

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie Electrique et Informatique

Département d'Electronique



Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Communication

## Thème

# *Etude et réalisation d'un mini système SCADA*

*Co-Promoteur*

M : BENNAMANE Kamal

*Promoteurs :*

M : SAOULI Boubakeur

M : GUEDDOUDA Abdnasser

*Réalisé par :*

M<sup>lle</sup> : BECHIRI Samira

M<sup>lle</sup> : ALIOUA Nadine

*Promotion : 2009/2010*

# *Remerciements*

*Nous tenons à remercier en premier lieu notre promoteur, monsieur BENNAMANE pour ses réflexions et ses conseils qui ont rendu ce travail complet et plus riche.*

*Nos remerciements les plus profonds à notre encadreur monsieur SAOULI .B, ingénieur en TELECOM, sans lui ce travail n'aura jamais vu le jour.*

*Nous remercions également monsieur GUEDDOUDA. A ; le chef de service MN/SCADA, monsieur SALAHOU'ELHADJ. B, monsieur BEN CHIKH.Z, monsieur BOUDJEMAA. A, monsieur MAOUALID.E et monsieur KERROUM.B, ainsi que toute la section hard, pour leurs aides, conseils, soutiens, encouragements, orientations et pour toutes les facilités et moyens qui 'ils ont mis à notre disposition durant notre stage.*

*Nos vifs remerciements à monsieur RAMI AHCENE, cadre instrumentiste à la Sonatrach et à monsieur MEBARKI IDIR pour leurs gentillesse, disponibilité permanente et leurs soutien tout le long de notre séjour à Hassi R'mel.*

*Nos remerciements aux enseignants de département d'électronique à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou pour la qualité d'étude et pour leurs conseils tout le long de notre cursus universitaire.*

*Enfin, nous tenons à remercier également tous ceux ou celles qui ont, de près ou de loin contribué l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.*

*Merci à tous.*

## Dédicaces

*Je remercie Dieu de m'avoir donné courage et volonté  
tout au long de mon cursus.*

*Pour que ma réussite soit complète, je la partage avec  
toutes les personnes que j'aime.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

- + Mes très chers parents pour leurs amour, le  
courage et la volonté qu'ils m'ont inculqués.  
Que dieu les garde et les protège.*
- + Mes adorables frères et sœurs.*
- + Mon frère Karim, sa femme et leur fils Dylane*
- + Ma sœur Saliha, son mari et leurs filles Alia et  
Emma.*
- + Khali Moh et sa famille.*
- + Tante Samira et sa famille.*
- + Mes grands parents.*
- + Mon binôme Samira et à toute sa famille.*
- + Tous mes amis(es).*
- + Tous ceux qui m'aiment ; et tous ceux que j'aime.*

**ALIOUA Nadine**

## Dédicaces

*Je remercie Dieu de m'avoir donné courage et volonté  
tout au long de mon cursus.*

*Pour que ma réussite soit complète, je la partage avec  
toutes les personnes que j'aime.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

- + Mes très chers parents pour leurs amour, le  
courage et la volonté qu'ils m'ont inculqués.  
Que dieu les garde et les protège.*
- + Ma chère sœur jumelle Lynda.*
- + Mes chers frères et leurs femmes.*
- + Mes chères sœurs et leurs maris.*
- + Mes adorables nièces et neveu « Dyhia, Enzo,  
Hynane, Sarah et Melissa ».*
- + Ma chère grand-mère et mes tantes.*
- + Mon binôme Nadine et à toute sa famille.*
- + Tous mes amis, copines et camarades de  
l'université Mouloud Mammeri.*
- + Tous ceux qui m'aiment ; et tous ceux que j'aime.*

**BECHIRI Samira.**

# SOMMAIRE

---

Introduction générale .....	1
<b>Description du champ de Hassi R'Mel</b>	
1-Généralité sur le champ de Hassi R'Mel .....	2
1-1.Situation géographique de Hassi R'Mel .....	2
1-2.Historique du champ de Hassi R'Mel. ....	3
1-3.Organisation du champ de Hassi R'Mel .....	4
1-4. Les activités du champ de Hassi R'mel .....	5
1-4.1. Les Activités opérationnelles .....	5
1-4.2. Les activités fonctionnelles .....	6
1-4.3. Organisation de la direction maintenance .....	7
1-4.3.1. Présentation de la direction maintenance .....	7
<b>Chapitre I : chaine d'acquisition</b>	
Introduction .....	8
I-1.Organisation d'une chaîne de traitement numérique.....	8
I-1.1.Définition de l'acquisition de données .....	9
I-1.2.Acquisition de données analogiques .....	9
I-1.3.La chaîne d'acquisition de données analogiques .....	9
<i>I-1.3.1.Les capteurs .....</i>	<i>9</i>
• <i>La sonde PT100 .....</i>	<i>10</i>
I-2.Amplificateur de signal .....	11
I-3.Filtre d'entrée .....	12
I-4.L'échantillonnage .....	12
I-5 .L'échantillonneur-bloqueur .....	13
I-6.Convertisseur analogique numérique(CAN) .....	13
I-6.1. Quantification .....	14
1-6.2Codage .....	14
I-6.3.Principe d'un convertisseur parallèle (flash) .....	15
I-7.Restitution du signal .....	15
I-7.1.Chaine de restitution du signal .....	15
I-7.1.1.Le convertisseur numérique analogique(CNA) .....	16
I-7.1.2Le filtre de sortie .....	17
I-7.1.3Amplificateur de puissance .....	17
Conclusion .....	18

# SOMMAIRE

---

## *Chapitre II : description du système SCADA*

Introduction .....	19
II-1.Définition du système SCADA .....	19
II-2.Les fonctions du système SCADA .....	19
II-3.Architecture du système SCADA .....	19
II-3.1. Zone centrale .....	21
II- 3-2 Zone périphérique .....	21
II- 4.Centre de supervision .....	22
II- 5- les installations du système SCADA de Hassi R'mel .....	23
II- 5.1. Centre de contrôle régional de H R .....	23
II-5-2- les centres de contrôle aux modules .....	24
II-6- les équipements du système SCAD A .....	24
II-6-1.la partie matérielle .....	25
II-6-1-1.Equipements au niveau des zones centrales .....	26
II-6-1-2.le configurateur .....	26
II-6-1-3.les hosts au MTUs .....	27
II-6-1-4.les consoles de maintenance .....	27
II-6-1-5.l'imprimante .....	28
II-6-1-6.les X .terminaux .....	28
II-6-1-7.la console d'urgence (ESD) .....	28
II-6-2.support de commination du système SCADA .....	29
a) les puits câblés .....	29
b) les puits radio .....	29
II-6.3.les équipements au niveau des puits .....	31
II-6.3.1) Les instruments de mesure .....	32
Les capteurs de température .....	32
Les capteurs de pression .....	32
II.6.3.2. Les équipements d'alimentation .....	33
- pour un puits radio .....	33
II-7.la partie logicielle .....	34
II-7.1.Les logiciels de base et utilitaires .....	34
II-7.1.1.Le système d'exploitation .....	34
II-7.1.2 Caractéristiques d'UNIX .....	35
II-7.1 .3 .Le noyau temps réel .....	35

# SOMMAIRE

---

II-7.2. Outils soft .....	36
II-7.2.1. Langage C .....	36
II-7.2.2. Applications Software .....	36
II-8. Les Ecrans graphiques et les jeux de couleurs .....	37
II-8.1. Le menu général .....	37
Conclusion .....	40
<b><i>Chapitre III : étude d'une RTU de système SCADA</i></b>	
III-1. Définition de la RTU .....	41
III-2. Les shelters RTU .....	41
III-2.1. RTU câblée .....	41
III-2.2. RTU radio .....	42
III-3. Nombre d'RTUs par site .....	42
III-4. Le châssis de RTU .....	43
III-4.1. Carte Central Processing Unit(CPU) .....	43
III-4.2. Les cartes d'E/S .....	46
III-4.2.1. La carte d'acquisition des variables analogiques .....	46
III-4.2.2. La carte d'acquisition des variables digitales .....	48
III-4.2.3. Carte de sortie des commandes digitales .....	50
III-5. Scanning ou pooling des RTUs .....	51
III-6. Traitement des entrées analogiques (Analog input processing) .....	54
III-7. Traitement des entrées digitales (Digital input processing) .....	55
III-8. Le contrôle des signaux de commande .....	55
III-9. Calcul du débit du gaz .....	56
Conclusion .....	56
<b><i>Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système</i></b>	
Introduction .....	55
IV-1. Schéma synoptique de la carte .....	55
IV-2. Conception matérielle .....	56
IV-2.1. Schéma électrique de la carte RTU SCADA .....	56
IV-2.2. Le microcontrôleur .....	56
IV-2.2.1. Le choix du microcontrôleur .....	56
IV-2.2.2. Brochage du PIC 16F877A .....	58
IV-2.2.3. Les éléments de base du PIC 16F877A .....	59

# SOMMAIRE

---

IV-2.3. Interface série RS232 .....	62
IV-2.3.1. Adaptation des signaux de la liaison série RS232 .....	64
IV-2.4. Le capteur de température .....	65
IV-2.5. L'amplification des signaux de commandes .....	66
IV-2.6. Alimentation stabilisée .....	66
IV-3. Conception logicielle .....	67
IV-3.1. L'organigramme du PIC .....	67
IV-3.2. Visualisation sur PC .....	69
IV-3.2.1. Organigramme de l'application VB .....	69
IV-3.3. Langage de programmation .....	70
IV-3.3.4. Programme de l'interface PC .....	70
IV-4. Réalisation pratique .....	73
IV-4.1. Circuit imprimé .....	73
IV-4.2. Implantation des composants .....	74
IV-4. Nomenclature des composants .....	75
Conclusion .....	77

Le développement rapide des systèmes informatiques a rendu désuète l'utilisation des anciens systèmes dont la maintenance devient de plus en plus coûteuse (du fait du vieillissement des équipements) et dont les performances ne répondent plus aux exigences de fonctionnement des entreprises modernes.

La résolution des problèmes spécifiques de ces domaines, exige une large gamme de produits. Parmi les principaux produits, on trouve des appareils d'acquisition de données, de télécontrôle, de régulation, des calculateurs de processus et des équipements de poste de commande. Les prestations de services les plus significatives sont : la planification des systèmes, l'ingénierie et la programmation. La combinaison de ces éléments constitue un système. En considérant de plus près un système informatique, on y distingue trois niveaux dans la répartition des tâches.

D'abord, quelques signaux allant ou venant du processus, sont traités indépendamment les uns des autres, ensuite un regroupement des signaux dans des unités fonctionnelles permet un traitement séquentiel ou des combinaisons spéciales. Au troisième niveau se fait un traitement approfondi des données, ce qui constitue une tâche spécifique pour ce processus.

L'industrie gazière est l'une des industries à haut risque vue l'importance de ses installations, la complexité de ses procédés et ses conditions extrêmes (température, pression très élevés...). Soucieuse de la sécurité des personnes et des biens, volontaire à accroître ses performances, la direction régionale de Hassi R'mel s'est dotée de plusieurs systèmes informatiques dans le domaine de contrôle et de supervision, offrant ainsi, à ses employés un outil précieux pour réagir correctement et rapidement à toute situation.

Parmi ces systèmes informatiques figure le système SCADA, un système de télémétrie et de télécommande adopté par la région de Hassi R'mel qui est un maillon essentiel pour la surveillance des installations de production et de distribution de gaz.

Dans ce mémoire nous nous proposons d'étudier et de réaliser un mini système SCADA Pour cela le plan suivant à été adopté :

Chapitre I : La chaîne d'acquisition

Chapitre II : Description du système SCADA

Chapitre III :Etude d' une RTUdu système SCADA.

Chapitre IV:Conception matérielle et logicielle du système réalisé.

En fin nous terminons par une conclusion

## ***Description du champ de Hassi R'mel***

Nous avons eu l'opportunité d'accomplir un stage de 15 semaines au sein de la **SONATRACH**, unité, sise à **Hassi R'mel** exploitant les ressources en hydrocarbures du pays. Le secteur des hydrocarbures constitue, pour l'Algérie, l'élément vital et moteur du développement économique et social du pays. C'est pourquoi, l'Algérie, à l'instar des autres pays de par le monde, accorde une importance stratégique à ce secteur dans le cadre de la politique énergétique nationale en adaptant, chaque fois que cela est nécessaire, sa vision pétrolière aux impératifs de son développement économique et social en tenant compte du contexte national, régional et international

### ***1. Généralités sur le champ de Hassi R'Mel***

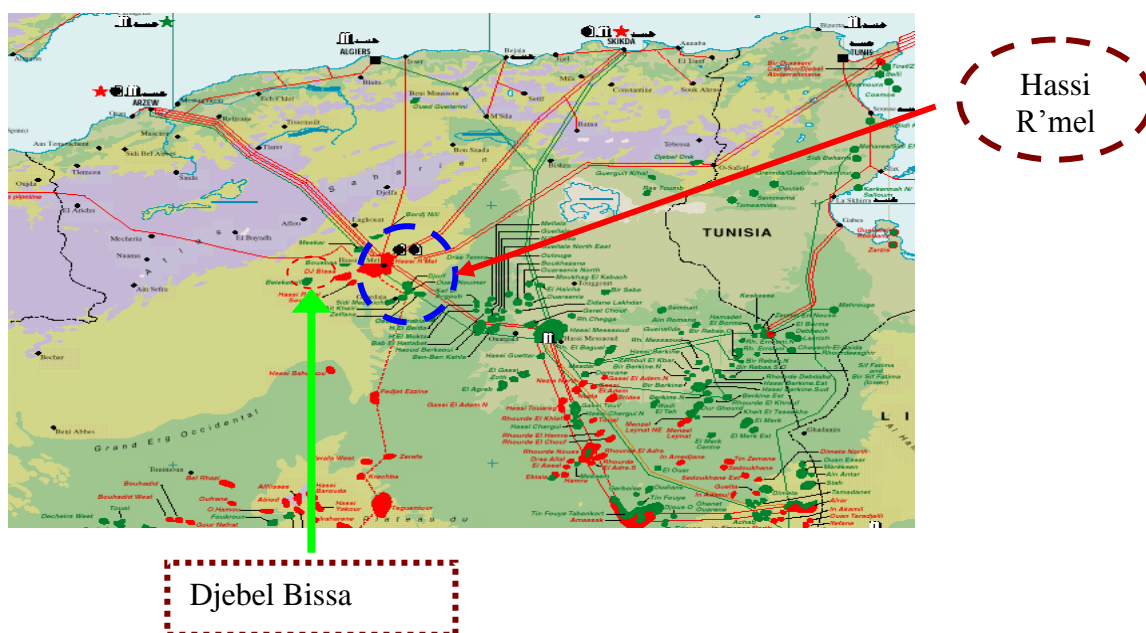
L'Algérie possède environ 10% de réserve mondial en gaz naturel.Elle se place en cinquième rang international. Plus de 50% de ces réserves sont consentrés dans le gisement de Hassi R'mel :

- Gaz sec ou gaz de vente :  $C_1(CH_4)$  ;  $C_2(C_2H_6)$
- Gaz propane liquéfié « GPL » :  $C_3(C_3H_8)$  ;  $C_4(C_4H_{10})$
- Condensât :  $C_5(C_5H_{12})$  et plus.

#### ***1.1. Situation Géographique de Hassi R'Mel***

Hassi R'mel porte du désert située à 525 km au sud d'Alger, région relativement plate entre les deux Wilayas Ghardaïa et Laghouat Fig(1). Dans cette région du Sahara, l'altitude moyenne est d'environ 750m au dessus du niveau de la mer, Le climat est caractérisé par une pluviométrie faible (140 mm/an) et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver, les amplitudes thermiques sont importantes et varient de 0°C en hiver à 45°C en été, le vent dominant est de direction nord ouest.

## Description du champ de Hassi R'mel



**Fig(1)]: situation géographique de Hassi R'mel**

### **I-2. Historique du champ de Hassi R'mel**

Le champ de Hassi R'mel est une vaste étendue de 70 Km du nord au sud et de 50 Km de l'est vers l'ouest, où sont réparties d'importantes installations, alimentées à partir des puits forés aux différents points du champ.

Le développement de Hassi R'mel s'est trouvé étroitement lié au développement de l'industrie du gaz dans le monde. Les importantes réserves estimées à 32000 milliards  $m^3$  ont constituées un atout important pour lancer une politique d'industrie gazière de grande envergure pour le pays.

Ce développement s'est traduit par la construction et la mise en exploitation de la première unité de traitement de gaz appelée (Module 0) d'une capacité de 4 milliards  $m^3$ /an de gaz sec.

Après la nationalisation des hydrocarbures 1971 la capacité de cette unité fut portée à 14milliards  $m^3$ /an par l'apport et la mise en service de nouvelles installations.

La période de 1975 à 1980 a permis de concrétiser un plan de développement qui concerne l'ensemble du champ de Hassi R'mel en mesure de répondre aux besoins énergétiques du pays, à moyen et long terme ainsi qu'aux besoins de nos partenaires, ce plan a permis également de doter Hassi R'mel d'un modèle d'exploitation de différents produits.

## Description du champ de Hassi R'mel

### I-3. Organisation du champ de Hassi R'mel

- *Secteur nord*

Constitué de MPP3 (Module Processing Plant N°3 ou usine de traitement N°3) et d'une station de compression.

- *Secteur centre*

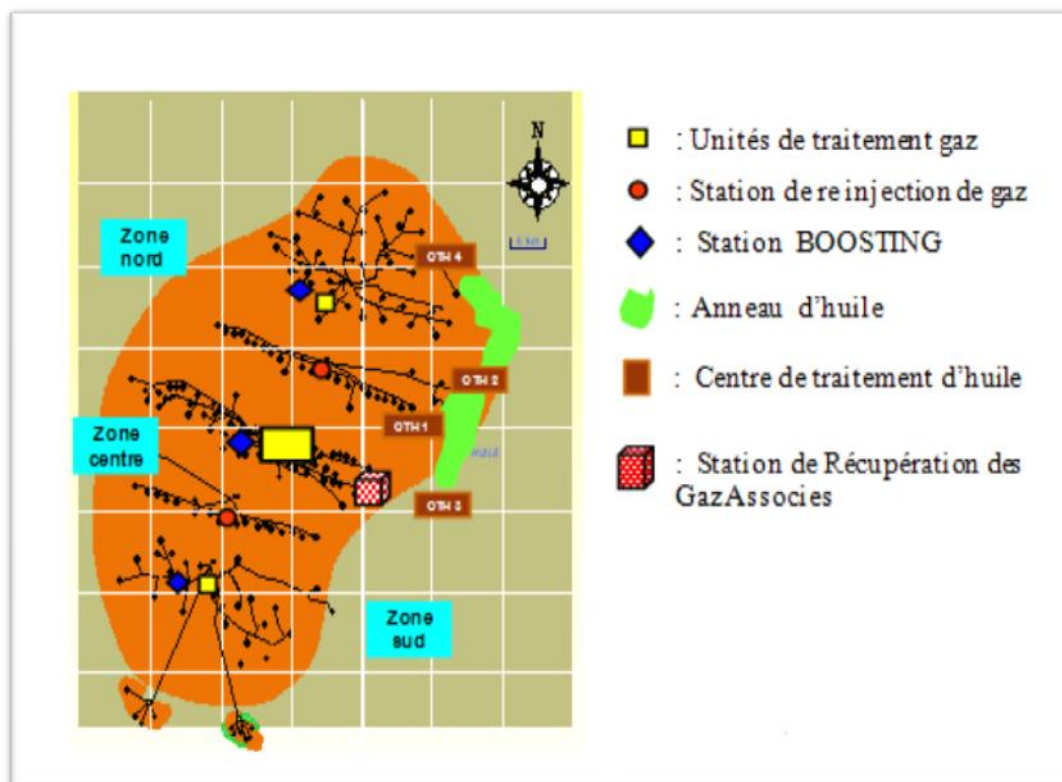
Constitué des modules 0, 1 et 4 qui sont alimentés par le Boosting centre à une pression de 118 bars, de la phase B (commune) qui alimente le module 0 et 1 en propane liquéfié.

- *Secteur sud*

Constitué de MPP2 (Module Processing Plant N°2 (usine de traitement N°2), station de compression sud, Djebel Bissa et Hassi R'mel sud.

Les quatre unités 1, 2, 3 et 4 de traitement du gaz ont une capacité de 60 m<sup>3</sup>/ jour chacune. Elles ont été construites en 1979/ 1980. Cependant le module 0 a une capacité de 30 millions m<sup>3</sup>/jour et Djebel Bissa de 6 millions m<sup>3</sup>/ jour.

Un poste de compression appelé **Boosting** est actuellement en service, il est conçu pour augmenter la pression d'entrée du gaz des modules du traitement afin d'assurer l'exploitation continue du champ de gaz.



Fig(2) : les sites des modules de Hassi R'mel

## **Description du champ de Hassi R'mel**

---

### **I-4. Les activités du champ de Hassi R'mel**

#### **I-4.1. Les Activités opérationnelles**

SONATRACH est structurée en activités :

**Aval** : A en charge l'élaboration et la mise en œuvre des politiques de développement et d'exploitation de l'aval pétrolier et gazier. Elle a pour missions essentielles l'exploitation des installations existantes de liquéfaction de gaz naturel et de séparation de GPL, de raffinage, de pétrochimie et de gaz industriels (Hélium et azote).

**Amont** : a en charge la recherche, l'exploitation et la production des hydrocarbures. Ses missions sont principalement axées sur le développement des gisements découverts, l'amélioration du taux de récupération et la mise à jour des réserves.

**TRC** : L'activité Transport par Canalisation à la charge de définir, de réaliser, d'exploiter, d'assurer la maintenance et de faire évoluer le réseau de canalisation ainsi que les différentes installations qui s'y rattachent.

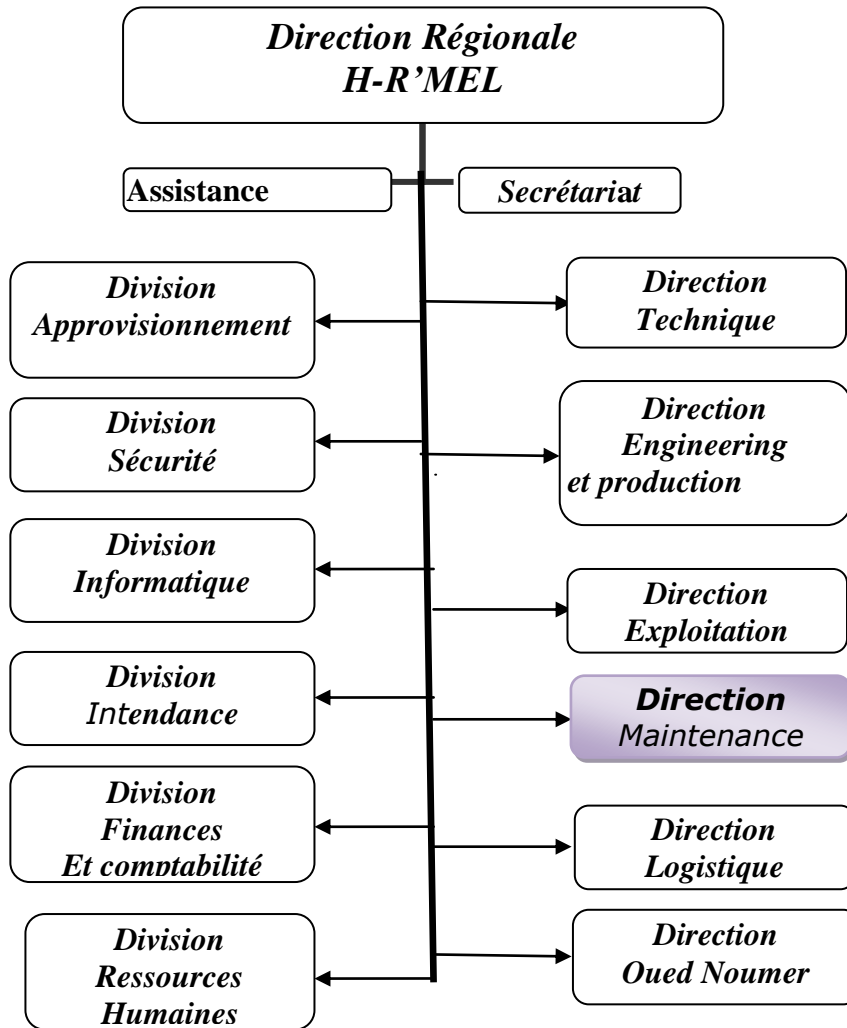
**Commercialisation** : La Commercialisation a en charge le management des opérations de vente et de shopping.

#### **I-4.2. Les activités fonctionnelles :**

Les activités fonctionnelles de la SONATRACH sont telles que le comité exécutif, le comité d'examen et d'orientation, la sécurité interne, Audit, Finance, Ressources humaines,...etc. Et cela peu être résumé dans l'organigramme suivant fig(3).

## Description du champ de Hassi R'mel

---



**Fig(3) : Organigramme de la direction Régionale HASSI R'MEL**

### **I-4.3. Organisation de la direction maintenance**

#### **I-4.3.1. Présentation de la direction maintenance**

Cette direction s'occupe de la maintenance préventive et curative de toutes les installations et unités de production et de réinjections de gaz.

Toutes les opérations de maintenance y compris les grandes révisions périodiques des unités et les rénovations sont assurées par structure.

La direction maintenance est composée de cinq départements dont le département maintenance télécom et instrumentation composé lui aussi de cinq services :

## ***Description du champ de Hassi R'mel***

---

### ***a) Le service MN/SCADA***

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes SCADA installé au niveau de toutes les unités de Hassi R'mel.

Il s'occupe aussi de la réalisation et le suivi des projets de rénovation de ces systèmes.

### ***b) Le service MN/Réseau radio***

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes et réseau Radio (réseau radio trunking, réseau radio paging, interphone, système de réception par satellite) installé au niveau de toutes les unités de HR. Il s'occupe aussi de la réalisation et suivi de projet de rénovation ces réseaux.

### ***c) Le service MN/Communication & Réseau***

Ce service a pour mission la maintenance curative et préventive des systèmes et réseaux téléphoniques et de réseau de communications Intranet de l'entreprise, il s'occupe aussi de la réalisation et suivi de projet de rénovation de ces réseaux.

### ***d) Le service MN/Instrumentation***

Ce service a pour rôle la maintenance des instruments des unités de production.

Le service MN/Automatisme :

Il s'occupe des systèmes anti-incendie et détection de gaz (feu, fumée, intrusion, automates).

Ainsi le département MN/Télécoms a pour mission la maintenance des systèmes de télécontrôle, des réseaux de télécommunication et de l'instrumentation des unités des systèmes automatiques et semi automatiques de lutte contre l'incendie. En d'autre terme de tous les organes de sécurité et de télécommunication de Hassi R'mel.

# **Chapitre I : chaîne d'acquisition**

## **Introduction**

Le traitement numérique du signal désigne le résultat de la mesure d'une grandeur physique, "sans restreindre en aucune façon notre discours". Le résultat obtenu sera vu comme une fonction du temps. On dira alors que le signal est analogique ou à temps continu si la mesure est disponible de façon continue à tout instant, et numérique à temps discret si elle n'est observée qu'à des instants discrets particuliers, en général régulièrement espacés.

Le traitement numérique du signal consiste à traiter des signaux à temps discret. L'émergence du traitement numérique du signal est liée comme de nombreux autres domaines, au perfectionnement des composants électroniques. Ce dernier a stimulé l'imagination des scientifiques et des futurologues engendrant du même coup de nouveaux problèmes et besoins et, avec eux, la nécessité de disposer d'outils encore plus puissants. Le microprocesseur dédié à l'origine aux traitements purement informatique, ou à des fonctions simples de contrôle est désormais indispensable en traitement numérique du signal. Il a facilité la mise en place d'algorithmes qu'il avait été bien difficile de regarder du côté des applications grand public telles que (télévision haute définition, radiodiffusion numérique, téléphone mobile, application multimédia et tout ces services nouveaux utilisent largement le traitement numérique du signal en mettant en œuvre des algorithmes parfois extrêmement complexes.

## **I. Organisation d'une chaîne de traitement numérique**

La chaîne de traitement numérique du signal est constituée essentiellement de ces différents blocs :

- Capteur
- Conditionneur
- Acquisition
- Restitution

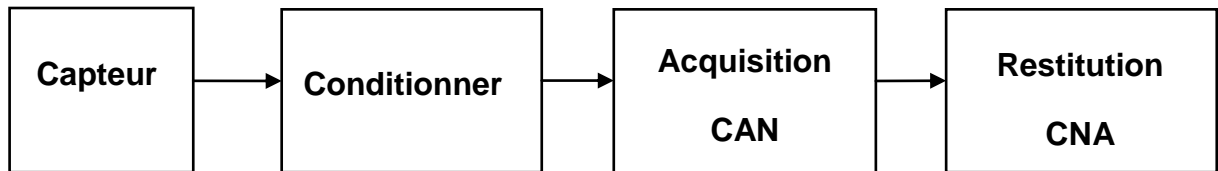


Fig (I-1) : Chaîne de traitement numérique du signal

### **I-1. Définition de l'acquisition de données**

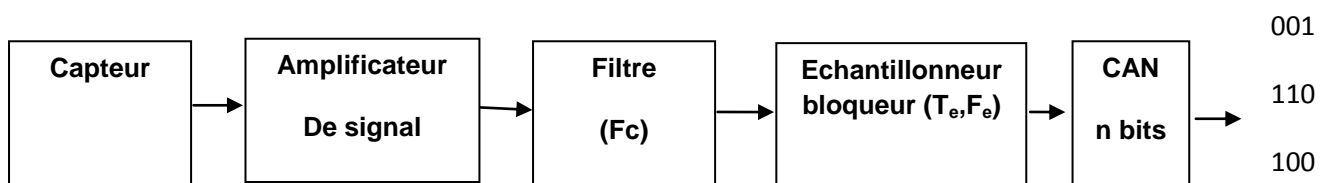
En général l'acquisition est l'action qui consiste à obtenir une information et à acquérir des données pour le contrôle de processus, ce dernier est bâti autour d'un calculateur analogique ou numérique dont le rôle est le traitement de l'information.

#### **I-1.1. Acquisition de données analogiques**

L'acquisition de données analogiques est la numérisation de données, c'est un processus indispensable dans l'automatisation des tâches. Elle désigne l'opération de conversion de données analogiques en données numériques. D'une manière générale, c'est la compilation d'informations destinées à être traitées par un ordinateur. Autrement dit c'est l'interface entre le monde analogique constitué par les capteurs de grandeurs physiques et des conditionneurs de signal et le monde numérique constitué de CAN, des organes de traitement numérique et des commandes qui peuvent être des systèmes à microprocesseur.

#### **I-1.2. La chaîne d'acquisition de données analogiques**

La structure d'une chaîne d'acquisition de données analogiques peut se présenter comme suit :



Fig(I-2) : Chaîne d'acquisition de données analogiques

#### **I-1.3.1. Les capteurs :**

C'est l'interface entre le monde physique et le monde électrique, il va délivrer un signal électrique image d'un phénomène physique que l'on souhaite mesurer, (température pression...etc.).

On distingue deux types de capteurs :

### **a) Capteurs actifs**

Ils se comportent comme des générateurs, ils fournissent une grandeur active (tension, courant, charge électrique) sans source externe, le thermocouple par exemple.

### **b) Capteurs passifs**

Il s'agit d'impédance dont l'un des paramètres déterminant est sensible au mesurande. Ils nécessitent une source d'alimentation externe (générateur de courant ou tension) ils dissipent de l'énergie sous forme de chaleur par effet joule( $RI^2$ ) ou emmagasinent de l'énergie sous forme électrostatique ou électromagnétique.

- **La sonde PT100**

La PT100 est une sonde de température régulièrement utilisée dans l'industrie pour la mesure de la température. « PT » représente le mot platine qui est le matériau principal de la sonde la plus utilisée en raison de son inertie chimique (inoxydable) qui lui confère une grande stabilité et dont la plage d'utilisation s'étend entre  $-200^{\circ}\text{C}$  et  $1000^{\circ}\text{C}$ . « 100 » détermine la valeur ohmique de la sonde à zéro degré centigrade. La « PT100 » est donc une résistance qui vaut 100 ohms à une température ambiante de  $0^{\circ}$  centigrade. La résistance de la sonde s'élève en fonction de l'augmentation de la température ambiante selon la loi d'évolution suivante :

$$R(T) = R_0[1 + AT + BT^2 + CT^3(T - 100)]$$

T : température exprimée en  $^{\circ}\text{C}$ .

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

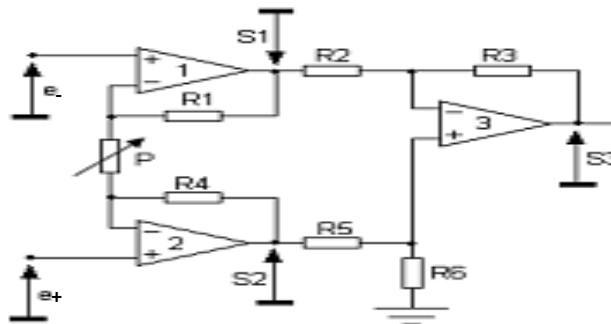
A, B, C : coefficients dépendent de la nature du métal utilisé (platine).

