

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJIMOKHTAR-ANNABAUNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année : 2017

Faculté: Sciences de l'Ingéniorat
Département: Electronique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de : MASTER

Intitulé La télémédecine en cardiologie

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electronique

Spécialité: biomédicale

Par : Sara Boukhmis

DEVANT Le JURY

Président: Dr BOUTABIA Boutheina

Directeur de mémoire: Pr BOUSBIA SALAH Mounir

Examineur : Pr HAMDY Rachid

dédicase

Je dédie ce projet de fin d'étude aux personnes qui me sont les plus chères

**A mon Père, En témoignage de ma reconnaissance
pour tous les efforts qu'il a Consentis pour mon éducation**

**A ma mère, Pour tous ses sacrifices qui m'ont permis de mener à
terminer mes études**

**A tous mes frères et sœurs
Pour mes amis au travail m'ont soutenu en m'encourageant durant ce projet.**

A tous mes amis

Tous mes amis et mes collègues

Remerciements

Avant tout, je remercie **DIEU** qui a illuminé mon chemin et qui m'armé de courage pour achever mes études. Au terme de cette modeste étude

Ce travail n'aurait jamais abouti sans l'aide ,les encouragements et l'implication de certaines personnes à que j'exprime à travers ces quelque phrases modeste tous ma gratitude.

Mon directeur de mémoire, **DR: Mounir bousbir Salah** pour son aide précieuse

Et pour le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont participé de près ou de ou de loin à la l'élaboration de ce mémoire.

Résumé

La télémédecine s'inscrit de plus en plus dans une véritable volonté politique avec entre autre des réflexions concernant le dossier patient commun partagé électronique et le développement des réseaux patient – médecin.

Dans le domaine de la santé, le développement de la télémédecine est tel qu'elle ne devrait pas rester bien longtemps à l'état d'expériences isolées. Du fait de l'exigence toujours plus forte en matière de qualité de soins et de la véritable pénurie en spécialistes que nous connaissons actuellement, la télémédecine apparaît comme un outil précieux afin de réorganiser le système de soins dans son ensemble

Dans notre projet, nous devons expliquer La télémédecine et les nouvelles technologies pour établir un diagnostic, assurer un suivi de patient, demander un avis spécialisé, prescrire des produits ou réaliser des prestations ou des actes médicaux... De la téléconsultation à la télésurveillance, découvrez le cadre légal et les applications de cette médecine

Et aussi une simulation de signal ECG avec pic 16f877 et un dac 0808et les techniques de transmission d'information (ECG).

Mot clés

Télémédecine, ECG, simulation d'ECG, pic, DAC0808

Abstract

Telemedicine is increasingly becoming part of a genuine political will, including reflections on the common shared patient patient file and the development of patient-doctor networks. In the field of health, the development of telemedicine is such that it should not remain for long as isolated experiences. Because of the increasing demand for quality of care and the real shortage of specialists that we know today, telemedicine is a valuable tool for reorganizing the health care system as a whole

In our project, we have to explain Telemedicine and new technologies to make a diagnosis, to follow up a patient, to ask a specialized opinion, to prescribe products or to carry out medical

services or actions ... From teleconsultation to telemonitoring, discover the legal framework and applications of this

And also an ECG signal simulation with peak 16f877 and a dac 0808

المخلص

التطبيب عن بعد يناسب أكثر في بإرادة سياسية حقيقية بين أمور أخرى انعكاسات على الانطلاق المشتركة بين الإلكتروني المريض وتطوير شبكات المريض - الطبيب.

في مجال الصحة، وتطوير التطبيق عن بعد هو من النوع الذي لا ينبغي أن يبقى طويلا في ولاية تجارب معزولة. ويرجع

ذلك إلى زيادة الطلب من أي وقت مضى لجودة الرعاية الصحية ونقص حقيقي من المتخصصين نعرفه حاليا، يظهر

التطبيب عن بعد كأداة قيمة لإعادة تنظيم نظام الرعاية الصحية ككل

في مشروعنا، لدينا لشرح التطبيق عن بعد وتقنيات جديدة لتشخيص المرض ومراقبة المريض، يرجى استشارة الخبراء،

ووصف المنتجات أو تنفيذ الخدمات أو الإجراءات الطبية ...

وأیضا محاكاة إشارة ECG مع F87716 الموافقة المسبقة عن علم ولجنة المساعدة الإنمائية 0808

الكلمات المفتاحية

التطبيب عن بعد ECG، محاكاة ECG، الذروة، DAC0808

La liste de la figure

Figure-1- Exemple de téléconsultation.....	9
Figure -2- Exemple de télésurveillance.....	10
Figure -3- la télé chirurgie.....	11
Figure -4- la téléformation.....	13
Figure-5- <i>Les types d'application de la télémédecine</i>	15.
Figure -6– <i>Système d'information de la télésurveillance médicale à domicile</i>	16
Figure -7- l'ECG.....	25
Figure-8- Les dérivations bipolaires.....	27
Figure-9- Montage de Wilson (a) et la position des électrodes précordiales (b).....	29
Figure-10- les ondes.....	30
Figure 11– Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement.....	33
Figure12 : Schéma synoptique de simulation.....	38
Figure 13- Schéma de simulation.....	39
Figure 14- l'alimentation du circuit.....	39
Figure 15: l'amplificateur INA114.....	40
Figure 16 : Le filtrage passe bas.....	41
Figure17 - Brochage et architecture interne du PIC16F877A.....	42
Figure18 : Synoptique complet du PIC 16F877A.....	43
Figure19: le DAC0808.....	44
Figure20 : simulation de signal ECG.....	45

Figure21 : Schéma d'un système de transmission numérique.....	47
Figure22 : La transmission parallèle.....	48
Figure23 : Transmission série.....	49
Figure 24 : Les catégories des réseaux sans fil.....	53

TABLE DE MATIERE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 : LA TÉLÉMÉDECINE.....	3
I -La télémédecine.....	3
1-introduction.....	3
3- historique de la télémédecine	5
- Les apports et les enjeux de la télémédecine.....	6
5- Les différentes applications de la télémédecine.....	8
5-1-La téléconsultation.....	8
5-2-la télésurveillance.....	10
5-3-La télé chirurgie.....	11
5-4-Télé expertise.....	12
5-5-Téléassistance.....	12
5-6-La téléformation.....	12
5-7-Les réseaux de télémédecine.....	13
II-Télésurveillance médicale à domicile.....	15
1-introduction.....	15
2-Objectifs.....	15
3-Principe.....	16

4-Les Enjeux de la télé surveillée.....	17
5-Les différents types de télésurveillance médicale.....	18
a- La télé test – télémaintenance.....	18
b- La téléalarme	18
c- La télé monitoring.....	19
III- La télé cardiologie.....	20
1. Définition.....	20
2. Historique.....	20
3. Principe et fonctionnement.....	20
5-Transmises des données.....	21
-CONCLUSION.....	23
Chapitre 2: Le signal ECG	24
1-Introduction.....	24
2-Le cœur	24
3- L'électrocardiogramme	24
4-Histoire de l'électrocardiographie.....	25
5-Système cardiovasculaire.....	26
6-Système de dérivations électrocardiographiques.....	26
7-Les dérivations.....	26
7-1-Les dérivations périphériques.....	26
7-1-1- <i>Les dérivations périphériques bipolaires</i>	26
7-1-2-Les dérivations périphériques unipolaires.....	27
7-2-Dérivations précordiales.....	28
8-Ondes et Intervalles de l'ECG.....	29
❖ <i>Onde P</i>	29
❖ <i>Complexe QRS</i>	29
❖ <i>Onde T</i>	29
❖ <i>Intervalle PR</i>	29
❖ <i>Le segment ST</i>	30
❖ <i>Point J</i>	30
❖ <i>Intervalle PQ</i>	30
❖ <i>L'intervalle QT</i>	30

9-Pathologies cardiaques	31
9-1- Diagnostic à partir du rythme.....	31
A- LA Fréquence	31
B- Troubles du rythme et de la conduction cardiaque	32
✓ Rythme sinusal	33
✓ Blocs cardiaques	32
C- Les arythmies cardiaques.....	32
9-2-Diagnostic à partir des ondes.....	33
10-Intérêt d'une analyse automatique d'un ECG.....	34
Chapitre 3: Simulation d' un signal ECG avec proteus.....	36
1- Introduction.....	36
2-Le proteus.....	36
✓ ISIS.....	36
✓ ARES.....	36
3 -Structure du circuit.....	37
3-1-L'alimentation.....	39
3-2-Capteur	40
3-3-Amplificateur.....	40
3-4-Filtrage.....	40
3-5-Conversion Analogique/Numérique:.....	41
a-Un microcontrôleur.....	41
❖ Présentation du PIC16F877A.....	41
b- le DAC0808.....	43
3-6 -affichage de Signal ECG sur oscilloscope.....	44
Chapitre 4 : Les techniques de transmission.....	46
1-Introduction	46
2- système de transmission numérique	46
3- la transmission filaire	47
3.1 Transmission parallèle, transmission série.....	48
3.1.1 Transmission parallèle.....	48

3.1.2 Transmission série	49
4- les réseaux sans fil.....	49
4.1 Les réseaux étendus sans fil : WWAN.....	50
4.2 Les réseaux métropolitains sans fil : WMAN.....	51
La technologie Wifi.....	51
Le standard 802.11n.....	51
Hiper LAN2.....	51
4.3 Les réseaux personnels sans fil : WPAN.....	52
Conclusion générale.....	55

INTRODUCTION GENERALE

Portée par le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication, la *télé médecine* suscite ces dernières années un intérêt considérable. Il suffit pour s'en convaincre de lire les journaux, d'allumer la télévision ou encore de parcourir les bases de données, les programmes des colloques et les articles des revues académiques et non-académiques. Du robot télé piloté capable d'opérer à plusieurs milliers de kilomètres de distance du chirurgien au dossier médical virtuel du patient en passant par les vidéo-staffs permettant une télé expertise avec échanges d'images numérisées sur des dossiers complexes, la télé médecine est souvent présentée comme la réponse absolue et universelle aux difficultés organisationnelles que rencontrent les praticiens.

