

Table des matières

Remerciement.....	i
Dédicaces	ii
Résumé	iv
Table des matières	vi
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	xi
Glossaire	xii
Introduction générale	1

Chapitre 01 : Le cœur et la Phonocardiographie.

1. Introduction	4
2. Le cœur humain	4
2.1. L'anatomie du cœur humain	4
2.2. Situation	4
2.3. Description extérieure	5
2.4. Anatomie interne	6
2.5. L'activité électrique du cœur	6
2.6. Le cycle cardiaque	6
2.6.1. La systole ventriculaire	7
2.6.1. La diastole ventriculaire	7
2.7. Les valves	9
3. Les sons et les souffles du cœur.	9
3.1. Les sons du cœur	10
3.2. Les souffle du cœur	10
3.2.1. Les souffles systoliques	11
3.2.2 Les souffles diastoliques	14
4. Le Phonocardiogramme	15
5. Conclusion	16

Chapitre 02 : Aperçu sur la Télémédecine.

1. Introduction... ..	17
2. Télémédecine : La médecine favorisée par les TICs	17
2.1. Définition	17
2.2. L'historique	19
2.3. Les actes de la Télémédecine	21
2.4. Les enjeux et les apports de la Télémédecine	21
2.5. Les freins au développement	22
2.6. Description d'une plateforme de Télémédecine	23
3. La Télésurveillance	24
3.1. Définition	24
3.2. Les différents types de la Télésurveillance médicale	25
3.3. L'objectif	25
3.4. Principe	26
3.5. Les enjeux de la Télésurveillance	27
4. Conclusion	28

Table des matières

Chapitre 03 : Réseaux, protocoles et technologies.

1. Introduction	30
2. Qu'est-ce qu'un réseau médical ?	30
2.1. Description du Réseau médical	30
2.2. Types de réseaux médicaux	30
2.3. Les objectifs des réseaux de santé	31
3. Les Standards pour les communications mobiles	31
3.1. Réseaux sans fils	31
3.2. Réseaux d'accès radio mobiles	32
3.3. Le modèle TCP/IP	33
3.3.1. Représentation du modèle TCP/IP	34
3.3.2. Caractéristiques du TCP /IP...	35
3.4. Les protocoles des Réseaux Internet	36
4. Architecture Client/serveur	37
4.1. Fonctionnement d'un système client/serveur	37
4.2. Les avantages de l'architecture client/serveur	37
4.3. Les inconvénients du modèle client/serveur	38
5. Conclusion	39

Chapitre 04 : La Réalisation de la plateforme « e-Heart Care».

1. Introduction	40
2. L'espace de travail	40
2.1. Visual Studio	40
2.2. Matlab	41
2.3. MySQL	41
3. La topologie de travail	41
3.1. Topologie par l'utilisation du LAN	42
3.2. Topologie par l'utilisation du WAN	42
4. La description de notre plateforme	43
4.1. Représentation	44
4.1.1. Coté serveur	44
4.1.2. Coté Client	48
4.2. Les connexions	50
4.2.1. La connexion MySQL avec le VB.net	50
4.2.2. La connexion Matlab avec MySQL	50
4.3. Le traitement numérique du PCG	52
4.3.1. Prétraitement du signal PCG :	53
4.3.2. Segmentation du PCG :	53
4.3.2.1. Détection d'enveloppe	55
4.3.2.2. Le seuillage	56
4.3.2.3. Identification des bruits S1 et S2	56
4.3.2.4. Séparation des bruits cardiaques	57
4.3.3. Les Résultats et discussion	59
5. Conclusion	60
Conclusion générale	61

Liste de figures

Figure.1.1 L'anatomie du cœur	4
Figure.1.2 la position du cœur.....	5
Figure.1.3 Sillons auriculo-ventriculaire et inter-ventriculaire	5
Figure.1.4 Etat des valves lors d'un cycle cardiaque	8
Figure.1.5 les différentes valves du cœur	9
Figure.1.6 Fonctionnement d'une valve cardiaque	9
Figure.1.7 (a) : valve aortique, (b) : représentation du signal PCG de la SA	11
Figure.1.8 (a) : Insuffisance mitrale, (b) : représentation du PCG de l'IM	12
Figure.1.9 Représentation du PCG d'insuffisance tricuspидienne de faible intensité positionnée au milieu du régime systolique	13
Figure.1.10 Représentation du PCG d'insuffisance d'un rétrécissement pulmonaire ..	13
Figure.1.11 (a) : valve aortique, (b) : Représentation du PCG d'insuffisance aortique ...	14
Figure.1.12 (a) : valve mitrale, (b) : Représentation du PCG de la sténose mitrale	15
Figure.1.13 Phonocardiographie Cardiosim IV.....	16
Figure.1.14 La représentation des bruits cardiaques	16
Figure.2.1 Systèmes en couches (a):le premier électrocardiogramme transmis via une voie téléphonique en 1905 par Willem Einthoven, (b) : la première opération chirurgicale réalisée à distance ; entre les Etats-Unis et Strasbourg en France	20
Figure.2.2 Plateforme des services de la Télémédecine	24
Figure.2.3 Système d'information de la Télésurveillance médicale à domicile	26
Figure.3.1 Classification des différents réseaux de communication	34
Figure.3.2 Systèmes en couches ; (a) : Modèle de référence OSI, (b) : Modèle TCP/IP ..	35
Figure.3.3 Principe de fonctionnement d'un système Client/Serveur	37
Figure.4.1 Topologie 01 utilisant LAN ; (a) : Illustration du réseau LAN câblé, (b) : Illustration du réseau LAN sans fil	42
Figure.4.2 Topologie 02 utilisant WAN	43
Figure.4.3 Le cycle de notre Plateforme	43
Figure.4.4 Notre Base de données	44
Figure.4.5 Authentification	45
Figure.4.6 Menu Principal	45
Figure.4.7 Gestion du patient	46

Liste de figures

Figure.4.8 Résultats et interprétation	47
Figure.4.9 Serveur distant	47
Figure.4.10 Login du Client	48
Figure.4.11 Interface du Patient	49
Figure.4.12 Paramètres et réglage de la webcam	50
Figure.4.13 Connexion MySQL avec Matlab	51
Figure.4.14 Système automatique d'analyse des signaux PCGs	52
Figure.4.15 Représentation énergétiques temporelles du signal $S(t)=t$	52
Figure.4.16 Filtrage du signal PCG tel que ; (a) : PCG normal, (b) : PCG filtré	53
Figure.4.17 Décomposition di signal $s(t)$ en une composante rapide $d(t)$ et une lente $a(t)$	54
Figure.4.18 Détection d'enveloppe d'Hilbert superposée sur le signal PCG	56
Figure.4.19 La segmentation du signal PCG	57
Figure.4.20 Les résultats obtenus pour l'identification des bruits S1 et S2	57
Figure.4.21 Enveloppe du signal PCG avec un seuil de 80%	58
Figure.4.22 Séparation des bruits cardiaques S1 et S2 du PCG normal	58
Figure.4.23 Les résultats de la segmentation	59

Liste des tableaux

Tab.1.1 : Illustration du fonctionnement des chambres et des valves cardiaques durant la phase systolique 7

Tab.1.2 : Illustration du fonctionnement des chambres et des valves cardiaques durant la phase diastolique..... 8

Tab.4.1 : Resultats obtenus 58

Glossaire

A

AS : Aortic Stenosis.

ASD: Atrial Septal Defect.

B

BDD : Base de données.

E

ECG : ElectroCardioGramme.

EMD : Empirical Mode Decomposition.

I

IDE : Environnement de développement intégré.

IM : insuffisance mitrale.

IP : Internet Protocol.

IMF : Fonctions Modales Intrinsèques.

L

LAN: Local Area Network.

N

NAV : nœud auriculo-ventriculaire.

NTIC: Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

O

ODBC : Open Database Connectivity.

OS : Operating System.

OSI : Open Systems Interconnection.

S

S1 : sons cardiaque 1.

S2 : sons cardiaque 2.

SA : Sténose Aortique.

SQL : Structured Query Language.

T

TCP : Transport Control Protocol.

TH : Transformée d'Hilbert.

U

UDP : User Datagram Protocol.

P

PCG : Phonocardiogramme.

Glossaire

PHP: Hypertext Preprocessor.

W

WAMP : Windows Apache MySQL PHP.

WAN : Wide Area Network.

Wi-Fi : Wireless Fidelity.

Rapport-Gratuit.com

Introduction générale

« Aujourd’hui, les technologies de l’information et de la communication offrent de nombreuses possibilités dans le domaine de la médecine. Ce travail s’inscrit à la frontière entre l’informatique et la médecine, et s’attardera plus particulièrement sur l’auscultation, une pratique encore peu exploitée par la télémédecine. » [1]

L’étude des bruits générés par le corps humain est déjà décrite dans un papyrus de l’Egypte ancienne, au 17^e siècle avant J.-C. Ce document décrit les signes audibles de la maladie dans le corps.

Au 16^e siècle, le célèbre médecin Ambroise Paré écrit « s’il y a des matières ou d’autres humeurs dans le thorax, on peut entendre un bruit de gargouillis similaire à celui d’une bouteille à moitié pleine ».

L’éminent scientifique William Harvey, décrit dans son exposé publié en 1616 la structure et la fonction du cœur, il mentionne le mouvement du cœur comme « deux claquements d’un soufflet » et que « à chaque mouvement du cœur, quand il délivre une quantité de sang dans les veines ou des artères, une impulsion a lieu et peut être entendu dans la poitrine ».

François Joseph Double décrit cette pratique de l’auscultation dans son traité de Séméiologie. Mais très rapidement, cette technique d’auscultation ‘immédiate’ sera reléguée au rang des pratiques obsolètes par l’invention de l’auscultation ‘médiante’ et du stéthoscope par le Dr Laennec. [2]

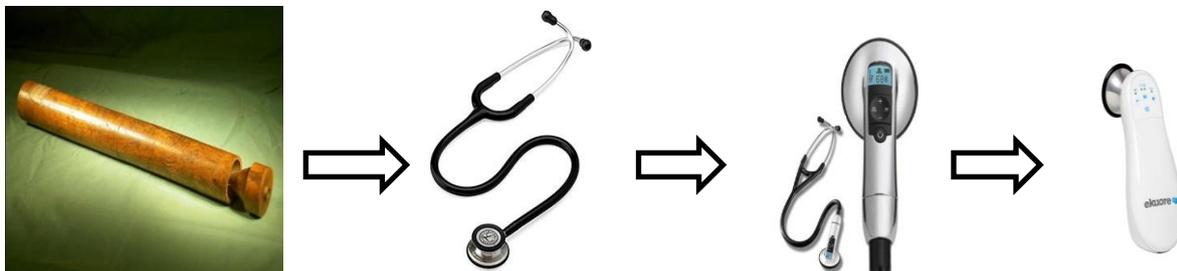


Figure.1 : L'évolution d'outils d'auscultation (Stéthoscope).

Introduction générale

L'auscultation est une méthode clinique standard utilisée comme un premier diagnostic pour détecter un trouble de rythme cardiaque en utilisant le stéthoscope afin de distinguer les différents bruits cardiaques : S1, S2, S3, S4 ainsi que des souffles cardiaques.

Le diagnostic de l'insuffisance cardiaque repose avant tout sur la présence de symptômes évocateurs. Le médecin dispose d'outils techniques non- invasifs qui lui permettent de le confirmer.

- L'**électrocardiogramme** met en évidence les anomalies du rythme cardiaque et les stigmates d'accidents cardiaques plus anciens
- La **radiographie** du thorax peut montrer une dilatation du cœur ou une atteinte des poumons associée ou non à la maladie cardiaque.
- L'**échocardiographie-Doppler** est certainement l'examen de choix. Elle permet pour repérer des problèmes de rythme cardiaque
- Un **cathétérisme cardiaque** permet d'étudier les artères coronaires ou la fonction des valves cardiaques. Cet examen n'est pas toujours indispensable au diagnostic mais peut orienter le traitement.

Toutefois, l'inconvénient majeur de ces techniques c'est la difficulté de les manipuler et le prix élevé d'une part et la fiabilité d'une autre part. Dans ce sens ,il est indispensable de trouver un nouveau moyen ou bien de développer une nouvelle technique d'information et de communication (NTIC) complémentaire pour optimiser la qualité des soins par une rapidité collégiale des échanges médicaux au profit de patients dont l'état de santé nécessite une réponse adaptée, rapide quelle que soit leur situation géographique est base sur la **Télémédecine**.

Notre objectif de recherche est la création d'une nouvelle application basée sur l'architecture client-serveur, capable à manipuler les différentes informations médicales via le réseau sans fil, à partir de la mise en œuvre d'outils d'enregistrement, le traitement, jusque l'analyse des sons auscultatoires. Une interface homme-machine évoluée est également étudiée.

L'application réalisée s'intéresse plus particulièrement au patient, le soutien psychologique pour le suivi des pathologies cardiaques chroniques, ainsi que les soins à domicile après

Introduction générale

hospitalisation. Il a également une vocation d'assistance autonome pour des pathologies : (le malade pourra suivre quotidiennement son état de santé, détecter très en amont la survenue prochaine d'une crise).

Dans ce contexte, ce travail sera organisé de la manière suivante :

- **Le premier chapitre** présentera un aperçu sur le fonctionnement général du système cardiovasculaire et le phono cardiogramme (**PCG**). Nous mettrons en exergue les définitions de différentes valvulopathies existantes et leurs caractéristiques, ainsi que l'intérêt de la Télémédecine.

- **Le deuxième chapitre** sera consacré au concept de base de la télémédecine et ses différents domaines en particulier la télésurveillance en cardiologie.

- **Le troisième chapitre** présentera un aperçu sur le réseau médical et ses types, le modèle TCP, les différents protocoles utilisés, ainsi que l'architecture client-serveur.

- Le travail présenté dans **le quatrième chapitre**, met en relief l'importance des réseaux télé médicaux basés sur l'architecture client-serveur ainsi qu'une étude détaillée sur le traitement numérique du signal **PCG**.

- Enfin nous terminons notre travail par une **conclusion générale** avec quelques **perspectives** envisagées.

1. Introduction :

Ce chapitre préliminaire fournira des notions fondamentales sur le système cardiovasculaire, les principaux éléments anatomiques du cœur, une bonne partie est accordée à la définition des différents sons cardiaques, en citant lesquels sont pathologiques et lesquels sont des cas sains. A la fin l'accent sera mis sur le principe de la phonocardiographie PCG comme étant un aspect pour le visionnement et le diagnostic des maladies cardiaques.

2. Le cœur humain :

2.1. L'anatomie du cœur humain :

Le cœur (Figure.1) est un muscle qui se contracte sans cesse, dès les premiers mois de notre conception jusqu'à notre mort. Il a pour fonction de pomper et propulser le sang vers tous les organes de notre corps. Il pompe environ 5 litres de sang à la minute. [3]

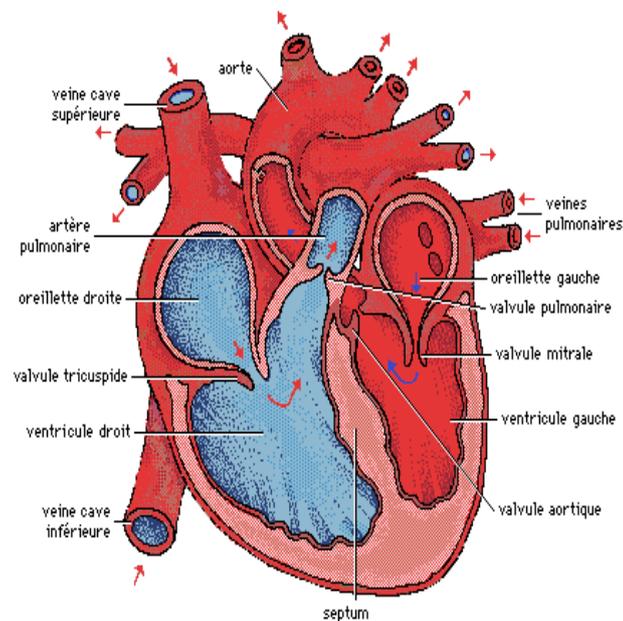


Figure.1.1 : L'anatomie du cœur. [4]

2.2. Situation :

Le cœur se situe sur la poitrine entre les poumons et derrière le sternum au-dessus du diaphragme. Sa taille est environ celle d'un poing. Son centre est situé à environ 1.5 cm à gauche du plan sagittal médian. Situés au-dessus du cœur sont les grands vaisseaux: la veine cave supérieure et inférieure, l'artère pulmonaire et la veine, ainsi que l'aorte. La crosse de

l'aorte se trouve derrière le cœur. L'œsophage et la colonne vertébrale se situent loin derrière le cœur. [5]

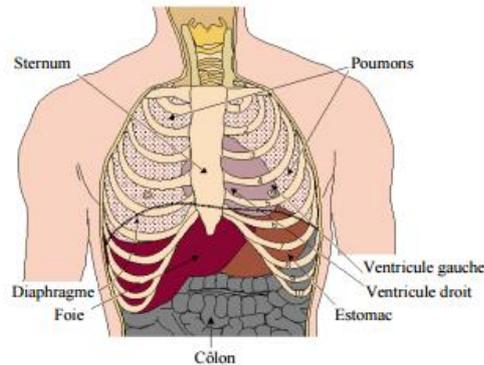


Figure.1.2 : La position du cœur. [6]

2.3. Description extérieure :

Le cœur est un muscle, brun rouge, qui pèse environ 250 g chez l'adulte, Il a la forme d'une pyramide triangulaire dont le sommet est en bas, à gauche et en avant ; la base regarde en haut, en arrière et à droite ; son grand axe est oblique en bas, en avant et à gauche.

Les trois faces sont antérieure, inférieure et latérale gauche. Elles sont parcourues par deux sillons profonds :

- Le sillon auriculo-ventriculaire, dans le plan perpendiculaire au grand axe du cœur, sépare le massif auriculaire en arrière, des ventricules plus antéro-inférieurs,
- Le sillon inter-ventriculaire, puis interauriculaire perpendiculaire au précédent. Il correspond au plan de séparation entre cœur droit et cœur gauche.
- Les sillons contiennent de la graisse et les branches principales des vaisseaux coronaires.[7]

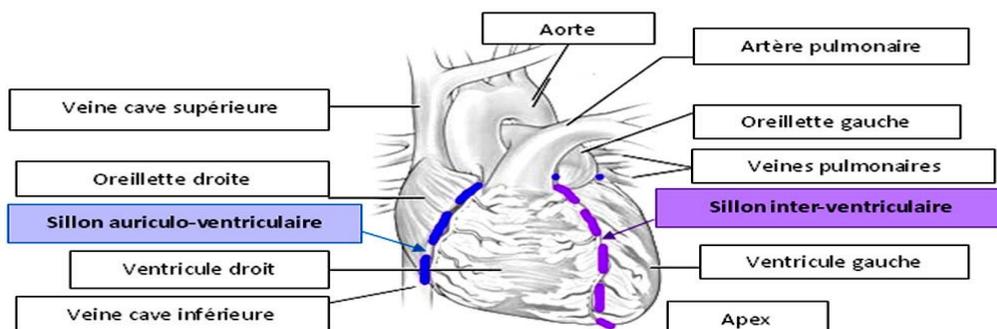


Figure.1.3 : Sillons auriculo-ventriculaire et inter ventriculaire. [7]

2.4. Anatomie interne :

Le cœur est divisé en 4 cavités par une cloison verticale et une cloison horizontale : 2 cavités supérieures : les **oreillettes** et 2 cavités inférieures : les **ventricules**. Les deux oreillettes sont séparées par le **septum inter auriculaire** (situé en profondeur du sillon interauriculaire). Les deux ventricules sont séparés par le **septum inter ventriculaire** (situé en profondeur du sillon inter-ventriculaire). Les oreillettes communiquent aux ventricules par les orifices auriculo-ventriculaires. On distingue ainsi un cœur droit constitué d'une oreillette et d'un ventricule droits communiquant par un **orifice tricuspide** et un cœur gauche constitué d'une oreillette et d'un ventricule gauche communiquant par un **orifice mitral**. [7]

La paroi cardiaque est constituée de trois couches : l'endocarde, le myocarde et l'épicarde.