- **Le conditionneur**

C'est un dispositif électronique qui permet la conversion de la grandeur électrique fonction de la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique normalisée (tension ou courant). Si nécessaire, le conditionneur du signal réalise la linéarisation de la grandeur électrique normalisée en fonction de la grandeur physique à mesurer.

Les capteurs modernes intègrent de plus en plus fréquemment la fonction conditionneur du signal, il faut alors les alimenter avec une tension donnée par le constructeur.

Le schéma de la fig(3) représente le montage de l'amplificateur d'instrumentation, constituant le conditionneur du capteur de pression différentielle. Les entrées  $e_+$  et  $e_-$  représentent respectivement la sortie (+) et la sortie (-) du capteur.



**Fig(I-3) : Schéma du conditionneur du capteur**

Le bloc formé par les amplificateurs 1, 2 et 3 représente le conditionneur. Le potentiomètre P permet d'avoir un gain variable pour bien étalonner la mesure.

### • **Étalonnage du capteur**

L'étalonnage nous permet de se renseigner sur la sensibilité du capteur et sur la linéarité de sa réponse ou non par rapport à la variation de ce mesurande.

### **I-2. Amplificateur de signal**

Les signaux électriques issus d'un capteur par exemple le thermocouple sont généralement de faible niveau, si l'on souhaite de travailler avec une bonne précision, il est nécessaire de les amplifier. Mais cette amplification ne doit concerner que le signal utile. Or ce dernier côtoie bien souvent une tension parasite (souvent de même ordre de grandeur que le signal utile) ainsi qu'une tension de mode commun due au conditionneur associé au capteur .il

faut donc faire une amplification sélective qui élimine ou atténue fortement tout signal ne contenant pas d'informations pour ne garder que le signal capteur.

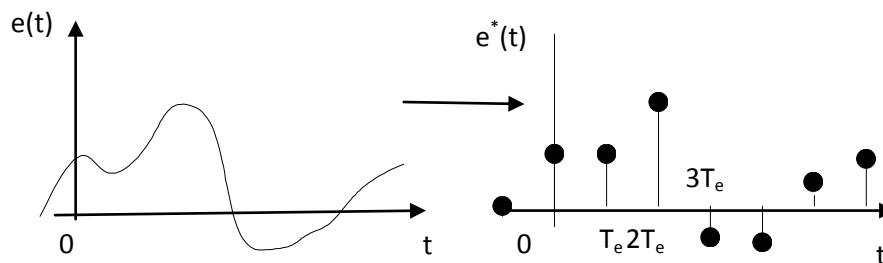
### I-3. Filtre d'entrée

Ce filtre est appelé aussi filtre anti-repliement, son rôle est de limiter le contenu spectral du signal aux fréquences qui nous intéressent. Ainsi il élimine les parasites ; c'est un filtre passe bas que l'on caractérise par sa fréquence de coupure.

Dans la réalité le spectre est de largeur infinie, donc il y a toujours repliement de spectre. Il est donc nécessaire de filtrer le signal d'origine afin de limiter cet effet de repliement.

### I-4. Echantillonnage

L'échantillonnage consiste à représenter un signal analogique  $s(t)$ , continu dans le temps, par un ensemble de valeur discrètes  $s(n.T_e)$  avec  $n$  entier et  $T_e$ , période d'échantillonnage. Cette opération est réalisée par un échantillonneur souvent symbolisé par un interrupteur.



**Fig(I-4): Allure d'un signal échantillonné**

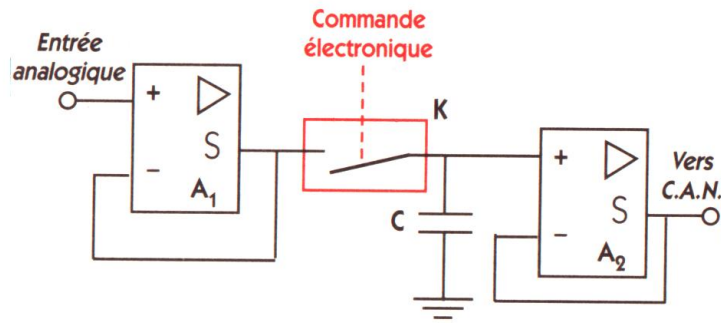
Pour que l'acquisition soit possible, il faut que le temps de conversion  $t_c$  soit inférieur à la période d'échantillonnage :

$$t_c < T_E$$

De plus, si le signal à convertir varie trop rapidement, c'est à dire que la première condition n'est pas respectée, il est nécessaire de procéder au blocage du signal pour avoir une conversion sans erreur.

Pour maintenir constante la tension appliquée à l'entrée du convertisseur, il est nécessaire d'utiliser un échantillonneur-bloqueur qui mémorise la tension à convertir et la maintient constante pendant toute la durée de conversion.

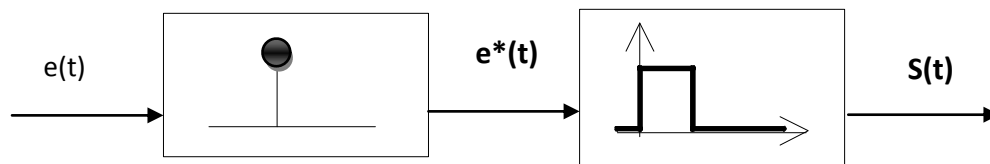
### I-5.L'échantillonneur-bloqueur



Fig(I-5) : Echantillonneur bloqueur

Il est constitué de :

- **Un amplificateur d'entrée (A1)** qui offre une haute impédance d'entrée au signal analogique et une basse impédance de sortie pour une charge rapide du condensateur de mémorisation C, après la fermeture de K, c'est la phase mémorisation de la tension par le condensateur C,
- **Un amplificateur de sortie (A2)** qui présente une haute impédance d'entrée et permet, après l'ouverture de K, une décharge très lente de C, d'où une tension pratiquement constante appliquée par sa sortie à l'entrée du C.A.N.



Fig(I-6): Association d'un bloqueur à un échantillonneur

### I-6.Convertisseur analogique numérique(CAN)

Le but du CAN est de convertir un signal analogique continu en un signal discret, et cela de manière régulière (à la fréquence d'échantillonnage).C'est un montage électronique

dont la fonction est de générer à partir d'une valeur analogique, une valeur numérique (codée sur plusieurs bits), proportionnelle à la valeur analogique d'entrée. Le plus souvent il s'agit de tensions électriques.

### I-6.1. Quantification

La quantification consiste à associer à une valeur réelle  $x$  quelconque, une autre valeur  $x_q$  appartenant à un ensemble fini de valeur.

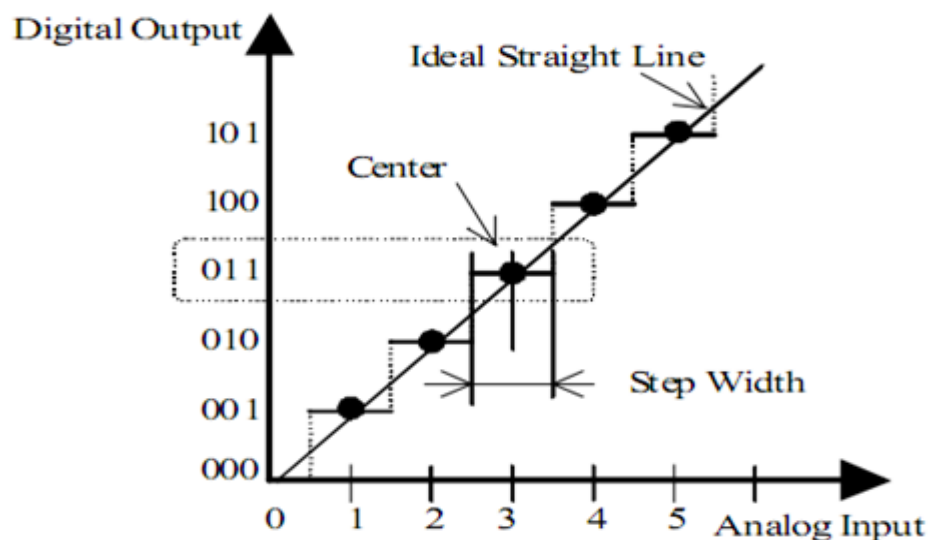
Cette action fait apparaître la notion de :

- **résolution** : nombre de bits utilisés pour coder la valeur analogique
- **quantum** : « n bits » vont permettre de distinguer  $2^n$  niveaux de tensions réparties de  $-V_m$  à  $+V_m$

On a ainsi un pas de quantification  $q = \frac{2V_m}{2^n}$

### I-6.2. Codage

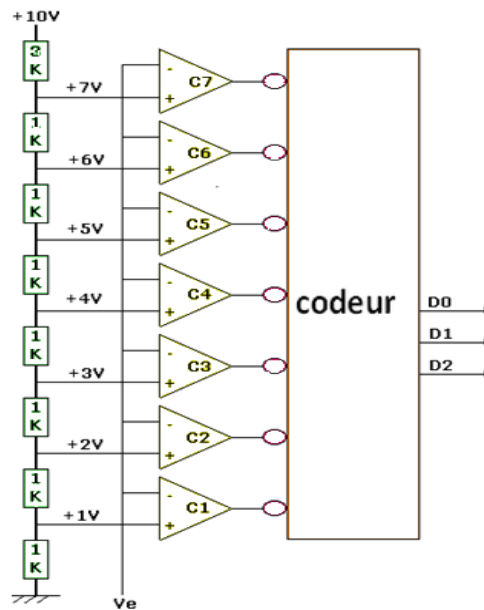
Le codage consiste à associer à l'ensemble de valeurs discrètes un code composé d'éléments binaires.



Fig(I-7) : Caractéristique entrée-sortie d'un CAN

**I-6.3.Principe d'un convertisseur parallèle (flash)**

Le convertisseur parallèle est le plus rapide, il contient un grand nombre de circuits ; il a  $(2^n - 1)$  comparateurs, n étant le nombre de bits du convertisseur. Dans l'exemple ci-dessous, il y a 7 comparateurs pour un convertisseur 3 bits.



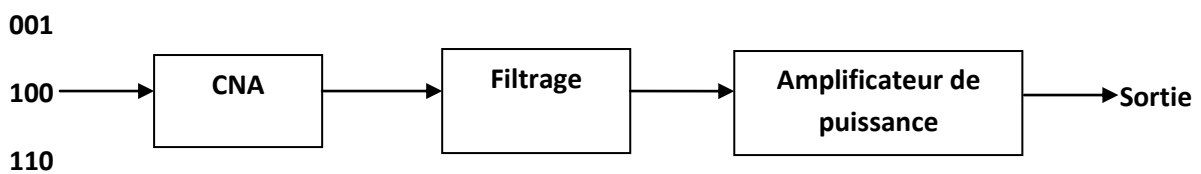
**Fig(I-7) : Principe de fonctionnement d'un CAN**

**I-7.Restitution du signal :**

La chaîne d'acquisition est toujours associée à une chaîne de restitution.

**I-7.1. Chaîne de restitution du signal :**

Pour restituer le signal il faut effectuer l'opération inverse de la conversion analogique numérique, d'où la nécessité d'un convertisseur numérique analogique, un filtre et un amplificateur du signal.



**Fig(I-7) : Chaîne de restitution du signal**

**I-7.1.1. Le convertisseur numérique analogique (CNA) :**

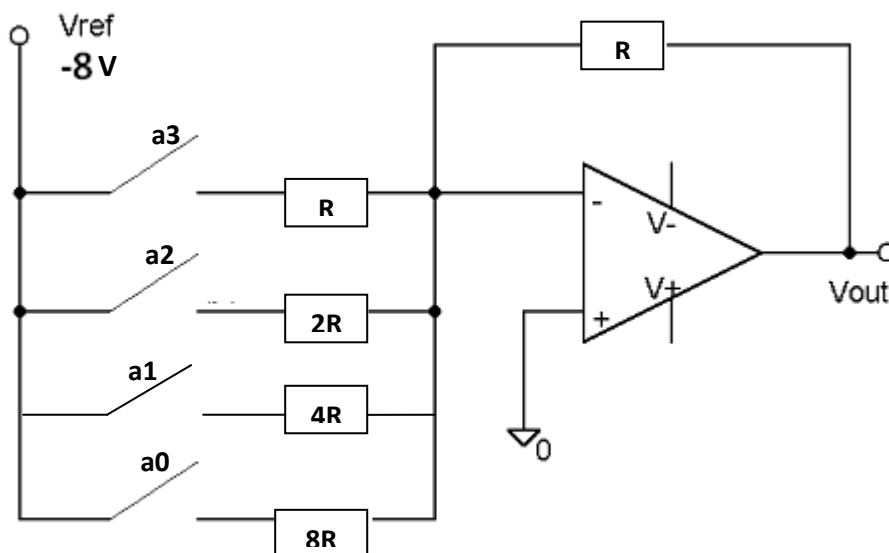
Il effectue l'opération inverse du CAN, il assure le passage du numérique vers l'analogique en restituant une tension proportionnelle au code numérique.

– **Principe d'un CNA**

Chaque bit va être associé à un interrupteur qui connectera (1) ou non (0) une source de courant sur la sortie.

– **Structure d'un CNA :**

Il permet de restituer en analogique une grandeur préalablement convertie en binaire (ou générée par un microprocesseur). L'idée de base repose sur le transistor MOS dont la conductance est affectée par le potentiel de sa grille. On va ainsi faire correspondre à un code binaire à  $n$  bits  $n$  transistors MOS dont les grilles seront affectées respectivement par un bit qui selon qu'il sera 1 ou 0 (c'est à dire le plus souvent 5V ou 0) rendra le transistor conducteur ou non. La quantité numérique est placée dans un registre à  $n$  bits qui sera adressé en parallèle sur les  $n$  grilles commandant chacune une voie d'un additionneur. On va ainsi faire correspondre à chaque coefficient  $a_n$  non nul une tension pondérée par une résistance et l'amplificateur va effectuer la somme.



**Fig(I-7) : Schéma synoptique de principe de fonctionnement de CNA**

$$I = -\frac{V_s}{R} = V_{réf} \left( \frac{a_3}{R} + \frac{a_2}{2R} + \frac{a_1}{4R} + \frac{a_0}{8R} \right)$$

Avec  $a_i=1$  si fermé et  $a_i=0$  si ouvert

$$v_s = 2^3 \cdot a_3 + 2^2 \cdot a_2 + 2^1 \cdot a_1 + 2^0 \cdot a_0$$

### **I-7.1.2. Le filtre de sortie**

Son rôle est de « lisser » le signal de sortie pour ne restituer que le signal utile. Il a les mêmes caractéristiques que le filtre d'entrée.

### **I-7.1.3. Amplificateur de puissance**

Il adapte la sortie du filtre à la charge.

## **Conclusion**

En automatisme, le système d'acquisition de données représente l'interface entre l'ordinateur et le capteur. Ce système composé de carte électronique et de logiciel informatique permet de recueillir automatiquement les informations analogiques ou numériques provenant du capteur et de les envoyer vers les centres de contrôle afin de les visualiser ce qui est le principe du système SCADA.

## **Chapitre II: description du système SCADA**

### **Introduction**

Les premiers systèmes SCADA sont apparus dans les années 1960. Pour la première fois il devenait possible d'actionner une commande de terrain (une vanne par exemple) depuis un centre de contrôle à distance, plutôt que par une intervention manuelle sur site. Aujourd'hui, les dispositifs SCADA ont intégré de nombreuses avancées technologiques (réseau électrique, informatique...) et sont devenus omniprésents sur les installations à caractère industriel. De ce fait, leur fiabilité et leur protection sont également devenues des enjeux importants.

### **II-1. Définition du système SCADA**

C'est un système informatique interconnecté aux moyens d'un réseau de communication assurant la surveillance et le contrôle de tout un ensemble d'équipements électriques, mécaniques ou électroniques qui sont utilisés dans un procédé industriel (Métro, production de gaz, approvisionnement d'eau, production d'énergie électrique etc...). Cette supervision centralisée permet aux opérateurs, depuis le centre de contrôle, de commander et de contrôler les équipements dans leur domaine d'exploitation et de traiter, en temps réel, les différents types de données.

### **II-2. Les fonctions du système SCADA**

L'acquisition des signaux numériques ou analogiques transmis par les équipements à contrôler :

- L'émission d'ordre de commande du système central vers les équipements, terminaisons.
- La visualisation, sous plusieurs formats, des événements survenus (statuts, alarmes, détections, incidents, ...),
- L'exécution automatique de séquences de contrôle prédéfinies,
- La simulation des actions qui pourraient être engagées,
- L'archivage hiérarchique des événements survenus,

## Chapitre II : Description du système SCADA

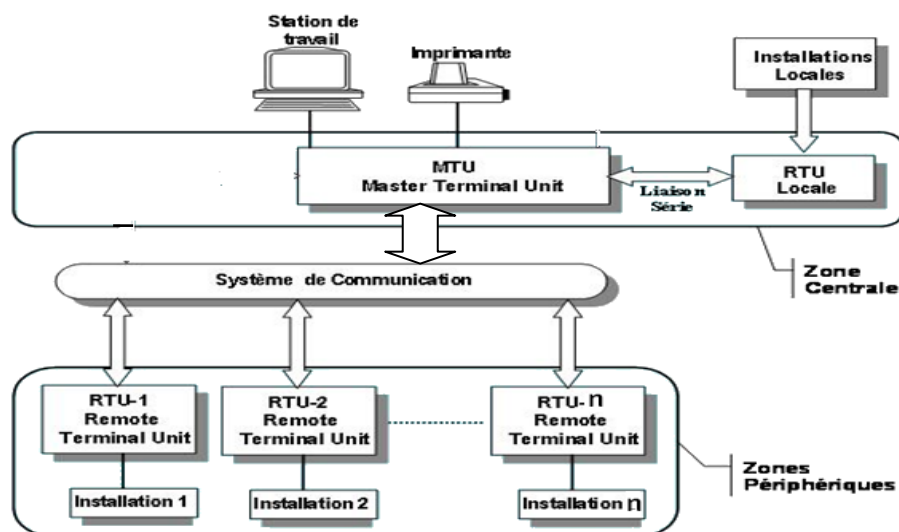
- La visualisation des événements,
- Les outils d'aide à la décision,
- Les outils de simulation pour la formation du personnel.

Le système (SCADA FOXBORO) installé à hassi R'mel possède les fonctions suivantes :

- possibilité d'interconnexion entre différents réseaux de télécommunication (gigabit Ethernet, etc..).
- Autodiagnostic de tous les équipements reliés au système SCADA.
- Mémorisation et récupération de données.
- Calcul et gestion des paramètres.
- Calcul de bilan de production sur une base de temps variable.
- Visualisation de graphiques, de tableaux de mesures et d'alarmes.

### II-3. Architecture du système SCADA

Le rôle principal du système SCADA est d'envoyer des commandes vers les sites et de collecter les données à partir des instruments de mesure se trouvant au niveau des sites. Le schéma de base d'un tel système peut être représenté comme suit



Fig(II-1) : Architecture du système SCADA

D'après le schéma précédent on peut distinguer deux zones principales :

### ***II-3.1. Zone centrale***

C'est la zone où sont collectées et traitées toutes les données arrivant des installations éloignées (puits ou modules) qui dépendent de cette zone. Cette dernière se situe au niveau des modules et se compose principalement :

- D'ordinateurs pour le traitement en temps réel des données collectées et pour le calcul des bilans.
- De deux stations graphiques pour la visualisation des données collectées ainsi que la situation au niveau des installations.
- D'une ou plusieurs imprimantes pour l'impression des données les plus importantes.
- De mémoires de masse (disques durs) pour un éventuel stockage ou archivage des données traitées (tels que les bilans de production).
- D'un organe d'acquisition local (remote terminal unit locale) de données arrivant des instruments d'installations rapprochées (installations au niveau des modules).

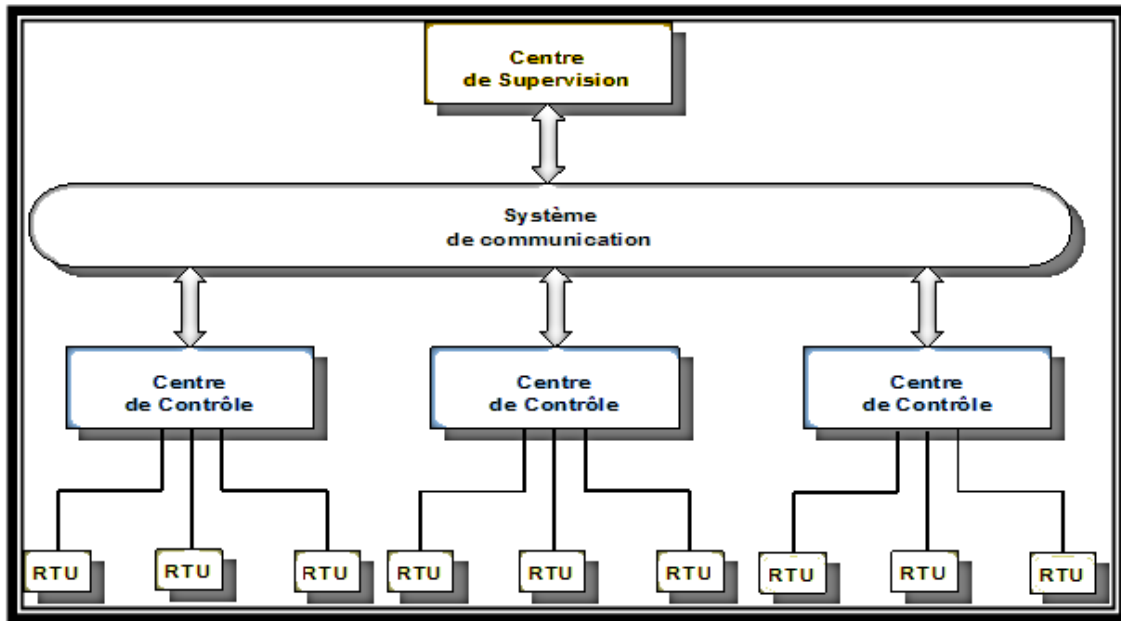
### ***II-3.2. Zone périphérique***

Cette zone est localisée au niveau des sites (installations éloignées). Elle a pour rôle l'acquisition de données relatives aux sites. Elle est constituée essentiellement de :

- Instruments au niveau des puits tels que les transmetteurs de température, de pression...etc.
- Station d'acquisition de données appelée **Remote Terminal Unit (RTU)**

## ***II-4. Centre de supervision***

Le système SCADA de Hassi R'mel comporte plusieurs zones centrales, celles ci sont reliées vers un centre de supervision.



Fig(II-2) : Architecture du centre de supervision

Ce centre a pour rôle la collecte de toutes les données parvenant des zones centrales. A ce niveau on dispose d'une vue générale sur toutes les installations contrôlées par le système SCADA

### II-5. Les installations du système SCADA de Hassi R'mel

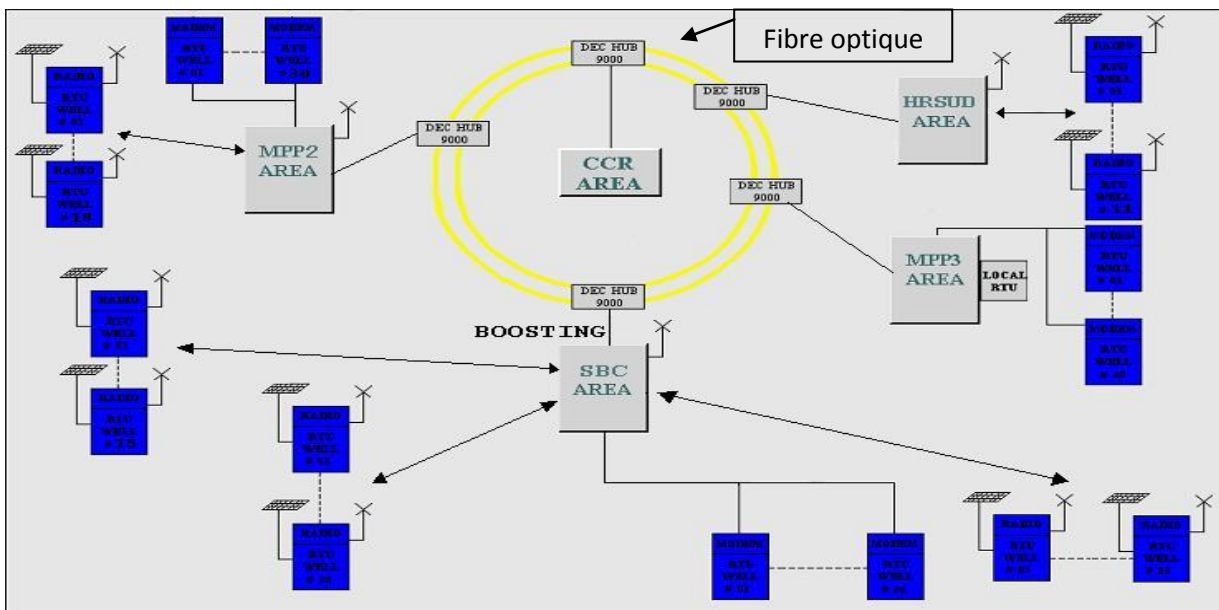
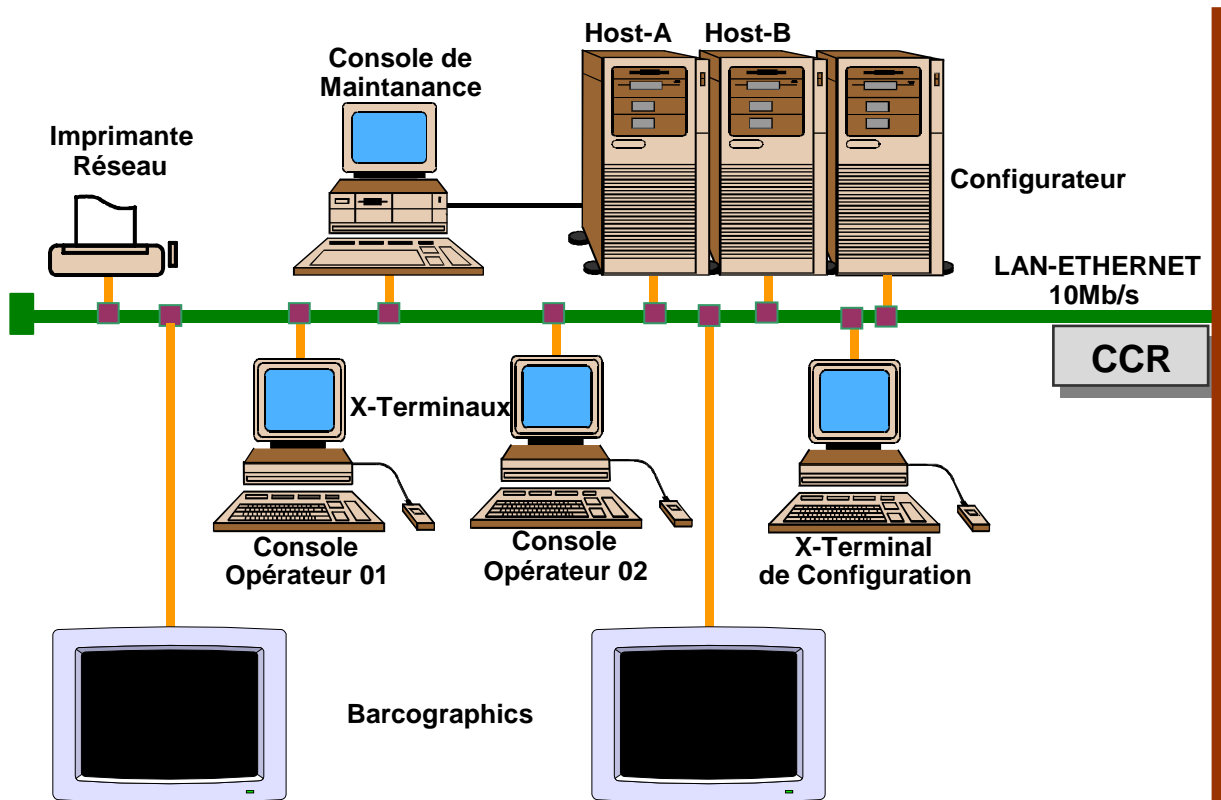


Fig (II-3) : Schéma de l'installation générale du système.

II-5.1. Centre de Contrôle Régional de Hassi R-mel



Fig(II-4) : Centre De Supervision CCR de Hassi R'mel

Les fonctions principales du centre de supervision CCR sont les suivantes :

- Collecte de données envoyées par chaque centre de contrôle (au niveau des modules).
- Affichage de l'état des différentes installations telles que les puits ou les installations au niveau des modules.
- Configuration de la base de données concernant les différents centres de contrôle en utilisant le configurateur qui se trouve au niveau de la salle machine de CCR.
- Impression des différents rapports.

### ***II-5.2. Les centres de contrôle ou modules***

Ils représentent les zones centrales du système. Les fonctions principales assurées par les différents centres de contrôle concernant les installations et les puits contrôlés par les modules où sont basés ces centres de contrôle. Elles peuvent être résumées comme suit :

- Acquisition des données des RTUs localisées au niveau des puits.
- Acquisition des données locales concernant les installations au niveau du module.
- Notification des alarmes et des événements.
- Affichage de l'état actuel du champ.
- Envoi de commandes (télé fermeture des puits) vers les RTUs sur requête de l'opérateur.
- Impression des rapports.
- Envoi des données vers le Centre de supervision (CCR)

### ***II-6. Les équipements du système SCADA***

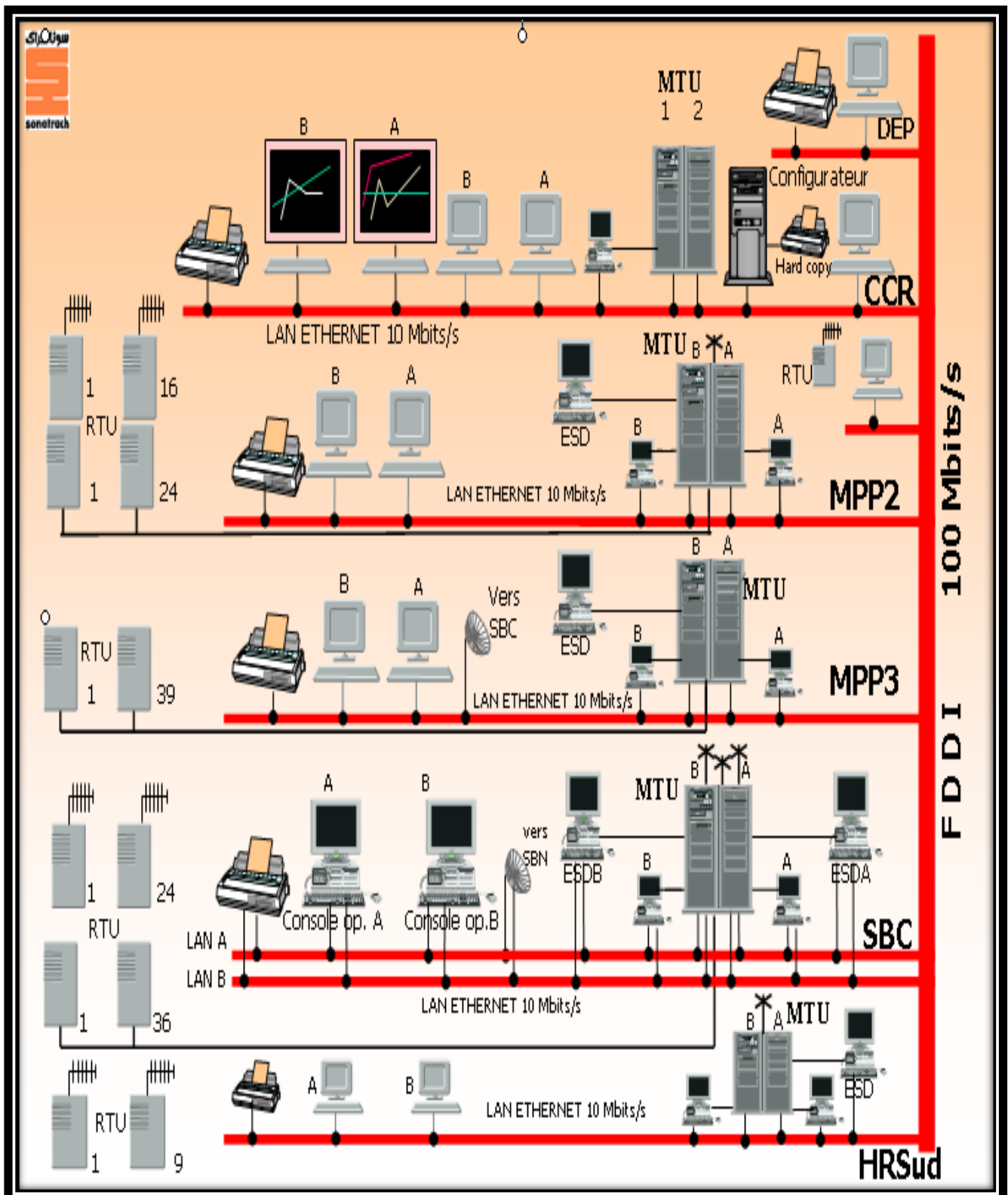
Tout système informatique est composé de deux parties :

- Une partie matérielle.
- Une partie logicielle.

