

# وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE FERHAT ABBAS -SETIF

Faculté de Technologie

Département d'électrotechnique



جامعة فرحات عباس سطيف

كلية التكنولوجيا

قسم: الالكتروتقنية

## Mémoire de Master

No. Réf. : ...../...../2012

Présenté au Département d'électrotechnique

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Automatique

Spécialité : Commande des processus industriels

Réalisé par :

M. / LOUHAB Zineddine

Thème

***Commande de la torche à plasma par logiciel labview et la carte national instrument (NI-6008)***

*Soutenu le 26/06/2012 devant la commission d'examen composée de :*

M. SAIT Belkacem	MCA	à l'Université de Sétif	Président
M. ABDELAZIZ Mourad	MCA	à l'Université de Sétif	Directeur du Mémoire
Mme.LATRACHE Samia	MAA	à l'Université de Sétif	Examineur
M. BOUSAADIA Fethi	MAB	à l'Université de Sétif	Examineur

## *Dédicaces*

---

---

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Je dédie ce modeste travail

A mes chers frères :

**Abdelbaki, Choib, ayoub, Ishak**

A ma sœur : **Faiza**

A mes chers amis

A mon promoteurs et enseignants

A la promotion de l'année 2011/2012 option « automatique »

A tous qui nous ont aidés de loin ou de près à faire ce modeste travail.

« **Les racines de l'éducation sont amères, mais ses fruits sont doux.** »

Aristote

**Louhab zineddine**

---

## *Remerciements*

---

Je tiens à remercier, en tout premier lieu, Dr. *Abdelaziz Mourad* Directeur de ce mémoire.

Pour lequel je tiens à exprimer mes plus profondes reconnaissances pour sa disponibilité, son aide et ses conseils précieux ; je serai lui exprimer ma profonde gratitude.

Je remercie infiniment monsieur **halis Abderrahmane** qui ma aider a mon travail.

Je remercie également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail :

- Monsieur : SAIT Belkassem
- Madame : LATRACHE Samia
- Monsieur : BOUSAADIA Fethi

Sétif, le 20 /06 /2012

## Sommaire

INTRODUCTION GENERALE .....	XI
<i>Chapitre 01</i> .....	<i>1</i>
GENERALITE SUR LABVIEW .....	1
1.1. Introduction .....	1
1.2. Environnement de programmation Labview.....	2
1.2.1. Palette d'outils .....	3
1.2.2. Palettes de commandes « Control Palette » .....	4
1.2.3. Palette de fonctions .....	5
1.3. Les variables utilisées par Labview .....	5
1.4. Structures de programmation .....	6
1.4.1. Structure de contrôle : boucles For.....	6
1.4.2. Structure de contrôle : Boucles While (while Loop).....	7
1.4.3. Structure de contrôle : Condition (case).....	7
1.4.4. Structure de contrôle : Séquence.....	8
1.4.5. Les tableaux .....	8
1.5. Présentation de la carte d'acquisition USB ni 6008.....	9
1.5.1. Introduction sur la carte NI-6008 .....	9
1.5.2. Caractéristiques .....	10
1.5.3. Description des canaux des entrées analogiques.....	10
1.5.4. Description des canaux des sorties analogiques.....	11
1.5.5. Description des canaux des entrées / sorties numériques.....	12
1.6. Acquisition et restitution de données .....	12
1.6.1. Programme de pilotage des cartes : driver.....	12
1.6.2. Tests de bon fonctionnement du boîtier NI 6008.....	13
1.6.3. Exemple pour une application sur la temerature .....	15
1.7. Conclusion .....	15
<i>Chapitre 02</i> .....	<i>16</i>
LES TORCHES A PLASMAS .....	16
2.1. Introduction .....	16
2.2. Définition.....	16
2.3. Les plasmas thermiques et leur application.....	17
2.4. Les types de plasmas .....	17

2.4.1. Les plasmas de fusion.....	17
2.4.2. Les plasmas "froids" :.....	17
2.4.3. Les plasmas thermiques ou intermédiaires .....	18
2.5. Principe de création de plasma:.....	18
2.6. Les différents plasmas thermiques utilisés .....	19
2.6.1. Plasma à arc transféré.....	19
2.6.2. Plasma à arc non transféré.....	19
2.7. La torche à plasma.....	20
2.8. Principes de fonctionnement d'une torche à plasma à arc .....	20
2.9. L'influence du champ magnétique .....	21
2.10. Erosion des électrodes .....	21
2.11. Présentation générale d'un système plasma .....	21
2.11.1. Disposition d'un système plasma .....	21
2.11.2. Applications industrielles .....	22
2.11.3. Avantages du plasma : .....	23
2.11.4. Les problèmes connus à ce jour.....	23
2.12. Conclusion.....	23
 <i>Chapitre 03.....</i>	 <i>24</i>
 <b>COMMANDE DE LA TORCHE A PLASMA .....</b>	 <b>24</b>
3.1. Introduction .....	24
3.2. Exemple Acquisition des entrées et sorties analogiques .....	25
3.3. Diagramme (programme graphique).....	25
3.4. Diagramme (programme graphique) d'acquisition de deux signaux.....	26
3.5. Exemple commande d'une tension d'un multimètre : .....	27
3.6. Exemple de génération d'une tension et visualisation sur un oscilloscope .....	28
3.7. Etude expérimentale.....	29
3.7.1. La torche .....	29
3.7.2. Amorçage de l'arc.....	30
3.7.3. L'injection du gaz plasmagène.....	30
3.7.4. Système de refroidissement : .....	31
3.7.5. Alimentation électrique.....	31
3.8. Instruments de mesures.....	32
3.8.1. Capteur de tension.....	32
3.8.2. Shunt (100A-75mv).....	33
3.8.3. L'ordinateur et le logiciel d'acquisition.....	33
3.8.4. La chaîne globale d'acquisition d'une torche à plasma .....	33
3.9. Acquisition des signaux de tension et du courant de la torche.....	34

---

3.9.1. Essai d'une acquisition des signaux avec une seule bobine .....	34
3.10. Acquisition des courants et tensions d'arc par une source (PHWE).....	38
3.11. Caractéristiques d'arc électrique .....	40
3.12. Conclusion.....	42
CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES .....	43

## Liste des figures

Figure 1.1. Fonctions de bases proposées par l'environnement Labview. ....	2
Figure 1.2.fenêtre face avant et diagramme de bloc. ....	3
Figure 1.3. palette d'outils ("Tools"). ....	3
Figure 1.4.palette de commande « control palette ».....	4
Figure 1.5.Palette de fonctions. ....	5
Figure 1.6. Exemple d'une boucle For. ....	6
Figure 1.7. Exemple d'une boucle while. ....	7
Figure 1.8.Exemple d'une Structures Condition. ....	7
Figure 1.9.Exemple d'une structure de séquence.....	8
Figure 1.10. Structure d'un tableau. ....	8
Figure 1.11.vue de la carte USB-6008 NI.....	9
Figure 1.12.circuit entrée analogique. ....	10
Figure 1.13. circuit sortie analogique.....	11
Figure 1.14 .circuit Entrée/ sortie numériques. ....	12
Figure 1.15.Icône Measurement and Automation Explorer .....	13
Figure 1.16. Périphérique NI-DAQmx .....	14
Figure 1.17. Périphérique NI6008 .....	14
Figure 1.18. Panneau de test du boîtier NI6008 .....	14
Figure 1.19. code graphique (température) .....	15
Figure 1.20. Allure température .....	15
Figure 2.2. Plasma soufflé.....	19
Figure 2.1. plasma transféré.....	19
Figure 2.3. coupe d'une torche a plasma non-transféré.....	20
Figure 2.4.Les différents éléments qui composent un système plasma .....	22
Figure 3.1. Photo- Montage acquisition d'une tension .....	25
Figure 3.2. Schéma du bloc diagramme de notre VI .....	25
Figure 3.3. Face avant d'une tension sinusoïdale .....	26
Figure 3.4. Schéma du bloc diagramme de notre VI .....	26
Figure 3.5. Face avant de notre programme graphique .....	27
Figure 3.6.Face avant (commande d'une tension par voltmètre) .....	27
Figure 3.7. Schéma du bloc diagramme de notre VI .....	28

---

Figure 3.8.Photo montage de manipulation de notre VI.....	28
Figure 3.9. Face avant (générer un signal dans oscilloscope).....	28
Figure 3.10. Diagramme graphique de notre VI.....	29
Figure 3.11. Photo montage pour générer un signale de la tension.....	29
Figure 3.12.Représentation générale de la torche à plasma du(QUERE).....	30
Figure 3.13. Coupe de la chambre d'injection d'air.....	30
Figure 3.14. Système de refroidissement de la torche.....	31
Figure 3.15. Photo de montage utilisé dans l'étude expérimentale.....	32
Figure 3.16. Schéma de principe de l'alimentation électrique d'une torche plasma.....	32
Figure 3.17.Le montage expérimental dans sa globalité.....	33
Figure 3.18. bobine.....	34
Figure 3.19.Tension à vide de source FIMER.....	35
Figure 3.20. Tension redressé à vide.....	35
Figure 3.21. Courant redressé d'arc (source FIMER).....	36
Figure 3.22.Allure variation du courant d'arc sous Labview.....	36
Figure 3.23. Programme (code graphique) pour acquisition le courant d'arc.....	37
Figure 3.24. Face avant d'une acquisition du courant d'arc.....	37
Figure 3.25. Allure du courant d'arc redressé sous Labview.....	38
Figure 3.26. Diagramme graphique d'acquisition du courant et tension.....	38
Figure 3.27.Allure courant d'arc sous Labview.....	39
Figure 3.28. Allure Tension d'arc sous Labview.....	39
Figure 3.29. Allure puissance d'arc.....	40
Figure 3.30. Allure du courant d'arc sous labview.....	41
Figure 3.31.Photo - Développement du jet de plasma de la torche.....	42

---

## *Liste des tableaux*

---

Tableau 1.1 caractéristiques de la carte USB NI-6008 .....	10
Tableau 3.1 Caractéristiques d'arc électrique .....	41

---

## Listes des Acronymes et Symboles

---

### Acronymes

DAQ	Digital Analog acquisition .Acquisition de données
DEE	Dynamic data exchange
DLL	Dynamic Link Library
E/S	Entrée /Sortie
GPIB	General Purpose Interface Bus
labview	Laboratory Virtual instrument engineering Workbench
NI-DAQ	driver complet livré avec tous les matérielles DAQ de national instrument
PXI	PCI extension for instrumentation. Extension des ordinateurs de type PC pour l'instrumentation
SCXI	Signale conditionning extension for instrumentation
TCP	transmission control Protocol
VI	Virtual instrument
VISA	Virtual instrument software architecture
VXI	extensions du bus VME pour l'instrumentation
RS232	interface série recommanded standard
SQL	standardized query language
SGL	Standard General Ledger
CSG	Constructive Solid Geometry
Kech/S	kiloechantion par second

### Symboles

m	mètre
s	second
kg	kilogramme
A	ampère
V	volts
K	kelvin

# INTRODUCTION GENERALE

---

Les maîtres mots du monde industriel sont : qualité, productivité et rentabilité .Cependant, il ne faut pas oublier que tout en optimisant ces critères de performances et ceci malgré la complexité croissante de l'outil de production, la sécurité des personnels, ainsi que celle de l'outil de fabrication, doivent être en tout premier lieu assurées.

Nous avons souvent besoin d'allier un système électronique à une application logicielle via un port d'entrée /sortie de l'ordinateur. On peut utiliser la porte parallèle, le porte USB. Les diversités des circuits et des systèmes utilisant la communication avec le PC a posé le problème de gestion, pour assurer une meilleure fonctionnalité des circuits utilisant la communication série, une interface avec un outil de programmation est nécessaire

Ce travail a pour but la conception d'une interface Pc avec la carte **USB NI-6008** pour acquisition des signaux de la tension et l'intensité d'arc et contrôler une torche à plasma.

Notre travail est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre présente généralité sur le logiciel Labview et la carte USB-NI 6008

Le deuxième chapitre est consacré à la torche à plasma

Le troisième chapitre est consacré à la réalisation pratique d'une interface hardware et software pour le contrôle d'une torche à plasma.

# Chapitre 01

## GENERALITE SUR LABVIEW

---

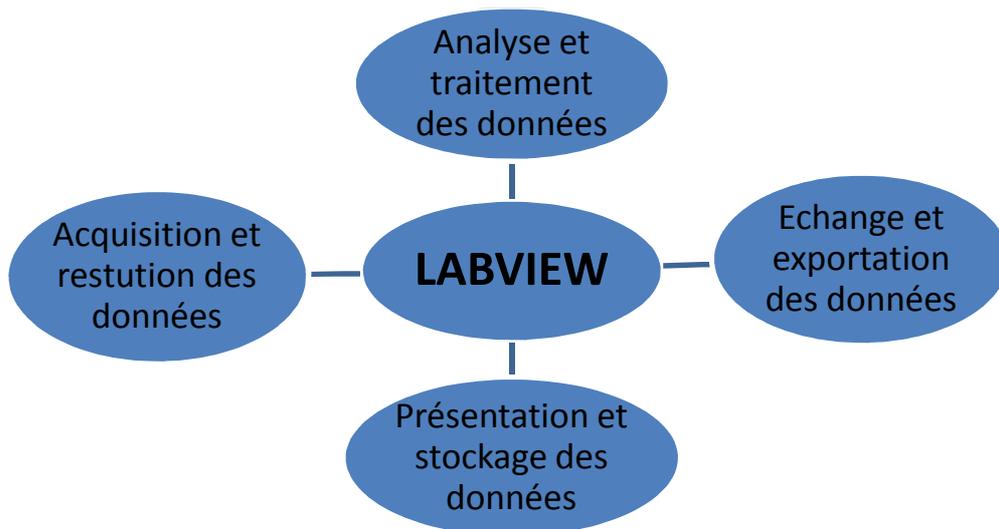
### 1.1. Introduction

Le langage de programmation graphique appelé **Labview** (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench) est un logiciel de développement de programmes d'applications de tests et mesures automatisés. **Labview** n'utilise pas comme les autres langages de programmation, un langage (codage) source sous forme de texte mais un langage de programmation (on pourrait parler de description) graphique **G**. Les différents fonctions du programme son repérées par des icones reliées entre elles par un fil.

Ce langage de programmation permet de développer des applications sans connaissances approfondies de l'informatique : le programmeur n'écrit pas un programme mais câble une application l'écran **Labview** est toute fois un logiciel de programmation puissant qui permet de développer des applications complexes avec, gestion des échanges de données vers d'autre application (**DDE**, **TCP** ... et sur commande d'instruments **RS232**, **GPIB**, **VXI**, **VISA** ou **IVI**) ou acquisition /génération de données (**DAQ**).

**Labview** est un premier langage de programmation graphique destinées a développé des applications d'instrumentations .Couplé a des cartes d'entrées /sorties, il permet de gérer des flux d'informations numériques ou analogiques et de créer ou de simuler des instruments de mesures (oscilloscope, compteur d'impulsion, multimètre, etc.). Ce langage a été développé par la société NATIONAL INSTRUMENTS à partir de 1983. [1]

Le langage **Labview** est un environnement complet de conception et de réalisation à la fois souple et puissant, le but étant de favoriser l'approche intuitive de programmeur ou de l'utilisateur. Pour cela, le langage utilise toute la convivialité des interfaces interactives des micro-ordinateurs actuels en fournissant des objets proches graphiquement des objets réels (voyants, curseurs, interrupteurs, boutons, graphes, etc.) ainsi que des outils familiers et simples d'utilisation pour la programmation (structures de programmation, fonctions arithmétiques, fonctions logiques, comparateurs, etc.).Le langage **Labview** propose un environnement destiné à l'instrumentation ou l'on retrouve les quartes fonctions de base nécessaires à ces applications industrielles (**figure1.1**) : [1]



**Figure 1.1.** Fonctions de bases proposées par l'environnement Labview. [1]

## 1.2. Environnement de programmation Labview

Lorsqu'on lance Labview, on obtient les fenêtres de base suivantes : fenêtre Face Avant ('Front panel') et palette de commandes ('control palette')

Le Front Panel représente l'interface utilisateur du programme VI que l'on va écrire. C'est une fenêtre de la face Avant de l'appareillage que l'on programme.

La « contrôle palette » n'a d'utilité que vis-à-vis de la fenêtre « Front panel ». Cette palette propose un choix de divers objets graphiques portant sur des structures de données différentes. On trouvera de quoi composer des « faces avants » d'instruments, constituées d'objets numériques, booléens, chaînes de caractères, tableaux, et divers objets de visualisation graphique, etc. [3]

La première partie (partie cachée ou interne) : elle contient l'algorithme du programme décrit sous la forme d'un diagramme flot de données en langage graphique.

La seconde partie (partie visible) est constituée de l'interface utilisateur. [3]

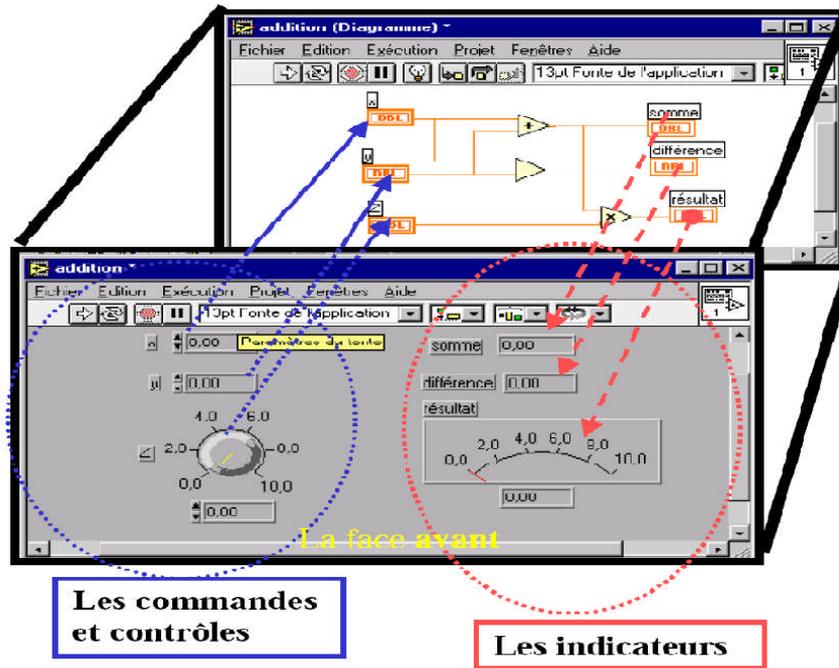


Figure 1.2.fenêtre face avant et diagramme de bloc. [2]

1.2.1. Palette d'outils

Elle est disponible sur la face-avant et sur le diagramme, elle contient les outils nécessaires pour faire fonctionner et modifier la face avant et les objets du diagramme. C'est un menu d'outils qui permet d'agir sur les objets de la face avant et de diagramme. [3]



Figure 1.3. Palette d'outils ("Tools"). [4]

### 1.2.2. Palettes de commandes « Control Palette »

La « Control Palette » n’a d’utilité que vis-à-vis de la fenêtre « Front Panel » (face –avant) Cette palette propose un choix de divers objets graphiques portants sur des structures de données différentes .On trouvera de quoi composer des « faces avant » d’instruments, constituées d’objets numériques, booléens, chaînes de caractères, tableaux, et divers objets de visualisation graphique, etc.

