



- UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
- ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
- CENTRE DE THIES
- DEPARTEMENT DU GENIE MECANIQUE

Gm. 0076

## PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception en  
Electromécanique

### **IMPLANTATION D'UN SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNEES POUR LE SUIVI DUN REHAUSSEUR THERMIQUE**

Présenté et soutenu par :

Ousmane CISSE

Date  
\_\_\_\_\_

Encadré par :

Monsieur Paul DEMBA  
Monsieur Roger FAYE  
Monsieur Salam SAWADOGO

ANNEE UNIVERSITAIRE 2001/2002

## DEDICACES :

Feu El Hadj Mansour Ibn El Hadj Malick SY (RTA) disait :

« Il est du devoir pour tout musulman, après avoir rendu grâce à ALLAH (SWT) et prié sur le prophète (SAW) de remercier sa mère et son père » .

*A*

ma mère qui n' a cessé de prier pour ma réussite tout au long de mon cursus scolaire et universitaire,

mon père qui a compris que la vie d'ici bas est un soir, comparée à celle de l'au delà, et selon moi toute l'essence de notre existence est dans cette formule .

toute ma famille à qui je dirais que l'éloquence est inerte à exprimer la plénitude de mes sentiments à son égard,

je dédie ce modeste travail .

## REMERCIEMENTS :

Je tiens à remercier :

- monsieur Paul DEMBA pour la rigueur dont il a fait montre durant toute la durée de la réalisation de ce projet,
- monsieur Roger FAYE pour sa disponibilité et son ouverture au dialogue,
- monsieur Salam SAWADOGO qui a bien voulu organiser le travail dans les règles de l'art,
- monsieur Mamadou SARR pour ses suggestions qui m'ont beaucoup aidées,
- mes frères informaticiens de Bus Info, de UNISSET et de SSI pour leurs contributions inestimables dans les configurations matérielles et logicielles,
- tous mes amis de Kandakhal, notamment Moctar, Moussa, Youssou et Moustapha sans oublier ceux d'Ethiopie, de Xel Diom Fit et de Memphis,
- et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce présent projet,
- mon jeune frère Ahmed Tidjane qui a tenu à ce que son nom figure sur cette liste .

# SOMMAIRE :

Dédicaces.....	I
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>II</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : le rehausseur thermique.....</b>	<b>3</b>
I-1. Présentation du rehausseur thermique.....	4
I-1.1. Bassin enterré.....	4
I-1.2. Absorbeur.....	4
I-1.3. Couverture transparente.....	5
I-1.4. Pompe de circulation.....	5
I-2. Fonctionnement du système.....	6
I-3. Cahier des charges.....	7
<b>CHAPITRE II : La conception du système d'acquisition de données.....</b>	<b>9</b>
II-1. Concepts fondamentaux.....	10
II-2. Conception du système d'acquisition et de contrôle de données.....	10
II-2.1. Mesure et conditionnement du signal.....	11
II-2.2. Carte d'entrées analogiques (CAN).....	11
II-2.2.1. Période d'échantillonnage.....	13
II-2.2.2. Résolution.....	13
II-2.2.3. Sorties analogiques.....	14
II-2.2.4. Entrées et sorties digitales.....	14
II-3. Application sur notre système.....	14
<b>CHAPITRE III : Les capteurs et leur conditionneur.....</b>	<b>17</b>
III-1. Les capteurs.....	18
III-1.1. Généralités.....	18
III-1.1.1. Capteurs générateurs de force électromotrice – le thermocouple.....	19
III-1.1.2. Capteurs générateurs de courant.....	19
III-1.1.3. Capteurs générateur de charge.....	20
III-1.1.4. Capteurs résistifs.....	20
III-1.2. Choix du type de capteur.....	21
III-1.2.1. Capteurs de température.....	21
Lois de variation de la résistance sur la température.....	22
III-1.2.2. Capteur de niveau d'ensoleillement – le pyranomètre.....	24
III-1.2.2.1. La pyroélectricité-matériaux pyroélectriques.....	24
III-1.2.2.2. Caractéristiques métrologiques.....	25
III-1.3. Etalonnage des capteurs.....	25
III-1.3.1. Etalonnage des sondes de température.....	25
III-1.3.1.1. Cas de la sonde S1.....	26
III-1.3.1.2. Méthode des moindres carrés.....	27
III-1.3.2. Etalonnage du pyranomètre.....	28

III-2. Le conditionnement du signal des capteurs utilisés .....	29
III-2.1. Conditionnement des capteurs de température.....	29
III-2.1.1. Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs.....	29
III-2.1.1. 1. Principaux types de conditionneurs.....	29
III-2.1.1. 2. Qualités d'un conditionneur.....	30
III-2.1.1. 2.1 Sensibilité et linéarité.....	30
III-2.1.1. 2.2 Compensation des grandeurs d'influence.....	30
III-2.1.1. 3. Les ponts.....	31
III-2.1.1. 4. Le pont de Wheastson linéarisé .....	33
III-2.2. Amplification du pyranomètre .....	34
IV-2.2.1. Le montage inverseur.....	34
IV-2.2.2. Stabilisation du montage.....	35
III-2.3. Etalonnage des conditionneurs et de l'amplificateur.....	35
<b>Chapitre IV : La carte d'acquisition de données .....</b>	<b>37</b>
IV-1. Le CIO-AD08-PGH.....	38
IV-1.1. Introduction.....	38
IV-1.2. Installation logicielle.....	39
IV-1.3. Installation matérielle .....	41
IV-1.3.1. Adresse de base .....	41
IV-1.3.2. Sélection du niveau d'interruption .....	41
IV-1.3.3. Sélecteur d'horloge .....	42
IV-1.3.4. Etat d'attente .....	42
IV-1.4. Connexions des signaux .....	43
IV-1.4.1. Le diagramme de connexions.....	43
IV-1.4.2. Entrées différentielles.....	44
IV-1.4.3. Entrées et sorties digitales .....	44
IV-2. Les connexions analogiques.....	45
IV2-1. Entrées analogiques .....	45
IV-2.1.1. Entrées simples et différentielles .....	45
Entrées analogiques simples .....	45
Entrées analogiques différentielles .....	46
IV-2.1.2. Les systèmes de mise à la terre et d'isolement.....	46
IV-2.1.3. Quel système avons-nous ?.....	47
IV-2.1.4. Systèmes à masses communes .....	48
IV-2.1.5. Systèmes à tensions de mode commun.....	48
IV-2.1.5.1. Petites tensions de mode commun .....	48
IV-2.1.5.2. Grandes tensions de mode commun .....	49
IV-2.1.6. La carte et la source de signal ont des masses isolées	
IV-2.2. Configuration des systèmes .....	49
Masses communes/Entrées Différentielles .....	50
<b>Chapitre V : LES LOGICIELS D'ACQUISITION ET D'AFFICHAGE UTILISES .....</b>	<b>51</b>
V-1. Le logiciel Labtech Notebook.....	52
V-1.1. Le système de menus.....	52
V-1.2. Le système d'icônes.....	53
V-1.2.1. Les icônes.....	54
Le sous-menu Name.....	55
Le sous-menu Device.....	55
Le sous-menu Stage 1.....	55
Le sous-menu Stage Count.....	55

Les types d'icônes dans Labtech.....	55
<b>V-2. Le logiciel Real Time Vision .....</b>	<b>55</b>
Système requis.....	56
<b>V-2.1. La fenêtre de Vision.....</b>	<b>56</b>
<b>V-2.2. Les objets de Vision.....</b>	<b>57</b>
<b>V-2.2.1 Les objets de visualisation.....</b>	<b>57</b>
<b>V-2.2.2 Les objets de contrôle.....</b>	<b>58</b>
<b>V-2.2.3 Les objets texte.....</b>	<b>58</b>
<b>V-2.2.4 Les objets dessin.....</b>	<b>58</b>
<b>V-2.2.5 Les objets d'animation.....</b>	<b>59</b>

**CHAPITRE VI : Le traitement, l'affichage et l'organisation de l'archivage.....60**

<b>VI-1. Le traitement et l'affichage.....</b>	<b>61</b>
<b>VI-1.1. Le traitement des données acquises.....</b>	<b>61</b>
<b>VI-1.1.1 Modification du facteur d'échelle et de l'offset ..</b>	<b>61</b>
<b>VI-1.1.2. La méthode de la moyenne mouvante.....</b>	<b>63</b>
<b>VI-1.2. L'affichage des données traitées .....</b>	<b>64</b>
<b>VI-2 L'organisation de l'archivage.....</b>	<b>66</b>
<b>VI-2.1. L'utilisation de l'icône « Logs » de Labtech .....</b>	<b>66</b>
Inconvénients de l'utilisation qu'on veut faire de ce procédé.....	67
<b>VI-2.2. Le transfert des données sur Excel .....</b>	<b>68</b>
Avantages et inconvénients .....	69
<b>VI-3. Programmation en VBA.....</b>	<b>70</b>
<b>VI-3.1. Algorithme des tâches.....</b>	<b>71</b>
<b>VI-3.2. Automatisation complète des tâches.....</b>	<b>72</b>
Procédure.....	72
<b>VI-4. Présentation de quelques résultats.....</b>	<b>73</b>

**Conclusion et recommandations.....79**

<b>Annexes .....</b>	<b>A</b>
Schémas de câblage.....	B
Macro réalisée .....	J
Macros originales modifiés.....	K

**BIBLIOGRAPHIE.....L**

*Justicia*

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1</b> . Rehausseur thermique avec absorbeur en plaque aluminium.....	6
<b>Figure 2.1</b> . Place de la chaîne d'acquisition de données dans un ensemble de mesure-contrôle de procédé .....	11
<b>Figure 2.2</b> . Chaîne d'acquisition de données.....	12
<b>Figure 2.3</b> . Période d'échantillonnage.....	13
<b>Figure 2.4</b> . Résolution.....	14
<b>Figure 2.5</b> . Des capteurs à l'ordinateur.....	15
<b>Figure 2.6</b> . Schéma détaillé de la chaîne d'acquisition.....	16
<b>Figure 3.1</b> . Exemple de montage d'un thermocouple.....	19
<b>Figure 3.2</b> . Schéma électrique équivalent.....	20
<b>Figure 3.3</b> . Courbes résistance-température pour les conducteurs les plus utilisés comme détecteurs de température .....	23
<b>Figure 3.4</b> . plaquette pyroélectrique et schéma équivalent.....	25
<b>Figure 3.5</b> . Variation de la résistance sur la température.....	26
<b>Figure 3.6</b> . Conditionneurs de capteurs passifs.....	29
<b>Figure 3.7</b> . [2 ] Configuration des ponts les plus utilisés avec les relations entrée-sortie.....	32
<b>Figure 3.8</b> . pont de Wheastson linéarisé.....	33
<b>Figure 3.9</b> . montage inverseur utilisé pour l'amplification de tension.....	34
<b>Figure 4-1</b> . La carte CIO-AD08-PGH et ses composants.....	38
<b>Figure 4-2</b> . Les menus du programme Instacal.....	39
<b>Figure 4-3</b> . Configuration de la carte après son installation.....	40
<b>Figure 4.5</b> Ecran montrant les connexions après configuration.....	40
<b>Figure 4-5</b> . Commutateur d'adresse de base.....	41
<b>Figure 4-6</b> . Sélecteur de niveau d'interruption.....	41
<b>Figure 4-7</b> . Sélecteur d'horloge.....	42
<b>Figure 4-8</b> . Sélecteur d'état d'attente.....	42
<b>Figure 4-9</b> . Diagramme de connexions du CIO-AD08-PGH.....	43
<b>Figure 4-10</b> . Entrées analogiques simples.....	45
<b>Figure 4-11</b> . Entrées différentielles .....	46
<b>Figure 4-12</b> . Masses communes/Entrées différentielles.....	50
<b>Figure 5.1</b> . Atlas du menu de Notebook.....	52
<b>Figure 5.2</b> l'interface graphique de Labtech Notebook.....	53
<b>Figure 5.3</b> Fenêtre de configuration d'un bloc.....	54
<b>Figure 5.4</b> Différents types de blocs existants dans Labtech.....	56
<b>Figure 5.5</b> Fenêtre de visualisation de Real Time Vision.....	57
<b>Figure 5.6</b> Les objets de visualisation.....	58
<b>Figure 5.7</b> Les objets de contrôle.....	58
<b>Figure 5.8</b> Les objets dessin.....	59
<b>Figure 6.1</b> . Entrées du facteur d'échelle et de l'offset.....	62
<b>Figure 6.2</b> . Configuration du bloc moyenne mouvante.....	63
<b>Figure 6.3</b> . Réseau de connexions des blocs de l'application.....	64
<b>Figure 6.4</b> . Ecran d'affichage temps réel du comportement du rehausseur.....	65
<b>Figure 6.5</b> . Le bloc « Logs ».....	66
<b>Figure 6.6</b> . Exemple d'utilisation du bloc « Logs ».....	66
<b>Figure 6.7</b> . Affichage des données collectées sur Notepad.....	67
<b>Figure 6.8</b> . feuille de désignation des paramètres à collecter dans le classeur Notebook.....	68

<b>Figure 6.9.</b> Feuille de calcul dans Archives correspondant au 4 <sup>ème</sup> jour de collecte.....	70
<b>Figure 6.10.</b> Fenêtre de la programmation sur le VBA... <i>en... front... l'atta...</i> .....	71
<b>Figure 6.11.</b> Démarrage automatique de la campagne de collecte.....	72
<b>Figure 6.12.</b> Evolution du flux solaire dans une journée.....	76
<b>Figure 6.13.</b> Evolution des température au sein du volume d'eau.....	77
<b>Figure 6.14.</b> Evolution des températures de l'air confiné et de l'air ambiant.....	78



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 3.1.</b> Tableau d'étalonnage des sondes de température.....	26
<b>Tableau 3.2.</b> Caractéristiques des droites d'étalonnage.....	27
<b>Tableau 3.3.</b> Caractéristiques des droites d'étalonnage des conditionneurs.....	36
<b>Tableau 3.4.</b> relevés de l'étalonnage de l'amplificateur.....	36
<b>Tableau 4-1 .</b> Configuration des systèmes.....	50
<b>Tableau 6.1.</b> Quelques résultats de la collecte de la première journée.....	75

## INTRODUCTION :

« Ce monde est pénétré des applications de la mesure ; toute connaissance, non mesurable, est frappée d'un jugement de dépréciation . Le nom de « science » se refuse de plus en plus à tout savoir intraduisible en chiffre . »

Paul Valéry, 1982

A l'évidence, nous savons que seule la mesure permet de conduire le progrès scientifique et d'accroître la connaissance de ce qui nous entoure . Il nous apparaît, à ce jour, que la mesure joue un rôle de plus en plus fondamental dans le développement des activités industrielles avec la complexité des automatismes . Ce regain d'importance de la mesure peut être remarqué dans les domaines tels que la robotique, le contrôle de la qualité, les économies d'énergie, la lutte contre la pollution, etc .

Dans les laboratoires de recherche scientifique comme dans les installations industrielles l'une des tâches principales du chercheur comme du technicien est d'effectuer les mesures de grandeurs physiques variées qui déterminent ou conditionnent le déroulement correct des expériences et des processus de fabrications .

Pour être menée à bien, l'opération de mesure nécessite généralement que l'information délivrée soit transmise à distance à partir du point où elle est acquise, protégée contre l'altération par des phénomènes parasites, amplifiée, avant d'être exploitée de diverses manières ( traitement par un ordinateur ) . L'électronique offre à cet égard des moyens divers et puissants .

C'est le rôle de l'implantation d'un système d'acquisition et de traitement de données sur le rehausseur thermique expérimental que d'assurer le suivi de son comportement dans le temps avec une finesse relativement étonnante avec l'automatisation complète des tâches .

Le système de conversion que constitue le rehausseur thermique permet de chauffer de l'eau à partir de l'énergie solaire . Cette eau doit être utilisée pour le traitement des déchets organiques par le procédé appelé lagunage anaérobie . Dans



le but de connaître les performances d'un tel système, d'améliorer son efficacité tout en amoindrissant les coûts de l'exploitation, le prototype construit est le siège d'expérimentations visant à contrôler certains paramètres qui entrent en jeu dans son fonctionnement et à vérifier sinon corriger les résultats obtenus sur un modèle de simulation déjà effectué sur ce procédé . Le système d'acquisition de données vient donc à point nommé pour prendre en charge les opérations de mesure de ces paramètres et ceci sans intervention humaine .

Ce rapport présente les différentes étapes suivies dans la réalisation du système d'acquisition de données, notamment :

- la connaissance du procédé que constitue le rehausseur thermique au premier chapitre ainsi que l'utilité de l'installation d'un système d'acquisition de données,
- la conception du système d'acquisition de données à implanter dans le deuxième chapitre,
- la manière dont les mesures sont effectuées, le traitement effectué sur les signaux représentatifs jusqu'à leur acquisition dans l'ordinateur dans les trois chapitres qui suivent,
- l'organisation des données acquises et leur enregistrement sur le disque dur de l'ordinateur dans le dernier chapitre .



**Le  
rehausseur  
thermique**

I-1

PRESENTATION DU REHAUSSEUR  
THERMIQUE

I-2

FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

I-3

LE CAHIER DES CHARGES



La température est l'un des paramètres qui augmentent considérablement le rendement épuratoire du traitement par lagunage anaérobie . Le lagunage doit être un procédé efficace et économique.

Le système proposé comme rehausseur thermique doit permettre de garantir et d'améliorer les avantages sus-cités. Il est conçu pour permettre l'exploitation des apports solaires.

### **I-1. PRESENTATION DU REHAUSSEUR THERMIQUE**

Ce système de conversion thermique est composé d'un absorbeur, d'un bassin enterré, d'une pompe de circulation d'eau, d'un système de régulation et les sondes de mesure de température. La figures I-1 montre le schéma de principe.

#### **I-1.1. Bassin enterré**

Le volume du bassin enterré sert de volume de la lagune. Ainsi, il doit être calculé à partir du temps de séjour nécessaire pour obtenir un rendement suffisant. Pour être économique, le lagunage anaérobie doit occuper la plus faible surface au sol. La profondeur de la lagune doit être relativement grande (environ 4 mètres) dans le but de réduire la surface d'échange avec l'atmosphère. On pourra ainsi limiter les déperditions thermiques et faciliter le travail en anaérobiose.

Pour l'expérimentation, un bassin cubique de deux (02) mètres de côté et de deux (02) mètres de profondeur a été construit . L'étanchéité à l'eau est obtenue par l'application d'un enduit de ciment mélangé au silicate . Avec l'absorbeur utilisé, le bassin est couvert par une dalle de 15 cm d'épaisseur. Sur cette dalle est pratiqué un regard de 45 cm x 45 cm avec couvercle pour accéder dans le bassin.

#### **I-1.2. Absorbeur**

C'est un corps noir utilisé pour absorber le rayonnement solaire . L'absorbeur est constitué de tôle d'aluminium peinte en noir mate . Cette tôle est posée sur un isolant appliqué sur une dalle en béton de 15 cm d'épaisseur qui constitue le couvercle du bassin. Cette dalle est réalisée avec une pente de 1 à 2% pour permettre l'écoulement par gravité de l'eau sur l'absorbeur. En plus de permettre l'écoulement par gravité du fluide caloporteur, cette dalle permet de réduire les pertes thermiques et de créer les conditions d'anaérobiose.

### **I-1.3. Couverture transparente :**

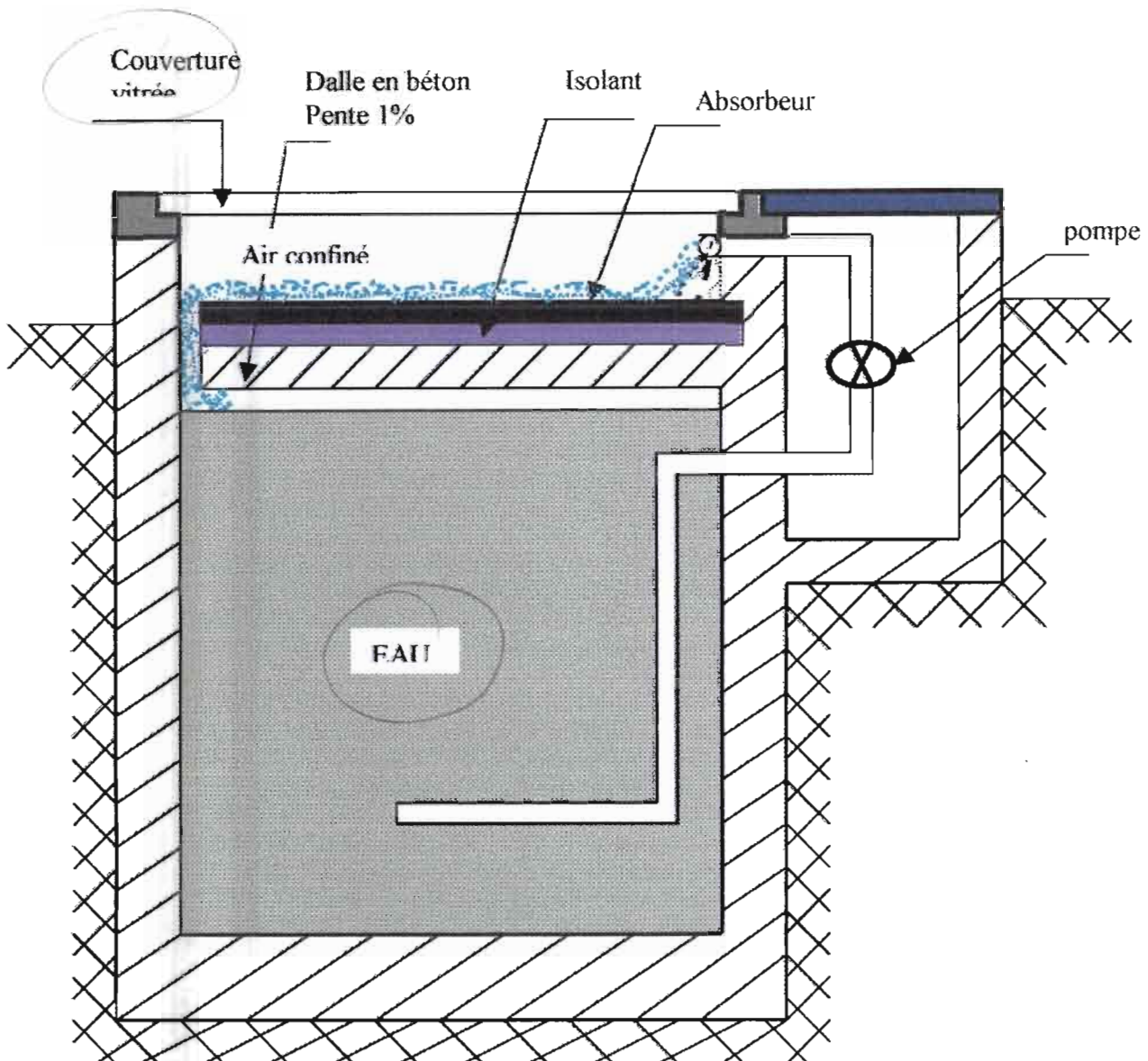
La couverture transparente est en vitre de 4 mm d'épaisseur. L'élément transparent est posé sur un cadre en bois monté au-dessus de l'absorbeur. Cette couverture transparente permet de réaliser l'effet de serre. C'est à dire qu'elle doit laisser passer le rayonnement solaire et récupérer le plus possible le rayonnement thermique réémis par l'absorbeur .

La couverture transparente limite les pertes par convection. En effet, s'il n'y avait pas cette couverture, l'air extérieur viendrait contre l'absorbeur et ne lui permettrait pas de s'échauffer de beaucoup. L'espace entre la couverture transparente et l'absorbeur doit être de faible épaisseur. Il est occupé par l'air confiné,

Elle est fixée à 5 cm dans le dispositif expérimental

### **I-1.4. Pompe de circulation .**

Une pompe de circulation permet de remonter l'eau du fond du bassin pour la pulser sur l'absorbeur. Dans l'expérimentation c'est une électropompe de 1 kW qui est utilisée. L'étude paramétrique du débit à circuler sur l'absorbeur permettra de connaître avec de plus de précision le débit qui correspond aux meilleurs transferts thermiques. La pompe sera choisie en fonction de ce débit optimum et de pression de refoulement.



**Figure 1.1** : Rehausseur thermique avec absorbeur en plaque aluminium

## **I-2. FONCTIONNEMENT DU SYSTEME**

Le rayonnement solaire arrive sur la couverture transparente (vitre), la traverse presque intégralement et atteint l'absorbeur. L'absorbeur est peint en noir mate de façon à s'approcher le plus possible du « corps noir ». Il va donc absorber tout le rayonnement solaire et s'échauffer. Sa température pourra monter à environ 100°C. A cette température, l'absorbeur rayonne lui aussi ; mais pas dans le même spectre de longueur d'ondes que le soleil. Alors que le soleil rayonne entre 0,25 et 2,5 microns, l'absorbeur émet entre 4 et 70 microns c'est à dire dans l'infrarouge. Ce rayonnement émis par l'absorbeur arrive sur la vitre. Or, si le verre est transparent pour le rayonnement solaire (courtes longueurs d'ondes), il est opaque pour le

rayonnement infra-rouge . La vitre va donc absorber une bonne partie du rayonnement émis par l'absorbeur. En absorbant ce rayonnement, la vitre s'échauffe. Elle se comporte comme un corps noir pour l'infrarouge et rayonne elle aussi par toutes ses surfaces, c'est à dire à peu près autant par ses deux faces. L'absorbeur reçoit donc le rayonnement solaire augmenté de la moitié du rayonnement de la vitre : c'est l'effet de serre .

La vitre n'est pas complètement transparente. Elle réfléchit 7,5% du rayonnement incident. Elle absorbe aussi un peu de ce rayonnement (6%) qu'elle réémet par ses deux faces .

L'air confiné qui se trouve entre l'absorbeur et la couverture transparente voit aussi sa température augmenter sous l'effet de serre .

La pompe de circulation remonte l'eau du fond du bassin et l'asperge sur l'air confiné et l'absorbeur plus chauds . Cette eau coule par gravité le long de l'absorbeur et retombe, à la fin du parcours, dans le bassin . La circulation de l'eau va se faire pendant tout le temps que la température de l'absorbeur et celle de l'air confiné restent supérieures à celle de l'eau du fond du bassin .

### **I-3 CAHIER DES CHARGES**

Le rehausseur implanté est un prototype qui est le siège d'expérimentations qui permettent de contrôler et de vérifier certains phénomènes qui interviennent dans son fonctionnement . Cette application permet entre autres :

- de bien connaître le niveau de stratification des températures au sein du volume d'eau .
- de connaître l'efficacité du rehausseur quand aux températures qui pourront être atteintes tout en tenant compte des conditions climatiques du milieu .
- d'évaluer les déperditions thermiques à travers les parois du bassin pour pouvoir justifier de l'isolation thermique ou non du rehausseur .

Pour connaître le niveau de stratification des températures, le volume du bassin est discrétisé sur la hauteur en trois couches . Pendant le fonctionnement du système, ces trois couches doivent être suivies en température . Pour cela, une sonde de température est placée au milieu de chaque couche pour mesurer approximativement sa température .



Les températures de ces couches sont des facteurs d'appréciation de l'efficacité du système . Les conditions climatiques sont déterminées par la mesure de la température ambiante ainsi que le niveau de l'ensoleillement .

Pour contrôler les déperditions thermiques, une sonde est placée dans le sol à l'extérieur des parois latérales du bassin .

Toutes ces mesures doivent donc être effectuées pour suivre de manière efficace le comportement du rehausseur thermique . Le système d'acquisition de données permettra de collecter toutes ces données avec une fidélité et une finesse qui ne peuvent pas être assurées manuellement .

# 2

## La conception du système d'acquisition de données

II-1 CONCEPTS FONDAMENTAUX

II-2 CONCEPTION DU SYSTEME D'ACQUISITION ET DE CONTROLE DE DONNEES



Les applications dans lesquelles des données analogiques doivent être numérisées, c'est-à-dire converties et transférées dans une mémoire d'ordinateur sont nombreuses. On appelle acquisition de données le processus par lequel l'ordinateur saisie des données analogiques numérisées.

