

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU**



**FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE**  
**DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

**Mémoire de Fin d'Etudes En Vue De L'obtention du**  
**Diplôme de Master en Electronique**

**Spécialité : Télécommunication et réseaux**

**Thème**

**Etude et réalisation d'une carte de conversion courant/tension  
pour implémentation d'un banc de mesure rapide.**

**Dirigé par :**

**M<sup>r</sup>. MOHIA YACINE**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup>. HADJEB ILYAS**

**Année universitaire 2013/2014**

## **Remerciements**

*Avant tout je remercie Dieu de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté pour accomplir ce travail.*

*Au terme de ce travail je tiens à remercier en premier lieu mon co-promoteur Mr.GOUDJIL MOUHAMED pour son efficace assistance, ses précieux conseils et son travail méticuleux.*

*Mes remerciements sont adressés aussi aux membres du jury qui ont accepté de juger mon travail.*

*Sans oublier ma famille, mes amis et tous ce qui ont participé de loin ou de près pour la réalisation de ce travail.*

**ILYAS HADJEB**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à ma très chère mère  
pour son soutien moral, à mes très chers grand  
parents vava Ahmed et yema ferroudja en  
leurs espérant une longue vie et que Dieu les  
garde.*

*Je dédie aussi ce travail à mes très chères tantes  
et mes chers amis et à tous les anciens de oued  
aïssi.*

# Sommaire

## Tables des Matières

Liste des figures.....	I
Liste des abréviations .....	II
<b>Introduction générale</b> .....	1

### Chapitre I : Etude théorique

<b>I.1 Introduction</b> .....	<b>03</b>
<b>I-2 Histoire du MOSFET</b> .....	<b>03</b>
<b>I-3 Description de MOSFET</b> .....	<b>05</b>
I-3.1 Principe de fonctionnement d'un transistor MOSFET.....	06
I-3.2 Différents Types de transistors MOSFET.....	06
I-3.3 Conditions de conduction.....	07
I-3.4 Caractérisation des transistors MOSFET.....	08
I-3.5 L'instrumentalisation utilisée pour mesurer $I$ (V).....	09
I-3.6 Technique de stress utilisée.....	11
I-3.7 Principe de mesure du courant $I_D(V_G)$ .....	11
I-3.8 protocole de mesure.....	12
<b>I-4 Représentation de l'amplificateur</b> .....	<b>14</b>
I-4.1 convertisseur courant/tension avec amplificateur opérationnel .....	16
I-4.2 Principe de mesure d'un courant avec un transimpédance.....	17
I-4.3 Le schéma électrique de notre convertisseur courant/tension .....	18
<b>I.5 Conclusion</b> .....	<b>18</b>

## Chapitre-II : Réalisation pratique

<b>II- Introduction .....</b>	<b>20</b>
<b>II-1 Tracé du typon et du plan d'implantation des composants .....</b>	<b>20</b>
<b>II-2 développement du circuit imprimé.....</b>	<b>22</b>
<b>II-3 soudage des composants.....</b>	<b>23</b>
<b>II-4 Nomenclature des composants.....</b>	<b>24</b>
<b>II-5 Conclusion.....</b>	<b>24</b>

## Chapitres III : Automatisation

<b>III-1 Introduction.....</b>	<b>25</b>
<b>III-2 Equipements et protocole de mesure.....</b>	<b>25</b>
III-3.1 Définition.....	26
III-3.2 Définition d'une VI (Virtual Instruments) .....	28
III- 3.2.1 Interface d'affichage (Front Panel) .....	28
III-3.2.2 Diagramme .....	28
III-3.2.3 Icône/connecteurs.....	29
III-3.3 Palettes.....	29
III-3.3.1 Palette d'outils.....	30
III-3.3.2 Palette de commande.....	30
III-3.3.3. Palette de fonctions.....	31
III-3.4 Structures de données.....	31
III-3.4.1 Variables.....	31
III-3.4.2 Tableaux sous LabVIEW.....	32

III-3.4.3 Clusters.....	33
III-3.5 Structures de programmation dans LabVIEW.....	33
III-3.6 Graphes dans LabVIEW.....	34
III-3.7 Transmission des données .....	34
<b>III-4 Interface graphique sous LABVIEW.....</b>	<b>35</b>
III-4.1 Construction de la face avant.....	36
III-4.2 construction du bloc diagramme.....	36
<b>III-5 Les résultats de la mesure.....</b>	<b>40</b>
<b>III-6 Conclusion .....</b>	<b>43</b>



# Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : Evolution du nombre de transistors dans les microprocesseurs Intel illustrant la loi de Moore.....	02
<b>Figure I-2</b> : Représentation schématique bidimensionnelle (2D) de transistor nMOSFET...	03
<b>Figure I-3</b> : Symbole d'un transistor MOSFET.....	04
<b>Figure I-4</b> : Différents types et symboles des transistors MOS.....	05
<b>Figure I-5</b> : Schéma l'analyseur des paramètres semi-conducteur Agilent 4156C.....	08
<b>Figure I-6</b> : caractéristique de transfert d'un transistor NMOSFET.....	09
<b>Figure I-7</b> : représentation d'un amplificateur operationnel.....	12
<b>Figure I-8</b> : amplificateur réel de gain A.....	13
<b>Figure I-9</b> : Schéma équivalent de l'AOP réel.....	13
<b>Figure I-10</b> : Schemas bloc a transimpedance.....	14
<b>Figure I-11</b> : Amplificateur à transimpédance.....	15
<b>Figure I-12</b> : schéma électrique du convertisseur sous PROTEUS.....	16
<b>Figure II-1</b> : Interface utilisateur PROTEUS (ISIS).....	18
<b>Figure II-2</b> : le PCB sous ARES.....	19
<b>Figure II-3</b> : Plan d'implantation des composants.....	19
<b>Figure II-4</b> : constitution de la plaque.....	20
<b>Figure II-5</b> : photo de la carte de conversion.....	22
<b>Figure III-1</b> : schéma synoptique du banc de mesure.....	25
<b>Figure III-2</b> : fenêtre principale de LabVIEW.....	26
<b>Figure III.3</b> : Exemple de la face avant d'un VI.....	27
<b>Figure III.4</b> : Diagramme de mesure.....	28
<b>Figure III.6</b> : Palette d'outils.....	29
<b>Figure III.7</b> : Exemple de palette de commandes.....	29
<b>Figure III-8</b> : Palette de fonctions.....	30
<b>Figure III-9</b> : Variables de LabVIEW.....	30
<b>Figure III-10</b> : Bibliothèque tableau.....	31
<b>Figure III-11</b> : Exemple d'utilisation du cluster.....	32
<b>Figure III.12</b> : Exemple de connexion RS232 dans LabVIEW.....	33

<b>Figure III-13:</b> L'organigramme du programme sous LABVIEW.....	34
<b>Figure III-14 :</b> Vue de la face avant.....	35
<b>Figure III-15 :</b> Séquence de la configuration de l'oscilloscope et du générateur de fonction...	36
<b>Figure III-16 :</b> Séquence de contrôle générale de notre programme.....	36
<b>Figure III-17 :</b> Séquence d'initialisation de l'oscilloscope pour une mesure.....	37
<b>Figure III-18 :</b> Séquence d'écriture de données au dispositif lié par le GPIB.....	37
<b>Figure III-19 :</b> Séquence de temporisation.....	38
<b>Figure III-19 :</b> Séquence d'acquisition des deux courbes.....	38

## Liste des Abréviations

<b>BTS</b>	Bias Temperature Stress
<b>e</b>	Charge élémentaire de l'électron
<b><math>\epsilon</math></b>	Permittivité relative
<b><math>\epsilon_{ox}</math></b>	Permittivité de l'oxyde
<b><math>E_g</math></b>	Energie du gap
<b>GPIO</b>	General Purpose Interface Bus
<b><math>G_{gs}</math></b>	Conductance grille-source
<b><math>G_{ds}</math></b>	Conductance drain-source
<b><math>I_{DS}</math></b>	Courant drain-source
<b><math>I_{Dssat}</math></b>	Courant de saturation drain-source
<b><math>L_g</math></b>	Longueur de grille
<b>L</b>	Longueur du canal d'un MOSFET
<b>MOS</b>	Metal oxide semiconductor
<b>MOSFET</b>	Metal oxide semiconductor Field Effect Transistor
<b>NBTI</b>	Negative Bias Temperature Instability
<b>NBTS</b>	Negative Bias Temperature Stress
<b>PBTI</b>	Positive Bias Temperature Instability
<b>q</b>	Charge électrique élémentaire
<b>VXI</b>	Bus informatique industriel destiné à l'instrumentation
<b><math>V_d</math></b>	Tension de diffusion
<b><math>V_{gs}</math></b>	Tension grille-source
<b><math>V_{GD}</math></b>	Tension grille-drain
<b><math>V_{DS}</math></b>	Tension drain-source
<b><math>V_{Dssat}</math></b>	Tension de saturation drain-source
<b><math>V_{th}</math></b>	Tension de seuil
<b><math>V_{FB}</math></b>	Tension Flat Band
<b>W</b>	Largeur de grille
<b><math>v_{th}</math></b>	Décalage de la tension de seuil
<b>S</b>	La section des armatures.
<b>e</b>	L'épaisseur de l'isolant qui sépare les armatures.
<b><math>\epsilon</math></b>	La permittivité diélectrique du milieu isolant.
<b>DUT</b>	Dispositif Under Test
<b>GF</b>	Générateur de fonction
<b>CDTA</b>	Centre de Développement des Technologies Avancées

**VI**

Virtual Instruments

**LabVIEW**

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench

# **Introduction générale**

La caractérisation des composants électronique est d'une importance capitale pour le développement de l'industrie électronique en général et de la micro-électronique en particulier. Les objectifs attendus de cette caractérisation sont l'extraction des différents paramètres afin de comprendre les propriétés électriques et physiques des dispositifs, par l'interprétation d'un bon fonctionnement et de prévoir une long durée de vie. Elle agit sur le développement de la technologie de fabrication, par le bais de développement des outils de modalisation pour une implantation dans les simulateurs.

Les techniques de caractérisations des dispositifs micro-électroniques sont basées essentiellement sur les techniques de mesures électriques de types courant-tension (I-V), capacité-tension (C-V), le pompage de charge (I-V alternatif (AC)) et techniques de bruits basse fréquence. Cependant, quand les dimensions du dispositif deviennent submicroniques (nanométrique), ces techniques souffrent de certaines limites de précision et introduction des bruits pour des courants très faibles de l'ordre du pico-ampère qui doivent être prises en compte lors de l'analyse et la mesure.

La caractérisation d'un transistor MOSFET se fait généralement sous trois formes qui sont ; la caractérisation statique qui s'appuie sur la mesure courant-tension pour l'évaluation de l'ensemble des paramètres statiques, la caractérisation dynamique aux basses et en hautes fréquences permet de décrire le comportement du dispositif en introduisant des paramètres pour déterminer avec précision les déférents comportements pour prévoir les potentialités d'un composant donné dans un domaine spécifique.

Dans ce travail, on a mis en évidence la caractérisation statique des MOSFETs en utilisant les techniques  $I(V)$  avancées, selon la conception de l'instrument de caractérisation. L'objectif est de contribuer au développement d'un programme sous LabView contrôlant automatiquement un banc de mesure qui contient une carte de conversion courant-tension que nous allons réaliser et tracer les courbes  $V_g$  et  $V_d$  et les enregistré sur ordinateur, à travers une communication GPIB et ensuite les comparer aux courbes obtenu à l'aide de l'instrument de mesure Agilent 4156C.

L'objectif de ce présent travail est de réalisé une carte de conversion courant/tension pour lire directement sur l'oscilloscope sans passé par un instrument de mesure, ceci permet de faire des mesures rapide.

La rédaction de ce mémoire est répartit en trois chapitres. Le premier chapitre traite les différents types de transistor MOSFET ainsi que sa description, ces caractérisations, son principe de fonctionnement et ces conditions de conduction. Et aussi une présentation de

l'amplificateur opérationnel ainsi que le principe de mesure d'un courant avec un transimpédance. Le deuxième chapitre sera consacré à la réalisation pratique de notre carte de conversion courant-tension.

Le troisième chapitre sera consacré à notre travail expérimental. La première partie est consacrée à la présentation du logiciel LabView et à l'explication du programme que nous allons faire, pour la deuxième partie elle sera réservée à la comparaison entre les résultats obtenus avec l'instrument de mesure Agilent 4156C et ceux obtenus avec le banc de mesure que nous allons réaliser.

Le mémoire s'achève par une conclusion où sont rappelés les principaux résultats de cette méthode et les perspectives de recherche envisageables pour cette technique.



**CHAPITRE I**  
**Étude théorique**

## I.1 Introduction

Dans ce premier chapitre nous allons présenter les notions de bases du transistor MOSFET, sa description, ces caractérisations, et son principe de fonctionnement ainsi que le Principe de mesure du courant  $I_D(V_G)$ .

Le MOSFET a connu un essor considérable dans le domaine des circuits intégrés. Il est devenu l'élément de base et unitaire de tous les circuits intégrés CMOS fabriqués en technologie planar. Son utilisation se généralise progressivement pour atteindre différents domaines d'applications tels que les télécommunications, l'électronique de puissance et l'instrumentation. Cependant, dans les circuits intégrés VLSI/ ULSI, les MOSFET restent les composants les plus utilisés. De ce fait, les MOSFET ont été conçus et réalisés sous différentes géométries, i.e. canal long, canal court, submicronique et MOSFET nanométrique à dimensions critiques.

Comme nous allons aussi présenter l'amplificateur opérationnel qui est l'élément principal de notre travail, ainsi que le schéma électrique du convertisseur courant/tension.

L'amplificateur opérationnel (AOP) est un composant intégrant différentes fonctions constituées d'étages à transistors (amplificateur différentiel, miroirs de courant, amplification de puissance). Il est doté d'une alimentation (symétrique ou non) ( $V^+$  et  $V^-$ ), d'une entrée différentielle ( $e^+$  et  $e^-$ ) et d'une sortie ( $V_s$ ). Les caractéristiques de l'AOP permettent de réaliser simplement de nombreux montages électroniques.

## I-2 Histoire du MOSFET

Les concepts du transistor MOSFET ont été brevetés par LILIENTHAL et HEIL en 1930 en tant qu'une réponse aux problèmes de consommation des tubes triodes. Cependant des difficultés technologiques très importantes ont retardé sa réalisation pratique. En effet, il n'apparaîtra sous sa forme moderne qu'en 1955 grâce à ROSS. Cela bien après la réalisation par SHOCKLEY en 1947 du premier transistor de type bipolaire, pourtant théoriquement bien plus sophistiqué. C'est en 1960 que KAHNG et ATTALA ont présenté le premier transistor MOSFET sur Silicium en utilisant une grille isolée dont le diélectrique de grille était en oxyde de silicium  $\text{SiO}_2$ . Le silicium fut un choix très judicieux. Il est l'élément le plus abondant de la croûte terrestre, après l'oxygène. De plus son oxyde est non seulement un très bon isolant électrique mais il s'est aussi révélé parfaitement

adapté pour former des couches dites de passivation protégeant les circuits, accroissant remarquablement leur fiabilité. Les avantages qu'offraient les transistors par rapport aux tubes à vide sont alors innombrables : leur taille est Réduite (avant même d'être microscopique), ils sont beaucoup moins fragiles et ne nécessitent pas d'être chauffés afin de fonctionner.

