



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Télémedecine

Présenté par : BENABDALLAH Hadjer

Thème

La réalisation d'une interface graphique pour le traitement du degré de sévérité des signaux PCG « sténose aortique » en télémedecine.

Soutenu le 12 juin 2016 devant le Jury

M ^{me}	Ziani chérif souhila	MCB	Université de Tlemcen	Président
M ^{me}	Meziani Fadia	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur
M ^{elle}	Habibes Naima	MAA	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2015-2016

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de (Abou Bekr Belkaid) et les responsables de la formation (télémédecine).

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma Directrice de mémoire Madame Meziani Fadia . Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je remercie également tous mes professeurs pour l'aide et les conseils qu'ils m'ont donnés pour les missions évoquées dans ce projet.

Je tiens à remercier tout particulièrement les membres du jury : Madame Ziani cherif scuhila MCB à Université de Nemcen, et Mademoiselle Habibes Naima MAA à Université de Nemcen.

À tous ces intervenants, je présente mon respect, ma gratitude et mes remerciements.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire A :

Mon Père Abdeshak

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,
le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

Ma très chère Mère Tabet Aoul Samira

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi la source de
tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager
et de prier pour moi. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et
t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

Mon Frère Haroun

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.

Mes sœurs, Meryem, Sarah

Meilleurs vœux de succès dans votre vie.

Tous les gens qui m'aiment et qui m'ont beaucoup aidé

*Zineb, Meryem, Assma, Imene, Nour
houda, Aymen, Mourad, Merwane, Sofyane*

Cahier de charge du projet

Thème

La réalisation d'une interface graphique pour le traitement du degré de sévérité des signaux PCG « sténose aortique » en télémédecine.

Objectifs

- L'implémentation d'une interface graphique représentative basée sur les techniques du traitement de signal, afin d'assurer une communication entre les acteurs du domaine médical.
- Développer une nouvelle technique d'information et de communication (NTIC) complémentaire pour optimiser la qualité des soins.
- Aider le médecin à établir son diagnostic médical en temps réel lors de l'auscultation.
 - Le stockage de différentes informations relatives à ces signaux ;
- L'implémentation d'une application d'accès automatique pour le cardiologue

Résumé : L'étude de la maladie valvulaire cardiaque a progressé rapidement au cours des deux dernières décennies. La compréhension de l'étiologie et de l'histoire naturelle, la précision de l'évaluation non invasive, et de la prise en charge chirurgicale et interventionnelle de la maladie de la valve ont tous été améliorés de façon spectaculaire. Le rétrécissement aortique est l'un des pathologies les plus fréquentes, il est caractérisé par un rétrécissement de l'ouverture valvulaire aortique en engendrant une résistance à l'écoulement du sang. Dans les cas critiques, la seule solution est le remplacement valvulaire par une prothèse (**mécanique** ou **biologique**). L'échographie Doppler ou le cathétérisme viennent compléter l'examen par une évaluation plus précise. L'inconvénient majeur de ces techniques réside dans le prix élevé de ces équipements.

L'objectif de notre travail est de trouver une solution simple et moins chère pour estimer le degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (PCGs). Cette solution est basée sur le traitement numérique du signal phono cardiogramme. A cet effet, un algorithme de segmentation a été élaboré : il permet l'extraction des différents composants du cycle cardiaque (bruit, click, souffle).

Le rapport énergétique aortique RAE est le paramètre qui a été élaboré pour estimer le degré de sévérité pathologique de la SAO sans oublier d'autre paramètre comme l'intensité du souffle. Les résultats ont été élaborés pour la réalisation d'une application qu'on a appelé Sol_Medic_SAO v.1.0

Le but de cette application est de mettre à la disposition du médecin toute les informations nécessaires, qui l'aident à établir un diagnostic rapide et fiable. Ce diagnostic est basé sur l'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique. Cette application d'accès automatique en temps réel sert à optimiser la qualité de soin et de diagnostic rapide quelle que soit leur situation géographique, elle est réalisée selon deux critères importants : le stockage de l'information et la manipulation des données.

Mots clés : Sténose aortique, Phonocardiographie, bruits et souffles cardiaques, degré de sévérité, rapport énergétique, la transformé des ondelettes discrète TOD, temps réel, diagnostic, le stockage de l'information, la manipulation des données.

Abstract: The study of valvular heart disease has progressed rapidly over the past two decades. The understanding of etiology and natural history, the precision of non-invasive assessment, and the surgical and interventional management of valve disease have all improved dramatically. Aortic stenosis is one of the most common diseases, it is characterized by a narrowing of the aortic valve opening by generating a blood flow resistance. In critical cases, the only solution is valve replacement with a prosthetic (biological or mechanical). Doppler ultrasound or catheterization complete the review by a more accurate assessment. The major inconvenience of these techniques is the high price of this equipment.

The aim of our work is to find a simple and effective solution to estimate the severity degree of the disease of phonocardiograms (PCGS). This solution is based on digital signal processing phonocardiogram. That's why, it was developed an algorithm of segmentation which allows the extraction of different components of the cardiac cycle (sound click, murmur), with. The report of aortic energy RAE parameter was developed to estimate the severity degree of disease of AS well without forget the other parameters as the intensity of murmurs. The results were developed for the realization of an application called Sol_Medic_SAO v.1.0.

The purpose of this application is to put the doctor's available all the necessary information, that helping them to establish a fast and reliable diagnosis. This diagnosis is based on the estimation of degree of disease severity of aortic stenosis. This application is an automatic access to real-time application used to optimize the quality of care and speed of diagnosis whatever their geographical location, is performed according to two major criteria: the information storage and data manipulation.

Keywords: Aortic stenosis, phonocardiography, heart sounds and murmurs, severity, the ratio of aortic stenosis, the transformed discrete wavelet TOD, real time diagnosis, the information storage, data manipulation.

ملخص: تقدمت الدراسة حول مرض صمام القلب بسرعة على مدى العقدين الأخيرين. فهم المسببات والتاريخ الطبيعي، ودقة تقييم موسع، وعبء الجراحة والتداخلية لمرض الصمام جميعها تحسنت بشكل كبير.. تضيق الأبهر هو واحد من أكثر الأمراض شيوعاً، ويتميز هذا الأخير بتضيق فتحة الصمام الأبهري مما يعسر تدفق الدم. في الحالات الحرجة، الحل الوحيد هو استبدال الصمام الطبيعي بأخر اصطناعي (بيولوجي أو ميكانيكي).

ان اختبار دوبل للتصوير الإشعاعي بالإضافة للقسطرة اختبارات لاستكمال مراجعة شدة التضيق الأبهري هدفه الدقة. من الاثار السلبية لهذه التقنيات هو ارتفاع أسعار هذه المعدات. لذلك لا بد من إيجاد حل بديل وفعال ألا و هو تخطيط أصوات القلب يستند هذا الحل على معالجة الإشارات الرقمية فونو لنبضات القلب. ولهذه الغاية، تم وضع خوارزمية التجزئة التي تتيح استخراج المكونات المختلفة للدورة القلبية،

نسبة الطاقة الأبهريية هي العامل التي تم تطويرها لتقدير درجة الخطورة المرضية اضافة الي عوامل أخرى مثل كثافة التنفس. النتائج استعملت لتجسيد تطبيق يسمى

Sol_Medic_SAO V.1.0.

الغرض من هذا التطبيق هو وضع تحت تصرف الطبيب كافة المعلومات الضرورية التي تساعد على التشخيص السريع الذي يعتمد على نسبة الطاقة لتقدير درجة شدة المرض للتضيق الأبهري. هذا التطبيق هو الوصول التلقائي في الوقت الحقيقي هدفها هو تحسين نوعية الرعاية وسرعة التشخيص بغض النظر عن الموقع الجغرافي، تتم وفقاً لمعيارين رئيسيين: تخزين المعلومات ومعالجة البيانات.

الكلمات الرئيسية: تضيق الأبهر، تخطيط أصوات القلب، أصوات القلب والنفخات، درجة شدة المرض، ونسبة الطاقة، الموجات منفصلة التحويل، التشخيص في الوقت الحقيقي، تقليل التشويش، تخزين المعلومات و معالجة البيانات.

Figure.1 : le cœur humain.....	1
Figure. 2 : Le rétrécissement aortique.....	3
Figure. 3: le signal ECG et PCG d'un sujet sain.....	6
Figure .4 : l'anatomie du cœur humain.....	7
Figure .5 : L'appareil circulatoire sanguin.....	7
Figure. 6 : les valves tricuspide, pulmonaire et aortique.....	8
Figure. 7 : Le sens de l'ouverture de la valve.....	9
Figure. 8 : Le cycle cardiaque.....	9
Figure. 9 : les bruits du cœur B1, B1, B3, B4.....	10
Figure. 10 : les paramètres indispensables pour évaluer un RA.....	22
Figure. 11: Les types de communication. (a) la communication humaine. (b) la communication entre machines.....	29
Figure. 12: le modèle OSI.	31
Figure. 13 : Le cycle d'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique localement ou à distance.....	36
Figure. 14 : La topologie 1 par l'utilisation de LAN.....	39
Figure. 15 : La topologie 2 par l'utilisation de WAN.....	40
Figure. 16 : Connexion MySQL Matlab.....	42
Figure. 17 : Authentification.....	43
Figure. 18: Menu principale.....	44
Figure. 19: Une interface qui représente la gestion des utilisateurs. (a) le tape sur le bouton utilisateur. (b) le saisie de donnée. (c) l'ajout au tableau.(d) l'ajout au serveur sous une table utilisateur de la BDD dmp.....	45
Figure. 20: Une interface qui représente la gestion de patients. (a) le tape sur le bouton patient. (b) la saisie de donnée. (c)l'ajout au tableau. (d) l'ajout au serveur sous une table de la BDD.....	46
Figure. 21 : L'organigramme de la segmentation.....	50
Figure. 22 : le principe de débruitage par seuillage.....	52
Figure. 23 : Débruitage par ondelettes du signal sur les quatre différents niveaux de décomposition, la fréquence d'échantillonnage est 8khz.....	53
Figure .24 : Enveloppe de Shannon pour le sujet4.....	54
Figure .25: Application d'insertion d'images.....	57

Figure .26 : Une Interface qui représente les différentes informations du signal PCG.....58

Figure .27: Une interface qui représente les résultats.....59

Figure .28: Interface de différentes étapes du traitement.....40

Figure.29 : Le Cas 1 présente le 1^{er} sujet qui a un RAE= 94.398 % (sténose sévère). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....70

Figure.30 : Le Cas 2 présente le 2^{ème} sujet qui a un RAE= 25.3192 % (sténose modéré). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....70

Figure.31 : Le Cas 3 présente le 3^{ème} sujet qui a un RAE= 92.0946% (sténose sévère). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....71

Figure.32 : Le Cas 4 présente le 4^{ème} sujet qui a un RAE= 71.469% (sténose sévère). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....71

Figure.33 : Le Cas 5 présente le 5^{ème} sujet qui a un RAE= 92.8426% (sténose sévère). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....72

Figure.34 : Le Cas 6 présente le 6^{ème} sujet qui a un RAE= 99.4974% (sténose sévère). (a)
Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.....72

A

ACC : l'American College of Cardiology.

AHA : L'American Heart Association.

As :aortic sténosis

B

BDD : base de données

D

Dos: disk operating system

E

EDI : Environnement de développement intégré

EOA : l'air valvulaire efficace

F

FEVG : fraction d'éjection ventricule gauche.

I

ITV : l'intégrale des vitesses.

J

J2EE : JEE Java Enterprise Edition

JDBC : Java DataBase Connectivity

JSP : JavaServer Pages

L

LAN: local area network

O

ODBC: Open Database Connectivity)

P

PCG : phonogardiogramme

PHP : *Hypertext Preprocessor*

S

SAO : sténose aortique

SE : système d exploitation

SQL : Structured Query Language

T

TIC : les technologies d'information et de la communication

W

WAMP : Windows Apache MySQL PHP

WAN: wide area network

Tab. IV.1 : Base de données des signaux PCGs.....	47
Tab. IV. 2: les résultats du traitement de signal pour chaque sujet.....	54
Tab. IV.3: Valeurs des rapports énergétiques (RE).....	56

<i>Remerciements</i>	<i>i</i>
<i>Dédicaces</i>	<i>ii</i>
<i>Cahier de charge du projet</i>	<i>iii</i>
<i>Résumé</i>	<i>iv</i>
<i>Abstract</i>	<i>v</i>
<i>ملخص</i>	<i>vi</i>
<i>Liste de figures</i>	<i>vii</i>
<i>Liste des abréviations</i>	<i>ix</i>
<i>Liste de tableaux</i>	<i>xi</i>

<i>Introduction générale</i>	<i>1</i>
------------------------------------	----------

Chapitre.I : la phonocardiographie

1.1 Introduction	6
1.2 Le cœur humain	7
1.2.1 L'anatomie du cœur	7
1.2.2 La circulation sanguine	7
1.2.3 Les valves cardiaques.....	8
1.2.4 Le cycle cardiaque	9
1.3. Les caractéristiques temporelles et fréquentielle des bruits cardiaques.	10
1.3.1 Le 1 ^{er} son cardiaque B1.....	11
1.3.2 Le 2 ^{er} son cardiaque B2.....	11
1.3.3 Le 3 ^{er} son cardiaque B3.....	11
1.3.4 Le 4 ^{er} son cardiaque B4.....	11
1.4. Les souffles cardiaques.....	11
1.4. 1. Les souffles systoliques	12
1.4. 2. Les souffles diastoliques	12
1.4.3. Les souffles continus.....	12
1.4.4. Les doubles souffles.....	12
1.5. Les différentes pathologies	13
1.5. 1. Rétrécissement Mitral	13

1.5. 1.1. Définition	13
1.5. 1.2. Les causes	13
1.5. 1.3. Les examens	13
1.5. 1.4. Traitement	13
1.5.2. Insuffisance Mitrale	14
1.5.2.1.Définition	14
1.5.2.2.Les causes	14
1.5.2.3Les examens	10
1.5.2.4Traitement	14
1.5.3. Rétrécissement Aortique	15
1.5. 3.1. Définition	15
1.5.3.2.Les causes	15
1.5.3.3.Les examens	15
1.5.3.4.Traitement	16
1.5.4. Insuffisance Aortique	16
1.5.4.1.Définition	16
1.5.4.2.Les causes	16
i.Sur les valves	16
ii.Sur les parois de l'aorte	17
1.5.4.3.Les examens	17
1.5.4.4. Traitement	18
1.6 L'état de l'art en télémedecine	18
1.6.1. Rétrécissement de la valve aortique : intervenir sans chirurgie.....	18
1.6.1.1. Introduction.....	18
1.6.1.2. Principe	18
1.6.2. Télémedecine : une opération à cœur ouvert entre Marseille et l'Allemagne(2014)	19
1.7. Degré de sévérité de la sténose aortique.....	19
1.8. Le rapport énergétique.....	21
1.9 Conclusion.....	23

2.1	Introduction	24
2.2	Les différents domaines de la télémédecine	25
2.2.1	Télé-expertise.....	25
2.2.2	Téléconsultation	25
2.2.3	Télésurveillance	25
2.2.4	Téléassistance	26
2.2.5	Télé diagnostique	26
2.2.6	La régulation médicale.....	26
2.3	Conclusion	27

Chapitre.III :reseaux et web

3.1	Introduction.....	28
3.2	La communication.....	29
3.3	Les types d'ordinateur.....	29
3.4	Les types de réseau.....	30
3.4.1	Réseau local (LAN)	30
3.4.2	Réseau étendu (WAN).....	30
3.4.3	Réseau métropolitain (MAN)	30
3.4.4	LAN sans fil (WLAN).....	30
3.4.5	Réseau de stockage SAN	30
3.5	Le modèle OSI.....	31
3.5.1	Couche 1 : physique	31
3.5.2	Couche 2 : liaison de données	31
3.5.3	Couche 3 : Réseau	31
3.5.4	Couche 4 : transport.....	31
3.5.5	Couche 5 : session	31
3.5.6	Couche 6 : présentation	31
3.5.7	Couche 7 : application	32
3.6	Les types de protocoles	32
3.6.1	Protocole TCP/IP.....	32
3.6.2	Protocole TCP/UDP	32

3.6.3 Protocole IP	33
3.6.4 Protocol FTP pour la couche d'application	33
3.7. Conclusion.....	34

Chapitre.IV : la réalisation de l'application Sol_Medic_SAO .v.1.0

4.1. Introduction.....	35
4.2. L'espace de travail.....	36
4.2.1. Java Netbeans	36
4.2.2. Matlab.....	37
4.2.3. MySQL.....	37
4.2.3.1. EasyPHP 2.0b1.....	38
4.2.3.2. WampServer.....	38
4.3. La topologie de travail.....	39
4.3.1. Topologie Locale.....	39
4.3.2. Topologie étendue.....	39
4.4. L'application Sol_Medic_SAO V.1.0.	40
4.4.1. Les connexions.....	41
4.4.1.1. La connexion MySQL avec Matlab.....	41
4.4.1.1.1 Méthodologie.....	41
4.4.1.2. La connexion MySQL avec Java Netbeans	42
4.4.2. Le Login.....	43
4.4.3. Menu.....	43
4.4.4. La gestion des utilisateurs.....	44
4.4.5. La gestion des patients.....	45
4.4.6. Le traitement numérique du signal PCG.....	46
4.4.6.1. La base de données.....	46
4.4.6.2. Le prétraitement du signal PCG de SAO.....	47
4.4.6.3 La Détection d'enveloppe de Shannon.....	47
4.4.6.4 Algorithme de segmentation.....	48
4.4.6.4.1 La détection les bruits B1 et B2.....	51

4.4.6.4.1.1 Le principe du débruitage par seuillage et le choix de type d'ondelette.....	51
4.4.6.4.1.2 L'enveloppe d'énergie de Shannon.....	53
4.4.6.4.2 les résultats de la segmentation.....	54
4.4.6.5. L'estimation du degré de sévérité de SAO.....	55
4.4.6.6. L'application d'insertion des images PCG	56
4.4.7. Analyses et Résultats.....	57
4.5. <i>Conclusion</i>	61
<hr/>	
<i>Conclusion générale</i>	62
<i>Bibliographie</i>	65
<i>Webographie</i>	68
<i>Annexe</i>	70
<hr/>	

***Introduction
générale***

Introduction générale

« Si, au cours de l'histoire, la plupart des civilisations considéraient le cœur comme un organe ordinaire, deux peuples au moins – les Égyptiens et les Aztèques – ont accordé au cœur un rôle symbolique issu de la mythologie. » [1]

Philippe Gorny

Le cœur est l'organe le plus symbolique du corps humain. Il a longtemps été perçu comme le lieu de toutes nos émotions, le centre même de notre être. [1]

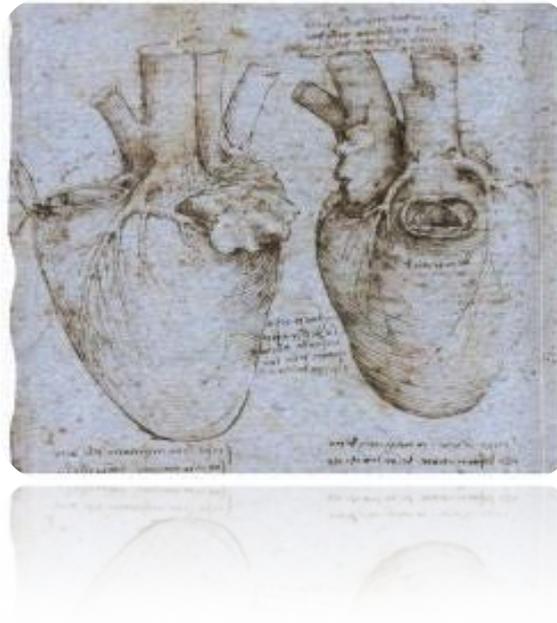


Figure.1 : le cœur humain [1]

Que pensait l'homme primitif, à propos du cœur ?

Dans les sociétés primitives, la maladie est indépendante du corps. Elle l'habite temporairement. La cause d'un mal est une puissance extérieure, maléfique. Les sorciers médecins ou les chamanes sont l'intermédiaire indispensable entre le patient possédé par le mal étranger et l'au-delà. Cet ordre de chose ne peut être remis en question. L'historien britannique Arnold Toynbee a bien décrit cette forme de pensée : « Les sociétés primitives sont entièrement tournées vers le culte des ancêtres, ce qui interdit tout progrès (pour autant qu'on lui accorde du crédit). »[1][2].

Il y a 25 siècles, les Babyloniens distinguaient le cœur, qu'ils nommaient le libbu, et le désignaient comme le siège de l'intelligence et de la mémoire. Mais pour eux l'organe essentiel de la vie était le foie.

Il y a 17 siècles, Les travaux de William Harvey à montrer que la contraction des oreillettes se fait avant des ventricules et le cœur ne se gonfle pas. [3]

La médecine moderne a entrepris de remettre le cœur à sa place : pour elle, le cœur n'est qu'une simple pompe : une pompe brillante, certes, mais rien de plus. L'être humain est gouverné par son cerveau, siège de la pensée et de la prise de décision. [1]

Après cette découverte, la connaissance de l'auscultation a été émergée.