### II.1 CONCEPTS FONDAMENTAUX

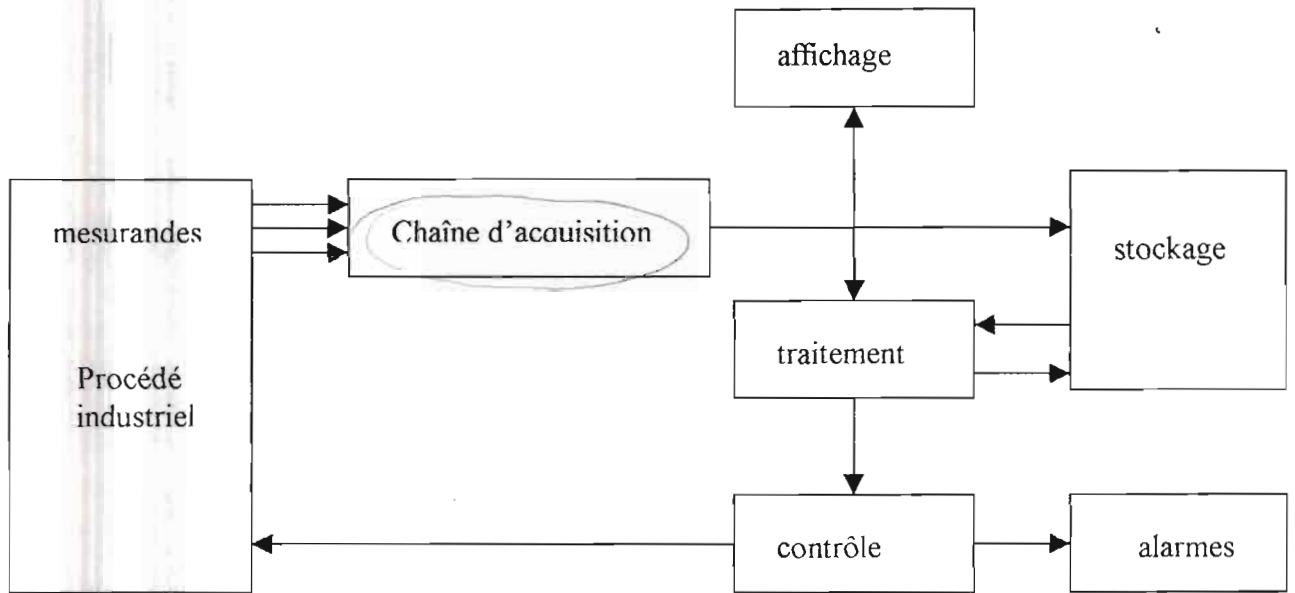
Pour installer un système d'acquisition de données avec succès, il faut bien définir les objectifs fixés. Comme pour tout projet, nous avons besoin de modéliser notre application pour une meilleure compréhension. Notre système doit donc être représenté par un diagramme dans lequel chaque bloc représente une fonction particulière. Cette approche rend la conception du procédé plus simple et l'application plus perspicace.

La prochaine étape dans la conception de l'application consiste à ajouter encore plus de détails pour chaque sous-système représenté par un bloc particulier. Les contraintes opérationnelles et environnementales doivent être prises en compte. Ce sont notamment l'environnement industriel, l'environnement du laboratoire, le conditionnement du signal et l'isolation des entrées, le mode de programmation, le logiciel utilisé, la distance entre le PC et le reste du système, ...

### II-2. CONCEPTION DU SYSTEME D'ACQUISITION ET DE CONTROLE DE DONNEES

Un système d'acquisition et de contrôle de données est constitué d'un certain nombre de composants et de sous-systèmes intégrés pour :

- apprécier la variable physique telle que :  
pression, température, débit, vitesse, ... ;
- conditionner le signal pour adapter ces signaux de manière à pouvoir être lus par la carte d'entrées analogiques / numériques ;
- traiter, analyser, archiver sur le disque dur, et tracer les graphiques des données stockées par le PC ;
- générer une sortie appropriée basée sur l'algorithme de contrôle ;



**Figure 2.1.** Place de la chaîne d'acquisition de données dans un ensemble de mesure-contrôle de procédé .

### **II-2.1. Mesure et conditionnement du signal :**

Pour mesurer la variable physique nous utilisons des capteurs ou détecteurs qui convertiront la variable physique en une grandeur électrique . Ce signal sera par la suite transmis soit à un conditionneur de signal pour l'adapter à la carte, soit directement à la carte d'acquisition de données .

Le signal est par la suite amplifié et filtré et sera de ce fait utilisé à bon escient par la carte .

### **II-2.2. Convertisseur Analogique/Numérique ( CAN ) :**

Après son conditionnement, le signal est présenté à la carte . La carte convertit la tension ou le courant conditionné en un format numérique qui est compréhensible et exploitable par le PC . ( voir figure 2.1 ) La carte incorpore plusieurs des capacités ci-dessous :

- Grandes vitesses DMA de transfert des données vers le PC (Accès Direct de la Mémoire )
- FIFO (First In First Out ) et mémoire tampon
- Filtrage contre le bruit de fond
- Amplificateur à gain programmable

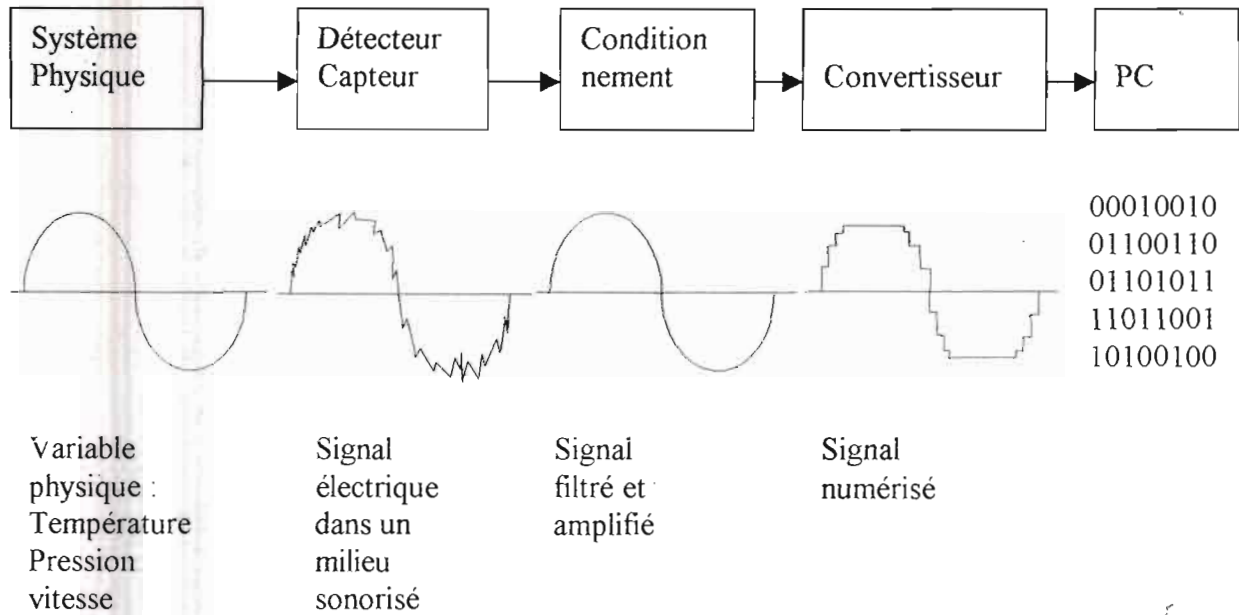


Figure 2.2 . Chaîne d'acquisition de données

Un signal analogique est une fonction continue du temps avec un paramètre physique défini . Ce signal doit être converti en un signal discret de manière à pouvoir être utilisé par l'ordinateur pour représenter le signal original . La conversion de l'analogique au numérique est une opération dans lequel le signal est comparé à une référence ( tension de pleine échelle ), et converti en une fraction, qui est par suite représenté par un nombre codé en numérique . Pour optimiser la précision des mesures, il y a un minimum et un maximum de nombre de points qu'il faut acquérir . Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'approximation de la forme du signal et sa représentation en format numérique . Parmi les méthodes de conversion analogique -numérique, nous avons :

- Approximations successives
- Intégration
- Delta-Sigma
- Flash

### II-2.2.1. Période d'échantillonnage :

La période d'échantillonnage est la mesure de la rapidité avec laquelle la carte peut scanner le canal d'entrée et identifier la valeur discrète du signal présent . Si la période d'échantillonnage est trop faible, alors une courbe bien différente d'une fréquence plus basse est obtenue des données acquises . Pour éviter ce phénomène il est nécessaire de choisir une période d'échantillonnage d'au moins le double de la fréquence d'entrée la plus élevée . Il s'agit là de respecter **le principe de Shannon** . De ce fait pour échantillonner un signal sinusoïdal de 1 Hz , la fréquence d'échantillonnage doit être d'au moins de 2 Hz . Cependant, une fréquence d'échantillonnage de 8 à 16 Hz aura une représentation plus fidèle du signal . La figure 2.3 illustre l'effet de l'échantillonnage à différents taux . Un filtre passe-bas peut être utilisé pour éliminer les défauts de hautes fréquences pouvant corrompre les données .

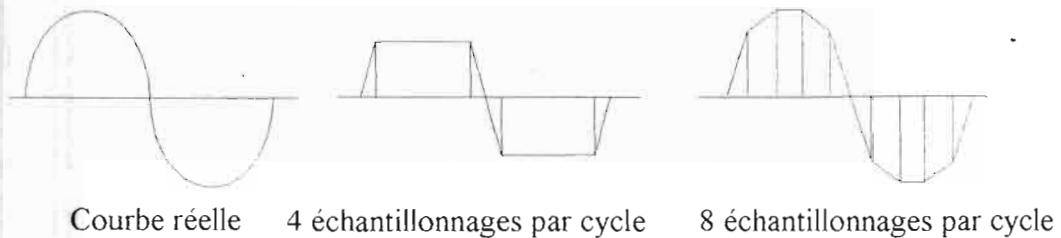


Figure 2.3 . Période d'échantillonnage

### II-2.2.2. Résolution :

La résolution définit le nombre de divisions avec lequel une portée de pleine échelle peut être divisé pour approximer une tension d'entrée analogique . ( voir figure 2.4 ) Par exemple , Si on veut mesurer un signal de 0-10 V, et que nous avons une carte avec une résolution de 8 bits, on pourra mesurer le signal d'entrée par intervalle de  $10/2^8=10/256=0.0396V$  . Donc une entrée de 10V est équivalente au nombre 255 en numérique et un signal de 0V équivaut à 0 . La carte ne sera pas donc à mesure de détecter un signal que si celui-ci est supérieur à 0.0396V .

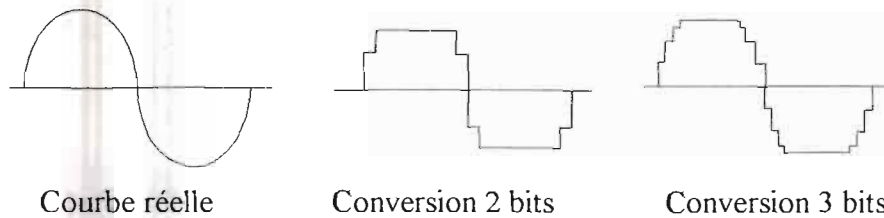


Figure 2.4 . Résolution

### II-2.2.3. Sorties analogiques :

Les sorties analogiques sont générées en utilisant une procédure qui est exactement la réciproque de celle utilisée par les entrées analogiques . L'utilisateur écrit dans le registre de sortie un mot binaire qui est un pourcentage de la portée de pleine échelle . Le convertisseur numérique analogique ( CNA ) génère cette valeur analogique jusqu'à ce que le contenu du registre soit renouvelé .

Une sortie analogique est typiquement requise pour une application impliquant un appareil commandé par une variable de contrôle telle qu'un servomoteur . La sortie peut être configurée en tension ou en source de courant variant de 0 à 20mA .

### II-2.2.4. Entrées et sorties digitales :

La plupart des cartes d'entrées analogiques incorporent des canaux d'entrées - sorties digitales qui sont utilisables pour certaines fonctions .

Les canaux d'entrées / sorties digitales sont utilisés :

- pour mesurer et contrôler les tensions de grandes puissances à partir de relais .
- pour les signaux de courant faible TTL

Les entrées et sorties digitales peuvent aussi être utilisées pour générer des pulsations, des horloges et autres signaux de temps .

### II-3. Applications sur notre système :

En suivant la démarche proposée au début de ce chapitre, nous nous proposons donc de modéliser notre système par le diagramme de la figure 2.5 qui montre la chaîne simplifiée des capteurs à l'ordinateur .

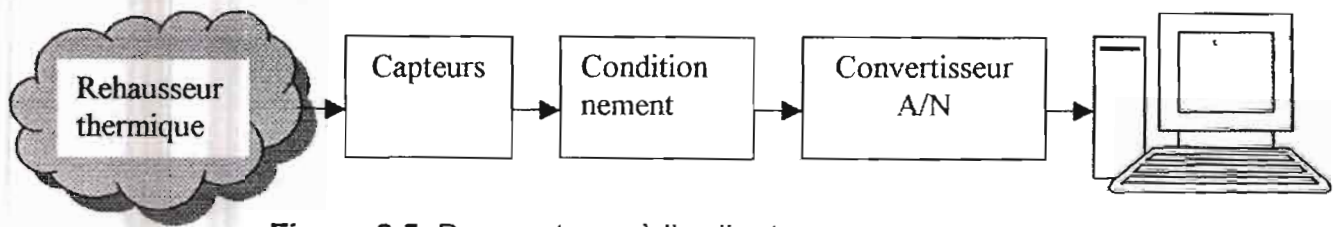


Figure 2.5. Des capteurs à l'ordinateur

Notre système est donc constitué de cinq sous-systèmes qui sont :

- ❖ le rehausseur thermique qui représente le système physique,
- ❖ les capteurs qui convertissent le paramètre à mesurer en une grandeur électrique,
- ❖ les conditionneurs pour l'adaptation aux niveaux d'entrée de la carte d'acquisition,
- ❖ la carte d'acquisition de données-le CIO-AD08-PGH-pour la numérisation des signaux analogiques,
- ❖ l'ordinateur pour le traitement, l'affichage et l'archivage de ces données .

Chaque sous-système regroupe dans notre application plusieurs composants qui assurent chacun une fonction spécifique de la chaîne . Le système avec ses détails sont représentés par la figure 2.6 qui est plus éclatée .

En entrant d'avantage dans les détails, notre système se compose donc :

- ❖ de sept sondes de température placées à différents points du rehausseur thermique , et un capteur pour mesurer le niveau d'ensoleillement,
- ❖ des conditionneurs associés à ces capteurs,
- ❖ d'un générateur pour l'alimentation de nos circuits électroniques,
- ❖ de la carte CIO-AD08-PGH constituée par le multiplexeur, l'échantillonneur bloqueur, le convertisseur analogique numérique, le registre tampon pour convertir les signaux d'entrée en signaux numériques,
- ❖ de l'ordinateur pour le traitement de ces signaux via le logiciel **Labtech Notebook**, leur affichage à temps réel par le **Real Time Vision** et enfin leur stockage dans un classeur **Excel** .

Ces points cités ci-dessus feront chacun l'objet d'un chapitre dans lequel nous pourrons entrer dans les détails et justifier leur choix par rapport à d'autres possibilités .



La conception du système d'acquisition de données

Cartes de conditionnement

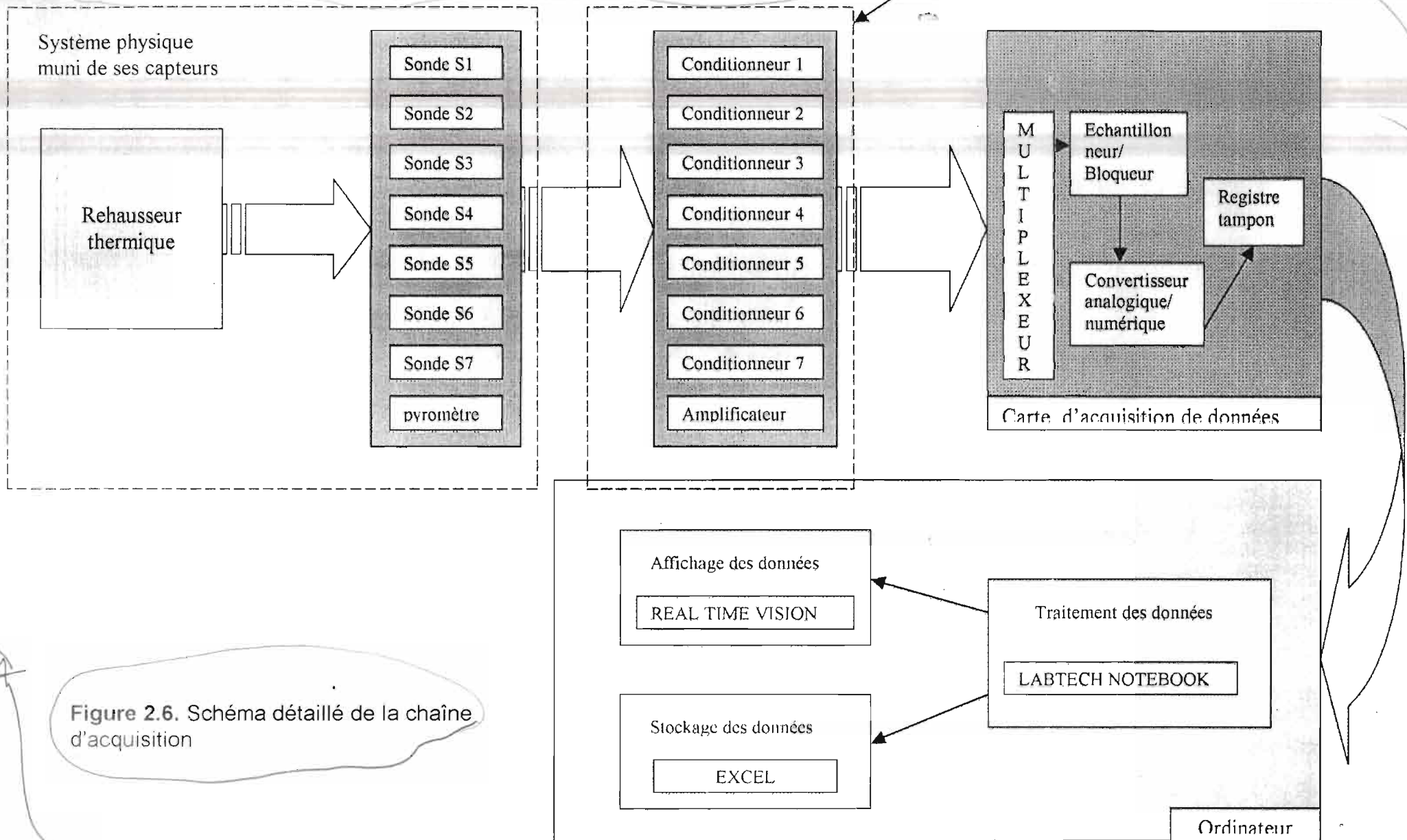


Figure 2.6. Schéma détaillé de la chaîne d'acquisition

# 3

## Les capteurs et leur conditionneur



### LES CAPTEURS



### LE CONDITIONNEMENT DU SIGNAL DES CAPTEURS UTILISES



### III-1. LES CAPTEURS :

Les capteurs sont les premiers éléments d'une chaîne d'acquisition de données . A chaque mesurande est associé un capteur dont le rôle est de traduire ce mesurande de valeur  $m$  en une grandeur électrique  $s(m)$ , fonction connue du mesurande, de telle sorte qu'à chaque valeur  $s$  de cette grandeur électrique puisse être liée la valeur  $m$  du mesurande . Cette grandeur électrique  $s(m)$  est à l'origine du signal électrique que traite le système d'acquisition .

#### III-1.1. Généralités : [1], [2]

a) L'étendue de mesure ( $E.M$ ) d'un capteur définit la plage de valeurs du mesurande pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur . Les limites de cette plage étant  $m_{\min}$  et  $m_{\max}$ , on pose :

$$E.M = m_{\max} - m_{\min}$$

*pas homogène, en indice*

b) La sensibilité  $S(m)$  d'un capteur, pour une valeur  $m$  du mesurande , est égale au quotient de la variation de la sortie électrique par la variation correspondante du mesurande :

$$S(m) = \left( \frac{\Delta s}{\Delta m} \right)_m$$

Un capteur est dit linéaire si, dans l'étendue de mesure ,  $s(m)$  est une fonction linéaire de  $m$  ; sa sensibilité est alors constante dans cette plage de fonctionnement . Les grandeurs d'influence sont les grandeurs physiques autres que le mesurande qui sont susceptibles d'affecter la sortie électrique  $s$  du capteur . L'action d'une grandeur d'influence se traduit généralement par :

- un décalage du zéro ;
- une dérive de la sensibilité

La grandeur d'influence la plus générale est la température du capteur ; les vibrations, la pression, l'humidité, les champs magnétiques peuvent aussi exercer une influence sur la réponse d'un capteur .

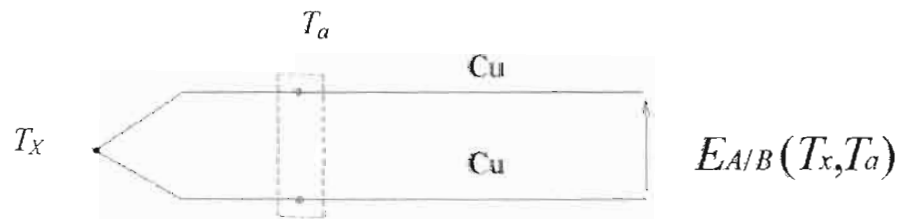
Une classification sommaire des divers types de capteurs peut être établie d'après la nature de la grandeur électrique de sortie  $s(m)$  qui le caractérise .

**III-1.1.1. Capteurs générateurs de force électromotrice – le thermocouple :**

Un circuit formé de deux conducteurs A et B, de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures  $T_x$  et  $T_0$ , est le siège d'une f.e.m. . C'est l'effet Seebeck . Un thermocouple est constitué de deux conducteurs A et B dont généralement l'un au moins est un alliage : il délivre la f.e.m.  $E_{A/B}(T_x, T_0)$  dont la mesure permet de déterminer la température  $T_x$  inconnue lorsque la température  $T_0$  dite de référence est connue . Des tables normalisées donnent la f.e.m.  $E_{A/B}(T_x, T_0)$  lorsque  $T_0 = 0^\circ\text{C}$  pour les types usuels de thermocouples ; dans ce cas la mesure de la f.e.m. permet de connaître  $T_x$  .

Dans la pratique industrielle, le maintien d'une jonction de référence à  $0^\circ\text{C}$  n'est pas évident et l'on opère généralement avec la jonction de référence à la température ambiante  $T_a$  . Dans ce cas, la f.e.m. mesuré est :

$$e = E_{A/B}(T_x, T_a)$$



**Figure 3.1.** Exemple de montage d'un thermocouple

**III-1.1.2. Capteurs générateurs de courant :**

Lorsque l'action d'une grandeur physique provoque dans un matériau la génération de porteurs de charge libres, celle-ci se traduit par une modification concomitante du courant électrique traversant ce milieu .

Cette variation de courant due au mesurande  $m$  est, pour certains dispositifs, modélisable par une source de courant  $i(m)$  . Le schéma électrique du capteur est dans ce cas un schéma de Norton : générateur de courant  $i(m)$  en parallèle avec l'impédance interne  $Z_c$  du capteur formée d'une résistance en parallèle avec une capacité .

*Signature*

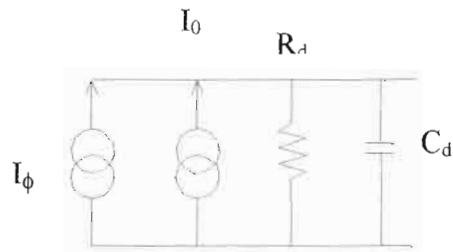


Figure 3.2. Schéma électrique équivalent

### III-1.1.3. Capteurs générateur de charge :

Ces capteurs exploitent l'effet piézoélectrique ou l'effet pyroélectrique, effets entraînant une variation de la polarisation diélectrique de certains matériaux et se traduisant par l'apparition de charges superficielles égales et de signes contraires sur les faces opposées d'une lame soumise à :

une force, effet piézoélectrique du quartz, de certaines céramiques ou certains polymères ;

une variation de température : effet pyroélectrique du sulfate de triglycine .

### III-1.1.4. Capteurs résistifs :

Un capteur résistif est, du point de vue électrique, une résistance pure  $R$  dont la valeur est liée aux paramètres qui la déterminent par une expression de la forme :

$$R = F(a, b, c) / \sigma$$

où  $F(a, b, c)$  est fonction de la géométrie et des dimensions  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $\sigma$  est la conductivité du matériau constitutif :

$$\sigma = q \cdot (\mu_p p + \mu_n n)$$

où  $q$  est la charge élémentaire,  $\mu_p$  et  $\mu_n$  sont les mobilités respectives des trous de densité  $p$  et des électrons de densité  $n$  .

Tout mesurande agissant sur :

- la mobilité des porteurs (température, contrainte, champ magnétique) ;
- la densité des charges libres (température, flux lumineux) ;
- les dimensions géométriques (contrainte, position d'un curseur) ;

est susceptible d'être traduit électriquement par la variation de résistance qu'il impose à un capteur résistif .

Les différents types de capteurs résistifs qui existent sont :

- Les résistances thermométriques
- Les résistances métalliques
- Les thermistances
- Les jauges d'extensométrie

### III-1.2. Choix du type de capteur

Comme nous l'avons vu dans le chapitre III , nous avons sept points de mesure de la température et un point de mesure du niveau de l'ensoleillement .

#### III-1.2.1. Capteurs de température :

Selon le domaine de température où elles sont utilisées et des qualités recherchées, on réalise les résistances en platine , en nickel et, plus rarement, en cuivre et en tungstène .

L'intérêt du nickel réside sur sa sensibilité thermique supérieure : entre 0 et 100°C sa résistance est multipliée par 1,617 alors que celle du platine est multipliée par 1,385 ; par contre sa réactivité chimique, risque d'oxydation en particulier, peut affecter sa stabilité .

*fait une phrase.*

Le cuivre a trouvé ses applications à cause de la très grande linéarité de ses variations thermiques de résistance ; cependant sa réactivité chimique ne permet pas son emploi au delà de 180°C et sa faible résistance amène à utiliser de plus grands longueurs de fils d'où le problème de son encombrement .

Le tungstène a une sensibilité thermique de la résistance supérieure à celle du platine au-dessus de 100K et il est utilisable à des températures plus élevées que le platine avec une linéarité supérieure . Cependant il est difficile de faire disparaître complètement par recuit les contraintes créées par le tréfilage : il en résulte un stabilité inférieure à celle des résistances de platine .

Actuellement, le platine est le plus utilisé de tous les capteurs conducteurs. Il peut être obtenu avec une très grande pureté (99.99%) ce qui permet de fixer avec une bonne précision se propriétés électriques . Son inertie chimique lui confère une grande stabilité . Comme métal noble, il est moins susceptible à la corrosion . Aux températures au-dessous de 20K, le rhodium, qui montre une sensibilité plus élevée que le platine, est utilisé . Des éléments constitués de fils de nickel ou d'alliage de

nickel sont encore utilisés en raison de leur bas coût et la valeur raisonnablement élevée de leur résistance de base . Cependant, ils sont de plus en plus remplacés par des éléments de platine.