Aidé par l'invention de la technologie Planar par BOB NOYCE en 1968 à la société Fairchild, il ne fallut alors que 10 ans avant de voir apparaître sur le marché les premiers circuits intégrés. Enfin, avec l'invention de la technologie CMOS (Complementary MOS) par F. WANLASS en 1963, toujours chez Fairchild, technologie, se distinguant par sa faible consommation (réduction d'un facteur de six de la consommation statique sur les premiers circuits intégrés), les transistors MOS commencèrent leur fulgurante ascension dans le monde de la microélectronique. Ainsi, 25 ans plus tard, portée par sa faible consommation, sa facilité de fabrication et sa haute densité d'intégration, la technologie CMOS est devenue la technologie prédominante dans les circuits intégrés numériques ayant quasiment supplanté les technologies à base de transistors bipolaires [1].

A partir du milieu des années 70, avec l'avènement des microprocesseurs et de la micro-informatique personnelle, le nombre de MOSFET par puce n'a cessé de croître parallèlement à la diminution des dimensions des transistors. Dès 1965 GORDON MOORE prédit que le nombre des transistors par unité de surface doublerait tous les 2 ans ; en fait, les progrès technologiques ne permettront un doublement de la densité d'intégration que tous les 18 mois, voir la figure I-1.

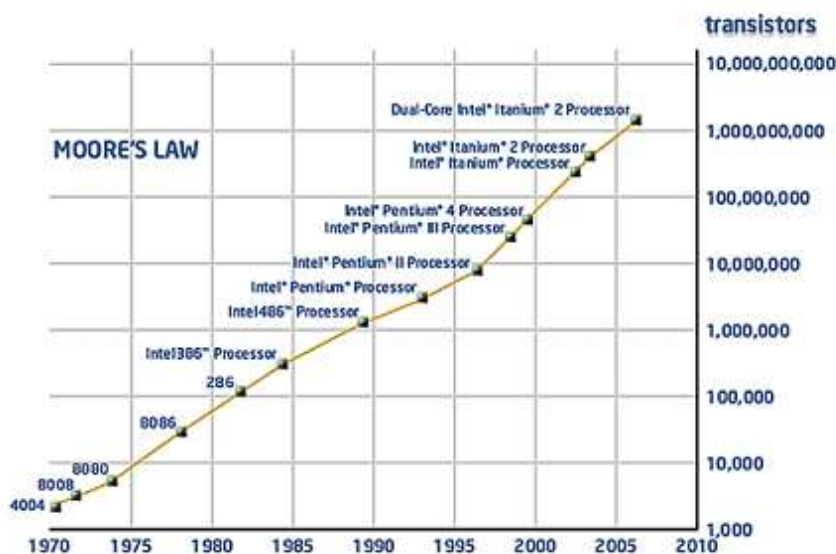


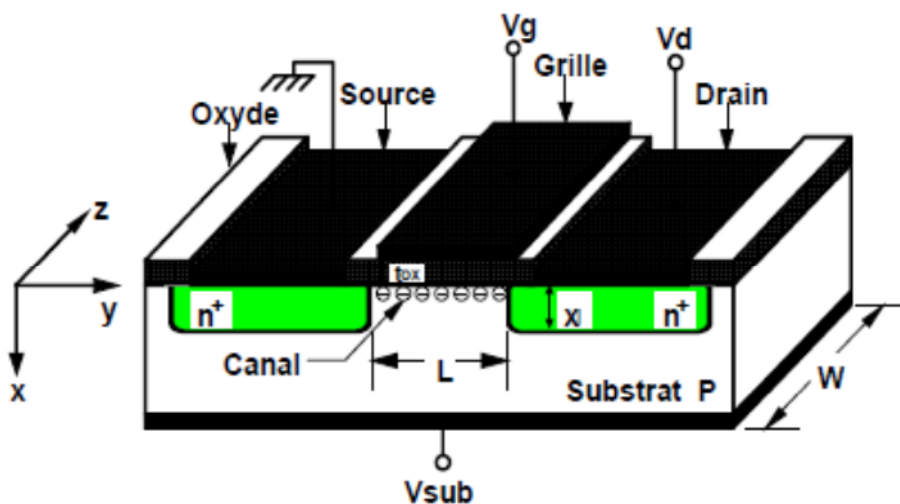
Figure I-1 : Evolution du nombre de transistors dans les microprocesseurs Intel illustrant la loi de Moore.

L'augmentation de la densité d'intégration n'est pas le seul but visé en diminuant la taille des transistors MOS. En effet, l'augmentation de la vitesse de commutation des dispositifs est l'un des enjeux principaux de la course furieuse actuelle à la miniaturisation des MOSFETs [1].

### I-3 Description de MOSFET

En générale, le transistor MOSFET utilisé dans les Circuits numériques est un interrupteur de très petite dimension qui permet de commander le passage ou non d'un courant entre deux contacts.

Il existe deux types de transistor : le transistor nMOSFET où le courant est fourni par les électrons, et le transistor pMOSFET dont le courant est assuré par les trous. Le schéma simplifier de transistor nMOSFET est représenté sur la figure I-2 dans le cas d'une technologie conventionnelle sur silicium massif, le transistor est fabriqué sur un substrat de silicium dopé de type p dans lequel est crée par implantation ionique ou diffusion, deux zones très fortement dopées du type opposé (n<sup>++</sup>), appelées région de source et de drain. Une couche d'oxyde de silicium est ensuite élaborée par oxydation au-dessus de la zone du substrat non recouverte par les régions de source et drain. Finalement, la grille en poly-silicium est déposée sur la couche d'oxyde pour constituer le dernier élément de commande du dispositif. Le transistor MOSFET comporte donc trois principales électrodes (contacts de source, de drain et de la grille) auxquelles sont associées trois polarisations indépendantes ( $V_s$ ,  $V_d$  et  $V_g$  respectivement). Dans une utilisation standard, le contact de source est relié électriquement à la masse et la tension  $V_s$  est nulle [2].



**Figure I-2 :** Représentation schématique bidimensionnelle (2D) de transistor nMOSFET

### I-3.1 Principe de fonctionnement d'un transistor MOSFET

Le MOSFET est un composant unipolaire pour lequel la conduction est assurée par les porteurs majoritaires. En électronique de puissance, le MOSFET est généralement, à grille isolée et canal induit par enrichissement, la figure I-3 représente un schéma électrique équivalent d'un transistor MOSFET [3].

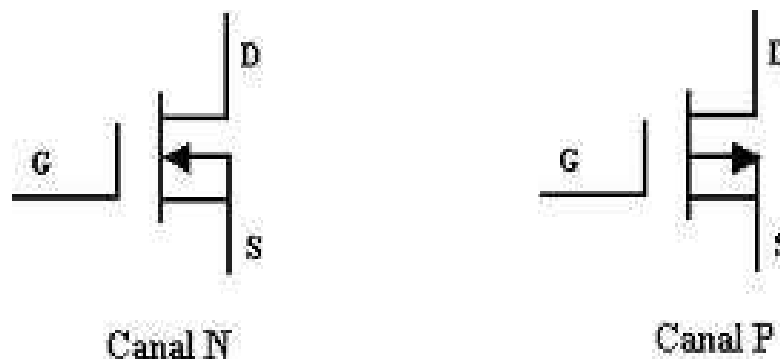


Figure I-3 : Symbole d'un transistor MOSFET

### I-3.2 Différents Types de transistors MOSFET

Il existe quatre types de transistors MOSFET soit ils sont à canal N ou P ou bien à enrichissement ou appauvrissement (déplétion).

Dans le cas d'un transistor à canal N, appelé aussi transistor nMOSFET le substrat est de type P, et les porteurs majoritaires sont les électrons.

Les transistors MOSFET à enrichissement sont bloqués sans tension de commande sur la grille (normally off), ils deviennent passants à partir d'une certaine tension de grille  $V_{TH}$ . Plus  $|V_{GS}| > |V_{TH}|$  plus le transistor MOSFET devient passant. Les transistors MOSFET à appauvrissement sont passants sans tension de commande sur la grille (normally on), ils deviennent de moins en moins conducteurs au fur et à mesure que la tension de commande augmente pour finalement se bloquer au-delà d'une tension de blocage  $V_{GSoff}$ . (Tableau I-1). Dans la littérature, plusieurs symboles sont utilisés pour représenter les transistors MOSFET [3].

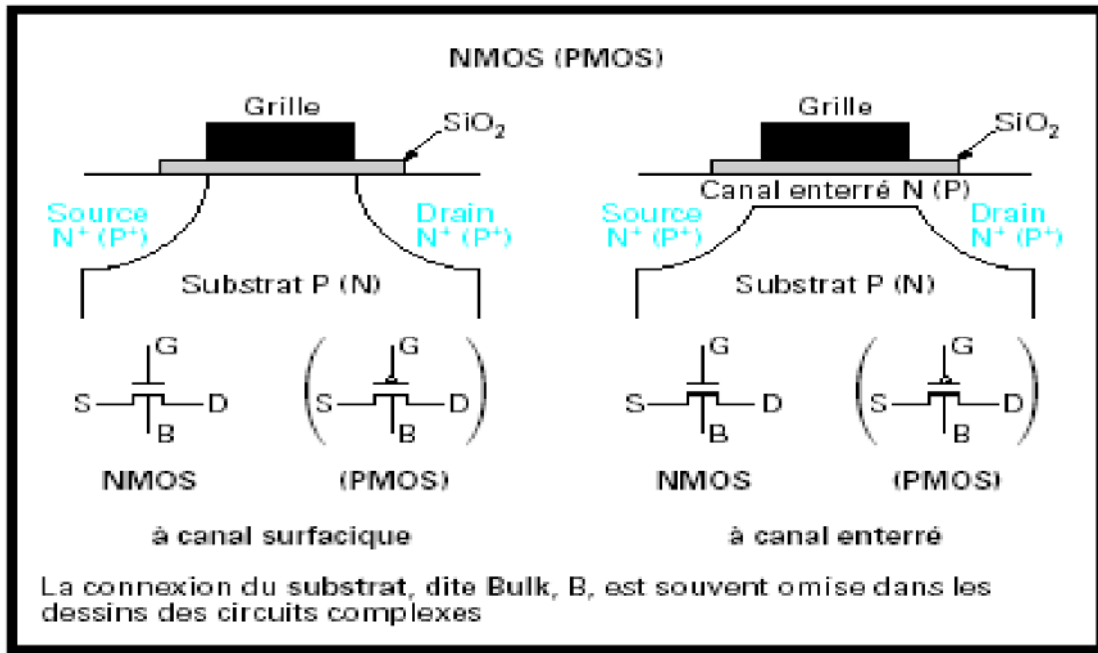


Figure I-4 : Différents types et symboles des transistors MOS

### I-3.3 Conditions de conduction

Le canal conducteur existe si la tension de grille est supérieure (cas du transistor nMOS) ou inférieure (cas du transistor pMOS) à une tension de seuil  $V_{TH}$ , et ça pour un transistor à enrichissement.

Canal	Type	Porteurs	Condition de conduction
N	Enrichissement	Electrons	$V_{GS} > V_T$
N	Appauvrissement	Electrons	$V_{GS} < V_{GSoff}$
P	Enrichissement	Trous	$V_{GS} < V_T$
P	Appauvrissement	Trous	$V_{GS} > V_{GSoff}$

Tableau I.1 : Condition de conduction de MOSFET

### I-3.4 Caractérisation des transistors MOSFET

Il existe de nombreuses techniques de caractérisations électriques permettant d'avoir des informations sur les états d'interfaces, certaines s'appliquent à l'étude de capacités MOS, d'autres s'appliquent aux transistors MOS, parmi ces techniques de caractérisation on a la  $C(V)$  et  $I(V)$  classiques qui reposent sur les modèles de transistors à canaux longs et qui permettent une description correcte du comportement de composant dans toutes ces régions de fonctionnement.

Pour une capacité à électrodes métalliques, donc parfaitement conductrices, on fait l'hypothèse que les charges accumulées aux bornes de la capacité occupent une zone d'épaisseur négligeable. Dans ce cas, on peut montrer que la charge accumulée  $Q$  aux armatures de la capacité est reliée à la tension appliquée par la relation suivante :

$$Q = C_m U \quad \text{Eq : I.1}$$

Cette capacité  $C_m$  ne dépend pas de la tension appliquée et vaut, si on néglige les effets de

bord :

$$C_m = \frac{\varepsilon S}{e} \quad \text{Eq : I.2}$$

Avec :

$S$  : la section des armatures.

$e$  : l'épaisseur de l'isolant qui sépare les armatures.

$\varepsilon$  : La permittivité diélectrique du milieu isolant.

La caractérisation électrique statique  $I(V)$  consiste à extraire les caractéristiques  $I_d(V_g)$  et  $I_d(V_d)$  des transistors qui nous permet de donner des informations sur la fiabilité du composant et le domaine d'utilisation.

### I-3.5 L'instrumentalisation utilisée pour mesurer $I(V)$

#### ➤ Agilent 4156C (Precision Semiconductor Parameter Analyser)

L'Agilent 4156C, illustré dans les figures (I-5), est une solution pour plusieurs domaines d'analyse des paramètres des semi-conducteurs. Il est considéré comme étant six instruments embarqués dans le même boîtier.

- Analyseur de paramètres semi-conducteur : caractérisation DC de dispositifs.
- Générateur d'impulsion : stress sur les dispositifs pour les tests de fiabilité.
- Alimentation : préservation des états logiques et des conditions de polarisation.
- Compteur : prolongation de la période d'échantillonnage pour le test de fiabilité.
- Traceur de courbe : caractérisation des dispositifs en temps réel.
- Contrôleur : mesure personnalisée et analyse.



**Figure I-5** : photo de l'analyseur des paramètres semi-conducteur Agilent 4156C.

L'agilent 4156C est ciblé par les technologies à base de semi-conducteurs avancées. Il est identique au 4155, sauf pour sa résolution de courant plus élevée, sa précision améliorée, et ses connexions Kelvin.

Les fonctionnalités du 4156C peuvent être facilement élargies en lui connectant d'autres instruments notamment lorsqu'il est utilisé avec le 41501 SMU (Stress Measure Unit) et le générateur d'impulsion (Pulse Generator expander). L'expander a une masse (Ground Unit GNDU) et accepte deux canaux d'unité générateurs d'impulsions (Pulse Generator Unit PGU) et deux canaux SMU moyenne puissance (Means Power SMU) ou une SMU haute puissance (High Power SMU).

➤ **Les avantages majeurs du 4156C sont :**

- ✓ Faible courant : deux gammes de courant faible supplémentaires donnent une résolution de 1fA et une précision de 20fA.
- ✓ Faible résistance : une connexion Kelvin est ajoutée pour éliminer l'erreur de la résistance plomb.

Le HPSMU a été spécialement conçu pour les dispositifs à base de semi-conducteurs. Il est utilisé pour sa haute capacité tension/courant.

### I-3.6 Technique de stress utilisée

Le comportement électrique du transistor MOS dépend fortement de la qualité d'oxyde ainsi que de la qualité de l'interface SiO<sub>2</sub>/Si. Les interactions des porteurs du canal avec les défauts du système SiO<sub>2</sub>/Si réduisent les performances électriques du dispositif. Le champ électrique dans l'oxyde est l'une des origines possibles de la dégradation de l'oxyde et de la détérioration de l'interface [01].