Cette vision enchantée de la *télé médecine*, omniprésente dans les discours et qui prête à tous les fantasmes sur les applications et les conséquences potentielles de ce nouvel outil, contraste étrangement avec la position souvent plus mitigée des acteurs de terrain, qui observent tantôt avec ironie, tantôt avec inquiétude, tantôt avec indifférence, tantôt avec enthousiasme, cette innovation censée résoudre tous leurs maux. Dernier « gadget à la mode » pour les uns, « outil de surveillance des médecins au service des tutelles » pour les autres, « véritable révolution » pour certains, la télé médecine suscite encore nombre d'interrogations quant à son utilité et ses modalités de mise en œuvre.

Les difficultés auxquelles se heurte le développement de la *télé médecine* semblent être la résultante d'un déficit d'évaluation de l'intérêt et de l'impact de cette nouvelle technologie pour le corps médical. Ainsi, le besoin mesuré ou du moins pressenti de l'utilisateur a parfois été mis sur la touche, entre autre en raison des promoteurs industriels privés de la télé médecine qui privilégient l'amélioration technique à l'amélioration de la continuité de la prise en charge du patient. Les applications de télé médecine et notamment les réseaux de télé médecine ont également très souvent fait l'objet uniquement de démarches isolées et locales de la part des acteurs.

L'objectif de ce travail est d'étudier la télémédecine en cardiologie

Le travail mené dans ce cadre est regroupé dans un mémoire de fin d'étude organisé de la façon suivante:

Le chapitre 1 représente un état de l'Art sur le domaine de *Télémédecine*, y compris leurs techniques.

Le chapitre 2 , nous avons exposé les notions fondamentales utiles pour comprendre l'origine du signal électrocardiogramme,

Le chapitre 3 représente les techniques de transmission de signal ECG

Le chapitre 4 représente la simulation du signal ECG sur Proteus avec PIC et DAC0808

I - La télémédecine

1. Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication sont de plus en plus présentes dans les systèmes de santé. Au cours des dernières années, la croissance des réseaux de télésanté a été rapide de façon plus spécifique. Ce qui a permis d'envisager de nouvelles façons d'exercer la médecine. En effet, ces réseaux permettent le transfert électronique des données médicales multidimensionnelles et multimédias comprenant le son, les images statiques ou dynamiques, le texte et les fichiers multi format en temps réel ou différé ouvrant le champ de la pratique médicale à distance (téléconsultation, télédiagnostic, télé expertise, téléassistance ...), d'augmenter les échanges scientifiques et cliniques et de faciliter l'accès aux soins à tous

2- Définition de la télémédecine

Le terme (Télé) est un préfixe d'origine grec signifiant loin ou à distance. Ainsi la télémédecine signifie : ((Médecine dispensée (délivrée) à distance. Cette définition suggère que la télémédecine est limitée au traitement des patients par des médecins. Pourtant ceci devient de moins ou moins correct avec le développement de la pratique télé médicale. Au delà de cette suggestion la définition ne donne aucun indice de la façon d'application de la médecine à distance. C'est pourquoi une autre définition plus précise et plus informative est apparue : « Le transfert des données électroniques médicales d'un endroit à l'autre ».

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

" La télémédecine est l'utilisation des télécommunications pour fournir des services et des informations médicaux "

Nous sommes maintenant conscients du rôle des télécommunications, mais pas nécessairement des technologies de l'information et nous savons que le transfert des services et données médicaux est

l'objectif du contact par télécommunications. Il reste toujours une question : pour quelle raison nous dispensons ces services ? La réponse a été donnée en 1999 en adoptant telle nouvelle définition dans le cadre d'un congrès porté sur la télémédecine aux EU (Etats-Unis) : (La télémédecine utilise les technologies de l'information et des télécommunications pour transférer des informations médicales pour le diagnostique, le traitement et l'éducation).

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

Les données médicales peuvent être des images, des données (Visio) et (audio) en temps réel et non réel le dossier médical du patient et des données obtenues par les dispositifs médicaux.

Le transfert peut concerner des communications visiophoniques entre les patients et les professionnels de santé ou entre les professionnels eux-mêmes sans participation de la part du patient. En revanche le transfert peut être tout simplement pour une transmission des données concernant le patient à partir des dispositifs de surveillance ou des dossiers médicaux électroniques.

De nombreux auteurs définissent la *télémédecine* comme l'union des télécommunications et de la médecine. Elle représente l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) dans le secteur médical. Elle médiatise l'acte médical en interposant un outil de communication entre les médecins ou entre un médecin et son patient.

La *télémédecine* ne remplacera jamais le contact immédiat médecin malade mais vient

S'ajouter aux outils du médecin au service du patient.

En général, la *télémédecine* a pour rôle l'accès aux soins à distance, et l'échange de l'information médicale afin d'évaluer l'état du patient. Elle représente un enjeu considérable

Pour l'amélioration des conditions de soin et de vie de beaucoup de personnes

Dans les années soixante à soixante-dix, les premiers programmes de *télémédecine* ont été adoptés par les pays les plus vastes où la densité de population est faible pour répondre au problème d'isolement géographique de certaines populations. En effet, ce type d'organisation propose une solution liée à la difficulté d'accès aux centres de soins spécialisés. Selon, les premières expérimentations ont ainsi été implémentées et installées, par exemple en Australie (suivi

psychothérapique à distance), en Écosse (dermatologie et Médecine à distance pour les plates formes pétrolières) et dans les zones rurales des États-Unis (*télé-soin*) . [1]

3- historique de la télémédecine

L'histoire de la télémédecine peut se résumer en quatre phases principales. On peut ainsi considérer que les débuts de la télémédecine remontent aux années 1960, avec notamment la mise en réseau de programmes de téléconsultation et de télé éducation autour du Nebraska Psychiatrique Institute. Deux autres dates symboliques peuvent aussi servir de points de repère à l'émergence de la télémédecine :

- En 1965 a eu lieu la première visioconférence en chirurgie cardiaque entre les États-Unis et la Suisse ;
- Le premier congrès international sur la télémédecine, en 1973 (Michigan), a été l'occasion de lancer de multiples projets.

De nombreux projets de télémédecine sont dès lors conçus et mis en œuvre. Mais, globalement, la littérature spécialisée constate un échec de la majorité d'entre eux ou du moins des résultats incertains et pour la plupart non évalués en raison, notamment, des faibles performances technologiques des calculateurs associées à des coûts élevés et surtout d'une « mal-organisation » des réseaux mis en place. Il n'y a pas eu beaucoup d'études médico-économiques sur cette première génération de projets mais, néanmoins, de nombreuses études sur la faisabilité technique ont été conduites [2].

Grâce aux liaisons par satellites, la télémédecine va cependant se développer vers la fin des années 1970 par le biais de programmes de recherche instruits par des organisations et/ou institutions spécialisées qui sont elle-même confrontées directement au problème de délivrer des soins à des personnes inaccessibles ou difficilement accessibles. Par exemple, la NASA va mettre en place des programmes de télémédecine pour ses astronautes. Les stations d'étude et de recherche en Antarctique et les stations d'exploitation pétrolière dans les océans vont elles-aussi réfléchir au développement de technologies relevant de la télémédecine. Enfin, l'US NAVY va elle aussi développer des programmes d'expérimentation de la télémédecine.

La renaissance officielle de la télémédecine date de la fin des années 1980 en Scandinavie, en particulier en Norvège avec le déclenchement d'un programme intitulé. Une technologie plus évoluée et des coûts qui avaient fortement diminué ont permis, cette fois, de plus grands succès dans les différents projets de télémédecine mis en place. Ces projets se concentrent sur un certain nombre d'applications et notamment la « vidéo consultation en temps réel » en radiologie, dermatologie,

cardiologie, psychiatrie et oto-rhino-laryngologie. Les raisons du succès de cette troisième vague de télémédecine sont au nombre de cinq :

- Un besoin clinique clair ;
- Un partenaire de télécommunication dynamique ;
- Une technologie appropriée ;
- Un montage financier solide ;
- Un projet moins coûteux.