*Les raisons précitées font que notre choix s'est porté sur le platine comme métal constitutif de nos capteurs de température .*

#### ❖ Lois de variation de la résistance sur la température

Les conducteurs (métaux) montrent généralement une augmentation de leur résistance avec la température. L'équation suivante représente la variation de la résistance avec la température (Doebelin, 1983):

$$R_T = R_0(1 + a_1T + a_2T^2 + \dots + a_nT^n)$$

où  $R_T$  = la résistance à la température  $T^\circ\text{C}$

$R_0$  = résistance à  $0^\circ\text{C}$

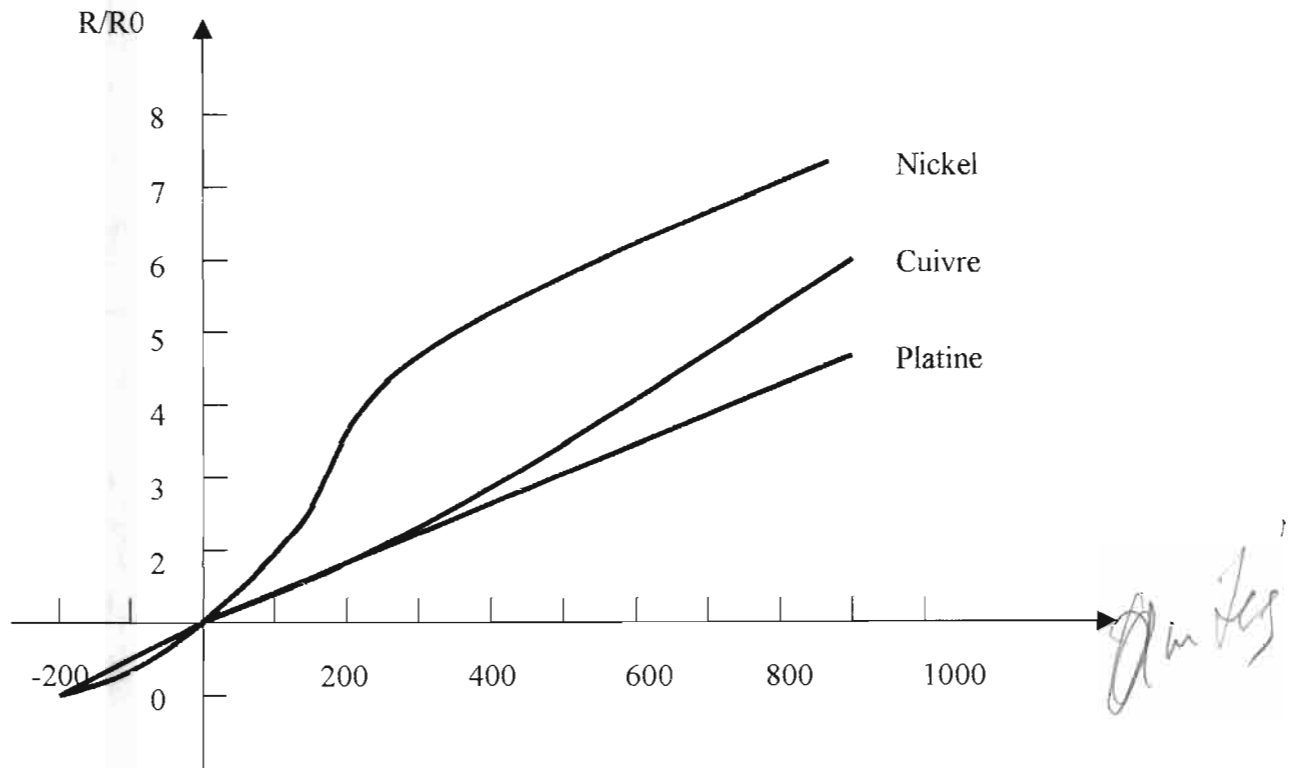
$a_1, \dots, a_n$  des constantes

le nombre de termes dépend du matériel, de la température ambiante, et de l'exactitude exigée . Les matériaux les plus communément utilisés nécessitent deux, trois constantes  $a$ , respectivement, pour l'exactitude de la représentation de leurs caractéristiques . Mais pour les plages de températures faibles ( $0$  à  $100^\circ\text{C}$ ), un rapport approximatif de la droite  $R_0(1 + aT)$  est adéquat.

La figure 3.3 montre les courbes de variation résistance-température pour les conducteurs les plus utilisés comme capteurs de température .

Le platine utilisé constitue aussi bien le film que le fil assurant la liaison entre le capteur et son conditionneur . Des éléments réalisés en pure platine sont recuits après enroulement. Ils sont utilisés pour définir l'interpolation entre les points fixes de l'échelle pratique internationale de la température de 1968 (International Practical Temperature Scale : IPST) entre  $13.81\text{ K}$  (point triple de l'hydrogène) et  $903.89\text{ K}$  (point de congélation de l'antimoine). Cependant, quelques conceptions spéciales de capteur de platine ont été utilisées jusqu'à  $1050^\circ\text{C}$  (Norton, 1982).

Le rapport de  $R$ - $T$  d'un élément de fil en platine entre  $-183$  et  $+630^\circ\text{C}$  est alternativement donné par l'équation de calendar-Van Dusen:



**Figure 3.3.** Courbes résistance-température pour les conducteurs les plus utilisés comme détecteurs de température . ( De Doebeling, E. O. 1983 . Measurement systems : application and design, New York : McGraw-Hill . )

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2 + \delta(T - T_0)^3]$$

*en indice*

où  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\delta$  sont des constantes;

$\alpha$  est déterminé en mesurant la résistance de l'élément à 100°C et  $\beta$  à partir d'une mesure de résistance au-dessous de 0°C habituellement au 182,96°C (point d'ébullition de l'oxygène).  $\delta$  est déterminé par une mesure de résistance bien au-dessus de 100°C, tel que le point d'ébullition de soufre (+444,7°C).

Les valeurs typiques sont :

$$\alpha = 0,00392^\circ\text{C}$$

$$\beta = 0 \text{ (if T is positive) and } 0,11 \text{ (if T is negative)}$$

*en français;*

$$\delta = 1,49$$

$$R_0 = 100\Omega$$

La température indiquée par cette relation peut être corrigée pour l'IPST-68 en y ajoutant une valeur  $\Delta T$  de température . Elle est généralement de moins de 0,05°C et peut être calculée par la relation suivante :



$$\Delta T = 0,045(0,01T-1)(0,01T)\left(\frac{T}{419,58}-1\right)\left(\frac{T}{630,74}-1\right)$$

*E. P. P.*

La constante  $a$  dépend de la pureté du platine à utiliser dans cet élément et augmente avec la pureté. Une valeur de 0.003925 est utilisée pour la table de référence de R-T aux Etats-Unis. Pour des applications industrielles, une valeur de 0.00390 est acceptable. La résistance des éléments de thermomètre de résistance s'étend environ de 10 W à environ 25000 W. Le platine est utilisé -267,78 à 1010°C, le cuivre de 6195.56 à 260°C, et le nickel de -195,56 à 426,67°C.

D'après toutes ces considérations, nous avons jugés que le platine est mieux indiqué pour être utilisé sur notre système avec pour principale avantage sa linéarité pour les plages de température dans le bassin et aussi sa sensibilité.

### **III-1.2.2. Capteur de niveau d'ensoleillement – le pyranomètre :**

Ce capteur qu'on a utilisé pour mesurer le flux du rayonnement solaire est un capteur optique qui utilise l'effet de la pyroélectricité pour délivrer une tension à sa sortie.

#### **III-1.2.2.1. La pyroélectricité-matériaux pyroélectriques :**

Une substance pyroélectrique est caractérisée par une polarisation spontanée  $P$  qui est fonction de la température. Du fait de sa polarisation, une plaquette pyroélectrique porte sur chacune de ses deux faces opposées, d'aire  $A$  et perpendiculaire à  $P$ , des charges électriques  $Q=A\sigma$  dont les densités  $\sigma$ , de signes contraires sur chacune de ses deux faces, sont égales à  $\pm P$ . Ces charges, liées, créent un champ électrique interne qui, par le déplacement des charges libres qu'il entraîne, aboutit à la neutralisation de la charge superficielle. Cependant, la variation de charge liée,  $dQ=AdP$ , qui est consécutive à une brusque variation de température peut être mise en évidence par une mesure immédiate. La variation thermique de la polarisation, autour d'une température donnée est définie par le coefficient pyroélectrique :

$$P = \frac{dP}{dT} \text{ en } (\text{C m}^{-2} \text{ K}^{-1})$$

La pyroélectricité ne peut apparaître que dans les matériaux dont le réseau cristallin n'a pas de centre de symétrie mais a un axe polaire qui est la direction de la polarisation spontanée.

### III-1.2.2.2. Caractéristiques métrologiques :

On considère une plaquette pyroélectrique d'épaisseur  $d$  dont l'une des deux faces, de surface  $A$  et perpendiculaire à la polarisation  $P$ , est éclairée ; cette face, ainsi que la face opposée est recouverte d'une électrode (figure) . La variation thermique de la polarisation que provoque le rayonnement incident entraîne la circulation d'un courant  $I_P$  :

$$I_P = \frac{dQ}{dt} = A \cdot \frac{dP}{dT} \cdot \frac{dT}{d\phi} \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

La plaquette pyroélectrique a une impédance interne  $Z_P$ , formé d'une capacité  $C_P$  en parallèle sur une résistance  $R_P$  :

$$C_P = \frac{\epsilon \cdot A}{d}, \quad \epsilon \text{ étant la constante diélectrique du matériau}$$

$$R_P = \rho \frac{d}{A}, \quad \rho \text{ étant la résistivité tenant compte des pertes ohmiques et diélectriques .}$$

Le schéma électrique équivalent de la plaquette pyroélectrique est représenté par la figure .

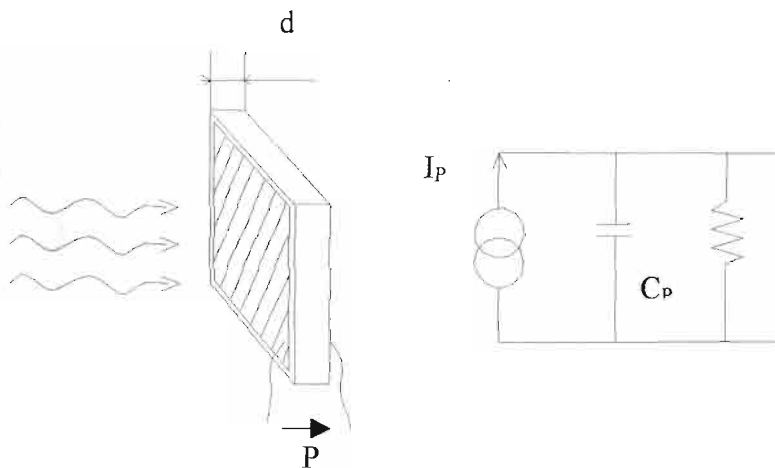


Figure 3.4. plaquette pyroélectrique et schéma équivalent

### III-1.3. Etalonnage des capteurs :

#### III-1.3.1. Etalonnage des sondes de température :

L'étalonnage permet de connaître la loi de variation de la résistance par rapport à la température .

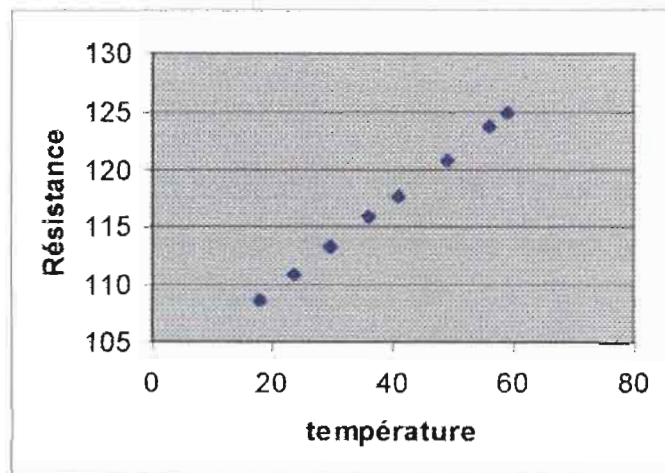
Ainsi pour chaque sonde cet échantillonnage a été réalisé à partir de relevés de la résistance affichée par un multimètre pour des températures choisies dans la plage de mesure. Les relevés permettent d'obtenir le tableau 3.1 :

S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)	T(°C)	R(Ω)
18	108,7	18	108,9	18	108,5	18	108,2	15	107,4	15	107,9	15	107,3
23,8	110,9	23,8	110,9	23,8	110,5	23,8	110,8	18,4	108,7	18,4	108,8	18,4	108
29,5	113,3	29,5	113,3	29,5	112,9	30	113,1	23,8	110,6	23,8	110,2	23,8	110,5
36	116	36	116	36	115,6	36	115,8	29,7	112,6	29,7	111,6	29,7	111,8
41	117,7	40	117,5	40	117,1	40	117,3	34	114,2	34	112,8	34	113,3
49	120,8	49	120,8	48,5	120,4	48,5	120,5	40	116,2	39	113,5	39	114,7
56	123,8	56	123,8	56	123,3	56	123,4	44	117,5	43	115,1	43	116,5
59	125	59	125	59	124,5	59	124,7	50	119,7	48	115,6	48	117,7
								54	121,5	53	117,7	53	119,8
								59	123,5	58	119,2	58	121,5

**Tableau 3.1.** Tableau d'étalonnage des sondes de température

**III-1.3.1.1. Cas de la sonde S1 :**

La variation de la résistance de la sonde S1 par rapport à la température, d'après les données ci-dessus, est représentée discrètement par la figure ci-dessous :



**Figure 3.5.** Variation de la résistance sur la température

La linéarité de ces sondes sur les températures faibles qui sont les températures d'utilisation de nos sondes dans notre application est ici confirmée.

Mais puisque les relevés que nous avons faits ne peuvent pas se faire sans erreurs, nous devons déterminer l'équation de la droite qui approxime le mieux les points obtenus par l'étalonnage. Cette droite peut être obtenue par la méthode des moindres carrés.

### III-1.3.1.2. Méthode des moindres carrés :

Cette méthode permet de déterminer, à partir des points d'abscisse et d'ordonnée connus, la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite qui passe le plus près possible des points.

Soit  $n$  le nombre de points obtenus par l'étalonnage,

$x_i$ , l'abscisse du point  $i$ ,

$y_i$ , l'ordonnée du point  $i$

Pour S1 :

$$n = 8$$

$$\sum x_i = 312,3$$

$$\sum x_i^2 = 13755,69$$

$$\sum y_i = 936,2$$

$$\sum x_i y_i = 37167,07$$

*à résoudre*

$a$  et  $b$  étant respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite qu'on doit obtenir, nous aurons à résoudre le système d'équations suivant :

$$8a + 312,3b = 936,2$$

$$312,3a + 13755,69b = 37167,07$$

Nous obtenons  $a = 0,3964$  et  $b = 101,548$ . En procédant de la même manière, nous obtenons les droites d'approximation des autres sondes comme le montre le tableau 3.2.

Sondes	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
a	0,3964	0,394	0,3928	0,398	0,3594	0,254	0,3293
b	101,548	101,694	101,337	101,236	101,969	104,038	102,19

**Tableau 3.2.** Caractéristiques des droites d'étalonnage

## Les capteurs et leur conditionneur

L'étalonnage du pyranomètre nécessite des appareils qui ne sont pas à notre disposition pour l'expérimentation en question . Mais la classe de l'appareil permet de connaître la relation entre le flux énergétique du rayonnement solaire et la tension qu'il délivre . Cette relation est la suivante :

$$V = 11,2 \dot{W} ,$$

avec  $\dot{W}$  le flux énergétique émanant du rayonnement solaire, en  $\text{W/m}^2$

et  $V$  la tension de sortie du pyranomètre, en mV .



## III-2. CONDITIONNEMENT DU SIGNAL DES CAPTEURS UTILISES :

### III-2.1. Conditionnement des capteurs de température :

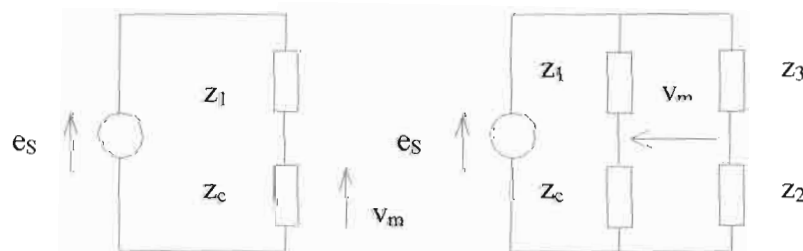
#### III.2.1.1. Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs :

##### III.2.1.1.1. Principaux types de conditionneurs :

Les variations de l'impédance  $Z_C$  d'un capteur passif liées aux évolutions d'un mesurande  $m$  ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur une source de tension  $e_s$  ou de courant  $i_s$  et généralement d'autres impédances  $Z_k$  constituant alors le conditionneur du capteur . On peut distinguer deux principaux groupes de conditionneurs selon qu'ils transfèrent l'information liée aux variations du capteur,

- soit sur l'amplitude du signal de mesure, c'est le cas des montages potentiométriques et des ponts,
- soit sur la fréquence du signal de mesure, il s'agit alors d'oscillateurs .

Le montage potentiométrique (figure 3.6.a) présente l'intérêt de la simplicité mais son inconvénient majeur est sa sensibilité aux parasites . Le pont par contre (figure 3.6.b) qui est un double potentiomètre permet une mesure différentielle réduisant de façon importante l'influence des parasites .



**Figure 3.6. Conditionneurs de capteurs passifs**

a) montage potentiométrique ; b) montage en pont

### III.2.1.1. 2. Qualités d'un conditionneur :

#### III.2.1.1. 2.1 Sensibilité et linéarité :

A la variation  $\Delta m$  du mesurande correspond une variation  $\Delta Z_c$  de l'impédance du capteur qui selon le type de conditionneur entraîne soit une variation de l'amplitude de la tension de mesure soit de la fréquence . La sensibilité globale  $S_a$  de l'association du conditionneur et du capteur est :

dans le cas qui nous intéresse :

$$S_a = \frac{\Delta V_m}{\Delta m} \quad \text{soit} \quad S_a = \frac{\Delta V_m}{\Delta Z_c} \cdot \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$$

La sensibilité propre du conditionneur est :

$$\frac{\Delta V_m}{\Delta Z_c}$$

alors que la sensibilité du capteur est :

$$S = \frac{\Delta Z_c}{\Delta m}$$

Le conditionneur est dit linéaire si sa sensibilité est indépendante de  $Z_c$  ; l'association d'un conditionneur linéaire et d'un capteur linéaire délivre un signal de mesure proportionnel aux variations du mesurande . Lorsque le capteur lui-même n'est pas linéaire, il est possible de compenser sa non-linéarité par une non-linéarité opposée du conditionneur, l'ensemble ayant un fonctionnement quasi linéaire .

#### III.2.1.1. 2.2 Compensation des grandeurs d'influence :

Si le capteur est sensible à une grandeur d'influence, température ou rayonnement par exemple, il est important de pouvoir éliminer du signal de mesure sa contribution aux variations de  $Z_c$  .

Pour notre cas où il y'a un conditionneur et un capteur résistifs :

$$V_m = e_s \cdot F(R_k, R_c)$$

Si une seule des résistances du conditionneur est rendue sensible à la grandeur d'influence est qu'elle est en outre, choisie identique à  $R_c$  , il y a compensation des grandeurs d'influence si :

$$\frac{\delta V_m}{\delta R_k} = - \frac{\delta V_m}{\delta R_c}$$

### III.2.1.1.3. Les ponts : [2]

Des circuits en pont de divers types sont généralement appliqués pour la mesure de la résistance, de la capacité, et de l'inductance. Nous discutons ici des ponts de résistance simples parce qu'ils présentent une plus large application telle que la nôtre .

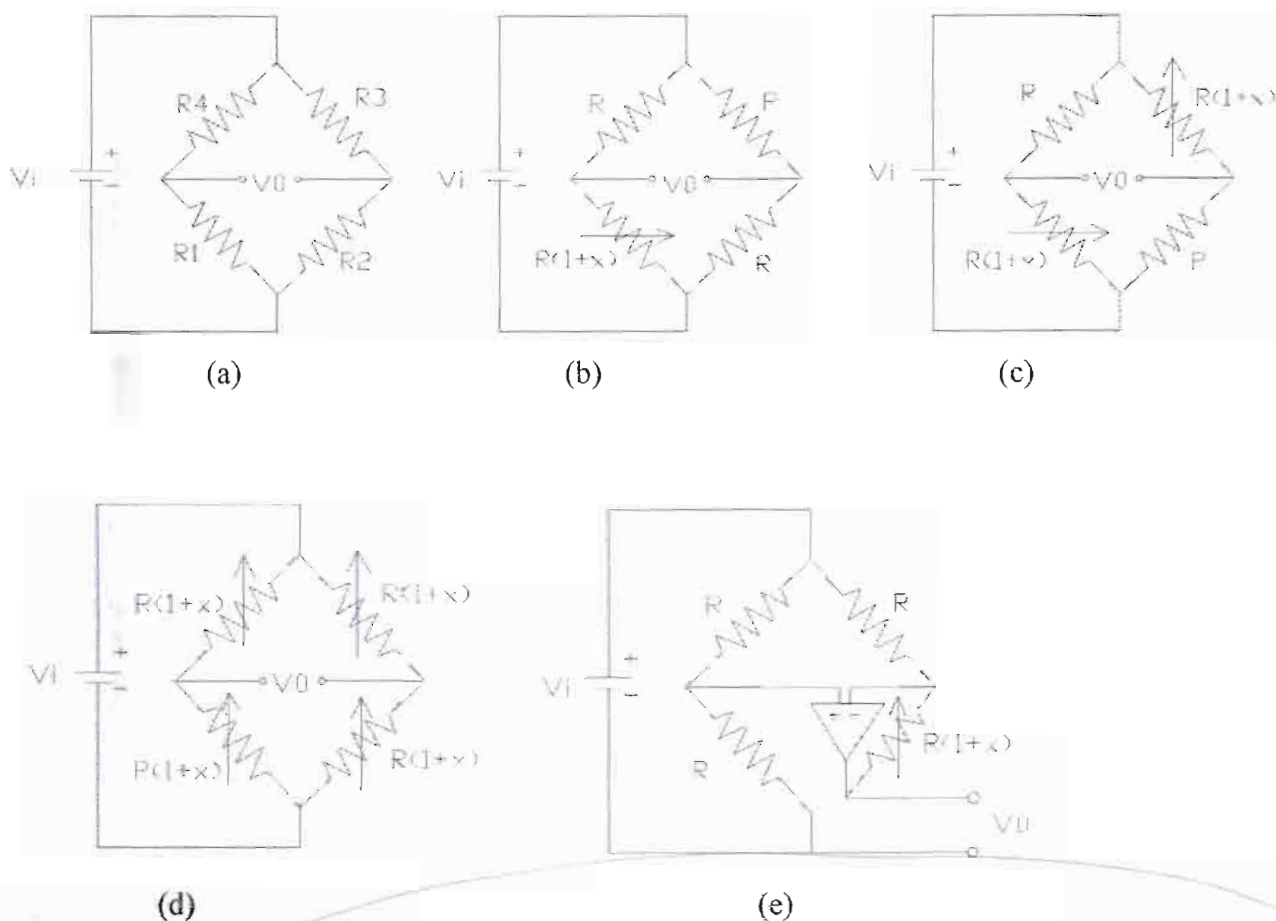
La figure 3.7 montre les différents ponts de Wheatstone, son excitation et les relations entrée-sortie . La tension  $V_i$  d'excitation peut être en courant alternatif (C.A.) ou continu (C.C.) . Ici nous considérons seulement le C.C. Les relations prouvent que quand  $R_1/R_4 = R_2/R_3$ , la tension de sortie du pont de résistance est nulle (le pont est équilibré) . Dans des applications de ces circuits, une ou plusieurs des branches du pont est un capteur résistif dont la résistance est une fonction de la variable physique appliquée ( ici la température ) . Ce qui fait que la variation d'une ou plusieurs résistances d'un pont à partir d'une valeur initiale peut être mesurée comme étant le changement de la mesurande .

La figure 3.7(b) montre un pont avec toutes les résistances égales mais l'une d'entre elles est variable par un facteur  $( 1+x )$  où  $x$  est le taux de variation de la résistance autour de zéro . L'équation qui donne la relation entre la sortie du pont et  $x$  n'est pas linéaire , mais pour les petites valeurs de  $x$  elle s'approche beaucoup de la linéarité . La sortie peut être doublée si deux variables identiques sont utilisées , comme le montre la figure 3.7(c) .

La figure 3.7(d) montre un pont constitué de quatre résistances, deux d'entre elles augmentent tandis que les deux autres diminuent au même taux . La sortie pour un tel pont est quatre fois celle d'un pont simple .

Le pont de la figure 3.7(e) utilise un amplificateur opérationnel qui a pour avantage une bonne linéarité et une impédance de sortie très faible , ce qui fait que la mesure de la tension de sortie est plus facile et est plus précise .





**Figure 3.7.** [2] Configuration des ponts les plus utilisés avec les relations entrée-sortie (de Willis J. Tompkins- John G. Webster) . Interfacing Sensors to the IBM PC

$$(a) \quad V_0 = \frac{\frac{R_1}{R_4} \frac{R_2}{R_3}}{\left(1 + \frac{R_1}{R_4}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)} V_i$$

$$(b) \quad V_0 = \frac{xV_i}{4 \left(1 + \frac{x}{2}\right)} = \frac{xV_i}{4} \text{ pour } x \ll 1$$

$$(c) \quad V_0 = \frac{xV_i}{2 \left(1 + \frac{x}{2}\right)} = \frac{xV_i}{2} \text{ pour } x \ll 1$$

$$(d) \quad V_0 = -xV_i$$

$$(e) \quad V_0 = -\frac{xV_i}{2}$$

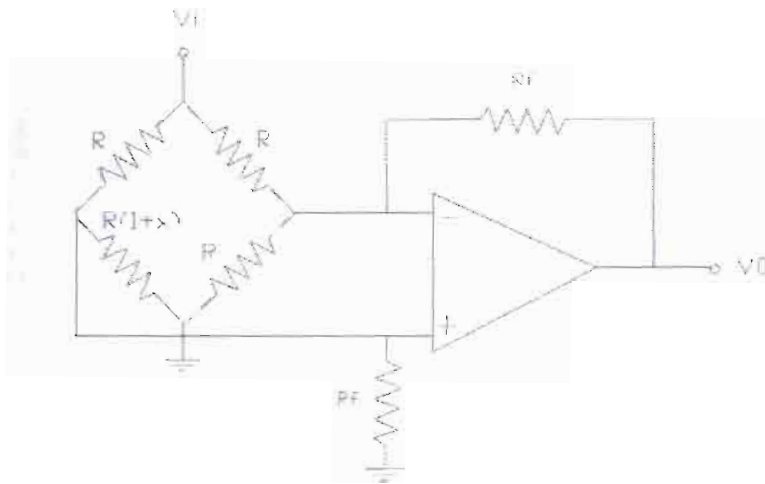
*rambler  
à vous  
mettre de  
N° de la référence*

*center  
0 : en indice*

*faire une phrase pour  
le calcul de V0*

Nous utilisons donc, avec tous ses avantages, **le pont de Wheastson linéarisé** pour le conditionnement du signal venant de nos capteurs de température .

**III.2.1.1.4. Le pont de Wheastson linéarisé :**



**Figure 3.8.** pont de Wheastson linéarisé

$$V_0 = V_i \left( \frac{x}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

*indice*

On vérifie sur cette formule une propriété très importante de ce pont qui est la linéarité . On vérifie aussi que les variations égales des résistances de deux branches contiguës ne déséquilibrent pas le pont . Cette propriété trouve particulièrement son application pour la compensation des grandeurs d'influence .

Nous avons choisi dans le chapitre précédent des sondes de température ayant pour résistance de base 100Ω . Donc les résistances des trois autres branches du pont auront la même valeur pour que la tension de sortie soit nulle à 0°C .

Rf doit être choisie de telle sorte que la tension de sortie soit assez appréciable tout en étant inférieure à la tension de pleine échelle c'est-à-dire 10V . Pour nous écarter de la limite, nous prenons 8V la tension maximale aux bornes de la sortie du conditionneur associé au capteur . Pour la plage de température dans laquelle les mesures seront faites, la résistance des capteurs ne dépassera pas 130 Ω . A l'aide de la formule et les données précédentes nous pouvons trouver Rf .

$$R_f = \frac{2V_0}{\delta V_i} \cdot R$$

$$R_f = \frac{2 \times 8}{0,3 \times 5} \cdot 100 = 1066 \Omega$$

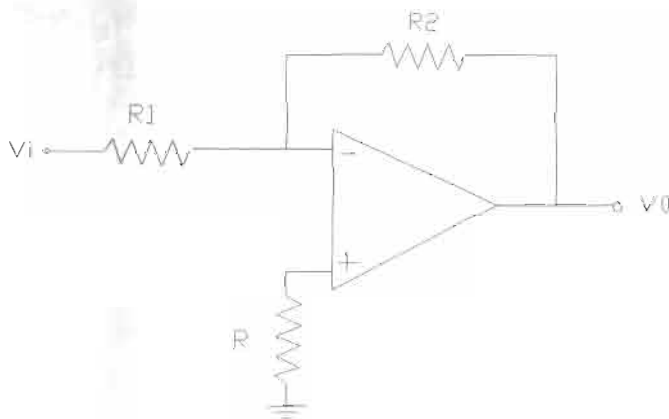
Nous prendrons donc  $R_f = 1 \text{ k}\Omega$

### III-2.2. Amplification du pyranomètre :

Le pyranomètre, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, est un capteur qui détecte le niveau de l'ensoleillement . Ce signal est converti en une tension continue d'au plus d'environ 12 mV . Nous verrons dans le chapitre suivant que la carte ne pourra pas voir les tensions inférieures à 2,44 mV . De ce fait si l'appareil est directement connecté à la carte, il y aura des heures de la journée où il n'y aura pas de collecte à ce niveau .