L'auscultation est une méthode clinique standard utilisée comme un premier diagnostique pour détecter un trouble de rythme cardiaque en utilisant le stéthoscope [1] qui est inventé en 1816 afin de distinguer les différents bruits cardiaques : B1 ,B2,B3,B4 ainsi que des souffles cardiaques(innocents ou pathologiques, cette dernière est causée par des valvulopathie ou autre) [4]

<i>Stéthoscope adulte ou stéthoscope pédiatrique [5]</i>	<i>Stéthoscope de Pinard [5]</i>	<i>Stéthoscope électronique [5]</i>
<p>Il existe des modèles de stéthoscopes à double pavillon (interchangeables), qui permettent d'adapter un même stéthoscope à différents types de patients, en ne changeant que le pavillon.</p> 	<p>En bois ou en aluminium, particulièrement utilisé pour écouter les battements cardiaques du fœtus, à l'intérieur du ventre de la mère</p>  	

Le rétrécissement ou la sténose aortique (Figure. 2) est une valvulopathie la plus fréquente. Il est dû habituellement à la soudure partielle des commissures valvulaires par des plaques athéromateuses secondairement calcifiées. Une sténose aortique peut se déclarer à la suite d'une infection, de rhumatisme articulaire aigu (RAA) ou à cause d'une anomalie congénitale. En règle générale, le tissu valvulaire devient scarifié, enflammé ou s'épaissit. Du calcium peut se déposer sur la valve, réduisant la souplesse des feuillets [6]. Elle est parfois associée à d'autres valvulopathies : insuffisance aortique, atteinte mitrale etc. Peut être découvert fortuitement par le médecin lors d'une auscultation. Lorsque la maladie se manifeste, c'est souvent lors des efforts par [4] :

- Une douleur thoracique de type angine de poitrine ;
- Une syncope sans prodrome faisant courir le risque de mort subite ;
- Une gêne respiratoire.

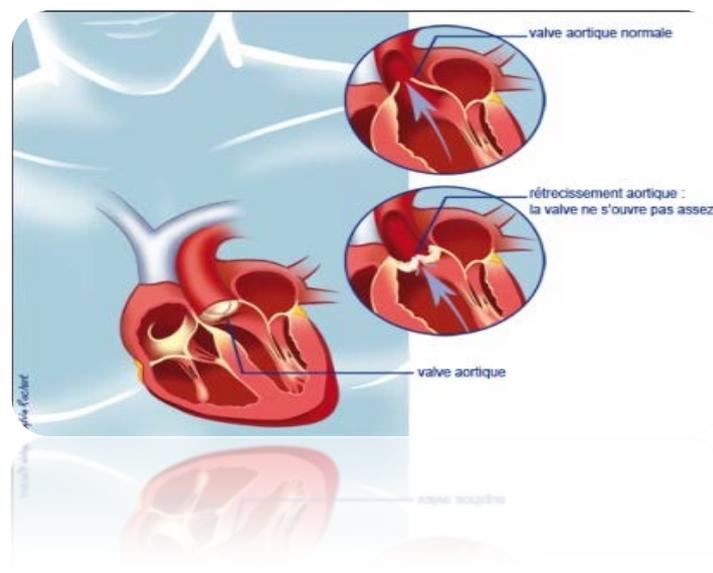


Figure. 2 : Le rétrécissement aortique [7]

L'auscultation perçoit **un souffle systolique intense**, rude, râpeux au foyer aortique (extrémité interne du 2^o espace intercostal droit) irradiant dans les carotides [8].

Le diagnostic des valvulopathies est souvent établi par la présence d'un souffle caractéristique, entendu lors d'une auscultation au stéthoscope en revanche le degré de sévérité est estimé de façon approximative, pour une évaluation plus précise l'utilisation de ces techniques est nécessaire :

La **radiographie** [9] thoracique de face peut montrer des calcifications et une hypertrophie ventriculaire gauche. **L'électrocardiogramme** peut montrer des signes d'hypertrophie ventriculaire gauche. [9]

L'échocardiographie [9] montre l'épaississement des valvules sigmoïdes parfois calcifiées et l'hypertrophie ventriculaire gauche, il mesure le gradient de pression maximal dans la sténose. Le **cathétérisme** cardiaque est pratiqué si le malade est gêné par son affection et si une intervention chirurgicale est envisagée il mesure le gradient à distance de la sténose, là où il y a eu une certaine restitution de l'énergie en Pression. La **coronarographie** est pratiquée si le patient a plus de 40 ans. [9]

Un traitement préventif (anticoagulant et antibiotique) est ensuite nécessaire. La valvuloplastie transluminale par sonde à ballonnet est parfois proposée.

Toutefois, l'inconvénient majeur de ses 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 basée sur la **télé médecine**.

L'objectif fondamental fixé derrière ce mémoire est :

1. L'implémentation d'une interface graphique représentative basée sur les techniques du traitement de signal, afin d'assurer une communication entre les acteurs du domaine médical.
2. Le stockage de différentes informations relatives à ces signaux ;
3. L'implémentation d'une application d'accès automatique par le cardiologue.

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 pathologies existantes et leurs caractéristiques, ainsi qu'une étude détaillée sur la sténose aortique.
- Le deuxième chapitre sera consacré au concept de base de la télémédecine et ses différents domaines.
- Le troisième chapitre présentera un aperçu sur le Web, le réseau et ses types, le modèle OSI, les différents protocoles utilisés, ainsi que les différents types d'ordinateurs existants.
- Le travail présenté dans le quatrième chapitre, met en relief l'importance de traitement numérique du signal **PCG** en tant qu'outil mathématique adéquat pour segmenter le signal **PCG** afin de déterminer le degré de sévérité pathologique des sténoses aortiques ; isoler les différents bruits cardiaque (**B1**, **B2**) et les souffles systoliques ainsi de localiser les instants de début et de fin, le stockage et la gestion de l'information et enfin la transmission des résultats.
- Enfin nous terminons notre travail par une conclusion avec quelques perspectives envisagées.

Chapitre.1

1. La phonocardiographie

La phonocardiographie s'agit de la représentation ou bien de l'enregistrement graphique des sons acoustiques dus au fonctionnement mécanique du cœur. Ce chapitre est consacré à l'anatomie du cœur humain et le système cardiovasculaire, accompagné par un aperçu sur les sons et les souffles cardiaque en citant quelques pathologies existants dans le but de prendre un aperçu sur la phonocardiographie comme étant un nouvel aspect pour le diagnostic des maladies.

1.1 Introduction

L'activité cardiaque est composée de deux types, une activité électrique représentée par le signal électrocardiogramme **ECG** et un ensemble de bruits qui constitue le signal phono cardiogramme **PCG** (Figure 3). Ce signal comme étant la représentation temporelle du son acoustique de la vibration cardiaque, est considéré actuellement comme source d'information qui peut mener par son analyse, à une aide de décision à l'avis indispensable du médecin cardiologue. Un PCG dans le cas sain consiste en deux sons fondamentaux : le 1^{er} son cardiaque (S1) et le 2^{ème} son cardiaque (S2), ces deux éléments sont issues du fonctionnement mécanique du cœur, ils sont dus à la fermeture des valves cardiaques et aux turbulences de passage du sang, des sons autres que S1 & S2 peuvent correspondre à des maladies ou des problèmes dans les valves cardiaques, malgré que quelques maladies tendent à être difficilement reconnues en utilisant un stéthoscope, elles sont toutes reflétées sur le signal PCG du patient d'où la faveur d'analyser ce type de signaux pour identifier l'état du cœur.

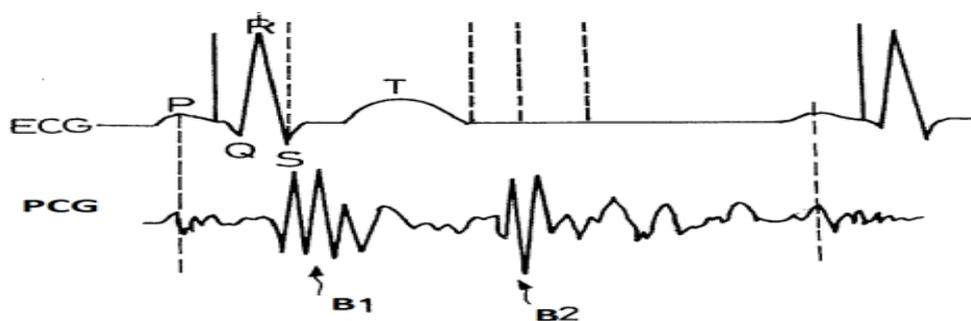


Figure .3: Signal ECG et PCG d'un sujet sain [10]

1.2 Le cœur humain

1.2.1 L'anatomie du cœur

Le cœur (Figure 4) est l'organe le plus important dans le corps humain. Il est considéré comme une pompe musculaire subdivisée en quatre cavités : deux oreillettes et deux ventricules permettant de propulser le sang vers toutes les cellules du corps humain. Les paires oreillette-ventricule droite et gauche constituent respectivement les cœurs droit et gauche. [11] [12]

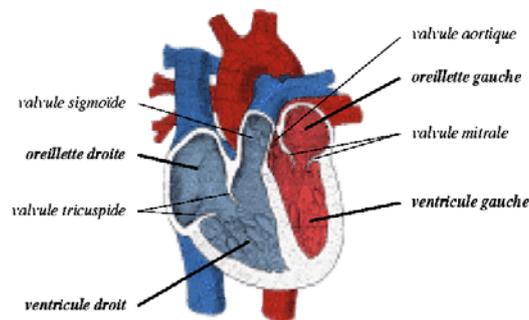


Figure. 4 : Anatomie du cœur humain [11].

1.2.2 La circulation sanguine

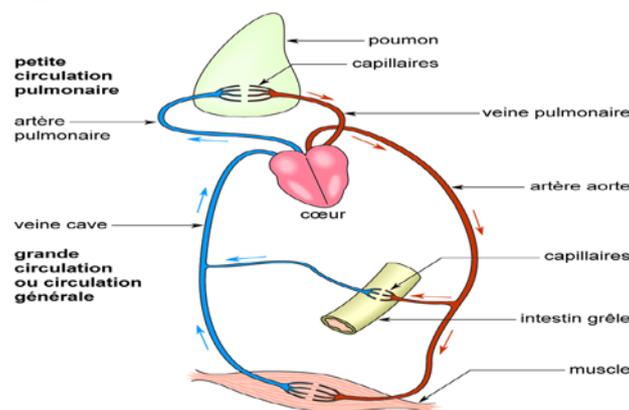


Figure. 5 : Appareil circulatoire sanguin [11].

La circulation sanguine [Figure 5] assure les apports de nutriments et de dioxygène aux organes, elle assure également le transport des déchets vers les reins et du dioxyde de carbone vers les poumons. [13] [14]

La circulation pulmonaire, issue du cœur droit, permet les échanges respiratoires avec les poumons. Le sang quitte le cœur par l'artère pulmonaire, passe dans les réseaux des capillaires

pulmonaires, où il y a des échanges de gaz avec l'air contenu dans les alvéoles pulmonaires puis retourne au cœur gauche par 4 veines pulmonaires.[13] [14]

La circulation générale, issue du cœur gauche, permet les échanges avec tous les autres organes. Le sang quitte le cœur par l'artère aorte, il est conduit dans les capillaires de tous les organes du corps, puis retourne au cœur droit par les veines caves. . [13] [14] [15]

Une bonne alimentation, une pratique du sport et une bonne hygiène de vie sont importantes pour conserver un système circulaire en bon état de fonctionnement, et limiter les risques de maladies cardio-vasculaires, d'athérosclérose et d'infarctus. [13] [14]

1.2.3 Les valves cardiaques

En anatomie, les valves cardiaques [Figure 6], séparent les différentes cavités du cœur et empêchent le sang de refluer, peuvent être groupées en deux familles : Valves auriculo-ventriculaire (tricuspide « sépare l'oreillette droite et le ventricule droit » & mitrale « sépare l'oreillette gauche et le ventricule gauche ») et les valves sigmoïdes (aortique « sépare le ventricule gauche et l'aorte » & pulmonaire « sépare le ventricule droit et l'artère pulmonaire qui amène le sang au poumon ») [15]

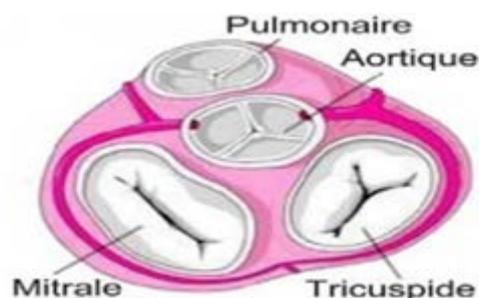


Figure. 6 : Valves tricuspide, pulmonaire et aortique. [16]

Le cœur comporte 4 cavités au sein desquelles le sang circule toujours dans le même sens grâce aux 4 valves cardiaques. Le sang pénètre dans le cœur par la veine cave qui s'abouche dans l'oreillette droite ; il en est éjecté dans le ventricule droit en passant par la valve tricuspide [8]. Il regagne ensuite l'artère pulmonaire et les poumons via la valve pulmonaire, puis parvient au cœur gauche et est éjecté dans le ventricule gauche grâce à la valve mitrale. Enfin, le sang est éjecté vers l'aorte et distribué dans l'organisme ; la valve aortique empêche le reflux depuis l'aorte vers le ventricule gauche. A chaque étape, **les valves**, constituées de plusieurs valvules (ou cuspides) **se ferment et s'ouvrent de**

manière passive. Les valves cardiaques dépendent en effet des jeux de pression à l'intérieur des cavités du cœur : quand la pression d'aval est inférieure à la pression d'amont, la valve s'ouvre.

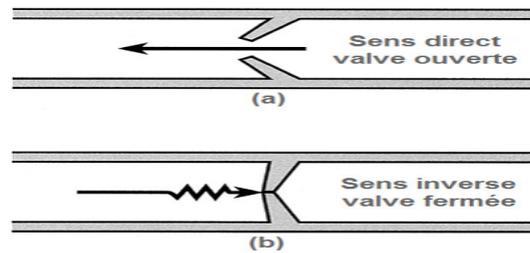


Figure .7 : Le sens de l'ouverture de la valve. [16]

- (a) **ouverte** ; les feuillets de la valvule cardiaque sont éloignés afin de laisser passer le sang, cette ouverture engendre des turbulences sanguines qui font partie des bruits cardiaques. [16]
- (b) **fermée** ; les feuillets se resserrent afin de ne pas permettre le passage du sang; en cas d'insuffisance la valvule ne se referme pas convenablement ce qui cause une régurgitation sanguine. [16]

1.2.4 Le cycle cardiaque

Le cycle cardiaque [Figure 8] période entre le début d'une contraction et le début de la suivante, se compose d'une période de contraction ventriculaire, la systole, suivie d'une période de relaxation ventriculaire, la diastole. Le rythme cardiaque moyen est de 70 battements par minute, chaque cycle dure approximativement 800 ms, dont la systole 300 ms et la diastole 500 ms [185]. Le débit cardiaque moyen d'un adulte au repos est de 5 L/min. [18]

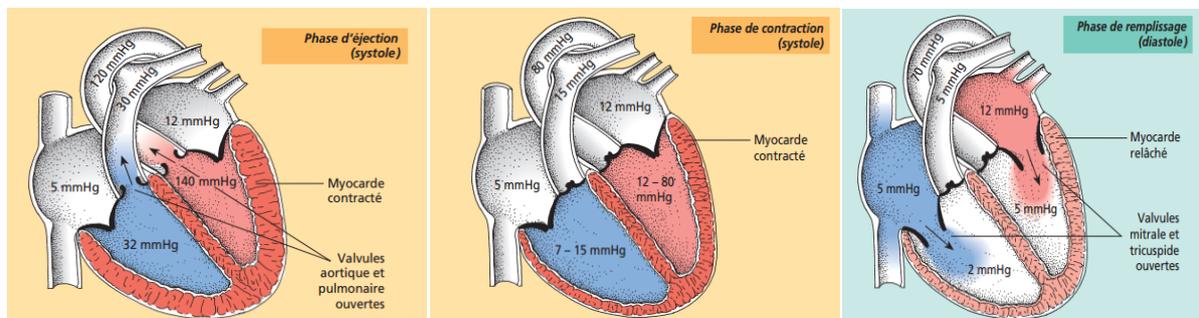


Figure. 8 : Le cycle cardiaque. [18]

Lors de la systole, on différencie la phase de contraction (pendant laquelle les valvules sigmoïdes sont encore fermées) de la phase d'éjection. Pendant la diastole, du sang frais passe des atrioms à travers les valvules mitrale et tricuspide vers les ventricules. [18]

Lors de chaque contraction cardiaque, le sang est éjecté des ventricules dans la circulation pulmonaire et générale. Pour cela, la contraction réduit de manière brutale l'espace intérieur des cavités cardiaques si bien que le sang est expulsé .Finalement, la musculature se relâche – les cavités s'élargissent et se remplissent de nouveau de sang. Pendant le cycle cardiaque, les rapports de pression s'inversent de manière typique à l'intérieur du cœur. [19]

La phase de contraction des cavités cardiaques est appelée systole. Elle dure environ 0,25 seconde. La phase de relaxation (= phase de remplissage) s'appelle la diastole. Sa durée dépend de la fréquence cardiaque et est d'environ 0,55 seconde pour une fréquence de 70 battements par minute. [18]

Le cycle ventriculaire	
<p>Les différentes phases de la systole ventriculaire [18]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase de contraction : Les ventricules sont remplis de sang et les valvules atrioventriculaires sont déjà fermées 2. Phase d'éjection : La pression dans les ventricules dépasse maintenant la pression dans l'aorte et le tronc pulmonaire. La systole est terminée et la diastole commence. 	<p>Les différentes phases de la diastole ventriculaire [18]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase de relaxation : Le relâchement du myocarde entraîne une diminution des pressions ventriculaires mais toutes les valvules restent encore fermées. 2. Phase de remplissage : les valvules atrioventriculaires sont ouvertes et le sang passe des atrioms vers les ventricules.

1.3. Les caractéristiques temporelles et fréquentielle des bruits cardiaques. [20]

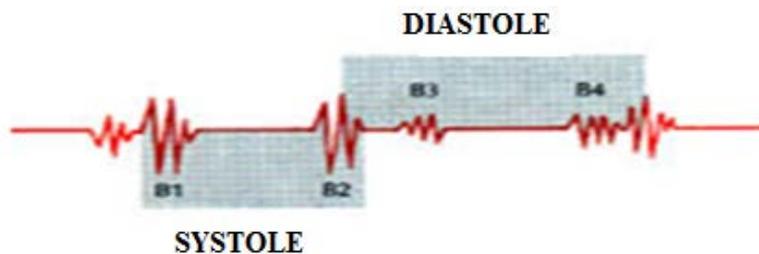


Figure. 9 : Bruits du cœur B1, B2, B3, B4. [11]

1.3.1 Le 1^{er} son cardiaque B1

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 du 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. [8] [4]

1.3.2 Le 2^{ème} son cardiaque B2

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. [4]

1.3.3 Le 3^{ème} son cardiaque B3

Signal de faible fréquence et intensité, s'annonçant au début de la phase diastolique après B2, du à la variation des ventricules (G), lorsqu'ils démarrent rapidement le remplissage du sang venu des atriums, B3 est considéré normal pour les enfants et les adultes, et un signe de maladies pour les vieux. Bien entendu au coté gauche du cœur. [23] [4]

1.3.4 Le 4^{ème} son cardiaque B4

B4 est de faible fréquence et amplitude, se produit à la fin du régime diastolique juste avant B1, causé par la vibration et la contraction rapides des ventricules et des atriums durant la fin du pompage du sang vers les ventricules. B3 & B4 accompagnent souvent d'autres maladies cardiaques congénitales. [23][4]

1.4. Les souffles cardiaques

Correspond à un bruit continu, entendu à l'auscultation, traduisant la perception sonore du flux sanguin caractérisés par une durée prolongée de vibration audible dont l'intensité, la fréquence et la chronologie varient. Un souffle cardiaque peut être systolique ou diastolique.

Les souffles systoliques peuvent être fonctionnels (bénins) ou pathologiques, alors que les souffles diastoliques sont tous anormaux. [24]

1.4. 1. Les souffles systoliques

Bruits continus pendant la systole, les plus fréquents, Ils peuvent être : [19]

- Fonctionnels (anorganiques) traduisant uniquement des turbulences dans le flux sanguin ;
- Ou organiques, liés à une cause anatomique.

1.4. 2. Les souffles diastoliques

Bruits perçus pendant **la diastole**, Ils sont toujours organiques. Siégeant le long du bord gauche du sternum, ils traduisent le plus souvent **une insuffisance aortique** : les valves aortiques se ferment mal et le sang reflue de l'aorte vers le ventricule gauche pendant la diastole entraînant un souffle. [19]

Un rétrécissement mitral, une cardiopathie congénitale peut également provoquer un souffle diastolique. [25]

1.4.3. Les souffles continus

Bruits perçus tout le temps, couvrant totalement les bruits normaux du cœur normaux, et sont souvent dus à une malformation congénitale : [13]

- Persistance d'un canal artériel lorsque le souffle est perçu sous la clavicule gauche
- Ou d'autres cardiopathies congénitales complexes.

