

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministre de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY de TIZI-OUZOU  
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique.  
Département d'Electronique



# Mémoire



*De fin d'études*

*En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat En  
Electronique.*

*Option : communication*

## Thème

*ETUDE D'UN SYSTEME D'ACQUISITION  
ET DE TRANSMISSION DU SIGNAL VIA  
LE MODULE GSM TC35.*

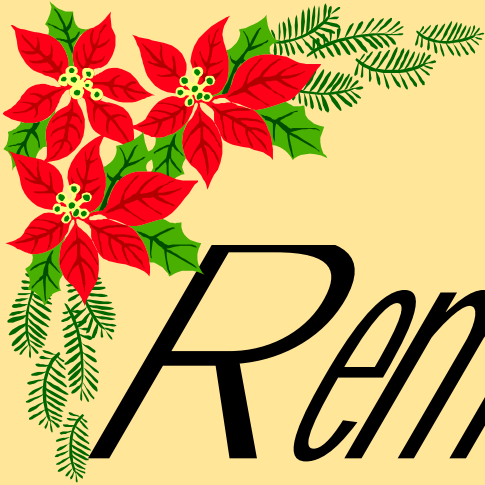
**D Dirigé par :**

**M<sup>r</sup> : AIT BACHIR.Y**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : LAOUDI Lynda**

**Promotion 2010-2011**



# Remerciement

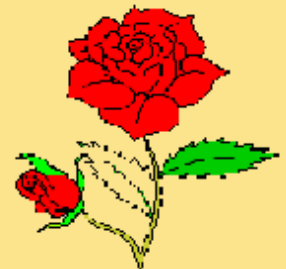
*Je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir attribué la faveur de réussir mes études en électronique car c'est ma mission, passion, et le fil de connexion entre nous et la nation.*

*Mes sincères remerciements à mon promoteur Mr.AIT BACHIR Youcef pour l'idée, l'encadrement, les corrections, les précieux conseils, pour sa patience et sa sagesse sans limites pendant une longue période*

*Ma reconnaissance va également à Mr.LAHDIRI*

*J'exprime aussi ma profonde gratitude au président et aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail, sans oublier mon profond respect à l'ensemble des enseignants dont j'ai été l'étudiante*

*L'aboutissement de ce travail doit beaucoup à nos familles et nos amis (es) qui nous ont soutenus et encouragé durant ces long mois de labeur.*



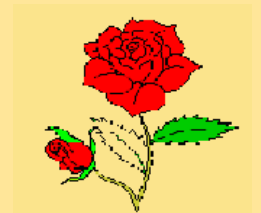


# Dédicace

*Gloire à dieu, qui a permis à ce modeste travail de voir le jour.*

*Je le dédie à ;*

- ✓ *Mes très chers parents, à leur grand sacrifice, leur dévouement et leur soutien pour ma réussite.*
- ✓ *Ma très chère sœur SAMIRA et son mari MADJID.*
- ✓ *Mon très cher frère AHCENE et sa femme KAHINA.*
- ✓ *Mon très cher frère DAHMANE et sa femme FATMA.*
- ✓ *Particulièrement à mes nièces et neveux : LYZA, SLIMANE, ANISSIA, RABAH, SARINA, KAINA, et SOPHIA.*
- ✓ *Toute la famille LAOUDI.*
- ✓ *Mes voisins sans exception.*
- ✓ *Mes très chères amis (e) FALILA et SAFIA, ZAKOU et NACERA, SAMIRA et LYLIA, DJIMI et CHAHIRA, CHANEZ et SIHEM, NABILA et YANIS, POUTCHI et YAYA, et toutes leurs familles.*
- ✓ *Mon promoteur AIT BACHIR.Y*
- ✓ *Toute la promotion 2010/2011 d'électronique.*
- ✓ *A tous ceux qui me connaissent.*



# **INTRODUCTION GENERALE**

## *Introduction générale*

L'arrêt cardiaque est cité comme le contribuant principal au taux de mortalité soudaine et inattendu. Certaines de ces vies peuvent être sauvées si le soin aigu et la chirurgie cardiaque est fournis dans la soi-disant heur d'or. Les patients qui sont en danger ont besoin que leur santé cardiaque soit surveillée fréquemment là où ils seront. Alors un système qui averti la personne sur le début de la maladie plutôt, sera un avantage pour la société.

L'exploitation des systèmes de transmission est très variée vu le nombre d'atouts important qu'ils présentent (rapidité, fiabilité, facilité.....), on s'intéressera à un domaine particulier qui est la télémédecine qui consiste a faciliter et à permettre la pratique à distance de la médecine, grâce aux techniques modernes de télécommunication et de traitement d'information numérique de tous type (téléconsultation, télé expertise, visioréunions, téléassistance, télé chirurgie, télédiagnostic, télésurveillance...). Cette dernière, étant l'objet de notre étude elle permet d'apporter une solution de surveillance à distance d'un patient grâce à l'événement des circuits programmables comme les microcontrôleurs et les circuits GSM.

Notre travail consiste à recueillir des signaux ECG sur un patient à travers une chaine d'acquisition et de traitement à base du PIC 16F877, ensuite le signal est envoyé sous forme d'SMS via un module GSM TC35 vers un centre hospitalier pour un suivi médical.

On a structuré notre travail en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous introduirons les notions de cardiologie où on parlera du système cardiovasculaire et l'électrocardiographie.

Le chapitre deux sera consacré à présenter la partie pratique de notre travail en explicitant chaque bloc de notre système, étude de l'acquisition et de la transmission de l'ECG.

Le troisième chapitre sera réservé à la transmission de l'SMS dans le réseau GSM.

Ainsi le quatrième chapitre, sera réservé à la procédure de programmation de l'application.

Enfin on terminera par une conclusion générale.

# CHAPITRE 1

## NOTION DE CARDIOLOGIE

## I. Introduction :

L'activité cardiaque est un phénomène physiologique primordial à la vie de l'être humain. C'est une fonction vitale. Elle est ce pendant sujette à de nombreuses pathologies. L'exploration des fonctions cardiaques permet de les détecter.

Nous présentons dans ce premier chapitre le fonctionnement général du système cardiovasculaire, puis de manière plus détaillée le principe de l'électrocardiogramme et les différentes techniques de dérivations.

### II.1. Physiologie du cœur :

Le cœur est un organe creux et musculaire comparable à une pompe, qui assure la circulation du sang dans les veines et les artères. Dans le corps humain, le cœur se situe un peu à gauche du centre du thorax, en arrière du sternum. Il est l'élément central du système cardiovasculaire. Il est connecté au reste de l'organisme par le biais de vaisseaux associés : les deux veines caves (inférieure et supérieure), les artères pulmonaires, et l'artère aorte, comme l'illustre la figure suivante ;

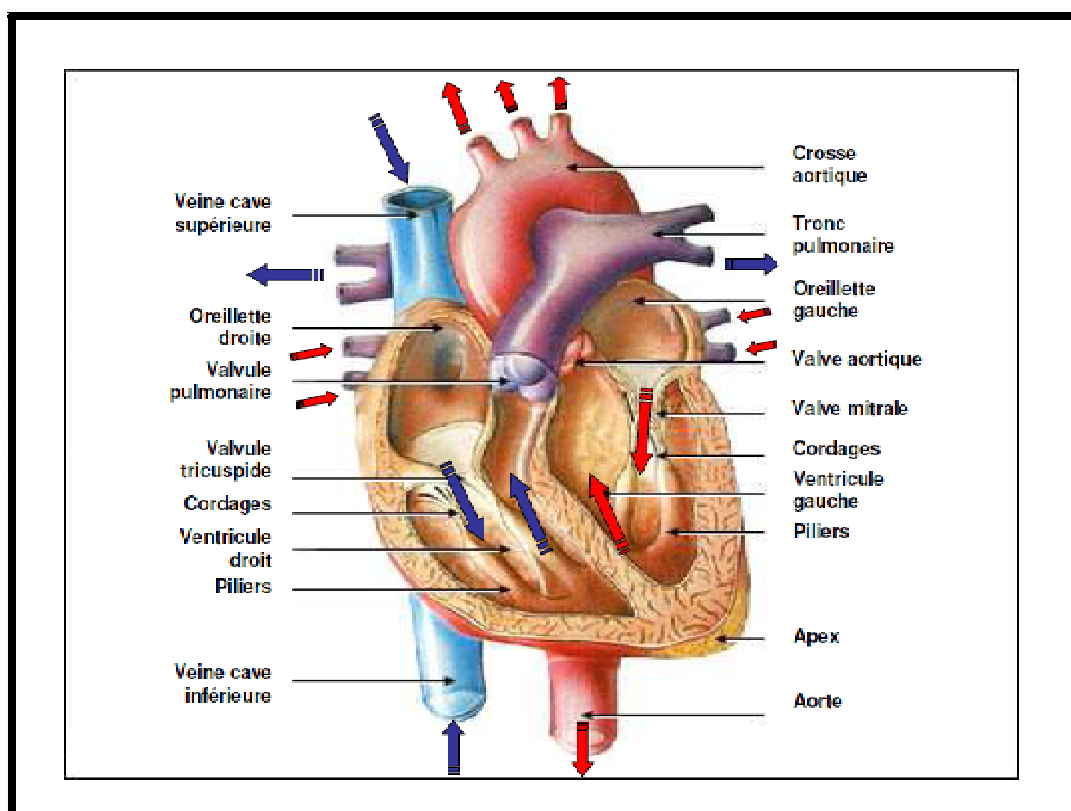
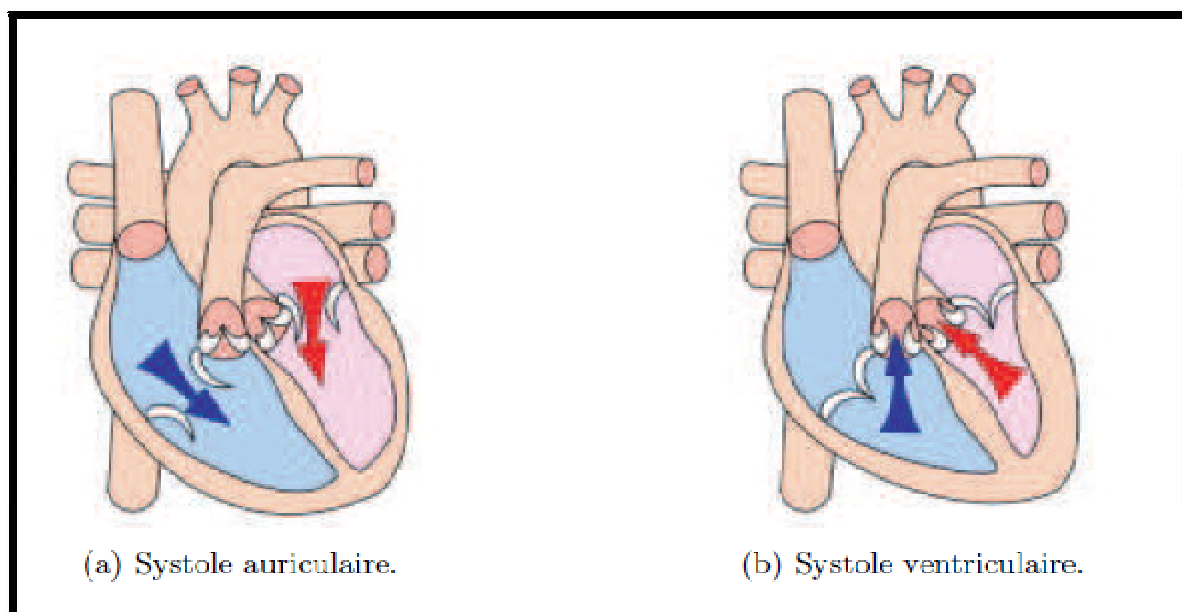


Figure 1: Schéma fonctionnel du cœur.

## II.2. Électrophysiologie du cœur :

Pour que le cœur pompe efficacement le sang, les milliers de cellules des oreillettes et des ventricules (cellules myocardique) doivent se contracter simultanément. Cette étonnante coordination est déclenchée par une impulsion électrique. Le chef d'orchestre est le nœud sinusal, situé dans l'oreillette droite. De là, le courant électrique passe de cellule en cellule. Il atteint le nœud pause-ventriculaire seul point de passage possible pour le courant électrique entre les oreillettes et les ventricules. Là, l'impulsion électrique subit une courte pause permettant au sang de pénétrer dans les ventricules. Elle emprunte alors le faisceau de His, qui est composé de deux branches principales allant chacune dans un ventricule. Les fibres constituant ce faisceau complétées par les fibres de Purkinje, grâce à leur conduction rapide, propagent l'impulsion électrique en plusieurs points des ventricules, et permettent ainsi une dépolarisation quasi instantanée de l'ensemble du muscle ventriculaire, malgré sa taille importante, ce qui assure une efficacité optimale dans la propulsion du sang.

Chaque battement du cœur entraîne une séquence d'événements mécaniques et électriques collectivement appelés la révolution cardiaque. Celle-ci consiste en trois étapes majeures : la systole auriculaire, la systole ventriculaire et la diastole illustrées dans la figure suivante ;



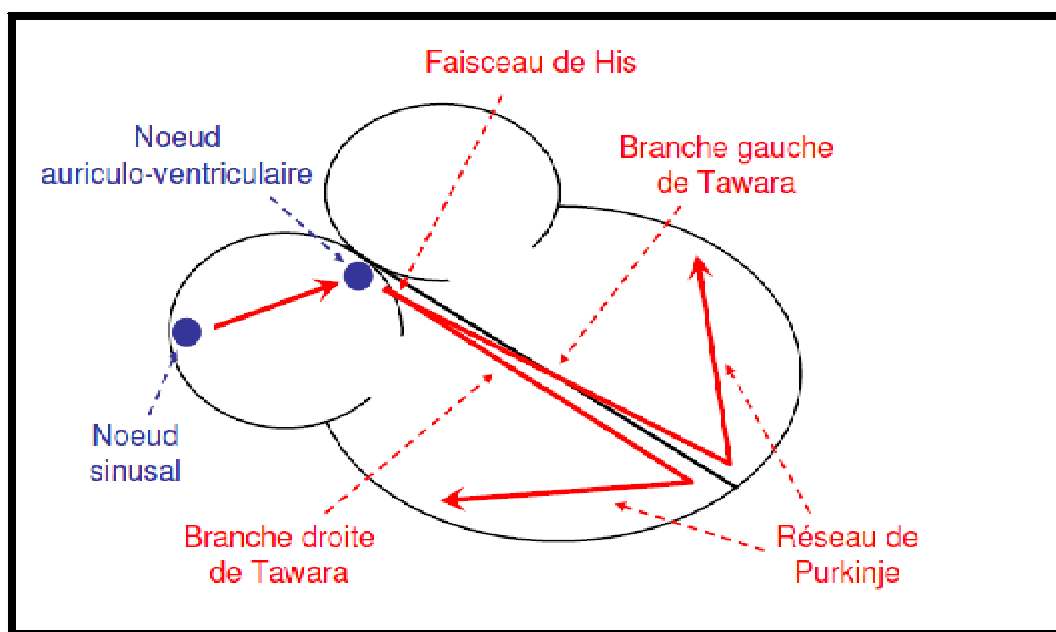
**Figure 2 : Principes des systoles auriculaire et ventriculaire.**

## II.3. L'électrocardiogramme:

### II.3.1. Historique :

- 1842 Un physicien italien Carlo Matteucci montre qu'un courant électrique accompagne chaque battement cardiaque.
- 1887 Un physiologiste anglais John Burden publie le premier électrocardiogramme d'un humain.
- 1897 Clément Ader, ingénieur électrique, adapte un système d'amplification appelé galvanomètre à corde jusque là utilisé pour les communications télégraphiques sous-marines.
- 1903 Einthoven parvient à recueillir ces courants d'une manière satisfaisante en utilisant un montage électrique rappelant le pont de Wheatstone.

### II.3.2. La genèse du signal électrique cardiaque :



**Figure 4 : Parcours du signal électrique cardiaque**

La propagation de l'influx électrique s'étend à partir du nœud sinusal aux deux oreillettes et au nœud auriculo-ventriculaire (AV). Situé en bas de l'oreillette droite, cette structure nodale de 5 millimètres de diamètre a un double rôle :

- celui de ralentisseur du passage AV de l'onde de dépolarisation, grâce aux fibres alpha à conduction lente ;
- la fonction de relais de l'onde de dépolarisation vers les ventricules via le réseau de His-Purkinje.

Le nœud auriculo-ventriculaire est également sous l'influence des systèmes sympathique et parasympathique. Ensuite, l'influx électrique est transmis au faisceau de His et à ses deux branches de Tawara.

Le faisceau de His est situé dans la partie haute du septum inter ventriculaire et ses fibres traversent le tissu connectif, mais non excitable, qui sépare électriquement les oreillettes et les ventricules. Enfin, l'influx électrique aboutit au réseau de Purkinje qui le conduit aux parois ventriculaires. Les fibres de Purkinje sont des fibres musculaires spécialisées permettant une bonne conduction électrique, ce qui assure la contraction simultanée des parois ventriculaires. Ce système électrique explique la régularité du rythme cardiaque et assure la coordination des contractions auriculo-ventriculaires.

Le faisceau de His, les branches droite et gauche de Tawara, et le réseau de Purkinje constituent le véritable distributeur de l'influx électrique, qui a pris naissance dans le nœud sinusal, aux ventricules. Cet ensemble est sous l'influence du seul système sympathique.

Il est à noter que le nœud AV et le faisceau de His forment la seule voie de propagation de l'influx électrique entre les oreillettes et les ventricules. Aussi, la forme du potentiel d'action varie selon le tissu considéré, comme nous pouvons le voir sur le schéma présenté à la figure 4.

### **II.3.3. L'enregistrement de l'ECG :**

L'enregistrement électrocardiographique peut se faire soit par voie externe à l'aide d'électrodes posées à la surface du corps, soit par voie interne en enregistrant l'influx électrique à la surface du cœur (enregistrement epicardique), ou directement en introduisant une sonde endocavitaire.

Il se fait sur un papier millimètre, déroulant à vitesse constante. Ce papier est composé de carrés de 5mm x 5 mm. Ces carrés sont subdivisés en carrés plus petits d'un millimètre de côté. Dans les conditions standard, le papier est déroulé à la vitesse de 25 mm par seconde, de sorte qu'un millimètre correspond à 0,04 seconde, et 5 mm à 0,20 seconde.

L'étalonnage standard de l'électrocardiogramme enregistre une déflexion de 10 mm pour un voltage de 1 mV. Un étalonnage correct est indispensable à l'interprétation des tracés.

### **-Condition d'enregistrement :**

Pour que le tracé électrocardiographique soit aisément interprétable, c'est-à-dire qu'il n'existe pas d'artefacts qui l'altèrent, il faut que son enregistrement se fasse dans de bonnes conditions :

- Mettre le malade torse nu ;
- S'assurer qu'il ne soit pas en contact avec un élément métallique ;
- S'assurer qu'il soit en équilibre thermique avec le milieu ambiant pour éviter que n'apparaisse un tremblement musculaire des muscles squelettiques lorsque le patient frissonne ;
- Utiliser des électrodes propres ; faire usage modérément de la pate électrocardiographique ;
- Placer un « fil de terre » pour supprimer les parasites ;
- Placer correctement les fils reliant les électrodes à l'éctrocardiographe.
- Etalonner l'appareil au moyen du bouton prévu à cet effet sur l'électrocardiographe ;
- S'assurer de l'absence de défaut d'étalonnage (signal amorti ou d'amplitude incorrecte).
- s'assurer de la stabilité de la ligne de base et de l'absence d'interférence (50 hertz par défaut de mise à la terre, mauvaise conduction au niveau des électrodes)
- s'assurer de la cohérence du tracé, notamment de l'absence d'inversion des fils, par exemple, bras droit – bras gauche, erreur facilement détectable en raison de la négativité de l'onde P en D1.

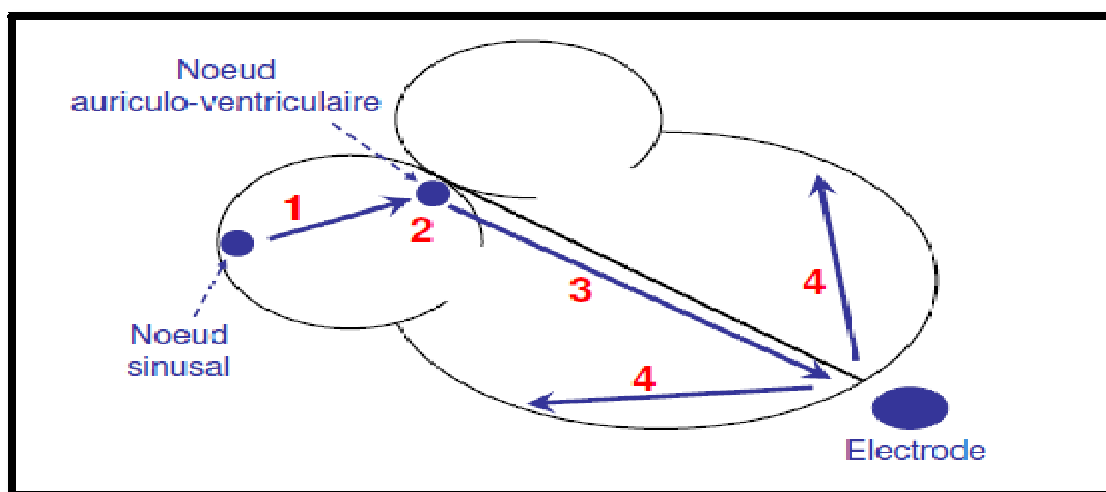
## II.4. Notion de dipôle électrique

Pour comprendre le fonctionnement des dérivations, il faut revenir sur une notion fondamentale, les différences de potentiels, et donc les vecteurs.

L'ECG est l'enregistrement des potentiels électriques parcourant le cœur. La propagation des potentiels d'action au sein du cœur correspond en fait à la propagation d'une zone de dépolarisation (positive) dans un myocarde repolarisé (négatif). C'est donc l'importance, la vitesse, et la direction moyenne du front de propagation qui sont enregistrées au cours de l'ECG. Ceci revient à enregistrer le vecteur représentant la différence de potentiel entre les 2 fronts positif et négatif.

Ainsi, un cœur au repos, repolarisé (négatif) ou complètement dépolarisé (positif) donnera un enregistrement "nul" : le tracé correspondant sera la ligne de base, la ligne isoélectrique.

Une électrode voyant le front positif se rapprocher enregistrera un signal positif, et à l'inverse si ce front s'éloigne, le signal enregistré est négatif.



**Figure 5 : Progression de l'impulsion électrique à travers le cœur.**

La progression des ondes à travers le cœur suit le chemin décrit par la figure 5 :

1. L'onde de dépolarisation va du nœud sinusal au nœud auriculo-ventriculaire,
2. Elle est ralentie au niveau du nœud auriculo-ventriculaire
3. L'onde de dépolarisation part du nœud auriculo-ventriculaire pour atteindre la pointe du septum ventriculaire,
4. L'onde de dépolarisation est transmise du septum à l'ensemble des ventricules.

Le signal enregistré par l'électrode de la figure 5 placée en bas du septum ventriculaire, est présenté schématiquement par la figure 6 et est composé de :

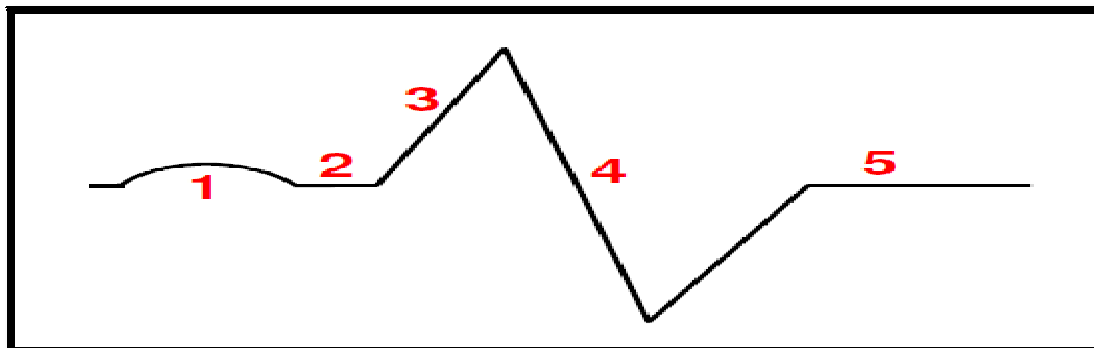


Figure 6 : Schéma du signal enregistré par les électrodes.

1. une onde **positive**, le signal allant vers l'électrode,
2. un tracé **isoélectrique** : pas de déplacement de dépolarisation,
3. une onde **positive**, le signal allant vers l'électrode,
4. une onde **négative**, le signal s'éloignant de l'électrode,
5. un tracé **isoélectrique** : myocarde au repos (tout repolarise)-ligne de base.

**La dépolarisation** : au court de la dépolarisation, l'onde d'activation se rapproche de l'électrode : Le dipôle est précédé de charges positives, l'électrode « voit » un champ uniquement positif, l'enregistrement de la variation du champ électrique par l'électrode s'inscrit donc une positivité.

**La repolarisation** : lors de la repolarisation, des charges positives réapparaissent au bout à la surface de la membrane tandis qu'à l'autre bout de la membrane les charges extérieures sont encore négatives, le dipôle de repolarisation se déplace du bout à l'autre précédé de charges (-). L'électrode exploratrice « voit » un champ uniquement négatif et le tracé enregistré montre une négativité.

**La ligne iso électrique** : lorsque l'activation est terminée, il n'y a plus de différence de potentiel et le champ électrique s'annule : le spot d'enregistrement rejoint cette ligne.

## II. 5. Les électrodes :

Ce sont des plaquettes métalliques destinées à capter les courants d'action cardiaques. Les électrodes de mesure sont donc simplement placées à divers endroits du corps, directement sur la peau par l'intermédiaire d'une pate spéciale à base de chlorure de sodium permettant une meilleure transmission du courant.

L'important pour ces électrodes est qu'elles soient relativement inaltérables et impolarisables. Leur place à la surface du corps n'est pas indifférente. Elles occupent des points précis qui deux a deux déterminent des dérivation, le tracé électro cardiographique est enregistré successivement dans plusieurs dérivation.

Un des principaux intérêts de l'électrocardiogramme est qu'il n'est pas traumatisant, c'est à dire qu'il ne nécessite pas d'opération chirurgicale ou d'anesthésie.

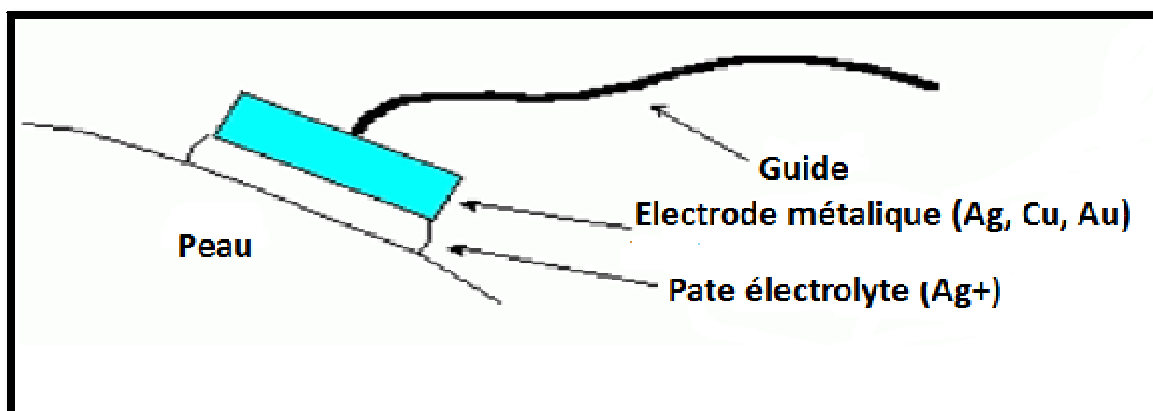
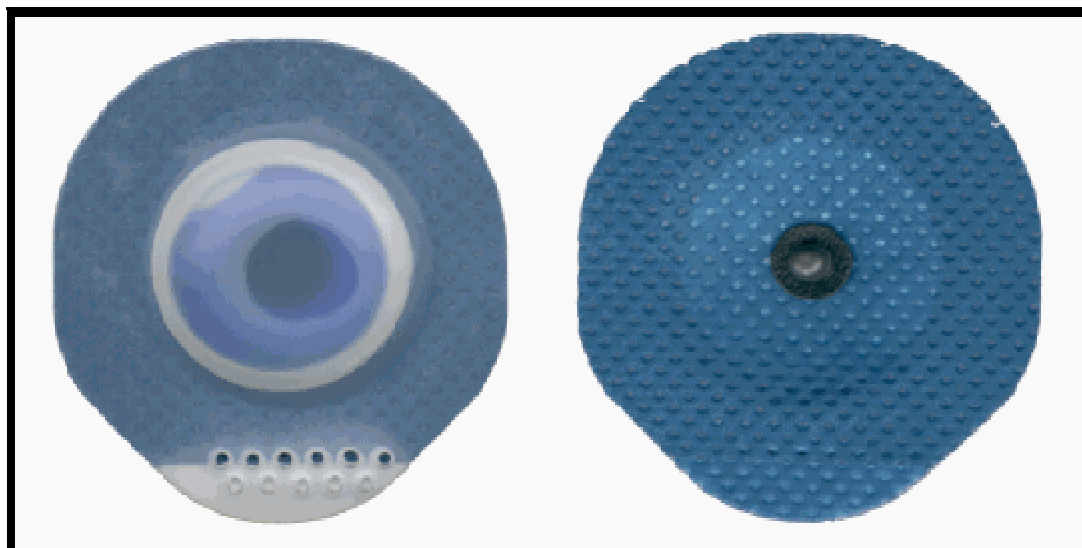


Figure 7: Electrodes bipotentielles

### II.5.1. Choix d'électrodes :

Le type d'électrodes choisi n'est pas adapté à une mesure continue ; depuis quelque temps, l'électrode dite flottante est la plus utilisée. Elle présente l'avantage d'être constituée d'un métal (Ag) recouvert d'un sel très peu soluble de ce métal (AgCl). Cette électrode est isolée mécaniquement de la peau par un support souple collé à sa périphérie. Ce support est constitué d'une éponge imbibée d'un gel très conducteur. L'isolation mécanique réduit alors considérablement les bruits dus aux mouvements du patient. Ce type d'électrodes permet, en raison des propriétés électrochimiques du gel, de diminuer l'impédance de contact électrode-peau ainsi que la tension de polarisation. En plus elles présentent le potentiel d'électrode le plus stable sur une très large bande de fréquence.



**Figure 8 : Taille réelle environ 5 cm de longueur maximale.**

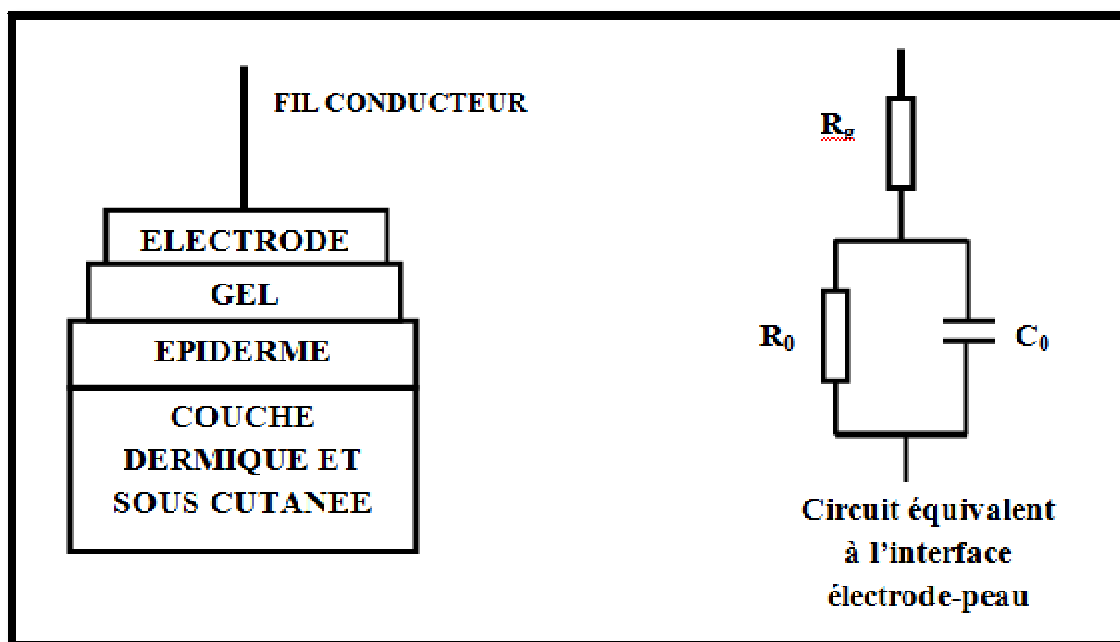
**Remarque :** Ces électrodes sont jetables après une unique utilisation.

### **II.5.2. Le contact électrode-peau :**

Le contact d'un conducteur métallique avec la peau qui se compose de cellules mortes est considéré comme une immersion d'un métal dans un électrolyte.

En absence d'une stimulation, des charges électriques apparaissent entre les deux milieux jusqu'à l'égalisation du potentiel électrochimique. Il ya donc en permanence deux couches de charges de même valeur et de signe opposés. Cet ensemble appelé « double couche de « HELMUTZ » est équivalent à un condensateur de plaques parallèles  $C_0$ .

Par action électrochimique, des charges peuvent traverser l'espace entre les deux couches ; cela correspond à une fuite de charges d'un condensateur. Le schéma équivalent de l'ensemble électrode-peau est la mise en parallèle d'un condensateur pur  $C_0$  et une résistance de fuite  $R_0$ . Comme le courant traverse aussi la résistance non compensée de l'électrolyte, il faut introduire une autre résistance  $R_g$  en série avec l'impédance ( $R_0//C_0$ ). Finalement si on néglige l'impédance électrode-électrolyte, le circuit équivalent à l'interface électrode-peau sera donné par celui de la figure suivante.



**Figure 9 : interface électrode-peau**

La qualité de la mesure est tributaire du contact électrode-peau. L'épiderme présente de nombreuses irrégularités alors que la majeure partie d'une électrode appliquée sur la peau, doit être en contact intime avec celle-ci. Pour remédier à cet inconvénient et pour éviter d'avoir recours à des électrodes de grandeur démesurée, on interpose entre la peau et l'électrode un gel conducteur d'électricité que l'on aura pris soin d'introduire dans la peau par massage préalable jusqu'à atteindre le derme (partie conductrice de la peau).

## II.6. Système de dérivations de l'ECG

La dérivation en électrocardiographie correspond à une droite qui lie les deux points d'observation de l'activité électrique du cœur à partir desquels on mesure une différence de potentiel électriques. Généralement les appareils electrocardiographiques peuvent enregistrer plusieurs différences de potentiels en même temps selon l'emplacement et le nombre d'électrodes réparties sur le corps. Chaque mesure de ces potentiels correspond alors à une dérivation de l'ECG.

Un système de dérivation consiste en un ensemble cohérent de dérivations, chacune étant définie par la disposition des électrodes sur le patient. L'emplacement des électrodes est choisi de façon à explorer la quasi-totalité du champ électrique cardiaque. Plusieurs systèmes standardisés existent. En général en cardiologie clinique, on utilise 12 dérivations connues comme les dérivations standards.

L'ECG à 12 dérivations, six dérivations frontales et six précordiales, a été standardisé par une convention internationale. Les différents points d'observation proposés par les dérivations standards permettent d'avoir une idée tridimensionnelle de l'activité électrique du cœur. Les dérivations standards forment un système de 12 dérivations complémentaires : 6 précordiales, 6 dérivations des membres (3 dérivations bipolaires, 3 dérivations unipolaires).

### **II.6.1. Les dérivations bipolaires d'Einthoven (DI, DII, DIII):**

Ce sont des dérivations bipolaires, c'est-à-dire déterminées à partir de 2 électrodes l'une positive, l'autre négative.

La jambe droite est généralement mise à la masse. On a alors pour chaque dérivation  $D_I$ ,  $D_{II}$  et  $D_{III}$  :

$$D_I = V_L - V_R$$

$$D_{II} = V_F - V_R$$

$$D_{III} = V_F - V_L$$

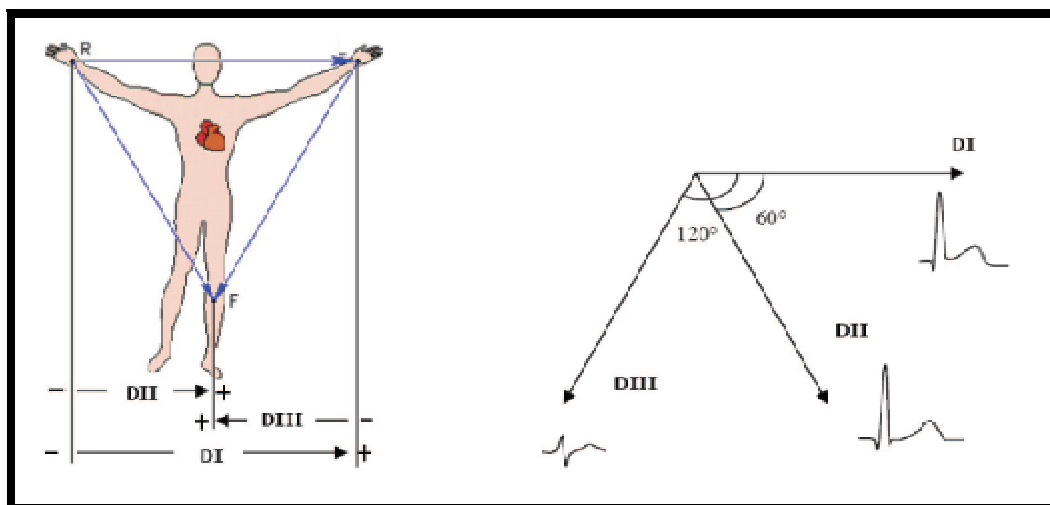
On trouve alors mathématiquement :

$$D_I + D_{III} = D_{II}$$

Cette équation est appelée relation d'Einthoven.

$D_I$ ,  $D_{II}$ ,  $D_{III}$  : sont des dérivations bipolaires qui traduisent la différence de potentiel entre deux membres :

- **$D_I$  = bras droit négatif ; bras gauche positif.**
- **$D_{II}$  = bras droit négatif ; jambe gauche positif.**
- **$D_{III}$  = bras gauche négatif ; jambe gauche positif.**



**Figure 10 : Les dérivations bipolaires : à gauche, emplacement des électrodes suivant le triangle d'Einthoven ; a droite, représentation vectorielle des dérivations et forme d'ondes observées en surface.**

### II.6.2. Les dérivations périphériques unipolaires :

Une électrode exploratrice est placée à un point donné de la surface du corps, l'autre électrode indifférente ou neutre est maintenue à un potentiel approximativement nul, cette dernière est la résultante de trois électrodes placées respectivement au bras droit, bras gauche et jambe gauche en un conducteur commun.

En cette dérivation unipolaire, l'enregistrement ECG est dû aux variations du potentiel au niveau de l'électrode exploratrice. On distingue :

### II.6.2.1. Les dérivations des membres, Goldberger (AVR, AVL, AVF) :

Au nombre de trois, chacune d'entre elles comporte :

- Une électrode positive placée sur un membre (bras droit, bras gauche, ou jambe gauche).
- une « terre » commune négative, fournie par la réunion des électrodes.

La dérivation est désignée par l'électrode positive. Elle permet d'obtenir des signaux de plus grandes amplitudes, chaque signal enregistré est la différence entre le potentiel d'une électrode et la moyenne des deux autres potentiels recueillis.

$$aV_R = V_R - \left[ \frac{V_L + V_F}{2} \right]$$

$$aV_F = V_F - \left[ \frac{V_R + V_L}{2} \right]$$

$$AV_L = V_L - \left[ \frac{V_R + V_F}{2} \right]$$

- dérivation AVR=bras droit, électrode positive. (Right=droit).