#### III-2.2.1. Le montage inverseur :

Donc nous avons amplifié cette tension à l'aide du montage inverseur de la figure dont le gain théorique est égal à 100 .

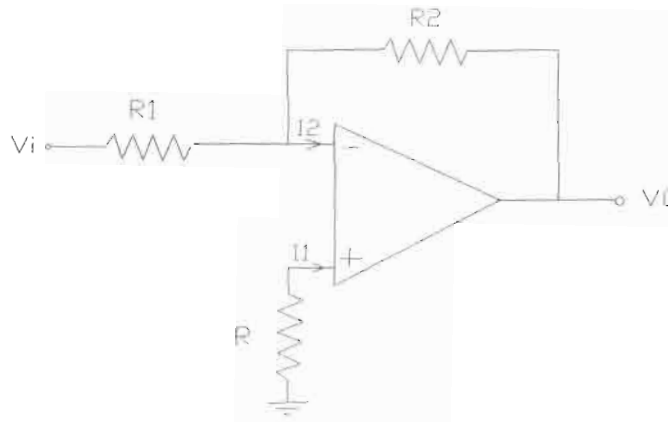


**Figure 3.9.** montage inverseur utilisé pour l'amplification de tension

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$$

Pour avoir un gain de -100, nous avons choisi  $R_2 = 10\text{k}\Omega$  et  $R_1 = 100\Omega$

**III-2.2.2. Stabilisation du montage :**



Le montage est dit stable si à vide ( c'est-à-dire quand la tension d'entrée est nulle ), la tension de sortie est nulle .

Nous devons donc choisir la valeur de R appropriée pour satisfaire cette condition .

Nous avons :

A vide 
$$V_s = R_2 I_1 - R_2 I_2 \left( \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2} \right)$$

A  $V_s = 0$ , 
$$I_1 = I_2 \left( \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2} \right)$$

$I_1 \approx I_2 \Rightarrow$  
$$\underline{\underline{R = R_1 // R_2}}$$

$$R = \frac{100 \times 10000}{100 + 10000} = 99 \Omega$$

*indica*

Nous prendrons  $R = 100 \Omega$

**III-2.3. Etalonnage des conditionneurs et de l'amplificateur :**

Comme nous l'avons fait pour les capteurs, nous devons connaître la loi de variation de la tension de sortie des conditionneurs par rapport à la résistance des sondes .

Ainsi, en mesurant la tension avec un multimètre pour plusieurs valeurs de la résistance dans la branche où doit être monté le capteur, nous obtenons les valeurs qui nous permettent de connaître par la méthode des moindres carrés, la pente et l'ordonnée à l'origine des droites représentatives:

## Les capteurs et leur conditionneur

Conditionneurs	Cond1	Cond2	Cond3	Cond4	Cond5	Cond6	Cond7
c	0,2387	0,2379	0,242	0,2144	0,2313	0,3168	0,2865
d	-22,938	-21,851	-23,0366	-18,177	-22,212	-30,079	-28,0075

**Tableau 3.3.** Caractéristiques des droites d'étalonnage des conditionneurs

Pour l'amplificateur, les valeurs obtenues après étalonnage sont présentées dans le tableau suivant :

Tension d'entrée $V_e$ (mV)	0,6	1	1,7	2,5	6,7	14,3
Tension de sortie $V_s$ (mV)	166,3	205	270	347	748	1510

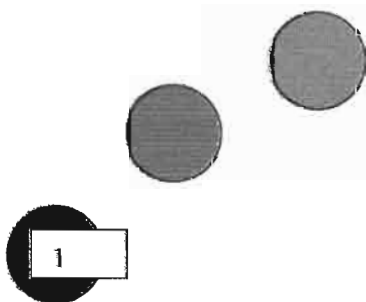
**Tableau 3.4.** relevés de l'étalonnage de l'amplificateur

Par la méthode des moindres carrés, on obtient l'équation suivante :

$$V_s = 97,99 V_e + 103,356$$

# 4

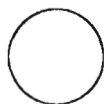
## La carte d'acquisition de données



LA CARTE CIO-AD08-PGH



LES CONNECTIONS ANALOGIQUES



## IV-1. LA CARTE CIO-AD08-PGH

*Constructeur*

### IV-1.1. Introduction

Le CIO-AD08-PGH est une extension de la carte CIO-AD08, qui est très utilisée, du point de vue architectural . Les deux cartes sont identiques au niveau des registres, des performances avec les exceptions suivantes :

1. Les gains sont programmables : les gains disponibles sont de 0,5, 1, 5, 10, 50, 100, 500, et 1000 .
2. Les entrées analogiques sont des entrées différentielles . Cependant, la carte est conçue pour pouvoir accueillir des résistances pour convertir les entrées en mode simple .
3. Un oscillateur stable (« XTAL ») délivre un signal d'horloge . Pour que les programmes écrits pour le CIO-AD08 soient compatibles avec le CIO-AD08-PGH un sélecteur permet de choisir soit l'oscillateur, soit l'horloge du bus .
4. Un convertisseur CC/CC délivre une tension stable de +/-15V aux circuits analogiques .
5. Il y a un seul connecteur sur la carte .

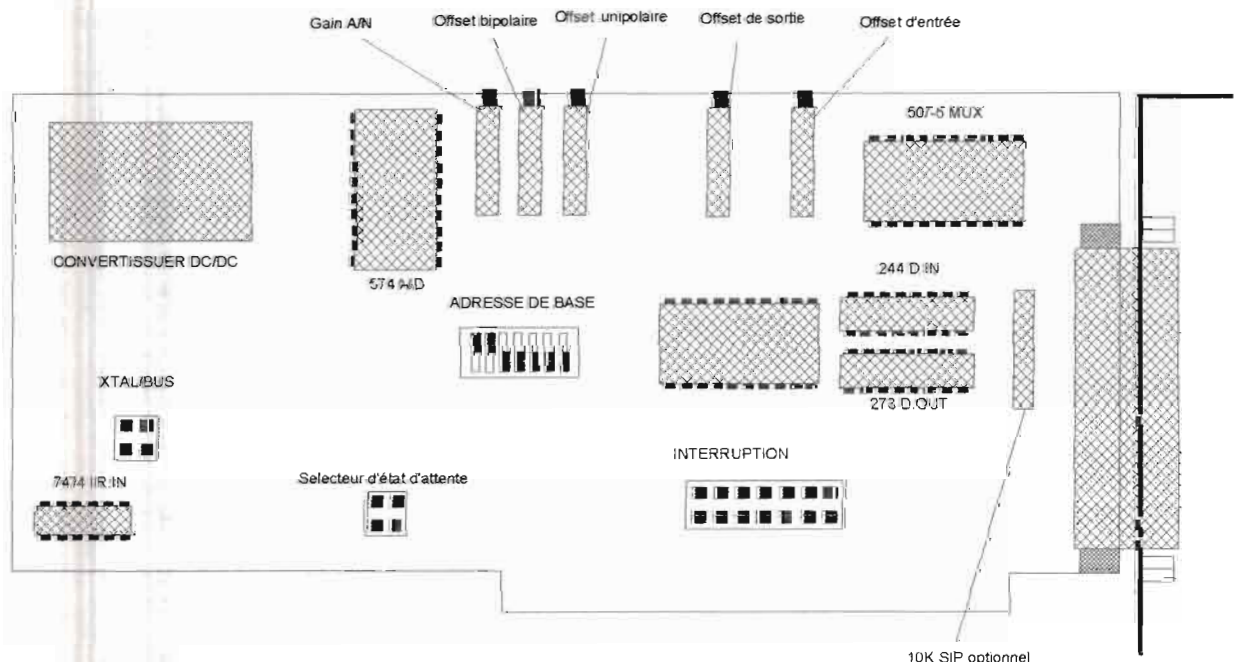


Figure 4-1. La carte CIO-AD08-PGH et ses composants

#### IV-1.2. Installation logicielle

Le logiciel Labtech Notebook intègre un programme nommé INSTACAL pour l'installation et le test de cartes d'acquisition de données de plusieurs marques dont le OMEGA CIO series, famille à laquelle appartient la carte CIO-AD08-PGH . INSTACAL est un programme développé sous DOS intégrant des menus pour l'installation, le calibrage, le test, les options et le menu exit pour quitter le programme .

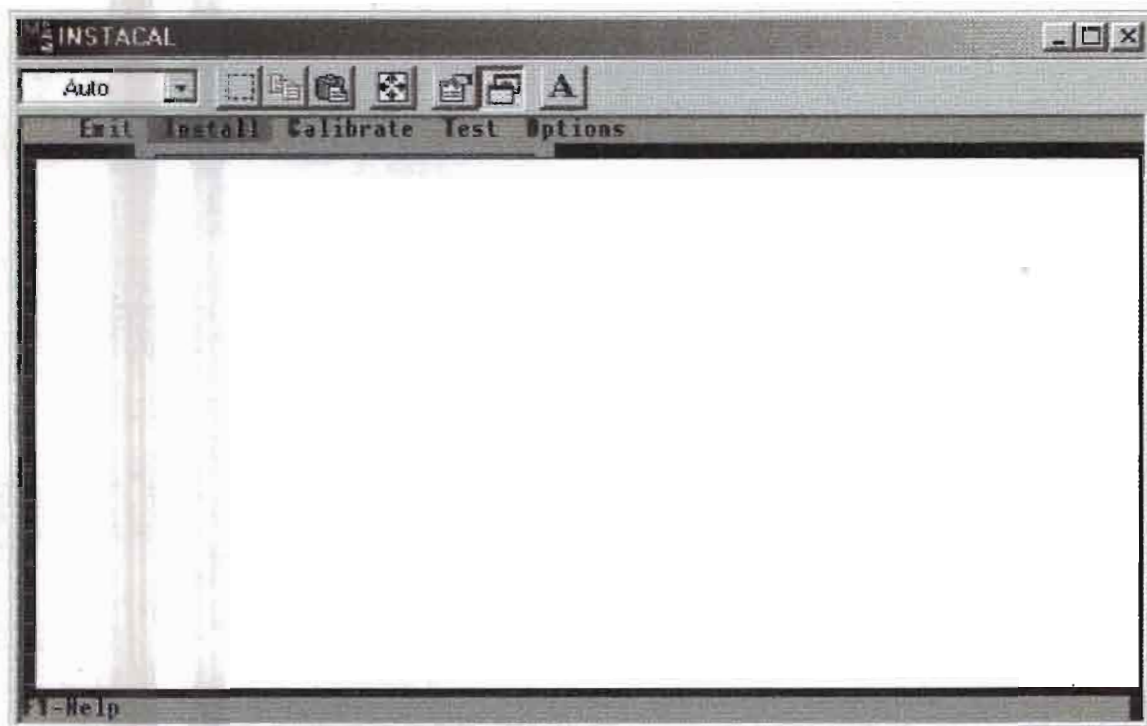
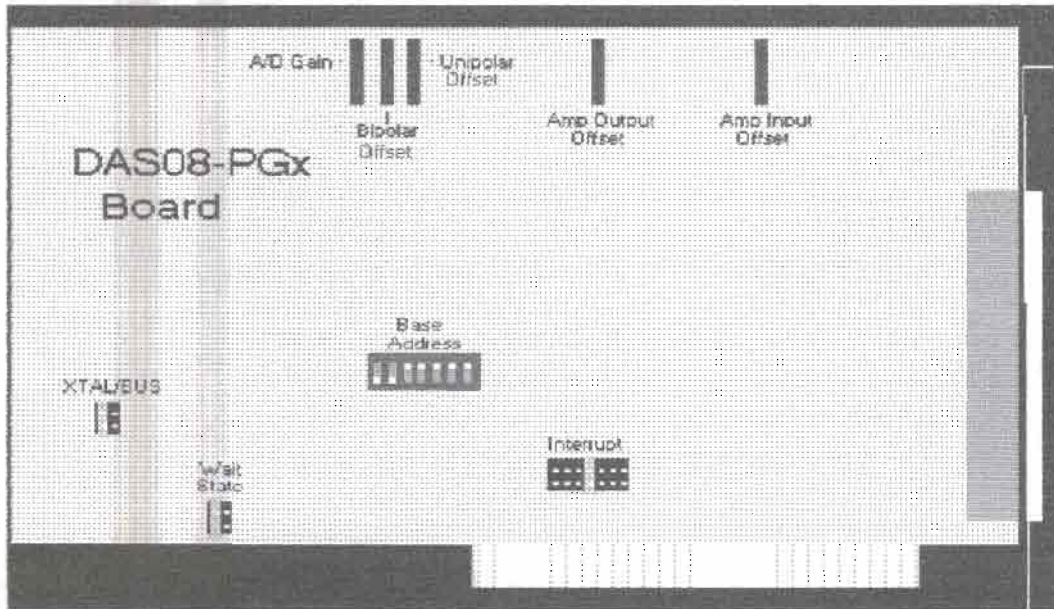


Figure 4-2 . Les menus du programme Instacal

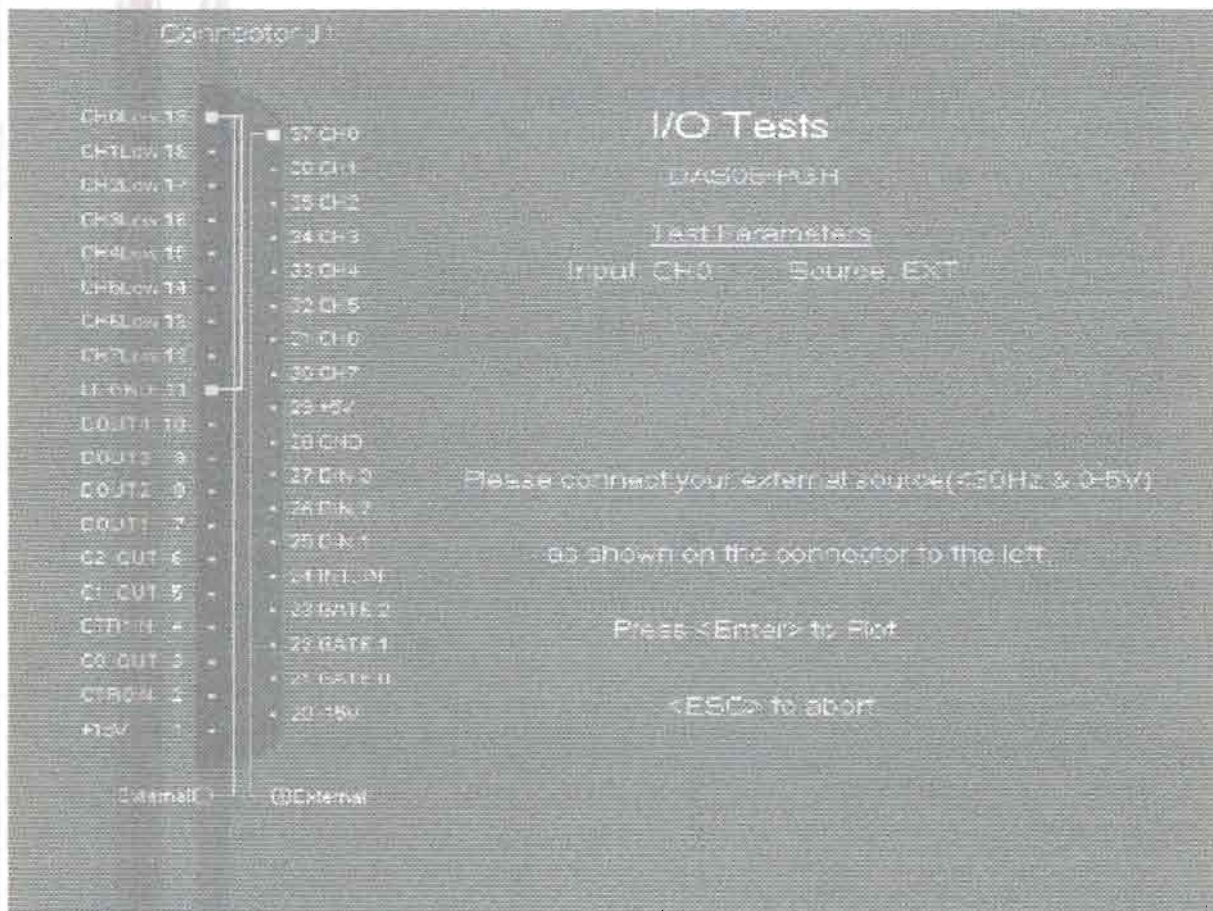
Après l'installation de la carte, le programme présente la configuration finale de la carte suivant nos spécifications comme présenté à la figure suivante .





**Figure 4-3** .Configuration de la carte après son installation

Ensuite, le programme nous guide pour tester les canaux d'entrées et de sorties de la carte comme illustré à la figure 4-4 .



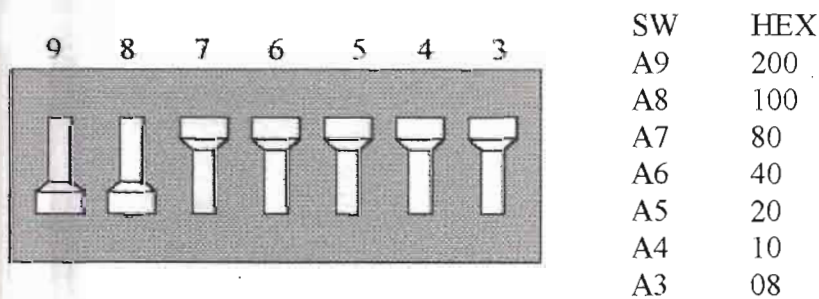
**Figure 4.5** Ecran montrant les connections après configuration

**IV-1.3. Installation matérielle**

**IV-1.3.1. Adresse de base :**

L'adresse de base du CIO-AD08-PGH est choisie en faisant commuter une banque d'interrupteurs sur la carte (figure V-5) . Cette banque de commutateurs est libellée ADDRESS sur la carte et est numérotée de 9 à 3 .

Cette banque fonctionne en additionnant les poids individuelles des commutateurs pour sélectionner une adresse de base ; un poids est actif quand le commutateur est en bas . Comme illustré ci-contre les commutateurs 8 et 9 sont en bas pendant que tous les autres occupent la position haute . Les poids 200H et 100H sont actifs, égalant à l'adresse de base 300H de l'ordinateur . C'est cette adresse qui est choisie par défaut pour la carte à la sortie de l'usine . Si cette adresse est déjà utilisée dans l'ordinateur, une adresse différente doit être choisie pour éviter les conflits entre les périphériques .



L'adresse 300H est montrée ici

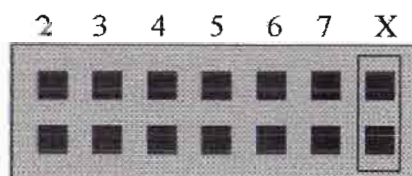
**Figure 4-5.** Commutateur d'adresse de base

Nous pouvons voir dans la configuration de l'ordinateur que les plages disponibles s'étendent de 300 à 31F .

La carte que nous avons installée est donc **adressée à 300** .

**IV-13.2. Sélection du niveau d'interruption :**

Le niveau d'interruption est choisi seulement si le logiciel qui est employé le demande . Si un niveau d'interruption doit être choisi ceci doit être fait en tenant compte de la configuration actuelle de l'ordinateur afin d'éviter les conflits d'interruption .



**Figure 4-6 .** Sélecteur de niveau d'interruption

Il y a un bloc d'interruption sur le CIO-DAS08-PGH placé juste au-dessus de l'interface du bus de PC (des pins en or) . Le réglage de défaut de l'usine est tel qu'aucun niveau d'interruption n'est sélectionné . La broche est dans la position 'X' ( figure V-6) .

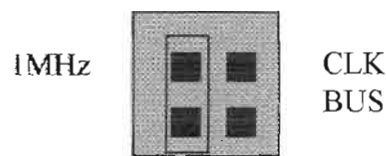
Le CIO-DAS08-PGH utilise les niveaux d'interruption 5 et 7 qui le plus souvent disponibles .

Nous sélectionnerons donc **5 comme niveau d'interruption** .

#### IV-1.3.3. Sélecteur d'horloge :

La source de l'horloge pour le CIO-DAS08-PGH est fixée à 1 MHz pendant que le CIO-DAS08 utilise la source du bus du PC .

La position CLK BUS est choisie pour être compatible avec les programmes écrits pour le CIO-AD08 qui est plus ancien que la carte que nous aurons à utiliser . La position choisie par défaut est de 1MHz .



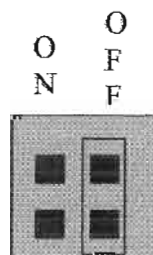
**Figure 4-7.** Sélecteur d'horloge

#### IV-1.3.4. Etat d'attente :

L'état d'attente peut être validé sur la carte en sélectionnant sur le label WAIT STATE la position ON . La validation de l'état d'attente cause le ralentissement du taux de transfert de données entre la carte et le bus de l'ordinateur .

L'état d'attente est validé dans le cas où l'ordinateur a une vitesse de transfert des entrées/sorties de son bus très rapide par rapport au CIO-Ad08-PGH .

Si la carte se plante souvent alors la validation du WAIT STATE devient nécessaire .



**Figure 4-8 .** Sélecteur d'état d'attente

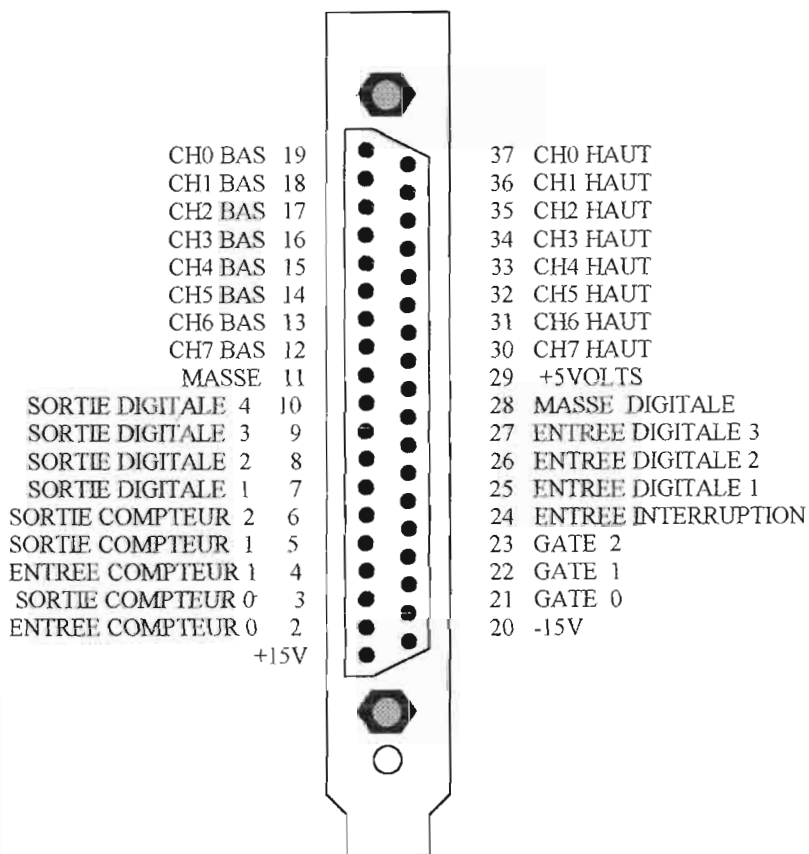
**IV-1.4. Connexions des signaux :**

**IV-1.4.1. Le diagramme de connexion :**

Le connecteur est à 37 pins, c'est un connecteur de type D accessible à l'arrière du PC par le bornier d'expansion (figure V-9) . Ce connecteur accepte des connecteurs femelles de type D tel que le C3FF-2 présentant deux connecteurs aux extrémités du câble .

S'il y a des changements fréquents aux niveau des connexions , les cartes CIO-TERMINAL et CIO-MINI37 pourront faciliter l'utilisation de la carte .

Nous avons donc utiliser le **CIO-MINI37** pour faire les connexions à la sortie du PC .



**Figure 4-9 .** Diagramme de connexions du CIO-AD08-PGH

#### IV-1.4.2. Entrées différentielles :

Les entrées différentielles sont des jonctions analogiques à 3 fils constituées d'un signal haut, d'un signal bas et la masse . L'avantage dans l'utilisation des entrées différentielles réside dans leur capacité de rejeter le bruit qui affecte tant le signal haut que bas et la capacité de compenser les différences de potentiel entre le signal bas et la masse .

Bien que les entrées différentielles soient souvent préférables aux entrées simples, il y a des cas où la mesure d'une entrée différentielle peut produire des erreurs lors des tentatives de faire une lecture . Dans ces cas, les entrées peuvent être converties en différentiel modifié .

#### IV-1.4.3. Entrées et sorties digitales :

Toutes les entrées digitales sur le CIO-AD08-PGH sont de niveau TTL . TTL est un terme d'industrie d'électronique ( Transistor Transistor Logic ) caractérisé par la valeur de la tension des signaux digitaux qui sont de 0 ou 5V .

*une  
technologie  
de fabrication  
de circuits  
électroniques*

## IV-2. LES CONNECTIONS ANALOGIQUES :

Avant d'entrer dans les réglages et les connections ,il vaut mieux comprendre les termes entrées simples, entrées différentielles, isolement de système et des entrées

### IV-2.1 Entrées analogiques :

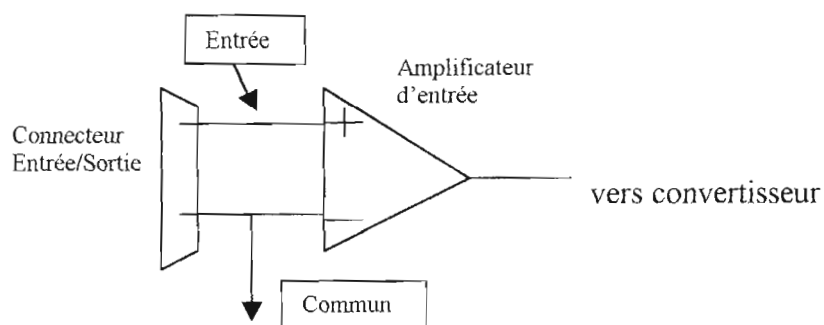
#### IV-2.1.1. Entrées simples et différentielles :

Le CIO-AD08-PGH fournit 8 canaux d'entrées différentielles ou 16 canaux d'entrées simples .

##### ➤ Entrées analogiques simples :

Une entrée simple mesure la tension entre le signal d'entrée et la masse . Dans ce mode le CIO-AD08-PGH mesure la tension entre le canal d'entrée CH et la masse LLGND . La configuration d'entrée simple exige seulement une connexion physique (le fil) par canal et permet à la carte de contrôler plus de canaux que la configuration différentielle employant le même connecteur et le même multiplexeur à bord (Figure VI-1) . Cependant, puisque le CIO-DAS08-PGX mesure la tension d'entrée relative par rapport à sa propre masse de niveau bas, les entrées simples sont plus susceptibles aux EMI ( Interférences Electromagnétiques ) et n'importe quel bruit de terre à la source du signal .

Les figures suivantes montrent la configuration des entrées simples. Pour la simplicité, le multiplexeur d'entrée n'est pas représenté .



**Figure 4-10 . Entrées analogiques simples :**

➤ **Entrées analogiques différentielles :**

Les entrées différentielles mesurent la tension entre deux signaux d'entrée distincts.

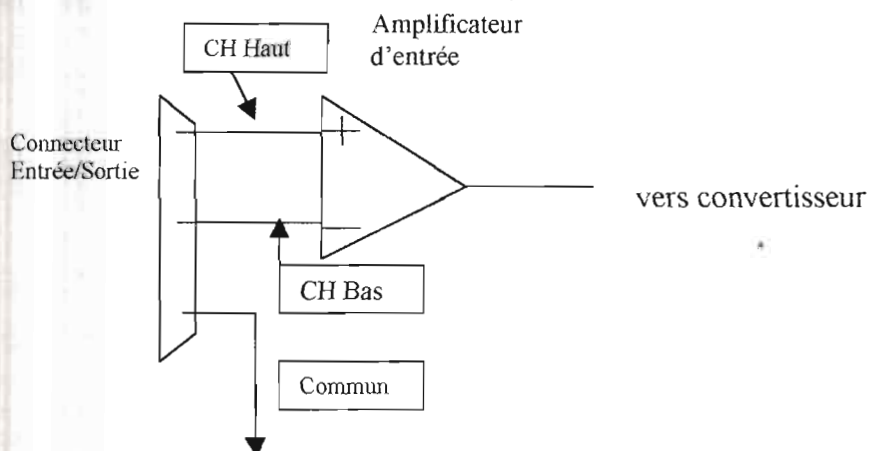
Dans une certaine gamme (mentionné comme la gamme de mode commun), la mesure est presque indépendante de la source de signal aux variations de la masse du CIO-AD08-PGH .