- L'épicarde : c'est la couche extérieure, elle est mince et contient les vaisseaux coronaires.
- Le myocarde : est la couche musculaire du milieu qui contracte le cœur.
- L'endocarde : est la couche la plus interne, qui tapisse les surfaces intérieures des cavités cardiaques et les valves. C'est aussi là où les fibres de Purkinje sont situées. [23]

2.5. L'activité électrique du cœur :

La contraction du muscle cardiaque (ou myocarde) a pour origine la propagation d'une onde électrique qui excite les cellules musculaires dans un ordre bien établi afin que la contraction soit la plus efficace possible. Le système spécialisé d'excitation/conduction électrique comprend le nœud sinusal, les voies spécialisées inter nodales, le nœud auriculo-ventriculaire (NAV), le faisceau de His, appelé nœud pacemaker dominant du cœur, les branches droite et gauche et les fibres de Purkinje. [5]

2.6. Le cycle cardiaque :

L'activité électrique périodique sus-décrite engendre l'activité mécanique du cœur, dominée par la contraction puis la relaxation des ventricules. La succession d'une systole ventriculaire et d'une diastole ventriculaire forme un cycle cardiaque. [7]

2.6.1. La systole ventriculaire :

La contraction des deux ventricules est synchrone et dure environ un tiers de seconde au repos. Son début coïncide avec la fermeture des valves auriculo-ventriculaires suivie de l'ouverture des sigmoïdes aortiques et pulmonaires. Pendant la systole, les pressions intra-ventriculaires augmentent fortement, ce qui permet l'éjection du sang du ventricule droit vers l'artère pulmonaire et celle du sang du ventricule gauche vers l'aorte. Les valves auriculo-ventriculaires étant fermées, il n'y a pas de reflux vers les oreillettes. [7]

	Au début	Au cours	A la fin
Les atriums	Vides	Remplissage	Remplis
Valves mitrale tricuspide	Ouvertes	Fermées	Fermées
Les ventricules	Remplis	Vidange	Vides
Valves pulmonaire aortique	Fermées	Ouvertes	Ouvertes
Direction du sang		Les ventricules pompent du sang dans les artères et l'aorte ; les veines pompent du sang dans les atriums.	

Table.1. 1. Illustration du fonctionnement des chambres et des valves cardiaques durant la phase systolique.

2.6.2. La diastole ventriculaire :

Pendant cette phase, les pressions intra-ventriculaires deviennent plus faibles que celles des oreillettes. Les valves auriculo-ventriculaires s'ouvrent alors qu'au contraire, les sigmoïdes aortiques et pulmonaires se ferment. Le sang provenant du retour veineux par les oreillettes peut alors remplir les ventricules, sans que le sang déjà éjecté n'y reflue. La durée de la diastole est normalement plus longue que la systole, mais se raccourcit lorsque la fréquence cardiaque s'accélère.

En fin de diastole, la contraction des oreillettes (systole auriculaire) contribue au remplissage ventriculaire. [7]

Chapitre 01 : Le cœur et la phonocardiographie

	Au début	Au cours	A la fin
Les atriums	Remplis	Vidange	Vides
Valves mitrale et tricuspide	Fermées	Ouvertes	Ouvertes
Les ventricules	Vides	Remplissage	Remplis
Valves pulmonaire aortique	Ouvertes	Fermées	Fermées
Direction du sang		Les atriums pompent du sang dans les ventricules.	

Table.1.2 : Illustration du fonctionnement des chambres et des valves cardiaques durant la phase diastolique.

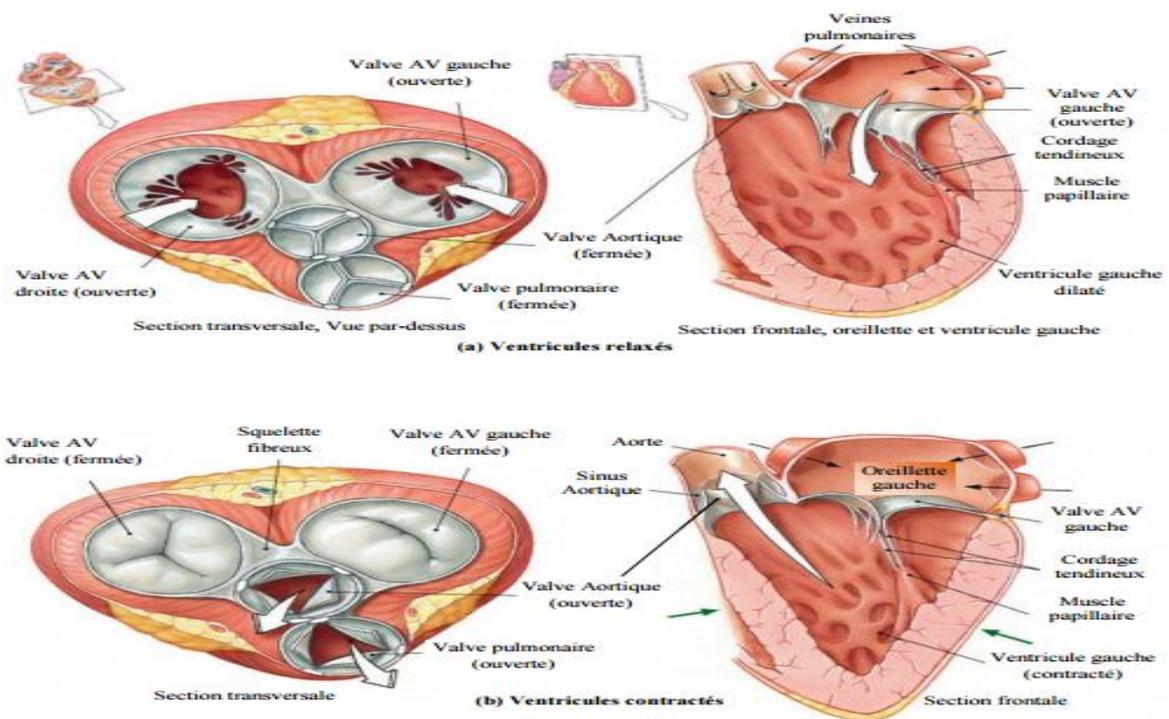


Figure.1.4 : Etat des valves lors d'un cycle cardiaque. [8]

2.7. Les valves :

Comme une pompe à eau et pour assurer le pompage du sang dans la bonne direction, le cœur possède aussi ses propres valves internes dont un petit problème ou désordre de ces dernières, peut affecter le fonctionnement du cœur ou entraîner une maladie. [17]

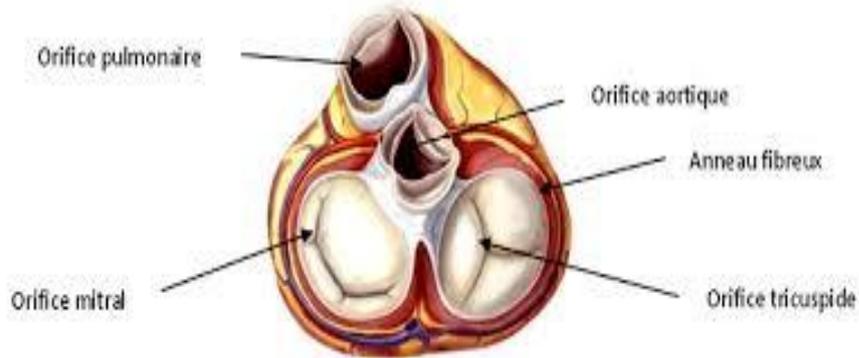


Figure.1.5 : Les différentes valves du cœur. [7]

Ces valves sont unidirectionnelles, elles empêchent le reflux du sang dans le mauvais sens. L'ouverture et la fermeture des valves sont complètement passives. Elle dépendent de la différence de pression de chaque côté de la valve : lorsque la pression d'aval est inférieure à la pression d'amont, la valve est ouverte. Dans le cas contraire la valve est fermée. [9]

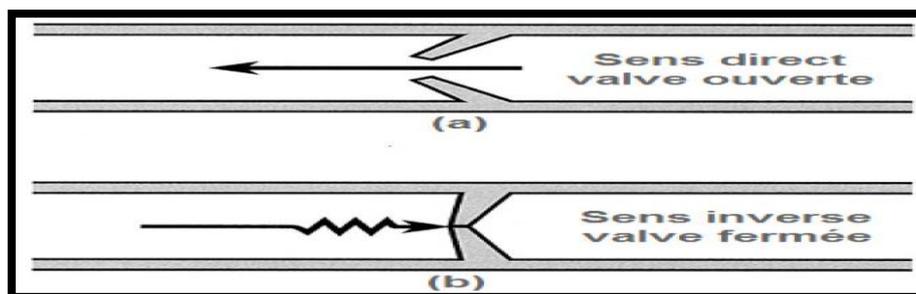


Figure.1.6 : Fonctionnement d'une valve cardiaque. [10]

3. Les sons et les souffles du cœur :

Après avoir expliqué brièvement le fonctionnement du système cardiaque, on arrive donc à la projection de ce fonctionnement sur le plan acoustique.

3.1. Les sons du cœur :

- **Le premier bruit cardiaque S1:**

Il est produit au début de la phase systolique et bien entendu si le stéthoscope est placé sur la région mitrale (cœur G), il est dû à la fermeture des deux valves mitrale et tricuspide, et contient deux composants (fermeture de la valve mitrale & fermeture de la valve tricuspide), il est aussi caractérisé par une forte amplitude et une longue durée par rapport aux autres bruits. Ses composantes fréquentielles varient généralement [20-200] Hz. [11]

- **Le deuxième bruit cardiaque S2:**

Il indique la fin du régime systolique et le début du régime diastolique et bien entendu si le stéthoscope est placé sur la région aortique ou pulmonaire, il est composé de deux composantes (la fermeture de la valve aortique (A2) & la fermeture de la valve pulmonaire(P2)) P2 un peu retardée par rapport à A2, correspondant à une maladie s'il est assez long. Les Valves A2 & P2 se ferment rapidement grâce à leur forme semi-lunaire. [12]

- **Le troisième bruit cardiaque S3 :**

Signal de faible fréquence et intensité, s'annonçant au début de la phase diastolique après S2, dû à la variation des ventricules (G), lorsqu'ils démarrent rapidement le remplissage du sang venu des atriums, S3 est considéré normal pour les enfants et les adultes, et un signe de maladies pour les vieux. Bien entendu au côté gauche du cœur. [12] [13]

- **Le quatrième bruit cardiaque S4 :**

S4 est de faible fréquence et amplitude, se produit à la fin du régime diastolique juste avant S1, causé par la vibration et la contraction rapides des ventricules et des atriums durant la fin du pompage du sang vers les ventricules. S3 et S4 accompagnent souvent d'autres maladies cardiaques congénitales. [12][13]

3.2. Les souffles du cœur :

Les souffles sont des sons longs, produits par les turbulences sanguines. Ils sont dus à des rétrécissements sur le trajet du sang ou à des communications anormales entre deux structures. [9]

3.2.1. Les souffles systoliques :

Les souffles (de type systolique s'ils sont situés entre S1 et S2 ou diastolique entre S2 et S1) durent un temps assez important comparé à celui de S1 et S2 et occupent une bande fréquence ne dépassant pas 1KHz. [14]

- **La sténose aortique(SA) :**

C'est la maladie qui attaque le plus souvent les adultes. Son origine est due au fait que la valve aortique ne peut pas s'ouvrir complètement quand le ventricule gauche va pomper du sang oxygéné à travers celle-ci en produisant ainsi une sténose dans cette dernière dont l'ouverture ne peut pas comprendre le débit du sang pompé ce qui entraîne un souffle généralement de forte intensité positionné temporellement dans la phase systolique et occupe une gamme de [100-300] Hz [11]. La sténose aortique peut être au début, au milieu ou à la fin du régime systolique. [15] [16]

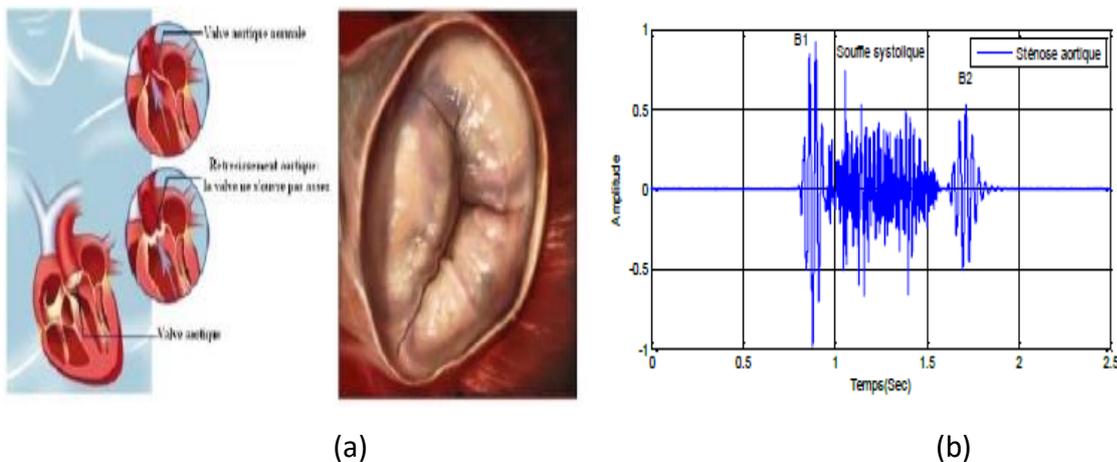


Figure.1.7 : (a) Valve aortique, (b) Représentation du signal PCG de la sténose aortique. [9]

- **L'insuffisance mitrale(IM) :**

C'est un souffle qui se produit dans la phase systolique ou les valves mitrale et tricuspide doivent être fermées pour empêcher le retour du sang en arrière vers les atriums. L'insuffisance mitrale est causée par le mal fonctionnement de la valve mitrale qui n'est pas capable de se fermer complètement ce qui laisse le sang passer dans le sens inverse vers

l'atrium gauche en produisant par son passage a travers cette valve un souffle cardiaque de type holosystolique (i.e. présent presque dans toute la phase systolique) d'une amplitude basse et de fréquence haute par rapport a la sténose aortique.[15][16]

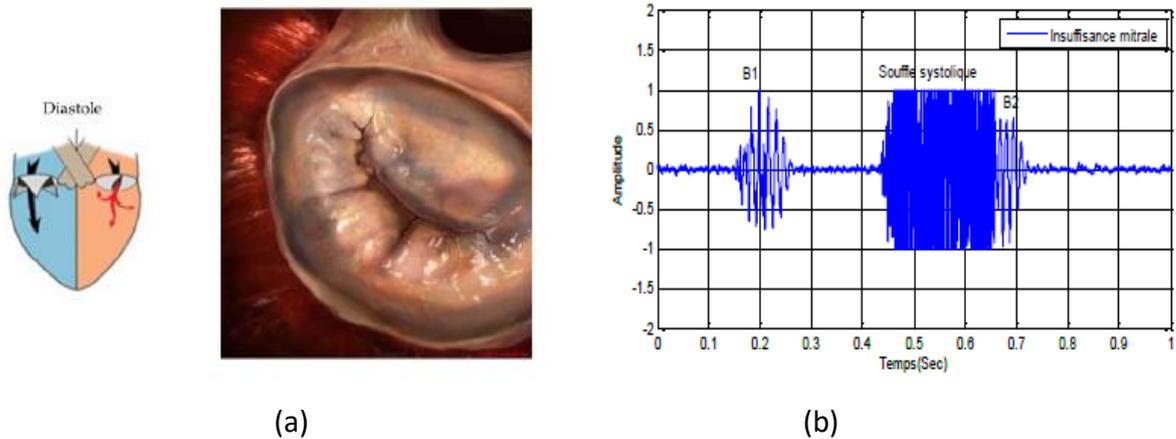


Figure.1. 8 : (a) Insuffisances mitrale, (b) Représentation du signal PCG d'insuffisances mitrale.[9]

- **L'insuffisance tricuspидienne(TR) :**

Le plus souvent, l'insuffisance tricuspидienne est fonctionnelle. Elle est due à un surcroît de travail imposé au cœur droit par une hypertension artérielle pulmonaire. L'hypertension artérielle pulmonaire entraîne alors la dilatation du ventricule droit et de l'anneau tricuspидien sur lequel s'insère la valvule. Plus rarement, elle est due à un rhumatisme articulaire aigu ou, chez les toxicomanes qui utilisent des seringues, à une endocardite (inflammation de l'endocarde) infectieuse. L'insuffisance tricuspидienne peut donner lieu à des signes d'insuffisance cardiaque droite, avec œdème (accumulation de liquide puis gonflement) des chevilles et de l'abdomen, gros foie sensible et dilatation des veines du cou.[17]



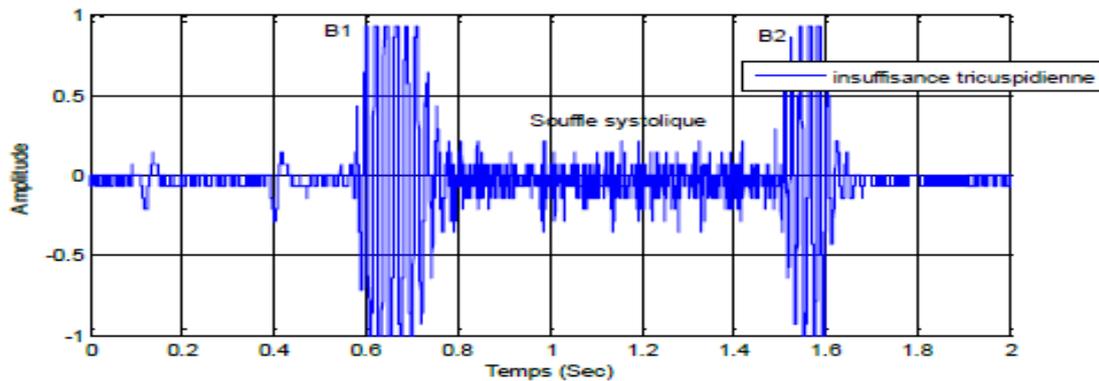


Figure.1.9 : Représentation du signal PCG d'insuffisance tricuspидienne de faible intensité positionnée au milieu du régime systolique. [9]

- **Le rétrécissement pulmonaire (PR) :**

C'est un souffle systolique d'éjection. Il est perceptible au niveau du foyer pulmonaire. Il a un timbre rude, râpeux [9].