Devant le succès de ces projets et la vulgarisation d'Internet, d'autres pays vont eux-aussi développer des programmes de télémédecine et notamment les Etats-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni, la Nouvelle Zélande, Hongkong ou encore la France. Deux grands types de projets voient le jour : d'une part des projets situés sur des « niches d'activité » (exemple de la télé radiologie) et d'autre part des projets dont les débouchés commerciaux favorisent l'implication forte de partenaires financiers dynamiques.

Aujourd'hui, les plus grandes expérimentations se tiennent aux Etats-Unis même si l'Europe met en œuvre elle aussi de nombreux projets. On assiste depuis 1995 à un important développement de la télémédecine aux Etats-Unis, celle-ci se voulant porteuse de trois promesses : elle va permettre de fournir un meilleur accès aux services de santé, d'améliorer la qualité et enfin de réduire les coûts de ces services.

Deux champs d'expérimentations ont été privilégiés aux Etats-Unis :

- Dans les prisons, et notamment au Texas, dans le but de réduire les coûts de transport et d'améliorer la sécurité ;
- Dans les zones rurales mal desservies, en particulier dans l'Etat de Géorgie confronté aux mêmes difficultés que la Norvège pour attirer des médecins dans ces secteurs géographiques.

4 - Les apports et les enjeux de la télémédecine

La *télémédecine* s'avère être une réalité médicale: elle s'impose déjà à travers l'usage d'outils comme le téléphone et la télécopie par exemple. Les progrès actuels des *NTIC* appliquées au domaine médical (imagerie médicale, débits de transmission, convivialité des systèmes, etc.), la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des perspectives pour le développement de la *télémédecine* en termes

d'accroissement de l'efficacité et de la qualité des soins, de partage des connaissances, ou encore de réduction des coûts de santé publique.

Pour chaque acteur de la *télémédecine*, les avantages de ce type d'organisation sont nombreux

Pour les patients, la *télémédecine* permet d'améliorer la qualité des soins grâce à l'expertise possible à distance et, par conséquent, à la réduction des délais de prise en charge diagnostique et thérapeutique. Elle permet également de répondre au problème d'isolement géographique en assurant l'égalité d'accès aux soins. Les petits centres hospitaliers souffrent en effet du manque d'équipements et d'une pénurie de médecins. Si on considère le cas particulier de la surveillance à distance, la *télémédecine* répond au besoin d'autonomie, de sécurité et d'intégration sociale de patients souhaitant rester à leur domicile, et s'inscrit alors dans la dynamique des alternatives à l'hospitalisation.

L'intérêt des pouvoirs publics pour la *télémédecine* est directement lié à sa contribution dans la maîtrise des dépenses de santé publique, tout en améliorant l'accès à des soins de meilleure qualité.

- La *télémédecine* limite les déplacements des patients, du personnel médical et le transport.
- Elle réduit les durées moyennes de séjours en centre hospitalier.
- Grâce à l'accès distant au dossier médical, la *télémédecine* permet d'alléger la redondance des soins.
- Elle est liée directement à la contribution dans la maîtrise des dépenses de santé publique.
- La santé devrait être amenée à représenter une bonne part du chiffre d'affaire mondial des télécommunications.

Un des enjeux est ainsi la conception d'outils "intelligents" facilitant l'exploitation personnalisée de grandes quantités de données disponibles, dans le contexte de chaque patient. Ces ensembles expérimentaux peuvent alors être à la base de nombreux projets de recherche.

À terme, la *télémédecine* pourrait également agir en faveur du transfert mondial de connaissances médicales, et améliorer par exemple l'aide aux pays en voie de développement

ou émergents. Le développement de la *télémédecine* intéresse également beaucoup certains secteurs médicaux pour lesquels elle serait parfois l'unique solution d'intervention pour l'apport de soins. Il s'agit par exemple de la médecine maritime, de la médecine sportive, de l'armée, qui considère la

télémédecine comme un moyen d'assister à distance les marins, sportifs en zone isolée, soldats, spationautes, etc.

5- Les différentes applications de la télémédecine

Il existe plusieurs utilisations des TIC dans le domaine médical [3]. Ces utilisations regroupent celles qui sont directement liées à la production de soins et celles qui concourent à l'amélioration de la qualité et de la continuité des prises en charge. Les principales applications sont : la téléconsultation, la télé diagnostic, la télé expertise, la télésurveillance, la téléformation, la téléassistance, dans pratiquement tous les domaines des spécialités médicales (télé cardiologie, télé ophtalmologie, télé dermatologie, télé chirurgie ...).

5-1-La téléconsultation

La téléconsultation a vocation à conduire le professionnel médical, l'homme de l'art à la pose d'un diagnostic. De sa définition telle que définie ci-dessus il en ressort, avec une force particulière, trois mots : les mots consultation, responsabilité et délégation.

- ✓ La téléconsultation est un acte médical. Nous le savions certes, mais la précision apportée par le décret est utile. Et un acte médical se doit d'être rémunéré en tant que tel.
- ✓ La téléconsultation implique la responsabilité professionnelle du praticien qui va, après investigation et questionnement poser un diagnostic.
- ✓ La téléconsultation a pour corollaire la possible, la fréquente voire la system mantique délégation dans la mesure où un autre professionnel de santé, pas nécessairement un médecin peut être présent auprès du patient

La téléconsultation est un terme large pouvant regrouper plusieurs sous-applications différentes (télédiagnostic, télé expertise, téléconsultation, etc.)

Ces applications permettent d'évaluer un patient, ou des données le concernant, par un ou plusieurs professionnels médicaux, sans interaction physique directe, via un système de téléconsultation.

On distinguera dès lors les sous-applications suivantes :

La téléconsultation, à proprement parler, est le fait de procéder à une consultation médicale à distance. Citons, par exemple, le cas d'un patient qui a accès, à partir d'une consultation avec un médecin généraliste et par réseau interposé, à une consultation avec un médecin spécialiste.

La télé expertise (ou télé staff) consiste, pour un professionnel de santé donné, à faire appel à l'expertise d'une autre équipe médicale. Celle-ci donnera son avis sur le diagnostic ou sur le traitement à suivre pour le cas étudié.

Cette mise en relation consiste à envoyer aux experts que l'on requiert certains éléments des dossiers médicaux de façon ponctuelle comme par exemple des images radiologiques, examens biologiques, génétiques ou des signaux physiologiques type ECG.

La téléconsultation peut emprunter plusieurs formes, en particulier une consultation médicale à distance synchrone c'est-à-dire que les experts utilisent des techniques de communication de façon simultanée (visioconférence) ou asynchrone à savoir que les Échanges entre les professionnels sont organisés sous la forme de messagerie, ce qui permet de passer outre les contraintes de disponibilité des médecins.

La téléconsultation s'effectue naturellement en relation avec le patient ce dernier prend contact par téléphone avec un centre où le médecin établit le diagnostic de gravité et la décision d'orientation du patient.



Figure-1- Exemple de téléconsultation

5-2-la télésurveillance

La télésurveillance vise à récupérer à distance (souvent à grande distance) une information, qui fera l'objet d'un traitement et sera sanctionnée par une prise de décision

L'architecture générale d'un système de télésurveillance intègre trois composantes :

- une couche 'acquisition des données' : prise de mesure
- une couche 'agrégation des données' : stockage et diffusion des informations via des serveurs informatiques ;
- une couche 'exploitation des données' : analyses, génération d'alarmes, rapports

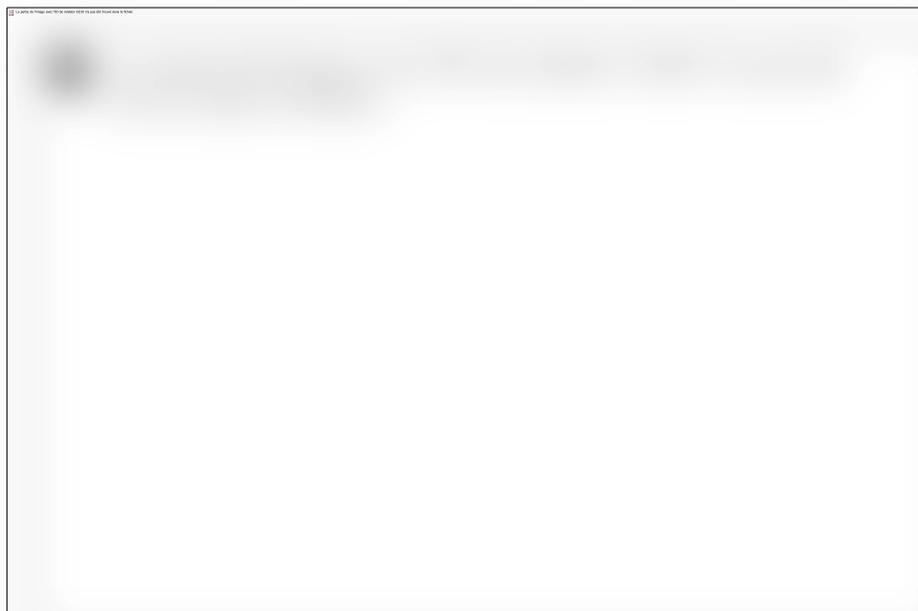


Figure -2- Exemple de télésurveillance.

