



UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE - LILLE 2  
**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année : 2017

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Les praticiens ont-ils confiance en l'interprétation automatisée des électrocardiogrammes ?**

Présentée et soutenue publiquement le 21 avril 2017 à 16h00  
au Pôle Recherche  
**Par Cédric Delrot**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Régis Beuscart**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur Dominique Lacroix**

**Monsieur le Docteur Sylvain Duriez**

**Directeur de Thèse :**

**Monsieur le Docteur Emmanuel Chazard**

---

## **Avertissement**

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises  
dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs

# Sommaire

Sommaire .....	10
Introduction.....	16
A. Préambule .....	16
B. Principes fondamentaux de l'électrocardiogramme .....	20
1. Historique.....	20
2. Définition.....	21
3. Notions d'électrophysiologie cardiaque.....	21
a) Le potentiel d'action cardiaque.....	21
b) La dépolarisation cardiaque .....	23
c) Séquence d'activation cardiaque.....	24
d) Les dérivations .....	25
C. Revue de la littérature, des études Françaises, sur l'ECG en Médecine Générale de 1998 à 2015.....	29
1. Indicateurs retrouvés .....	29
a) Effectifs d'inclusion et lieu d'études.....	29
b) Profil des praticiens .....	30
c) Modalités d'exercice .....	30
d) Orientation ou discipline complémentaire particulière .....	30

e) Distance approximative au service d'urgence et au cabinet de cardiologie le plus proche .....	30
f) Formation à la lecture des ECG .....	31
g) Taux de possession d'électrocardiographe .....	31
h) Facteurs limitant l'acquisition d'un électrocardiographe .....	31
i) Les recours des médecins généralistes non équipés en cas de besoin urgent et non urgent d'ECG.....	32
j) Le type d'appareil ECG utilisé par les médecins généralistes .....	32
k) La fréquence d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes.....	32
l) La télétransmission des ECG chez les médecins généralistes .....	32
m) Les indications d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes.....	33
n) Les moyens d'interprétations du tracé ECG .....	33
o) Possession d'un ECG avec interprétation automatisée.....	33
p) Utilisation et confiance en l'interprétation automatisée.....	33
D. Le point de vue des cardiologues .....	34
E. Equipement du cabinet de médecine générale.....	34
1. Aspects réglementaires .....	34
2. Types d'appareils existants.....	35
F. Coût et rentabilité.....	36
1. Coût du matériel .....	36

2. Fiscalité.....	37
3. Cotation et tarifs en médecine : CCAM.....	37
G. Télémédecine et interprétation à distance .....	38
1. Exemple d'ECG avec télétransmission .....	39
a) L'appareil HeartView® de CARDIATEL.....	39
b) Télécardia® de PARYS .....	40
c) Station de Télémédecine® .....	40
2. Les moyens de télétransmission.....	41
a) Messageries non sécurisées .....	41
b) Messageries sécurisées .....	42
H. Analyse automatique .....	43
I. Formation.....	44
1. Enseignement universitaire.....	44
2. Livres .....	45
3. Sites internet.....	45
4. Formation continue .....	46
Article en anglais .....	47
A. Abstract.....	47
1. Introduction .....	47
2. Methods .....	47
3. Results.....	47

4. Conclusion .....	49
5. Keywords .....	49
B. Introduction .....	49
C. Methods .....	51
1. Participants and procedure .....	51
2. Questionnaire .....	51
3. Statistical analysis.....	52
D. Results.....	53
E. Discussion .....	60
F. Conclusion / Perspective .....	63
Discussion .....	64
A. Résultat du critère de jugement principal.....	64
1. Attitude des praticiens vis à vis de l'interprétation automatisée des ECG.....	64
2. Confiance des praticiens dans l'interprétation automatisée des ECG .....	65
B. Résultats principaux des objectifs secondaires .....	66
1. Les données médico-sociales des médecins généralistes .....	66
2. Les données médico-sociales des cardiologues.....	67
3. Lieu d'exercice .....	67
4. Mode d'exercice.....	68
5. Orientation ou discipline complémentaire particulière.....	69
6. Activité d'astreinte ou de garde.....	70

7. Distance approximative au service d'urgence le plus proche .....	70
8. Distance approximative au cabinet de cardiologie le plus proche.....	71
9. Type de formation à l'ECG.....	71
10. Sentiment du praticien sur son niveau de formation à la lecture des ECG .....	72
11. Taux d'équipement en électrocardiographe.....	73
12. Les freins à l'acquisition d'un électrocardiographe chez les médecins généralistes .....	74
a) L'accès facile à un cardiologue ou à un hôpital .....	74
b) Formation .....	75
c) Mise en jeu de la responsabilité médicale.....	77
13. Les recours des médecins généralistes non équipés en cas de besoin urgent et non urgent d'ECG .....	77
14. Le type d'appareil ECG utilisé par les médecins généralistes et cardiologues ..	78
15. La fréquence d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes et cardiologues .....	78
16. La télétransmission des ECG chez les médecins généralistes.....	79
17. Les indications d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes et cardiologues .....	80
18. Les moyens d'interprétations du tracé ECG chez les médecins généralistes et cardiologues .....	81
19. Possession d'un ECG avec interprétation automatisée chez les médecins généralistes et cardiologues .....	81

C. Forces et faiblesses de l'étude .....	82
1. Forces de l'étude .....	82
a) Le sujet.....	82
b) La population.....	82
c) Le questionnaire.....	82
2. Faiblesses de l'étude .....	83
a) Taux de réponse .....	83
b) Questionnaire .....	83
D. Biais de l'étude .....	84
E. Perspectives .....	84
Conclusion.....	86
Glossaire .....	88
Table des figures et tableaux.....	90
Références .....	92
Annexes.....	98
A. Lettre explicative.....	98
B. Questionnaire .....	99
C. Revue de la littérature des études Françaises sur l'ECG en Médecine Générale de 1998 à 2015.....	102



# Introduction

## A. Préambule

La Médecine Générale est une spécialité complexe, nécessitant des connaissances exhaustives de l'ensemble des spécialités médicales pour une prise en charge médico-psycho-sociale du patient. Elle se consacre aux soins primaires et privilégie la démarche clinique basée sur l'interrogatoire et l'examen physique. C'est une médecine de premier recours, dont les principaux objectifs sont une prise en charge globale du patient, la coordination et la continuité des soins avec un suivi au long cours mais aussi une action de dépistage et de prévention.

Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde. On estime à 17,5 millions par an le nombre de décès imputables aux maladies cardio-vasculaires, soit 31 % de la mortalité mondiale totale. Parmi ces décès, on estime que 7,4 millions sont dus à une cardiopathie coronarienne et 6,7 millions à un accident vasculaire cérébral [1].

En 2014, les maladies cardio-vasculaires représentent en France, la 2<sup>e</sup> cause de mortalité et la 3<sup>e</sup> cause de mortalité prématurée, avec environ 150 000 décès par an [2], juste derrière les cancers. Elles représentent l'un des motifs de consultation les plus fréquemment rencontrés en Médecine Générale [3]. En 2014, l'étude française ECOGEN [4] relevait que les facteurs de risques cardiovasculaires représentaient le second motif de consultation en Médecine Générale avec 13 % des motifs de consultations (hypertension artérielle non compliquée (7 %), dyslipidémie (3,7 %), diabète (2,4 %)). En 2006, d'après la Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques (DREES) les pathologies cardiovasculaires

représentaient 7,7 % des consultations d'urgences en cabinet de médecine générale et atteint 22,2 % après 70 ans [5].

Le code de déontologie de la santé publique rappelle dans l'article R.4127-71 que : «Le médecin doit disposer, au lieu de son exercice professionnel, d'une installation convenable, de locaux adéquats pour permettre le respect du secret professionnel et de moyens techniques suffisants en rapport avec la nature des actes qu'il pratique (...). Il ne doit pas exercer sa profession dans des conditions qui puissent compromettre la qualité des soins et des actes médicaux ou la sécurité des personnes examinées. Il doit veiller à la compétence des personnes qui lui apportent leur concours » [6]. Le praticien est donc le seul arbitre quant au choix de posséder ou non des outils de diagnostic et de son niveau d'équipement.

En France, devant la décroissance de la population médicale tant chez les médecins généralistes que chez les cardiologues, et le vieillissement progressif de la population, le nombre de patients atteints de maladies cardiovasculaires va augmenter en médecine générale. Face à ces éléments, l'interrogation se porte sur la réalisation de l'ECG qui est un outil fondamental en pratique clinique, simple d'utilisation, non invasif, reproductible, et peu onéreux par le médecin généraliste. La plupart des études sur ce thème affirment que tout médecin généraliste doit posséder un électrocardiographe.

Depuis l'invention du galvanomètre à cordes par Willem Einthoven au début du XXème siècle, l'électrocardiogramme (ECG) est devenu rapidement l'examen de première intention dans le cadre de l'urgence cardiovasculaire pour établir un diagnostic et une prise en charge des syndromes coronariens aigus et des arythmies mais aussi dans le cadre du dépistage ou du suivi de pathologies chroniques en médecine hospitalière et de ville. Depuis la première tentative d'automatiser l'interprétation de l'ECG par

Pipberger à la fin des années 50, des progrès ont été réalisés dans l'acquisition du signal et la classification diagnostique [7].

De nombreux travaux ont été réalisés afin d'étudier la fiabilité des interprétations automatiques et l'exactitude de l'interprétation peut atteindre 80 % pour les programmes informatiques les plus performants [8–13].

En France, l'utilisation de l'électrocardiogramme en Médecine Générale a fait l'objet de nombreuses études régionales étudiant le taux d'équipement, les facteurs limitant et son interprétation en comparant les médecins généralistes, les cardiologues et l'interprétation automatisée [10,12,14].

Une seule thèse en France [15] a montré que parmi les médecins généralistes, 6 % avaient une confiance absolue en l'interprétation automatisée, 65 % dans le diagnostic « ECG normal », 26 % pour «trouble du rythme», 21 % pour «ischémie aigue» alors que les erreurs liées à l'interprétation automatique concernent le plus souvent les troubles du rythme, avec de nombreux faux positifs notamment dans la fibrillation atriale [16–21].

Cependant à notre connaissance, aucune étude mondiale, européenne ou nationale publiée à ce jour, n'explorait spécifiquement la confiance des praticiens (généralistes et cardiologues) envers les électrocardiogrammes équipés de logiciel d'interprétation automatisée et l'utilisation de cet outil diagnostique.

Notre hypothèse initiale était que les médecins généralistes équipés d'appareils ECG dotés d'interprétation automatisée se fient souvent au diagnostic proposé alors que les cardiologues n'utilisent pas cet outil.

L'objectif principal de cette thèse a donc été d'essayer d'évaluer la confiance des praticiens envers l'interprétation automatisée lisible sur certains appareils à ECG, à l'aide d'un questionnaire, au sein des cabinets de Médecine Générale et des Cardiologues en France en 2016.

Nos objectifs secondaires étaient de recenser le taux et le type d'équipement (avec ou sans interprétation automatisée), d'identifier les raisons de non acquisition d'appareil à ECG, le cadre d'utilisation de l'ECG, les différents types de formations sur l'interprétation de l'électrocardiogramme, au niveau national.

Avant de débiter notre enquête, nous allons dans un premier temps, rappeler les fondamentaux de l'électrocardiogramme et argumenter notre étude à l'aide d'une revue de la littérature. Nous aborderons la question du coût de l'équipement, les différents types d'appareils, l'aspect réglementaire. Il est aussi fait un bref état des lieux des différents types de formation sur l'interprétation de l'électrocardiogramme, et une explication de la transmission à distance d'un ECG.

Dans un deuxième temps, est présentée une étude quantitative observationnelle à l'aide d'un questionnaire.

## B. Principes fondamentaux de l'électrocardiogramme

### 1. Historique

Dès 1842, le physicien italien **Carlo Matteucci** démontre que chaque contraction du cœur s'accompagne d'un courant électrique.