#### ***II-6.1. La partie matérielle***

Le schéma de la fig(5) représente les différents équipements de système SCADA de Hassi R'mel.

## Chapitre II : Description du système SCADA



Fig(II-5) : les équipements de système SCADA

### **II-6.1.1. Équipements au niveau des zones centrales**

Les centres de contrôle sont situés au niveau des modules MPP1, MPP2, MPP3 et MPP4. Les matériels ainsi que la configuration est similaire sauf en ce qui concerne les liaisons. Il en est de même pour les spécifications fonctionnelles de chaque type de matériel au niveau de ces modules.

- 02 ordinateurs principaux ou Hosts qu'on désigne par le terme MTU (Master Terminal Unit).
- 02 consoles de maintenance.
- 01 imprimante.
- 02 X-Terminaux.
- 01 console d'urgence (emergency console).
- 01 Dec Hub 900.

### **II-6.1.2. Le configurateur**

Le rôle de cette station est assez particulier, en effet, celle ci n'est pas chargée d'assurer le fonctionnement du système SCADA mais plutôt de sa configuration et de son initialisation (la base de données). Ses fonctions principales peuvent être résumées comme suit :

- Configuration du système et son dimensionnement.
- Configuration de la base de données.
- Configuration de l'interface homme/machine.
- Configuration des processus d'application automatiques et des programmes usagers (PAU).
- Configuration des diagnostics et de la récupération de la base de données.

Après avoir accompli toutes ces configurations la base de données et les programmes d'applications sont distribués à partir du configurateur du CCR vers les Hosts du CCR et des autres Hosts au niveau des modules (distribution du système).

### **II-6.1.3. Les Hosts ou MTUs**

Assurent l'archivage des données et les historiques Il en existe deux hosts pour assurer une redondance du système et permettre ainsi une plus grande disponibilité, en effet, lorsque le système est fonctionnel l'un des Hosts (MTU) jouera le rôle de " Master ", c'est à dire que c'est lui qui contrôlera toutes les opérations au niveau de la zone centrale, l'autre sera " Backup " en suivant tous les changements des données en parallèle. Ainsi si le Master tombe en panne, le Host en Backup prendra la relève automatiquement pour éviter une interruption dans le fonctionnement du système.

Les fonctions principales des Hosts sont :

- le monitoring et l'affichage des valeurs et des alarmes en temps réel.
- l'impression des rapports.
- L'affichage des événements.
- Gère les diagnostics du système.
- Gestion du réseau local LAN ETHERNET.
- Acquisition de données arrivant des RTUs.
- Toutes les opérations de traitement des données (calculs, analyse...).
- Envoi des commandes de l'opérateur vers le champ.
- Envoi des données vers le centre

### **II-6.1.4 Les consoles de maintenance :**

Au niveau de chaque centre de contrôle on installe deux consoles de maintenance. Chacune est reliée à un Host pour pouvoir assurer sa maintenance en cas de panne et le redémarrage du Host.

### **II-6.1.5. L'Imprimante**

Elle a pour rôles principaux :

- Impression automatiquement (journaliers, mensuels et annuels).
- Impression automatique des alarmes, des événements et des défauts de fonctionnement du système au niveau des puits et des modules soit le matériel du système SCADA lui-même (Auto diagnostique).
- Impression de certaines données concernant les puits et les modules tels que température, débit, pression, etc...

### **II-6.1.6. Les X-Terminaux**

Ils sont directement reliés au réseau LAN pour envoyer une commande ou recevoir des données à partir des Hosts. Il en existe deux pour chaque centre de contrôle.

Les X-Terminaux sont des stations graphiques ayant pour fonction :

- Affichage et visualisation des synoptiques, des alarmes et des événements des différents puits associés aux modules et comprenant les informations suivantes :
  - ✓ Valeurs des différentes variables mesurées au niveau des puits.
  - ✓ Etat de chaque élément du puits (suivant la couleur d'affichage).
- Navigation à travers le système pour afficher ses différents éléments.
- Fonction d'interactivité permettant à l'opérateur d'introduire des commandes par simple clic sur le bouton approprié du <Track-ball> pour la télé fermeture des puits.
- Notification et visualisation des alarmes en temps réel concernant les installations au niveau des puits.

### **II-6.1.7 La console d'urgence (ESD)**

C'est un PC ayant les mêmes caractéristiques techniques que les consoles de maintenance des Hosts. Son rôle principal est la prise en charge du système en cas de défaillance des deux Hosts en même temps. Il est relié à ces deux derniers par un boîtier SUS

(Switching, Unit System) qui permet de réaliser une commutation des supports de communication entre les Hosts et la console d'urgence, il prend en charge les opérations urgentes en mode dégradé (ne fait pas d'affichage ni d'archivage ni de rapport de production). Gère uniquement les alarmes et les diagnostics sa fonction principale est la téléfermeture des puits en cas de danger.

### ***II-6.2. Support de communication du système SCADA***

Tous les équipements du système SCADA sont connectés entre eux par un réseau LAN 'Local Area Network' de type Ethernet de 10/100Mbits/s. De protocole de transmission TCP/IP. En utilisant des **DEC HUB 900** qui sont des commutateurs de très grande capacité permettant l'échange de données entre le réseau local LAN et l'anneau **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface) 100Mbits utilisant toujours le même protocole TCP/IP. (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).

Pour l'ancien système SCADA utilisé à Hassi R'mel, le support de communication de données était le câble en utilisant des modems, le vieillissement de ce dernier nécessitait un coût de maintenance très élevé. Ce qui a poussé la **SONATRACH HR** pour opter pour un nouveau système de communication entre les puits et la salle de contrôle des modules.

On distingue deux types de communications :

#### ***a) Les puits câblés***

La communication se fait à base d'un câble 16 paires en cuivre torsadé ; il faut une quarte pour chaque liaison.

#### ***b) Les puits Radio***

On utilise :

- 1) **MDS 4790**: (radio de base en salle de contrôle)



**MDS 4790**

## *Chapitre II : Description du système SCADA*

---

Microwave Data Systems (MDS) fournit des solutions de réseautage sans fil en développant des applications pour des systèmes d'acquisition et de contrôle de données (SCADA), de télécommunications et de transactions en ligne, Facile à configurer et à utiliser, la gamme de stations maîtresses redondantes à duplex intégral, MDS représente une fiabilité et simplicité d'emploi.

Elle travaille dans les plages de fréquences de 330 à 512MHz et de 800 à 960MHz, offre le meilleur débit et une communication en temps réel et gère tous les paramètres du réseau distant.

### ***Applications :***

- Systèmes de télémétrie SCADA
- Communications à adresses multiples
- Production et distribution de gaz/pétrole
- Services publics d'eau, de gaz et d'électricité
- Contrôle de la circulation
- Procédés de contrôle industriel

2) **MDS 4710**: (transmetteur de base au niveau des RTUs)



**MDS 4710**

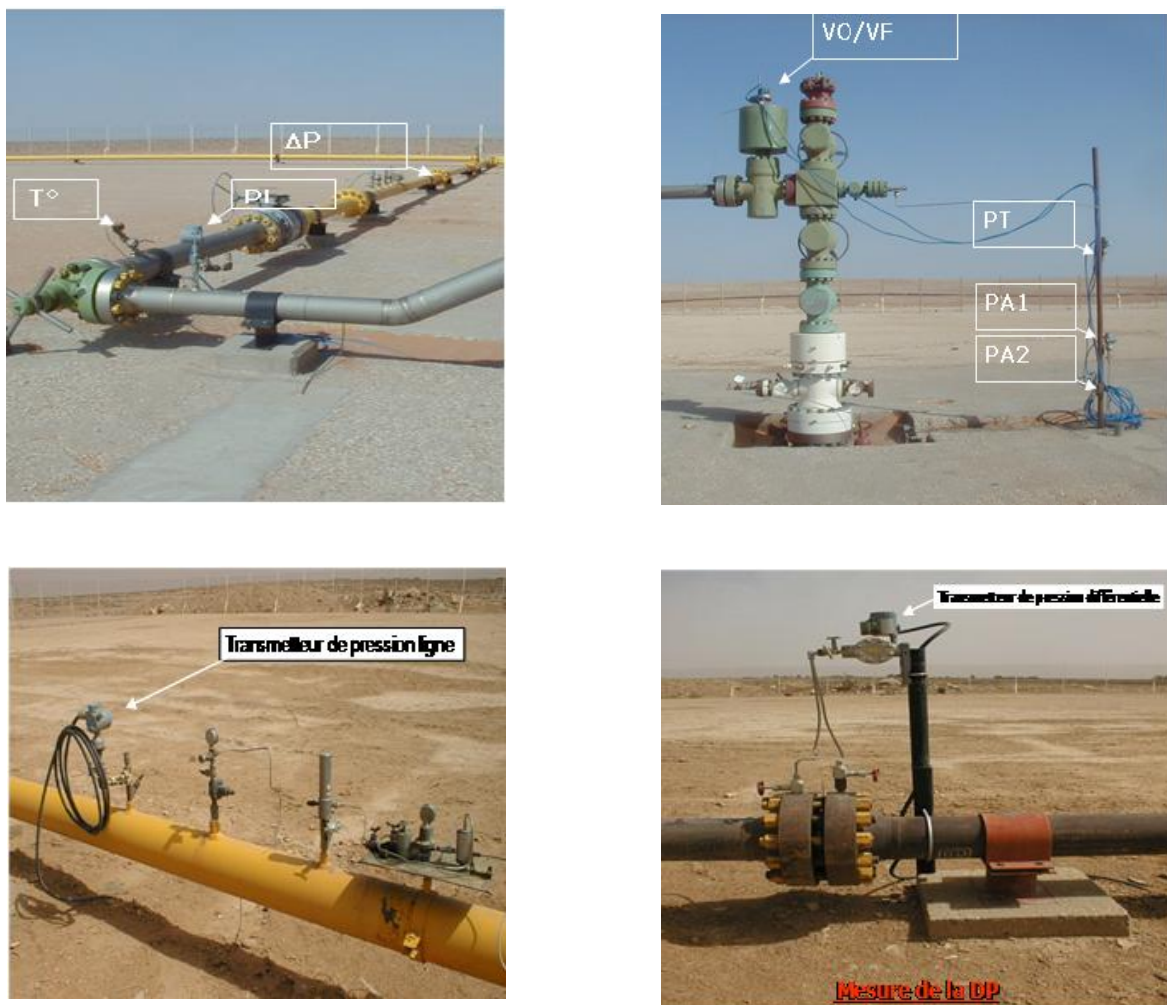
Ces émetteurs-récepteurs sont des radios à télémétrie de données conçues pour les environnements point-multipoint, comme par exemple la télésurveillance et acquisition de données et l'automatisation de la distribution (SCADA), l'automatisation en champ de gaz naturel, ainsi que les applications de traitement de transaction en ligne. Ils utilisent des commandes effectuées par microprocesseur et une technologie de traitement numérique du

## Chapitre II : Description du système SCADA

signal (TNS) qui permettent d'assurer des communications extrêmement fiables même dans des conditions défavorables.

Le système radio peut remplacer un réseau de contrôleurs à distance actuellement liés à un lieu central par une ligne téléphonique spécialisée. Dans le centre de commutation d'un tel système, il existe généralement un macroordinateur et la possibilité de basculer entre des lignes individuelles provenant de chaque contrôleur à distance. Ce type de système comporte un modulateur/démodulateur (modem) au niveau de l'ordinateur principal et de chaque site à distance. En règle générale, ce dernier est intégré au contrôleur à distance. Étant donné que le coût de location d'une ligne téléphonique à paire spécialisée est relativement élevé, une alternative avantageuse consiste à remplacer la ligne téléphonique par un accès radio.

### II-6.3. Les équipements au niveau des puits



Fig(II-6) : Les transmetteurs de température et pressions

### II-6.3.1. Les instruments de mesure

Les instruments de mesures captent les grandeurs physiques et les transforment en grandeurs électriques courant (4-20mA) ou tension (0-5V).

0% échelle → 4mA.

100% échelle → 20mA

0% échelle → 200mb

100% échelle → 1000mb

- **Les capteurs de température**

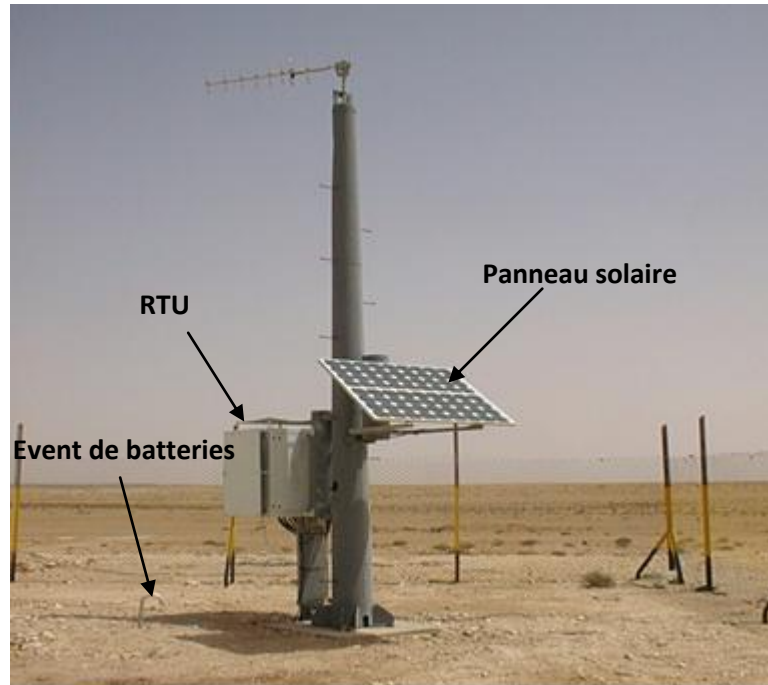
- Thermocouple : c'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente, donc les jonctions sont à des températures différentes T1 et T2. Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension (force électromotrice) liée à la différence de température (T1-T2).
- Thermistance CTN : résistance dont la valeur décroît rapidement avec la température.

- **Les capteurs de pression** : tel que le tube bourdon pour capter les différentes pressions.

- Pression de tête de puits
- Pression de ligne au puits
- Pression de l'annulaire 1 du puits
- Pression de l'annulaire 2 du puits

### II.6.3.2. Les équipements d'alimentation

- **pour un puits radio**



**Fig(II-7) : Equipements d'alimentation du puits radio**

Le générateur d'alimentation par panneaux solaires installé à l'extérieur, près de chaque puits, est situé dans un environnement considéré comme étant hors zone et donc non dangereux, il permet d'alimenter en énergie électrique les équipements SCADA(RTU)

Ce système est composé de :

- **Panneaux solaires**

Les panneaux solaires sont composés d'un ou plusieurs modules photovoltaïques, ils sont montés sur un mat de 15mètres et fixés solidairement au pylône, ils sont installés sur des supports avec un angle de 50°optimisant la réception des rayons solaires sur les mois les moins ensoleillés.

- **Batteries**

Les batteries permettent de stocker l'énergie solaire produite par les panneaux sous forme d'énergie électrique. Elles sont enterrées dans une fosse à proximité de pylône, un accès autorisera la maintenance de ces dernières.

- **Régulateur**

Le régulateur assure la charge des batteries et la décharge de ces dernières en fonction de la production des panneaux solaires et des besoins en énergie des équipements SCADA. Le régulateur déconnecte les panneaux solaires en cas de plain charge des batteries. Il est monté dans le coffret RTU.



- **Le coupe-circuit**

Le système panneaux solaires est complété par un coupe-courant pour l'isolation des batteries pendant les travaux de maintenance, il est monté à l'intérieur du coffret RTU.

### **L'autonomie**

L'autonomie du système de génération d'énergie électrique est de 8 jours, sans soleil, en pleine charge.

#### **- Pour un puits câblé**

L'alimentation se fait par un câble d'énergie (1000V) venant de la salle de contrôle relié à un transformateur abaisseur 1000/220V qui se trouve dans le shelter RTU.

### ***II-7. La partie logicielle***

#### ***II-7.1. Les logiciels de base et utilitaires***

##### ***II-7.1.1. Le système d'exploitation***

Le système d'exploitation utilisé est l'UNIX, qui est un système standard largement répandu parmi les usagers de mini-ordinateurs et de processeurs centraux. UNIX s'écrivait à l'origine UNICS (UNIplexed Information and computing système), il est étayé par tous les constructeurs de matériels et par de nombreux producteurs de logiciels.

Aujourd'hui, UNIX reste très utilisé dans le monde scientifique et industriel car il offre une très grande stabilité et un niveau de sécurité élevé notamment en matière de réseau d'ordinateurs.

##### ***II-7.1.2 Caractéristiques d'UNIX***

- Portabilité : (écrit en C)
- Multiutilisateurs : plusieurs utilisateurs peuvent connecter et travailler en même temps

(Chaque utilisateur a son environnement personnel)

- Multitâche : un même utilisateur peut lancer plusieurs travaux simultanément.
- Interactif: il est possible de dialoguer avec l'ordinateur. Possibilité aussi de lancer des processus (tâches) en arrière plan et en mode différé (batch).
- Un système de fichier hiérarchisé : (organisation arborescente)
- Un mécanisme de protection avec:
  - Identification des utilisateurs par mot de passe
  - Protection des fichiers.

##### ***II-7.1.3. Le noyau temps réel***

Un noyau 3 real time '' est inclus dans le système d'exploitation, il est renforcé par le système OS9 qui est un système d'interface usager (Unix-Like) pour gérer efficacement les processus en temps réel. Les caractéristiques principales du noyau sont :

- Commutation haute vitesse des contextes.
- Messagerie temps réel.
- Programmes résidents.

Ce noyau gère les tâches de base du système:

- l'initialisation du système
- la gestion des ressources
- la gestion des processus
- la gestion des fichiers
- la gestion des E/S

L'utilisateur communique avec le noyau par l'intermédiaire d'un Shell. Les Shells sont des langages de commande et de programmation.

### ***II-7.2. Outils soft***

#### ***II-7.2.1. Langage C***

Tous les sous-systèmes SCADA sont développés en langage 'C', un langage largement répandu dans les systèmes de cette classe en raison de sa souplesse, son efficacité et sa disponibilité sur un large spectre de machines.

L'apparition du langage C a développé le système d'exploitation Unix. Il est très utilisé pour le développement d'applications sous station Unix et PC. Depuis quelques années il a fait son entrée dans le monde des microcontrôleurs. Il permet de bénéficier d'un langage universel et portable pratiquement indépendant du processeur utilisé. Il évite les tâches d'écritures pénibles en langage assembleur et élimine ainsi certaines sources d'erreurs.

#### ***II-7.2.2. Applications Software***

L'architecture software du système SCADA est basée sur les systèmes opérationnels Unix et OS9 (la dernière version de l'UNIX, la plus aboutie et la plus stable du système original) et les paquets de logiciels (sous-systèmes) développés par la société **Nuovo-Pignone** en langage 'C'.

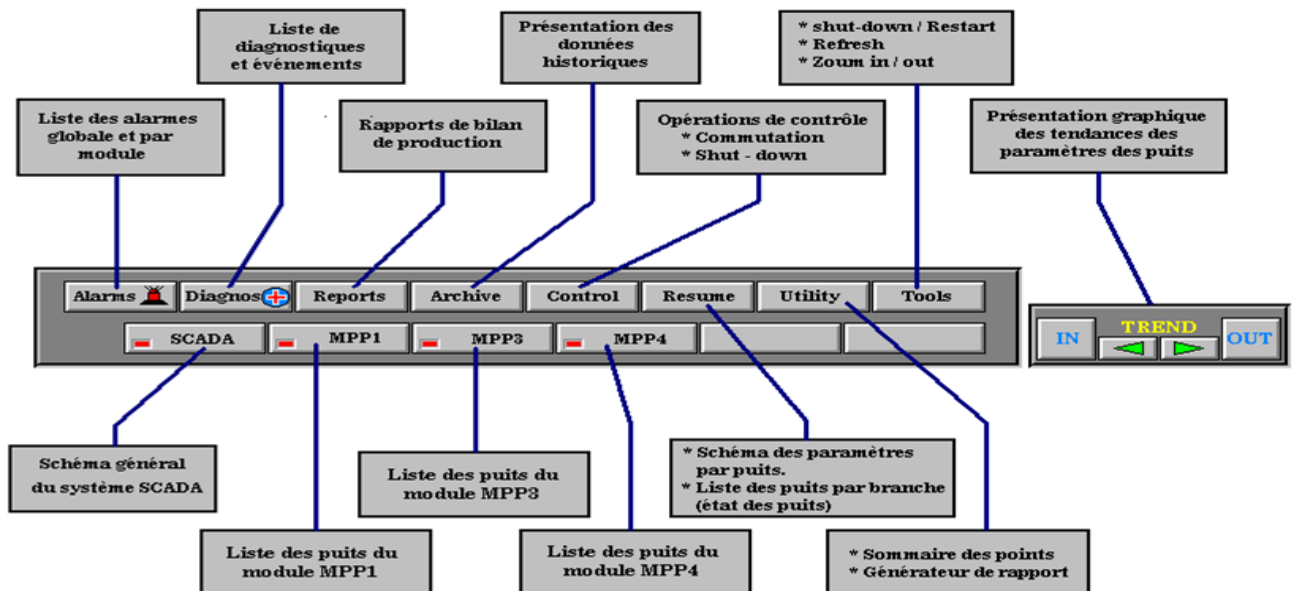
Chaque nœud du système est fourni avec des applications Soft résidentes sur disque permettant d'accomplir les différentes fonctions requises par le système SCADA.

### II-8. Les Ecrans graphiques et les jeux de couleurs

#### II-8.1. Le menu général

L'écran de l'X-Terminal se compose de deux parties

a) *le menu supérieur*, d'où il est possible de rappeler toutes les modalités opérationnelles.



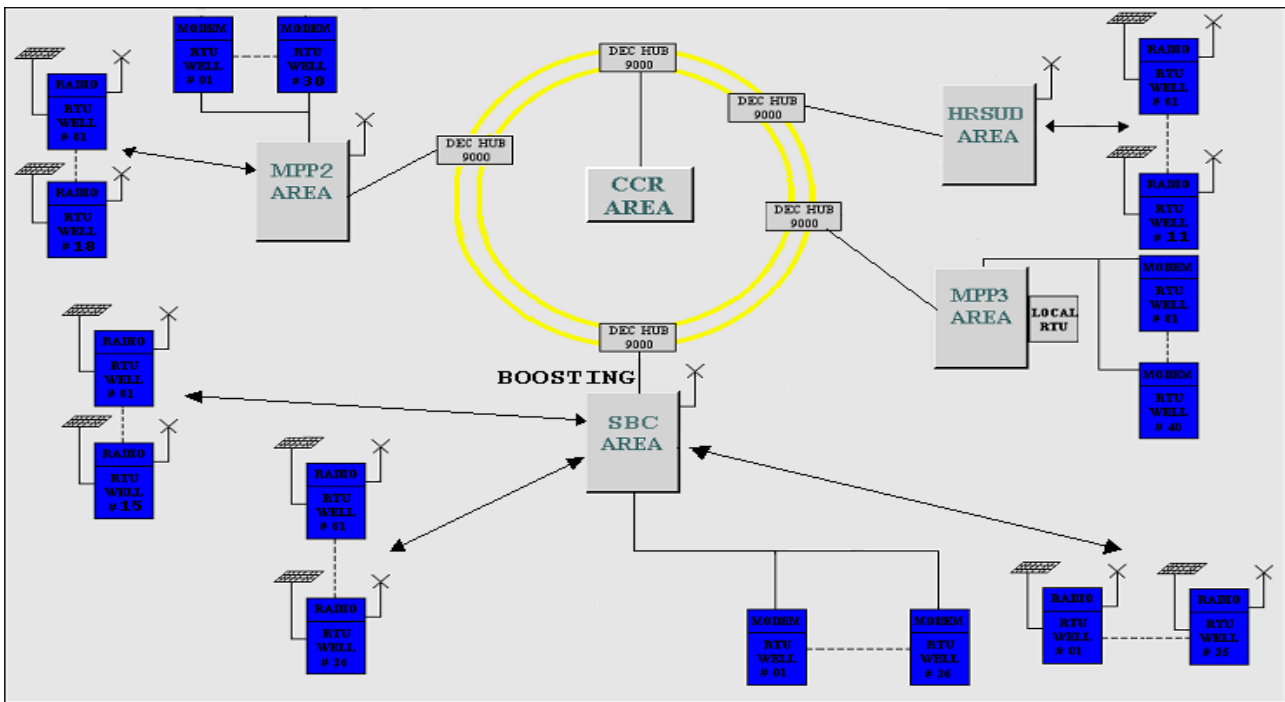
**Fig(II-8) : Schéma des modalités opérationnelles**

b) *Le menu inférieur* où apparaissent les requêtes effectuées par l'opérateur.

*Exemple :*



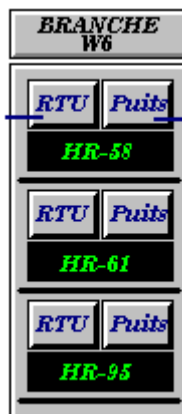
Permet de visualiser tous les modules et puits qui lui sont associés :



Fig(II-9) : Architecture du système SCADA Hassi R'mel





Permet de visualiser les schémas des puits de chaque module ainsi que la RTU associée à chaque puits



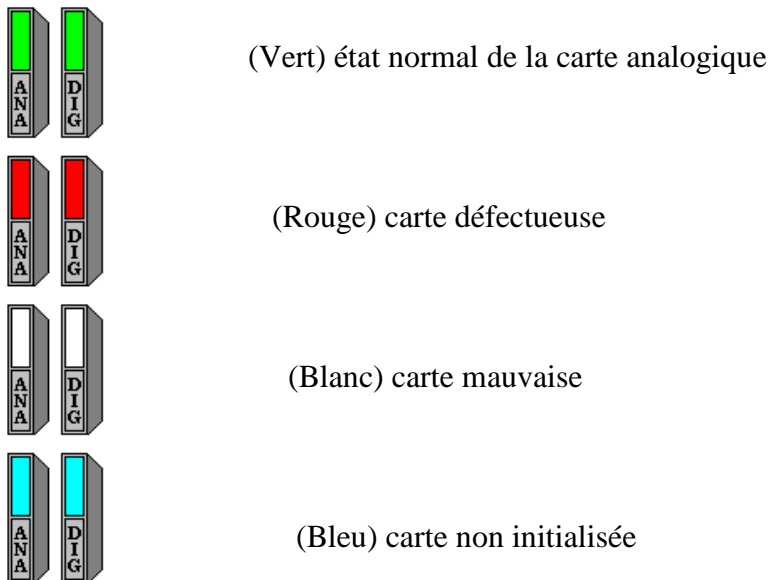
Fig(II-10) : visualisation du schéma du puits et de l'RTU

### RTU

Le bouton RTU nous permet de visualiser l'état de l'RTU.

-  (Vert) RTU sous contrôlée.
-  (Rouge) RTU non contrôlée.

Ainsi l'état des cartes I/O digitale et analogique, suivant la couleur.



### Puits

Ce bouton nous permet de visualiser l'état des puits et ces différents paramètres

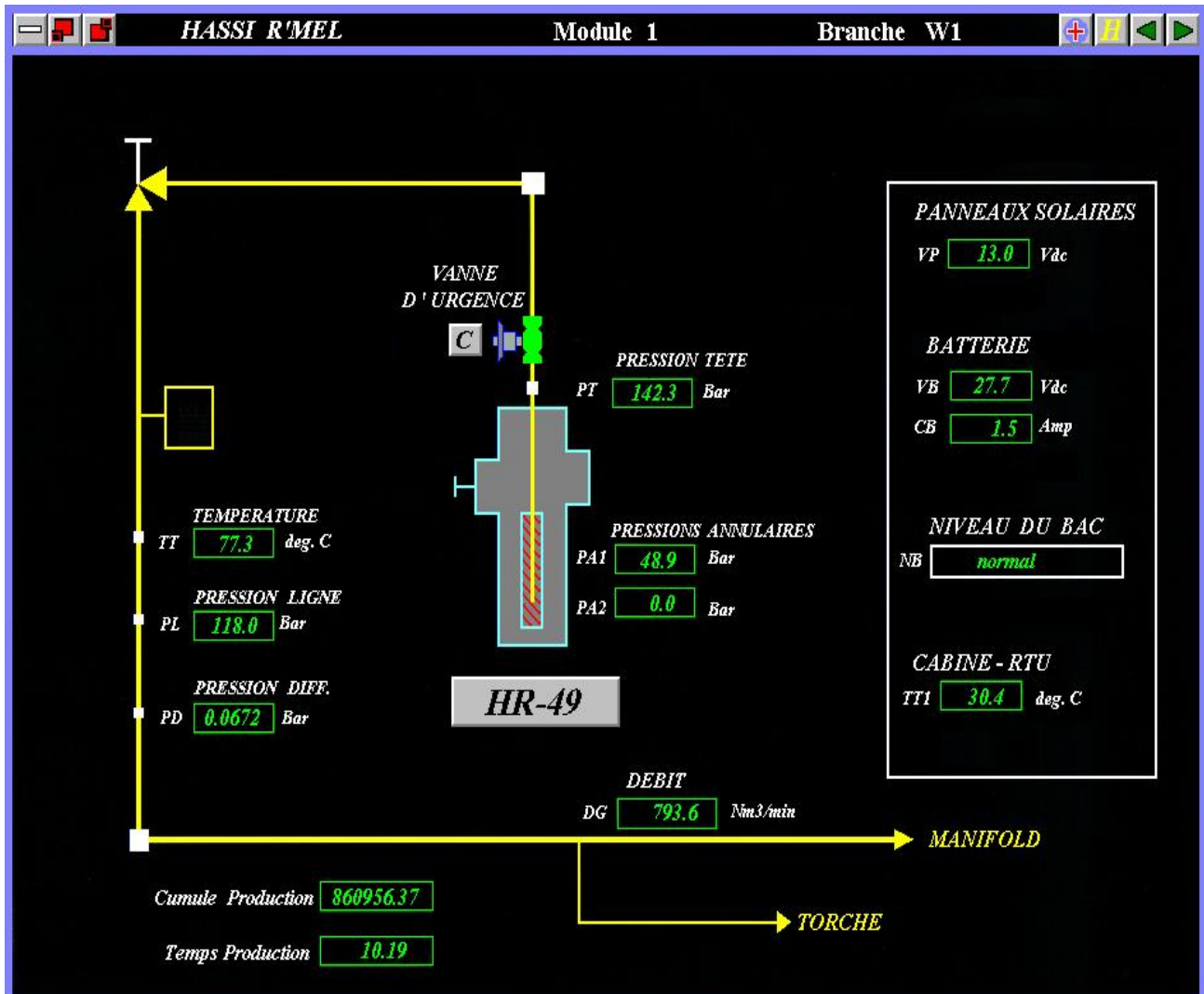


Fig (II-11) : Schéma du puits et ces différents paramètres

### Conclusion :

Un dispositif SCADA est constitué d'une partie hard (contrôleurs, réseaux de communications ...), et d'une partie soft pour la gestion d'entrées- sortie et une interface homme machine.

Le SCADA permet à l'opérateur de commander les installations sur sites via des terminaux distants dit RTU (remote terminal unit).

## **Chapitre III : étude d'une RTU du système SCADA**

Le système SCADA nécessite une interface entre les différents capteurs se trouvant au niveau des champs et les salles de contrôle. Ce dispositif est particulièrement conçu pour communiquer avec les salles de contrôle de système SCADA, en utilisant le réseau de transmission le plus approprié.

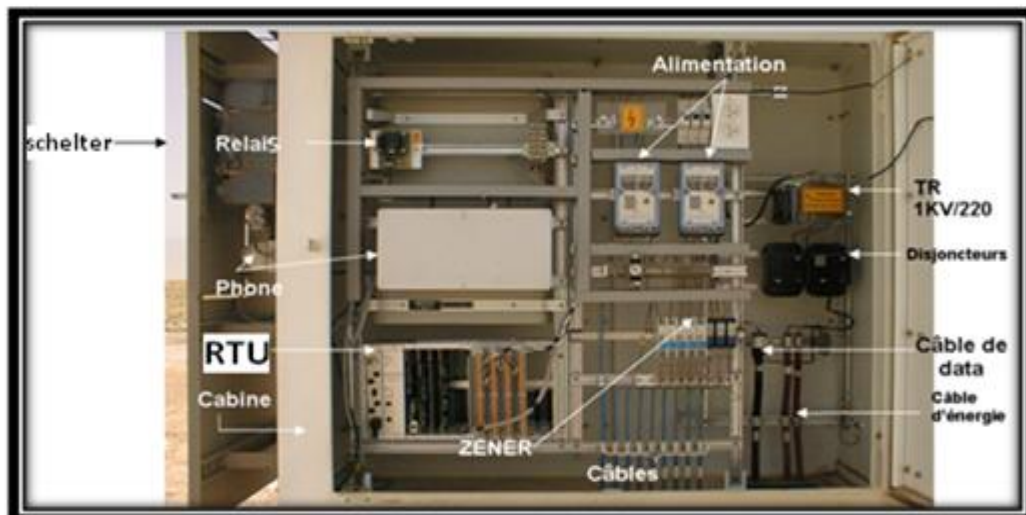
### **III-1. Définition de la RTU**

RTU est un poste terminal distant qui sert à l'acquisition et la mesure des données d'un champ (puits) qui est en réalité une petite unité intelligente et indépendante permettant de traiter les données mesurées par les instruments au niveau des puits et les envoyer vers le centre de contrôle, tout en permettant à celui-ci d'envoyer des commandes de téléfermeture et le réarmement des électrovannes.