1.4.4. Les doubles souffles

Les doubles souffles systolo-diastoliques le double souffle peut être défini comme la succession au niveau d'un même orifice cardiaque d'un souffle systolique et d'un souffle diastolique bien séparés l'un de l'autre par un intervalle silencieux du à l'association d'un rétrécissement et d'une insuffisance valvulaire. [13]

1.5. Les différentes pathologies

1.5. 1. Rétrécissement Mitral

1.5. 1.1. Définition

Un rétrécissement de l'orifice mitral c'est à dire de la valve mitrale qui est située entre l'oreillette et le ventricule gauche, est un obstacle au flux sanguin lors de son passage au travers de la valve mitrale durant la phase de remplissage des cavités cardiaques (la diastole) : il en résulte une gêne de l'écoulement du sang entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche. Ceci concerne principalement les femmes et sa fréquence est en baisse dans les pays occidentaux. [26]

1.5. 1.2. Les causes

A la suite d'une infection à streptocoques (de type angine) chez l'enfant ou l'adolescent. Se développe un rhumatisme articulaire aigu (RAA) à l'origine du rétrécissement (sténose) mitral. Le rétrécissement mitral serré n'est habituellement observé que vers l'âge de 30 à 40 ans, parfois bien plus tardivement, après l'âge de 60 ou 70 ans.

1.5. 1.3. Les examens

- L'exploration fondamentale est l **écho-Doppler** cardiaque qui permet d'évaluer le degré de sévérité de l'atteinte valvulaire
- **L'échographie trans-oesophagienne** peut être indiquée en cas de mauvaise réception ultrasons par le corps ou pour mieux visualiser une thrombose de l'oreillette ou de l'auricule gauche.
- **Le cathétérisme cardiaque** n'est nécessaire dans le bilan préopératoire que s'il existe un doute entre les données cliniques et celles de l'échographie Doppler.

1.5. 1.4. Traitement

- Le traitement anti-coagulant obligatoire en cas de rythme de cœur irrégulier (arythmie).
- Le traitement diurétique au stade de l'insuffisance cardiaque ;

- tentative de régularisation de l'arythmie par choc électrique externe et traitement anti-arythmique d'entretien en cas de succès, ou traitement digitalique pour ralentir la fréquence cardiaque si le trouble du rythme n'a pas pu être régularisé.

En fait, tout rétrécissement (sténose) mitrale symptomatique doit être traité soit par valvuloplastie mitrale, soit par remplacement de la valvule.

1.5.2. Insuffisance Mitrale

1.5.2.1.Définition

L'insuffisance mitrale se définit par le reflux du sang pendant la systole (phase de contraction et d'éjection du ventricule gauche) du ventricule gauche vers l'oreillette gauche, alors que la valve mitrale est fermée et supposée étanche.

1.5.2.2.Les causes

- Le rhumatisme articulaire aigu
- L'insuffisance mitrale dégénérative : une protrusion, durant la systole, d'un ou des deux feuillets des valvules dans l'oreillette gauche
- Tumeurs cardiaques...

1.5.2.3. Les examens

- **L'électrocardiogramme** : à la fois pour confirmer le diagnostic mais aussi pour dépister précocement des troubles du rythme signant une évolution de la maladie.
- **La radiographie du thorax** essentielle à phase aiguë pour évaluer l'importance de l'œdème pulmonaire, elle peut donner une première idée de la taille du cœur
- **L'écho Doppler cardiaque**, facile à réaliser, non douloureux, répété aisément pour suivre l'évolution permet d'affirmer le diagnostic, d'évaluer le degré de sévérité de l'atteinte valvulaire et son mécanisme, de rechercher d'autres atteintes valvulaires associées, de préciser éventuellement l'indication opératoire.
- La réalisation **une échographie trans-œsophagienne**, nécessitant la pénétration de la sonde échographique dans l'œsophage, derrière la face postérieure de l'oreillette gauche, apporte des informations plus précises et plus complètes.

1.5.2.4.Traitement

Le traitement chirurgical est le seul véritable traitement de l'insuffisance mitrale. Deux techniques sont possibles :

- La plus ancienne est le remplacement valvulaire par une prothèse.
- Et la Plus récente est la valvuloplastie mitrale.

1.5.3. Rétrécissement Aortique

La sténose aortique dégénérative est l'affection valvulaire la plus fréquente dans les pays développés [27]. On constate actuellement une augmentation de sa prévalence parallèle à celle de l'espérance de vie [28]. Il s'agit d'un problème grandissant au sein d'une population âgée pour laquelle les décisions d'interventions thérapeutiques sont complexes [29]. La sténose aortique peut être classée [30] [31] en légère, modérée et sévère selon trois indices échocardiographiques: la surface aortique, le gradient transvalvulaire moyen et la vitesse maximale du jet transvalvulaire.

1.5. 3.1. Définition

Le rétrécissement aortique entraîne une gêne au moment de l'éjection du sang du ventricule gauche. C'est la plus fréquente des maladies valvulaires de l'adulte. Elle atteint surtout les hommes et concerne essentiellement des sujets âgés de 70 ans et plus, L'orifice aortique est situé à la base du ventricule gauche qu'il sépare de l'aorte thoracique ascendante. Il est fermé par trois valvules sigmoïdes, situées à l'origine de l'aorte et de l'artère pulmonaire. Celles-ci sont séparées par des commissures.

Le rétrécissement aortique devient critique quand la surface valvulaire devient inférieure au quart de la normale et atteint moins de $0,75 \text{ cm}^2$. C'est un obstacle permanent à l'éjection ventriculaire gauche. Ce rétrécissement entraîne une augmentation de la pression à l'intérieur du ventricule gauche dont les parois vont s'hypertrophier avec une gêne et au plus tard une altération de sa capacité à se contracter [26].

1.5.3.2.Les causes

L'origine peut être dégénérative ou rhumatismale ou encore plus rarement congénitale.

1.5.3.3.Les examens

L'auscultation du cœur décèle un souffle systolique, râpeux et irradiant vers les vaisseaux du cou.

- **L'électrocardiogramme [26]** permettra d'avoir une première idée du retentissement sur le cœur : hypertrophie ventriculaire gauche, troubles de la conduction.

- **L'écho-Doppler [26]** : cardiaque est l'examen de référence qui permet d'affirmer le diagnostic de l'atteinte valvulaire, d'évaluer le degré de sévérité, d'apprécier son retentissement sur la fonction cardiaque et la taille des cavités,. Il permet aussi de rechercher d'autres atteintes valvulaires associées.
- **L'échocardiographie [25]** : montre l'épaississement des valvules sigmoïdes parfois calcifiées et l'hypertrophie ventriculaire gauche, il mesure le gradient de pression maximal dans la sténose.

Quand le rétrécissement aortique doit être opéré, une **radiographie [25]** des artères coronaires (**coronarographie**) peut être pratiquée en présence de facteurs de risques de maladies coronariennes.

1.5.3.4.Traitement

La seule solution est la chirurgie de remplacement valvulaire [29] par une prothèse (**mécanique** ou **biologique**)

- **Les prothèses mécaniques** (autrefois à bille, et aujourd'hui de préférence à disque). Elles présentent l'avantage d'une longue durée de vie. L'inconvénient est la nécessité d'un traitement anticoagulant à vie. [26]
- **Les prothèses biologiques**. Il s'agit de greffes d'origine animale (hétérogreffes). Elles ne nécessitent pas de traitement anticoagulant. En revanche, elles s'altèrent avec le temps, avec apparition de fuite ou d'obstruction, ce qui peut nécessiter souvent une nouvelle intervention à partir de la 8^e à la 10^eannée. [26]

1.5.4. Insuffisance Aortique

1.5.4.1.Définition

L'insuffisance aortique se définit par une anomalie de la valve aortique. Cette valve est située à la sortie du ventricule gauche qu'il sépare de l'aorte thoracique ascendante. La valve est dite insuffisante parce qu'elle n'assume plus l'étanchéité durant la diastole : la conséquence en est le reflux de sang de l'aorte vers le ventricule gauche. L'importance de la fuite aortique et son retentissement sur la fonction ventriculaire gauche seront déterminantes dans les choix thérapeutiques proposés.

1.5.4.2.Les causes

i. Sur les valves

- **Le rhumatisme articulaire aigu** en cause dans moins d'un tiers des insuffisances aortiques qui étaient avant la principale cause. L'évolution de fait souvent de façon prolongée, sur plusieurs années, voire plusieurs décennies après le processus inflammatoire initial.
- **L'endocardite bactérienne**, cause la plus fréquente des insuffisances aortiques aiguës. Elle survient sur valves saines ou sur lésions préexistantes (bicuspidie, atteinte rhumatismale)
- **La bicuspidie congénitale** : elle se complique plus souvent à l'âge adulte de sténose que d'insuffisance aortique, mais une fuite valvulaire peut survenir vers l'âge de 30 à 40 ans.

ii. Sur les parois de l'aorte

- Les anévrismes de l'aorte ascendante (ou maladie annulo-ectasiant) cause fréquente d'insuffisance aortique (17 %), souvent volumineuse sans cause précise. L'évolution est souvent accélérée et grave, en raison des complications.
- La dissection aortique est une complication possible de l'hypertension artérielle, de certaines inflammations de l'aorte, et peut se voir à l'occasion de traumatismes thoraciques avec décélération brutale
- les dysplasies valvulaires isolées avec une inflammation secondaire à une syphilis, une spondylarthrite ankylosante, une maladie de Takayasu ou d'autres aortites inflammatoires comme la polyarthrite rhumatoïde, le lupus érythémateux disséminé, la maladie de Behcet, la maladie de Horton.

1.5.4.3. Les examens

Si la radiographie de thorax et l'électrocardiogramme donnent quelques informations sur le retentissement de l'insuffisance aortique, l'écho Doppler cardiaque reste l'examen de référence qui permet:

- d'affirmer le diagnostic,
- d'évaluer le degré de sévérité de l'atteinte valvulaire et l'importance de la fuite,
- d'apprécier son retentissement sur le ventricule gauche,
- de rechercher d'autres atteintes valvulaires associées,
- de mesurer le diamètre de l'aorte thoracique ascendante.

En cas **d'intervention chirurgicale**, une mesure des pressions dans les cavités cardiaques, une visualisation de ces cavités (cathétérisme cardiaque) sont réalisées ; un examen des artères coronaires (**coronarographie**) est souvent pratiqué après 50 ans à la recherche de lésions coronaires associées.

1.5.4.4. Traitement

Le traitement chirurgical consiste à remplacer la valve aortique par une prothèse sous circulation extra corporelle. Il existe deux types de prothèse :

- **Les prothèses mécaniques à disque** ont une durabilité longue mais nécessitent un traitement anti-coagulant à vie.
- **Les prothèses biologiques**, hétéogreffes d'origine animale, ou d'homogreffes d'origine humaine, ne nécessitent pas de traitement anticoagulant mais dégèrent avec le temps, avec souvent une nouvelle intervention à partir de la 8e à la 10e année.

1.6 L'état de l'art en télémédecine

1.6.1. Rétrécissement de la valve aortique : intervenir sans chirurgie

1.6.1.1. Introduction

Le CHU de Nancy a franchi le cap de la 200 implantation de valve aortique percutanée en sep 2013. l'intervention réalisée dans la salle hybride située à l'institut lorrain du cœur et des vaisseaux Louis Mathieu, permet de remplacer sans chirurgie, la valve cardiaque dont la détérioration naturelle avec l'âge peut entraîner l'arrêt du cœur.

L'ouverture et la fermeture de la valve aortique, permet au cœur de faire circuler le sang correctement. Avec l'âge, des calcifications se déposent sur la valve et forme des bourgeons calcaires : la valve se rétrécit et le cœur doit pomper le sang plus fort. D'où un essoufflement important des personnes qui développent après 80 ans la maladie dite de Monckerberg. Non prise en charge, elle peut conduire à l'arrêt cardiaque. Seule solution c'est le remplacement de la valve détériorée.

Le CHU de Nancy propose à ses patients l'implantation percutanée depuis 2010, en 2013, en moyenne 4 interventions par semaine. L'intervention peut se faire sous anesthésie locale ou générale, et dure 1 à 2 H contre 3 à 4 H pour l'opération à cœur ouvert. [32]

1.6.1.2. Principe

La valve fabriquée en tissu animal, est sertie sur un Stent. Enroulée autour d'un ballon dégonflé, elle est introduite grâce à un cathéter par une incision de quelques cm au niveau de l'artère fémorale ou à la pointe du cœur. Lorsque qu'elle atteint l'endroit déterminé par

l'équipe médicale, le ballon est gonflé et la valve, ultra résistante, se déploie comme un parapluie : elle écrase les calcifications et prend la place de la valve abimée, durant la pose le cœur est stimulé par un Pace-Maker externe.

Afin de choisir la taille de valve parfaitement adaptée, la visualisation est faite en 3D le chemin à parcourir et l'anatomie de la valve à remplacer.

L'implantation sans ouverture du thorax et sans circulation extracorporelle, se fait en temps réel avec la présence d'équipes chirurgicales et d'anesthésie en cas de complications.

1.6.2. Télémedecine : une opération à cœur ouvert entre Marseille et l'Allemagne(2014)

Une expérience de télémedecine a été réalisée à Marseille. Des médecins de l'hôpital de la Timone ont changé une valve aortique et en direct ils ont répondu aux questions de confrères praticiens spectateurs de l'autre côté du Rhin. C'est une opération à cœur ouvert sur un patient de 75 ans atteint d'un rétrécissement aortique qui a été filmée par l'équipe de l'hôpital de la Timone à Marseille. A des milliers de kilomètres de là, d'autres éminents praticiens réunis dans un colloque sur la chirurgie cardiaque en Allemagne suivent les gestes du chirurgien marseillais et peuvent lui poser des questions.

La chirurgie de remplacement de la valve aortique est une chirurgie valvulaire très pratiquée. Il s'agit d'une opération à cœur ouvert pour traiter :

- soit un rétrécissement aortique (une valve sténotique),
- soit une insuffisance aortique (une fuite valvulaire au niveau de la valve aortique).

Les valves aortiques de nouvelles générations appelées « valves sans sutures » permettent de réaliser une chirurgie moins invasive. Grâce à une mini incision tout en conservant les avantages de la chirurgie classique le patient bénéficie d'un traitement de référence mais avec une agressivité moindre et une récupération plus rapide. Depuis 2 ans, près de 150 patients ont bénéficié de ce type de valve à la Timone. [33]

1.7. Degré de sévérité de la sténose aortique

En utilisant le tracer phonocardiogramme PCG qui traduit l'activité mécanique des valves cardiaques. La sévérité d'une sténose peut être détectée sur 3 paramètres [4]

- l'intensité : interpréter par une étude énergétique des bruits B1 et B2 et souffles

- Le timing du pic des souffles : déterminer à travers une représentation temps fréquence (RTF)
- La tonalité du souffle (variables par rapport à la pression : repérée dans contenu fréquentiel du souffle)

En cas où le souffle est très émergeant dans le bruit, dans ce cas là la décomposition de signal phono est complètement difficile la solution est de passer à autres méthodes qui sont chers mais efficace :

Cathétérisme et écho-doppler pour mesurer :

- le gradient de pression transvalvulaire.
- l'aire valvulaire efficace EOA.

Un gradient de pression maximal excédant 50 mmHg, pour un débit cardiaque normal, représente généralement une sténose sévère. Sa principale limitation est qu'il dépend du carré du débit transvalvulaire. Chez les patients ayant une dysfonction ventriculaire sévère, et donc un faible débit cardiaque, il est alors difficile de déterminer la sévérité de la sténose aortique à partir du seul gradient de pression, puisqu'il est similaire à celui d'un sujet ayant une sténose légère ou modérée. [35]

L'American Heart Association (AHA) et l'American College of Cardiology (ACC) recommandent alors d'utiliser l'aire valvulaire efficace pour quantifier la sévérité d'une sténose aortique. Une valvule aortique devient sténosée de manière significative si son aire efficace est inférieure à environ de sa valeur normale. L'aire efficace d'une valvule aortique adulte normale est de 3-4 cm². [35]

D'après les critères de l'AHA/ACC, une sténose aortique est considérée :

- légère, si $EOA > 1.5 \text{ cm}^2$
- modérée, si $1.0 \text{ cm}^2 < EOA \leq 1.5 \text{ cm}^2$
- sévère, si $EOA \leq 1.0 \text{ cm}^2$

Une aire valvulaire supérieure à 2 cm² dénote généralement une valvule non sténosée. Chez les patients à faible débit cardiaque, il se peut que la valvule ne s'ouvre pas à sa pleine capacité, du fait de la présence d'un faible gradient de pression. La valeur obtenue de l'EOA peut tendre à surestimer la sévérité de la sténose aortique. Il est alors conseillé d'accroître le

débit cardiaque du patient, en lui injectant de la dobutamine, pendant l'examen échocardiographique. [35]

1.8. Le rapport énergétique

En médecine, le médecin traitant va demander aux patients de faire quelques examens pour estimer le degré de sévérité de la sténose aortique. Essentiellement un échocardiogramme Doppler, qui va permettre :

- de *confirmer le diagnostic de RA* (valves aortiques remaniées, calcifiées, s'ouvrant peu ; orifice bi ou tricuspide; HVG fréquente)
- de *quantifier la sévérité du RA* : mesure des gradients transvalvulaires aortiques au doppler continu et détermination de la surface valvulaire aortique en écho doppler.

Un RA est considéré comme serré lorsque le gradient moyen dépasse 40 à 50 mmHg, ou que la surface valvulaire aortique est inférieure à 1cm^2 , ou mieux à $0.50\text{ cm}^2/\text{m}^2\text{SC}$.

- d'en préciser *le retentissement* : cinétique VG notamment ; pressions droites.
- de préciser l'existence de *lésions associées*, notamment d'une insuffisance mitrale, d'une dilatation de l'aorte ascendante.
- d'en déterminer éventuellement *l'étiologie* (orifice bi ou tricuspide, importance des calcifications).

Les paramètres indispensables pour évaluer correctement un RA sont: [34]

1. Surface aortique par équation de continuité : [Figure.10] (PARTIE 1et PARTIE 2 : Doppler pulsé, PARTIE3 : Doppler continu): Chambre de chasse, ITV (l'intégrale des vitesses) flux chambre de chasse, ITV flux aortique.
1. Volume d'éjection systolique : chambre de chasse, ITV flux chambre de chasse.
2. Gradient moyen flux aortique.
3. Vitesse max flux aortique.
4. FEVG (fraction d'éjection ventricule gauche) (Simpson biplan)

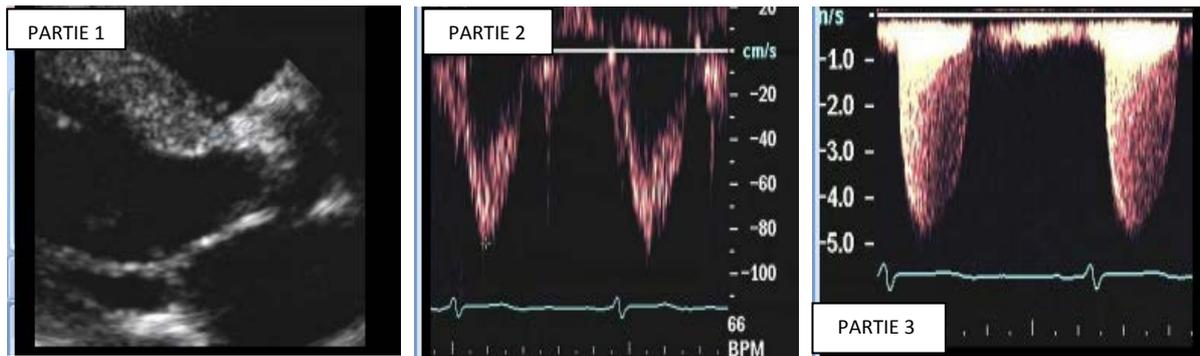


Figure. 10 : les paramètres indispensables pour évaluer un RA. [34]

L'objectif de notre recherche est de trouver un moyen simple et efficace basé sur les outils du traitement du signal afin de localiser les différents événements constituant le signal de rétrécissement aortique.

1.9 Conclusion

Dans ce chapitre l'anatomie du cœur humain a été présenté ainsi que son fonctionnement, les différentes pathologies, sans oublier le signal phonocardiogramme et ses différents paramètres.

La présence d'un souffle systolique ou diastolique dans un signal phonocardiogramme est un signe pathologique. 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 du patient à utiliser d'autres examens comme l'échographie doppler et cathétérisme.

Toutefois l'inconvénient majeur de ses techniques (le cathétérisme et l'écho-doppler) c'est le cout le plus élevé ainsi que la difficulté de les manipuler, dans ce sens là, il est indispensable de trouver une solution moins chère et facile à manipuler, ou bien une nouvelle technique d'information et de la communication pour optimiser la qualité de soin, cette solution est basée sur la télémédecine. Le prochain chapitre sera consacré sur la télémédecine et ses différents domaines.

Chapitre.II

2. La télémédecine

Le mot **télémédecine** a été créé en 1970, ce qui signifie la santé à distance [36], consiste à utiliser les technologies de l'information et de la communication pour la réalisation d'actes médicaux à distance. A l'époque y avait pas une définition définitive jusqu'à 2007 la recherche a trouvé 104 par (reviewed definitions of the word) [37]. OMS a adopté la description suivante:

« The delivery of health care services, where distance is a critical factor, by all health care professionals using information and communication technologies for the exchange of valid information for diagnosis, treatment and prevention of disease and injuries, research and evaluation, and for the continuing education of health care providers, all in the interests of advancing the health of individuals and their communities » [38].

“La prestation des services de soins de santé, où la distance est un facteur critique, par tous les professionnels de la santé à l'aide de technologies de l'information et de la communication pour l'échange d'informations valables pour le diagnostic, le traitement et la prévention des maladies et des blessures, la recherche et l'évaluation, et pour la formation continue des fournisseurs de soins de santé, tout dans l'intérêt de l'avancement de la santé des individus et de leurs communautés.”