La technique du stress utilisée est le stress à tension constante (Constant Voltage Stress CVS) qui consiste à appliquer une forte tension constante sur la grille en reliant le drain et la source à la masse [4].

### I-3.7 Principe de mesure du courant $I_D(V_G)$

Pour avoir la mesure  $I(V)$  ou bien extraire la caractéristique de transfert d'un transistor MOSFET, on soumet ce dernier à un stress électrique à haute température, ensuite on lui injecte des tensions sur la grille pour mesurer le courant de sortie sur le drain en se basant sur un montage expérimental qui nous permet d'injecter ces tensions sous forme de step, ces dernières sont générées par un générateur de fonction externe ou inclus à l'intérieur de l'instrument de mesure comme Agilent 4156C qui nous permet de donner ces tensions à travers une configuration donnée, le courant de sortie mesuré par un ampère-mètre dans certains cas ou bien par un système interne qui nous offre l'instrument de mesure, le résultat obtenu est représenté sur la figure (I-6).

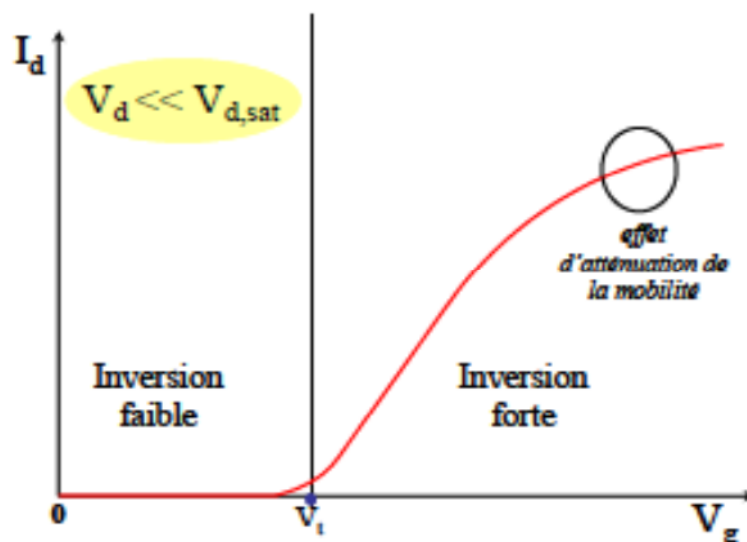


Figure I-6 : caractéristique de transfert d'un transistor NMOSFET.

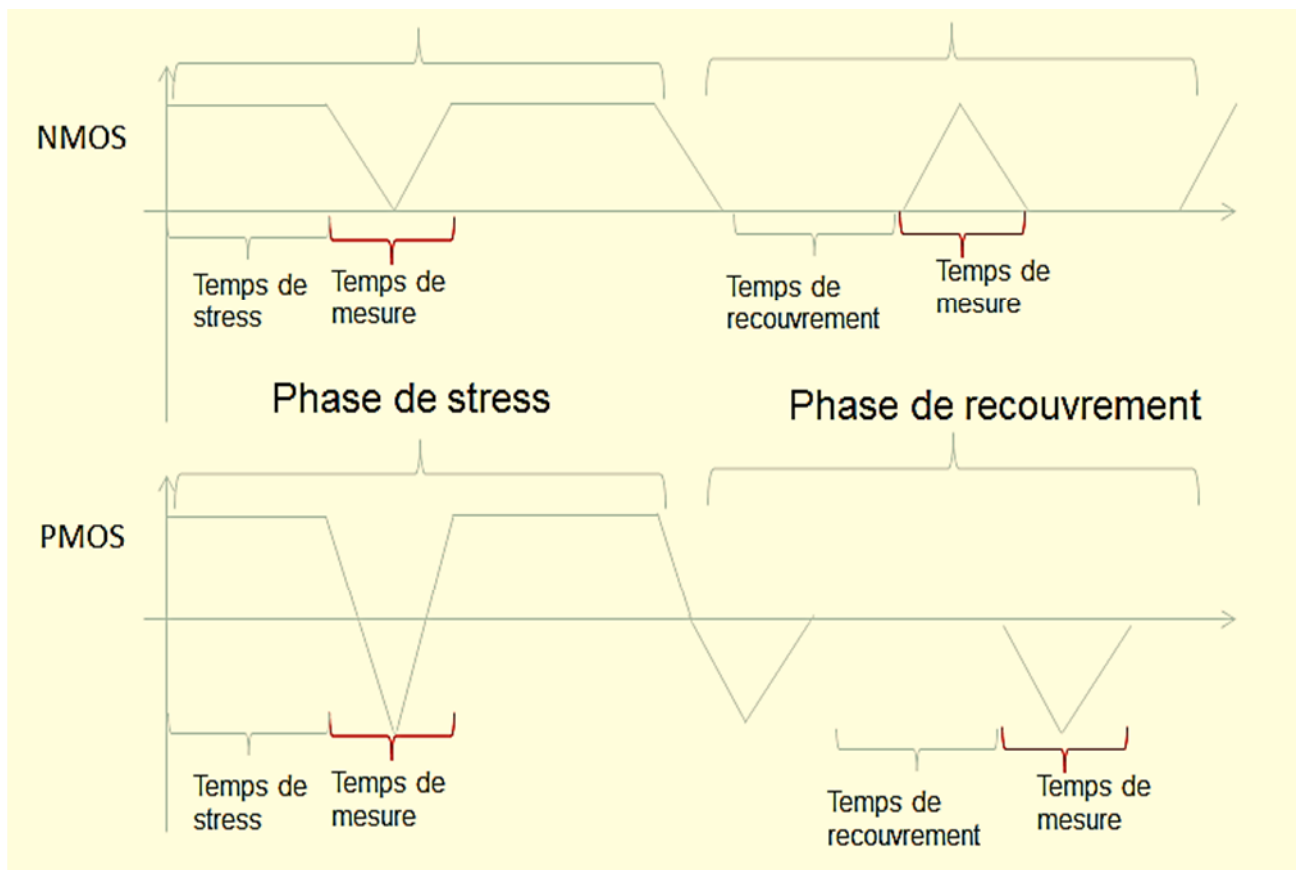
La commande d'un MOS canal N s'effectue en appliquant une tension positive entre Grille et Source. Comme dans un MOSFET de signal, on constate qu'il faut appliquer une certaine tension  $V_{GS}$  ( $V_{th}$ ) pour obtenir un courant drain significatif.

On remarque que le courant drain reste quasiment nul tant que la tension de commande n'atteint pas cette valeur de seuil.

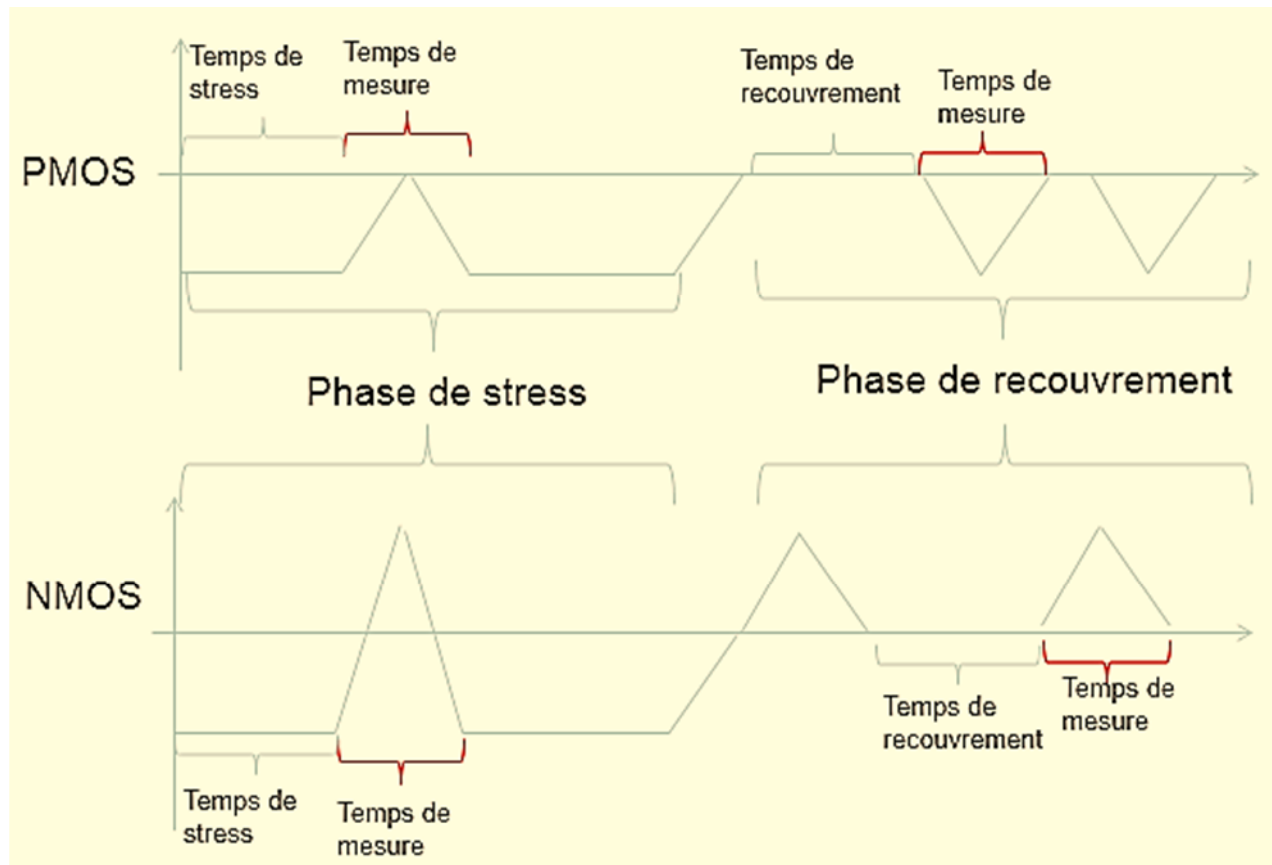
Au-delà de la tension de seuil, le courant drain suit approximativement de manière linéaire la tension grille-source jusque à une certaine tension de polarisation où le transistor se sature.

### I-3.8 protocole de mesure

- **PBTI** (Positive Bias Temperature Instability) :



➤ **NBTI** ( Negative Bias Temperature Instability ) :



Lors de l'étude des phénomènes BTS (Bias Temperature Stress), le dispositif sous test (structure MOS) est soumis à un stress électrique à haute température. Ce dernier est interrompu périodiquement pour prendre des mesures telles que  $I_{DS}(V_{GS})$ . Le passage de la phase de stress à la phase de mesure s'accompagne toujours par un délai durant lequel la dégradation peut relaxer. De plus, pour relever une courbe  $I_{DS}(V_{GS})$  complète en utilisant l'analyseur de paramètres, le temps nécessaire est assez important pour pouvoir estimer la dégradation réelle.

Ceci nous mène à la recherche de techniques de mesure plus rapide et qui permettent de minimiser le délai stress mesure, et pour cela on a soit d'utilisé des instruments de mesure sophistiqué de dernière gamme comme Keysight 33512B ou Keysight 33210A, mais qui coute très chère et les prix varie entre 2 et 4 milles euros ou tout simplement réalisé un convertisseur courant/tension à base de transimpedance qui est mille fois moins couteux et efficace, et c'est l'objectif de ce présent travail.

### I-4 Représentation de l'amplificateur

La représentation symbolique d'un amplificateur est donnée à la figure (I-7). La représentation normalisée est un rectangle. Le schéma comprend les alimentations ( $V^+$ ,  $V^-$ ), les entrées (+ et -), les tensions seront notées  $e^+$  et  $e^-$  dans la suite et la sortie  $V_s$ . Le gain différentiel total  $A$  est défini par l'amplification différentielle  $V_s=A(e^+-e^-)$ . Il est indiqué dans l'angle supérieur ( $\infty$  dans le cas d'un amplificateur idéal).

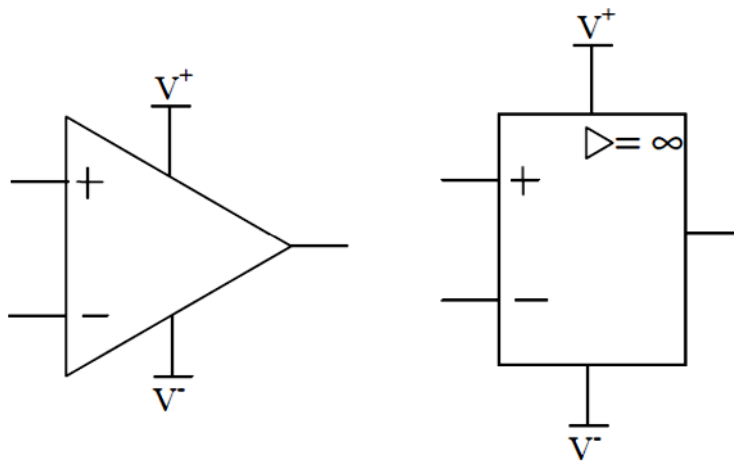


Figure I-7: représentation d'un amplificateur opérationnel

Les amplificateurs opérationnels possèdent un fort gain différentiel et des courants de polarisation très faibles. On considère généralement lors d'une étude théorique que le gain est infini (alors  $e^+$   $e^-$  régime linéaire, c'est à dire avec une contre-réaction : bouclage sur l'entrée  $e^-$ ), les courants de polarisation négligeables ( $i^+=i^-=0$ ) et donc l'impédance d'entrée infinie.

L'amplificateur opérationnel réel présente des courants de polarisation  $i^+$  et  $i^-$  non nuls (figure I-8) et donc une impédance d'entrée finie. Il existe une tension de décalage non nulle  $e_d$  correspondant à la tension à appliquer pour que  $V_s=0$ , (alors  $e^+$   $e^-$ ), un gain de boucle  $A$  fini ( $V_s=A$ ) et une impédance de sortie non nulle. [5]

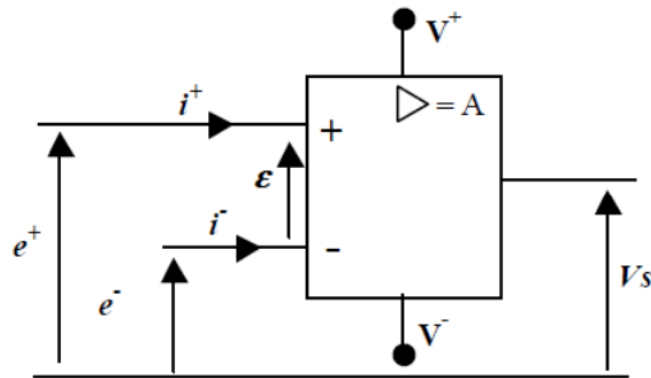


Figure I-8 : amplificateur réel de gain A

Afin de représenter toutes ces imperfections, la figure I-8 établit un schéma équivalent de l'amplificateur réel. Les courants de polarisation  $i^+$  et  $i^-$  sont représentés par des sources de courant, la tension de décalage par une source de tension  $e_d$ , l'amplificateur interne représente un amplificateur « idéal » de gain A.