Les premières expérimentations sont réalisées en 1878 par **John Burden Sanderson** et **Frederick Page** qui détectent à l'aide d'un électromètre capillaire les phases QRS et T.

Le physiologiste britannique **Augustus D Waller** de *St Mary's Medical School* à Londres, publie le premier électrocardiogramme humain en 1887.

En 1895, **Willem Einthoven** utilisant un électromètre amélioré ainsi qu'une formule de correction développée indépendamment par **Burch**, met en évidence cinq déflexions qu'il appelle, P, Q, R, S et T.

En 1901, **Willem Einthoven** utilise un galvanomètre à cordes (Figure 1) et publie les premières classifications d'électrocardiogrammes pathologiques en 1906. Il présente pour la 1ère fois devant une société savante, le célèbre triangle équilatéral formé par les dérivations DI, DII et DIII en 1912.

Ses travaux sur l'électrocardiographie lui vaudront le prix Nobel de médecine en 1924.

C'est en 1938 que la position des dérivations précordiales V1 à V6 est définie par convention par l'American Heart Association et la Cardiac Society of Great Britain.

Enfin en 1942, **Emmanuel Goldberger** ajoute aux dérivations frontales d'Einthoven, AVR, AVL et AVF permettant de réaliser le premier électrocardiogramme sur 12 voies encore utilisé actuellement.

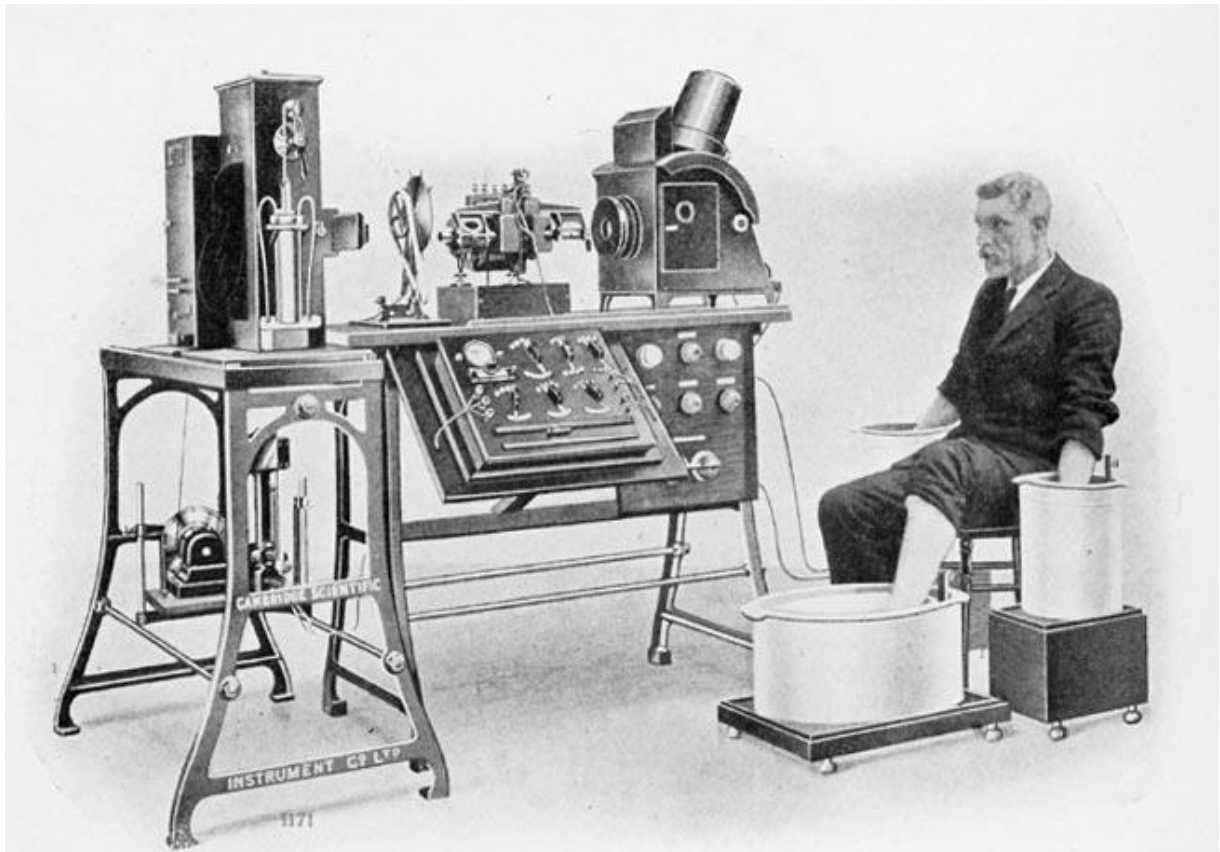


Figure 1. Le galvanomètre d'Einthoven (d'après George E. Burch [22])

## 2. Définition

L'électrocardiogramme (ECG) est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur se déplaçant dans le temps et correspondant à la dépolarisation et la repolarisation du myocarde.

## 3. Notions d'électrophysiologie cardiaque

### *a) Le potentiel d'action cardiaque*

La cellule myocardique est entourée d'une membrane qui est le siège de passage d'ions aboutissant à des différences de concentration ionique de part et d'autre de cette membrane cellulaire.

La cellule myocardique au repos est électropositive en surface, électronégative à l'intérieur.

Si l'on place une électrode à la surface de la cellule et une autre à l'intérieur, une différence de potentiel de - 90 mV s'inscrit sur l'appareil enregistreur car le sodium ( $\text{Na}^+$ ) est 10 fois plus concentré à l'extérieur de la cellule et le potassium ( $\text{K}^+$ ) est 30 fois plus concentré à l'intérieur de la cellule.

Lorsque la cellule est excitée (stimulus mécanique, chimique ou électrique), la surface devient électronégative et l'intérieur électropositif : c'est la dépolarisation.

La différence de potentiel entre la surface et l'intérieur de la cellule passe de - 90 mV à + 30 mV.

Ce changement de polarité est très rapide, de l'ordre de la milliseconde et correspond à la phase 0 du potentiel d'action.

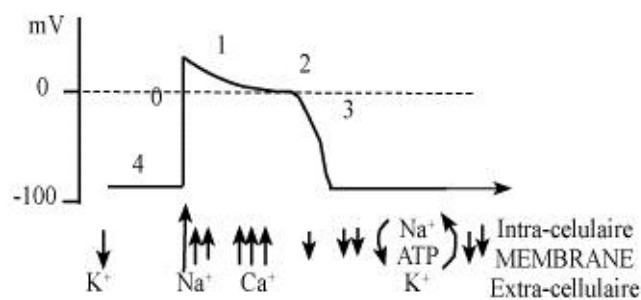
- Lors de la phase 0 de dépolarisation, la membrane devient très perméable au sodium qui pénètre dans la cellule. Il y a donc un brusque mouvement d'ions responsable des variations de potentiel qui sont enregistrées par l'électrocardiogramme.

Puis se succèdent (Figure 2) :

- La phase 1 de repolarisation initiale.
- La phase 2 de dépolarisation maintenue ou plateau durant laquelle le calcium ( $\text{Ca}^+$ ) entre dans la cellule et le potassium sort.
- La phase 3 de repolarisation. La cellule redevient positive à l'extérieur, négative à l'intérieur. Le sodium et le calcium ressortent.

- La phase 4 est une phase de polarisation stable pendant laquelle une pompe sous la dépendance de l'ATPase membranaire rétablit la concentration de potassium intracellulaire aboutissant à une grande quantité de  $K^+$  et peu de  $Na^+$  dans la cellule.

L'ensemble de ces phases constitue le potentiel d'action permettant la contraction de la cellule.



**Figure 2. Les phases du potentiel d'action cardiaque (d'après S. Sharshar [23])**

### ***b) La dépolarisation cardiaque***

La dépolarisation cellulaire cardiaque désigne les brusques mouvements ioniques transmembranaires se transmettant de cellule à cellule et qui ont pour conséquence de permettre la contraction.

A un instant donné de la dépolarisation myocardique, il existe des zones électronegatives (fibres dépolarisées) et des zones électropositives (fibres encore à l'état de repos). Ces charges électriques constituent des dipôles.

La somme vectorielle de ces dipôles donne un vecteur résultant instantané dont la direction, le sens et l'amplitude permettent d'expliquer la morphologie des différents accidents de l'ECG (onde P, complexe QRS et onde T) dans les différentes dérivations.

Par convention, lorsque ce vecteur se dirige vers l'électrode exploratrice, une déflexion « positive » s'inscrit. Inversement, lorsque ce vecteur fuit l'électrode exploratrice, une



déflexion « négative » s'inscrit. Un vecteur orienté perpendiculairement à l'électrode exploratrice donne une déflexion iso-diphasique (déflexions de même amplitude et de polarité inversée : -/+ ou +/-) ou nulle.

La succession de l'ensemble des vecteurs instantanés permet la construction de l'ECG dont la morphologie se répète à chaque battement cardiaque et sera analysée sur un système précis de dérivations.

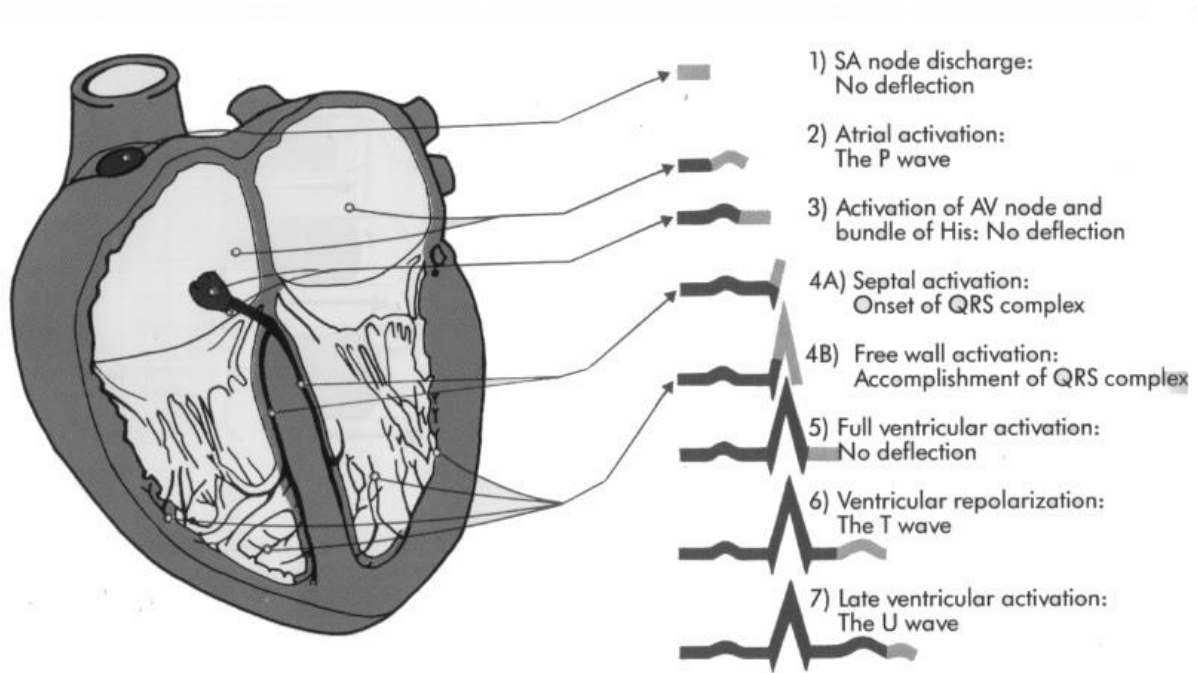
### ***c) Séquence d'activation cardiaque***

La dépolarisation cardiaque prend naissance dans le nœud sinusal de Keith et Flack (Figure 3) situé à l'abouchement de la veine cave supérieure dans l'oreillette droite et se propage selon une direction déterminée : nœud sinusal, myocarde auriculaire, nœud auriculo-ventriculaire d'Aschoff-tawara, faisceau de His et ses branches gauche et droite.