Quatre éléments sont pertinents à la télémédecine :

1. Son but est de fournir un soutien clinique.
2. Il est destiné à surmonter les obstacles géographiques, la connexion des utilisateurs qui ne sont pas dans le même emplacement physique.
3. Elle implique l'utilisation de différents types de TIC.
4. Son objectif est d'améliorer les résultats de santé.

2.1 Introduction

A l'ère du numérique, la télémédecine devient, sous différentes formes, un compagnon utile au voyageur, pour l'accès à de l'information récente concernant les risques sanitaires et sécuritaires, la consultation à distance de spécialistes pour établir un diagnostic ou choisir un traitement, la mobilisation de patients comparables pour obtenir des conseils contextualisés,

les capteurs biomédicaux et autres outils de surveillance et de diagnostic, ou les dossiers électroniques du patient pour le suivi médical, même lors de déplacements internationaux. On assiste au développement des services commerciaux de télémédecine pour les voyageurs, la plupart utilisant le téléphone mobile comme outil d'accès, le transformant en un véritable téléstéthoscope. [39]

2.2 Les différents domaines de la télémédecine

2.2.1 Télé-expertise

La télé-expertise est une pratique qui concerne uniquement les professionnels médicaux et aussi c'est une aide au diagnostic apportée à un médecin par un autre médecin situé à distance du premier qui lui fait parvenir des informations à l'aide d'un dispositif télématique. [40] [41]

Les domaines d'application de la télé-expertise

- La télé expertise en diagnostic prénatal.
- La télé expertise en radiologie ou télé imagerie.
- la télé expertise pour les cardiopathies rares de l'enfant.
- la télé expertise néphrologique.
- la télé expertise en anatomopathologie

2.2.2 Téléconsultation

Parmi les actes de la télémédecine, il existe la téléconsultation, qui consiste à donner une consultation à distance. Déjà très répandue en Suisse, au Danemark ou en Grande-Bretagne, la **téléconsultation** a été officialisée en France en 2011. Radiance Groupe Humanis vous dit tout sur la téléconsultation. [42]

2.2.3 Télésurveillance

(Astuce télésurveillance médicale) Permet de surveiller un patient à distance, par exemple examen de polysomnographie.

2.2.4 Téléassistance

La **téléassistance médicale** [43] a pour objectif de permettre à un professionnel médical d'assister à distance un autre médecin ou professionnel de santé au cours de la réalisation d'un acte médical. [44]

Son expansion permettrait une avancée positive en matière de médecine, notamment pour lutter contre l'isolement dans lequel sont plongées les zones qualifiées de "déserts médicaux". [40] [42]

Les domaines d'application de la téléassistance médicale [44]

- ✓ en chirurgie (télé chirurgie : robotique/à interface humaine) opération chirurgicale assistée à distance par ordinateur.
- ✓ en imagerie (télé radiologie opération chirurgicale assistée à distance par ordinateur).
- ✓ Dans le cas de situations d'urgence. (ex ambulance en Belgique).

2.2.5 Télé diagnostique

Avec Télé-service, les installations peuvent faire l'objet de diagnostic et de maintenance à partir de n'importe quel endroit du monde via la ligne téléphonique. Cela permet une réduction importante des interventions de service sur place, jusqu'à 60%.

Ainsi, des économies sont aussi réalisées sur les frais de trajet et de personnel. La nouvelle tendance : le diagnostic et la maintenance à distance via Internet permet une plus grande disponibilité de la liaison à distance et des largeurs de bande plus élevées. Les concepts de sécurité de Siemens contribuent à rendre la transmission de données sûre

2.2.6. La régulation médicale

La régulation médicale est un acte médical pratiqué au téléphone par un médecin régulateur à distance d'un patient. Elle permet au patient de bénéficier du juste soin grâce à l'adaptation de la réponse au niveau de soins requis pour le patient. La régulation médicale réalisée au sein des Samu Centres 15 interagit avec de multiples partenaires au sein d'un véritable réseau sanitaire.

2.3 Conclusion

Dans la communication médicale à distance sont incluses l'interprétation, la consultation... par un médecin de données cliniques, radiologiques ou biologiques 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.

L'accession à un nouveau domaine qui est le réseaux et Web dans le prochain chapitre pour la disposition de la communication de la donnée médicale, la circulation et le transfert de l'information.

Chapitre.III

3. Réseaux et web

Les réseaux peuvent être de différentes tailles. Il existe des réseaux élémentaires, constitués de deux ordinateurs, mais également des réseaux extrêmement complexes, capables de connecter des millions de périphériques. Les réseaux les plus simples permettent de partager des ressources, telles que des imprimantes, des documents, des images et de la musique, entre quelques ordinateurs locaux.

3.1. Introduction

Les réseaux de bureaux à domicile et les réseaux de petits bureaux sont souvent configurés par des personnes qui travaillent à domicile ou à partir d'un **bureau distant** et qui doivent **se connecter** à un réseau **d'entreprise** ou à d'autres ressources centralisées. En outre, de nombreux entrepreneurs indépendants utilisent des réseaux **domestiques** ou des réseaux de petits bureaux pour faire la promotion et vendre leurs produits, commander des fournitures et communiquer avec **les clients**. Les **communications transmises** [Figure 11] via un réseau sont généralement plus efficaces et plus économiques que les formes de communication classiques telles que le courrier postal ou les appels téléphoniques interurbains ou internationaux.

Dans les grandes entreprises, des réseaux de très grande envergure peuvent être utilisés pour permettre **la consolidation, le stockage, ainsi que l'accès aux données sur des serveurs réseau**. [45]

Les réseaux permettent également des communications rapides, par des **e-mails, à la messagerie instantanée** et à la collaboration entre les employés grâce aux différents protocoles utilisées.

Internet est le plus grand réseau existant. En réalité, le terme « Internet » signifie « réseau de réseaux » [46]. Internet est littéralement un ensemble de réseaux privés et publics interconnectés, tels que ceux décrits ci-dessus. Les entreprises, les réseaux de petits bureaux et même les réseaux domestiques fournissent généralement une connexion partagée à Internet. [47]

3.2.La communication

La communication humaine et entre les machines est presque similaire basée sur le même principe (Figure. 11 (a), (b)).

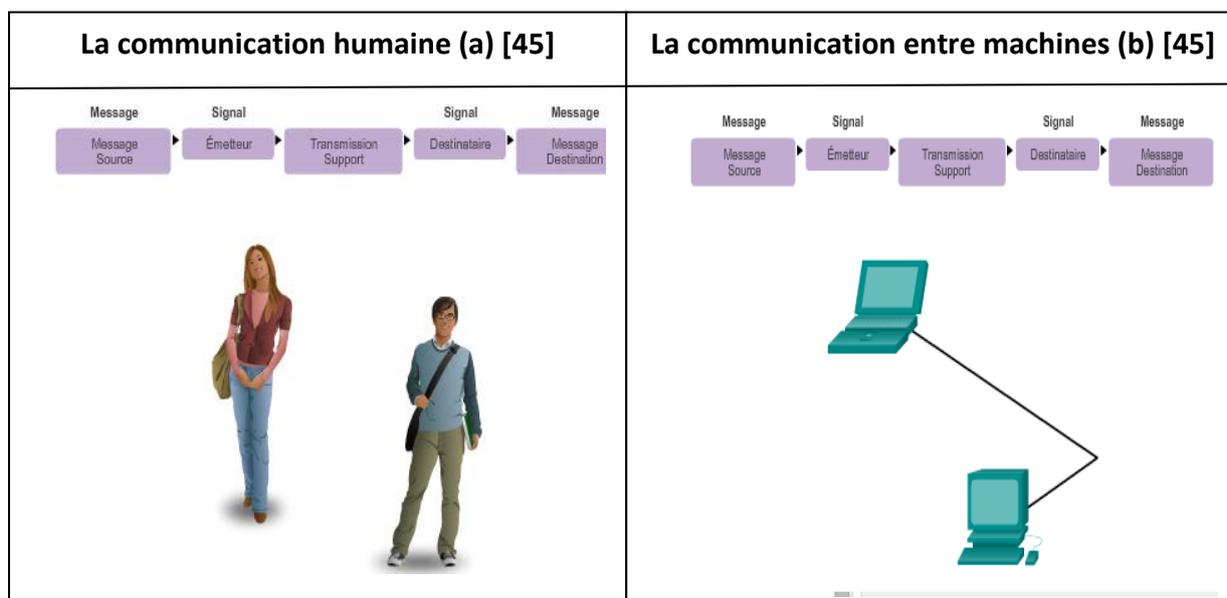


Figure. 11: Les types de communication. (a) la communication humaine.(b) la communication entre machines.

3.3.Les types d'ordinateur

Tous les ordinateurs connectés à un réseau et qui participent directement aux communications réseau sont des hôtes ou des périphériques finaux.

Les serveurs sont des hôtes équipés de logiciels leur permettant de fournir des informations, comme des messages électroniques ou des pages Web [45], à d'autres hôtes sur le réseau. Chaque service nécessite un logiciel serveur distinct. Par exemple, un hôte nécessite un logiciel de serveur Web pour pouvoir offrir des services Web au réseau. [48]

Les clients sont des ordinateurs hôtes équipés d'un logiciel qui leur permet de demander des informations auprès du serveur et de les afficher. Un navigateur Web, tel qu'Internet Explorer. [48]

3.4. Les types de réseau

Les infrastructures réseau peuvent considérablement varier selon :

- la taille de la zone couverte ;
- le nombre d'utilisateurs connectés ;
- le nombre et les types de service disponibles.

3.4.1. Réseau local (LAN)

Infrastructure réseau permettant d'accéder aux périphériques finaux et aux utilisateurs sur une zone peu étendue.

3.4.2. Réseau étendu (WAN)

Infrastructure réseau permettant d'accéder à d'autres réseaux sur une vaste zone.

3.4.3. Réseau métropolitain (MAN)

Infrastructure réseau qui couvre une zone plus vaste qu'un LAN, mais moins étendue qu'un WAN (par exemple, une ville). Les MAN sont généralement gérées par une seule entité, comme une grande entreprise.

3.4.4. LAN sans fil (WLAN)

Infrastructure similaire à un réseau local, mais sans fil. Elle relie des utilisateurs et des terminaux situés dans une zone peu étendue.

3.4.5. Réseau de stockage SAN

Infrastructure réseau conçue pour prendre en charge des serveurs de fichiers et pour fournir des fonctionnalités de stockage, de récupération et de réplication de données. Cette infrastructure comprend des serveurs haut de gamme, plusieurs baies de disques (appelées blocs) et utilise la technologie d'interconnexion Fibre Channel. [49]

3.5.Le modèle OSI



Figure. 12: le modèle OSI. [45].

3.5.1. Couche 1 : physique

- Fournit l'accès au média.
- Signal électronique, train binaire.

3.5.2. Couche 2 : liaison de données

- Fournit les services d'adressage physique à couches supérieures.
- Assure le contrôle de validité des données.

3.5.3. Couche 3 : Réseau

- Fournit l'adressage logique.
- Détermine le bon chemin réseau vers le destinataire.

3.5.4. Couche 4 : transport

- définit comment les données sont transmises sur le réseau.
- Fournit aux couches supérieures des outils de transport fiables.

3.5.5. Couche 5 : session

- initie et termine les sessions.
- assure la séparation des sessions.

3.5.6. Couche 6 : présentation

- assure la mise en forme des données avant transmission.
- représentation des données.

3.5.7. Couche 7 : application

- fournit une interface avec les applications.
- fournit l'accès réseau aux applications.

3.6. Les types de protocoles

3.6.1. Protocole TCP/IP

Désigne communément une architecture réseau, mais cet acronyme désigne en fait 2 protocoles étroitement liés : un protocole de transport, TCP (Transmission Control Protocol) qu'on utilise "par-dessus" un protocole réseau, IP (Internet Protocol). Ce qu'on entend par "modèle TCP/IP", c'est en fait une architecture réseau en 4 couches dans laquelle les protocoles TCP et IP jouent un rôle prédominant, car ils en constituent l'implémentation la plus courante. Par abus de langage, TCP/IP peut donc désigner deux choses : le modèle TCP/IP et la suite de deux protocoles TCP et IP. [50] [51]

3.6.2. Protocole TCP/UDP

Le protocole TCP est un protocole de transport fiable, ce qui signifie qu'il comprend des processus permettant d'assurer un acheminement fiable des données entre les applications par l'utilisation d'accusés de réception. Le transport TCP revient à envoyer des paquets qui sont suivis de la source à la destination.

Est un protocole orienté connexion, il associe au transport des informations de la notion de qualité en offrant les services suivants : Fiabilité, division des messages au niveau du destinataire, ré envoi de toute donnée non reçus.

UDP est un protocole non orienté connexion, il n'offre pas de fonction de contrôle du bon acheminement :

- Aucune vérification logicielle de la livraison des messages
- Pas de réassemblage des messages entrants
- Pas d'accusé de réception
- Aucun contrôle de flux

3.6.3. Protocole IP

Le protocole IP fait partie de la couche Internet de la suite de protocoles TCP/IP. C'est un des protocoles les plus importants d'Internet car il permet l'élaboration et le transport des datagrammes IP (les paquets de données). En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition. Le protocole IP détermine le destinataire du message grâce à 3 champs :

- Le champ adresse IP : adresse de la machine
- Le champ masque de sous-réseau : un masque de sous-réseau permet au protocole IP de déterminer la partie de l'adresse IP qui concerne le réseau
- Le champ passerelle par défaut : Permet au protocole Internet de savoir à quelle machine remettre le datagramme si jamais la machine de destination n'est pas sur le réseau local

3.6.4. Protocol FTP pour la couche d'application

Est un protocole fiable et orienté connexion qui emploie TCP pour transférer des fichiers entre les systèmes qui supportent ce protocole. Le but principal du FTP est de transférer des fichiers à partir d'un ordinateur à un autre en copiant et/ou en déplaçant des fichiers des serveurs aux clients, et des clients vers les serveurs, le protocole FTP est assigné au port 21 par défaut.

3.7. Conclusion

Les réseaux de données sont des systèmes composés de périphériques finaux, de périphériques intermédiaires et de supports reliant les périphériques. Pour que la communication soit possible, les périphériques doivent savoir comment communiquer. Chaque périphérique est identifié par une adresse IP, Les modèles de réseau les plus utilisés sont les modèles OSI et TCP/IP. Dans ce chapitre le réseau et web a été présenté ainsi que les différents protocoles, nous passerons par la suite à un nouveau chapitre qui expliquera notre application, cette dernière va aider le médecin à diagnostiquer le degré de sévérité de la maladie (SAO).

Chapitre.IV

4. réalisation de l'application Sol_Medic_SAO .v.1.0.

4.1. Introduction

Le diagnostic des valvulopathies est souvent établi par la présence d'un souffle caractéristique entendu lors d'une auscultation au stéthoscope. En revanche, le degré de sévérité pathologique est estimé de façon approximative. L'échographie Doppler ou le cathétérisme viennent compléter l'examen par une évaluation plus précise. L'inconvénient majeur de ces techniques réside non seulement dans la complexité d'utilisation qui nécessite un spécialiste en cardiologie, mais aussi dans le prix élevé de ces équipements.

Dans ce sens, il est indispensable de trouver une solution simple et efficace pour estimer le degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (**PCGs**) des sténoses aortiques (**SAO**). Cette solution est basée sur le traitement numérique du signal phono cardiogramme.

Le traitement numérique dont bénéficie ce signal, permet de mettre à la disposition du médecin toute les informations nécessaires, qui aident ce dernier à établir un diagnostic rapide et fiable. L'optimisation de la qualité du soin et la rapidité du diagnostic quelle que soit leur situation géographique, est réalisée selon deux critères importantes : le stockage de l'information et la manipulation des données, à travers une application d'accès automatique au temps réel.

Dans ce chapitre trois différents environnements ont été exploités : Matlab, MySQL et Java Netbeans. Ces trois environnements, nous ont permis de développer une nouvelle application nommée: **Solution Médicale Sténose Aortique version1.0 : Sol_Medic_SAO.v.1.0** [Figure 1], facile, rapide et fiable, aide au diagnostic, dans l'estimation du degré de sévérité pathologique des sténoses aortiques soit localement ou bien à distance.



Figure. 13 : Le cycle d'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique localement ou à distance.

4.2.L'espace de travail

Le travail est réalisé sous système d'exploitation win 7 de 64 bit en sont installés trois logiciels : Java Netbeans, Matlab, WAMP/EASYPHP (MySQL), utilisé pour le développement Web.

4.2.1. Java Netbeans

NetBeans IDE 7.3 permet le développement d'application Java, PHP, C, C++et Ruby.

Netbeans, crée à l'initiative de sun Microsystems (Noyau de Forte4J/SunOne) , présente toutes les caractéristiques indispensables à un EDI de qualité, que ce soit pour développer en Jave, Ruby, C,C++ ou même PHP.

La licence OpenSource, NetBeans permet de développer et déployer rapidement et gratuitement des applications graphiques Swing, des Applets, des JSP/Servlets, des architectures J2EE, dans un environnement fortement personnalisable. L'EDI NetBeans repose sur un noyau robuste, la plateforme NetBeans, que vous pouvez également utiliser pour développer vos propres applications Java, et un système de plugins performant, qui permet vraiment d'avoir un EDI sur mesure.

A coté de la version complète de l'EDI NetBeans, vous avez différentes déclinaisons (6 au total, sans compter la version complète) qui se concentrent sur une plateforme ou langage bien précis : Java ME, Java (SE + ME + EE), Ruby, C/C++, PHP. NetBeans vous permet également de déployer vos applications Web.

4.2.2. Matlab

Matlab (Matrix laboratory) : Est un logiciel interactif, développé par math Works Inc. Et destiné notamment au traitement numérique des données. Il est particulièrement efficace lorsque celles-ci sont présentées sous forme de vecteurs ou de matrices. Il intègre le calcul numérique, la visualisation des résultats et la programmation dans un environnement ouvert aux développements ultérieurs.

Matlab existe sous les environnements Dos, Windows et Unix. Il permet la visualisation rapide des résultats, destiné particulièrement au traitement numérique des signaux, à la modélisation, à la stimulation et à la conception des systèmes numérique complexes, il est également adapté au développement des algorithmes de traitement des séries de données, des images ou des champs multidimensionnels de données [52]. Dans ce projet la version utilisée est le **Matlab** R2013a.

4.2.3. MySQL

Les bases de données MySQL sont créées soit sous ESAYPHP ou bien sous WAMP.

4.2.3.1.EasyPHP 2.0b1

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.

4.2.3.2.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 [53].

4.3.La topologie de travail

4.3.1. Topologie Locale

Cette topologie [**Figure14**] représente une architecture avec un réseau LAN. Elle comporte deux machines, un serveur distant, un câble RJ45 et un modem qui joue le rôle d'un point d'accès.

En effet, la première machine est installée dans une salle de traitement, et la deuxième est préservée pour le médecin, afin de saisir et consulter les résultats de chaque patient.

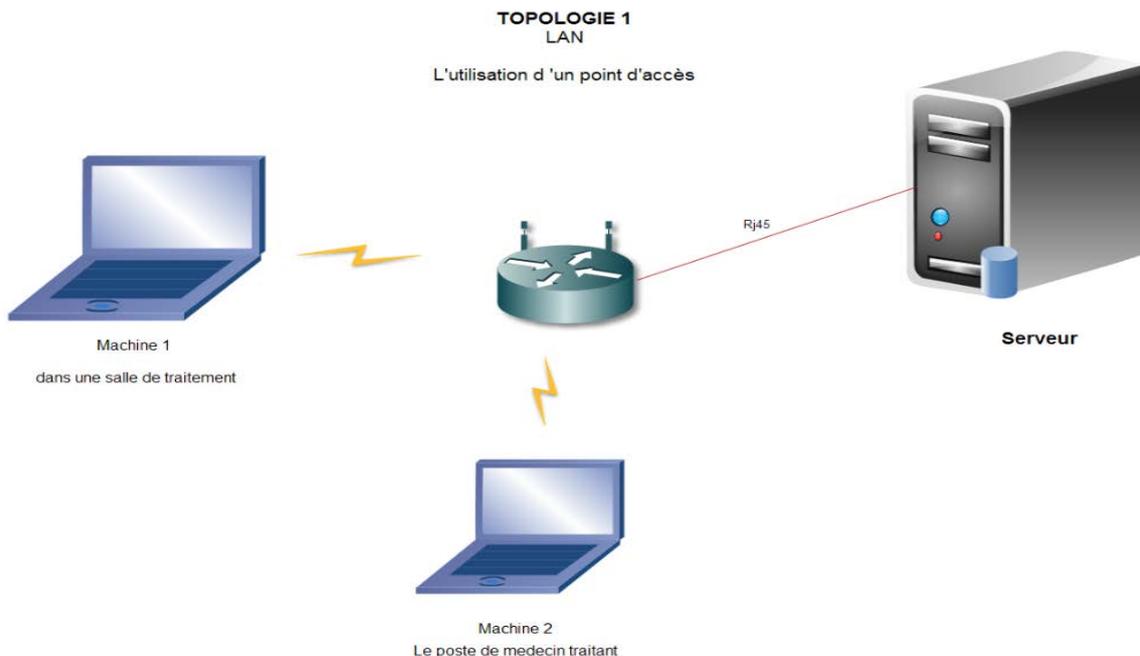


Figure .14 : La topologie 1 par l'utilisation de LAN.