- dérivation AVL=bras gauche, électrode positive. (Left=gauche)

-dérivation AVF= jambe gauche, électrode positive. (feet= pieds)

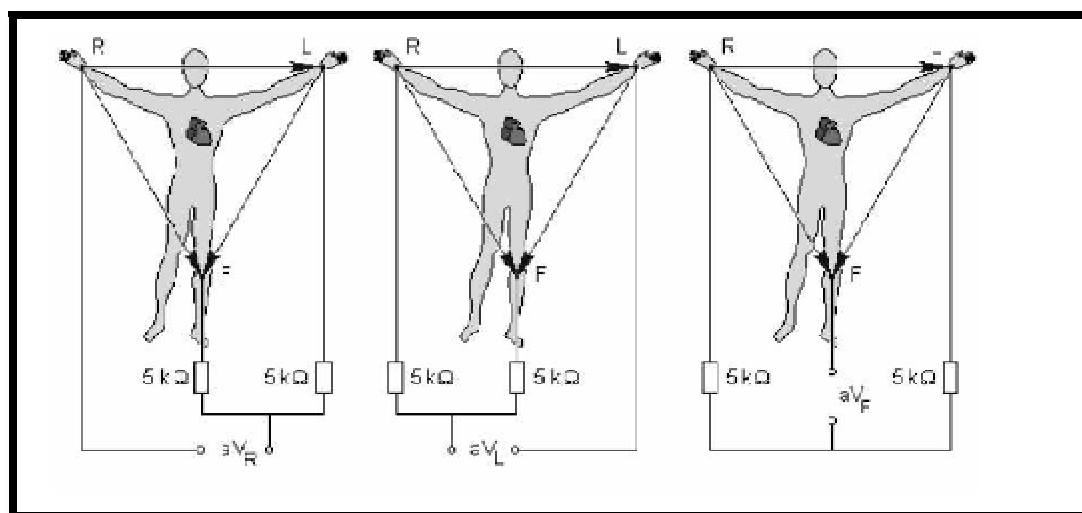
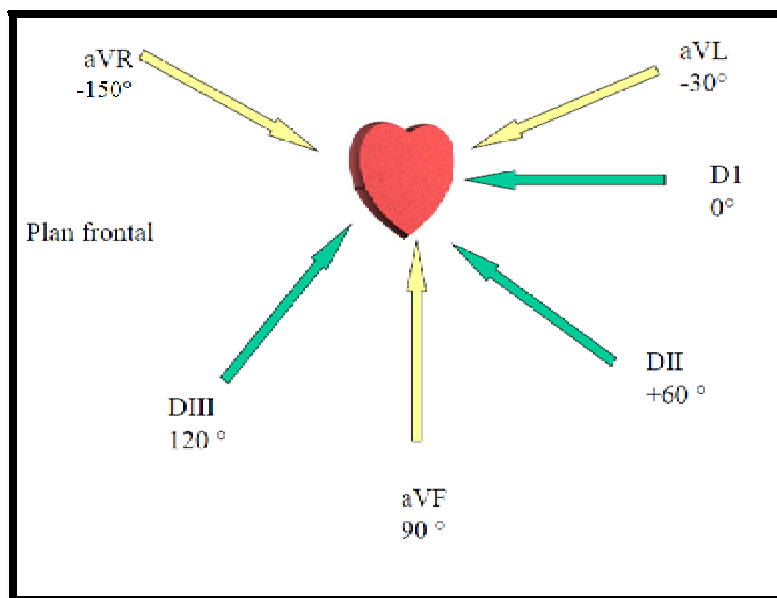


Figure 11 : Système de Goldberger pour l'enregistrement des trois dérivations unipolaires des membres augmentées.

**Remarque :** les dérivations D1, D2, D3, AVR, AVL, AVF sont situées dans un même plan frontal.



**Figure 12 : Exploration dans le plan frontal par les dérivations périphériques**

### II.6.2.2. Les dérivations précordiales V1, V2, V3, V4, V5, V6 :

Pour mesurer les potentiels proches du cœur, 6 électrodes sont placées sur le côté gauche du thorax et elles sont formées d'une électrode exploratrice positive placée sur le thorax et d'une « terre ». Ces électrodes enregistrent les dérivations dites précordiales introduites dans, V1, V2, V3, V4, V5 et V6, qui sont la différence entre chaque électrode et la tension moyenne des trois membres.

$$D_i = V_i - (V_R + V_L + V_F)/3$$

Avec  $i = 1, 2, \dots, 6$ .

**V1** = extrémité interne du 4<sup>e</sup> espace intercostal droit.

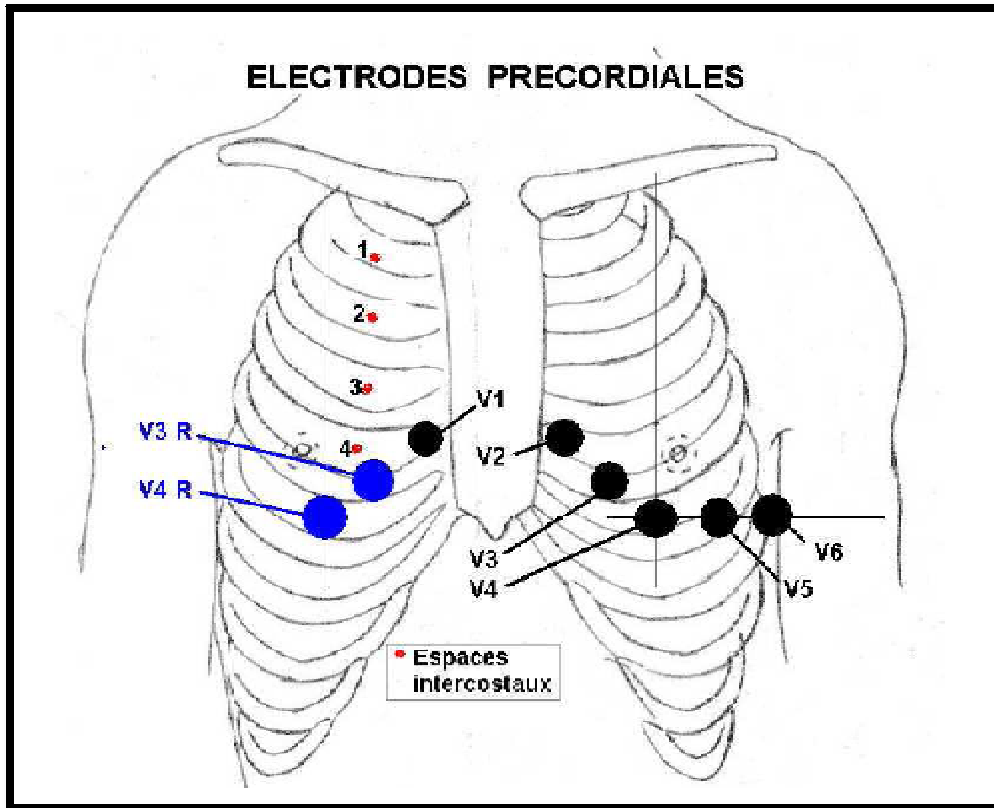
**V2** = extrémité interne du 4<sup>e</sup> espace intercostal gauche asymétrique de la précédente par rapport au sternum.

**V4** = 5<sup>e</sup> espace intercostal gauche sur la ligne mamelonnaire.

**V3** = entre les deux précédentes.

**V5** = 5<sup>e</sup> espace gauche sur la ligne axillaire antérieure.

**V6** = 5<sup>e</sup> espace gauche sur la ligne axillaire moyenne.

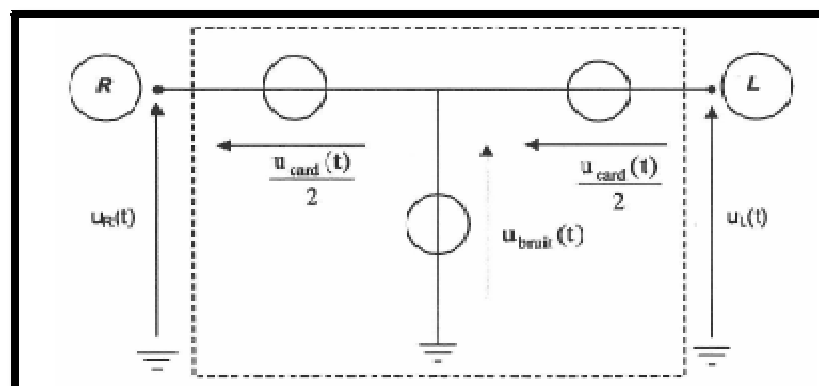


**Figure 13 : Emplacement des électrodes précordiales : V1 a V6**

Pour enregistrer l’ECG, il faut au moins trois électrodes (dispositif à 3 dérivation). Ces électrodes sont placées au bras droit (RA) pour collecter la tension  $u_R(t)$ , au bras gauche (LA) pour la tension  $u_L(t)$  Au pied gauche (LL) c’est la masse. Alors, on peut proposer une modélisation électrique du patient.

Il est important de réduire le nombre d’électrodes tout en améliorant la qualité du signal ECG, c’est pour sa on a opté pour l’utilisation de trois dérivation dans notre étude.

L’ECG est une tension électrique obtenue directement par les électrodes.



**Figure 14 : Modèle électrique d’un patient pour l’ECG**

## II.7. Les courants d'action :

Ils sont transmis à la surface des téguments par les différents tissus et sont recueillis par des électrodes branchées sur l'électrocardiographie.

Lorsqu'un courant n'est introduit dans l'appareil, tandis que le papier se déroule à la vitesse habituelle de 2,5cm/s, le stylet enregistreur trace une ligne horizontale et stable dite ligne isoélectrique. Lorsque l'électrocardiographe recueille les courants d'action cardiaques, leurs variations brusques provoquent des déflexions du stylet de part et d'autre de la ligne isoélectrique.

Ces déflexions sont positives quand elles se font au dessus de la ligne isoélectrique, négatives quand elles se produisent au-dessous.

On admet que lorsqu'une électrode positive enregistreuse voit arriver vers elle l'onde de dépolarisation cardiaque (courant d'action), il se produit sur le tracé une déflexion positive ; la déflexion est négative lorsque le courant d'action « fuit » l'électrode.

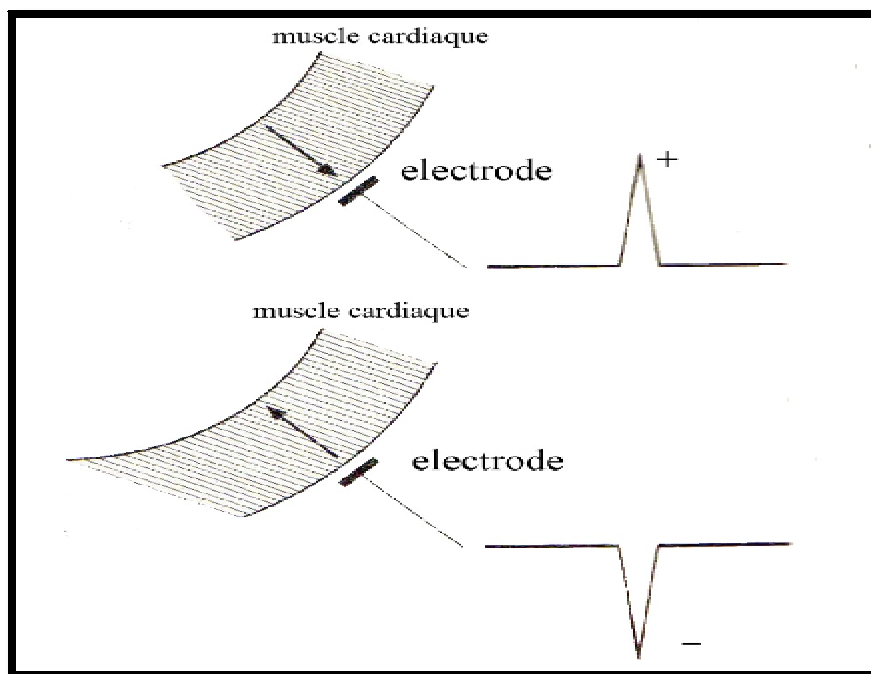


Figure 15 : comportement du courant d'action

## II.8. Analyse de l'électrocardiogramme ECG :

### II.8.1. Les caractéristiques fréquentielles de l'ECG :

L'étude de Thakor présente l'analyse spectrale de l'ECG, avec une analyse spectrale des complexes QRS isolés ainsi que différentes sources de bruit. Il a été démontré que les composantes fréquentielles d'un ECG normal ont les caractéristiques suivantes :

- le spectre de l'ECG s'étend entre une fréquence nulle et environ 100 Hz ;
- l'onde P se caractérise par une bande spectrale de basse fréquence et de faible amplitude : ses composantes fréquentielles sont entre 0,5 Hz et 10 Hz ;
- l'onde T se caractérise sur une bande spectrale analogue à celle de l'onde P entre 0,5 Hz et 10 Hz ;
- le complexe QRS possède un contenu fréquentiel bien plus important que les autres ondes de l'ECG. Ses composantes fréquentielles sont entre 10 Hz et 15 Hz ;
- le contenu fréquentiel de la ligne de base et des éventuels artefacts de mouvement se situe entre 0,5 Hz et 7 Hz.

Sur un tracé électrocardiographique idéal normal, lu de la gauche vers la droite, enregistré par exemple en dérivation D1, on retrouve les différents éléments suivants, schématisés sur le graphique ci-contre :

-l'onde P ;

-l'intervalle PR ;

-le complexe QRS ;

-le segment ST ;

-l'onde T ;

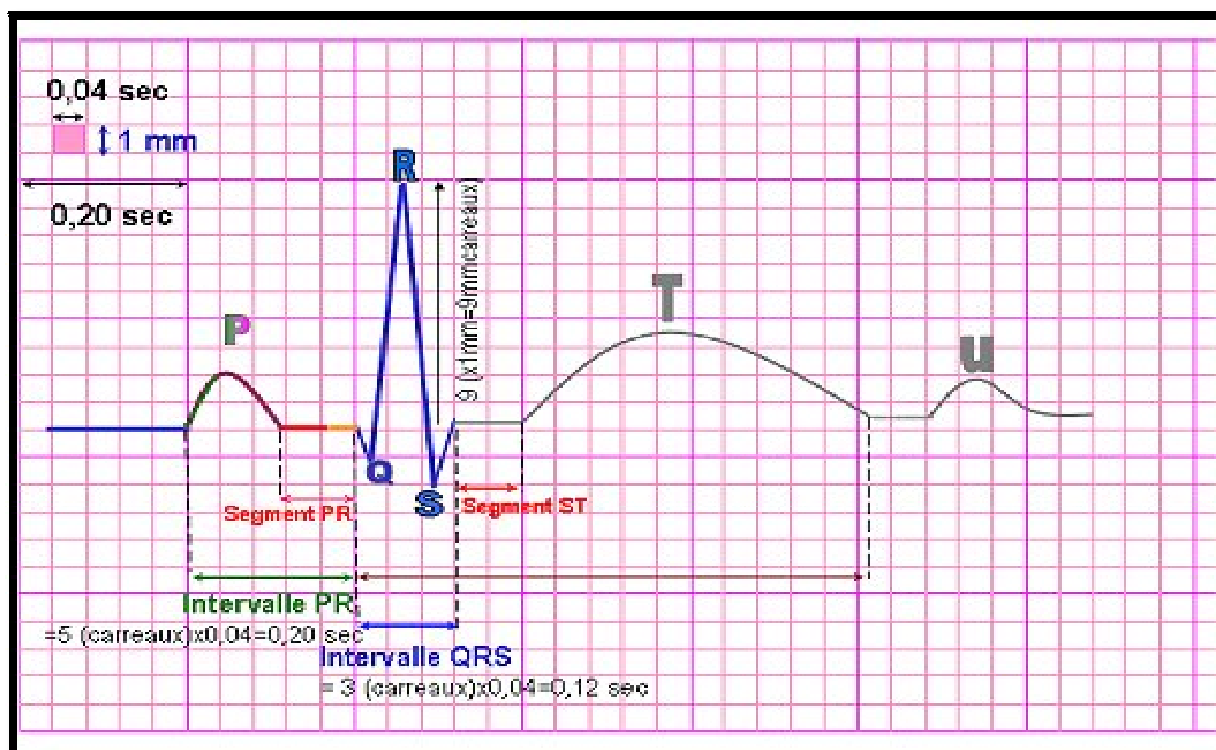


Figure 16 : allure de l'électrocardiogramme

## II.8.2. Caractéristiques des ondes et des intervalles de l'ECG :

- **Les ondes :**

**L'ONDE P :** c'est l'expression de l'activité auriculaire. Plus précisément, elle est associée à la contraction du muscle des deux oreillettes et à la propagation de l'onde d'excitation née du nœud de KEITH et FLACK à travers les parois auriculaires.

- Elle est positive, arrondie en dôme ;
- Son amplitude est de 0,2 à 0,3mV ;
- Sa durée de 0,06 à 0,08 seconde ;

**LE COMPLEXE QRS :** C'est le témoin de l'activité ventriculaire car il indique la dépolarisation du réseau de PURKINJE et du muscle ventriculaire. Il est la somme de l'activité ventriculaire droite et ventriculaire gauche, il comporte :

- une onde Q initiale, négative, de faible amplitude et d'une durée inférieure à 0,04 seconde ;
- une déflexion positive R suivie d'une ;
- onde S également négative.

L'amplitude de l'onde R est variable avec la dérivation, sa durée, mesurée du début de Q à la fin de S est de 0,06 à 0,12 secondes.

**L'ONDE T :** elle est normalement positive, asymétrique avec une partie initiale à pente faiblement ascendante et une partie terminale plus abrupte. Son amplitude et sa durée sont éminemment variables même dans les conditions physiologiques normales. Elle est l'expression de la repolarisation ventriculaire.

**L'ONDE U :** elle est une déflexion positive de faible amplitude, parfois observée après l'onde T, et presque uniquement visible dans les précordiales (surtout en V<sub>2</sub> et V<sub>3</sub>).

- **Segments et intervalles**

**L'INTERVALLE PR :** il est isoélectrique et fait suite à l'onde. En fait, conventionnellement, l'intervalle PR est mesuré depuis le début de l'onde P jusqu'au début de l'onde R c'est-à-dire Q quand elle existe. Ou le pied de l'onde R quand l'onde Q est absente. Il représente le temps écoulé entre le début de la dépolarisation auriculaire et le début de la dépolarisation ventriculaire. Autrement dit, il mesure le temps de conduction sino-ventriculaire à travers l'oreillette, le nœud de TAWARA, le tronc et les branches du faisceau de HIS. Cette période mesure en moyenne de 0,16 à 0,20 seconde. Elle est variable avec l'âge. Mais une augmentation de durée de PR au-delà de 0,20 seconde doit être interprétée comme un ralentissement de la conduction auriculo-ventriculaire.

**LE SEGMENT ST :** Il est isoélectrique, entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T. il correspond à la dépolarisation totale du muscle ventriculaire.

**L'INTERVALLE QT :** cet intervalle mesure la durée de la systole ventriculaire. Il s'étend du début de l'onde Q à la fin de l'onde T. ses variations sont peu liées au sexe, mais beaucoup à la fréquence cardiaque.

**L'INTERVALLE QU :** cet intervalle n'est mesurable que si l'onde T est bien délimitée. Il s'étend du début du complexe à la fin de l'onde U. sa durée est grandement influencé par la fréquence cardiaque et varie entre 0,44 et 0,68 secondes.

### III. la fréquence cardiaque :

La fréquence cardiaque est le nombre de cycles cardiaques par unité de temps (par minute). Elle est très rapide chez un nouveau-né, rapide chez un enfant et légèrement plus lente chez une personne âgée. Les athlètes ont habituellement une fréquence cardiaque plus basse au repos qu'une personne s'entraînant peu ou pas du tout.

La fréquence cardiaque est aussi le nombre de contractions ventriculaires par unité de temps ; autrement dit, sur l'ECG on la repère grâce au nombre de complexes QRS, donc de dépolarisation des ventricules par une impulsion électrique, à chaque minute.

Parmi les méthodes qu'on peut utiliser pour le calcul de la fréquence cardiaque on choisit la méthode des 300, c'est la méthode la plus rapide et la plus utilisée. En prenant pour principe que la fréquence cardiaque se mesure sur un papier millimétré Pour ECG, l'ECG est inscrit sur du papier millimétré défilant le plus souvent à la vitesse de 25mm/s. La base de temps est donc : 1 mm = 0,04 seconde. L'étalonnage de l'amplitude des ondes est 10 mm = 1 mV.

Dans certaines occasions, on peut être amené à faire défiler le papier à 10 mm/s, 50 mm/s, 100 mm/s voire 200 mm/s.

L'onde de dépolarisation auriculaire porte la dénomination P.

- un petit carré correspond à 0,04 seconde.
  - chaque bloc de 5 petits carrés est marqué en trait gras.
  - 60 secondes correspondent à 1 500 petits carrés.
  - Entre 2 traits gras, il y a 5 petits carreaux.
- 
- repère une onde R coïncidant avec un trait gras qui deviendra un multiple des autres traits gras suivants permet d'indiquer la fréquence cardiaque.
  - l'onde R suivant permet d'indiquer la fréquence cardiaque en relation avec le trait gras correspondant.
  - Comme il ya 5 petits carrés entre chaque traits gras, si le prochain R est sur le prochain trait gras, on calcule :  
1500 carrés pour 1minute/5 carrés=300 battements/min.

- Et ainsi de suite, si la 2eme onde R survient sur le 2eme trait gras :  
 $1500/10=150$  battements/min
- On retient donc la fréquence ainsi 300-150-75-60-50-43-37-33-30.....battements par min

A l'état normal, la fréquence cardiaque est déterminée par le nœud de KEITH et FLACK ou nœud sinusal ; elle est de 60 à 70 par minute.

- une fréquence supérieure à 100/minute est appelée tachycardie ;
- une fréquence inférieure à 60/minute est appelée bradycardie ;

#### **IV. Bruits et artefacts de l'ECG :**

L'incidence de bruit sur l'analyse du signal ECG est très importante. Le bruit nuit à la phase d'alignement des complexes.

Chaque battement sera aligné plus ou moins tôt ou tard selon que le maximum de la fonction de corrélation croisée à lieu plus tôt ou plus tard à cause du bruit.

##### **IV.1. Artefacts dus aux électrodes :**

C'est le cas d'un mauvais contact des électrodes du au câble d'enregistrement trop tendu ou encore à son déplacement causé par la respiration du sujet. On observe donc une irrégularité de la ligne isoélectrique. De même l'usage d'électrodes mal préparées ou la présence d'impuretés en contact avec la peau, provoquant la même déformation.

##### **IV.2. Artefacts dus au réseau (50Hz) :**

C'est le cas de sources parasites provenant de l'environnement tel que le 50 Hz du secteur.

Ces signaux recueillis par rayonnement sont de faible amplitude et se superposent au signal cardiaque.

### IV.3. Ondulation de la ligne de base due aux mouvements et à la respiration :

Un autre phénomène qui peut causer des problèmes lors de l'enregistrement de l'ECG est la fluctuation de la ligne isoélectrique. Cette fluctuation peut être due à 3 :

- ✓ Un mauvais contact électrode peau.
- ✓ Mouvement respiratoire du sujet.

### V. Trouble du rythme cardiaque :

Le dysfonctionnement du cœur peut avoir plusieurs origines. Nous ne nous intéressons qu'aux problèmes électriques et non aux causes mécaniques. Les troubles du rythme d'origine électrique sont dus à des anomalies de la génération de l'excitation cardiaque ou à des anomalies de conduction de l'excitation cardiaque, parmi ces troubles, on cite :

**-Les tachycardies :** elles correspondent à une dissociation auriculo-ventriculaire, les composants QRS sont larges, réguliers et rapides (120 à 250 Bts/min).

**-Les bradycardies :** les battements cardiaques sont très espacés, environ 30 à 40Bts/min.

**-Les fibrillations ventriculaires :** elles sont caractérisées par des oscillations anarchiques de la ligne isoélectrique dans laquelle on ne reconnaîtrait plus l'onde P ni les complexes QRS.

### VI. Emploi de l'ECG pour l'établissement d'un diagnostic :

L'électrocardiogramme est fondamental et fait partie de tout examen approfondi de l'état de santé d'un malade. Il permet d'aborder les aspects suivants de la physiologie ou de la pathologie cardiaque :

- étude du rythme et de ses anomalies.
- étude du fonctionnement du système de conduction.
- étude de certains aspects du fonctionnement du muscle myocardique (hypertrophies, infarctus....)

**VI.1. Définition d'un diagnostic :**

Le diagnostic est l'acte médical le plus important puisqu'il conduit à l'institution du traitement le plus approprié. Il est souvent très difficile à établir et exige du médecin non seulement un certain savoir qu'enrichit l'expérience mais aussi un jugement sûr.

**VI.2. Position du problème :**

L'électrocardiogramme est un examen de routine en cardiologie. La lecture d'un électrocardiogramme après restitution sur un micro ordinateur exige l'analyse systématique des éléments du tracé et la connaissance des critères normaux.

Pour établir un diagnostic, les médecins font appel aux enregistrements électrocardiographiques. La mesure des amplitudes et durées des ondes d'activation se fait manuellement à l'aide d'une règle graduée. Et à partir du micro ordinateur le travail du médecin serait donc plus efficace, on gagne alors en rapidité de traitement, en capacité de décision et en traitement en temps réel de plusieurs maladies cardio-vasculaire.

# **CHAPITRE II**

## **ACQUISITION DU SIGNAL CARDIAQUE**

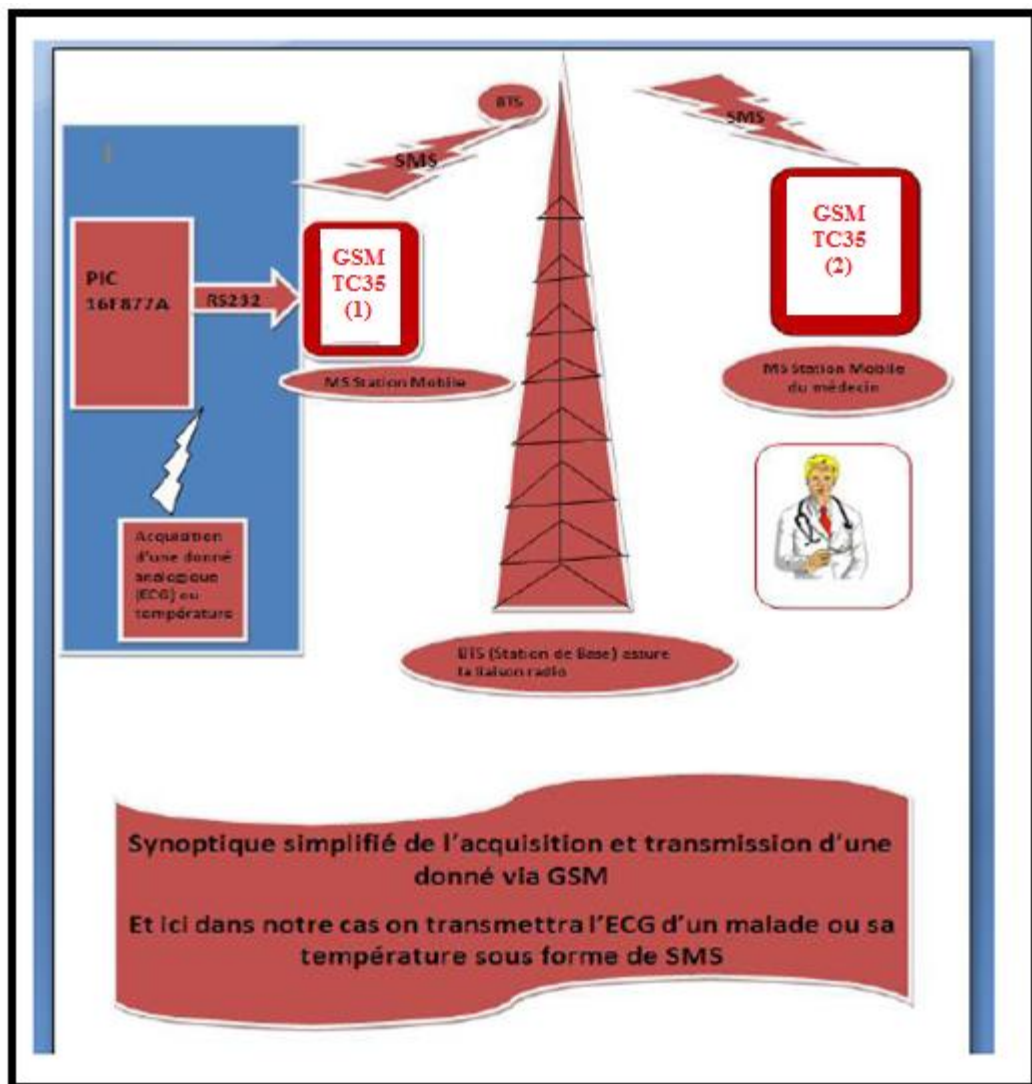
### **PARTIE A**

**I. Présentation du système :**

Le système d'acquisition des signaux réels (sismiques, biologique...), est basé sur le principe de conversion des phénomènes naturels en signaux électriques accessibles par un processus de traitement.

Les signaux mesurés serviront pour l'extraction de l'information qui constitue une base de données pour un diagnostic rigoureux et qui rend possible la caractérisation précise du phénomène à traiter.

Notre but consiste à définir une chaîne d'acquisition de données dans laquelle passe un signal ECG basses fréquences issu des électrodes exploratrices, et qui doit être traité par un dispositif électronique, ainsi émis vers un récepteur mobile en temps réel et intervenir dans les plus brefs délais : au médecin spécialiste, à un hôpital, à un centre de surveillance, à partir d'un réseau GSM afin d'établir un diagnostic à distance.



**Figure 1 : schéma explicatif du projet**

La figure suivante schématise le synoptique de notre système.

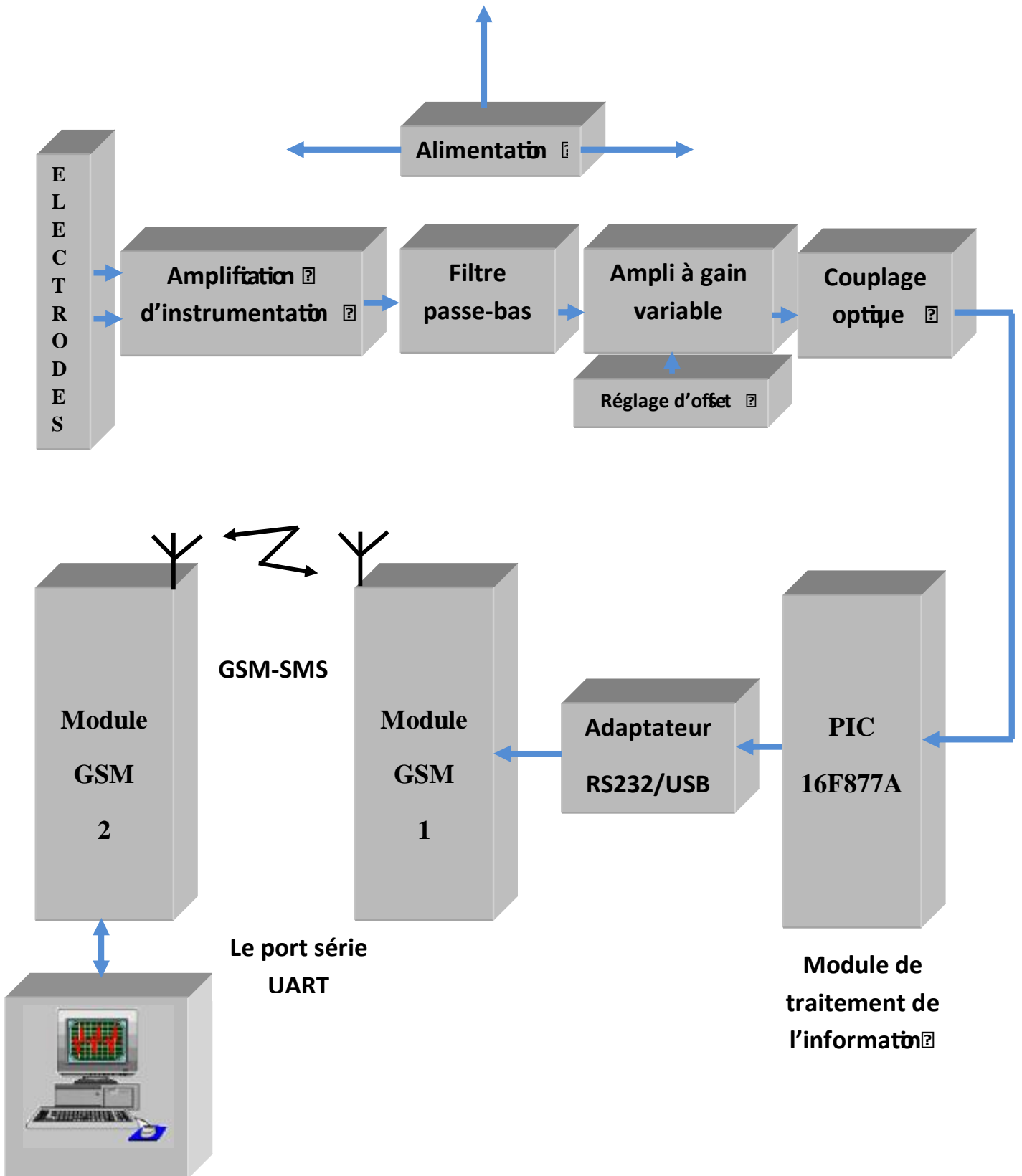


Figure 2: Synoptique du système

**II. Fonctionnement général du système :**

Le schéma bloc de notre chaîne d'acquisition est donné par la figure précédente, les signaux d'entrée recueillis par les électrodes sont acheminés vers une unité de traitement de l'information, pour la transmission via le module GSM.

Les électrodes de mesure sont donc simplement été placées à divers endroits du corps, directement sur la peau par l'intermédiaire d'une pâte spéciale à base de chlorure de sodium permettant une meilleure transmission du courant. L'ECG est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur en fonction du temps, les tissus de l'organisme étant conducteurs, cet enregistrement est réalisé grâce aux capteurs de ces électrodes cutanées.

Le signal cardiaque est préamplifié grâce à l'amplificateur d'instrumentation **AD624**, qui répond à un problème particulier où il s'agit d'amplifier une tension (ECG) variant dans le temps et d'amplitude assez faible qui est superposée à des bruits additifs, Le signal unipolaire obtenu à la sortie de l'amplificateur d'instrumentation est de faible amplitude et les bruits due à la respiration et au réseau 50Hz existe toujours , Il doit donc être filtré et amplifié. Au niveau de l'amplificateur nous avons prévu une correction d'offset.

Le signal cardiaque amplifié est acheminé vers l'unité de traitement et de stockage à travers un couplage optique afin d'assurer l'isolation de cette chaîne analogique de la chaîne numérique. La tension obtenue sera appliquée sur la pince A0 du **PIC 16F877** ensuite elle va être traitée et stockée dans la mémoire EEPROM du PIC (d'après la configuration effectuée lors de la programmation).

Le SMS contenant un fichier d'échantillons du signal ECG sera envoyé via la ligne TX de l'interface série RS232 vers le terminal virtuel qui joue le rôle d'un terminal mobile, en utilisant les commandes « AT » et le logiciel de compilation C de CCS.

Ensuite le SMS sera transmis vers l'autre terminal mobile muni d'une carte à puce pour définir le chemin que le SMS doit suivre à travers les nœuds du réseau GSM.

Enfin pour recueillir ces données sur un PC, les commandes « AT » saisies à l'aide du logiciel Hyper Terminal seront envoyées via le port série reliant le TC35 et un PC.

Notre projet est constitué essentiellement de trois parties :

- Acquisition des données (ECG) ;
- Stockage et traitement ;
- Transmission de l'information (signal ECG) via :
  - RS232, de la carte d'acquisition vers le terminal mobile.
  - GSM, du terminal mobile vers le mobile du médecin sous forme de SMS.
  - RS232, du terminal mobile d'un médecin vers un PC.

## **PARTIE A : ETUDE MATERIEL DE L'ACQUISITION**

### **I. Caractéristiques de la chaîne analogique :**

Tout appareil doit être conçu selon certaines normes qui tiennent compte de la sécurité du patient et de la nature du signal physiologique. Ces normes portent sur les caractéristiques suivantes :

- **Tension maximum d'entrée :**

Le PIC doit transmettre le signal acquis sans écrêtage, un signal alternatif de 5Hz et d'amplitude 10mV crête à crête, car ce signal simule un complexe QRS d'amplitude 5mV et c'est l'amplitude maximale que le signal cardiaque peut avoir.

- **L'impédance d'entrée :**

C'est l'impédance présentée entre deux électrodes d'entrée, alors c'est l'impédance d'entrée de l'amplificateur d'instrumentation qui est assez élevée et doit être supérieure à 2,5 M Ohms car le signal d'entrée est de très faible amplitude.

- **La bande passante :**

Elle est limitée par les fréquences de coupure à 3db (exprimées en Hertz). La fréquence de coupure basse permet d'améliorer la stabilité de la ligne isoélectrique en éliminant les très basses fréquences. Elle doit être de quelques centièmes à quelques dixièmes d'Hertz. La fréquence de coupure haute traduit la distorsion dans le domaine des hautes fréquences, elle doit être de quelques dizaines d'Hertz.

- **Taux de rejection du mode commun :**

Il traduit la capacité de la carte à éliminer les parasites présents simultanément sur les deux électrodes (bruit de mode commun). Le taux de rejection du mode commun s'exprime sous forme d'un rapport de gain en tension utile au gain en tension de mode commun. Il doit être supérieur à 120db.

- **L'isolation galvanique :**

Pour éviter les courants de fuite à travers le patient, les circuits en contact avec celui-ci doivent être isolés galvaniquement du réseau industriel. Ceci est dicté par certaines normes telles que la norme UTE C74-010 publiée par l'Union Technique de l'Electricité en 1979.

L'isolation galvanique faisant appel à des composants électroniques a été mise en application, elle peut être réalisée avec un transformateur d'impulsions qui nécessite une modulation et une démodulation du signal en largeur d'impulsions. Notre projet est basé sur le couplage optique dont l'utilisation est beaucoup plus souple.

## II. Présentation de la carte analogique :

Il s'agit d'une carte d'acquisition des données numériques à base d'un microcontrôleur PIC 16F877, cette carte est capable d'acquérir un paramètre biophysique à l'aide des électrodes muni de capteurs.