### **III-2. Les shelters RTU**

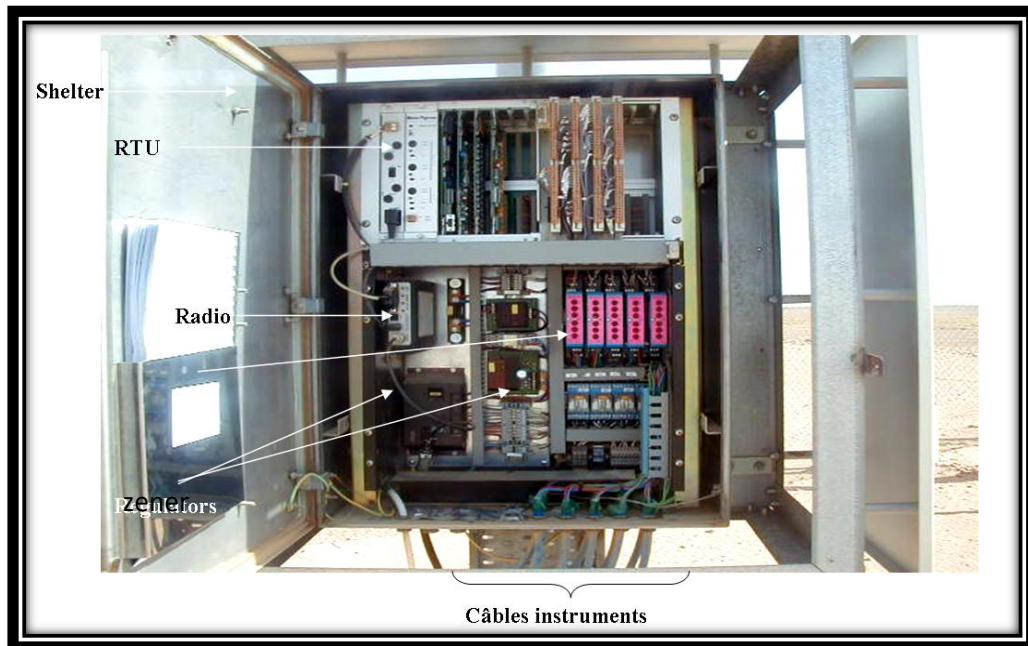
Suivant le système de communication on trouve deux sortes d'RTU

#### **III-2.1. RTU câblée**



*Fig(III-1) : RTU P6008 à liaison câblée*

III-2.2. RTU radio



Fig(III-2) : RTU P6008 à liaison radio.

III-3. Nombre d'RTUs par site

Le tableau suivant indique le nombre de RTU par site et les types de communications qui existent entre les puits et les différents modules :

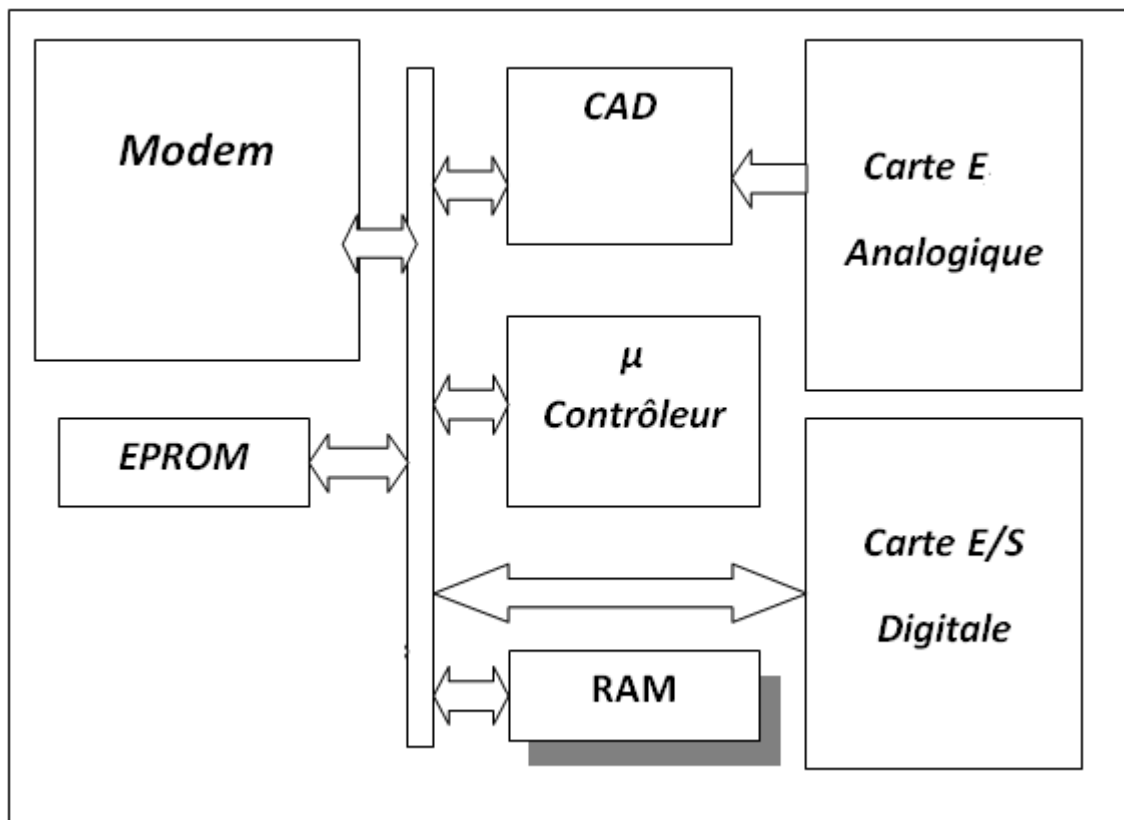
Site	RTU radio	RTU câblé
SBC (MPP 0, 1 ,4)	74	35
MPP2	16	24
MPP3	0	39
HR sud	9	0

Table (III-1) : le nombre d'RTU par site et leurs types de communication

**III-4. Le châssis d'RTU**

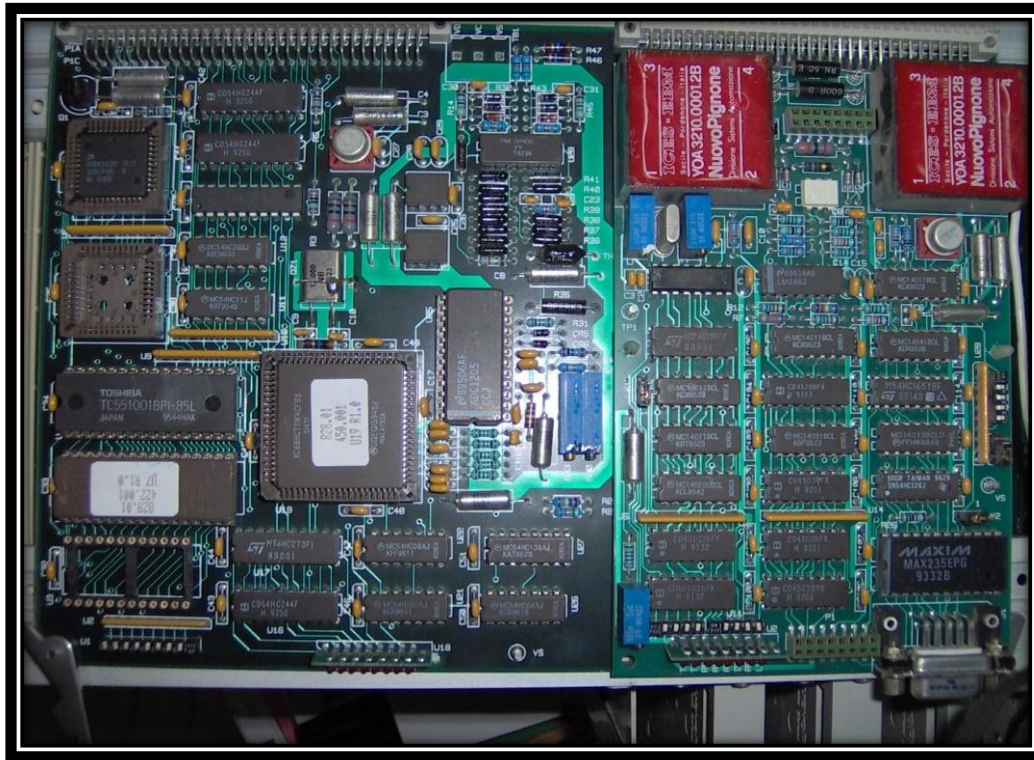
Chaque RTU est configurée de façon à supporter un châssis contenant une carte CPU comportant un microcontrôleur 68HC711K4, numérique à 12 bits et trois cartes entrées/sorties :

- Une carte de 32 entrées digitales pour l'état des différentes vannes, les niveaux hauts et bas des bacs et la sécurité des portes.
- Une carte de 16 entrées analogiques venant de différents transmetteurs (capteurs) analogiques (température, pression, etc....).
- Une carte de 16 sorties digitales utilisées pour la téléfermeture et le réarmement de l'électrovanne dans le cas de puits de gaz.



**Fig(III-3) : Le schéma synoptique de l' RTU P6008.**

III-4.1. Carte Central Processing Unit(CPU)



Fig(III-4) : Carte CPU de l'RTU P6008.

L'unité centrale de traitement est la partie principale de l'RTU P6008. Elle contrôle le fonctionnement de l'RTU et assure la communication avec le centre de commandes du système SCADA et la gestion des fonctions typiques d'acquisition de données (traitement et contrôle) avec des programmes faits en langage C.

Les différentes fonctions matériel et logiciel ont été mises en application dans l'unité, assurant un niveau élevé de gestion de données informatiques pour résoudre les problèmes principaux de télémétrie et de télécontrôle.

L'unité centrale de traitement de 8 bits est à base de microcontrôleur Motorola MC68HC711K4. Il est approprié aux applications dans le domaine industriel de commande, il travaille avec une horloge de 12 mégahertz (cycle de : 333 ns) assurant des opérations en temps réel qui consistent à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées / sorties d'une part et gérer les instructions de programme de l'autre part.

La carte CPU comporte essentiellement :

### a) L'EPROM

Mémoire électriquement programmable. Elle contient les programmes de traitement des données brutes arrivant du puits.

### b) RAM

Sert au stockage des différentes données mesurées. Elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'interface (nécessite des batteries de sauvegarde).

### c) Convertisseur A/D (CAD)

Permet la conversion des signaux analogiques en signaux digitaux pour effectuer les traitements adéquats.

- **Caractéristiques de CAD**

- Entrée : 0-5V
- Résolution : 8 à 10 bits
- Vitesse de conversion : 50 mesures / seconde.

### d) Le Modem

Le modem est utilisé pour la communication entre la zone périphérique (RTU) et la zone centrale (centre de contrôle).

## III-4.2. Les cartes d'E/S

### III-4.2.1. La carte d'acquisition des variables analogiques :

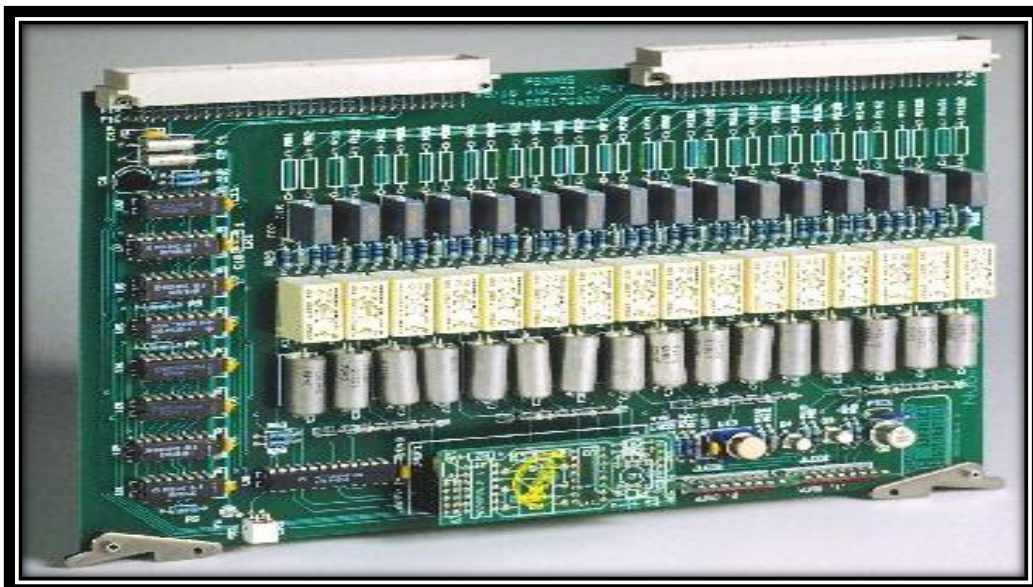


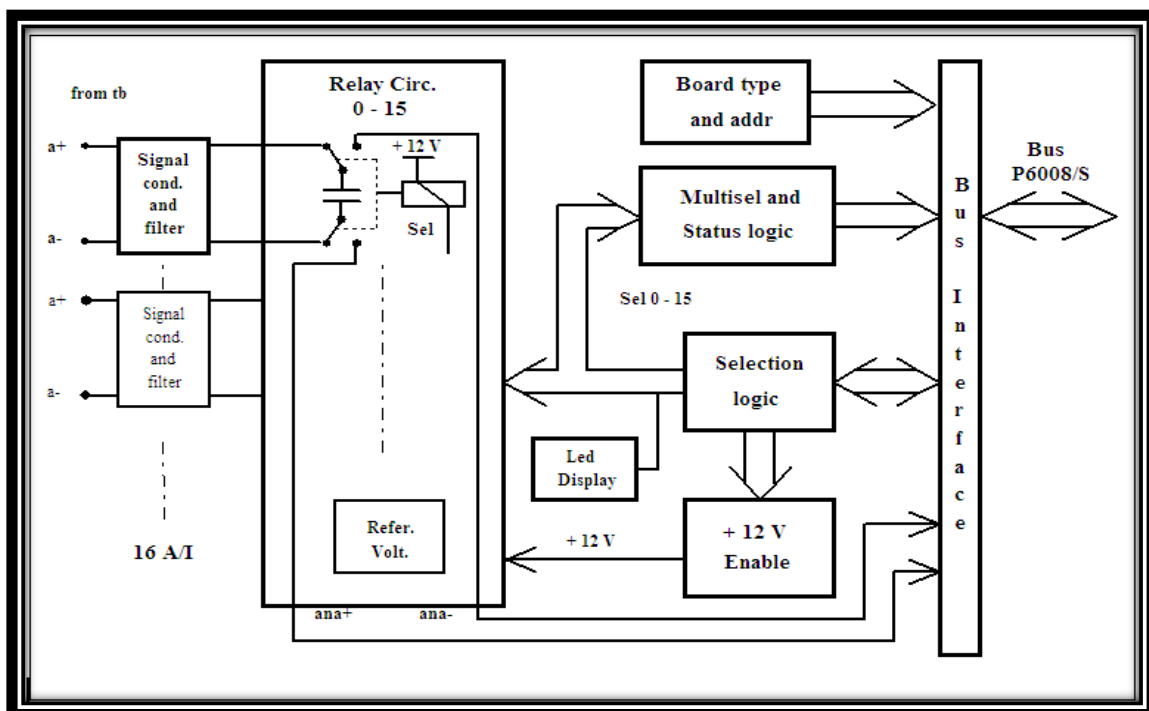
Fig (III-5) : Carte d'entrées analogiques de l'RTU P6008

**III-4.2.1.1. Signaux analogiques** : les signaux d'entrées de la carte analogique venant des instruments de mesures sont :

- Pression- tête du puits (PT)
- Pression ligne au puits (PL)
- Pression annulaire 1(PA1)
- Pression annulaire 2(PA2)
- Pression différentielle ( $\Delta P$ )
- Température de gaz (TT)
- Température à l'intérieur du shelter RTU
- Voltage de la batterie
- Voltage de panneau solaire
- Courant de charge des batteries

#### III-4.2.1.2. Le principe de fonctionnement de la carte analogique

Le principe de fonctionnement de la carte d'acquisition de variables analogique est expliqué dans le schéma synoptique suivant :



Fig(III-6) : Schéma synoptique de la carte d'acquisition de variables analogiques

Les grandeurs physiques (pression, température...) captées par les instruments de mesure, sont converties en grandeurs électriques (courant), sachant que ces mesures s'effectuent dans les plages de valeurs 4 à 20 mA. Ces grandeurs électriques seront transmises directement vers les entrées de la carte analogique.

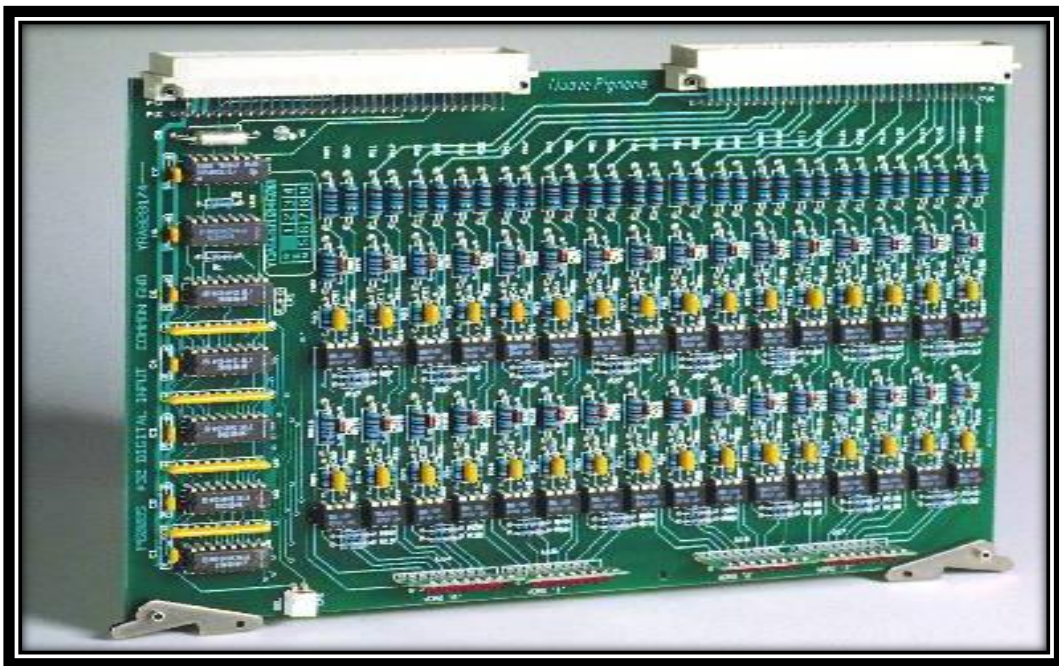
Ces signaux d'entrées (courants) sont convertis en tension en insérant une résistance de  $100\Omega$  en parallèle avec des capacités non polarisées pour éliminer les signaux haute fréquence pour ne laisser passer que la composante continue, qui sera stockée dans les capacités polarisées.

Les relais sont en position de repos.

Le microprocesseur génère une commande (des impulsions en franc montant ou descendant) pour incrémenter le compteur qui sélectionnera les relais l'un après l'autre pour les activer afin de prélever les valeurs stockées dans les capacités. Ces valeurs seront transmises vers le CAD (convertisseur analogique digital) via un bus de données.

Ces valeurs numériques seront traitées par microprocesseur puis envoyées via un support de transmission à la MTU qui se trouve dans la salle de contrôle.

#### ***III-4.2.2. La carte d'acquisition de variables digitales***



***Fig (III-7) : Carte d'entrées digitales de l'RTU P6008.***

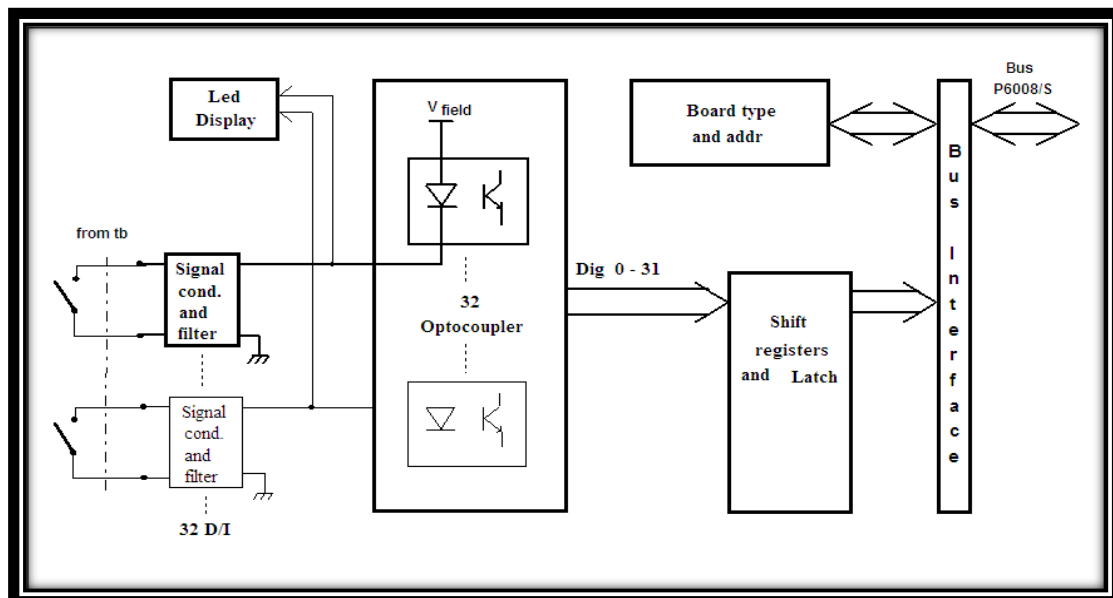
### III-4.2.2.1. Signaux digitaux :

Les signaux digitaux venants des instruments de mesures sont :

- Niveau du bac inhibiteur de corrosion (haut ou bas)
- Etat de la vanne d'urgence (ouverte ou fermée)
- Etat de la porte shelter

### III-4.2.2.2. Principe de fonctionnement de la carte

Le principe de fonctionnement de la carte d'acquisition d'entées digitales est illustrée par le schéma synoptique de la figure suivante :



**Fig(III-8) : Schéma synoptique de la carte d'acquisition de variables digitales**

Le principe de fonctionnement de la Carte d'acquisition de variables digitales :

Le panneau de 32 entrées Digitales est un module de la famille RTU P6008 capable de lire et de contrôler le statut de 32 contacts (alarmes, événements numérique) sur le champ.

Chaque entrée est protégée par un optocoupleur qui fournit un affichage frontal pour montrer le statut de chaque contact ou le statut des alarmes sur le champ qui doivent être tension indépendante (actionné par RTU à 12 ou 24 volts continu).

Le conseil est équipé d'une LED diagnostique pour informer les pannes et la défaillance de la carte.

III-4.2.2.3. Caractéristiques :

- Température qui varie entre  $-40$  à  $85^{\circ}$  C
- LED de signalisation de défaillances.
- Alimentation : 24 V.
- Consommation : très basse.

**Exemple** : acquisition de l'état de la vanne. Deux variables digitales C1 et C2 sont utilisées suivant le schéma de la figure (9) :

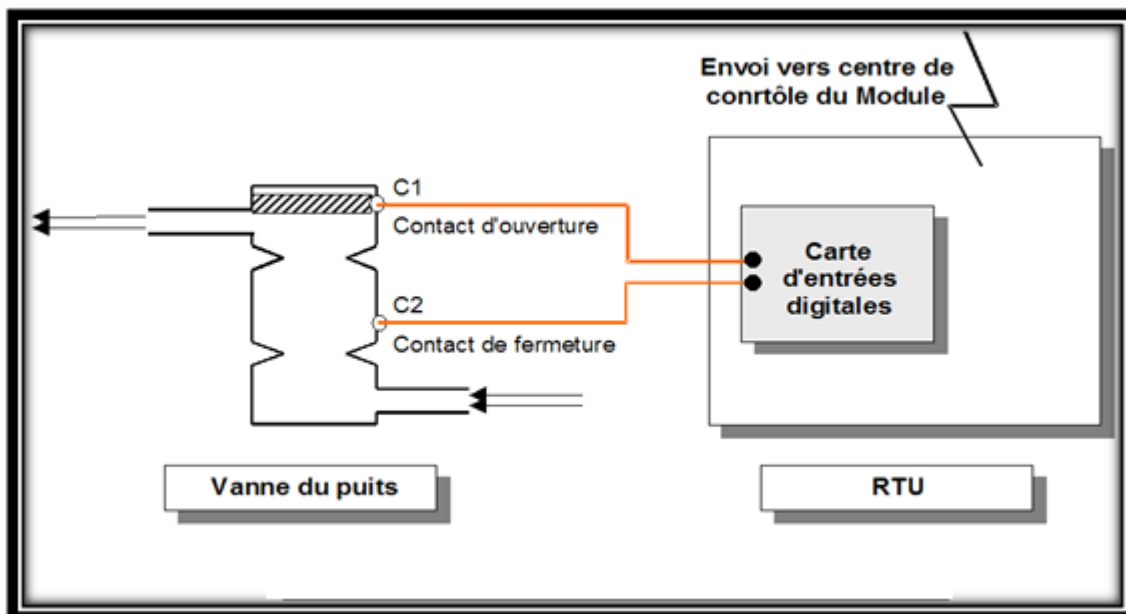


Fig (9) : Exemple d'acquisition de variables digitales

<u>C1</u>	<u>C2</u>	<u>Etat de la vanne</u>
0	0	Intermédiaire
0	1	Fermée
1	0	Ouverte
1	1	Mal fonction

Table (III-2) : Les différents états de la vanne du puits

III-4.2.3. Carte de sortie de commandes digitales :

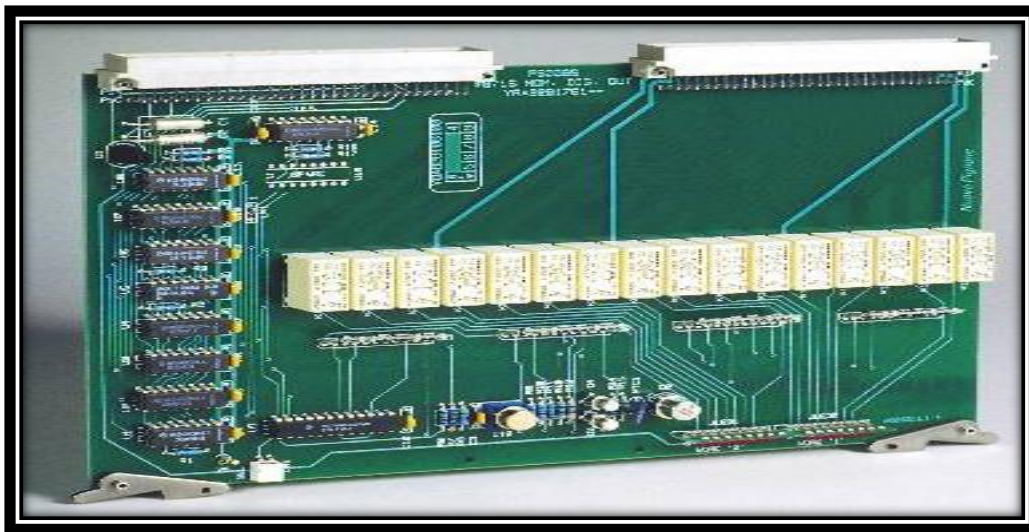


Fig (III-10) : carte de sorties digitales de l'RTU P6008.

III-4.2.3.1. Signaux de commandes :

- Commande de fermeture de la vanne d'urgence du puits.
- Commande de réarmement de la vanne d'urgence du puits.

III-4.2.3.2. Principe de fonctionnement de la carte

Le principe de fonctionnement de la carte de commandes digitales est illustré dans la figure (11):

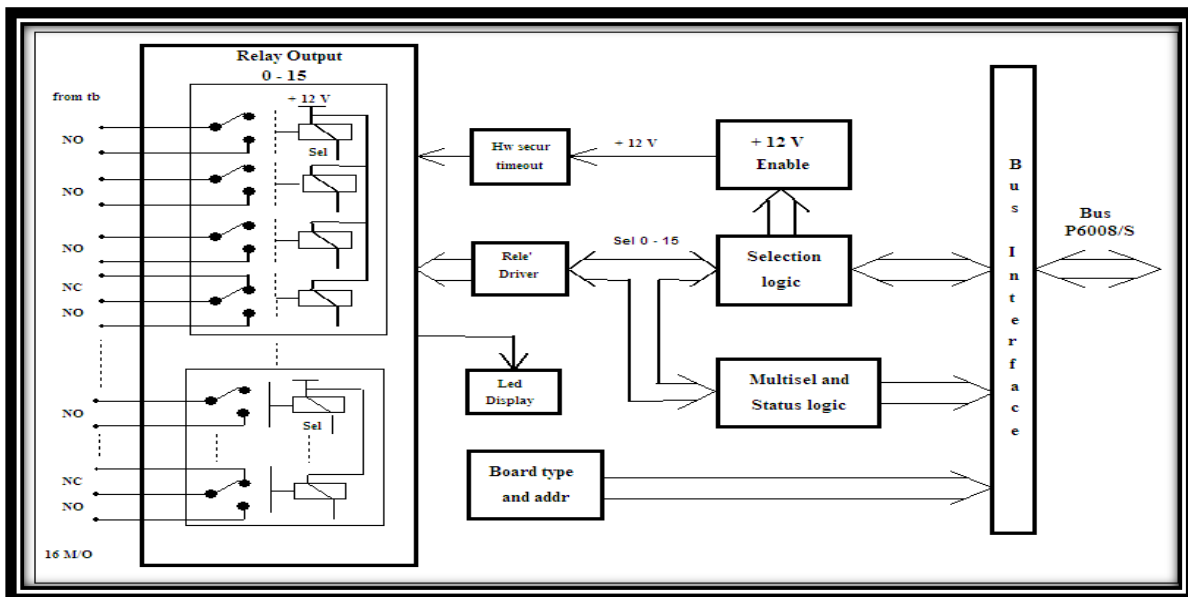


Fig (III-11) : Schéma synoptique de la carte de sorties digitales

Le principe de fonctionnement de la Carte de sorties digitales :

Ce panneau est un module de la famille RTU P6008 capable de contrôler 16 sorties digitales, il est équipé de 16 relais monostables ayant les contacts indépendants avec une puissance de 60W et un courant de 1.5A.

Il permet d'envoyer une commande vers les installations au niveau des puits. En ce qui concerne le projet SCADA au niveau de Hassi R'mel, cette commande consiste en la téléfermeture et réarmement de la vanne du puits.