4.3.2. Topologie étendue

Cette topologie [Figure .15] représente une architecture avec un réseau WAN, c'est le pouvoir d'accéder à distance au serveur qui se situe par exemple à l'hôpital central (on a choisi le central pour que le débit de la connexion sera très élevé (avec utilisation d'une ligne spécialisée)) depuis différents cliniques qui se trouvent aux différents endroits y installé notre application **Sol_Medic_SAO.v.1.0.**

Cette application englobe trois parties :

1. Dans une salle de traitement est installé **Matlab** dans laquelle sont utilisés :
 - Un algorithme de segmentation.
 - Un programme pour envoyer les résultats affichés dans la console au serveur MySQL.

- Une petite application développée sous Netbeans pour envoyer les images des signaux PCG au serveur MySQL.
2. **Serveur MySQL** : Serveur distant qui possède une base de données (BDD).
 3. **Java Netbeans** : Une application sous Netbeans installée dans le poste du médecin traitant, permettant d'accéder à différentes informations.

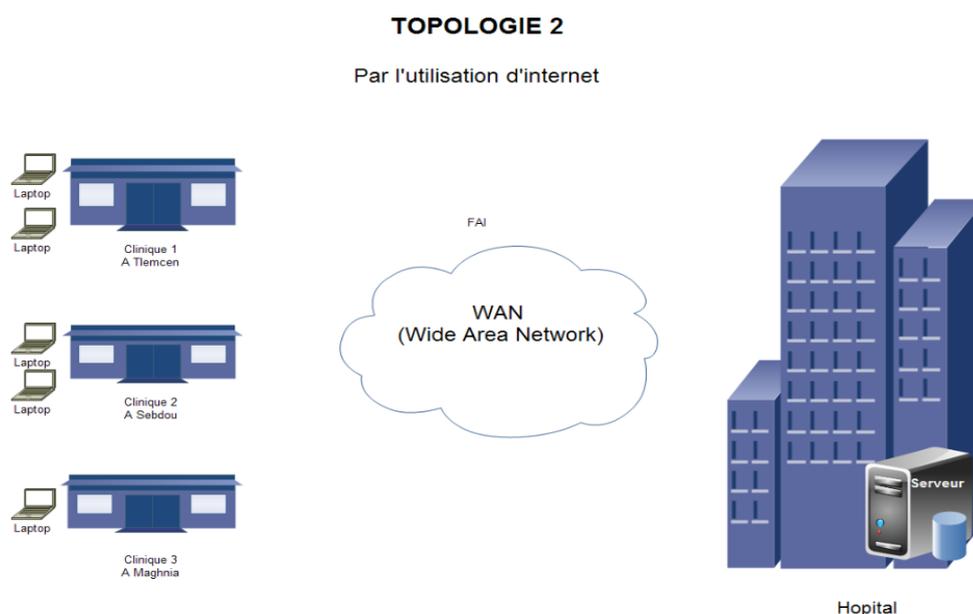


Figure .15 : La topologie 2 par l'utilisation de WAN.

4.4.L'application Sol_Medic_SAO V.1.0.

Pour un serveur distant, il suffit d'utiliser WAMP/EASYPHP et créer la BDD, dans notre projet le nom de la BDD c'est (dmp), ainsi que d'ajuster son privilège afin d'ouvrir une communication avec d'autre machine (clients).

Ensuite, nous utilisons PHPMyAdmin MySQL pour la création de quatre tables (patient, utilisateur, tab_rae, image_pcg). Sous **Matlab** nous avons implémenté deux programmes le premier pour le traitement numérique du signal **PCG** et le deuxième pour l'envoi des résultats (durée de souffle, son énergie et le rapport énergétique du signal), grâce à la fonction fastinsert, après leurs traitements, à une table (tab_rae) sous une BDD spécifique (dmp) dans

le serveur MySQL sous WAMP ou ESAYPHP, accompagné avec une petite application qui sert à envoyer les images **PCG** au serveur sous une table (image_pcg). L'application sous Java Netbeans a six interfaces, chacune à sa propre fonction. (Login, menu, utilisateurs, patients, analyse et résultats). Cette partie là, sert à la visualisation et l'affichage des données traitées déjà dans la salle de traitement (qui contient le logiciel **Matlab** pour la segmentation des signaux **PCGs**), et aussi faire le saisie de différents informations des patients et utilisateurs, ce dernier est bien identifié par un password et un user ID pour des raisons de confidentialité.

Le but de cette application c'est de mettre à la disposition du médecin toute les informations nécessaires, qui aident ce dernier à établir un diagnostic rapide et fiable .Ce diagnostique est basé sur l'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique. Cette application est une application d'accès automatique au temps réel servant à optimiser la qualité du soin et la rapidité du diagnostic quel que soit leur situation géographique, est réalisée selon deux critères importantes : le stockage de l'information et la manipulation des données.

4.4.1. Les connexions

4.4.1.1.La connexion MySQL avec Matlab

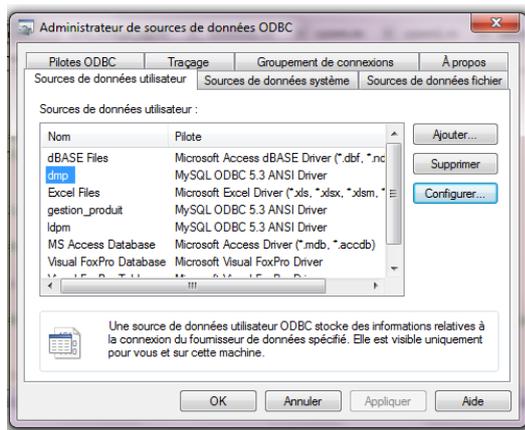
L'objectif fondamental fixé derrière cette partie est d'établir une connexion entre deux environnements : “ **Matlab** et le serveur **MySQL** ” afin de stocker les différentes informations extraites à partir de traitement numérique du signal **PCG**.

4.4.1.1.1 Méthodologie

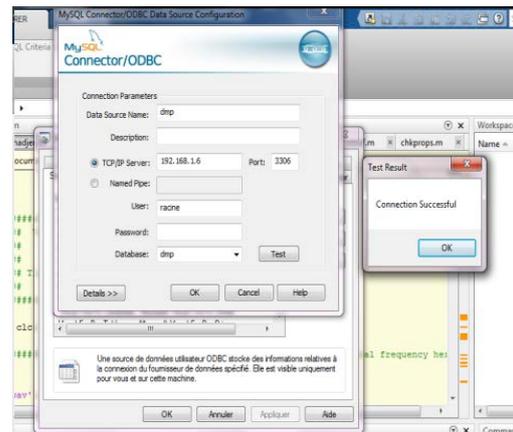
Avant de procéder à tout traitement la compatibilité entre les systèmes utilisés est obligatoire. Cette compatibilité facilite la réalisation des taches suivantes :

1. Installation de driver **ODBC** ;

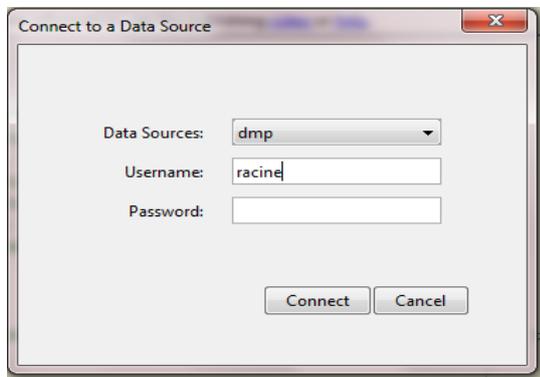
2. L'incorporation de la **BDD** « dmp » qui a été déjà créée sous **MySQL** en **Matlab**.
[Figure 16 (a)] ;
3. La confiscation des informations dans la fenêtre **MySQL** connector (nom, adresse IP du serveur), afin d'effectuer un teste sur la connexion [Figure 16 (b)] ;
4. La connexion de la **BDD** [Figure 16 (c)].



(a)



(b)



(c)

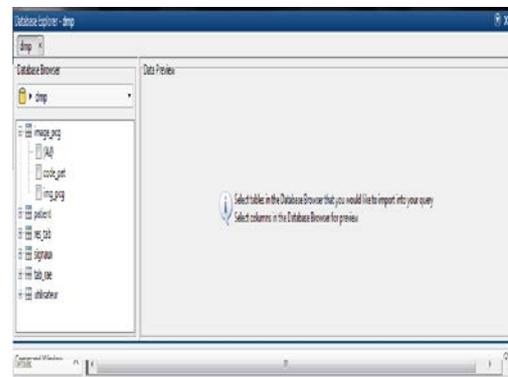


Figure. 16 : Connexion MySQL & Matlab.

4.4.1.2. La connexion MySQL avec Java Netbeans

Afin d'établir une connexion **MySQL & Java Netbeans**, il faut installer un '**MySQL JDBC Driver**' compatible avec la machine utilisée, puis suivre les étapes suivantes :

1. Connecter **Netbeans** avec **MySQL**: déterminer l'adresse du serveur. (Une adresse publique mais fixe).
2. Connecter **Netbeans** avec la base de donnée 'dmp'
3. Création des interfaces graphiques.
4. Connecter **Netbeans** avec les tables de la **BDD** (pour que le contenu des tables seront visible dans les interfaces créés par java **Netbeans**).

4.4.2. Le Login

Afin d'accéder à notre base de données, la sécurité est nécessaire pour n'importe quelle application, c'est pour cette raison que nous avons créé un mécanisme d'authentification pour l'utilisateur. En introduisant le bon user ID et le mot de passe [Figure .17], vous aurez le droit d'accéder au menu principal de l'application.



Figure .17 : Authentification

4.4.3. Menu

Dans ce dernier [Figure .18], l'utilisateur peut gérer sa base de données comme il veut selon leur choix : (Utilisateur, Patient, Analyses, Résultats).

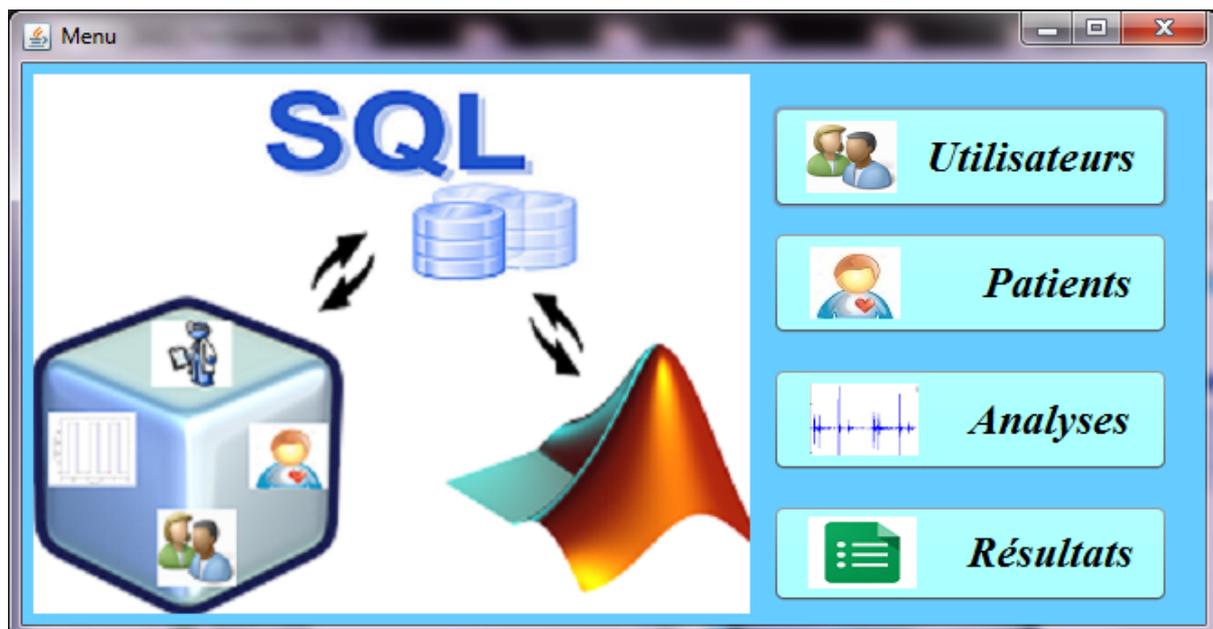
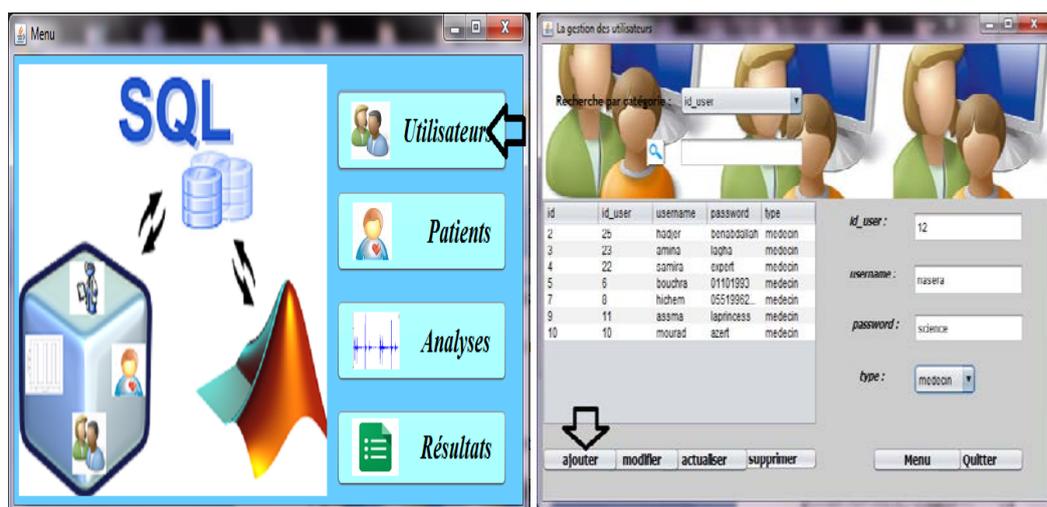


Figure .18: Menu principale

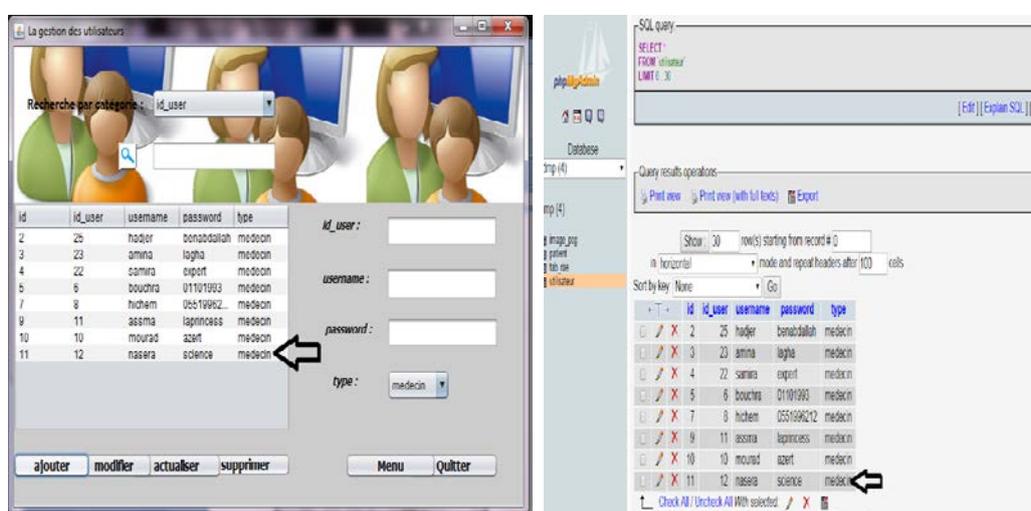
4.4.4. La gestion des utilisateurs

La gestion des utilisateurs est un mécanisme simple, regroupé dans une simple interface qui stocke les différents user ID et les password des utilisateurs, qui ont le droit d'accéder aux informations médicales et qui ont aussi le droit de lire et d'écrire (read /write).



(a)

(b)



(c)

(d)

Figure .19: Une interface qui représente la gestion des utilisateurs. (a) le clique sur le bouton utilisateur. (b) saisie de donnée. (c) l'ajout au tableau. (d) l'ajout au serveur sous une table utilisateur de la BDD dmp.

4.4.5. La gestion des patients

La gestion des patients permet aux utilisateurs de saisir les données personnelles de chaque patient selon son code qui est le mot clés pour raison de recherche et d'identification. Ces données seront stockées sous forme d'une table 'patient' dans une BDD 'dmp' dans le serveur utilisé. On peut ajouter /modifier, et même supprimer ... selon le besoin.

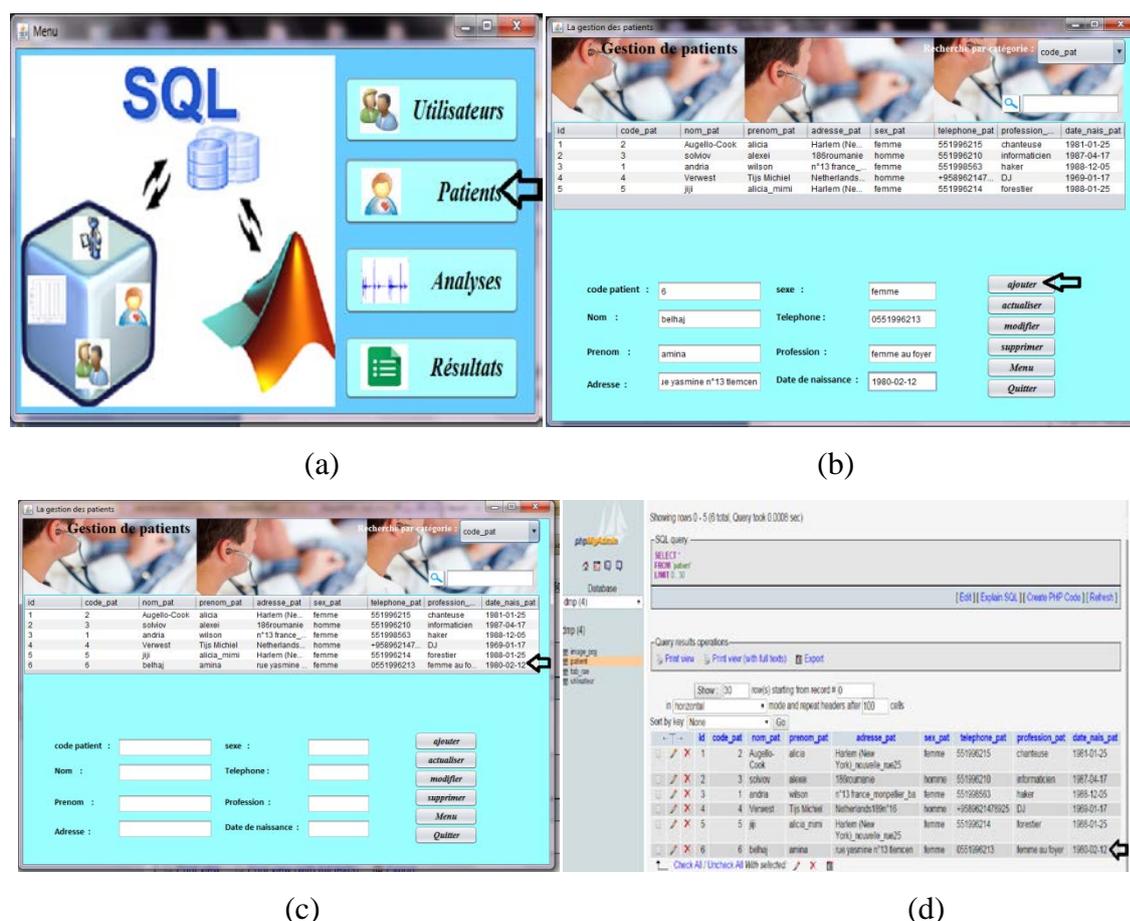


Figure. 20: Une interface qui représente la gestion de patients. (a) le clique sur le bouton patient. (b) la saisie de donnée. (c) l'ajout au tableau. (d) l'ajout au serveur sous une table de la BDD.

4.4.6. Le traitement numérique du signal PCG

4.4.6.1. La base de données

La base de données utilisée est constituée de **six** différents cas de sténoses aortique [45-46,47], présentant un degré de sévérité pathologique différent donné par **Tab. IV.1** ci-dessous.

N.B : La représentation temporelle de différents cas est représentée dans **l'annexe I**.

Les signaux	Nombre d'échantillon (N)
Cas1	30798
Cas2	32865
Cas3	42802
Cas4	31568
Cas5	30182
Cas6	36904

Tab. IV.1 : Base de données des signaux PCGs.

4.4.6.2.Le prétraitement du signal PCG de SAO

Jusqu'à présent, la majorité des travaux qui ont été réalisés, concernent l'analyse des signaux phono cardiogrammes (**PCGs**), mais pas l'évolution de leur degré de sévérité pathologique. Pour cela dans cette partie nous allons procéder à l'application d'un algorithme de segmentation basé sur le débruitage par ondelette afin d'analyser le degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (**PCGs**) de la sténose aortique (**SAO**). [57]

Une approche de séparation des bruits et des souffles cardiaques a été proposée par O.Tahar [4], permet de localiser les débuts et fins des bruits et souffles cardiaques au moyen d'un seuil fixé à partir de la valeur maximale de l'enveloppe de Shannon du signal **PCG** débruité par la méthode de **SURE**, afin de donner une appréciation de leurs durées moyennes. Cet algorithme, comme on le verra, va fournir un large éventail d'informations, concernant le signal **PCG** étudié (**bruits** et **souffles**) ainsi que la mesure de différents paramètres qui peuvent être des indicateurs efficaces du degré de sévérité pathologique, et qui seront regroupés et affichés par la suite dans une interface graphique.