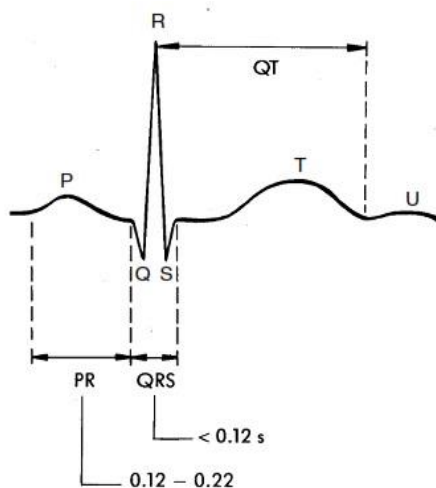
Après le passage nodo-hissien, débute la dépolarisation ventriculaire au niveau du septum. Ce dernier est d'abord dépolarisé au niveau du réseau sous-endocardique de Purkinje gauche, pour se poursuivre vers le réseau sous-endocardique droit.

La dépolarisation gagne ensuite le myocarde ventriculaire. Les deux ventricules se dépolarisent simultanément.

Ainsi se succèdent sur le tracé la dépolarisation auriculaire (onde P), la dépolarisation ventriculaire (complexe QRS), puis la repolarisation ventriculaire (onde T, onde U) (Figure 4).



**Figure 3. Les voies de conduction intracardiaque [24]**



Onde P : courbe de dépolarisation auriculaire

Complexe QRS : courbe de dépolarisation ventriculaire

Onde T : courbe de repolarisation ventriculaire

PR et ST : intervalles entre les courbes de chaque cycle

**Figure 4. La séquence d'activation cardiaque [25]**

#### **d) Les dérivations**

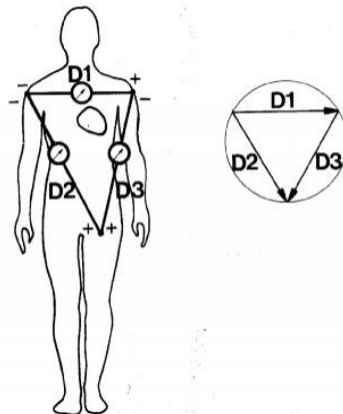
On utilise pour faire un ECG les 12 dérivations de base, 6 dérivations sur le plan frontal (les dérivations des membres) et 6 dérivations sur le plan horizontal (les dérivations précordiales).

## (1) Les dérivations sur le plan frontal

Les 3 électrodes bipolaires sont dénommées DI, DII et DIII (Figure 5). Elles sont placées à la face interne des poignets et des chevilles. Elles explorent l'activité électrique cardiaque dans un plan frontal.

- DI : entre le bras droit (-) et le bras gauche (+).
- DII : entre le bras droit (-) et la jambe gauche (+).
- DIII : entre le bras gauche (-) et la jambe gauche (+).

Les trois lignes de dérivation forment le côté d'un triangle équilatéral : le triangle d'Einthoven dont le centre est occupé par le cœur.



**Figure 5. Les dérivations bipolaires (d'après le CNEC [26])**

Les 3 électrodes unipolaires sont dénommées aVR, aVL et aVF (a = augmented, R = right, L = left, F = foot) (Figure 6) et explorent le champ électrique cardiaque dans un plan frontal.

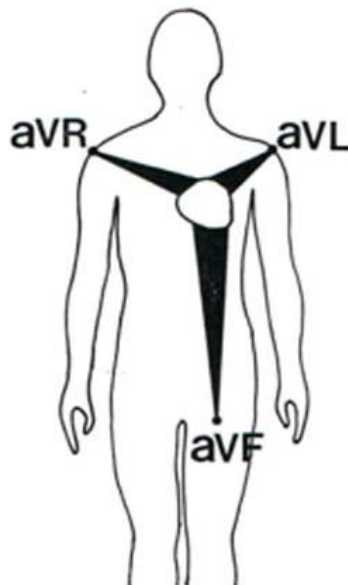
L'électrode exploratrice positive est l'un des membres, l'autre étant relié à une borne centrale de potentiel nul (borne centrale de Wilson).

Pour obtenir un tracé d'amplitude similaire aux trois dérivations bipolaires, il faut les amplifier.

D'où leur dénomination :

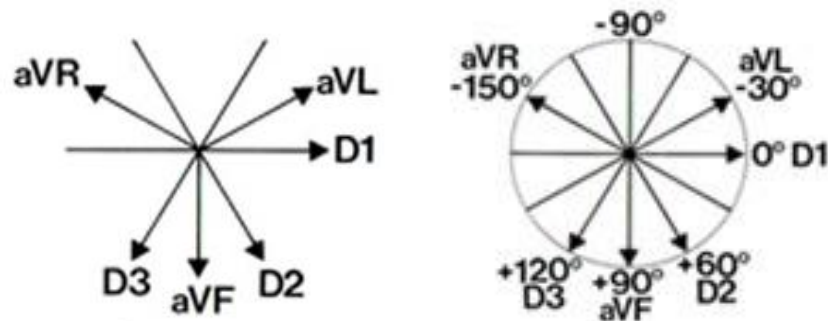
- aVR (« augmented Voltage Right arm ») entre le bras droit et la borne centrale
- aVL (« augmented Voltage Left arm ») entre le bras gauche et la borne centrale
- aVF (« augmented Voltage Foot ») entre la jambe gauche et la borne centrale

La ligne de ces trois dérivations passe par un sommet du triangle d'Einthoven et par le centre.



**Figure 6. Les dérivations unipolaires (d'après le CNEC [27])**

Ces six dériviatives étant dans le même plan frontal, la translation de leur axe au centre du triangle d'Einthoven permet de construire un système de coordonnées qui est utile au calcul de l'axe du vecteur d'activation dans le plan frontal (Figure 7).



**Figure 7. Le double triaxe de Bailey (d'après le CNEC [28])**

## (2) Les dériviatives sur le plan horizontal

Ce sont 6 dériviatives monopolaires précordiales : V1 à V6 (Figure 8)

Elles explorent l'activité électrique cardiaque dans un plan horizontal.

- V1 : 4ème espace intercostal droit au bord droit du sternum.
- V2 : 4ème espace intercostal gauche au bord gauche du sternum.
- V3 : à mi-distance entre V2-V4.
- V4 : 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne médio-claviculaire.
- V5 : sur la ligne axillaire antérieure à « l'horizontale » de V4.
- V6 : sur la ligne axillaire moyenne à « l'horizontale » de V4.

D'autres dériviatives précordiales sont parfois ajoutées pour des enregistrements spécifiques :

- V3R et V4R sont les symétriques à droite de V3 et V4.

- V7, V8, V9, sont placées sur la même « horizontale » que V4, respectivement la ligne axillaire postérieure, sous la pointe de la scapula, au bord gauche du rachis.
- VE (épigastrique) : pointe du processus xiphoïde.

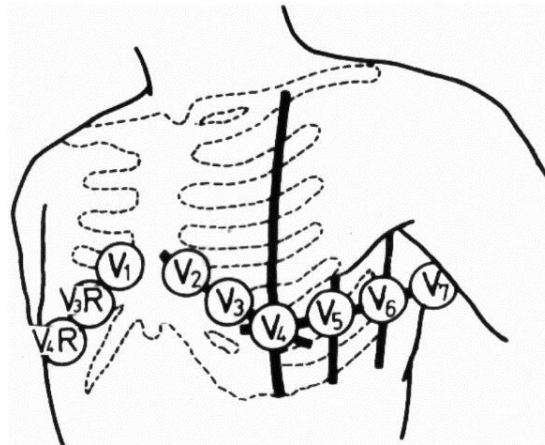


Figure 8. Localisation des précordiales (d'après le CNEC [28])

## C. Revue de la littérature, des études Françaises, sur l'ECG en Médecine Générale de 1998 à 2015

### 1. Indicateurs retrouvés

Cette section décrit les indicateurs recensés dans ci-dessous :

#### **a) Effectifs d'inclusion et lieu d'études**

La plupart des études sont régionales avec des effectifs d'inclusion variant de 32 médecins (Thielen et al. [29]) à 429 médecins (Ottogali et al. [30]).

La seule thèse nationale (Cretallaz et al. [15]) en 2015 avait un effectif de 684 médecins.

**b) Profil des praticiens**

D'après les études [30–33], la moyenne d'âge des praticiens est de 50 ans.

Concernant le sexe des praticiens, en moyenne il y a 29 % de femme et 71 % d'homme [30,32–43].

Les études françaises ont dans l'ensemble un profil de recrutement semi-rural [15,30,41,43].

La seule thèse nationale [15], avait comme profil, 21 % d'exercice rural, 45 % en semi rural et 34 % en milieu urbain.

**c) Modalités d'exercice**

Le mode d'exercice en groupe est privilégié par environ 57 % des médecins généralistes libéraux d'après les études [15,30,33,38,40–43].

Le pourcentage de médecins effectuant des gardes ou astreintes varie selon les thèses allant de 52 % selon Rivaux et al. [39] jusqu'à de 89,8 % d'après Taphanel et al. [43].

**d) Orientation ou discipline complémentaire particulière**

On note qu'en moyenne 50 % des médecins ont une orientation ou discipline particulière [30,42].

Parmi eux, environ 26 % ont une capacité ou DESC de Médecine du sport, 10 % un DESC d'urgence ou CAMU et 21 % ont une autre pratique [30,32,39,41,42].

**e) Distance approximative au service d'urgence et au cabinet de cardiologie le plus proche**

La majorité des médecins généralistes sont à moins de 10 km d'un hôpital ou centre d'urgence [30,34,35,37–39,41,42].

Dans le travail de Rivaux et al. [39], la distance approximative au cabinet de cardiologie le plus proche est de 6 km contre 17,5 km dans le travail d'Ottogali et al. [30].

#### ***f) Formation à la lecture des ECG***

D'après Faure et al. [38] qui interroge les médecins sur leur type de formation à la lecture de l'ECG, 90 % ont une formation universitaire ou par stage hospitalier, 6 % par formation continue, 44 % par livre et 25 % sur internet.

Morin et al. [41] note que 66 % des médecins généralistes trouvent ne pas être suffisamment formés à la lecture et l'interprétation des ECG.

#### ***g) Taux de possession d'électrocardiographe***

Le taux de possession d'électrocardiographe varie entre 19 % [33] et 93 % [32] avec une moyenne de 63,8 %.

#### ***h) Facteurs limitant l'acquisition d'un électrocardiographe***

Dans ces études, les médecins interrogés ont évoqué comme obstacles à l'utilisation de l'ECG en médecine générale :

- le manque de temps et l'aspect chronophage
- le manque de formation et le doute en l'interprétation de l'ECG
- le risque médico-légal avec la peur de poursuite judiciaire en cas d'erreur d'interprétation
- la proximité et la disponibilité des spécialistes
- le coût d'acquisition et d'entretien élevé
- la rentabilité de l'acte insuffisante
- les pompiers ou SAMU rapidement disponibles



- des indications peu fréquentes dans la pratique
- l'absence d'intérêt diagnostique

***i) Les recours des médecins généralistes non équipés en cas de besoin urgent et non urgent d'ECG***

D'après Cretallaz et al. [15], en cas de besoin urgent d'ECG, 62 % des praticiens adressent le patient aux urgences et en cas de besoin non urgent, ils adressent le patient dans 99 % des cas au cardiologue.

***j) Le type d'appareil ECG utilisé par les médecins généralistes***

Cretallaz et al. [15] notent que 76 % des médecins généralistes utilisent un appareil ECG analogique.

***k) La fréquence d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes***

Dans les études [15,38,40,41], la fréquence d'utilisation de l'ECG se répartit de la manière suivante : >1 ECG/Jour : 4 %, >1 ECG/Semaine : 42 %, >1 ECG/Mois : 33 %, >1 ECG/An : 21 %.

La moyenne d'utilisation est de 4.4 ECG/mois pour Taphanel et al. [43].

***l) La télétransmission des ECG chez les médecins généralistes***

D'après les études [15,30,31,33,40,42], en moyenne, 53 % des médecins généralistes n'utilisent pas de réseau de télétransmission d'ECG.

