



RAPPORT DE PFE

BTS ALKHAOUARIZMI

Réaliser par: HASSAN SAMINE

ADNAN OUADDAFI

Encadré par : Mr. HAMZA SABIR

SOMMAIRE

Remerciement.....	3
Introduction.....	4
But de projet.....	5
Chapitre I: généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie :	
I.1 Introduction.....	7
I.2 Système cardiovasculaire.....	7
I.2.1 Anatomie du cœur.....	8
I.2.1 Position anatomique.....	9
I.3 L'Electrocardiographie.....	10
I.3.1 Le signal électrocardiogramme (ECG).....	10
I.3.2 Technique d'électrocardiographie.....	12
Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme :	
II.1 Introduction	14
II.2 Schéma synoptique.....	14
II.3 Eude des différents blocs.....	15
II.3.1 Alimentation.....	15
II.3.2 Les électrodes	15
II.3.3 Préamplificateur.....	16
II.3.4 Filtrage de signal.....	18
II.3.5 Amplification.....	20
II.4 Fonctionnement.....	21
II.5 Conclusion.....	22
Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme :	
III.1 Introduction.....	24
III.2 Schéma électrique.....	24
III.3 Schéma d'implantations et circuit imprimé.....	26
III.4 Tests de fonctionnement des différents étages du circuit.....	29
CONCLUSION.....	32



REMERCIEMENT

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant Mr. Hamza SABIR, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nos remerciements s'étendent également à Mr. Hassan BAIROUK ses bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec nous dans l'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études. Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



INTRODUCTION

L'étude du signal électrocardiogramme ECG est un moyen essentiel pour faire le diagnostic de plusieurs maladies d'origine cardio-vasculaire. L'ECG est une représentation graphique du potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur. Ce potentiel est recueilli par des électrodes placées à la surface de la peau, qui mesure la différence de potentiel présent au deux endroit différent du Corps.

En premier chapitre une description générale du système cardio-vasculaire et l'électrocardiographie sera faite.

Dans le deuxième chapitre, On s'intéresse à la description des différents étages électroniques permettant la réalisation d'un circuit électronique qui permet de détecter l'activité cardiaque.

Aussi, dans le troisième chapitre, une description détaillée de notre projet à réaliser est faite.



LE BUT DE PROJET

Au niveau technique, l'objectif est double. En effet, il y a d'abord une formation et des connaissances acquises au niveau de la manière de mener la conception et la réalisation d'un dispositif médical ; ensuite de proposer un instrument de moindre coût (comparativement aux produits importés) et de performances reconnus.

Au niveau scientifique, c'est bien sur la mise en œuvre de méthodes de traitement du signal et d'analyse pour extraire des paramètres pertinents permettant de réaliser l'exploration fonctionnelle cardio-vasculaire.

Au niveau technologique, la conception visée dans ce travail de réalisation est une technologie récente faisant appel aux différents composants qui sont disponibles sur le marché et dédiés à l'instrumentation médicale, avec une compatibilité d'utilisation avec les dispositifs existant particulièrement l'exploitation des ordinateurs PC et des programmes (exécutables) qui seront développés faciles à manipuler par les utilisateurs du corps médical.



CHAPITRE I: GENERALITE SUR LE SYSTEME CARDIOVASCULAIRE ET L'ELECTROCARDIOGRAPHIE



Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

I.1 Introduction:

Le système cardiovasculaire est constitué du cœur et du système vasculaire, sa fonction principale est d'assurer un flux de sang adéquat continu et sous pression suffisante aux organes et aux tissus afin de satisfaire aux besoins énergétiques et au renouvellement cellulaire quelles que soient les conditions ambiantes et l'activité de l'individu.

L'électrocardiogramme (ECG) est un signal qui représente l'activité électrique du cœur. L'ECG est un élément essentiel que ce soit dans la surveillance des patients ou dans le diagnostic des maladies cardiovasculaires. Les bases théoriques et pratiques de l'enregistrement de l'activité électrique cardiaque ont été énoncées par Einthoven en 1901

I.2 Système cardiovasculaire:

Le système cardio-vasculaire appelé aussi système circulatoire assure la circulation du sang d'une manière continue dans l'organisme. Ainsi, Il permet d'alimenter les tissus cellulaires en oxygène et en nutriments et d'évacuer les déchets vers les reins et le dioxyde de carbone vers les poumons. Ce système est composé d'un organe pompe, le cœur, un réseau continu et fermé de conduits qui permettent le transport du sang, et d'un système vasculaire (les veines et les artères).

Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

I.2.1 Anatomie du cœur:

Le corps humain forme un système qui dépend d'un ensemble d'organismes et d'appareils indispensables aux différents fonctionnements physiques, mentales, biologiques, dont le cœur font partie de manière particulièrement importante.

Le cœur pèse environ 300 grammes chez l'homme adulte, 250 grammes chez la femme. Il est capable de propulser, au repos, 4 à 5 litres de sang par minute.

Le cœur est considéré comme une pompe musculaire subdivisée en quatre cavités : deux oreillettes et deux ventricules (Figure 1), permettant de propulser le sang vers toutes les cellules du corps humain. Il est alors l'élément central du système cardiovasculaire qui assure la circulation du sang dans l'organisme et permet ainsi son alimentation en oxygène et en nutriments.