4.4.6.3.La Détection d'enveloppe de Shannon

Avant de procéder à tout traitement il parait très indispensable de commencer par une étude énergétique .Cette étude est basée sur l'extraction d'enveloppe $E(t)$, à partir du calcul du : carré du signal (**Equation(1)**), la valeur absolue (**Equation(2)**), l'entropie et l'énergie de Shannon (**Equation (3 et 4)**). Cependant, les études effectuées dans [57] et [4] montrent que la méthode la plus adéquate est l'énergie de Shannon puisqu'elle **permet de favoriser les faibles oscillations ce qui donnera des représentations énergétiques prenant en considération l'ensemble des bruits et des souffles cardiaques.**

- Signal au carré : $E = S(t)^2$ (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)

Plusieurs approches basées sur la détection de l'enveloppe d'énergie de Shannon ont été proposés [59] [60] [61] [62].Ces approches sont efficaces uniquement dans le cas où les bruits cardiaques **B1** et **B2**, sont plus énergétiques que le souffle.

Le débruitage par ondelette [57] présente une étape indispensable pour résoudre ce problème. En effet, le contenu fréquentiel des souffles est plus important que celui des bruits cardiaques, la transformée d'ondelette discrète **T.O.D** [57], peut être facilement séparées par la technique de débruitage par ondelette (wavelet denoising).

4.4.6.4.Algorithme de segmentation

L'organigramme suivant [**Figure. 21**], décrit les différentes étapes de notre algorithme de segmentation. Cet algorithme présente six étapes importantes :

1. Prétraitement : détection de l'enveloppe d'énergie de Shannon.
2. Identification des bruits cardiaques ;

3. Extraction de bruits ;
4. Identification des souffles ;
5. Extractions des souffles ;

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.

4.4.6.4.1. La détection des bruits B1 et B2

La durée de la systole est plus courte que celle de la diastole, en basant sur cette réalité l'identification des B1 et B2 peut être effectuée. La fréquence d'échantillonnage utilisée pour débiter les signaux **PCGs** est de $F_s=8000\text{Hz}$ [4], le débuitage optimal apparaît dans le 3^{ème} niveau son but est d'éliminer tous types de bruits du au matériel ou aux patients et autre parasites.

Le signal reconstitué dans ce niveau est utilisé dans la détection et l'identification des différents bruits. L'enveloppe de Shannon est employée dans cette détection pour fixer les limites du bruit (début-fin). L'extraction de cette dernière peut être effectuée par une simple opération de filtrage.

Pour avoir une meilleure visibilité de signal **PCG**, il faut avoir un nombre de cycles bien déterminé, dans notre cas nous allons choisir 3 cycles, sachant que le nombre d'échantillon peut limiter le nombre de cycles.

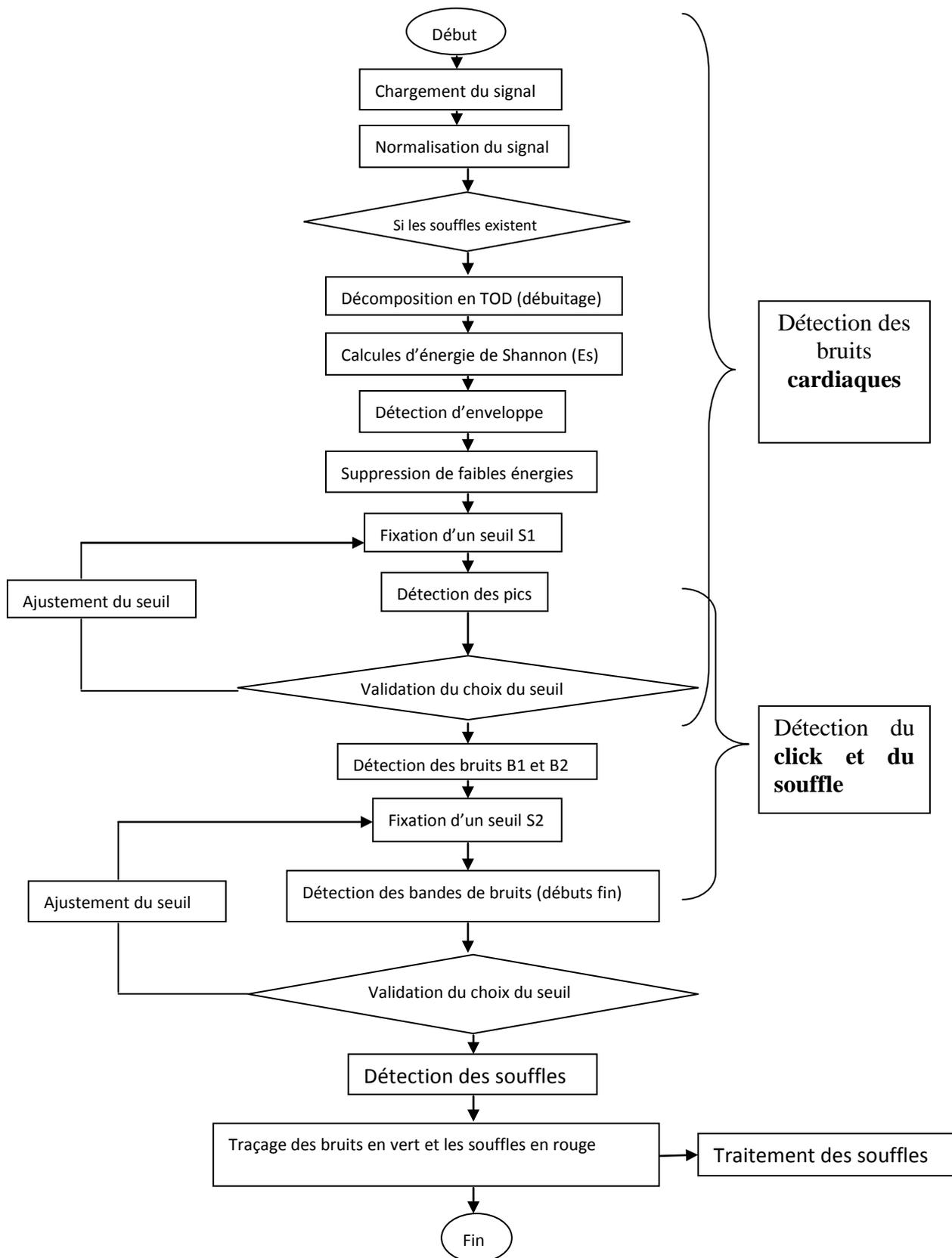


Figure. 21 : Organigramme de la segmentation. [57]

4.4.6.4.1.1. Le principe du débruitage par seuillage et le choix de type d'ondelette.

✓ Le débruitage est une approche de localisation et de séparation des bruits cardiaques (**B1** et **B2**) par rapport aux clicks et souffles qui existent dans un signal **PCG**.

Le modèle considéré pour ce débruitage est classique, le signal mesuré \mathbf{x} est un mélange additif d'un signal informatif \mathbf{s} et d'un bruit de mesure \mathbf{r} :

$$\mathbf{x}(\mathbf{t}) = \mathbf{s}(\mathbf{t}) + \mathbf{r}(\mathbf{t}). \quad (5)$$

Le débruitage par seuillage des coefficients d'ondelettes, tel qu'il est défini par [63, 64], revient à « l'extraction d'une structure cohérente » du signal mesuré. L'hypothèse de départ porte sur le bruit \mathbf{r} , qui est considéré comme non cohérent par rapport à une base de formes d'onde prédéfinie, c'est-à-dire non corrélé avec ces formes d'onde. Les coefficients de la décomposition du bruit sur la base sont faibles. L'approche itérative développée par Coifman et Wickerhauser [63, 64] nécessite, à chaque itération, une recherche de la meilleure base, coûteuse en temps de calcul mais optimale pour l'extraction des informations contenues.

Une décomposition sur une base unique peut s'avérer suffisante pour le débruitage des sons physiologiques. [65]

Elle nous permet d'éliminer les bruits (due aux patients ou aux matériels utilisés etc....) c'est une forme non corrélé avec la forme du signal, inférieurs à un seuil fixe. Dans le but d'avoir une bonne visualisation du signal étudié.

Dohondo a développé une technique de réduction de bruit utilisant la contraction des coefficients d'ondelettes. Elle se résume par l'algorithme de la Figure.22 [66]

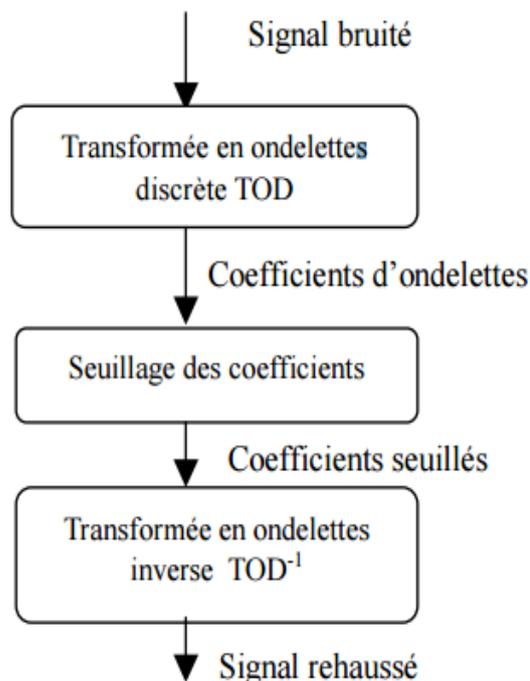


Figure. 22 : le principe de débruitage par seuillage. [66]

Généralement deux types de seuillage sont utilisés un seuillage dur et doux dont les définitions sont les suivantes :

$$S_{dur} = \begin{cases} x & \text{si } |x| > \lambda \\ 0 & \text{si } |x| \leq \lambda \end{cases} \quad (6)$$

$$S_{doux} = \begin{cases} \text{sign}(x)(|x| - \lambda) & \text{si } |x| > \lambda \\ 0 & \text{Si } |x| \leq \lambda \end{cases} \quad (7)$$

où λ est le seuil

Il y a différents types de seuils, les seuils constants et les seuils variables, les références [17,62] proposent une valeur de seuil global :

$$\lambda = \sigma\sqrt{2\log(n)} \quad (8)$$

Où σ est l'écart type du bruit.

✓ **Le choix de type d'ondelette** le plus adaptée pour analyser le signal phonocardiogramme (PCG), aussi présente une étape primordiale pour cette analyse. Les

travaux de Mr Debbal et Mr Bereksi [67] sur le choix de l'ondelette analysante, montrent que l'ondelette Daubechies du 7ème niveau (db7) est la plus appropriée pour analyser les signaux PCGs, puisqu'elle présente la plus faible erreur de reconstruction.

Exemple d'application:

La figure suivante [Figure .23], représente les quatre niveaux de la décomposition du signal PCG du quatrième cas de la sténose aortique (cas 4) échantillonné par une fréquence de 8000Hz. Cette décomposition, montre que le débruitage optimal est abouti dans le 3^{ème} niveau, au-delà le signal commence à se déformer. Ces résultats confirment ce qui a été démontré par O.Tahar [4] et F.Meziani [57].

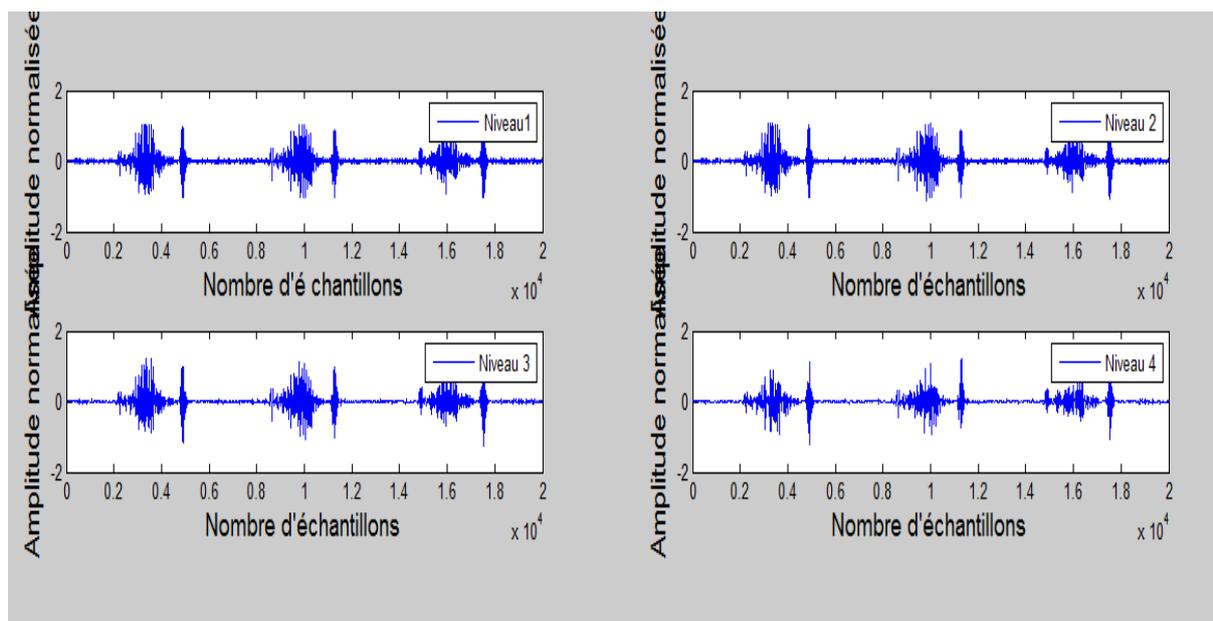


Figure. 23 : Débruitage par ondelettes du signal sur les quatre différents niveaux de décomposition, la fréquence d'échantillonnage est 8khz.

4.4.6.4.1.2. L'enveloppe d'énergie de Shannon

Le débruitage par ondelette est primordiale dans la détection d'enveloppe. Cette enveloppe est utilisée dans le but d'identifier le début et la fin de différents éléments du signal PCG afin de déterminer la durée des bruits et les souffles. [Figure 24].

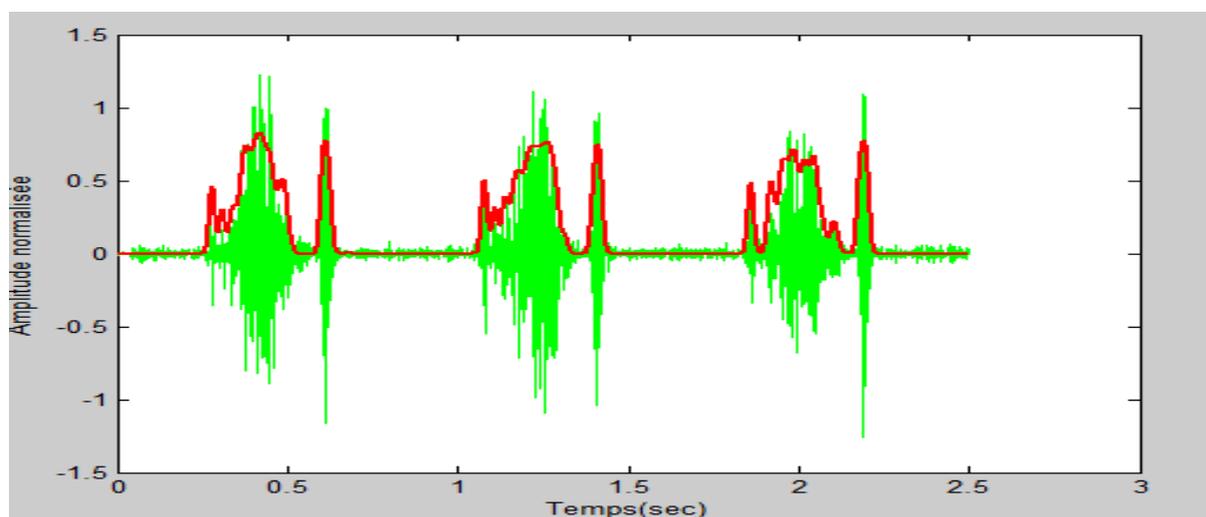


Figure. 24 : Enveloppe de Shannon pour le sujet4.

4.4.6.4.2. Les résultats de la segmentation

L'algorithme de la segmentation est appliqué sur plusieurs signaux PCGs pour extraire les informations nécessaires qui seront utilisées par la suite. Ces résultats sont affichés dans la table suivante :

Signaux	D_{B1} (sec)	E_{B1} (joule)	D_{B2} (sec)	E_{B2} (joule)	E_{Souf} (joule)	D_{Souf} (sec)
Cas1	0.3068	310.6778	0.3108	307.6925	310.536	0.3069
Cas2	0.2110	70.426	0.2209	67.4366	70.3263	0.2112
Cas3	0.3218	333.1011	0.3260	333.1573	333.1983	0.3219
Cas4	0.2356	157.348	0.2352	224.1581	167.348	0.2362
Cas5	0.2786	363.2936	0.2789	442.8159	376.0601	0.2796
Cas 6	0.8266	347.2378	0.4619	254.6223	210.1548	0.4265

Tab.IV. 2: les résultats du traitement de signal pour chaque sujet.

N.B1 : La variation du seuil est très importante pour une détection adéquate de l'enveloppe de Shannon

N.B2 : Les différents résultats de traitement numérique des signaux phono cardiogrammes sont présentés dans l'Annexe. I

4.4.6.5. L'estimation du degré de sévérité de SAO

Le degré de sévérité est estimé de façon approximative, pour une évaluation plus précise l'utilisation du L'échographie Doppler ou le cathétérisme est nécessaire, qui viennent compléter l'examen. L'inconvénient majeur de ces techniques réside non seulement dans la complexité d'utilisation qui nécessite un spécialiste en cardiologie, mais aussi dans le prix élevé de ces équipements. Dans ce sens, il est indispensable de trouver une solution simple et efficace pour estimer le degré de sévérité des sténoses aortiques. Cette solution est basée sur la phonocardiographie (PCG) qui traduit l'activité mécanique des valves cardiaques. La sévérité d'une sténose aortique peut être détectée sur 3 paramètres [4] :

- L'intensité : interprétée par une étude énergétique des bruits B1, B2 et souffles
- Le timing du pic du souffle : déterminé à travers une représentation temps fréquence (RTF)
- La tonalité du souffle (variable par rapport à la pression : repérée dans le contenu fréquentiel du souffle).

En se basant sur l'étude énergétique des signaux **PCGs**, Le paramètre fondamental utilisé dans cette estimation est le rapport énergétique (**RE**). [57]

Ce rapport (**Equation 9**) est un indicateur important de la sévérité et de l'augmentation énergétique du souffle au profit des bruits **B1** et **B2**. Il est calculé par le rapport entre l'énergie du souffle (**E2**) et l'énergie totale des bruits (**E1 + E2**).

$$RE = \frac{E2}{E1 + E2} \text{ avec } \left\{ \begin{array}{l} E1 : \text{énergie des bruits (B1, B2).} \\ E2 : \text{énergie du souffle.} \end{array} \right\} \quad (9)$$

Le rapport d'énergie **RE** (en pourcent), mettra en valeur la dominance totale du souffle sur les bruits **B1** et **B2**.

Dans notre analyse nous allons classer les signaux **PCGs** selon trois degré de sévérité :

- Légère, **RE** < 30%,
- Modérée, $30\% \leq \mathbf{RE} < 70\%$,
- Sévère, **RE** $\geq 70\%$.

La limitation de cette approche réside dans les cas très serrés. Dans ces derniers l'écoulement transvalvulaire est considérablement diminué ce qui produit généralement un souffle de faible intensité. [4]

Le rapport énergétique (**RE**) de différents signaux **PCGs** sont donnés par le tableau suivant : [Tab. 4.3].

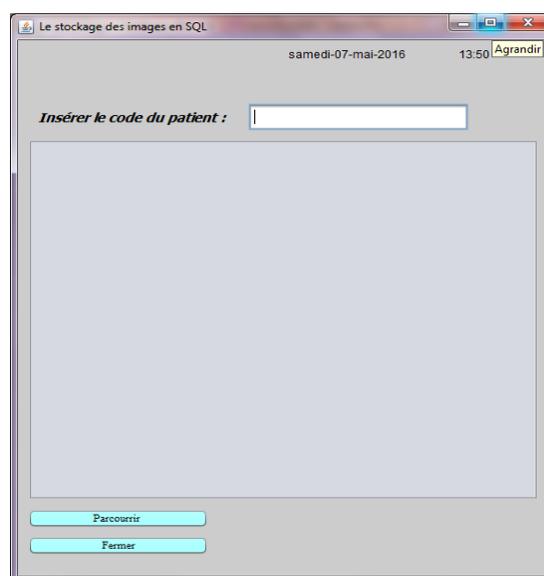
Les signaux	RE %	Sévérité
Cas1	94.398	Sévère
Cas2	25.3192	Modéré
Cas3	92.0946	Sévère
Cas4	71.469	Sévère
Cas5	92.8426	Sévère
Cas6	99.4974	Sévère

Tab.IV.3: Valeurs des rapports énergétiques (RE).