Le moyen de transmission d'ECG le plus utilisé est le fax [15,40,42].

***m) Les indications d'utilisation de l'électrocardiogramme chez les médecins généralistes***

Dans les études [15,40–42], les indications d'utilisation de l'ECG chez les médecins généralistes sont les suivantes :

- Bilans initiaux de pathologies et suivi chronique de pathologies (diabète, hypertension artérielle, pathologie cardiaque, pathologie vasculaire, facteurs de risques cardio-vasculaires, pathologie métabolique...)
- Instauration de thérapeutique
- Certificat de non contre-indication au sport
- Symptômes du patient (troubles ioniques, douleur thoracique, dyspnée, palpitation, trouble du rythme, lipothymie, syncope, malaise, autres)
- ECG de référence du patient

***n) Les moyens d'interprétations du tracé ECG***

Dans les études, la règle ECG et l'analyse automatique sont les deux moyens les plus cités dans l'interprétation du tracé ECG [32,41].

***o) Possession d'un ECG avec interprétation automatisée***

D'après les études [15,30,39,40,43], en moyenne 52 % des appareils sont équipés de logiciel d'interprétation automatisée.

***p) Utilisation et confiance en l'interprétation automatisée***

Dans l'étude de Taphanel et al. [43], un item relève que 10.6 % des médecins généralistes ne se servent pas de l'interprétation automatisée, 36.4 % s'en inspirent et 13.4 % s'y réfèrent.

Selon Cretallaz et al. [15], 6 % des médecins généralistes ont foi à 100 % en l'interprétation automatisée.

Il note également que 65 % des médecins généralistes ont foi dans le diagnostic automatisé d'ECG normal, contre 26 % pour le diagnostic trouble du rythme et 21 % celui d'ischémie aiguë.

## **D. Le point de vue des cardiologues**

La thèse de TRINH et al. [44], effectuée dans le département du Val de Marne9 démontre que 66,7 % des cardiologues pensent que le médecin généraliste équipé d'un électrocardiographe est une aide précieuse contre 11 % qui les assimilent à de la concurrence. Ils sont 55,6 % à penser que la fréquence d'utilisation de l'ECG est trop faible et 66,7 % pensent que la qualité d'interprétation du médecin généraliste est fiable et que les tracés effectués leurs sont utiles.

## **E. Equipement du cabinet de médecine générale**

### **1. Aspects réglementaires**

Le praticien est le seul arbitre quant au choix de posséder ou non des outils de diagnostic et de son niveau d'équipement.

Aujourd'hui, l'aspect médico-légal est une préoccupation quotidienne du médecin.

D'après les études [15,29], la peur de poursuite judiciaire pour faute dans l'interprétation d'un ECG est classée dans les 3 principaux facteurs limitant l'équipement en électrocardiographe.

D'après Thoreson et al. [37], le risque judiciaire est la cinquième raison de non acquisition de l'électrocardiographe.

Cependant, le risque de condamnation en raison d'une erreur d'interprétation d'ECG est difficile à évaluer mais un médecin peut être poursuivi si l'on estime qu'il a failli à son obligation de moyen devant la non réalisation d'un ECG.

## 2. Types d'appareils existants

Il existe un grand nombre d'appareils à électrocardiogramme en vente à destination des professionnels de santé. Le nombre de pistes peut varier entre 1, 3, 6 et 12 pistes.

- **ECG fixe** à usage exclusif au cabinet.
- **ECG portatif** pour les visites à domicile.
- **ECG analogique** à impression papier uniquement.
- **ECG numérique.** Ils sont conçus pour ne plus imprimer systématiquement les tracés. Ils sont parfois munis de connexions bluetooth, WiFi ou équipés d'une carte SIM et permettent de réaliser un ECG afin de le transférer sur un smartphone, une tablette ou un ordinateur pour l'archiver et éventuellement l'envoyer à un confrère.
- **ECG papier et numérique**
- **AliveCor ECG** (Figure 9) : dispositif ECG unidérivation qui fonctionne avec la coque d'un smartphone. Cette coque prise en mains (1 capteur sur main gauche, 1 capteur sur main droite) ou posée sur le thorax permet d'obtenir immédiatement le rythme cardiaque (tracé correspondant à la dérivation DI). Agréé par la FDA. Il ne fournit pas l'interprétation, mais les données peuvent être enregistrées dans l'appareil et/ou télétransmises immédiatement par email [45].



**Figure 9. AliveCor Mobile ECG (d'après Alivetec® [46])**

## **F. Coût et rentabilité**

Le prix d'un électrocardiographe est variable en fonction du nombre de pistes, de l'interprétation automatique et de la connectique présente.

### **1. Coût du matériel**

Le prix d'un appareil à ECG varie de 400 euros pour les appareils basiques à plus de 5000 euros pour les plus perfectionnés. L'utilisation de l'électrocardiogramme nécessite l'achat de consommable comme des électrodes ou des ventouses, des pinces, du gel et papier à ECG : (fourchettes de prix selon [www.robe.fr](http://www.robe.fr) et [www.distrimed.com](http://www.distrimed.com))

Electrocardiographes : Les prix varient pour un appareil ECG 1 piste de 411 € à 5090 € pour un ECG 12 pistes. Le prix d'un appareil type AliveCor ECG est de 85 €.

Electrodes et accessoires : Il existe des ceintures ECG (Figure 10) dont le prix varie de 445 € à 499 €. Elles remplacent les électrodes précordiales traditionnelles. Elles permettent un examen ECG rapide et fiable et se mettent en place en quelques secondes.



**Figure 10. Ceinture d'électrodes ECG standard avec sangles**

Les électrodes ECG à usage unique coûtent de 0,13 € à 0,31 € par électrodes soit 1,3 € à 3 € pour la réalisation d'un tracé. Le prix moyen d'une ventouse est de 7 € et celui d'une pince est de 8 €.

Consommables pour ECG : Le gel pour ECG coûte 2 € pour 250 ml et le prix d'un rouleau de papier pour ECG est de 3,5 € environ.

## **2. Fiscalité**

L'achat d'un appareil à ECG et des accessoires nécessaires à la réalisation d'un tracé (papier à ECG, électrodes, gel, ceinture à ECG) peut être intégré aux frais professionnels annuels et donc déductible des impôts.

## **3. Cotation et tarifs en médecine : CCAM**

D'après la CCAM (Classification Commune des Actes Médicaux), la facturation d'un électrocardiogramme est la suivante :

Électrocardiographie sur au moins 12 dérivations

Code : DEQP003

Tarif : Pour les médecins de secteur 2, la cotation DEQP003 est minorée à 13,52 € au lieu de 14,26 €.

Supplément pour électrocardiographie réalisée au domicile du patient

Code : YYYY490

Tarif : 9,60 €

La cotation « DEQP003 » peut être ajoutée à la consultation « C » ou à la visite « V » et majorée si pratiquée en garde ou le week-end par exemple.

- Tarif et cotation de l'ECG en consultation : CS + DEQP003
  - En métropole : 23,00 € + 14,26 € = 37,26 €
  - Aux Antilles : 25,30 € + 14,40 € = 39,37 €
  - Réunion / Guyanne : 27,30 € + 14,40 € = 41,70 €
- Tarif et cotation de l'ECG en visite : V(S) + DEQP003 + YYYY490
  - En métropole : 23,00 € + 14,26 € + 9,60 € = 46,86 €
  - Aux Antilles : 25,30 € + 14,40 € + 9,70 € = 49,40 €
  - Réunion / Guyanne : 27,30 € + 14,40 € + 9,70 € = 51,40 €

Variante : Si l'ECG est réalisé avec un acte d'urgence (YYYY010 de 48 €), sa cotation est la même mais le tarif est de 6,76 € (DEQP003 /2).

## **G. Télémédecine et interprétation à distance**

La télémédecine permet d'avoir un avis et une conduite à tenir par l'échange d'informations afin d'améliorer la qualité des soins délivrés notamment lorsqu'un plateau technique est éloigné ou insuffisant. Par exemple, Télé-AVC où 24h/24 un

neurologue et un radiologue de garde donnent un avis à distance aux urgentistes de centre hospitalier demandeurs. En cas de suspicion d'AVC, grâce à la transmission des résultats d'examens, le neurologue décide ou non à distance de la réalisation d'une thrombolyse réalisée par un urgentiste sur le site d'accueil du patient.

La télémédecine en termes d'ECG est actuellement en développement et plusieurs sociétés proposent des appareils dont l'enregistrement est directement envoyé dans un centre pour interprétation. Ce dispositif est déjà utilisé par certains SMUR, dans des EHPAD, par des médecins du travail, dans des refuges de haute-montagne, et même dans certains avions.

## **1. Exemple d'ECG avec télétransmission**

### ***a) L'appareil HeartView® de CARDIATEL (Figure 11)***

C'est un boîtier portable auquel sont reliées trois électrodes permettant d'enregistrer un tracé sans le visualiser. Il faut le poser sur la poitrine du patient puis il est mis en contact avec un téléphone et les informations sont transmises à un centre de lecture à distance où il est lu et interprété par un cardiologue. Le médecin reçoit ensuite le tracé et l'interprétation par fax, courriel ou téléphone. L'abonnement est de 119 €/mois.





Figure 11. HeartView® de CARDIATEL [47]

**b) Télécardia® de PARYS**

Il s'agit d'un ECG numérique portable à 12 dérivations (Figure 12). Il comporte des électrodes thoraciques fixes qui ne nécessitent pas l'utilisation de consommables.

L'enregistrement dure 15 secondes environ.

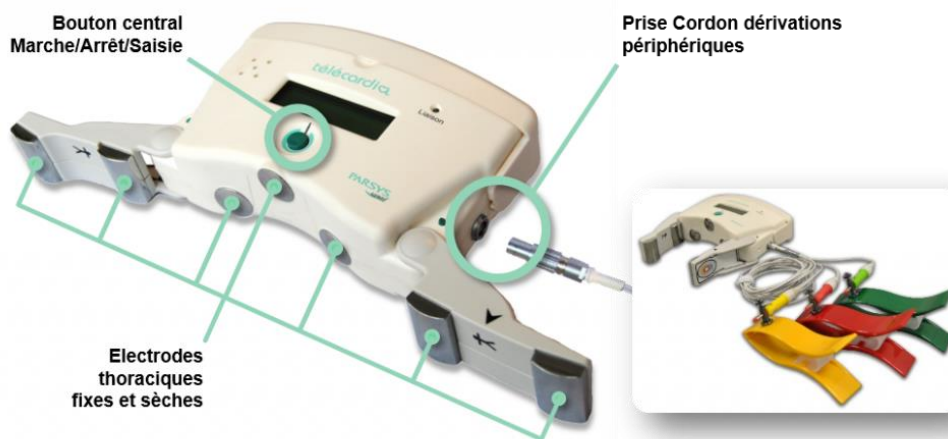


Figure 12. Télécardia® de PARYS [48]

**c) Station de Télémedecine®**

Elle intègre un ECG, un oxymètre de pouls, un tensiomètre, une tablette tactile et une caméra (Figure 13). Elle pèse 6kg et permet l'acquisition puis la transmission du tracé

sur une tablette, ou un smartphone via une connexion bluetooth. Les données peuvent être transmises à un centre de relecture et d'interprétation, au SAMU ou à un cardiologue via une liaison Internet, GPRS ou satellitaire.



**Figure 13. Station de Télémédecine© [49]**

## 2. Les moyens de télétransmission

L'interprétation à distance via un réseau d'interprétation est cependant plus répandue que la télémédecine. De nombreux systèmes de transmission des ECG existent allant d'une gratuité de service à un service payant, sécurisé ou non sécurisé.

### a) Messageries non sécurisées

#### (1) Le fax

Le fax est encore le moyen le plus utilisé pour la télétransmission des ECG.

D'après Cretallaz et al. [15], le moyen d'aide à l'interprétation le plus utilisé était le fax/scanner pour 88 % des praticiens.