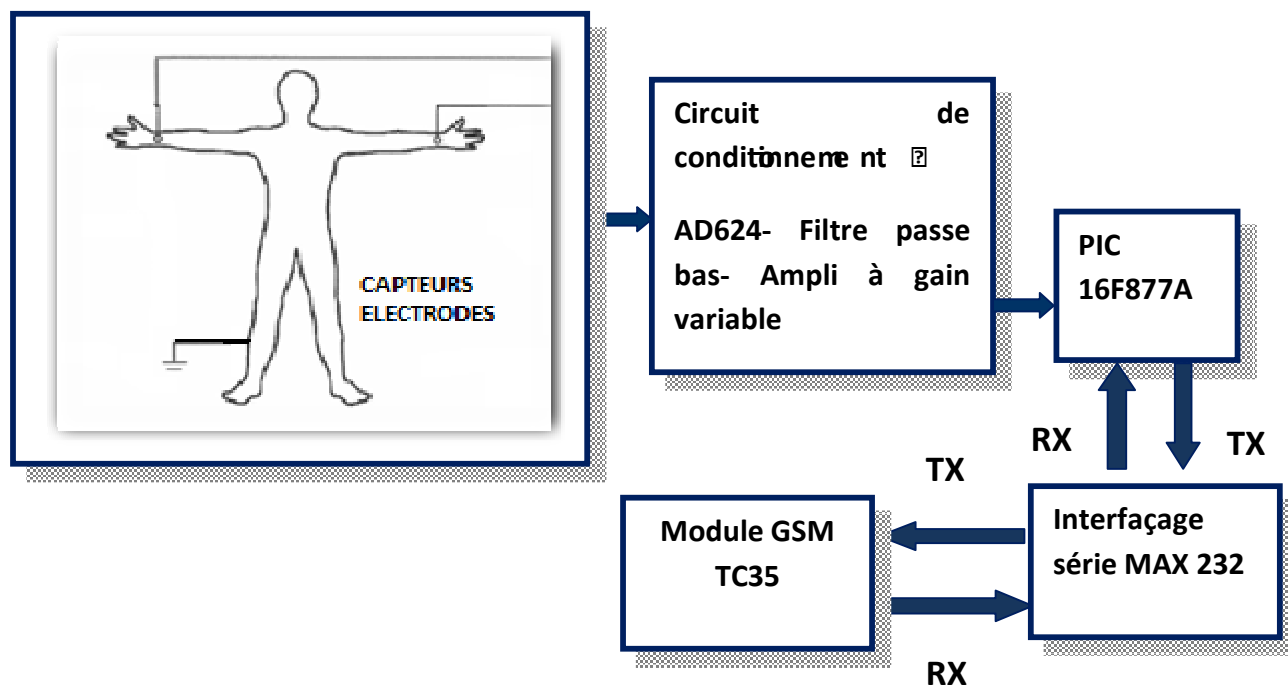


Figure 3 : Structure de la carte d'acquisition

### III. Etude de la chaîne analogique :

#### III.1. Organe d'acquisition de l'ECG (les électrodes)

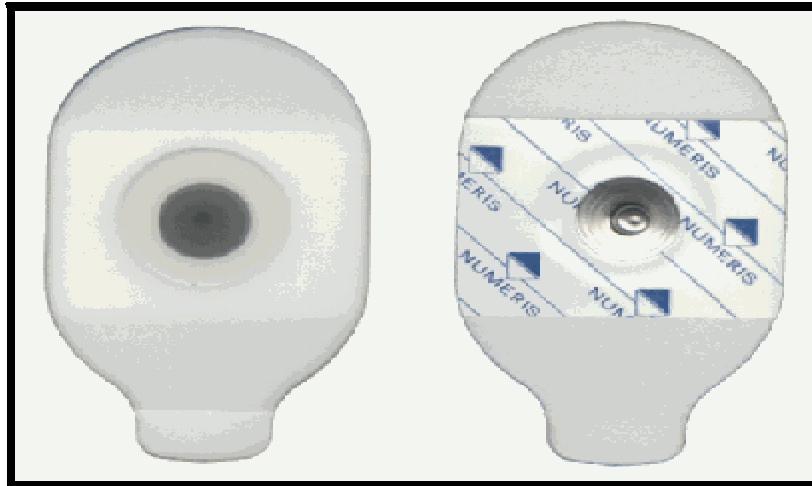


Figure 4 : les électrodes

Si on place une électrode à l'extrémité d'une fibre myocardique, le milieu ambiant étant conducteur, au cours de **la dépolarisation**, l'onde d'activation se rapproche de l'électrode : le dipôle est précédé de charges positives, l'électrode « voit » **un champ uniquement positif**, l'enregistrement de la variation du champ électrique par l'électrode s'inscrit donc une positivité.

Lorsque l'activation est terminée, il n'y a plus de différence de potentiel et le champ électrique s'annule : le spot d'enregistrement rejoint la ligne isoélectrique.

Lors de **la repolarisation**, des charges positives réapparaissent au bout à la surface de la membrane tandis qu'au point de rencontre de l'électrode les charges extérieures sont encore négatives. Le dipôle de repolarisation se déplace d'un bout à l'autre précédé de charges négatives. L'électrode exploratrice « voit » **un champ uniquement négatif** et le tracé enregistré montre une négativité.

Lorsque la repolarisation est terminée, le champ électrique s'annule et le spot rejoint la ligne isoélectrique.

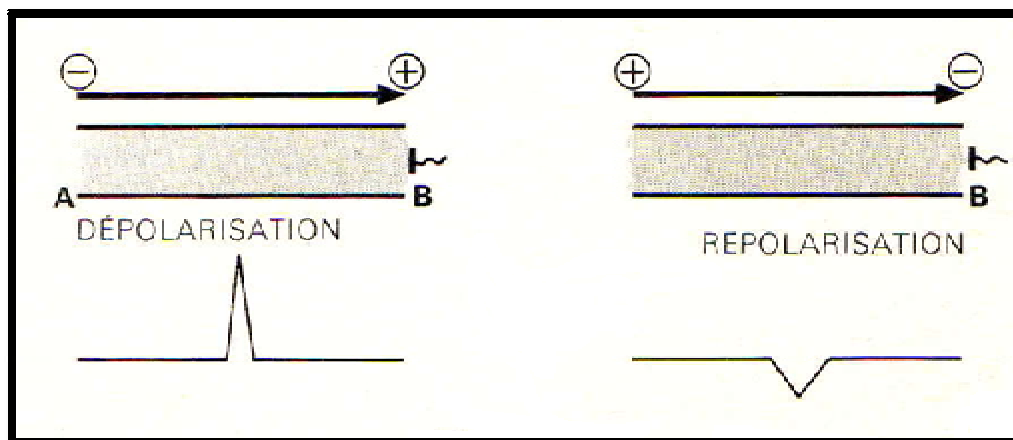


Figure 5 : la dépolarisation et la repolarisation

### III.2. Choix de l'amplificateur d'instrumentation :

#### III.2.1. Définition et propriété :

L'amplificateur d'instrumentation répond à un problème particulier où il s'agit d'amplifier une tension variant dans le temps et d'amplitude assez faible qui est superposée à une tension continue forte.

Un amplificateur d'instrumentation est avant tout un amplificateur différentiel. Considérons deux tensions définies par  $v_{e1}(t) = V_{mc} + v_1(t)$  et  $v_{e2}(t) = V_{mc} + v_2(t)$

$V_{MC}$  représente une tension continue, dite de *mode commun* qui en l'occurrence est inutile. Elle peut dépendre du temps mais pour plus de simplicité, on la notera indépendante de  $t$ .

$v_1(t)$  et  $v_2(t)$  représentent les signaux alternatifs utiles, dit de *mode différentiel*.

L'amplificateur d'instrumentation a pour charge d'amplifier uniquement  $V_d(t) = v_1(t) - v_2(t)$  et de supprimer au mieux l'incidence de  $V_{mc}$  en sortie. L'entrée de l'amplificateur n'est donc pas référencée par rapport à la masse, mais par rapport à  $V_{mc}$ , alors que la sortie est prise par rapport à la masse.

A l'amplification ; le signal de sortie est idéalement indépendant de la tension d'entrée de mode commun  $V_{mc}$ .

### III.2.2. Propriétés – TRMC

$A_d$  est le gain différentiel et  $A_{mc}$  le gain de mode commun, que l'on espère le plus faible possible.

On définit le *Taux de Rejection de Mode Commun* (CMRR en anglais pour Common Mode Rejection Ratio) caractéristique très importante d'un amplificateur d'instrumentation :

$$TRMC = 20 * \log A_d / A_{mc}$$

Les amplificateurs d'instrumentation sont des composants complexes car ils réunissent des nombreuses caractéristiques délicates à réaliser. Des composants monolithiques existent (AD624 par exemple) qui permettent d'optimiser les performances, notamment le CMRR. Cela reste toutefois des composants spécifiques dédiés uniquement à des applications particulières car leur prix est nettement supérieur à un amplificateur opérationnel traditionnel.

La plupart des circuits intégrés sont disponibles avec une amplification assez élevée, typiquement **1000**. Avec un **gain aussi fort**, l'ensemble est déjà précablé et compensé en fréquence pour assurer la stabilité. L'ajout d'une résistance unique extérieure permet d'ajuster l'amplification et rend le composant très simple d'utilisation, avec une très grande impédance d'entrée qui est exigée pour capter des signaux ECG, un CMRR très grand est l'une des caractéristiques les plus importantes et très essentiel pour l'amplificateur d'instrumentation qui a été choisi dans notre projet vue que la tension du signal ECG variante entre 0.5mV et 5mV détecté par les électrodes sera accompagner d'une grande composante du mode commun (jusqu'à 1.5mV) alors le rejet du mode commun est nécessaire dans ce cas là, il est de 89db minimum pour ECG standard.

Le signal utile ECG est amplifié tandis que le bruit de mode commun sur les deux entrées ne l'est pas. On a donc une première rejection du mode commun. Le taux de rejection est donné par le rapport du gain en tension différentielle au gain en tension de mode commun.

**Câbles et circuits d'entrée** : Les entrées de l'amplificateur sont les électrodes attachées au corps du sujet dont l'ECG est pris. Puisque les signaux sont petits, et l'amplificateur peut être susceptible des sources de divers bruit, il est important pour les câbles reliant les électrodes aux entrées du circuit d'être aussi court possible, et protégé.

Le type de câble utilisé est : RG-174 les câbles coaxiaux de liaison de 50 ohms, ils ont été choisis car ils sont bon à employer et vigoureux, pourtant mince et léger, et ils sont facile à brancher et débrancher.

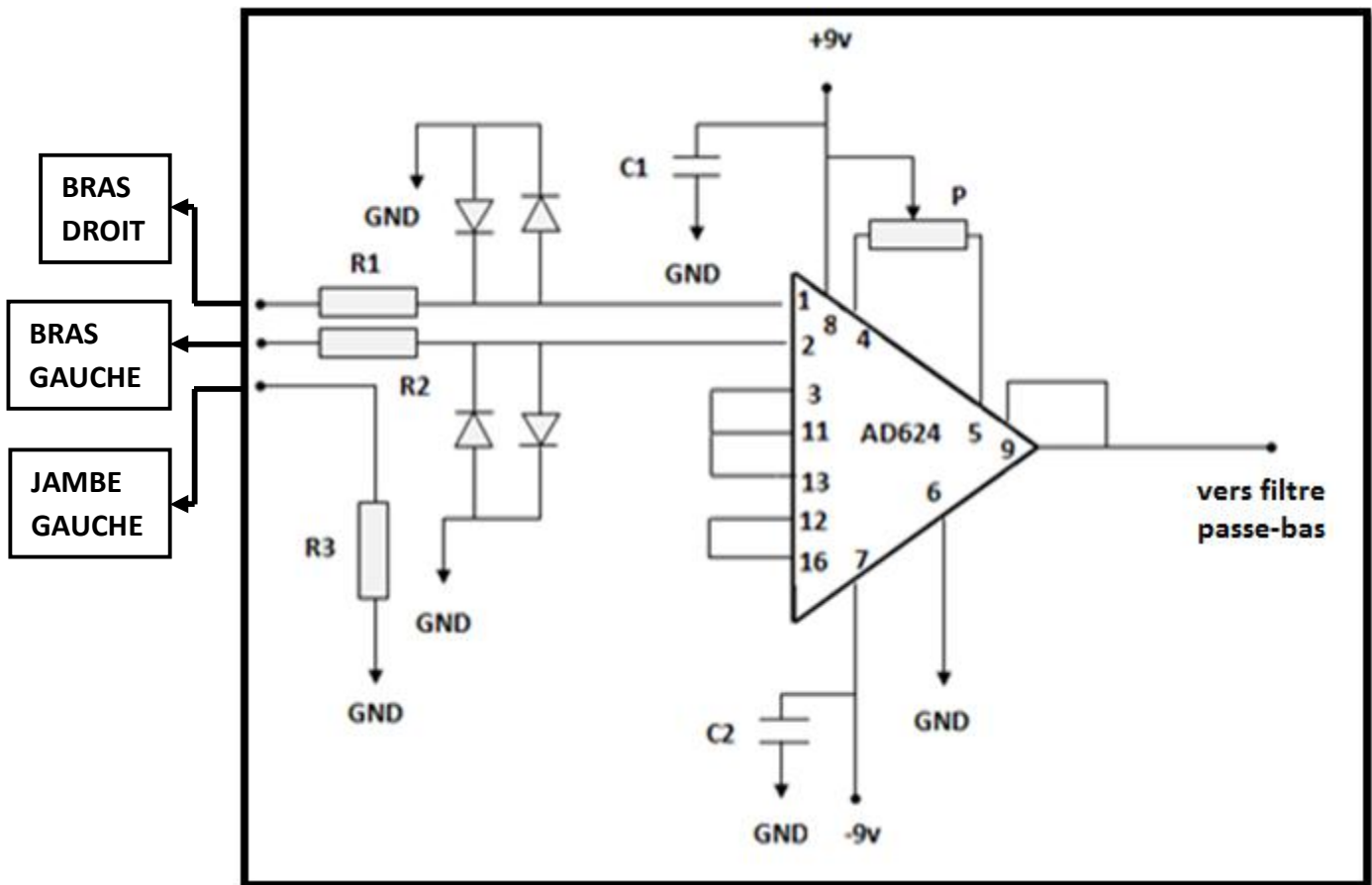


Figure 6 : l'ampli d'instrumentation

En raison des issues de sûreté liées à relier électriquement une personne à un dispositif de l'électronique qui coule d'une source d'énergie significative, deux diodes de protections sont rajoutés aux entrées inverseuse et non inverseuse, pour éviter une éventuelle électrocution due aux surintensités qui peuvent parvenir du secteur.

### III.3. Le filtre passe-bas :

Le spectre du signal ECG couvre des fréquences allant du continu à des fréquences inférieures à 100 Hz, cependant, la bande passante utile en électrocardiographie est généralement située entre 0,05 et 10Hz, ce qui nous permet de choisir un filtre passe-bas de bande passante de 0 à 20Hz. Le but principal de ce filtre est d'éliminer les bruits additifs superposés au signal utile ECG. Le schéma bloc du filtre passe bas est donnée par la figure suivante.

Ce filtre est obtenu par la mise en cascade de deux filtres passe bas du deuxième ordre afin d'obtenir, à la fréquence de coupure une pente raide de 24db/octave ; chacun d'eux est constitué de deux cellules RC associées à un amplificateur opérationnel et sont du type source contrôlée d'ordre deux, ce qui nous donnera un filtre du quatrième ordre non inverseur de gain égal à l'unité.

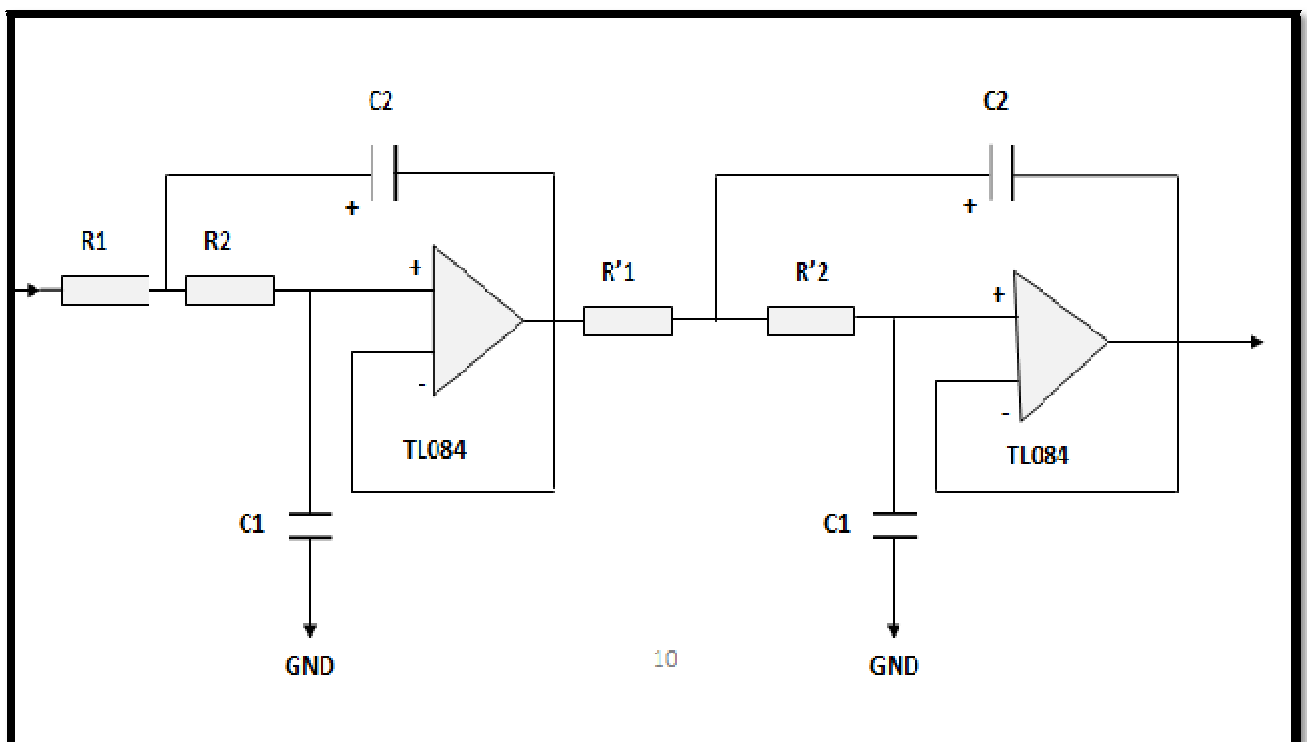


Figure 7 : filtre passe bas

La fonction de transfert d'un tel filtre est de la forme :

$$F(P)=K (\omega_0^2)^2 / (P^2+2 \omega_0 P+ \omega_0^2) (P^2+2 \omega_0 P+ \omega_0^2)$$

K est le gain maximal du filtre et  $P=j\omega$ .

$\omega_0$  est la pulsation de coupure du filtre telle que :

$$\omega_0=1/(R_{10}R_{11}C_2C_1)^{1/2}$$

$\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont les coefficients d'amortissement des deux étages du filtre, pour avoir une meilleure stabilité du filtre, coefficients ne doivent pas être nuls.

La fréquence de coupure est fixée à 20Hz, ce qui rend négligeable l'influence du bruit à 50Hz pouvant provenir du secteur.

#### III.4. Amplificateur à gain variable:

Comme le signal à la sortie de l'amplificateur différentiel est de faible amplitude (celle-ci varie de 0,05v à 0,5v), un autre amplificateur à gain variable a été prévu pour accroître l'amplitude du signal et obtenir la résolution la plus élevée. Cet étage est aussi utilisé pour adapter à 5V le niveau du signal qui attaque l'entrée du convertisseur analogique numérique. Son gain varie entre 1 et 10 son schéma bloc est donnée par la figure suivant.

Au niveau de cet amplificateur on a prévu une correction d'offset.

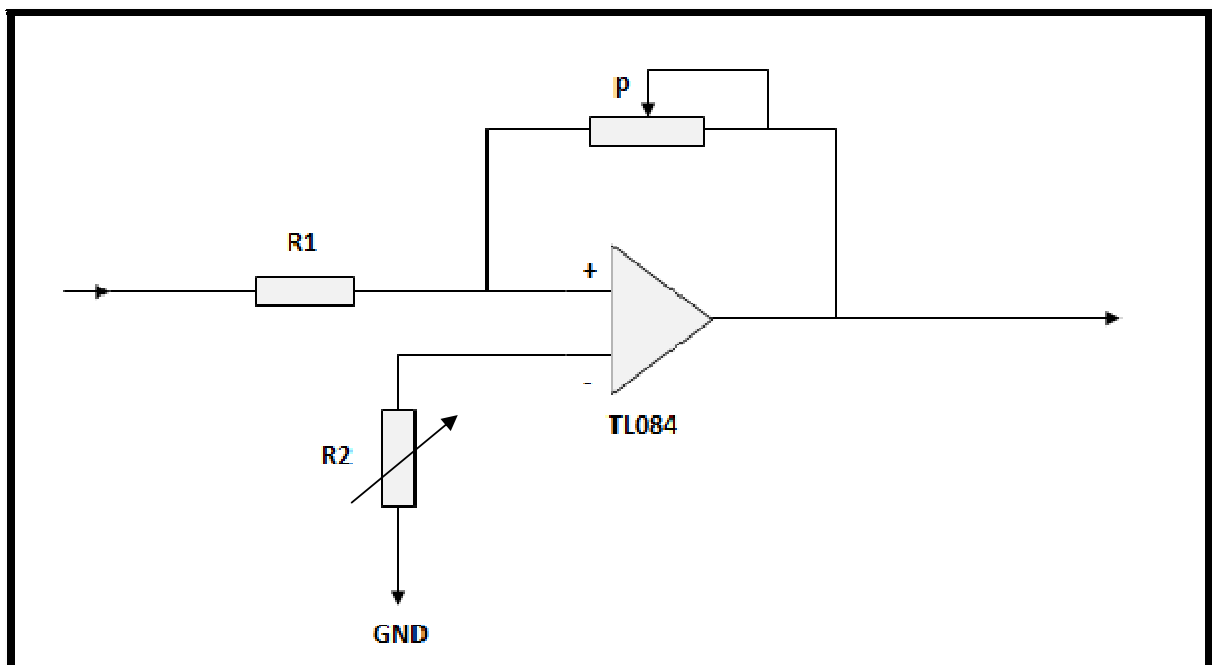


Figure 8 : amplificateur à gain variable

Le gain est alors donné par l'équation :  $G=P/ (R1+1)$

**III.5. L'opto coupleur :**

Dans l'électronique, un isolant opto (ou l'isolant optique, le dispositif optique d'accouplement, le coupleur optique, le photo coupleur, ou le photo MOS) est un dispositif qui utilise un chemin de transmission optique court pour transférer un signal électronique entre les éléments d'un circuit, typiquement un émetteur et un récepteur, tout en les maintenant électriquement isoler puisque le signal électrique est converti en faisceau lumineux, transféré, puis converti de nouveau à un signal électrique, L'isolant opto est simplement un paquet qui contient une diode électroluminescente infrarouge (LED) et un détecteur photoélectrique tel qu'une diode de silicium photosensible, des paires de Darlington de transistor, ou un redresseur commandé de silicium (thyristor).

Pour éviter les courants de fuite à travers le patient, les circuits en contact direct avec celui-ci doivent être isolés du réseau industriel. Ceci est dicté par certaines normes telles que la norme UTE C74-010 publiée par l'Union Technique de l'Electricité en 1979.

**Coupleur optique :** Le signal cardiaque amplifié est transmis vers l'unité de traitement et de numérisation par un coupleur optique NEC PS2506 qui est cascadié pour isoler électriquement les circuits analogiques de la chaîne numérique.

**Principe de fonctionnement :** L'optocoupleur est constitué d'une diode et d'un phototransistor ; l'amplificateur opérationnel A1 est monté en sommateur suiveur, son rôle est de superposer une tension continue au signal utile afin de polariser la diode. Le signal recueilli à la sortie du phototransistor est injecté à un convertisseur courant-tension dont la sortie est proportionnelle au courant collecteur du transistor.

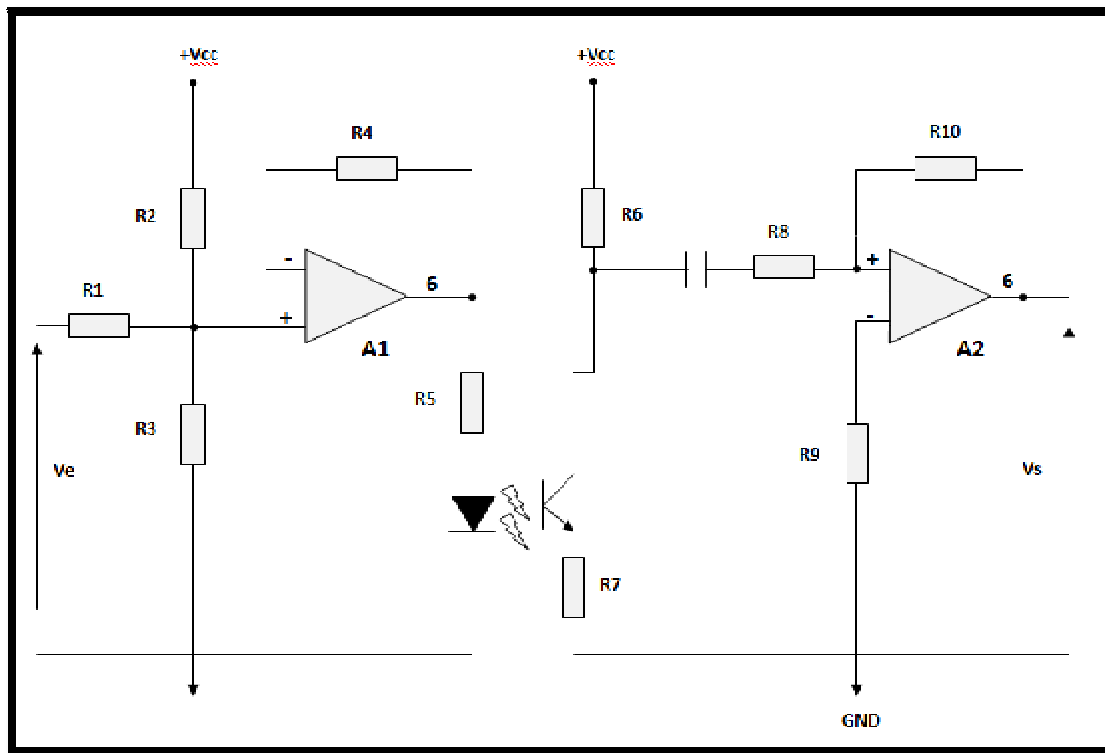


Figure 9 : barrière d'isolement à optocoupleur

### III.6. Circuit de traitement et de stockage de l'information (ECG) :

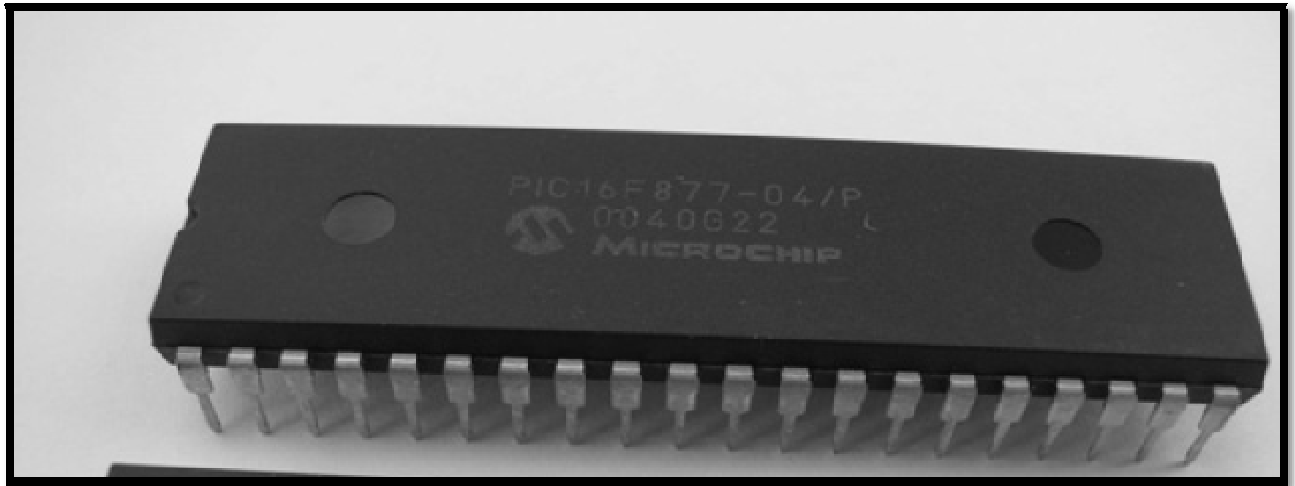
A la sortie de l'optocoupleur, on obtient un signal analogique, pour pouvoir le numériser et le stocker il s'avère nécessaire de le numériser ; pour cela, on exploite le convertisseur analogique numérique du PIC 16F877.

#### III.6.1. Introduction générale au microcontrôleur :

L'évolution des systèmes électronique amène de plus en plus souvent à remplacer l'électronique câblée à base de nombreux circuits intégrés par un circuit programmable qui remplit à lui seul plusieurs fonctions ; parmi ces circuits, il ya les microcontrôleurs auquel nous allons nous intéresser.

Pour mieux utilisé le microcontrôleur on se doit d'abord se familiariser avec ce dernier. On se voit donc dans l'obligation d'étudier un vrai microcontrôleur, sachant que l'étude d'un microcontrôleur donnée sera aussi applicable à d'autres PIC. Le 16F877 est un PIC de la série « Mid range » qui se prête particulièrement bien à la programmation en C. Les PIC de la série inférieure sont moins performant et ont une capacité mémoire insuffisante pour accueillir un programme issu d'un compilateur C ; mieux vaut les programmer en assembleur. Les gammes supérieures (16 ou 32 bits) supportent sans problème la programmation en C, mais comme ce

sont des circuits plus complexes (et plus chers), par conséquent étudiant quelque chose de plus simple et mieux approprié. Le 16F877 (F comme « Flash ») convient parfaitement : mémoire programme de taille suffisante (8K), nombreux périphériques intégrés, fréquence de fonctionnement jusqu'à 20 MHz.



**Figure 10 : le PIC 16F877**

### **III.6.2. Le choix du microcontrôleur : PIC 16F877A**

Le choix d'un microcontrôleur est primordial car c'est de lui que dépendent en grande partie sur les performances, la taille, la facilité d'utilisation et le prix du montage

- notre étude nécessite l'utilisation de la norme UART pour la liaison série avec le module GSM
- pour l'acquisition des données du capteur on aura besoin d'entrée analogique.
- La vitesse d'exécution est un élément important pour bien choisir les vitesses de transmission adéquate de la liaison série avec le module GSM.
- La taille de la RAM interne est primordiale pour l'envoi, la réception des SMS et l'acquisition
- La présence d'une mémoire EEPROM d'une taille suffisante pour mémoriser des données d'acquisition et le stockage des SMS est également un facteur important.

En se basant sur ces critères, Le PIC 16F877A qui dispose d'une mémoire dynamique (RAM) et d'une mémoire de stockage en flash (EEPROM) suffisante pour la taille des programmes et

des données sollicités dans notre étude, et de liaison UART, sont indispensable pour l'acquisition (capteur) et la communication (module GSM) .

### **III.6.3. Structure externe du pic 16F877 :**

- ü Un port A de 6 bits (RA0 à RA1).
- ü Un port B de 8 bits (RB0 à RB7).
- ü Un port C de 8 bits (RC0 à RB7).
- ü Un port D de 8 bits (RD0 à RD7).
- ü Un port E de 3 bits (RE0 à RE2).

Ce PIC dispose de 35 instructions de bases et de 4 sources d'interruption :

- ü Interruption externe commune avec la broche RB0.
- ü Interruption due au TIMER.
- ü Interruption sur changement d'état des broches de port RB0 à RB1.
- ü Interruption de fin d'écriture en EEPROM.

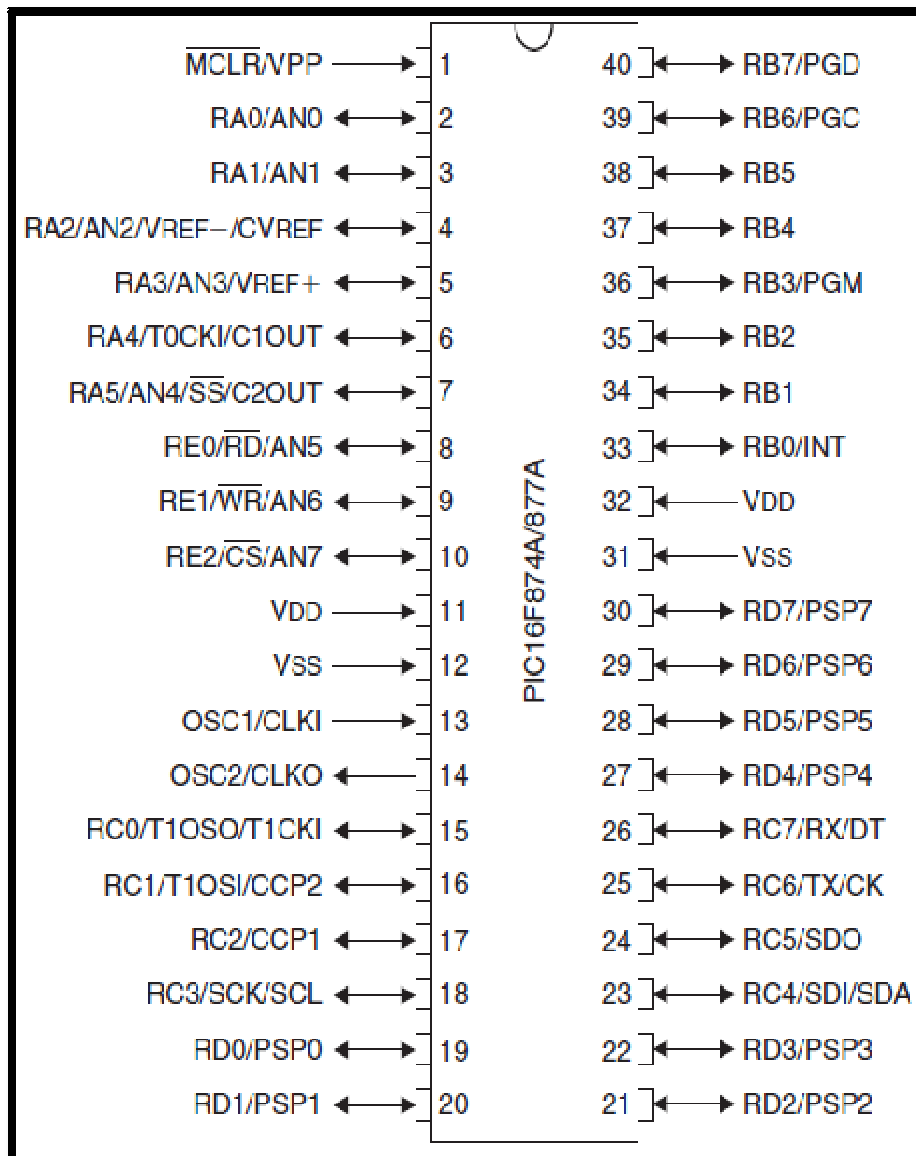


Figure 11 : structure externe du PIC 16F877

### III.6.4. Structure interne du pic 16f877 :

Le PIC 16F877 est un composant électronique autonome doté de :

- ü D'un microprocesseur.
- ü D'une mémoire programmable (FLASH), de 8K mots de 14 bits.
- ü D'une mémoire EEPROM de 256 octets.
- ü D'une mémoire vive (RAM) de 368 octets.
- ü De 40 broches dont 33 peuvent être utilisées comme entrées analogiques (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5, RE0, RE1, RE2).
- ü Des interfaces d'E/S //, série (RS232, I2C, SPI...).
- ü Des Timer pour gérer le temps TIMER (0, 1, 2).

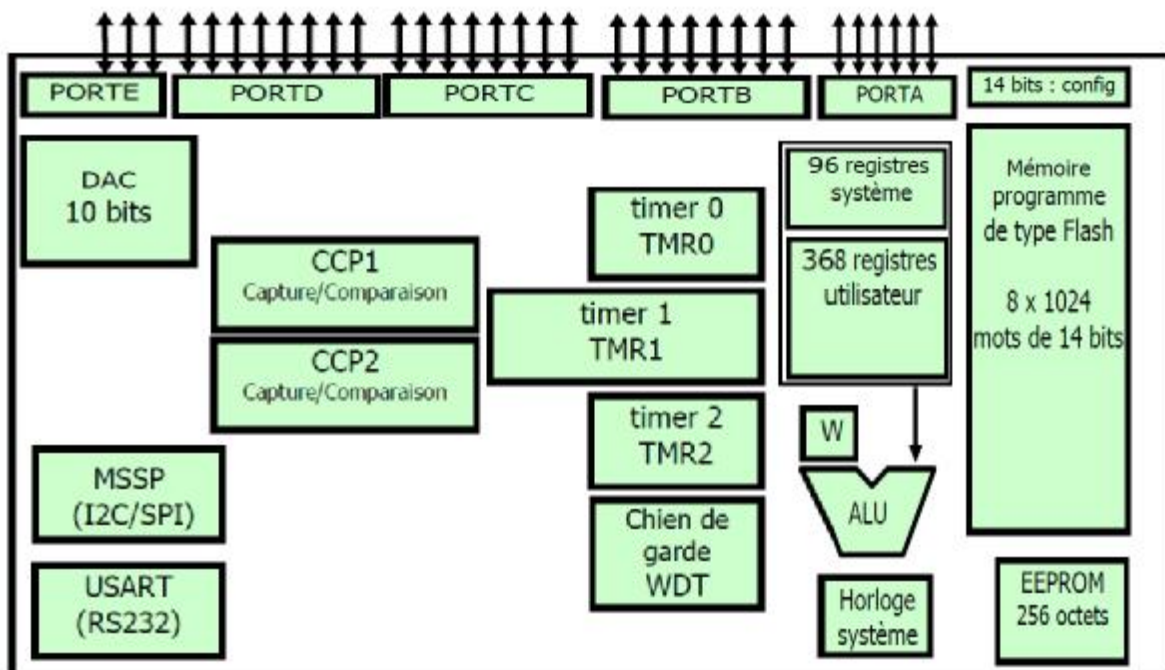


Figure 12 : Structure interne du PIC 16F877

III.6.5. Le rôle du pic 16F877 :

La première tâche que le pic doit exécuter, est la conversion analogique numérique. 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.

Avant de procéder au transfert des données, une fois la première acquisition achevée, il s'occupera à envoyer ces dernières vers le modulateur et ainsi de suite l'opération (conversion, stockage et transfert) se poursuit jusqu'à la mise hors tension du système.

III.6.5.1. Le convertisseur analogique numérique :

Le signal analogique issu des capteurs doit être numérisé à l'aide d'un C.A.N pour pouvoir le traiter et le stocker en mémoire.

a- Organisation interne :

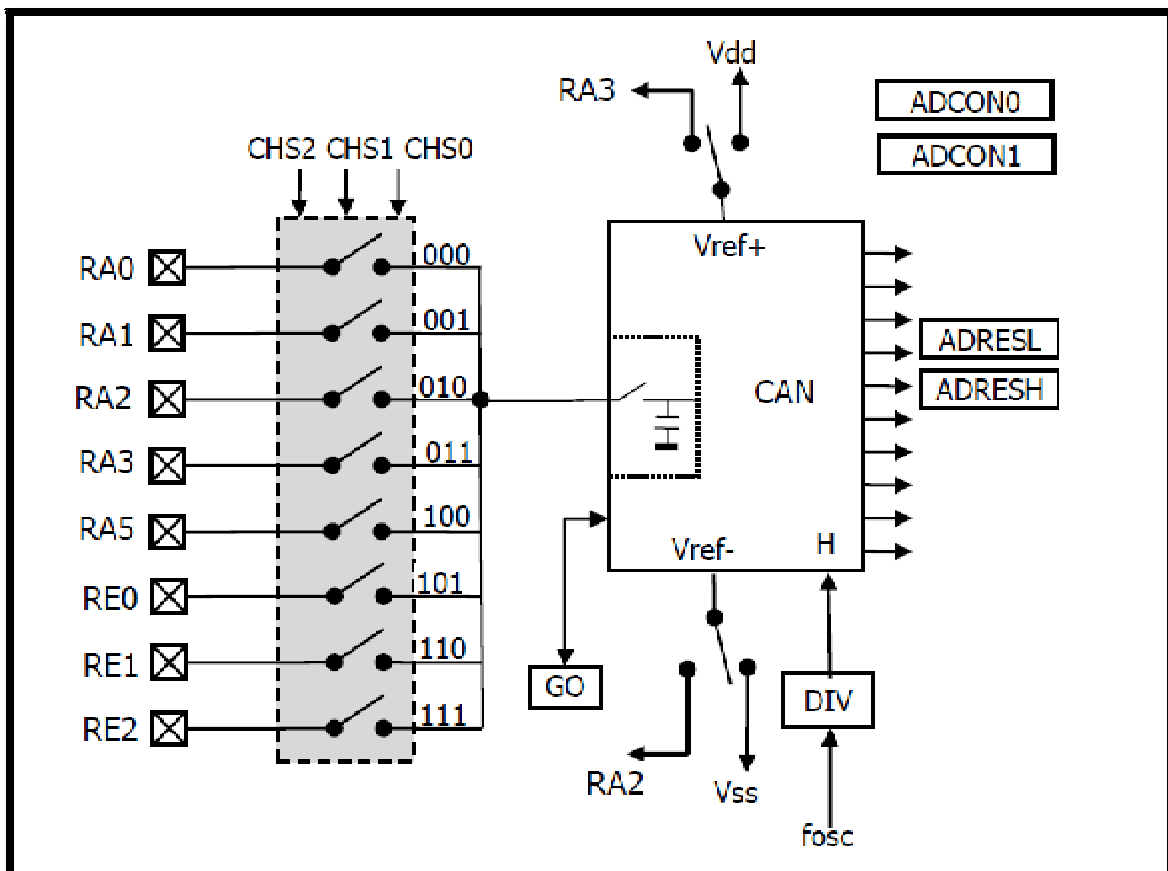


Figure 13 : schéma bloc du convertisseur A/N

Ce module est constitué d'un convertisseur Analogique Numérique 10 bits dont l'entrée analogique peut être connectée sur l'une des 8 entrées analogiques externes. On dit qu'on a un CAN à 8 canaux. Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA et/ou TRISE. L'échantillonneur bloqueur est intégré, il est constitué d'un interrupteur d'échantillonnage et d'une capacité de blocage de 120 pF. Les tensions de références permettant de fixer la dynamique du convertisseur. Elles peuvent être choisies parmi Vdd, Vss, Vr+ ou Vr-.