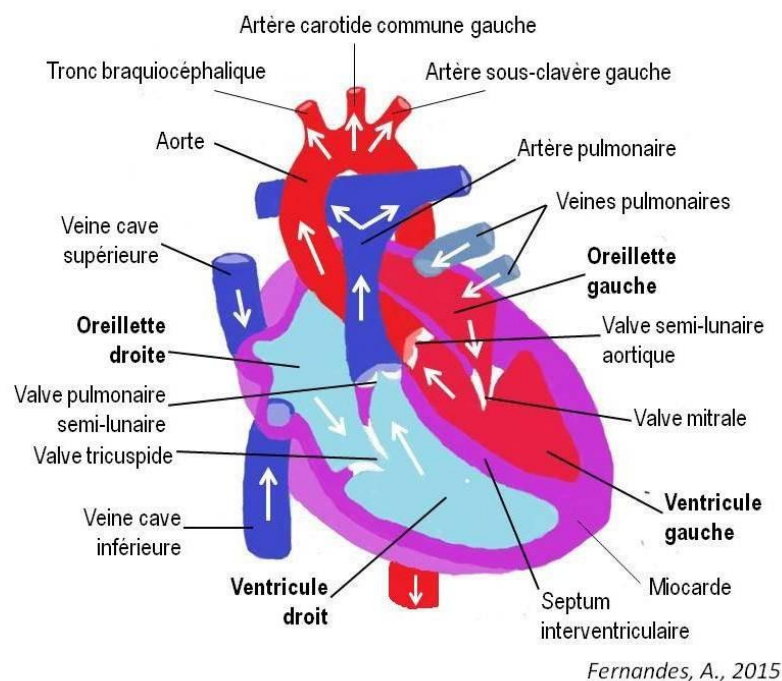


Figure 1: Schéma général du cœur

Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

I.2.1 Position anatomique:

Il se situe dans le thorax, au milieu du médiastin où il est partiellement recouvert par les poumons et antérieurement par le sternum et les cartilages des troisièmes, quatrièmes et cinquièmes côtes. Les deux tiers du cœur sont situés à gauche de la ligne passant par le milieu du corps. Il repose sur le diaphragme et est incliné en avant et à gauche de telle sorte que l'apex soit antérieur par rapport au reste du cœur.

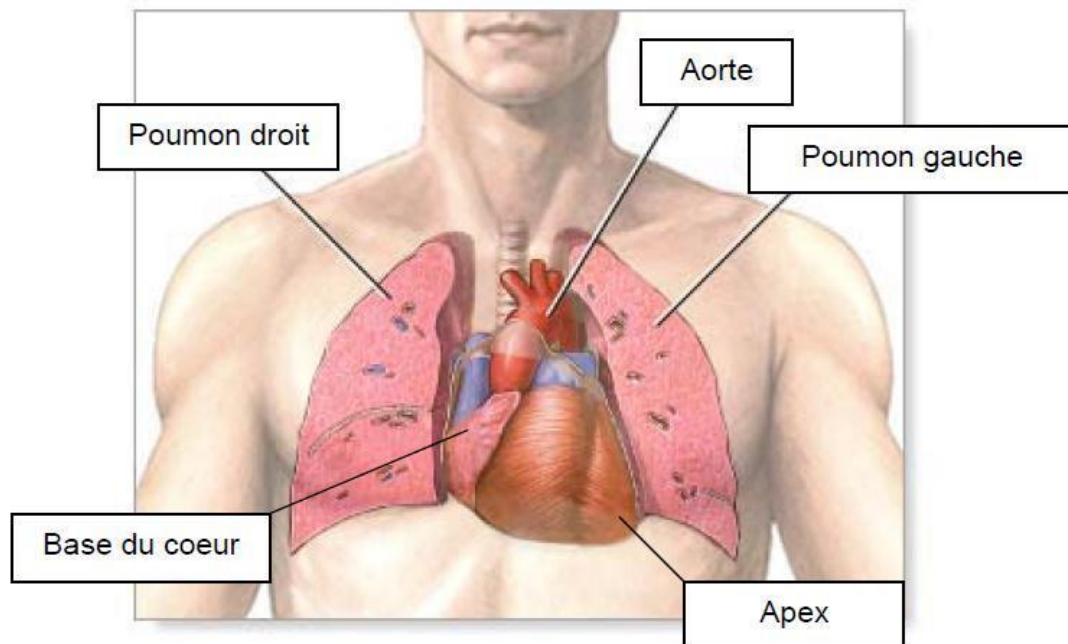


Figure 2: La position du cœur

Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

I.3 L'Electrocardiographie:

I.3.1 Le signal électrocardiogramme (ECG) :

Le signal électrocardiogramme ECG est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur. Ce signal électro physiologique est sous forme d'une série d'ondes électriques, aux formes et durées particulières, qui se répètent à chaque cycle cardiaque. En réalité, ces ondes traduisent les différents phénomènes mécaniques et électriques relatifs au parcours du potentiel d'action et dont les étapes sont successives comme illustré dans la figure 3.

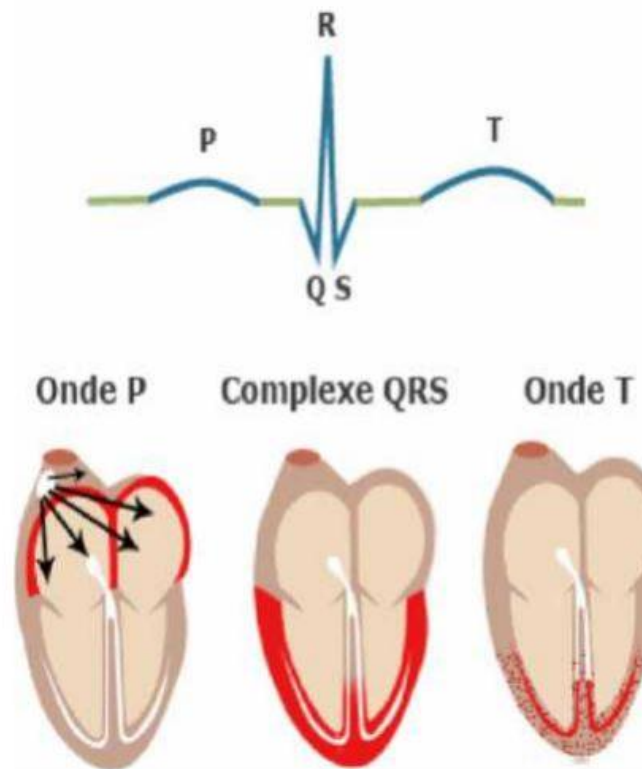


Figure 3: ondes du signal ECG



Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

➤ Les ondes de signal ECG :

L'onde P : C'est la première onde détectable. Sa masse musculaire relativement faible entraîne une variation de potentiel faible (moins de 0.25 mv).