Une entrée différentielle est aussi beaucoup plus immunisée (inviolable) à l'EMI que l'entrée simple .

Dans plupart des EMI, le bruit induit dans la borne de l'un des canaux est aussi induit dans l'autre, l'entrée mesure seulement la différence de potentiel entre les deux, et l'EMI commun aux deux canaux est de ce fait ignoré .

Cet effet est une raison majeure pour qu'il soit utilisé une paire de fils torsadés qui fait que l'influence extérieure sur ces deux fils restera pratiquement identique .

La figure ci-dessous montre la configuration typique d'un montage différentiel .



**Figure 4-11 . Entrées différentielles**

**IV-2.1.2. Les systèmes de mise à la terre et d'isolement :**

Avant de se lancer dans les discussions relatives à la manière de réaliser l'isolement ainsi que la mise à la terre, il est important d'expliquer les concepts de mode commun et la gamme de mode commun ( gamme CM ) . Quoique les entrées différentielles mesurent la tension entre deux signaux, sans ( presque ) tenir compte de la tension relative de l'un ou l'autre signal quant à la masse, il y a une limite sur l'étendue de mesure de l'un ou l'autre signal par rapport à la masse . Quoique le CIO-AD08-PGH ait des entrées différentielles, il ne mesurera pas la différence entre 100V et 101V comme étant égale à 1 volt (en fait le 100V détruirait la carte) . La

gamme de mode commun du CIO-DAS08-PGH est +/-10 volts . Même dans le mode différentiel, aucun signal d'entrée ne peut être mesuré si c'est plus de 10V par rapport au canal de la masse de la carte ( LIGND ) .

Il y a trois façons de connecter un signal source à la terre :

1. La carte et la source du signal peuvent avoir le même commun (masse) . Cette source de signal peut être connectée directement à la carte .
2. La carte et la source de signal peuvent avoir une tension de compensation entre leurs masses (AC et-ou DC). Cette tension d'offset se réfère généralement à une tension de mode commune . Selon l'ampleur de cette tension, il peut ou ne peut pas être possible de connecter la carte directement à la source de signal.
3. La carte et la source de signal peuvent avoir des masses isolées . Cette source de signal peut être connectée directement à la carte .

#### **IV-2.1.3. Quel système avons-nous ?**

Pour connaître la nature de notre système parmi les trois cas cités ci dessus, nous allons faire l'expérience suivante :

En utilisant un voltmètre, mesurer la différence de potentiel entre les masses de la source du signal et de l'ordinateur où est montée la carte . On mesurera aussi bien la tension AC que DC .

Si les tensions mesurées valent 0 V alors nous avons un système à masses communes . S'il y a par contre une tension assez considérable, nous avons alors un offset entre les deux masses,

Si la tension DC ou AC est supérieure à 10V, il ne faut pas connecter la carte à cette source de signal . Nous sommes au delà des tensions de mode commune et devons alors ajouter une isolation spéciale au conditionneur du signal pour avoir des mesures fiables . Une tension d'offset de masse de plus de 30V endommagera la carte et certainement le PC . Si la mesure de la tension DC entre les deux masses n'est pas stable c'est parce que ces deux masses sont très isolées . Nous pourrions vérifier l'isolement en mesurant à l'aide d'un voltmètre la résistance entre les deux masses . Il est recommandé d'éteindre les deux systèmes avant la prise de cette mesure de résistance. Si la résistance mesurée est plus de 100 KOhm, c'est un pari assez sûr que le système a des masses électriquement isolées.



#### **IV-2.1.4. Systèmes à masses communes :**

Dans le plus simple (mais peut-être le moins probable) des cas, la source de signal aura la même masse que le CIO-DAS08-PGX. Cela arriverait dans le cas où la source du signal est directement tirée de la carte ( comme les pins et qui délivrent du 25V ) . Il peut y avoir d'autres configurations de masses communes, mais il est important de noter que n'importe quelle tension entre la masse de la carte et celle de la source du signal est une erreur potentielle si le système est supposé être un système à masse commune .

Comme principe de base sûr, si la source du signal n'est pas directement connecté au pin LLGND sur la carte, il est le meilleur de supposer que l'on n'a pas un système à masse commune même si le voltmètre affiche 0.00V . Le système doit généralement être configuré en tenant compte de la tension d'offset entre les masses respectives de la carte et de la source de signal comme dans le cas où on utilise la carte à gains élevés de telle sorte que le potentiel de masse qui était de l'ordre des millivolts se verra multiplié et créer ainsi des erreurs .

#### **IV-2.1.5. Systèmes à tensions de mode commun :**

La façon la plus courante de réaliser la mise à la terre est de connecter d'une façon ou d'une autre les deux masses, mais il existe une tension d'offset entre les masses de la source du signal et de la carte . Cette tension d'offset qui peut être AC et/ou DC peut être causée par des phénomènes tels que l'EMI, la tension résistive résultant des fils et des connections .

##### **IV-2.1.5.1. Petites tensions de mode commun :**

Si la tension entre la masse de la source du signal et celle de la carte est petite, la combinaison de la tension de masse et le signal en tant que tel ne doit pas excéder la gamme de tension commune qui est de +/-10V ( c'est-à-dire que la tension entre les deux masses, augmentée du maximum de la tension du signal d'entrée doit se situer entre +/-10V ) . Cette entrée sera compatible avec le CIO-AD08-PGH et le système ne nécessitera pas un conditionneur de signal supplémentaire . C'est dans cette catégorie qu'entre la plupart des systèmes .

**IV-2.1.5.2. Grandes tensions de mode commun :**

Si le différentiel de masse est assez grand, la gamme de mode commun sera excédée ( la tension entre les masses respectives de la carte et de la source du signal augmentée du maximum de la tension à mesurer dépasserons la plage +/-10V . Dans ce cas, la carte ne pourra pas être directement connectée à la source du signal . Nous devons changer la configuration du système ou ajouter un conditionneur du signal .

**IV-2.1.6. La carte et la source de signal ont des masses isolées :**

Certaines sources de signal sont déjà électriquement isolées de la carte . La figure montre un système à masses isolées typique . Ces sources sont souvent générées par des piles . Ces systèmes à masses isolées offrent des performances excellentes mais exigent des efforts supplémentaires pour faire les connections pour optimiser les performances .

**IV-2.2. Configuration des systèmes :**

En combinant toutes les possibilités de mise à la terre avec les différents types d'entrées, nous obtenons le tableau suivant avec les appréciations du constructeur .

<b>Catégories de masse</b>	<b>Configuration des entrées</b>	<b>Appréciations</b>
Masses communes	Entrées simples	Recommandé
Masses communes	Entrées différentielles	Acceptable
Tension de mode Commun < +/-10V	Entrées simples	Non recommandé
Tension de mode Commun < +/-10V	Entrées différentielles	Recommandé
Tension de mode Commun > +/-10V	Entrées simples	Inacceptable sans isolation
Tension de mode Commun > +/-10V	Entrées différentielles	Inacceptable sans isolation
Masses		

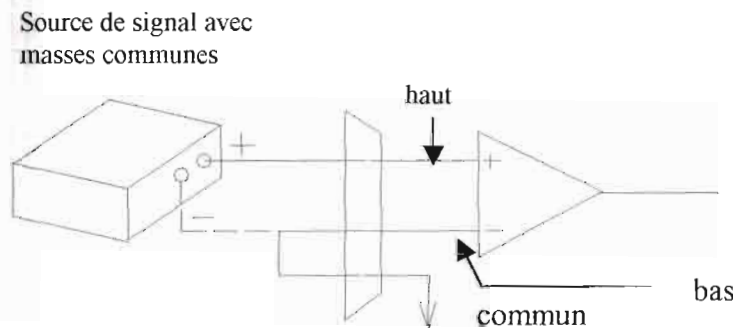
éventuellement isolées	Entrées simples	Acceptable
Masses éventuellement isolées	Entrées différentielles	Recommandé

**Tableau 4-1 .** Configuration des systèmes

Les expériences de la section **IV-1.4** nous ont permis de savoir la configuration de notre système . Nous sommes donc en présence d'un **système à masses communes** .

➤ **Masses communes/Entrées Différentielles :**

L'utilisation d'entrées différentielles dans un système à masses communes est une configuration acceptable hormis le fait qu'il utilise plus de canaux . La figure montre les connexions recommandées dans cette configuration .



**Figure 4-12 .** Masses communes/Entrées différentielles

# 5

## Les logiciels d'acquisition et d'affichage utilisés

1

LE LOGICIEL LABTECH NOTEBOOK

2

LE LOGICIEL REAL TIME VISION



Les logiciels permettant l'acquisition et l'affichage des paramètres jouent le rôle d'interface entre l'opérateur et le système d'instrumentation .

Une donnée qui est lue par le microprocesseur doit pouvoir donc être traitée soit par un programme soit par un logiciel de manière à pouvoir être présenté d'une manière conviviale à celui qui doit l'exploiter . Ces deux tâches sont assurées respectivement par le logiciel Labtech Notebook et le logiciel Real Time Vision .

## V-1. LE LOGICIEL LABTECH NOTEBOOK :

Le Labtech pour Windows est un logiciel facile d'utilisation . Il utilise les mêmes conventions que celles utilisées par Microsoft Windows telles que le système de menus, les boîtes de dialogue, les fenêtres, les icônes . . . Son environnement est composé de deux parties : le système d'icônes et le système de menus .

### V-1.1 Le système de menus :

Le système de menus nous donne accès à toutes les possibilités offertes par le Labtech . Le menu éclaté est présenté ci-dessous .

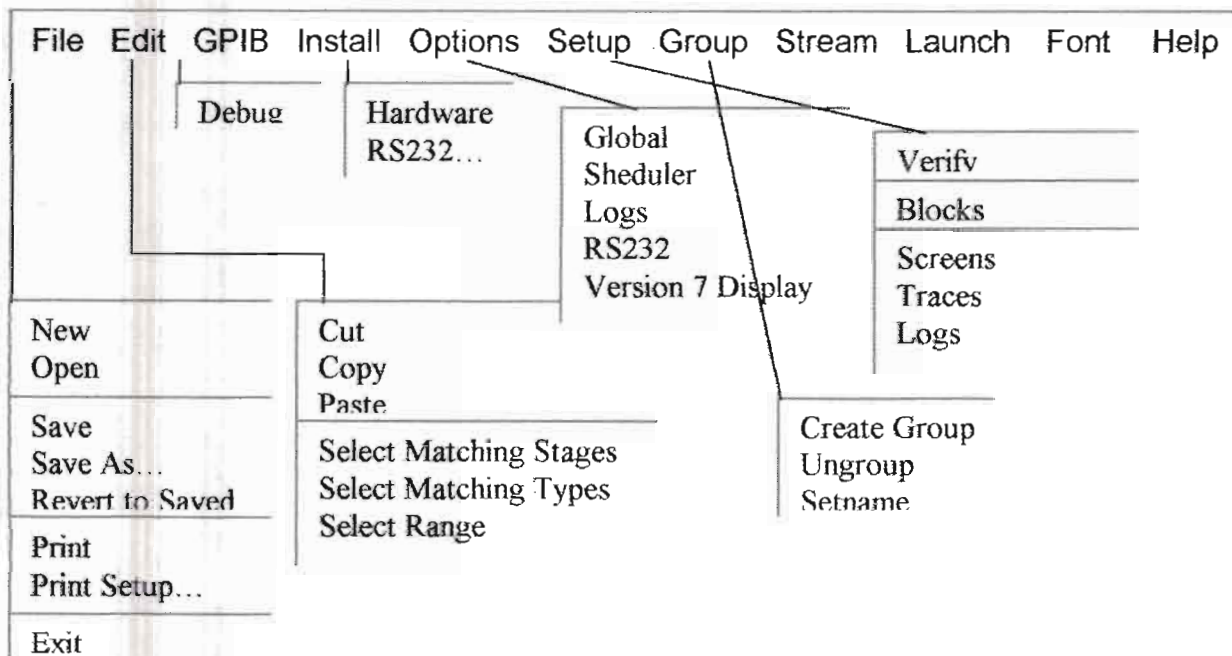


Figure 5.1. Atlas du menu de Notebook

### V-1.2 Le système d'icônes :

Le système d'icônes de Labtech est une interface graphique qui nous permet de créer notre propre programme d'acquisition et de contrôle en déplaçant et en connectant les icônes . L'acquisition de données par ordinateur est passée des programmes écrits dans un langage au système d'icônes en passant par le système de menus . L'interface basée sur les icônes procure un contexte visuel de l'application contrairement au système de menus qui est plutôt orienté vers le contexte textuel .

Avec le système d'icônes, nous avons accès à toutes les fonctions offertes par le logiciel en une place . Ce système nous donne une image de notre application, montrant les relations et les transferts des données entre les blocks .

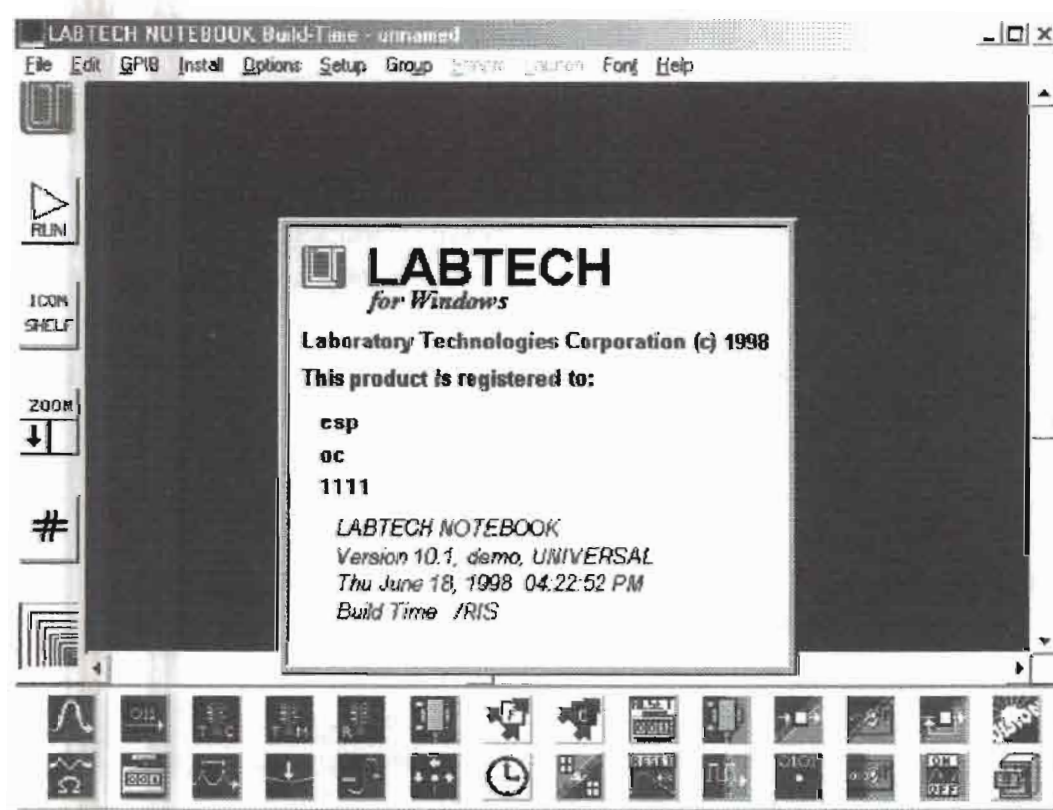


Figure 5.2 l'interface graphique de Labtech Notebook

### V-1.2.1 Les icônes :

Un icône est une représentation symbolique d'un bloc, d'une visualisation ou d'un fichier . Un exemple de bloc que nous aurons à utiliser dans notre application est le bloc d'entrée analogique ( Analog Input ) .



Ce bloc représentera dans une application une donnée analogique collectée depuis la carte d'acquisition de données . Chaque icône est associé à une boîte de dialogue pour la configuration de la fonction qu'il représente . Ainsi en double cliquant sur le bloc Analog Input , la boîte de dialogue de la figure ci-dessous apparaît .

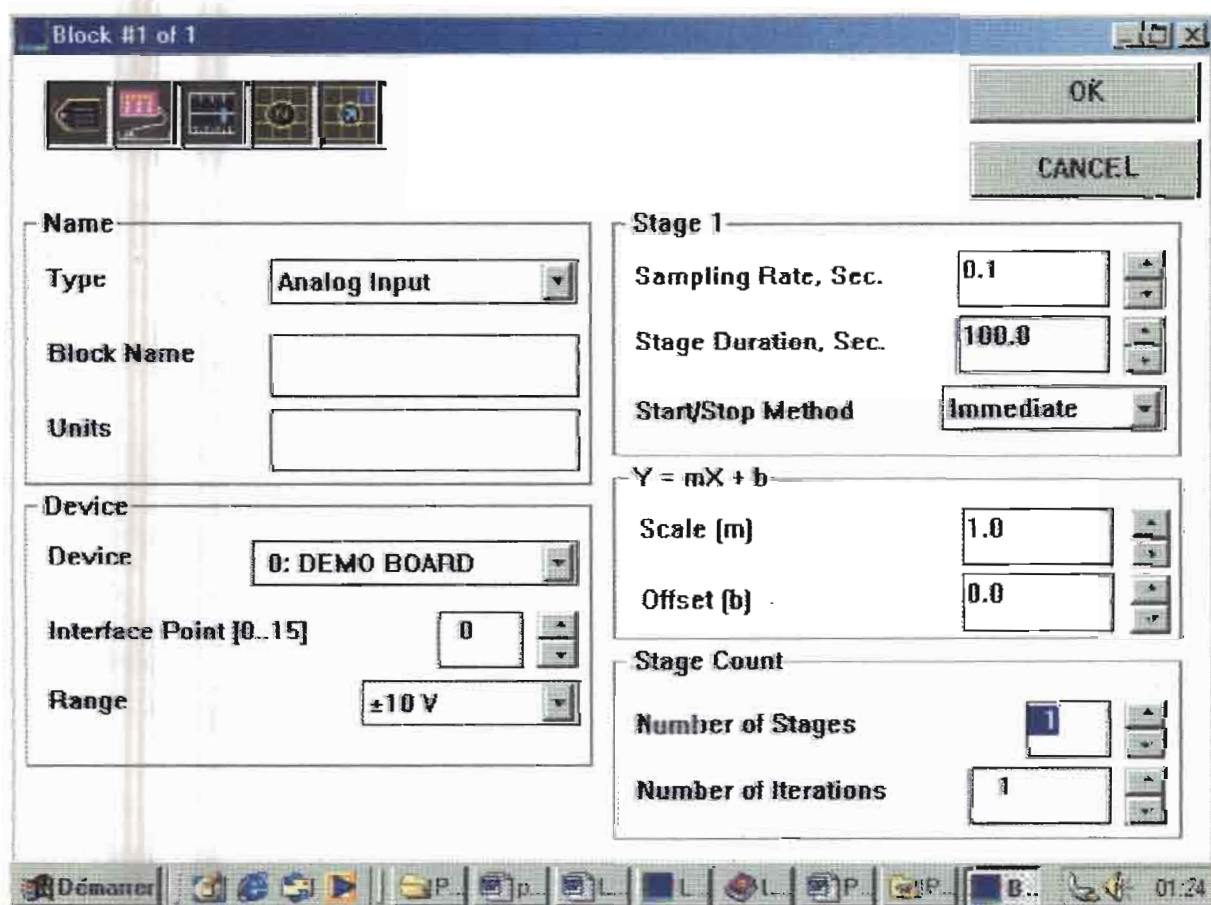


Figure 5.3 Fenêtre de configuration d'un bloc

❖ **Le sous-menu Name :**

Dans le sous-menu Name, nous pouvons choisir le type du bloc en question, son nom dans l'interface de traçage ainsi que l'unité avec laquelle les données seront affichées .

❖ **Le sous-menu Device :**

C'est dans cette rubrique que nous devons choisir la carte qui est en question si plusieurs cartes sont installées dans l'ordinateur, le canal de la carte qui correspond à la mesure ainsi que la plage de tension dans laquelle les mesures seront comprises .

❖ **Le sous-menu Stage 1 :**

C'est dans ce menus que nous auront à définir le taux de l'échantillonnage, la durée totale de la mesure des données correspondantes au bloc en question et enfin les modalités de marche et d'arrêt de la collecte .

❖ **Le sous-menu Stage Count :**

Ce menu permet de définir le nombre de campagne de collecte à faire tout en précisant le nombre d'itérations pour chaque collecte .

**V-1.2.2 Les types d'icônes dans Labtech :**



Entrée Analogique



Entrée digitale



Résistance



Compteur



Thermocouple



Thermistor



Féquence



Pression



Fonction



Temps



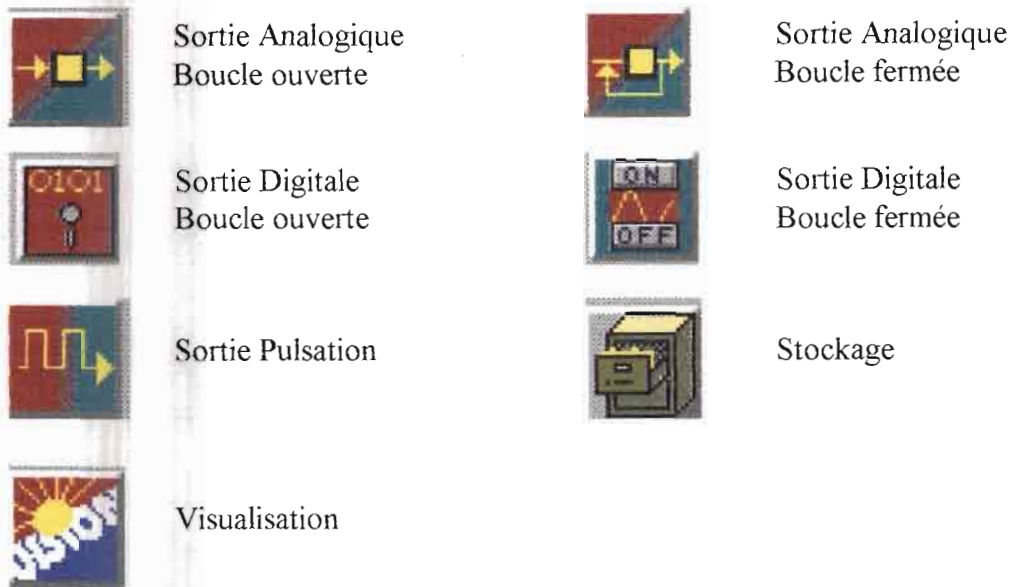


Figure 5.4 Différents types de blocs existants dans Labtech

## V-2. LE LOGICIEL REAL TIME VISION :

Le Real Time Vision pour les systèmes d'exploitation de Microsoft Windows permet de :

- ❖ Visualiser, à temps réel et de manière dynamique, les informations graphiquement telles qu'elles évoluent dans une autre application Windows,
- ❖ Créer des synoptiques de visualisation en utilisant une variété d'outils de dessin et d'animation,
- ❖ Changer les informations dans d'autres applications Windows .

### Système requis :

Le Real Time Vision fonctionne dans les Microsoft Windows 3.1 ou un environnement plus récent . *la configuration de base est :* Il est recommandé un processeur 486DX, 8 Mo de RAM et un accélérateur graphique de Windows .

### V-2.1. La fenêtre de Vision :

Cette fenêtre est constituée de quatre différentes parties : la barre de titres, la barre des menus, la barre des outils et la partie pour le design du procédé .

Comme le Labtech, il utilise les mêmes conventions que celles utilisées par Microsoft Windows telles que le système de menus, les boîtes de dialogue, les fenêtres, les icônes . . .

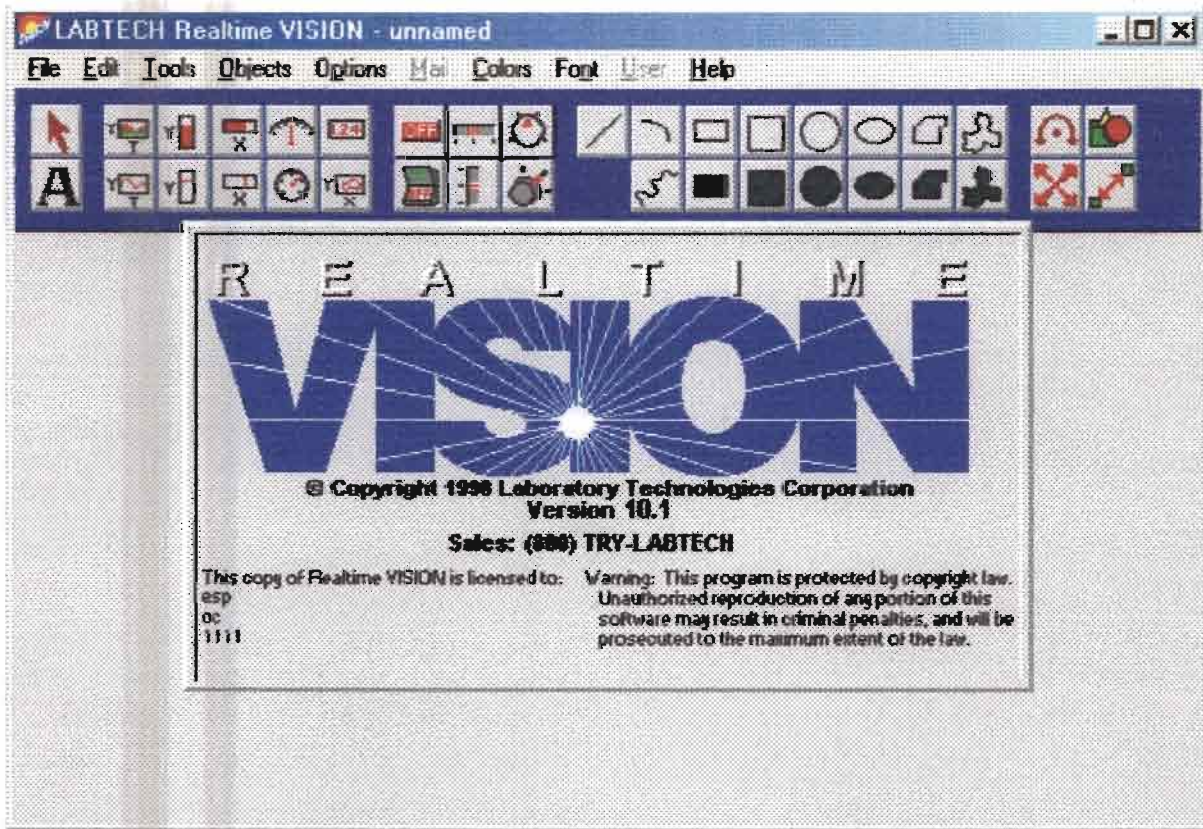


Figure 5.5 Fenêtre de visualisation de Real Time Vision

### V-2.2. Les objets de Vision :

Nous pouvons utiliser cinq types d'objets pour le design dans Vision : les objets de visualisation, les objets de contrôle, les objets texte, les objets de dessin et les objets d'animation .

#### V-2.2.1. Les objets de visualisation :

Les objets de visualisation sont des graphes, des mètres et des cadrans . Ces objets permettent de voir à temps réel les changements d'un paramètre .

La figure ci-dessous montre les différents objets de visualisation . Chaque objet a un format de défaut . Ainsi en double cliquant sur un objet, on obtient une boîte de dialogue pour changer la configuration de l'objet en question .

Display Objects from the Toolbar or Options menu, you can copy selected Display Objects from the Display Library.