5-3-La télé chirurgie

La télé chirurgie inclut deux aspects, l'assistance chirurgicale réalisée à distance par un médecin expert ou la chirurgie à distance assistée par ordinateur et robot. Les deux types de chirurgie nécessitent la transmission en temps réel des images du patient. Concernant les robots télé pilotés, la plupart des projets visent la chirurgie peu invasive, par exemple la laparoscopie, l'endoscopie. Dans ce cas, un robot est en effet plus précis que la main du chirurgien considérant par exemple l'amplitude des mouvements intra-cavitaires. On peut ici citer l'ablation de la vésicule biliaire réalisée de New York par le Pr Jacques Marseaux sur une patiente située à Strasbourg. J. Marseaux dirigeait le robot de New York tandis que les chirurgiens sur Strasbourg monitoraient la patiente.

La télé-chirurgie a déjà trouvé de larges applications en vidéo chirurgie cardia-thoracique viscérale, urologique, et gynécologique. Ce succès est lié aux propriétés exceptionnelles des poignées de télémanipulation qui respectent l'autonomie du chirurgien: augmentation des degrés de liberté, finesse du geste opératoire

Grâce à la démultiplication des mouvements et au filtrage des tremblements de l'opérateur, miniaturisation instrumentale, intervention à distance, Diminution de la durée de l'hospitalisation. La télé-chirurgie possède néanmoins un inconvénient non encore résolu: la perte des sensations tactiles, qui peut être identique à la chirurgie conventionnelle et améliorée avec l'expérience et l'entraînement.

[4]



Figure -3- la télé chirurgie

5-4-Télé expertise

La télé expertise a pour objet de permettre à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux en raison de leurs formations ou de leurs compétences particulières, sur la base des informations médicales liées à la prise en charge d'un patient.

5-5-Téléassistance

La téléassistance médicale a pour objet de permettre à un professionnel médical d'assister à distance un autre professionnel de santé au cours de la réalisation d'un acte médical. Elle a aussi pour objet de prescrire à distance une conduite à tenir à un patient (thérapeutique, hygiène de vie ...).

5-6-La téléformation

Cette application regroupe en fait deux types d'utilisation des NTIC par les acteurs de santé mais concernés par un même souci : diffuser un contenu pédagogique par le biais des télécommunications.

Se former consiste à utiliser la télémédecine dans le cadre de programmes collectifs de formation médicale. Cette application prend la forme des supports classiques de la formation médicale continue (tests, cas cliniques, cours magistraux, entraînement au geste opératoire, etc.).

S'informer constitue un autre type d'utilisation de la télémédecine reposant principalement sur l'usage individuel d'internet. En effet, il s'agit ici, pour les professionnels de santé, de recourir à des bases de données spécialisées dans lesquelles les informations auraient été préalablement structurées et finalisées. Ce type d'applications peut s'inscrire dans des programmes de recherche et/ou d'études cliniques et/ou épidémiologiques (évaluations, tests, recherche, etc....).



Figure -4- la téléformation

5-7-Les réseaux de télémédecine

Outre la téléformation, la littérature spécialisée intègre dans le champ de la télémédecine

Toute expérimentation touchant à la mise en réseau des professionnels de santé par le biais des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Dès lors, toute réflexion concernant les réseaux se greffe sur les structures en réseau déjà existantes comme les réseaux ville-hôpital ou encore les réseaux de maternités.

Ces réseaux s'inscrivent fondamentalement dans un même objectif, celui d'améliorer la coordination des pratiques médicales pour améliorer la prise en charge globale du patient.

Ainsi, le développement de cette forme de télémédecine est-il à inscrire plus largement dans le développement des réseaux de santé qui constituent un mode de coordination alternatif au système traditionnel. Toute expérimentation de réseau de télémédecine devrait, de ce fait, bénéficier, d'une part, des effets d'expérience de la diffusion des réseaux en santé, et, d'autre part, des apports théoriques du concept de réseau.

Cette forme de télémédecine concerne la communication, le partage et la gestion de l'information médicale entre acteurs de soins distants mais participant aux mêmes prises en charge. Elle se nomme télé encadrement ou télé coopération et se caractérise par l'établissement d'une relation

entre un spécialiste (jouant le rôle de mentor) et un médecin de soins primaires, un résident, une infirmière. Dans le cadre des réseaux, les exercices multi-disciplinaires sont en effet appelés à se développer de plus en plus. Les NTIC peuvent constituer un support idéal à la mise en relation des différents métiers autour du patient et à leur meilleure coordination. En l'occurrence, le dossier médical partagé appartient à ce type d'application. Un grand nombre d'expérimentations ayant cours aujourd'hui ont pour objet central le partage et la gestion d'informations médicales, qu'il s'agisse du dossier patient entier ou de certains éléments de ce dernier (projets de certaines sociétés informatiques notamment).

Les réseaux de télémédecine représentent une opportunité permettant :

- d'améliorer l'organisation des soins ;
- de faciliter l'accès à des soins de proximité ;
- de participer à la formation des professionnels de santé ;
- de contribuer à la maîtrise des dépenses de santé ;
- de s'intégrer à la mondialisation des pratiques médicales.

Au terme de ce parcours dans le maquis des définitions et des concepts, la télémédecine paraît s'inscrire dans une perspective de recherche de l'amélioration de la qualité de l'organisation des soins par la réduction des délais mais aussi par la diminution des coûts. Ce triptyque constitue, depuis près de quarante ans, le socle constant de l'argumentation visant à promouvoir la télémédecine.

Au delà des discours enchanteurs et laudateurs, force est néanmoins de constater que, comme le notent certains auteurs, l'impact réel de la télémédecine sur l'accès, la qualité et les coûts dans les systèmes de santé n'a jamais été complètement démontré et doit par conséquent être considéré avec précaution. Nos différents entretiens avec les professionnels de santé vont dans le même sens.

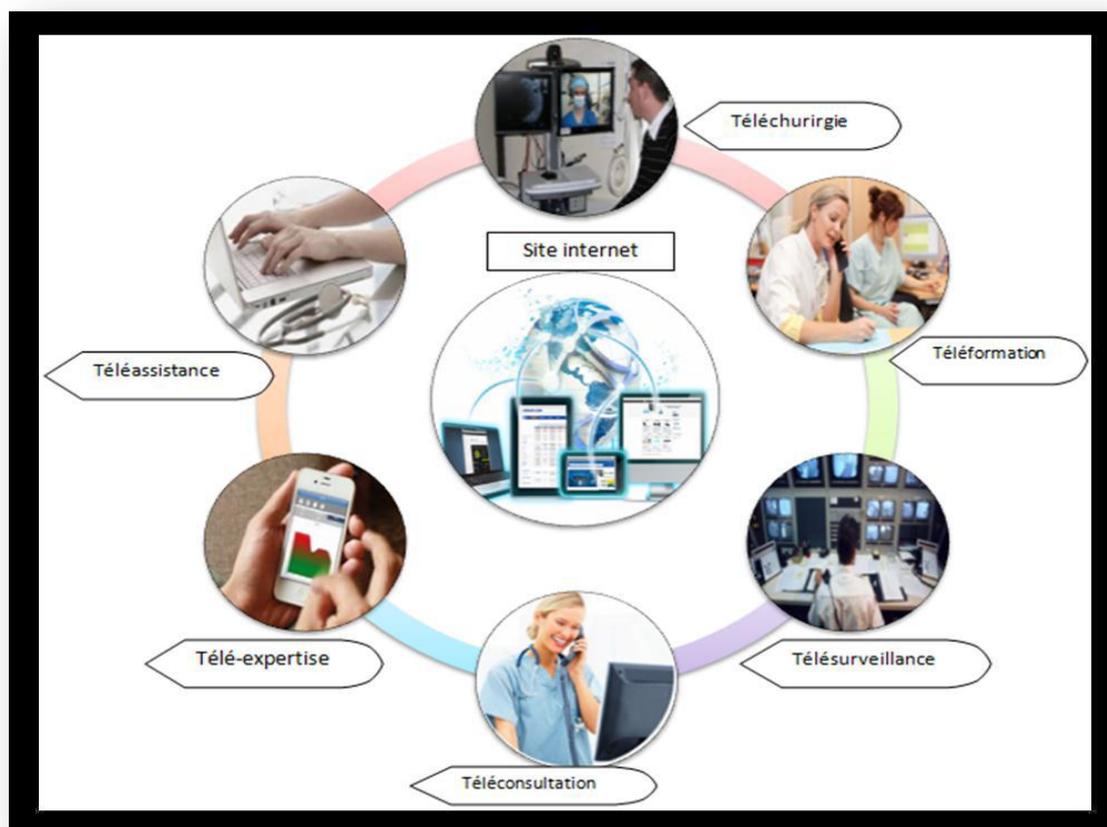


Figure-5- Les types d'application de la télémédecine

II-Télésurveillance médicale à domicile

1-introduction

Les travaux de recherche effectués au cours de cette thèse de doctorat se situent dans le cadre de la télésurveillance médicale des personnes à domicile, qui représente une des dimensions de la télémédecine. Cette application prend en particulier en compte des éléments de télésurveillance de téléconsultation et de téléassistance [5]

2-Objectifs

Le plus indépendamment possible, dans un environnement de confort et de sécurité. Il s'agit de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques à domicile ou une dégradation de l'état de santé d'une personne. Ces systèmes représentent ainsi une alternative momentanée ou durable à l'hospitalisation ou au recours aux établissements d'hébergement de longue durée – maisons de

retraite ou centres spécialisés. Le patient n'est alors plus contraint de renoncer à son domicile et à la vie en société. Il conserve une large autonomie dans son environnement social et privatif, tout en bénéficiant de services préventifs de santé. Ces systèmes concernent particulièrement les personnes âgées, mais plus généralement les personnes présentant des risques d'affection motrice (Chute par exemple) ou cognitive (dépression, démence sénile, etc.), ou nécessitant des soins ou une attention particulière (diabétiques, asthmatiques, etc.).