**Palette de commandes** (disponible à partir de la fenêtre face avant par un clic droit avec la souris ou dans la barre des menus :’’ Fenêtre ‘’). [3]

## Palettes de commandes

**Palette de commandes**  
(disponible à partir de la fenêtre **face avant** par un clic droit avec la souris ou dans la barre des menus : “ Fenêtre”).

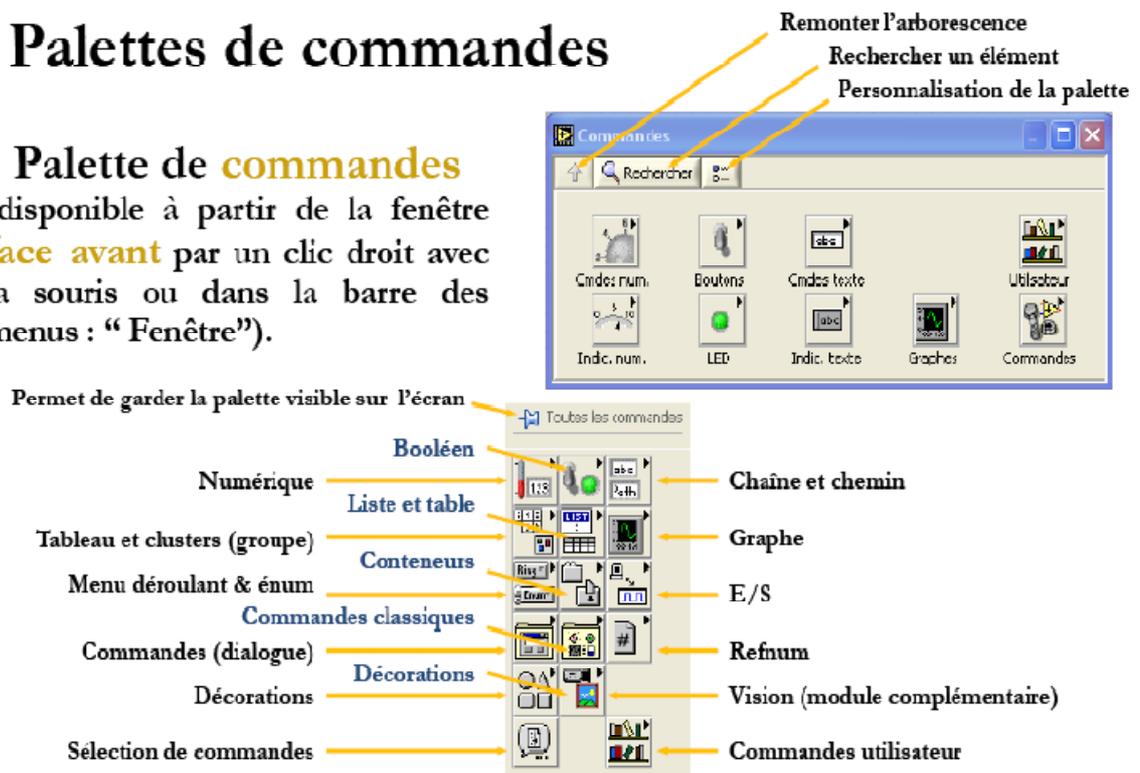


Figure 1.4. palette de commande « control palette ». [4]

### 1.2.3. Palette de fonctions

Vous utilisez la palette de fonctions dans le diagramme uniquement. Elle contient les objets qui vous servent à programmer votre VI, comme par exemple des opérations arithmétiques d'E/S d'instrument, d'E/S sur fichier et d'acquisition de données.[3]

## Palettes de fonctions

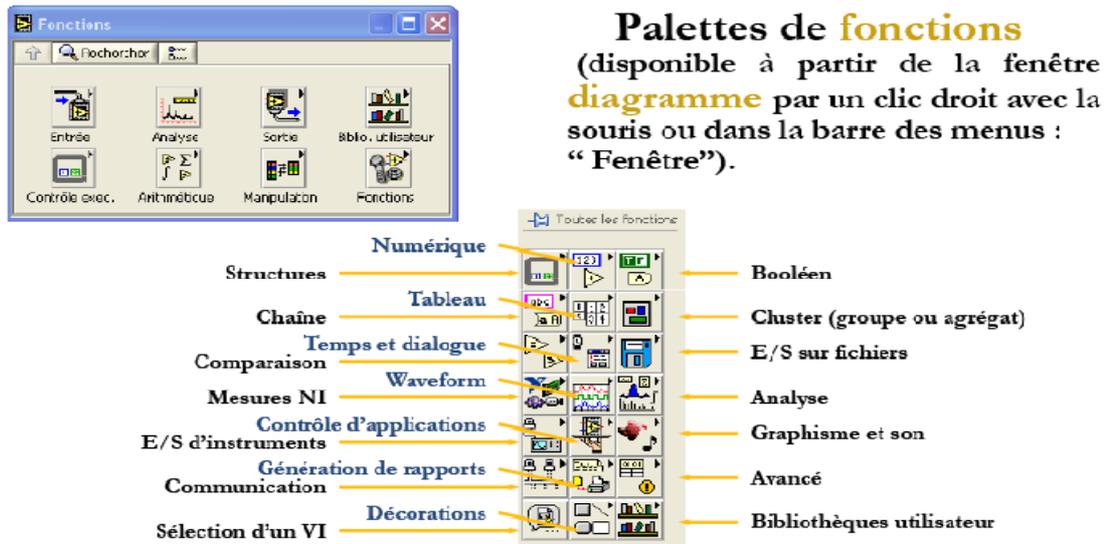


Figure 1.5. Palette de fonctions. [4]

### 1.3. Les variables utilisées par Labview

Les variables utilisées par labview sont les entrées et les sorties, Labview insère automatiquement leurs types appropriés, et donne la possibilité de les changer manuellement. Il contient plusieurs types de variables [5] :

#### Les nombres

**Entier (integer) :** signés ou non signés, codés sur I8, I16, I32, I64 ; U8 U16, U32, U64. (U32 : unsigned\_integer sur 32 bit)

**Réel (Real) :** SGL, DBL, EXT. (avec 6 digits, plus de 15 digits de précision respectivement)

**Complexe :** CSG, CDB, CXT (avec 6 digits, plus de 15 digits de précision respectivement)

#### Les caractères et les chaînes de caractères :

Il y a une possibilité de faire des opérations textuelles avancées.

#### Les variables booléennes :

Ces variables peuvent prendre les valeurs vraies ou fausses

#### Les variables de temps :

Ces variables peuvent être la date, les heures, les minutes et les secondes.

## Les matrices et les vecteurs :

Ils peuvent couvrir tous les types précédents.

Chaque type a une couleur spécifique et file d'attache distinctif de forme et de couleur, ce qui offre une grande facilité de lire de code graphique, et une rapidité de construire une application sans conflit.

On termine par noter que le langage Labview supporte les unités des mesures des grandeurs physiques comme le mètre [m],seconde [s],[kg],etc.[5]

## 1.4. Structures de programmation

Les structures sont des représentations graphiques des boucles et des conditions dans les langages de programmation textuels.

Chaque structure possède cadre distinctif et redimensionnable pour contenir la section du diagramme qui s'exécute selon les règles de la structure .la section du diagramme à l'intérieure du cadre de la structure elle représente un sous-diagramme.

On trouve : Boucles ' For', et 'while' et structures 'condition' et de 'séquence'.

### 1.4.1. Structure de contrôle : boucles For

Une boucle For, exécute un sous-diagramme un certain nombre de fois .Elle est équivalente à "For i = 1 to N" dans les langages textuels.

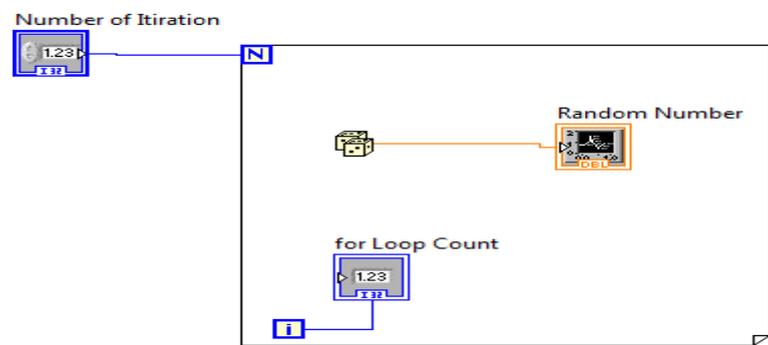


Figure 1.6. Exemple d'une boucle For. [6]

### 1.4.2. Structure de contrôle : Boucles While (while Loop)

La structure répétition de type boucle while correspond à une structure classique « Tant que » d'un langage de programmation avec une condition d'arrêt et un indice courant  $i$  variant par pas de 1 en partant de 0. Cet indice d'itération est disponible dans le terminal interne appelé  $i$  (figure 1.7).

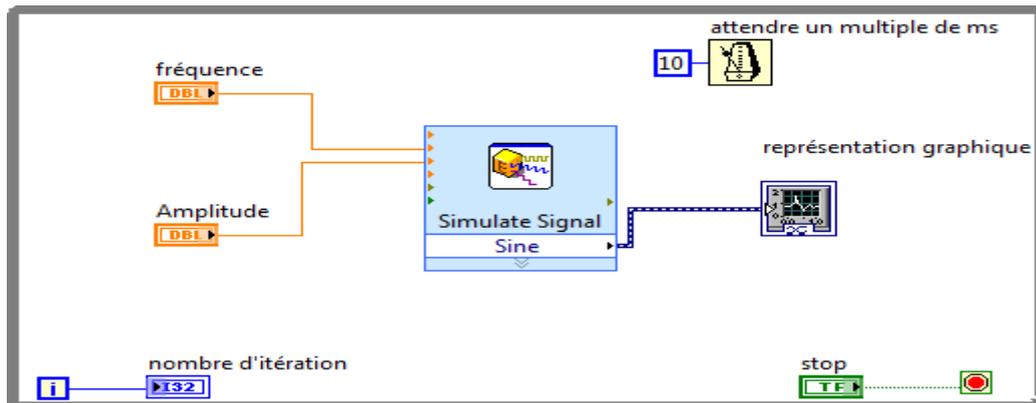


Figure 1.7. Exemple d'une boucle while. [6]

### 1.4.3. Structure de contrôle : Condition (case)

Une structure Condition, possède au moins deux sous diagramme ou condition. Un seule sous- diagramme est visible à la fois et la structure exécuté seulement une condition à la fois .une valeur d'entrée détermine quel sous-diagramme s'exécute .la structure Condition est similaire aux "Si ... Sinon" des langages de programmation textuels.

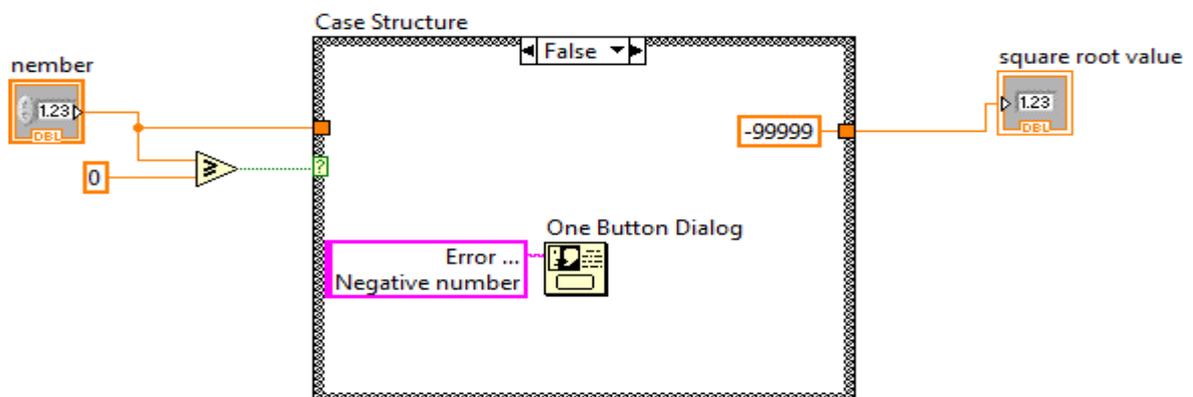


Figure 1.8. Exemple d'une Structures Condition. [6]

### 1.4.4. Structure de contrôle : Séquence

La structure de « séquence » permet de donner un ordre précis d'exécution à un nombre quelconque de sous-diagrammes ou étapes (frame). En effet cette structure de contrôle exécute le sous-diagramme contenu dans l'étape numérotée « 0 » puis celui de l'étape « 1 », celui de l'étape « 2 » et ainsi de suite.

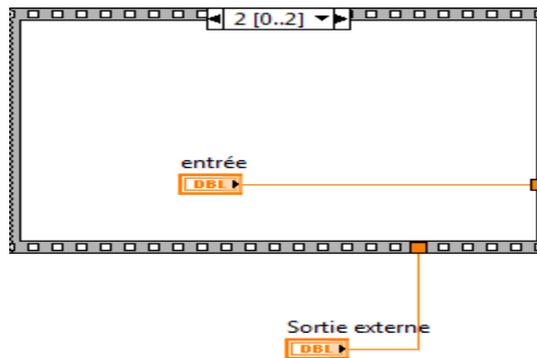


Figure 1.9. Exemple d'une structure de séquence. [6]

### 1.4.5. Les tableaux

Un tableau est constitué de données de même type, par exemple : numériques, booléens, chemins, chaînes, des « waveforms » et des clusters. Nous sommes inévitablement appelés à nous servir de tableaux lorsqu'on travaille avec un grand nombre de données semblables et lorsqu'on effectue des calculs répétitifs. Les tableaux sont particulièrement utiles pour stocker les données générées par boucles ou par génération et l'acquisition de signaux.

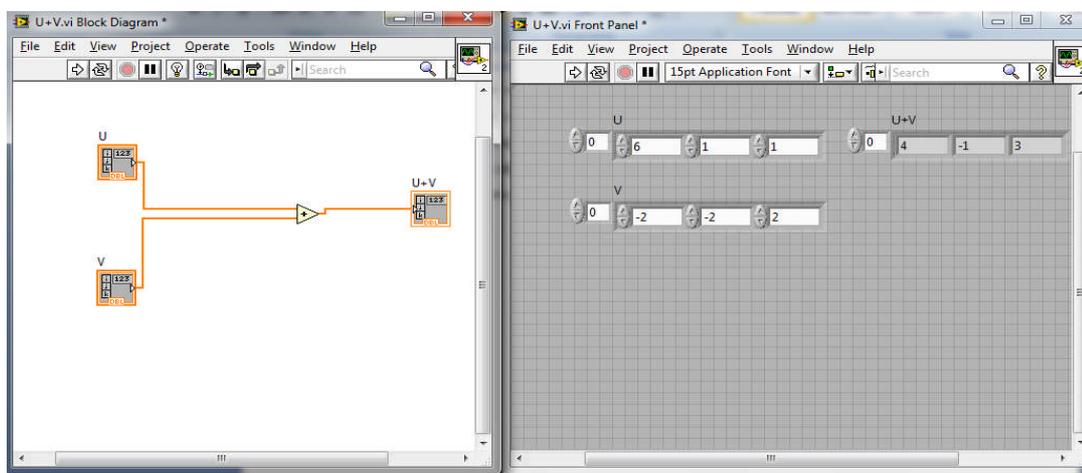


Figure 1.10. Structure d'un tableau. [6]

## 1.5. Présentation de la carte d'acquisition USB ni 6008

### 1.5.1. Introduction sur la carte NI-6008

Le USB-6008 NI représente une carte d'acquisition de données, elle joue le rôle d'une interface entre le PC et le monde physique extérieur. La carte d'interface NI 6008 est une carte d'acquisition multifonctions, elle garantit la conversion analogique et numérique vers les deux sens. Globalement, Le USB-6008 NI offre une connexion à huit entrées analogiques (AI) Canaux analogiques, deux sorties (AO), 12 canaux d'entrée / sortie numérique (DIO) Canaux, et un compteur 32 bits avec une interface USB pleine vitesse.

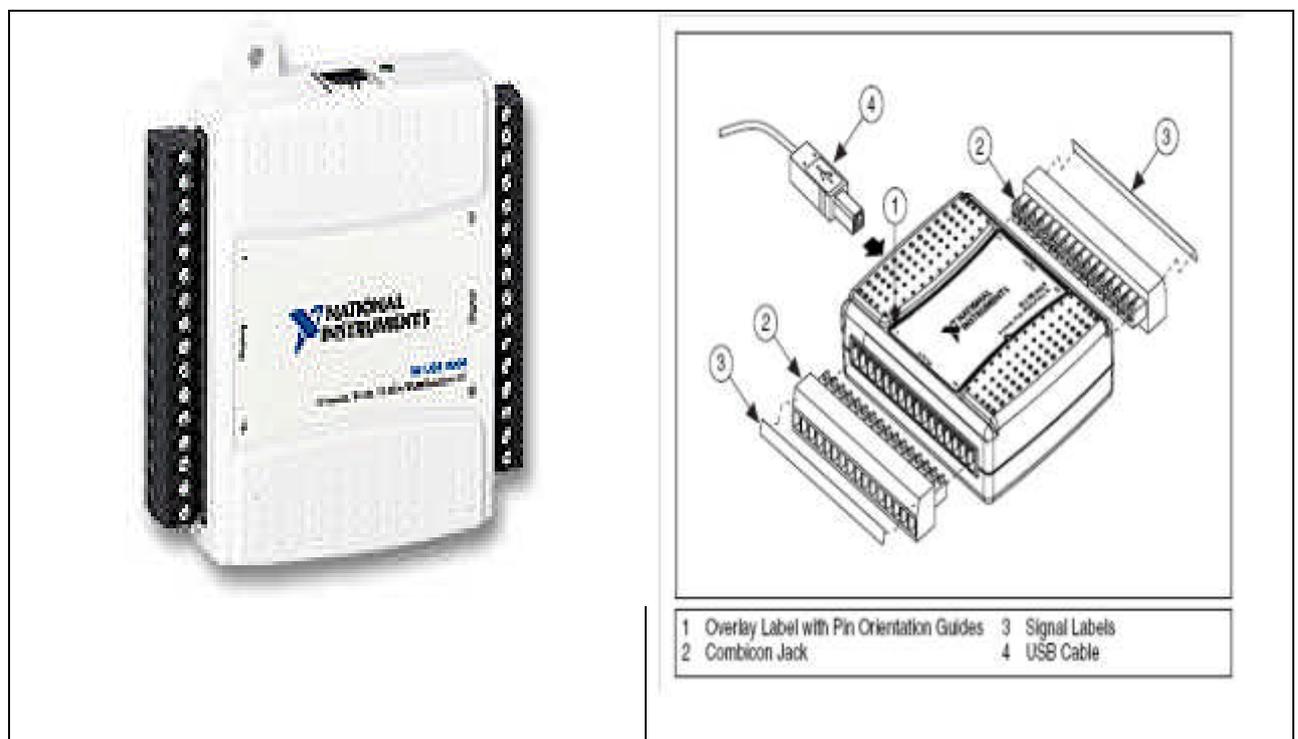


Figure 1.11. vue de la carte USB-6008 NI.[7]

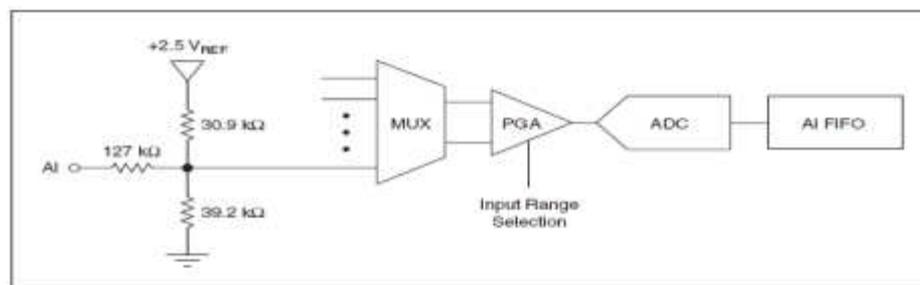
### 1.5.2. Caractéristiques

Les caractéristiques essentielles de cette carte sont les suivantes [7] :

**Tableau 1.1.** Caractéristiques de la carte USB NI-6008

Caractéristiques	Valeurs
Nombre d'entrée analogiques (simples et différentielle)	8 entrées simples
Fréquence maximale d'échantillon pour une voie	10 K Éch. /S
Résolution (bits)	12 bits
Nombres de sorties analogiques	2 sorties
Résolution (bits)	12 bits
Fréquence	150 K Éch. /S
Nombres d'entrée /sorties numériques	12 E/S
Taille de compteur	32 bits
Logiciel de gestion de la carte	Labview

### 1.5.3. Description des canaux des entrées analogiques



**Figure 1.12.** circuit entrée analogique. [7]

## MUX

Le USB 6008 a une analogique-numérique (ADC). La Multiplexeur (MUX) achemine un canal AI à la fois pour la PGA.