Le control du module se fait par les deux registres ADCON0 et ADCON1

- **ADCON0**

ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
-------	-------	------	------	------	---------	---	------

**ADCS1:ADCS0** : Choix de l'horloge de conversion donc du temps de conversion

00 : Fosc/2

01 : Fosc/8

10 : Fosc/32

11 : Oscillateur RC dédié au CAN

**CHS2:CHS1:CHS0** : choix de l'entrée analogique

000 = Channel 0, (RA0)

001 = Channel 1, (RA1)

010 = Channel 2, (RA2)

011 = Channel 3, (RA3)

100 = Channel 4, (RA5)

101 = Channel 5, (RE0)

110 = Channel 6, (RE1)

111 = Channel 7, (RE2)

**GO/DONE** : Une conversion démarre quand on place ce bit à 1. A la fin de la conversion, il est remis automatiquement à zéro.

**ADON** : Ce bit permet de mettre le module AN en service

- **ADCON1**

ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
------	---	---	---	-------	-------	-------	-------

**ADFM** : justification à droite ou à gauche du résultat dans les registre ADRESH et ADRESL  
ADRESH ADRESL

1 : justifié à droite 000000XX XXXXXXXXX

0 : justifié à gauche XXXXXXXXX XX000000

**PCFG3:PCFG0** : configuration des E/S et des tensions de références. Les 5 broches de PORTA et les 3 de PORTE peuvent être configurés soit en E/S digitales, soit en entrées analogiques. RA2 et RA3 peuvent aussi être configurées en entrée de référence.

### b- Déroulement d'une Conversion

Le PIC connecte la pin sur laquelle se trouve la tension à numériser à un condensateur interne, qui va se charger via une résistance interne jusqu'à la tension appliquée.

La pin est déconnectée du condensateur, et ce dernier est connecté sur le convertisseur analogique/numérique interne. Le PIC procède à la conversion.

En tout premier lieu, le condensateur va mettre un certain temps à se charger, il nous faut donc connaître ce temps.

Ensuite, il faut comprendre comment fonctionne la conversion, pour évaluer le temps mis pour cette conversion.

Ceci nous donnera le temps total nécessaire, afin de savoir quelle est la fréquence maximale d'échantillonnage pour notre PIC.

#### 1- Temps d'acquisition

C'est le temps qu'il faut pour que le condensateur interne atteigne une tension proche de la tension à convertir. Cette charge s'effectue à travers une résistance interne et la résistance de la source connectée à la pin,

Ce temps est incrémenté **du temps de réaction des circuits internes**, et **d'un temps qui dépend de la température** (coefficient de température). Il faut savoir en effet que les résistances augmentent avec la température, donc les temps de réaction des circuits également. Donc, si on pose :

**Tacq** = temps d'acquisition total

**Tamp** = temps de réaction des circuits

**Tc** = temps de charge du condensateur

**Tcoff** = temps qui dépend du coefficient de température.

La formule est donc :

$$\mathbf{Tacq = Tamp + Tc + Tcoff}$$

- **Tamp** : Le temps de réaction est typiquement de  $2\mu\text{s}$ .

$$\mathbf{Tamp = 2\mu\text{s}}$$

- **Tcoff** : Pour le coefficient de température, il n'est nécessaire que pour les Températures supérieures à  $25^{\circ}\text{C}$ . Dans les autres cas, il n'entre pas en compte. Ce coefficient est typiquement de  $0,05 \mu\text{s par }^{\circ}\text{C}$  qui est supérieur à  $25^{\circ}\text{C}$ . Il s'agit bien entendu de la  $t^{\circ}$  du PIC, et non de la température ambiante.

Donc, ce temps Tcoff sera au minimum de 0 (à moins de  $25^{\circ}\text{C}$ ) et au maximum de

$(50-25)*0.05$ , soit  $1,25 \mu\text{s}$ . La  $t^{\circ}$  du PIC ne pouvant pas, en effet, excéder  $50^{\circ}\text{C}$ .

$$\mathbf{0 \leq Tcoff \leq 1,25\mu\text{s}}$$

Si vous voulez bénéficier d'une fréquence maximale, vous devez maintenir le PIC sous  $25^{\circ}\text{C}$ .

- **Tc** : temps de charge dépend de la résistance placée en série avec le condensateur interne qui a la valeur de  $120\text{pF}$ , en fait, il y a 2 résistances, celle de la source de signal, et celle à l'intérieur du PIC.

Il est recommandé que la résistance de la source reste inférieure à  $10\text{KOhms}$ .

Celle interne au PIC est directement liée à la tension d'alimentation. Plus la tension baisse, plus la résistance est élevée, donc plus le temps de chargement est long.

Donc, de nouveau, pour obtenir de hautes vitesses, il vous faudra alimenter le PIC avec la tension maximale supportée, soit  $5\text{V}$  à pour le  $16\text{F877}$ .

$$\mathbf{Tc = -C * (Rinterne + Rsource) * \ln (1/2047)}$$

Un cas typique, à savoir une tension d'alimentation de  $5\text{V}$  et une résistance de source de  $10\text{Kohms}$ , nous aurons Donc, Tacq de  $20\mu\text{s}$  pour notre PIC.

Après le temps Tacq, on peut considérer que le condensateur est chargé et prêt à être connecté sur l'entrée du convertisseur analogique/digital. Cette connexion prend de l'ordre de 100ns.

Une fois le condensateur connecté, et donc, la tension à numériser présente sur l'entrée du convertisseur, ce dernier va devoir procéder à la conversion, le principe utilisé est celui de l'approximation successive.

C'est une méthode de type dichotomique et assez intuitive. Il s'agit tout simplement de couper l'intervalle dans lequel se trouve la grandeur analogique en 2 parties égales, et de déterminer dans laquelle de ces 2 parties se situe la valeur à numériser.

Une fois cet intervalle déterminé, on le coupe de nouveau en 2, et ainsi de suite jusqu'à obtention de la précision demandée.

Le temps nécessaire à la conversion est égal au temps nécessaire à la conversion d'un bit multiplié par le nombre de bits désirés pour le résultat.

Concernant notre PIC, il faut savoir qu'il nécessite, pour la conversion d'un bit, un temps qu'on va nommer TAD.

## 2- Temps de conversion

Le temps de conversion est égal à **12 TAD**

TAD est le temps de conversion d'un bit, il dépend de la fréquence du quartz et du prédiviseur (div) choisi :  $TAD = div \times 1/fosc$ .

Le choix de div doit être ajusté pour que TAD soit  $\geq$  à 1,6  $\mu s$

Quartz \ Div	20Mhz	5Mhz	4Mhz	2Mhz
2	0.1 $\mu s$	0.4 $\mu s$	0.5 $\mu s$	1 $\mu s$
8	0.4 $\mu s$	1.6 $\mu s$	2 $\mu s$	4 $\mu s$
32	1.6 $\mu s$	6.4 $\mu s$	8 $\mu s$	16 $\mu s$

Avec un quartz de 4 MHz, il faut choisir div=8 ce qui donne TAD = 2  $\mu s$  soit un temps de conversion : TCONV = 24  $\mu s$

**3- Nombre d'échantillons à transmettre :**

Le SMS à transmettre doit contenir au maximum 160 octets vu que le nombre de caractères supportés par l'SMS est de 160 caractères ;

Si on tient compte de la règle de Shannon ( $F_e > 2 F_{max}$ ), on constate que l'on peut échantillonner des signaux dont la fréquence ne dépasse pas 360Hz, vu que la fréquence maximum du signal ECG est de 100Hz.

$$T_e = 1/F_e \Rightarrow T_e = 1/360 = 0,0028s$$

$$\mathbf{T_e = 0.0028s}$$

La durée du complexe QRS est de 0.12s.

Nombres d'échantillons dans une période QRS :

$$\mathbf{N' = 0.12/0.0028 = 42 \text{ échantillons}}$$

Avec la fréquence d'échantillonnage de 360Hz on obtient 42 échantillons pour une seule onde QRS.

Le contenu de l'SMS ne doit pas dépasser 160 caractères/échantillons, au bout de 140 échantillons on obtient 3 complexe QRS suffisant pour définir les informations sur l'ECG.

$$\mathbf{140/42 \gg 3}$$

**III.6.5.2. Mémoires du PIC 16F877A**

Le PIC 16F877A dispose de trois types de mémoires :

**a- Mémoire vive RAM :**

C'est de la mémoire d'accès rapide, mais labile (c'est-à-dire qu'elle s'efface lorsqu'elle n'est plus sous tension); cette mémoire contient les registres de configuration du PIC ainsi que les différents registres de données. Elle comporte également les variables utilisées par le programme.

**b- Mémoire morte FLASH :**

C'est la mémoire programme proprement dite. Chaque case mémoire unitaire fait 14 bits. La mémoire FLASH est un type de mémoire stable, réinscriptible à volonté, c'est cette dernière qui a fait le succès de microprocesseur PIC.

**c- Mémoire EEPROM :**

Le PIC 16F877 dispose de 2 mémoires permanentes :

La mémoire EEPROM PROGRAMME de capacité 8k mots de 14 bits.

La mémoire EEPROM DE DONNÉES de capacité 256 octets. Electriquement effaçable, réinscriptible et stable. Ce type de mémoire est d'accès plus lent, elle est utilisée pour sauver des paramètres. L'adresse relative de l'accès EEPROM est comprise entre 0000 et 00ff, ce qui nous permet d'utiliser qu'un registre de huit bits pour définir cette adresse

La méthode pour écrire dans ces mémoires consiste à flasher le PIC avec l'exécutable (.hex). Les instructions sont flashés dans l'EEPROM programme et les données sont flashés dans l'EEPROM de données.

Le flashage se fait à l'aide d'un programmeur et le soft qui va avec

**III.6.5.3. Les Timers :**

Un timer est un registre interne au microcontrôleur, celui-ci s'incrémente au grès d'une horloge, ce registre peut servir par exemple pour réaliser des temporisations, ou bien encore pour faire du comptage (par l'intermédiaire d'une broche spécifique : RA4/TOKI). Le PIC 16F877A possède trois timers sur 8 bits (il compte jusqu'à 256) configurable par logiciel :

1. **Le Timer0 (8bits) :** il peut être incrémenté par des impulsions extérieures via la broche (TOCKI/RA4) ou par l'horloge interne ( $F_{osc}/4$ ).
2. **Le Timer1 (16 bits) :** il peut être incrémenté soit par l'horloge interne par des impulsions sur la broche T1CKI/RC0 ou par un oscillateur (RC ou quartz) connecté sur les broches T1OSO/RC0 et T1OSI/RC1.
3. **Le Timer2 (8bits) :** il est incrémenté par l'horloge interne, celle peut être pré divisée.

Tous ces timers peuvent déclencher une interruption interne, s'ils ont été autorisés.

### **III.6.5.4. Les broches du pic 16F877 :**

#### **a- Les différents ports E/S du PIC 16F877A**

On dispose de 33 broches d'entrées/sorties, chacune configurable soit en entrée soit en sortie (PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE).

Un registre interne au PIC, nommé TRIS, permet de définir le sens de chaque broche d'un port d'entrées/sorties. En règle générale, un bit positionné à « 0 » dans le registre TRIS donnera une configuration en sortie pour la broche concernée ; si ce bit est positionné à « 1 », ce sera une broche d'entrée.

- **Particularité du port A :**

Le 16F877 dispose de 5 canaux d'entrée analogique. Nous pouvons donc échantillonner successivement jusque 5 signaux différents avec ce composant. Les broches utilisées sont les broches AN0 à AN4 (qui sont en fait les dénominations analogiques des broches RA0 à RA3 + RA5). On peut noter également que les broches ANx sont en entrées. Il n'est donc pas question d'espérer leur faire sortir une tension analogique. Ceci nécessiterait un convertisseur numérique/analogique dont n'est pas pourvu notre PIC.

- **Particularités du port B :**

Hors de sa fonction principale autant que ports d'entrées /sorties, on note la broche RB0 qui, en configuration d'entrée, peut être utilisée comme une entrée d'interruption INT.

- **Particularités du port C :**

C'est un port tout ce qu'il y a de plus classique, Or qu'il a deux broches qu'on utilisera plus tard dans la communication série avec le PC à travers (TX et RX) (broche 17 et 18).

- **Particularités du port D :**

Une fois de plus, ce port fonctionne de façon identique aux autres, dans son mode de fonctionnement général. Le registre TRISD comportera donc les 8 bits de direction., mais son fonctionnement dépend de la valeur du bit PSPMODE de registre TRISE qui concerne, a première vue le port E. Mais au moment de mise sous tension, la valeur placée dans TRISE configure le PORTD comme un port E/S classique ou comme un port d'interfaçage parallèle (PSP),

- **Particularités du port E :**

Ce port ne comporte que 3 broches, RE0 à RE2, ces broches peuvent se comporter comme des E/S analogiques ou numériques, C'est le registre ADCON1 qui détermine si ces ports seront utilisés comme ports E/S classique ou comme ports d'entrées analogique.

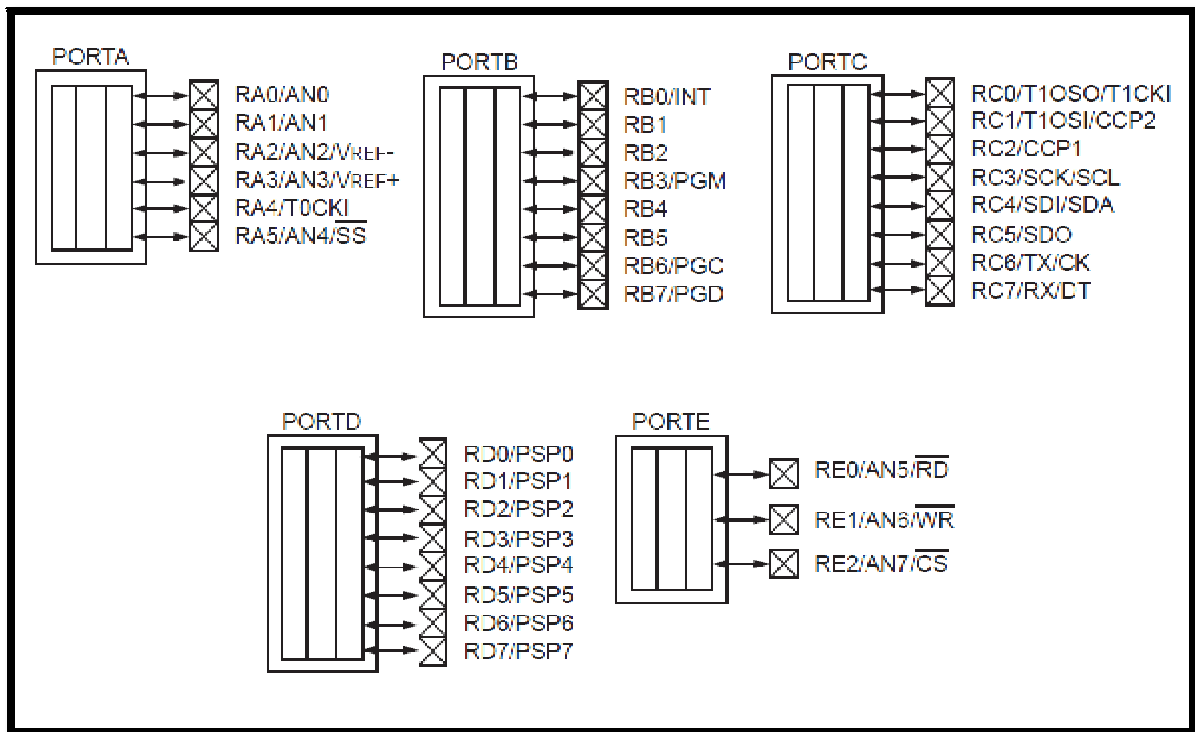


Figure 14 : les de port du pic 16f877

b- **MCLR :**

Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur.

Un front montant sur **MCLR** déclenche l'initialisation du microcontrôleur. Le temps nécessaire est au minimum de **72ms** et au maximum de **72mS+1024\*Tosc**. Le pic dispose en interne d'un circuit de détection de niveau, quand la tension **VDD** est comprise entre **1.2V** et **1.7V**, il démarre une procédure d'initialisation.

Cette broche peut être simplement reliée à **VDD** si on n'a pas besoin de **RESET** externe. Par contre si on souhaite implanter un bouton de remise à zéro, on pourra câbler un simple réseau **RC** sur la broche **MCLR**.

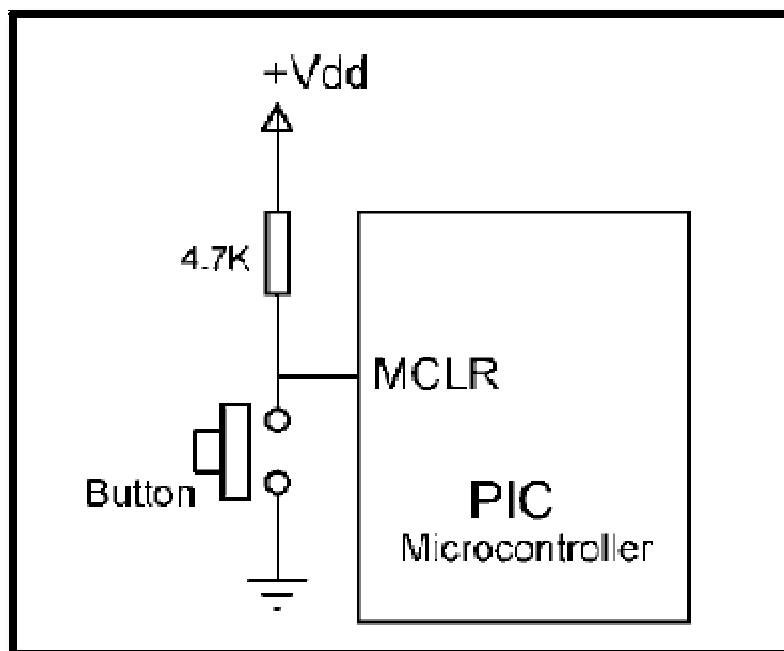


Figure 15 : Circuit d'initialisation du microcontrôleur

c- **Oscillateur : OSC1 et OSC2 ou CLKIN et CLOUT.**

Ces broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du **PIC**

Comme tout microprocesseur, le PIC 16F877 va avoir besoin d'un chef d'orchestre pour battre la mesure. Il va fixer la vitesse d'exécution des instructions. On utilise pour ce faire un quartz dont le rôle est de créer une impulsion de fréquence élevée.

Dans notre cas le quartz utilisé est typiquement un quartz de 20Mhz, c'est-à-dire qu'il va fournir 20 millions d'impulsions par secondes. Le temps qui s'écoule entre deux impulsions s'appelle un cycle d'horloge. Un cycle d'horloge dure donc 50 nanosecondes.

Le microprocesseur va se baser sur cette fréquence pour son fonctionnement interne, le PIC 16F877 exécute une instruction de langage assembleur en quatre cycles d'horloge, il va donc pouvoir exécuter cinq millions d'opérations par secondes ; le quartz 20Mhz est connecté sur les deux broches OSC1 et OSC2.

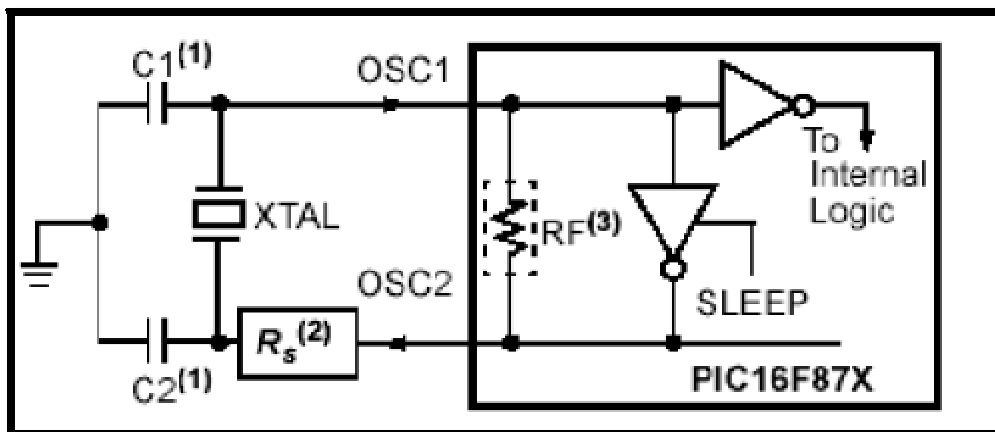


Figure 16 : l'oscillateur du quartz

**Remarque :** La fréquence maximale d'utilisation va dépendre de microcontrôleur utilisé. La fréquence de l'horloge interne du PIC est obtenue en divisant par 4 la fréquence de l'horloge externe. Pour un quartz à 4 MHz, la fréquence interne est donc de 1 MHz et la durée d'un cycle est de 1  $\mu$ s.

#### d- Alimentation : VDD et VSS.

Ce sont les broches d'alimentation du circuit. Les tensions qui peuvent être appliquées vont :

- De **4,5V à 6V** pour la gamme standard **F**.
- De **2 à 6V** pour la gamme étendue **LF**.

L'intensité du courant consommé peut aller de **1 $\mu$ A à 10mA**.

La consommation du **PIC** sera fonction de :

- La tension d'alimentation.
- La fréquence interne.
- Le mode de fonctionnement.

**e- La liaison série USART ou SCI :****1- Présentation :**

Pour pouvoir dialoguer avec le PC, notre microcontrôleur utilise son module USART signifie (UniversalSynchronousAsynchronousReceiverTransmitter ).

C'est donc un module qui permet d'envoyer et de recevoir des données en mode série, soit de façon synchrone, soit asynchrone. Le module USART de notre PIC gère uniquement deux broches, à savoir RC6/TX/CK et RC7/RX/DT qui doivent être configurés toutes les deux en ENTREE par TRISC.

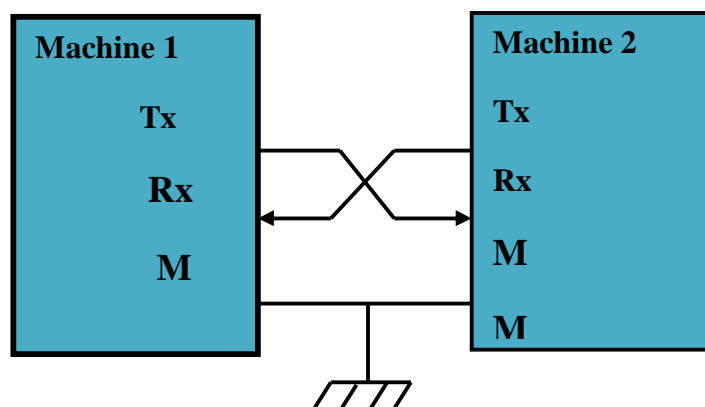
Une liaison série synchrone nécessite une connexion dédiée à l'horloge, donc il reste une seule ligne pour transmettre les données. Alors qu'en mode asynchrone on n'a pas besoin d'une ligne d'horloge, il nous restera alors deux lignes pour communiquer, chacune étant dédiée à un sens de transfert. Nous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

Les liaisons RS 232 sont des liaisons asynchrones très utilisées en informatique. Elle nécessite que l'émetteur et le récepteur soit informé de la vitesse choisie de transfert.

Puisque le récepteur connaît la vitesse du transfert il peut se passer de signal de synchronisation.

Trois lignes sont nécessaires à cette liaison.

1. TX : transmission de donnés.
2. RX:récepteur de donné.
3. GND : masse

**2- Principe d'une liaison RS232 :**

**Figure 17 : Principe d'une liaison RS232**

L'octet à transmettre est envoyé bit par bit (**poinds 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. La communication peut se faire dans les deux sens (duplex), soit émission d'abord, puis réception ensuite (half-duplex), soit émission 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 de fin de mot (**stop**).

D'autre part, l'utilisation éventuelle d'un bit de **parité**, permet la détection d'erreurs dans la transmission.

### 3- Brochage du port RS232

Aujourd'hui pour des raisons d'encombrement on utilise des connecteurs DB9 de 9 Broches, voici les noms (voir le tableau ci-dessus) et les définitions de chaque broche :

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

Figure 18 : Brochage du port RS232

- ◆ DCD (Data Carrier Detect) : cette ligne est une entrée active à l'état haute. Elle signale à l'ordinateur qu'une liaison a été établie avec un correspondant.
- ◆ RXD (Receiver Data) : cette ligne est une entrée. C'est ici que transitent les informations du correspondant vers l'ordinateur.
- ◆ TXD (Transmit Data) : cette ligne est une sortie. Elle permet de véhiculer des données de l'ordinateur vers le correspondant.
- ◆ DTR (Data Terminal Ready) : cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de signaler au correspondant que le port série a été libéré et qu'il peut être utilisé s'il le souhaite.
- ◆ GND (GROUND) : c'est la masse.
- ◆ DSR (Data Set Read) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet au correspondant de signaler qu'une donnée est prête.
- ◆ RTS (Request To Send) : cette ligne est une sortie active à l'état haut. Elle indique au correspondant que l'ordinateur veut lui transmettre des données.
- ◆ CTS (Clear To Send) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle indique à l'ordinateur que le correspondant est prêt à recevoir des données.
- ◆ RI (RING Indicator) : cette ligne est une entrée active à l'état haut. Elle permet à l'ordinateur de savoir si un correspondant veut initier une communication avec lui.

#### 4- Les étapes de réception (sans interruption, mode 8 bits)

- 1) S'assurer que l'interruption RCI n'est pas validée
- 2) Configurer la broche RX/RC7 en entrée
- 3) Initialiser le registre SPBRG pour définir la vitesse de communication
- 4) Configurer le registre TXSTA (asynchrone, BRGH)
- 5) Configurer le registre RCSTA (validation port, mode 8 bits, valider réception continue)
- 6) Attendre que drapeau RCIF passe à 1 ce qui annonce la fin de réception d'un octet
- 7) Lire l'octet reçu dans le registre RCREG
- 8) recommencer au point 6) tant qu'on a des données à recevoir

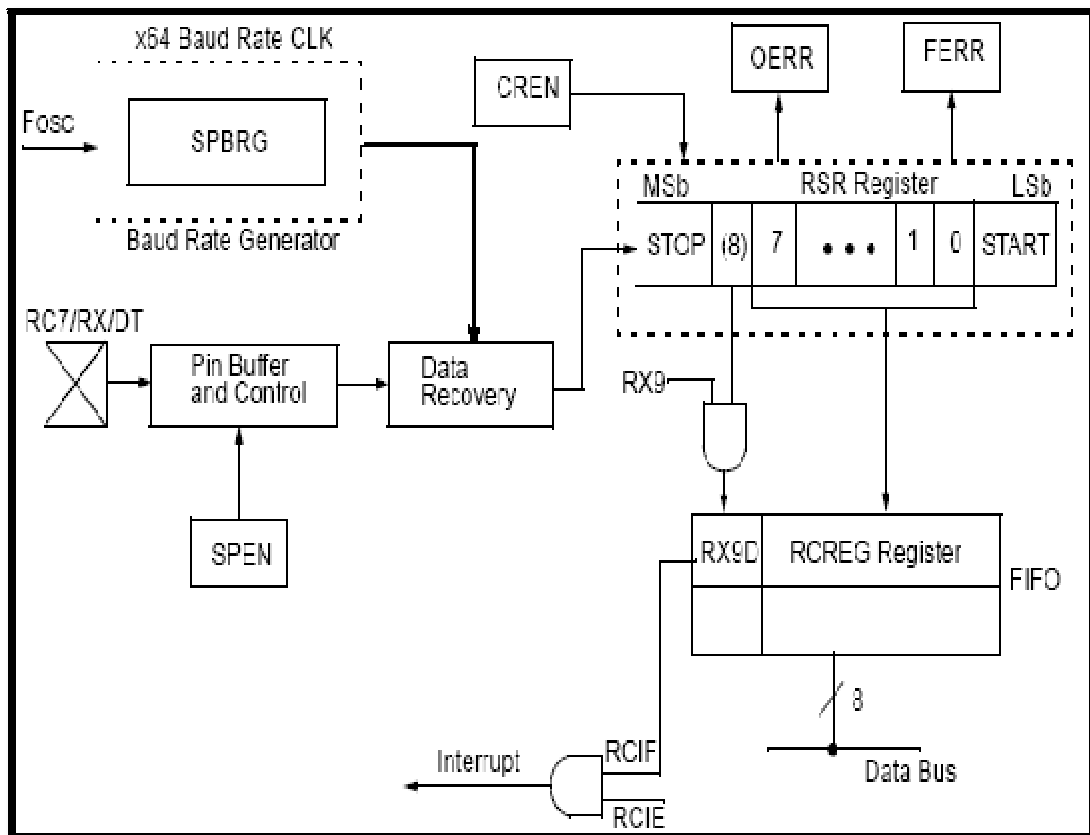


Figure 19 : Le port RS232 en réception

### 5- Les étapes de transmission (sans interruption, mode 8 bits)

- 1) S'assurer que l'interruption TXI n'est pas validée
- 2) Configurer la broche TX/RC6 en entrée
- 3) Configurer le registre TXSTA (mode 8 bits, valider transmission, asynchrone, BRGH)
- 4) Initialiser le registre SPBRG pour définir la vitesse de transmission
- 5) Valider le port avec le bit RCSTA.SPEN
- 6) Vérifier que le drapeau PIR1.TXIF=1 c.à.d TXREG est vide
- 7) Placer la donnée à transmettre dans le registre TXREG
- 8) recommencer au point 6) tant qu'on a des données à transmettre

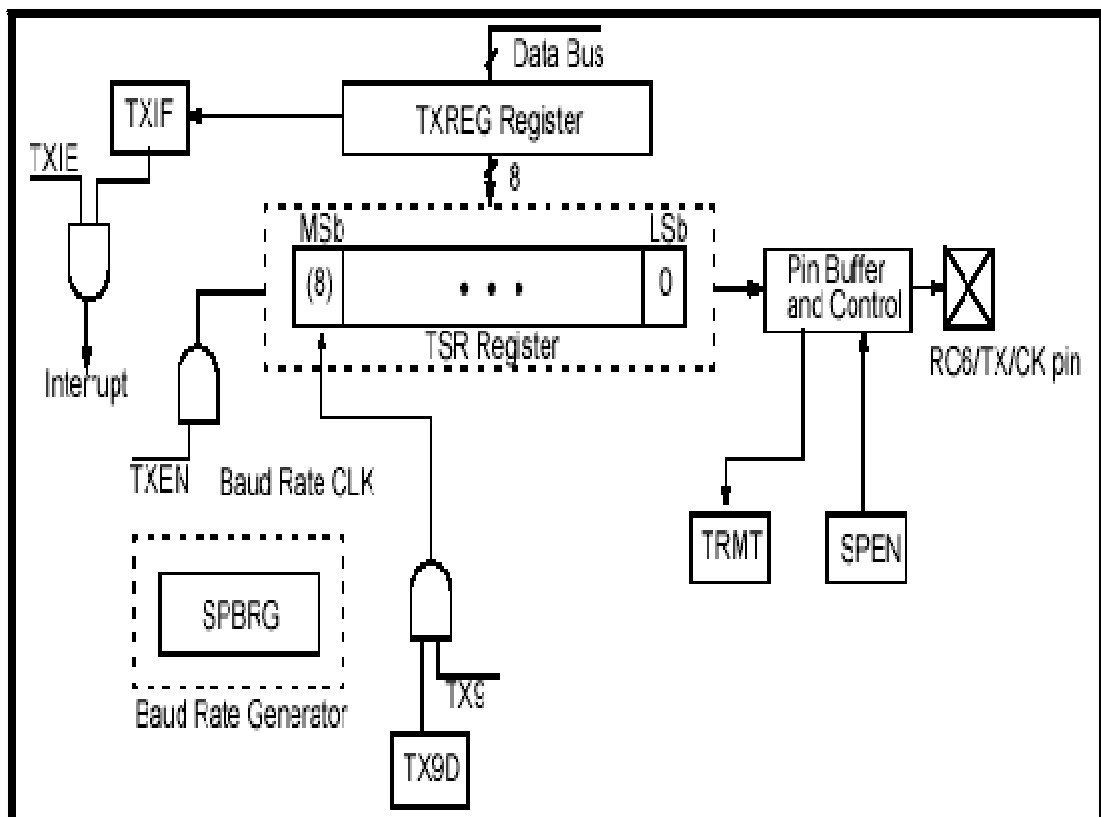


Figure 20 : Le port RS232 en émission

# **CHAPITRE II**

## **TRANSMISSION DU SIGNAL CARDIAQUE**

### **PARTIE B**

## PARTIE B : ETUDE MATERIEL DE LA TRANSMISSION

### I. Présentation de la carte de transmission :

La carte de transmission est équipée de d'un module GSM TC35 de siemens qui joue le rôle d'un émetteur/récepteur des SMS qui seront traités par le PIC 16F877.

D'une interface SIM contenant un microcontrôleur et de la mémoire qui est utilisée pour stocker les informations spécifiques à l'abonné d'un réseau mobile, en particulier pour les réseaux de type GSM

D'un circuit d'interface MAX232 qui sert à l'interfaçage série RS232 et pour l'adaptation des signaux de type 5V/3,3V, Afin de pouvoir le connecter au port série du PC et surtout avec la carte d'acquisition.

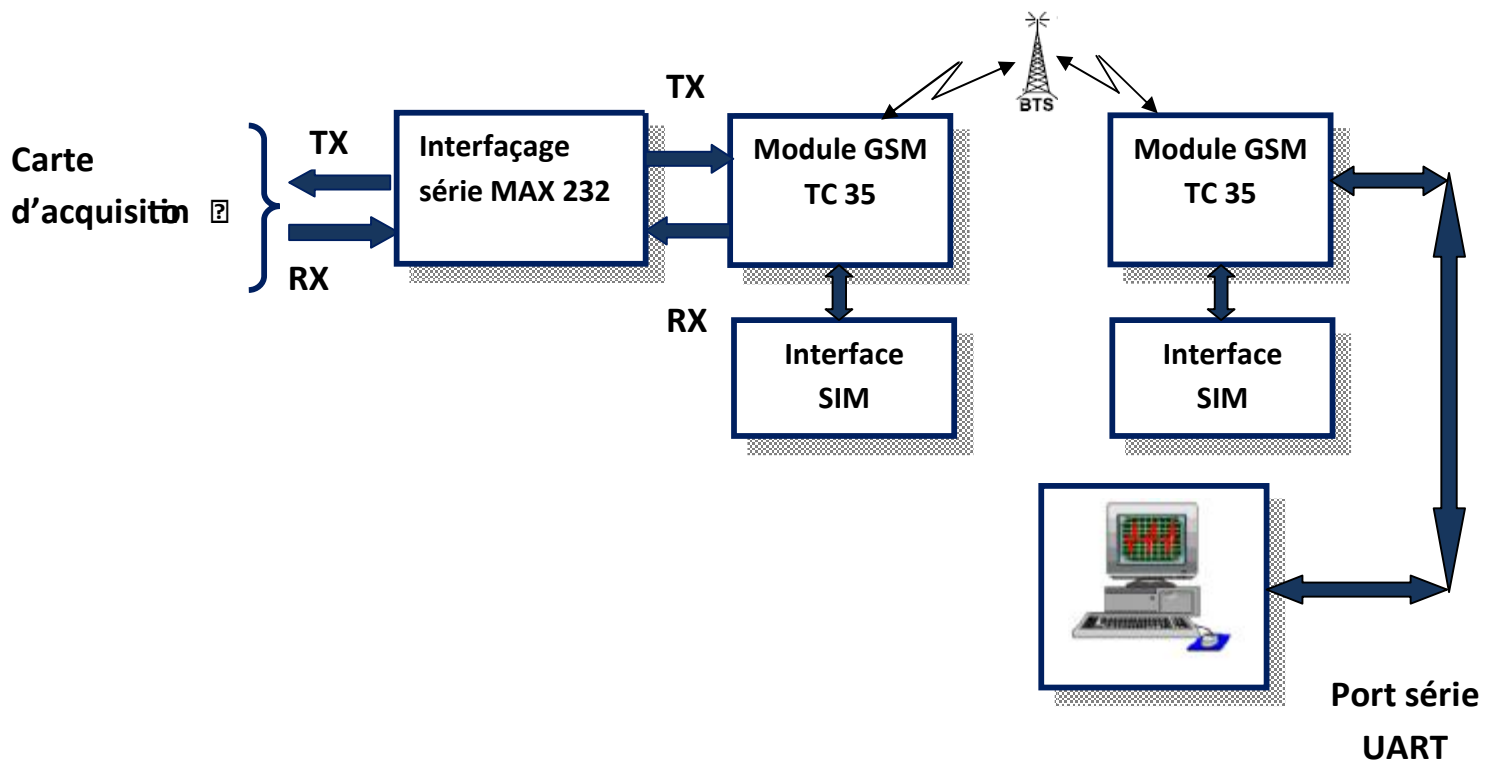


Figure 1 : Schéma descriptif de la carte de transmission

## II. Principe d'adaptation PIC- RS232 : Interfaçage série MAX232 :

Le principe d'adaptation entre le PIC et le port série RS232.

Le PIC utilise les niveaux 0V et 5V pour définir respectivement des signaux « 0 » et « 1 ».

La norme RS232 définit des niveaux de +12V et -12V pour établir ces mêmes niveaux.

Nous aurons donc besoin d'un circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC et un module contenant la liaison RS232 (terminal GSM TC35).

La pin TX du PIC émettra en 0V/5V et sera convertie en +12V/-12V vers notre module GSM.

La ligne RX du PIC recevra les signaux en provenance du module, signaux qui seront converti du +12V/-12V en 0V/5V.

Notons que la liaison étant full-duplex, émission et réception sont croisées, chaque fil ne transitant l'information que dans un seul sens.

Pour réaliser cette liaison, il faut un circuit d'adaptation des signaux du standard RS232, la solution c'est de faire appel au MAX232

## III. Présentation et fonctionnement du MAX232

Le MAX232 est un circuit intégré créé par le constructeur MAXIM. Le MAX232 est un standard depuis longtemps, il permet de réaliser des liaisons RS232 et des interfaces de communication, il amplifie et met en forme deux entrées et deux sorties TTL/CMOS vers deux entrées et deux sorties RS232, la connexion est réalisée avec un DB9. Le pic 16F877A utilise les niveaux 0v et 5v pour définir respectivement les bits : 0 et 1. La norme RS 232 définit des niveaux de +12v et -12v pour établir ces mêmes niveaux.

Nous avons donc besoin de ce circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre le PIC et le module GSM ou le PC avec le module GSM.

Le MAX232 s'alimente avec 5v, se présente sous la forme d'un boîtier DIL 16 (2\* 8 broches) et dispose de :

- 2 blocs, dénommés T1 et T2, qui convertissent les niveaux entrés 0V/5V en signaux sortis sous +12V/-12V. En réalité, on n'a pas tout a fait +12V et -12V mais plutôt de l'ordre de +8,5V/-8,5V ce qui reste dans la norme RS232.