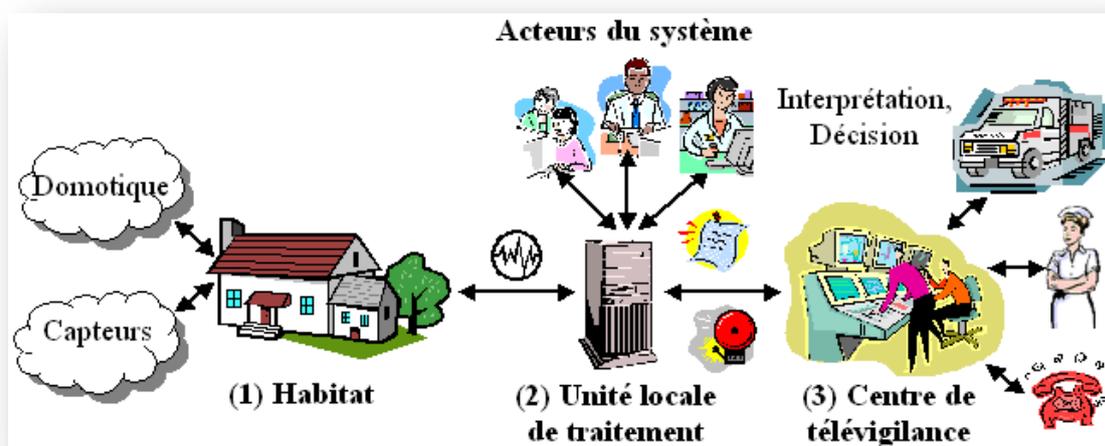


Figure -6– Système d'information de la télésurveillance médicale à domicile.

3-Principe

La télésurveillance médicale d'une personne à domicile s'appuie sur un système d'information Global comprenant les éléments suivants

- (1) Un ensemble de capteurs de différents types (physiologie, environnement, activité) Installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en Temps réel de données, et d'appareillages automatiques (domotique) pour adapter L'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives ;
- (2) Une unité locale de traitement, au niveau de chaque habitat, responsable du stockage Et du traitement des signaux reçus des capteurs, de la gestion d'une base de connaissances Relative à la personne télé surveillée, et de l'émission de messages et d'alarmes ;

(3) Un centre de télé vigilance pour le traitement des messages et alarmes reçus des habitats. Un ensemble d'acteurs (personnel médical, personne télé surveillée et membres de sa famille) Peuvent accéder à tout moment, après authentification et selon leurs privilèges, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement.

4-Les Enjeux de la télé surveillée

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

On identifie alors d'après [106] cinq sous-systèmes clés du développement des systèmes d'information pour les services de soin à domicile :

1. **Système de surveillance local** – Il s'agit d'un réseau local au domicile pour l'enregistrement Télémétrique de données relatives à une personne par l'intermédiaire de capteurs Physiologiques, d'environnement et d'activité.
2. **Système d'analyse de données** – La grande quantité de données collectées nécessite la Conception d'assistants intelligents pour l'extraction d'informations pertinentes permettant La génération de messages et d'alarmes, l'aide au diagnostic et à la décision.
3. **Système de base de données** – Les données collectées ou les informations extraites Doivent être stockées et accessibles pour leur consultation ou leur mise à jour.
4. **Système d'interfaces** – Les données et informations issues de la télésurveillance et de L'analyse des données collectées doivent être facilement accessibles aux différents acteurs Du système.
5. **Système de communication** – Il s'agit de permettre l'interopérabilité des quatre sous-systèmes précédents à travers un réseau médical qui relie les habitats de patients, les Centres hospitaliers, les centres de télé vigilance et plus généralement les différents acteurs Du système.

La complexité de ces systèmes réside dans le nombre d'acteurs impliqués, la diversité des techniques

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

5-Les différents types de télésurveillance médical

Il est possible de séparer les fonctions pouvant théoriquement être satisfaites par un système de *télésurveillance* en 3 types [6] :

a- La télé test - télémaintenance :

Les capteurs équipant le matériel d'assistance technique médicale du malade sont testés continuellement par l'intermédiaire de l'équipement informatique à domicile. Dès qu'il apparaît une anomalie, le centre serveur est averti et une équipe technique intervient immédiatement pour régler ou réparer le capteur ou l'appareillage.

L'équipement informatique à domicile peut être équipé d'une carte de commande d'un système de télé réglage des différentes fonctions de l'appareillage, ce qui évite tout déplacement de techniciens

b- La téléalarme :

Dès que les capteurs décèlent une situation critique du malade ou de l'appareillage, une alarme est transmise instantanément au centre serveur, qui immédiatement en retour télé teste les appareils et déclenche l'alarme auprès du médecin traitant ou du personnel du centre serveur selon le type d'alarme.

c- La télé monitoring :

Il permet de recueillir à distance des informations sur le fonctionnement de l'appareillage et sur l'état du patient. Ainsi, si certains malades ne respectent pas, pour des raisons diverses, les durées du traitement, ce type de *télesurveillance* permet de renseigner rapidement le médecin prescripteur.

Bien que la *télesurveillance* ait plusieurs avantages, elle présente, aussi certaines limites. En effet, les soins virtuels ne remplaceront jamais le contact avec le médecin. Pour être efficace, la *télémédecine* doit rester complémentaire d'un vrai suivi médical

III- La télé cardiologie

1. Définition

La télé cardiologie est l'application des technologies de l'information et de la Communication au secteur de la cardiologie. Elle correspond à une télé suivie (télésurveillance médicale) à distance du fonctionnement de ces dispositifs médicaux implantables et des événements cardiaques que ces derniers détectent chez le patient.

Actuellement les personnes possédant un défibrillateur implantable automatique (DAI), un pacemaker, ou un CRT (Cardia resynchronisation Thérapie) se voient proposer une prise en charge par tél cardiologie.

Rappelons que les patients porteurs de ces prothèses nécessitent un suivi spécifique car, d'une part, ils peuvent présenter des événements Cardiaques asymptomatiques qui doivent être enregistrés et analysés, et d'autre part ils Courent le risque d'une défaillance technique de l'appareil.

2. Historique

Le monitoring téléphonique des stimulateurs cardiaques voit le jour en 1970, où la Transmission des données impliquait la coopération du patient et l'application d'un appareil spécial sur le stimulateur. Cette technologie limitée à l'époque se développe dans les années 1990 avec l'avènement de l'ère de l'électronique ainsi que l'installation de systèmes de communication de plus en plus rapides et puissants. Elle permet au laboratoire Biotronik de développer en novembre 2000 son premier service de téléc.@radiologie-Biotronik appelé Home Monitoring® maqué CE. S'en suit, en décembre 2000, la première implantation d'un stimulateur communiquant de chez Biotronik

3. Principe et fonctionnement

Le DMIC surveille le rythme cardiaque du patient. Il enregistre les données relatives Aux troubles du rythme et à la thérapie qu'il va délivrer pour traiter ces troubles. Il réalise une série de mesures et de tests à intervalles réguliers pour surveiller son intégrité et celles des

sondes qui lui sont connectées, ainsi que l'état des piles, les paramètres cliniques marqueurs de la maladie cardiaque sous-jacente, et le fonctionnement du système.

Les données enregistrées et transmises sont:

Des données techniques concernant la prothèse (tension de la pile, temps de charge, Mode spécial)

Des données techniques concernant les sondes (impédance de stimulation, Amplitude de détection, seuil de stimulation automatique, impédance de Défibrillation)

Des données rythmiques à l'étage auriculaire (épisodes de FA, charge en FA...)

Des données rythmiques à l'étage ventriculaire (détection d'épisodes classés TV, FV, TSV, type de thérapie délivrée, efficacité des thérapies, présence des EGM des

Différents épisodes) Des indices hémodynamiques (données sur l'insuffisance cardiaque: CRT, FC moyenne, FC repos...) Des paramètres programmés (fonction Brady, tachy...)

5-Transmises des données

Ces données sont alors transmises à l'aide d'une micro-antenne par radiofréquence à Un boîtier externe, ou transmetteur, installé à proximité du patient (généralement près de Son lit). Le transmetteur collecte les informations (généralement la nuit quand le patient est Couché) puis les transfère de façon cryptée via un réseau de télécommunication jusqu'à un Serveur qui héberge les données. Celles-ci sont ensuite mises en ligne et sont rendues Accessibles à tout moment et partout dans le monde aux utilisateurs autorisés pour la Consultation de ces données sur ce site internet sécurisé.