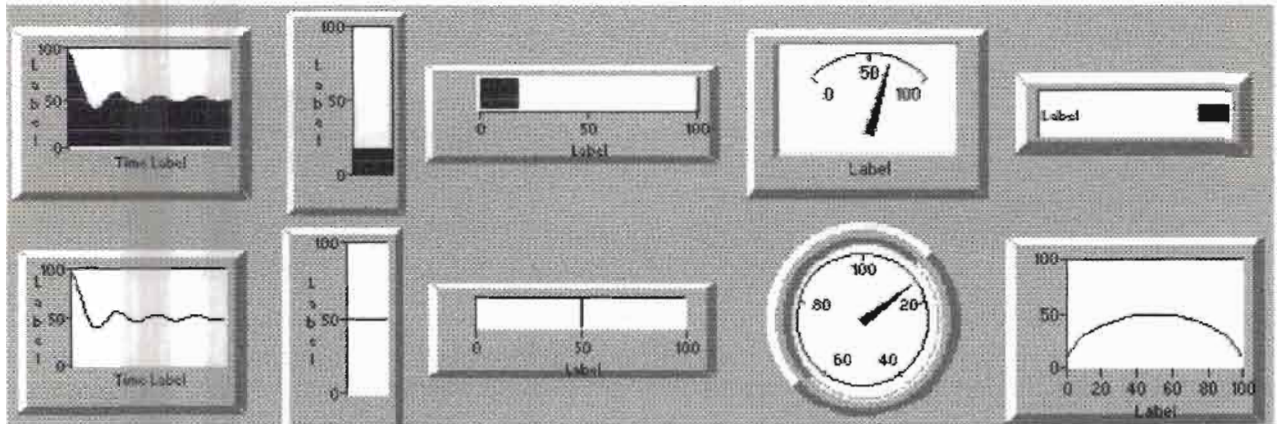
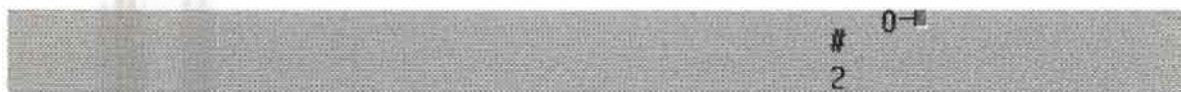


Figure 5.6 Les objets de visualisation

### V-2.2.2. Les objets de contrôle :

Les objets de contrôle sont des boutons poussoirs, des cadrans, des sélecteurs, des interrupteurs, des boutons ON/OFF ... Chaque objet a un format <sup>par défaut</sup> de défaut . Ainsi en double cliquant sur un objet, on obtient une boîte de dialogue pour changer la configuration de l'objet en question .



Toolbar Control Objects shown above are: On/Off Button, Horizontal Slide, Rotating Knob 1, Toggle Button, Rotating Knob 2 (from left to right).

In addition to selecting Control Objects from the Toolbar or Options menu, you can copy selected Control Objects from the Control Library.

Each Control Object has a default format. To customize the format of a Control Object, double-click on the

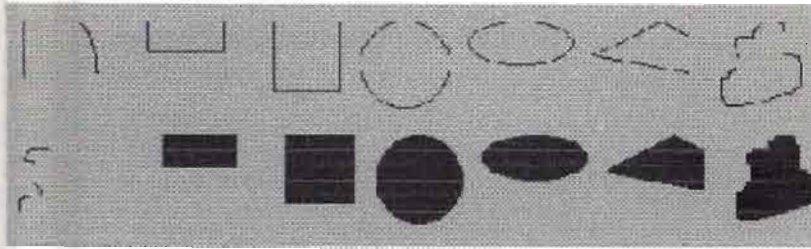
Figure 5.7 Les objets de contrôle

### V-2.2.3 Les objets texte :

Les objets texte sont des chaînes de caractères q'on insère dans le design du procédé . Les objets texte sont créés en utilisant l'outil texte sélectionné depuis le menu outil .

### V-2.2.4 Les objets dessin :

Les objets dessin sont des lignes, carrés, rectangles, cercles, ellipses et polygones . Les objets dessin disponibles dans la barre d'outil sont représentés dans la figure .



**Figure 5.8** Les objets dessin

Avec ces formes, nous pouvons <sup>réaliser</sup> dessiner des dessins complexes . Nous pourrions grouper les composants individuels en utilisant la commande Group dans le menu Options .

#### **V-2.2.5 Les objets d'animation :**

Les objets d'animation sont des objets dessin qui tournent, changent de couleurs, se réduisent et augmentent ou bougent . Les objets dessin se transforment en objet d'animation en utilisant l'outil Animation de la barre d'outil ou en sélectionnant Animation tools dans le menu Objects .

# 6

## Le traitement, l'affichage et l'organisation de l'archivage

1

LE TRAITEMENT ET L'AFFICHAGE

2

L'ORGANISATION DE L'ARCHIVAGE

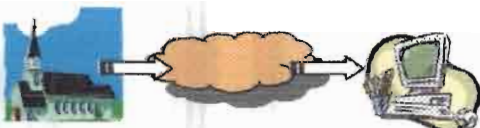
3

PROGRAMMATION EN VBA

*c'est fini*

4

PRESENTATION DE QUELQUES RESULTATS



**VI-1. LE TRAITEMENT ET L'AFFICHAGE :****VI-1.1. Le traitement des données acquises :**

Les paramètres mesurés, représentés par des tensions numériques à la sortie de la carte, ne sont pas directement exploitables principalement pour deux raisons :

- ❖ Le paramètre est affiché sous forme de tension et non en vraie grandeur,
- ❖ La tension est très instable du fait des parasites qui influent sur les appareils de mesure tels que le bruit de fond . Ce qui fait qu'on assiste à des fluctuations importantes de la tension qui s'affiche sur l'interface du logiciel .

Pour rendre la mesure exploitable, nous avons utilisé des solutions pour résoudre ces deux problèmes telles que la modification du facteur d'échelle et de l'offset ainsi que la méthode de la moyenne mouvante .

**VI-1.1.1 Modification du facteur d'échelle et de l'offset :**

Nous avons vu dans le chapitre 3 que la résistance du capteur était une fonction linéaire de la température du milieu dans lequel il est immergé, soit :

pour S1 :  $R_1 = 0,3964T + 101,548$

et pour les autres :  $R_2 = 0,394T + 101,694$

$$R_3 = 0,3928T + 101,337$$

$$R_4 = 0,398T + 101,236$$

$$R_5 = 0,3594T + 101,969$$

$$R_6 = 0,254T + 104,038$$

$$R_7 = 0,3293T + 102,19$$

Nous avons aussi vu dans le chapitre 4 que la tension de sortie du conditionneur était une fonction linéaire de la résistance du capteur , soit :

$$V_1 = 0,2387 R_1 - 22,938$$

$$V_2 = 0,2379 R_2 - 21,851$$

$$V_3 = 0,242 R_3 - 23,0366$$

$$V_4 = 0,2144 R_4 - 18,177$$

$$V_5 = 0,2313 R_5 - 22,212$$

$$V_6 = 0,3168 R_6 - 30,079$$

$$V_7 = 0,2865 R_7 - 28,0075$$

Nous pouvons ainsi connaître la loi de variation de la tension de sortie du conditionneur, soit la tension d'entrée de la carte, par rapport à la température détectée par les différents capteurs .

$$V_1 = 0,0946 T_1 + 1,309$$

$$V_2 = 0,0937 T_2 + 2,3519$$

$$V_3 = 0,0956 T_3 + 1,5225$$

$$V_4 = 0,085 T_4 + 3,536$$

$$V_5 = 0,0832 T_5 + 1,3824$$

$$V_6 = 0,08047 T_6 + 2,8812$$

$$V_7 = 0,0942 T_7 + 1,2246$$

De manière analogue, nous pourrions connaître la loi de variation de la tension de sortie de l'amplificateur par rapport au flux énergétique détecté par le pyranomètre .

$$V_8 = 1,0977 P + 103,38$$

Nous avons vu dans le chapitre précédent que dans la configuration de l'entrée analogique, dans le sous-menu Scale, nous pouvons définir le facteur d'échelle de l'entrée ainsi que l'offset ou décalage du zéro .

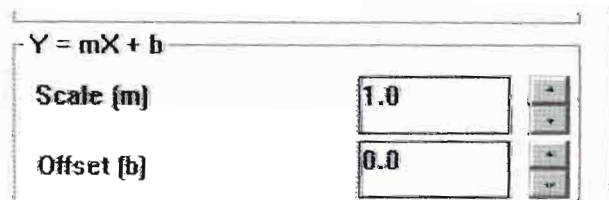
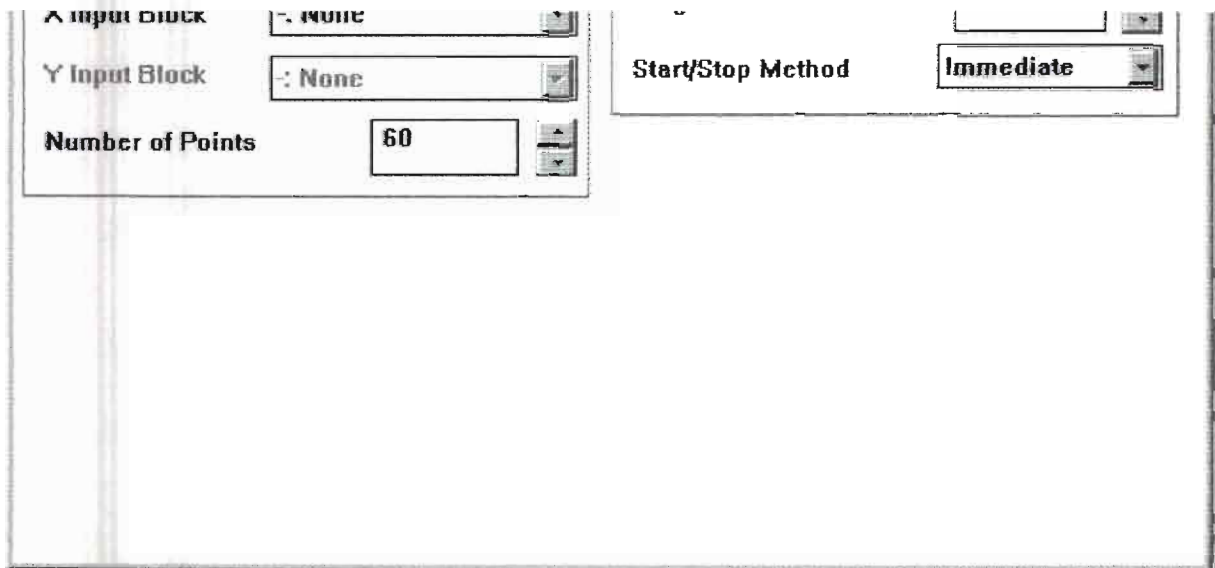


Figure 6.1. Entrées du facteur d'échelle et de l'offset

Pour chaque capteur, la pente de la droite d'équation correspondante sera inscrit dans la zone « Scale », et l'ordonnée à l'origine dans la zone offset .  
A cette étape, nous obtenons les mesures qui sont affichées en vraie grandeur .  
Le seul problème qui reste à solutionner reste la stabilité .

*glissante*  
**VI-1.1.2. La méthode de la moyenne mouvante :**

Pour stabiliser les mesures, nous avons donc à collecter les données par intervalle d'une seconde sur une période égale à une minute . C'est la moyenne de ces valeurs sur une minute qui est affiché . Par expérience, cette valeur est stable dans le temps . Les fluctuations pratiques sont inférieures à 0,2 °C pour les sondes de température . Cette fonction est assurée par le bloc « Block Average »



**Figure 6.2.** Configuration du bloc moyenne mouvante



Après ces configurations, nous obtenons le réseau de bloc de la figure 6.3.

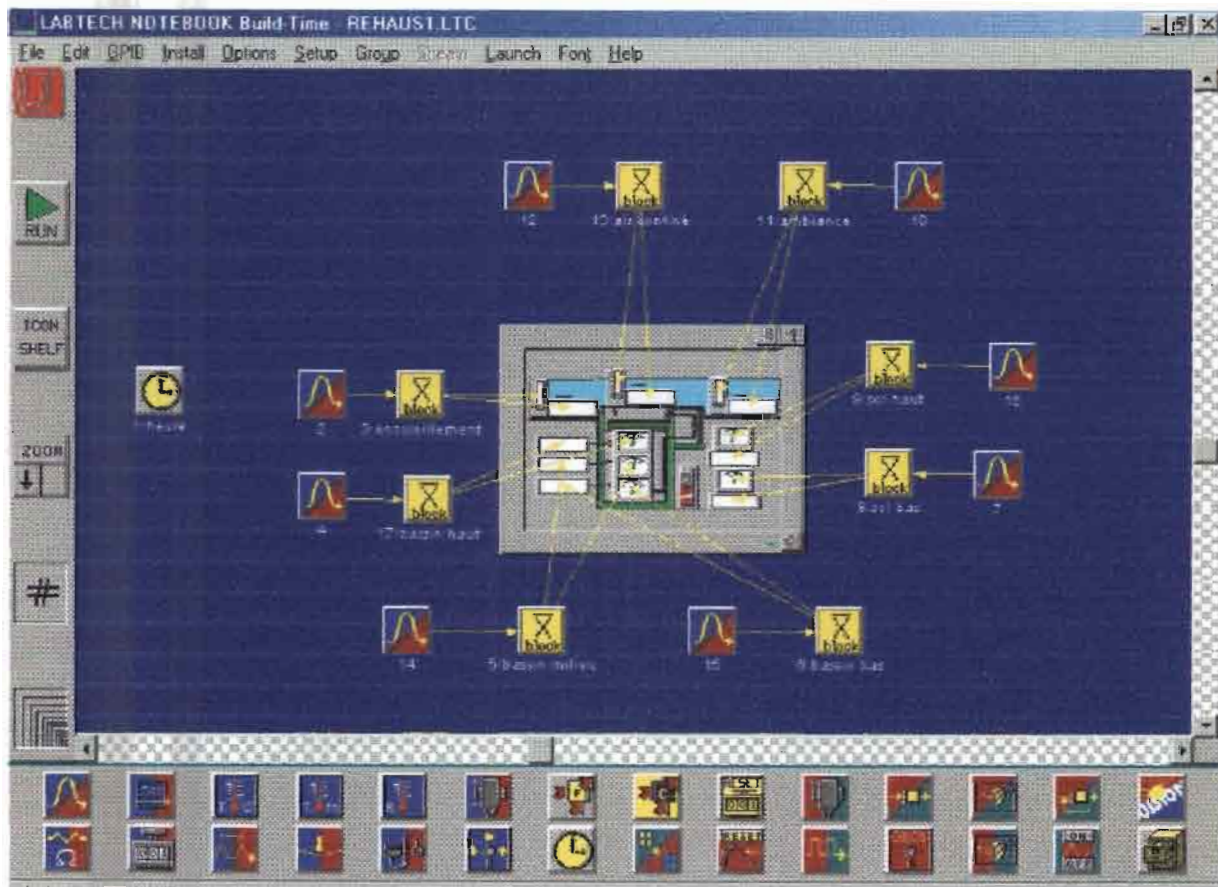


Figure 6.3. Réseau de connections des blocs de l'application

### VI-1.2. L'affichage des données traitées :

Avec les outils de dessin, nous réalisons le synoptique du rehausseur thermique . Nos aurons besoin de visualiser les différents paramètres en jeu à l'aide des objets de visualisation qu'on a vus dans le chapitre précédent . Nous obtenons l'écran de visualisation temps réel de la figure . C'est cet écran qui apparaîtra pendant toute la période d'acquisition de données . Il permettra d'avoir une idée claire sur les modification des paramètres du process pendant la campagne de collecte .

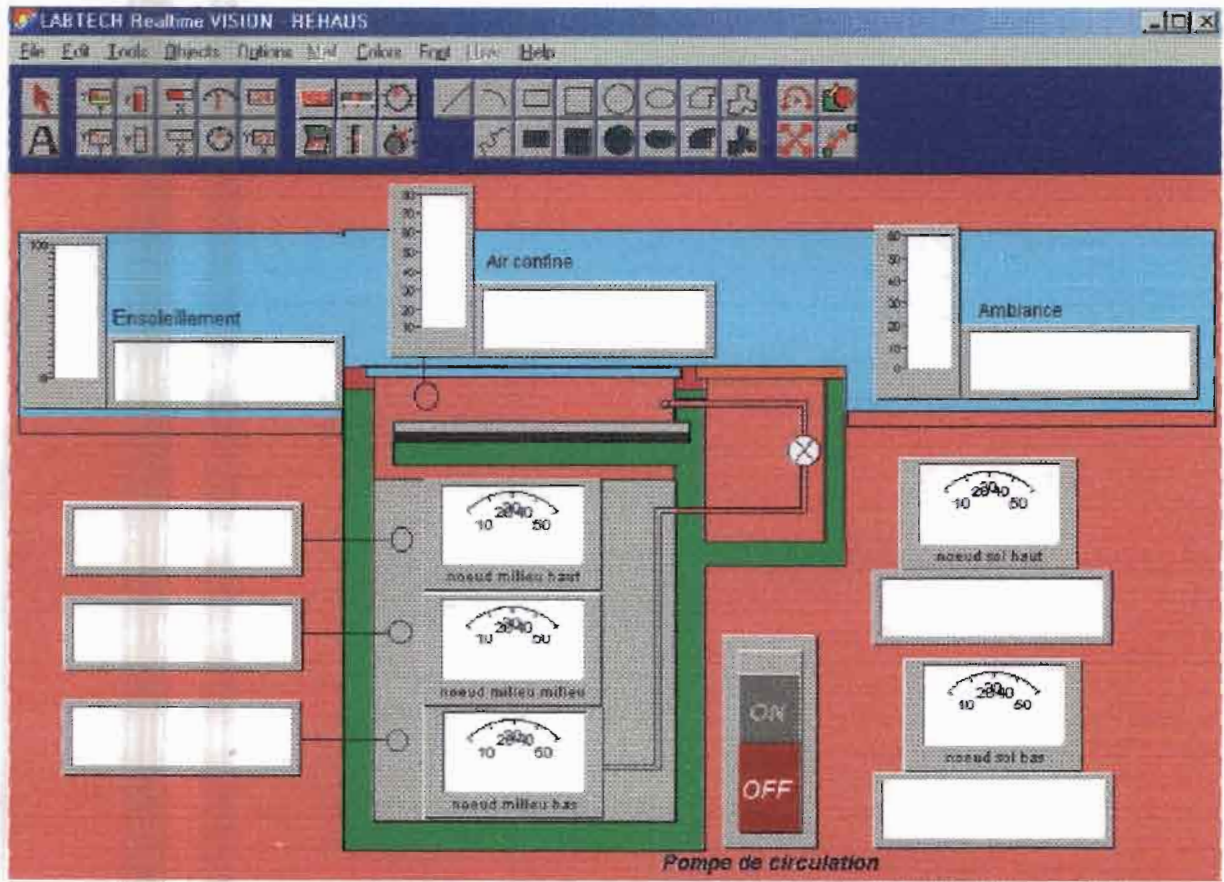


Figure 6.4. Ecran d'affichage temps réel du comportement du rehausseur

## VI-2 L'ORGANISATION DE L'ARCHIVAGE

C'est cette partie qui reflète le mieux la qualité de l'acquisition de données car ce sont ces données qui seront mises à la disposition du « maître de l'ouvrage » .

De ce fait, la bonne présentation de ces données est nécessaire et leur extraction du système, pour une analyse ultérieure, doit être facile car cette opération doit pouvoir être faite par un non initié sur les logiciels utilisés pour l'acquisition . Le logiciel prévoit deux modes principaux pour le stockage des données : l'utilisation de l'icône « Logs » et le transfert des données sur Excel .

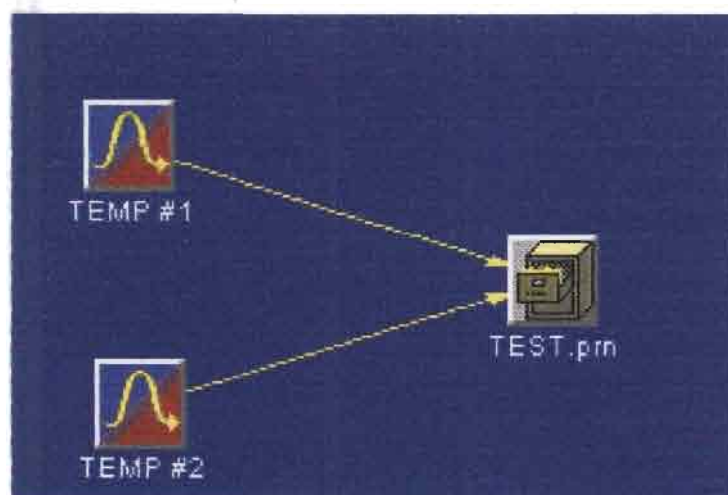
### VI-2.1. L'utilisation de l'icône « Logs » de Labtech :

Dans la barre des icônes de la fenêtre de construction des réseaux, nous pouvons sélectionner le bloc « Logs » pour la mise des données sur un fichier qu'on prendra le soin de nommer dans sa configuration .



Figure 6.5. Le bloc « Logs »

Pendant toute la collecte, les données seront donc enregistrées dans ce fichier . Ce dernier sera dans un format Notepad comme le montre l'exemple de la figure.



## Building a Setup

the log.

End the Run by closing either VISION or the Block with ICONview.

To view the log, go to the Notepad, and open the fi

You should see two columns of data, from TEMP1

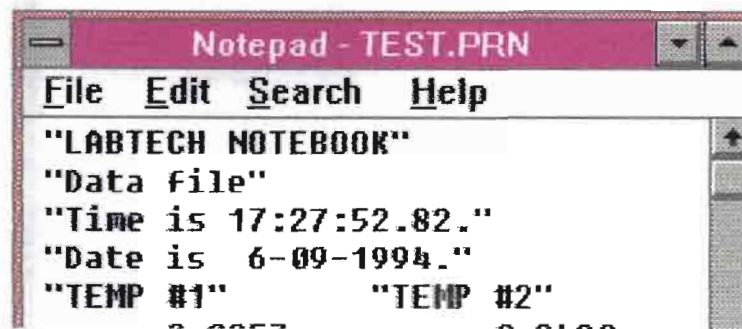


Figure 6.7. Affichage des données collectées sur Notepad

### Inconvénients de l'utilisation qu'on veut faire de ce procédé

Notre campagne devant durer plusieurs semaines, nous voudrions pouvoir disposer des données pendant (pour connaître le comportement du bassin et faire les ajustements nécessaires pour corriger les erreurs de mesure ou les pannes s'il y en a) et après la collecte (pour l'analyse complète). Cependant, nous serons confrontés principalement à deux problèmes.

En effet, le problème majeur de ce procédé est causé par les interruptions de la collecte. Ceci est principalement dû aux coupures intempestives d'électricité. Lorsque ce problème apparaît, deux possibilités s'offrent à nous :

- ❖ Soit le fichier existant est réinitialisé et recommence la collecte, c'est-à-dire que les données enregistrées jusque là sont perdues, ce qui est loin de nous arranger, *satisfaire*,
- ❖ Soit il se crée un autre fichier à côté de l'original qui porte le même nom avec une extension .001 et ainsi de suite .002, .003, .004, ...

Cette procédure est meilleure que la première mais ne facilite pas la tâche à l'opérateur parce qu'il sera obligé de réunir tous les fichiers créés depuis le début de la collecte et l'exploitation sera de ce fait très fastidieuse.

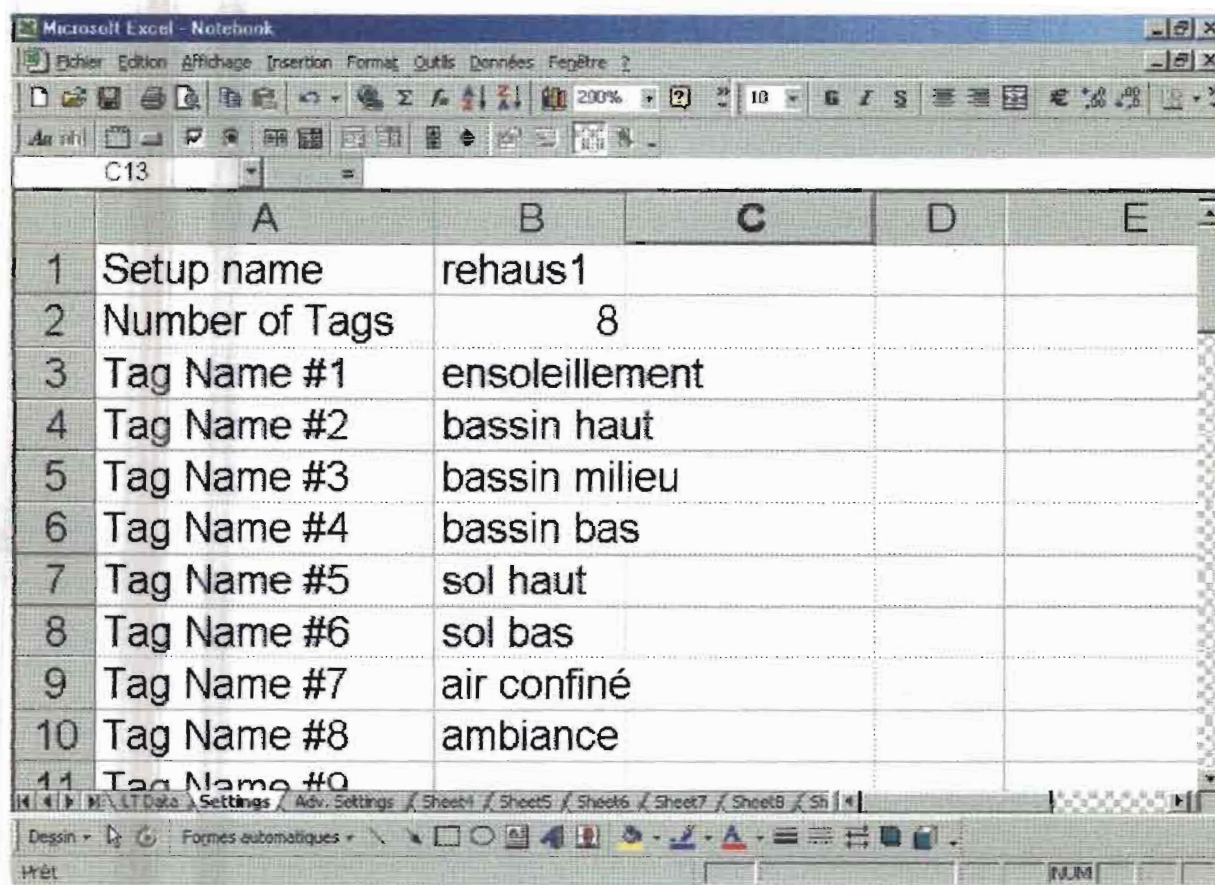
Le deuxième problème non moins importante reste la difficulté à traiter les données enregistrées au format Notepad car les logiciels les plus courants de calcul

*Texte(.txt)*

et de traçage des graphiques tels qu'Excel ne sont pas compatibles en ce qui concerne le transfert de ces données .

### VI-2.2. Le transfert des données sur Excel :

Le logiciel Labtech Notebook est accompagné d'un fichier Excel nommé Labtech ou Notebook . Ce fichier contient des macros qui permettent de faire le lien dynamique avec le programme qu'on a élaboré dans la fenêtre de construction du réseau de notre application . Ce lien est effectif une fois que la feuille nommée Settings est correctement remplie . De ce fait pendant l'acquisition, les données collectées sont transférées directement dans ce classeur .



	A	B	C	D	E
1	Setup name	rehaus1			
2	Number of Tags	8			
3	Tag Name #1	ensoleillement			
4	Tag Name #2	bassin haut			
5	Tag Name #3	bassin milieu			
6	Tag Name #4	bassin bas			
7	Tag Name #5	sol haut			
8	Tag Name #6	sol bas			
9	Tag Name #7	air confiné			
10	Tag Name #8	ambiance			
11	Tag Name #9				

**Figure 6.8.** feuille de désignation des paramètres à collecter dans le classeur Notebook

### **Avantages et inconvénients :**

Parmi les avantages, nous pouvons citer bien sûr la flexibilité avec laquelle les données peuvent être traitées une fois dans Excel .

Cependant le premier grand problème de la méthode précédente pour l'archivage perdure toujours dans le cas présent .

En effet en cas de coupure de l'alimentation en électricité, les données jusque là collectées disparaissent parce qu'elles n'étaient pas en fait enregistrées .

Même si on parvenait à régler ce problème de l'enregistrement, le problème resterait entier pour la raison suivante :

Le lien d'échange dynamique de données (DDE) est toujours initialisé à l'ouverture des fichiers . ce qui fait que les données enregistrées jusque là seront écrasées par celles qui vont venir par la suite . Donc nous nous retrouvons avec des pertes accrues d'informations en plus de la période de coupure .

Pour palier à ce problème, nous nous sommes proposés d'écrire **un programme pour l'organisation de l'archivage** en Visual Basic Application .

### VI-3. PROGRAMMATION EN VBA :

*en tout cas*

Comme nous l'avons dit plus haut, le classeur qui est lié au logiciel contient des macros qui gèrent le transfert des données dans l'environnement Office .

Les données sont transférées ligne par ligne par intervalle de temps régulier ( que nous avons fixé ) égal à 5 minutes .

L'exécution de ce programme permet de copier les données après chaque collecte élémentaire dans un autre fichier nommé « Archives » bien présenté tout en le sauvegardant après la collecte . Dans ce fichier, chaque feuille correspond à un jour de la collecte dont le nombre total est d'abord fixé à 20 . Ces opérations sont exécutées chaque 5 minutes pendant toute la campagne de collecte .