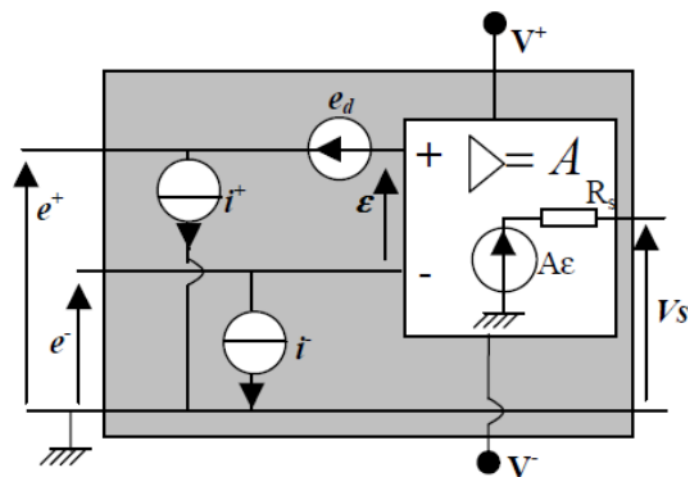


Figure I-9 : Schéma équivalent de l'AOP réel

### I-4.1 convertisseur courant/tension avec amplificateur opérationnel

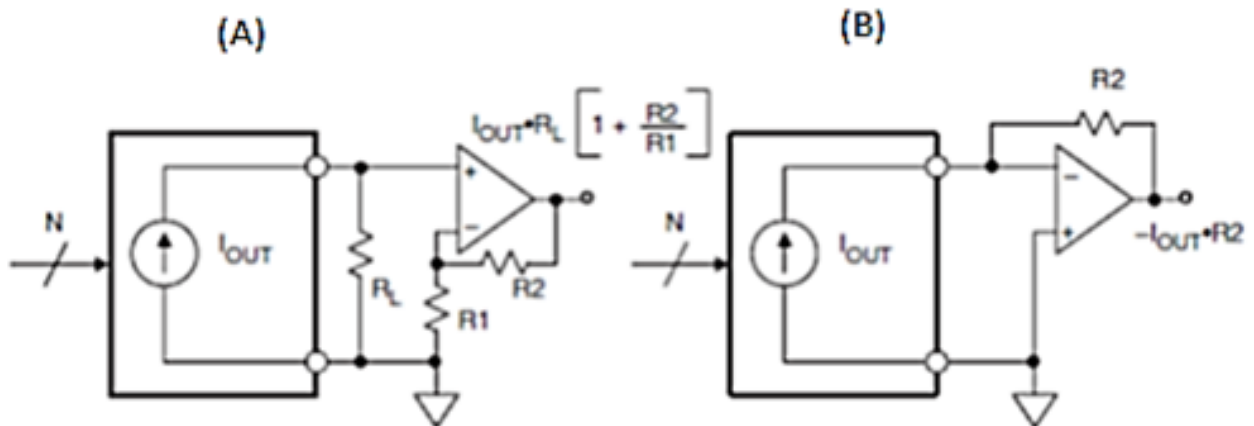


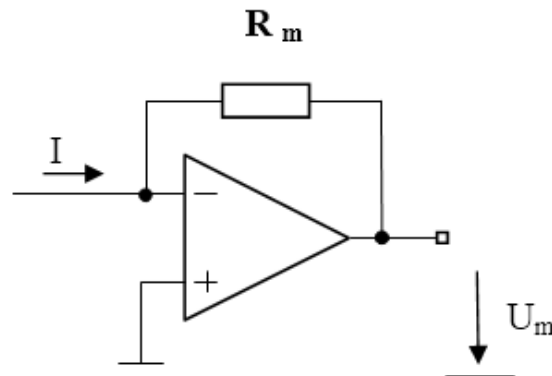
Figure I-10: Schemas bloc a transimpedance.

Il y a deux méthodes de base pour traiter un résultat courant DAC. Dans la figure I-10 schéma bloc (A), une tension est simplement développée à travers la résistance externe de charge  $R_L$ . Un amplificateur opérationnel externe peut être employé pour protéger et/ou amplifier cette tension. Un courants important d'approvisionnement de DAC (20 mA ou plus), laisser de ce fait raisonnable tensions à développer à travers de faible résistances.

Une méthode directe pour convertir le courant de sortie en tension est montrée dans le schéma bloc (B), ce circuit est habituellement appelé un convertisseur de courant-tension, ou I/V. Dans ce circuit, le rendement de DAC conduit l'entrée inverses d'un amplificateur opérationnel, avec la tension de rendement développée à travers la résistance de rétroaction  $R_2$ . Dans cette approche le DAC en sortis fonctionne toujours à la masse virtuelle (qui peut donner une amélioration de linéarités vis-à-vis du schéma bloc (A)) [5].

### I-4.2 Principe de mesure d'un courant avec un transimpédance

Cette mesure est sans doute la plus simple à réaliser. Si le courant à mesurer est inférieur à 20mA, un montage à transimpédance est la solution qui demande le moins de composant.



**Figure I-11** : Amplificateur à transimpédance.

L'amplificateur doit être en mesure de fournir un courant équivalent au courant mesuré. Le résultat de la mesure est donné sous la forme d'une tension qui peut être par exemple convertie en numérique.

$$u_m(t) = R_m * i(t) \quad \text{Eq : I.3}$$

En tenant compte de la réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel, la largeur de bande de la mesure de courant correspond au produit du gain par la largeur de bande de l'amplificateur en boucle ouverte.

$$U_m(s) = \frac{A_0}{1 + A_0} \frac{R_m}{1 + s \frac{1}{2\pi f_T A_0}} \cdot I(s) \quad \text{Eq : I.4}$$

Avec :

- $A_0$  : Gain statique en tension de l'amplificateur en boucle ouvert.
- $f_T$  : Fréquence correspondant à une atténuation de 3 dB du gain de l'amplificateur en boucle ouvert (bande passante).

Par contre si le courant à mesurer est supérieur à 20mA une résistance est placée en série avec le conducteur. La tension aux bornes de la résistance donne une image du courant la traversant. Le

choix de la valeur de la résistance dépend des contraintes liées au circuit. En effet pour avoir une bonne sensibilité de mesure la tension aux bornes de la résistance doit être supérieure de un ou deux ordres de grandeur à l'offset de l'amplificateur opérationnel utilisé pour la mesure. Cette exigence ne peut pas toujours être remplie selon la topologie du circuit. [6]

### I-4.3 Le schéma électrique de notre convertisseur courant/tension

La figure ci-dessous illustre le schéma électrique de notre convertisseur développé sur le module ISIS du logiciel PROTEUS.

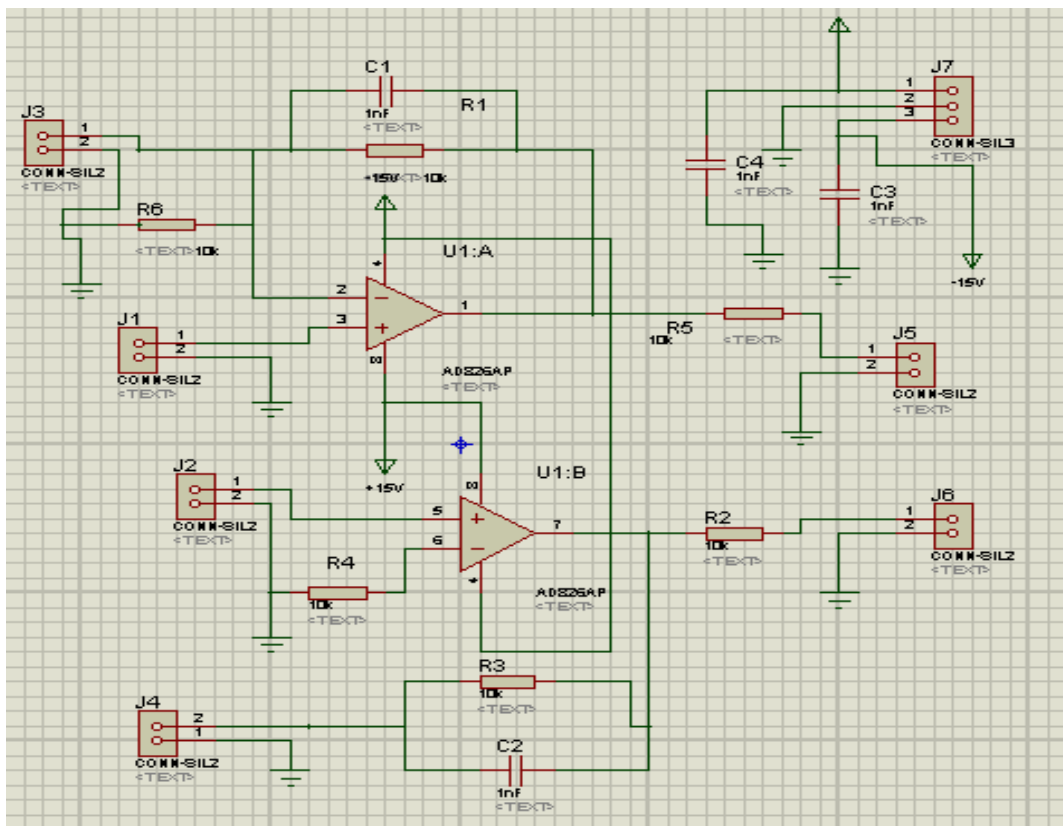


Figure I-12 : schéma électrique du convertisseur sous PROTEUS.

## I.5 Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons fait une présentation du transistor MOSFET ainsi que sa description, ces caractérisations, sont principe de fonctionnement et ces conditions de conduction, et nous avons aussi expliqué le principe de mesure du courant  $I_D(V_G)$  avec une

méthode qui prend un temps assez important pour avoir des résultats, et qui nous mène à proposer une solution plus rapide, c'est d'utiliser un transimpédance.

Comme nous avons fait une présentation de l'amplificateur opérationnel ainsi que le principe de mesure d'un courant avec un transimpédance, et nous avons finalisé avec une illustration du schéma électrique de notre convertisseur courant/tension sous PROTEUS.



## **CHAPITRE II**

### **Réalisation pratique**

## II- Introduction

Dans ce présent chapitre nous allons présenter les différentes étapes de conception et réalisation de notre carte de conversion courant/tension, que nous allons utiliser pour lire directement sur l'oscilloscope sans passer par un instrument de mesure, ainsi que le bilan matériel et logiciel utilisé.

### II-1 Tracé du typon et du plan d'implantation des composants

Pour le dessin du schéma électrique de notre montage nous avons utilisé le module ISIS du logiciel PROTEUS (voir figure II-1). Ce module est aussi un environnement de simulation du fonctionnement électrique des circuits.

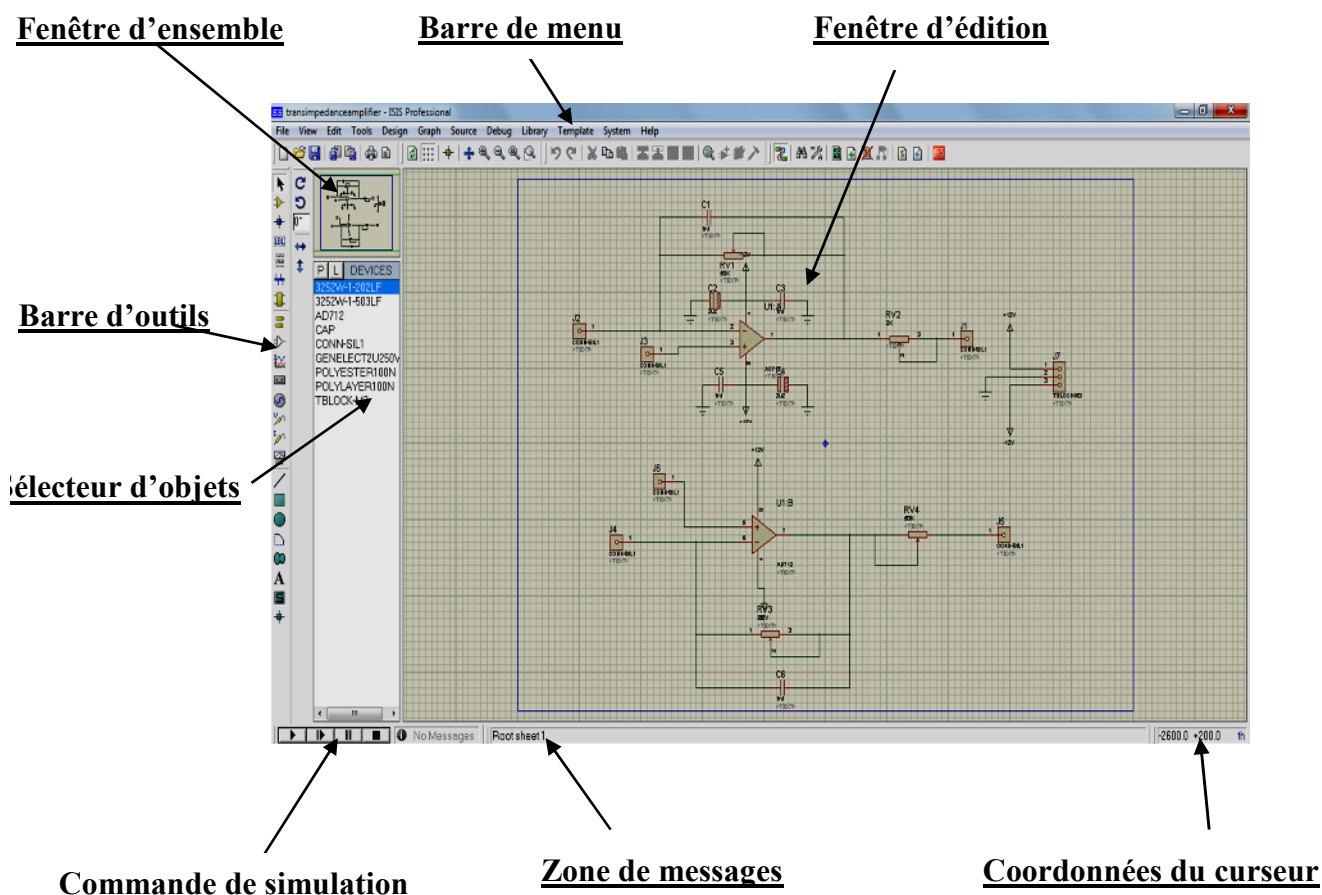


Figure II-1 : Interface utilisateur PROTEUS (ISIS)

Une fois que le dessin du schéma électrique est réalisé, il est transféré vers le module ARES pour le développement du circuit imprimé (figure II-2).