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

Voici la structure interne et externe ainsi que le brochage d'un MAX232 :

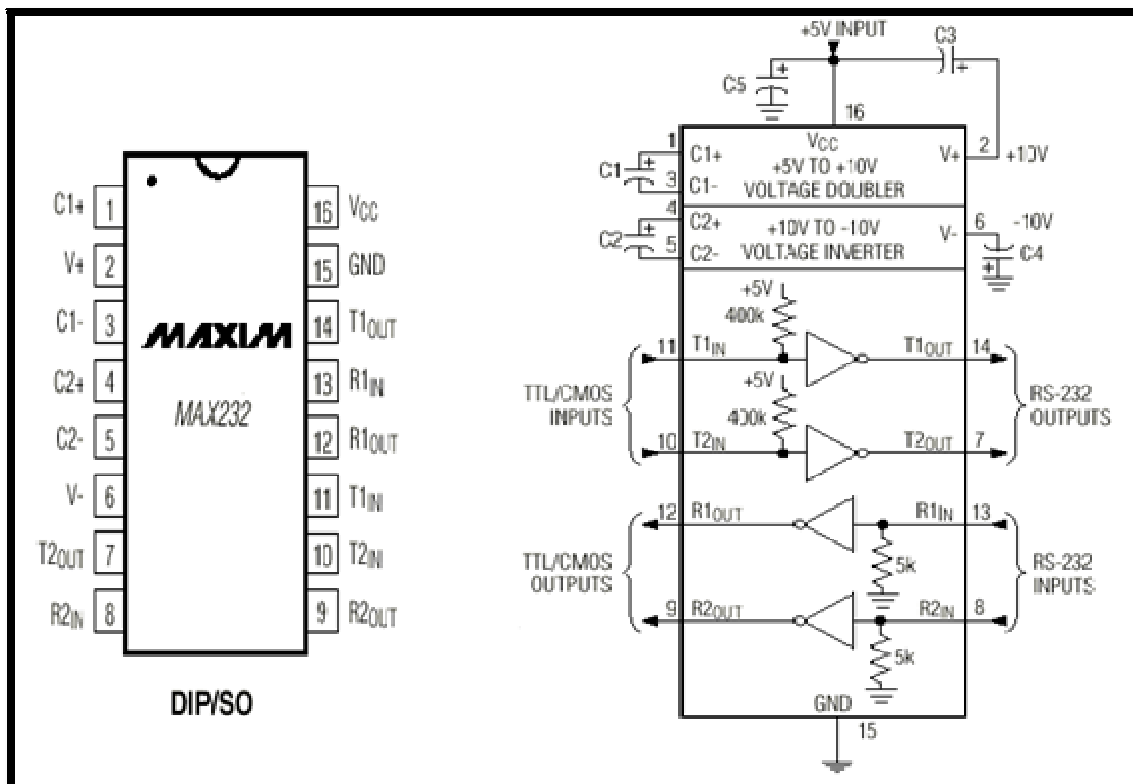
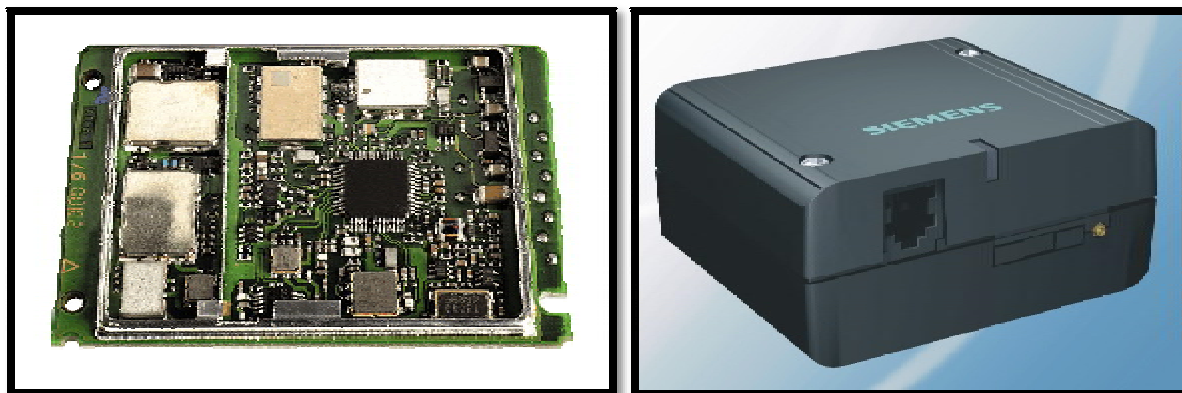


Figure 2 : Structure interne et externe de MAX232



#### IV.2. Choix du module GSM :



**Figure 4 : Le module GSM TC35**

**Le TC35 TERMINAL de SIEMENS** est un module clé en main, il permet d'accéder directement à la communication mobile de données grâce à son connecteur au format DB9 qui permet une connexion directe au port série de n'importe quel compatible PC.

Il dispose d'un lecteur de carte SIM intégré. Seule l'antenne également fournie est externe au boîtier.

### IV.3. Caractéristiques principales du module TC35:

Transmission	Voix, données et SMS
<b>Alimentation</b>	8 à 30V
<b>Courant absorbé sous 12V</b>	Mode voix 1,5A max/ 160mA (typique) Mode veille : 35 mA (typique) Mode « power down » : 560 µA (typique)
<b>Bandes de fréquences</b>	EGSM900 ET GSM1800 (GSM phase 2+)
<b>Puissance d'émission</b>	Classe 4 (2W) pour EGSM900 Classe 1 (1W) pour GSM1800
<b>Lecteur de carte SIM</b>	Interne, supporte les cartes SIM 3V
<b>Antenne</b>	Externe, liaison par connecteur FME
<b>Interface</b>	RS232 pour le pilotage via les commandes AT et le transfert de données. Vitesse de transmission entre TC35 et PC : Configuration manuelle : 300 bps à 115kbps Configuration automatique : 1,2kbps à 115kbps
<b>Normes respectées</b>	GSM07.07 et GSM07.05
<b>Modes SMS</b>	PDU et TEXT
<b>Données</b>	2,4/4,8/9,6/17,4 kbps (entre TC35 et réseau GSM)
<b>FAX</b>	Groupe 3 : classe 1 et classe 2
<b>Température ambiante d'utilisation</b>	-20°C à +55°C
<b>Taille</b>	65x74x33mm
<b>Masse</b>	130g

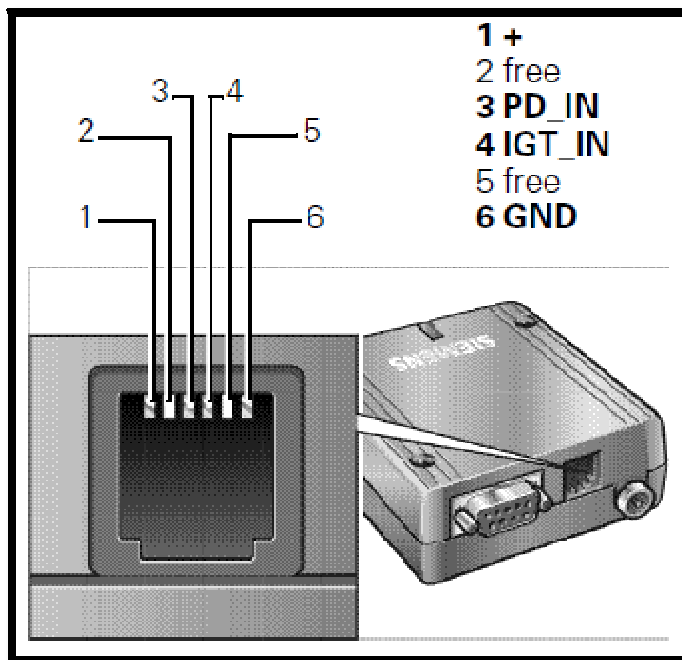
Figure 5 : Caractéristique technique de TC35

### IV.4. Les entrées/sorties du module GSM TC35 :

#### IV.4.1. L'alimentation :

Les lignes concernant l'alimentation sont disponibles sur un connecteur Western femelle 6 broches. L'alimentation comprise entre 8 et 30V s'effectue entre les broches 1(Vcc) et 6 (GND). Le terminal est protégé contre l'inversion des polarités de l'alimentation ainsi que pour les surtensions. Toutefois pour compléter la protection notamment contre les tensions supérieures à 30V, il est recommandé de placer un fusible rapide de 1,25A sur la ligne d'alimentation (broche1). La broche 4 (IGT\_IN) permet l'initialisation du terminal. La broche 3 (PD\_IN) permet de mettre le terminal hors tension. Les broches numéro 2 et 5 ne

sont pas connectées. L'utilisation de l'adaptateur secteur dédié au TC35 assure l'alimentation du terminal et réalise une connexion entre la ligne IGT\_IN et Vcc ce qui provoque une auto initialisation à chaque mise sous tension.



**Figure 6: Alimentation**

Broche	Nom	Utilisation	Paramètres
1	PLUS	Alimentation	8V...30V DC, max. 33V pendant une minute
2	X	---	---
3	PD_IN	Entrée pour la mise hors tension	$U_{ih} \ 5$ pendant $t \ 3,5s$ $U_{il} < 2$
4	IGT_IN	Entrée pour l'initialisation	$U_{ih} \ 5$ L'initialisation est provoquée par l'application d'une tension supérieure à 5V pendant une durée de 200ms.
5	X	---	---
6	GND	Masse	0V

**Figure 7 : Brochage de l'alimentation de TC35**

#### IV.4.2. Interface audio :

Grace à l'interface audio, il est possible de connecter un microphone sur l'entrée analogique et un écouteur sur la sortie analogique. La connexion du microphone se fait entre les broches 4(MICP) et 1 (MICN). La connexion de l'écouteur se fait entre les broches 3 (EPP) et 2 (EPN). La configuration de l'interface audio se fait par des commandes « AT » spécifique.

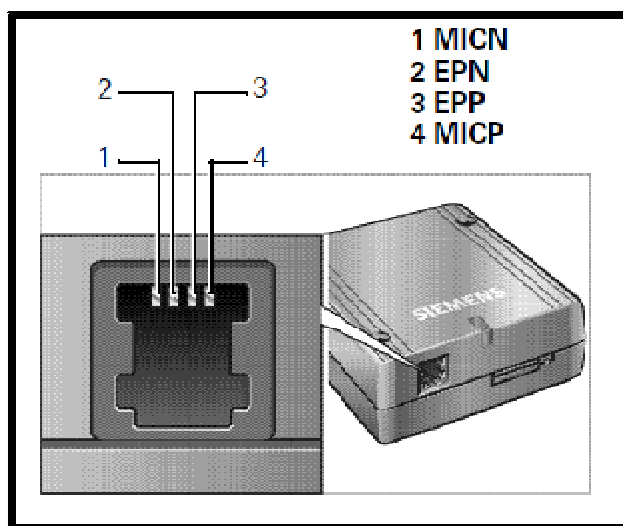


Figure 8: interface audio

#### IV.4.3. Interface SIM :

L'interface SIM est prévue pour recevoir des cartes SIM utilisant une tension de 3V. Le support de carte SIM dispose d'une interface 5 connecteurs. Un sixième conducteur détecte la présence de la carte dans le lecteur. Lors des manipulations, il conviendra de placer/retirer la carte SIM uniquement lorsque le terminal est hors tension.

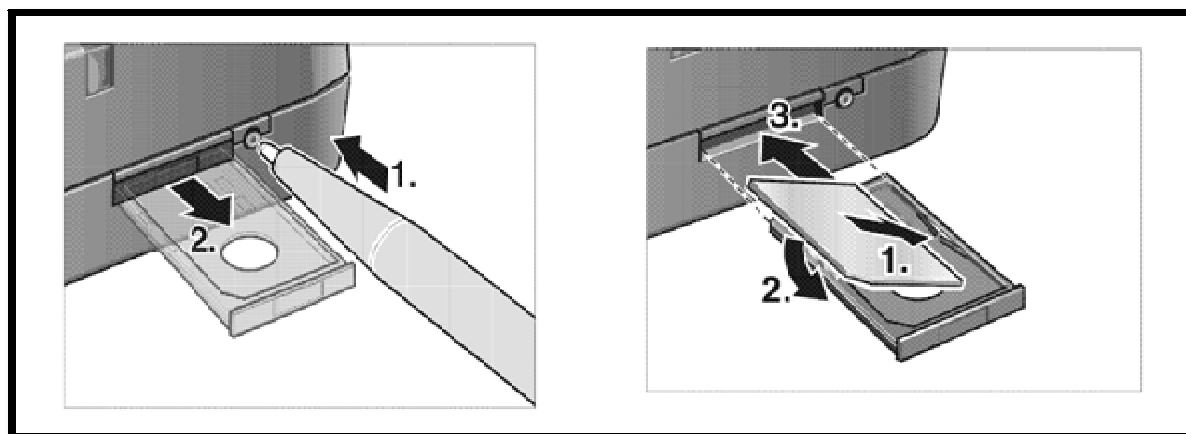


Figure 9: interface SIM

#### IV.4.4. L'interface RS232 :

L'interface RS232 disponible sur un connecteur au format DB9 broches femelle permet d'une part de piloter l'appareil via les commandes « AT » relatives aux normes GSM07.07 et GSM07.05 présentées dans le chapitre III, d'autre part d'envoyer et de recevoir des données sur le réseau GSM.

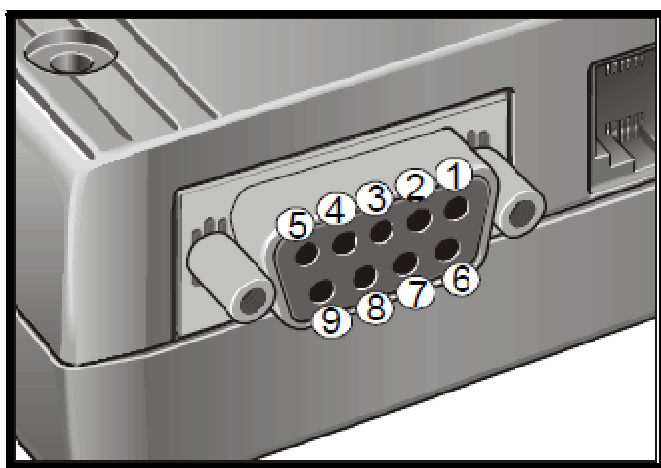


Figure 10 : L'interface RS232

Broches	Entrée / Sortie	Nom	Fonction
1	E	DCD	Détection de porteuse
2	E	RXD	Réception des données
3	S	TXD	Envoi des données
4	S	DTR	Terminal prêt
5	-	GND	Masse
6	E	DSR	Modem prêt
7	S	RTS	Demande d'émettre
8	E	CTS	Prêt à émettre
9	E	RI	Sonnerie

Figure 11 : Brochage de la liaison RS232

## IV.4.5. Etat de la led :

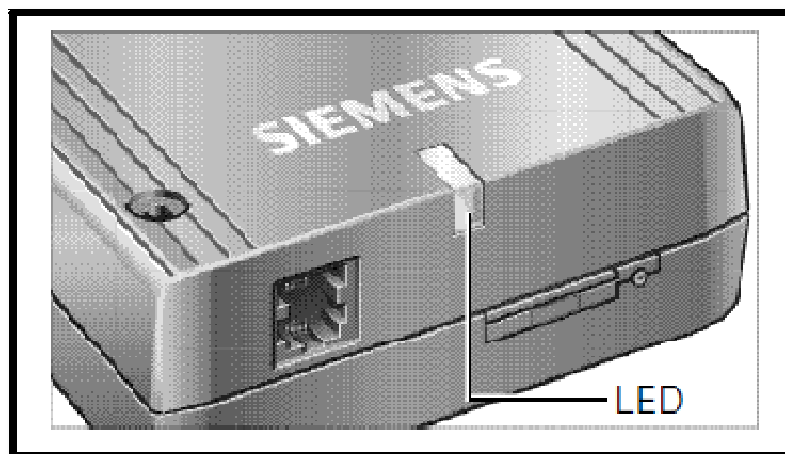


Figure 10: Etat de la led

LED	ETAT
Eteinte	Pas d'alimentation ou terminal en veille
Clignote rapidement	Alimentation ON mais le terminal n'est pas connecté au réseau GSM. Cause du problème : pas de carte SIM, attente code PIN, pas de réseau.....
Clignote lentement	en veille mais connecté au réseau
Allumée	en communication

Figure 11 : Etat de la led du TC35

#### IV.5. Interfaçage du Terminal GSM avec le PIC :

Le microcontrôleur choisi, pour jouer le rôle du TE, est un PIC du constructeur Microchip. Il existe trois familles, on a choisi le PIC 16F877A de la famille « Mid-Range », il est un bon compromis entre le coût et les possibilités offertes.

L'utilisation d'une telle liaison dans le langage C se fait grâce à la directive « #use RS232 », le compilateur C de CCS se garde de la programmation des registres internes de l'UART en fonction des paramètres de la liaison spécifiés.

Une fois cette directive fournie au préprocesseur du compilateur, on utilise les fonctions standards du langage C : **getchar** et **printf**, pour traiter respectivement les caractères entrants et sortants via la liaison série.

#### IV.6. Interfaçage du Terminal GSM avec le PC :

Pour interfacer le terminal GSM. Il faut déjà utiliser un ordinateur de type PC en mode TE (terminal Equipement), les commandes AT saisies à l'aide du logiciel Hyper Terminal seront transmises via le port série.

#### IV.7. le terminal GSM en fonctionnement ; (émission et réception) :

Le réseau GSM est un réseau de radiotéléphonie numérique, défini par une norme européenne.

Pour transmettre l'information entre le module GSM et le relais on va devoir recourir aux techniques de modulation. C'est-à-dire que l'information va être modifiée via un processus de modulation d'un signal HF (ici à 900MHz) qui sera ce qu'on appelle la porteuse ; Ainsi l'émetteur va comporter les éléments suivants :

- ü Un oscillateur qui génère la porteuse ;
- ü Un circuit de traitement du signal à transmettre destiné à le mettre sous une forme adéquate ;
- ü Un modulateur qui va combiner ce signal avec la porteuse ;
- ü Un amplificateur de puissance qui va porter le signal modulé à une puissance suffisante pour l'émission ;

- ü Une antenne qui reçoit ce signal et transforme le courant en ondes électromagnétiques qui vont se propager dans l'espace et atteindre en particulier le relais le plus prêt.

Inversement le relais récepteur comportera :

- ü Une antenne transformant les ondes électromagnétiques en signaux électrique ;
- ü Un circuit sélectif de détection permettant d'extraire parmi tout ce que reçoit l'antenne le signal utile ;
- ü Un amplificateur dit radiofréquence destiné à augmenter le niveau de telle sorte qu'on puisse ultérieurement facilement extraire le signal modulant de sa porteuse ;
- ü Un démodulateur chargé de cette opération d'extraction.

# CHAPITRE III

## LES SMS DANS LE RESEAU GSM

## **I. Présentation générale du système GSM :**

Le GSM est un système de radio téléphonie numérique flexible et évolutif, composé d'entités fonctionnelles regroupées en sous systèmes définis dans la norme GSM.

Une structure fonctionnelle doit être conçue de façon à assurer la compatibilité entre les différents sous systèmes, leurs éléments constitutifs et les interfaces de communication. Cette définition s'appuie sur les recommandations GSM.

Le GSM est la première norme de téléphonie cellulaire qui soit pleinement numérique.

C'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles.

Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de station mobile de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles où entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques courts.

Avec l'apparition de la technologie GSM la transmission à grande distance n'est pas un problème. Un téléphone portable possède certes une puissance de quelques watts mais celle-ci est largement suffisante pour accéder au réseau téléphonique. Il devient alors possible par l'envoi et la réception de commandes sous forme de SMS de piloter et de surveiller un processus quelconque se déroulant sur un site distant.

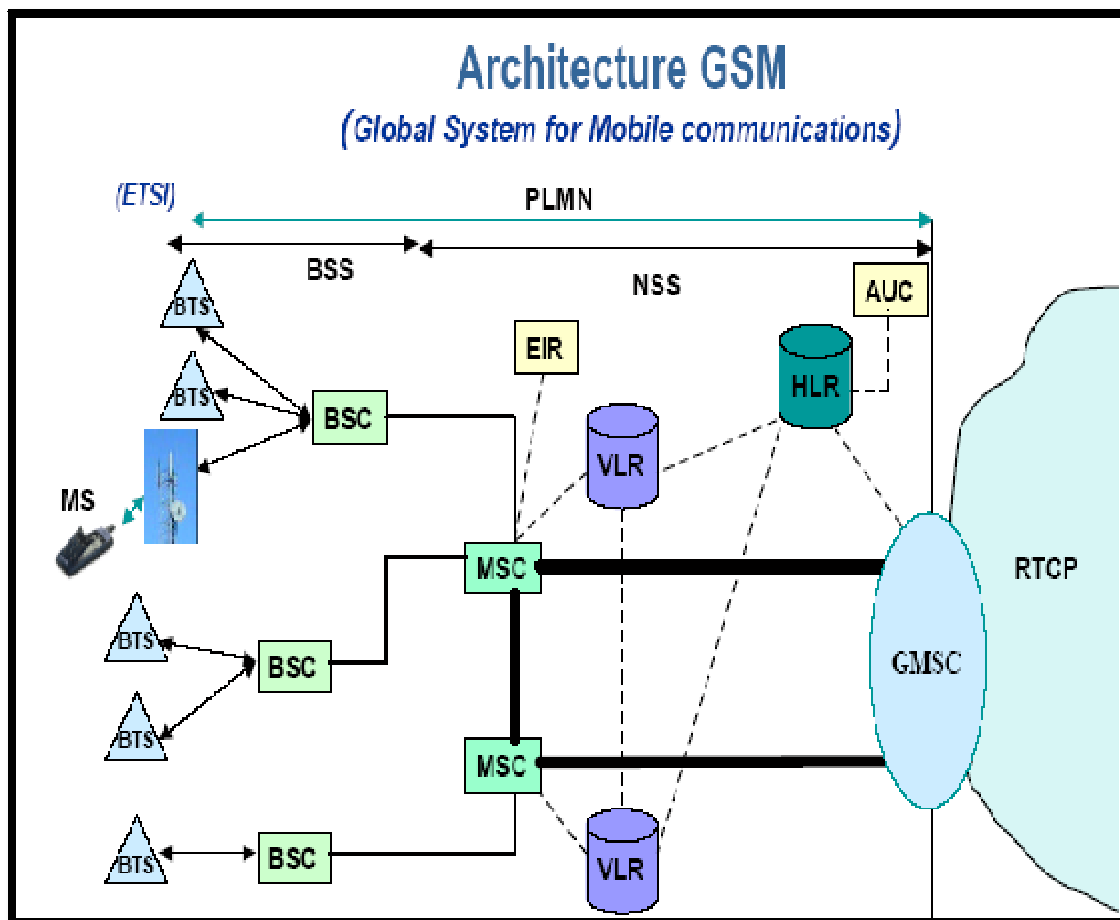


Figure 1: perspective sur un système global de communications mobiles.

## II. Le système qui équipe les centraux GSM :

Le système qui équipe les centraux GSM en Algérie est le CME20.

Le système de téléphonie mobile CME20 de L.M.Ericsson se compose de trois parties principales :

1. le système de commutation (SS) où sont effectuées la plupart des fonctions de traitement des appels et des fonctions liées aux abonnés.
2. le système de station de base (BSS) où sont concentrées les fonctions liées à la radio.
3. le système d'exploitation et de soutien (OSS) qui couvre les aspects de conception technique du réseau cellulaire et les exigences commerciales liées à l'exploitation d'un réseau cellulaire. L'OSS couvre une large gamme d'application comme par exemple, les réseaux publics commutés, les réseaux cellulaires et les services de réseaux intelligents (IN : intelligents networks)

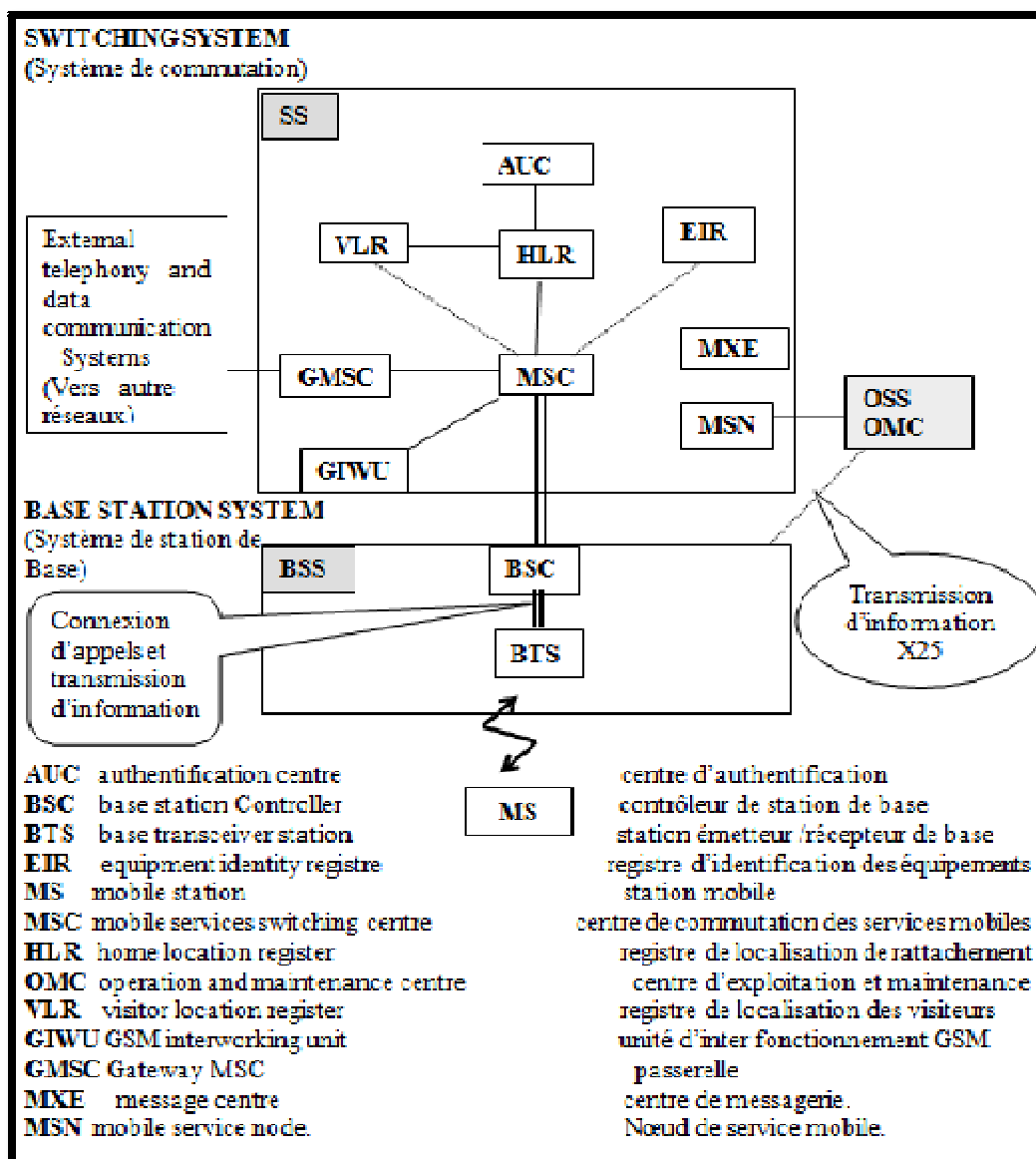


Figure 2 : Système CME20

**a. Le système de commutation (SS)**

Le système de commutation comporte les nœuds suivants :

- ∅ le centre de commutation des services mobiles (MSC) assure les fonctions de commutation téléphonique. une fonction spécifique de MSC est la passerelle (GMSC : Gateway MSC) qui coordonne le trafic en provenance d'autres réseaux de signalisation par canal sémaphore.
- ∅ l'unité d'inter fonctionnement GSM (GIWU : GSM inter working unit) pour les communications de données avec d'autres réseaux, est également mise en œuvre dans MSC.
- ∅ le registre de localisation des visiteurs (VLR) est une base de données contenant des informations relatives à toutes les stations mobiles se trouvant dans la zone de couverture du MSC à tout moment donné. Dans le système CME20 le VLR est toujours intégré au MSC.
- ∅ le registre de localisation de rattachement (HLR) est une base de données qui stocke et gère les abonnements. il contient des données d'abonnés permanentes tel que le type d'abonnement, les services souscrits et ainsi de suite. Il stocke également les informations relatives à la localisation des abonnés. le HLR peut être intégré au même nœud que le MSC ou être mis en œuvre sous la forme d'un nœud distinct.
- ∅ le centre d'authentification (AUC) délivre les paramètres d'authentification et le chiffrement nécessaire pour contrôler l'identité des utilisateurs de stations mobiles (MS) et pour assurer la confidentialité des appels.
- ∅ le registre d'identification des équipements (EIR) est une base de données contenant des informations d'identification des équipements mobiles destinés à prévenir l'usage illicite des stations mobiles (MS). l'EIR est souvent situé dans le même nœud que l'AUC mais peut également être mis en œuvre sous la forme d'un nœud distinct.

L'ensemble combiné MSC/BSC (contrôleur de station de base) regroupe les équipements MSC/VLR / HLR et BSC dans une cabine commune facilement déployable. Le MSC/ BSC combiné est une unité économique, mobile et rapidement installées sur site constituant un élément SS/BSS de base de l'architecture CME20 (parties du système de commutation et un contrôleur de stations de base).

#### **b. Le système de stations de base (BSS)**

Le système de station de base comporte les nœuds suivants :

- Ø le contrôleur de station de base (BSC) est un commutateur de grande capacité, chargé des fonctions du CME20, comme le handover, la gestion des ressources du réseau radio et la gestion des données de configuration des cellules. Il commande également les niveaux de puissance radiofréquence des RBS (BTS) et des stations mobiles (Ou combinés téléphoniques mobiles).
- Ø La station émettrice – réceptrice de base (BTS) est l'équipement radio nécessaire à la desserte d'une cellule (selon la norme GSM). L'équipement permettant de desservir l'interface de trafic entre le BSC et la BTS est l'interface A-bis. En règle générale, un MSC du système de commutation supervise un ou plusieurs BSC qui, à leur tour, commandent un certain nombre de BTS.

Les MSC/VLR, HLR et BSC sont des applications AXE. Le système AXE est un commutateur de grande capacité et à grande souplesse d'adaptation qui constitue l'élément modulaire de base des PLMN (public land mobile network), des réseaux téléphoniques publics commutés (RTPC), des réseaux publics de données (PDN) et des réseaux numériques à intégration de services (RNIS).

Les nœuds du système CME20 sont faciles à exploiter et à entretenir, le savoir-faire de maintenance acquis avec le système AXE étant applicable aux MSC, HLR et BSC.

### c. Système d'exploitation et de soutien (OSS)

Les fonctions d'exploitation et de maintenance sont essentiellement basées sur des logiciels implantés localement dans les nœuds (tels que le BSC et MSC). Il est toujours possible d'accéder à ces fonctions de base à partir de terminaux d'exploitation et de maintenance locaux.

Cependant les tâches d'administration du réseau d'un niveau plus élevé peuvent être effectuées depuis un ou plusieurs centres d'exploitation et de maintenance centralisée (OMC) et /ou centre de gestion du réseau (NMC), par l'intermédiaire de l'OSS. L'OSS constitue le moyen nécessaire à une gestion efficace du réseau au fur et à mesure de la croissance rapide de celui-ci.

Chaque élément du réseau CME20 (l'OSS désigne comme éléments du réseau des nœuds tels qu'un MSC ou un BSC) comporte des fonctions intégrées de supervision et de signalisation de son état fonctionnel à l'OSS. Les erreurs détectées dans les nœuds sont classées au moyen d'icônes et de symboles en fonction de leur gravité et sont visualisés sur des cartes, sur des stations de travail graphiques raccordées à l'OSS, ce qui simplifie la détermination des actions de maintenance à entreprendre. L'OSS assure également des fonctions de gestion de la configuration du réseau radio ainsi que des fonctions de mesures de trafic radio et réseau, de post-traitement de visualisation et d'élaboration de rapports.

### III. Les services offerts par le réseau GSM :

Le réseau GSM permet d'offrir un grand nombre de fonctions non disponibles avec les systèmes analogiques. Il assure des services de base incluse essentiellement :

- La radiotéléphonie.
- Le roaming international : la normalisation de ce système permet à l'utilisateur de bénéficier d'une mobilité à l'échelle mondiale.
- Les appels d'urgence.
- Les messageries courtes.
- Télétex.
- Vidéotex.
- Télécopie.

Il donne accès à des services supplémentaires :

- L'identification des numéros appelants.
- Appel en instance.
- Transfert d'appels (sur non réponse, inconditionnel, sur occupation ....).
- Appel en conférence.
- Groupe fermé d'utilisateurs.
- Transmission de données : 1200 b/s jusqu'à 9600 b/s.

**Dans notre projet nous avons choisi l'un des services important offert par le réseau GSM qui est le SMS.**

### **SMS (Short Message Service):**

Un des services offert par le GSM est la gestion des minimessages ou SMS (*Short Message Service*). Il ne s'agit plus de la transmission de sons mais d'un texte limité théoriquement à 160 caractères. Chaque message envoyé transite vers un centre de messagerie baptisé SMSC (*Short Message Service Centre*) où il est temporairement stocké. Dès que le destinataire est disponible, c'est-à-dire lorsque le mobile est sous tension et présent dans une zone couverte par le réseau GSM, le message est transmis.

Le message peut exceptionnellement rester sur le SMSC durant plusieurs jours. En situation normale on peut considérer que l'envoi d'un SMS est instantané à condition que le mobile de destination soit opérationnel. Les SMSC sont identifiés par un numéro d'appel spécifique à chaque opérateur. Il est possible d'envoyer un SMS autrement qu'avec un téléphone portable. On trouve sur Internet des logiciels qui permettent à un PC muni d'un modem d'accéder à un SMSC.

### **III.1 : Transmission des SMS :**

Il y a deux façons de transmettre un message SMS, soit par le mode PDU qui est le mode de base ou le mode TEXT. Le mode PDU est une suite de caractères hexadécimaux qui codifient le SMS, le mode TEXT n'est rien d'autre qu'une représentation sous forme de texte des données qui composent le SMS. Il y a différents types d'alphabets utilisés pour passer du mode PDU au mode TEXT. Par exemple votre téléphone portable affiche en mode TEXT sur son écran les données d'un éventuel SMS reçu, c'est lui qui détermine automatiquement quel type d'alphabet à utiliser.

Attention, il faut savoir que certains téléphones portables ne supportent pas le mode TEXT lorsqu'ils sont interfacés avec un PC. Il est donc utile de connaître en détail le mode PDU.

### **III.2 : La transmission d'un SMS au niveau du réseau GSM**

Les SMS, sont acheminés directement sur un canal de contrôle. Initialement, le canal de transit des SMS, avait été conçu pour la transmission de messages de maintenance de l'opérateur vers les exploitants du réseau ; ce qui explique les limitations que connaît le service SMS. C'est ainsi que la taille de l'SMS normal a été limitée à 160 caractères en alphabet latin, ou 160 octets de données digitales,

En dehors de l'interface air, où les SMS sont convoyés à travers des canaux (SDCCH, SACCH), leur acheminement entre les divers équipements du réseau est géré par le protocole MAP.

Lorsqu'un texto est envoyé d'un mobile à un autre ou encore à une application de traitement des SMS (Service de Messages Succincts), il est décomposé en deux étapes. Le texto issu du terminal vers le SMSC est qualifié de SMS-MO tandis que celui quittant le SMSC vers le mobile destinataire est qualifié de SMS-MT.

### **III.3 : Mode PDU (Protocol Description Unit) :**

Lorsqu'un mobile A envoie un SMS au mobile B, le message transite obligatoirement par un centre de messagerie baptisé SMSC. Dans son message l'utilisateur du mobile A doit définir deux adresses, celle du SMSC qu'il souhaite utiliser et celle du mobile B. L'acheminement du dit message du mobile A à destination du SMSC est baptisé **SMS-SUBMIT**. Une fois le message traité par le SMSC il est délivré au mobile B, on parle alors de **SMS-DELIVER**.

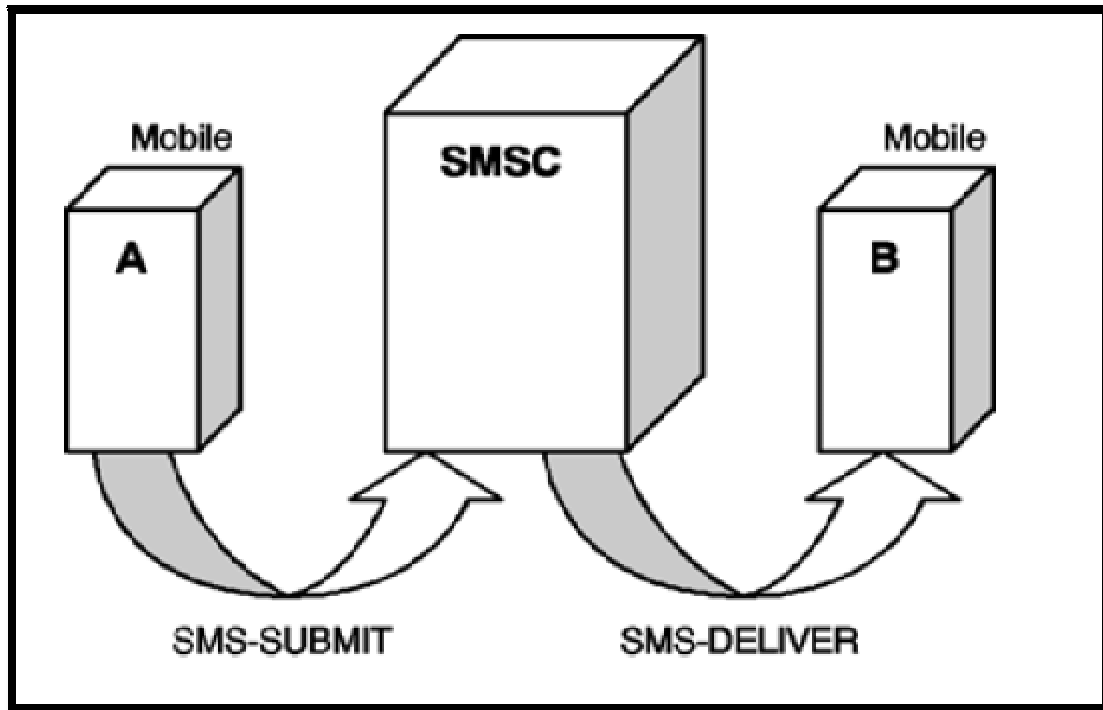


Figure 3: l'acheminement du SMS

Les protocoles SMS-SUBMIT et SMS-DELIVER sont des PDU, il en existe d'autres, d'importance moindre, qui permettent de signaler des éventuelles erreurs d'acheminement :

- **SMS-DELIVER-REPORT** : le cas échéant, il indique une défaillance lors du transfert du SMS par le SMSC au destinataire ;
- **SMS-SUBMIT-REPORT** : le cas échéant, il indique une défaillance lors du transfert du SMS par le mobile au SMSC ;
- **SMS-STATUS-REPORT** : le SMSC envoie un rapport d'état au mobile émetteur du SMS ;
- **SMS-COMMAND** : le mobile envoie une commande au SMSC.

Les trames codant le SMS sont différentes suivant le type de PDU mis en œuvre.

### III.3.1 : Trame PDU du SMS-SUBMIT

La taille maximale de la trame d'un SMS-SUBMIT est de 173 octets. Le champ le plus important en termes de taille est le champ qui codifie le corps du message qui peut atteindre 140 octets. Les deux autres champs indispensables sont SCA qui codifie l'adresse du SMSC et DA qui codifie l'adresse de l'émetteur.

- **Codage d'une trame PDU :**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-10 octets	1 octet	1 octet	2-12 octets	1 octet	0-7 octets	1 octet	1 octet	0-140 octets
SCA	PDU	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD
Service Centre Adress	Protocol Description Unit	Message référence	Destination Adress	Protocol Identifier	Data Codingscheme	Validity Period	User Data Length	User Data

Figure 4 : La trame PDU du SMS-SUBMIT



1. **SCA: Service Centre Adresse** : Adresse du centre de messagerie.

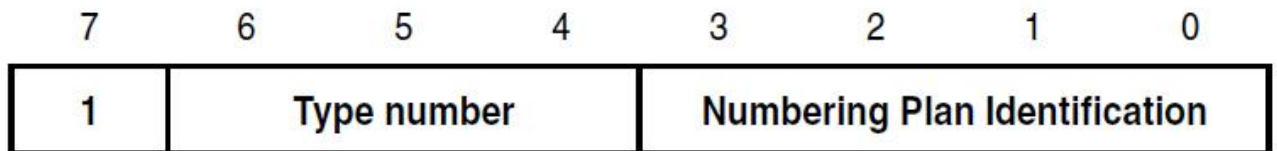


Le champ SCA ne possède pas une taille fixe, elle dépend de la longueur du numéro du SMSC utilisé, ce paramètre est stocké dans le champ LEN.