Le patient possède chez lui le transmetteur qu'il branche. La transmission utilise Exclusivement une bande de fréquence dédiée au dispositif implantable ce qui limite la Possibilité d'interférences avec d'autres dispositifs. En cas d'échec de communication entre Le transmetteur et la prothèse les données importantes sont conservées

La transmission se fait de deux façons :

- ✓ Soit elle sera automatique et programmée à intervalles fixes.

- ✓ Soit la transmission se fait de façon automatique suite au déclenchement d'une alerte. Les anomalies du trouble du rythme ou celles de fonctionnement sont classées sous la forme d'alerte d'une couleur différente et font l'objet d'une transmission supplémentaire appelée message d'alerte

CONCLUSION

La télémédecine est une nouvelle forme d'amélioration de la qualité des soins grâce aux nouvelles technologies d'informations et communications, elle est aussi créatrice de nouveaux services facilitant la vie quotidienne des patients atteints de maladies chroniques telle que l'insuffisance cardiaque et/ou rénale, ainsi qu'aux professionnels de la santé bénéficiant de plateaux techniques identiques à celui que nous avons réalisé dans le cadre de cette thèse leur permettant d'être en relation permanente avec leurs patients en recevant les paramètres vitaux et pertinents représentatifs de leurs états physiopathologiques.

1-Introduction

La Maladie cardiaque est la cause principale du début d'invalidité et de décès prématurés son incidence augmente avec l'âge. L'électrocardiographe (ECG) est l'outil de diagnostic utilisé pour évaluer la probabilité d'anomalies cardiaques. La transmission en temps réel de cette information est une grande avancée dans le domaine médicale.

Ce chapitre présente le fonctionnement général du système cardiovasculaire, ses principales composantes, Les dérivations, Ondes, Intervalles.....etc.

2-Le cœur

Le cœur est un organe creux et musculaire comparable à une pompe, qui assure la circulation du sang dans les veines et les artères. Sa forme est similaire à un cône inversé (sa base vers le haut et à droite et son apex en bas et à gauche).

Le cœur se situe dans le médiastin, c'est la partie médiane de la cage thoracique délimitée par les deux poumons, le sternum et la colonne vertébrale. Il se trouve un peu à gauche du centre du thorax. Le cœur pèse environ 300 grammes chez l'homme adulte, 250 grammes chez la femme. Il est capable de propulser, au repos, 4 à 5 litres de sang par minute.

Le cœur est considéré comme une pompe musculaire subdivisée en quatre cavités : deux oreillettes et deux ventricules, permettant de propulser le sang vers toutes les cellules du corps humain. Les paires oreillettes ventricule droite et gauche constituent respectivement les cœurs droit et gauche [7].

3- L'électrocardiogramme

L'électrocardiogramme est la représentation graphique du potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur. Ce potentiel est recueilli par des électrodes mises à la surface de la peau. Le signal est reçu par un appareil nommé l'électrocardiographie.

L'ECG se présente alors comme une suite de déflexions (ondes électriques) séparées par des intervalles, correspondant, chacune, à une phase de fonctionnement du cœur.

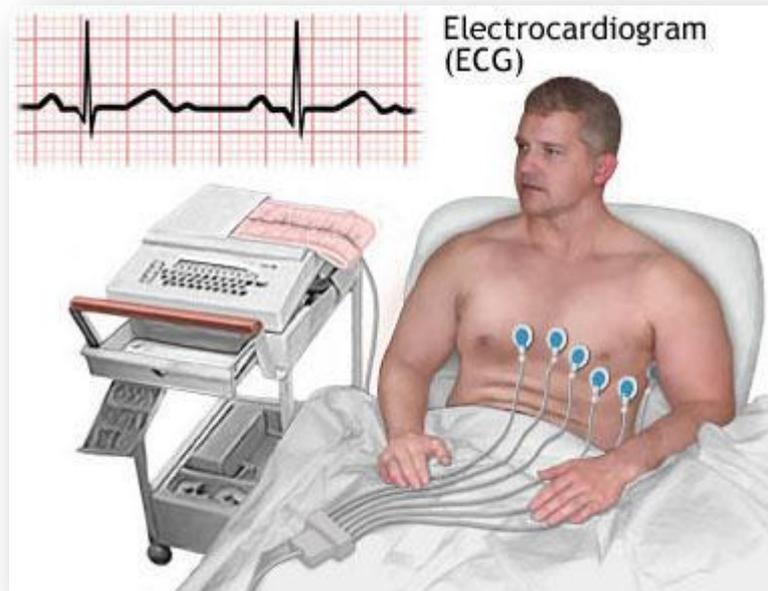


Figure -7- l'ECG

4-Histoire de l'électrocardiographie

Le potentiel électrique généré par l'activité musculaire est connu depuis les travaux de *Carlo Matteucci* en 1842. Les premières expérimentations sont réalisées en 1878 par *John Buren Anderson* et *Frederick Page* qui détectent à l'aide d'un électromètre capillaire les phases QRS et T, définies par la suite. A cette même période, *E. Marey*, et *Augustus Waller* montrent que l'activité électrique cardiaque peut être suivie à partir de la peau. En 1887 le premier électrocardiogramme humain est publié par *Augustus Waller*.

En 1895, *Willem Einthoven*, met en évidence les cinq déflexions P, Q, R, S et T, il utilise le galvanomètre à cordes en 1901 et publie les premières classifications d'électrocardiogrammes pathologiques en 1906. Il obtiendra en 1924 un prix Nobel pour ses travaux sur l'électrocardiographie. Les dérivations précordiales sont utilisées pour le diagnostic médical à partir de 1932 et les dérivations frontales unipolaires à partir de 1942, ce qui permet à *Emanuel Goldberger* de réaliser la première trace sur 12 voies.]Aujourd'hui, l'électrocardiographie est une technique relativement peu coûteuse, permettant à l'aide d'un examen indolore et sans

Danger, de surveiller l'appareil cardia-circulatoire, notamment pour la détection des troubles du rythme et la prévention de l'infarctus du myocarde [7]

5-Système cardiovasculaire

La *télesurveillance* des personnes cardiaques nécessite de parcourir une variété des notions et des problèmes liés au cycle de fonctionnement du cœur. Ce qui permet d'étudier et d'analyser tous les paramètres et les ondes caractérisant les signaux cardiaques

6-Système de dérivations électro cardiographiques

La dérivation en électrocardiographie se définit par deux points d'observation de l'activité électrique du cœur à partir desquels on mesure une différence de potentiel électrique.

Généralement les appareils électro cardiographiques peuvent enregistrer plusieurs différences de potentiels en même temps selon l'emplacement et le nombre d'électrodes réparties sur le corps. Chaque mesure de ces potentiels correspond alors à une dérivation de l'ECG.

L'emplacement de ces électrodes est choisi de manière à explorer la quasi-totalité du champ électrique cardiaque résultant de la contraction du myocarde. [8]

7-Les dérivations

7-1-Les dérivations périphériques

Les dérivations périphériques (ou dérivations des membres) permettent d'étudier l'activité électrique du cœur sur le plan frontal. Elles sont obtenues au moyen de 4 électrodes appliquées au bras droit, au bras gauche et à la jambe gauche, l'électrode de la jambe droite étant une électrode neutre destinée à éliminer les parasites électriques.

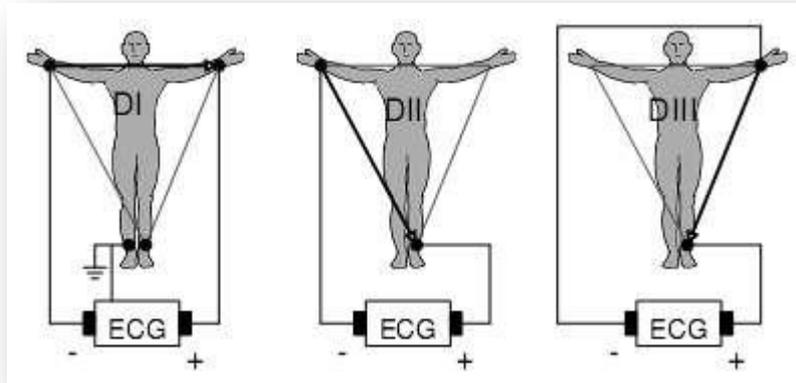
Elles ont été déterminées par Einthoven en 1912 (Les dérivations périphériques bipolaires) et complétées par Goldberger en 1942 (Les dérivations périphériques unipolaires).

7-1-1- Les dérivations périphériques bipolaires

Les dérivations bipolaires (DI, DII, DIII) ont été déterminées par Einthoven au début du vingtième siècle et restent encore utilisées aujourd'hui.

Ces dérivations utilisent trois électrodes placées sur le sujet. Les électrodes sont placées sur les bras droit et gauche et sur la jambe gauche pour former un triangle (triangle d'Einthoven).

Ces dérivations sont dites bipolaires parce qu'elles mesurent une différence de potentiel entre deux électrodes.



Figuré-8-Les dérivations bipolaires

Chaque côté du triangle formé par les trois électrodes représente une dérivation en utilisant une paire d'électrodes différente pour chacune des dérivations (figure8).