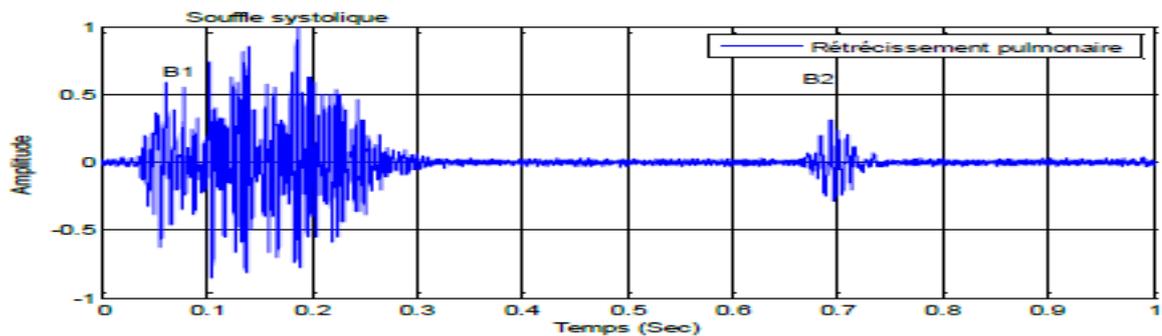


Figure.1.10 : Représentation du signal PCG d'insuffisance d'un rétrécissement pulmonaire.[9]

- **Les souffles systoliques anorganiques :**

On parle de souffles innocents chez le jeune de moins de 30 ans. Ils sont maximum au foyer pulmonaire, proto- et méso-systolique, peu intenses. Chez le sujet âgé, le souffle anorganique traduit le vieillissement physiologique de la valve (diminution de sa complaisance), qui vibre en systole. C'est un souffle "en écharpe", qui va du foyer aortique jusqu'à la pointe. Il est de timbre râpeux, assez intense. Ce souffle en écharpe est également perçu chez les malades athéromateux. Caractéristique importante: un souffle anorganique en écharpe ne modifie ni S1, ni S2. [9]

3.2.2 Les souffles diastoliques :

- **L'insuffisance aortique (AI) :**

Contrairement à la sténose aortique, l'insuffisance aortique est due à la mal fermeture de la valve aortique durant le régime diastolique dont l'atrium gauche est en cours du pompage de sang vers le ventricule gauche au moment où la valve aortique doit être fermée, mais à cause de l'incompétence de cette valve de se fermer complètement en laissant une certaine ouverture (dont le rayon dépend du cas de l'insuffisance), à cause de ça une certaine quantité du sang va s'échapper vers l'aorte à travers cette ouverture dont le passage du sang entraîne sur la valve des vibrations qu'on peut entendre sous forme de souffle cardiaque dénommée l'insuffisance (ou bien l'incompétence) aortique.[15] [14].L'insuffisance aortique occupe une gamme de [150-220] Hz. [18]

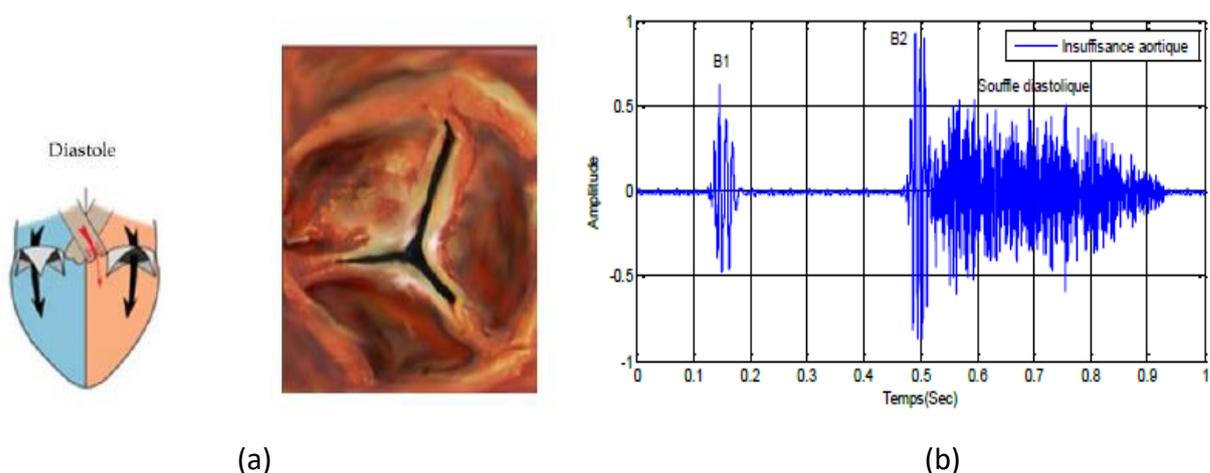


Figure.1.11 : (a) Valve aortique, (b) Représentation du signal PCG insuffisance aortique. [9]

- **Le rétrécissement mitral(RM) :**

La sténose mitrale(MS) en étant une pathologie diastolique, s'observe beaucoup plus chez la femme (quatre femmes pour un homme). Cette pathologie est définie par la diminution de l'ouverture utile de la valve mitrale et entraîne une dilatation de l'oreillette gauche, une augmentation de la pression artérielle pulmonaire, une hypertrophie et dilatation du ventricule droit. [19][20] Le souffle de cette pathologie occupe une gamme fréquentielle de [50-250] Hz. [21]

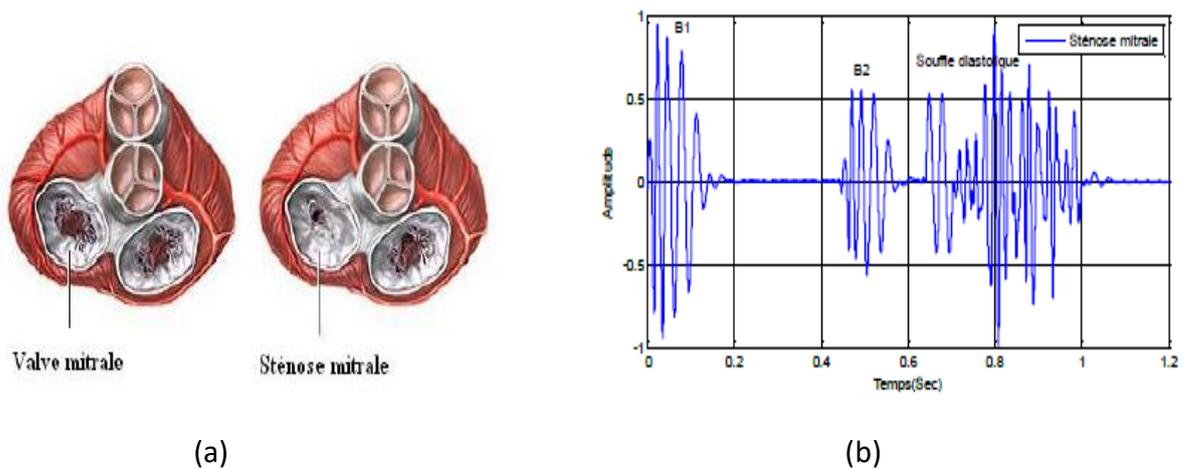


Figure.1.12 : (a) Valve mitrale, (b) Représentation du signal PCG de la sténose mitrale. [9]

- **Les souffles continus :**

Le souffle continu est entendu sans interruption, lors de la systole et de la diastole. Il ne faut pas le confondre avec un double souffle (dans la maladie mitrale par exemple). Le souffle continu est rare, il s'agit le plus souvent du souffle du canal artériel.

- **Le frottement péricardique :**

Ce bruit n'est pas un souffle car il n'est pas dû à des turbulences sanguines. C'est un bruit sec, de timbre aigu, brève. Il est perçu entre les bruits normaux, au milieu de la systole et de la diastole: forme de "va et vient". Il est éphémère, plus ou moins localisé. [9]

4. Le Phonocardiogramme :

C'est la représentation temporelle des sons produits lors du fonctionnement mécanique du cœur, un PCG est dit normal s'il est composé de premier son cardiaque S1 et le deuxième son cardiaque S2, et parfois il contient aussi le S3 et S4 s'il représente une maladie. [21]



Figure.1.13 : Phonocardiographie Cardiosim IV [22].

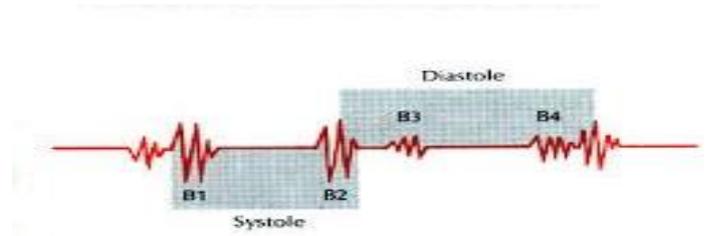


Figure.1.14:La représentation des bruits Cardiaques. [22]

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons introduit quelques notions générales concernant l'anatomie du système cardiovasculaire et ces pathologies, ainsi que la phonocardiographie et les bruits cardiaques. Les différentes pathologies (systolique ou diastolique) peuvent être détectées et identifiées par une simple auscultation, toutefois son degré de sévérité reste toujours difficile à évaluer, ce qui exige un suivi permanent du patient par l'intermédiaire de **Télémédecine** car chaque pulse peut provoquer une hospitalisation.

Le prochain chapitre sera consacré sur la télémédecine et ses différents domaines et actes.

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

1. Introduction :

Les travaux effectués au cours de ce projet de fin d'étude se situent dans le cadre de la télésurveillance dans le domaine Cardiologie, qui est une dimension de la télémédecine. Ce chapitre a pour objectif principal de situer ce contexte de recherche et ses enjeux.

2. Télémédecine : La médecine favorisée par les TICs :

Grâce à la volonté d'offrir des soins de qualité accessibles au plus grand nombre de patients, les professionnels de la santé associés aux ingénieurs techniques ont réussi à combiner les Technologies d'Information et de Communication (TIC) et la médecine. De cette combinaison est né le concept de **Télémédecine**.

2.1. Définition :

Le terme « Télé » est un préfixe d'origine grec signifiant loin ou à distance. Ainsi, la télémédecine signifie : « Médecine dispensée à distance »

Cette définition suggère que la télémédecine est limitée au traitement des patients par des médecins. Pourtant, ceci devient de moins en moins correct avec le développement de la pratique télé médicale. Au-delà de cette suggestion, la définition ne donne aucun indice de la façon d'application de la médecine à distance. C'est pourquoi, une autre définition plus précise et plus informative est apparue : « Le transfert des données électroniques médicales d'un endroit à l'autre ».

Alors que cette définition implique l'utilisation des TIC pour le transfert et remplace le mot « médecine » par le terme « transfert des données médicales », elle ne dit rien sur le but de ce transfert. On a donc cherché une autre définition plus élargie. C'est en 1995 qu'une nouvelle définition donnant, seulement en quelques mots, plus de détails a été retenue [24] :

« La télémédecine est l'utilisation des télécommunication pour fournir des services et des informations médicaux »

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

Nous sommes maintenant conscients du rôle des télécommunications, mais pas forcément des technologies de l'information et nous savons que le transfert des services et données médicaux est l'objectif du contact par télécommunication. Il reste toujours une question : pour quelle raison nous dispensons ces services ? La réponse a été donnée en 1999 en adoptant une nouvelle définition dans le cadre d'un congrès porté sur la télémédecine aux Etats-Unis :

« La télémédecine utilise les technologies de l'information et des télécommunications pour transférer des informations médicales pour le diagnostic, le traitement et l'éducation »

Le traitement est l'objectif principal de la télémédecine. En revanche, l'éducation qui occupe un rôle de plus en plus important dans les applications de la télémédecine, n'est pas associée directement au traitement.

Les données médicales peuvent être des images, des données « Visio » et « audio » en temps réel et non réel, le dossier médical du patient et des données obtenus par les dispositifs médicaux. Le transfert peut concerner des communications visiophoniques entre les patients et les professionnels de santé ou entre les professionnels eux-mêmes sans participation de la part du patient. En revanche, le transfert peut être tout simplement pour une transmission des données concernant le patient, à partir des dispositifs de surveillance ou des dossiers médicaux électroniques. [25]

Bien que la dernière définition de la télémédecine soit largement acceptée, l'élargissement du domaine des applications des TIC en médecine et l'évolution de la pratique télé médicale justifient des propositions d'autres termes qui sont plus globaux ou plus précis. A ce titre nous trouvons qu'il est important de citer les deux termes : télésanté et télé soin.

Télésanté : ce terme a été proposé comme un remplaçant du terme télémédecine par une étude australienne faite dans ce domaine [26]. Ce remplacement trouve sa justification dans l'évolution des aspects pratiques de ce domaine. Jusqu'au milieu des années 90, la plupart des communications télé médicale ont été consacrées pour des consultations médicales effectuées par des médecins à distance. Plus tard, d'autres professionnels de santé comme

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

les acteurs sociaux et les psychologues, ont été impliqués dans ce domaine et le terme « télésanté » est donc devenu plus convenable pour les englober. Selon cet argument la définition suivante a été retenue :

« La télésanté est l'utilisation des technologies d'information et de communication pour le transfert des informations sur la santé afin de fournir des services cliniques administratifs et éducationnels ».

Les services administratifs dans cette définition signifient l'extension de l'utilisation des services télématiques pour le transfert des informations démographiques ou opérationnels qui peuvent inclure ou non des informations cliniques. De la même manière, les services éducationnels concernant les cours suivis par les professionnels de santé à distance peuvent concerner la politique de santé ou d'autres items non cliniques.

Télé soin : le concept de télé soin signifie l'utilisation des TIC pour la mise en place des soins et des services du support social à distance [25]. Ce concept sort du contexte conventionnel de la télémédecine qui est limité à l'application de la médecine à distance dans les domaines des soins primaires et secondaires, et aux endroits lointains en cas d'urgence.

« Le télé soin utilise les technologies d'information et de communication pour le transfert des informations médicales pour le diagnostic et le traitement des patients sur leur lieu de vie ».

2.2. L'historique :

Le premier recours pré-électronique à la télémédecine est daté de 1726, il s'agit d'un échange épistolaire anglais concernant le traitement d'un patient.

Par la suite, le premier usage de la télémédecine par voie téléphonique identifié est la transmission d'électrocardiogrammes en Europe réalisée en 1905 par le prix Nobel Willem EINTHOVEN.

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

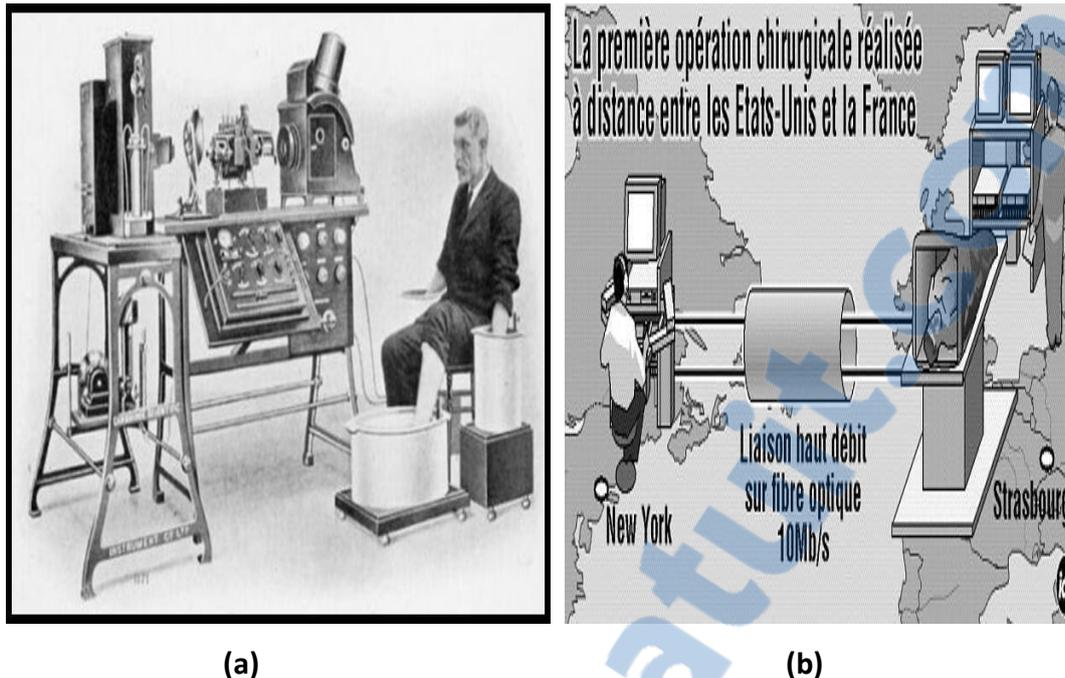


Figure.2.1 : Systèmes en couches, (a):le premier électrocardiogramme transmis via une voie téléphonique en 1905 par Willem Einthoven, (b) : la première opération chirurgicale réalisée à distance; entre les Etats-Unis et Strasbourg en France. [29]

En 1959 apparaissent les téléconsultations par télévision interactive. Elles se déroulent dans le cadre de la Télé psychiatrie aux Etats-Unis.

La même année est réalisée la première expérience de Télé radiologie avec transmission d'images d'examens fluoroscopiques au Canada. En parallèle, le service de santé public américain, en association avec la NASA, développe un service de télévision interactive pour les populations rurales de l'Arizona[27]. La première utilisation de la communication vidéo interactive en santé s'est produite à la fin des années 50 par l'institut psychiatrique du Nebraska (USA) qui, via un système de télévision interactive à deux voies, opéra une téléconsultation en psychiatrie avec l'hôpital de Norfolk, 112 miles plus loin.

En France, le Professeur Louis LARENG expérimente dans les années 1960 l'envoi d'électrocardiogrammes par voie hertzienne.

En 1989 est créé au Centre Hospitalier Universitaire de TOULOUSE l'Institut Européen de Télémédecine. Dirigé par le Pr LARENG, il a pour but de promouvoir la télémédecine en Europe.

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

Peu à peu, avec l'apparition des nouvelles technologies, notamment l'Internet et plus récemment les connexions à haut débit, l'offre de télémédecine s'est étoffée. Le Canada et les États-Unis en sont les précurseurs. Aux États Unis, dès 1993 dix programmes de télémédecine utilisaient la technologie de la vidéoconférence interactive. [28]

Enfin, ces dernières décennies ont vu croître une multiplication des expériences de télémédecine dans tous les domaines de la médecine.

2.3. Les actes de la Télémédecine :

On distingue cinq (05) actes de la Télémédecine :

- **Téléconsultation** : permet à un professionnel médical de délivrer une consultation à un patient à distance. Dans ce cadre, la présence, aux côtés du patient, d'un professionnel de santé assistant le professionnel à distance ainsi qu'un psychologue est possible.
- **Télé expertise** : est l'opportunité pour un professionnel médical de solliciter l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux experts à partir d'éléments du dossier médical du patient.
- **Télesurveillance médicale** : permet à un professionnel de santé d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical du patient pour prendre des décisions sur sa prise en charge.
- **Téléassistance médicale** : permet à un professionnel médical d'assister à distance un autre professionnel au cours de la réalisation d'un acte. [29]
- **Téléformation médicale** : Les professionnels de la santé qui sont déjà formés peuvent continuer leur formation par ce moyen qui est fortement lié aux technologies de l'information et de la communication. [30]
- **Téléchirurgie** : créée pour améliorer l'ergonomie du chirurgien, la précision et la sécurité des gestes chirurgicaux. C'est la manipulation de matériel médical et chirurgical, contrôlée à distance par le praticien sur le patient. [31]

2.4. Les enjeux et les apports de la Télémédecine :

La télémédecine s'impose déjà à travers l'usage d'outils comme le téléphone et la télécopie. Les progrès actuels des NTIC appliquées au domaine médical (imagerie médicale,

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

débits de transmission, convivialité des systèmes, etc.) et la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des perspectives d'une part, pour le développement de la télémédecine en termes d'accroissement et d'autre part pour l'efficacité, la qualité des soins, le partage des connaissances et de réduction des coûts de santé publique. [32]

La télémédecine présente des enjeux importants en termes d'aménagement du territoire et d'égal accès aux soins. Elle permet en effet de faciliter l'accès de la population à des soins de proximité de qualité, de gérer les pénuries de personnels médicaux et de renforcer le rôle d'établissements parfois isolés, en particulier les hôpitaux locaux. [33]

Il convient de résumer les principaux enjeux auxquels ces applications de télémédecine peuvent apporter des solutions :

Pour les patients, la télémédecine permet d'améliorer la qualité des soins grâce à l'expertise possible à distance et, par conséquent, à la réduction des délais de prise en charge diagnostique et thérapeutique, elle permet également de répondre au problème d'isolement géographique en assurant l'égalité d'accès aux soins. [30]

Pour les personnels de santé, sont moins isolés, mieux encadrés et coordonnés grâce aux avis de spécialistes, leurs pratiques en sont optimisées. Une accessibilité au dossier du patient pour optimiser l'avis donné, une baisse des coûts de déplacement des médecins (consultations avancées), ainsi d'assurer un niveau de compétence optimal, une meilleure qualité des pratiques professionnelles. [33]

Pour les pouvoirs publics, la télémédecine fait office de levier d'optimisation des soins. Elle permet également de maintenir des dispositifs sanitaires dans des zones isolées et ainsi de mieux suivre les patients atteints de maladie chronique.

Finalement la télémédecine revêt un intérêt économique par la réduction des coûts liés aux transferts inutiles de patients.

2.5. Les freins au développement :

Le développement des services de la télémédecine est confronté à des problèmes d'ordre culturel, juridique ou éthique, et à des réticences de la part des différents acteurs. Les médecins et les patients craignent notamment qu'elle porte atteinte à la liberté d'exercice, au secret médical, et conduise finalement à une déshumanisation de la relation

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

entre le médecin et son patient. L'exploitation de l'outil informatique pour la détection, la consultation, le transfert et la sauvegarde des informations concernant les patients, ne doit pas nuire à leur confidentialité, leur efficacité et à leur fiabilité. D'autres points importants résident dans la responsabilité et la rémunération des praticiens. En effet, la télé pratique médicale n'est pas encore reconnue comme un acte médical à part entière. Le choix de la méthodologie et de la politique tarifaire de la télémédecine est également un problème à résoudre. La conception d'une telle technique des services de télémédecine en matière de sécurité et de protection doit être méthodique. Il faut prendre le temps d'une réflexion globale, avec un spécialiste de préférence et prendre des mesures à la fois d'organisation, architecturale, technique et électronique. Ainsi, s'il n'y a pas de règle générale, il y a un raisonnement et des questions à se poser. Une autre crainte est celle de la fuite des compétences médicales des centres de soins les plus isolés. La délocalisation d'opérations médicales est en effet accompagnée du risque de regroupement des meilleurs spécialistes dans quelques grandes unités. Au niveau méthodologique, l'hétérogénéité des besoins de chaque praticien et patient impose de développer des applications et services à un degré de compatibilité et d'interopérabilité important. Leur efficacité dépend d'une bonne gestion de la grande quantité d'informations générées, la précision dans les calculs numériques et de l'adaptation de services développés au contexte de l'environnement mobile.