-**LEN**: nombre d'octets nécessaires pour codifier le numéro du SMSC.

-**Type Number**: indique le format du numéro de téléphone du SMSC.

-Numéro SMSC :



**Type number** : spécifie le type de numéro de téléphone utilisé.

La valeur la plus utilisée est 001<sub>bin</sub> qui signale un numéro de type international.

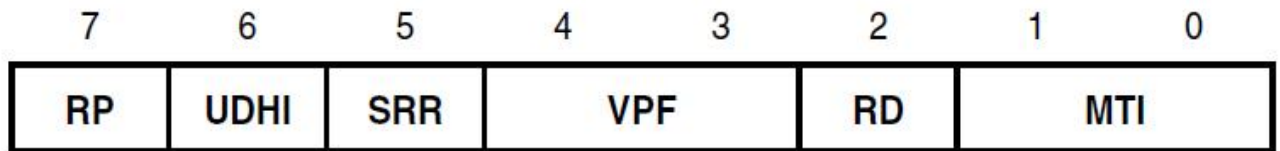
Bit 6	Bit 5	Bit 4	Description
<b>0</b>	0	0	Format non spécifié
<b>0</b>	0	1	Numéro international
<b>0</b>	1	0	Numéro national
<b>0</b>	1	1	Numéro spécifique au réseau
<b>1</b>	0	0	Numéro d'abonné
<b>1</b>	0	1	Codification en accord avec la norme GSM TS 03.38 alphabet par défaut sur bit
<b>1</b>	1	0	Numéro abrégé
<b>1</b>	1	1	X

**Numbering Plan Identification**: le numbering plan identification est pris en compte dans le cas où le type number est égal à 000<sub>bin</sub>, 001<sub>bin</sub> ou 010<sub>bin</sub>. Si type number est égal à 101<sub>bin</sub> alors les bits 3 à 0 sont réservés. Pour adresser n'importe quelle entité, le numbering plan identification doit être égal à 0001<sub>bin</sub>

Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Description
<b>0</b>	0	0	0	X
<b>0</b>	0	0	1	ISDN/ telephone numbering plan (E.164/E.163)
<b>0</b>	0	1	1	Data numbering plan (X.121)
<b>0</b>	1	0	0	Telex numbering plan
<b>1</b>	0	0	0	National numbering plan
<b>1</b>	0	0	1	Private numbering plan
<b>1</b>	0	1	0	ERMES numbering plan (ETSI DE/PS 3 01-3)
<b>1</b>	1	1	1	X

Compte tenu de ce que nous avons dit plus haut, le type number le plus utilisé est **91<sub>hex</sub>**.

2. **PDU** : Le champ PDU toujours codé sur 1 seul octet a pour fonction principale de définir s'il s'agit d'un SMS-DELIVER ou d'un SMSSUBMIT (bits 0 et 1).



Champ	Bit 7	Description
RP	0	Il n'existe pas de chemin de repli
	1	Il existe un chemin de repli

Champ	Bit 6	Description
UDHI	0	Le champ UD contient uniquement un message
	1	Le champ UD contient un en-tête en plus du message

Champ	Bit 5	Description
SRR	0	Un rapport d'état ne sera pas retourné
	1	Un rapport d'état sera retourné

Champ	Bit 4	Bit 3	Description
VPF	0	0	Le champ VP n'est pas présent
	0	1	X
	1	0	Le champ VP existe, il est codifié en entier (relatif)
	1	1	Le champ VP existe, il est codifié en semi-octet (absolu)

Champ	Bit 2	Description
RD	0	Indique au SMSC qu'il ne doit pas recevoir un nouvel SMS portant le même MR et la même adresse de destination
	1	Indique au SMSC qu'il peut accepter la réception d'un nouvel SMS portant le même MR et la même adresse de destination

Champ	Bit 1	Bit 2	Description
MTI	0	1	SMS-SUBMIT : achemine le SMS du mobile vers le SMSC

3. **MR: Message référence** : Chaque message envoyé par le mobile au SMSC est identifié par un numéro compris entre 0 et FF hex baptisé MR (Référence du Message). Le fait de positionner MR à 0 indique au mobile que c'est lui qui doit définir automatiquement ce champ. Dans ce cas il s'incrémente pour chaque nouveau message envoyé pour un même destinataire. Ce champ est lié au bit **RD** du champ **PDU**.

1 octet

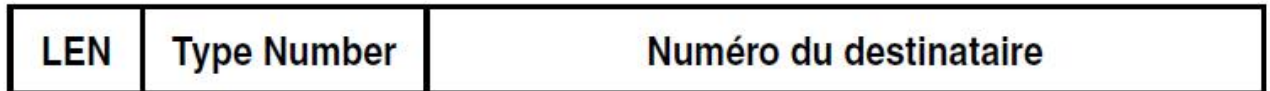


4. **DA : Destination Adress** : Le codage de l'adresse de l'émetteur est sur le principe semblable au codage de l'adresse du SMSC (voir champ SCA).

1 octet

2 octets

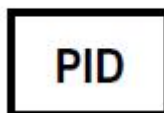
0 - 8 octets



**LEN** : longueur du numéro du destinataire correspondant cette fois au nombre de chiffres et pas au nombre de semi-octets utilisés pour sa codification comme c'est le cas pour le SMSC

5. **PID: Protocol Identifier** : Le champ **PID** codé sur un octet indique à quel type de service télématique est destiné le message. Dans notre cadre d'utilisation ce champ sera toujours positionné à 00<sub>hex</sub>. Attention, s'il est certain que le PID 00<sub>hex</sub> est supporté par tous les SMSC, il en est autrement pour les autres.

1 octet



PID	Description
00 <sub>hex</sub>	La trame est traitée comme un message court
11 <sub>hex</sub>	La trame est traitée comme un telex
02 <sub>hex</sub>	La trame est traitée comme un telefax de groupe 3
03 <sub>hex</sub>	La trame est traitée comme un telefax de groupe 4
12 <sub>hex</sub>	La trame est traitée comme un e-mail

6. **DCS : Data Coding Scheme** : Le champ **DCS** indique de quelle manière est codé le champ UD qui correspond au corps du message. Il peut aussi indiquer une classe du message (Bits 4 à 7 positionnés à 1).

7            6            5            4            3            2            1            0



Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Description
0	0	0	0	0	0	0	0	Indique que le champ UD est codé avec l'alphabet GSM, aucune classe n'est spécifiée
0	0	0	0	0	0	0	1	Réservé
0	0	0	0	...	...	...	...	
0	0	0	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	0	1	X	X	Indique que le champ UD est codé avec l'alphabet par défaut, chaque caractère est codée sur 7 bits, une classe est spécifiée
1	1	1	1	0	1	X	X	Indique que le champ UD est codé en ASCII sur 8bits
1	1	1	1	0	X	0	0	Classe0 : le message s'affiche immédiatement à l'écran
1	1	1	1	0		0	1	Classe1 : spécifique au mobile (ME)
1	1	1	1	0	X	1	0	Classe2 : spécifique à la carte SIM
1	1	1	1	0	X	1	1	Classe3 : spécifique à l'équipement terminal (TE)

L'alphabet GSM chaque caractère est codé sur 7 bits . Avec ce type d'alphabet il est donc possible de coder 8 caractères avec 7 octets. Le champ UD peut dans ce cas codifier un total de 160 caractères.

Dans la pratique, le plus simple consiste à positionner tous les bits du champ DCS à zéro, ce qui sélectionne l'alphabet GSM, aucune classe n'est mentionnée ainsi c'est le mobile de destination qui choisira le stockage adéquat du SMS.

7. **VP : Validity Period** : Permet d'indiquer au SMSC la durée de validité du SMS à condition que les bits 3 et 4 (champ VPF) de l'octet PDU soient correctement positionnés. Si VPF (voir champ PDU) est à 0, le champ VP sera ignoré par le SMSC, le SMS aura une durée de vie illimitée. Cette durée peut être relative (VPF = 10bin), si le SMSC n'a pas réussi à transmettre le SMS au destinataire dans la durée définie par VP, le SMS est détruit.

1 octet

JOUR

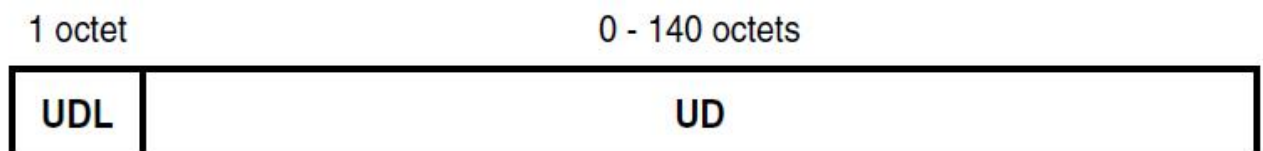
VP <sub>dec</sub>	Durée de validité du SMS
0-143	(VP+1)*5minutes
144-167	12 heures+ ((VP-143)*30 minutes)
168-196	(VP-166)* 1 jour
197-255	(VP-192)* 1semaine

La durée peut être absolue (VPF=11<sub>bin</sub>) , le SMSC a jusqu'à la date définie par VP pour délivrer le SMS au destinataire, passé cette date le message est détruit.



En codage absolu le champ VP se compose de 7 octets, contenant chacun deux champs codés en BCD et de poids inversés. Le champ Fuseau exprimé en quart d'heure indique la différence entre l'heure locale et l'heure GMT.

8. **UDL: User Data Length, UD: User Data:** UDL contient la taille en octets utilisés pour codifier le message dans UD.



Prenons un exemple :

Pour envoyer un SMS contenant le message « GSM », ayant une validité de « 5 jours », au numéro « 0790126045 », en utilisant le numéro de centre de messagerie « +21350001701 »

- 1- **Numéro du SMSC :** +21350001701 → **07911253001007F1<sub>HEX</sub>**
- 2- **Type PDU :** SMS-SUBMIT → **11<sub>HEX</sub>**
- 3- **Référence du message :** Automatique → **00<sub>HEX</sub>**
- 4- **Numéro du destinataire :** 0790126045 → **0A817009210654<sub>HEX</sub>**
- 5- **Protocole d'identification :** message court → **00<sub>HEX</sub>**
- 6- **Schéma de codage de données :** codé avec l'alphabet GSM → **00<sub>HEX</sub>**
- 7- **Période de validité:** 5 jours → **AB<sub>HEX</sub>**
- 8- **Longueur des données :** 3 octets → **03<sub>HEX</sub>**
- 9- **Données utiles:** GSM → **C76913<sub>HEX</sub>**

Finalemnt pour envoyer le SMS il faut constituer la trame suivante :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SCA	PDU	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD
07911253001007F1	11	00	0A817009210654	00	00	AB	03	C76913

**Figure 5 : Exemple d'une trame PDU**

∅ En conclusion la trame complète est composée de 24 octets :

« 07911253001007F111000A8170092106540000AB03C76913 »

### III.3.2 : Trame PDU du SMS-DELIVER :

SMSC vers téléphone GSM.

La taille maximale de la trame d'un SMS-DELIVER est de 173 octets. Le champ le plus important en termes de taille est le champ qui codifie le corps du message qui peut atteindre 140 octets. Les deux autres champs indispensables sont SCA qui codifie l'adresse du SMSC et OA qui codifie l'adresse du destinataire.

- **Décodage d'une trame PDU :**

1	2	3	4	5	6	7	8
1-10 octets	1 octet	2-12 octets	1 octet	1 octet	7 octets	1 octet	0-140 octets
SCA	PDU	OA	PID	DCS	SCTS	UDL	UD
Service Centre Adress	Protocol Description Unit	Originator Adress	Protocol Identifier	Data Codingscheme	Service Centre Time Stamp	User Data Length	User Data

**Figure 6 : Décodage d'une trame PDU.**

1-10 octets 1 octet 2-12 octets 1 octet 1 octet 7 octets 1 octet 0-140 octets

SCA	PDU	OA	PID	DCS	SCTS	UDL	UD
-----	-----	----	-----	-----	------	-----	----

1. **SCA : Service Centre Adresse** : Adresse du centre de messagerie.

Le codage est identique à celui présenté dans la partie SMSSUBMIT. Dans le cas présent il indique quel est le SMSC qui a traité le SMS.

2. **PDU : Protocol Data Unit**

7	6	5	4	3	2	1	0
RP	UDHI	SRI	X	X	MMS	MTI	

Champ	Bit 7	Description
RP	0	Il n'existe pas de chemin de repli
	1	Il existe un chemin de repli

Champ	Bit 6	Description
UDHI	0	Le champ UD contient uniquement un message
	1	Le champ UD contient un en-tête en plus du message

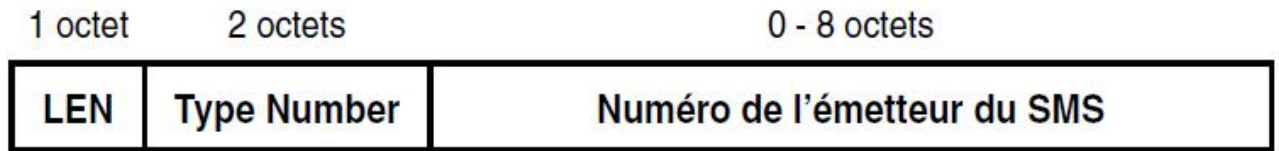
Champ	Bit 5	Description
SRI	0	Aucun rapport d'état ne sera pas retourné au mobile
	1	Un rapport d'état sera retourné au mobile

Champ	Bit 2	Description
MMS	0	Des messages supplémentaires pour le MS sont en attente dans le SMSC
	1	Pas de messages supplémentaires en attente pour le MS dans le SMSC

Champ	Bit 1	Bit 2	Description
MTI	0	1	SMS-DELIVER : achemine le SMS du mobile vers le SMSC

Le champ MTI est le plus important, dans le cas d'un SMS-DELIVER il est positionné à 00.

3. **OA : Originator Address** : Le codage de l'adresse de l'émetteur est sur le principe semblable au codage de l'expéditeur dans la partie SMS-SUBMIT.



4. **PID : Protocol Identifier** : Le codage est identique à celui présenté dans la partie SMSSUBMIT

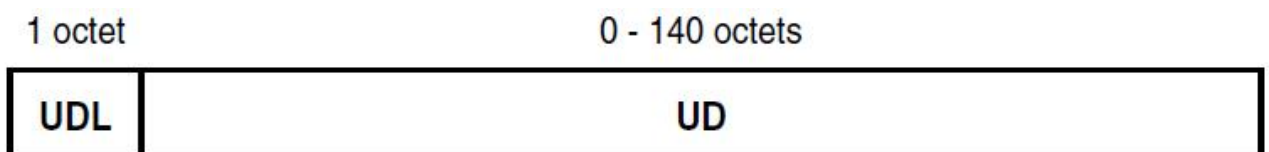


5. **SCTS : Service Centre Time Stamp**



Le champ SCTS se compose de 7 octets, contenant chacun deux champs codés en BCD et de poids inversés. Il indique au destinataire la date et l'heure à laquelle le SMS est arrivé au SMSC. Le champ Fuseau exprimé en quart d'heure indique la différence entre l'heure locale et l'heure GMT.

6. **UDL: User Data Length, UD: User Data**



Prenons l'exemple de décoder la trame suivante:

« 07911253001007F1110A81700921065400001140010243524003C76913 »

- 1- 07911253001007F1<sub>HEX</sub> : Numéro du SMSC → +21350001701 (la valeur F pour voir un nombre paire)
- 2- 11<sub>HEX</sub> : Type PDU utilisé → SMS-DELIVER
- 3- 0A817009210654<sub>HEX</sub> : Numéro de l'expéditeur → 0790126045

- 4- **00<sub>HEX</sub>** : Identification du protocole utilisé → **message court**
- 5- **00<sub>HEX</sub>** : Schéma de codage de données utilisé → **codé avec l'alphabet GSM**
- 6- **11400102435240<sub>HEX</sub>**: date, heure et fuseau horaire arriver au SMSC → **10/04/11 20:34:25 GMT+1**
- 7- **03<sub>HEX</sub>** : Longueur des données → **3 octets**
- 8- **C76913<sub>HEX</sub>** : Données utiles → **GSM**

Finalement pour recevoir le SMS il faut décoder et décomposer la trame précédente :

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>SCA</b>	<b>PDU</b>	<b>OA</b>	<b>PID</b>	<b>DCS</b>	<b>SCTS</b>	<b>UDL</b>	<b>UD</b>
<b>+21350001701</b>	<b>SMS- DELIVER</b>	<b>0790126045</b>	<b>message court</b>	<b>codé avec l'alphabet GSM</b>	<b>10/04/11 20:34:25 GMT+1</b>	<b>3 octets</b>	<b>GSM</b>

**Figure 7 : Exemple d'une trame PDU décodé.**

∅ En conclusion la trame signifie qu'il s'agit :

D'un SMS contenant le message « GSM », envoyé par « 0790126045 », traité par le SMSC « +21350001701 », le 10 avril 2011 à 20:34:25 (GMT+1h).

#### **IV : Le centre des messages courts (SMSC) (Short Message Service Centre) :**

Le centre des messages courts (SMSC) permet de gérer le transfert de messages SMS entre téléphones mobiles. En particulier, quand un abonné envoie un SMS vers un autre, le téléphone transmet en réalité le SMS vers le SMSC. Le SMSC stocke le message puis le transmet au destinataire lorsque celui-ci est présent sur le réseau (mobile allumé) : le SMSC fonctionne sur le mode « Store and Forward ».

##### **IV.1 : Description du SMSC :**

Il existe au moins un SMSC par réseau GSM. Comme tout équipement téléinformatique, le SMSC dispose d'une partie matérielle et d'une partie logicielle ; la partie logicielle serait constituée d'un environnement (système d'exploitation), d'une base de données spécifique et de son serveur, d'une application SMSC. Ils communiquent avec les MSCs (précisément avec les Gateway MSC) et le HLR. Ces SMSCs sont munis de passerelles

qui les relie à d'autres réseaux de même type IP. En particulier, un serveur peut y accéder par connexion TCP afin d'envoyer des SMS vers des MSISDN de destination. On parle dans ce cas d'application OTA (Over-The-Air). Un ensemble de protocoles existent pour communiquer entre serveur et SMSC en TCP/IP : les plus utilisés sont SMPP et CMG EMI, Nokia CIMD, Sema, CMPP.

#### **IV.2 : Cas d'un SMS SUBMIT :**

La première étape consiste à ce que le texto envoyé atteigne le centre des messages courts (SMSC) ; en effet, lorsque le texto est envoyé, il passe successivement par les équipements BTS, BSC, MSC/VLR avant de rejoindre le IWMSC qui se charge de le router vers le SMSC approprié. Si à ce niveau le texto est bien reçu, un acquittement de bonne réception est envoyé au MSC/VLR, qui à son tour l'envoi au mobile.

#### **IV.3 : Cas d'un SMS DELIVER :**

La seconde étape se résume au trajet du SMS du centre de message au mobile destinataire. Dans ce cas, le SMSC envoie d'abord une requête de localisation au HLR, qui l'indique le MSC/VLR au niveau duquel il est enregistré. S'il est accessible, le SMSC le lui délivre. Après avoir reçu le texto, le mobile renvoie au SMSC un acquittement de réception par le biais du MSC/VLR.

#### **V : Envoi automatisé de SMS personnalisés (push-SMS) :**

L'envoi de SMS est un bon moyen pour transmettre rapidement de courts messages personnalisés à un ou plusieurs utilisateurs, de façon très efficace puisque :

- L'envoi est effectué instantanément, le message sera reçu et le destinataire alerté si le mobile est allumé et en couverture, même si le destinataire est en train de téléphoner.
- Les SMS peuvent être envoyés en mode « accusé de réception » : l'émetteur recevra un acquittement dès la réception du message par le destinataire ou en cas d'erreur.

Type	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
SMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Textes de petite taille (&lt;400 car).</li> <li>-Transmission immédiate, mode 'alerte'.</li> <li>-facturé au SMS transmis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-utilisable tout de suite sur tous les mobiles.</li> <li>-réception pendant les communications</li> <li>-consultable offline.</li> <li>-peut déclencher une session Wap</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-taille des données limitée.</li> <li>-cout au K<sub>0</sub> transmis plus vite.</li> </ul>

Figure 8 : Caractéristiques des SMS

Le SMS, Short Message Service ou service de messages courts, utilise la capacité du réseau mobile à fonctionner en mode paquet avant de parvenir au destinataire, le texte transite par un centre de messages courts le SMSC qui signifie Short Message Service Center, le message est dirigé vers le destinataire par une passerelle qui détermine le commutateur du mobile contacté lorsqu'un message est délivré, le serveur en est informé et peut envoyer un accusé de réception.

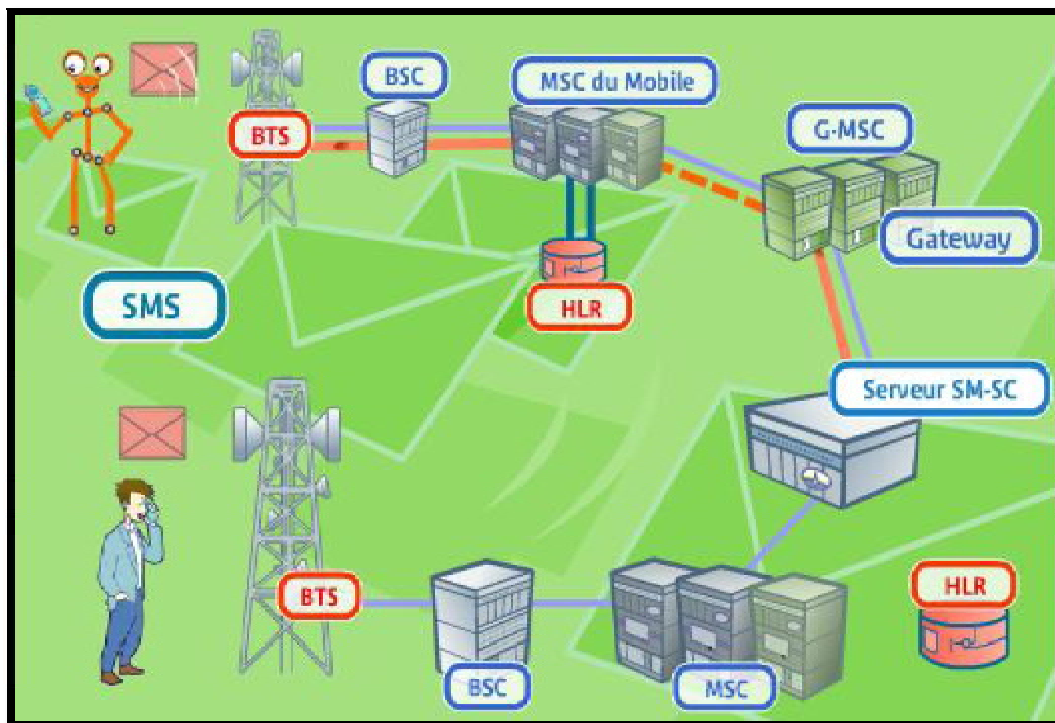


Figure 9 : L'acheminement détaillé d'un SMS

# CHAPITRE IV

## Procédure de programmation

### I. Les commande « AT » :

Il existe un standard de télécommunication européen (ETS) qui spécifie une liste de commandes AT qui permettent l'accès aux fonctions d'un téléphone portable par l'intermédiaire d'un terminal.

Ces commandes s'inspirent fortement du standard Hayes, du nom de la société américaine qui dans les années 1970 a défini une liste de commandes universelles permettant de piloter un modem. Chaque instruction débute par les caractères ASCII « AT » tirés de l'abréviation « ATtention » et se termine par un retour chariot, CR : *Carriage Return*, d'où le nom souvent donné à cette série de commandes : instructions « AT ». On peut effectivement comparer un téléphone portable à un modem sans fil, il est donc logique qu'il utilise des instructions semblables au modem fixe qui équipe nos PC. Les constructeurs se doivent de fabriquer des téléphones portables qui respectent ces normes. La première baptisée **GSM07.07** permet l'accès aux fonctions générales du téléphone, la deuxième **GSM07.05** concerne la gestion des SMS.

Dans les textes officiels qui traitent du GSM on retrouve les termes **ME** pour *Mobile Equipement* qui correspond par exemple à un téléphone portable, **TE** pour *Terminal Equipement* qui physiquement peut être un ordinateur ou un microcontrôleur et **TA** pour *Terminal Adaptor* qui assure la liaison entre le ME et le TE, à ne pas confondre avec le câble série.

Dans la pratique il y a trois possibilités concernant la disposition des différents éléments comme montré dans la figure suivante.

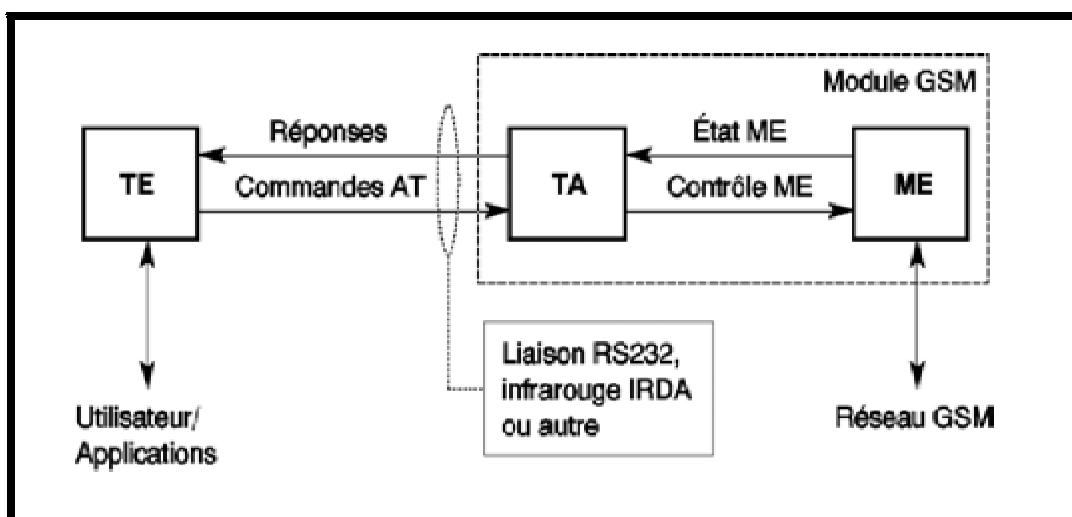


Figure 1 : schéma de fonctionnement

- TA, ME et TE sont trois entités distinctes.
- TA et ME forment une seule entité, ce qui est le cas le plus fréquent. Par exemple un téléphone portable standard ou un terminal GSM contient dans son boîtier à la fois le TA et le ME. Le TE forme une entité à part, par exemple il peut s'agir d'un ordinateur de type PC qui dispose d'un port série ou d'un circuit électronique basé sur un  $\mu$ C qui implémente un port série.
- TA, ME et TE forment une seule entité.

Comme le montre la figure 1 le TE envoie une commande AT via son port série (TX) permettant de piloter le ME à travers le TA, qui va traiter cette commande et assure la liaison entre le TE et le ME. Ensuite le ME envoie cette commande sur le réseau GSM.

- **Paramètre des commandes « AT » :**

Liste des différents paramètres qui sont utilisés avec les commandes AT :

<xxx> indique que x xx est un paramètre de la commande AT associée.

[<xxx>] indique que le paramètre <xxx> est facultatif.

<CR> Carriage Return (retour chariot).

<LF> Line Feed.

<Ctrl – Z/ESC> il signale la fin d'une instruction **ou** Espace permet de sortir de la commande

- Comme le montre le tableau suivant, il existe trois manières d'envoyer une même commande AT

<b>Commande de test</b>	<b>AT+CXXX= ?</b>	Retourne la liste du paramètre utilisable avec la commande CXXX.
<b>Commande de lecture</b>	<b>AT+CXXX ?</b>	Retourne le ou les paramètres en cours associés à la commande CXXX
<b>Commande d'écriture</b>	<b>AT+CXXX=&lt;xxx&gt;</b>	Appliquer le ou les paramètres xxx à la commande CXXX

**Figure2 : Les différents types d'envoi d'une même commande AT.**

**Remarque :**

Dans tous les cas le téléphone doit répondre, favorablement ou non, à la commande envoyé. Si la commande est acceptée, la réponse retournée est de la forme :

<CR><LF>OK<CR><LF>. Si la commande n'est pas reconnue ou le ME présente un problème lors de son exécution, un message d'erreur est retourné :

<CR><LF>ERROR<CR><LF>, accompagné éventuellement d'un message décrivant la nature de l'erreur.

**I.1. Normes GSM07.07 (quelques commandes) :**

La norme GSM07.07 regroupe environ 80 commandes permettant d'accéder à toutes les fonctions du ME.

Commande	Fonction
<b>AT+CGMI</b>	Identification fabricant
<b>AT+CGMM</b>	Identification modèle
<b>AT+CGMR</b>	Identification version
<b>AT+CGSN</b>	Identification numéro de série(IMEI)
<b>AT+CIMI</b>	Information d'identité internationale du mobile (IMSI)
<b>AT+CLIP</b>	Présentation du numéro
<b>AT+CSCS</b>	Alphabet utilisé par le TE
<b>AT+CPAS</b>	Etat d'activité du téléphone
<b>AT+CPIN</b>	Entre le code PIN
<b>AT+CBC</b>	Etat de charge batterie
<b>AT+CIND</b>	Indicateur de contrôle
<b>AT+CPBS</b>	Sélectionner un répertoire téléphonique
<b>AT+CPBR</b>	Lecture du répertoire téléphonique
<b>AT+CPBW</b>	Ecriture dans le répertoire téléphonique
<b>AT+CCLK</b>	Horloge
<b>AT+CALA</b>	Alarme
<b>AT+CMEE</b>	Signalisation d'une erreur

**Figure 3 : Commande AT de la norme GSM07.07.**

**I.2. Normes GSM07.05 07 (quelques commandes) :**

La norme GSM07.05 spécifie les commandes AT permettent la gestion des SMS,

<b>Commande</b>	<b>Fonction</b>
<b>AT+CSMS</b>	Sélection du service de messagerie
<b>AT+CPMS</b>	Sélection la zone de mémoire pour le stockage des SMS
<b>AT+CMGF</b>	Sélectionner le format du SMS (PDU ou TEXT)
<b>AT+CSCA</b>	Définition de l'adresse du centre de messagerie
<b>AT+CSDH</b>	Affiche en mode TEXT le paramétrage des SMS
<b>AT+CSAS</b>	Sauvegarde des paramètres
<b>AT+CREG</b>	Restauration du paramétrage par défaut
<b>AT+CNMI</b>	Indication concernant un nouveau SMS
<b>AT+CMGL</b>	Liste les SMS stockés en mémoire
<b>AT+CMGR</b>	Lecture d'un SMS
<b>AT+CMGS</b>	Envoie d'un SMS
<b>AT+CMSS</b>	Envoie d'un SMS stocké en mémoire
<b>AT+CMGW</b>	Ecriture d'un SMS
<b>AT+CMGD</b>	Effacer un SMS

**Figure 4 : Commande AT de la norme GSM07.05.**

## II. Un langage de programmation (langage C)

### II.1. Qualités du langage

Le langage C est un langage de programmation évolué, typé, modulaire et structuré :

- è Evolué : Le code est indépendant du processeur utilisé
- è Complet : Un code en C peut contenir des séquences de bas niveau (assembleur) proche du matériel.
- è Typé : Un type est l'ensemble des valeurs que peut prendre une variable (Entiers, réels, caractères etc ...)
- è Modulaire et structuré : Tout programme est décomposable en tâches simples (3 structures algorithmiques de base) qui seront regroupées sous forme de modules (fonctions) qui eux même regroupés de façon cohérente en tâches plus complexes (structurés) formeront le programme.
- è Souple : En C on peut tout faire... mais une grande rigueur s'impose.
- è Efficace : On réfléchit (devant sa feuille de papier) et on écrit (peu).

### II.2. Le compilateur C de CCS dans sa version PWHD

Le compilateur C de la société CCS (Custom Computer Services : [www.ccsinfo.com](http://www.ccsinfo.com)) est un compilateur C adapté aux microcontrôleurs PICs, il apportera des fonctionnalités très intéressantes pour notre projet :

- Ø librairie de fonctions compatibles de tous les PIC supportés pour ce qui est des interfaces RS 232,I2C, des entrée/sortie parallèles et de gestion précise des délais .
- Ø intégration avec l'environnement de développement MPLAB permettant d'utiliser le simulateur contenu dans ce dernier pour la mise au point des programmes écrit en C.
- Ø accès à toutes les sources matérielles internes des PIC au moyen de fonctions en C très simples d'emploi.
- Ø support des types entiers sur 1, 8,16 et 32 bits et des types flottants sur32bits.
- Ø les constantes utilisées par le programme sont sauvegardées dans la mémoire de programme.
- Ø les codes sources des pilotes de très nombreux circuits externes standards sont fournis et sont prêts à être intégrés dans les applications.
- Ø fenêtres de visualisation de la cartographie mémoire utilisée, des arbres d'appels de fonctions et des statistiques d'utilisation de la mémoire de microcontrôleur.

∅ information de configuration du circuit utilisés incluses dans le code source afin de gérer correctement la programmation des bits de configuration.

### II.3. Etapes à suivre pour la Création d'un projet :

Dans le menu « Project / New / Pic Wizard ».

Une fenêtre s'ouvre alors nous permet de sélectionner un nom de projet du fichier source principale.

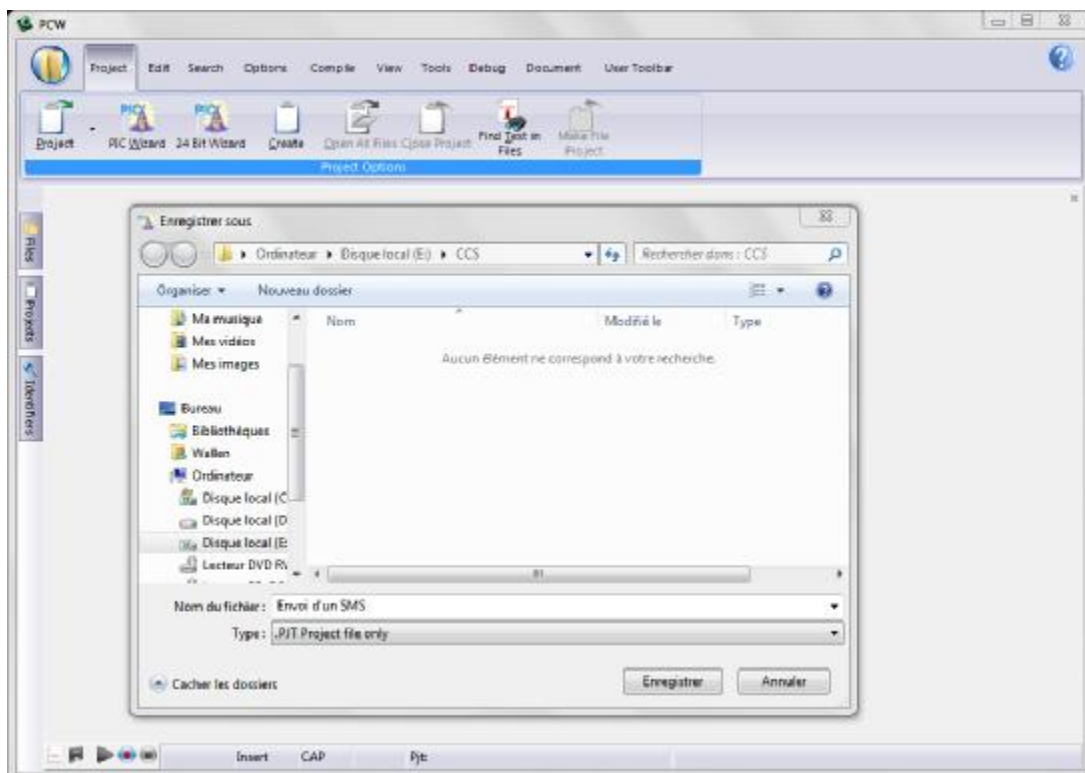


Figure 5 : Choix du répertoire et le nom du nouveau projet.