Les trois dérivations sont :

- DI (dérivation I) avec $DI = VL - VR$.
- DII (dérivation II) avec $DII = VF - VR$.
- DIII (dérivation III) avec $DIII = VF - VL$.

Avec :

VL le potentiel sur le bras gauche.

VR le potentiel sur le bras droit.

VF le potentiel sur la jambe gauche.

7-1-2-Les dérivations périphériques unipolaires

Les dérivations unipolaires ont été introduites par Wilson Dans son système, les dérivations sont obtenues entre une électrode exploratrice placée au sommet du triangle d'Einthoven et une borne centrale (électrode neutre ou indifférente, dont le potentiel est la moyenne des potentiels des trois sommets du triangle d'Einthoven). Cela a donné les dérivations unipolaires VL VR et VF. Plus tard, Goldberg a modifié le système des dérivations de Wilson pour obtenir trois dérivations unipolaires augmentées, appelées aVL aVR et aVF, La lettre a désigne le fait que les nouvelles dérivations amplifient les variations de potentiel des dérivations de Wilson par un facteur de 1,5.

7-2-Dérivations précordiales

Pour mesurer les potentiels proches du cœur, Wilson a introduit les dérivations du plan horizontal V1, V2, V3, V4, V5, et V6. Ces six dérivations sont localisées du côté gauche du thorax comme illustrées

Les positions des électrodes précordiales :

- V1: 4ème espace intercostal, bord droit du sternum (ligne par asternale).
- V2: 4ème espace intercostal, bord gauche du sternum (ligne par asternale).
- V3: à mi-distance entre V2 et V4.
- V4: 5ème espace intercostal, ligne médio-claviculaire gauche.
- V5: à mi-distance entre V4 et V6, sur la ligne axillaire antérieure.
- V6: même niveau horizontal que V4 et V5, ligne axillaire moyenne.

Les potentiels sont enregistrés à partir d'une électrode exploratrice (pôle positif) placée sur le thorax et l'électrode de référence (pôle négatif) connectée à la borne centrale de Wilson. Ce sont des dérivations rapprochées car l'électrode exploratrice est placée à faible distance des parois du ventricule droit et gauche.

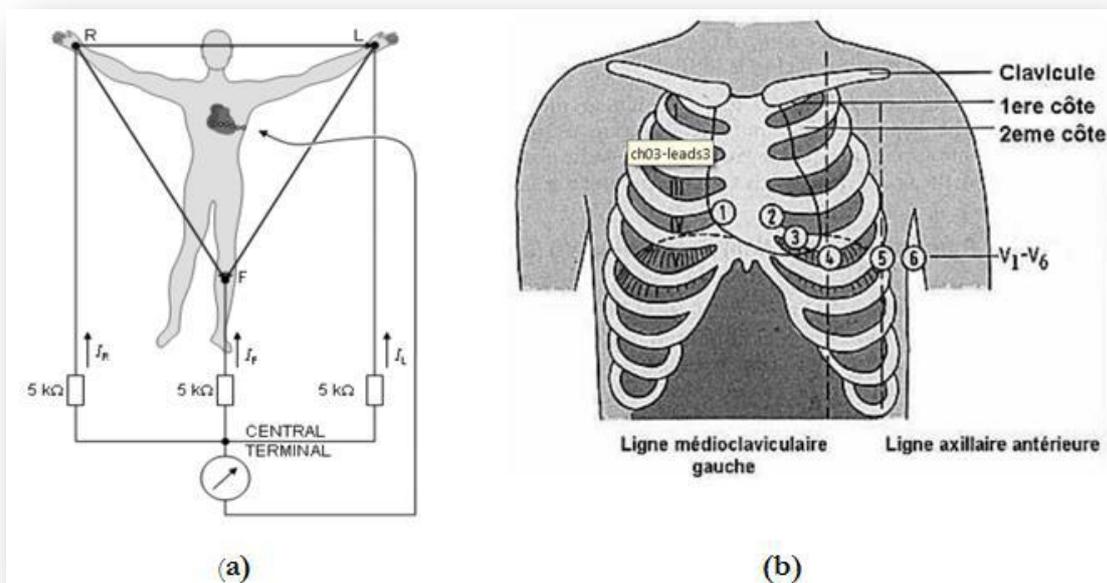


Figure-9- Montage de Wilson (a) et la position des électrodes précordiales (b).

8-Ondes et Intervalles de l'ECG

L'ECG enregistre, successivement, la dépolarisation et la repolarisation auriculaires, puis la dépolarisation et la repolarisation ventriculaires. Ces phénomènes sont suivis d'un repos électrique qui correspond à la ligne de base iso électrique. Lorsque le système d'acquisition est mis en fonctionnement, apparaît une succession de déflexions, séparées par des intervalles [9], qui ont terminologie bien précise comme le montre.

❖ Onde P :

Elle représente la dépolarisation auriculaire. Cette onde peut être positive ou négative avec une durée de l'ordre de 90 ms. Généralement son observation est difficile, spécialement dans des conditions bruitées. Il faut noter que la repolarisation auriculaire n'est pas visible sur l'ECG car elle coïncide avec le complexe QRS d'amplitude plus importante.

❖ Complexe QRS:

Il traduit la dépolarisation des deux ventricules. Constitué de 3 ondes en général :

- L'onde Q : c'est la première onde négative précédant l'onde R.

L'onde S : est la première onde négative suivant l'onde R.

- L'onde R : est la première onde positive du complexe.

❖ Onde T:

Elle correspond à la repolarisation des ventricules, qui peut être négative, positive ou bi phasique et qui a normalement une amplitude plus faible que le complexe QRS. Bien que la dépolarisation et la repolarisation des ventricules soient des événements opposés, l'onde T est normalement du même signe que l'onde R, ce qui indique que la dépolarisation et la repolarisation ne sont pas symétriques. L'ECG est aussi caractérisé par plusieurs intervalles comme on peut le voir sur la Figure 10. [10]

❖ Intervalle PR:

C'est un segment isoélectrique mesuré du début de l'onde P jusqu'au début du complexe QRS. C'est le temps que met l'onde pour aller du nœud sinusal, dépolariser les oreillettes, parcourir le nœud auriculo-ventriculaire et le faisceau de HIS, jusqu'au début des deux branches de ce dernier (temps conduction auriculo ventriculaire)

❖ Le segment ST :

Correspond au temps séparant le début de la dépolarisation ventriculaire représentée par le complexe QRS et le début de l'onde T. Le segment ST normal est isoélectrique du point J au début de l'onde T

❖ Point J:

Correspond au point de transition entre le complexe QRS et le segment ST. Il est normalement isoélectrique.

❖ Intervalle PQ :

Il représente l'intervalle de temps entre le début de la dépolarisation des oreillettes et le début de la dépolarisation ventriculaire. Il représente le temps nécessaire à l'impulsion électrique pour se propager du nœud sinusal jusqu'aux ventricules et il est mesuré entre le début de l'onde P et le début du complexe QRS [5].

❖ L'intervalle QT :

Il représente la durée entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T. Cet intervalle reflète la durée de la dépolarisation et repolarisation ventriculaire. En effet sa dynamique peut être associée à des risques d'arythmie ventriculaire et de mort cardiaque soudaine

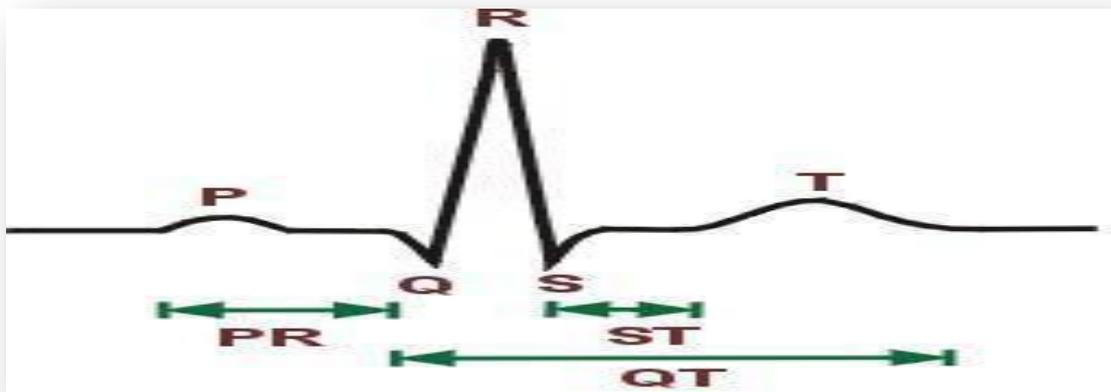


Figure-10-les ondes

9-Pathologies cardiaques

La figure (**figure 10**) représente le cycle cardiaque complet qui veut dire un système décrivant une succession des ondes (P, Q, R, S, T) dans le signal électrocardiogramme (*ECG*), où P représente la dépolarisation auriculaire, le complexe QRS correspond à la dépolarisation ventriculaire et l'onde T correspond à la repolarisation des ventricules.

L'électro cardiologie est une discipline qui a pour objectif de décrire les anomalies de fonctionnement du cœur en étudiant la forme, la fréquence et l'évolution des signaux électriques cardiaques.