Le fichier « Archives » est conçu pour recevoir les données depuis le « Labtech » .

Pour la bonne exécution du programme, dans la première cellule de chaque feuille est inscrite la date du jour correspondant à la date pendant laquelle la collecte sera faite .

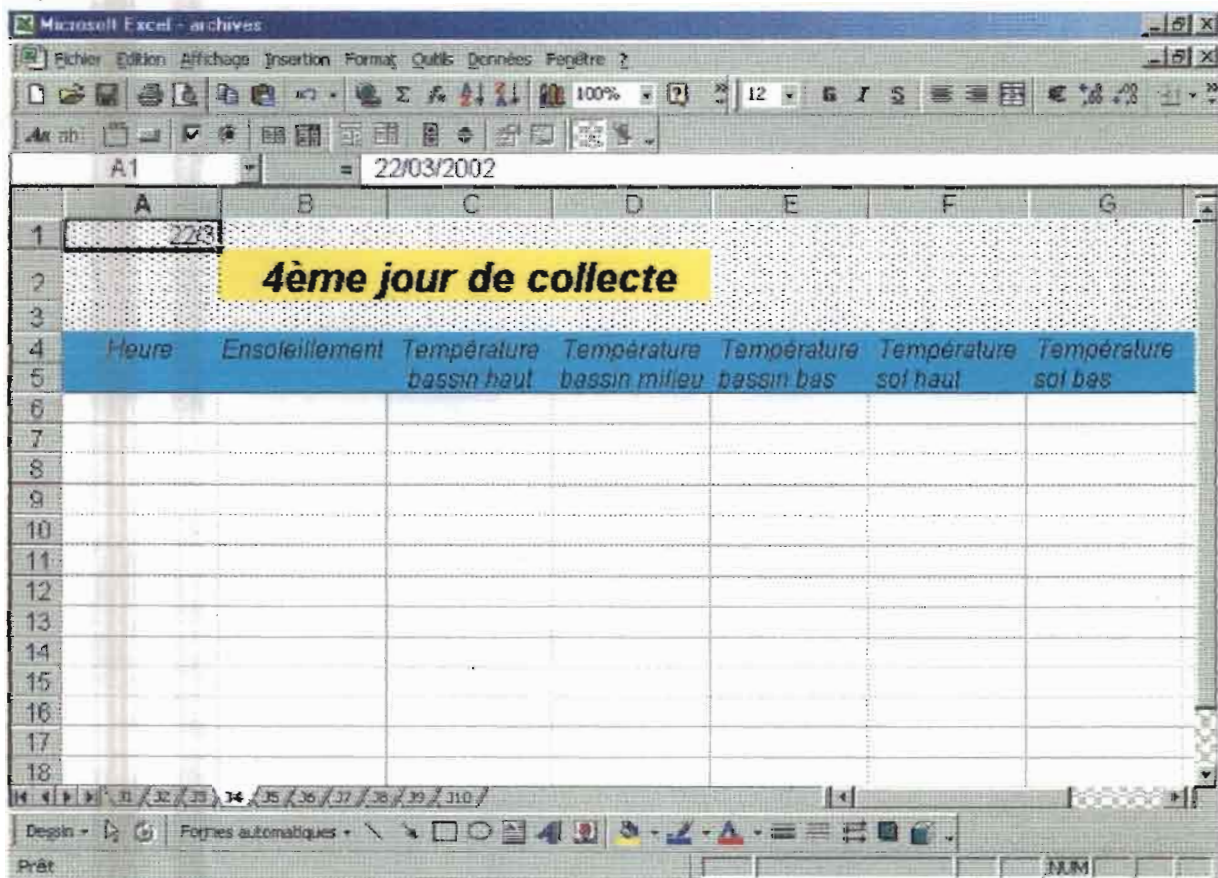


Figure 6.9. Feuille de calcul dans Archives correspondant au 4<sup>ème</sup> jour de collecte

### VI-3.1. Algorithme des tâches :

Nous avons réalisé l'algorithme suivant qui prend effet dès l'ouverture du classeur Labtech :

1. Ouvrir le classeur nommé « Archives » – que nous avons créé auparavant
- Et après chaque collecte,
2. Activer le classeur « Archives »
3. Trouver la feuille dont le jour de la collecte correspond à la date d'aujourd'hui
4. Activer la feuille LT Data du classeur « Labtech »
5. Trouver la position de la dernière ligne – celle qui vient d'être transférée
6. Sélectionner et copier la dernière ligne
7. activer le classeur « Archives »
8. Pour la feuille correspondante, trouver la première ligne vide à partir du haut
9. Coller la ligne qui était copiée à cet endroit

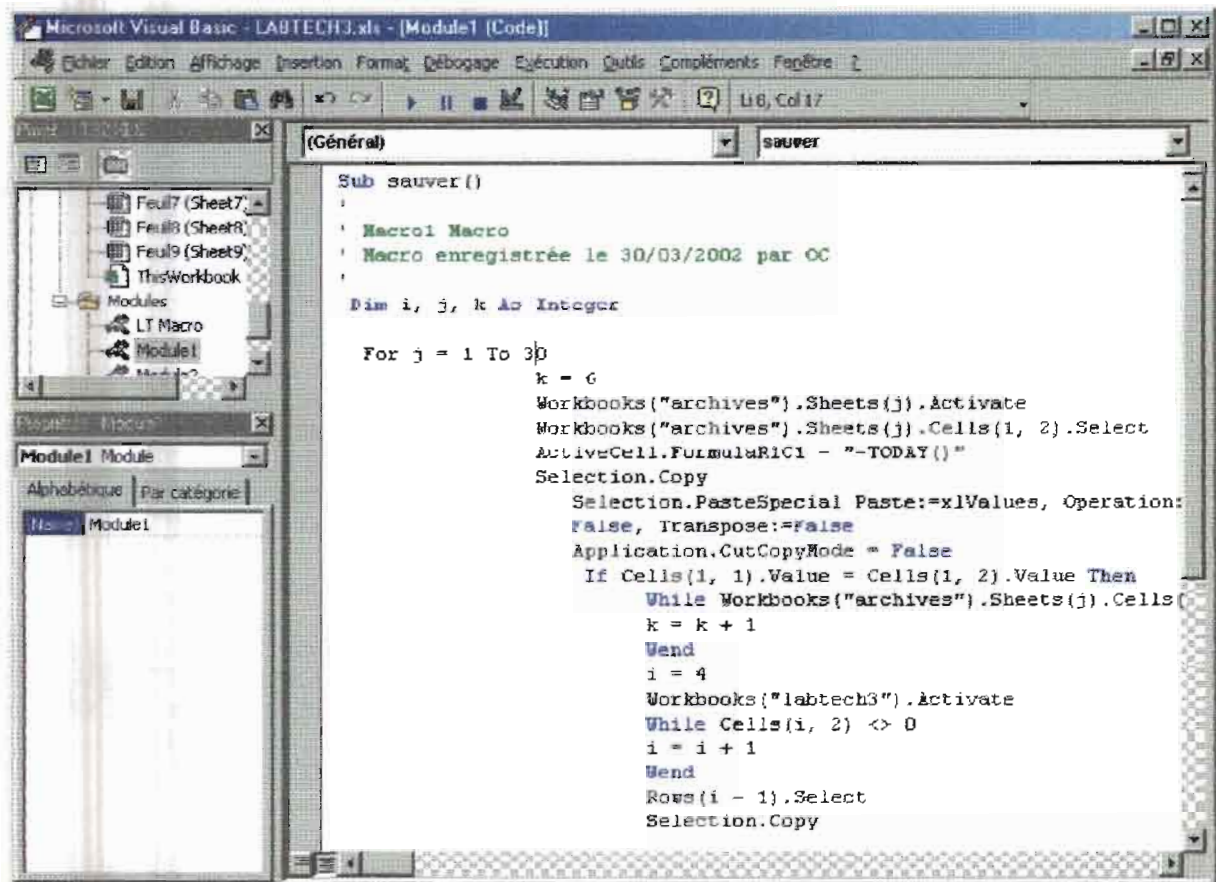


Figure 6.10. Fenêtre de la programmation sur le VBA



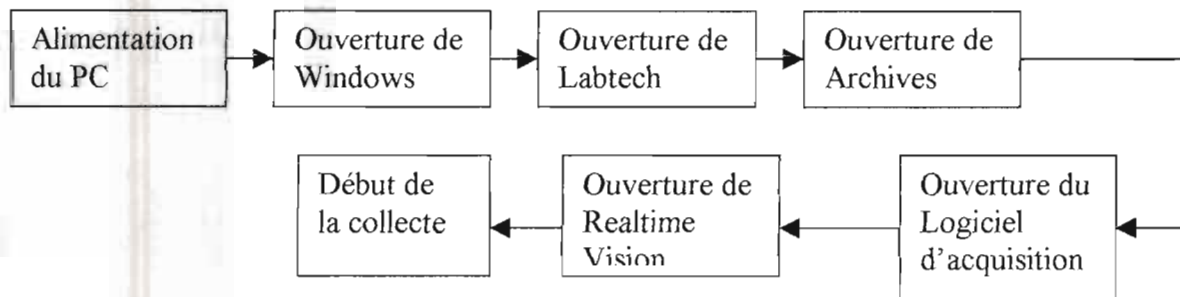
### VI-3.2. Automatisation complète des tâches :

Toujours dans notre souci d'écartier au plus l'opérateur des opérations de collecte, nous avons trouvé un moyen d'automatiser les tâches de manière à commencer l'acquisition dès que l'ordinateur est mise sous tension . Ainsi, après une coupure d'électricité, la chaîne est automatisée depuis l'ouverture de Windows jusqu'au stockage des données .

#### **Procédure :**

Le fichier « Labtech » est enregistré dans le dossier de démarrage de Windows, ce qui permet son ouverture tout de suite après celle de Windows .

Pendant toute la phase d'ouverture, les boîtes de dialogue seront éliminées pour éviter tout contact avec l'opérateur . La procédure complète est représentée par la figure .



**Figure 6.11.** Démarrage automatique de la campagne de collecte

#### **VI-4. PRESENTATION DE QUELQUES RESULTATS**

La campagne de collecte a duré en tout et pour tout 30 jours . Les données recueillies doivent faire l'objet d'analyse pour atteindre les objectifs fixés et qui justifient les expérimentations effectuées . Nous montrons ici quelques résultats collectés par le système d'acquisition de données .

D'abord nous présentons quelques données enregistrées au premier jour de la collecte.

28/3

**1er jour de collecte**

<i>Ensoleillement</i>	<i>Température bassin haut</i>	<i>Température bassin milieu</i>	<i>Température bassin bas</i>	<i>Température sol bas</i>	<i>Température air ambiant</i>	<i>Température air confiné</i>
0,878	28,22	27,91	28,00	28,53	17,81	22,86
2,015	28,25	27,96	28,06	28,65	18,79	23,20
7,243	28,28	27,98	28,03	28,73	18,92	23,43
2,299	28,30	28,01	28,04	28,72	18,99	23,63
1,409	28,32	28,02	28,04	28,76	19,08	23,78
1,632	28,32	28,05	28,08	28,80	19,20	23,90
1,879	28,25	28,00	28,05	28,85	19,17	23,94
1,805	28,30	28,01	28,12	28,76	19,14	24,06
22,063	28,38	28,08	28,12	28,77	19,11	24,06
17,625	28,34	28,09	28,09	28,88	19,27	24,10
17,527	28,33	28,15	28,10	28,81	19,29	24,16
31,814	28,43	28,08	28,16	28,96	19,38	24,21
37,561	28,43	28,10	28,16	28,95	19,34	24,28
45,966	28,43	28,09	28,07	28,95	19,32	24,32
49,673	28,42	28,16	28,15	28,96	19,23	24,40
44,309	28,44	28,08	28,14	28,97	19,11	24,37
46,596	28,47	28,09	28,09	28,98	19,02	24,33
45,163	28,43	28,06	28,11	28,89	18,81	24,22
10,248	28,43	28,12	28,13	28,92	18,66	24,17
0,025	28,40	28,04	28,10	28,84	18,39	23,99
0,050	28,41	28,08	28,11	28,84	18,30	23,86
0,050	28,41	28,11	28,14	28,86	18,28	23,72
6,811	28,40	28,03	28,12	28,85	18,22	23,56
0,334	28,37	28,11	28,09	28,82	18,16	23,43

Le traitement, l'affichage et l'organisation de l'archivage

0,000	28,43	28,08	28,15	28,89	18,17	23,38
0,025	28,34	28,05	28,09	28,78	18,04	23,21
0,000	28,38	28,05	28,09	28,84	18,03	23,12
0,025	28,41	27,95	28,10	28,87	18,00	23,07
0,000	28,39	28,00	28,09	28,81	17,90	22,97
0,000	28,41	28,05	28,04	28,86	17,86	22,97
0,000	28,33	27,96	28,12	28,75	17,74	22,84
0,000	28,36	28,06	28,13	28,83	17,93	22,82
0,000	28,38	28,07	28,09	28,84	18,10	22,86
0,000	28,38	28,01	28,15	28,84	18,25	22,90
0,000	28,40	28,03	28,09	28,87	18,33	23,06
4,574	28,32	28,06	28,08	28,73	18,24	23,08
3,906	28,42	28,07	28,07	28,88	18,27	23,21
4,055	28,41	27,99	28,05	28,85	18,30	23,26
3,671	28,41	28,01	28,06	28,90	18,39	23,35
4,450	28,35	28,11	28,09	28,80	18,29	23,34
3,857	28,37	28,10	28,10	28,85	18,39	23,32
5,476	28,32	28,04	28,04	28,71	18,37	23,32
7,923	28,46	27,94	28,16	28,85	18,37	23,28
13,176	28,42	28,10	28,13	28,82	18,30	23,28
6,675	28,35	28,04	28,11	28,83	18,31	23,32
0,000	28,38	28,04	28,09	28,88	18,26	23,20
0,000	28,36	27,97	28,11	28,94	18,45	23,11
0,000	28,35	28,02	28,11	28,86	18,50	23,14
0,025	28,37	27,96	28,11	28,83	18,43	23,17
0,000	28,37	27,98	28,09	28,83	18,31	23,16
0,000	28,35	28,02	28,09	28,81	18,29	23,18
0,000	28,34	28,05	28,06	28,75	18,32	23,15
0,000	28,34	28,00	28,07	28,72	18,35	23,18
0,000	28,38	27,99	28,10	28,85	18,36	23,18

Tableau 6.1. Quelques résultats de la collecte de la première journée

En guise d'illustration, nous présentons la courbe donnant le flux énergétique solaire pendant le septième jour de collecte . Rappelons que cette courbe est assimilée à un sinusoïde dans certains livres ou à un trapèze dans d'autres :

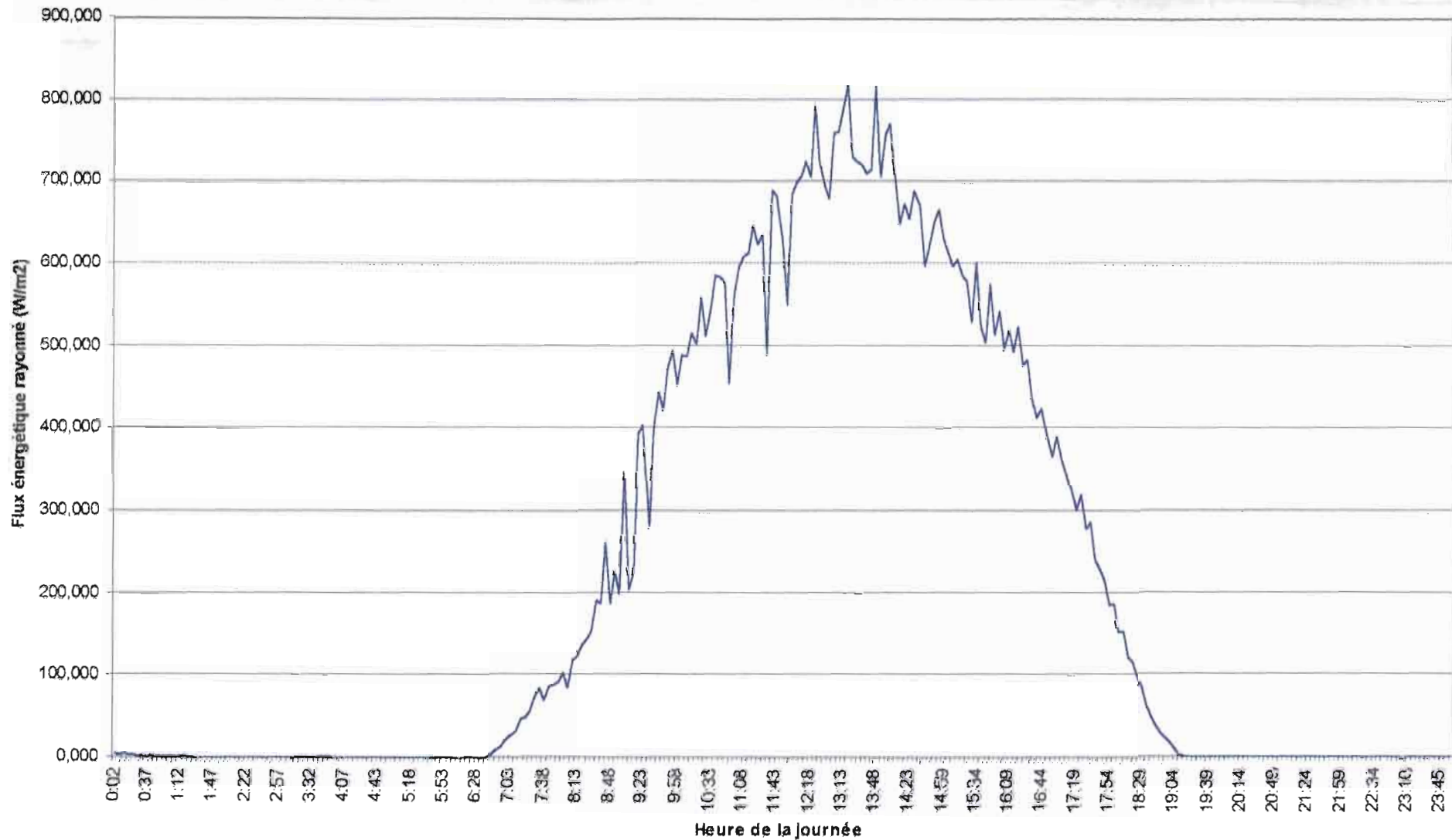


Figure 6.12. Evolution du flux solaire dans une journée

Ici, nous présentons les variations de températures des différentes couches du bassin pendant la première journée

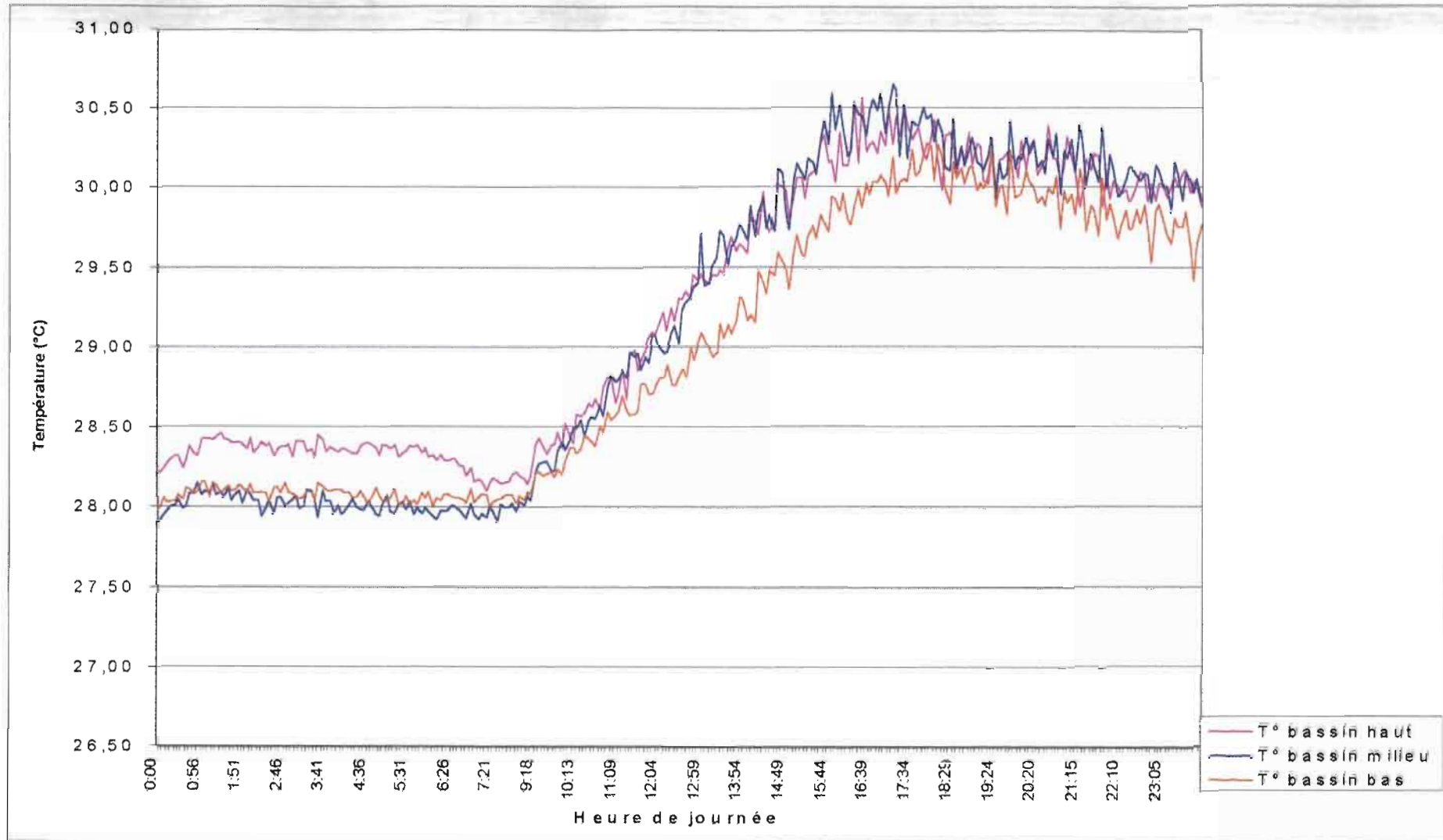


Figure 6.13. Evolution des températures au sein du volume d'eau

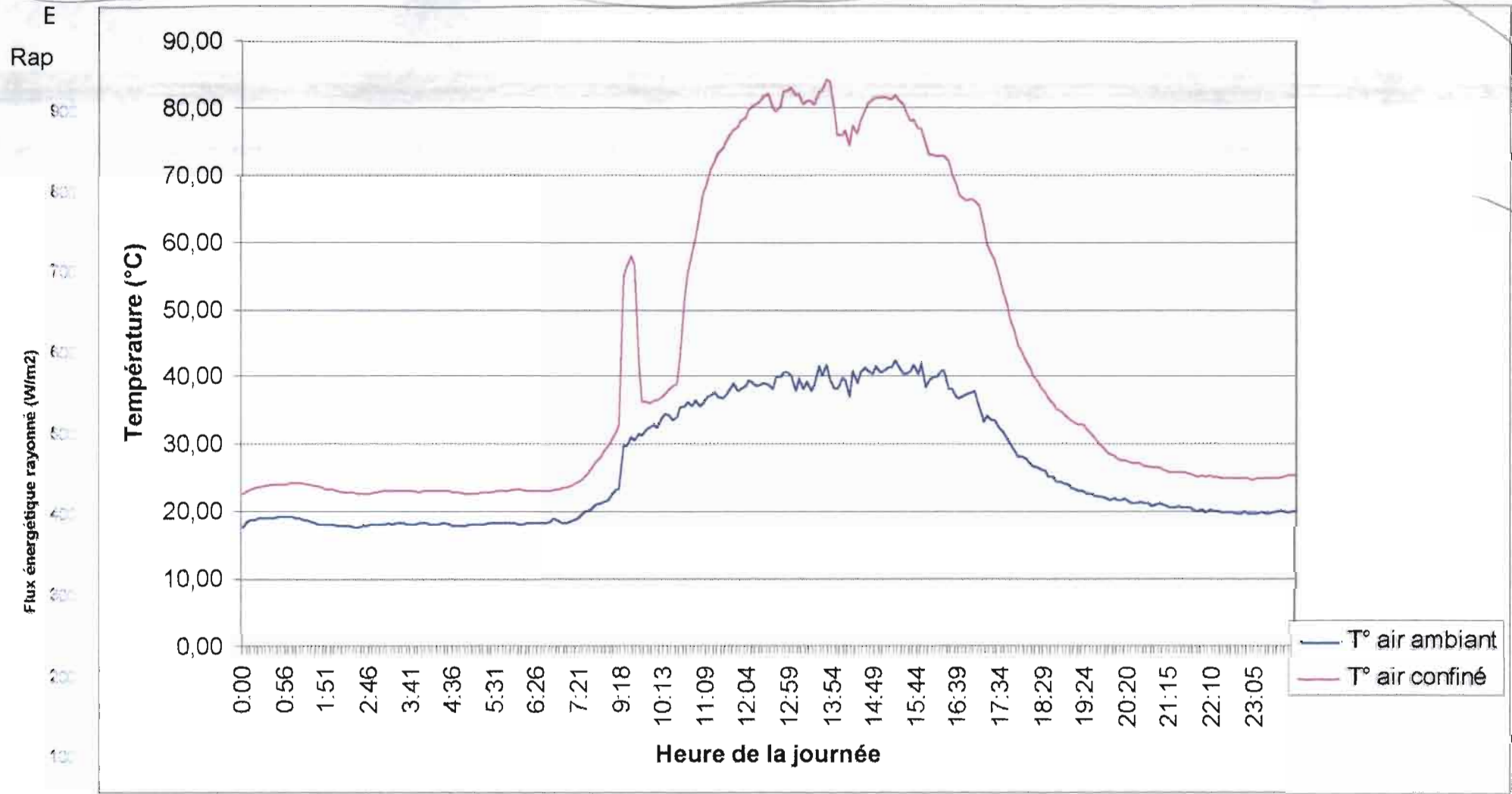


Figure 6.14. Evolution des températures de l'air confiné et de l'air ambiant

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

« La science des projets consiste à prévenir les difficultés de l'exécution »

Vauvenargues .

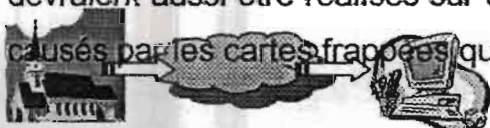
Les dispositifs entrant en jeu dans la constitution de la chaîne d'acquisition de données ont pour fonction de traiter le signal de façon à le rendre approprié à l'exploitation prévue . Cependant, les caractéristiques métrologiques de ces dispositifs ont des limitations dont il faut tenir compte pour éviter une détérioration du signal et donc une perte d'information .

Des difficultés d'ordre matériel et métrologique ont été rencontrées pendant la réalisation du système d'acquisition de données . Elles ont été néanmoins surmontées par des adaptations par rapport à la disponibilité du matériel pour les premières . La généralisation du rôle des ordinateurs dans le contrôle-commande des processus industriels et en particulier, leur association aux chaînes d'acquisition tiennent compte des défauts du deuxième type sus-cités pour les corriger, déchargeant ainsi l'opérateur des tâches fastidieuses de réglage, de compensation, d'annulation, etc .

Le système installé a collecté les informations concernant le rehausseur thermique pendant une durée de 30 jours de jour comme de nuit . Ces données seront soumises à des analyses pour déterminer les performances du procédé .

L'utilisation de ce système ne se limite pas seulement sur le rehausseur thermique . Il s'agit d'un système fonctionnel qui est modulable . De ce fait, il peut être facilement adapté à d'autres process moyennant de petites modifications sur les types de capteurs à utiliser . Ce système, installé dans le laboratoire d'automatique de l'école Supérieure Polytechnique, servira en outre de support pratique pour le cours d'Informatique Industrielle .