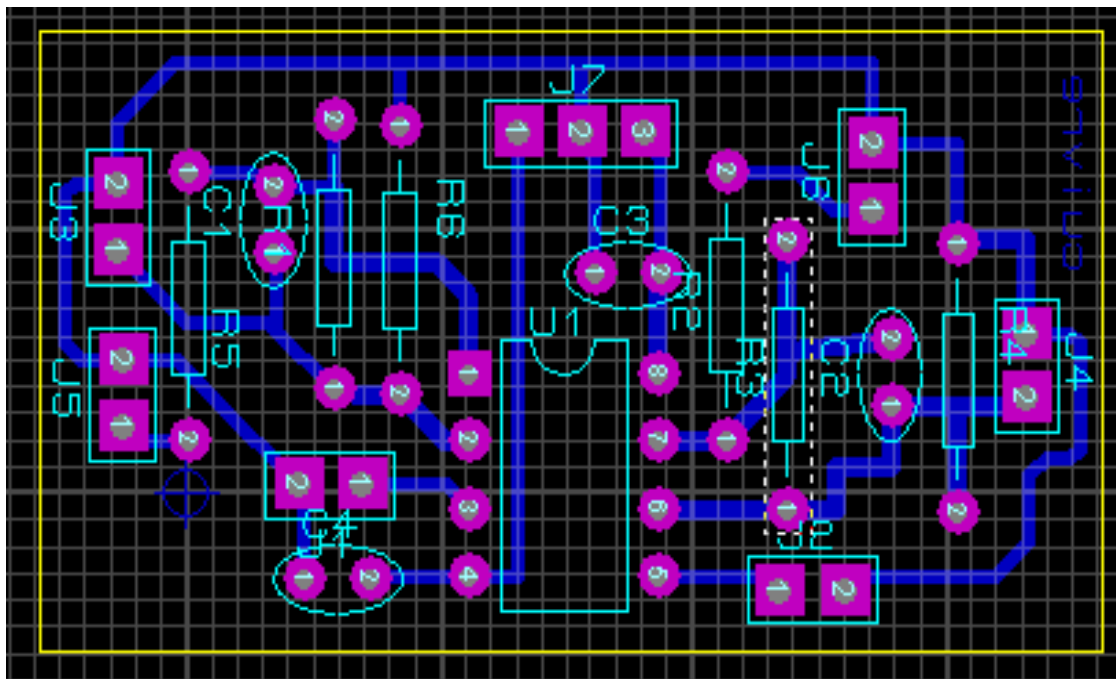


Figure II-2 : le PCB sous ARES

La figure II-3 montre le plan d'implantation des composants. Il est à noter que le tracé du circuit imprimé donné sur la figure n'est pas à l'échelle réelle.

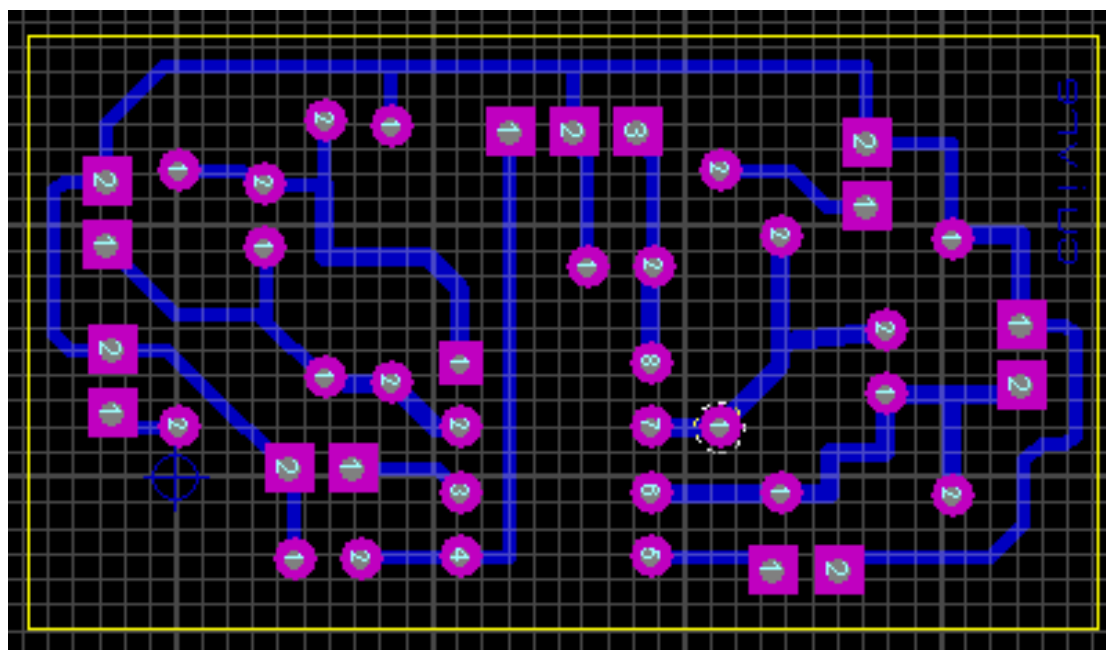
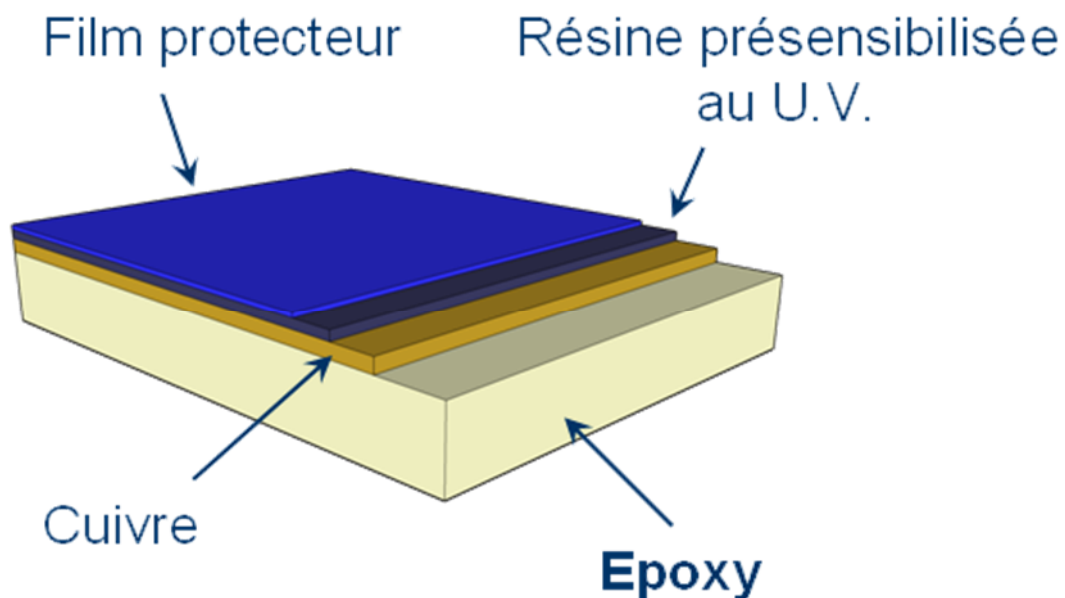


Figure II-3 : Plan d'implantation des composants

## II-2 développement du circuit imprimé

La prochaine étape est la réalisation du circuit imprimé. Pour cela, on utilise une plaquette pour circuit imprimé (figure II-5) constitué d'un support en époxy recouvert d'une fine couche de cuivre. La couche cuivrée est recouverte d'une résine photo sensible qui est à son tour recouverte par un film protecteur constitué par un adhésif opaque qui protège contre tout rayonnement.



**Figure II-4** : constitution de la plaque

On retire l'adhésif protecteur et on place le typon sur la résine avec la face cuivrée vers le haut. En fait passer la plaquette avec le typon dans une insoleuse. Les parties de la couche correspondant aux zones transparentes vont se trouver insolées, donc disparaîtrons lors de l'immersion dans le révélateur. En revanche, seules les zones correspondant aux parties opaques du typon (pistes) qui vont rester intactes.

Une fois insolée et révélée, la plaque est trempée dans un agent d'attaque chimique (perchlorure de fer) qui va éliminer le cuivre qui n'est pas protégé par la résine : il ne reste sur la plaque que les pistes du circuit électrique.

Une fois la gravure terminée, un dissolvant approprié permettra de débarrasser la pièce de la résine ayant terminé son office.

Pour le perçage des trous à travers lesquels on place nos composants, on utilise une perceuse colonne tout en choisissant les forets selon le diamètre des pattes des composants à souder.

### II-3 soudage des composants :

Avant de passer à l'étape de soudage des composants, nous avons effectué un test de continuité sur les différentes pistes du circuit imprimé pour s'assurer qu'il n'y a pas de coupure sur les pistes, et pas de court-circuit entre elles.

Le procédé de soudage que nous avons utilisé est le soudage manuel qui est réservé pour la fabrication de prototype ou de pré série.

Comme les composants doivent être plaqués contre le circuit imprimé, il est préférable de souder ceux qui ont un faible encombrement en premier (ex : diodes, résistances). Ils sont ainsi maintenus entre le plan d'implantation des composants de leur volume.

La jonction entre le composant et le circuit imprimé est réalisée à l'aide d'un fer à souder et de soudure (60% d'étain avec décapant incorporé). Il est important de ne pas trop chauffer les composants (risque de détérioration) ni les pistes imprimé qui risque de se décoller. De plus, si la soudure est surchauffée, tout le décapant s'évapore, la soudure devient terne et n'assure plus efficacement la liaison électrique entre le circuit imprimé et le composant : on parle de soudure sèche qui provoque des pannes difficilement décelables.

Sur la figure II-6 on voit la phase finale de la maquette que nous avons réalisée et mit dans un boîtier en plastique pour la protection.



**Figure II-6:** photo de la carte de conversion

## **II-4 Nomenclature des composants**

- **Résistances**

**R2 ; R3 ; R4 ; R5 ; R6 (10 K $\Omega$ )**

- **Résistances variables**

**R1 ; R2 (1 M $\Omega$ )**

- **Condensateurs**

**C1 ; C2 ; C3 ; C4 (1 nF)**

- **Divers**

- Amplificateur opérationnelle (AD 712)
- Connecteurs BNC

## **II-5 Conclusion**

Dans ce 2<sup>ime</sup> chapitre nous avons développé notre circuit intégré et pour cela nous avons utilisé le logiciel PROTEUS qui dispose des modules ISIS et ARES, et nous avons fait aussi la soudure et la finalisation de notre carte de conversion courant/tension.

# **CHAPITRE III**

## **Automatisation**

### **III-1 Introduction**

Après avoir réalisé la maquette, il nous reste l'interface graphique de communication entre le micro-ordinateur et notre maquette.

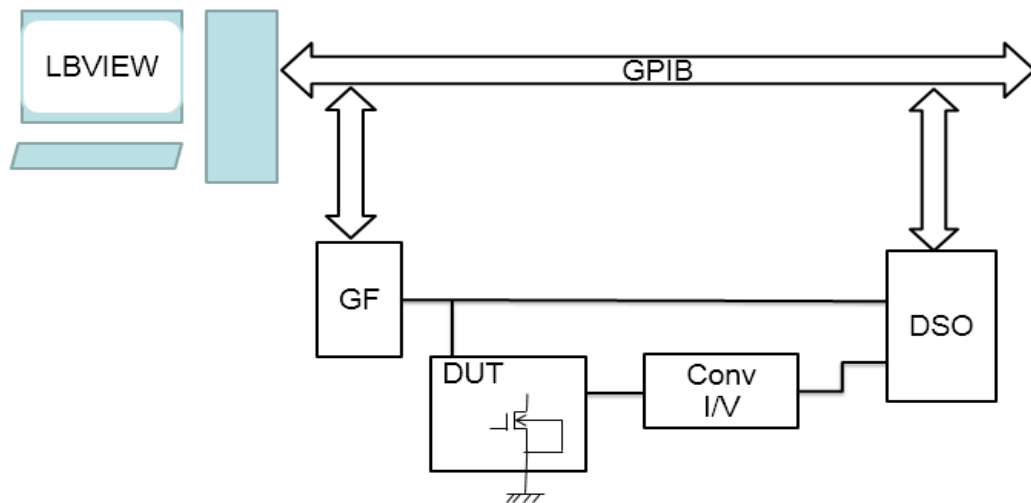
Pour la programmation de cette interface, nous avons opté pour le langage de programmation graphique LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de National instrument. Ce genre de langage est mieux adapté pour le contrôle des instruments de mesure. Ce qui facilite l'intégration de la maquette dans un bac de mesure.

Le langage de programmation LabVIEW est un environnement de programmation à caractère universel bien adapté pour la mesure, les tests, l'instrumentation et l'automatisation. C'est un programme dont le but est de contrôler et commander des processus allant du simple capteur ou de l'actionneur, jusqu'à une chaîne de fabrication complète.

### **III-2 Equipement et protocole de mesure**

L'équipement nécessaire pour notre expérimentation est disponible au niveau du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA), dans la division microélectronique et nanotechnologies (DMN), la figure ci-dessus illustre notre banc de mesure et les différents blocs qui le constituent :

- Un ordinateur sur lequel on installe notre logiciel LABVIEW
- Un bus GPIB (General Purpose Interface Bus)
- Un générateur de fonction (GF)
- Un DUT (Dispositif Under Test)
- Un convertisseur courant/tension
- Un oscilloscope



**Figure III-1** : schéma synoptique du banc de mesure.

### Pourquoi utiliser LabView ?

LabVIEW nous permet de construire notre propre solution pour des systèmes scientifiques et techniques, il nous offre la flexibilité et les performances d'un langage de programmation puissant sans la difficulté qui est habituellement associées.

LabView offre des moyens plus rapides de programmer l'instrumentation, l'acquisition des données et les systèmes de commande. On peut l'utiliser pour réaliser les prototypes, la conception, les tests et la mise en application de nos systèmes d'instrumentation, nous pouvons réduire le temps de développement du système en augmentons la productivité de 4 à 10 fois [7].

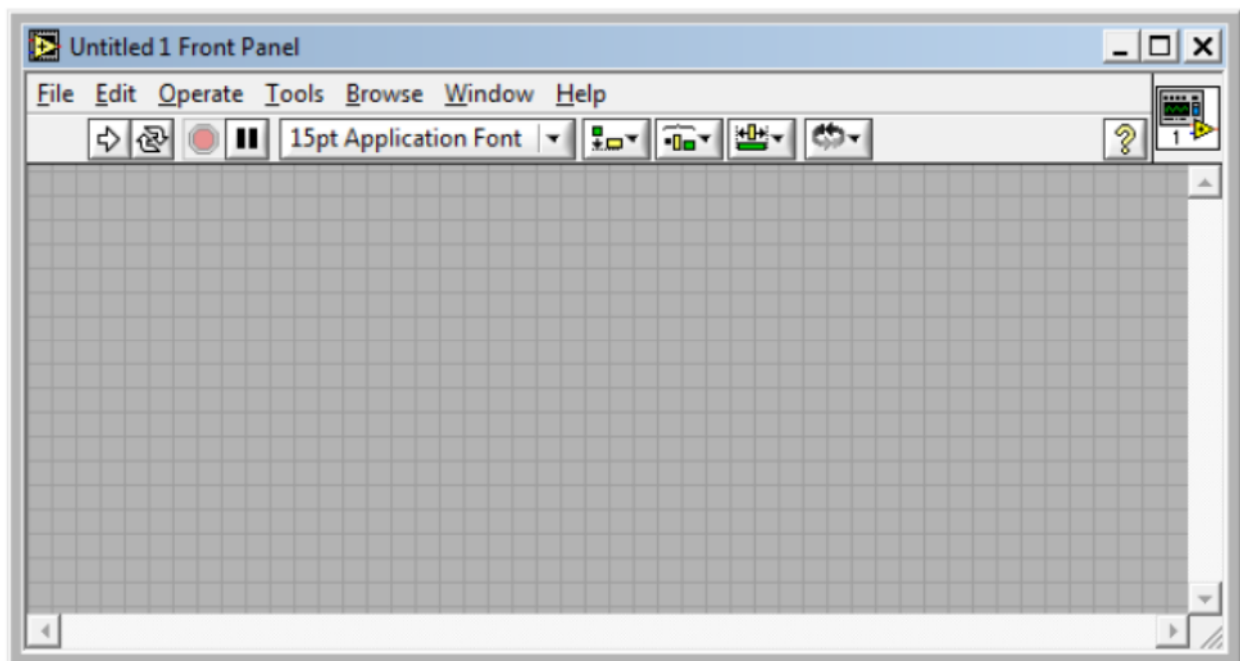
### III-3.1 Définition

Contrairement aux langages de programmation textuels où se sont les instructions qui déterminent l'ordre d'exécution du programme, LabVIEW utilise la programmation par flux avec des icônes au lieu des lignes de texte de données : c'est le flux de données transitant par les nœuds sur le diagramme qui détermine l'ordre d'exécution des VIs (Virtual Instruments) et des fonctions [7].