Ces services de télémédecine nécessitent en particulier l'imagination de la technique déployée, le traitement personnalisé des informations dans le contexte d'un patient et prennent en compte bien peu de règles d'interprétation générales issues d'informations médicales. [34]

2.6. Description d'une plateforme de Télémédecine :

Une telle plateforme de télémédecine a pour but de prendre en charge à distance les personnes à risque ou malades. Elle permet d'établir liaisons entre les différents acteurs médicaux afin de bien gérer les données informatisées (Figure.2). Cette plateforme comprend plusieurs fonctionnalités tels que, le traitement des données, le stockage, le service des alarmes, le transfert des données médicales...

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

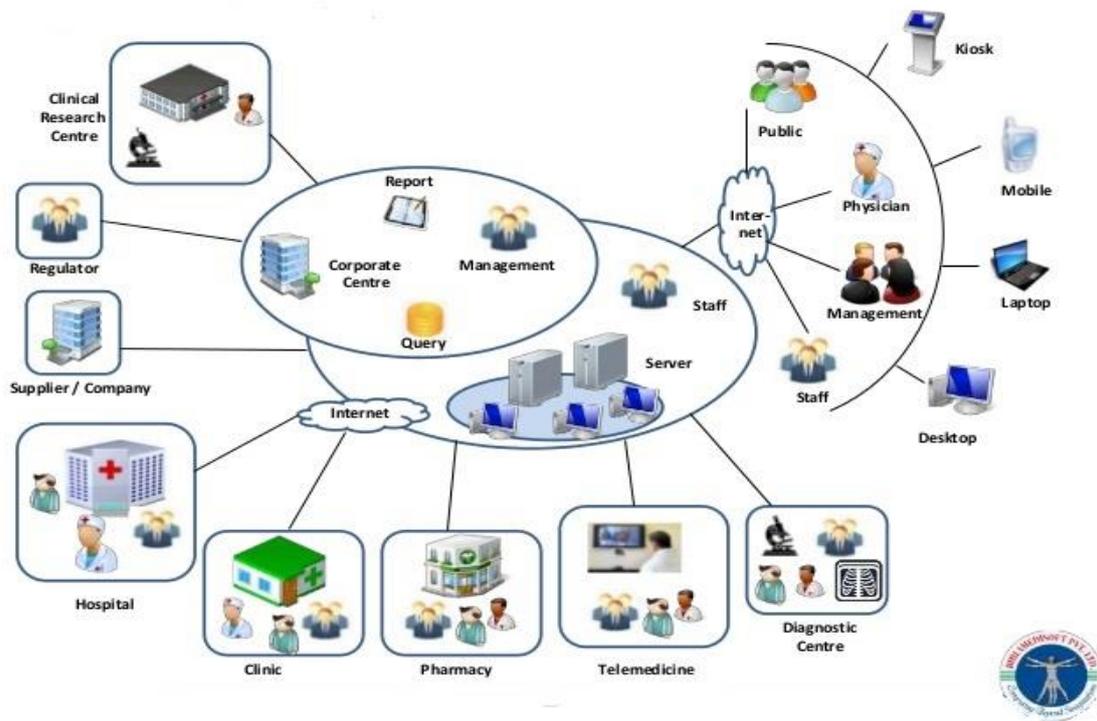


Figure.2.2 : Plateforme des services de la Télémédecine. [34]

Comme montre la figure ci-dessus, la plateforme de télémédecine doit répondre à plusieurs problèmes liés au patient. L'objectif ici, est de permettre une prise en charge médicale et social des personnes dépendantes comme les personnes âgées, les handicapés..., afin d'adapter leur environnement domestique et palier leurs incapacités. Dans ce stade-là, il est indispensable d'effectuer un diagnostic en temps tout en assurant une sécurité permanente des malades à haut risque. Ainsi, le besoin de faire un diagnostic rapide et fiable des patients et de détecter leurs états de santé (situation critique) efficacement permet de gagner du temps dans leurs prises en charge.

3. La Télésurveillance :

3.1. Définition :

La télésurveillance médicale est une dimension de la télémédecine qui vise à redonner une vie autonome, dans leur milieu non hospitalier, à des personnes souffrant de diverses pathologies et handicaps qui devraient normalement les contraindre à une hospitalisation ou à un placement en institution spécialisées : patients souffrants de certaine maladie chronique, handicapés, mais aussi personnes âgées dépendantes.

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

La télésurveillance qui découle de la transmission et de l'interprétation par un médecin, d'un indicateur clinique, radiologique ou biologique recueilli par le patient lui-même ou par un professionnel de santé. [35]

L'interprétation peut - dans certains cas- conduire à la décision d'une intervention auprès du patient.

3.2. Les différents types de la Télésurveillance médicale :

Il est possible de séparer les fonctions pouvant théoriquement être activées par un système de télésurveillance en trois (3) types :

- *Le télétest-télmaintenance* : Les capteurs équipant le matériel d'assistance technique médicale du malade sont "testés" continuellement par l'intermédiaire de l'équipement informatique à domicile. Dès qu'apparaît une anomalie, le centre serveur est averti et une équipe technique intervient immédiatement pour régler ou réparer le capteur ou l'appareillage.
- *La téléalarme* : Dès que les capteurs décèlent une situation critique du malade ou de l'appareillage, une alarme est transmise instantanément au centre serveur qui, immédiatement en retour, téléteste les appareils et déclenche l'alarme auprès du médecin traitant, du service de premiers soins ou du personnel du centre serveur selon le type d'alarme.
- *La télé monitoring* : Il permet de recueillir à distance des informations sur le fonctionnement de l'appareillage et sur l'état du patient. Ainsi, si certains malades ne respectent pas, pour des raisons diverses, les durées du traitement, ce type de télésurveillance permet notamment de renseigner rapidement le médecin prescripteur.

Dans ce but, une meilleure connaissance des traitements réellement pris par les malades doit, d'une part, permettre aux médecins de poursuivre des recherches sur la mise au point de schémas thérapeutiques optimaux et, d'autre part, sécuriser les malades. [36]

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

3.3. Les objectifs de la Télésurveillance médicale:

L'objectif de tels systèmes est de permettre aux personnes de vivre chez elles le plus longtemps et le plus indépendamment possible, dans un environnement de confort et de sécurité. Il s'agit de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques à domicile ou une dégradation de l'état de santé d'une personne. Ces systèmes représentent ainsi une alternative momentanée ou durable à l'hospitalisation ou au recours aux établissements d'hébergement de longue durée (maison de retraite ou centres spécialisés). Le patient n'est alors plus contraint de renoncer à son domicile et à la vie en société. Il conserve une large autonomie dans son environnement social et privatif, tout en bénéficiant de services préventifs de santé. Ces systèmes concernent particulièrement les personnes âgées, mais plus généralement les personnes présentant des risques d'affectation motrice (chute par exemple) ou cognitive (dépression, démence sénile, etc.), ou nécessitant des soins ou une attention particulière.

3.4. Principe :

La télésurveillance médicale d'une personne à domicile s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants (voir Figure.3) :

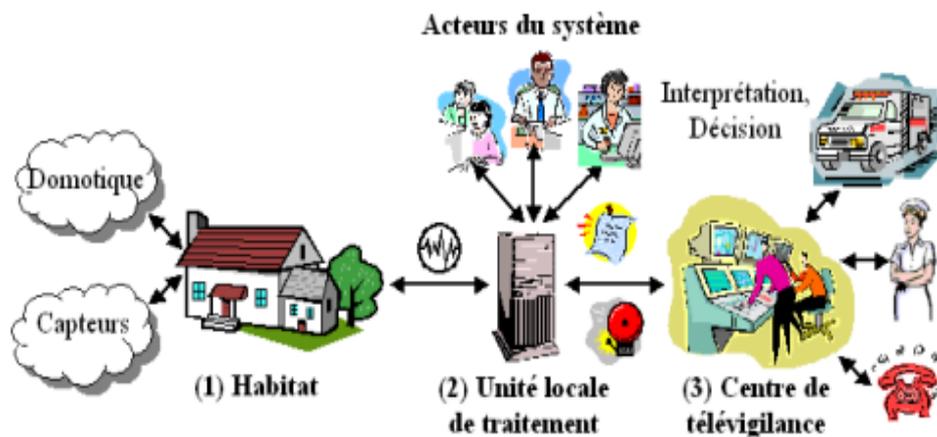


Figure.2.3 : Système d'information de la télésurveillance médicale à domicile. [36]

- **Un ensemble de capteurs** de différents types (physiologie, environnement, activité) installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en temps réel de données, et **d'appareillages automatiques** (domotique)

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

pour adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives.

- **Une unité locale de traitement**, au niveau de chaque habitat, responsable du stockage et du traitement des signaux reçus des capteurs, de la gestion d'une base de connaissances relative à la personne télésurveillée, et de l'émission de messages et d'alarmes.
- **Un centre de télé vigilance** pour le traitement des messages et alarmes reçus des habitats.
- **Un ensemble d'acteurs** (personnel médical, personne télé surveillée et membres de sa famille) peuvent accéder à tout moment, après authentification et selon leurs privilèges, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement. [30]

3.5. Les enjeux de la Télésurveillance :

Les principales fonctionnalités nécessaires à la mise en place de systèmes de télésurveillance médicale à distance sont la perception, l'analyse, le stockage et la transmission de données et d'informations relatives à la personne télé surveillée.

On identifie alors d'après cinq sous-systèmes clés du développement des systèmes d'information pour les services de soin à distance :

- **Système de surveillance local** : Il s'agit d'un réseau local au patient pour l'enregistrement télémétrique de données relatives à une personne par l'intermédiaire de capteurs physiologiques, d'environnement et d'activité.
- **Système d'analyse de données** : La grande quantité de données collectées nécessite la conception d'assistants intelligents pour l'extraction d'informations pertinentes permettant la génération de messages et d'alarmes, l'aide au diagnostic et à la décision.
- **Système de base de données** : Les données collectées ou les informations extraites doivent être stockées et accessibles pour leur consultation ou leur mise à jour.
- **Système d'interfaces** : Les données et informations issues de la télésurveillance et de l'analyse des données collectées doivent être facilement accessibles aux différents acteurs du système.

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

- Système de communication : Il s'agit de permettre l'interopérabilité des quatre sous-systèmes précédents à travers un réseau médical qui relie les habitats de patients, les centres hospitaliers, les centres de télé vigilance et plus généralement les différents acteurs du système.

La complexité de ces systèmes réside dans le nombre d'acteurs impliqués, la diversité des techniques informatiques utilisées aux différents niveaux d'enregistrement, de stockage, d'analyse et de transmission des données, la quantité croissante des données collectées, la nécessaire personnalisation de leur traitement dans le contexte de chaque patient, la difficulté de modélisation de l'état de santé d'une personne. Une des spécificités de la télésurveillance médicale est la contrainte de traitement rapide de large ensemble de données évoluant au cours du temps, afin de répondre à l'objectif de détection « au plus vite » des situations inquiétantes à distance. Les difficultés de ces analyses sont en particulier liées à l'hétérogénéité des données collectées, aux facteurs d'influence agissant parfois fortement sur les paramètres observés, ainsi qu'aux dépendances mutuelles de ces paramètres. [30]

Chapitre02 : Aperçu sur la Télémédecine

4. Conclusion :

La communication médicale à distance y inclus l'interprétation, la consultation et l'analyse de différentes données cliniques, d'un patient transmises par technologies de l'information et de la communication, qu'elles soient recueillies par le patient lui-même, par un médecin ou un autre professionnel de la santé à des fins de diagnostic ou de traitement.

Dans ce chapitre le domaine de la télémédecine a été présenté avec ses différents domaines.

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

1. Introduction :

Les systèmes de santé dépendent de plus en plus de la technologie. Il est aujourd'hui nécessaire de développer des réseaux de santé destinés au partage des données entre les professionnels de santé et les usagers afin d'optimiser la qualité des soins.

Dans ce chapitre nous allons tout d'abord aborder les réseaux médicaux, par la suite, nous présentons les protocoles, langages et l'architecture client-serveur pour la réalisation de notre application.

2. Qu'est-ce qu'un réseau médical ?

2.1. Description du Réseau médical :

Réseau : Ensemble de systèmes informatiques communiquant entre eux par des Voies locales, privées ou publiques.

Depuis le 4 mars 2002, les réseaux de santé (réseau médical) ont une définition officielle: "Les réseaux de santé ont pour objet de favoriser l'accès aux soins, la coordination, la continuité ou l'interdisciplinarité des prises en charge sanitaires, notamment de celles qui sont spécifiques à certaines populations, pathologies ou activités sanitaires. Ils assurent une prise en charge adaptée aux besoins de la personne tant sur le plan de l'éducation à la santé, de la prévention, du diagnostic que des soins. Ils peuvent participer à des actions de santé publique. Ils procèdent à des actions d'évaluation afin de garantir la qualité de leurs services et prestations."

2.2. Types de réseaux médicaux :

Une typologie simple permet de distinguer quatre groupes qui forment actuellement le paysage des réseaux. Elle tient compte de la diversité des cadres juridiques de référence :

- *Les Réseaux d'établissements* : Constitués entre établissements de santé, ils sont bien formalisés et bénéficient d'une accréditation délivrée par les Agences Régionales de l'Hospitalisation. Ils n'ont pas pour objet la coordination entre la ville et l'hôpital.
- *Les Réseaux ville-hôpital monothématiques* : Constitués entre professionnels de la ville et de l'hôpital, ces « réseaux pionniers » ont d'abord eu pour objet la prise en charge des personnes atteintes du VIH et des toxicomanes. Ils peuvent concerner d'autres pathologies (cancer, hépatite C, d'autres maladies chroniques et complexes).
- *Les Réseaux de santé de proximité* : Centrés sur les populations, à l'échelle du quartier ou de la ville, ces réseaux ont développé parallèlement à la prise en charge

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

médico-sociale des personnes une activité de santé publique ou de santé communautaire. Ils associent les services publics locaux, les professionnels de santé et les associations autour de projets de diagnostic, de prévention et de formation. Ils sont généralement constitués sous la forme associative.

- *Les Réseaux de soins* : Ce sont les réseaux expérimentaux visés par le code de la sécurité sociale. Centrés sur le soin et des pathologies très spécifiques, ils doivent faire l'objet d'un agrément ministériel. Actuellement, peu de réseaux bénéficient de cet agrément.

2.3. Les objectifs des réseaux de santé :

L'objectif d'un réseau médical est d'améliorer la prise en charge d'une pathologie ou d'un type de populations précis : son fondement est la coordination des professionnels qui s'engagent à assurer la continuité des soins et à améliorer leur qualité, avec des protocoles définis en commun, tout en mesurant les coûts engendrés. Ceci se traduit par exemple par une économie de temps et un gain d'efficacité dus au fait que les examens nécessaires sont effectués une fois mais pas deux et que les médecins impliqués dans la prise en charge du patient ont échangé toutes les informations nécessaires. L'objectif d'un réseau est aussi d'attirer des patients mal ou non soignés dans un système où ils sont mieux "cadrés" et où ils ont moins de démarches difficiles à mener tous seuls. [45]

3. Les Standards pour les communications mobiles :

3.1. Réseaux sans fils :

Actuellement, les réseaux sans fil sont très présents dans des domaines qui n'ont, à l'origine, pas de liens particuliers avec les télécoms (*télé médecine* par exemple). Cet intérêt croissant va de pair avec des facteurs économiques et sociaux: la mobilité des utilisateurs s'accroît, les concepteurs cherchent à limiter le nombre de connections filaires en concentrant toutes les communications sur un seul bus, les besoins de systèmes embarqués autonomes sont plus fréquents. Tous ces exemples choisis parmi tant d'autres illustrent le nouvel attrait pour les réseaux et les télécoms. Plus récemment, c'est le « *tout sans fil* » et le « *haut débit* » qui se sont largement développés.

- **Wifi** : Le Wi-Fi est soutenu par l'alliance WECA. Sa norme IEEE 802.11 offre des débits de 1 ou 2 Mbps. Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes 802.11a, 802.11b et 802.11g) et d'assurer la sécurité, la qualité de service ou la mobilité. [36]
- **Zig Bee (805.15.4)** : technologie de réseau sans fil destinée à l'électronique embarquée et aux applications domotiques à très faible consommation énergétique. Zig Bee prend en

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

charge trois bandes de fréquences : 2450 MHz (avec 16 canaux), 915 MHz (10 canaux) et 868 MHz (un canal). Zig Bee peut atteindre un débit maximum de 250 Kb/s avec une portée maximale de 100 mètres environ. Le point fort de Zig Bee est sa très faible consommation énergétique, grâce à plusieurs modes de veille, notamment « doze » (somnolence) et « hibernate » (hibernation). Le mode somnolence permet à une entité communicante Zig Bee de consommer très peu d'énergie tout en restant dans la capacité de passer en mode opérationnel en très peu de temps, contrairement à Bluetooth par exemple.

Ces principales limites sont son faible débit et son manque d'interopérabilité avec les terminaux mobiles classiques (Smartphone et tablette) encore peu équipés de communication Zig Bee. [37]

- **Bluetooth (norme IEEE 805.15.1):** Bluetooth est utilisé principalement pour interconnecter un terminal avec divers accessoires (oreillette, casque, souris, clavier, etc.). Cette technologie profite de sa maturité avec de multiples applications commerciales. Le Bluetooth permet d'obtenir des débits de l'ordre de 1 Mb/s, avec une portée d'une dizaine de mètres environ avec un émetteur de classe II et d'un peu moins d'une centaine de mètres avec un émetteur de classe I. Bluetooth utilise la bande 2,4 GHz (2,402 GHz à 2,480 GHz) en divisant cette bande en 79 canaux de largeur 1 MHz. Le point fort de Bluetooth est son interopérabilité. Le point faible est sa consommation élevée par rapport à Zig Bee. [38]
- **UMB (norme IEEE 802.15.3) :** l'UWB (Ultra Wide Band) est utilisé pour les transmissions à haut débit et à faible consommation. Cette technologie offre des avantages par rapport à Bluetooth en termes de consommation. [37] Elle offre aussi un service de localisation en intérieur précis de l'ordre du centimètre. Les inconvénients majeurs d'UWB sont : une faible portée de communication (environ 10 m), une forte contrainte de synchronisation et son coût.

3.2. Réseaux d'accès radio mobiles :

Les progrès technologique dans le domaine des réseaux de télécommunications mobiles, ont vu l'apparition des technologies numériques au début des années 1990. En Europe (GSM), au Japon (PDC) et aux Etats Unis (PCS). L'évolution du réseau radio mobile GSM (dit de 2ème génération «2G») vers l'UMTS (dit de 3ème génération «3G») ensuite vers la «4G» (4ème génération) passe par des générations intermédiaires comme le GPRS, HSCSD ou EDGE.

- **GSM (2G) :** Le service le plus important dans les réseaux cellulaires GSM est le service de la voix. Cette technologie a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles et abonnés du réseau fixe (RTC). Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTC et comprend des commutateurs. Il se distingue par un accès spécifique: *la liaison radio*.