Le complexe QRS : C'est un ensemble de déflexions positives et négatives qui correspondent à la contraction des ventricules. Pour un cas normal, il a une durée inférieure à 0.12 seconde et son amplitude variable est comprise entre 5 et 20 mV. Il est constitué de trois ondes:

L'onde Q : première déflexion négative

L'onde R : première déflexion positive

L'onde S : déflexion négative qui suit l'onde R

Sa forme est variable selon les dérivations utilisées (emplacement des électrodes)

L'onde T : Elle correspond à la repolarisation ventriculaire. Elle est normalement de faible amplitude et ne témoigne d'aucun événement électrique. Cette onde succède au complexe QRS après retour à la ligne isoélectrique

Chapitre I : généralité sur le système cardiovasculaire et l'électrocardiographie

I.3.2 Technique d'électrocardiographie:

➤ Définition :

L'électrocardiographie est une technique relativement peu coûteuse permettant, à l'aide d'un simple examen et sans danger, de surveiller le bon fonctionnement de l'appareil cardiovasculaire.

➤ Principe :

Le corps humain est considéré électriquement comme un conducteur. Par conséquent, les potentiels d'actions générés au niveau des fibres cardiaques lors de l'activité mécanique cardiaque peuvent être recueillis par des électrodes placées sur la surface de la peau. L'enregistrement graphique de cette activité électrique du cœur est appelé signal électrocardiogramme ECG. Les positions des électrodes utilisées pour le recueil du signal ECG sont connues par dérivations électro cardiographiques.

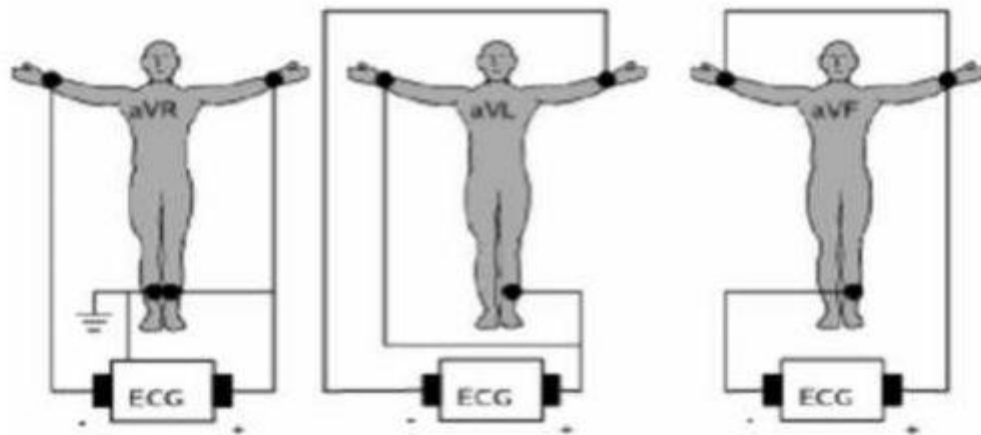


Figure 4: Technique d'ECG



CHAPITRE II : ETUDE ET REALISATION DE L'ELECTROCARDIOGRAMME

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

II.1 Introduction:

Le signal ECG recueilli par les électrodes, nécessite un circuit électronique pour sa mise en forme. Différents circuits peuvent être utilisés pour détecter, mettre en forme et traiter le signal ECG, l'ensemble de ces circuits constitue un électrocardiogramme.

II.2 Schéma synoptique:

La chaîne d'acquisition et de traitement choisie pour notre signal est constituée de plusieurs étages indispensables pour la mise en forme du tracé de l'ECG. Le schéma bloc choisi dans la détection du signal ECG est représenté dans la figure 5

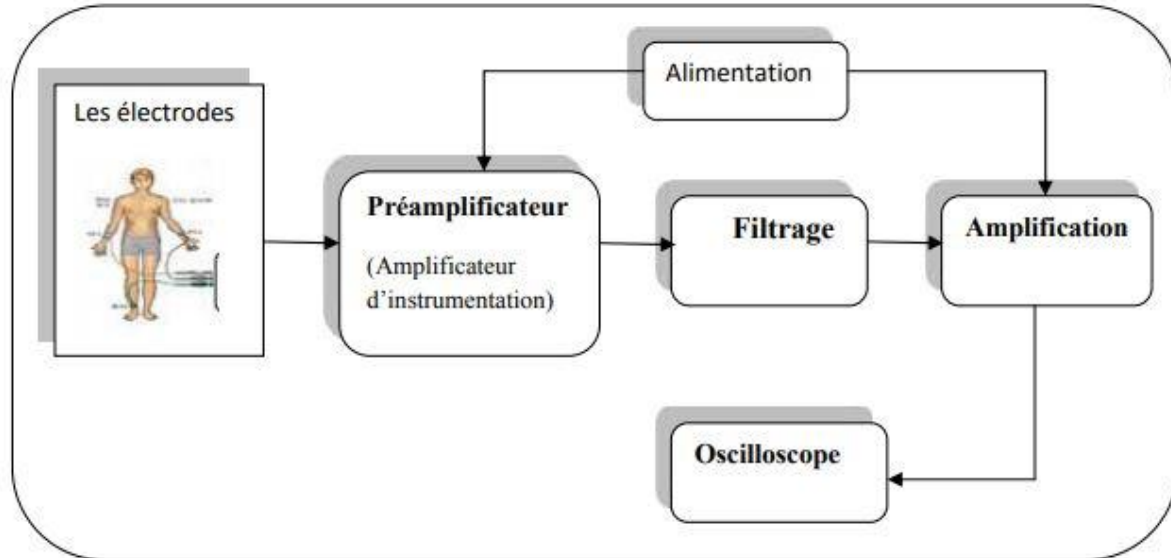


Figure 5: schéma bloc de l'électrocardiogramme.