Nous parlerons d'instruments virtuels car leur apparence et leur fonctionnement sont semblables à ceux d'instruments réels.

LabVIEW est un outil d'acquisition, d'analyse et de présentation de données comme suite :

- **Acquisition et restitution de données** : contrôle d'instruments, LabVIEW supporte les standards RS-232/422, IEEE 488 (GPIB) et VXI, gestion de cartes d'entrées/sorties, numériques/analogiques, gestion de carte d'acquisition d'images, commande d'axes moteurs.
- **analyse et traitement des données** : la bibliothèque d'analyse étendue contient les fonctions pour le traitement de signaux (les filtres, les fenêtres, la génération,.....etc).
- **Présentation et stockage des données** : affichage (courbes, graphique 2D, ....etc) Stockage des données (archivage, impression).
- **Exportation des données** : échange de données (Active X,.... etc), gestion d'un réseau (TCP/IP, Internet, Field Bus, série, .....etc).



**Figure III-2** : fenêtre principale de LabVIEW

### III-3.2 Définition d'une VI (Virtual Instruments)

Les VI se composent de trois éléments principaux : face avant, diagramme et icônes, connecteurs.

#### III- 3.2.1 Interface d'affichage (Front Panel)

L'Interface d'affichage (face avant) réceptionne les données d'entrées par l'utilisateur et affiche celles fournies en sortie par le programme. Cette face peut contenir différents types d'instruments virtuels tels que des boutons poussoirs, des interrupteurs, des graphes et d'autre sorte de commande et d'indicateurs.

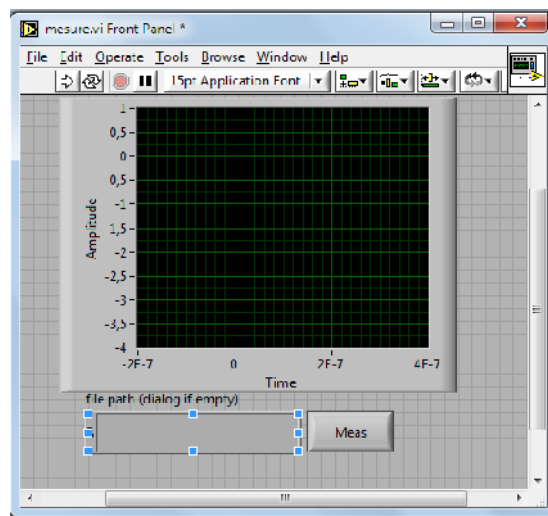


Figure III.3: Exemple de la face avant d'un VI

#### III-3.2.2 Diagramme

Le diagramme contient le code source graphique des instruments virtuels. On le programme pour contrôler et remplir les fonctions sur les entrées et sorties créés dans la face avant.

Le diagramme peut contenir des fonctions et des structures issues des bibliothèques de VIs intégrées à LabVIEW. Il peut aussi contenir des terminaux associées à des commandes et à des indicateurs créés dans la face avant.

Exemple :

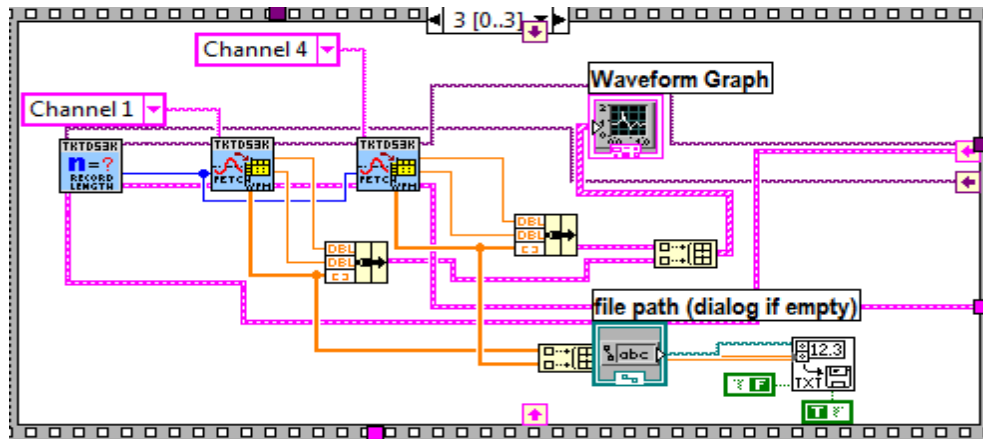


Figure III.4 : Diagramme de mesure

### III-3.2.3 Icône/connecteurs

- **Icône** : est une représentation graphique d'un VI qui permet de l'identifier au sein d'un autre VI : appeler un sous-programme pour l'utiliser dans le programme principal.
- **Connecteur** : ensemble de terminaux correspondant aux commandes et aux indicateurs du VI qui sont accessibles.

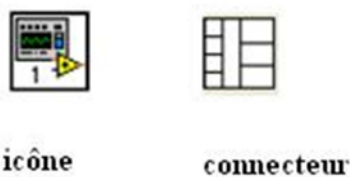


Figure III.5: Exemple d'une icône et un connecteur

### III-3.3 Palettes

Pour écrire un programme sur LabVIEW, on a besoin des Palettes qui nous offrent la possibilité de modifier la face avant et le diagramme. On trouve trois types de palettes :

### III-3.3.1 Palette d'outils

Elle contient différents éléments qui permettent d'agir sur les objets de la face avant et diagramme comme le montre la (figure III-6)

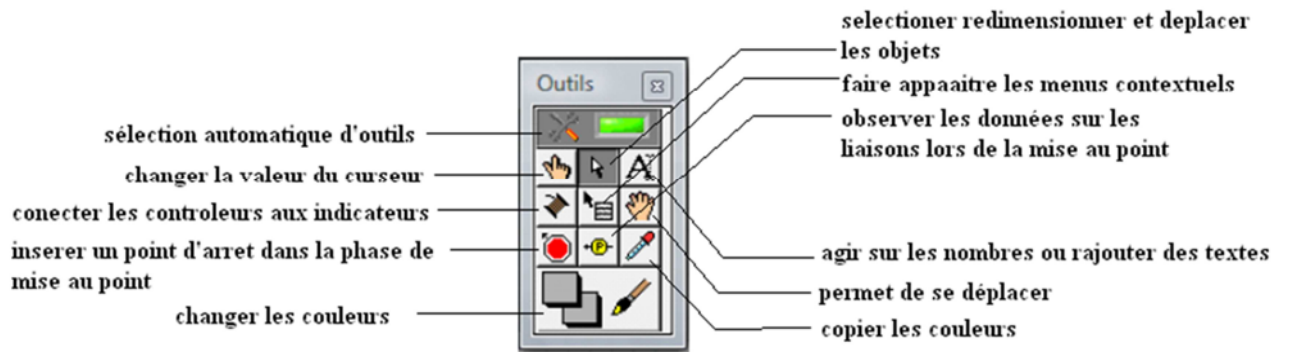


Figure III.6 : Palette d'outils

### III-3.3.2 Palette de commande

Elle est disponible uniquement sur la face avant, elle contient toutes les commandes et indicateurs pour créer l'interface utilisateur.

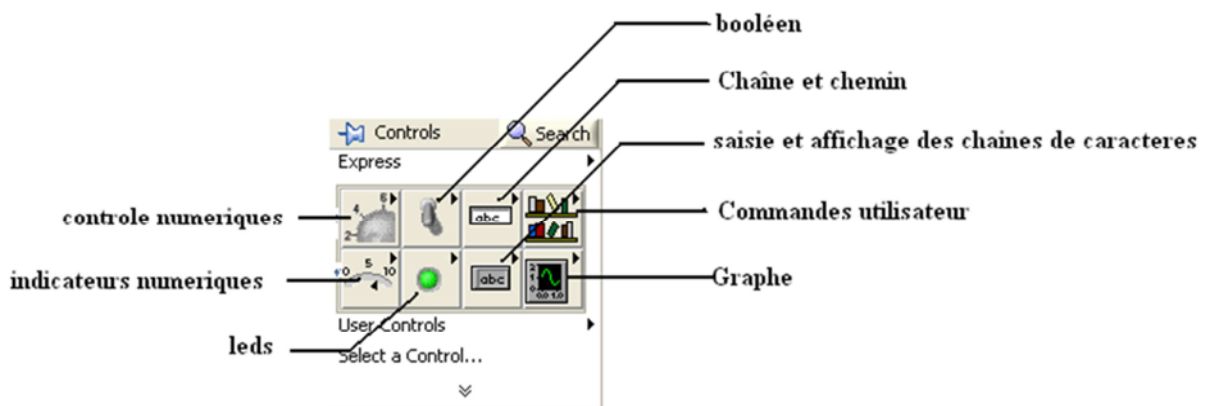


Figure III.7: Exemple de palette de commandes

### III-3.3.3. Palette de fonctions

Elle est disponible uniquement sur le diagramme, contient des éléments graphiques nécessaires pour la programmation.

Chaque fonction est représentée par une icône, et les fonctions sous LabVIEW sont regroupées par catégorie : structures, tableau, cluster et, entrées/sorties sur fichier, booléen, chaîne de caractère, comparaison,... etc.

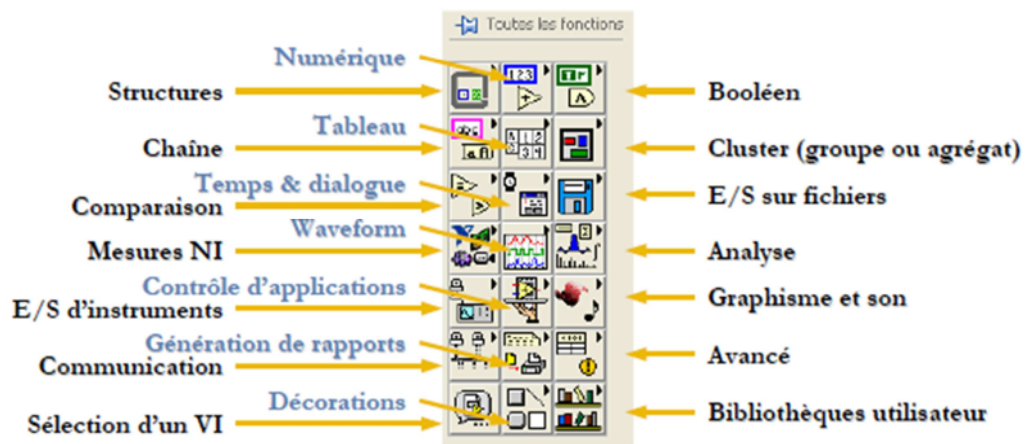


Figure III-8 : Palette de fonctions

## III-3.4 Structures de données

### III-3.4.1 Variables

Comme dans la majorité des langages de programmation, LabVIEW possède tous les types de variables existantes (entiers signés, non-signés, flottants, booléens, chaînes de caractères, matrices, et clusters ...)

Afin de les identifier plus facilement dans les diagrammes, chaque type de variables possède une couleur.

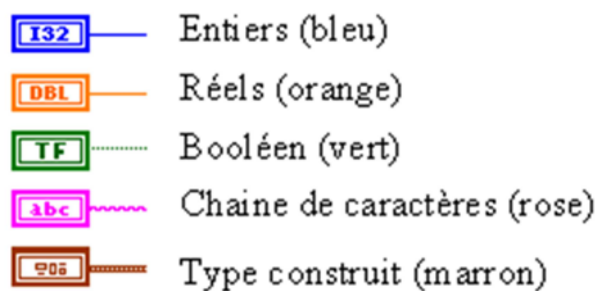


Figure III-9: Variables de LabVIEW

### III-3.4.2 Tableaux sous LabVIEW

Les tableaux est une notion obligatoire dans tous les langages de programmation, la bibliothèque tableau dans LabVIEW est riche en fonctions prédéfinit tels que l'initialisation, l'indexation, l'inversement,... etc.

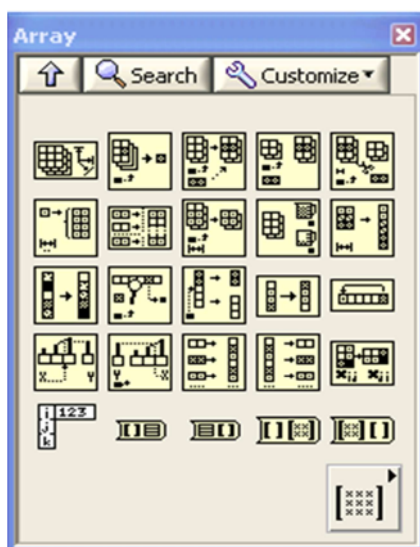


Figure III-10: Bibliothèque tableau.

### III-3.4.3 Clusters

Le cluster correspond à un type d'enregistrement (nommé *record* ou *struct* dans d'autres langages de programmation). Il s'agit de grouper dans une seule connexion, différentes données pouvant être de type différentes.

Cela est similaire au câblage de fils dans une même gaine.

#### Exemple:

LabVIEW utilise 3 valeurs pour caractériser une erreur :

- Un booléen pour informer si y'a erreur ou non.
- Un entier *code* donnant le numéro d'erreur.
- Une chaîne de caractère contenant généralement le nom du VI dans lequel l'erreur s'est produite

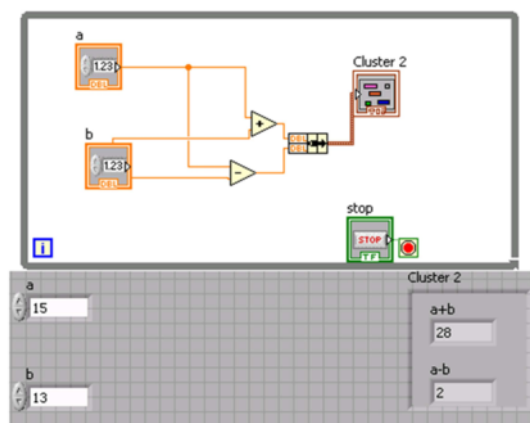


Figure III-11 : Exemple d'utilisation du cluster

### III-3.5 Structures de programmation dans LabVIEW

Les structures de programmation sont des représentations graphiques de boucles et de conditions, elles sont utilisées pour répéter des blocs de code et exécuter le code de manière conditionnelle ou dans un ordre spécifique. Ces structures se divisent en trois types : séquence, condition, itération.

### ➤ Structure séquence

Les structures de séquence sont un moyen pour imposer l'ordre d'exécution des tâches, leurs cadres ressemblent à des diapositives placées les unes derrière les autres ; l'exécution commence par le code contenu dans la première (n°0) puis continue dans l'ordre 1, 2, ... ect.