La satisfaction de *l'utilisateur final* se traduit par trois contraintes de fonctionnement:

- L'abonné doit pouvoir joindre n'importe qui, n'importe quand et n'importe où ;
- Après établissement de la communication, la conversation est audible et compréhensible par les deux interlocuteurs ;



Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

- La ligne téléphonique n'est pas coupée en cours de communication. Pour l'opérateur, ceci se traduit par trois contraintes techniques:
 - Une couverture nationale ;
 - Un dimensionnement correct des liens radio et réseau (pour la disponibilité des ressources) ;
 - La mise en place de mécanismes efficaces de gestion du lien radio (pour la minimisation du taux de coupure). [34]

- **GPRS (2,5 G):** Le standard *GPRS* représente une évolution majeure de la norme *GSM* et une transition vers la troisième génération, on parle généralement de *2.5G* pour classer ce standard. L'exploitation du mode de transfert des données par paquets et l'augmentation des débits ouvrent la porte aux communications mobiles multimédia. Ce standard peut être considéré comme un réseau de données à part entière (commutation de paquet) qui dispose d'un accès radio réutilisant une partie du réseau *GSM*. Le réseau *GPRS* est relié à différents réseaux de données par l'intermédiaire de l'*Internet (Protocole IP)*. Pour cela, il est indispensable qu'un terminal *GPRS* dispose d'une adresse *IP* dont le champ réseau est spécifique à ce type de support.
Les débits théoriques autorisés par cette génération (de 9.6 Kbps à 171.2 Kbps) permettent d'envisager de nombreuses applications tels que la consultation du Web, le transfert de fichiers, la transmission de vidéo compressée, etc. La facturation en *GPRS* se fait selon le volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût. [40]

- **UMTS :** Il s'agit d'une norme de téléphonie mobile de troisième génération (3G). Elle repose sur la méthode d'accès *CDMA (Code Division Multiple Access)*. L'*UMTS* permet théoriquement d'atteindre des débits de transfert jusqu'à 2 Mbits/s. [41]

- **La Technologie 4G (norme LTE):** Elle est l'évolution la plus récente des normes de téléphonie mobile reposent sur l'intégration de plusieurs systèmes et technologies d'accès sans fils. Ce système de télécommunication représente la convergence entre la *3ème génération* et les diverses technologies radio complémentaires. Cela permet de réduire les coûts de déploiement et d'augmenter la couverture à moindre frais. Technologie devront donc être capables de sélectionner à chaque instant la meilleure solution pour accéder à un réseau donné. L'objectif ici, est de fournir aux utilisateurs mobiles des services rapides et sans interruption dans un environnement hybride. Cette génération offre des taux de données supérieurs à 100 Mbps. [42]

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

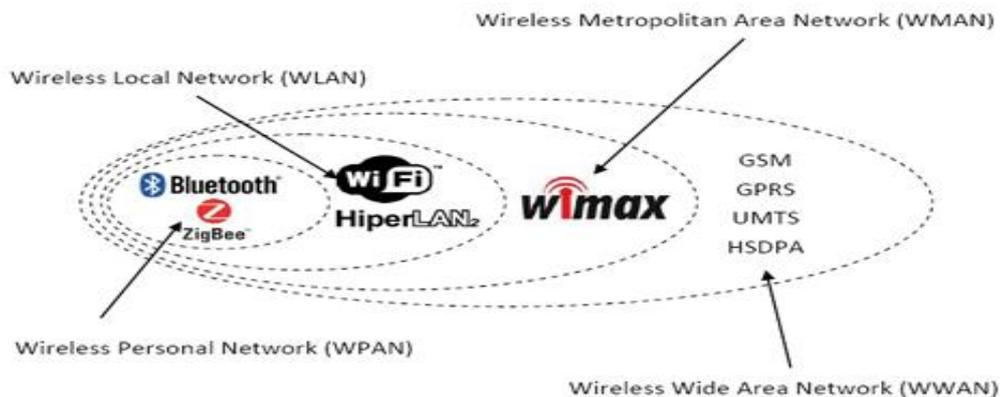


Figure.3.1 : Classification des différents réseaux de communication.

3.3. Le modèle TCP/IP :

3.3.1. Représentation du modèle TCP/IP :

TCP/IP est un protocole qui nécessite une coopération des OS (Systèmes d'exploitation) des machines. IP est un protocole qui permet d'envoyer des informations élémentaires de machine à machine. Les chercheurs ont développé un autre protocole de nom TCP. Le nom de TCP/IP a donc été choisi en référence à ces deux principaux protocoles qui le caractérisent. Aujourd'hui, ce modèle intègre beaucoup d'autres protocoles (FTP, SMTP, HTTP ...).

TCP/IP est très répandu, car sa robustesse a été prouvée (quelques millions de machines interconnectées dans le monde). Tous les applicatifs réseaux doivent pouvoir communiquer entre eux, quel que soit l'architecture ou la plateforme utilisée. Pour cela, les opérations sur les réseaux ont été divisées en plusieurs phases de base, de manière à simplifier la portabilité des applicatifs sur toutes les plateformes [43], c'est ce qu'on appelle en couche. Un standard a alors été créé, normalisé par l'OSI sous la référence OSI-RM, utilisant 7 couches distinctes.

L'architecture TCP/IP (figure ce dessous) est similaire à ce modèle en couche, mais ne dispose que de 4 couches dans la plupart des cas.

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

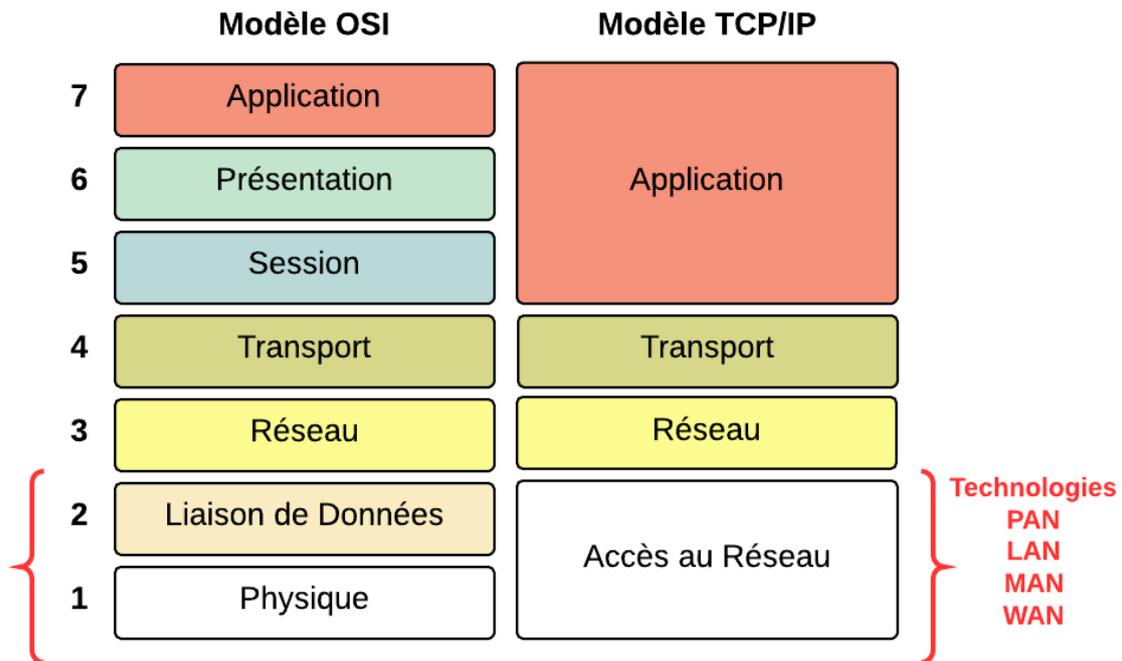


Figure.3.2 : Systèmes en couches, (a): Modèle de référence OSI, (b): Modèle TCP/IP(Internet).

Les couches 5 à 7 du modèle *OSI* sont des couches dites d'application. Elles sont orientées application, et fournissent une interface entre une application et le réseau. Les couches 1 à 4 sont des couches dites de liaison. Ce sont elles qui se chargeront du routage, afin de correctement acheminer les paquets d'un point à un autre.

3.3.2. Caractéristiques du TCP/IP :

TCP/IP est né de la réflexion de chercheurs américains, il s'appuyant sur des caractéristiques intéressantes :

- C'est un protocole ouvert, les sources en langage C sont disponibles gratuitement et ont été développés indépendamment d'une architecture particulière, d'un système d'exploitation particulier, d'une structure commerciale propriétaire. Ils sont donc théoriquement transportables sur n'importe quel type de plate-forme, ce qui est prouvée de nos jours.
- Ce protocole est indépendant du support physique du réseau. Cela permet à TCP/IP d'être véhiculé par des supports et des technologies aussi différentes qu'une ligne série, un câble coaxial Ethernet...
- Le mode d'adressage est commun à tous les utilisateurs de TCP/IP, quelle que soit la plateforme qui l'utilise.
- Les protocoles de hauts niveaux sont standardisés, ce qui permet des développements largement répandus et interopérables sur tous types de machines.

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

3.4. Les protocoles des Réseaux Internet :

Dans les réseaux *Internet*, les données qui y circulent sont divisées en *paquets*. Ces derniers sont acheminés par un protocole appelé *TCP/IP*.

➤ *Protocole TCP* : est un protocole de transport (3 couche) orienté connexion. Il permet de fournir un flux d'octets fiable assurant l'arrivée des données sans altérations et dans le bon ordre, avec retransmission des paquets.

➤ *Protocole IP* : Est au cœur du fonctionnement d'internet. Il assure sans connexion un service non fiable de délivrance de datagrammes IP. Le mode de transmission est non connecté, car IP traite chaque datagramme indépendamment de ceux qui le précèdent et le suivent. Son rôle est centré autour des trois fonctionnalités suivantes :

- Définir le format du datagramme IP qui est l'unité de base des données. circulant sur Internet.
- Définir le Routage dans internet.
- Définir la gestion de la remise non fiable des datagrammes. (Notons que ce protocole est situé sur le niveau 2 du model TCP/IP). [44]

➤ *Protocole UDP* : Ce protocole utilise *IP* pour acheminer, d'un ordinateur à un autre, en mode non fiable des datagrammes qui lui sont transmis par une application. *UDP* n'utilise pas d'accusé de réception et ne peut pas donc garantir que les données ont bien été reçues. Il ne réordonne pas les messages si ceux-ci n'arrivent pas dans l'ordre dans lequel ils ont été émis et il n'assure pas non plus de contrôle de flux. Cependant, *UDP* fournit un service supplémentaire par rapport à *IP* car il permet de distinguer plusieurs applications destinataires sur la même machine par l'intermédiaire des *ports*.

➤ *Protocole http* : *http* est un protocole texte (sur 8 bits) qui utilise une liaison TCP pour la communication entre le client et le serveur.

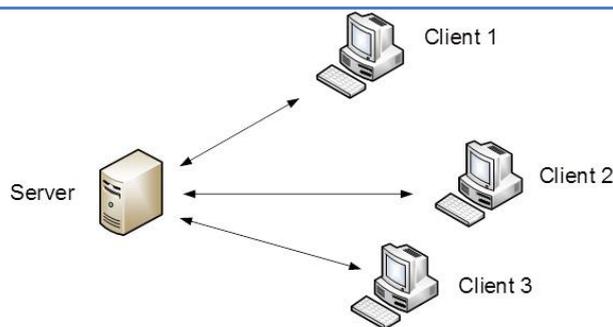
Contrairement à ce qui passe pour les protocoles FTP (transfert de fichiers), SMTP (envoi de mails), POP3 (consultation d'une boîte aux lettres), la liaison entre un client et un serveur Web est généralement brève. On a souvent le scénario suivant :

- le client établit une connexion TCP avec le serveur Web et émet une demande de document en se servant de l'instruction GET du protocole http.
- Le serveur reçoit la demande, l'examine et en cas de succès retourne le document demandé.
- Le serveur clôture en suite la session.

On dit qu'*http* est un protocole sans états (Stateless Protocol). La liaison entre le client et le serveur n'est pas maintenue jusqu'à ce que le client décide d'y mettre fin. Ceci pose un problème pour l'identification d'un client lors d'une session (une série d'achats sur un site de commerce électronique par exemple), le serveur ne pouvant se baser sur la seule adresse IP du client. Divers mécanismes ont donc été mis en place pour la gestion d'une session, dès le niveau http avec les cookies. La version 1.1 de http permet d'utiliser une connexion persistante entre le client et le serveur, mais pour un nombre limité de demandes du client (typiquement pour récupérer des images et d'autres composants multimédia constituant un document web). [44]

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

Ce protocole permet d'utiliser un ensemble de méthodes pour définir l'objet d'une requête. Il s'appuie sur des méthodes de communications différentes.



4. Architecture Client/Serveur :

Le modèle client-serveur s'articule autour d'un réseau auquel sont connectés deux types d'ordinateurs le serveur et le client. Le client et le serveur communiquent via des protocoles. Les applications et les données sont réparties entre le client et le serveur de manière à réduire les coûts. Le client-serveur représente un dialogue entre deux processus informatiques par l'intermédiaire d'un échange de messages. Le processus client sous-traite au processus serveur des services à réaliser. Les processus sont généralement exécutés sur des machines, des OS et des réseaux hétérogènes. [45]

4.1. Fonctionnement d'un système client/serveur :

Un système client/serveur fonctionne selon le schéma suivant:

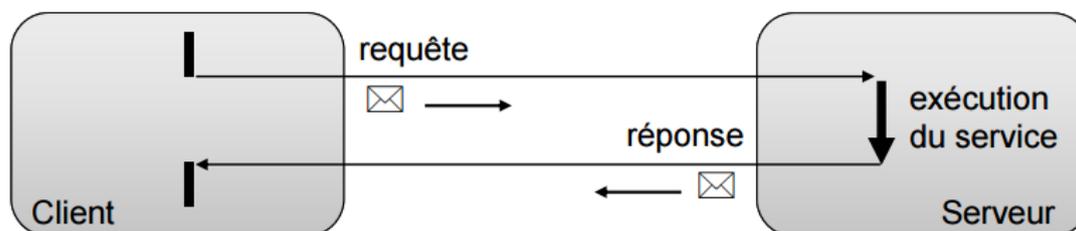


Figure.3.3 : Principe de fonctionnement d'un système client-serveur.

- Le client émet une requête vers le serveur grâce à son adresse et le port, qui désigne un service particulier du serveur
- Le serveur reçoit la demande et répond à l'aide de l'adresse de la machine client et son port.

4.2. Les avantages de l'architecture client/serveur :

Le modèle client/serveur est particulièrement recommandé pour des réseaux nécessitant un grand niveau de fiabilité, ses principaux atouts sont :

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

- **des ressources centralisées** : étant donné que le serveur est au centre du réseau, il peut gérer des ressources communes à tous les utilisateurs, comme par exemple une base de données centralisée, afin d'éviter les problèmes de redondance et de contradiction.
- **une meilleure sécurité** : car le nombre de points d'entrée permettant l'accès aux données est moins important.
- **une administration au niveau serveur** : les clients ayant peu d'importance dans ce modèle, ils ont moins besoin d'être administrés.
- **un réseau évolutif** : grâce à cette architecture il est possible de supprimer ou rajouter des clients sans perturber le fonctionnement du réseau et sans modification majeure.

4.3. Les inconvénients du modèle client/serveur :

L'architecture client/serveur a tout de même quelques lacunes parmi lesquelles :

- **un coût élevé** dû à la technicité du serveur.
- **un maillon faible** : le serveur est le seul maillon faible du réseau client/serveur, étant donné que tout le réseau est architecturé autour de lui ! Heureusement, le serveur a une grande tolérance aux pannes (notamment grâce au système RAID).

Chapitre03 : Réseaux, protocoles et technologies

5. Conclusion :

L'objectif du réseau de santé est de mutualiser les connaissances et les comportements professionnels des différents soignants et de modifier les rapports de hiérarchie existant entre eux .Un réseau est une chaîne de soignants qui travaillent ensemble dans l'intérêt du patient. Le maillon le plus important de cette chaîne est le maillon le plus faible (patient)".

Le chapitre qui va suivre nous plongera dans la réalisation de notre projet étape par étape jusqu'à la finalisation de la plateforme et de l'application.

1. Introduction :

L'objectif principal de notre projet est de réaliser une application dédiée à la télésurveillance des patients ayant des pathologies cardiaques chroniques.

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord, commencer par la conception d'une nouvelle application nommée « **e-Heart Care** » étape par étape en s'appuyant sur l'élaboration de la base données vue son rôle important dans le fonctionnement de notre application. Par la suite, on entame le traitement et l'analyse des signaux PCGs en utilisant une nouvelle approche « la décomposition modale empirique » afin d'extraire les différentes composantes du signal à traiter (dans ce projet, on s'intéresse par les bruits S1 et S2). Cette approche permet de mettre à la disposition du médecin des informations qui l'aident à établir un diagnostic rapide et fiable pour améliorer le quotidien des malades.

2. L'espace de travail :

Le travail est réalisé sous système d'exploitation win8 de 64 bit en sont installés trois logiciels : Visual Studio, Matlab, WAMP/EASYPHP (MySQL), utilisé pour le développement Web.

2.1. Visual Studio :



Le Visual Studio est un langage de programmation événementielle de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation COM. Visual Studio est directement dérivé du BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces utilisateur graphiques, l'accès aux BDD en utilisant les technologies DAO, ADO et RDO, ainsi que la création de contrôles ou objets ActiveX. Les langages de script tels que *Visual Basic for Applications* et VB Script sont syntaxiquement proches de Visual Basic, mais s'utilisent et se comportent de façon sensiblement différente.

Pour notre projet, on utilise le **Visual Basic 2010**.

2.2. Matlab :

Le logiciel Matlab constitue un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique. Destiné aux ingénieurs, aux techniciens et aux scientifiques, c'est un outil très utilisé, dans les universités comme dans le monde industriel, qui intègre des centaines de fonctions mathématiques et d'analyse numérique (calcul matriciel —le MAT de Matlab—, traitement de signal, traitement d'images, visualisations graphiques, etc.).

Dans ce projet la version utilisée est le **Matlab** R2014a.

2.3. MySQL :

MySQL qui est un **Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles**. C'est-à-dire un logiciel qui permet de gérer des bases de données, et donc de gérer de grosses quantités d'informations. Il utilise pour cela **le langage SQL**

MySQL peut donc s'utiliser seul, mais est la plupart du temps **combiné à un autre langage de programmation** :

2.3.1. EasyPHP :

EasyPHP est un package complet, permettant d'utiliser toute la puissance et la flexibilité qui offre le PHP dynamique de la langue. Le forfait comprend un serveur Apache, une base de données MySQL, PHPMyAdmin ainsi que des outils de développement faciles pour les sites web et les applications.

2.3.2. WampServer :

C'est un environnement de développement Web Windows. Il vous permet de créer des applications web avec Apache2, PHP et une base de données MySQL. Parallèlement, PhpMyAdmin vous permet de gérer facilement vos bases de données.

3. La topologie de travail :

Dans le souci de faciliter le partage d'information entre les différents acteurs de santé (médecin, patient...), un réseau informatique local a été installé et deux solutions ont été utilisées pour sa mise en place:

3.1. Topologie par l'utilisation du LAN :

Cette topologie basée sur une architecture avec un réseau LAN. Elle est constituée d'un ensemble d'ordinateurs reliés entre eux par des liaisons physiques (un câble notamment) ou sans fil (radio). Ces ordinateurs communiquent entre eux via des protocoles communs.

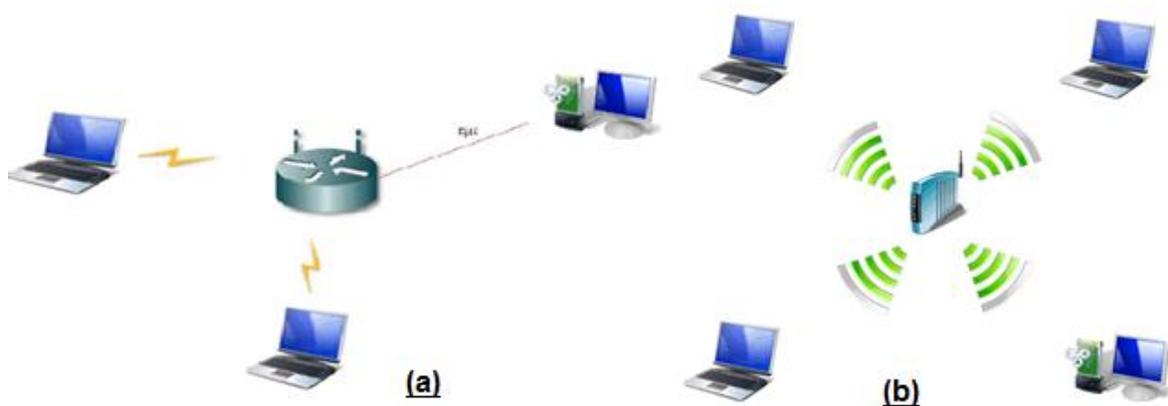


Figure.4.1: Topologie 01 utilisant LAN (a) : illustration du réseau LAN câblé, (b) : illustration du réseau LAN sans fil.

3.2. Topologie par l'utilisation du WAN:

L'objectif de notre application est d'améliorer la transmission des données médicales afin d'assurer un suivi performant. Pour cette raison-là, on va utiliser une topologie plus étendue qui est représenté un réseau WAN. Afin d'avoir un accès Client (qui peut se trouve à son domicile, son bureau ou peu importe) vers un serveur distant qui se trouve par exemple dans une clinique ou un hôpital centrale (avec un débit de connexion très élevé en utilisant une ligne spécialisée).