Une boîte à onglet apparaît, suivant les options choisies, des lignes de code seront générées automatiquement, entre autres :

- type de microcontrôleur (pour nous : PIC 16F877A), type d'oscillateur : XT, freq : 4000000 Hz,...etc
- Communication : utilisé, RS232#1, + paramètres corrects

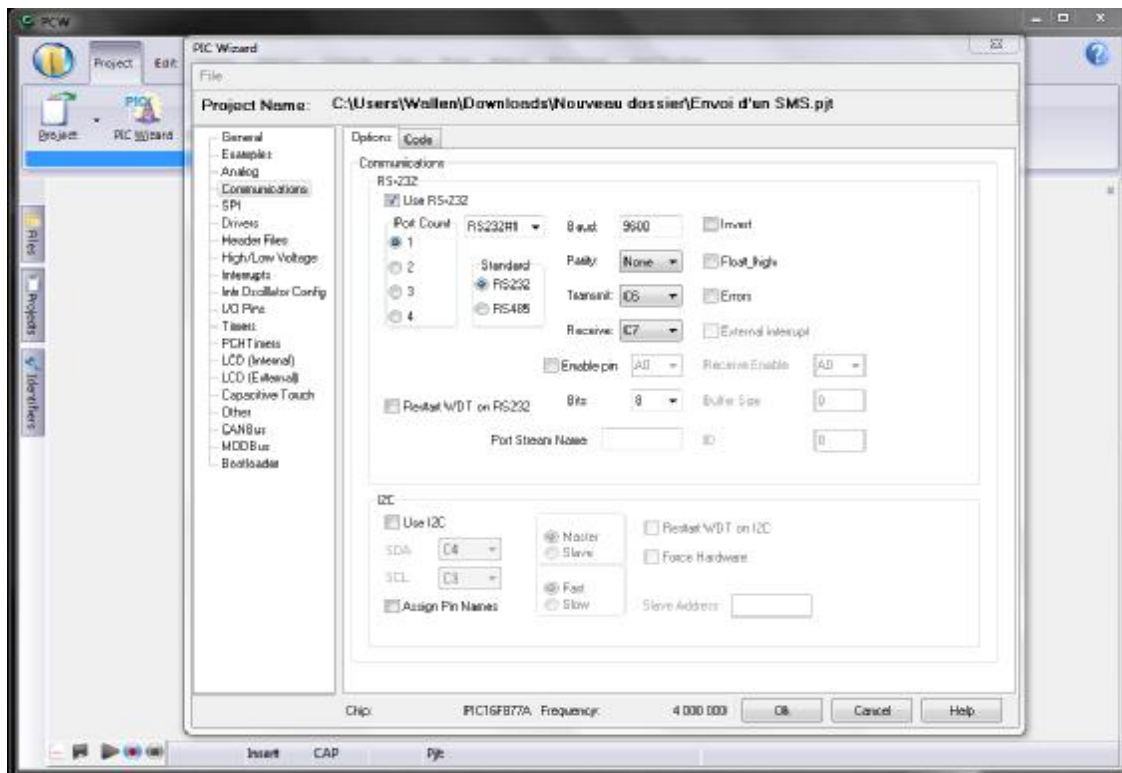
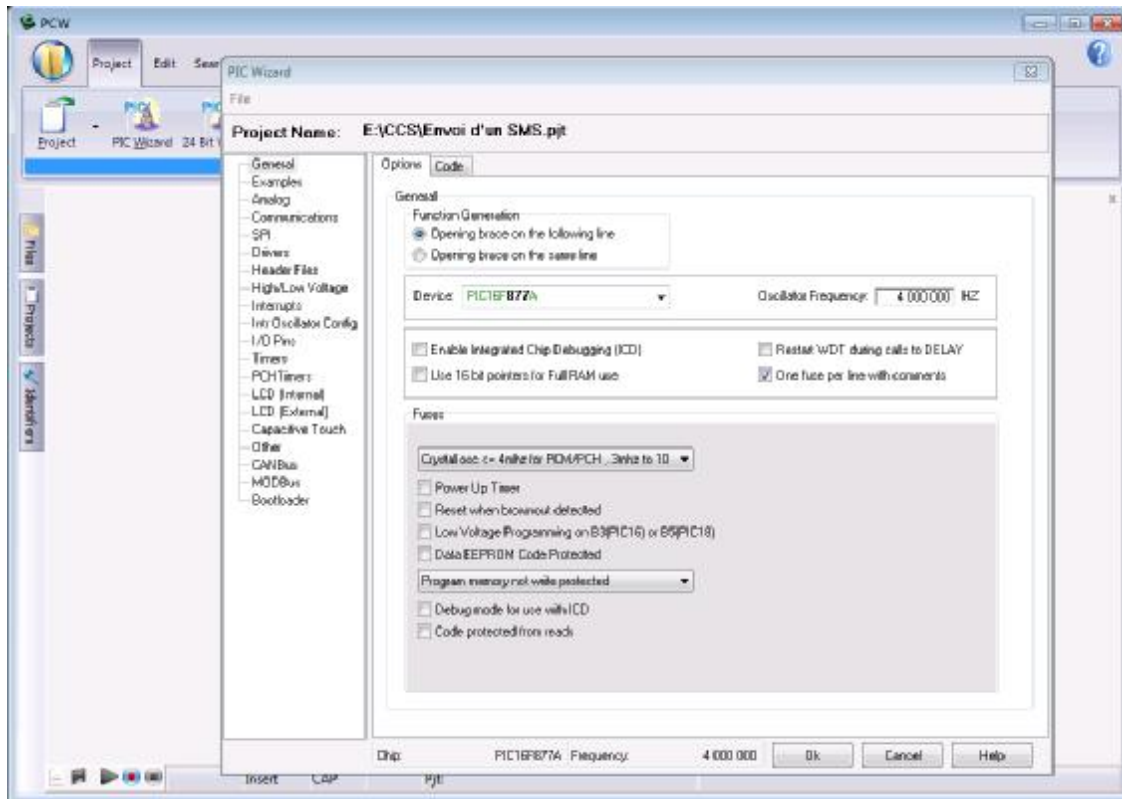
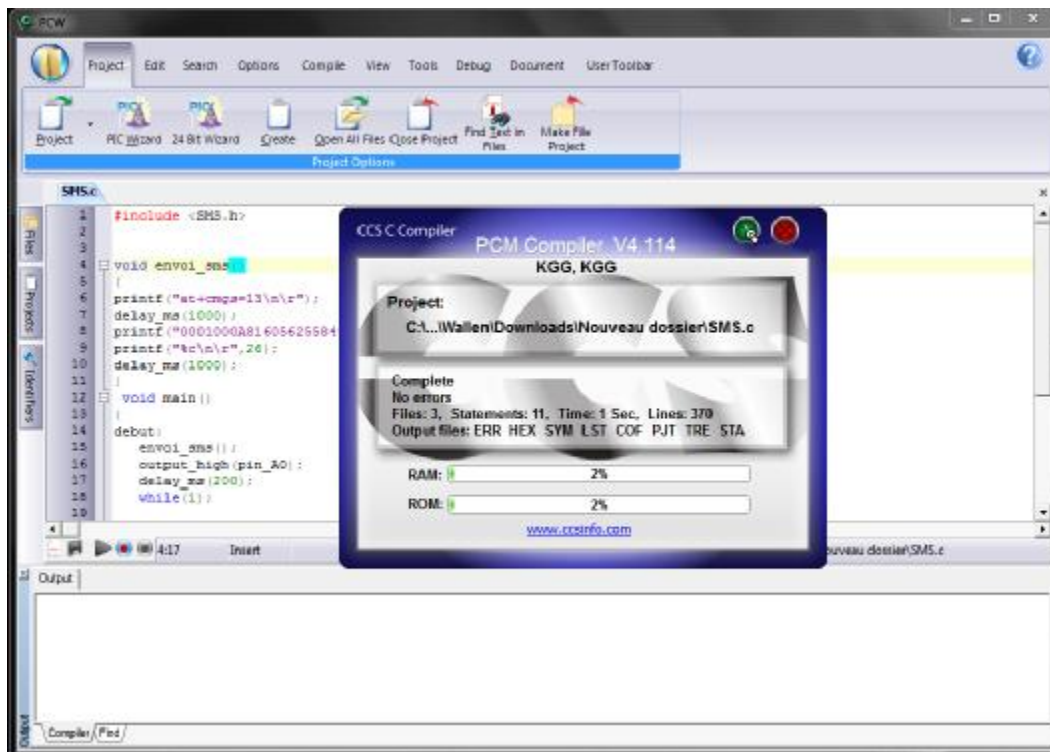


Figure 6 : Fenêtres de configuration

**-Edition d'un programme**

Vous pouvez maintenant éditer votre programme, lorsqu'on envoie un SMS, une fois le programme écrit on passe à l'aide de la touche F9 à la compilation, le fichier « Envoi d'un SMS.hex » sera généré, comme le montre la figure suivante :



**Figure7 : Compilation d'un petit programme**

**III. Interfaçage du Terminal GSM avec le PIC (phase émission d'un SMS) :**

Le microcontrôleur choisi, pour jouer le rôle du TE, est un PIC 16F877, il est un bon compromis entre le coût et les possibilités offertes avec une fréquence de fonctionnement jusqu'à 20 MHz et d'une mémoire EEPROM de 256 octets suffisante pour sauvegarder la données ECG d'environ 140 octets.

Le compilateur C de chez CCS fournit par le fabricant permet, à l'aide d'un PC une conception vraiment très aisée du programme. Le puissant compilateur intégré permet de traduire les lignes en instructions spécifiques compréhensibles par le microcontrôleur. Le programme compilé peut ensuite être implanté dans la mémoire EEPROM du PicBasic par le biais d'un cordon relié au port imprimante d'un PC. Une fois le programme au point il suffit de déconnecter le cordon pour rendre le PIC autonome.

- **Structure d'un programme pour l'envoi d'un SMS : (Mode Text)**

Après l'acquisition et le traitement de la donnée ECG, elle sera stocké dans la mémoire de données, un SMS sera envoyer contenant ces données via le réseau GSM a l'aide des commandes « AT ».

Quelques étapes à suivre pour la réalisation du programme :

- L'instruction **printf** permet de transmettre des données sous forme série selon le protocole RS232
- La commande : « at+cmgf = 1\n\r » permet d'activer le mode TEXT, avec saut de ligne et retour chariot « \n\r »
- La commande : « at+cmgs = c5000000c\n\r , num » permet d'introduire le numéro du destinataire.
- La commande delay\_ms permet d'indiquer le délai de l'exécution de l'instruction.

#### **IV. Interfacer un Terminal GSM avec un PC (phase réception de l'SMS) :**

Dans cette partie on va montrer comment interfacer un téléphone (ou terminal) GSM, en utilisons un ordinateur de type PC en mode TE (terminal Equipement), les commandes AT saisie à l'aide du logiciel Hyper Terminal seront transmis via le port série.

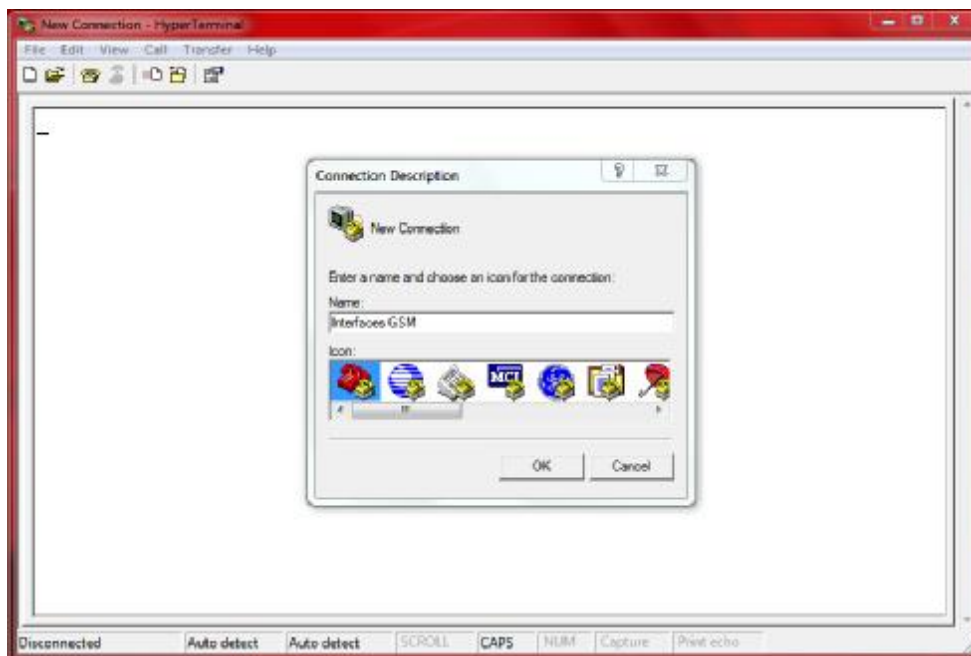
Le logiciel Hyper Terminal est utilisé pour envoyer les commandes AT tirées des normes GSM07.07 et GSM07.05

##### **IV. 1. Matériel et logiciels exigés:**

- Terminal GSM : (TC 35 de siemens)
- Un câble spécifique pour le téléphone ou adaptateur RS232/TTL, liaison Bluetooth ou USB
- Une carte SIM pour se connecter au réseau GSM
- Un PC disposant d'un port série libre (exemple : COM5, COM7...)
- Un logiciel Hyper Terminal
- Une antenne GSM
- Un bloc secteur pour l'alimentation (9 à 12 V / 1 A)

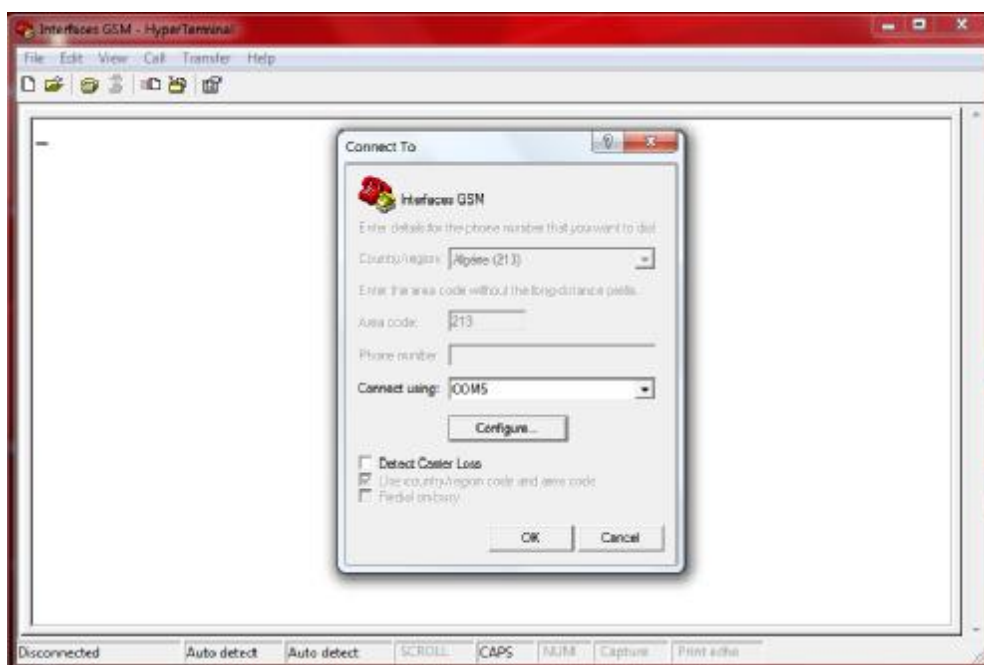
## IV.2. Hyper Terminal :

Ouvrir une session du logiciel et spécifier un nom pour la connexion dans la fenêtre « Description de la connexion »



**Figure 8 : Description de la connexion établie.**

Dans la fenêtre « Numéro de téléphone », on sélectionne le port COM5 et on peut éventuellement configurer le protocole de transfert du port COM5.



**Figure 9 : Choix du port COM et sa configuration.**

Pour tester la liaison on utilise la commande : AT [ENTREE]

La touche [ENTREE] correspond au caractère <CR>, à l'écran il se traduit par un retour à la ligne. Si la liaison est établie le mobile répond par OK

```
AT
OK
```

### Remarque :

Lorsqu'on utilise Hyper Terminal pour envoyer et recevoir des données via le port série du PC, les caractères saisis à l'écran sont codés suivant la table des caractères ASCII. Par exemple si vous taper la lettre « A » le code envoyé est 1000001<sub>BIN</sub>. Dans le cas de notre téléphone GSM, il peut utiliser différents alphabets (IRA, GSM...), mais l'alphabet ASCII n'est pas supporté, cependant la comptabilité est assurée pour les caractères usuels (A...Z, a...z ,0...1).

### IV.3. Quelques exemples de Commandes générales

Ces commandes suivantes permettent d'établir une communication du TE avec TA et le ME. On les interroge sur leurs caractéristiques.

- Retourne l'alphabet supportés par le téléphone/module GSM, puis sélectionner l'alphabet à utiliser:

```
AT+CSCS=?
+CSCS: ("GSM", "IRA", "8859-1", "UTF-8", "UCS2")
OK
AT+CSCS="GSM"
OK
```

- Retourne la version :

```
AT+CGMR
R3EH001 091023 1853 12067099_VODAFONE_LD
OK
```

- Retourne le numéro de série :

```
AT+CGSN
352966035306899
OK
```

– **Commandes SMS :**

- **Sélection de la zone mémoire pour lecture /écriture des SMS :**

Ces commandes suivantes permettent la gestion des types des mémoires relatives aux SMS :

Permet d'indiquer les types et états des mémoires disponibles sur les téléphones, puis en sélectionner une. (Mémoire SIM) :

```
AT+CPMS=?
+CPMS: ("ME","SM"),("ME","SM"),("ME","SM")

OK
AT+CPMS?
+CPMS: "SM",1,50,"SM",1,50,"ME",1,6377

OK
AT+CPMS="SM","SM","SM"
+CPMS: 1,50,1,50,1,50

OK .....
```

- Permet de lister les SMS (en mode PDU) stockés dans la mémoire (SIM):

```
at+CMGL=4
+CMGL: 1,1,,23
0791127307006020240C9112730921065400001140919084734004D4F29C0E

OK
```

### 1. Envoi d'un SMS (Mode PDU) :

- Permet d'Interroger si le mode PDU est supporté puis l'activer (état 0) :

```
AT+CMGF=?
+CMGF: (0)

OK
AT+CMGF=0
OK
```

- Permet d'entrer la longueur de la trame PDU qui compose le SMS, puis la saisir en validant avec « ctrl-Z » :

```
AT+CMGS=17
> 0011000A8170092106540000AA04D4E2940A+
+CMGS: 190

OK
```

## 2. Réception/lecture d'un SMS (en mode PDU)

- Permet d'interroger la manière dont ME indique au TE qu'il vient de recevoir un nouveau SMS :

```
AT+CNMI?
+CNMI: 2,0,0,0,0
OK
```

- Permet de configurer la manière dont ME indique au TE qu'il vient de recevoir un nouveau SMS (en envoyant l'emplacement en mémoire et l'index) :

```
AT+CNMI=2,1
OK
```

- Le code signalant qu'un nouveau SMS est reçu et qui il est sauvegardé dans la mémoire téléphone (ME) à l'emplacement (index) 5425 :

```
+CMTI: "ME",5425
```

- Permet de sélectionner la mémoire du téléphone (ME), puis lire le SMS en question (en mode PDU):

```
AT+CPMS="ME","ME","ME"
+CPMS: 1222,22204,1222,22204,1222,22204
OK
AT+CMGR=5425
+CMGR: 0,54
07911253001007F10412D0B05AAD36B3C568391A00001140915123514024D4E294EA524C9B5350D9
6D7FE70BA03F081E96D3D37210B90CD2A2DF6F17590F
OK
```

## V. Codage, décodage du SMS par logiciel

Comme vous pouvez le constater le codage /décodage manuel d'une trame PDU est assez long. Dans la pratique ceci est totalement transparent pour l'utilisateur du téléphone portable. D'une part le numéro du SMSC utilisé est celui figurant dans la mémoire mobile, définit par l'opérateur il est donc inutile de le mentionner lors de la rédaction du message. Le numéro du correspondant peut être sélectionné dans le répertoire ou saisi manuellement en mode de TEXT. Le corps de message est également saisi en mode de TEXT, à l'aide du clavier. Tous les autres champs que nous avons vus précédemment sont gérés par le processeur du mobile. Le mobile se charge ensuite de convertir chacun des champs en valeurs hexadécimales pour constituer la trame qui sera finalement envoyée sur le réseau. Le mobile destinataire du SMS fera le cheminement inversé pour restituer à l'utilisateur seulement les informations pertinentes sur son écran. Malheureusement pour certains téléphones lorsque le

port série est relié par exemple à un PC le mode TEXTE n'est plus supporté. Les trames SMS affichées /constituées à l'écran du PC sont obligatoirement en mode PDU ce qui complique fortement les manipulations. Heureusement il y a plusieurs logiciels qui prennent en charge le codage/ décodage des données SMS comme « PDUspy » et « Convert SMS 2 ». Le premier est plus exigeant au niveau des paramètres de codage/ décodage et complet, le deuxième est plus facile à manipuler mais il est limité.

Pour faciliter le codage d'un SMS nous allons expliquer l'utilisation du logiciel « PDUspy » en suivant les étapes suivantes :

- On lance le logiciel PDUspy :

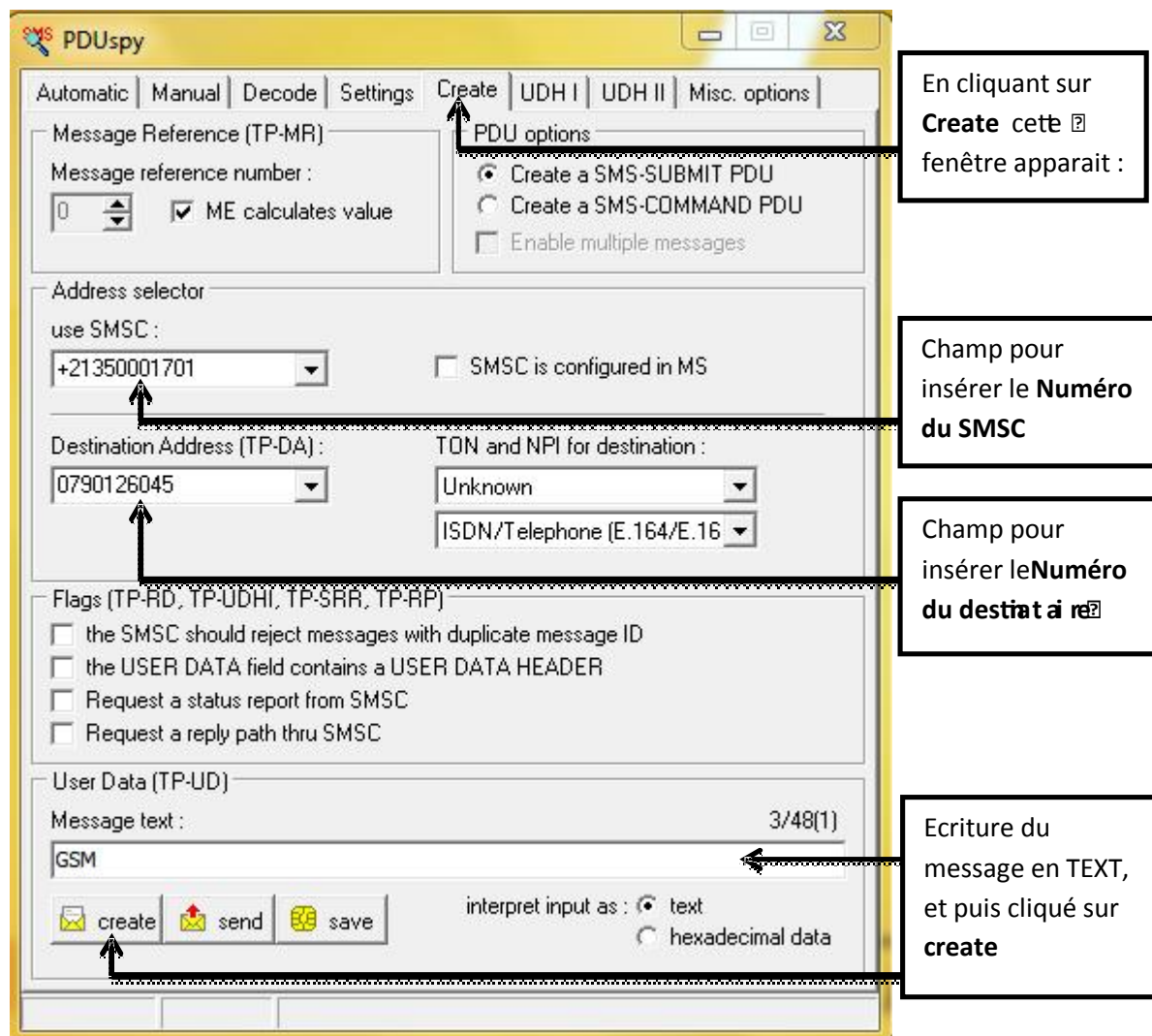


Figure 10 : Lancement du PDUspy.

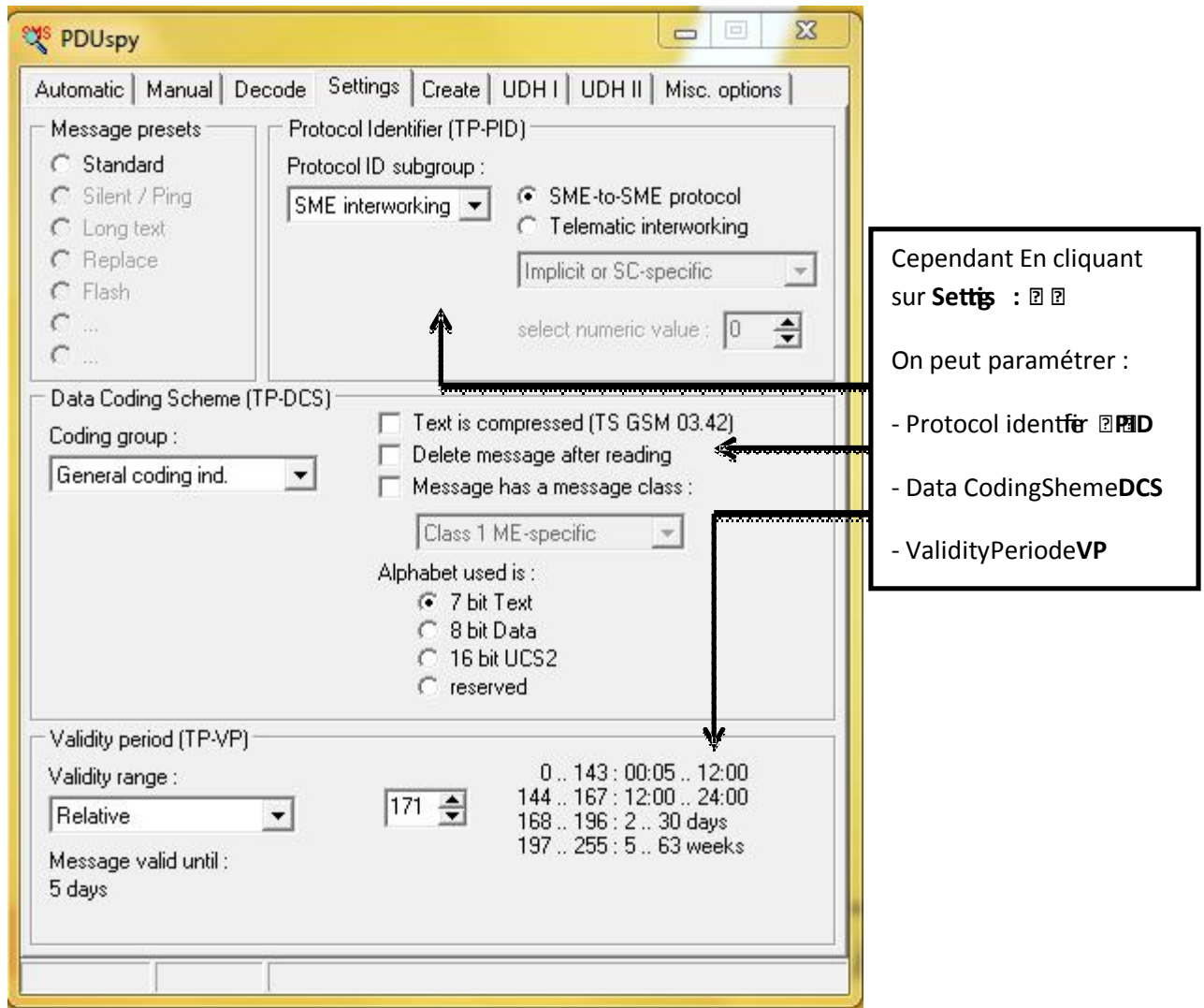
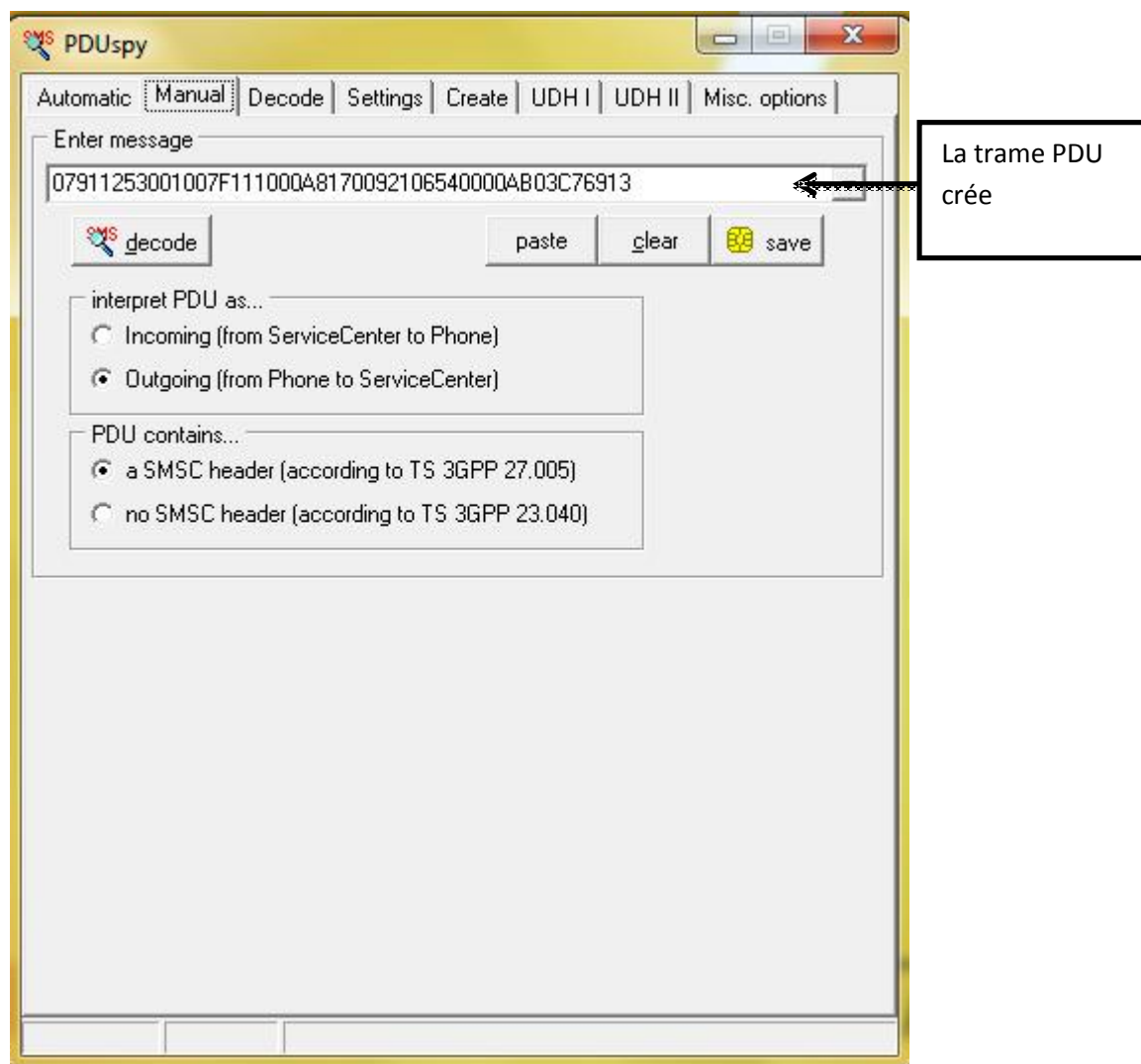


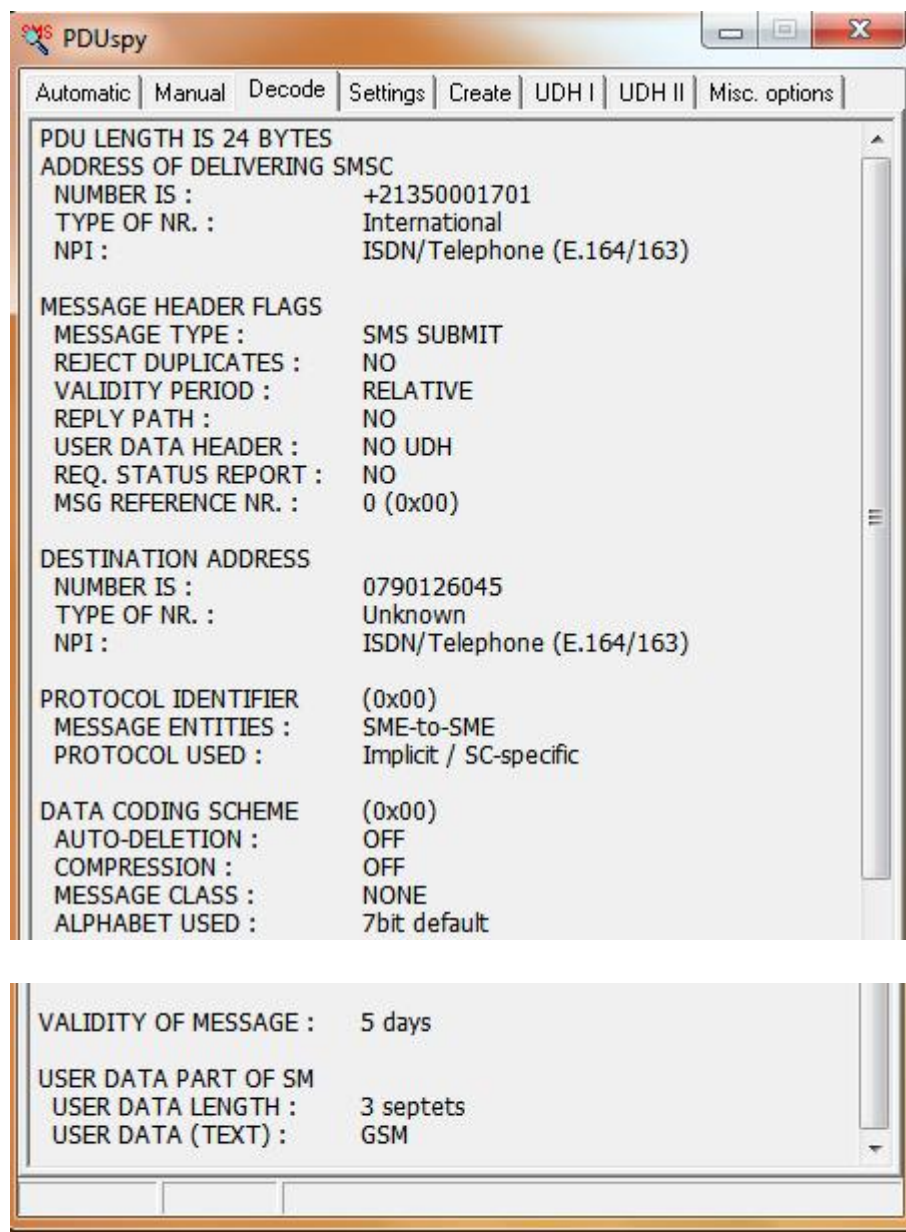
Figure 11: Configuration de PDUpsy.



**Figure 12 : Création de la trame en PDU.**

- Pour décoder cette trame on clique sur « décode » :

la trame PDU décode avec ses différent informations

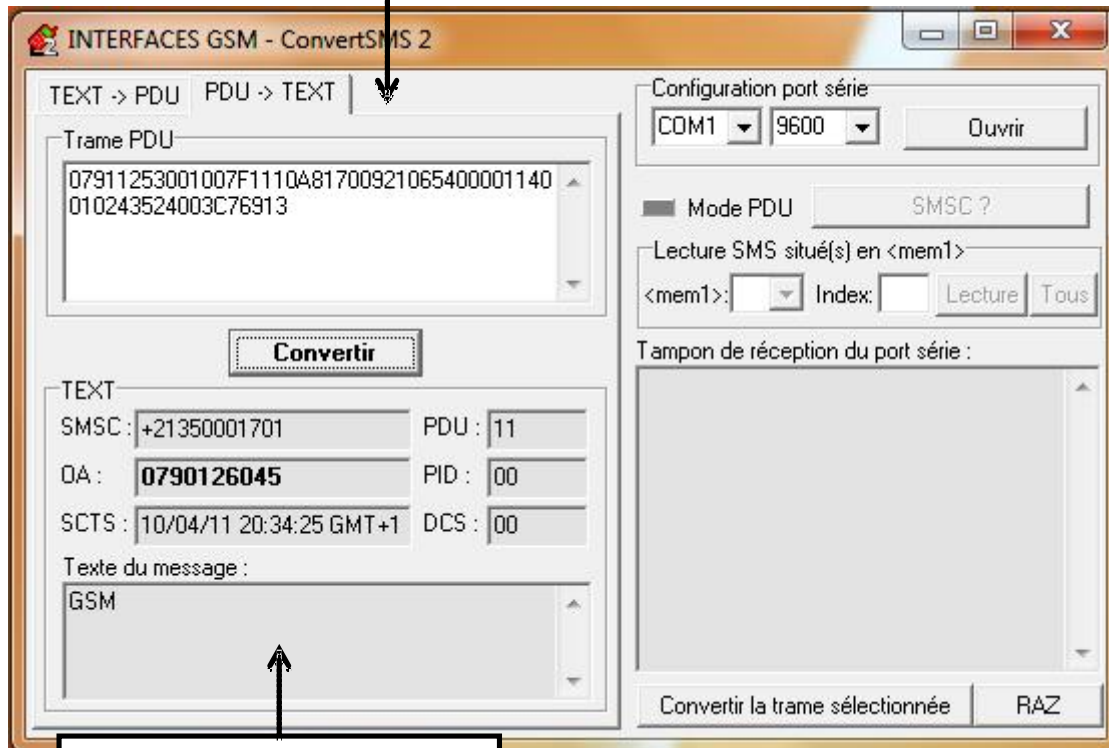


**Figure 13 : décodage de la trame en PDU.**

Pour faciliter le décodage d'un SMS nous allons expliquer l'utilisation du logiciel «Convert SMS 2 » :

- On lance le logiciel Convert SMS 2

Pour décoder en clique sur  
 PDU → TEXT  
 On insère la trame PDU à décoder et  
 cliquer sur **Convertir**



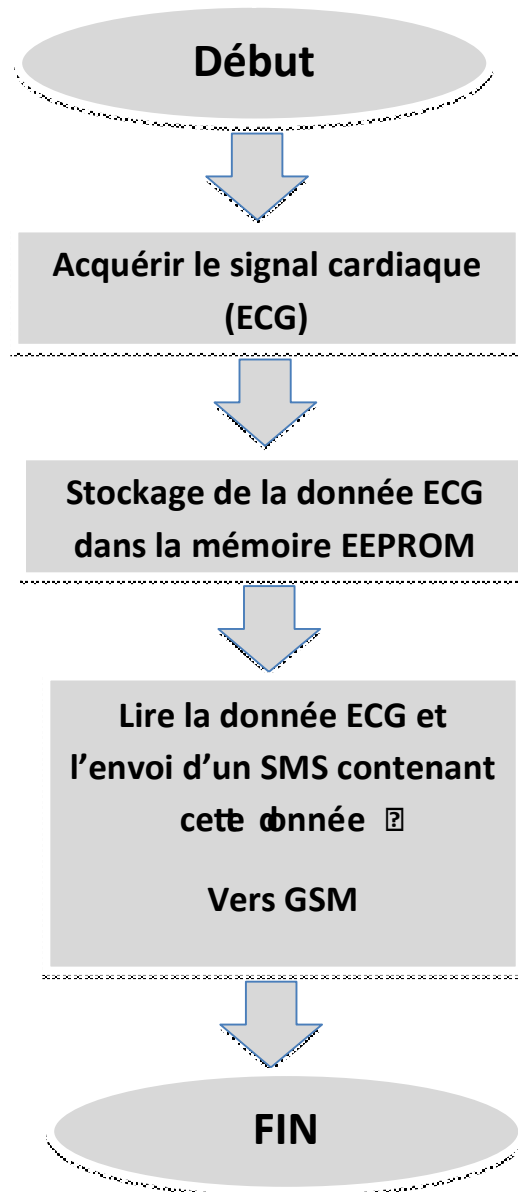
Et on obtient différentes informations :

- SMSC, DSC, PDU, PID, SCTS, OA
- Et le texte du message

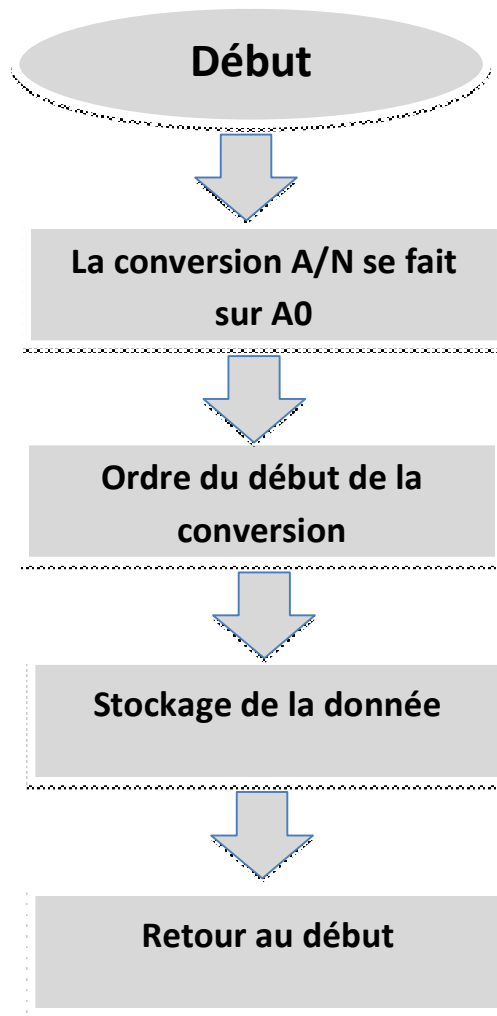
Figure 14 : Conversion de la trame PDU en texte avec convertSMS2.