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

II.3 Etude des différents blocs:

II.3.1 Alimentation:

Pour l'alimentation on a utilisé un générateur de fonction, pour avoir une tension continu de 5V et -5V



Figure 6: Générateur de fonction

II.3.2 Les électrodes:

Les capteurs utilisés pour l'acquisition de signal ECG sont des électrodes de mesure qui sont placées directement sur la peau (Figure 7). La plaque d'argent de l'électrode est couverte d'une couche de chlorure d'argent. Avant de placer les électrodes sur la peau, nous diffusons un électrolyte sur l'épiderme pour assurer une bonne conduction

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

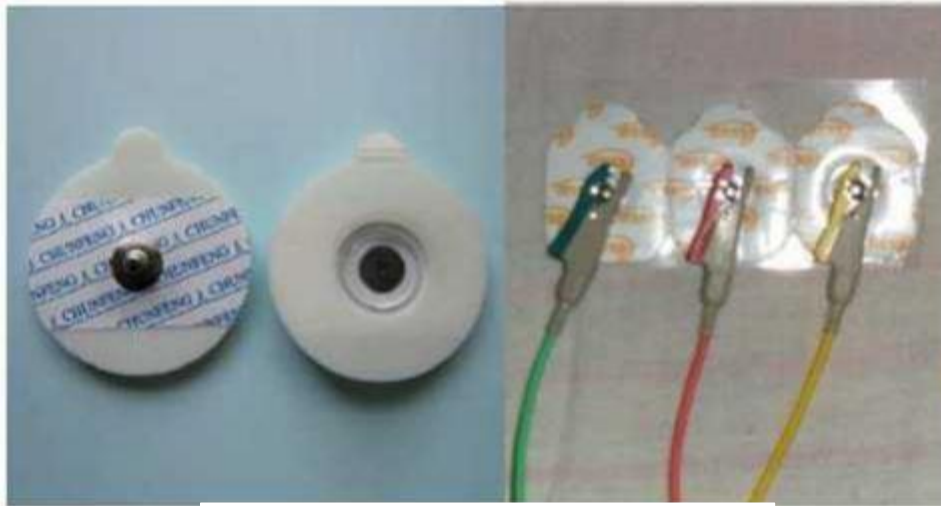


Figure 7: Les électrodes

Ces électrodes sont caractérisées par :

- Une aptitude à capter les basses amplitudes situées dans la gamme de 0,05mV à 10mV.
- Une impédance d'entrée très élevée.
- Un courant d'entrée très bas, inférieur à 1 mA.

II.3.3 Préamplificateur (Amplificateur d'instrumentation) :

L'amplitude du signal issu des électrodes est très faible, un amplificateur est alors nécessaire. Dans ce cadre notre choix s'est porté sur l'AD620

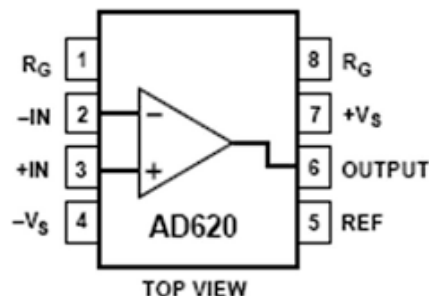


Figure 8 : L'amplificateur d'instrumentation AD62

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

Cet amplificateur présente les caractéristiques suivantes :

- Un gain G assez élevé (G allant de 1 à 10.000), ajustable par une seule résistance externe.
- Un taux de réjection en mode commun élevé.
- Une faible valeur d'offset

Le gain de l'AD620 est donné par l'équation ci-dessous.

$$G = \frac{49,4K}{R_g} + 1$$

Une résistance R_g fixée à 560 ohms permet d'avoir un gain acceptable de 90. Le circuit ci-dessous représente le brochage de ce circuit avec le patient :

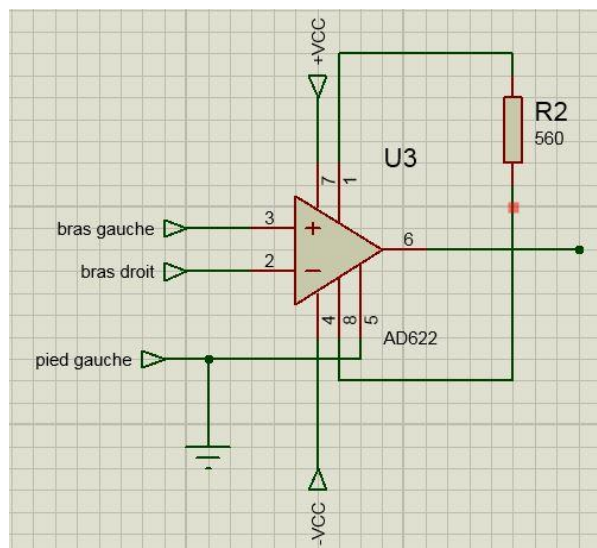


Figure 9 : L'amplificateur d'instrumentation AD620

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

II.3.4 Filtrage du signal :

Filtre passe-bas:

Le signal obtenu à la sortie de ce circuit est de très faible amplitude, de plus il est complètement noyé dans le bruit. A cet effet, un filtre passe-bas se révèle nécessaire afin de supprimer tous les bruits de haute fréquence. Il est connu que le contenu fréquentiel d'un signal ECG (pathologique ou normal) est inférieur à 150Hz. Par conséquent, un simple filtre passe-bas réalisé autour d'une fréquence de coupure $F_c=150\text{Hz}$ suffit.