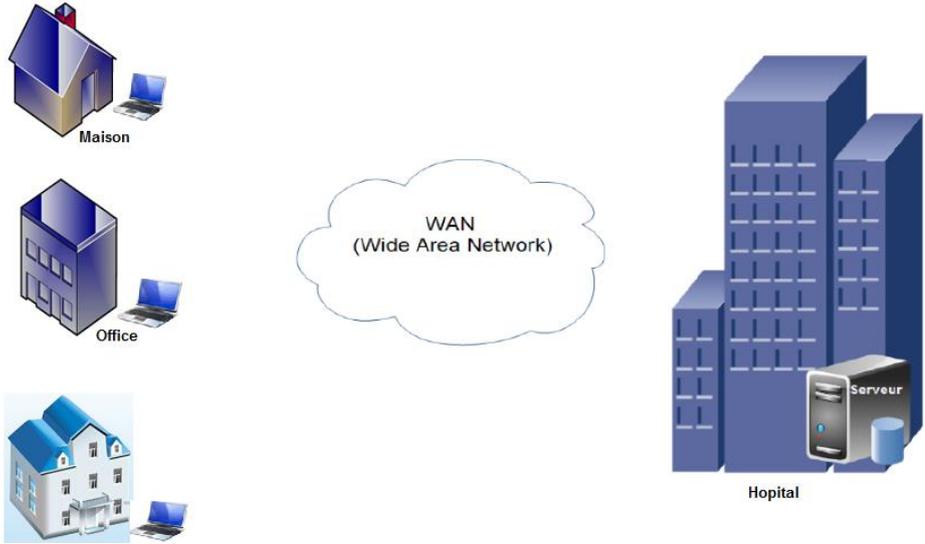


Figure.4.2: Topologie 02 utilisant WAN.

4. La description de notre plateforme :

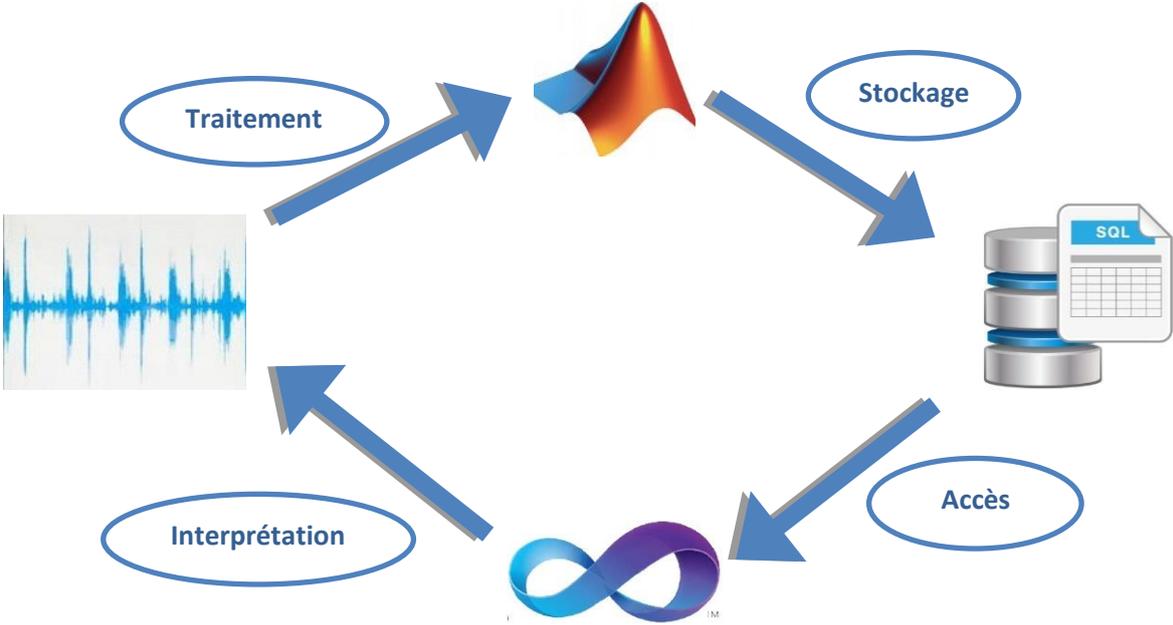


Figure.4.3: Le cycle de notre Plateforme.

4.1. Représentation :

Notre application basée sur une architecture Client/serveur qui assure la communication entre deux machines distantes, dédiée à la télé suivie du patient.

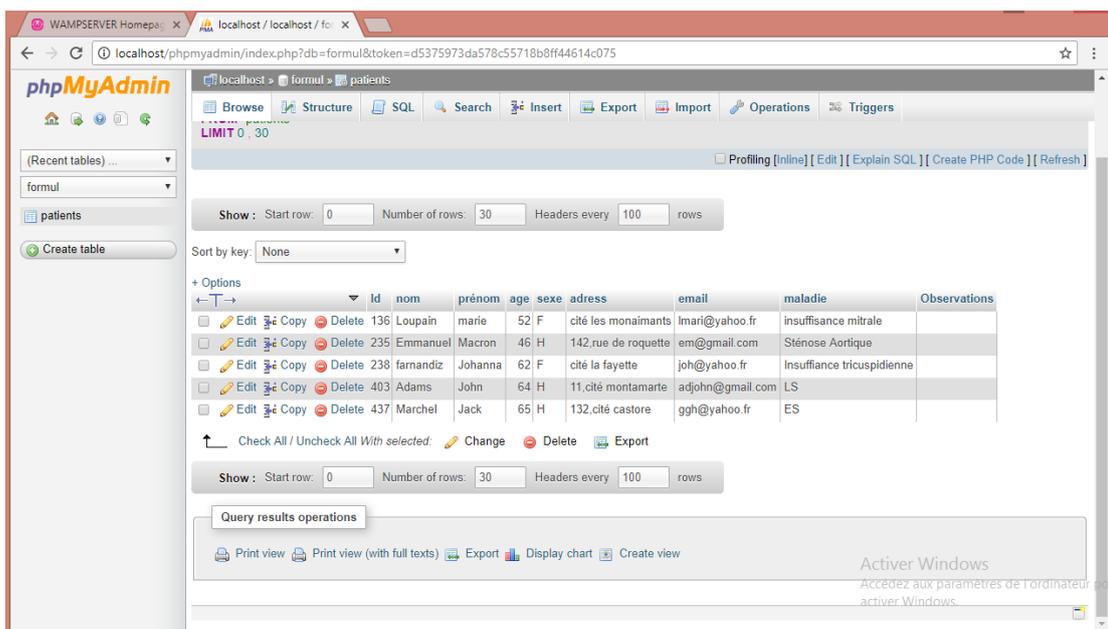
Après un enregistrement autonome du signal PCG à domicile, un traitement est effectué sur le signal par un serveur distant. Ensuite les résultats obtenus sont stockés dans une base de données. Le médecin traitant peut interpréter et discuter ces résultats avec son patient grâce à une interface VB.net.

4.1.1. Coté serveur :

Le coté serveur de l'application comporte deux phases, la première est la création de la base de données à l'aide de PhpMyAdmin, et la deuxième phase consiste à créer l'interface de notre server central.

4.1.1.1. La conception de la Base de Données :

Après avoir étudié les besoins de notre application, nous avons implémenté une base de données qui permet de regrouper l'ensemble des tables contenant toutes les informations des patients et stocker les résultats obtenus du traitement du signal PGC.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'formul'. The 'patients' table is selected, and its structure and data are displayed. The table has the following columns: Id, nom, prénom, age, sexe, address, email, maladie, and Observations. The data is as follows:

Id	nom	prénom	age	sexe	address	email	maladie	Observations
136	Loupain	marie	52	F	cité les monaimants	lmari@yahoo.fr	insuffisance mitrale	
235	Emmanuel	Macron	46	H	142.rue de roquette	em@gmail.com	Sténose Aortique	
238	farmandiz	Johanna	62	F	cité la fayette	joh@yahoo.fr	Insuffisance tricuspideenne	
403	Adams	John	64	H	11.cité montamarte	adjohn@gmail.com	LS	
437	Marchel	Jack	65	H	132.cité castore	ggh@yahoo.fr	ES	

Figure.4.4 : Notre Bse de données (Table Patients).

Chapitre04 : La réalisation de la plate forme « e-Heart Care »

4.1.1.2. Le login :

La sécurité d'un système informatique fait souvent l'objet de métaphores. C'est pour cette raison que nous avons créé un mécanisme d'authentification qui peut permettre l'accès à des ressources uniquement aux personnes autorisées. En introduisant un nom d'utilisateur et un mot de passe bien définis.

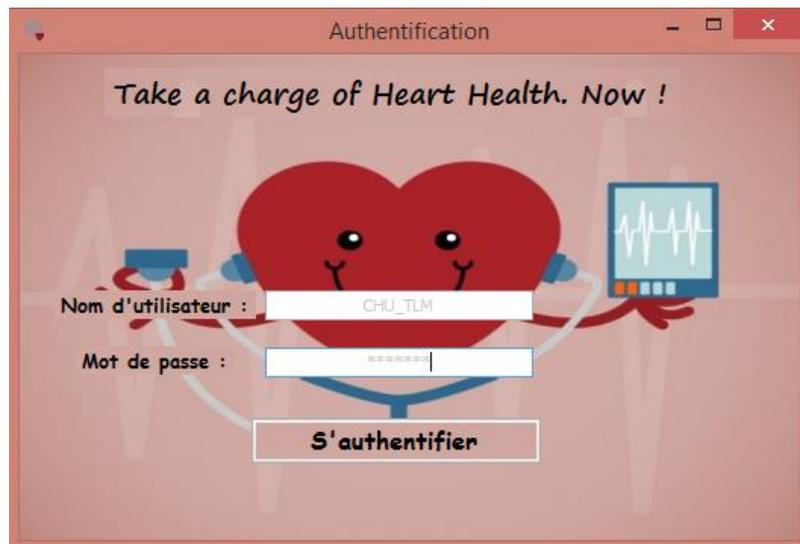


Figure.4.5: Authentification.

4.1.1.3. Le Menu :

L'utilisateur peut gérer l'application à partir de cette fenêtre. Il suffit de choisir un bouton (Patients, Résultats, Centre de partage ou bien quitter l'application) selon son besoin.

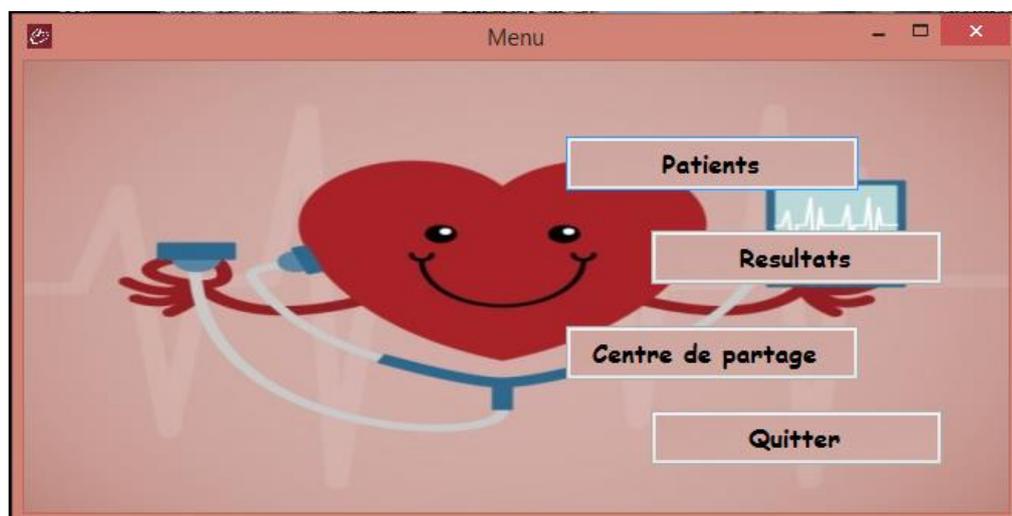


Figure.4.6: Menu Principal.

4.1.1.4. La gestion du Patient :

La gestion du patient est destinée à stocker, gérer les informations liées aux malades selon les commandes suivantes :

- Ajouter : pour le remplissage des renseignements des malades.
- Modifier : sert à la modification des informations et à la mise à jour.
- Supprimer : sert à éliminer définitivement un patient de la BDD.

Id	nom	prÃ©nom	age	sexe	adress	email
136	Loupain	marie	52	F	cité les monaima...	lmari@yahoo
235	Emmanuel	Macron	46	H	142,rue de roqu...	em@gmail.cc
238	farnandiz	Johanna	62	F	cité la fayette	joh@yahoo.!

Remplissage des renseignements :

Nom : Sexe :

Prénom : Maladie :

Age : Observations :

Adress :

Email :

Ajouter

Modifier

Supprimer

Retour au Menu

Fermer

Figure.4.7: Gestion du patient.

4.1.1.5. Résultats d'analyse du signal PCG :

Dans cette fenêtre, les différents résultats obtenus du traitement du signal PCG seront s'afficher. Ainsi le stockage de ces données sera effectu e sous forme d'une table dans une base de données du serveur utilis e. On peut ajouter /modifier, et même supprimer ... selon le besoin.

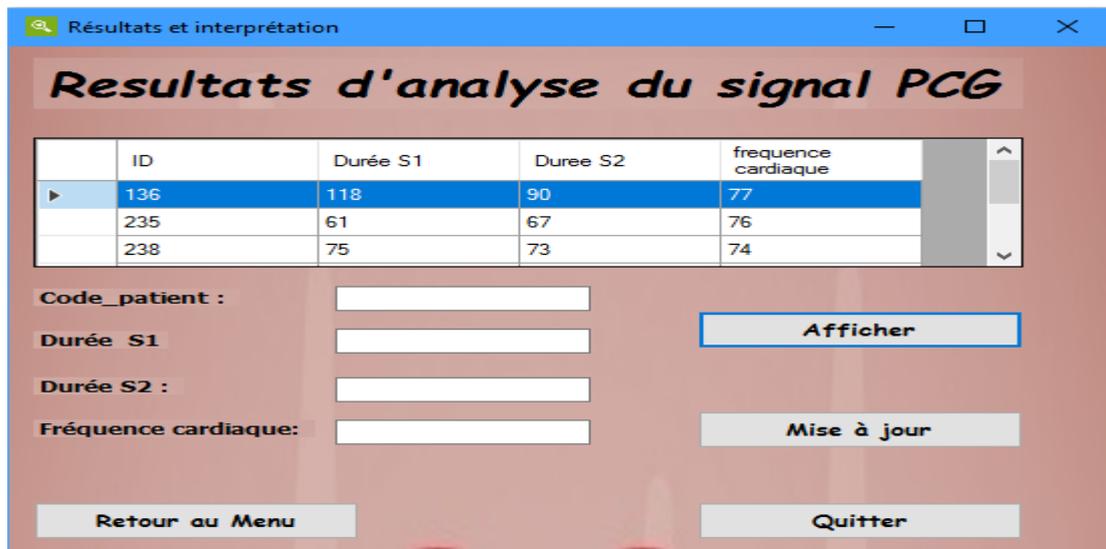


Figure.4.8 : Résultats et interprétation.

On va détailler par la suite le traitement du signal et les résultats obtenus.

4.1.1.6. Centre de partage :

Cette partie permet d'établir une communication entre médecin et patient. Le médecin va interpréter les résultats obtenus du signal et envoyer sa décision médicale au patient, il peut même discuter avec lui concernant les données et son état de santé... . Il peut même recevoir les données du malade.



Figure.4.9 : Serveur distant.

Chapitre04 : La réalisation de la plate forme « e-Heart Care »

4.1.2. Coté Client :

4.1.2.1. Login :

On commence toujours par un login afin d'assurer la sécurité du système et des informations.



Figure.4.10 : Login du Client.

4.1.2.2. Patient :

La fenêtre « **Patient** » a l'objectif d'assurer la communication entre le médecin et le Patient. Ce dernier peut gérer l'interface par les commandes suivantes :



Sert à Lancer/Arrêter la caméra

Figure.4.11 : Interface du Patient.

Afin que le patient puisse échanger ses informations avec son cardiologue, il doit cliquer sur le bouton « **Connecter** » pour établir la connexion.

Le bouton « **Charger** » fait apparaître une fenêtre pour choisir un fichier quelque soit son extension (signal physiologique, rapport médical, image...) puis l'envoyer au serveur distant. Il peut même discuter avec son médecin sur son état de santé utilisant les champs « **Texte à envoyer** » et « **Texte reçu** ».

On a implanté aussi une solution de « **Visioconférence** » qu'elle nécessite la gestion d'un ou plusieurs ponts et supportant l'ensemble des réseaux accessibles depuis les environnements hospitaliers (Interconnexion avec les réseaux déployés, passerelle sur Internet) sans oublier que le support de la HD doit être généralisé à terme dans ce genre de solution.

L'intégration de cette fonctionnalité peut apporter un bénéfice ergonomique important pour les utilisateurs.

Grâce au bouton de « **Paramètres** » l'utilisateur est capable de modifier certaines propriétés telles que : la luminosité, contraste, saturation et la netteté. Lorsque ces propriétés sont

réglées il ne reste que préciser l'adresse IP et lancer la vidéo et l'arrêter quand la consultation est finie.

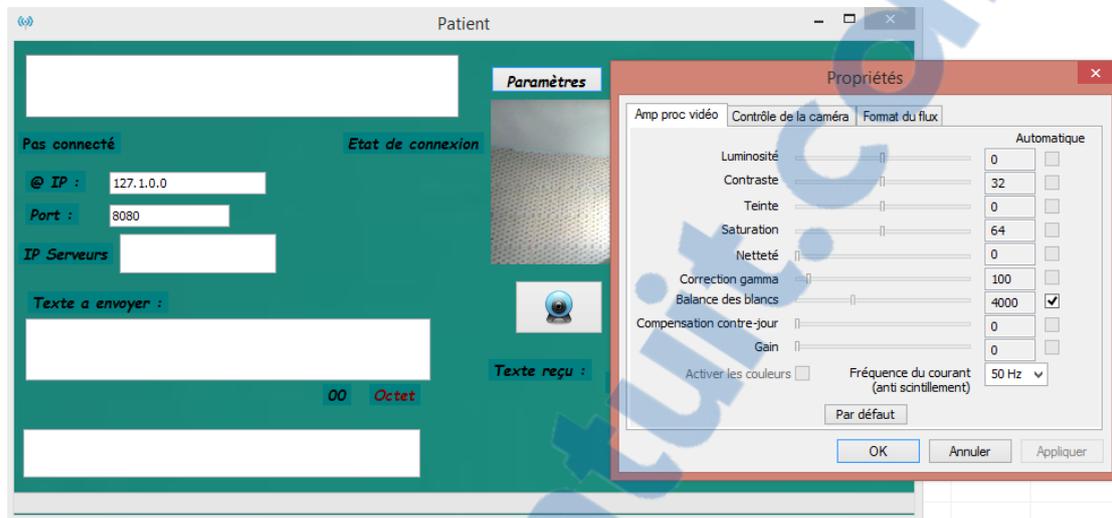


Figure.4.12 : Paramètres et réglage de la webcam.

4.2. Les connexions :

4.2.1. La connexion MySQL avec le VB.net :

Toutefois, la résolution de cette problématique se fait grâce au téléchargement de différents providers qui permettent l'intégration du MySQL dans notre IDE, selon les procédures suivantes :

- En premier lieu, il faut télécharger et installer le MySQL Connector compatible avec la machine utilisée (L'ODBC Connector par exemple).
- Ajouter une référence au projet MySQL.Data.
- Dans le code du projet importer MySQL.Data.MySqlClient.

4.2.2. La connexion Matlab avec MySQL :

L'objectif fondamental fixé derrière cette partie est d'établir une connexion entre deux environnements : « Matlab et le serveur MySQL » afin de stocker les différentes informations extraites à partir de traitement numérique du signal PCG. Avant de procéder à tout traitement la compatibilité entre les systèmes utilisés est obligatoire. Cette compatibilité facilite la réalisation des tâches suivantes :

Chapitre04 : La réalisation de la plate forme « e-Heart Care »

- Installation de driver ODBC.
- L'incorporation de la BDD qui a été déjà créé sous MySQL en Matlab.
- La confiscation des informations dans la fenêtre MySQL connector (nom, adresse IP du serveur), afin d'effectuer un test sur la connexion.
- la connexion de la BDD.