Exemple : acquisition de l'état de la vanne. Deux variables digitales C1 et C2 sont utilisées comme le montre la fig (12) :

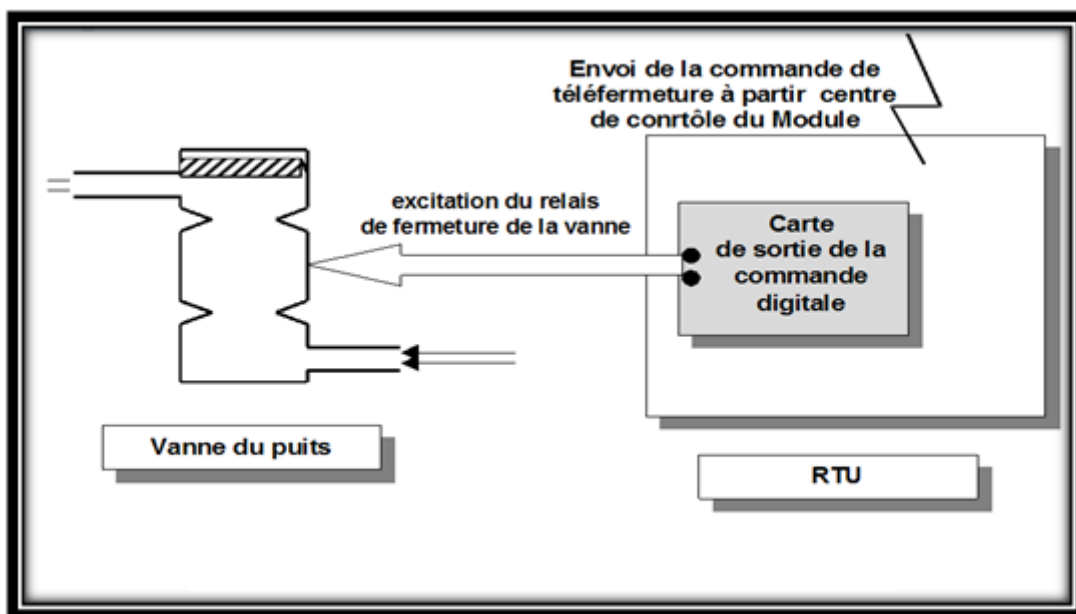


Fig (III-12) : Exemple d'envoi de commande de téléfermeture

<u>C1</u>	<u>C2</u>	<u>Etat de la vanne</u>
0	0	Intermédiaire
0	1	Fermée
1	0	Ouverte
1	1	Mal fonction

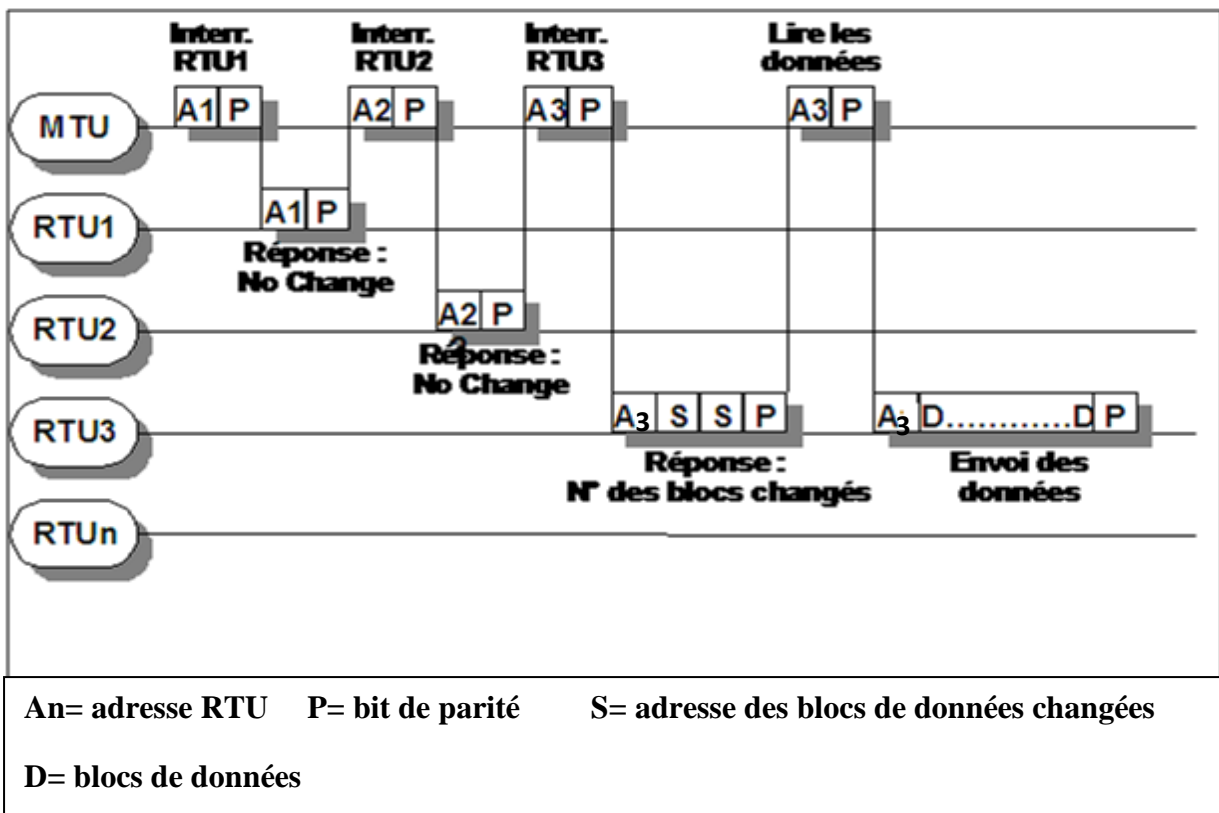
Table (III-3) : les états de la vanne

**III-5. Scanning des RTUs**

Les signaux sont acquis par des RTU pour maintenir l'information à jour. Cet ensemble de valeurs concernant les installations représente la partie « real time » de la base de données ; pour cela on utilise la méthode de lecture et acquisition des variables sur variation.

Chaque RTU répond au système de sondage de scanning central en envoyant un court message contenant le statut courant des variables acquises. La RTU répond soit par un message indiquant qu'il n'y a pas eu de changements (No change) soit par le numéro du block où est apparu le changement.

La fonction de scanning est aussi destinée à tester les erreurs de transmission, ceci rend possible de gérer une table statique des erreurs et de prendre les mesures nécessaires de recouvrement ou de correction.



*Fig (III-14) : Cycle de scanning des RTUs*

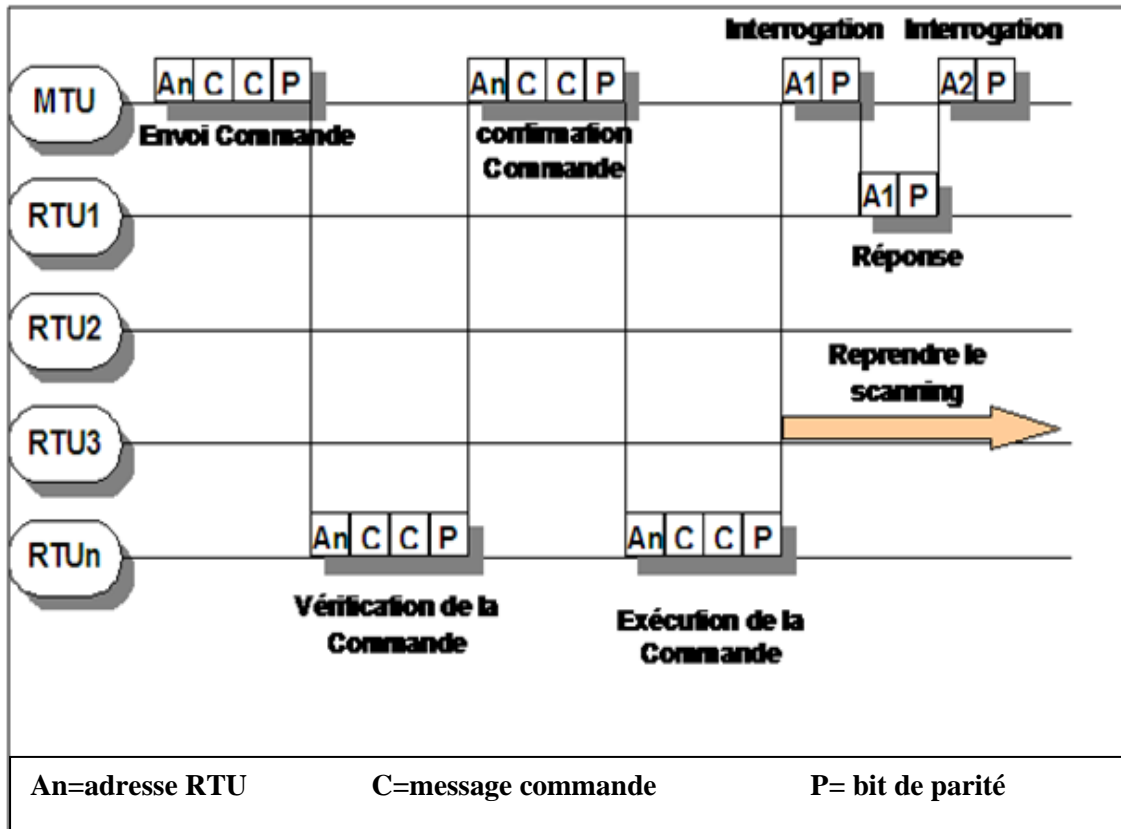


Fig (III-15) : Envoi d'une commande digitale

### III-6. Traitement des entrées analogiques (Analog input processing)

Cette fonction est destinée au traitement des données obtenues à partir des unités d'acquisition des variables analogiques. Après avoir testé leur validité et opéré les corrections nécessaires, les données sont traitées et la base de données concernées est mise à jour. Si une information significative est détectée, elle est envoyée au S/Système chargé de l'affichage et de l'enregistrement automatique des données opérationnelles des installations aux puits et aux modules.

Le signal analogique est converti par le convertisseur analogique/numérique (CAD) de la RTU dans une trame digitale allant de 800 à 4000 comptages (soit 3200 valeurs possibles). Cette valeur digitale est envoyée par la RTU vers le centre de contrôle situé au niveau du module dont elle dépend. A ce niveau, les valeurs sont converties sous un format normalisé avec des unités tel que °C pour la température... et ceci après avoir vérifié la validité des valeurs reçues.

### **III-7. Traitement des entrées digitales (Digital input processing)**

Un ou plusieurs points digitaux sont groupés ensemble pour fabriquer une série de bits capable de caractériser le statut d'un matériel donné. Le terme 'Alarme' a pour sens : n'importe quel changement de l'état normal vers un état anormal (détecté par le changement de l'un des points digitaux de la série de bits caractérisant l'état d'une installation donnée). Le statut d'alarme persiste aussi longtemps que l'élément concerné est dans un état anormal.

Le statut d'un équipement au niveau d'un puits ou du module change en passant d'une position opérationnelle vers l'autre. Le système de supervision traite les différents statuts d'alarme de différentes façons.

Après avoir testé la validité des données et détectée une variation significative, les données sont traitées et la base de données est mise à jour. Finalement la nouvelle information est envoyée vers l'affichage et vers le sous-système d'enregistrement (archivage).

### **III-8. Le contrôle des signaux de commande**

L'opérateur peut envoyer une commande de 'shutdown' vers l'équipement appelé vanne du puits (téléfermeture). Pour chaque module, le signal ne peut être envoyé que par un seul opérateur à la fois. Ceci permet d'éviter les interférences pour les opérations sur les installations.

La commande de téléfermeture est envoyée à part par l'un des X-Terminaux se trouvant au niveau du centre de contrôle des modules.

### **III-9. Calcul du débit du gaz**

Le débit du gaz est calculé pour chaque puits suivant la formule et les paramètres décrits ci dessous :

Q : débit de gaz (**m<sup>3</sup>/s**).

$$Q = 726,42 \frac{\sqrt{512 \times \Delta P \times PL}}{(TG \times 1,8) + 492} \times 0,793 \quad []$$

$\Delta P$  : pression différentielle (**bar**).

PL : pression ligne (**bar**).

TG : température de gaz(**C°**).

#### **Conclusion**

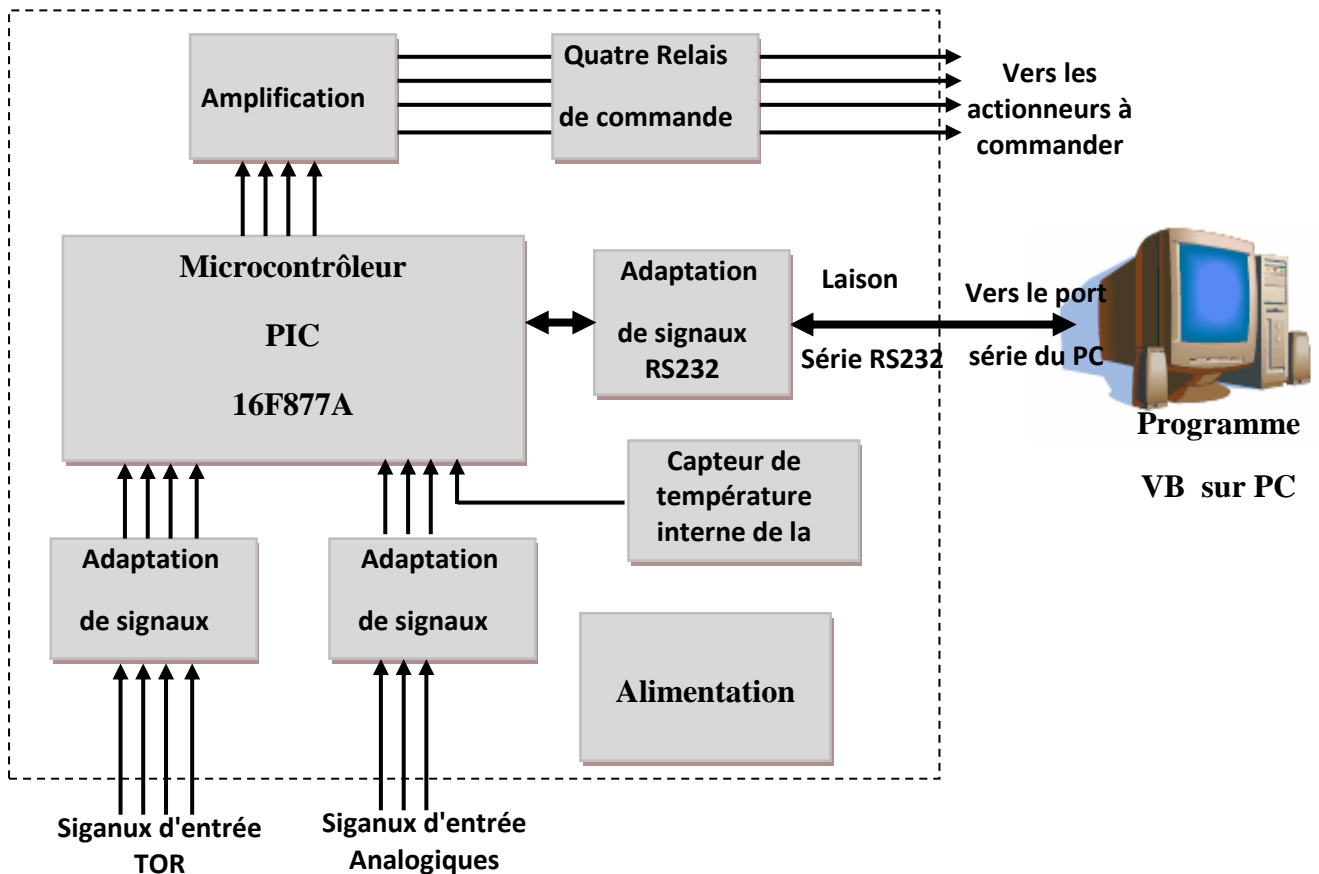
Une description détaillée de la RTU a été faite dans ce chapitre, ces différents éléments constituant l'RTU ont été passés en revue, dans ce qui suit, on s'intéressera à la partie expérimentale et qui consistera à réaliser une carte à base d'un pic 16F877A et qui fera office de quatre cartes confondues.

# Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

## Introduction

Dans cette partie notre objectif est la réalisation d'un système RTU SCADA; Il s'agit d'une carte, à base d'un microcontrôleur PIC16F877A, capable d'acquérir quatre entrées analogiques et quatre entrées numériques, et de générer quatre signaux de commande pour relais de sortie. Par ailleurs un logiciel sur PC prend en charge la gestion de ce système via une liaison série RS232.

### IV-1. Le schéma synoptique du système

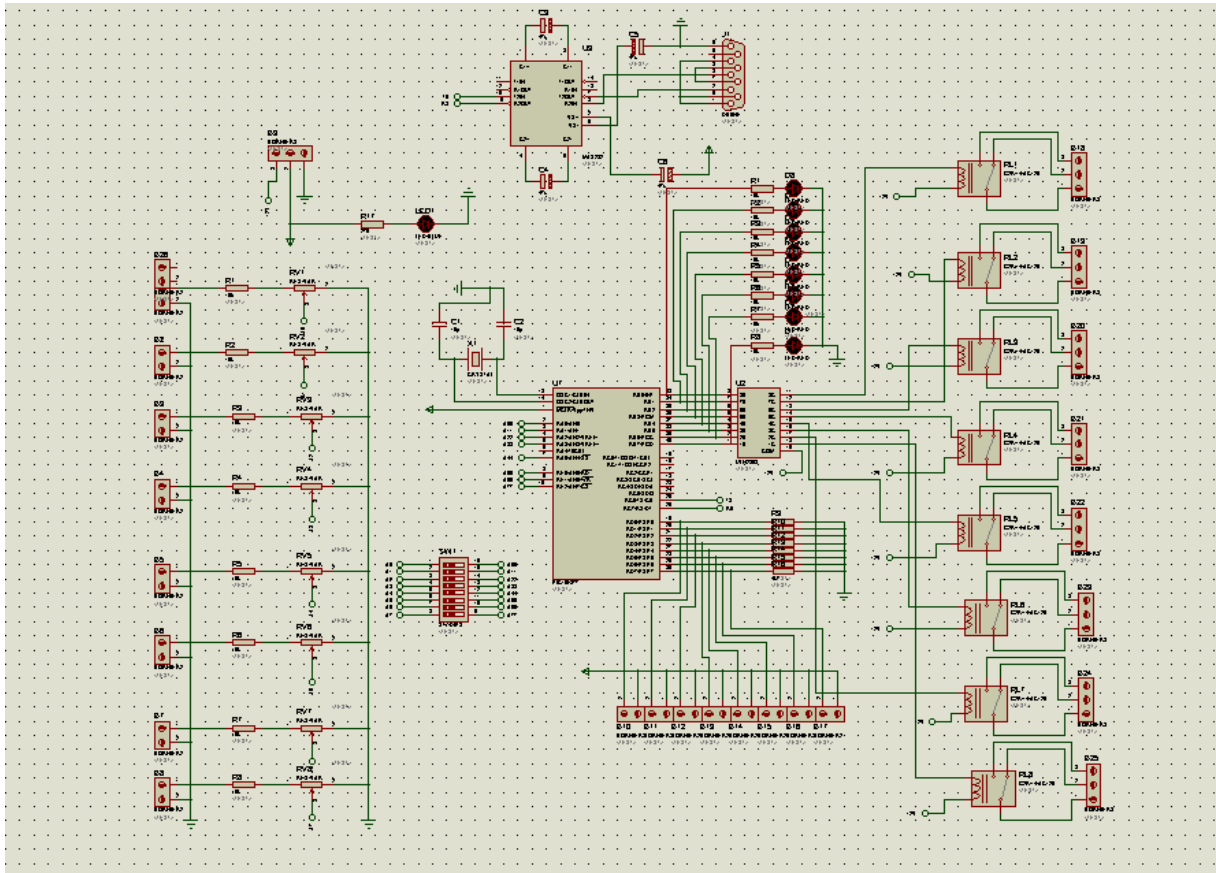


Fig(IV-1) : Schéma synoptique du système réalisé

## IV-2. Conception matérielle

### IV-2.1. Schéma électrique de la carte RTU SCADA

Le schéma électrique de la carte RTU est le suivant :



Fig(IV-2) : Schéma électrique de la carte RTU SCADA

### IV-2.2. Le microcontrôleur

#### IV-2.2.1. Le choix du microcontrôleur

Un microcontrôleur est une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages utilisant peu de composants externes.

## **Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système**

---

Dans notre application on a cherché un microcontrôleur ayant les caractéristiques suivantes:

- Rapidité d'exécution.
- Disponibilité des outils de développement.
- Dispose d'un convertisseur analogique numérique interne capable d'acquérir quatre entrées analogiques.
- Dispose d'un UART interne pour communiquer en liaison RS232.
- Dispose d'un port configurable en quatre sorties TOR.
- Dispose d'un port configurable en quatre entrées TOR.
- Reprogrammable électriquement.

Le microcontrôleur utilisé dans cette carte est le pic 16F877A de Microchip, de type RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore composant à jeu d'instructions réduit, le 16 indique que le pic est de famille Mid-Range (mots de 14 bits), F pour une mémoire de type FLASH, réinscriptible de type 877 et travaille avec une fréquence d'horloge de 20 MHz.

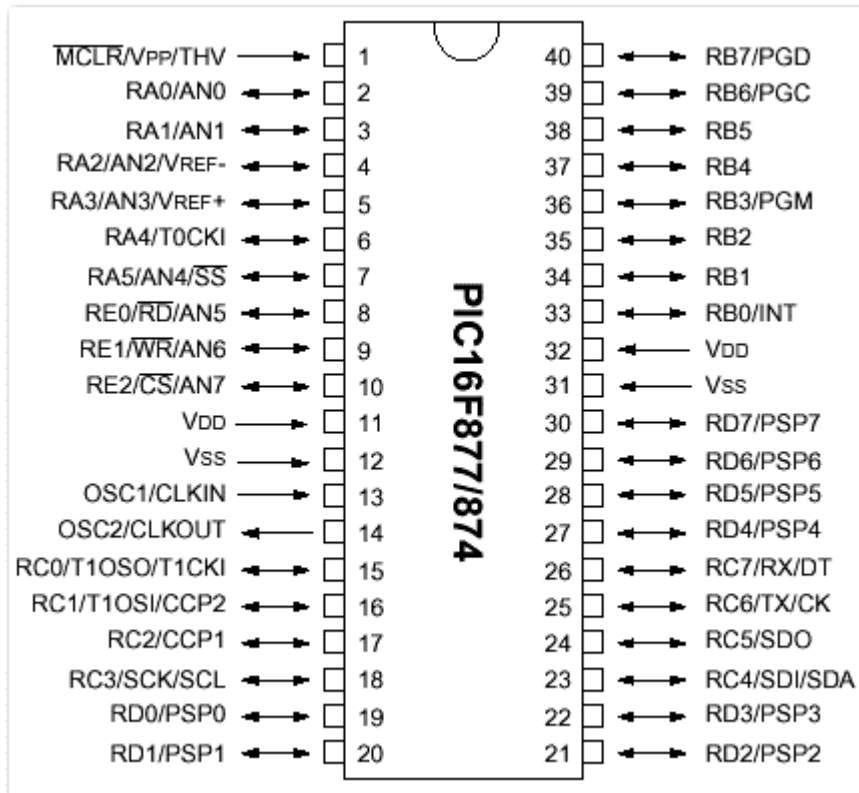
Dans la conception de la RTU nous avons choisi le PIC16F877A qui répond très largement à ces critères.

Le pic 16F877A, a un jeu de 35 instructions, stocke chaque instruction dans un seul mot de programme, et exécute chaque instruction en 1 cycle (sauf les sauts); on atteint donc de très grandes vitesses ; et les instructions sont de plus très rapidement assimilées. L'horloge fournie au PIC est divisé par 4 au niveau de celle-ci ; c'est cette base de temps qui donne le temps d'un cycle : si on utilise par exemple un quartz de 20MHz, on obtient donc 5MHz de cycles/seconde, or, comme le PIC exécute pratiquement une instruction par cycle, hormis les sauts, cela nous donne une puissance de l'ordre de 5 MIPS (5 Million d'Instructions Par Seconde).

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

### IV-2.2.2. Brochage du PIC16F877A

Le boîtier du PIC 16F877A décrit par la figure (3) comprend 40 pins : 33 pins d'entrées/sorties, 4 pins pour l'alimentation, 2 pour l'oscillateur et 1 pin pour le reset (MCLR).



Fig(IV-3) : Brochage du PIC

La broche **MCLR** généralement reliée à 5 volts, elle sert à initialiser le pic qui dispose de plusieurs sources de RESET.

On remarque que le PIC a 2 pins «VDD» et 2 pins « VSS ». La présence de ces 2 pins s'explique pour une raison de dissipation thermique..

Les broches OSC1 (Broche 13) et OSC2 (Broche 14) permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC qui peut être (un quartz, un oscillateur externe ou un réseau RC).

### IV-2.2.3. Les éléments de base du PIC16F877A

#### a) Les ports d'entrée/sortie

Le µc 16F877A comporte cinq ports d'E/S :

##### **Le port A**

Le port A comporte six pins donc six entrées/sorties utilisées soit en mode I/O soit comme des entrées pour le convertisseur analogique numérique, sauf RA4 qui est utilisée pour TOCKI,

Dans notre projet nous avons utilisé le port A comme entrée du CAN.

##### **Le port B**

Possède 8 pins d'entrée /sortie. La pin RB0 qui, en configuration d'entrée, est de type « trigger de Schmitt » quand elle est utilisée en mode interruption « INT ». La lecture simple de RB0 se fait, de façon tout à fait classique, en entrée de type TTL

##### **Le port C**

C'est un PORT comportant 8 pins de RC0 à RC7. On trouve donc un registre TRISC localisé dans la banque 1, qui les configure en entrées ou en sorties. Le fonctionnement est identique à celui des autres TRIS, à savoir que le positionnement d'un bit à « 1 » place la pin en entrée, et que le positionnement de ce bit à « 0 » place la dite pin en sortie.

##### **Le port D**

C'est un port 8 bits bidirectionnel, sa configuration se fait à l'aide du registre TRISD. Chaque broche est configurable en entrée ou en sortie. Pour la configurer en entrée le TRISD doit être mis à 1, sinon 0 en sortie.

Le PORT(D) peut être utilisé dans un mode particulier appelé " *mode parallèle esclave* " pour cela il faut placer le bit 4 (*PSPMODE*) de TRISE à 1. Dans ce cas les 3 bits de PORTE deviennent les entrées de control de ce port (RE, WE et CS).

### **Le port E**

Ce port n'est présent que sur les PICs de type 16F877, il possède trois pins donc trois entrées/sorties, RE0 à RE2, elles sont utilisées comme entrées au convertisseur analogique numérique, ce port peut aussi contrôler le port parallèle slave c'est-à-dire le port D.

Les pins Rex peuvent également être utilisés comme pins d'entrées analogiques. C'est le registre ADCON1 qui détermine si ce port sera utilisé comme port I/O ou comme port analogique.

### **b) Les mémoires du PIC 16F877A**

Le PIC 16F877A dispose de trois types de mémoires :

- **Mémoire FLASH**

C'est dans celle-ci qu'est stocké le programme du PIC. Après compilation du fichier source, le compilateur génère un fichier « .hex », Celui-ci est transféré ensuite dans la mémoire programme du PIC à l'aide du programmeur, elle est réinscriptible à volonté sa capacité est de 8K mots de 14 bits.

- **Mémoire RAM**

La RAM fait partie de la zone d'adressage des données. Elle comprend tous les registres spéciaux permettant de contrôler le cœur du PIC ainsi que ses périphériques. Les variables des programmes pourront être stockées dans des cases mémoires à usage commun.

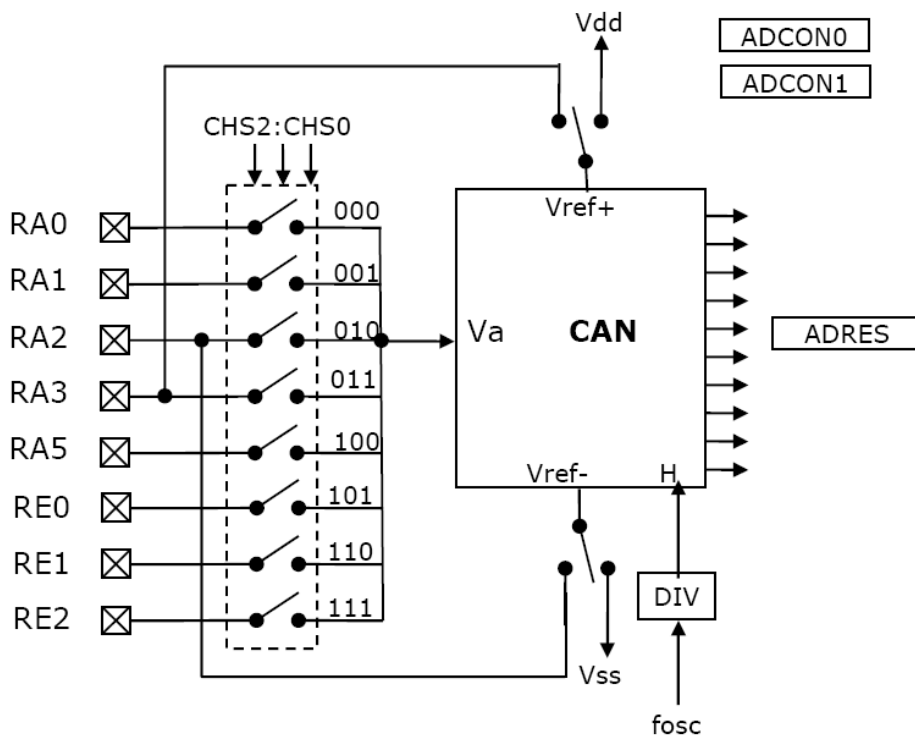
- **Mémoire EEPROM**

L'EEPROM est une mémoire de stockage de données. Sur le PIC 16F877A, il y a 256 octets d'EEPROM disponibles. Le nombre de cycles d'effacement / écriture sur la mémoire EEPROM est limité d'ordre du million pour le PIC, mais cette limite pourrait être atteinte plus vite pour le stockage des variables modifiées plusieurs milliers de fois par seconde.

### c) Le convertisseur analogique numérique du PIC 16F877A

La fonction conversion analogique numérique consiste à transformer une grandeur électrique en une grandeur numérique exprimée sur N bits. Cette grandeur de sortie représente, dans le système de codage qui lui est affecté, un nombre proportionnel à la grandeur analogique d'entrée.

Le module CAN intégré est constitué d'un convertisseur Analogique Numérique 10 bits dont l'entrée analogique peut être connectée sur l'une des 8 entrées analogiques externes Fig(4) et on dit qu'on a un CAN à 8 canaux



Fig(IV-4) : Schéma interne du module de conversion A/N

Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA et/ou TRISE. Les tensions de références permettant de fixer la dynamique du convertisseur. Elles peuvent être choisies parmi Vdd, Vss, Vref+ ou Vref-.

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

A la fin de la conversion, le résultat de conversion est recopié dans les registres ADRESH et ADRESL et le drapeau ADIF passe à un ce qui peut déclencher l'interruption associée si elle est validée. Le control du module se fait par les deux registres ADCON0 et ADCON1

Pendant la conversion, la tension  $V_e$  à l'entrée du convertisseur A/N doit être maintenue constante. Le PIC dispose d'un échantillonneur bloqueur intégré constitué d'un interrupteur  $S$  et d'une capacité de maintien de  $C=120$  pF. Pendant le temps de conversion,  $S$  est maintenu ouvert, la capacité bloque  $V_e$  à une valeur constante. A la fin de la conversion,  $S$  se ferme, la tension  $V_e$  rejoint la tension analogique d'entrée  $V_a$  au bout d'un temps d'acquisition qui dépend de la constante de temps  $RC$ .

### VI-2.3. Interface série RS232

Une liaison série est une ligne où les bits d'information (1 ou 0) arrivent successivement, soit à intervalles réguliers (transmission synchrone), soit à des intervalles aléatoires, en groupe (transmission asynchrone). Elle permet la communication entre deux systèmes numériques en limitant le nombre de fils de transmission.

La liaison série à la norme RS232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique. Elle est de type asynchrone, c'est-à-dire qu'elle ne transmet pas le signal de l'horloge.

- **Intérêt de la communication série**

- Nombre de fils réduits: la communication la plus simple peut être faite sur trois fils (Tx, Rx et la masse).
- Communication sur de grandes distances à travers le réseau téléphonique, via un MODEM (Modulateur-Démodulateur)

- **Principe**



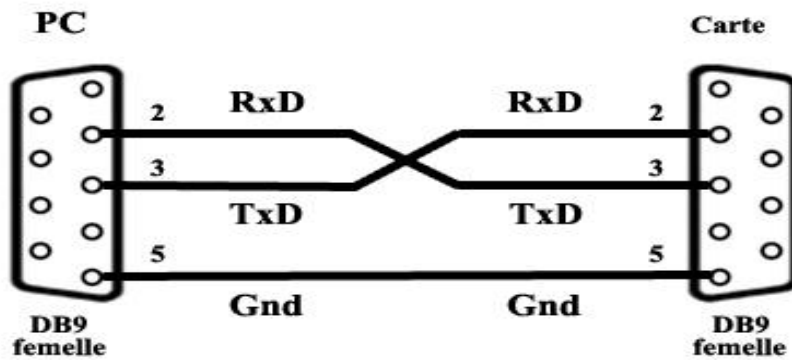


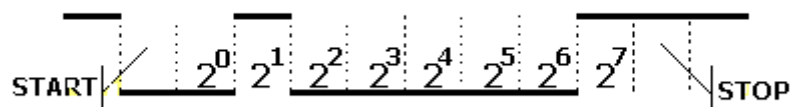
Fig (IV-5) : Principe de la communication serie via le RS232

L'octet à transmettre est envoyé bit par bit (poids faible en premier) par l'émetteur sur la (ligne Tx), vers le récepteur (ligne Rx) qui le reconstitue, la vitesse de transmission de l'émetteur doit être identique à la vitesse d'acquisition du récepteur. Ces vitesses sont exprimées en BAUDS (1 baud correspond à 1 bit / seconde). Il existe différentes vitesses normalisées: 9600, 4800, 2400, 1200... Bauds.

La communication peut se faire dans les deux sens (duplex), soit émission d'abord, puis réception ensuite (half-duplex), soit émission et réception simultanées (full-duplex). La transmission étant du type asynchrone (pas d'horloge commune entre l'émetteur et le récepteur), des bits supplémentaires sont indispensables au fonctionnement ; bit de début de mot (start), bit(s) de fin de mot (stop). D'autre part, l'utilisation éventuelle d'un bit de parité, permet la détection d'erreurs dans la transmission

- **Exemple**

Transmission du code **\$82** avec 1 bit stop, sans bit de parité  
**\$82** donne **%1000 0010**



## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

- **Parité**

La parité est une technique qui permet de vérifier que le contenu d'un mot n'a pas été changé accidentellement lors de sa transmission.