## PGA

L'amplificateur à gain fournit programmable gains d'entrée de 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20 ou quand il est configuré pour la mesure différentielle et de gain de 1 lorsqu'il est configuré pour single-terminé mesures. Le gain PGA est Calculé automatiquement en fonction de la plage de tension sélectionnée dans l'application de mesure.

## Convertisseur A / D

Le convertisseur analogique-numérique (ADC) numérise le signal analogique en Convertir la tension analogique en un code numérique

## FIFO

Le USB-6008 peut effectuer à la fois unique et multiple A / D Conversions d'un nombre fixe d'échantillons ou infinie. Une premier-entré-premier sortie (FIFO) de tampon contient des données lors d'acquisitions d'Amnesty International pour s'assurer que les pas de données sont perdus [5]

### 1.5.4. Description des canaux des sorties analogiques

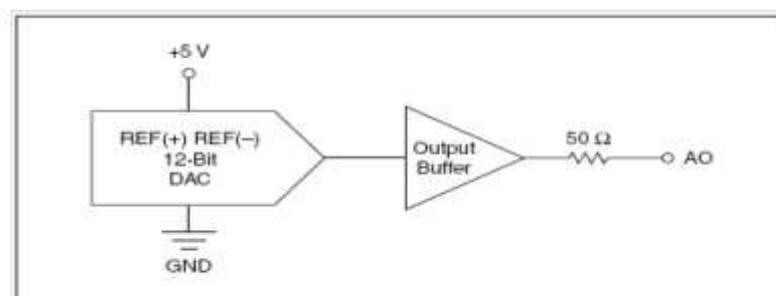


Figure 1.13. circuit sortie analogique. [7]

## DACs

Numérique-analogique (DAC convertis) convertir les codes numériques en signaux analogiques tensions

### 1.5.5. Description des canaux des entrées / sorties numériques

Le USB-6008 dispose de 12 lignes numériques, P0. « 0..7 » et P1. « 0..3 », qui comprennent le port DIO. GND est le signal de référence au sol de la DIO orifice. Vous pouvez programmer individuellement toutes les lignes comme des entrées ou des sorties. La figure 1.14 montre P0. « 0..7 » connecté à des signaux, par exemple configurés en tant que entrées et sorties TOR. Vous pouvez configurer P1. « 0..3 » même.

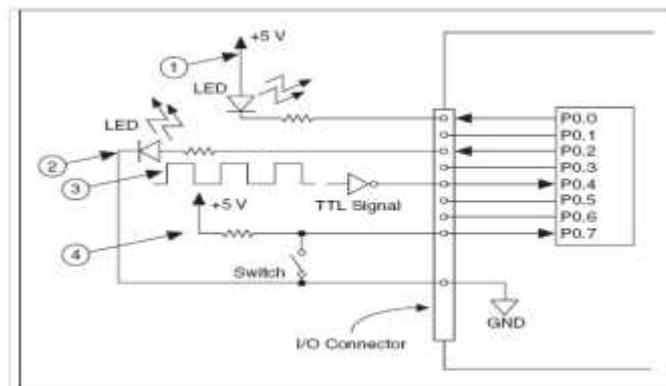


Figure 1.14 .circuit Entrée/ sortie numériques. [7]

- 1) P0.0 configuré comme une sortie à collecteur ouvert numérique d'entraînement d'une LED
- 2) P0.2 configuré comme une sortie d'entraînement numérique active la conduite d'un LED
- 3) P0.4 configuré comme une entrée numérique recevant un signal à partir d'un inverseur fermée
- 4) P0.7 configuré comme une entrée numérique recevant un V 0 ou 5 signal de V à partir d'un commutateur

## 1.6. Acquisition et restitution de données

### 1.6.1. Programme de pilotage des cartes : driver

Afin de faciliter la programmation des applications d'instrumentation, il est nécessaire de mettre en place une architecture à la fois souple et pérenne. Ainsi, l'environnement Labview permet de disposer de trois niveaux.

Niveau d'applicatif : programme utilisant des fonctions de haute niveau permettant de lire et d'écrire des données vers le procédé ;

Niveau pilote de carte ou driver : programme chargé de traduire les commandes de niveau applicatif pour les rendre compréhensible par la carte ;

Niveau matériel : cartes formées d'un ensemble de composants électriques

Le logiciel pilote ou driver s'appelle NI-DAQ dans l'environnement Labview (sur la plateforme Windows, c'est une DLL). Ce logiciel, qui fait toute la richesse de cet environnement Labview, supporte de manière homogène toutes les cartes et les autres matériels d'acquisition de la société National Instrument. Il permet donc de complètement isoler le développeur de la programmation bas niveau de la carte d'entrée /sortie. De plus NI-DAQ étant disponible sur plusieurs plates-formes, il assure une portabilité aisée. Ce logiciel très complexe fournit un ensemble de fonctions d'entrée /sortie générique utilisables pour différents types de cartes /fonction « lecture d'une entrée analogique », etc. Il prend aussi en charge la gestion du transfert de données : scrutation, interruption, etc.

L'environnement Labview de conception d'application d'instrumentation va plus loin que de simplement proposer des fonctions de haute niveau d'acquisition et de restitution de données. En effet, dans l'environnement PC-Windows, un logiciel complémentaire, appelé MAX ou *Measurement and Automation Explorer*, va permettre de configurer et paramétrer le système d'entrée /sortie de données. L'accès à ce logiciel de configuration se fait soit directement par l'icône du logiciel, soit dans une fenêtre Labview à partir du menu Outils (Tools), puis *Measurement and Automation Explorer* [1]



Measurement & Automation.Ink

**Figure 1.15.** Icône Measurement and Automation Explorer

## 1.6.2. Tests de bon fonctionnement du boîtier NI 6008

Ce préambule permet de se familiariser avec les connexions du boîtier NI6008.

Ces étapes de test seront effectuées avec le logiciel « Measurement & Automation Explorer » installé en même temps que Labview ;

Il se lance par le menu du bureau de Windows : « Démarrer – tous les programmes – National Instruments - Measurement & Automation »

Ou bien à l'aide de l'icône de la (figure 1.15), installé sur le bureau de Windows.

Lorsque le boîtier NI6008 est connecté à un port USB du PC, son nom apparaît dans la liste déroulante des « périphériques et interfaces » (figure 1.16)

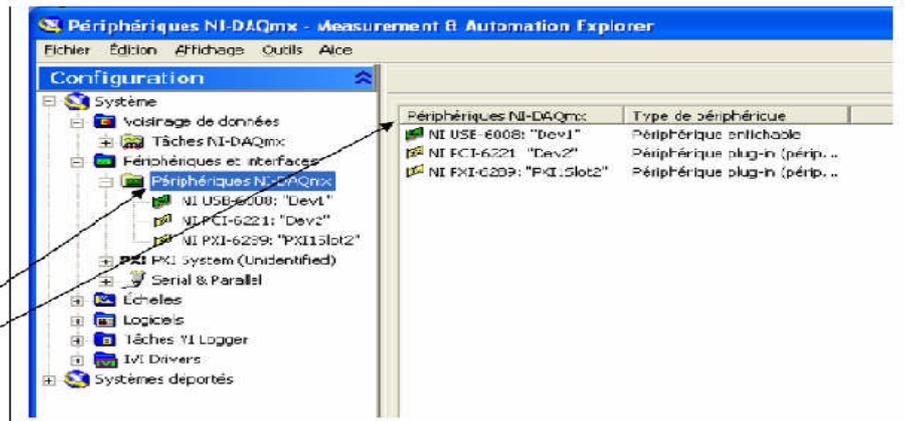


Figure 1.16. Périphérique NI-DAQmx

Un clic (ou deux) sur le nom du périphérique NI6008 permet d’accéder à un onglet «panneaux de test» (figure 1.17):

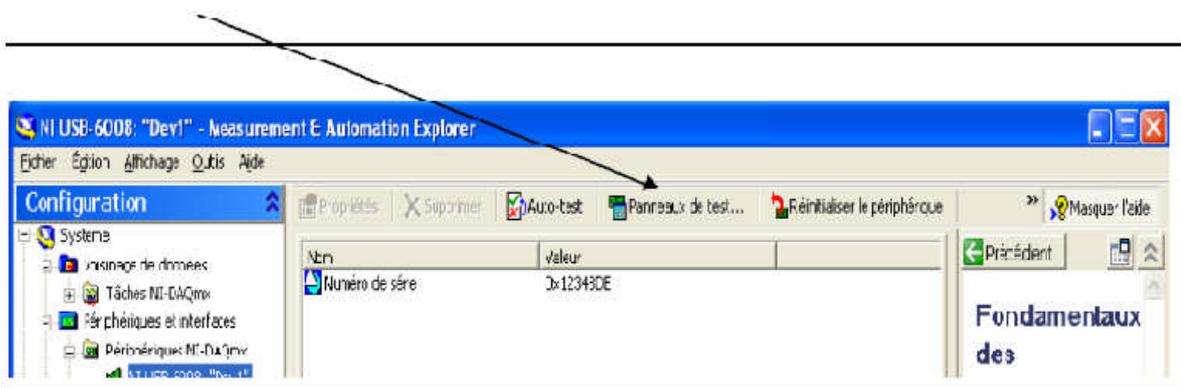


Figure 1.17. Périphérique NI6008

Un clic sur cet onglet donne accès au panneau de test du boîtier NI6008 (figure 1.18) :

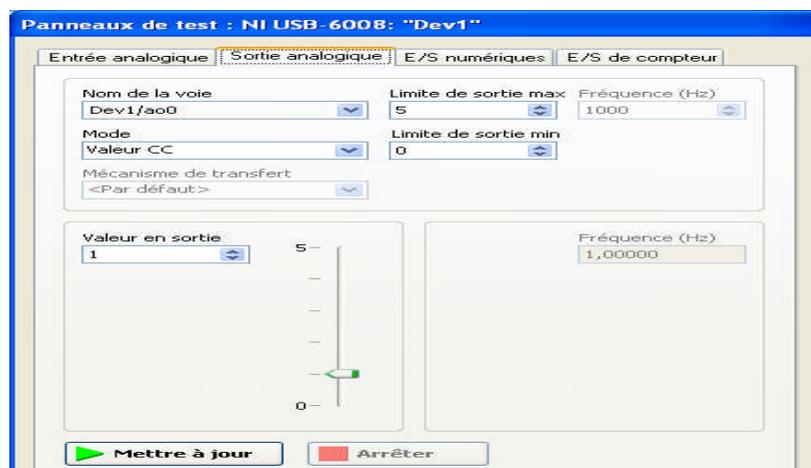


Figure 1.18. Panneau de test du boîtier NI6008

### 1.6.3. Exemple pour une application sur la temperature

On a utilise le boîtier NI6008 pour un exemple sur la température pour tester et gérer des signaux d'entrée analogiques

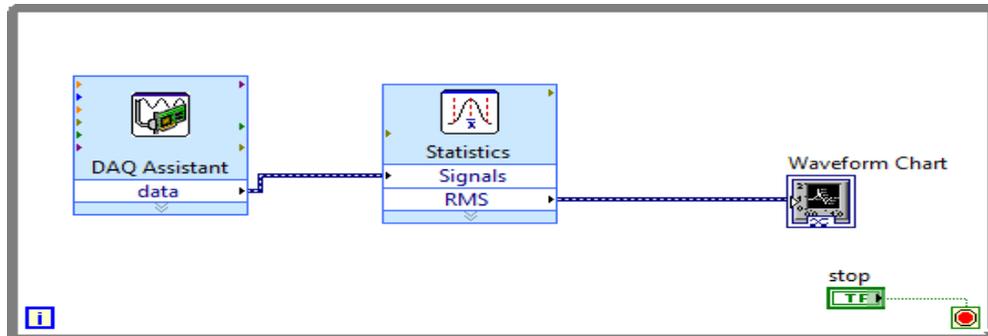


Figure 1.19. code graphique (température)

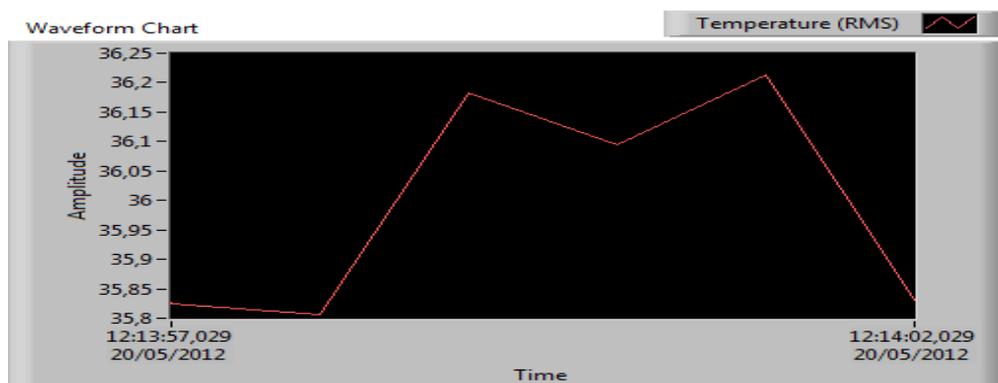


Figure 1.20. Allure température

## 1.7. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté de logiciel Labview et donné quelque exemples sur la programmation graphique, en plus présentation sur la carte d'acquisition NI- 6008 (caractéristiques et acquisition et restitution de données et programme de pilotage des cartes : driver) enfin j'ai fait un test de bon fonctionnement du boîtier NI 6008 et donnée un exemple de température.

# Chapitre 02

## LES TORCHES A PLASMAS

---

### 2.1. Introduction

Le mot plasma est utilisé pour désigner un milieu gazeux globalement neutre composé d'ions et d'électrons. Plus généralement, on l'emploie pour décrire un milieu gazeux ionisé pouvant contenir une forte proportion de particules électriquement neutres (atomes, molécules). Le plasma est l'état de la matière la plus répandu dans l'univers. Composant des étoiles, des ionosphères et des magnétosphères planétaires, il entre également dans la composition des décharges électriques naturelles (foudre) ou créées par l'homme (laser, lampes, arcs, etc.).

On distingue les plasmas chauds (dits aussi « plasmas de fusion ») des plasmas froids, ou plasmas des décharges électriques. Les premiers sont l'objet du pari ambitieux des hommes de réaliser un réacteur nucléaire utilisant l'énergie de fusion entre des noyaux légers de deutérium et de tritium. La température de ces plasmas se chiffre en millions de degrés.

Les plasmas froids sont les milieux ionisés dans lesquels la température des particules ne dépasse pas quelques dizaines de milliers de degrés. Dans les plasmas froids on distingue les plasmas thermiques, où toutes les espèces de particules (électrons, ions, atomes, molécules) ont des températures voisines, des plasmas hors d'équilibre où les électrons possèdent une température beaucoup plus élevée que celle des particules lourdes. [8]

### 2.2. Définition

Le plasma est le quatrième état de la matière (près de 99% de l'univers). Il est composé de molécules, des atomes, des ions, des électrons et des photons.

L'ensemble est électriquement neutre. Une étoile comme le soleil est un plasma. Les plasmas produits par l'homme sont, par exemple, un tube fluorescent (plasma froid) ou un arc électrique (plasma thermique). Les plasmas thermiques sont caractérisés par des températures, variant de 8 000 à 20 000 kelvins et une chimie contrôlable : le gaz plasmagène peut être neutre, réducteur, oxydant, nitrurant [8]

### 2.3. Les plasmas thermiques et leur application

Les plasmas thermiques pour leur propriété de transfert thermique, avec des flux thermiques variant de 10 à 100 000 par m<sup>2</sup> et pour leurs propriétés chimiques, avec la production d'espèces extrêmement réactives.

Le développement industriel du plasma est lié à l'exploitation de ses avantages spécifiques qui sont : [9]

La possibilité de fondre très rapidement n'importe quel matériau (application : dépôts, sphéroïdisation de poudre

- Un flux thermique élevé permettant un apport d'énergie très localisé et une zone thermiquement affectée faible (application : soudage, découpage, rechargement).
- Une fusion, une vaporisation, une dissociation des matériaux permettant une analyse très précise des éléments les constituant (application : analyse chimique, destruction ou interagie des déchets toxiques).
- Une fusion réactive permettant la réduction des minerais et la production des métaux (application : métallurgie extractive avec les fours à arc continu et purification des métaux).

### 2.4. Les types de plasmas

On peut distinguer schématiquement trois types de plasmas :

#### 2.4.1. Les plasmas de fusion

Ce sont les milieux totalement ionisés. Ces plasmas sont les plus fréquents dans l'Univers (étoile, soleil) ; ils sont présents lors de l'explosion d'une charge thermonucléaire. Leur température caractéristique est de quelques dizaines de millions de degrés.

#### 2.4.2. Les plasmas "froids"

Milieux faiblement ionisés et peu denses de sorte que seuls les électrons ont une température élevée. Ce plasma nous est familier, puisqu'il est présent dès lors que l'on allume un tube à néon, en d'autres termes un tube fluorescent.