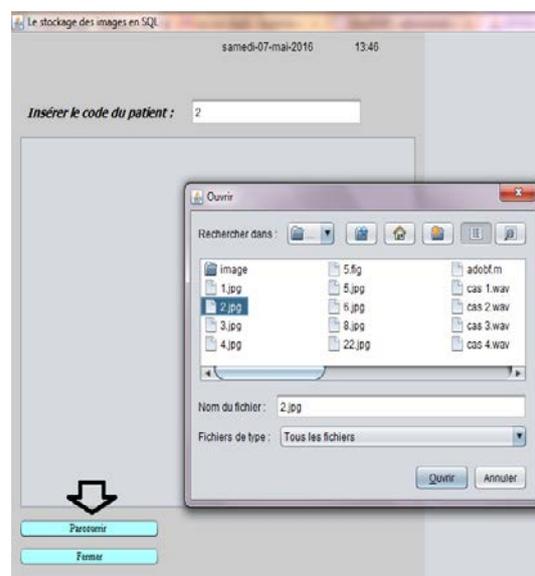
Sur la base de ces résultats et selon **Tab. 4.2** et **Tab. 4.3**, nous avons constaté que l'aspect énergétique lié au degré de sévérité pathologique ne dépend pas seulement de l'énergie du souffle (**E_{Souf}**) mais aussi de l'énergie des bruits cardiaques **B1** et **B2**.

4.4.6.6. L'application d'insertion des images PCG

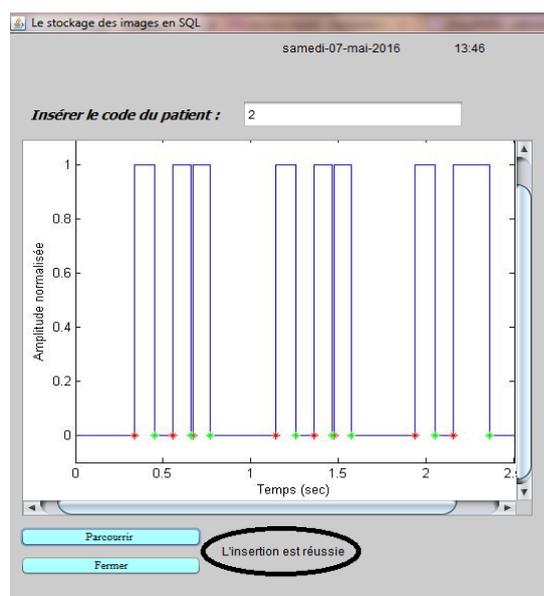
Une petite application développée sous **Java Netbeans** sert à enregistrer les images automatiquement sous le serveur **MySQL** dans une table (`image_pcg`). Cette petite application [Figure .25 (a)] va nous permettre de saisir le code du patient et de cliquer sur le bouton parcourir [Figure. 25 (b)] pour apporter l'image, cette dernière va être directement stockée [Figure .25 (c)] sous MySQL dans la table `image_pcg` [Figure 25. (d)].



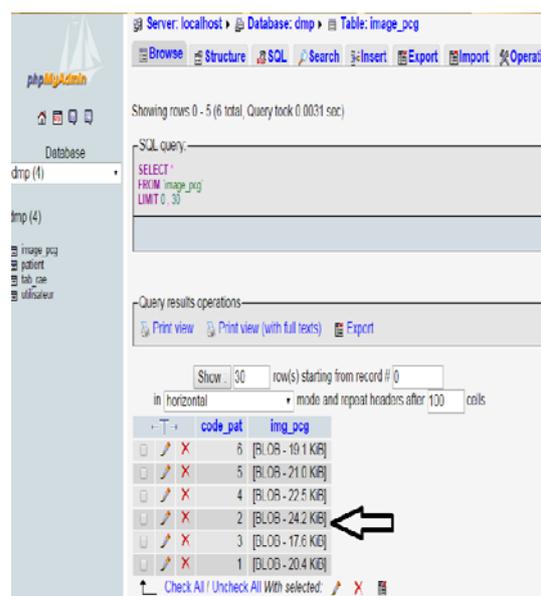
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure .25: Application d'insertion d'images.

4.4.7. Analyses et Résultats

L'interface suivante [Figure .26], montre l'affichage des résultats après le traitement des signaux PCGs de différents sujets, ses résultats sous types des valeurs numérique résultante après la segmentation sous **Matlab**, ainsi d'afficher les images de différents signaux après leurs traitements selon le code du patient. Grace à ses informations, le médecin peut bien estimer le degré de sévérité de la pathologie.

Par exemple : pour le sujet 2 à un RE=25.3192 \in [0-30]% \rightarrow sténose légère.

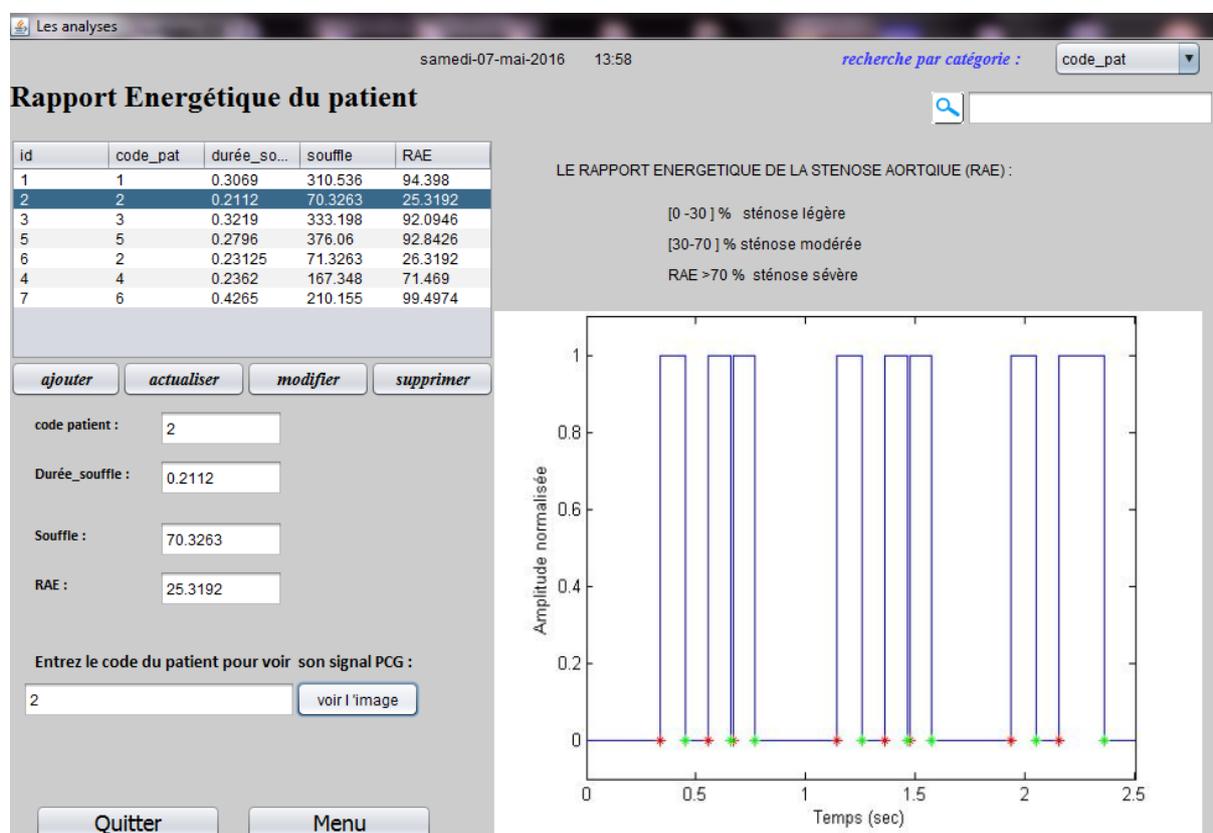


Figure .26 : Une Interface qui représente les différentes informations du signal PCG.

Cette interface, nous permet d'afficher toutes les informations liées au patient (Figure .27).

Les résultats

mercredi-06-avr.-2016
11:26

Les résultats de la segmentation des signaux PCG des patients

Menu
Actualiser
Quitter

Recherche par catégorie : code_pat

id	code_pat	durée_souffle	souffle	RAE
1	1	0.3108	310.536	94.398
2	2	0.21125	70.3263	25.3192
3	3	0.321875	333.198	92.0946
4	4	0.2176	86.4984	56.41

Les patients

code_patient: 1

code_pat	nom_pat	prenom_pat	sex_pat	profession_pat	date_nais_pat
1	andria	wilson	femme	haker	1988-12-05

code_patient : 1
durée_souffle : 0.3108
souffle : 310.536
RAE : 94.398

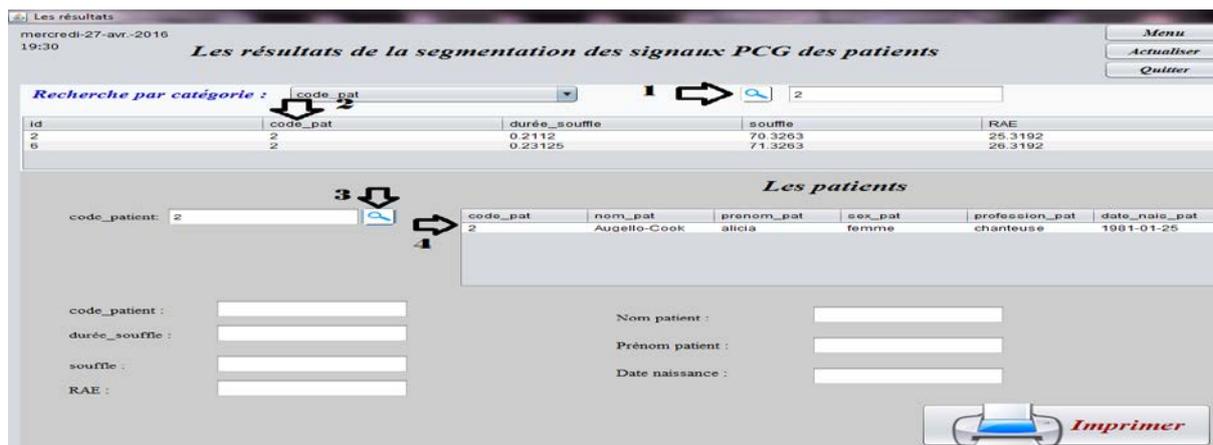
Nom patient : andria
Prénom patient : wilson
Date naissance : 1988-12-05

Imprimer

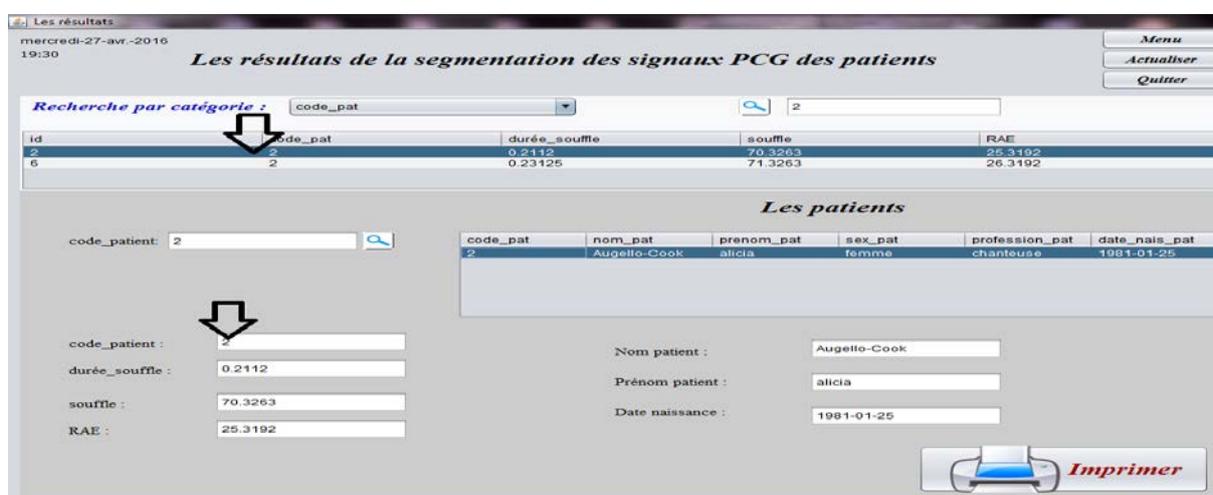
Figure 27: Une interface qui représente les résultats.

Par une simple recherche dans la barre de recherche du code d'un patient spécifique on peut savoir tous les résultats concernant les différentes étapes du traitement réalisées auparavant.

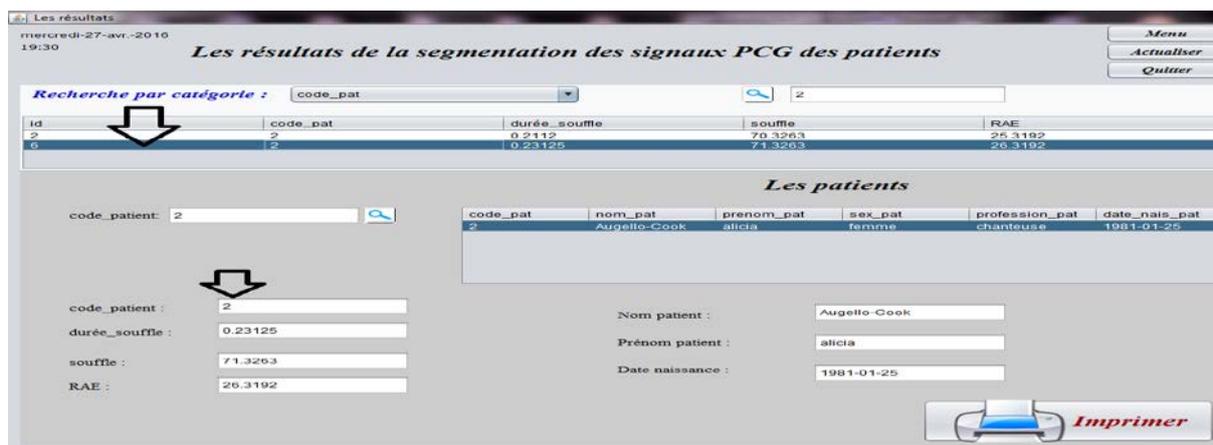
[Figure .28]



(a)



(b)



(c)

Figure .28: Interface de différentes étapes du traitement.

N.B : l'impression de la fenêtre avec toutes les informations du patient est encore en cour de recherche.

4.5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'algorithme développé pour segmenter le signal Phonocardiogramme (**PCG**). Ce dernier nous a permis de bien localiser les bruits **B1** et **B2**, ainsi que de bien extraire les différents souffles systoliques et diastoliques. Les résultats obtenus paraissent très satisfaisants et peuvent aider ultérieurement dans l'analyse de l'évolution du degré de sévérité pathologique, cela revient à la puissance des outils utilisés dans cet algorithme, tels que, l'enveloppe d'énergie de Shannon qui permet de mieux représenter les oscillations de faibles amplitudes en évitant leur exténuation au profit de celles de valeurs plus élevées : le débruitage par seuillage.

Nous avons présenté aussi un autre algorithme qui nous permet d'enregistrer les valeurs du signal PCG obtenus après son traitement dans le serveur MySQL, en parallèle, une simple application permet l'insertion des images PCG directement dans le serveur.

L'application Sol_Medic_SAO v1.0 aide les médecins à diagnostiquer chaque patient par l'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique soit localement ou à distance.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le rétrécissement aortique est l'un des pathologies les plus fréquentes, il est caractérisé par un rétrécissement de l'ouverture valvulaire aortique en engendrant une résistance à l'écoulement du sang. Dans les cas critiques, la seule solution est le remplacement valvulaire par une prothèse (**mécanique** ou **biologique**). Avant de prendre une telle décision le médecin doit apprécier exactement le degré de sévérité de la sténose aortique. L'échographie Doppler ou le cathétérisme vient compléter l'examen par une évaluation plus précise. L'inconvénient majeur de ces techniques réside non seulement dans la complexité d'utilisation qui nécessite un spécialiste en cardiologie, mais aussi dans le prix élevé de ces équipements. Dans ce sens, il est indispensable de trouver une solution simple et efficace pour estimer le degré de sévérité des sténoses aortiques. Cette solution est basée sur la phonocardiographie.

La phonocardiographie comme étant une méthode non invasive est capable de fournir aux cliniciens un outil complémentaire pour enregistrer graphiquement les bruits cardiaques et souffles entendus pendant l'auscultation cardiaque. Le signal phono cardiogramme confirme, et affine les données de l'auscultation en apportant des renseignements complémentaires des activités sonores relative à la chronologie des signes pathologiques au cours d'une révolution cardiaque. À travers une simple auscultation au stéthoscope, la sévérité d'une sténose peut être détecté sur trois paramètres :

- L'intensité : interpréter par une étude énergétique des bruits B1 et B2 et souffles.
- Le timing du pic des souffles : déterminer à travers une représentation temps fréquence (RTF)
- La tonalité du souffle (variables par rapport à la pression : repérée dans contenu fréquentiel du souffle)

Ces différentes informations, nécessitent le développement d'un moyen particulièrement utile pour optimiser la qualité des soins par une rapidité collective des échanges médicaux au profit

de patients dont l'état de santé nécessite une réponse adaptée, rapide quelle que soit leur situation géographique basé sur la **télémédecine**.

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 le degré de sévérité pathologique des sténoses aortiques. Le paramètre fondamental utilisé dans cette estimation est le rapport énergétique (**RE**). Ce dernier a été établi selon le type des signaux en trois degrés de sévérité (légère < 30%, 30% < modéré < 70%, sévère > 70%). En effet tous les cas légers sont bien au-dessous 30%, pareil pour la majorité des cas sévères qui sont au-dessus de 70%, néanmoins les cas peu sévères apparaissent dans la région modérée.

L'algorithme de séparation et de localisation de différents événements constituant le signal **PCG** utilisé, a montré son ample efficacité à répondre à nos objectifs tracés. Cet algorithme utilise l'enveloppe d'énergie de Shannon et le seuillage par ondelettes.

Ensuite, le stockage de l'information et la manipulation des données, à travers une application d'accès automatique en temps réel : Sol Medic_SAO.v.1.0, sont deux critères importants, permettant l'optimisation de la qualité du soin et la rapidité du diagnostic quelle que soit leur **situation géographique**. Ils ont été effectués automatiquement par une fonction de connexion (fastinsert) entre la base de données et le serveur MySQL. Ainsi qu'une petite application développée sous Java Netbeans qui fait l'insertion automatique des images PCGs au serveur.

Finalement nous pouvons dire que le but de notre travail d'investigation peut être considéré comme un outil puissant d'aide à la décision, pouvant conforter le médecin lors de l'auscultation et l'établissement de son diagnostic médical au temps réel.

Sur la base des résultats obtenus nous pouvons envisager quelques perspectives :

- L'application Sol Medic_SAO.v.1.0. : c'est une première version d'une solution compatible avec cette étude (les signaux PCGs de la sténose aortique) et cela

n'empêche pas l'incorporation d'une autre technique du traitement ou bien d'un autre signal physiologique tel que : utilisation conjointe des signaux **ECGs** et **PCGs**.

- L'impression des résultats.
- La contribution des autres catégories de la télémédecine pour une estimation renforcée de la sévérité pathologique : tel que : La télé-expertise.

Bibliographie

Bibliographie

- [3] Michel voisin, william harvey et la circulation sanguine, académie des sciences et lettres de Montpellier, séance du 14 novembre 2011
- [4] M.Omari Tahar, « Etude de degré de sévérité pathologique des sténoses aortiques », thèse de magister, Université de Tlemcen, p 101, 2009.
- [12] :Benson R.Wilcox, Andrew C.Cook, Robert H.Anderson, « Surgical Anatomy of the heart », United Kingdom at the university Press Cambridge, 2004
- [16] : Armstrong WF. « Echocardiographic evaluation of valvular heart disease ». ACC Current Journal Review. 1998;7:69-73.
- [17] D.Donoho and I.M.Johnstone, « ideal spatial Adaptation via Wavelet Shrinkage » Biometrika, 41.pp425-455, 1994
- [20] : Mr Hamza Mounir & Mr Ziani Cherif Selmen « Etude et réalisation d'un stéthoscope électronique », Master en biomédical, Université de Tlemcen, 2013_2014.
- [23] :Ould Amaria Ahlem & Tighezi Messaouda « circuit de mise en forme du signal PCG », Master en biomédical, Université de Tlemcen, 2014_2015.
- [27] : Iung B, Baron G, Butchart EG, et al, « A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro heart survey on valvular heart disease », Eur Heart J 2003;24:1231-43
- [28] :Soler-Soler J, Galve E, « Worldwide perspective of valve disease », Heart 2000;83:721-5
- [29] C.Pirlet J.Magne P.Lancellotti L.piérard, « evaluation et traitement de la sténose aortique », Rev Med Suisse 2011;7:1606-11
- [30] : Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, et al. 2008 Focused update incorporated into the ACC/ AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: A report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines (Writing committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease): Endorsed by the Society of cardiovascular

anesthesiologists, Society for cardiovascular angiography and interventions, and Society of thoracic surgeons. *Circulation* 2008;118:e523-e661.

[31] : Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al, « Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice », *Eur J Echocardiogr* 2009;10:1-25

[32] : CHRU Nancy Article2, « Rétrécissement de la valve aortique : intervenir sans chirurgie », CHU Nancy - mercredi 20 novembre 2013.

[33] : Annie Vergnenegre, « Télé médecine : une opération à coeur ouvert entre Marseille et l'Allemagne » , Marseille, article le 12/09/2014.

[34] : Eric Abergel ,« Critères écho Doppler de l'indication du TAVI dans le rétrécissement aortique », clinique Saint Augustin, Bordeaux, 8ème CARDIO RUN-du 01 octobre 2014 au 03 octobre 2014.