Dans cette partie, un simple filtre passe-bas de type RC a été choisi. Sa fonction de transfert peut être donnée comme suit:

$$\frac{1}{2\pi RC} = 49\text{Hz}$$

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$\text{Pour } C = 1\mu\text{F et } R = 1\text{k}\Omega \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-3}} = 150\text{Hz}$$

Filtre passe haut:

Ce filtre permet de supprimer les bruits de basse fréquence ($<0,03\text{ Hz}$), dus à la respiration et le mouvement de l'électrode qui se traduit par une dérive de la ligne de base du signal ECG. A cet effet, un simple filtre passe-haut passif est prévu. La fonction de transfert $H(j\omega)$

$$\text{de ce filtre est donnée par : } H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

La fréquence de coupure de ce filtre est: $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

Donc pour $C = 1000\mu F$ et $R = 5,6k$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times 5,6 \times 10^{-3}} = 0,03Hz$$

Filtre rejeteur ou coupe-bande :

Ce filtre est utilisé pour supprimer le bruit de secteur de 50Hz. La structure de ce filtre est donnée comme suit :

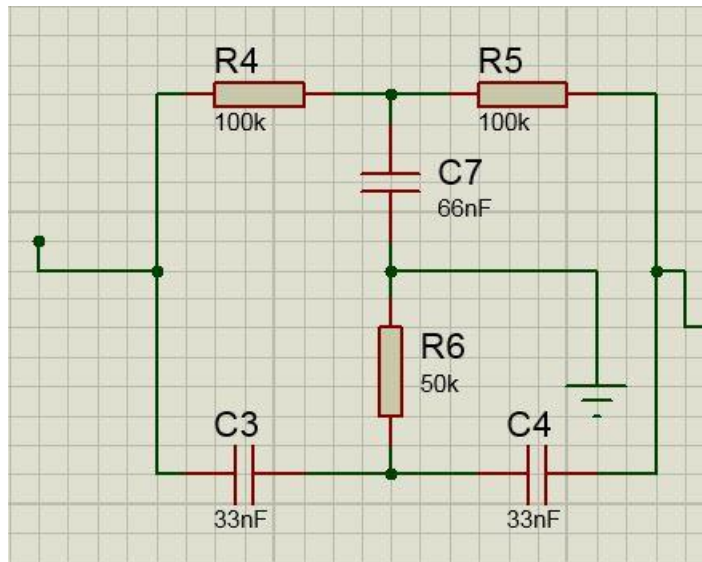


Figure 10 : Structure du filtre coupe-bande

La fréquence de coupure de ce filtre est : $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ avec $\omega_c = \frac{1}{RC}$

Dans cette structure, les différents composants doivent être pris comme suit :
 $C4 = C3$; $C7 = 2C3$; $R4 = R5$;

$$\text{Donc pour : } R4 = 100K \Rightarrow \frac{1}{2\pi RC} = 49Hz \Rightarrow C1 = 33nF$$

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

II.3.5 Amplification:

Après l'opération de filtrage, le signal perd un peu d'amplitude. A cet effet, une deuxième opération d'amplification est recommandée. Un simple amplificateur non inverseur est réalisé utilisant l'amplificateur opérationnel lm 741

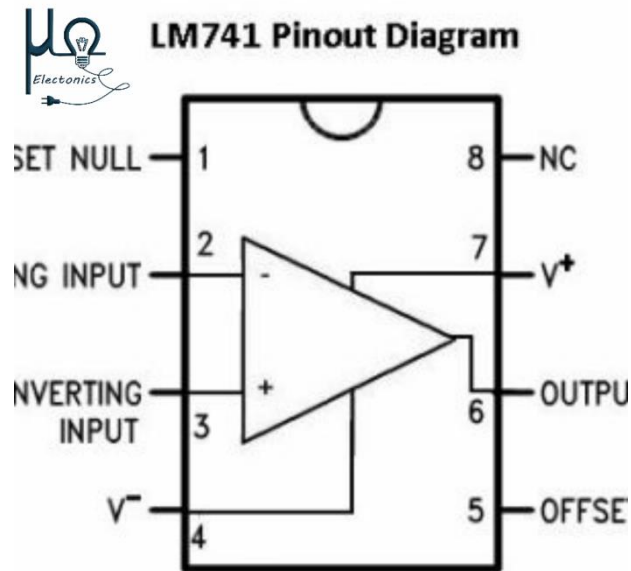
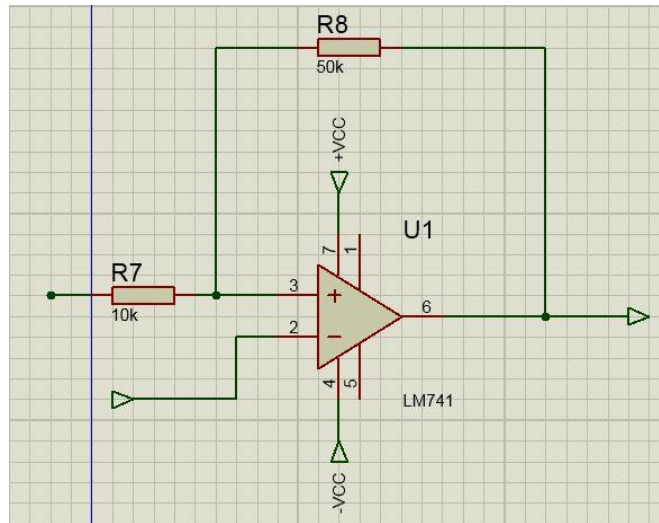


Figure 11 : Amplificateur opérationnel lm741

Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

Nous allons maintenant câbler le LM741 afin qu'il fournisse une amplification d'un facteur 6. Le circuit est illustré sur la figure ci-dessous :



**Figure 12 : Structure du Amplificateur
non inverseur**

II.4 Fonctionnement:

Les étapes fondamentales réalisant la détection et le conditionnement du signal ECG sont les suivantes:

1. Détection du signal.
2. Préamplificateur (amplification d'instrumentation « AD620 »).
3. Filtrage (filtre passe bas / filtre passe haut / filtres de notch de 50Hz).
4. Amplification (lm741).



Chapitre II : Etude et réalisation de l'électrocardiogramme

- La détection du signal se fait par le biais de trois électrodes. Les électrodes sont choisies gélifiées de manière à assurer une bonne connectivité entre les électrodes, les câbles et le montage pour limiter le bruit.
- Les signaux détectés par les électrodes parviennent à un amplificateur d'instrumentation (AD620) qui amplifiera la différence.
- La sortie de l'AD620 est ensuite filtrée par un filtre passe-haut qui atténue les fréquences inférieures à sa fréquence de coupure f_c , et conserve uniquement les hautes fréquences.
- Ensuite filtrée par un filtre passe-bas qui atténue les fréquences supérieures à sa fréquence de coupure f_c , et conserve uniquement les basses fréquences. En fin supprimer le bruit de secteur de 50Hz avec le filtre de notch.
- Une fois le signal est filtré, il sera amplifié par un amplificateur non-inverseur (lm741).