## VI. Les organigrammes :

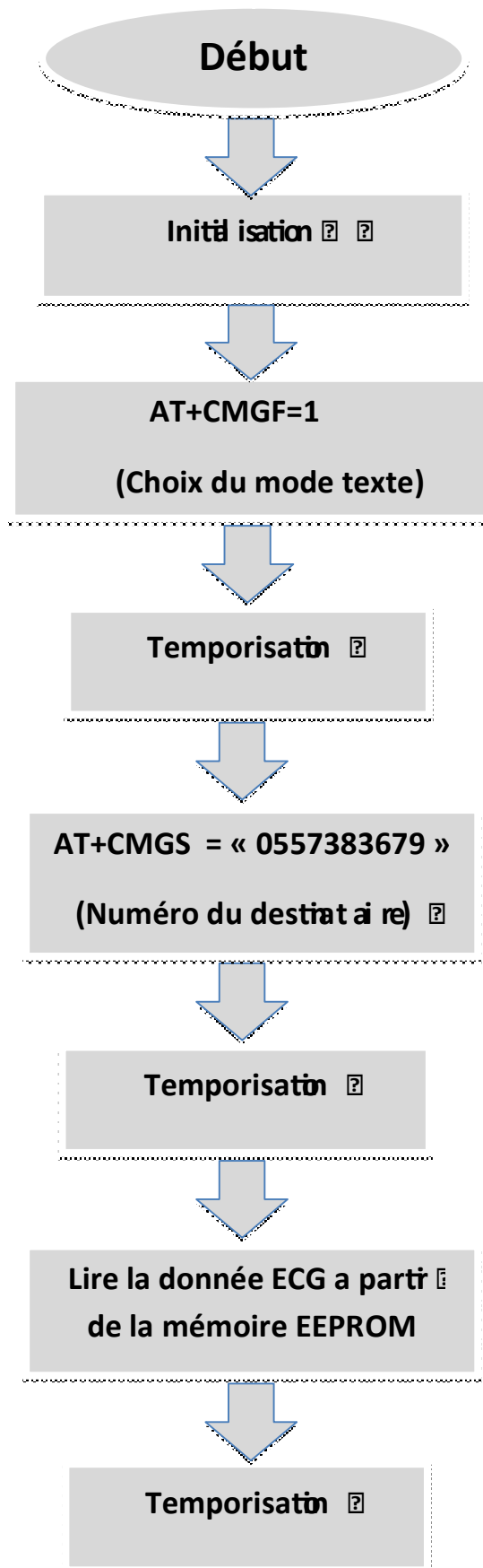
## VI.1. L'organigramme général de fonctionnement :

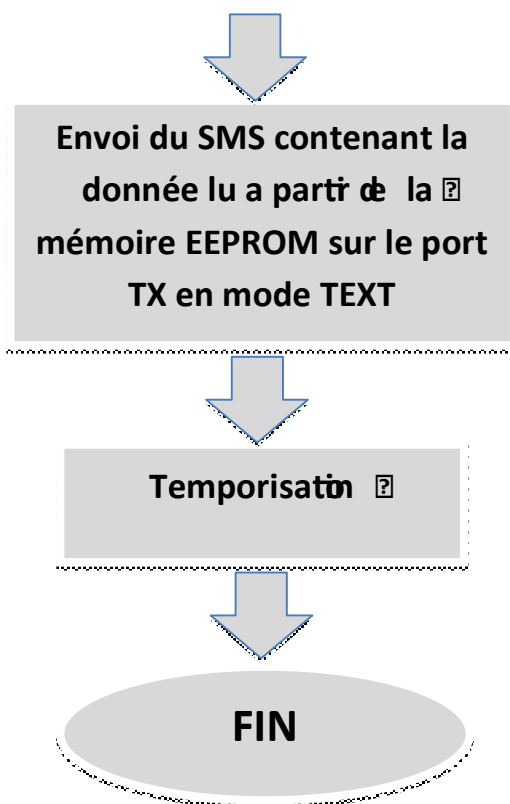


VI.2. Organigramme de l'acquisition :



## VI.2. Organigramme d'envoi d'un SMS contenant les données ECG :





# **CONCLUSION GENERALE**

## *Conclusion générale*

L'amélioration des méthodes et des outils de communication devient une obligation devant l'importance donnée à la technologie dans la vie moderne. Le travail que nous avons proposé permet la télésurveillance de personnes atteintes de troubles cardiaques qui sont soit sédentaires (alitées) ou pouvant être loin du centre hospitalier.

On a eu l'occasion au cours de ce projet, d'enrichir les connaissances dans le domaine de l'instrumentation en général et des Pics en particulier. Par ailleurs, ce système à base du module GSM nous a amené à exploiter un logiciel permettant l'interfaçage entre un PC et le module GSM ainsi que le compilateur C permettant la programmation des commandes « AT » entre le PIC et le module GSM. .

L'étude des différents étages constituant une chaîne d'acquisition d'un signal biologique (ECG) ont mis en valeur la nécessité du choix judicieux des composants d'une part et d'autre part sa transmission vers une unité de soin distante nous a conduit à choisir le moyen de transmission adéquat (portée). Ce système présente une fois réalisé plusieurs avantages :

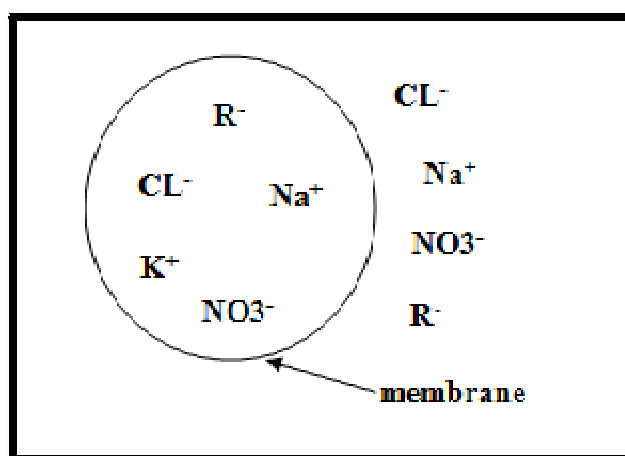
- La portée illimitée dans la zone de couverture par un opérateur téléphonique.
- Un gain de temps.
- La surveillance à distance et réduction du nombre de déplacement
- Détection d'une anomalie cardiaque d'un patient qui n'est pas en mesure à faire rapport au docteur pour le traitement immédiat

Enfin ce travail n'est qu'une simple étude et ébauche de solutions dans le domaine de la télésurveillance, et j'espère que ce modeste travail servira de base d'études afin qu'il soit repris et réalisé.

**ANNEXE**

### Phénomènes électriques transmembranaires :

Le fonctionnement mécanique du cœur n'est pas sous la dépendance directe du système nerveux central, mais sous l'effet d'une excitation propre interne. Cette excitation peut cependant être influencée par d'autres phénomènes physiologiques (effort, émotion...). Le tissu myocardique est composé de cellules. Chaque cellule est isolée du milieu externe par une membrane. Cette membrane sépare deux domaines de nature ionique différente. Le milieu intracellulaire comporte des ions de très grosses dimensions pouvant traverser la membrane. Ceux sont des ions  $R^-$  et correspondent à de grosses molécules organiques.



**Figure 1 : répartition des molécules de part et d'autre de la membrane**

La présence de ces ions prisonniers entraîne une répartition inégale des autres ions diffusibles de part et d'autre de la membrane. Le potentiel de repos est égal au potentiel d'équilibre des ions les plus diffusibles. Ce potentiel est donné par l'équation de NERNST :

$$V_r = \frac{RT}{F} \log \frac{[K^+]_{ex}}{[K^+]_{in}}$$

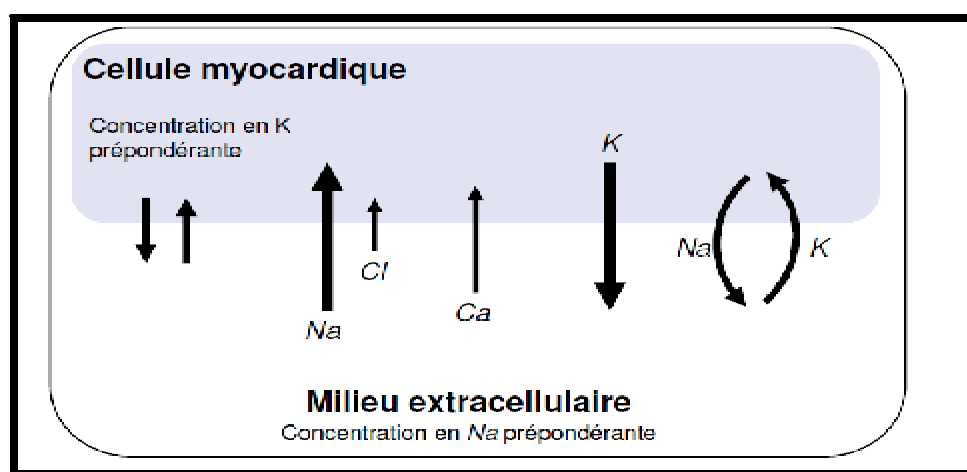
Ou R: constant des gaz parfaits

T : température absolue

F : nombre de Faraday

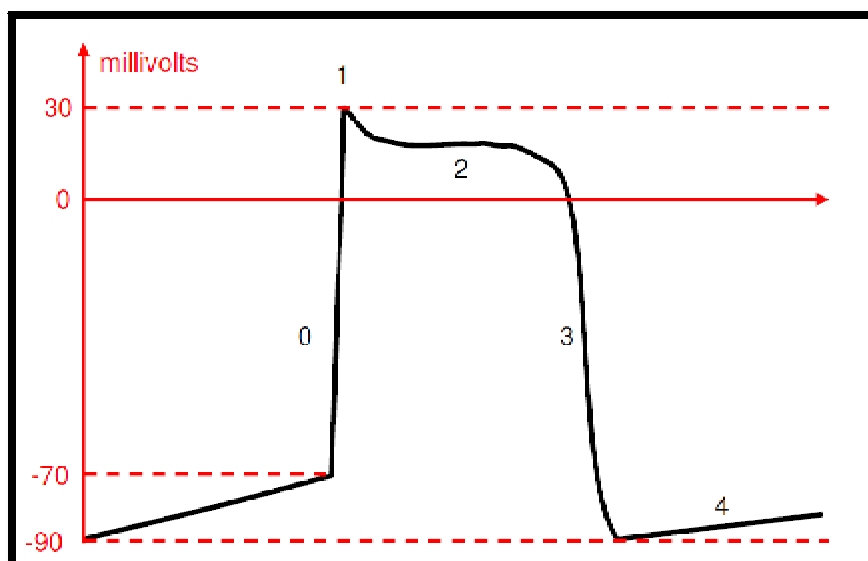
Cette différence de potentiel est négative lorsqu'on considère le potentiel intérieur par rapport à l'extérieur.

Les ions Na, occupent une situation totalement inexplicable par la loi de diffusion précédente. Ils ne font pas partie des ions diffusible par. La membrane est totalement imperméable à cet ion. C'est une des caractéristiques essentielles des phénomènes bioélectriques. L'ion Na<sup>+</sup> que le gradient de concentration et le potentiel tendent à faire pénétrer la cellule avec vigueur, reste extracellulaire. En fait, il parvient à se « faufiler » vers l'intérieur mais il est inlassablement repoussé par un mécanisme de « pompe à sodium » qui dépense de l'énergie. Cette situation paradoxale du sodium (Na<sup>+</sup>) est à l'origine des propriétés d'excitabilité des cellules nerveuses et musculaires.



**Figure 2 : les flux ioniques**

Une dépolarisation de la cellule due à des actions de nature électrique, chimique ou mécanique modifie la répartition des ions de part et d'autre de la membrane. Si ces actions ont une amplitude et une durée notables, elles permettent « l'invasion » du sodium extracellulaire et provoquent momentanément une inversion de la différence de potentiel membranaire. Une électrode métallique placée en contact de la fibre enregistre le passage de potentiels appelés : potentiel d'action dont la forme temporelle est donnée par la figure suivant.



**Figure 3 : Les cinq phases du potentiel d'action d'une cellule du muscle myocardique et échanges ioniques au niveau cellulaire correspondants.**

La phase « 0 » correspond à une dépolarisation de la membrane qui devient progressivement négative en surface et positive en profondeur. La croissance du potentiel d'action est extrêmement rapide contrairement à sa décroissance qui évolue selon trois phases particulièrement individualisées dans les cellules ventriculaires. La phase « 2 » très caractéristique des cellules cardiaques correspond à un équilibre électrique relatif. Durant cette phase, le muscle cardiaque reste contracté afin de jouer le rôle d'une pompe.

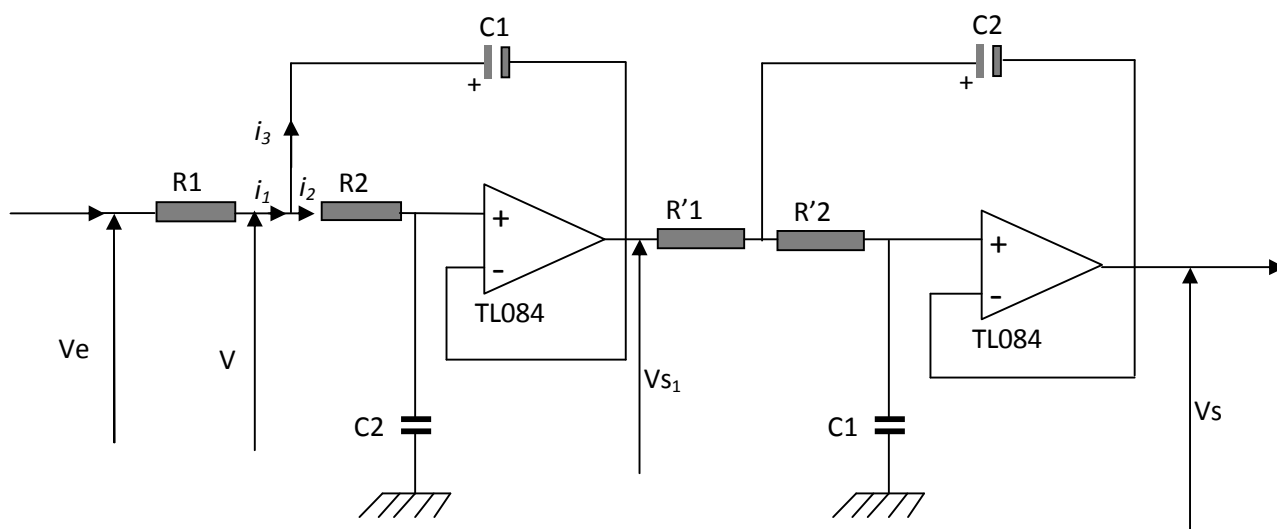
Récapitulatif : la phase 0 correspond à la dépolarisation de la cellule, la phase 1 au début de la repolarisation, la phase 2 à la repolarisation lente, la phase 3 à la repolarisation rapide, et la phase 4 au repos.

**AD624**

<u>Status Statut</u>	<u>Prodn</u>
<u>Package Paquet</u>	<u>S / B ou B CERAMIQUE B DIP /</u>
<u>Pins Pins</u>	<u>16</u>
<u>Tension d'alimentation</u>	<u>±18V</u>
<u>BW BW</u>	<u>400kHz</u>
<u>Courant d'alimentation</u>	<u>5mA</u>
<u>Vitesse de balayage</u>	<u>5 V/μs</u>
<u>Double alimentation unique</u>	<u>Dual</u>
<u>Méthode de paramétrage du gain</u>	<u>Pin</u>
<u>Plage de gain</u>	<u>1000</u>
<u>CMRR</u>	<u>90dB</u>
<u>Vnoise RTI</u>	<u>pp 10μV</u>
<u>Gain d'erreur</u>	<u>± 0,05%</u>
<u>Vos</u>	<u>200μV</u>
<u>Catégorie</u>	<u>Circuits intégrés (CI)</u>
<u>Bande passante-3dB</u>	<u>1MHz</u>
<u>Famille</u>	<u>Amplificateurs - Instrumentation, amplis op, Ampère tampon</u>
<u>Température de fonctionnement</u>	<u>-25 ° C ~ 85 ° C</u>
<u>Case Boîtier</u>	<u>16-CDIP (300 millions)</u>
<u>Nombre de circuits</u>	<u>1</u>
<u>Tension - Alimentation, simple double (±)</u>	<u>±6 V ~ 18 V</u>
<u>Type d'amplificateur</u>	<u>Instrumentation</u>
<u>Polarisation d'entrée -</u>	<u>50nA</u>
<u>Tension - offset d'entrée</u>	<u>200μV</u>
<u>Gain bande passante</u>	<u>25MHz</u>



## FITRE PASSE-BAS



*Calcul de la fonction de transfert du filtre :*

$$V_e = R_1 i_1 + V \dots \dots \dots (1)$$

$$i_1 = i_2 + i_3 \dots \dots \dots (2)$$

$$V = R_2 i_2 + V_{s1} \Rightarrow i_2 = \frac{V - V_{s1}}{R_2} \dots \dots \dots (3)$$

$$i_2 = V_{s1} P C_2 \dots \dots \dots (4) \text{ Avec } P = j\omega$$

$$i_3 = P C_1 (V - V_{s1}) \dots \dots \dots (5)$$

$$(2) + (4) + (5) \Rightarrow i_1 = V_{s1} P (C_2 - C_1) + P C_1 V.$$

$$(4) = (3) \Rightarrow V = V_{s1} (1 + P C_2 R_2) \dots \dots \dots (6)$$

$$\Rightarrow i_1 = V_{s1} P C_2 + P^2 C_1 C_2 R_2 V_{s1} \dots \dots \dots (7)$$

$$(6) + (7) \text{ dans } (1) \Rightarrow V_e = (R_1 P C_2 + R_1 R_2 C_1 C_2 P^2 + R_2 C_2 P + 1) V_{s1}$$

$$D'où \quad \frac{V_{s1}}{V_e} = \frac{1}{1 + R_1 R_2 C_1 C_2 P^2 + P(R_1 + R_2) C_2}$$

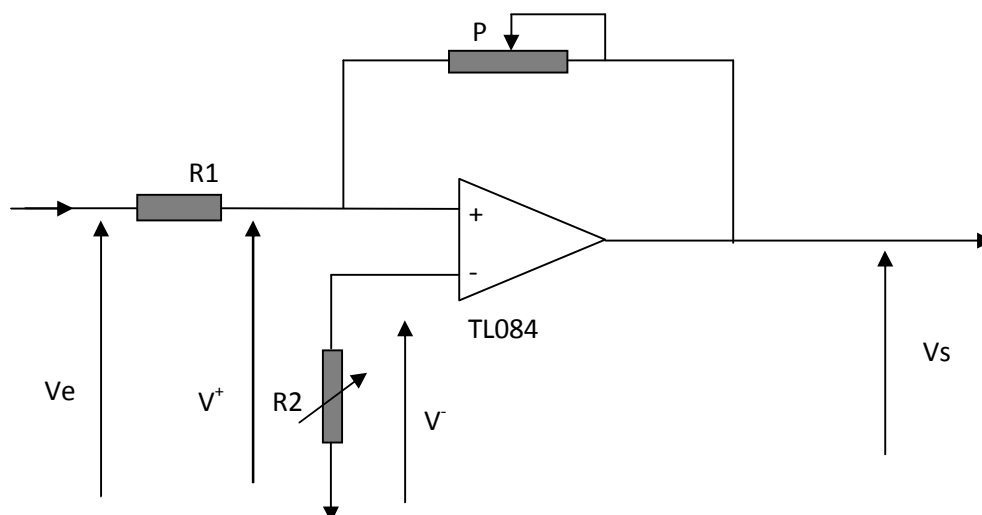
$$\text{On a} \quad \frac{V_s}{V_{s1}} = \frac{1}{1 + R_1 R_2 C_1 C_2 P^2 + P(R_1 + R_2) C_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \left[ \frac{1}{1 + R_1 R_2 C_1 C_2 P^2 + P(R_1 + R_2) C_2} \right]^2$$

$$\text{De la forme générale :} \quad F(P) = \left[ \frac{K}{(P^2 + 2\varepsilon_1 \omega P + \omega^2)} \right]^2$$

$$\text{Par identification:} \quad \omega^2 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \Rightarrow \omega_C = \left[ \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \right]^{1/2}$$

## AMPLI A GAIN VARIABLE



**Calcul du gain :**

$$V_e = V^+$$

$$V^- = V_s \frac{R_2}{R_2 + P} \quad (\text{L'amplificateur opérationnel est supposé idéal } Z_e = \infty)$$

$$V^+ = V^- \quad \Rightarrow \quad \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{P}{R_2}$$

## DATASHEET PIC16F877



## PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

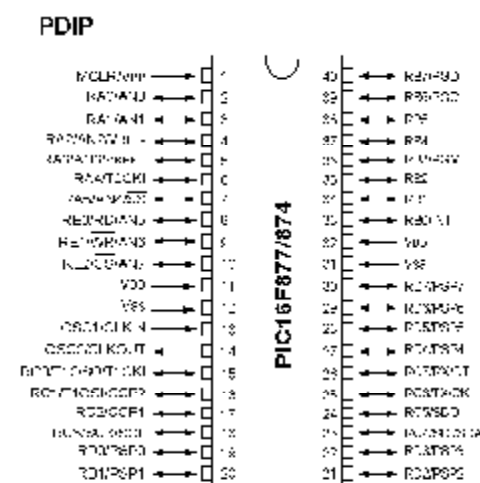
## Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

## Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single EV In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.5 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - 1 µA typical standby current

## Pin Diagram



## Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SC) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

## PIC16F87X

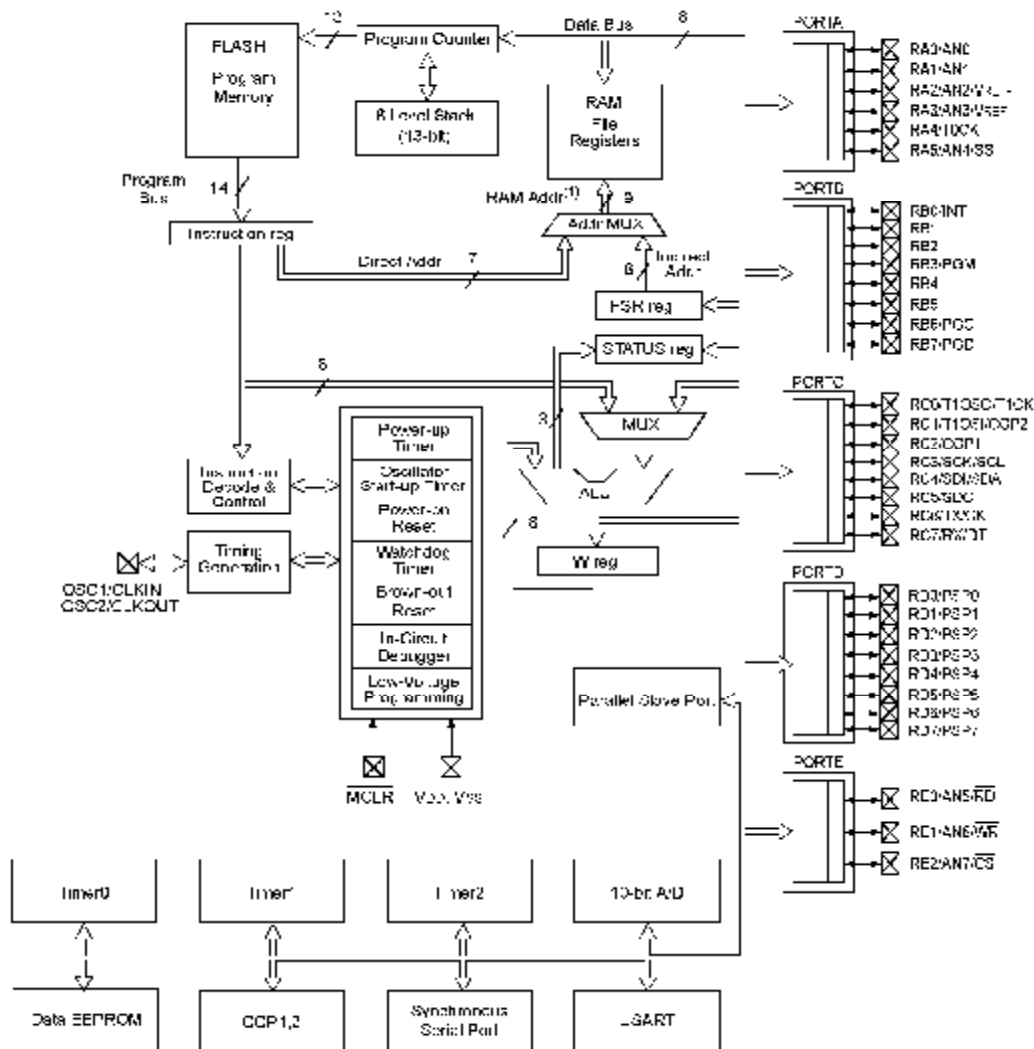
Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRTE, OST)	POR, BOR (PWRTE, OST)	POR, BOR (PWRTE, OST)	POR, BOR (PWRTE, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	336	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10 bit Analog to Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions



# PIC16F87X

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	6K	368 Bytes	256 Bytes



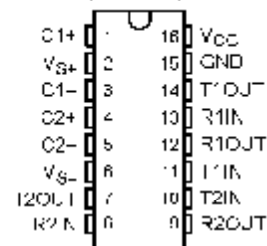
Note 1: Higher order bits are from the 5 ALUS register.

## DATASHEET MAX 232

MAX232, MAX232I  
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

S...LS0471 – FEBRUARY 1995 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE  
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)

## description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments **LinASIC™** library.

## ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (D)	Tube	MAX232DW	MAX232
			Tape and reel	
	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
40°C to 85°C	PDP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (D)	Tube	MAX232ICW	MAX232I
			Tape and reel	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications only for the period of Texas Instruments' production. This product is not for use in life-critical applications.

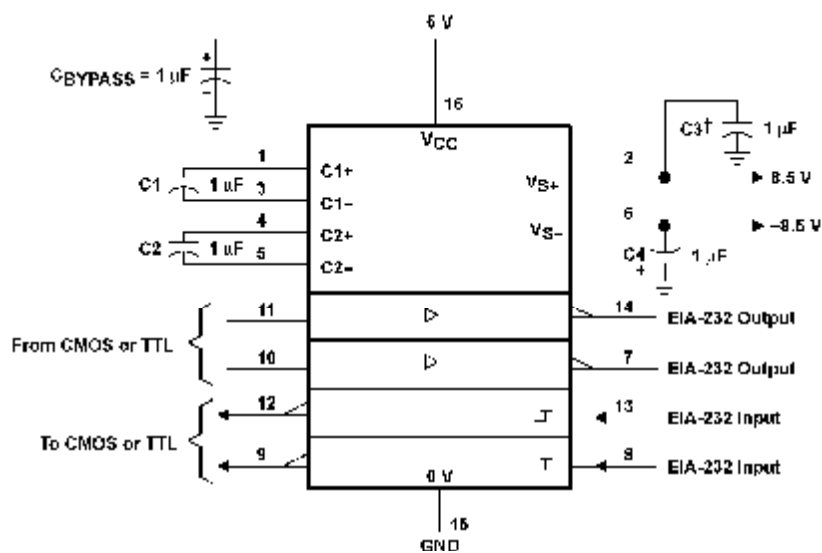
**TEXAS  
INSTRUMENTS**  
POST OFFICE BOX 6553 • DALLAS, TEXAS 75268

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

## MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

S1150471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

### APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to VCC or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

## MEMOIRES DU PIC16F877 :

**.Le microprocesseur** : c'est le cœur du système, la partie qui exécute le programme pas a pas au rythme de l'horloge (Mhz)

**.La mémoire** : c'est un circuit dans lequel on peut stocker des informations binaires (bits). Elles sont souvent regroupées sous forme de mots de huit bits. Elle est de trois types distincts :

**-la mémoire RAM (368 octets)** : C'est une mémoire d'accès rapide, elle contient les registres de configuration du PIC ainsi que les différents registres de données. Elle contient aussi les variables utilisées par le programme.

**-l'EEPROM interne (256 octets)** :

. (voir les directive DE et ORG dans ce cours et d'autres directives comme DA, DW ... dans le manuel d'utilisation de MPASM)

La deuxième méthode consiste à accéder aux mémoires EEPROM à partir du programme durant la phase d'exécution de ce dernier. C'est ce que nous allons détailler dans les paragraphes ci-dessous.

### 1. La mémoire EEPROM de données

Le PIC 16F876/877 dispose de 256 octets de mémoire EEPROM de donnée. Son implantation physique commence à la position d'adresse absolue 2100h. Mais pour y accéder à partir des programmes utilisateur on utilise l'adressage relatif par rapport à la première position. La première position aura l'adresse 0, la deuxième aura l'adresse 1. . . Et la dernière aura l'adresse 255.

Pour accéder à l'EEPROM, on utilise 4 registres particuliers :

- EEADR : registre d'adresse (relative) (bank 2)
- EEDATA : registre de donnée (bank 2)
- EECON1 : register de control (bank 3)
- EECON2 : 2ème registre de control (bank 3)

Le registre EECON1 :

EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD
-------	---	---	---	-------	------	----	----

**EEPGD** : Accès à la mémoire EEPROP ou à la mémoire Programme

0 : EEPROM de données

1 : Mémoire programme (flash)

**WRERR** : Erreur d'écriture (indicateur)

0 : Pas d'erreur

1 : Une erreur s'est produite

**WREN** : Validation de l'écriture dans l'EEPROM

0 : Ecriture interdite

1 : Ecriture autorisée

**WR** : Write Enable. Ce bit doit être mis à 1 pour démarrer l'écriture d'un octet. Il est remis à zéro automatiquement à la fin de l'écriture. Ce bit ne peut pas être mis à zéro par une instruction.

**RD** : Read Enable. Ce bit doit être mis à 1 pour démarrer la lecture d'un octet. Il est remis à zéro automatiquement à la fin de la lecture. Ce bit ne peut pas être mis à zéro par une instruction

## 2. Procédure de lecture dans l'EEPROM

Pour lire le contenu d'une position de la mémoire EEPROM, on place l'adresse dans le registre EEADR, on lance l'opération de lecture à l'aide du bit RD du registre EECON1, la donnée désirée est tout de suite disponible dans le registre EEDATA :

- 1) Mettre le bit EEPGD à 0 pour pointer sur l'EEPROM de donnée
- 2) Placer l'adresse relative de la position à lire dans EEADR
- 3) Mettre le bit RD à 1 pour démarrer la lecture. Ce bit revient à 0 automatiquement tout de suite après le transfert de la donnée vers EEDATA, (moins d'un cycle)
- 4) Traiter la donnée disponible dans EEDATA
- 5) Recommencer au point 2 si on a d'autres données à lire,

### 3. Procédure d'écriture dans l'EEPROM

Pour écrire une donnée dans une position de la mémoire EEPROM, on place l'adresse dans le registre EEADR, la donnée dans le registre EEDATA, on lance l'opération d'écriture à l'aide du bit WR de EECON1 et du registre EECON2. La donnée présente dans EEDATA est alors copiée dans l'EEPROM mais cette opération prend 10 ms. A la fin de l'écriture le bit WR revient à zéro automatiquement, le drapeau EEIF est levé ce qui peut déclencher l'interruption EEI si elle a été validée auparavant :

- 1) Interdire les interruptions (si elles ont été validées avant : bit INTCON.GIE)
- 2) Mettre le bit EEPGD à 0 pour pointer sur l'EEPROM de donnée
- 3) Positionner le bit WREN pour valider l'écriture dans l'EEPROM
- 4) Placer l'adresse relative de la position à écrire dans EEADR
- 5) Placer la donnée à écrire dans le registre EEDATA
- 6) - Ecrire 55h dans EECON2 (commande de process hardwares)  
- Ecrire AAh dans EECON2 (commandes de process hardwares)  
- Positionner le bit WR pour démarrer l'opération d'écriture, et attendre qu'il revienne à 0
- 7) Recommencer au point (4) si on a d'autres données à écrire,

**Remarque :** Les bits WREN et WR ne peuvent être positionnés dans la même instruction. WR ne peut être positionné que si le bit WREN a été positionné avant.

**Organisation de la mémoire de données :** la mémoire de données est divisée en 4 pages, chacune est étendue sur 128 octets.

Les pages sont sélectionnées par les bits RP0 et RP1 du registre d'état.

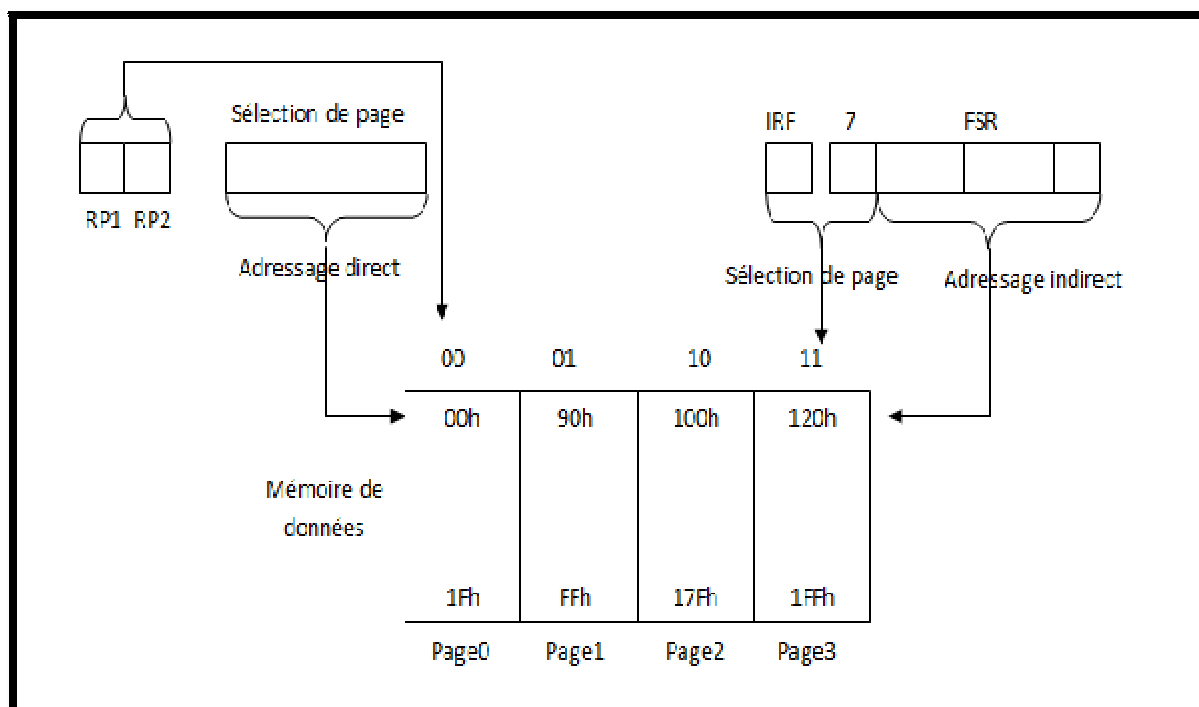


Figure : organisation de la mémoire de données.

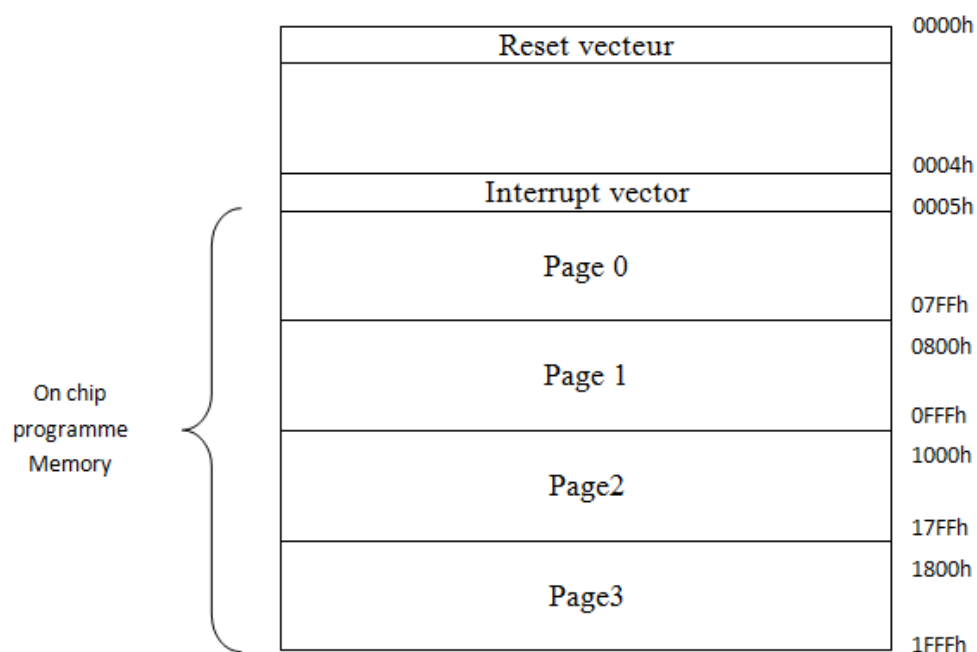
R0	R1	R2
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Figure : sélection de page

**-la mémoire FLASH :** c'est la mémoire programme proprement dite, c'est un type de mémoire stable, réécrivable à volonté. C'est ce nouveau type de mémoire qui a fait le succès des microprocesseurs PIC, dans le cas du pic 16F877, cette mémoire fait 8K, il est à noter que lorsque l'on programme en assembleur, on écrit le programme directement dans cette mémoire.

**Organisation de la mémoire de programme :** la mémoire de programme est constituée de 8K mots de 14 bits. Elle est de type flash et destinée au stockage de l'ensemble des

instructions du programme. Elle est divisée en 4 blocs de 2K mots. Le vecteur de reset est placé à l'adresse 0000h, et le vecteur d'interruption à l'adresse 0004h.



**Figure : organisation de la mémoire de programme**

# BIBLIOGRAPHIE

## *Bibliographie*

- **Livres, thèses et revus en PDF**

- [1] : David Rey : « interfaces GSM », édition Dunod ,2006.
- [2] : David Rey : « interfaces GSM », 2<sup>ème</sup> édition.
- [3] : Xavier Lagrange Philippe Godlewski, Sami Tabbane : « Réseaux GSM », 5<sup>ème</sup> édition revue et augmentée.
- [4] : Bruno Salgues : « Les télécoms mobiles GSM et DCS », édition HERMES 2<sup>ème</sup> édition revue et augmentée 1997.
- [5] : J.Lanfranchi - M.Maillet:« Cardiologie », bases biologiques et explorations fonctionnelles.
- [6] : M. BERNARD, Programmation en C d'un microcontrôleur, 2008.
- [7] : GHALLALI.F/ KAROUI.F : « Etude et réalisation d'une carte d'acquisition et de transmission de données à base du PIC 16F877 », Thèse d'ingénieur en électronique, Université MMTO, promotion 2003/2004.
- [8] : CHAIB.M/ BELMOUHOU.B : « Contribution à la conception d'un système de transmission ambulatoire du signal ECG à base du PIC 16F877 », Thèse d'ingénieur en électronique, Université MMTO, promotion 2006/2007.
- [9] : BERKAT.Z/ FLICI.F/ RABAH ALLAH.N : « Acquisition et transmission de données via le réseau GSM », Thèse d'ingénieur en électronique, Université MMTO, promotion 2009/2010.
- [10] : M<sup>me</sup> AMIROU.Z : « Conception et réalisation d'un système de surveillance et d'aide au diagnostic en milieu hospitalier, applique au signal cardiaque », Thèse magister en électronique, Université MMTO, année 1996.
- [11] : BELKAID -TLEMCEN-, MEZIANE Hadj Boumédiène : « Acquisition de signaux Electrocardiogrammes (ECG) à l'aide de la carte DSPACE », Thèse d'ingénieur, Spécialité électronique biomédical, Université Abou Bekr, année 2003.
- [12] : Aline CABASSON : « Estimation et Analyse des Intervalles Cardiaques », Thèse doctorat en Automatique, Traitement du Signal et des Images, Université de Nice -Sophia Antipolis- École doctorale STIC Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, année 2008.

[13] : Dr. R.Sukanesh, S.Vijayprasath, S.Palanivel rajan, S.Janardhana prabhu and P.Subathra Professor Post graduate student: « Enhancement of Mobile Tele-Health System via GSM», Department of Electronics and Communication Engineering, Thiagarajar College of Engineering, Madurai, Tamilnadu, India, Proceedings of the Int. Conf on Information Science and Applications ICISA 2010, Chennai, India,6 February 2010,.

[14] : Brevet de technicien supérieur systèmes électroniques : « étude d'un système technique, acquisition et traitement d'un électrocardiogramme », Compte-rendu de la commission de correction des copies de Physique Appliquée du BTS, Académie de Toulouse, 2009.

[15] : Denise Hébert, chargée de projet : « Lire un ECG (électrocardiogramme) », Formation sur le langage et la lecture d'un ECG destinée aux techniciens ambulanciers de la région Chaudière-Appalaches, année Mars 2007.

- **Sites internet et liens**

- ✓ <file:///C:/Documents%20and%20Settings/Alain%20Oudin/Instrumentation/E6001%20ECG%20final%20report.htm>
- ✓ <file:///C:/Documents%20and%20Settings/Alain%20Oudin/Instrumentation/AD624AD.html>
- ✓ <http://fr.wikipedia.org/>
- ✓ [www.abcelectronique.com/bigonoff](http://www.abcelectronique.com/bigonoff)