D'après Giard et al. [40], qui a étudié l'interprétation à distance des ECG chez les médecins généralistes des pays de la Loire, le système de transmission le plus utilisé est le fax (86 %) et le destinataire privilégié est le cardiologue correspondant (88 %). Seuls 6 médecins (8 %) utilisent les plates-formes d'interprétation à distance payantes.

D'après Jamet et al. [42], qui a réalisé son étude via un audit de pratiques à l'aide de deux questionnaires auto-administrés, auprès des médecins généralistes libéraux creusois, des urgentistes du Centre Hospitalier de Guéret et des cardiologues de la Creuse, 47,50 % des médecins généralistes possédant un électrocardiographe ont déjà réalisé des télétransmissions avec les urgentistes ou les cardiologues de manière non officielle et le moyen le plus souvent utilisé est le fax avec 63,16 % des réponses.

## (2) Les messageries électroniques non sécurisées

Les messageries « grand public » comme Gmail, Hotmail, etc.

### **b) Messageries sécurisées**

#### (1) Apycript

C'est le leader de la messagerie sécurisée avec 45 000 adhérents environ. Elle a pour objectif de faire communiquer entre eux les médecins, établissements de soins ou laboratoires par une messagerie électronique tout en préservant par un cryptage de haut niveau la confidentialité des informations transmises. Elle s'intègre à la quasi-totalité des logiciels médicaux. La cotisation annuelle s'élève à 72 €.

#### (2) MSSanté

C'est un service de messagerie sécurisée gratuit proposé par l'ASIPSanté (Agence des Systèmes d'Informations Partagés de Santé). Elle permet uniquement un échange entre les professionnels de santé possédant une messagerie sécurisée. Toute

messagerie professionnelle de santé peut devenir « MSSanté-compatible » (Apicrypt, Sermentis...).

(3) Messagerie sécurisée via un logiciel métier

Exemple : MMS, HellodocMail, DocteurNet, AxiMessage.

## H. Analyse automatique

De nombreux travaux ont été réalisés afin d'étudier la fiabilité des interprétations automatiques et l'exactitude de l'interprétation peut atteindre 80 % pour les programmes informatiques les plus performants [9–13].

Les erreurs liées à l'interprétation automatique concernent le plus souvent les troubles du rythme, avec de nombreux faux positifs notamment dans la fibrillation atriale [16–21].

Cependant, les études montrent que les médecins généralistes possèdent une spécificité d'interprétation d'ECG supérieure à l'interprétation automatique donc moins de faux positifs mais l'interprétation des médecins généralistes est moins sensible que l'interprétation automatique [14,50,51].

Dans le travail de Cretallaz et al. [15], parmi les 61 % de médecins possédant une interprétation automatique, 65 % des médecins généralistes ont foi en l'interprétation «ECG normal» et 26 % dans l'interprétation «trouble du rythme».

De plus, les études démontrent que lorsque l'interprétation automatique proposée est erronée, cela affecte le jugement du praticien [52,53].

Donc aujourd'hui, l'analyse automatique est un outil d'aide au diagnostic qui permet un gain de temps dans l'analyse [17,54,55] pour le médecin. Mais elle ne doit pas se substituer à une interprétation humaine [16,56].

## **I. Formation**

Le doute en l'interprétation de l'ECG est très régulièrement retrouvé dans les 3 premiers facteurs limitant la possession d'ECG [32,36–41]. D'après Cretallaz et al. [15], le manque de formation est le facteur limitant principal de l'équipement en électrocardiographe auprès des médecins généralistes libéraux non équipés (52 %).

D'après la littérature scientifique internationale, pour ACC/AHA [16], il faut interpréter au minimum 500 ECG avec un spécialiste pour pouvoir être autonome à l'interprétation d'un ECG. De plus, pour maintenir ses connaissances il faudrait en interpréter 100 ECG/an. Selon Froom et al. [57], une formation initiale théorique de 12h permettrait d'interpréter 96,5 % des ECG.

### **1. Enseignement universitaire**

L'interprétation des électrocardiogrammes est l'un des objectifs de l'enseignement en cardiologie. Il fait l'objet d'un item pour l'Examen Classant National (ECN) et est donc censée être un acquis à la fin de la 6e année d'étude et au début de l'internat.

Cependant, la formation universitaire en France est variable d'une faculté à l'autre. L'étudiant bénéficie d'une formation théorique en amphithéâtre lors de cours magistraux puis d'un enseignement sur des cas cliniques en groupes de travail dirigés.

L'acquisition de l'interprétation se fait également lors des stages hospitaliers, durant l'externat et l'internat notamment en cardiologie et aux urgences sous la supervision d'un sénior.

Pour les cardiologues, il existe un Diplôme Inter Universitaire de Rythmologie et de Stimulation cardiaque sur 2 ans. Cependant, il n'existe pas de Diplôme Universitaire pour les médecins généralistes.

## 2. Livres

La formation à la lecture et interprétation des ECG est possible via la lecture d'ouvrages par exemple : Lecture accélérée de l'ECG [58], ECG de Poche [59], Guide complet de l'ECG [60], Guide pratique ECG [61], La pratique de l'ECG [62], L'ECG facile [63], Maîtriser l'ECG, De la théorie à la clinique [64]

## 3. Sites internet

La formation à la lecture et interprétation des ECG est également possible sur des sites internet, par exemple :

- Site de formation à la lecture de l'ElectroCardioGramme par le Dr TABOULET : [www.e-cardiogram.com/index.php](http://www.e-cardiogram.com/index.php)
- Faculté de Paris ouest : [www.pifo.uvsq.fr/pedagogie/cardio/cardio.htm](http://www.pifo.uvsq.fr/pedagogie/cardio/cardio.htm)
- Site Urgences Online : [www.urgences-serveur.fr/-ecg,120-.html](http://www.urgences-serveur.fr/-ecg,120-.html)
- Apprendre l'électrocardiogramme par le Dr SENDE : [www.ednes.com/ecg/](http://www.ednes.com/ecg/)
- Learning ECG a pour vocation de sensibiliser et d'approfondir les connaissances en matière d'ECG : [www.learning-rythmo.com/](http://www.learning-rythmo.com/)
- Un site de l'université de Grenoble : [www.sante.ujf-grenoble.fr/sante/alpesmed/ecg/cmathese/accueil.html](http://www.sante.ujf-grenoble.fr/sante/alpesmed/ecg/cmathese/accueil.html)

#### 4. Formation continue

La formation continue permet aux praticiens de se former après le cursus universitaire :

- **La Fédération Française de Santé au Travail** propose une formation en deux sessions, pour les médecins du travail et pour les médecins généralistes. La première session propose des rappels et mise à jour des connaissances et la seconde permet une mise en situation dans laquelle les exercices de lecture de tracés ECG sont intégrés à la clinique avec proposition de conduites à tenir :

[www.coeur-et-travail.com/02.php](http://www.coeur-et-travail.com/02.php)

- **L'université Claude Bernard de Lyon 1** propose une formation payante de 600€ sur 3 demi-journées intitulée «Lecture et interprétation de l'électrocardiogramme normal et pathologique» :

[www.troublesdurythmecardiaque.fr/](http://www.troublesdurythmecardiaque.fr/)

- Des associations de médecins libéraux proposent des formations comme l'association pour la formation des médecins libéraux ou la société de formation thérapeutique du généraliste.

# Article en anglais

## Primary care physicians' and cardiologists' perceptions of computerized electrocardiogram interpretation

### A. Abstract

#### 1. Introduction

Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide. Cardiovascular risk factors are the second most common reason for consultation with primary care physicians (PCPs) in France. For those physicians, interpreting ECGs may be a problem. However, PCPs can perform and interpret ECGs irrespectively from their post-graduate certifications. Artificial intelligence enabled to equip ECG devices with automated interpretation. To our knowledge, no study investigated specifically the way physicians consider and use the computerized ECG interpretation. The aim of this study is to determine the attitude of French PCPs and cardiologists towards computerized ECG interpretation using a postal questionnaire.

#### 2. Methods

Anonymous questionnaires were mailed in May 2016 to 282 primary care physicians and 140 cardiologists in France.

#### 3. Results

The response rate was 53.8 %, and 225 complete surveys were analyzed. Most respondents are male (69.3 %), the mean age is 52.6 years ( $\pm 12.5$  SD). Significant



differences between PCPs and cardiologists are observed for gender, region, practice location and setting, qualifications, distance from an emergency department, ECG-related trainings, self-perceived skills about ECG interpretation, and possession of an ECG device. The most important reason not to have an ECG device is an easy access to cardiologists or hospitals (71.2 %, CI95= [59.5;81.2]). Patients requiring an ECG in emergency are first and foremost routed to an emergency room by 91 % (CI95= [82.4;96.3]) of PCPs, and patients requiring a non-urgent ECG are first and foremost routed to a cardiologist by 93.5 % (CI95= [85.5;97.9]) of PCPs. The median number of ECGs performed per month was 7.4 for PCPs and 224.8 for cardiologists ( $p=0$ ). Overall, 54.8 % of devices were equipped with computerized interpreter.

Physician who have an ECG device are more likely men, in rural areas, with a private practice, with ECG-related diplomas, who work further from emergency rooms or cardiologists, and were trained for ECG interpretation. Only 57 % of them feel confident about their skills in interpreting ECGs.

Respondents indicated that 69.8 % (CI95= [0.54;0.83]) of PCPs first read the ECG and then the computerized interpretation, although this proportion falls to 52.8 % (CI95= [0.35;0.70]) for cardiologists and 38.9 % (CI95= [0.23;0.57]) of them even never look at the computerized interpretation.

PCPs found that the interpretation was more reliable than cardiologists did for atrial or ventricular hypertrophy ( $p=0.04$ ). For other pathologies, the difference was not statistically significant. PCPs and cardiologists thought the computerized interpretation was most reliable for conduction troubles and “normal ECG” statement, and was less reliable for other rhythm troubles as well as repolarization troubles.

#### **4. Conclusion**

The main concern of the authors of this study, is that the physicians who are less experienced with ECG interpretation, are also the ones who are more likely to trust the results of automated interpreter, whereas those interpreters are not 100 % reliable.

#### **5. Keywords**

Electrocardiogram, automated interpretation, confidence.

### **B. Introduction**

Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide, according to the World Health Organization: 17.5 million people died from cardiovascular diseases in 2012, representing 31 % of all global deaths. In particular, 7.4 million were due to coronary heart disease and 6.7 million were due to stroke [1]. In 2014, cardiovascular disease was the second largest cause of death in France and the third cause of death before the age of 65 after cancer, accounting for roughly 150,000 deaths each year [2].

In France, in 2014, cardiovascular risk factors were the second most common reason for consultation with primary care physicians (PCPs), representing 13 % of primary care consulting patterns [4]. Those risk factors include uncomplicated arterial hypertension (7 %), dyslipidemia (3.7 %), and diabetes (2.4 %) [4]. In addition, cardiovascular diseases represent 7.7 % of emergency visits at the PCP's office. This proportion rises up to 22.2 % after age 70 [5].

Since the introduction of the string galvanometer by Willem Einthoven at the beginning of the 20th century, the electrocardiogram (ECG) became the most widely used procedure for the diagnosis of cardiovascular disorders, and notably to confirm or exclude myocardial infarction. Since the first attempt of computerized ECG

interpretation by Pipberger in the late 1950s [7], many advances in signal acquisition and diagnostic classification have been made. Currently, many electrocardiographs include a program that provides a computerized ECG interpretation. Many studies have evaluated such computer programs. Those studies use to present the sensitivity, the positive predictive value, or even the observed agreement, which is an intermediate computation for Cohen's Kappa coefficient, and shouldn't be provided as is [10,12,13,65]. As those metrics do not take into account the prevalence rate of some diseases, we fear that some practitioners may feel too confident with their device automated interpreter.

The demographic atlas of the French Medical Association accounts 50,576 independent PCPs and 6,163 cardiologists in France, with a mean age of 52 and 51 years, respectively [66]. Among family physicians, 94.4 % perform ECGs in the office in the USA [67]. They are only 62 % in France [68].

