Digikey P1.0KYTR-ND.

10 Capacities;

Quantity:	References:	Value:	Order Code.
2	C1, C2	15p	Maplin WX46A.
4	C4-C7	1u	Maplin WW60Q.
1	C8	100u	Maplin KQ69A.
2	C9, C10	100n	Farnell 316-581.
1	C11	470u	Maplin UQ43W.

3 Circuit intégré ;

Quantity:	References	Value	Order Code
1	U1	PIC16F877A.	
1	U3	TRIAC 7805.	
1	U4	MAX232.	

1 Diodes ;

Quantity:	References	Value	Order Code
1	D1.		

9 Divers:

Quantity:	References	Value	Order Code.
3	B1	BORNIER2.	
3	Bouton poussoir.		
1	J1	CONN-D9M.	
1	LCD-2*16	LM016L.	
1	X1	Quartz.	

Conclusion :

Dans cette dernière partie de projet, nous avons eu l'occasion d'utiliser une diversité de matériels et logiciels, ce que nous a permis la réalisation et la programmation de notre carte.

Conclusion générale :

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 l'afficheur LCD; les résultats obtenus sont plutôt satisfaisants, et de même pour la transmission des données de la carte d'acquisition vers un ordinateur, nous avons pu établir une connexion entre la carte d'acquisition et le 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 technologie.

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

Références bibliographiques.

❖ Livres et revues:

- [1] Thèse de Magistère, Contribution à l'étude du comportement mécanique en fluage de matériaux composite à matrice organique en milieu contrôlé.
- [2] Stéphane DURAND, Capteur de déplacement (Technique de l'ingénieur).
- [3] Marc CORREVON, Capteur Inductif de position LVDT, RVDT, INDUCTOSYN : Conditionnement et traitement du signale (ours HOS.SO).
- [4] Gwenaëlle TOULMENT, Capteur de Position et de déplacement.
- [5] P.Poulichet, Conditionnement du signal du capteur.
- [6] J-Marc COOLAGE, Choix d'une carte d'acquisition de données (Mesures.physiques.free.fr).
- [7] Jean-Luc LEGDER, Capteur à jauge extenso-métriques (Technique de l'ingénieur).
- [8] Jean-Luc LEGDER, Extensométrie (Technique de l'ingénieur).
- [9] Michel-Roger MOREAU, Force, Couple (Technique de l'ingénieur).
- [10] Microchip Technology Inc, Data Sheet Pic 16F877.

❖ Sites internet et liens :

<http://www.roboticus.org/>

<http://www.hilgraeve.com/hpe/download.html>

Résumé :

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 influence dans le monde industriel. En outre, le recours aux différents types des secteurs est devenu un besoin impératif ; et dans ce cadre-là que on peut inclure la convention signe entre le département de génie mécanique et l'office national d'appareillages et accessoires pour personnes handicapée (O.N.A.A.P.H) et dans ce même concept de complémentarité entre les différent secteur, le domaine de l'électronique joue un rôle très important vu ces multiples avantages de fonctionnalités et son apport très important à l'amélioration des procédés industriels .Le but de notre travail, est de réalisé une carte d'acquisition qui sera installé sur un banc d'essai mécanique pour la caractérisation des matériaux composites.