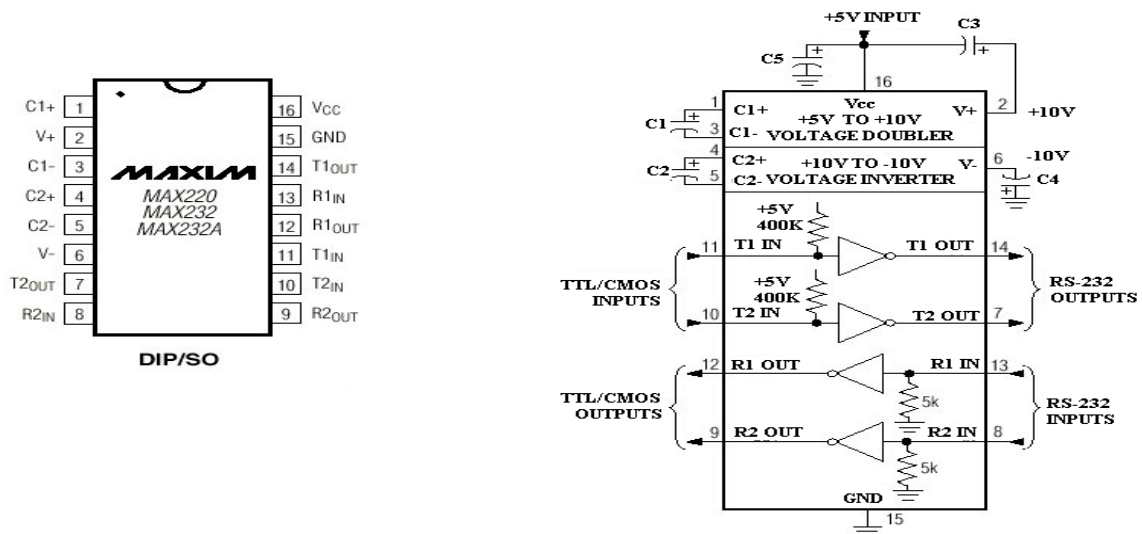
Parité paire : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit paire sur l'ensemble donné plus le bit de parité ex : soit la donnée 11001011 contenant 5 état 1, le bit de parité paire est positionné à 1, ramenant ainsi le nombre de 1 à 6.

Parité impaire : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états à 1 soit impaire sur l'ensemble donné plus bit de parité.

### IV-2.3.1. Adaptation des signaux de la liaison série RS232

Les signaux du port série d'un PC ont les niveaux -12V pour un « 1 » et +12V pour un « 0 », alors ils sont totalement incompatibles avec ceux du microcontrôleur: PIC +5V pour « 1 » et 0V pour « 0 ». Il faut donc effectuer une adaptation de niveau.

Dans notre cas nous utiliserons le circuit intégré MAX 232 qui se charge d'adapter ces niveaux. Les multiples condensateurs, autour de lui servent à la pompe de charge intégrée qui permet de produire le +/-12V à partir de 5V de la carte fig (6)



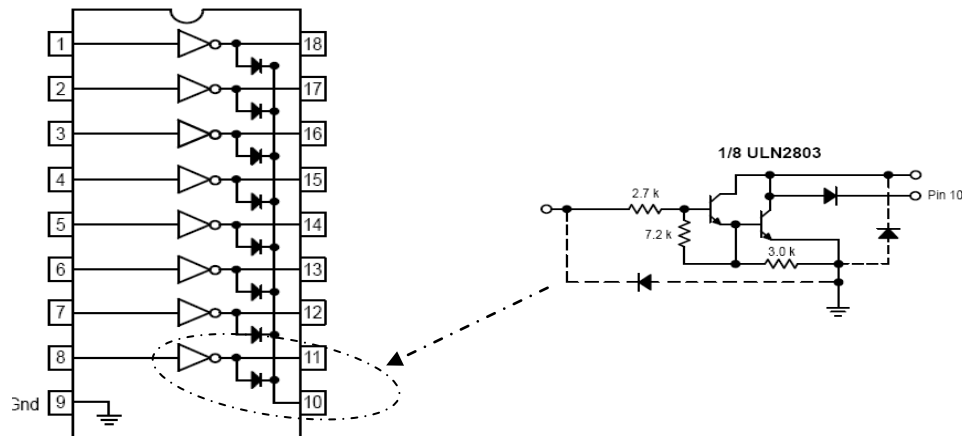
fig(IV-6): Datasheet de MAX232



### IV-2.5. Amplification des signaux de commande

Configuré comme sortie TOR, les ports du microcontrôleur PIC ne délivrent qu'un faible courant et il n'est pas possible de s'en servir directement pour commander les relais. Pour remédier à ce problème, nous avons utilisé un circuit intégré spécialisé dans la commande nommé ULN2803, il est constitué d'un réseau de huit transistors Darlington capables d'écouler un courant allant jusqu'à 500mA par transistor, Ainsi on peut connecter les relais sans problème.

Par ailleurs; L'ULN2803 inverse le niveau logique des signaux appliqués aux entrées et possède des diodes roue libre internes de protection.



Fig(IV-8) : Schéma du circuit intégré de l'ULN2803

### IV-2.6. Alimentation stabilisée

Nous avons utilisé une alimentation stabilisée qui fournit 5V à la sortie pour alimenter le PIC et + 12V pour alimenter les Relais.

Pour sa réalisation nous avons utilisé :

- Un transformateur abaisseur, qui fournit sur son secondaire une tension alternative de 12V.
- Un pont de diode (pont de GRAETZ), pour redresser le courant alternatif en courant continu.
- trois capacités de filtrage, qui réduisent l'ondulation de la tension issue du pont redresseur.
- Deux régulateurs de tension, dans le but est de stabiliser le potentiel de sortie

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

- Le régulateur 7805 : pour une tension de 5 volts.
- Le régulateur 7812 : pour une tension 12 volts.
- Deux diodes : pour la protection des régulateurs.

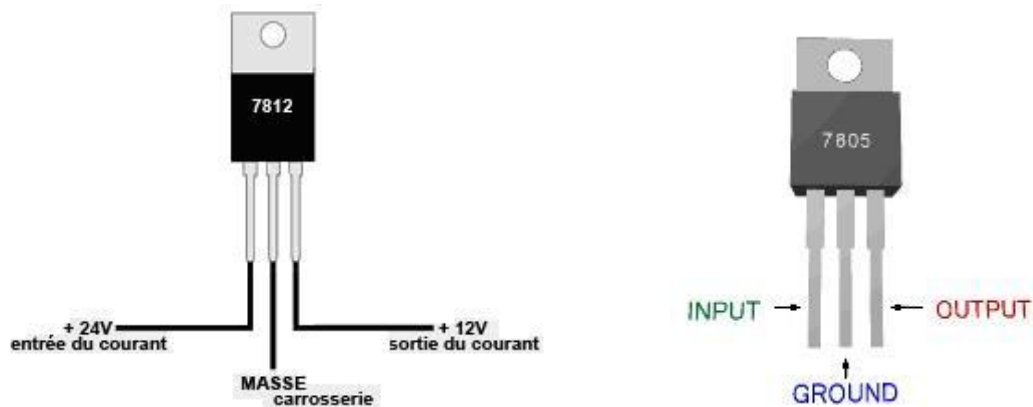
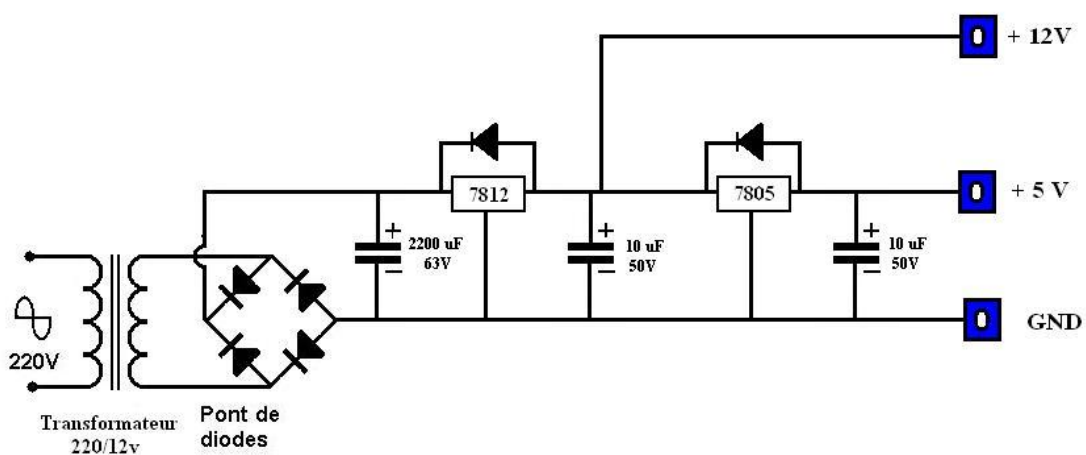


Fig (IV-9) : Datasheet des régulateurs 7812 et 7805



Fig(IV-10) : schéma électrique de l'alimentation stabilisée

## IV-3. Conception logicielle

### IV-3.1. L'organigramme du pic

L'organigramme a pour but de faciliter la compréhension et le déroulement du programme, et ne présente que les actions principales effectuées par le microcontrôleur. Il ne traduit pas intégralement le code en C et ne reflète pas les particularités du PIC.

Le programme peut se diviser en plusieurs fonctions :

- Lecture de port série.
- Génération des commandes.
- Balayage des entrées.
- L'envoi de données.

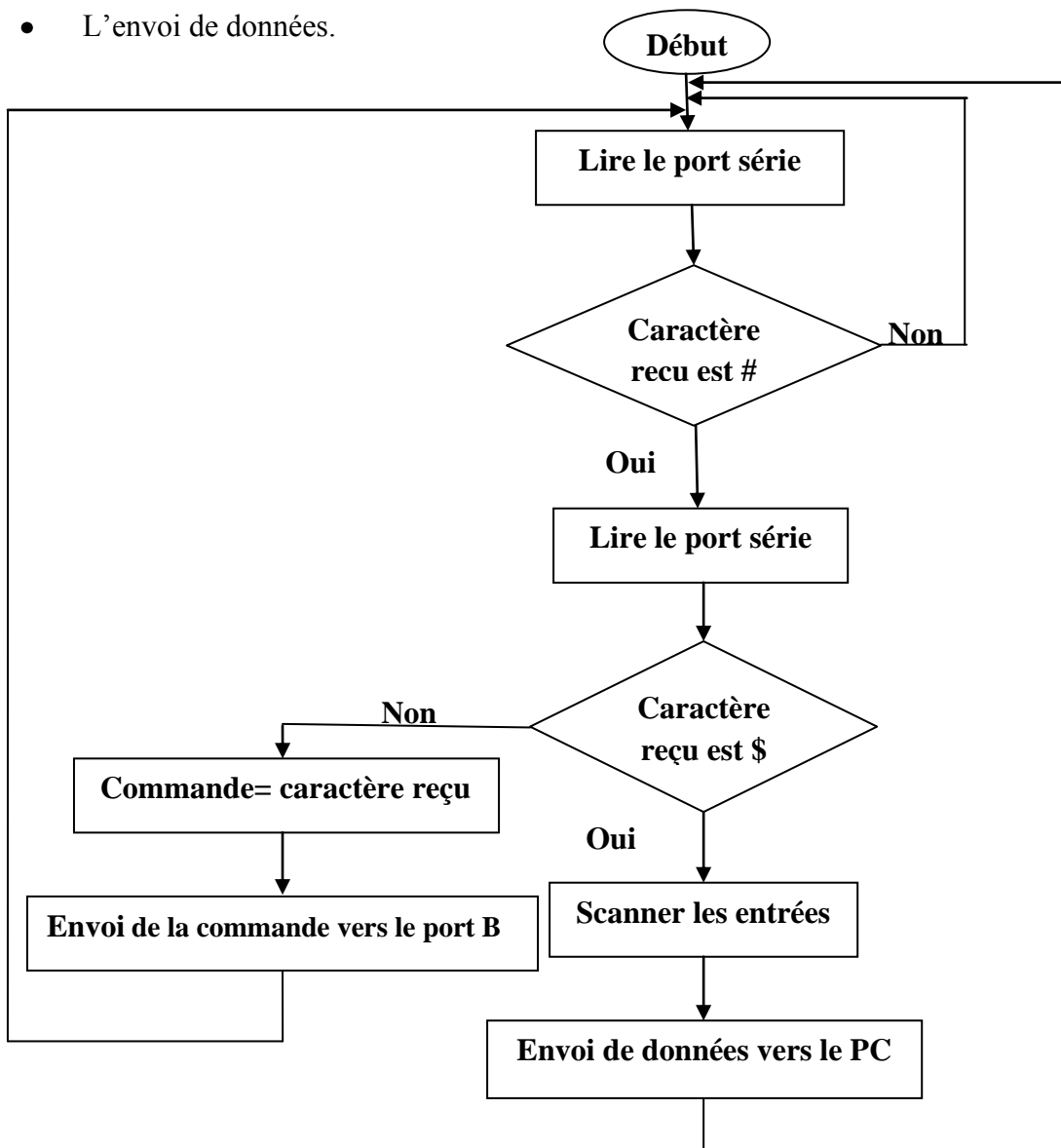


Fig (IV-11) : Organigramme du programme en C

# Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

## IV-3.2. La visualisation sur PC

Pour visualiser les variations de données acquises et les afficher sous forme de graphes en fonction du temps et génération de commandes à partir d'un PC, nous avons utilisé le Visual Basic.

### IV-3.2.1. L'organigramme de l'application de Visual Basic

L'organigramme du programme d'interface opérateur, développé dans l'environnement visual basic, est le suivant:

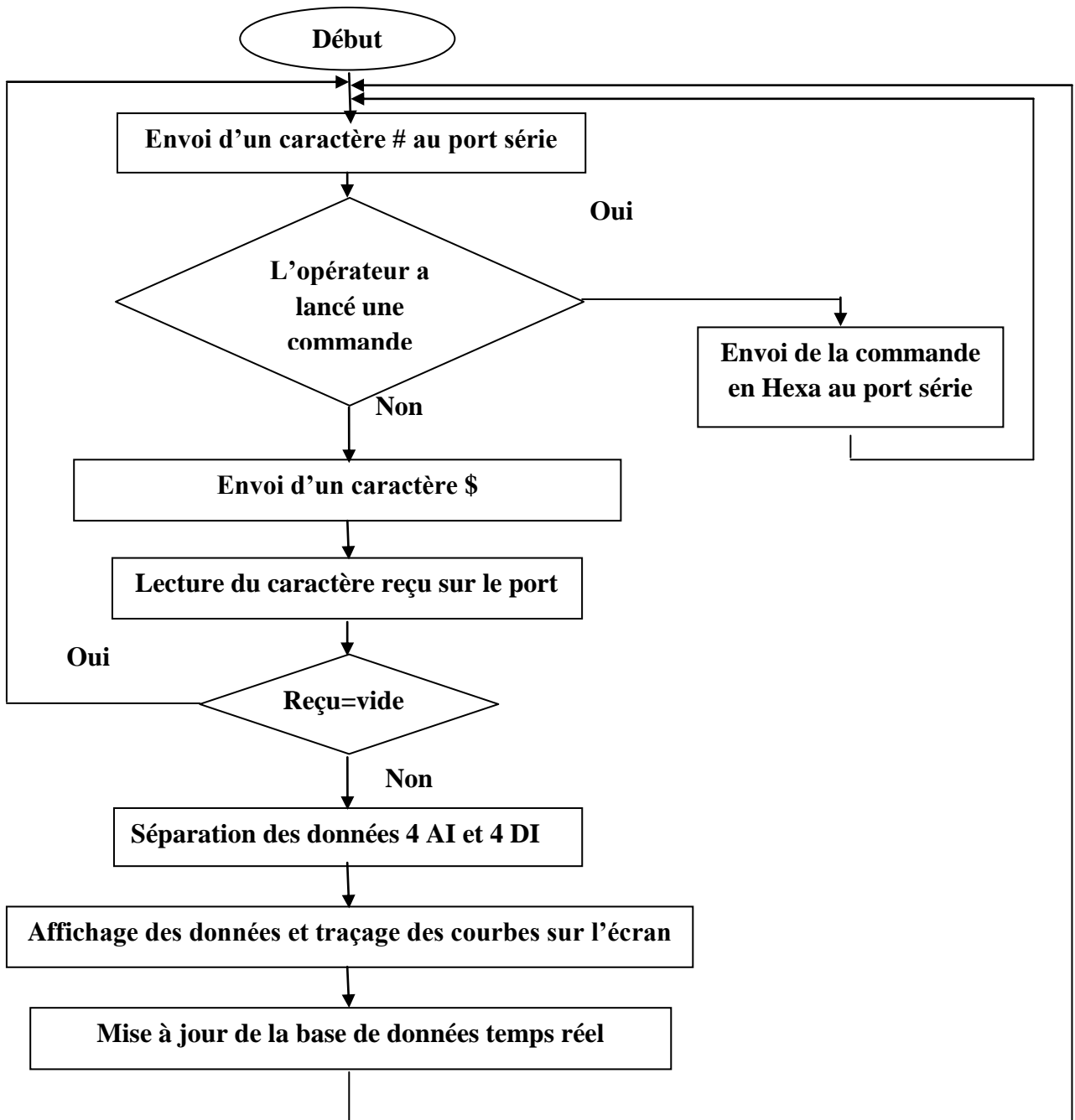
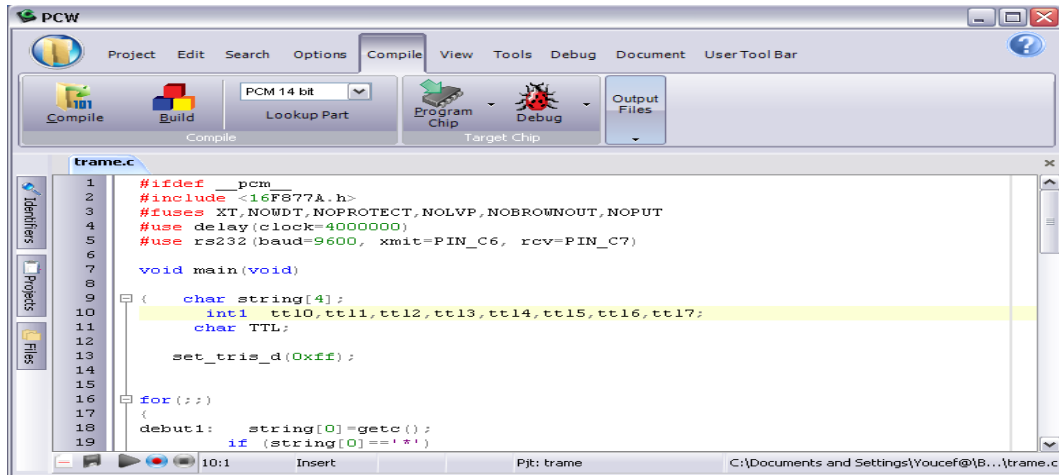


Fig (IV-12) : Organigramme de l'application, sous Visual

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

### IV-3.3. Langage de programmation

En ce qui concerne la programmation du PIC nous avons utilisé le langage CCS (Custom Computer Service) qui est un langage C pour microcontrôleur PIC.



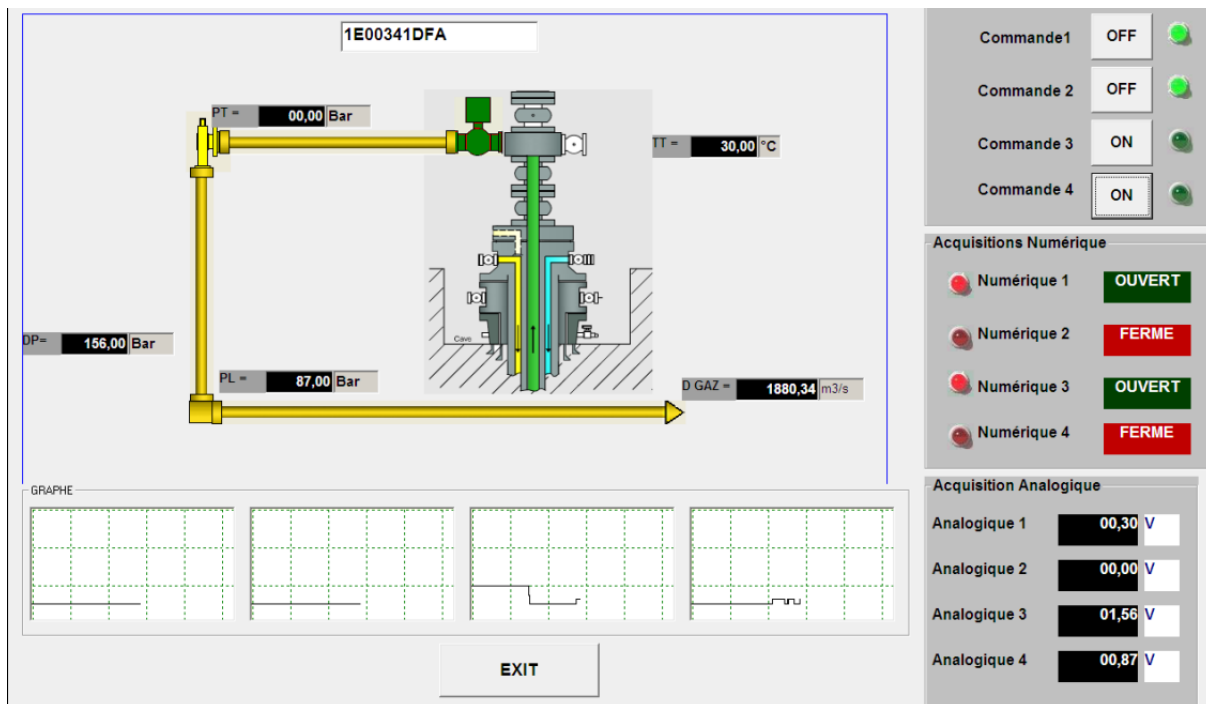
The screenshot shows the CCS IDE interface. The main window displays a C program named 'trame.c'. The code includes headers for the PIC16F877A, sets the clock to 4MHz, and configures RS232 communication. The main function sets TRIS bits for pins 10-17 and enters a loop where it reads a character from the serial port and prints it.

```
1 #ifndef __pic__
2 #include <16F877A.h>
3 #uses XT,NOPBT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,NOPUT
4 #use delay(clock=4000000)
5 #use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
6
7 void main(void)
8
9 {
10     char string[4];
11     int1  tt10,tt11,tt12,tt13,tt14,tt15,tt16,tt17;
12     char TTL;
13
14     set_tris_d(0xff);
15
16     for (;;)
17     {
18         debut1: string[0]=getc();
19         if (string[0]=='*')
```

Fig(IV-13) : Interface ccs

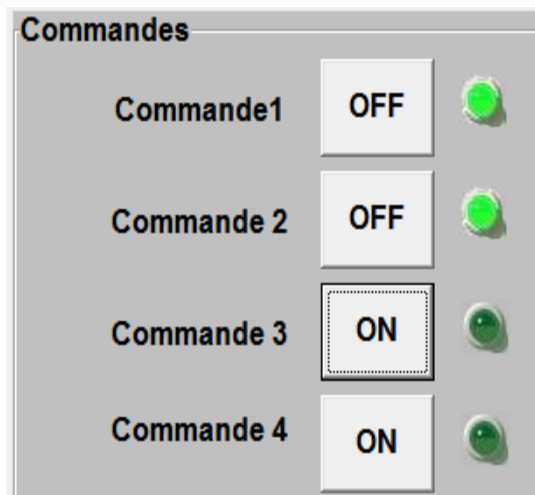
### IV-3.4. Programme de l'interface PC

A l'aide du langage de programmation Visual Basic nous avons créé une interface sous environnement Windows permettant d'activer ou de désactiver les quatre sorties à relais par un clic (à l'aide de la souris) sur les boutons représentant ces sorties, et de lire les états logiques des quatre entrées TOR représentées par des LED et d'afficher les valeurs des tensions continues (Comprises entre 0 et 5 volts) des entrées analogiques. Par ailleurs cette application permet de générer une base de données temps réel exploitable sous MS-Excel.



**Fig(IV-14) : Schéma de l'application sur le visual basic**

Au niveau de l'interface, les sorties de commande sont représentées par quatre boutons On/Off permettant de changer l'état du bouton On ou Off pour commande l'état des relais. A côté de chacun des boutons, nous avons un "voyant lumineux indiquant l'état de celui-ci.

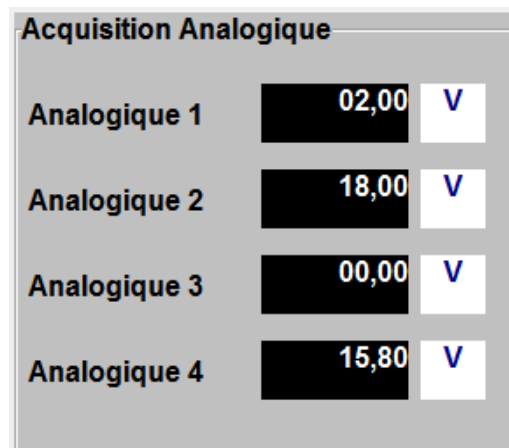


**Fig(IV-15) : Cadran pour l'envoi de commande**

Au dessous, nous trouvons deux cadrans équipés, le premier affiche l'état des entrées TOR, tandis que le deuxième affiche la tension sur chacune des entrées analogiques.

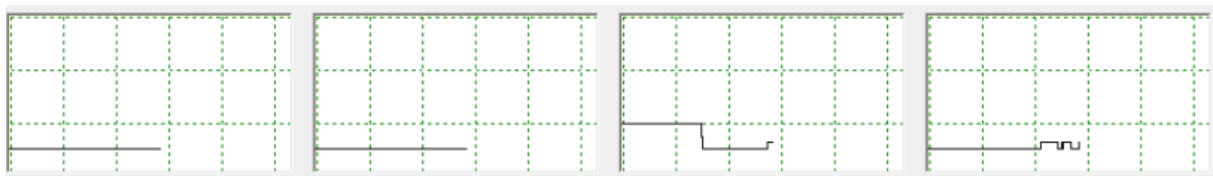


Fig(16) : Cadran pour les entrées digitales



Fig(IV-17) : Cadran pour les entrées analogiques

En plus, nous trouvons le tracé des courbes pour les entrées analogiques.



Fig(IV-18) : Schéma de la visualisation des graphes



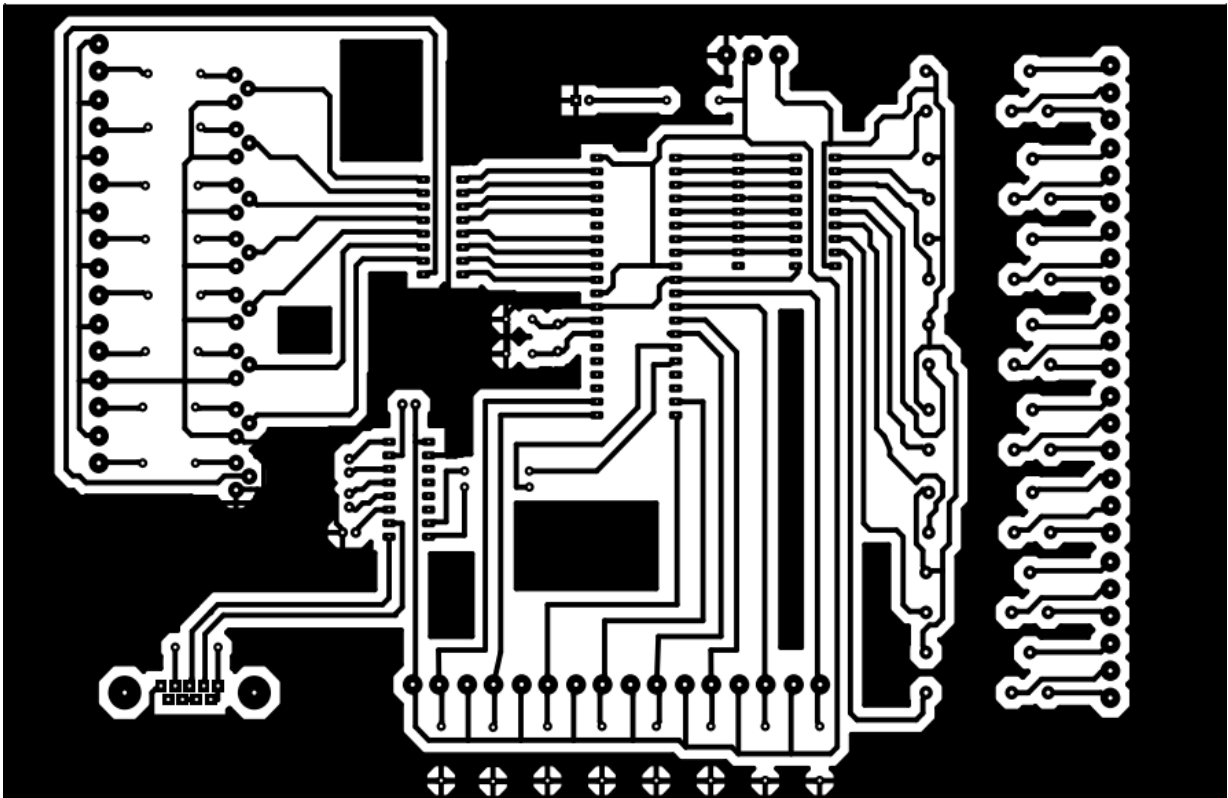
Et enfin, on trouve le bouton "EXIT", utilisé pour sortir du programme.

### IV-4. Réalisation pratique

#### IV-4.1. Circuit imprimé

Le tracé du circuit imprimé de la figure (18) est réalisé avec le logiciel PROTEUS. Pour réduire l'effet de bruit sur la mesure, nous avons employé un plan de masse qui recouvre la quasi-totalité de la surface de circuit.

Le circuit imprimé est réalisé en utilisant la technique de photogravure. En effet, le circuit de la figure constitue un masque qui est imprimé sur un papier transparent.



Fig(IV-19) : Circuit imprimé de la carte réalisée

- **Insolation du CI**

L'insolation consiste à envoyer des UV à l'aide d'une insoleuse sur certaines parties de la plaque d'époxy pendant deux minutes. Les parties isolées disparaîtront lors de la révélation et il ne restera plus que les parties qui étaient cachées par un masque.

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

- **Révélation**

Après avoir insolé notre plaque nous allons maintenant la révéler. Pour se faire il faut la placer dans un révélateur qui est en fait une soude caustique (produit hautement corrosif), et agiter jusqu'à ce que le dessin apparaisse nettement sur un fond cuivré puis rincer la plaque avec de l'eau.

- **Gravure**

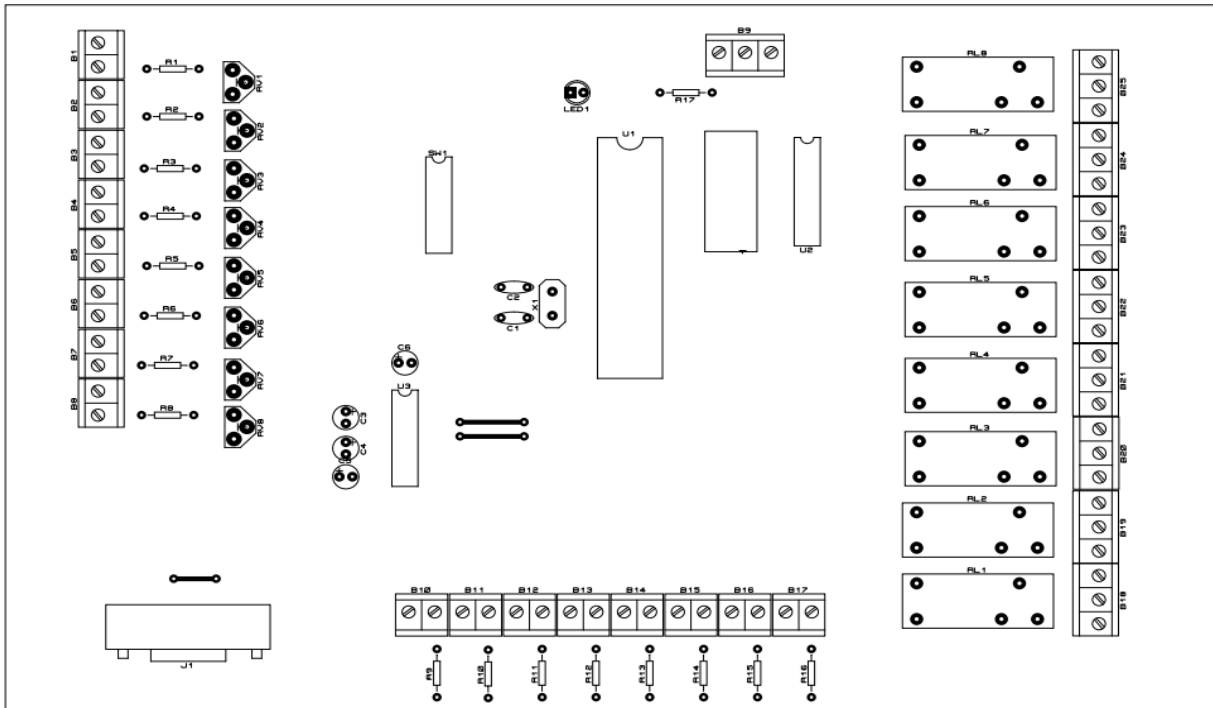
La gravure se fait avec une solution de perchlorure de fer, en attaquant le cuivre de la plaque non protégée par le masque, l'acide dessous le cuivre et garde les pistes du circuit gravées sur la plaque.