II.5 Conclusion:

Dans ce chapitre, on s'est intéressé à la description des différents étages électroniques permettant la réalisation d'un circuit électronique qui permet de détecter l'activité cardiaque. Cette étude va nous permettre de faire le meilleur choix des circuits, le développement et la réalisation de notre électrocardiographe.



CHAPITRE III : DEVELOPPEMENT ET REALISATION DE L'ELECTROCARDIOGRAMME

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

III.1 Introduction :

Dans le chapitre précédent nous avons présenté les différents étages électroniques de notre réalisation. Dans cette partie, nous allons présenter la réalisation pratique du système.

III.2 Schéma Electrique:

La figure 13 représente le schéma électrique global de notre système. Nous l'avons réalisée avec le logiciel Proteus 8 Professional.

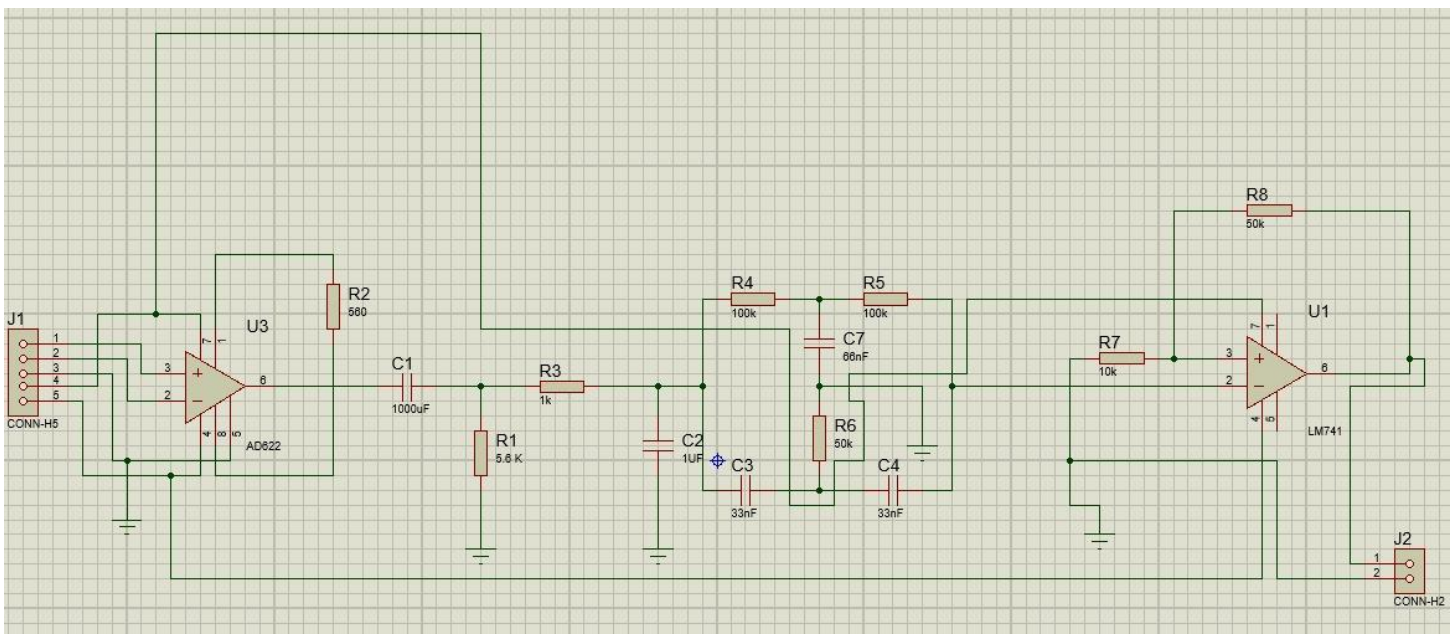


Figure 13 : le schéma électrique d'ECG.

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

III.3 Schéma d'implantations des composants et circuits imprimés:

Les différents schémas d'implantations et les circuits imprimés des composants sont illustrés par les Figures 14 et 15.