### ➤ Structure Condition

La structure conditionnelle peut correspondre à un `if ... then ... else` dans les langages textuels, LabVIEW représente l'alternative à l'aide de plusieurs diagrammes alternatifs

### ➤ Structures d'itération

#### La boucle while

La boucle while (tant que) permet de répéter une ou plusieurs instructions N fois (N nombre connu), à l'intérieur de la boucle while se trouve un terminal d'entrée local générant l'entier indiquant l'indice d'itération de la boucle. Un terminal de sortie de type booléen permet d'arrêter la boucle lorsque la valeur du stop soit égale à 1.

## III-3.6 Graphes dans LabVIEW

Les graphes sont accessibles dans le module →contrôle →Graphe indicateur. Les graphes inscrivent les points en donnant une abscisse initiale et un incrément à chaque nouveau point. LabVIEW propose 3 principaux types de graphes :

- **Graphe déroulant**

Le graphe déroulant est une sortie 2D représentant une courbe (ou plusieurs courbes) dont les points sont donnés point par point

- **Graphe XY**

Le graphe XY permet de tracer des courbes paramétriques, en annulant la base de temps. Pour le faire, il faut envoyer un cluster contenant les points pour X, et les points pour Y sur chaque composante du cluster en entrée du graphe.

## III-3.7 Transmission des données

Pour contrôler, réguler ou agir efficacement sur un processus physique, chimique ou biologique, naturel ou industriel, il faut avoir un système de transmission tel que le RS232.

LabVIEW dispose de VI spéciales appelés VISA RS232, elle permet de transmettre le signal acquis via port série en code ASCII de l'ordinateur vers l'interface de commande pour un traitement ou une visualisation.



Figure III.12: Exemple de connexion RS232 dans LabVIEW

Dans Cet exemple on peut voir que la transmission RS232 se fait avec des VI bien spécifiques, tel que l'ouverture se fait par un VISA OPEN, et fermé par un VISA CLOSE, configuré avec un VISA CONTROL SERIAL PORT, on envoi des données via le VISA WRITE, et on peut lire avec un VISA READ.

### III-4 Interface graphique sous LABVIEW

La figure ci-dessous illustre l'organigramme de notre banc de mesure et les différentes étapes du programme afin d'avoir les graphes des deux courbes  $V_g$  et  $V_d$  sur l'oscilloscope et les enregistré dans un dossier sur l'ordinateur.

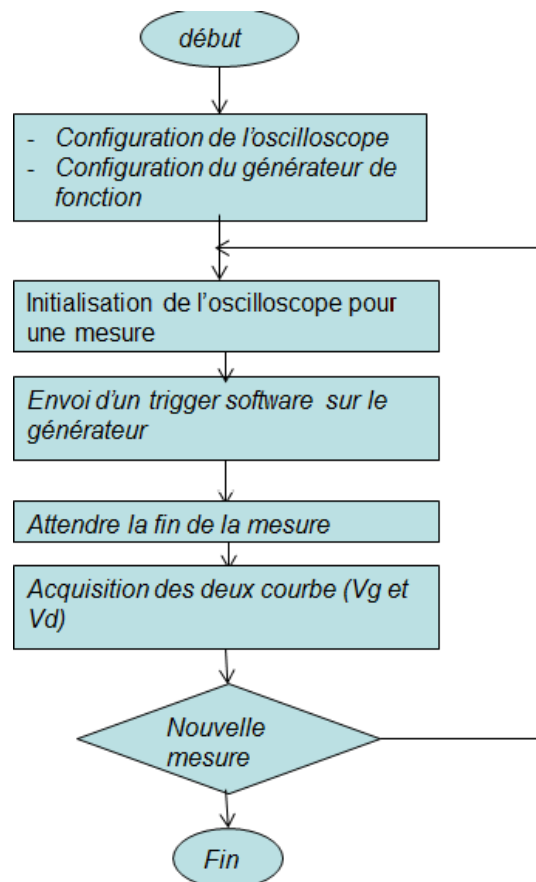


Figure III-13: L'organigramme du programme sous LABVIEW

### III-4.1 Construction de la face avant

La face avant de notre programme est représentée sur la figure III-14, elle regroupe les éléments suivants :

- Eléments de contrôles.
- Un écran pour affiché nos graphes.
- Un espace pour préciser le temps entre deux mesures.
- Les boutons start pour commencer, stop pour arrêter et puis exit pour quitter.

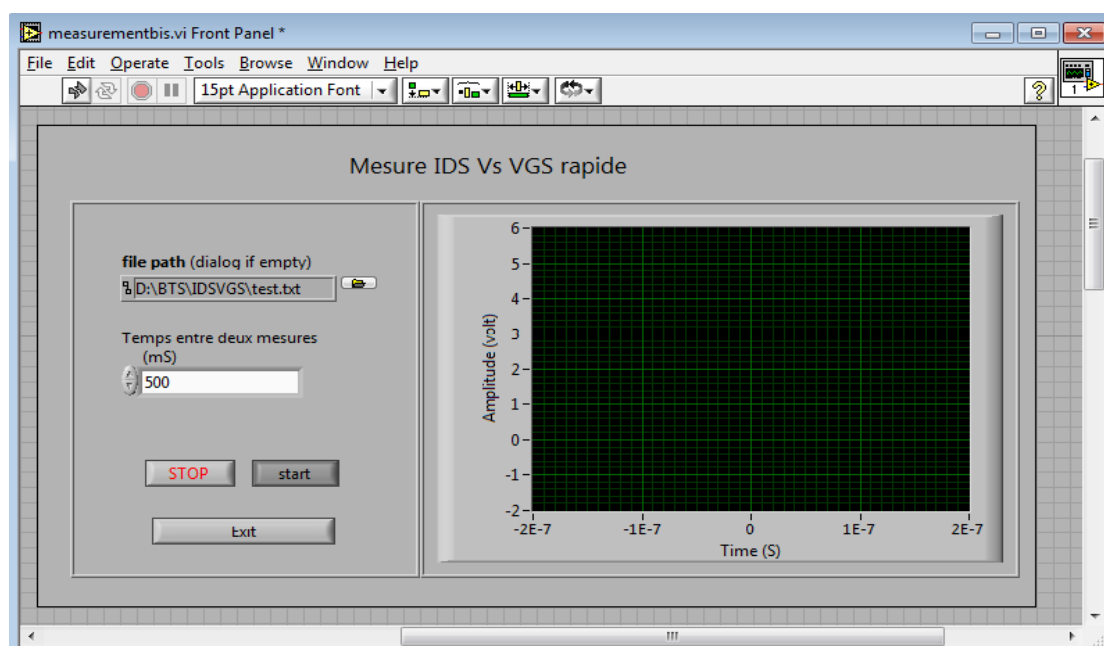


Figure III-14 : Vue de la face avant

### III-4.2 construction du bloc diagramme

Le bloc diagramme de notre instrument virtuel est constitué d'une structure de type « séquence » qui regroupe deux séquences.

La première sert à la configuration de l'oscilloscope et du générateur de fonction, elle est donnée sur le diagramme de la figure III-15

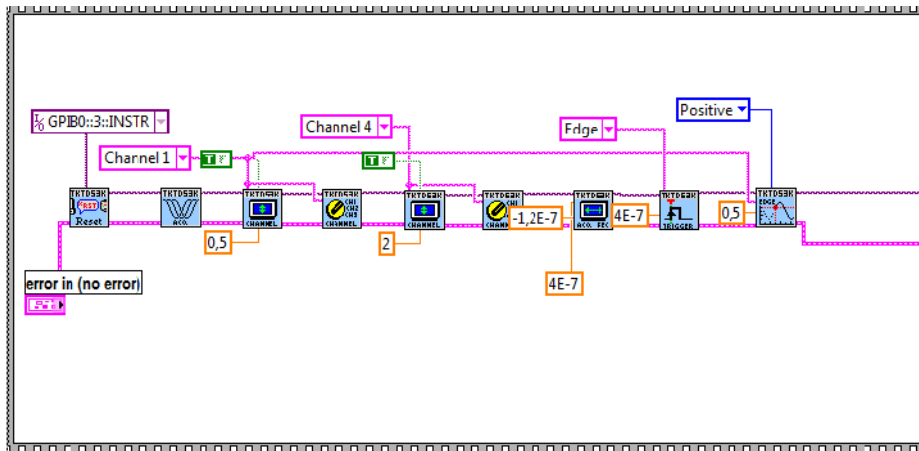


Figure III-15 : Séquence de la configuration de l’oscilloscope et du générateur de fonction

La deuxième sert au contrôle général de notre mesure (figure III-16) et il est partagé en quatre sous-programmes :

- Initialisation de l’oscilloscope pour une mesure.
- Envoi d’un trigger software sur le générateur.
- Attendre la fin d’une mesure.
- Acquisition des deux courbes (Vg et Vd), et enregistrement dans un dossier.

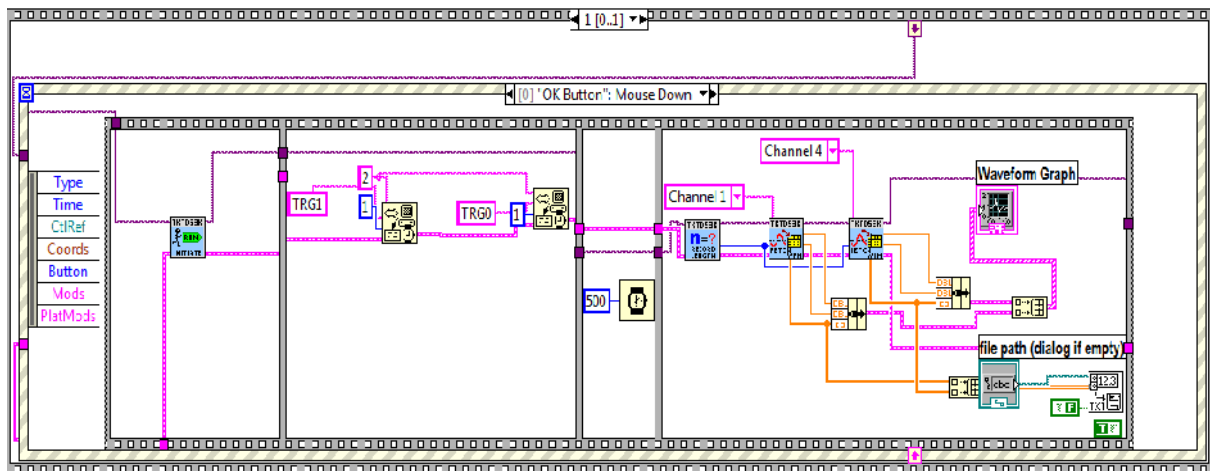


Figure III-16 : Séquence de contrôle générale de notre programme

Les quatres sous-programmes sont presenté comme suite :

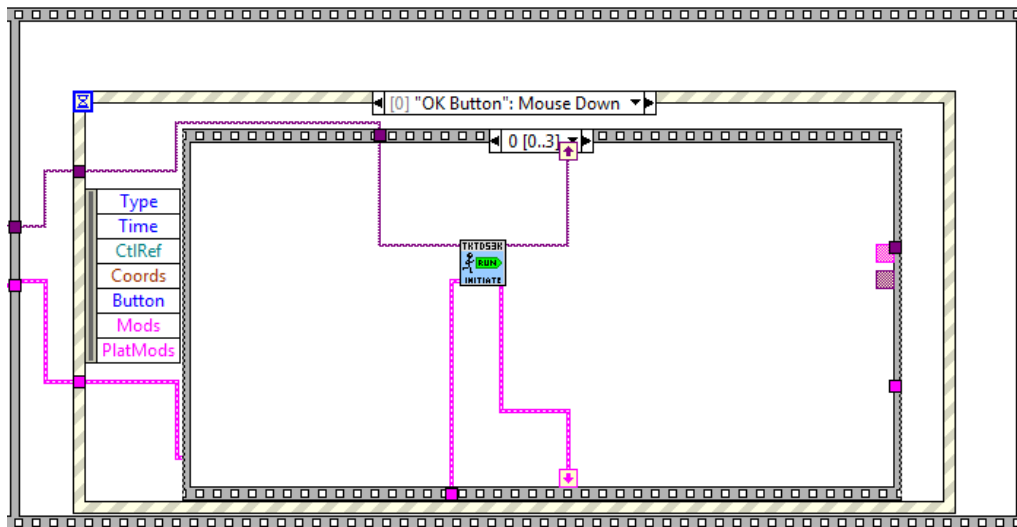


Figure III-17 : Séquence d'initialisation de l'oscilloscope pour une mesure

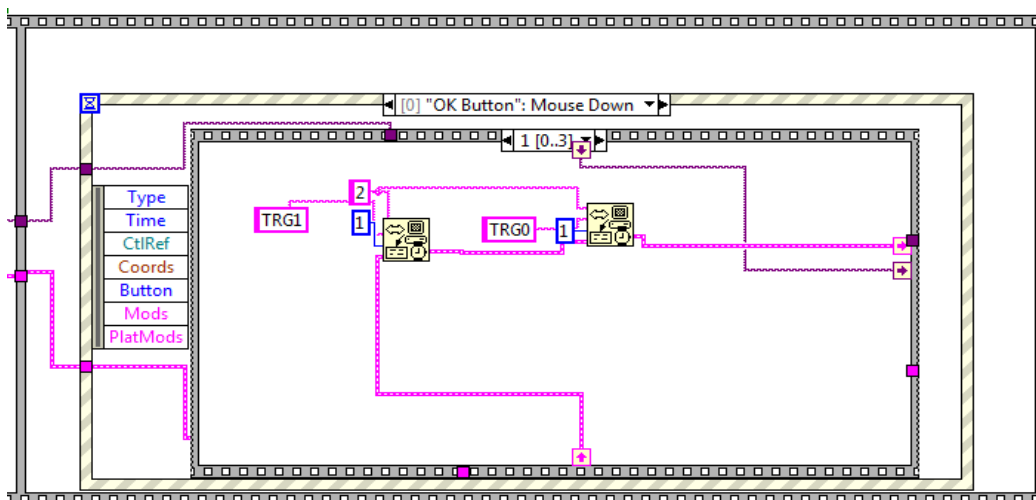


Figure III-18 : Séquence d'écriture de données au dispositif lien par le GPIB

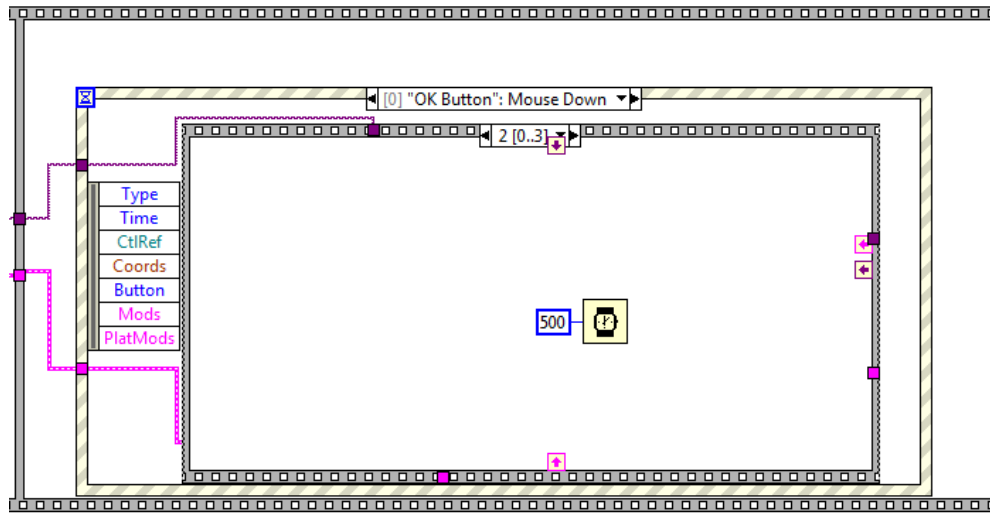


Figure III-19 : Séquence de temporisation

La dernière séquence de notre programme est représenté sur la figure III-19, elle représente l'acquisition des deux courbes ( $V_g$  et  $V_d$ ) et l'enregistrement sur l'ordinateur.