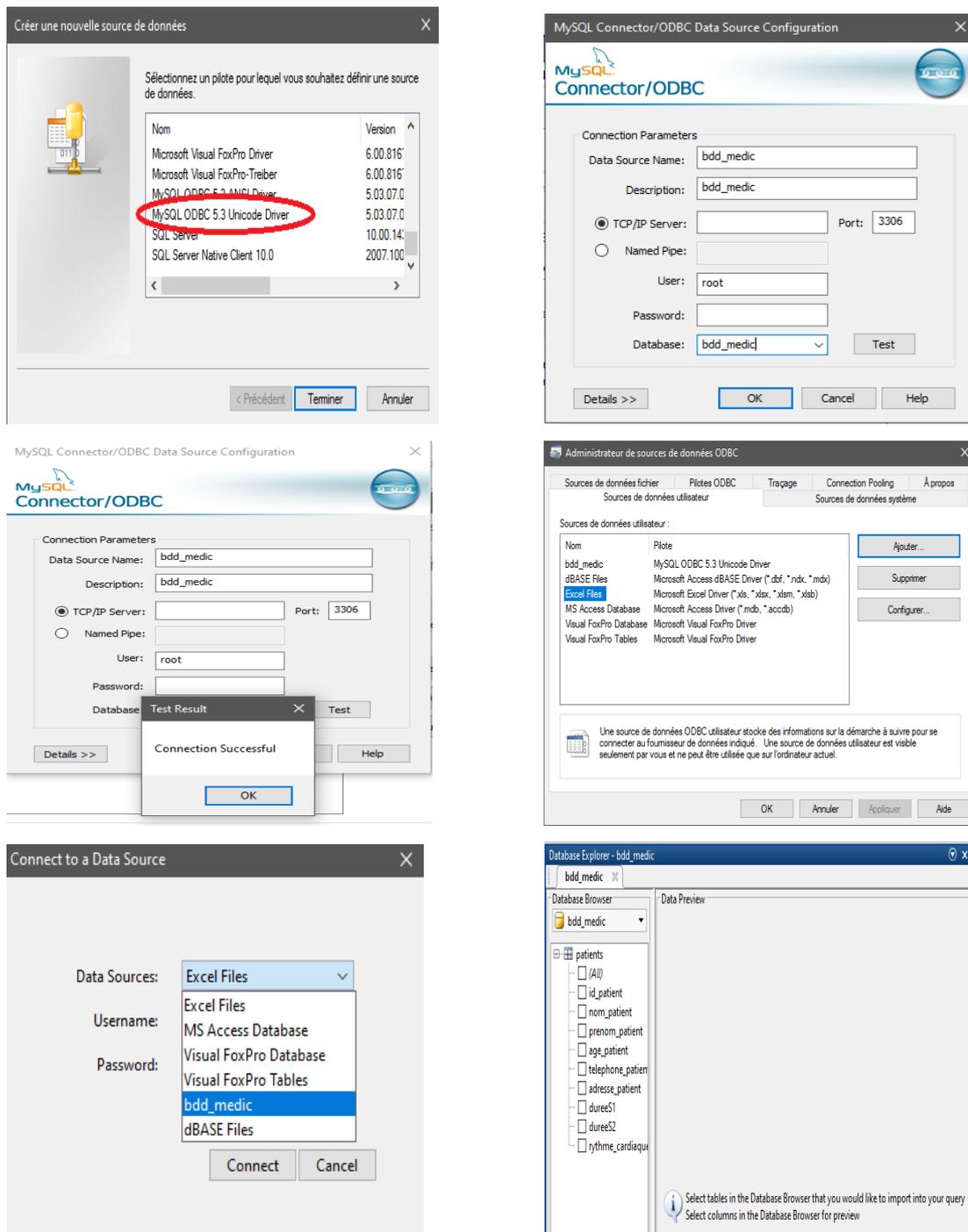


Figure.4.13 : Connexion MySQL-Matlab.

4.3. Le traitement numérique du PCG :

En général, un système automatique d'analyse des signaux PCG, qui vise à détecter et à identifier les différents pathologies cardiaques pourrait être décomposé en plusieurs parties (Figure.14) prétraitement, segmentation, analyse du son et les souffles cardiaques, extraction des caractéristiques et la décision médicale.



Figure.4.14 : Système automatique d'analyse des signaux PCGs.

Avant de procéder à tout traitement il paraît très indispensable de commencer par une étude énergétique. [9] Nous citons au-dessous, quelques transformations qui s'intéressent à l'énergie du signal $x(t)$ dans le domaine temporel :

- Energie du signal : $E = S(t)^2$ (1)

- Valeur absolue : $E = |S(t)|$ (2)

- Entropie de Shannon : $E = -|S(t)| * \log|S(t)|$ (3)

- Energie de Shannon : $E = -S(t)^2 * \log S(t)^2$ (4)

Une comparaison entre ces différentes méthodes est affichée par la figure ci-dessous.

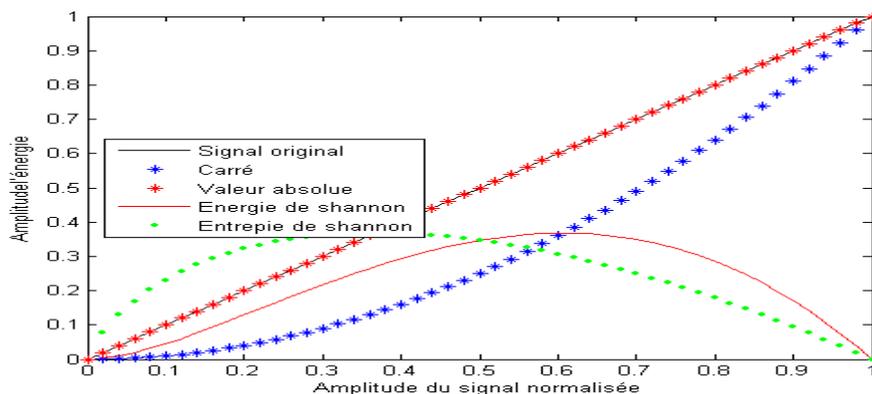


Figure.4.15 : Représentations énergétiques temporelles du signal : $S(t)=t$.



4.3.1. Prétraitement du signal PCG :

Le signal d'origine a été d'abord prétraité avant d'effectuer toute opération. Tous les signaux PCG sont ré-échantillonné à 8000 Hz avec 16 bits de précision et converti au format WAVE et normalisé selon [46]:

$$x_{norm}(t) = \frac{x_{8000}(t)}{\max(|x_{8000}(t)|)} \quad (5)$$

Où : le $x_{norm}(t)$ est le signal échantillonné.

4.3.1.1. Filtrage du signal :

Comme les signaux cardiaques PCG sont de nature non stationnaires, ils sont parfois transitoires et très sensibles aux bruits à cause des conditions d'auscultation, d'acquisition, de numérisation et de transmission. Pour cela, Il est nécessaire d'appliquer un filtrage pour annuler les composantes de haute fréquence dans le cas où les souffles présents sont de haute intensité, et que le contenu fréquentiel de ces derniers est plus important que ceux des sons.[6]

Les différents signaux PCGs (normaux et anormaux) ont une gamme de fréquences de 20 à 300 Hz. donc un filtre passe-bande de type Tchebychev d'ordre N=3, et de bande passante WC=[20-300Hz] a été conçu pour le filtrage des signaux PCG.

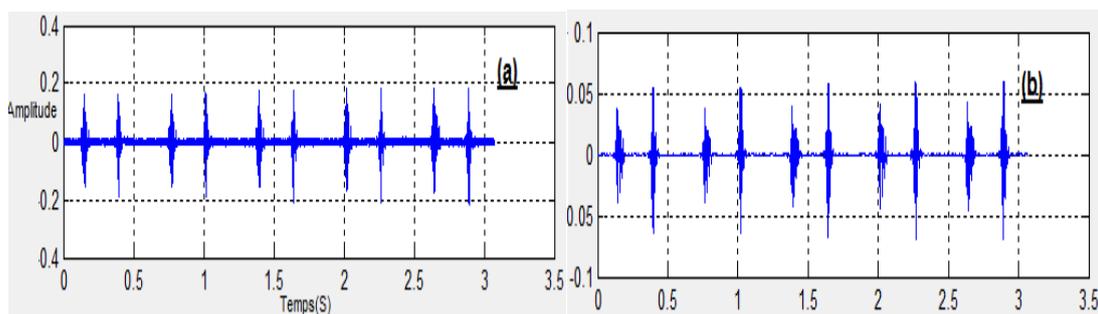


Figure.4.16 : Filtrage du signal PCG tel que (a) : Signal PCG normal. (b) : signal PCG filtré.

On voit que le bruit est totalement éliminé sans aucune influence sur l'amplitude du signal.

4.3.2. Segmentation du PCG :

La décomposition modale empirique (EMD) qui présente l'avantage de réaliser une décomposition des signaux cardiaques sans un préalable de débruitage, sans faire intervenir une fonction externe ni une opération de fenêtrage. L'EMD fournit les fonctions modales du

signal des hautes fréquences vers les basses fréquences sans délocalisation des caractéristiques médicales des signaux cardiaques. [45]

- **Le principe de l'EMD :**

La décomposition modale empirique est un outil de décomposition des signaux non-linéaires, non-stationnaires, proposé par Huang et ses collègues. Elle est définie par un algorithme de décomposition empirique, sans une véritable évaluation théorique. Malgré ses fondements théoriques limités, la méthode est appliquée sur plusieurs types de signaux réels, dont des signaux physiologiques et biomédicaux, où des résultats prometteurs sont obtenus. L'EMD est utilisée récemment pour extraire des descripteurs des signaux de paroles afin de classifier les émotions, elle est également utilisée pour extraire des descripteurs des signaux physiologiques [46], ainsi que pour analyser les informations gastro-œsophagiennes. La première fois que la méthode EMD a été testée sur des signaux cardiaques PCG, c'était dans l'étude de Charleston et ses collègues, qui ont appliqué cette méthode sur des signaux S1 et S2 simulés. Lui *et al.*, ont utilisé la transformation de Hilbert-Huang, qui est basée sur la décomposition EMD, pour extraire des caractéristique des sons cardiaques.

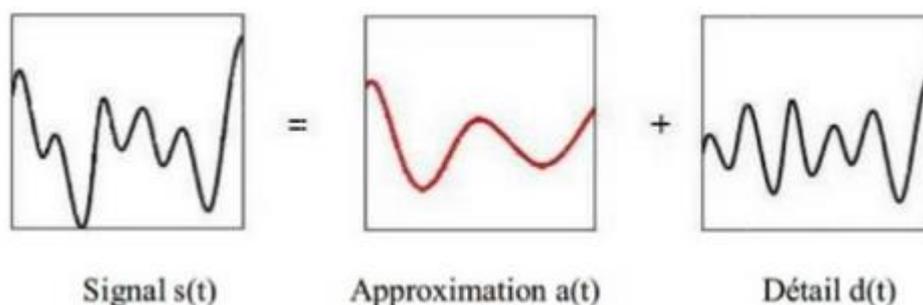


Figure.4.17 : Décomposition du signal $s(t)$ en une composante rapide $d(t)$ et une lente $a(t)$. [45]

- **L'algorithme de l'EMD :**

Le principe de décomposition de l'EMD est assuré par le processus de tamisage défini par l'algorithme décrit dans ce qui suit :

1. Initialisation, $r(t)=x(t)$ et $k=1$.
2. Déterminer les extrema (maxima et minima) du signal $r(t)$.
3. Interpoler par une spline cubique les minima et les maxima pour générer une enveloppe $emin(t)$ et $emax(t)$, respectivement.

4. Calculer la moyenne $m(t) = (e_{min}(t) + e_{max}(t))/2$ et extraire des fonctions intermédiaires : $p_i = r(t) - m(t)$ et posons $r(t) = m(t)$.
5. Tant que p_i ne satisfait pas les conditions d'une IMF (moyenne locale nulle), répéter :
 - Calculer la moyenne $m_i(t)$ de $p_i(t)$
 - $p_{i+1}(t) = p_i(t) - m_i(t)$ avec : $i = i + 1$
6. $dk(t) = p_i(t)$ et $r(t) = r(t) - dk(t)$
7. Si $r(t)$ n'est pas monotone, retour à l'étape 2 et incrémenter k ($k = k + 1$). Sinon, la décomposition est terminée.

Dû à la complexité du signal phono cardiogramme, cet algorithme est constitué d'une manière supervisée, c.-à-d. l'utilisateur doit ajuster certains paramètres (seuil, niveau de la décomposition,...) pour atteindre la segmentation optimale.

L'idée ici est de mettre en œuvre la segmentation basée sur le signal sonore du cœur lui-même sans aucune référence à l'ECG. Quatre étapes ont été développées pour segmenter le signal PCG :

4.3.2.1. Détection d'enveloppe :

Considérons un signal réel $x(t)$, sa transformée de Hilbert est définie par :

$$H[x(t)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x(\tau)}{\tau - t} d\tau = x(t) * \frac{1}{\pi t} \quad (7)$$

C'est le produit de convolution du signal $x(t)$ avec la fonction $1/\pi t$, autrement dit, $H[x(t)]$ est en quadrature avec $x(t)$. La partie imaginaire du signal analytique $x_a(t)$ associé au signal $x(t)$ n'est que la transformée de Hilbert de $x(t)$. Le signal analytique $x_a(t)$, correspond au signal $x(t)$ auquel sont retirées les composantes fréquentielles négatives, et peut s'écrire de cette façon :

$$x_a(t) = x(t) + jH[x(t)] = A(t)e^{j\varphi(t)} \quad (8)$$

Avec $A(t)$, l'amplitude du signal analytique $x_a(t)$, qui est l'enveloppe du signal $x(t)$ appelée l'enveloppe de Hilbert. Elle est définie par :

$$A(t) = \sqrt{x^2(t) + H[x(t)]^2} \quad (9)$$

Une moyenne glissante est appliquée dans [Samjin08] pour enlever les vibrations hautes fréquence dans l'enveloppe.

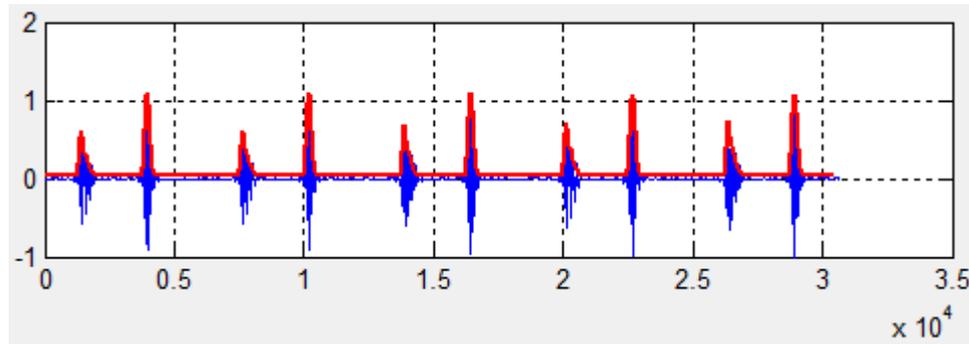


Figure.4.18 : Détection d'enveloppe d'Hilbert superposée sur le signal PCG.

En appliquant la transformé d'Hilbert TH sur un mode extrait de la décomposition du PCG par l'EMD, nous avons distingué et isolé les sons S1 et S2. Nous avons déterminé les phases systole et diastole du cœur, sans recours à la détection des signatures du signal ECG.

L'intérêt de cette détection automatique basée sur la TH est double :

- la localisation des sons S1 et S2 est indépendante du signal ECG.
- les formes des sous systoliques et diastoliques sont détectées (enveloppes entre S1 et S2) dans les cas de patients souffrant de pathologie cardiaque.

Cela permet au cardiologue de déterminer la nature de la pathologie détectée.

4.3.2.2. Le seuillage :

La détermination du seuil est une phase très importante dans la segmentation du signal Phonocardiogramme pour avoir des résultats fiables. En effet, la durée du bruit cardiaque peut changer en fonction du seuil choisi.

4.3.2.3. Identification des bruits S1 et S2 :

Une fois le seuil est trouvé, l'étape suivante consiste à segmenter le signal en utilisant les étapes suivantes:

1. Trouver les points d'intersection entre chaque enveloppe et le seuil et le considéré comme un segment.

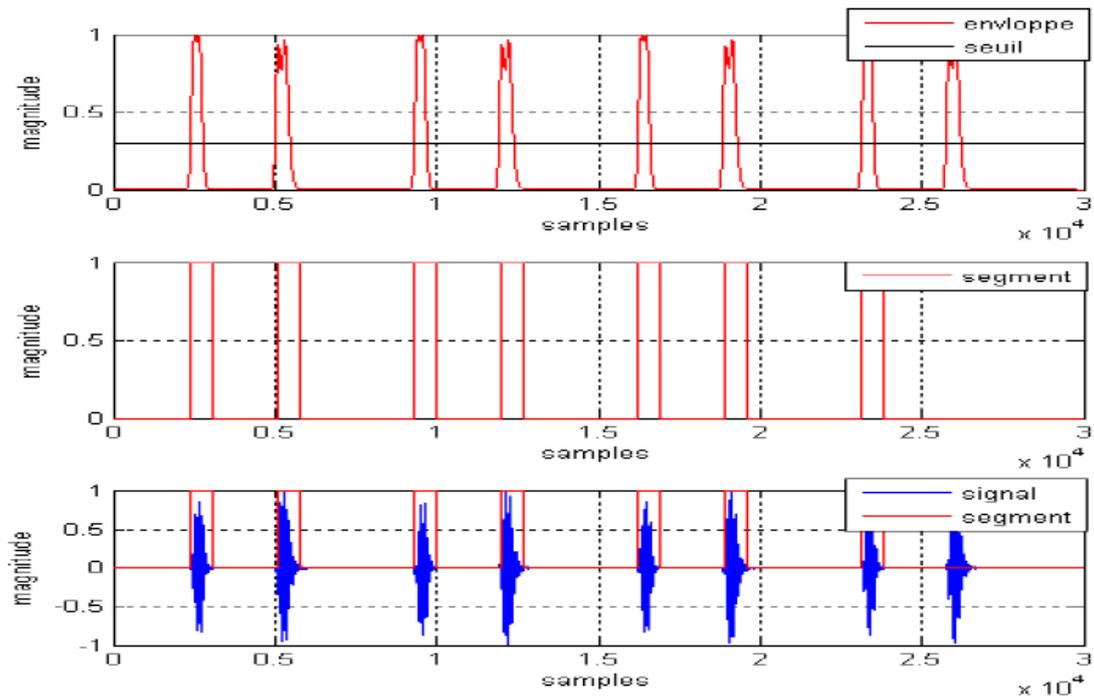


Figure.4.19 : La segmentation du signal PCG.

2. Pour les fréquences cardiaques normales, la période diastolique est plus longue que la période systolique. Par conséquent, il est supposé que le plus long intervalle entre deux sons correspond à la période diastolique et le son suivant immédiatement à cet intervalle correspond à S1 tandis que le son qui le précède immédiatement correspond à S2. [47]

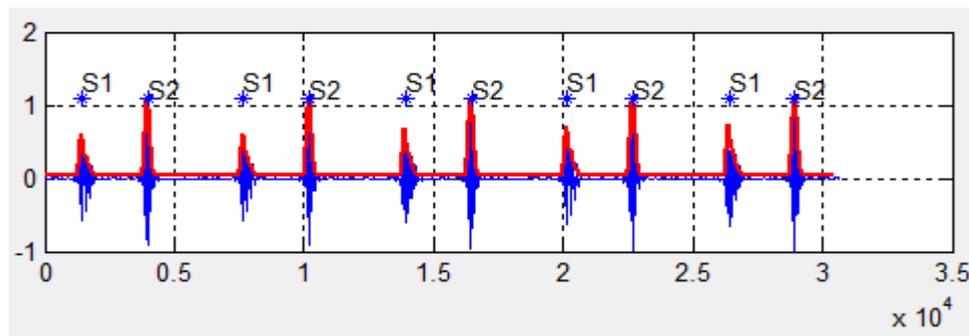


Figure.4.20 : les résultats obtenus pour l'identification des bruits S1 et S2.