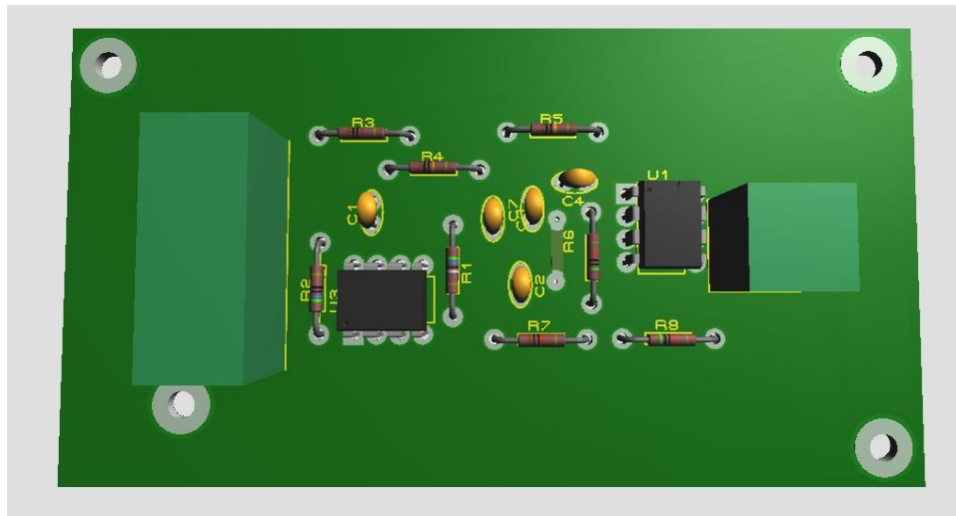


Figure 14 : Schéma d'implantation des composants

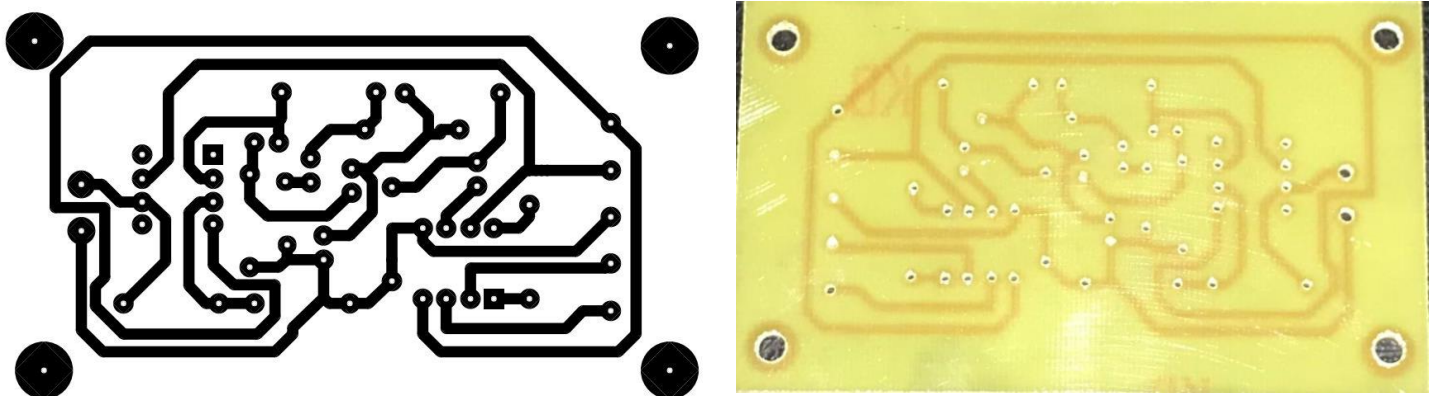


Figure 15 : Circuit imprimé des composants.

.Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

Il est important de prendre un ensemble de précautions pour garantir le bon fonctionnement du système

- Une fois le circuit réalisées, il est obligatoire de les vérifier tous les connexions. Ceci se fait à l'aide d'un multimètre en mode "sonnette".
- Il faut que la soudure des composants soit faite étage après étage. Si c'est bon, on passe au deuxième étage. Si non il faut revoir juste cette partie soudée. Comme cela on peut gagner beaucoup de temps en cas de défaillance.
- Lors de la soudure, il est préférable de ne pas insérer les circuits intégrés dans leurs supports sous peine de les détériorer.
- Lors de la première mise sous tension de la plaque, ne pas installer les circuits intégrés sous peine de les détériorer dans le cas d'un éventuel court-circuit dû à une mauvaise connexion. Une fois le montage alimenté, on remarque qu'il n'y a pas d'échauffement anormal des composants. Avec un multimètre on pourra vérifier que tous les points de mise à la masse sont effectivement à la masse. On pourra vérifier également la présence d'alimentation.

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

La figure ci dessous représente le circuit imprimé d'électrocardiogramme ECG :



**Figure 16 : le circuit imprimé
d'électrocardiogramme ECG**

.Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

✓ Nomenclatures :

Les différents composants que nous avons utilisés pour la réalisation de la carte sont cités ci- dessous :

Type	Composant
Semi-conducteurs	IC1 : AD622 IC2 : LM741
Résistances	R1= 5.6 k Ω R2= 560 Ω R3= 1 k Ω R4= 100k Ω R5= 100 k Ω R6= 50 k Ω R7= 10 k Ω R8= 50 k Ω
Condensateurs	C1 = 1000 uF C2 = 1 uF C3 = 33 nF C4 = 33 nF C5 = 66 nF

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

III.4 Tests de fonctionnement des différents étages du circuit :

III.4.1 Tester l'étage d'amplificateur d'instrumentation :

La figure ci-dessous présente le résultat à la sortie du l'amplificateur d'instrumentation AD620

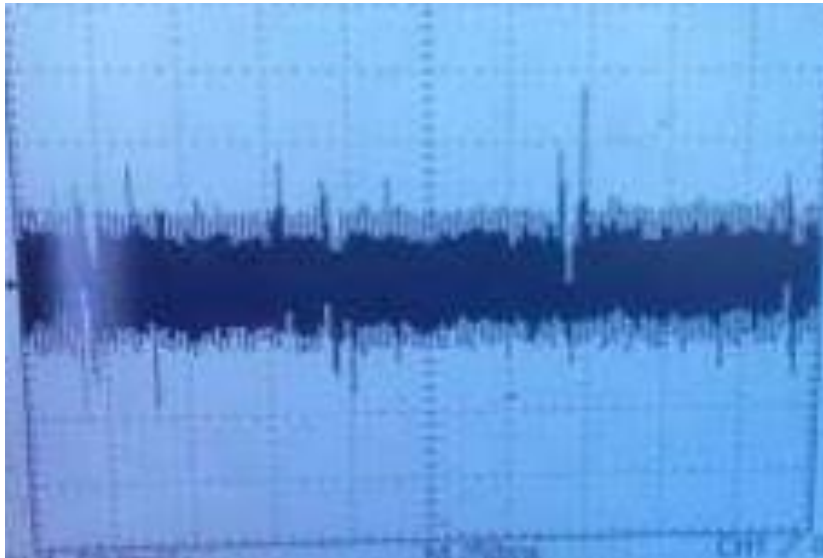


Figure 17 : Résultat à la sortie de l'AD620.

III.4.2 Tester le premier filtre (filtre passe haut) :

La Figure 18 ci-dessous présente le résultat à la sortie du filtre passe haut.