Le plasma froid est produit dans une enceinte confinée, généralement sous vide partiel plus ou moins poussé, dans laquelle on introduit le gaz "plasmagène" à qui on transfère de l'énergie par le biais d'une décharge électrique contrôlée. Le gaz plasmagène, qui peut être un mélange, est choisi

en fonction de sa capacité à s'ioniser facilement, devenant ainsi conducteur de l'électricité, et de ses composants, selon l'application visée. Quant à la décharge électrique, elle s'obtient soit entre deux électrodes (décharge sous champ électrique, luminescente à basse pression ou couronne à pression atmosphérique), soit par un dispositif sans électrodes, sous champ électromagnétique variable de type hautes fréquences (13,56 MHz) ou micro-ondes (2,45 GHz). L'ensemble de l'équipement est évidemment placé sous le contrôle d'un automate ou d'un ordinateur afin de pouvoir régler les paramètres de fonctionnement de façon fine et reproductible.

### 2.4.3. Les plasmas thermiques ou intermédiaires

Milieux faiblement ionisés (20 % maximum) et suffisamment denses pour que toutes les espèces présentes aient la même température, de 4000 à 50 000 K. Ce sont ces plasmas que l'on utilise pour la projection.

Les plasmas thermiques sont de 2 types :

- Plasmas par couplage radio fréquence
- les plasmas d'arc (à électrodes)

### 2.5. Principe de création de plasma:

La création du plasma (arc pilote), dans la torche est générée par la ionisation du gaz (argon) d'ont la température est voisinede18000°K, cet arc assure, du fait qu'il est conducteur, le transfert d'un second arc (transféré), participe à sa stabilité et également à la fusion de la poudre (micro alliage) qui passe dans la flamme.

Le gaz plasmagène, généralement de l'argon, est conduit et forcé dans une buse refroidi par eau, appelée anode, où il est ionisé par l'arc établi entre l'électrode centrale en tungstène, appelée cathode et la pièce.

L'importance énergie dégagée par le plasma est en partie ou totalement transférée vers la pièce. Le métal d'apport, sous forme de poudre est directement injecté dans la colonne d'arc plasma à travers des circuits débouchant sur la face de l'anode. Cette poudre, transportée sous argon pour éviter toute oxydation entre en fusion pour former un bain de fusion. [10]

## 2.6. Les différents plasmas thermiques utilisés

### 2.6.1. Plasma à arc transféré

Il consiste à utiliser le matériau à traiter comme anode ou comme cathode (dans la très grande majorité des installations comme anode). Ces techniques d'arc transféré seront donc utilisées lorsque l'on veut imposer un flux élevé au matériau à traiter, c'est-à-dire pour le découpage, le soudage, le rechargement, la fusion ou la refusions (Figure 2.1).

### 2.6.2. Plasma à arc non transféré

Les plasmas à arc non transféré comportent deux électrodes, une négative appelée cathode et une positive appelée anode, L'anode est percée d'un trou central servant de tuyère d'éjection de la colonne plasma.

Le gaz est injecté autour de la cathode, traverse l'arc électrique et s'échappe par la tuyère anodique. Elles fonctionnent dans n'importe quel espace (four tournant, four à sole, four à poche), elles peuvent être à cathode froide ou chaude (Figure. 2.2).

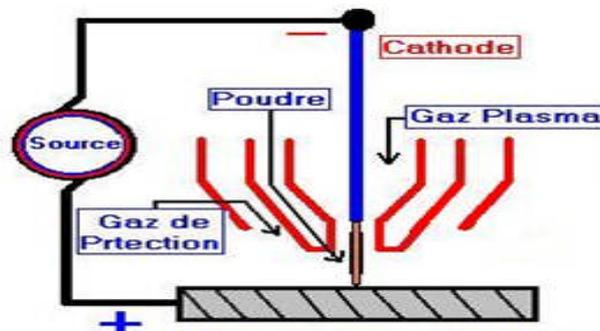


Figure 2.1. plasma transféré [10]

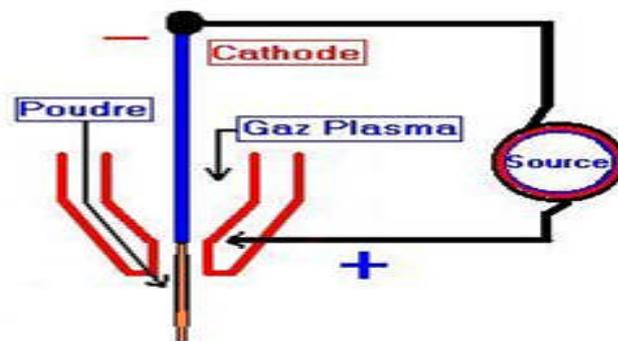


Figure 2.2. Plasma soufflé [10]

## 2.7. La torche à plasma

La torche est le générateur de plasma. C'est l'élément le plus sensible de l'installation. La torche doit être fiable et facile à démonter et remonter. Sa conception doit avoir comme objectif d'obtenir une durée de vie des électrodes la plus longue possible.

## 2.8. Principes de fonctionnement d'une torche à plasma à arc

Une torche à plasma à arc est constituée de (voir la Figure 2.3) :

- Deux électrodes tubulaires coaxiales (en rouge et en bleu sur le schéma) ;
- Connectées à une alimentation électrique ;
- Séparées par une chambre d'injection du gaz plasmagène.

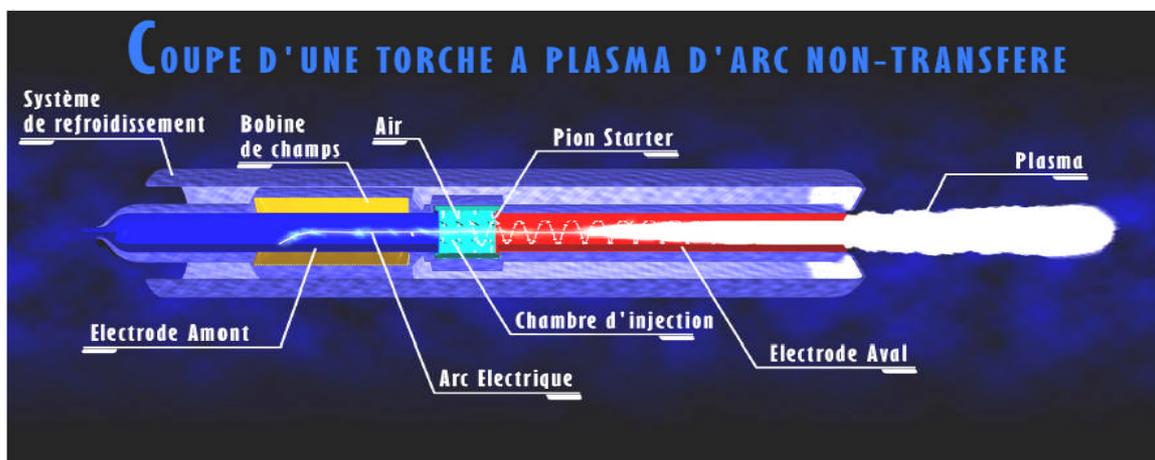


Figure 2.3. Coupe d'une torche à plasma non-transférée [11]

**NB :** Le gaz plasmagène est choisi en fonction des caractéristiques attendues du plasma final. Dans le cas du traitement des résidus d'incinération d'ordures ménagères ou de l'amiante, le gaz utilisé est de l'air.

- L'ouverture d'un court-circuit amorce un arc électrique entre les deux électrodes tandis que le gaz plasmagène est introduit en vortex dans la torche par la chambre d'injection.
- Au contact de l'arc, le gaz s'échauffe rapidement et se transforme en un plasma de très haute température.
- Le plasma produit est expulsé au fur et à mesure par l'extrémité aval de la torche. Il résulte un jet de plasma (autrement appelé dard plasma) à très haute température (2000 à 5 000 °C selon la puissance de la torche).
- Ces torches disposent d'une bobine de champ magnétique pour renforcer la stabilité de l'arc et faire varier la zone d'accrochage. Ceci permet d'améliorer le contrôle de la plage d'usure

et d'augmenter la longévité ou la durée de vie des électrodes. En plus de cela, la présence d'un champ magnétique met le pied d'arc au mouvement axial.

- Une circulation d'eau à haut débit assure le refroidissement des pièces exposées à l'arc ou au plasma.

Le pilotage de la torche est réalisé en contrôlant simultanément le courant d'arc délivré par l'alimentation électrique et le débit de gaz plasmagène introduit dans la torche. [12]

## **2.9. L'influence du champ magnétique**

L'influence de champ magnétique qui est provoquée par l'inducteur diffère selon les types des plasmas et selon le diamètre de l'inducteur et la dimension de la torche donc leur performance est éventuellement modifiable. Dans les plasmas thermiques, l'influence de champ magnétique est très importante, tel que dans les plasmas d'arc le champ magnétique a l'influence de stabiliser et contrôler l'arc électrique et dans les plasmas inductifs le champ sert à ioniser les atomes (puisque les dipôles des atomes sont susceptibles d'être excités dans le champ magnétique). [11]

## **2.10. Erosion des électrodes**

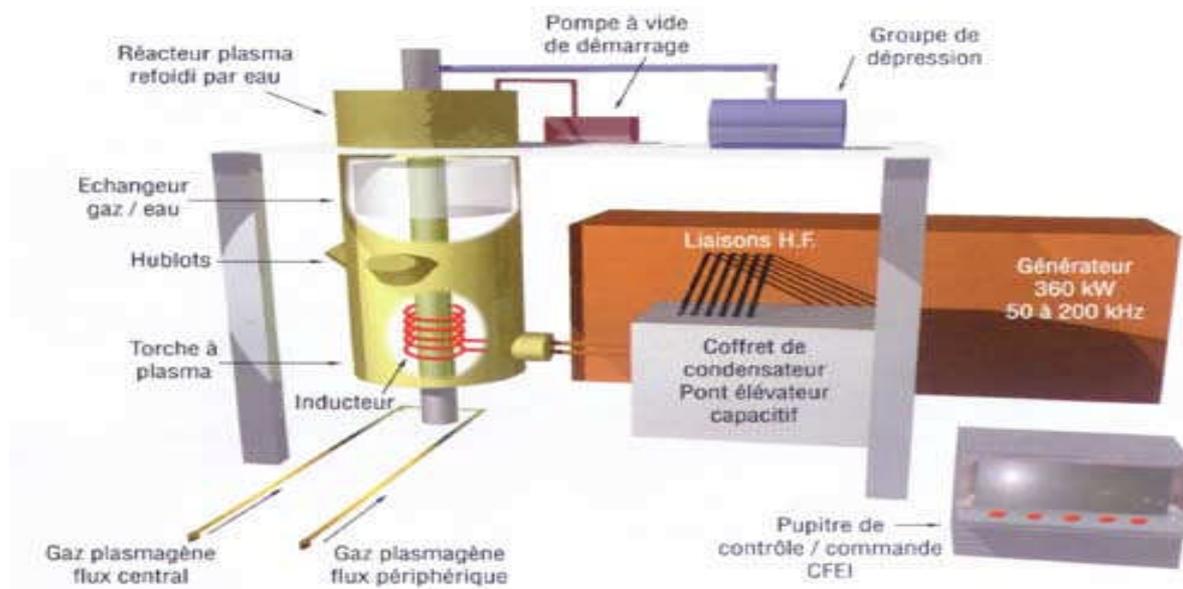
Les densités de courant ont des valeurs élevées au niveau des électrodes. L'énergie est suffisante pour dégrader de manière significative la surface des électrodes. Cette érosion est due majoritairement à l'éjection de gouttelettes de métal fondu (comme on l'a vu, différents processus tels que le bombardement par des ions ou des électrons font fortement chauffer les électrodes). Il existe des formules empiriques selon les types d'arcs qui donnent la vitesse de l'érosion des électrodes en fonction de l'intensité dans le circuit. Dans l'industrie, l'érosion des électrodes impose le remplacement régulier de celles-ci. [14]

## **2.11. Présentation générale d'un système plasma**

### **2.11.1. Disposition d'un système plasma**

Outre la torche elle-même, le système plasma complet intègre toujours plusieurs servitudes nécessaires au fonctionnement :

- Une torche à plasma et sa servitude d'amorçage
- Une servitude électrique assurant l'alimentation électrique de la torche.
- Un système de contrôle / commande
- Une servitude de refroidissement de la torche
- Une servitude gaz de régulation plasmagène [13]



**Figure 2.4.** Les différents éléments qui composent un système plasma [13]

### 2.11.2. Applications industrielles

Les possibilités offertes par la technologie plasma ouvrent un large éventail pour le traitement des déchets. Les torches à plasma pouvant être utilisées sont de type arc soufflé pour traiter des liquides et des gaz, ou de type arc transféré pour traiter des solides et des liquides.

On citer quelques exemples d'applications existantes ou étudiées :

- Destruction de déchets chimiques et plus particulièrement les déchets organons halogénés : PCB, gaz de combat, défoliants, pesticides, ...
- Incinération de déchets spéciaux tels certains déchets hospitaliers contaminés.
- Fusion et vitrification de déchets à base de silice ou d'alumine très réfractaires, contenant des métaux lourds tels les catalyseurs usagés ou les fumées issues des usines d'incinération d'ordures ménagères, récupération des métaux valorisables ( Cr, Ni, Pt, Pd, ... ) par action chimique dans le bain.
- Vitrification des sols contaminés.
- Inertie de déchets contenant des métaux lourds Zn, Pb, Cd, Cr hexa valent. ..., telles les poussières d'aciéries électriques.

- Inertie des déchets très réfractaires contenant de l'amiante (isolants thermiques, joints haute température).
- Valorisation de l'aluminium contenu dans les crasses de l'industrie de l'aluminium.
- Traitement de déchets radioactifs incinérables ou non. [11]

### 2.11.3. Avantages du plasma :

- Hautes températures (> 2500°C) et densité énergétique élevée
- Atmosphère contrôlée
- Haute réactivité des gaz
- Faible inertie thermique
- Système de grande souplesse d'utilisation et diversité d'usages [11]

### 2.11.4. Les problèmes connus à ce jour

- Turbulence (entraînement de poussières)
- Vaporisation importante de la charge
- Durée de vie faible des électrodes
- Puissance concentrée sur volume et surface faible
- Coût (400 euros par tonne) et rendement (énergie dépensée pour alimenter la torche et celle pour récupérer les gaz sortants)
- Contrôle des gaz sortants et production forte de Nox
- Utilisation des résidus : même problématique que les mâchefers et REFIOM [11]

## 2.12. Conclusion

Les plasmas dans l'industrie ont pris une grande importance. Ils ont également pris une place importante dans les recherches scientifique moderne. Les principales recherches sur les plasmas ont pour but de produire des collisions suffisamment violentes entre des noyaux atomiques pour provoquer la fusion nucléaire. La stabilité de plasma est l'une des propriétés les plus importantes.

## Chapitre 03

# COMMANDE DE LA TORCHE A PLASMA

---

### 3.1. Introduction

Le but de ce travail est l'acquisition des signaux de la tension et le courant d'arc et commander une torche a plasma de faible puissance qui permet de produire des jets de plasma stable à l'aide d'un arc crée entre deux électrodes, et cette opération est réalisé par le logiciel Labview et la carte nationale instrument USB NI-6008.

Cette carte va jouer le rôle d'interface qui a pour but de transformer les signaux numérique en signaux analogiques équivalents et les signaux analogiques en signaux numériques.

Cette carte permet l'acquisition des données entre un système numérique et un processus en temps réel.

Typiquement les signaux de commande représentent la tension et l'intensité mesurés par des capteurs de tensions et courants. On a choisi la carte nationale instrument pour les raisons suivantes :

Très utilisé, donc très disponible.

Les outils de développement sont gratuits et téléchargeables sur le web.

Le jeu d'instruction réduit est souple, puissant et facile à maîtriser.

### Logiciel utilisé

Labview est un logiciel de programmation par flux de données, c'est-à-dire qu'aucune ligne de code n'est à rentrer. Ce sont l'utilisation d'icônes et de fils de liaisons entre ces derniers qui permettent de tout programmer, depuis des opérations logiques simples jusqu'à la manipulation de tableaux bidimensionnels servant au stockage des données.

### 3.2. Exemple Acquisition des entrées et sorties analogiques

L'objectif c'est de générer la tension par l'intermédiaire d'un générateur de tension variable et commander une tension d'un voltmètre et voir l'évolution de sa tension en fonction des commandes qu'on gère a partir de Labview via les courbes qui représente l'acquisition de la tension



Figure 3.1. Photo- Montage acquisition d'une tension

### 3.3. Diagramme (programme graphique)

Comme on a cité précédemment, le logiciel Labview se base sur une programmation graphique. La (figure 3.2) suivante présente le diagramme programmé sur Labview pour une tension sinusoïdal filtré et enregistré dans un fichier Excel. On a configuré le DAQ assistant et on a choisi d'acquérir un signal Analog input via les caractéristiques de la configuration.

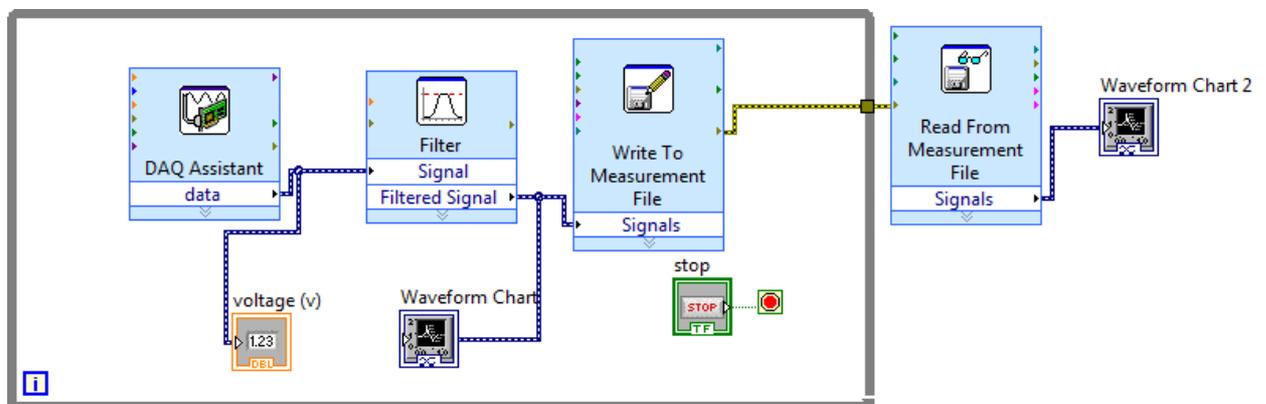


Figure 3.2. Schéma du bloc diagramme de notre VI

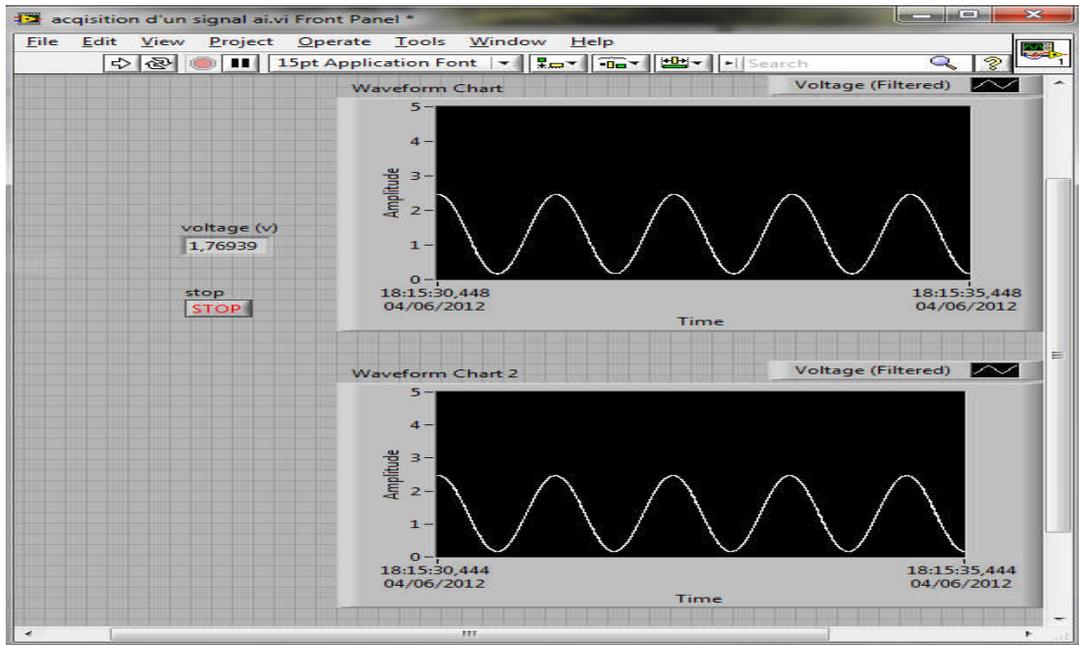


Figure 3.3. Face avant d'une tension sinusoïdale

### 3.4. Diagramme (programme graphique) d'acquisition de deux signaux

Ce diagramme présente un programme sur Labview pour générer deux tensions triangulaire et sinusoïdal ensuite, enregistrer les valeurs dans un tableau.