Le laboratoire gagnerait mieux à acquérir les licences pour le logiciel utilisé puisque ce travail a été effectué avec la version d'évaluation qui ne permet pas d'accéder à toutes les fonctionnalités qu'offre le logiciel professionnel . Les circuits devraient aussi être réalisés sur des cartes imprimées pour éviter les désagréments causés par les cartes frappées que nous avons utilisées . Enfin, le laboratoire devrait



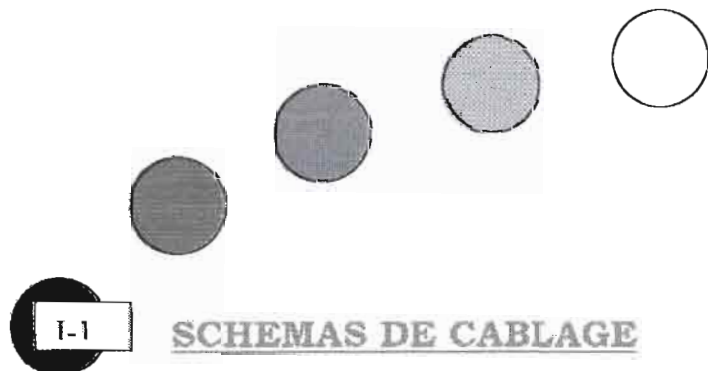


disposer du matériel nécessaire pour la réalisation des interfaces de puissance pour entrer réellement dans le contrôle-commande comme le système de régulation de la pompe qui était prévu .

C'est à l'issue de la réalisation de ce projet qu'on peut vraiment se rendre compte du fossé qui sépare la théorie aux applications pratiques . En effet les résultats donnés par les formules théoriques nécessiteront toujours des adaptations plus ou moins complexes pour pouvoir être appliqués dans la pratique et encore les résultats escomptés ne sont jamais atteints . C'est là où se trouve l'utilité de l'étalonnage à chaque fois que cela est possible pour approcher au mieux la réalité .



Annexes



I-1

SCHEMAS DE CABLAGE



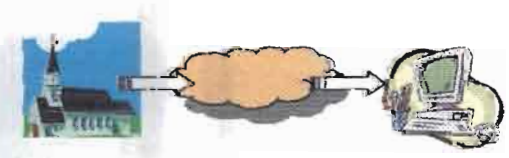
I-2

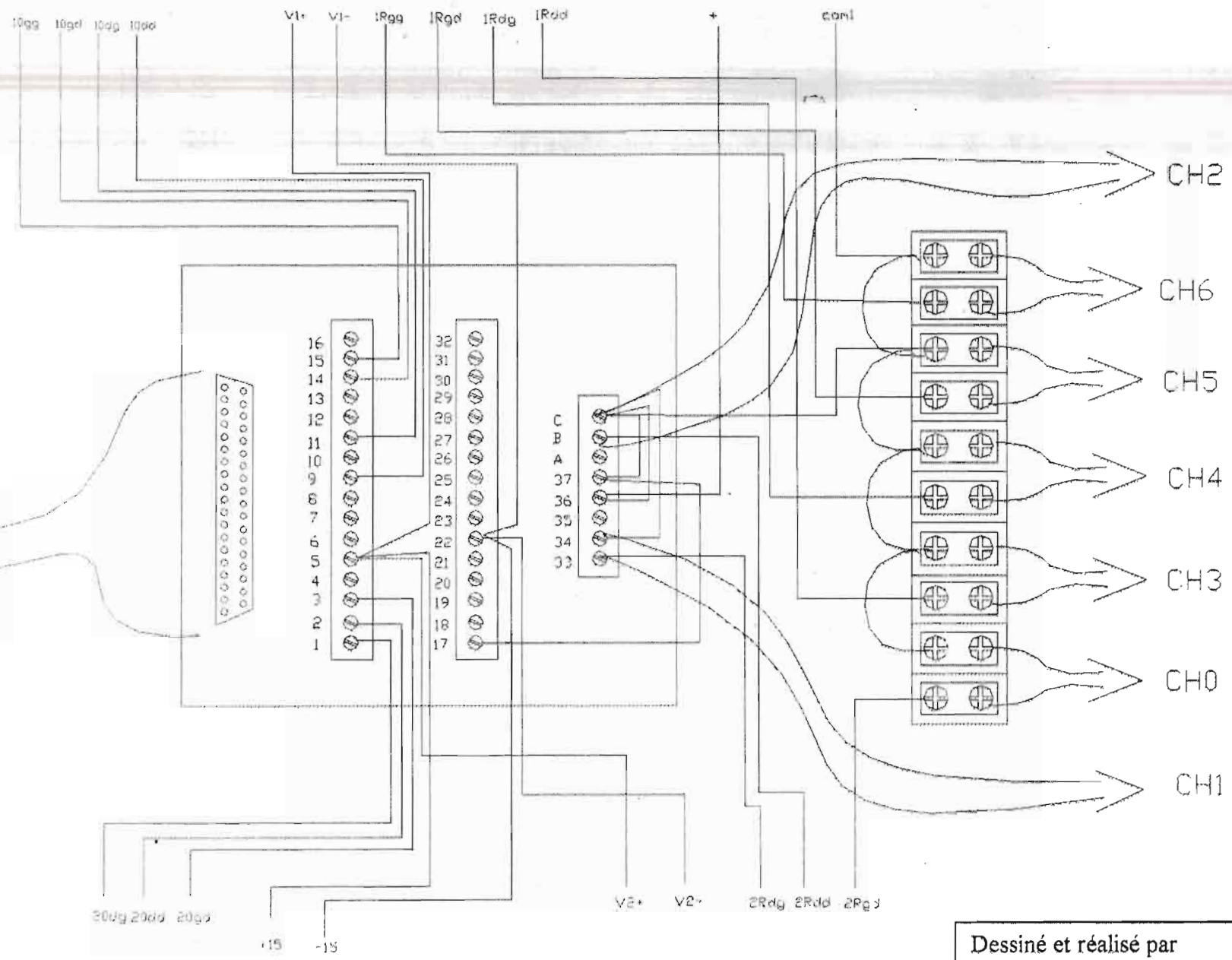
MACRO REALISEE



I-3

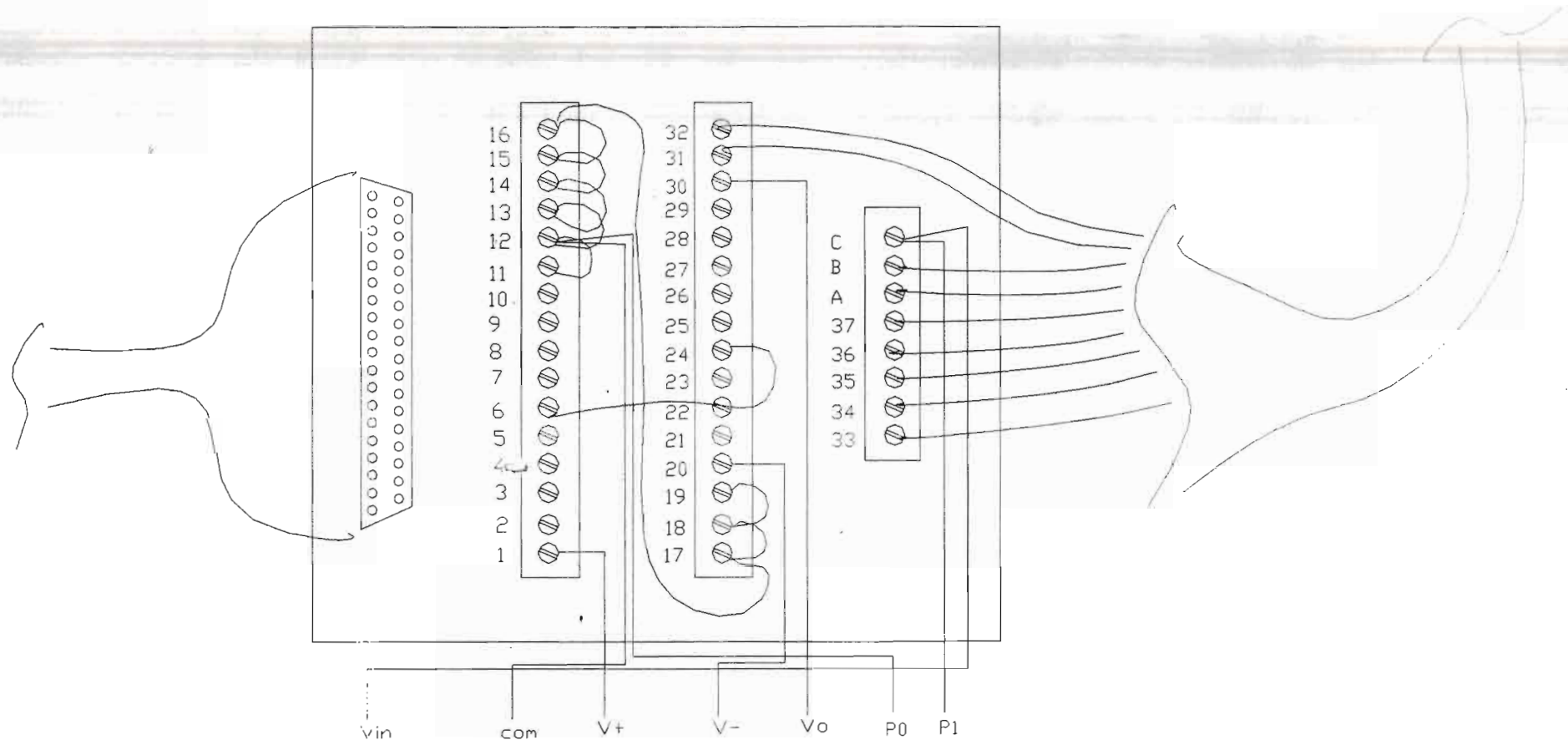
MACROS ORIGINALES MODIFIES





Dessiné et réalisé par  
Ousmane CISSE

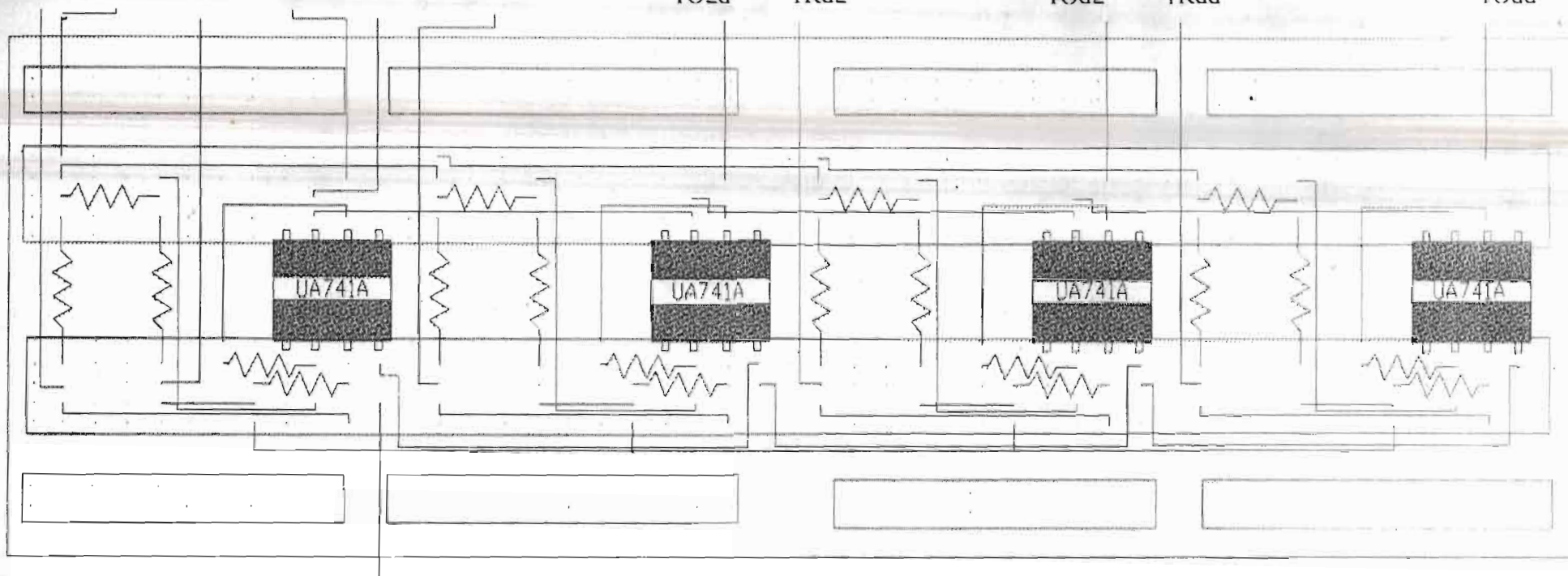
REPERES	DESIGNATIONS
1Rgg	Connecteur de la résistance du conditionneur 1 de la carte C1
1Rgd	Connecteur de la résistance du conditionneur 2 de la carte C1
1Rdg	Connecteur de la résistance du conditionneur 3 de la carte C1
1Rdd	Connecteur de la résistance du conditionneur 4 de la carte C1
1Ogg	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C1
1Ogd	Sortie analogique du conditionneur 2 de la carte C1
1Odg	Sortie analogique du conditionneur 3 de la carte C1
1Odd	Sortie analogique du conditionneur 4 de la carte C1
2Odg	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C2
2Odd	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C2
V1+	+15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C1
V1-	-15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C1
V2+	+15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C2
V2-	-15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C2
2Rgd	Connecteur de la résistance du conditionneur 1 de la carte C2
2Rdg	Connecteur de la résistance du conditionneur 2 de la carte C2
2Rdd	Connecteur de la résistance du conditionneur 3 de la carte C2
Comi	Commun général de la carte Ci
CH0	Connecteur du capteur S5 correspondant au canal 0 du CIO-AD08-PGH
CH1	Connecteur du capteur S6 correspondant au canal 1 du CIO-AD08-PGH
CH2	Connecteur du capteur S7 correspondant au canal 2 du CIO-AD08-PGH
CH3	Connecteur du capteur S4 correspondant au canal 3 du CIO-AD08-PGH
CH4	Connecteur du capteur S3 correspondant au canal 4 du CIO-AD08-PGH
CH5	Connecteur du capteur S2 correspondant au canal 5 du CIO-AD08-PGH
CH6	Connecteur du capteur S1 correspondant au canal 6 du CIO-AD08-PGH



Dessiné et réalisé par  
Ousmane CISSE

<b>REPERES</b>	<b>DESIGNATIONS</b>
V+	+15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C3
V-	-15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C3
Vo	Sortie amplifiée
Vin	Tension d'entrée de la carte C3
Com3	Commun de la carte C3
P0	Borne de potentiel haut du pyromètre
P1	Borne de potentiel bas du pyromètre

1Rgg +5V Com1 1Ogg V1+ 1Rgd 1Ogd 1Rdg 1Odg 1Rdd 1Odd



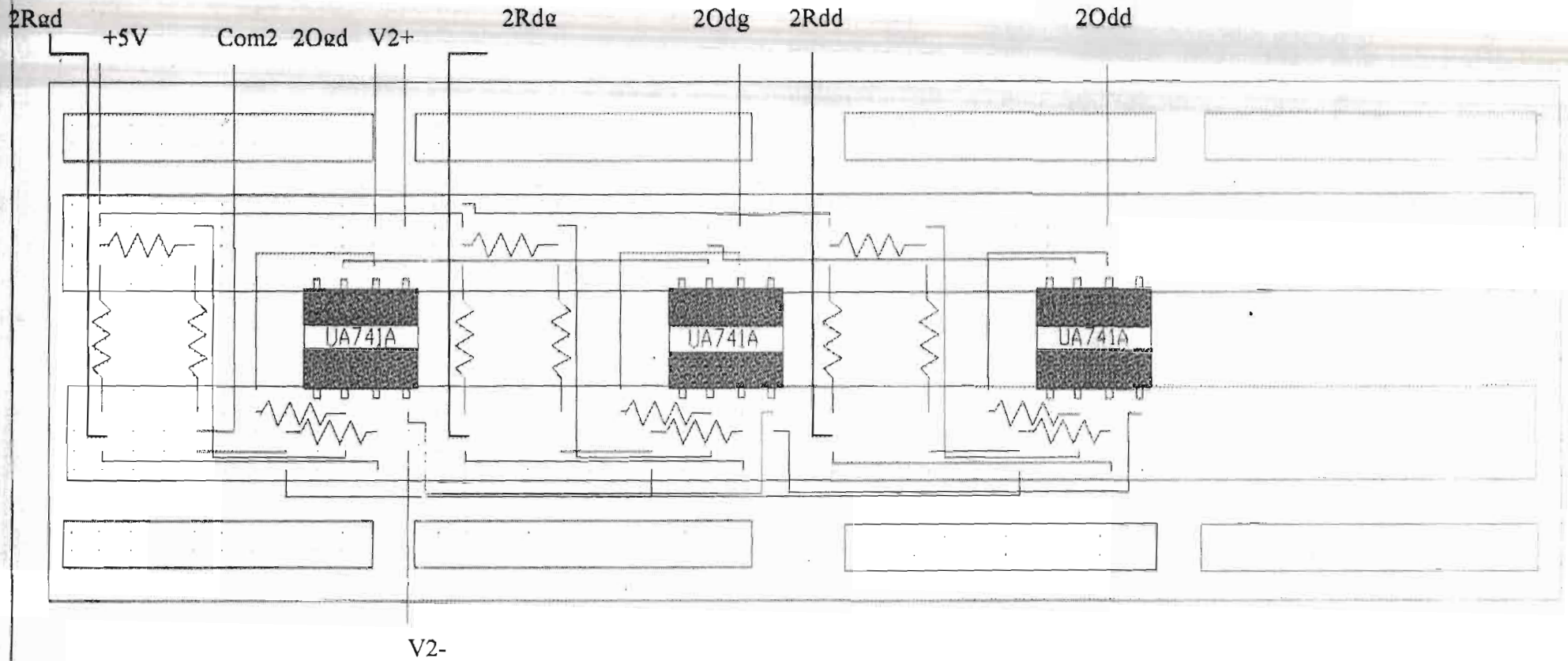
V-

Dessiné et réalisé par  
Ousmane CISSE

REPERES	DESIGNATIONS
1Rgg	Connecteur de la résistance du conditionneur 1
1Rgd	Connecteur de la résistance du conditionneur 2
1Rdg	Connecteur de la résistance du conditionneur 3
1Rdd	Connecteur de la résistance du conditionneur 4
1Ogg	Sortie analogique du conditionneur 1
1Ogd	Sortie analogique du conditionneur 2
V1+	+15 V tension de polarisation des ampli-op
V1-	-15 V tension de polarisation des ampli-op
Com1	Masse de la carte



Annexes



Dessiné et réalisé par  
Ousmane CISSE

<b>REPERES</b>	<b>DESIGNATIONS</b>
2Ogd	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C2
2Odg	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C2
2Odd	Sortie analogique du conditionneur 1 de la carte C2
V2+	+15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C2
V2-	-15 V tension de polarisation des ampli-op de la carte C2
2Rgd	Connecteur de la résistance du conditionneur 1 de la carte C2
2Rdg	Connecteur de la résistance du conditionneur 2 de la carte C2
2Rdd	Connecteur de la résistance du conditionneur 3 de la carte C2
Com2	Masse de la carte C2

MACRO REALISEE :

Le macro que nous avons écrit est la suivante :

```
Sub sauver()
```

```
' Macro1 Macro
```

```
' Macro enregistrée le 30/03/2002 par OC
```

```
Dim i, j, k As Integer
```

```
For j = 11 To 20
```

```
    k = 6
```

```
    Workbooks("archives").Sheets(j).Activate
```

```
    Workbooks("archives").Sheets(j).Cells(1, 2).Select
```

```
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=TODAY()"
```

```
    Selection.Copy
```

```
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
```

```
    False, Transpose:=False
```

```
    Application.CutCopyMode = False
```

```
    If Cells(1, 1).Value = Cells(1, 2).Value Then
```

```
        While Workbooks("archives").Sheets(j).Cells(k, 2).Value <> 0
```

```
            k = k + 1
```

```
        Wend
```

```
        i = 4
```

```
        Workbooks("labtech3").Activate
```

```
        While Cells(i, 2) <> 0
```

```
            i = i + 1
```

```
        Wend
```

```
        Rows(i - 1).Select
```

```
        Selection.Copy
```

```
        Workbooks("archives").Activate
```

```
        Workbooks("archives").Sheets(j).Cells(k, 1).Select
```

```
        ActiveSheet.Paste
```

```
        Application.CutCopyMode = False
```

```
        Cells(k, 1).Select
```

```
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=NOW()"
```

```
        Selection.Copy
```

```
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
```

```
        False, Transpose:=False
```

```
        Application.CutCopyMode = False
```

```
    Else
```

```
    End If
```

```
Next j
```

```
Workbooks("archives").Save
```

```
End Sub
```

**MACROS ORIGINALES MODIFIEES :**

Nous avons dit dans le chapitre 9 que le classeur nommé Labtech contient des macros pour le transfert des données du logiciel à l'environnement Excel .

Mais pour avoir une continuité du processus automatique du transfert avec le macro que nous avons écrit pour l'archivage et éliminer les conflits entre ces macros, des modifications se devaient d'être apportées aux macros originaux .

Les macros originaux avec leurs modifications montrées **en gras** sont les suivantes :

```

Sub Auto_Open()
  If Worksheets("Adv. Settings").Range("auto_time") = 1 Then
    Workbooks.Open Filename:="C:\Mes documents\archives.xls"

    auto_collect ' Start auto-collecting data.
  Else
    ' Give the user a start button.
    Worksheets("LT Data").Buttons.Add 250, 5, 60, 17
    Worksheets("LT Data").Buttons.Caption = "Start"
    Worksheets("LT Data").Buttons.OnAction = "start_button"
  End If
End Sub

Sub start_button() ' The user just pushed the start button.
  Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Buttons.Delete ' Delete all buttons.
  auto_collect ' Start auto-collecting data.
End Sub

Sub auto_collect() ' Start collecting data.
  start_row = 4 ' Row to start our data.
  Attach ' Attach to LT-SPEEDWAY buffer.
  auto_run = 1 ' Run continuously.
  delta_time = Workbooks("labtech3").Worksheets("Adv.
Settings").Range("time_interval")
  stop_after_N_rows = Workbooks("labtech3").Worksheets("Adv.
Settings").Range("stop_after_N") + start_row - 1
  Application.OnTime Now + delta_time, "GetData"
  Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Buttons.Add 250, 5, 60, 17
  Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Buttons.Caption = "Stop"
  Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Buttons.OnAction = "Halt"
End Sub

Sub Attach()
  Dim app As String ' string to identify sender app
  Dim topic As String ' string to identify sender document
  Dim item As String ' string to identify data item
  Dim buffersize As Long ' size of the buffer
  Dim launch_flag As Integer ' 0 for no launch, 1 for launch
  Dim i_tag As Integer ' tag loop counter

```

```

Dim any_error          ' nonzero if any buffer is not found

D_DOUBLE = 5          ' Create a buffer to store doubles.
bufferize = 1000      ' Set the size of the buffer.
any_error = 0         ' Initialize.
app = "RUNTIME"       ' Set the application string.
' Get the topic string.
topic = Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("setup_name") + ".LTC"
launch_flag = 0       ' Initialization.
clear_datashet        ' Clear data in the "LT Data" worksheet.
firsttime = -777      ' flag for initialization
num_tags = Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("Number_of_Tags")
ts_each = Workbooks("labtech3").Worksheets("Adv.
Settings").Range("time_stamp_each")
D_INT = 1
b_scale = 1
b_offset = 0
For i_tag = 1 To num_tags
    row(i_tag) = start_row - 1 ' Start putting data at this row.
    ' Get the item string.
    item =
Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("tag_name").Offset(i_tag - 1, 0)
    ' Only launch if all buffers are there.
    If i_tag = num_tags Then launch_flag = 1
    ' Attach to the buffer, and set its size.
    handle(i_tag) = LTsAttachOrCreateScaledBuffer(D_DOUBLE, b_scale, b_offset, app,
topic, item, bufferize, _
                launch_flag)
    If handle(i_tag) <> 0 Then
        ' Put time label on top of column.
        If i_tag = 1 Or ts_each = 1 Then
            Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(3, 1).Offset(0, (i_tag - 1) *
2).Value = "Sample Time" ' Label for time stamp column.
        End If
        ' Put item name on top of column.
        If ts_each = 0 Then
            Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(3, 2).Offset(0, i_tag -
1).Value = item
        Else
            Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(3, i_tag * 2).Value = item
        End If
        ' Put the LT-SPEEDWAY buffer status on the Settings sheet.
        Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("tag_name").Offset(i_tag -
1, 1).Value = _
            "Created"
        Else
            ' Unsuccessful. No buffer extant.
            Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("tag_name").Offset(i_tag -
1, 1).Value = _
            "Error - LT-SPEEDWAY buffer not created or found."
            any_error = 1 ' There's at least one buffer not found.

```

```

End If
Next i_tag
' Put status information on the spreadsheet.
Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(1, 1) = "Status:"
If any_error = 0 Then
    ' Successful!
    Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(1, 2) = "LT-SPEEDWAY
buffer(s) active"
Else
    Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(1, 2) = _
    "Error - LT-SPEEDWAY buffer(s) not created or found."
End If
End Sub

Sub GetData()
Dim data_value As Double    ' the data point fetched from the buffer
Dim new_data_flag As Integer ' flag to indicate if there's new data
Dim timestamp As Double    ' a timestamp
Dim i_tag As Integer       ' tag loop counter
Dim any_data As Integer    ' flag if there is any data for this tag
Dim max_row As Integer     ' The maximum row number we are on.

max_row = 0 ' Initialize.
For i_tag = 1 To num_tags ' Do for each tag or block.
    any_data = 0 ' We have no data yet.
    If handle(i_tag) <> 0 Then 'Get data only if there's a receiver object.
        Do
            ' Get the next data point from the buffer.
            new_data_flag = LTsGetNextPoint(handle(i_tag), D_DOUBLE, _
                data_value, timestamp)
            If new_data_flag = 1 Then 'If there's new data...
                any_data = 1 ' We have some-data.
                row(i_tag) = row(i_tag) + 1 ' Move down one row.
                If row(i_tag) > max_row Then ' Track the max. row.
                    max_row = row(i_tag)
                End If
                If firsttime <> -777 Then
                    ' Adjust time origin to start of run.
                    timestamp = timestamp - firsttime
                Else
                    firsttime = timestamp ' Save time for time origin.
                    timestamp = 0#
                End If
                If i_tag = 1 Or ts_each = 1 Then
                    ' Put the timestamp in the spreadsheet.
                    Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(row(i_tag), 1) _
                    .Offset(0, (i_tag - 1) * 2).Value = timestamp
                End If
                ' Put the data in the spreadsheet.
                If ts_each = 0 Then

```

```
Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(row(i_tag), i_tag + 1).
Value = data_value
Else
Workbooks("labtech3").Worksheets("LT Data").Cells(row(i_tag), i_tag * 2).
Value = data_value
End If
End If
Loop Until new_data_flag = 0 ' Stop looping if no more new data.
If (any_data = 1) Then
' Put the status on the Settings sheet.
With Workbooks("labtech3").Worksheets("Settings").Range("tag_name")
.Offset(i_tag - 1, 2).Value = row(i_tag)
.Offset(i_tag - 1, 3).Value = data_value
.Offset(i_tag - 1, 4).Value = timestamp
End With
End If
End If
Next i_tag
Calculate ' Recalculate the worksheet.
If auto_run = 1 Then
' There are two stopping criteria:
' (1) We ave gotten the number of rows of data requested.
' (2) There are no more active senders.
If (max_row >= stop_after_N_rows) Or (AnySenders = 0) Then
Halt ' Stop the automatically-timed operation.
Else
Application.OnTime Now + delta_time, "GetData"
End If
End If
sauver
End Sub
```

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] ***Acquisition de données  
Du capteur à l'ordinateur***  
Georges ASCH et collaborateurs  
DUNOD, Paris, 1999 catalogue sur Internet
- [2] ***Interfacing Sensors to the IBM PC***  
Willis J. Tompkins, John G. Webster editors  
University of Wisconsin-Madison  
C 1988 by Prentice Hall PTR
- [3] ***Les capteurs en instrumentation industrielle***  
Georges ASCH et collaborateurs  
Quatrième édition DUNOD, Paris, 1991
- [4] ***PC systems Handbook for Scientist and Engineers***  
CYBER RESEARCH, 1993, inc, CT USA
- [5] ***Labtech Notebook Family of Products***  
Reference Manual  
Manual Rev.-5/91
- [6] ***Lab PC User Manual***  
September 1991 Edition  
Part Number 320205-01
- [7] ***Data acquisition & Control System For IBM PC and Compatible Computers***  
Strawberry Tree Incorporated  
Computer Instrumentation and Controls
- [8] ***Système d'acquisition et de traitement de données, Application au four sécheur de C.S.P. Taïba***  
Projet de fin d'étude  
Par Mor NDIAYE  
EPT, Juillet 1992
- [9] ***NI-DAQ for DOS/Windows Software Reference Manual***  
January 1992 Edition  
Part Number 320396-01
- [10] ***Revue Electronique Application***  
Bimestriel N°33 -21 F Décembre 1983-Janvier