- **Le perçage**

A l'aide d'une micro perceuse munie d'un foret de diamètre 0.8mm en général, on perce soigneusement le support et chaque pastille de circuit imprimé pour y planter les pattes des composants.

### IV-4.2. Implantation des composants

La figure (20) indique le schéma d'implantation de chaque composant sur la surface de circuit imprimé.



Fig(IV-20) : Schéma d'implantation des composants

## Chapitre IV : Conception matérielle et logicielle du système

---

### V.4.3. Nomenclature des composants

Les tableaux ci-dessous affichent pour chaque type tous les composants utilisés dans notre application.

#### 1) Pour la carte

- **Les résistances**

Le nombre	La référence	La valeur
4	R1, R2, R3, R4	10K
4	Rv1, Rv2, Rv3, Rv4	100 $\Omega$
1	R17	270 $\Omega$
4	R9, R10, R11, R12	4,7K

- **Les capacités**

Le nombre	La référence	La valeur
2	C1, C2	15p
4	C3, C4, C5, C6	47 $\mu$

- **Les relais**

Le nombre	La référence	La valeur
4	RL1, RL2, RL3, RL4	100 $\Omega$

- **Les circuits intégrés**

- Le PIC 16F877A
- MAX232
- ULN2803

- **Autres composants**

- LM35
- Connecteur DB9
- 6 LEDS rouges

### 2) Pour le simulateur

- **Potentiomètres**

Le nombre	référence	Valeur
3	PT1, PT2, PT3	100K

- **Capacités**

le nombre	référence	valeur
3	C7, C8, C9	103pF

- **Autres composants**

- 3 switches.

### 3) pour l'alimentation

- **régulateurs**

Le nombre	référence	valeur
1	7805	5v
1	7812	12v

- **Capacités**

Le nombre	référence	valeur
1	C10	2200 $\mu$ F (63v)
2	C11, C12	10 $\mu$ F (50v)

- **Autres composants**

- Transformateur 220 /12 v
- Pont de graetz
- 3 diodes
- 2 radiateurs
- 2 fusibles (0.63A, 2A)

# Conclusion générale

SCADA est la dénomination qui regroupe des systèmes conçus pour le contrôle et la commande assistés par ordinateur de différents processus technologiques, dont les objectifs sont de collecter des données à partir des processus de fabrication, de traiter ces données et de prendre des décisions en s'appuyant sur ces données.

Les constructeurs doivent aujourd'hui réduire le coût, améliorer la qualité de leurs produits et augmenter la productivité. Pour atteindre ces objectifs, l'acquisition de données doit être facile et en temps réel à tous les niveaux des entreprises. La solution avantageuse qui englobe ces fonctions s'appuie sur les systèmes SCADA qui sont capables d'évoluer rapidement et qui répondent aux besoins des entreprises.

Notre stage de mise en situation professionnelle au sein de l'entreprise nationale SONATRACH, nous a permis de bien comprendre ce qui est réellement le système SCADA utilisé à Hassi R'mel et de réaliser une carte RTU regroupant les quatre cartes de la RTU P6008.

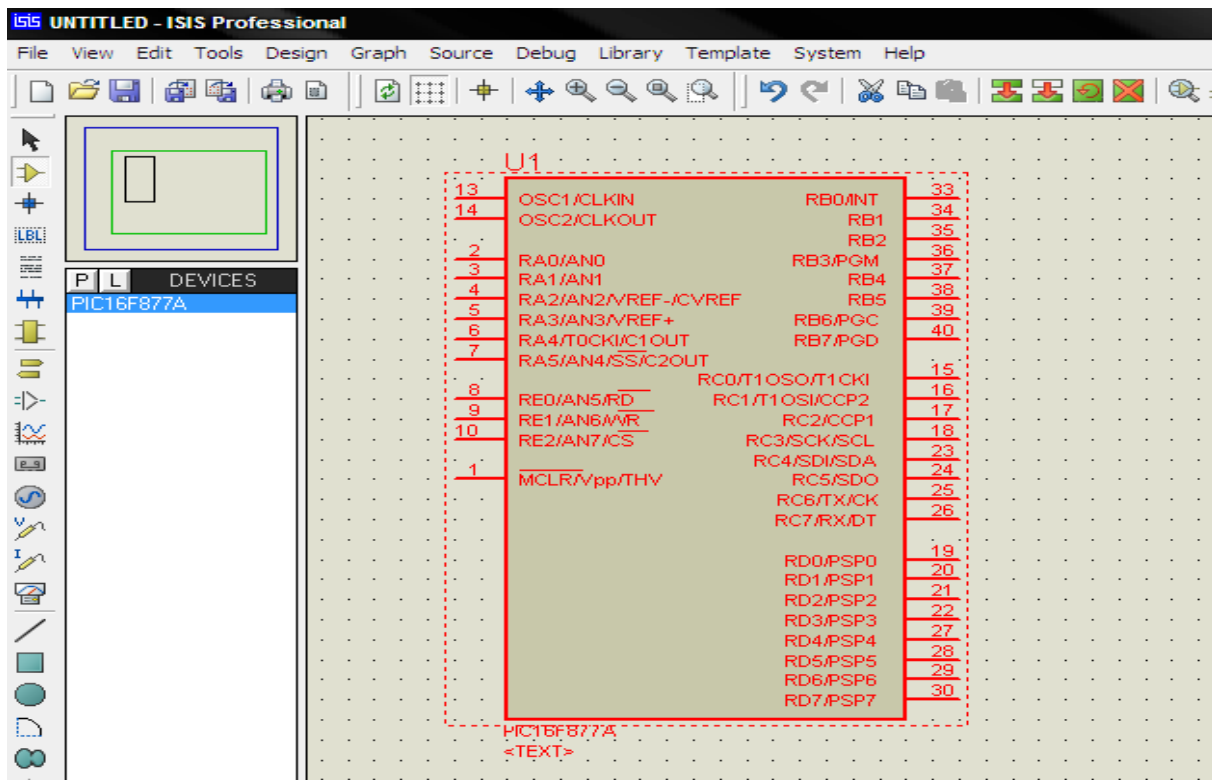
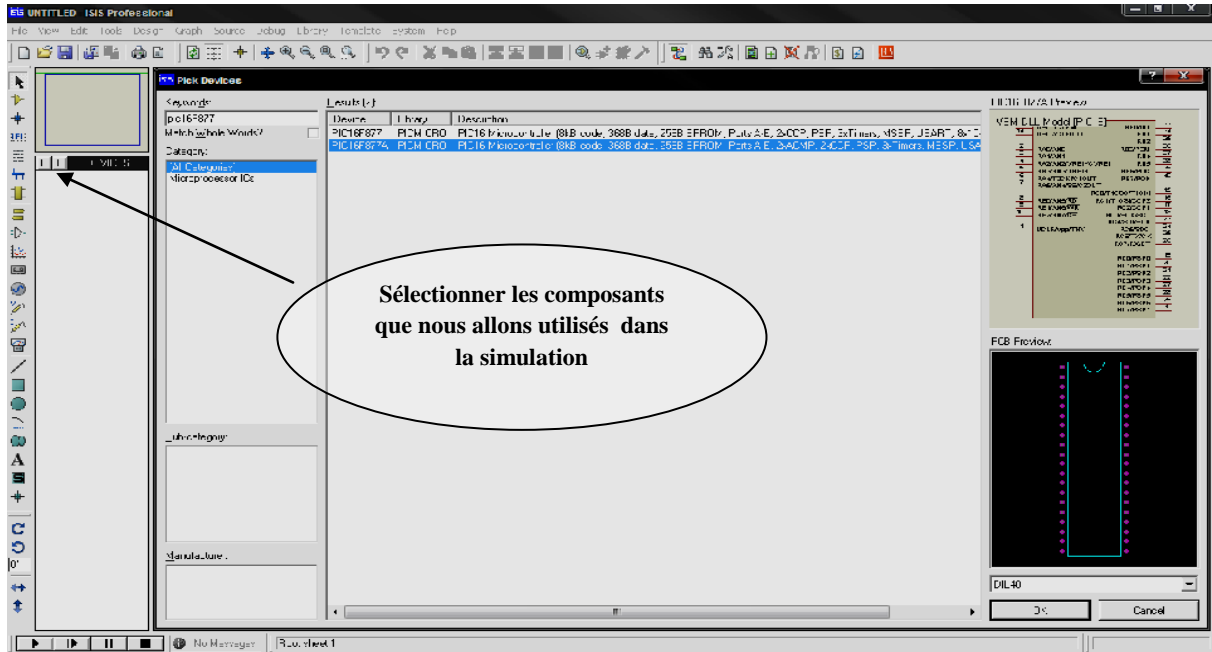
Cette carte a été testée via une interface graphique développée sous Visual basic, les résultats obtenus sont en accord avec les différentes simulations faites sous ISIS. Cependant, une étude du point de vue fiabilité est nécessaire, des tests sur sites sont indispensables afin de déceler les éventuelles imperfections et apporter des améliorations si nécessaire. La carte réalisée présente de véritables avantages par rapport au prix et à l'extensibilité, cette dernière peut être une bonne perspective pour notre travail

le SCADA constitue un atout pour la SONATRACH car il permet un bon fonctionnement ainsi il assure une très grande sécurité humaine et matérielle ce qui revient de bénéfice à l'entreprise. et surtout du côté économique.

# Annexe I

## 1) Utilisation du logiciel proteus

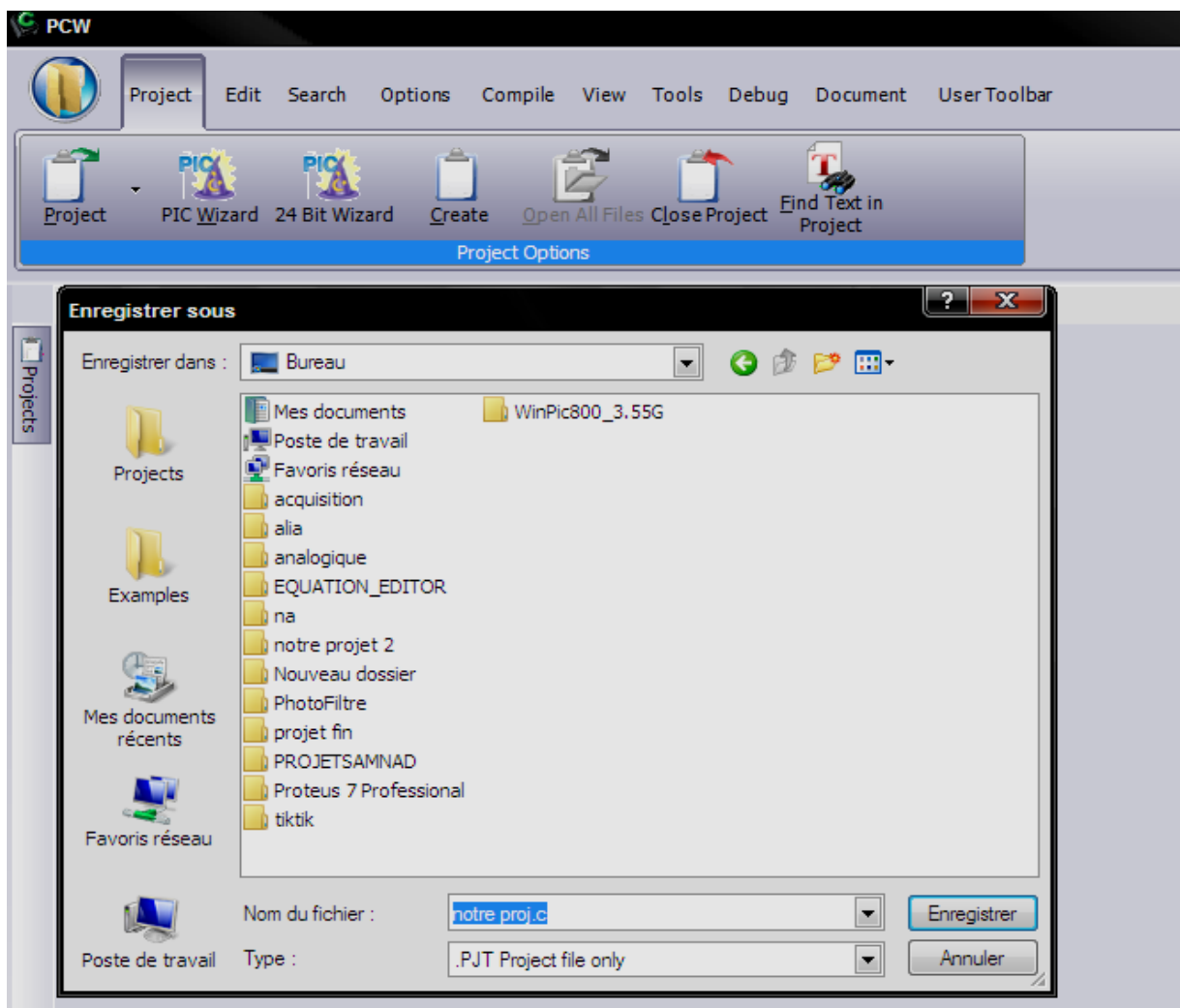
Avant de passer à la pratique, nous avons fait une simulation sur un logiciel appelé « PROTEUS» qui nous a permis de tester le fonctionnement de la carte.



### 1) Utilisation du logiciel CCS :

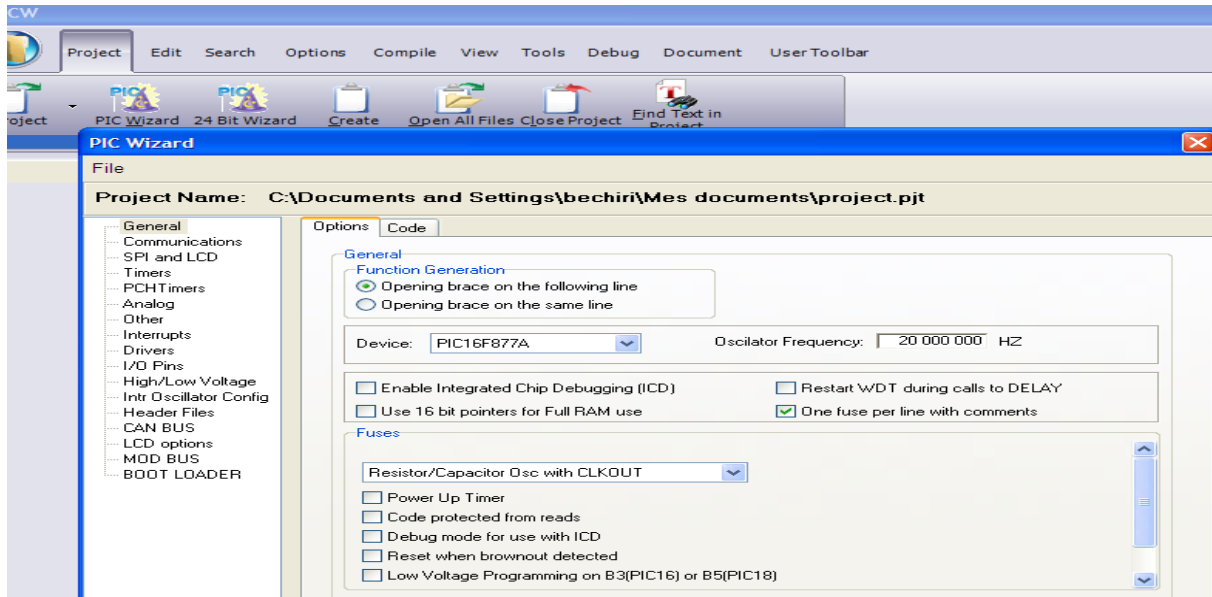
L'écriture du programme pour le pic se fait par le compilateur CCS (Custom Computer Service) avec un langage C, nous l'écrivons d'abord sous forme littéral, après la compilation, il crée automatiquement un fichier hexadécimal que nous allons transférer vers la mémoire du pic.

Pour créer un dossier vide où on écrit le programme. on lance le logiciel, on clique sur le boutons « projet », puis PIC Wizard



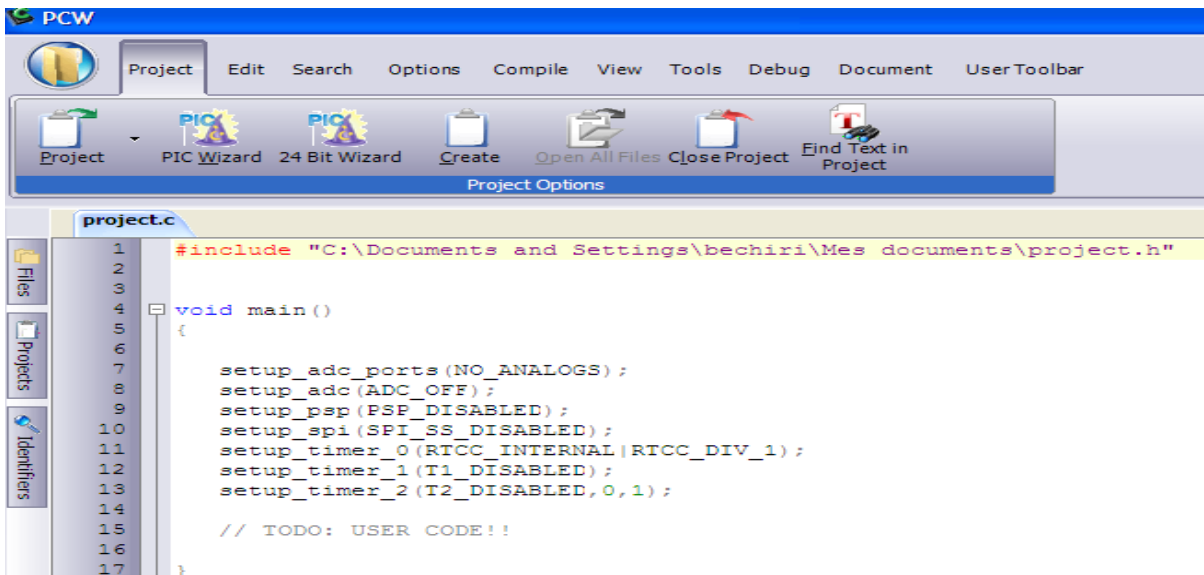
### 2) Configuration du pic par le logiciel :

En appuyant sur enregistrer elle apparaîtra la fenêtre pour la configuration du PIC par le logiciel, tel que le type de pic qui est dans notre cas un 16F877A, un quartz de 20Mhz et pour la communication nous avons utilisé le port série RS232 dans chaque caractère codé sur 8 bits et qui a une vitesse de 9600 Baud en utilisant les pins C6 pour transmission et C7 pour la réception.



### 3) Ecriture du programme

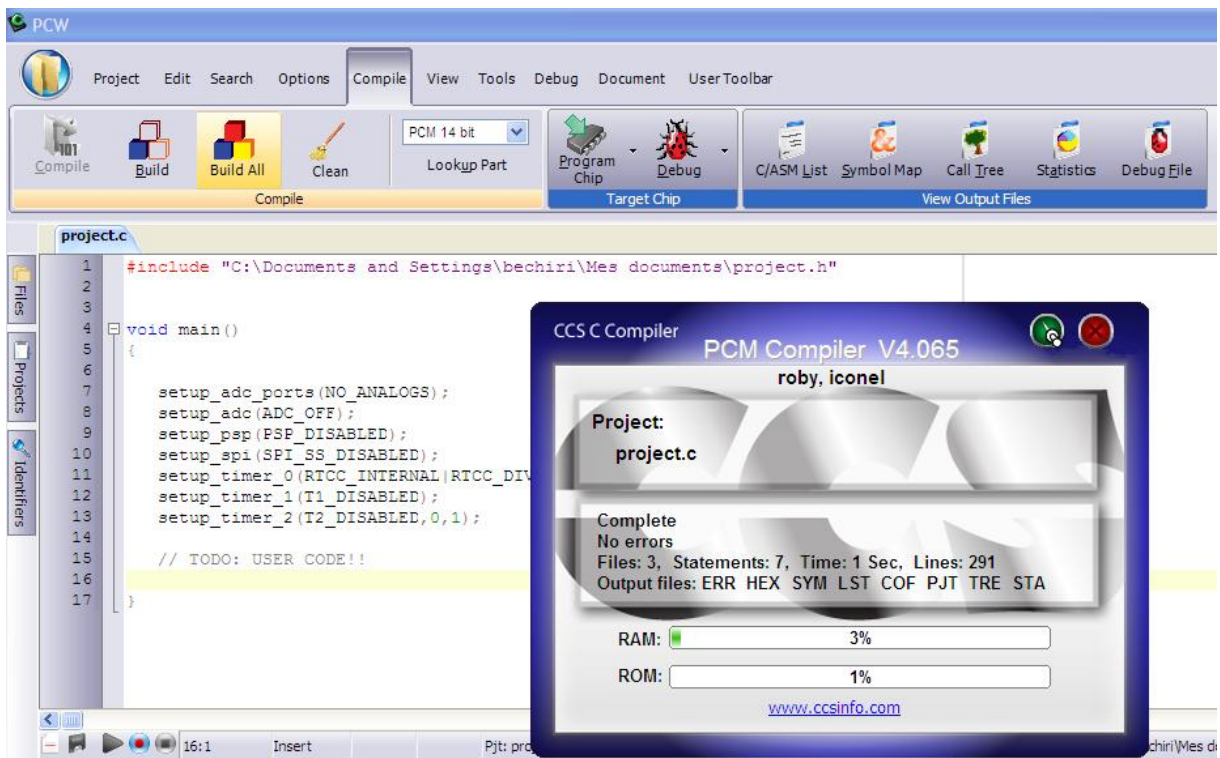
En fin elle apparaîtra la dernière fenêtre où nous allons écrire notre programme puis on termine par la compilation



## Annexe II

### 4) La compilation :

Indique la mémoire utilisé et le nombre d'erreurs



## Annexe III

### 1) Utilisation du logiciel visual basic

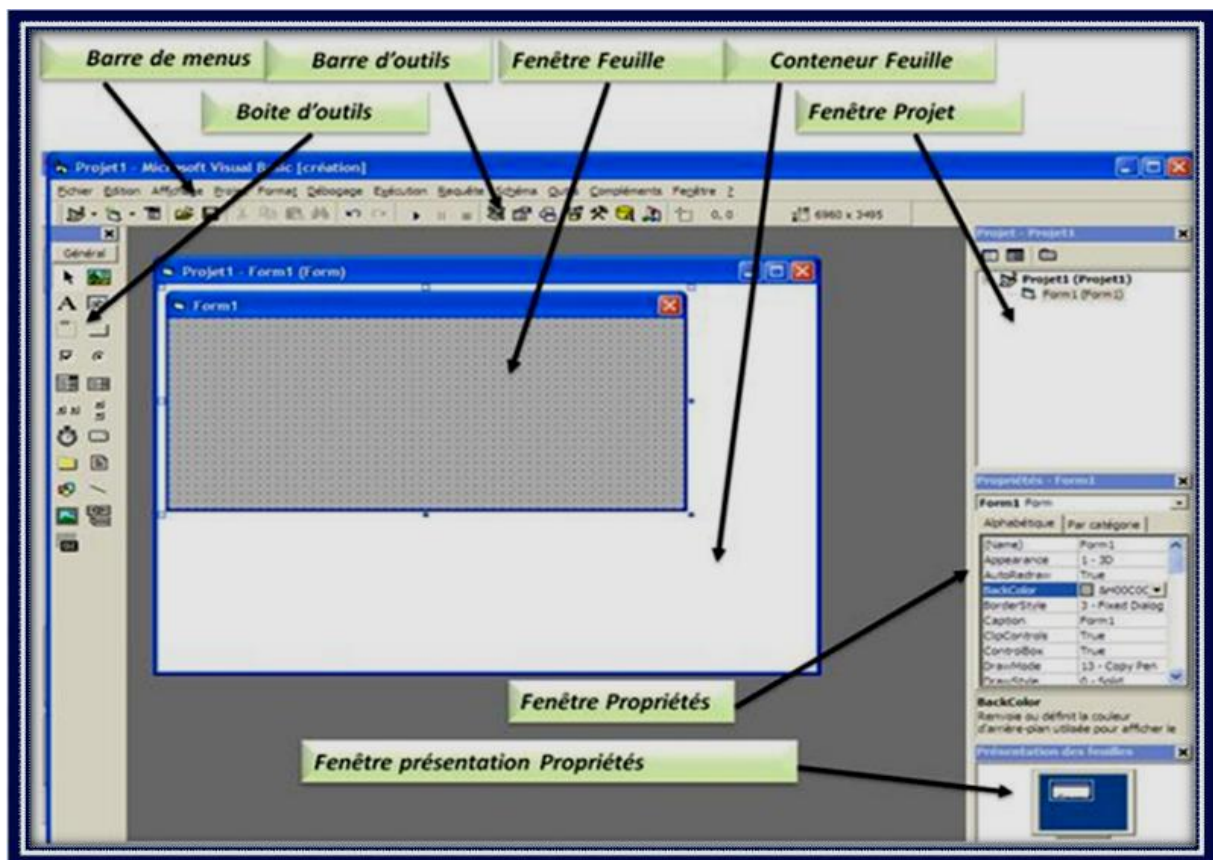
#### Introduction :

Visual basic est l'un des langages de programmation les plus performants et les plus simples à utiliser , il est créé par John G. Kemeny et Thoams E. Kurtz en 1963 et devient vite un langage populaire puis il est adapté sur PC par Bill Gates, au milieu des années 70.

### 2) Développement d'un programme sous VB

- Création de l'interface utilisateur à l'aide des contrôles VB
- Définition des caractéristiques ou propriétés des éléments qui composent l'interface
- Ecriture du code de programmation pour un ou plusieurs éléments de l'interface en fonction des besoins.

### II)Création d'un nouveau projet

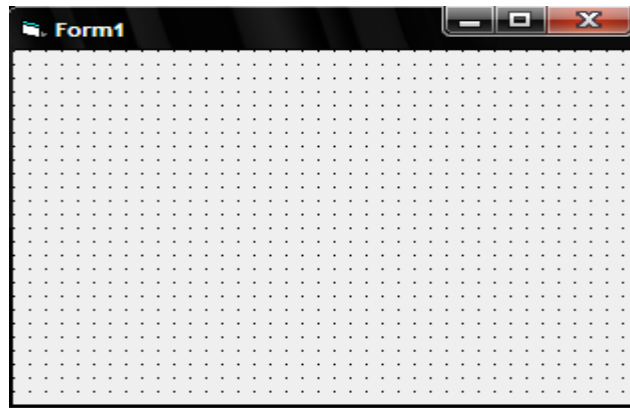


## Annexe III

---

- **Fenêtre Feuille :**

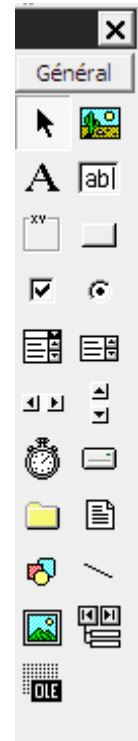
C'est la feuille par défaut (Fenêtre feuille) appelée Form1, s'affiche au démarrage en Grille standard avec des points servant à aligner les éléments créés composant l'interface utilisateur. On peut ajuster la taille de l'interface à l'aide de la souris.



- **Boite d'outils**

Contient des outils permettant d'ajouter des éléments à L'interface Chaque contrôle ajouté devient un objet, ou élément programmable de l'interface.

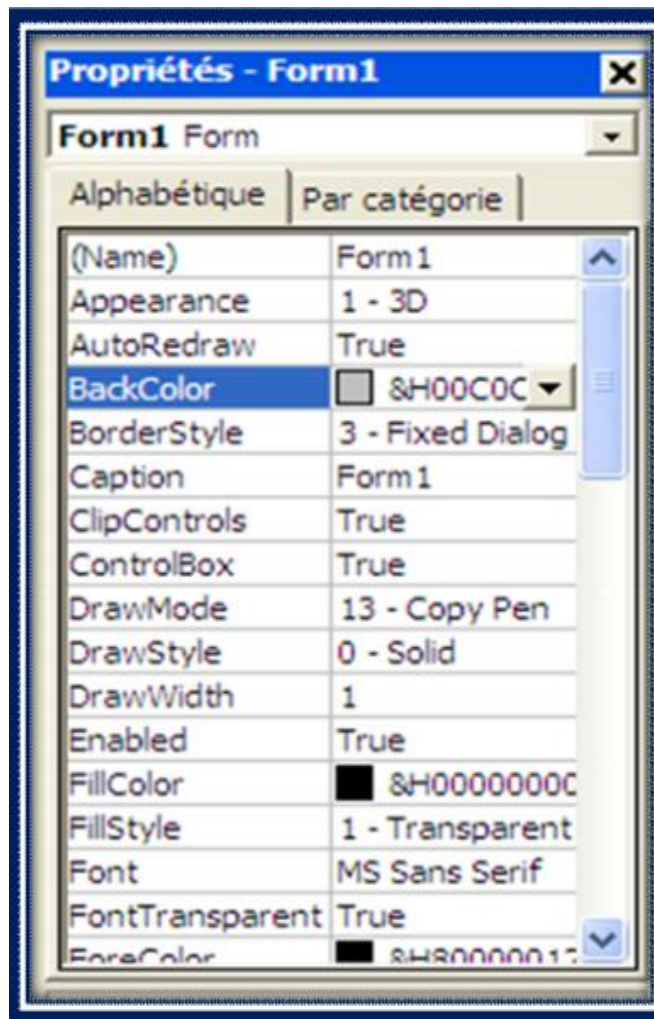
A l'exécution du programme, ces objets agiront comme tous les objets standards d'une application Windows



## Annexe III

- *Fenêtre Propriétés :*

Répertorie les propriétés possibles des éléments de l'interface et offre la possibilité de les changer. On peut affecter directement des propriétés aux objets sélectionnés. Ces propriétés peuvent être ensuite changées par programme (en agissant sur le code). Pour faire apparaître la fenêtre, on clique sur le bouton correspondant de la barre d'outils.