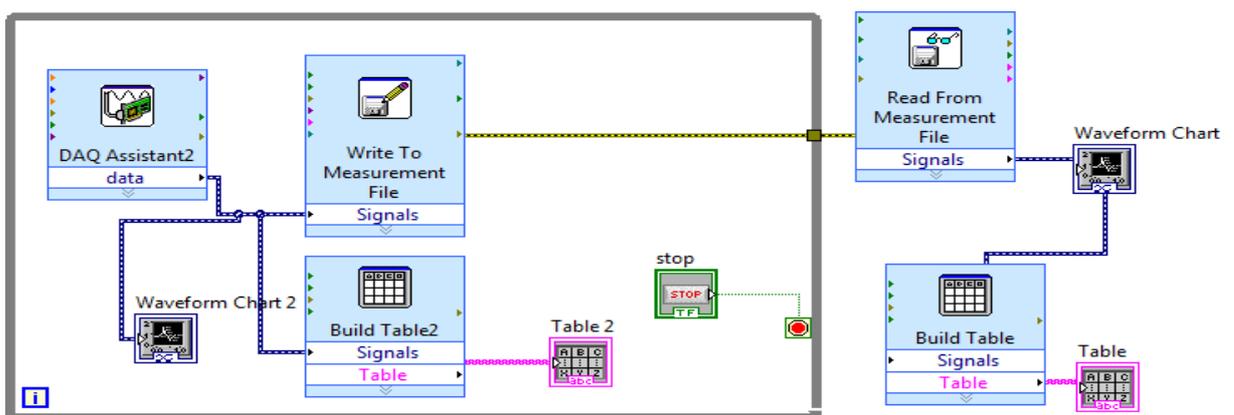


Figure 3.4. Schéma du bloc diagramme de notre VI

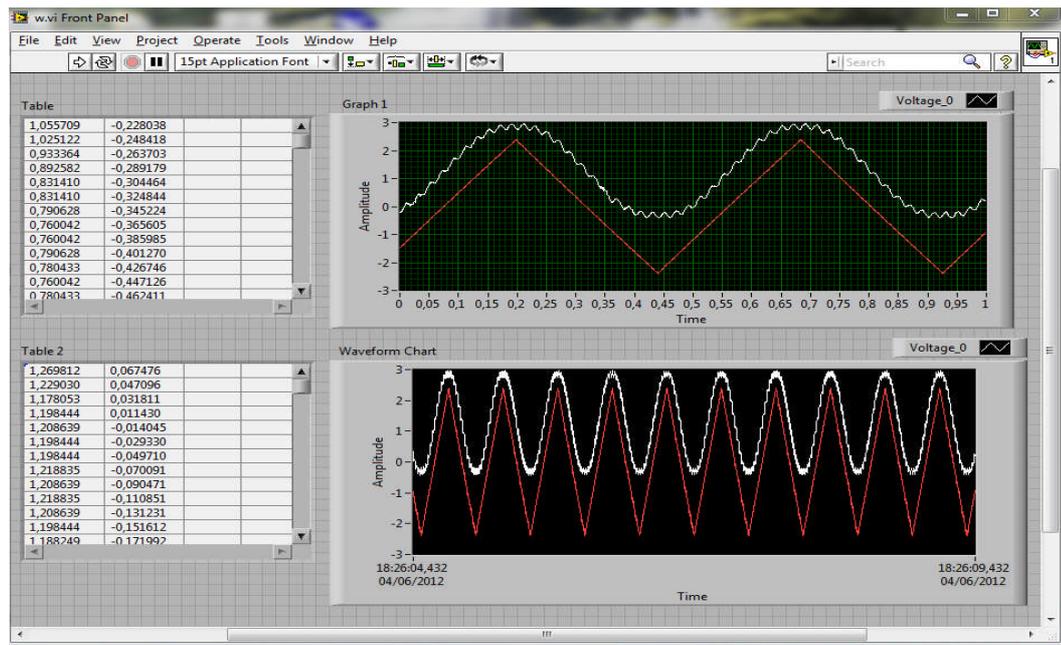


Figure 3.5. Face avant de notre programme graphique

### 3.5. Exemple commande d'une tension d'un multimètre :

Le but de cet exemple c'est la commande d'une tension d'un voltmètre, c.-à-d. (générer une tension). Le boîtier NI6008 permet de générer des signaux de 0 +5 volts dont la face avant est illustrée ci après.

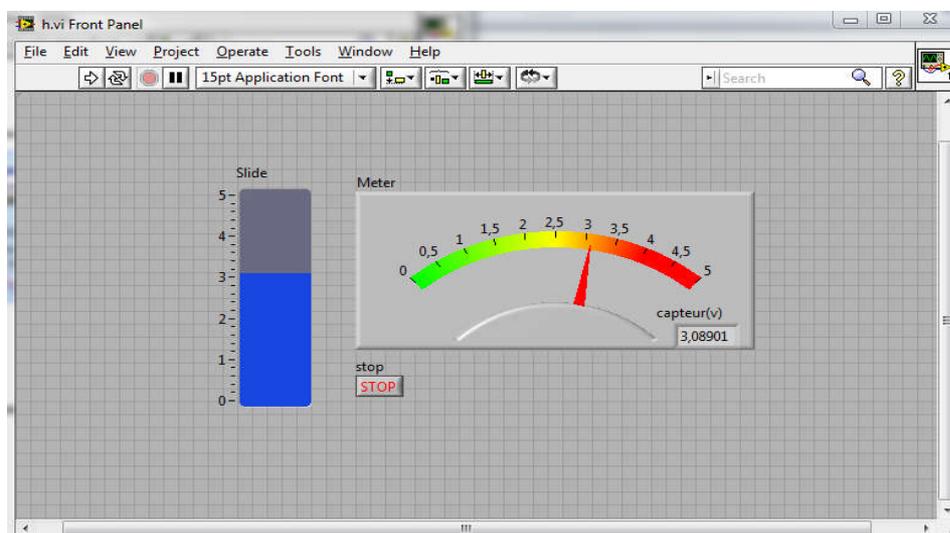


Figure 3.6.Face avant (commande d'une tension par voltmètre)

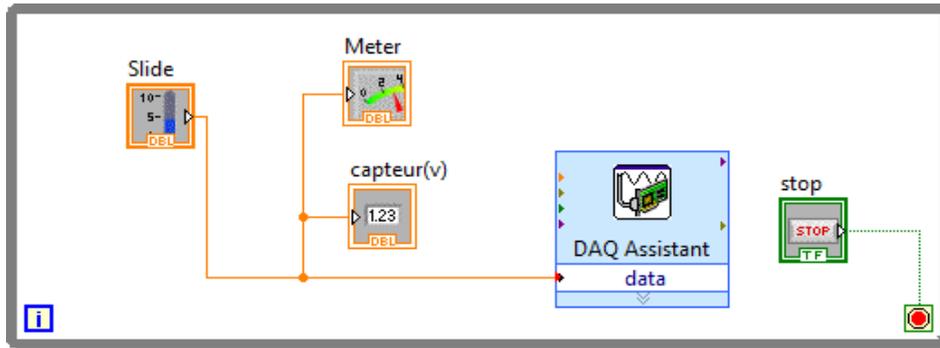


Figure 3.7. Schéma du bloc diagramme de notre VI



Figure 3.8. Photo montage de manipulation de notre VI

### 3.6. Exemple de génération d'une tension et visualisation sur un oscilloscope

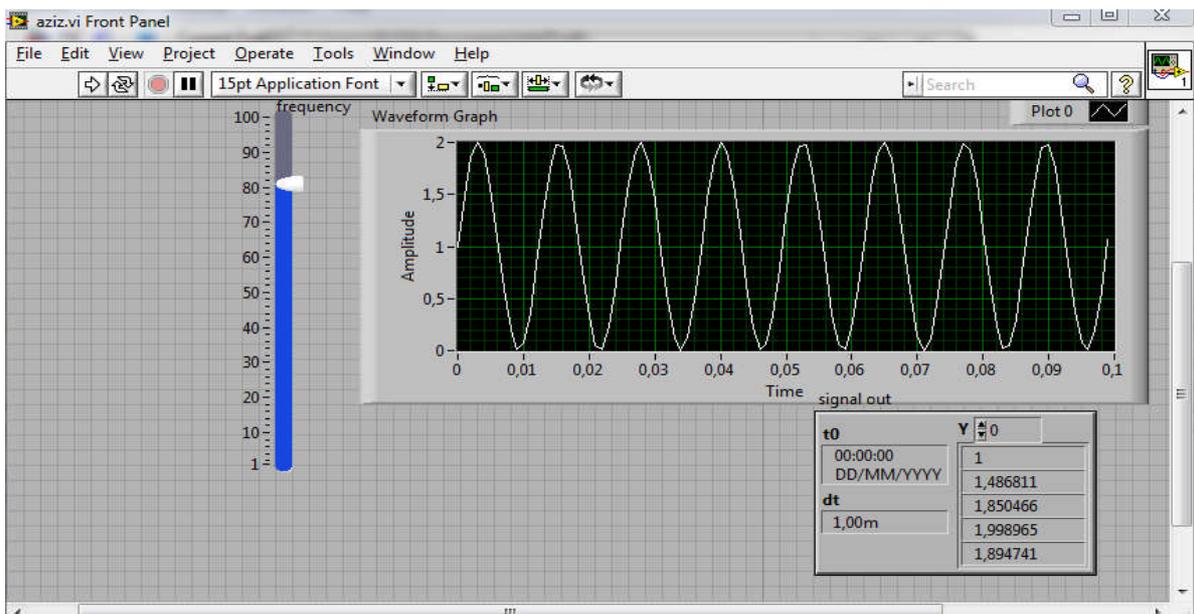


Figure 3.9. Face avant (générer un signal dans oscilloscope)

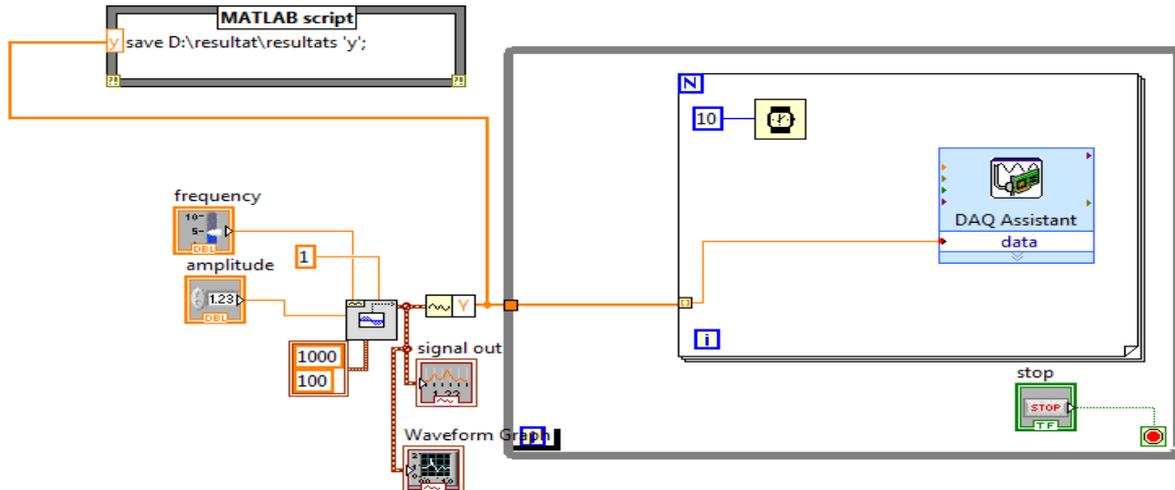


Figure 3.10. Diagramme graphique de notre VI

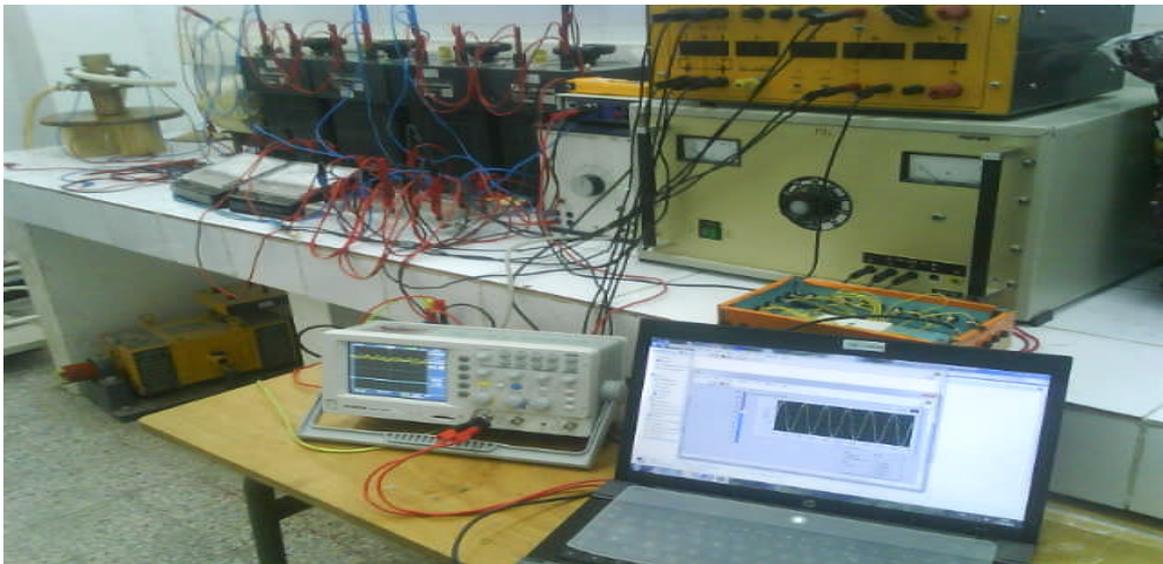


Figure 3.11. Photo montage pour générer un signal de la tension

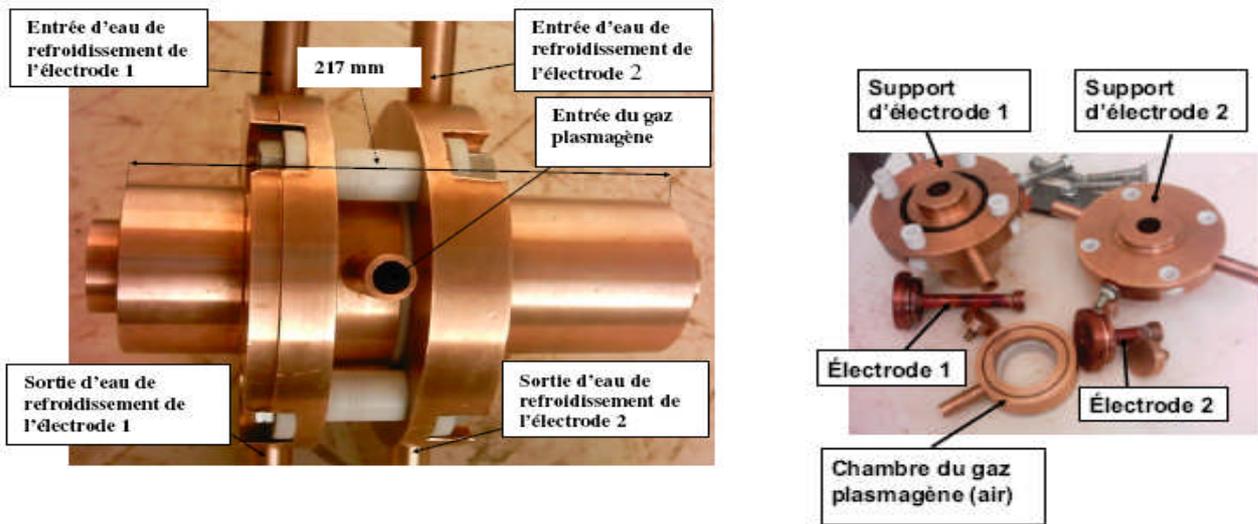
### 3.7. Etude expérimentale

#### 3.7.1. La torche

Une torche plasma d'arc à air de moins de 2 kW a été conçue et réalisée dans le laboratoire de recherche QUERE de l'université de Sétif. [15]

Le schéma du dispositif expérimental est représenté sur la (Figure 3.12). Une torche à plasma transforme l'énergie électrique fournie par un générateur de courant en énergie thermique développée par effet Joule au sein d'un gaz plasmagène en contact avec un arc électrique. Le démarrage de la torche est réalisé par un fusible, l'arc électrique est ensuite maintenu sous faible

tension et fort courant entre l'anode et la cathode.



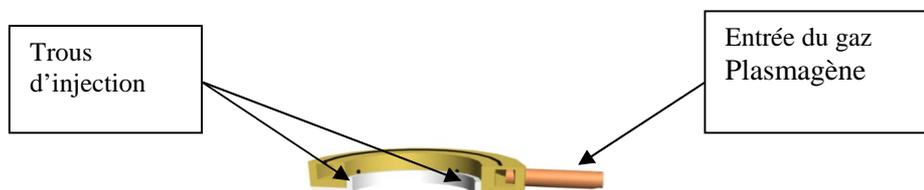
**Figure 3.12.** Représentation générale de la torche à plasma du(QUERE) [15]

### 3.7.2. Amorçage de l'arc

Les gaz étant généralement de bons diélectriques, l'amorçage de l'arc est assuré par un fusible placé entre les deux électrodes.