[35] : I. Lahlou, N. Sekkali, H. El Marjani, N. El Khorb, L. Ouaha, H. Akoudad, »Evaluation écho-Doppler d'une sténose aortique/Echocardiography in the assessment of aortic valve stenosis » ,Service de Cardiologie, CHU Hassan II, Fès, Lahlou / Le journal marocain de cardiologie V (2011).

[36] : Strehle EM, Shabde N, « One hundred years of telemedicine: does this new technology have a place in paediatrics? », *Archives of Disease in Childhood*, 2006, 9(12):956959

[37] : Sood SP, et al. « Differences in public and private sector adoption of telemedicine: Indian case study for sectoral adoption », *Studies in Health Technology and Informatics*, 2007, 130:257–268.

[38] : WHO. A health telematics policy in support of WHO's Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics, 11–16 December, Geneva, 1997. Geneva, World Health Organization, 1998

[40] : service des communications, le médecin la télé médecine et les technologies de l'information et de la communication, collège des médecins du Québec, 02/2015 guide d'exercice. <http://www.cmq.org>

[48] :Med El assad, ARCHITECTURE D'UN SYSTEME CLIENT/SERVEUR, 2007/2008.

[57]: F. Meziani, « Analyse du degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (PCGs) par application des transformées d'ondelettes », Thèse de Doctorat, Université Abou-bekr Belkaid, Tlemcen, juin 2013.

[59] :L.Hamza.Cherif. « Analyse des signaux phono cardiogrammes par application de la transformée en ondelettes discrète et paquets d'ondelettes », Thèse de magister de l'université de Tlemcen, 2007.

[60] : H. Liang, S. Lukkarinen, and I. Hartimo, « Heart sound segmentation algorithm based on heart sound envelopgram », in *Computers in Cardiology*, Lund, Sweden, pp 105-108, 1997.

[61] : Akay M, « Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing », IEEE Press, New York, 1998.

[62]: D.L. Donoho, I.M Johnstone, « Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage », *Journal of the American Statistical Association*, 90(432), pp 1200–1224, 1995.

[63]: R. Coifman et M. Wickerhauser, « Adapted waveform de-noising for medical signals et images », *IEEE Engineering in Medicine and BiomogyMagazine*, vol. 14, n° 5, pp. 578-586, 1995.

[64]: R. Coifman et M. Wickerhauser, « Experiments with Adapted Wavelet DeNoising for Medical Signals and Images », In Metin Akay, editor, *TimeFrequency and Wavelets in Biomedical Engineering*, pp. 323-346, 1998.

[65]: R. RANTA¹, Valérie LOUIS-DORR¹, C. HEINRICH², D. WOLF¹, et F. GUILLEMIN³ « Wavelet denoising and segmentation for non-stationary signals : a reinterpretation of an iterative algorithm and application to phonoenterography », Centre de Recherche en Automatique de Nancy & 2 Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection & Centre Alexis Vautrin France, *Traitement du Signal* 2003 – Volume 20 – n°2

[66]: Talbi Mourad, Chérif Adnen, « débruitage de la parole par paquet d'ondelettes », *signal processing laboratory science faculty of Tunis*, 1060 Tunis, March 25-29-2007

[67]: S.M Debbal and F.Bereksi-Reguig, « Choix de l'ondelette analysante et classification des signaux phono cardiogrammes en fonction des souffles surajoutés », *Afrique SCIENCE*, 1813 548X ; 01(1), pp 1-13, 2004, octobre.

Webographie

Webographie

[1] <http://www.pourlascience.fr>

[2] <http://www.afscet.asso.fr>

[5] <http://www.equipmedical.com>

[6] <http://www.edwards.com>

[7] https://www.google.dz/search?q=r%C3%A9tr%C3%A9cissement+aortique&biw=1366&bih=640&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjF2suP8IHNAhUDtxoKHeqRBK4Q_AUIBygC

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

[9] <http://www.besancon-cardio.org>

[10] https://www.google.dz/search?q=r%C3%A9tr%C3%A9cissement+aortique&biw=1366&bih=640&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjF2suP8IHNAhUDtxoKHeqRBK4Q_AUIBygC#tbn=isch&q=signal+pcg

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

[13] : <http://www.doctissimo.fr>

[14] : <http://www.universalis.fr>

[15] : <http://www.allodocteurs.fr>

[18] : <http://www.remede.org>

[19] : <http://www.freewebs.com>

[24] : <http://www.stacommunications.com>

[25] : <http://www.besancon-cardio.org>

[26] : <http://www.sante.lefigaro.fr>

[39] : <http://www.revmed.ch>

[41] : <http://www.gerontel.fr>

[42] : <http://info@gts-teleassistance.com>

[43] : <http://www.teleassistance-directe.fr/la-teleassistance-medicale-la-tam/>

[44] : <http://www.la-tam.fr/>

[45] : <http://www.netacad.com>

[46] : <http://www.cite-sciences.fr>

[47] : <http://www.futura-sciences.com>

[49] : <http://support-fr.org>

[50] : <http://www.doc-developpement-durable.org>

[51] : https://repo.zenksecurity.com/Protocoles_reseaux_securisation/Le%20modele%20TCP-IP.pdf

[52]: <http://www.iro.umontreal.ca/~mignotte/IFT2425/Matlab.pdf>

[53]: <http://www.wampserver.com/en/>

[54] : <http://www.cardiosource.com/heartsounds>.

[55] : American college of cardiology.[<http://www.Egeneralmedical.com>].

[56] : Heart Sounds and Murmurs.[<http://www.dundee.ac.uk/medther/Cardiology/hsmur.html>].

Annexe.I

Le traitement numérique des signaux phono cardiogrammes

Cas1

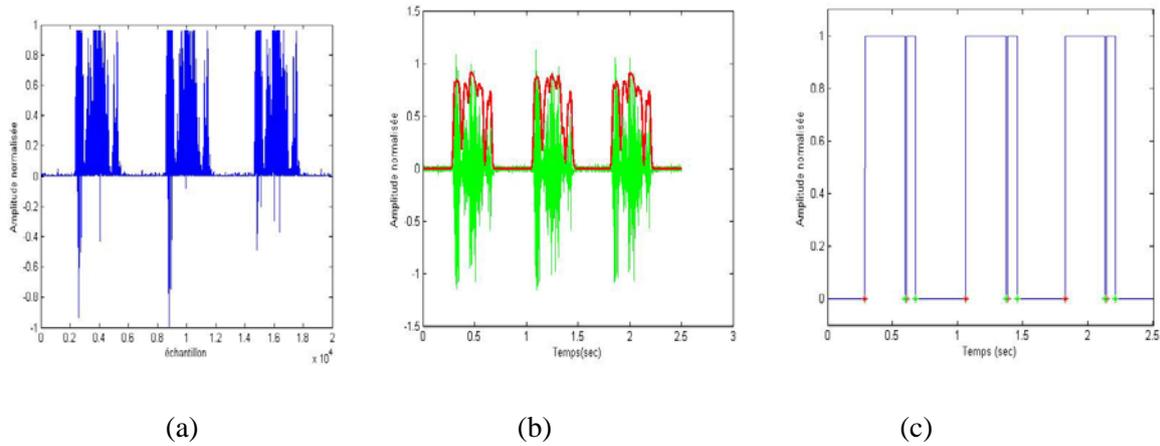


Figure.29 : Le Cas 1 présente le 1^{er} sujet qui a un RAE= 94.398 % (sténose sévère). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Cas2

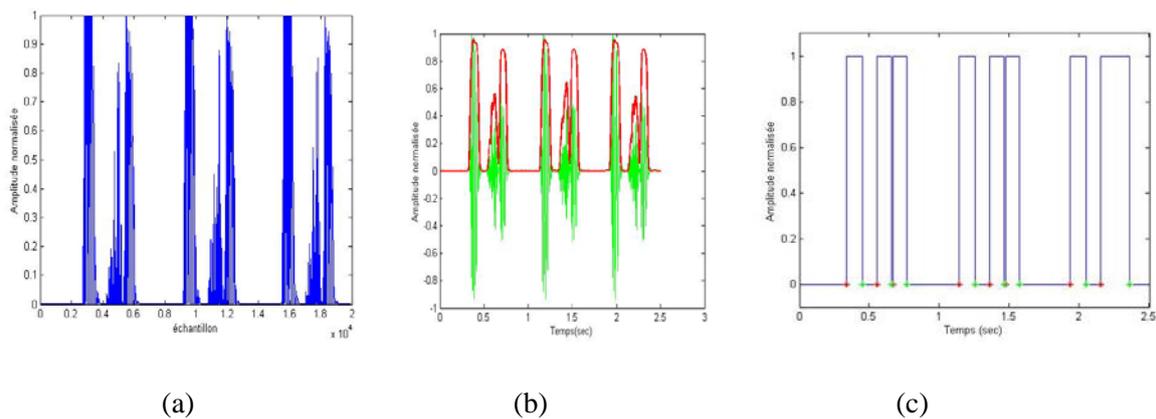


Figure.30 : Le Cas 2 présente le 2^{ème} sujet qui a un RAE= 25.3192 % (sténose modéré). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Cas 3

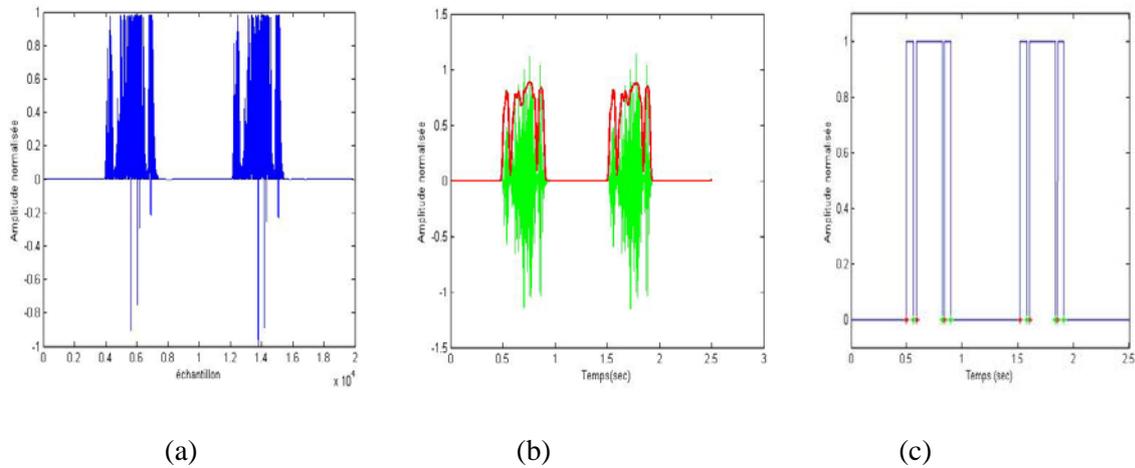


Figure.31 : Le Cas 3 présente le 3^{ème} sujet qui a un RAE= 92.0946% (sténose sévère). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Cas 4

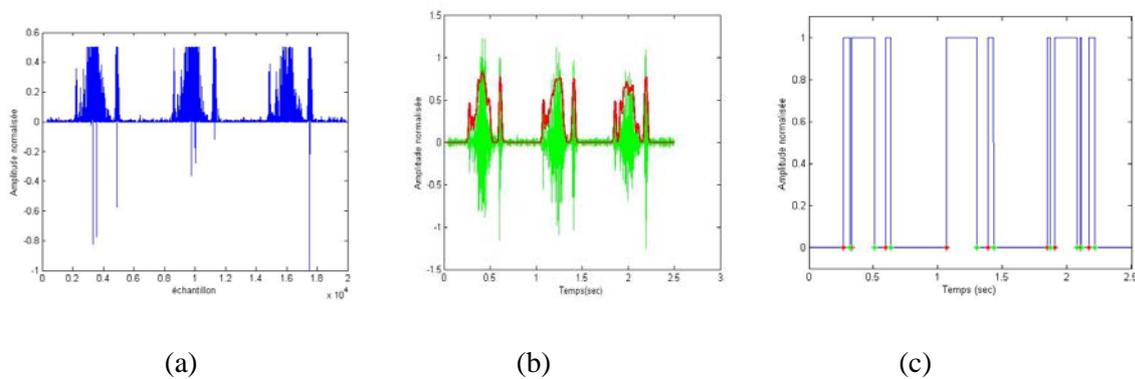


Figure.32 : Le Cas 4 présente le 4^{ème} sujet qui a un RAE= 71.469% (sténose sévère). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Cas 5

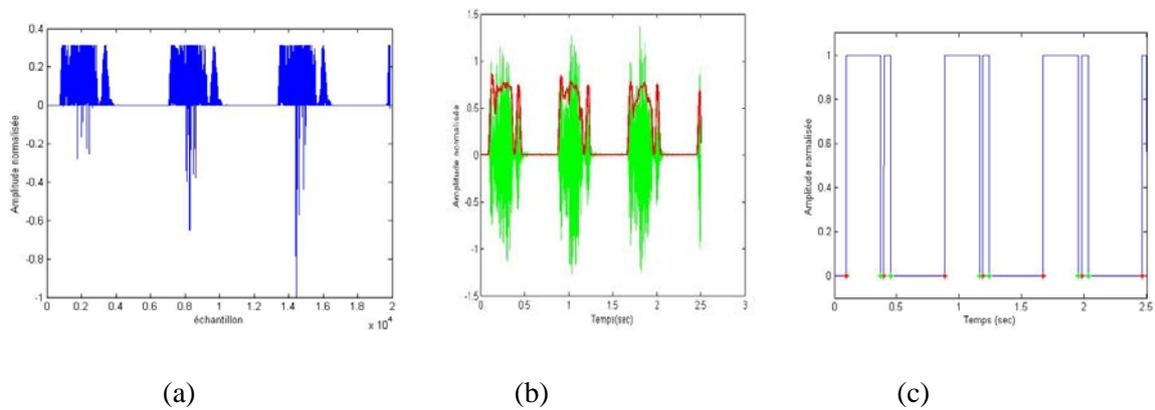


Figure.33 : Le Cas 5 présente le 5^{ème} sujet qui a un RAE= 92.8426% (sténose sévère). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Cas 6

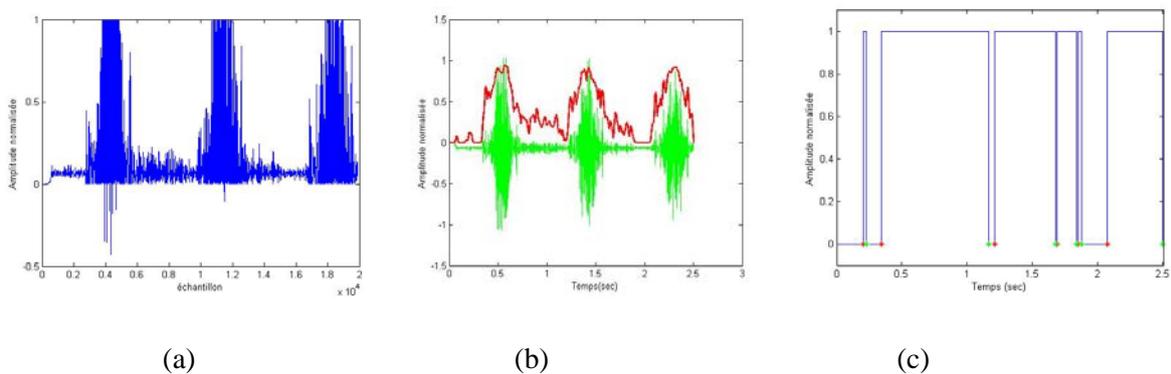


Figure.34 : Le Cas 6 présente le 6^{ème} sujet qui a un RAE= 99.4974% (sténose sévère). (a) Energie de Shannon. (b), (c) L'enveloppe de Shannon.

Résumé : L'étude de la maladie valvulaire cardiaque a progressé rapidement au cours des deux dernières décennies. La compréhension de l'étiologie et de l'histoire naturelle, la précision de l'évaluation non invasive, et de la prise en charge chirurgicale et interventionnelle de la maladie de la valve ont tous été améliorés de façon spectaculaire. Le rétrécissement aortique est l'un des pathologies les plus fréquentes, il est caractérisé par un rétrécissement de l'ouverture valvulaire aortique en engendrant une résistance à l'écoulement du sang. Dans les cas critiques, la seule solution est le remplacement valvulaire par une prothèse (**mécanique** ou **biologique**). L'échographie Doppler ou le cathétérisme viennent compléter l'examen par une évaluation plus précise. L'inconvénient majeur de ces techniques réside dans le prix élevé de ces équipements.

L'objectif de notre travail est de trouver une solution simple et moins chère pour estimer le degré de sévérité pathologique des signaux phono cardiogrammes (PCGs). Cette solution est basée sur le traitement numérique du signal phono cardiogramme. A cet effet, un algorithme de segmentation a été élaboré : il permet l'extraction des différents composants du cycle cardiaque (bruit, click, souffle).

Le rapport énergétique aortique RAE est le paramètre qui a été élaboré pour estimer le degré de sévérité pathologique de la SAO sans oublier d'autre paramètre comme l'intensité du souffle. Les résultats ont été élaborés pour la réalisation d'une application qu'on a appelé Sol_Medic_SAO v.1.0

Le but de cette application est de mettre à la disposition du médecin toute les informations nécessaires, qui l'aident à établir un diagnostic rapide et fiable. Ce diagnostic est basé sur l'estimation du degré de sévérité pathologique de la sténose aortique. Cette application d'accès automatique en temps réel sert à optimiser la qualité de soin et de diagnostic rapide quelle que soit leur situation géographique, elle est réalisée selon deux critères importants : le stockage de l'information et la manipulation des données.

Mots clés : Sténose aortique, Phonocardiographie, bruits et souffles cardiaques, degré de sévérité, rapport énergétique, la transformé des ondelettes discrète TOD, temps réel, diagnostic, le stockage de l'information, la manipulation des données.

Abstract : The study of valvular heart disease has progressed rapidly over the past two decades. The understanding of etiology and natural history, the precision of no invasive assessment, and the surgical and interventional management of valve disease have all improved dramatically. Aortic stenosis is one of the most common diseases, it is characterized by a narrowing of the aortic valve opening by generating a blood flow resistance. In critical cases, the only solution is valve replacement with a prosthetic (biological or mechanical). Doppler ultrasound or catheterization complete the review by a more accurate assessment. The major inconvenience of these techniques is the high price of this equipment.

The aim of our work is to find a simple and effective solution to estimate the severity degree of the disease of phono signals cardiograms (PCGS). This solution is based on digital signal processing phono cardiogram. that why, it was developed an algorithm of segmentation which allows the extraction of different components of the cardiac cycle (sound click, murmur), with. The report of aortic energy RAE parameter was developed to estimate the severity degree of disease of AS well without forget the other parameters as the intensity of murmurs. the results were developed for the realization of an application called Sol_Medic_SAO v.1.0.

The purpose of this application is to put the doctor's available all the necessary information, that helping them to establish a fast and reliable diagnosis. This diagnosis is based on the estimation of degree of disease severity of aortic stenosis. This application is an automatic access to real-time application used to optimize the quality of care and speed of diagnosis whatever their geographical location, is performed according to two major criteria: the information storage and data manipulation.

Keywords: Aortic stenosis, phonocardiography, heart sounds and murmurs, severity, the ratio of aortic stenosis, the transformed discrete wavelet TOD, real time diagnosis, the information storage, data manipulation.

ملخص : تقدمت الدراسة حول مرض صمام القلب بسرعة على مدى العقدين الأخيرين. فهم المسببات والتاريخ الطبيعي، ودقة تقييم موسع، وعبء الجراحة والتداخلية لمرض الصمام جميعها تحسنت بشكل كبير.. تضيق الأبهر هو واحد من أكثر الأمراض شيوعاً، ويتميز هذا الأخير بتضيق فتحة الصمام الأبهر مما يعسر تدفق الدم. في الحالات الحرجة، الحل الوحيد هو استبدال الصمام الطبيعي بأخر اصطناعي (بيولوجي أو ميكانيكي).

ان اختبار دوبلو للتصوير الإشعاعي بالإضافة للقسطرة لاختبارات لاستكمال مراجعة شدة التضيق الأبهرى هدفه الدقة. من الاثار السلبية لهذه التقنيات هو ارتفاع أسعار هذه المعدات. لذلك لا بد من إيجاد حل بديل وفعال ألا و هو تخطيط أصوات القلب يستند هذا الحل على معالجة الإشارات الرقمية فونو لنبضات القلب. ولهذه الغاية، تم وضع خوارزمية التجزئة التي تتيح استخراج المكونات المختلفة للدورة القلبية،

نسبة الطاقة الأبهرية هي العامل التي تم تطويرها لتقدير درجة الخطورة المرضية اضافة الي عوامل أخرى مثل كثافة التنفس. النتائج استعملت لتجسيد تطبيق يسمى

Sol_Medic_SAO V.1.0

الغرض من هذا التطبيق هو وضع تحت تصرف الطبيب كافة المعلومات الضرورية التي تساعد على التشخيص السريع الذي يعتمد على نسبة الطاقة لتقدير درجة شدة المرض للتضيق الأبهرى. هذا التطبيق هو الوصول التلقائي في الوقت الحقيقي هدفها هو تحسين نوعية الرعاية وسرعة التشخيص بغض النظر عن الموقع الجغرافي، وتم وفقاً لمعايير رئيسيين: تخزين المعلومات ومعالجة البيانات.

الكلمات الرئيسية: تضيق الأبهر، تخطيط أصوات القلب، أصوات القلب والنفخات، درجة شدة المرض، ونسبة الطاقة، الموجات منفصلة التحويل، التشخيص في الوقت الحقيقي، تقليل التشويش، تخزين المعلومات و معالجة البيانات.