In France, many studies at a local level have evaluated the use of ECG in general practice. Rural practice and group practice are the key predictors of owning an electrocardiograph. The limiting factors of owning an electrocardiograph appear to be doubt in their ability to interpret an electrocardiogram, the time-consuming aspect and fear of legal proceedings for wrongful interpretation [15]. To our knowledge, no study investigated the way physicians consider and use the computerized ECG interpretation.

The aim of this study is to determine the attitude of French PCPs and cardiologists towards computerized ECG interpretation using a postal questionnaire.

## **C. Methods**

### **1. Participants and procedure**

We obtained the 2016 French health professionals registry (RPPS) [69], which registers all physicians in France, and includes name and specialty. We randomly draw 600 PCPs and 200 cardiologists. Retired physicians, military physicians, PCPs who only practicing alternative medicine (e.g. homeopathy or acupuncture), salaried physicians, and physicians who were practicing in the French overseas departments and territories were excluded, as well as physicians whose postal address could not be retrieved. A questionnaire was then sent to 282 PCPs and 140 cardiologists, accounting for 0.32 % of all primary care physicians and 2.27 % of all cardiologists in France (Figure 1). The survey was completed anonymously.

### **2. Questionnaire**

A questionnaire was developed based on a review of the current literature. It was designed to be self-administered, and to assess beliefs towards computerized ECG interpretation, as well as to ascertain use of this diagnostic tool. It took approximately 3 minutes to complete. The questionnaire was then improved on the basis of feedback from 2 academic public health physicians and pilot testing in 2 cardiologists and 3 primary care physicians.

The final questionnaire consisted of 4 sections. The first section included questions regarding the participants' training in interpreting ECGs, self-perceived skills in ECG interpretation, distance from the nearest emergency department, practice type, and demographic information. The second section was addressed to participants who did not have any electrocardiograph and asked participants to indicate if they formerly used

to possess an electrocardiograph, the limiting factors of owning an electrocardiograph, and how they handled the need to perform an ECG. The third section focused on participants' practices regarding the type of electrocardiograph they had, how often they used it, if they used a support network for the interpretation of ECGs, and the medical causes to use it. The final section asked participants to indicate if they had a computerized ECG analysis, how often they used it, and their confidence towards the computerized ECG interpretation.

The questionnaire included multiple-choice items and 5-point Likert scale items that ranged from "strongly disagree" to "strongly agree" or from "not helpful at all" to "very helpful," with an option either of "no opinion" or "does not apply."

Each questionnaire was accompanied by a cover letter describing the study and a postage-paid reply envelope. The subjects were informed that all responses were anonymous and confidential, and had to return in the same time a waiver of informed consent.

### **3. Statistical analysis**

The random drawing and statistical analyses were performed using R statistical software, and R Studio [70,71]. Quantitative variables were described using the mean and standard deviation (SD) for symmetric distribution, and median and quartiles for skewed distributions. The 95 % confidence intervals (CI95) of means were computed using a Student law. Categorical variables were described using number and percentage, and a binomial law was used for computation of CI95.

In order to compare PCPs' and cardiologists' answers, we used  $\chi^2$  or Fisher's exact test for qualitative variables, Cochran–Armitage test for trend for ordered qualitative

variables, and t-test for quantitative variables. All tests were double-sided, and a  $p$  value lower than 0.05 was considered statistically significant.

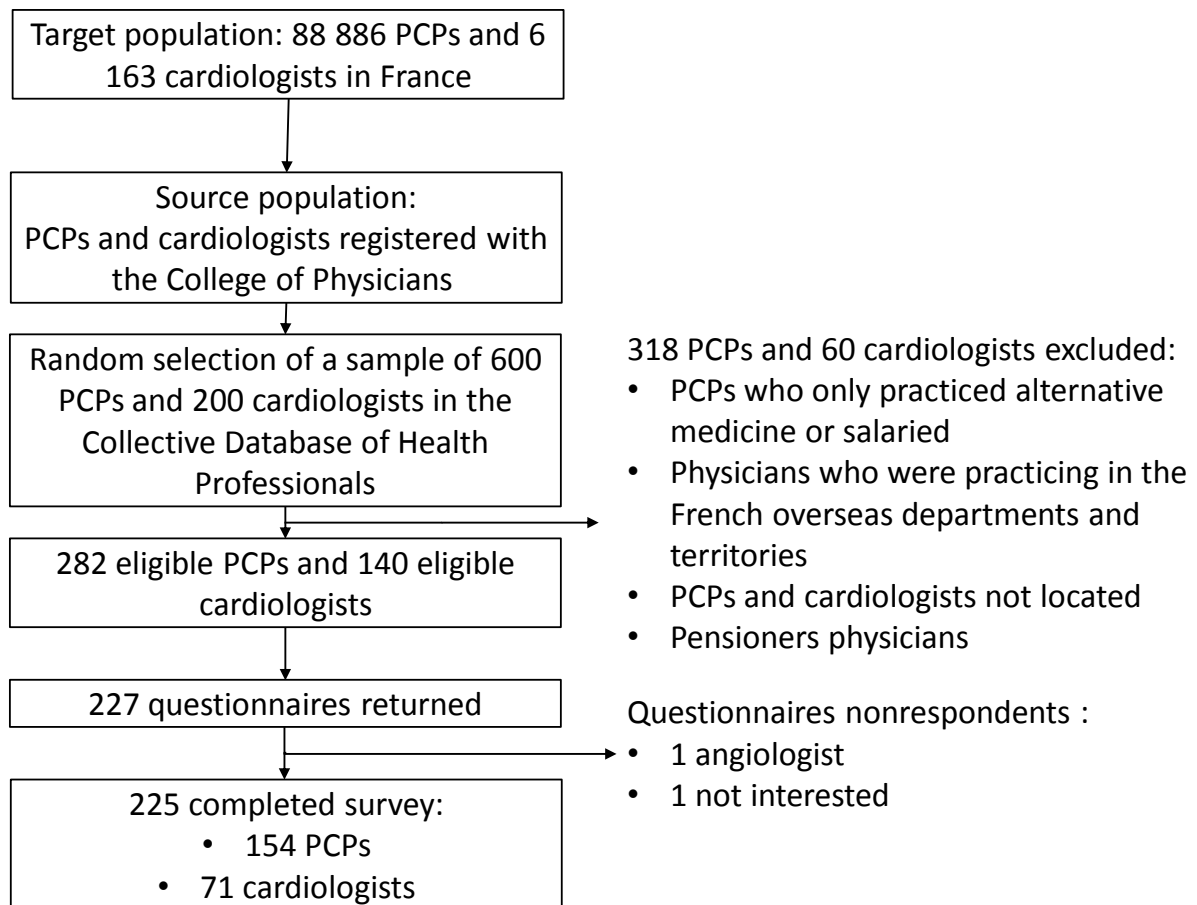
## **D. Results**

The response rate is 53.8 % (Figure 14), and does not significantly differ between PCPs and cardiologists ( $p=0.46$ ).

The demographics and baseline characteristics of respondents are shown in Table 1.

Most respondents are male (69.3 %), the mean age is 52.6 years ( $\pm 12.5$  SD).

Respondents and non-respondents are similar in terms of gender and region of the country. Significant differences between PCPs and cardiologists are observed for gender, region, practice location and setting, qualifications, distance from an emergency department, ECG-related trainings, self-perceived skills about ECG interpretation, and possession of an ECG device (Table 1).



**Figure 14. Flowchart of the primary care physicians and the cardiologists included in the sample (PCPs = primary care physicians)**

**Table 1. Descriptive characteristics of respondents**

	<b>PCPs</b>	<b>Cardiologists</b>	<b>P-value</b>
Age, mean (SD), years	51.9 (10.8)	54.1 (11.3)	0.171
Male, n (%)	96 (62.3)	60 (84.5)	<0.001
Practice region, n (%)			<0.001
Capital region	25 (16.2)	16 (22.9)	
Other regions	129 (83.8)	54 (77.1)	
Practice location, n (%)			0.003
Rural	29 (19)	6 (8.5)	
Semi-rural	44 (28.8)	11 (15.5)	
Urban	80 (52.3)	54 (76.1)	
Main practice setting, n (%)			<0.001
Private practice	45 (29.2)	20 (28.6)	
Medical home	17 (11)	2 (2.9)	
Group practice	88 (57.1)	27 (38.6)	
Other	4 (2.6)	21 (30)	
Qualifications, n (%)			
Heart rhythm university degree	0 (0)	14 (30.4)	<0.001
Emergency specialty	11 (14.1)	0 (0)	0.007
Sports medicine	18 (23.1)	6 (13)	0.240
Other	49 (62.8)	26 (56.5)	0.569
On-call duty, n (%)	85 (55.6)	40 (56.3)	1
Distance from the nearest, km, median [Q1,Q3]			
Emergency department	5 [2;15]	1 [0;5]	<0.001
Cardiology office	3 [1;10.5]	(not relevant)	
Training in interpreting ECGs, n (%)			
University degree	6 (4)	45 (68.1)	<0.001
School of medicine and hospital internships	139 (90.9)	41 (62.1)	<0.001
Training seminar	18 (11.8)	5 (7.6)	0.473
Books	38 (25)	8 (12.1)	0.046
Internet	10 (6.6)	6 (9.1)	0.574
Other	13 (8.6)	5 (7.6)	1
Self-perceived skills in ECG interpretation, n (%)	55 (36.7)	65 (94.2)	<0.001
ECG device in the office, n (%)	76 (49.4)	71 (100)	<0.001



The attitude of physicians who do not have an ECG device is reported in Table 2. It is worth noting that all cardiologists have an ECG device. The most important reason not to have an ECG device is an easy access to cardiologists or hospitals (71.2 %, CI95=[59.5;81.2]). Patients requiring an ECG in emergency are first and foremost routed to an emergency room by 91 % (CI95=[82.4;96.3]) of PCPs, and patients requiring a non-urgent ECG are first and foremost routed to a cardiologist by 93.5 % (CI95=[85.5;97.9]) of PCPs.

**Table 2. Reported attitude related to computerized ECG interpretation among physicians who did not have an ECG device in their office (100 % were PCPs)**

Item	Response: n (%)
Used to have an ECG machine in their office	21 (27.3)
Reasons for not having an ECG machine:	
High purchase and maintenance costs	20 (27.4)
Insufficient reliability of the procedure	14 (19.2)
Easy access to a cardiologist or to a hospital	52 (71.2)
Involvement of responsibility	31 (42.5)
No diagnostic interest	2 (2.7)
Time-consuming procedure	11 (15.1)
Difficulties in interpreting the ECG	32 (43.8)
Emergency services easily available	23 (31.5)
Rare indications in current practice	29 (39.7)
Other reason	3 (4.1)
Patients requiring urgently an ECG are referred to:	
The emergency department	71 (91)
A cardiologist	6 (7.7)
A PCP who has an ECG machine in his office	0 (0)
Other	1 (1.3)
Patient requiring an non-urgent ECG are referred to:	
The emergency department	1 (1.3)
A cardiologist	72 (93.5)
A PCP who has an ECG machine in his office	2 (2.6)
Other	2 (2.6)

Table 3 reports practices related to computerized ECG interpretation. The median number of ECGs performed per month was 7.4 for PCPs and 224.8 for cardiologists ( $p=0$ ). PCPs and cardiologists had significantly different characteristics of the number of leads, reasons to perform the ECG, and support used for the interpretation (Table 3). In total, 54.8 % of devices were equipped with computerized interpreter.