### 3.7.3. L'injection du gaz plasmagène

Le gaz plasmagène est en général l'air, l'admission de l'air dans la torche se fait à partir d'un compresseur 10 bar équipé d'une vanne et un filtre et un régulateur. Il fournira à la torche l'air nécessaire qui est **injecté en vortex** c- à- d la bague d'injection est percée par des trous tangentiels, de manière à créer une composante de rotation des gaz plasmagènes. La vortèxité représente le rapport entre les quantités de mouvement angulaire et axial. L'effet de vortex participe à la stabilisation de la colonne d'arc.



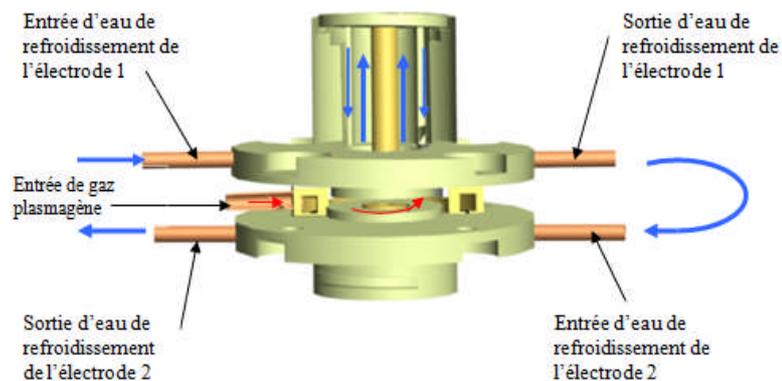
**Figure 3.13.** Coupe de la chambre d'injection d'air

### 3.7.4. Système de refroidissement :

Le refroidissement des électrodes est assuré par l'eau courante du robinet. Elle entre par un réservoir de 150 litres qui à son tour alimente une pompe à eau, le débit de l'eau est contrôlé par une valve. L'eau va retourner vers le réservoir après son passage à travers les deux électrodes de torche, donc, le système de refroidissement fonctionne avec un circuit d'eau fermée.

Le refroidissement est très important et nécessaire pour plusieurs raisons, tel que:

- La déformation rapide des électrodes lorsqu'elles ne sont pas refroidies.
- Le refroidissement parfait évite toute ébullition locale qui peut entraîner une destruction quasi instantanée des électrodes.



**Figure 3.14.** Système de refroidissement de la torche

### 3.7.5. Alimentation électrique

Ce courant continu est obtenu à partir du réseau de distribution de tension alternative, par utilisation d'un redresseur. Des résistances et des inductances en série à la sortie du redresseur participe à la stabilisation du système en s'opposant aux variations rapides (quelques milliers de Hz) du courant qui peuvent être causées par diverses perturbations (variations du débit masse de gaz plasmagène, fluctuations du pied d'arc).

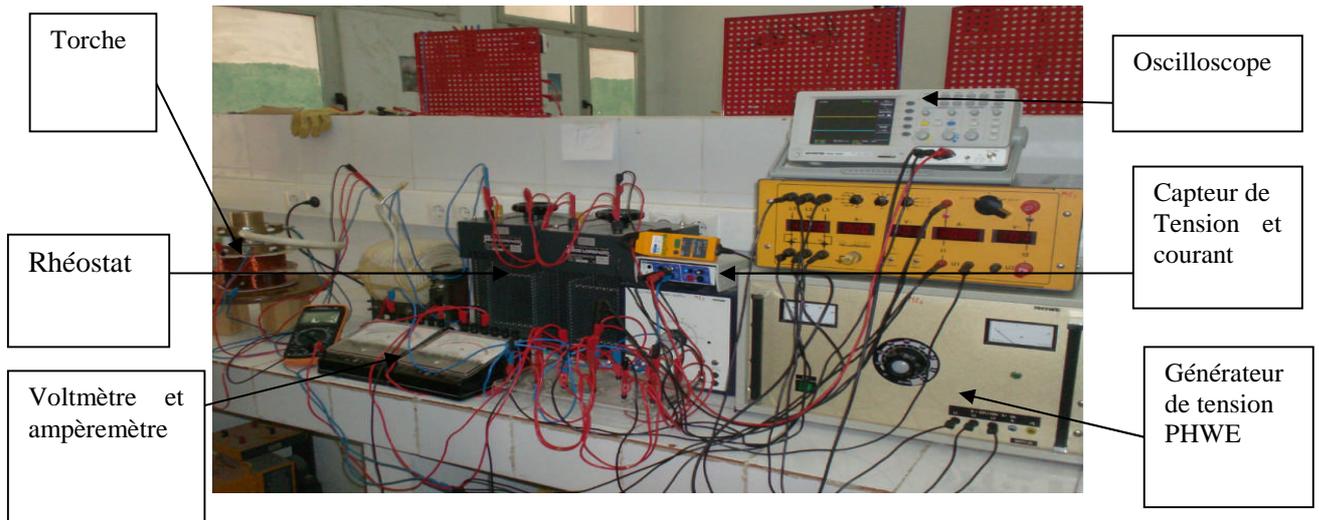


Figure 3.15. Photo de montage utilisé dans l'étude expérimentale

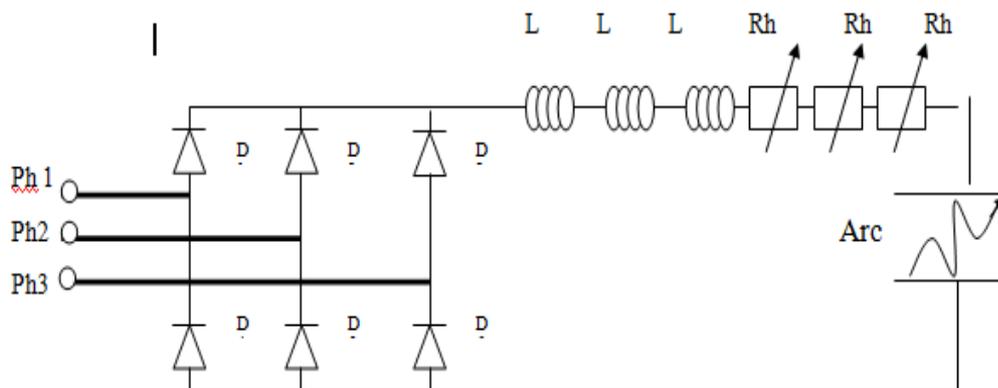


Figure 3.16. Schéma de principe de l'alimentation électrique d'une torche plasma

### 3.8. Instruments de mesures

#### 3.8.1. Capteur de tension

La mesure de la tension aux bornes de la torche a été dans un premier temps effectuée à l'aide de capteur de tension placé sur les barres du connecteur eau/électricité. Il a vite été mis en évidence qu'une tension liée à la résistance des câbles d'alimentation des tresses noyées s'ajoutait à la tension aux bornes de la torche.

### 3.8.2. Shunt (100A-75mv)

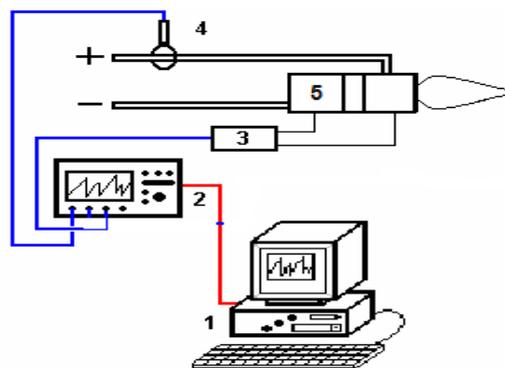
La mesure de l'intensité du courant qui traverse la torche (le courant d'arc) est importante pour plusieurs raisons. Le premier point est de savoir à quelle intensité correspond la tension mesurée à chaque instant. A l'aide d'un filtre physique circuit (RC) pour éliminer les perturbations ou bien les parasites

### 3.8.3. L'ordinateur et le logiciel d'acquisition

Un oscilloscope est relié à un ordinateur PC où est exécuté un programme d'acquisition développé sous le logiciel labview de National Instrument. Dans les premiers temps, la connexion entre l'oscilloscope et l'ordinateur a été effectuée par la carte USB NI-6008 (envoi des données et des ordres). De nombreux programmes sous Labview furent développés au cours de ce mémoire (voir annexe).

### 3.8.4. La chaîne globale d'acquisition d'une torche a plasma

Deux paramètres de la torche peuvent être acquis : la tension électrique aux bornes des électrodes, l'intensité du courant traversant la torche. La chaîne globale d'acquisition est schématisée sur la (Figure 3.17) Ces deux derniers sont mesurées respectivement par un capteur de tension, une pince ampérométrique (shunt). La tension proportionnelle à l'intensité des paramètres mesurés est ensuite envoyée sur un oscilloscope, qui est finalement reliés ensemble par connexion rapide à un ordinateur, qui sous Labview gère l'acquisition, le traitement et le stockage des données



**Figure 3.17.**Le montage expérimental dans sa globalité. [16]

(1) ordinateur (2) oscilloscope (3) capteur de tension (4) sonde de courant (shunt) (5) torche a plasma

### 3.9. Acquisition des signaux de tension et du courant de la torche

Le but de cette acquisition est de caractériser le fonctionnement de la torche à plasma dans les plages de fonctionnement qui nous intéressent. Ces tests sont effectués dans les mêmes conditions de fonctionnement de la torche, à intervalles réguliers sur toute la durée de vie des électrodes. Un test est composé de trois phases dans le temps : le démarrage de la torche, le fonctionnement sous condition stable et l'arrêt de la torche. Le fonctionnement sous conditions stable (débit masse des gaz plasmagènes et intensité voulue du courant, atteints et maintenus fixes durant toute cette phase) permet d'obtenir, grâce au logiciel d'acquisition les courbes souhaitées. Les courbes ci- dessous montrent la variation de la tension et le courant (la puissance) aux bornes de l'arc en fonction de d'induction magnétique

#### 3.9.1. Essai d'une acquisition des signaux avec une seule bobine

##### Essai 1

On utilisé la bobine I, 1170 spires de diamètre de fil  $\approx 0.85$  mm. La pression de l'air est de 0,02 bar, la rotation est dans le sens horaire. L'anode et la cathode montrées dans la (figure 3.18), le diamètre de l'anode tuyère vaut  $\Phi = 10$  mm.

Position de bobine I montrée dans la figure suivante :

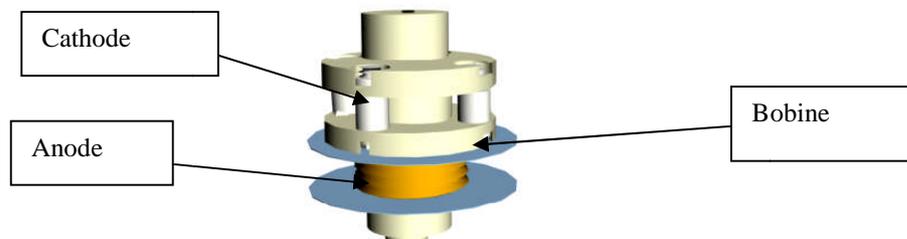
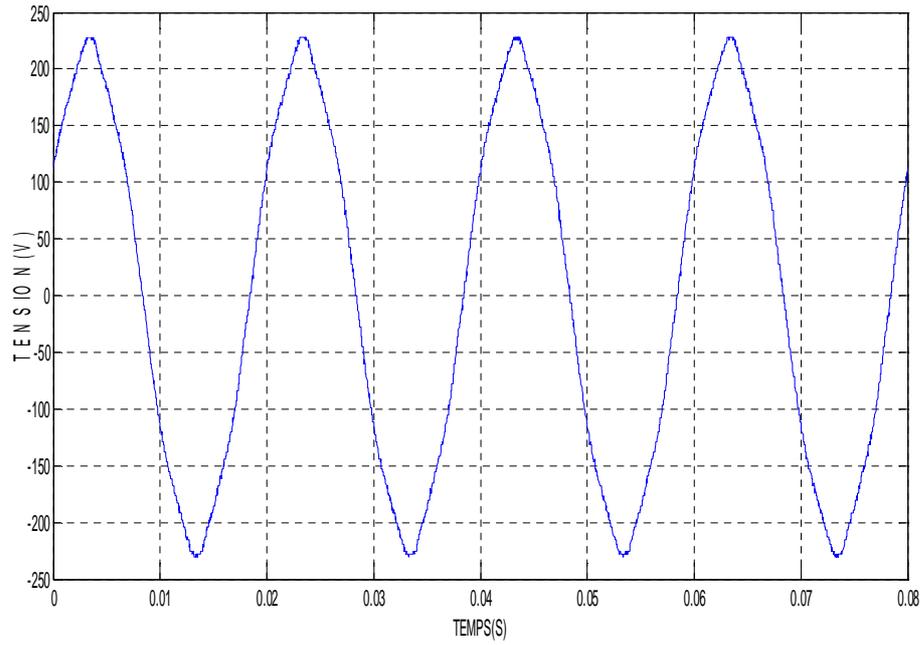
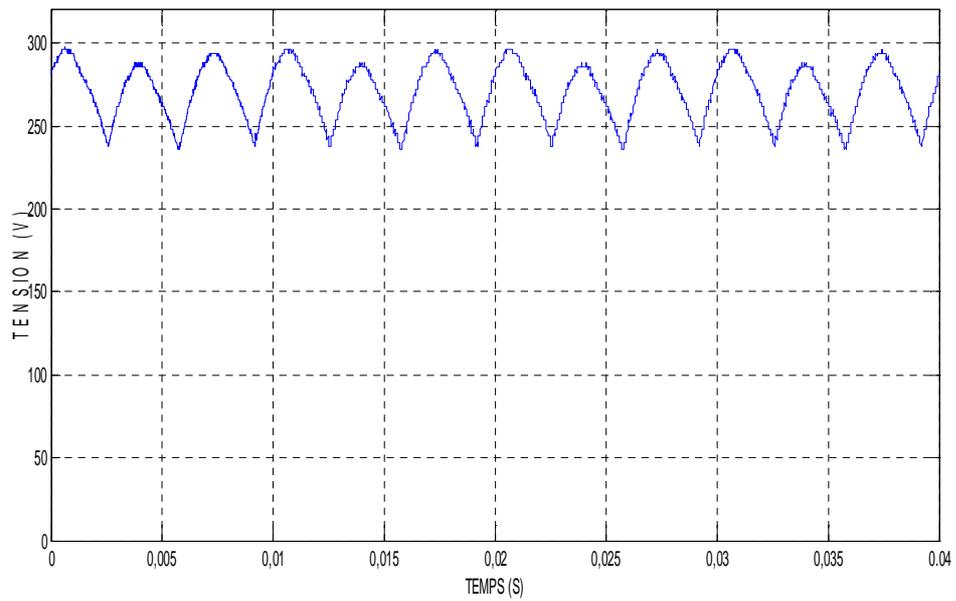


Figure 3.18. bobine

L'alimentation de la torche à partir du générateur triphasée variable de découpage de source FIMER et la tension à vide  $V_{\text{avide}} = 250V$

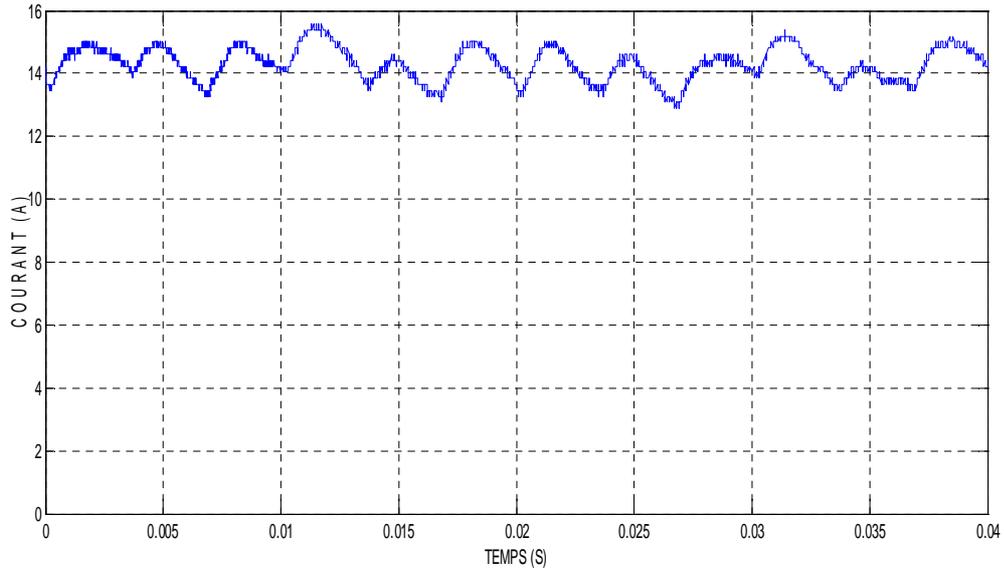


**Figure 3.19.** Tension à vide de source FIMER

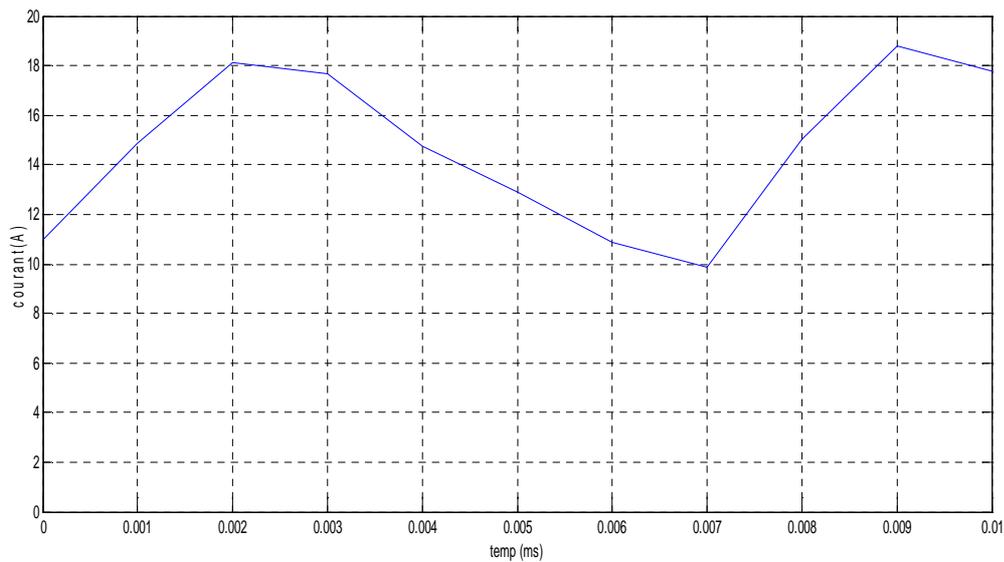


**Figure 3.20.** Tension redressé à vide

Les figures au dessus illustre l'acquisition de la tension à vide du pont redresseur de l'alimentation de la torche a plasma .