4.3.2.4. Séparation des bruits cardiaques :

Après l'identification des bruits cardiaques S1 et S2, il est facile d'analyser les différentes caractéristiques du PCG, pour extraire des informations médicales permettant d'identifier des valvulopathies et d'aider à l'établissement d'un diagnostic médical. Pour cela, nous appliquons

Chapitre04 : La réalisation de la plate forme « e-Heart Care »

la transformé d'Hilbert TH suivi d'une détection d'une maxima sur un mode extrait de la décomposition du PCG par l'EMD, nous avons distingué et isolé les bruits S1 et S2 et déterminer les phases systole et diastole du cœur. Les résultats sont représentés dans la figure suivante :

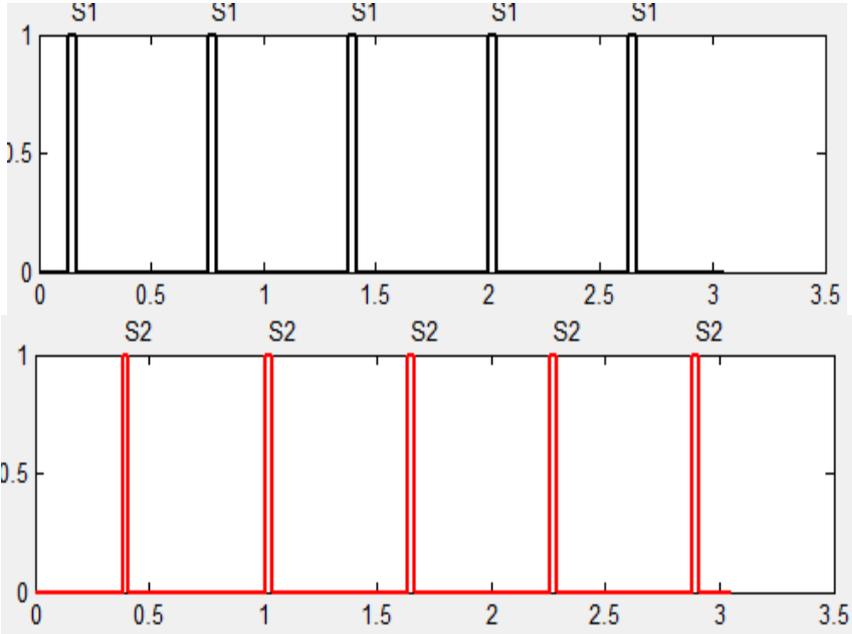


Figure.4.21 : Enveloppe du signal PCG avec un seuil de 80%.

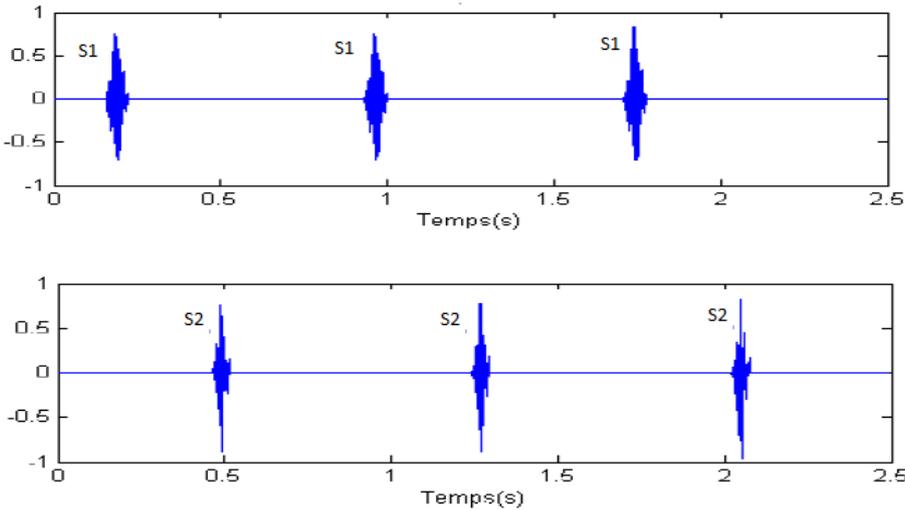
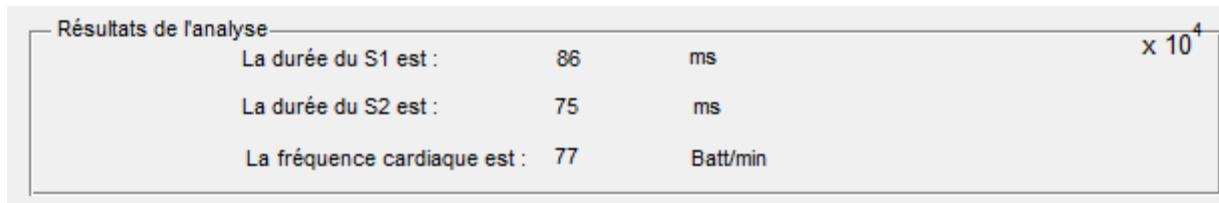


Figure.4.22 : Séparation des bruits cardiaques S1 et S2 du PCG normal.

4.3.3. Les Résultats et discussion :

Le but de cette segmentation de notre signal est de pouvoir extraire quelques caractéristiques afin de reconnaître les valvulopathies. Dans notre projet on a choisi de calculer :

- la durée de chaque bruit cardiaque.
- la fréquence cardiaque.



Résultats de l'analyse			x 10 ⁴
La durée du S1 est :	86	ms	
La durée du S2 est :	75	ms	
La fréquence cardiaque est :	77	Batt/min	

Figure.4.23 : Résultats de la segmentation

Le tableau [Table 1] suivant représente les différents résultats obtenus du traitement du signal PCG :

Sujet	Pathologie	Nombres d'échantillons	Durée S1(ms)	Durée S2 (ms)	Fréquence cardiaque (batt/min)
AS	Rétrécissement aortique (Aort Stenosis)	4000	118	90	77
IM	Insufisance mitrale	8000	75	73	74
ASD	communication interauriculaire (Atrial Septal Defect)	5000	61	67	76
PS	Pan Systolic	4000	54	73	63
N	Sujet normal	8000	86	75	77

Table.4.1: Resultats obtenus

Chapitre04 : La réalisation de la plate forme « e-Heart Care »

La méthode utilisée est basé sur des critères temporels afin de classifier les signaux cardiaques et reconnaître la pathologie correspondante comme le rétrécissement aortique (qui a un S2 plus fréquent que le S1 et une durée de S2 plus courte), Pan systolique qu'elle a une durée de S2 plus longue.

D'après notre travail, l'approche utilisée a prouvé son efficacité pour quelques pathologies cardiaques.

5. Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, nous avons traité tous ce qui concerne notre travail sur la plateforme « e-Heart Care », en commençant par le traitement et l'analyse du signal PCG, le stockage des données et on a achevé le projet par une application sous vb.net assurant le Télésuivi des patients par leurs médecins traitants.

Dans ce qui suit, nous allons conclure par une conclusion générale, et on notera quelques perspectives pouvant être réalisés par la suite.

Conclusion générale

Notre ambition est que, dans un futur relativement proche, les médecins, quel que soit leur position géographique (cabinet médical, en ambulatoire, dans l'hôpital) et les patients pourront bénéficier du diagnostic à distance, basées sur l'utilisation d'outils de communication pour l'analyse et la transmission des sons auscultatoires en temps réel ou en temps différé.

Dans ce contexte, toute une partie a été consacrée sur le traitement numérique du signal **PCG**, en tant qu'outil mathématique adéquat pour segmenter le signal **PCG** afin de déterminer les paramètres les plus convenables utilisés dans cette estimation est qui sont la durée des bruits cardiaques et la fréquence cardiaque.

L'algorithme de segmentation basé sur l'approche **EMD** combinée avec la transformée d'Hilbert TH, permet la séparation et de localisation de différents événements constituant le signal **PCG** utilisé, ainsi il a montré son efficacité de répondre à nos objectifs tracés.

Ensuite, le stockage de l'information et la manipulation des données, à travers une application d'accès automatique au temps réel : e-Heard Care, sont deux critères importantes, permettant l'optimisation de la qualité du soin et la rapidité du diagnostic quelle que soit leurs **situations géographiques**.

Finalement, nous pouvons dire que cette application non coûteuse, facile à utiliser, permettant le désenclavement des zones défavorisées, apporte un suivi performant pour le patient et le confort au médecin lors de l'auscultation de son diagnostic médical au temps réel.

Perspectives :

Etant donné que ce projet est encore à ces débuts, nous avons beaucoup de chose à faire :

- L'implémentation de notre Application pour d'autres systèmes d'exploitation tel que : IOS, Windows Phone...
- Développer une nouvelle approche afin d'extraire les paramètres du signal utiles pour identifier la nature des valvuloplasties.
- s'appuyer sur des nouvelles technologies pour pousser l'exploitation des sons auscultatoires comme un examen non invasif et pertinent pour l'aide au diagnostic et le monitoring distant.

Bibliographie

- [1] : Sandra REICHERT. « Nouveaux outils de communication pour le diagnostic partagé et la surveillance du patient - application au domaine de l'auscultation ». Thèse Doctorat en informatique, Université de Technologie de Belfort-Montbeliard, 2009.
- [5] : R. E. KLABUNDE, "Cardiovascular physiology concepts", 2nd edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [6] : J., Malmviou & R., Plonsey, "Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields". New York, Oxford University Press, 1995.
- [8] : F. H. Martini, M. J. Timmons & R. B. Tallitsch, "human anatomy", 8 edition, Pearson Benjamin Cummings, 2012.
- [9] : F.MEZIANI, «Analyse du degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (PCGs) par application des transformées d'ondelettes», thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, p51, 2013
- [10] : AP. BRENDAN. « The human heart, A Basic Guide to Heart Disease », 2nd Edition, Lippincott Williams &Wilkins, 2007
- [11] : M.Omari Tahar, « Etude de degré de sévérité pathologique des sténoses aortiques », thèse de magister, Université de Tlemcen, p 101, 2009
- [13] : Ould Amaria Ahlem & Tighezi Messaouda « circuit de mise en forme du signal PCG », Master en biomédical, Université de Tlemcen, 2014_2015.
- [14] : R-W.Baer. Physiology of cardiac defect, 1996
- [15] : R.L.H. Murphy Et al. Introduction to heart sounds .3M Littman Stethoscopes, 2004.
- [16] : A.Wang, T.M.Bashore. Valvular Heart Disease, Humana Press, 2009.
- [17] : Mohamed lamine Mekhalfi. « Analyse des signaux PCGs par l'usage de la CWT et de la DWT», Thèse magister, Université de Batna, 2012.
- [18] : A.DJEBBARI. « Synthèse des méthodes d'analyse temporelle, spectrale et spectro-temporelle du signal phono cardiogramme », Thèse magister en électronique, Université Tlemcen, Algérie, 1999.
- [20] : F.Jan. « Cardiologie », 2ème Ed, p 215-226, 2005.
- [21] : D. Garcia. « Application d'un nouveau concept de perte de charge au diagnostic écho cardiographique des sténoses aortiques », Thèse Doctorat, Université de Montréal, Canada,pp 63,2003.
- [23] : A. BENDIFALLAH « CONTRIBUTION A L'ELABORATION ET LA MISE EN ŒUVRE D'ALGORITHMES POUR LA COMPRESSION DES SIGNAUX UNIDIMENSIONNELS» thèse de Doctorat, Université de Batna, p5
- [24] : M.LAILA, « la télémédecine et les technologies d'assistance pour la prise en charge des personnes âgées fragiles à domicile et en institution: modélisation du besoin, de la

Bibliographie

prescription et du suivi », Thèse Doctorat, Université JOSEPH FOURIER, Grenoble, France, 2009.

[25]: Norris, A.C. « Essentials of Telemedicine and Telecare », London, John Wiley & Sons, LTD.178p, 2002.

[26] : Mitchell.J.« Fragmentation to Integration : National Scoping Study fir the Telemedicine Industry in Austalia », Canberra, ACT, 1988.

[27] : A.REMANDE, « Motifs de recours des médecins généralistes à la Télémédecine à partir de deux expérimentations », Docteur en médecine d'Université Toulouse-3, Paul Sabatier, France, 2013.

[28] : Institut économique de Montréal. « La télémédecine: améliorer le système de santé par l'innovation ». Les notes économiques, CANADA, septembre 2010.

[29] : Fiche thématique du CISS n°46 -La Télémédecine-2015.

[30]: F. DUCHENE « Fusion de données multi capteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile » *Thèse de doctorat*, Université JOSEPH FOURIER, Grenoble,France, 2004.

[31] : Schlag PM, Moesta KT, Rakovsky S, Grasczew G. Telemedicine. Arch Surg 1999;134:1216-21.

[32] : I. OUIS, « Téléformation mobile entre les professionnels de santé », Master aux signaux et images en médecine, Université Tlemcen, Algérie, 2013.

[33] : A.MALTI & H.LANTRI « Transfert des signaux biologique sur un terminal mobile pour la télésurveillance médicale » Master d'informatique biomédicale, Université Tlemcen, Algérie, 2015.

[34] :R. MERZOUGUI, « Conception et développement d'applications et services dédiés à la santé sur des terminaux mobiles », Thèse Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie, 2011.

[35] : F. ZERROUKI, «Conception et réalisation d'une carte d'acquisition ambulatoire de transmission sans fils et de traitement de signaux biomédicaux», Magister en électronique en télédétection de l'Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie, 2014.

[36] : H.BOUDRA, « Un Prototype de système de Télésurveillance médicale basé sue les capteurs et les réseaux de capteurs sans fil », Maitrise en Informatique d'Université de Québec, Montréal, Canada, 2014.

[37] : I.Akyildiz,T. Melodia, et K. R. Chowdury, « Wireless multimedia sensor networks: A survey », *IEEE Wirel*, 2007.

[38] : P. Johansson, M. Kazantzidis, R. Kapoor, et M. Gerla, « Bluetooth: An Enabler for Personal Area Networking », 2001.

[39] : A. Gupta et P. Mohapatra, « A survey on ultra wide band medium access control schemes »,2007.

Bibliographie

[40] : P.GODLEWESKI, X.LAGRANGE, S.TABBANE, « Réseaux GSM-DCS », 4^e édition Hermès Paris, France, 1999.

[41] : H.GHANNOUM, « Etude conjointe antenne/canal pour les communications Ultralarge Bande en présence du corps humain », Doctorat en Electronique et communication de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, France, 2006.

[43] : S.DJERDAOUI, « Implémentation d'un site web télémédicale », Master en Informatique d'Université Tlemcen, Algérie, 2015.

[44] : P.POULINGEAS. « Réseaux » cours 2005.

[45] : S.BELKHOUCHE. « Etude et Administration des systèmes de supervision dans un Réseau local », Diplôme Ingénieur d'Etat, Algérie, 2011.

[46] : M.GUERMOUNI. « Analyse spectrale du Phonocardiogramme », Magister en électronique, Université de Batna, Algérie.2012.

Webgraphie

[2] : http://www.telemedecine-alsace.fr/stetho/stethos_historique.htm

[3] : <http://www.corpshumain.ca/Coeur.php>

[4] : Encyclopédie Encarta -2009

[7] : http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio_1/site/html/1.html#11

[12] : <http://www.laennext.com>

[19] : <http://www-sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/CardioCD/cardio/chapitre/204.htm>

[22] : <http://www.santepratique.fr>

[42] : <http://www-rp.lip6.fr/~pujolle/Documents/CVGP%20janvier%202009.pdf>

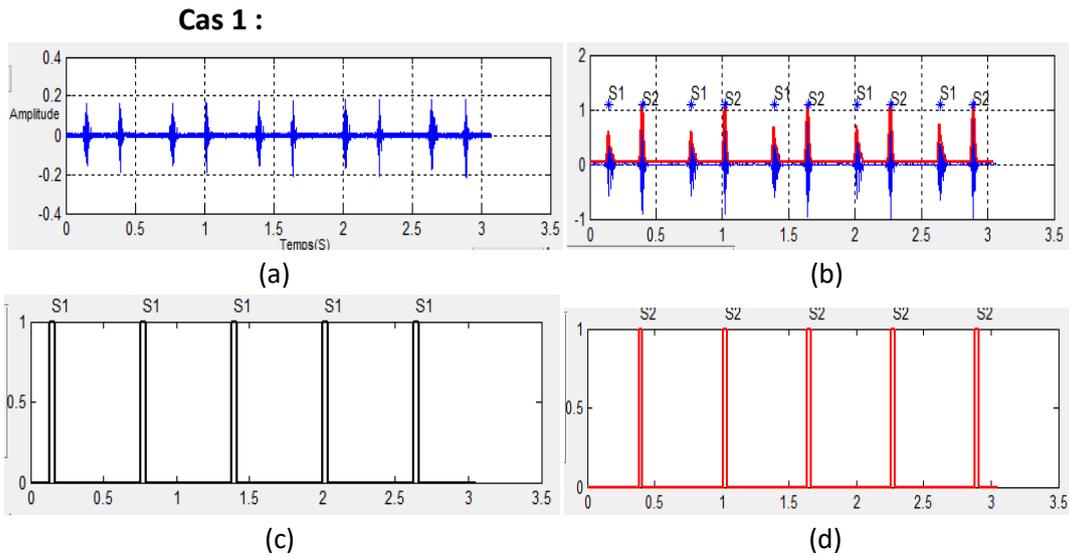


Figure01 : Le Cas 1 présente un sujet normal
(a) Le signal original. (b) L'enveloppe du signal, (c) Le 1^{er} son S1
(d) Le 2^{ème} son S2

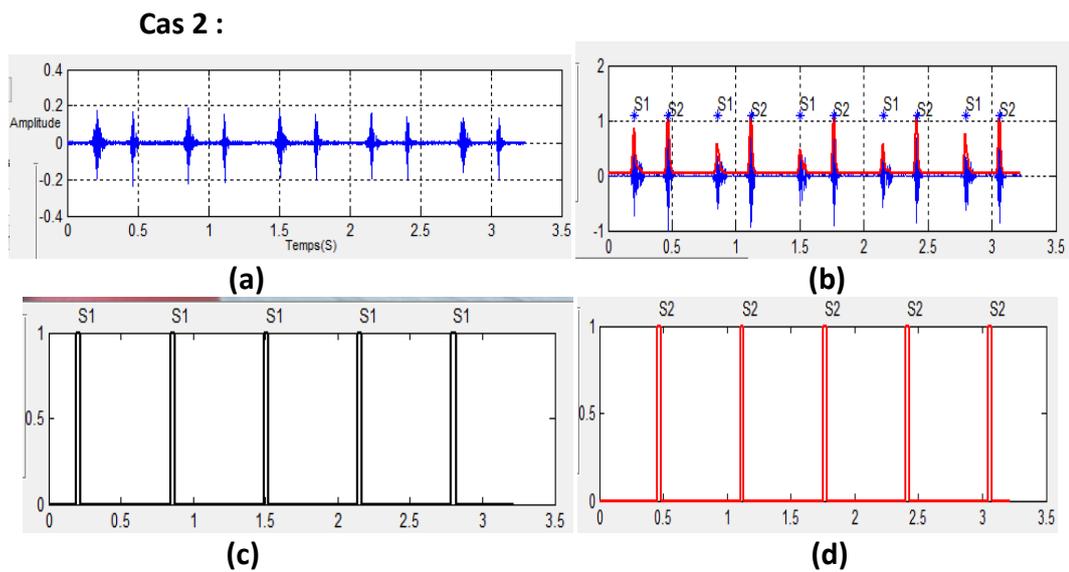


Figure02 : Le Cas 2 présente un sujet ayant une insuffisance mitrale (IM)
(a) Le signal original. (b) L'enveloppe du signal, (c) Le 1^{er} son S1
(d) Le 2^{ème} son S2

Cas03 :

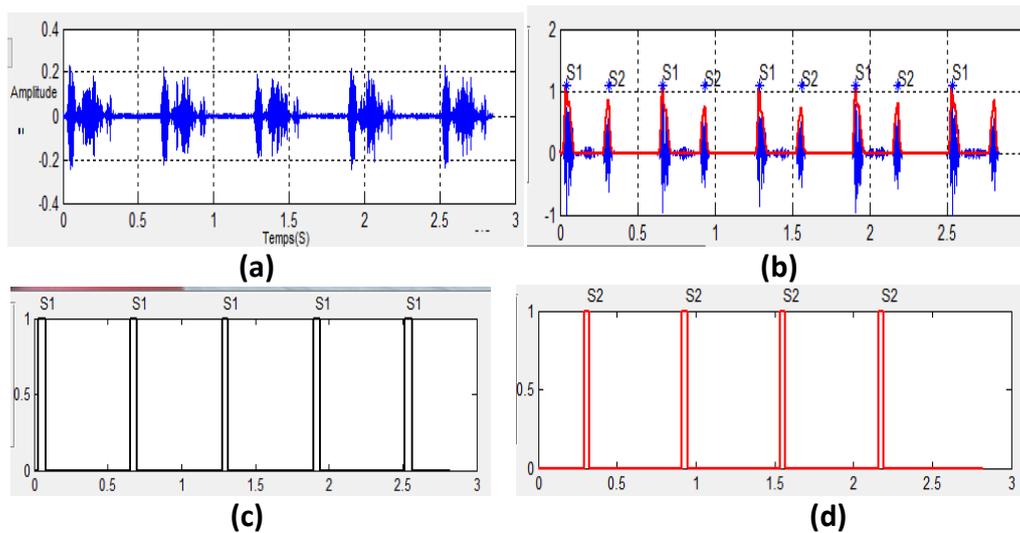


Figure02 : Le Cas 3 présente un sujet ayant une sténose aortique (AS)
(a) Le signal original. (b) L'enveloppe du signal, (c) Le 1^{er} son S1
(d) Le 2^{ème} son S2