**Table 3. Reported practices related to computerized ECG interpretation among physicians who have an ECG machine in their office**

	PCPs	Cardiologists	<i>p</i> -value
Type of ECG machine, n (%)			0.062
Analog device	39 (61.9)	30 (46.2)	
AliveCor Mobile ECG	1 (1.6)	0 (0)	
Other digital ECG	23 (36.5)	35 (53.9)	
Number of leads, n (%)			0.005
<12 leads	17 (25.4)	4 (6)	
12 leads	50 (74.6)	59 (88)	
>12 leads	0 (0)	4 (6)	
Average number of uses per month, med [Q1;Q3]	5 [2;10]	200 [150;300]	<0.001
Reasons for performing an ECG, n (%)			
Baseline tests and monitoring abnormal conditions	34 (46.6)	67 (95.7)	<0.001
Baseline ECG	18 (24.7)	48 (68.6)	<0.001
Sports medical certificate	43 (58.9)	56 (80)	0.007
Before the introduction of a treatment	29 (39.7)	57 (81.4)	<0.001
Diagnosis / Presence of symptoms	67 (91.8)	61 (87.1)	0.421
Other reason	9 (12.3)	23 (32.9)	0.005
Use of the following aid for ECG interpretation, n (%)			
ECG ruler	37 (53.6)	60 (89.6)	<0.001
Internet	6 (8.7)	1 (1.5)	0.116
Book	14 (20.3)	2 (3)	0.002
Remote transmission	4 (5.8)	1 (1.5)	0.366
Automated measurements (e.g. intervals, frequencies)	35 (50.7)	32 (47.8)	0.735
ECG machine with automated computer analysis, n (%)	44 (58.7)	36 (50.7)	0.406
Support network for ECG interpretation, n (%)			<0.001
Via fax to a colleague	17 (23)	1 (1.5)	
Via a telemedicine network	4 (5.4)	0 (0)	
Via a paid service	0 (0)	0 (0)	
No support network	53 (71.6)	67 (98.5)	

Table 4 shows the most important result of this study. It shows that PCPs and cardiologists do not use the ECG devices on the same way: 69.8 % (CI95=[0.54;0.83]) of PCPs first read the ECG and then the computerized interpretation, although this proportion falls to 52.8 % (CI95=[0.35;0.70]) for cardiologists: 38.9 % (CI95=[0.23;0.57]) of them even never look at the computerized interpretation.

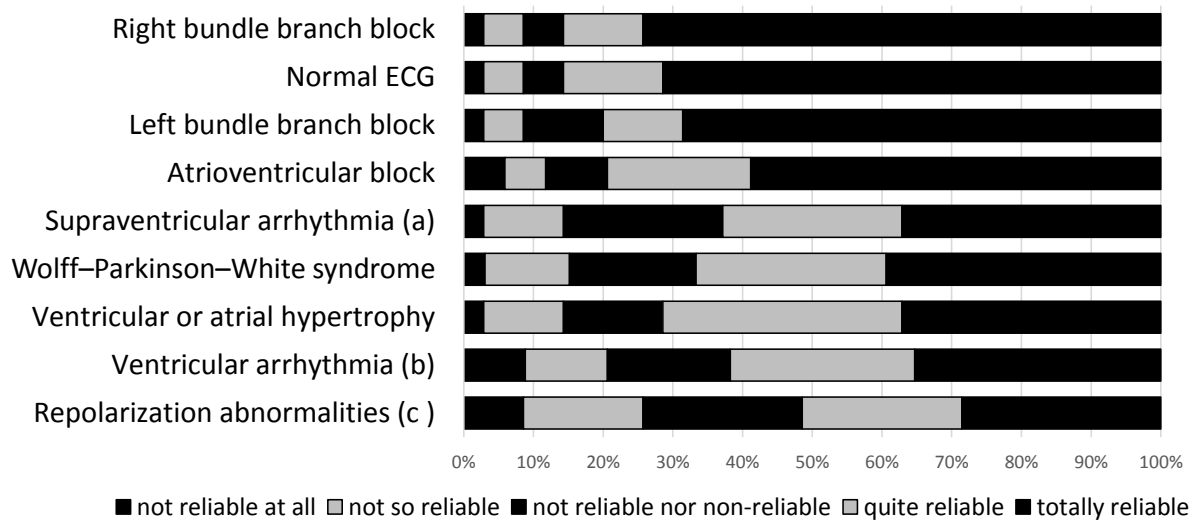
**Table 4. Use of computerized ECG interpretation (ECG-CI) overall and by physician speciality (P-value based on Fisher's Test <0.001)**

Attitude:	PCPs (n=43)		Cardiologists (n=36)	
	n (%)	CI95 %	n (%)	CI95 %
Never read the ECG, only read the ECG-CI	0 (0)	0 ; 0.08	0 (0)	0 ; 0.10
First read the ECG-CI, then read the ECG	12 (27.9)	0.15 ; 0.44	3 (8.3)	0.02 ; 0.22
First read the ECG, then read the ECG-CI	30 (69.8)	0.54 ; 0.83	19 (52.8)	0.35 ; 0.70
Never read the ECG-CI, only read the ECG	1 (2.3)	0.0006 ; 0.12	14 (38.9)	0.23 ; 0.57

Table 5 and Figure 15 displays the perceived reliability of each category of statements of computerized ECG interpretation. On that figure, “supraventricular arrhythmia” stands for supraventricular tachycardias, atrial flutter, atrial fibrillation, sinus tachycardia, supraventricular escape beat, sinus arrhythmia, premature supraventricular contraction. “Ventricular arrhythmia” stands for ventricular tachycardias, torsade de pointes, premature ventricular contraction, ventricular fibrillation, accelerated idioventricular rhythm, ventricular escape beat. “Repolarization abnormalities” stands for myocardial infarction, ST segment abnormalities, T wave abnormalities, U wave. A cochrane-Armitage test was computed and finds a significant difference between PCPs and cardiologists only for atrial or ventricular hypertrophy, where PCPs think the interpretation is more reliable than cardiologists do ( $p=0.04$ ). Globally, physicians think the computerized interpretation is most reliable for conduction troubles and “normal ECG”, and is less reliable for other rhythm troubles as well as repolarization troubles.

**Table 5. Perceived reliability of computerized interpretation statements**

	PCPs	Cardiologists	p-value
Normal ECG, mean (SD)	4 (0.6)	3.9 (0.9)	0.399
Ventricular or atrial hypertrophy, mean (SD)	3.5 (0.7)	3.1 (1.1)	0.040
Right bundle branch block, mean (SD)	3.5 (0.8)	3.6 (1)	0.558
Left bundle branch block, mean (SD)	3.6 (0.8)	3.7 (1)	0.616
Atrioventricular block, mean (SD)	3.7 (0.8)	3.5 (1)	0.262
Wolff–Parkinson–White syndrome (WPW), mean (SD)	3 (0.9)	2.7 (1)	0.190
Supraventricular arrhythmia (a), mean (SD)	3.3 (0.9)	3 (1.1)	0.174
Ventricular arrhythmia (b), mean (SD)	3.5 (0.8)	3.1 (1.2)	0.095
Repolarization abnormalities (c), mean (SD)	3 (1)	2.7 (1.3)	0.153

**Figure 15. Perceived reliability of computerized interpretation statements**

Among PCPs, Table 6 displays the differences between PCPs equipped or not with ECG devices. Physician who have an ECG device are more likely men, in rural areas, with a private practice, with ECG-related diplomas, who work further from emergency rooms or cardiologists, and were trained for ECG interpretation (Table 6). However, only 57 % of them feel confident about their skills in interpreting ECGs.

**Table 6. Descriptive characteristics of PCPs equipped or not with ECG devices**

	<b>PCPs with ECG (n=76)</b>	<b>PCPs without ECG (n=78)</b>	<b>p-value</b>
Age, mean (SD), years	51.1 (12.5)	52.7 (8.9)	0.367
Male, n (%)	56 (73.7)	40 (51.3)	0.005
Practice location, n (%)			0.003
Rural	22 (29)	7 (9.1)	
Semi-rural	23 (30.3)	21 (27.3)	
Urban	31 (40.8)	49 (63.6)	
Main practice setting, n (%)			0.028
Private practice	26 (34.2)	19 (24.4)	
Medical home	12 (15.8)	5 (6.4)	
Group practice	35 (46.1)	53 (68)	
Other	3 (4)	1 (1.3)	
Qualifications, n (%)			
Heart rhythm university degree	0 (0)	0 (0)	0.651
Emergency specialty	9 (22)	2 (5.4)	0.051
Sports medicine	10 (24.4)	8 (21.6)	0.795
Other	25 (61)	24 (64.9)	0.816
On-call duty, n (%)	50 (66.7)	35 (44.9)	0.009
Distance from the nearest, km, median [Q1;Q3]			
Emergency department	10 [3;20]	3 [2;10]	<0.001
Cardiology office	6 [1;18.5]	1 [1;5]	<0.001
Training in interpreting ECGs, n (%)			
University degree	2 (2.6)	4 (5.3)	0.681
School of medicine and hospital internships	70 (92.1)	69 (89.6)	0.780
Training seminar	14 (18.4)	4 (5.3)	0.022
Books	23 (30.3)	15 (19.7)	0.189
Internet	6 (7.9)	4 (5.3)	0.745
Other	9 (11.8)	4 (5.3)	0.245
Self-perceived skills in ECG interpretation, n (%)	43 (57.3)	12 (16)	<0.001

## E. Discussion

As more and more devices are equipped with software for automated interpretation, and as the accuracy of such devices remains moderate, it was necessary to know whether physicians owned such devices, and how much they trusted the output of the program. For that purpose, we sent a questionnaire to PCPs and cardiologists, and got 225 answers. The most important result of this study was that 49.4 % of PCPs were

equipped with ECGs. Among them 58.7 % had an embedded interpretation software, and 27.9 % of this sample reported a moderate confidence for the output of the software. Actually, PCPs and cardiologists did not use the output the same way: whereas 91.7 % of cardiologists first interpreted the ECG by themselves, and eventually read the automated output, 27.9 % of PCPs first read the automated interpretation, and then tried to interpret the ECG. At the same time, we observed that the PCPs and the cardiologists did not have the same qualification level: 68 % of cardiologists had a university degree in ECG while this proportion fell to 3.95 % for PCPs. In addition, 63.3 % of PCPs perceived a lack of skills in ECG interpretation. Furthermore, this study taught us that the physicians did not equally trust the automated interpretation for all the diseases. Globally, physicians thought the computerized interpretation was most reliable for conduction troubles and “normal ECG”, and less reliable for other rhythm troubles as well as repolarization troubles. This study also highlighted factors associated with ECG equipment: PCPs who had an ECG device were more likely men, in rural areas, with a group practice, and away of cardiology offices or emergency departments, working on call duty, and having training in Emergency. It is worth noting that, in France, general practitioners can bill ECGs, irrespectively from their post-graduate certificates. The nature of the devices also differed: 61.9 % of PCPs were equipped with analog ECGs devices whereas 53.9 % of cardiologists used digital ECGs. Only 28.38 % of PCPs used support network for ECG interpretation, via fax for 22.97 % (n=17) of them. It also highlighted that having a personnel device may have an impact on the healthcare consumption: PCPs who did not own a device were more likely to address their patients to emergency. Patients requiring an ECG in emergency were first and foremost routed to an emergency room by 91 % (CI95=[82.4;96.3]) of PCPs, and patients requiring a non-urgent ECG were routed to a cardiologist by 93.5 %

(CI95=[85.5;97.9]) of PCPs. The main limiting factors for non-equipped doctors was the easy access to cardiologists or hospitals (71.23 %, n=52), a doubt in their ability to interpret ECGs (43.84 %, n=32) and the fear of legal proceedings for wrongful interpretation (42.47 %, n=31).

Those results are consistent with the literature. Previous works [15] showed that among PCPs in France, 6 % had absolute confidence in computerized ECG interpretation, 65 % had confidence when computer declared the ECG as normal, 26 % trusted the computer for diagnosis of arrhythmias, and 21 % for acute ischemia, whereas several analyses of computerized ECG interpretation accuracy concluded that frequent errors in the interpretation of cardiac rhythm occurred, with many false positives especially for the diagnosis of atrial fibrillation [16–21,55,72]. This study also highlighted that the median number of ECGs performed per month was 7.4 for PCPs and 224.8 for cardiologists ( $p=0$ ) whereas the American College of Cardiology (ACC) and American Heart Association (AHA) recommended interpretation of 500 ECGs under supervision of an expert electrocardiographer to attain initial competency and the reading of 100 ECGs yearly to maintain competency in ECG interpretation [16].