**Figure 3.21.** Courant redressé d'arc (source FIMER)



**Figure 3.22.** Allure variation du courant d'arc sous Labview

Cette figure représente la variation du courant d'arc en fonction du temps par la source de FIMER (haut courant). En remarque que le courant varie entre 10 A et 20 A, quand l'intensité du courant augmente, elle provoque un accroissement du diamètre de la colonne d'arc principale. La tension de disruption (nécessaire pour que l'arc claque en amont ou en aval) est donc plus faible, ainsi le jet de plasma est stable.

## Essai 2

Le montage de la (figure 3.15) a été réalisé.

On a fixé la résistance  $R = 28 \Omega$ . ( $R/R+R/R$ ). L'alimentation à partir du générateur triphasée variable, la tension a vide  $V_{vide}=450 \text{ v}$ . Le champ excitation=1A

Pour cette acquisition, on a utilisé un shunt (**100A-75 mV**) pour la protection de la carte d'acquisition et on ajoute un filtre physique de capacité ( $C=1.1\mu\text{F}$ ) pour l'élimination des parasites et l'identification du signal.

Pour une valeur de la capacité  $C=1.1\mu\text{F}$ , le programme (code graphique) de cette acquisition est donnée ci-dessous :

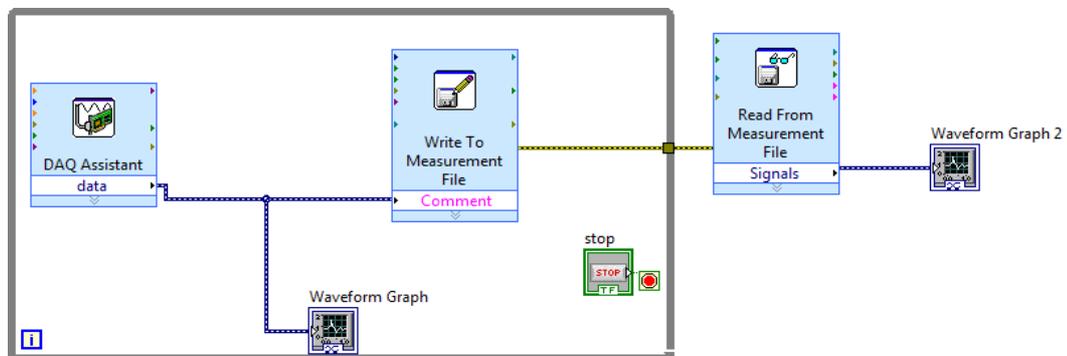


Figure 3.23. Programme (code graphique) pour acquisition le courant d'arc

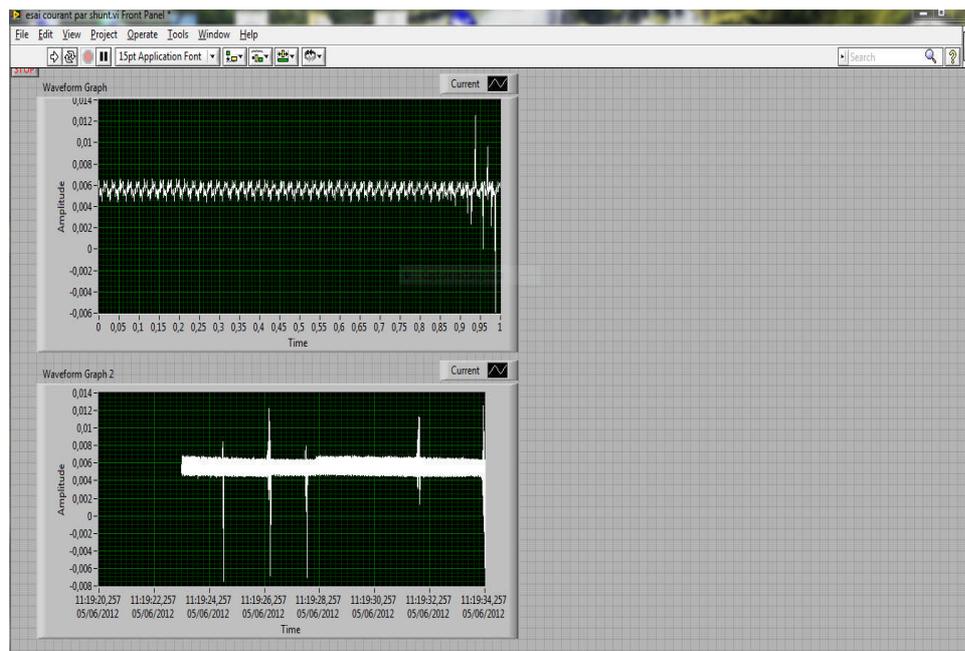
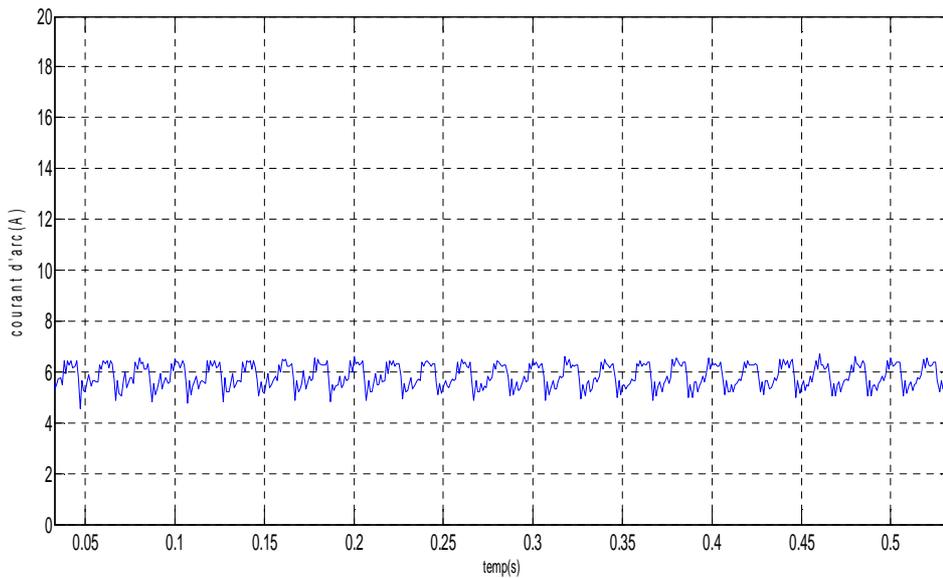


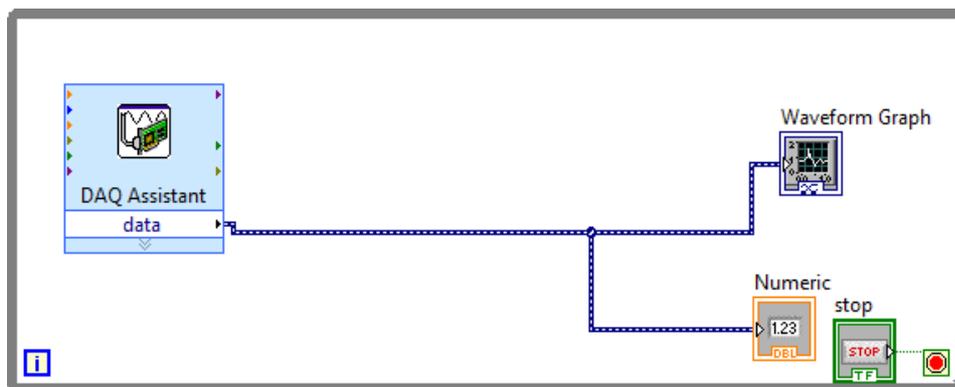
Figure 3.24. Face avant d'une acquisition du courant d'arc



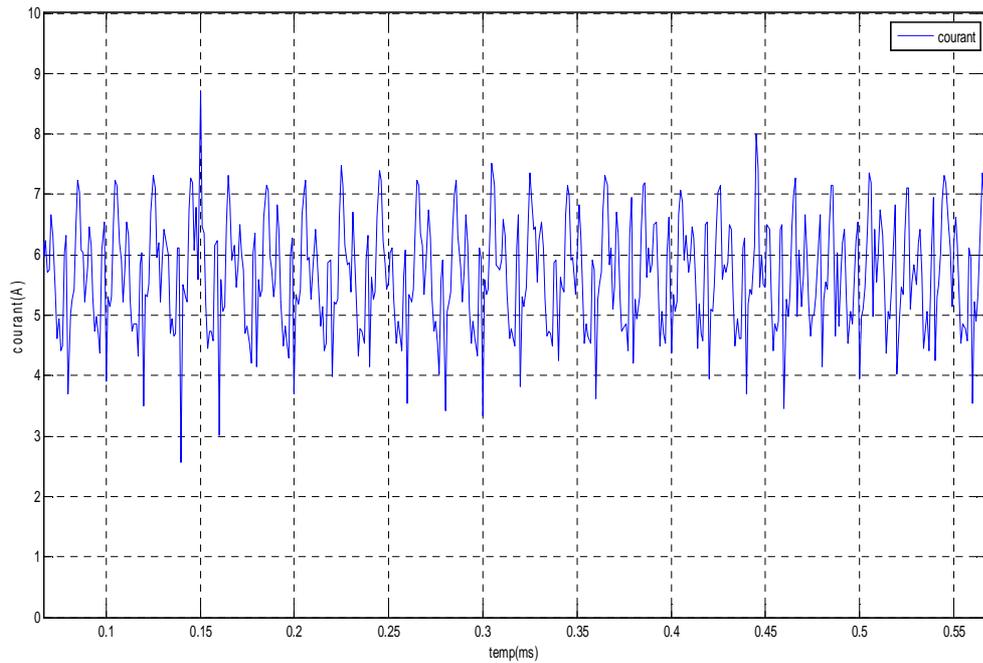
**Figure 3.25.** Allure du courant d’arc redressé sous Labview

Cette courbe présente un courant d’arc redressé acquise par un programme labview et une carte d’acquisition pour ces mesures en constate que la variation de ce dernier entre 6 A et 7 A en fonction du temps.

### 3.10. Acquisition des courants et tensions d’arc par une source (PHWE)

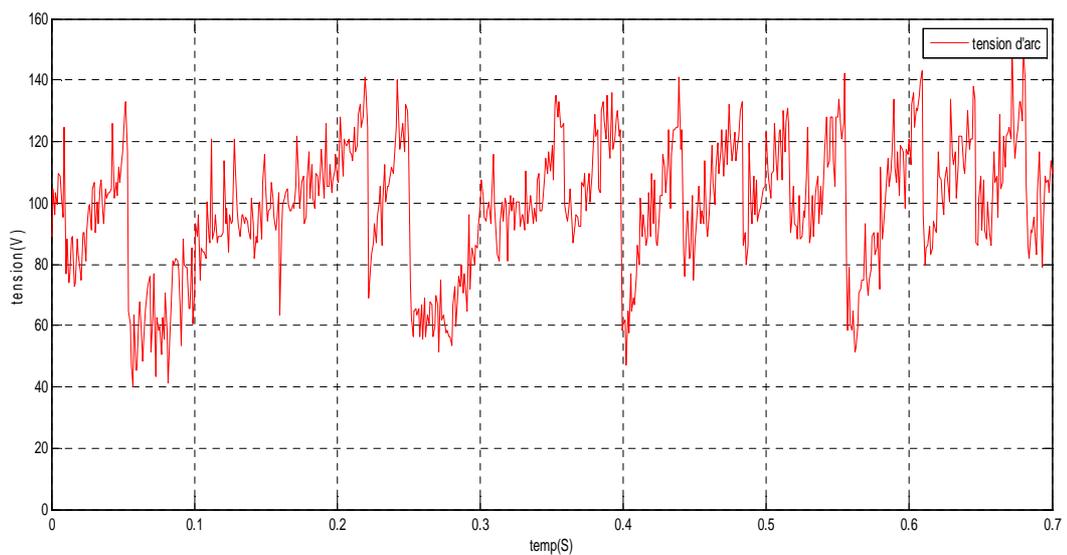


**Figure 3.26.** Diagramme graphique d’acquisition du courant et tension



**Figure 3.27.** Allure courant d'arc sous Labview

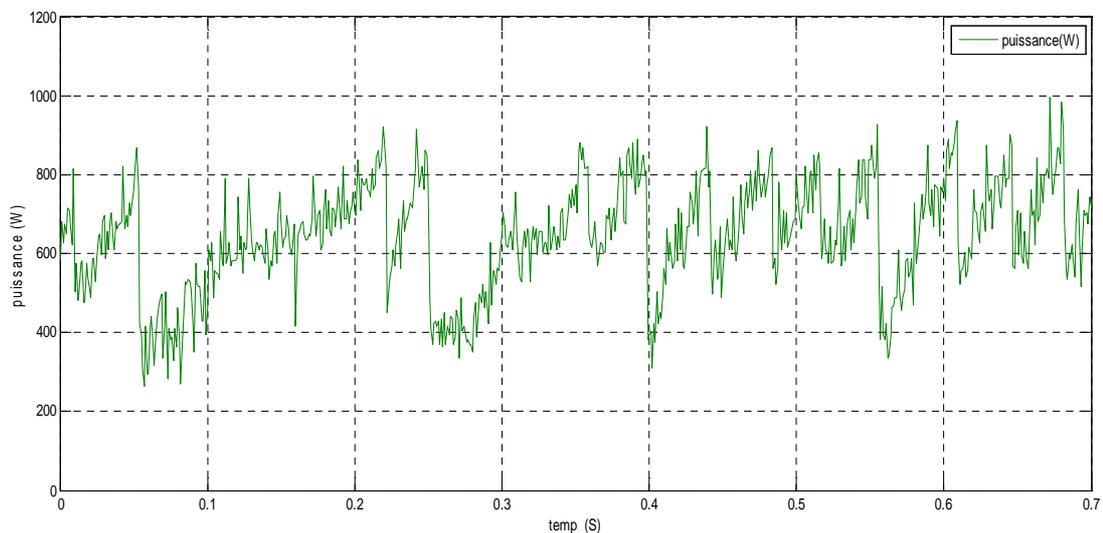
La figure (3.27) représente la variation du courant d'arc par source de (PHWE faible courant) Pour ces mesures, on a fait une comparaison entre les instruments de mesures comme (oscilloscope, ampèremètre) et l'acquisition par le logiciel Labview et on a trouvé que les résultats son identiques (les mêmes) et la variation du courant d'arc de cette essai est de 6A jusqu'à 9A pour que le jet de plasma soit stable.



**Figure 3.28.** Allure Tension d'arc sous Labview

## Interprétation

Les mesures de tension sont effectuées entre l'anode et la cathode et enregistrées par une carte d'acquisition National Instrument (NI-6008). Un programme Labview a été spécialement développé pour cette application. Le mode de fonctionnement d'une torche plasma peut donc être caractérisé par son signal de tension. La forme et l'amplitude des fluctuations de tensions (Figure 3.28) permettent d'avoir une estimation du mouvement et donc de la dynamique de l'arc électrique suivant les conditions opératoires. Pour cette acquisition de la tension on a comparé les résultats des appareils de mesures (oscilloscope, voltmètre) et Labview. Les mesures sont identiques, donc la tension d'arc varier entre 60v et 140v pour un jet de plasma devient stable. Cette étape d'acquisition est très importante pour un fonctionnement de la torche à plasma.



**Figure 3.29.** Allure puissance d'arc

Cette courbe représente la puissance d'arc fournie par la torche en fonction du temps et en fonction du courant suit de la tension d'arc. La valeur moyenne de la puissance est 1000w la variation de la puissance entre 400w et 1000w de cette essai

## Essai 3

### 3.11. Caractéristiques d'arc électrique

Le but de ces mesures est de caractériser le fonctionnement de la torche à plasma dans les plages de fonctionnement qui nous intéressent.

Le tableau ci- dessous montre la variation de la tension et le courant (la puissance) aux bornes de l'arc en fonction de d'induction magnétique,

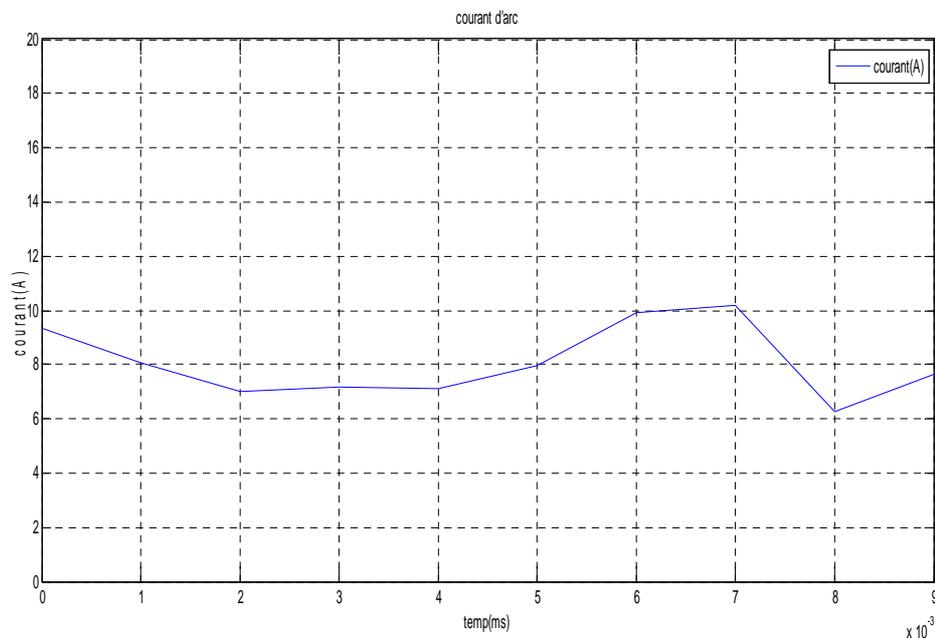
Même les paramètres d'essai 2

On a fixé le débit du gaz plasmagène de 0.02 bar

Le courant d'excitation de la bobine de  $I_{excitation} = 1 \text{ A}$

**Tableau 3.1.** Caractéristiques d'arc électrique

<b>Tension avide (source)</b>	450V	400V	350V	300V	250V	200V
<b>Tension à vide</b>	340V	300V	260V	225V	190V	150V
<b>I excitation</b>	1A	1A	1A	1A	1A	1A
<b>I arc</b>	8A	7A	6A	5A	4A	4A
<b>Tension d'arc</b>	230V	200V	160V	160V	130V	100V
<b>L'état de l'arc</b>	stable	stable	stable	stable	instable	instable
<b>Puissance d'arc</b>	1840W	1400W	960W	800W	520W	400W



**Figure 3.30.** Allure du courant 'd'arc sous labview



**Figure 3.31.**Photo - Développement du jet de plasma de la torche

### **Interprétation**

Après la conception suivie de la réalisation de la torche à plasma, une étude expérimentale a été menée sur ce générateur à plasma. Les tests effectués sur la torche montrent que son fonctionnement est stable. La puissance de la torche est très faible et varie entre 400 W et 1840 W (environ 2 kW). D'après cette courbe et ce tableau nous constatons quand on diminue la tension aide on remarque que les trois phases (puissance, courant et tension d'arc) diminuent jusqu'à ce que l'état de l'arc devienne instable.