Cette section décrit brièvement les différentes pathologies cardiaques susceptibles d'être repérées en étudiant le signal *ECG*. L'objectif, ici, n'est pas d'analyser précisément leurs origines et leurs conséquences sur le fonctionnement cardiaque, ni de décrire les traitements que ces pathologies nécessitent, mais simplement de mettre en relation certaines observations anormales du tracé *ECG* avec les pathologies les plus courantes. Il s'agit ainsi, d'effectuer un diagnostic à partir de l'étude des caractéristiques des ondes P, Q, R, S et T (formes, durée relatives...), au-delà d'une simple analyse de rythme.

L'analyse de l'électrocardiogramme comprend la mesure des amplitudes et durées ainsi que l'examen de la morphologie de l'onde P, du complexe QRS, de l'onde T, de l'intervalle PR, du segment ST, de l'intervalle QT... [11].

9-1- Diagnostic à partir du rythme

Le repérage des ondes R permet d'analyser le rythme qui fut l'un des premiers traitements automatiques du signal cardiaque. Cette technique est basée sur l'extraction des deux paramètres caractéristiques: la fréquence des battements et leur régularité.

Les deux sections suivantes traitent respectivement des troubles de la fréquence et de la régularité, sachant que certaines pathologies induisent ces deux anomalies rythmiques.

A- LA Fréquence

Un rythme cardiaque est dit normal s'il est en moyenne de 70 bpm chez l'adulte (en journée: entre 60-100 bpm et entre 40-80 bpm pendant la nuit).

B- Troubles du rythme et de la conduction cardiaque

Sous cette dénomination on regroupe les arythmies cardiaques et les blocs cardiaques. Le meilleur outil pour diagnostiquer une arythmie est l'électrocardiogramme dans l'analyse de l'ECG, les pathologies ou anomalies sont détectées et classées en fonction de leur déviation par rapport au rythme idéal qu'est le rythme sinusal. Chaque déviation visible sur l'ECG peut être attribuée à une anomalie physiologique.

- ✓ **Rythme sinusal** Le rythme sinusal est le rythme normal cardiaque. Il correspond à une activation physiologique des oreillettes, puis des ventricules, à partir du *nœud sinusal*. Son rythme est compris entre 60 à 80 battements par minute avec un intervalle régulier entre des battements normaux.
- ✓ **Blocs cardiaques** Les blocs cardiaques sont dus à une rupture de conduction du myocarde qui altère la dépolarisation

C- Les arythmies cardiaques

L'arythmie est une perturbation du rythme cardiaque qui affecte sa fréquence, l'intensité de ses contractions et sa régularité. On parle également d'arythmie quand le cœur bat à moins de 60 pulsations ou à plus de 100 pulsations par minute sans cause apparente. On classe les arythmies en fonction de leur lieu de formation et de leurs effets sur le rythme cardiaque.

Il existe **plusieurs types d'arythmie**, avec un degré de gravité extrêmement variable :

- ✓ **La bradycardie** diminution soudaine et passagère du *rythme cardiaque* (inférieure à 60 bpm)
- ✓ **La tachycardie** : accélération du rythme cardiaque (supérieure à 100 bpm).
- ✓ **l'extrasystole** : légère irrégularité du rythme cardiaque, Elle peut atteindre un ventricule ou une oreillette
- ✓ **le flutter auriculaire** : le rythme des oreillettes est régulier mais rapide alors que les ventricules fonctionnent normalement.
- ✓ **la fibrillation auriculaire** : contraction rapide et désordonnée des oreillettes du cœur qui empêche le cœur de fonctionner normalement et de bien faire circuler le sang dans le corps. Ce trouble est parfois passager mais peut devenir chronique. En favorisant la formation de caillots, il peut représenter un danger
- ✓ **La fibrillation ventriculaire** : contraction très rapide et anarchique des ventricules : il s'agit d'une urgence vitale

9-2-Diagnostic à partir des ondes

L'analyse (outre le rythme) de la forme des ondes de chaque battement a vu le jour grâce à la puissance des calculateurs modernes et les nouvelles techniques de traitement du signal. Ce type d'analyse reste pour l'instant essentiellement limité à la forme de l'onde R. L'étude individuelle de chacune des ondes permet de réaliser un véritable pré diagnostic. Ce diagnostic est effectué sur la base de la connaissance experte, grâce à la localisation de l'origine du problème lorsque les battements cardiaques, le complexe QRS et l'onde T, ne sont pas normaux.

Ainsi, les méthodes, que nous cherchons à proposer, permettent un repérage précis et continu de la plupart des ondes caractéristiques (Q, R...) du battement. Elles devront permettre de localiser plus précisément les zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur sur les 24 heures d'enregistrement.

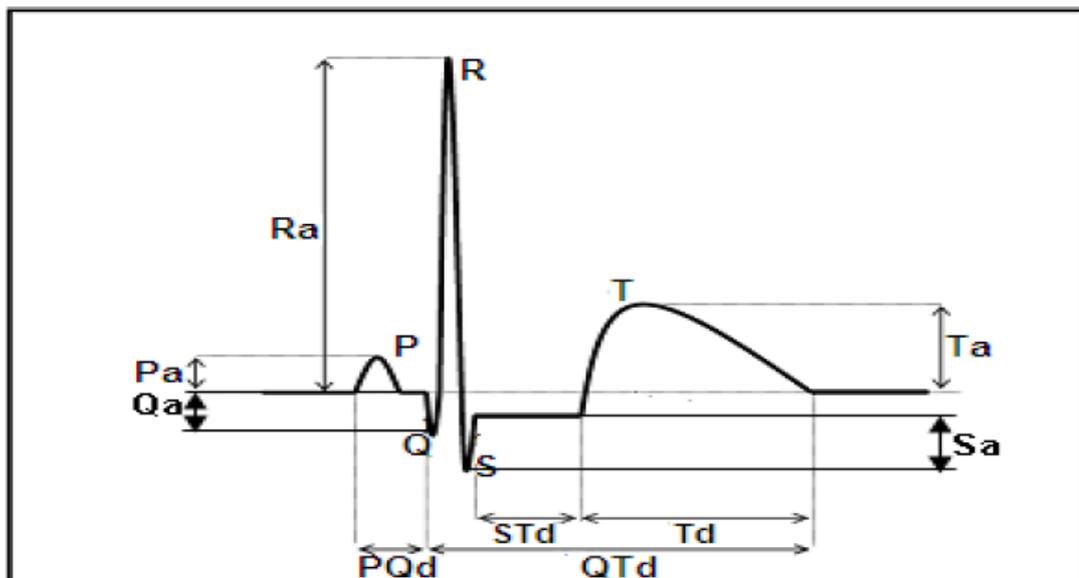


Figure 11–Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement

Les valeurs des paramètres de la figure (**Figure11**) couramment constatées chez l'adulte en bonne santé sont présentées dans la TAB 1

	Onde P	Intervalle PQ	Complexe QRS	Intervalle ST	Intervalle QT	Onde T
Durée (S)	(Pd) 0.08-0.1	(PQd) 0.12-0.2	0.08	(STd) 0.20	(QTd) 0.36	0.2
Amplitude (mV)	(Pa) 0.25	Isoélectrique : 0	Qa<0, Ra>0, Sa<0	Isoélectrique : 0	-	Ta>0

Tab 1: exprime la durée et l'amplitude des ondes et intervalles

Cet outil de diagnostic permet de détecter les pathologies cardiaques rythmiques, musculaires, les problèmes extracardiaques métaboliques, médicamenteux, hémodynamiques et autres

10 -Intérêt d'une analyse automatique d'un ECG

L'exploitation médicale courante d'un enregistrement ECG se fait selon l'une des Modalités suivantes :

- Un enregistrement périodique (3 mois) chez son médecin traitant. Cet enregistrement a Une durée de 30s à 1min pour vérifier le comportement général du rythme cardiaque. La Notion médicale de « rythme cardiaque » englobe l'ensemble du comportement de L'activité électrique du cœur (forme du cycle, agencement des différentes ondes et des Différents cycles les uns par rapport aux autres) et pas seulement la fréquence cardiaque.

- Un enregistrement continu, sur plusieurs jours, nécessitant l'hospitalisation du patient Pour observer le comportement à plus long terme du fonctionnement du cœur (cette phase D'analyse pouvant avoir été mise en œuvre suite à des doutes provenant de la première Expertise).

Cependant, cette façon de procéder n'est pas optimale ; ni sur le plan médical, la première Expertise se faisant sur des durées trop courtes pour mettre en évidence des troubles du Rythme sur le long terme, ni sur le plan des coûts, la seconde exploitation impliquant la mise En œuvre de moyens lourds pour la surveillance du patient.

De plus en plus, des enregistreurs d'ECG portatifs permettant aux patients d'effectuer Leur propre enregistrement dont utilisés. Ces enregistrements sont alors régulièrement Communiqués à un centre médical pour analyse. Cependant l'analyse automatique d'un ECG, Qui pourrait être par exemple implantée sur ces enregistreurs portatifs, offrirait un compromis Encore plus intéressant, tant au niveau de la qualité de vie du patient, que du dérangement du

Corps médical, puisque l'analyseur pourrait alors ne demander une expertise qu'en cas de
Détection d'une pathologie (potentielle). [10].