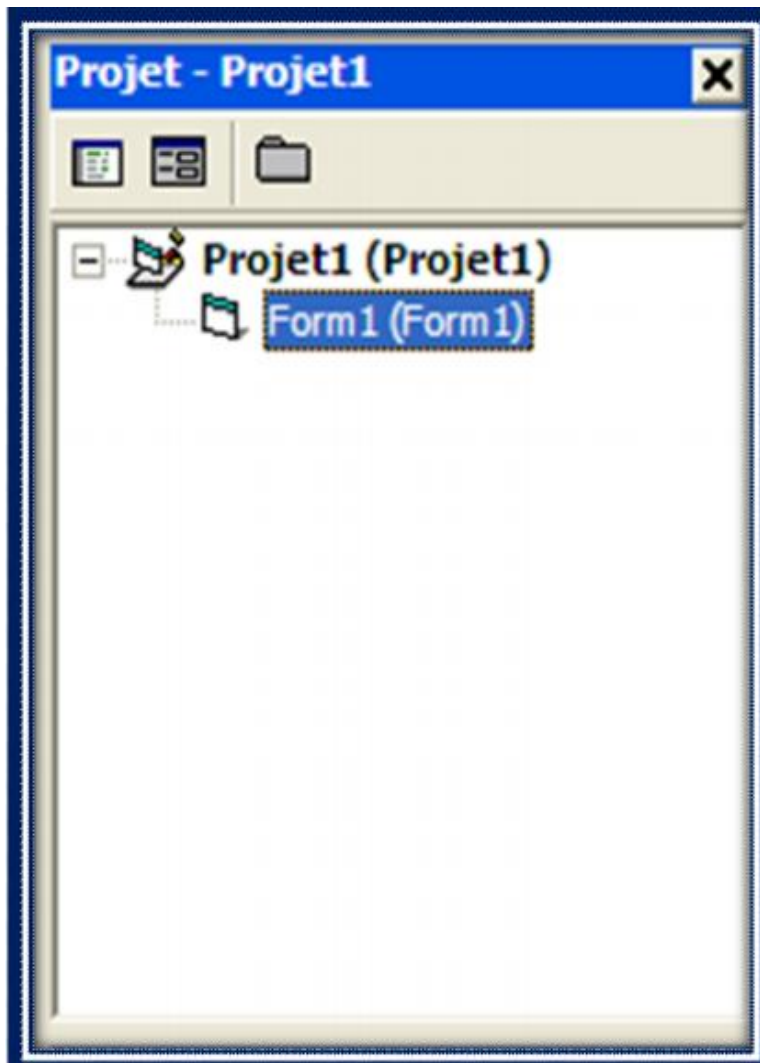


## Annexe III

---

- *Fenêtre Projet*

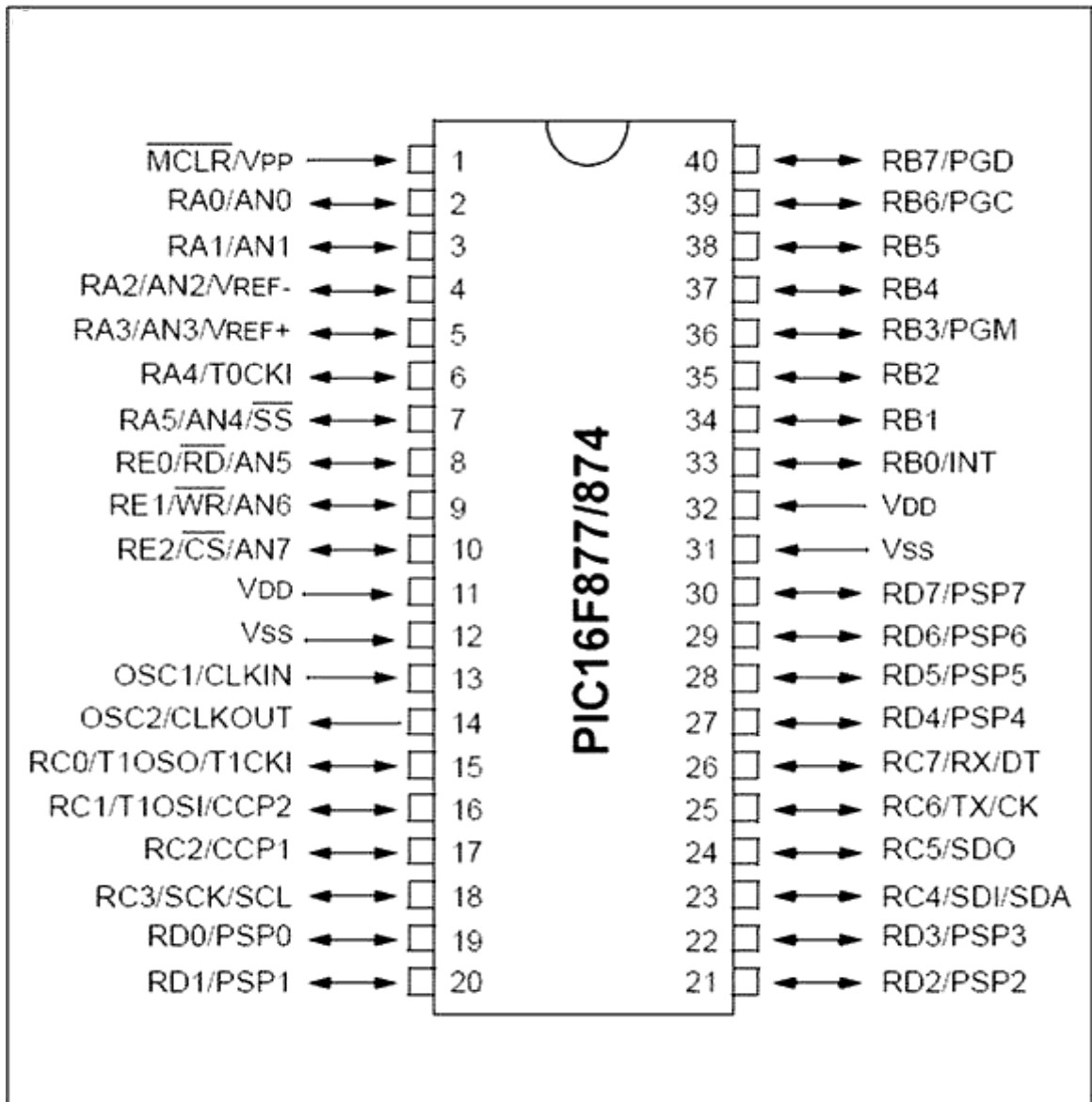
Répertorie les fichiers créés dans le projet on y accède par 2 boutons Code / Afficher l'objet Fichier projet, Sous le nom qu'on lui a attribué, la fenêtre affiche les composants sous la forme d'une arborescence. Pour afficher la fenêtre on clique sur le bouton « Explorateur de projet ».



# MICROCONTROLEURS

Famille Mid-Range de Microchip

## LE PIC 16F876/877



## Annexe V

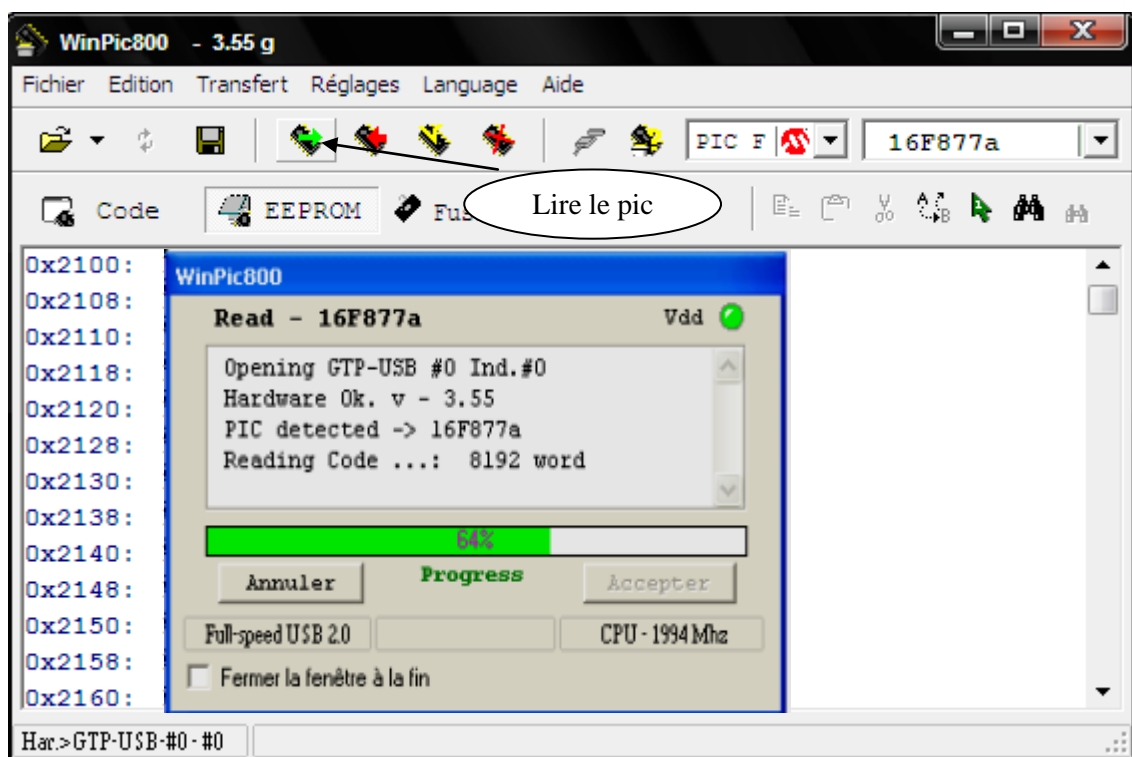
### 1) Utilisation du logiciel WinPic800\_3.55G

Pour programmer le pic on doit injecter le fichier « .c » crée par le logiciel CCS dans la mémoire du pic et cela grâce a un programmeur et un logiciel appelé WinPic800\_3.55G.

En suivant les étapes ci-dessus

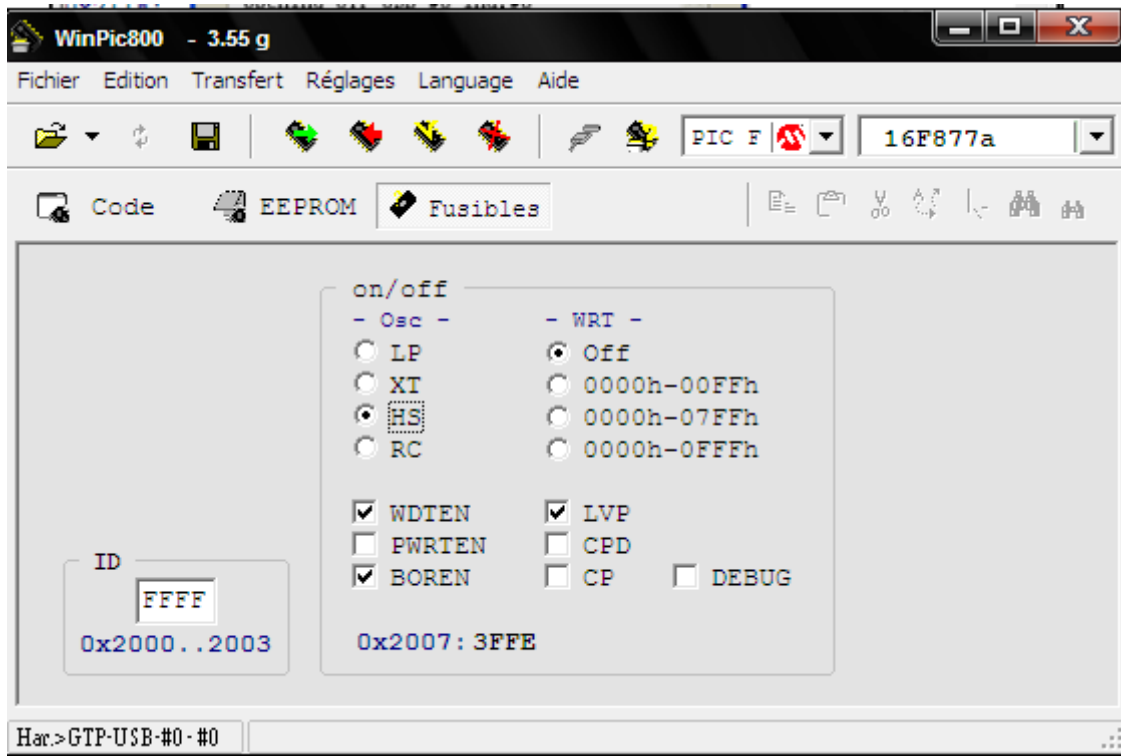
### 2) Lecture du pic

Dans notre cas il lit le pic 16F877A

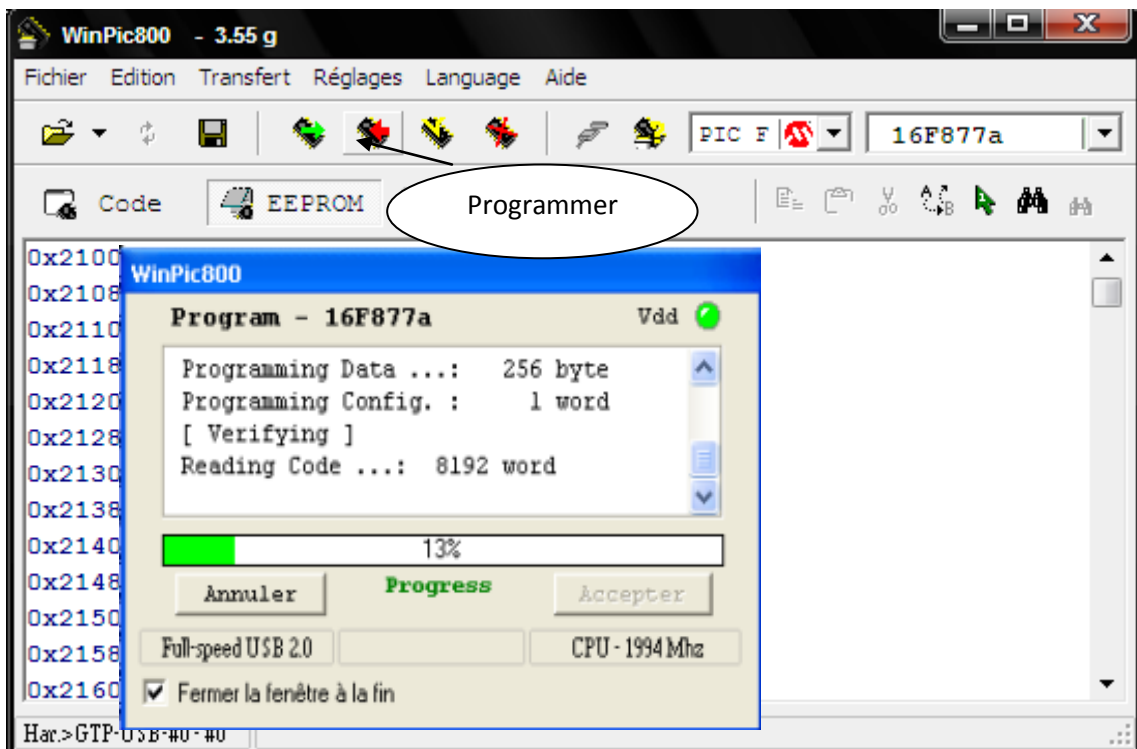


### 3) Les fusibles

Afin de choisir l'oscillateur du pic ainsi que l'activation du chien de garde ...



### 4) Programmation du pic



# Annexe VI

**Commandes**

Commande 1	ON	<input checked="" type="checkbox"/>
Commande 2	ON	<input checked="" type="checkbox"/>
Commande 3	ON	<input checked="" type="checkbox"/>
Commande 4	ON	<input checked="" type="checkbox"/>

**Acquisitions Numérique**

Numérique 1	FERME
Numérique 2	FERME
Numérique 3	OUVERT
Numérique 4	OUVERT

**Acquisition Analogique**

Analogique 1	09,90 V
Analogique 2	12,60 V
Analogique 3	19,90 V
Analogique 4	18,80 V

**Les graphes**

Frame1

Graph 1: Staircase plot showing a signal that rises and then falls.

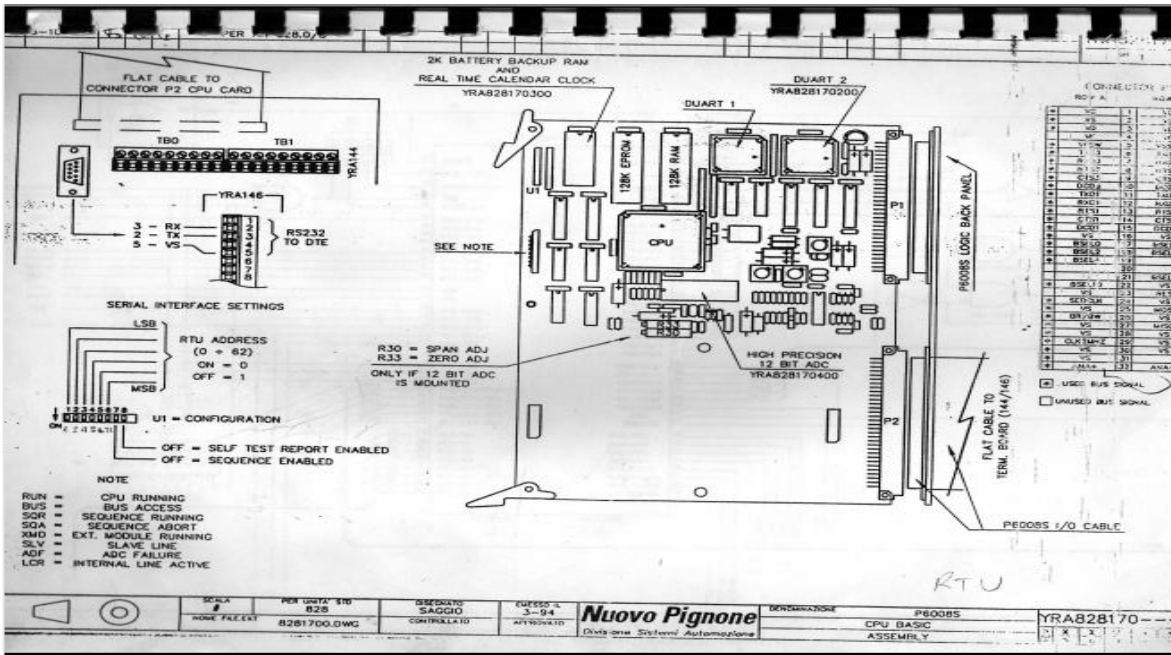
Graph 2: Smooth curve showing a signal that dips and then rises.

Graph 3: Square wave plot showing a digital signal switching between high and low states.

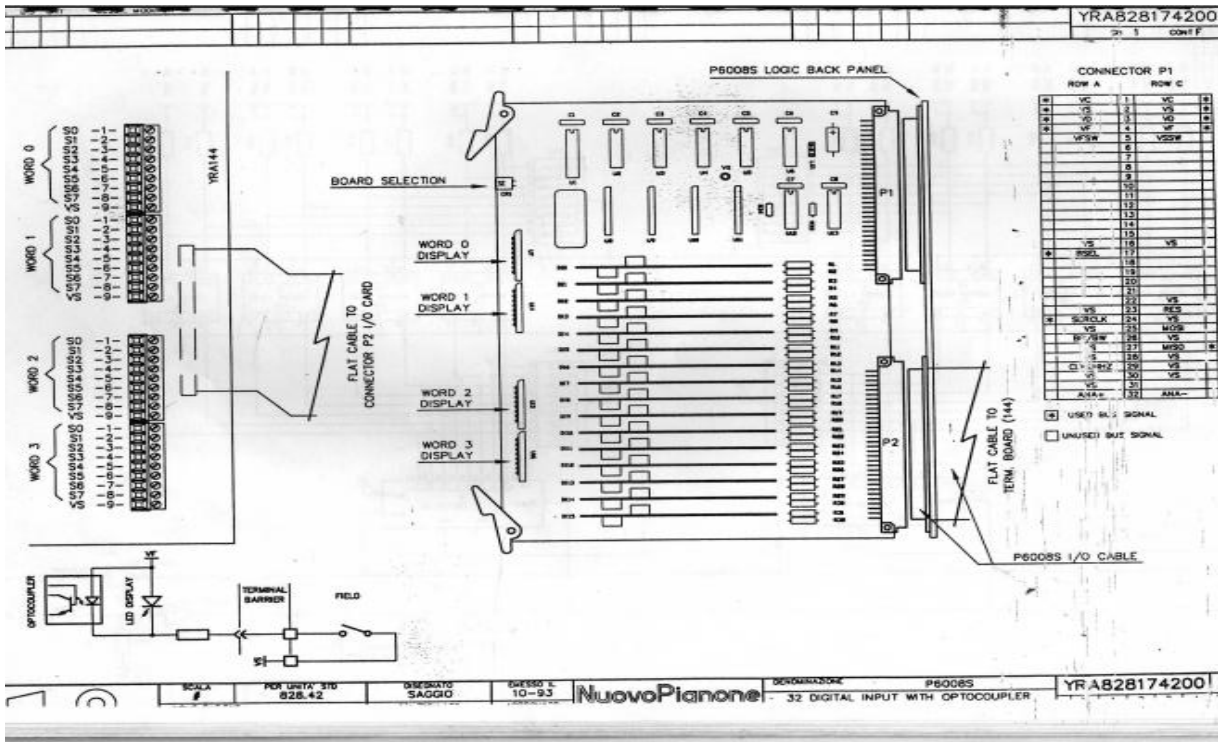
Graph 4: Sinusoidal wave plot showing an oscillating signal.

# Annexe VII

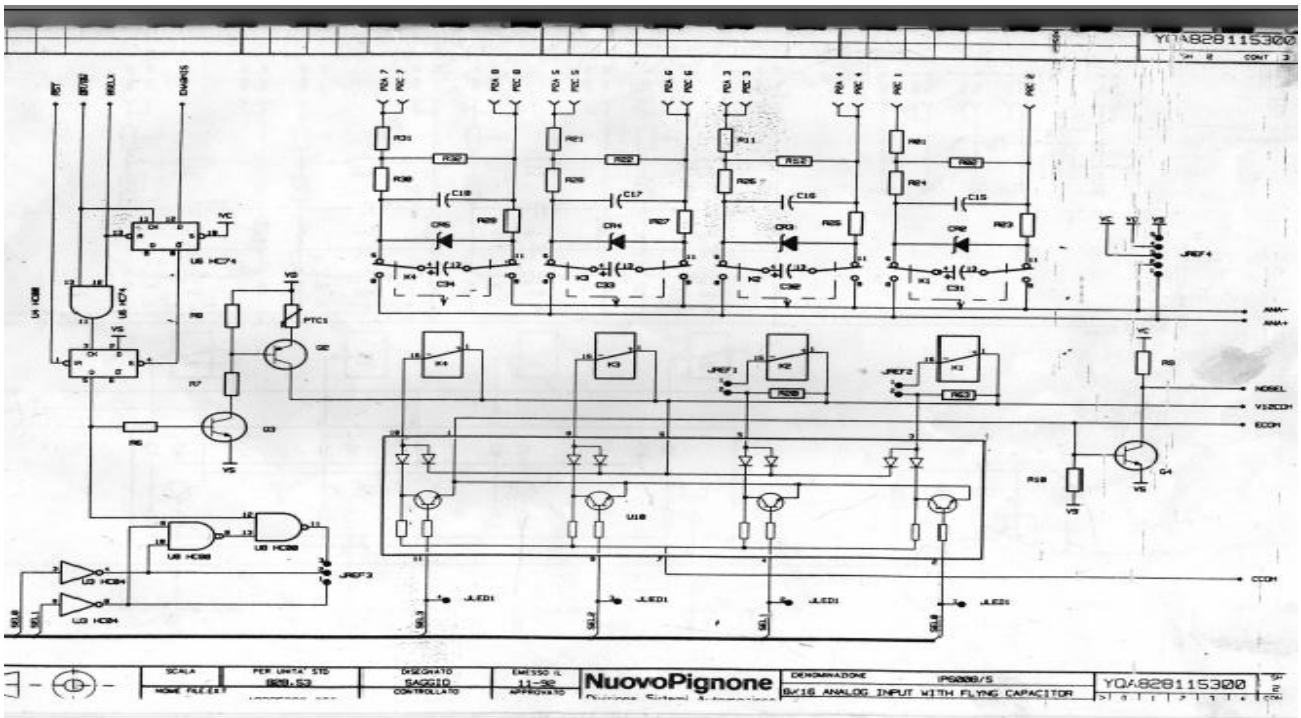
## 1) Carte CPU



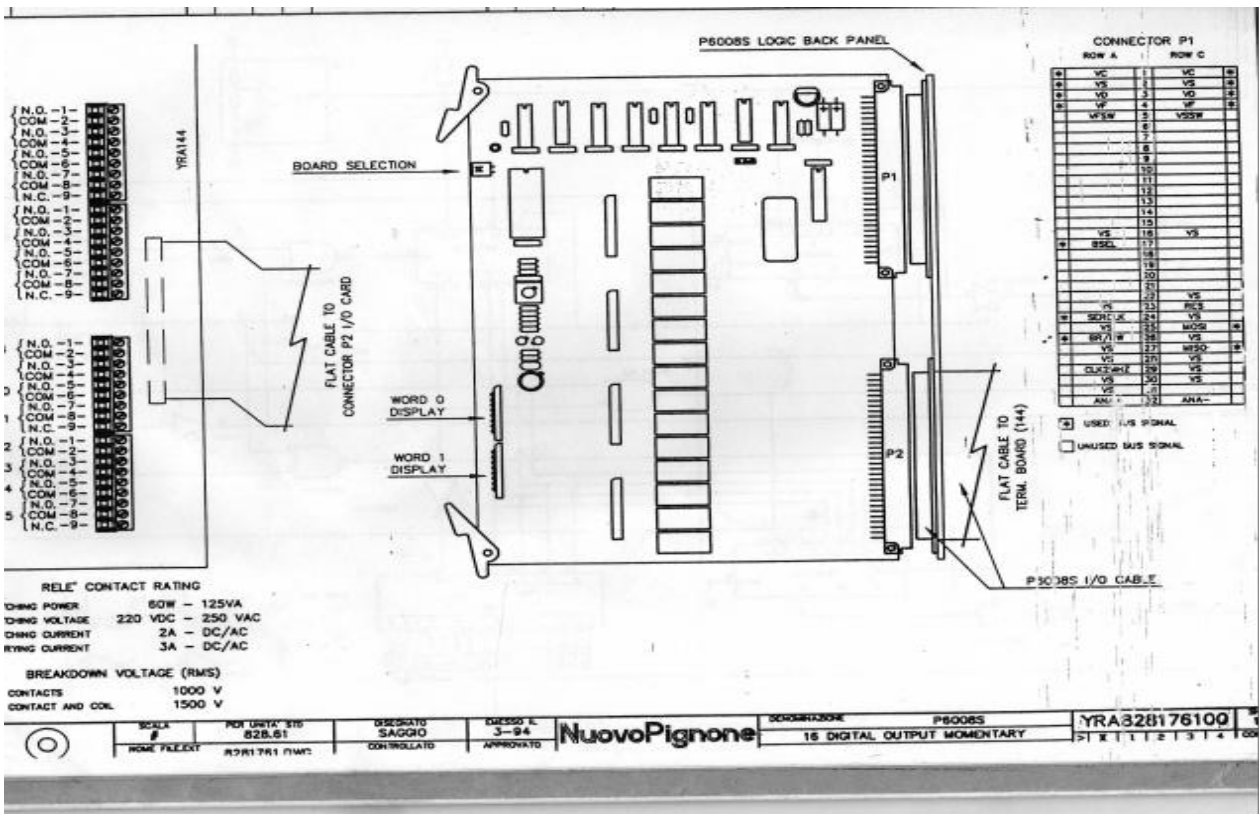
## 2) Carte d'entrées digitales



3) Carte d'entrées analogiques



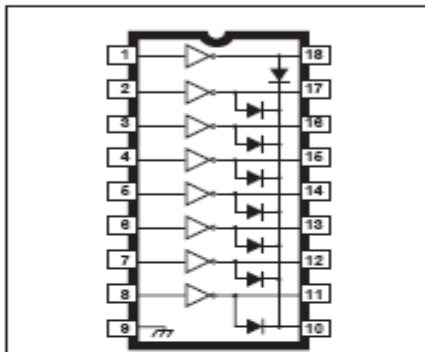
3) Carte de sorties digitales



# 2803 THRU 2824

Data Sheet  
28043E

## HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Note that the ULx28xxA series (dual in-line package) and ULx28xxLW series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, $V_{CE}$	
(x2803x and x2804x)	50 V
(x2823x and x2824x)	95 V
Input Voltage, $V_{IN}$	30 V
Continuous Output Current, $I_C$	500 mA
Continuous Input Current, $I_{IN}$	25 mA
Power Dissipation, $P_D$	
(one Darlington pair)	1.0 W
(total package)	See Graph
Operating Temperature Range, $T_A$	
Prefix 'ULN'	-20°C to +85°C
Prefix 'ULQ'	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
$T_S$	-55°C to +150°C

Featuring continuous load current ratings to 500 mA for each of the drivers, the Series ULN28xxA/LW and ULQ28xxA/LW high-voltage, high-current Darlington arrays are ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads. Typical power loads totaling over 260 W (350 mA x 8, 95 V) can be controlled at an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULx2803A, ULx2803LW, ULx2823A, and ULN2823LW have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULx2804A, ULx2804LW, ULx2824A, and ULN2824LW have series input resistors for operation directly from 6 V to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULx2803A/LW and ULx2804A/LW are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULx2823A/LW and ULx2824A/LW will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 18-pin dual in-line plastic packages (suffix 'A') or 18-lead small-outline plastic packages (suffix 'LW'). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. Prefix 'ULN' devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C; prefix 'ULQ' devices are rated for operation to -40°C.

### FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Package or Wide-Body Small-Outline Package

x = Character to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.



## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX2220-MAX249**

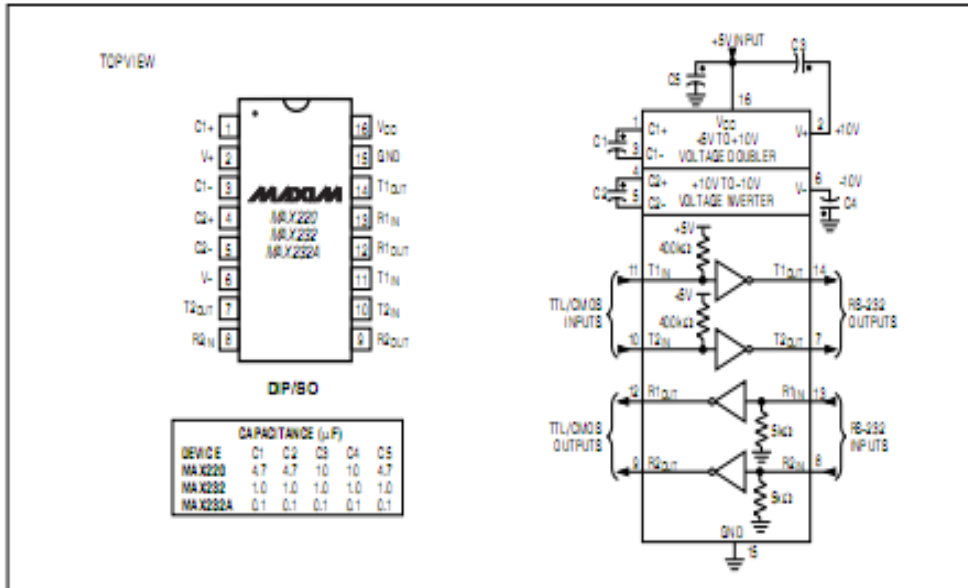


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

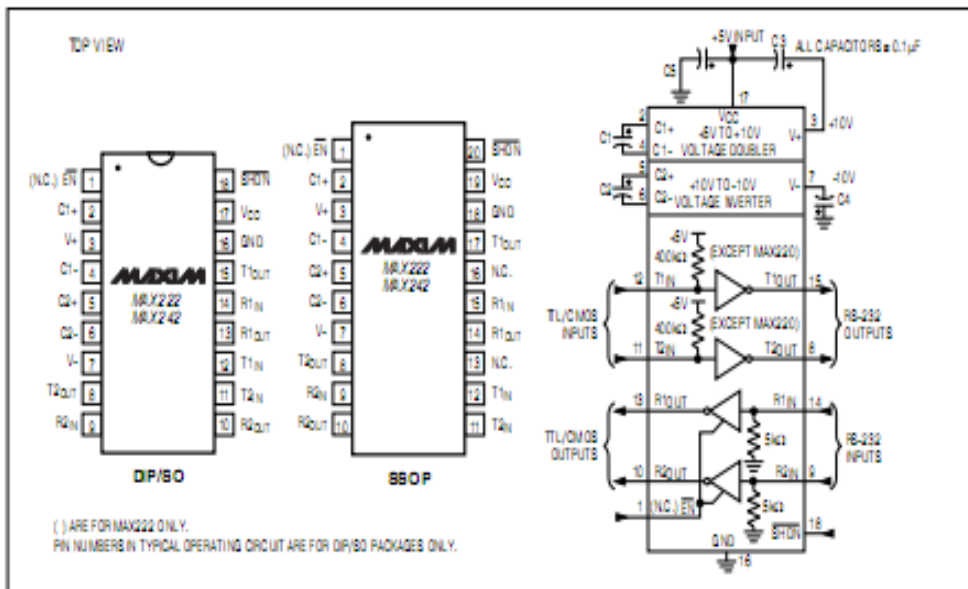


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

LM35

Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*

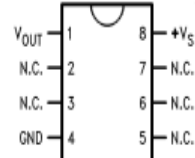


BOTTOM VIEW  
DB005516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

SO-8  
Small Outline Molded Package



DB005516-21

N.C. = No Connection

Top View  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

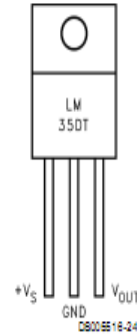
TO-92  
Plastic Package



BOTTOM VIEW  
DB005516-2

Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

TO-220  
Plastic Package\*



DB005516-24

\*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F

# bibliographie

## **Livres :**

- CHRISTIAN TAVERNIER, Programmation en C des PIC, Paris, L'USINE NOUVELLE, DUNOD, 2005.
- FOXBORO, le système SCADA/ SPECIFICATION DES QUALITES SW & HW, projet Hassi Rmel, 2001.
- Description cartes P6008S – Anglais.
- Mr. Noureddine.H, SCADA; Système de contrôle des puits à Hassi R'Mel « Journées Techniques de la Maintenance »
- Hassi R'mel, le 25/05/2007 : Prise en charge de la maintenance Soft des Systèmes Informatiques Industrielles.
- Architecture du système SCADA P6009 de Foxboro.

## **Revues :**

- R.FAKHEUR, A. BELAID, Réalisation d'une carte de commande d'un robot manipulateur.2009
- K. ATTIK, N. AMEDAH, Mesure de paramètres de compensation du facteur de puissance à base d'un microcontrôleur 18F468.2009
- M. SAKLI, Système de régulation de niveau d'eau, Génie électrique et automatique .TUNISIE

## **Sites Internet :**

<http://www.ni.com/dataacquisition/f/>

<http://www.ni.com/dataacquisition/f/>

[http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version\\_pdf/II\\_capteurs.pdf](http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version_pdf/II_capteurs.pdf)

<http://www.national.com/mpf/LM/LM35.html#Overview>

<http://www.futurlec.com/Linear/LM35CZ.shtml>

<http://www.rentron.com/Files/uln2803.pdf>

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf>

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>

<http://ww1.abcelectronique.com/bigonoff>