### **3.12. Conclusion**

Au cours de ce chapitre, on a pu maîtriser la carte d'acquisition NI-6008, on a généré des tensions et les visualiser sur oscilloscope ainsi qu'on a acquis des tensions générées par un générateurs de fonctions. Ces tests nous permettront par la suite de commander les thyristors pour commander la torche ainsi d'acquies les tensions et les courants générés par l'arc électrique

# CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

---

Durant les recherches du texte de fin d'étude dans le cadre de la formation Mastère 2 commandes des processus industriels option (Automatique) .On a pu avoir l'objectif relié au thème commande de la torche a plasma par le logiciel Labview et la carte nationale instrument. Est le système d'acquisition des données qui permet la mesure des tensions et courants d'arc tous simplement caractériser une torche à plasma.

A vrais dire on a pu faire en premier chapitre une généralité sur Labview (est un logiciel de teste et contrôle) ainsi que une connaissance sur la carte national instrument USB N-I 6008 pour faire des programmes et des tests des mesures sur l'acquisition des données.

Le second chapitre s'intéresse à une étude sur le plasma en général, par d'autres termes, sa définition et les différents types existants de ce dernier. Puis, une étude sur le principe de fonctionnement de la torche à plasma type d'arc non transféré et ses applications.

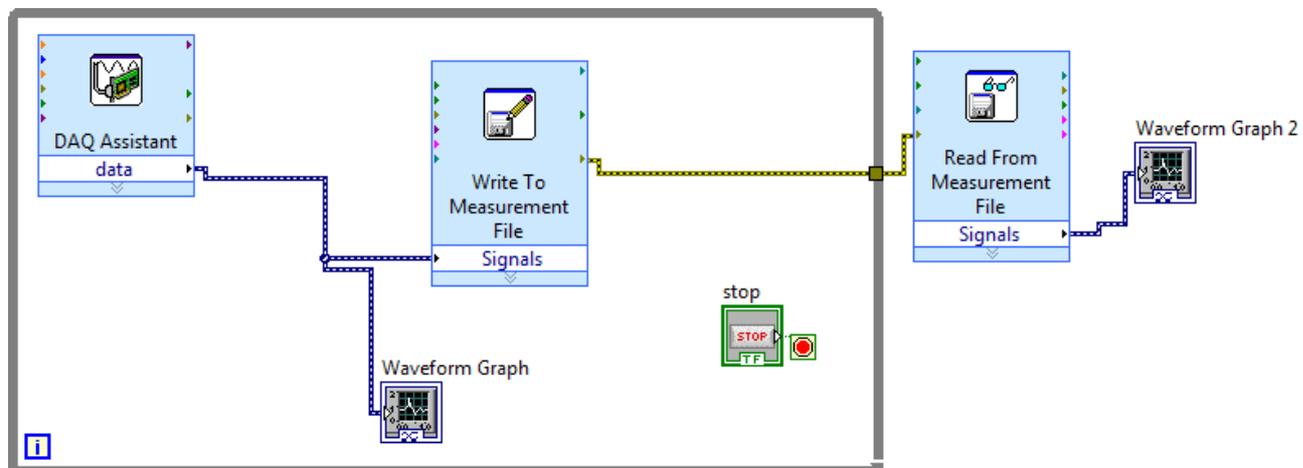
En fin de ce travail l'objectif le plus important en concevant un système d'acquisition des données pour le but de caractériser le fonctionnement de la torche à plasma dans les plages de fonctionnement qui nous intéressent. (Indirectement phénomène d'érosion) La mise en place de campagnes d'acquisitions systématiques des signaux tout au long de la vie du torche a permis d'appréhender l'influence du courant d'arc sur les paramètres de suivi d'érosion ainsi que la forte relation existant entre la tension aux bornes des électrodes.

Ce mémoire étant une petite partie d'un sujet de recherche entamé au sein de notre département, les résultats obtenus sont à étudier afin de choisir ceux permettant une meilleure stabilité de l'arc électrique à l'intérieur de la torche à plasma

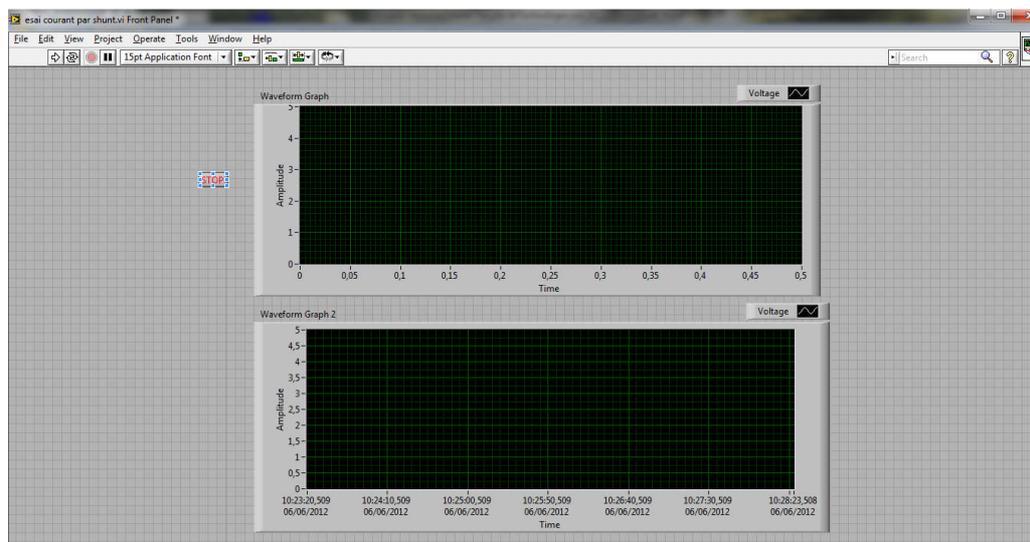
Comme perspectives à venir on trouve :

Le contrôle des paramètres d'entrée, que sont les débits des gaz plasmagènes, l'intensité du courant et le débit d'eau de refroidissement se fait à partir un chaînage de circuits logiques activés par des capteurs et autre carte de commande (souple) pour faire la régulation de ces paramètres durant de vie des électrodes. Cette régulation nous permettons commander des thyristors pour la commande de l'intensité de courant. (Voir Annexe)

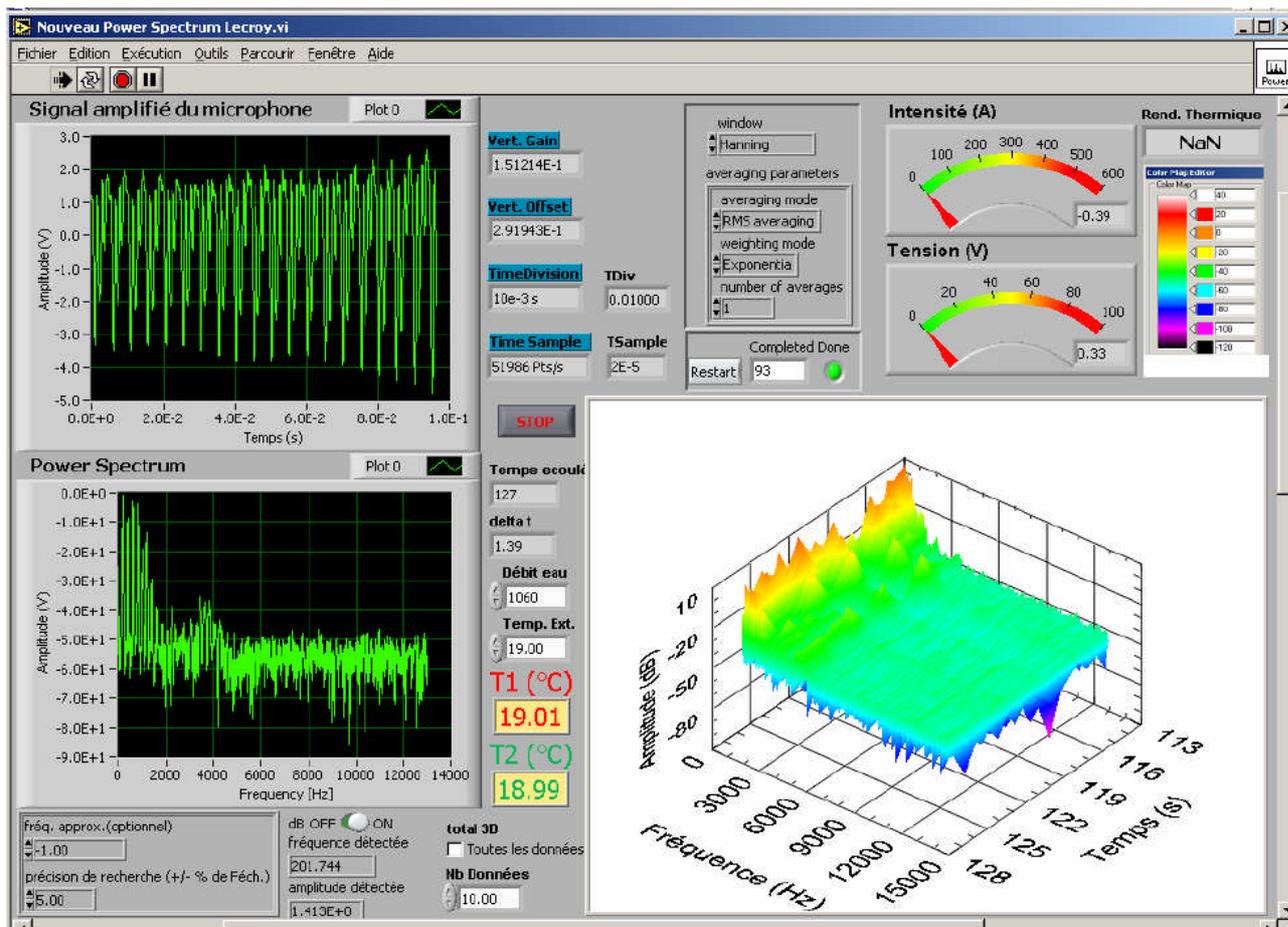
# Annexe A- .....



Programme Code graphique (acquisitions des signaux du courant et tension d'arc)



Face avant de code graphique pour l'acquisition des courants et tension d'arc



Face avant du VI d'acquisition pour la campagne sur l'influence du courant

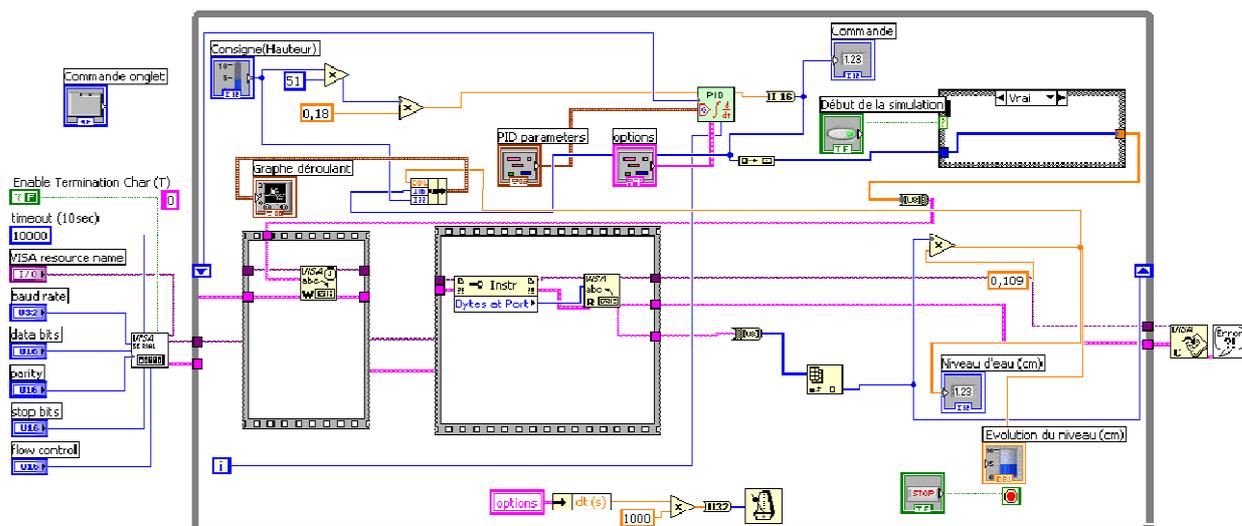
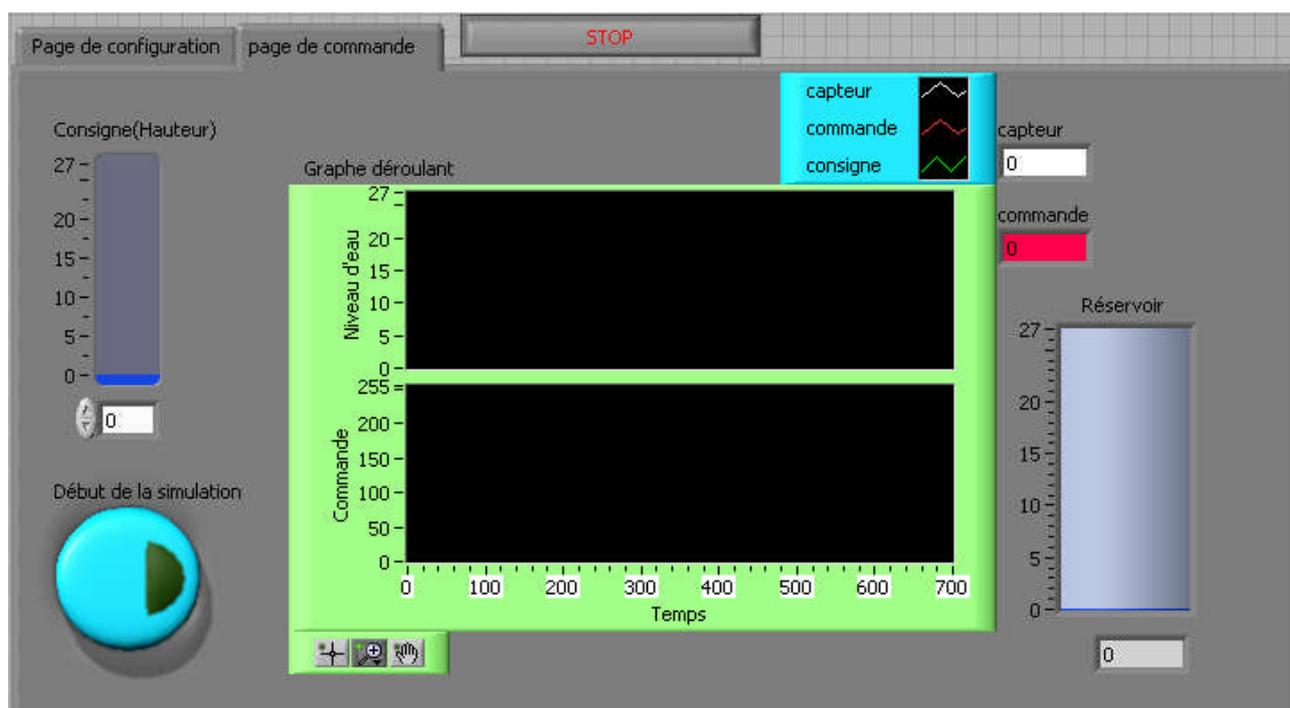


Diagramme de commande PID



face de commande PID

---

## Références Bibliographiques

---

- Livre :

- [1] **FRANÇAIS COTTET**, *labview-programmation et applications* ISBN 210 005570, Dunod, paris, 2001
- [2] **Daniel GARAUT**, *Hervé GARNIER Outils logiciels pour l'instrumentation et la Mesure. Première partie : Bases de programmation Labview 2006*
- [3] **Sakli MOUADH** *Commande et Régulation avec Labview– Génie Électrique & Automatique*  
Ingénieur diplômé de L'École National d'Ingénieurs de GABÈS TUNISIE projets de fin d'études Années 2006et 2007
- [4] **Nicolas POUSSET** *Cours d'initiation au logiciel Labview 2010*
- [5] **Aziz Saoula** Mémoire fin d'études présenté au département d'Électrotechnique Thème (conception D'interfaces utilisateurs pour un système d'acquisition de données en utilisant Labview) université Ferhat Abbas Sétif 2006
- [6] Mémoire fin d'études présenté au département d'Électrotechnique Thème (commande d'une carte de puissance avec le microcontrôleur Pic 16F77 sous Labview) université Ferhat Abbas Sétif 2009
- [7] User guide and specifications USB-6008/6009
- [8] **VACQUIE S.**, *L'arc électrique, Sciences et Techniques de l'Ingénieur*, éditions, CNRS et Eyrolles, 2000.
- [9] **Pierre Fauchais et Armelle Vardelle** « *Les applications innovantes des plasmas thermiques dans l'industrie* », Novelect, Paris Cedex, 2003
- [10] <http://igor.paoletti.free.fr>
- [11] [www.europ-plasma.com](http://www.europ-plasma.com), site Internet de la société Europlasma consulté le 15.03.201
- [12] **YVES PELENC**, *Appareillage électrique d'interruption à haute tension, technique de l'ingénieur*, Eyrolles collection (2000)
- [13] [www.tris-online.com/plasma](http://www.tris-online.com/plasma)
- [14] [www.ens-lyon.fr/DSM/magistère](http://www.ens-lyon.fr/DSM/magistère)

- **Articles de conférences**

- [15] Dr- **Halis Abderrahman** *réalisation d'un générateur a plasma d'arc a air de faible puissance (2 kW)* Mécanique & Industries 12, 325330 (2011) 326
- [16] **D. Rigot, G. Delluc, B. Pateyron, J.F. Coudert, P.Fauchais, J. Wigren**, *Transient évolution and shifts of signals emitted by à DC plasma gun (type PTF4)* High Temp. Mat. Processes 2 (2003) 175–185

## ملخص:

من خلال هذه المذكرة من خلال دراسة في نفس الوقت مبدأ التشغيل لشعلة plasma، تطرقنا الى استخراج الكثير من الإشارات بين أطراف الحدود الطرفية الكهربائية مثل (شدة التيار وشدة التوتر) وقد أجريت هذه الدراسة باستعمال مبرمج labview و معالجة البيانات و وضعها في هذا الأخير.

كلمات مفتاحيه: كلمة شعلة plasma, مبرمج labview

## Résumé :

Ce travail de mémoire fin d'étude a consisté à suivre dans le temps de fonctionnement de la torche a plasma, l'évolution de nombreux paramètres liée aux signaux émis par la torche (tension et courant d'arc) au bornes des électrodes

Cette étude a été menée avec logiciel d'acquisition et de traitement des données que nous avons développé sous labview

**Mots Clés :** la torche a plasma, logiciel Labview

## Abstract:

This Memory end of study is to follow in the operating time of the plasma torch, the evolution of many parameters related to the torch signals (voltage and arc current) to the electrode terminals

This study was conducted with software acquisition and data processing we have developed in labview

**Key Words:** the plasma torch, Labview software.