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

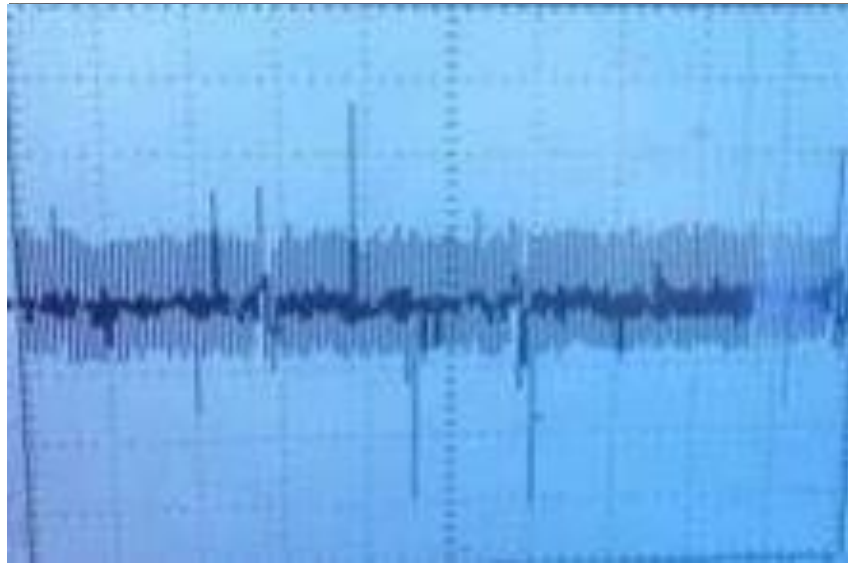


Figure 18 : Résultat à la sortie du filtre passe haut

III.4.3 Tester le deuxième filtre (filtre passe bas):

La Figure 19 ci-dessous présente le résultat à la sortie du filtre passe bas.

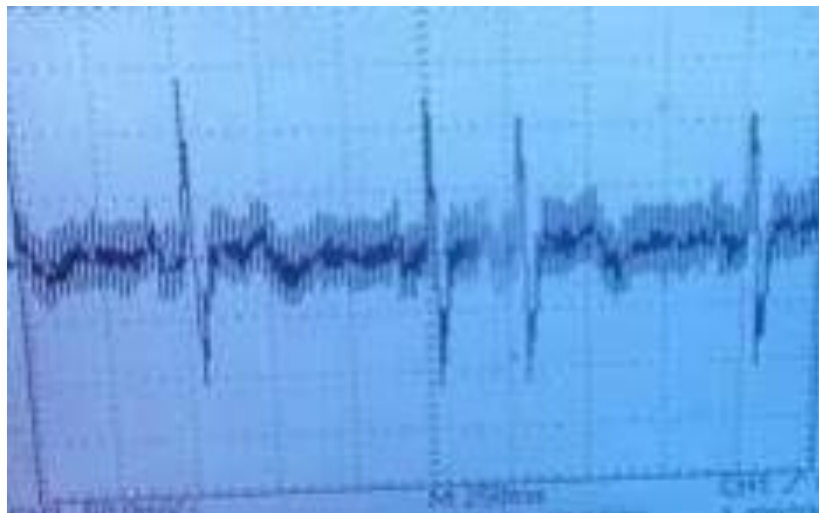
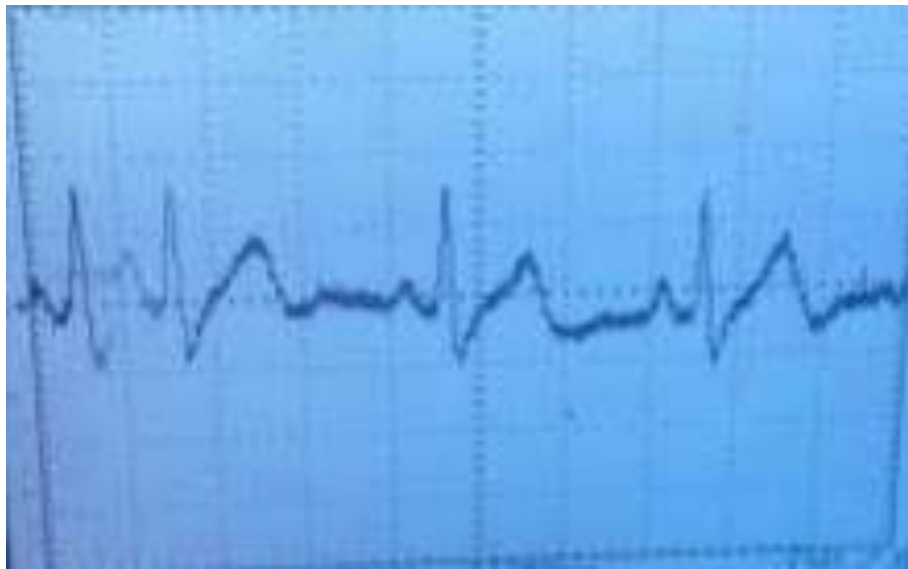


Figure 19 : Résultat à la sortie du filtre passe bas

Chapitre III : Développement et réalisation de l'électrocardiogramme

III.4.4 Tester le troisième filtre :

La Figure 20 ci-dessous présente le résultat à la sortie du filtre du notch 50Hz.



**Figure 20 : Résultat à la sortie du
filtre de notch**

On remarque clairement sur la figure 20 que le signal ECG est bien détecté. Les différentes ondes telles que l'onde P, le complexe QRS et l'onde T sont clairement visibles ; Aussi le rythme cardiaque peut être facilement déterminé.

CONCLUSION

Le signal électrocardiogramme (ECG) est très largement utilisé comme l'un des outils les plus importants dans la pratique clinique afin d'évaluer l'état cardiaque des patients, à l'aide des électrodes placées à la surface du corps. Un électrocardiographe permet de détecter, mettre en forme, traiter et visualiser les variations de l'activité électrique du cœur en fonction du temps. L'objectif de ce mémoire est la réalisation d'un électrocardiographe. Afin de mener à bien cette réalisation, nous avons étudié et puis réaliser les différents blocs et circuits constituant ce dispositif (circuit d'électrodes, amplificateur d'instrumentation, filtrage, amplification et bien d'autres).