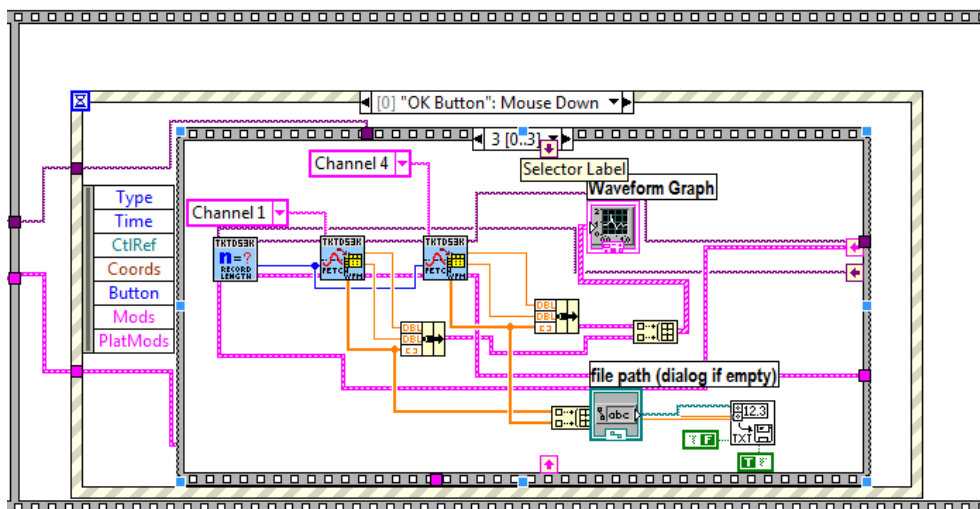
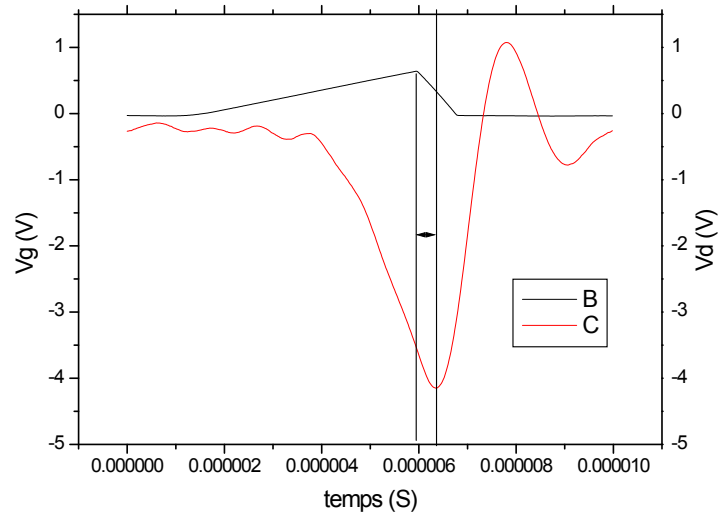
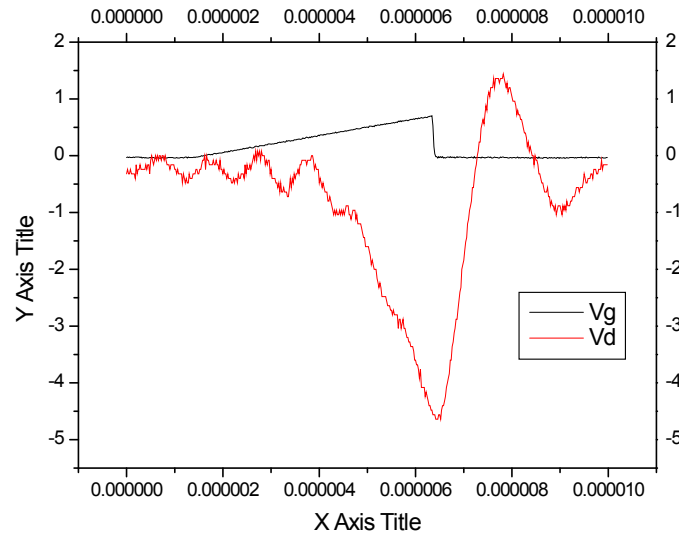
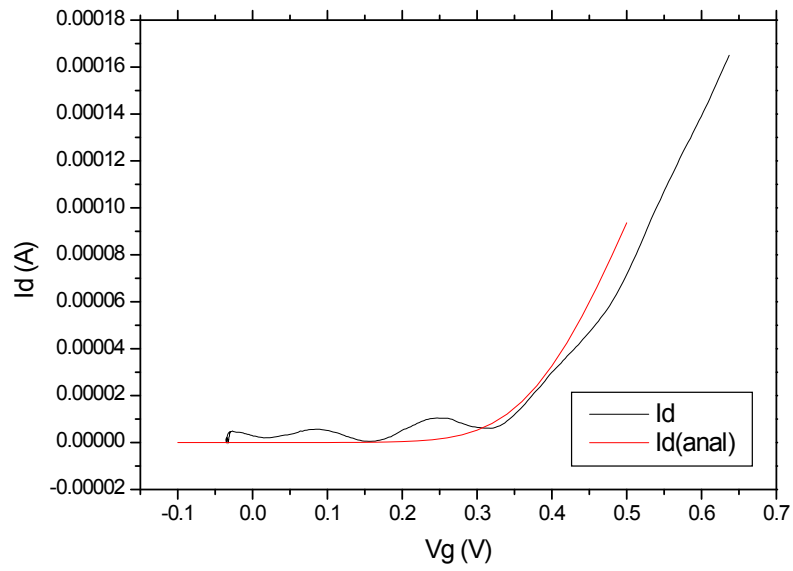


Figure III-19 : Séquence d'acquisition des deux courbes.

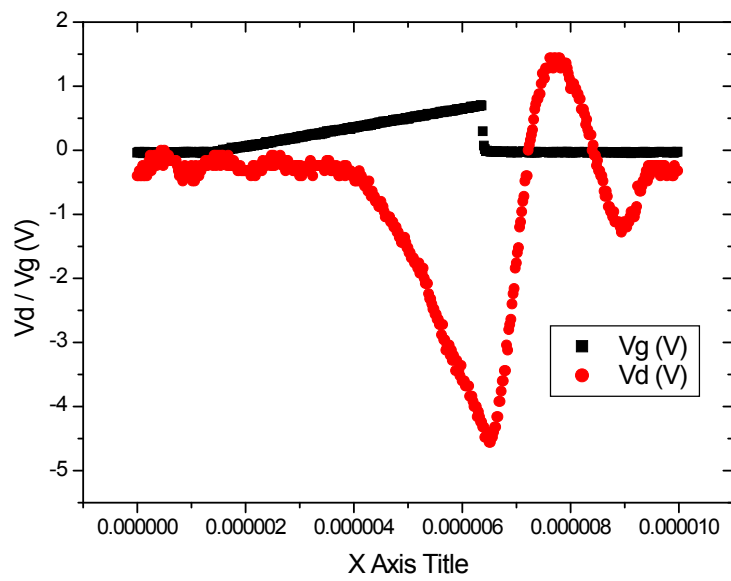
III-5 Les résultats de la mesure

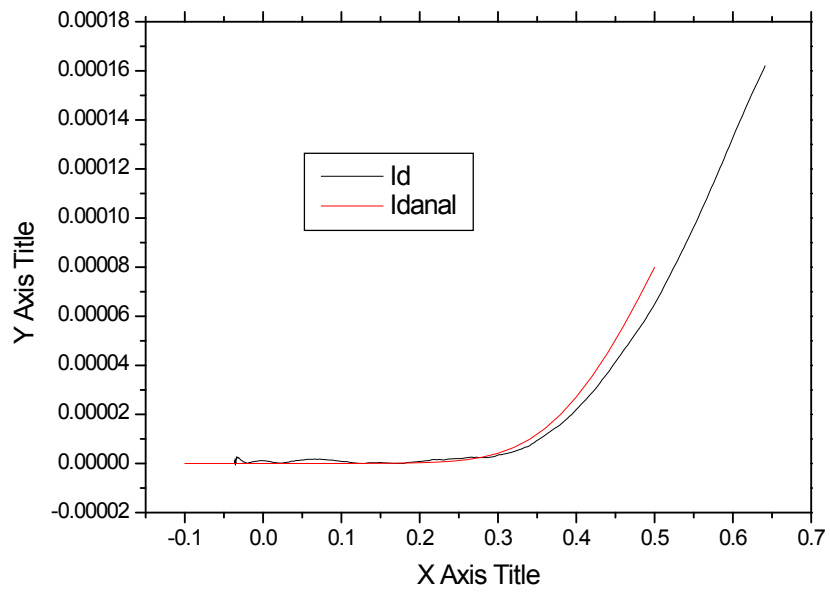
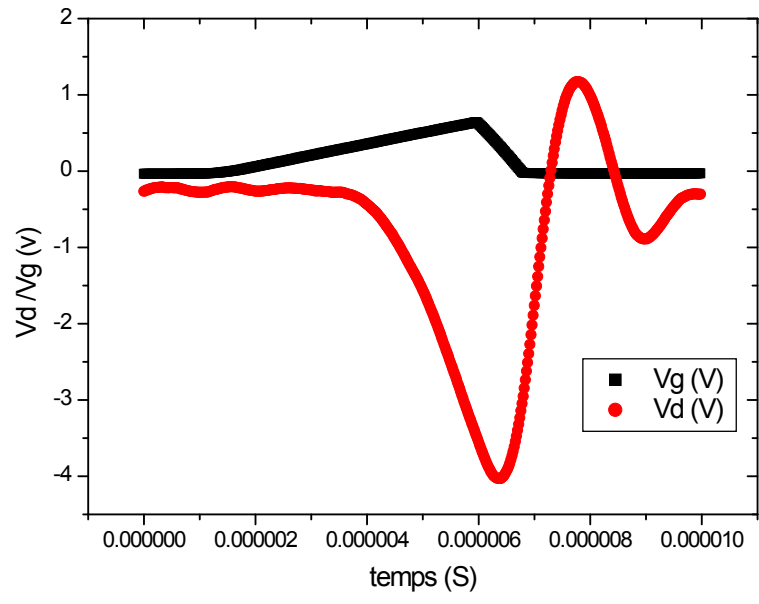
✓ Les résultats obtenus avec l'Agilent 4156C





✓ Les résultats obtenus avec notre banc de mesure





Les résultats de mesure obtenus à l'aide du montage réalisé, dérivent de ceux obtenus en utilisant l'analyseur de paramètres Agilent4156C, comme on le voit sur les figures, mais on remarque que les figures obtenu avec notre banc de mesure sont un peu perturbé et discontinu, ceci est peut-être dû à plusieurs facteurs:

- Les capacités parasites introduites par la non optimisation du PCB.
- Les longueurs non adéquates des câbles coaxiaux utilisés pour la connexion des différentes parties du montage (keithley 3940, TDS3000, testeur sous pointes, carte de conversion courant-tension et le DUT (Dispositif Under Test))
- L'effet de la capacité grille drain sur la stabilité du montage.

### **III-6 Conclusion**

Dans ce troisième chapitre nous avons fait l'automatisation de notre système et pour cela nous avons utilisé le langage de programmation graphique LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de National instrument qui est le mieux adapter pour le contrôle des instruments de mesure dans le but de lire directement sur l'oscilloscope sans passé par un instrument de mesure, ceci permet de faire des mesures plus rapide, et nous avons aussi comparé les résultats des figures obtenu en utilisant l'instrument de mesure Agilent 4156C et ceux obtenu à l'aide du banc de mesure que nous avons réalisé et on a constaté qu'ils sont identique.



# **Conclusion générale**

## *Conclusion général*

---

Le travail réalisé dans ce mémoire est porté sur les techniques de caractérisation des MOSFET en exploitant l'automatisation d'un banc de mesure. Les objectifs attendus de cette caractérisation sont l'extraction des différents paramètres afin de comprendre les propriétés électriques et physiques des dispositifs, par l'interprétation d'un bon fonctionnement et de prévoir une long durée de vie.

Après l'introduction de toutes les notions et généralités concernant le MOSFET et l'amplificateur opérationnelle nous avons cité l'instrumentalisation utilisée pour mesurer  $I(V)$  ainsi que le protocole de mesure et le schéma électrique de notre convertisseur courant-tension.

Ensuite nous avons réalisé notre convertisseur courant-tension à l'aide des modules ISIS et ARES du logiciel PROTEUS, et ce dernier nous l'avons utilisé dans un banc de mesure qu'on a automatisé avec le langage de programmation graphique LabVIEW afin d'avoir les courbes  $V_g$  et  $V_d$ .

Après l'interprétation et comparaison des courbes obtenues on utilisant les deux méthodes (instrument de mesure Agilent 4156C, banc de mesure) on a constaté que les deux méthodes nous mène au même résultat.

Grace à cette carte de conversion nous pouvons faire des mesures et lire directement sur l'oscilloscope et avoir des courbes plus rapidement et précis sans passé par un instrument de mesure qui est très couteaux et plus compliqué a paramétré.

# **Annexes**

# Références bibliographiques

- [1] Johann See. Théorie du blocage de coulomb appliquée aux nanostructures semi-conductrices: Modélisation des dispositifs à monocristaux de silicium. Thèse de doctorat, Université paris XI, 2003.
- [2] J.R.Schwank, F.W.Sexton, D.M.Fleetwood, M.R.Shaneyfielt, K.L.Hughes, and M.S.Rodgers. "*Strategie For Lot Acceptance Testing Using CMOS Transistors And ICs*". IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 36, NO. 6, pp. 1971-1980, 1989.
- [3] Jacques Avnould, Pierre Merle, « Dispositif de l'électroniques de puissance », Volume 1 Hermès, Paris 1992.
- [4] H.Mathieu.physique des semiconducteurs et des composants électroniques.5<sup>ème</sup> édition, Dunod, 2001.
- [5] Op Amp Applications Handbook, Analog device, Inc walt jung, Editor Emeritus
- [6] TEXAS INSTRUMENTS Transimpedance consideration for High-Speed Amplifier, Application Report November 2009
- [7] LabVIEW ; « principe de base de LabVIEW National Instrument Corporation » Edition Aout 2006.
- [8] P.M.Lenahan, J.J.Mele. "E' Centers and Leakage Currents in the Gate Oxides of Metal Oxide Silicon Devices". Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol.18, NO.4, pp. 2169-2173, Jul 2000.