To our knowledge, no study investigated specifically the way physicians considered and used the computerized ECG interpretation. The questionnaire was easy to understand, the answers were of good quality, and enabled to compare 154 PCPs and 71 cardiologists, without geographic restriction. This work also presents some limitations. The questionnaires were self-administered, and collected declarations of the practitioners about their own practice instead of an objective evaluation. The response rate was moderate (53.8 %).

## **F. Conclusion / Perspective**

Of particular concern, the physicians, less experienced with ECG interpretation, trusted more likely the results of automated interpreter, whereas those interpreters are not 100 % reliable.



# Discussion

L'objectif principal de cette thèse a été d'essayer d'évaluer la confiance des praticiens envers l'interprétation automatisée lisible sur certains appareils à ECG au sein des cabinets de Médecine Générale et des Cardiologues en France en 2016.

Nos objectifs secondaires étaient de recenser le taux et le type d'équipement (avec ou sans interprétation automatisée), d'identifier les raisons de non acquisition d'appareil à ECG, le cadre d'utilisation de l'ECG, les différents types de formation sur l'interprétation de l'électrocardiogramme, au niveau national.

Un auto-questionnaire a donc été envoyé par voie postale à 282 médecins généralistes et 140 cardiologues et une relance réalisée.

## **A. Résultat du critère de jugement principal**

### **1. Attitude des praticiens vis à vis de l'interprétation automatisée des ECG**

La pratique de l'ECG allonge de 33 % le temps de la consultation, soit 5 minutes selon une étude du Ministère de la Santé en 2006 [73], mais l'interprétation automatique permet un gain de temps de lecture jusqu'à 25 % selon Hillson et al. [54] (chez les médecins généralistes) et selon Brailer et al. [17] (chez les cardiologues).

De nombreux travaux ont été réalisés afin d'étudier la fiabilité des interprétations automatiques et l'exactitude de l'interprétation peut atteindre 80 % pour les programmes informatiques les plus performants [8,10–13,74].

Notre étude démontre que les médecins généralistes et cardiologues n'utilisent pas l'interprétation automatisée de la même façon.

En effet, 69.8 % (CI95: [0.54 ; 0.83]) des médecins généralistes interrogés équipés d'un appareil avec interprétation automatisée lisent le tracé puis l'interprétation automatisée contre seulement 52.8 % (CI95: [0.35 ; 0.70]) des cardiologues.

38.9 % (CI95: [0.23 ; 0.57]) des cardiologues ne lisent jamais l'interprétation donnée par la machine automatisée contre 2.3 % des médecins généralistes.

Selon Taphanel et al.[43], 10.6 % des médecins généralistes ne se servent pas de l'interprétation automatisée, 36.4 % s'en inspirent et 13.4 % s'y réfèrent.

D'après Cretallaz et al. [15], 6 % des médecins généralistes ont foi à 100 % en l'interprétation automatisée.

## **2. Confiance des praticiens dans l'interprétation automatisée des ECG**

Dans notre étude, les généralistes accordent plus leur confiance que les cardiologues uniquement dans le diagnostic d'hypertrophie auriculaire ou ventriculaire avec une différence statistiquement significative ( $p=0.04$ ) selon un test de CHI2 de tendance.

On trouve également que les cardiologues accordent plus leur confiance que les généralistes dans les diagnostics de blocs de branche gauches et droits, avec une différence statistiquement significative respectivement ( $p=0.006$ ) et ( $p=0.029$ ) selon un test de Fisher.

Globalement, les praticiens interrogés, ont confiance en l'interprétation automatisée lorsque le diagnostic est ECG normal ou troubles de conduction, et sont plus méfiants lors des diagnostics de troubles du rythme et de repolarisation.

Nos résultats concordent avec la littérature, en effet les erreurs liées à l'interprétation automatique concernent le plus souvent les troubles du rythme, avec de nombreux faux positifs notamment dans la fibrillation atriale [16–21,55].

De plus, les études démontrent que lorsque l'interprétation automatique proposée est erronée, cela affecte le jugement du praticien [52,53].

Cependant selon Cretallaz et al. [15], 65 % des médecins généralistes ont foi dans le diagnostic automatisé d'ECG normal, ce qui coïncide avec notre étude mais 26 % des médecins ont foi dans le diagnostic trouble du rythme et 21 % celui d'ischémie aigue.

Les études montrent que les médecins généralistes possèdent une spécificité d'interprétation d'ECG supérieure à l'interprétation automatique donc moins de faux positifs mais est moins sensibles que l'interprétation automatique [50,51,55].

Donc aujourd'hui, l'analyse automatique est un outil qui doit constituer une aide diagnostique et un gain de temps dans l'analyse [17,54] pour le médecin mais ne doit pas se substituer à son interprétation [16,56].

## **B. Résultats principaux des objectifs secondaires**

### **1. Les données médico-sociales des médecins généralistes**

Dans notre étude, parmi la population de médecins généralistes étudiée, on compte une majorité d'hommes à 62.34 %, une moyenne d'âge de 51.9 ans sur une population allant de 30 ans à 72 ans avec une médiane de 54 ans.

D'après les études nationales [30–33], la moyenne d'âge des praticiens est de 50 ans avec en moyenne 29 % de femmes et 71 % d'hommes [30,32–43].

Si l'on compare ces chiffres avec l'atlas démographique du Conseil National de l'Ordre des Médecins de 2016 [66], la population de médecins généralistes récence 50 576 médecins généralistes libéraux et est composée de 45.88 % de femmes et de 54.11 % d'hommes avec un âge moyen de 52 ans.

Dans notre étude l'âge des médecins généralistes n'est pas un facteur statistiquement significatif influençant la possession d'ECG ( $p=0.367$ ) selon un test de Student.

Ce résultat est également retrouvé chez Jamet et al.[42].

Cependant nous constatons que le sexe masculin est facteur statistiquement significatif influençant la possession d'ECG ( $p=0.005$ ) selon un test de Fisher comme le retrouve d'autre étude de la littérature [34,37,44].

Nous ne nous expliquons pas cette différence.

## **2. Les données médico-sociales des cardiologues**

Dans notre étude, parmi les cardiologues, on compte une majorité d'hommes à 84.51 %, une moyenne d'âge de 54.13 ans pour une médiane de 56 ans et une population allant de 31 à 72 ans.

D'après l'atlas démographique du Conseil National de l'Ordre des Médecins de 2016 [66], en France, la profession de cardiologue est essentiellement représentée par des hommes à 73.42 % avec un âge moyen de 51 ans.

## **3. Lieu d'exercice**

En ce qui concerne les lieux de pratique, on note que la majorité des médecins généralistes exercent en milieu urbain pour 52.29 % contre 28.76 % en semi-rural et 18.95 % en milieu rural.

Les études françaises ont dans l'ensemble un profil de recrutement semi-rural [15,30,41,43].

Dans notre étude, dans les zones géographiques rurales, le taux d'équipement en électrocardiographe est de 29 % contre 30.3 % dans les zones semi-rurale et 40.8 % urbaine.

Le lieu d'exercice principal était un facteur influençant l'équipement en ECG statistiquement significatif en faveur du milieu rural ( $p=0.003$ ) selon un test de Fisher.

Cela concorde avec les données actuelles de la science [15,29,36,38,41,42].

Cette différence s'explique probablement par une facilité d'accès à un avis spécialisé dans les zones semi-rurales et urbaines.

#### **4. Mode d'exercice**

Le mode d'exercice en groupe est privilégié par 57.14 % des médecins généralistes, contre 29.22 % seuls et 11.04 % en maison médicale.

Cela se confirme dans d'autres études françaises [15,30,33,38,40–43].

Chez les médecins équipés en électrocardiographe, on note que 46.1 % des médecins généralistes exercent en groupe médical contre 34.2 % seuls et 15.8 % en maison médicale.

Le mode d'installation était un facteur influençant l'équipement en électrocardiographe statistiquement significatif en faveur du cabinet de groupe ( $p=0.028$ ) selon un test de Fisher.

Cela concorde avec la littérature [15,37,41].

Ce fait peut s'expliquer par le partage du coût d'achat de l'appareil et par la possibilité d'une aide à l'interprétation entre les collègues du cabinet.

## **5. Orientation ou discipline complémentaire particulière**

Les formations complémentaires sont variées, principalement sous forme de Diplôme Universitaire ou de capacité.

Dans notre étude, 50.64 % des médecins interrogés ont une orientation ou discipline complémentaire. Cela concorde avec la littérature [30,42].

Parmi ces 78 médecins, 14.10 % possèdent un DESC d'urgences ou CAMU, 23.08 % ont une formation complémentaire de médecine du sport et 62.82 % ont une autre formation.

Cela concorde avec la littérature avec environ 26 % qui ont une capacité de Médecine du sport, 10 % un DESC d'urgence ou CAMU et 21 % ont une autre pratique [30,32,39,41,42].

Dans notre étude, parmi les médecins équipés en ECG, 22 % possèdent un DESC d'urgences ou CAMU, 24.4 % ont une formation complémentaire de médecine du sport et 61 % ont une autre formation.

La possession d'un DESC d'urgences ou CAMU était un facteur influençant l'équipement en électrocardiographe ( $p=0.051$ ) selon un test de Fisher.

Cela concorde avec les résultats de Cretallaz et al. [15].

Ce résultat est attendu puisque ces derniers ont bénéficié d'une formation complémentaire à la lecture des électrocardiogrammes par rapport à leurs confrères.

## **6. Activité d'astreinte ou de garde**

Dans notre étude, 55.56 % des médecins généralistes interrogés exercent une activité d'astreinte ou de garde.

Ce pourcentage varie selon les thèses. Pour Rivaux et al. [39], on note un pourcentage de 52 %, et de 89,8 % pour Taphanel et al. [43].

Dans notre étude, parmi les médecins généralistes exerçant une activité d'astreinte ou de garde, 66.7 % possèdent un ECG.

Cette activité est un facteur influençant la possession d'ECG ( $p=0.009$ ) selon un test de Fisher.

Ce résultat est attendu puisque ces derniers sont plus fréquemment confrontés à des situations d'urgence pouvant les amener à utiliser un électrocardiographe.

## **7. Distance approximative au service d'urgence le plus proche**

Dans notre étude, les médecins généralistes se situent en moyenne à 9.73 km d'un centre d'urgence avec une médiane de 5 km.

Cela concorde avec la littérature car la majorité des médecins généralistes sont à moins de 10 km d'un hôpital ou centre d'urgence [30,34,35,37–39,41,42].

Dans notre étude, les médecins généralistes possédant un électrocardiographe se situent en moyenne à 13 km d'un centre d'urgence avec une médiane de 10 km contre une moyenne de 6.5 km avec une médiane de 3 km chez les médecins non équipés.

La distance à un centre d'urgence était un facteur influençant l'équipement en électrocardiographe statistiquement significatif ( $p<0.001$ ) selon un test de Student.

Ce point est en effet un facteur significatif dans d'autres travaux [39,42].

Cette différence s'explique probablement par une facilité d'accès à un avis spécialisé dans les zones semi-rurales et urbaines.

## **8. Distance approximative au cabinet de cardiologie le plus proche**

Dans notre étude, les médecins généralistes se situent en moyenne à 8.2 km d'un cabinet de cardiologie avec une médiane de 3 km.

Les médecins généralistes possédant un électrocardiographe se situent en moyenne à 12.1 km d'un cabinet de cardiologie avec une médiane de 6 km contre une moyenne de 4.43 km avec une médiane de 1 km chez les médecins non équipés.

La distance à un cabinet de cardiologie était un facteur influençant l'équipement en électrocardiographe statistiquement significatif ( $p < 0.001$ ) selon un test de Student comme dans la littérature [41].

Ces résultats montrent que les médecins ayant un accès plus rapide aux cardiologues sont moins fréquemment équipés d'un électrocardiographe.

Il s'agit d'ailleurs de la première raison invoquée dans les causes de non-acquisition d'un électrocardiographe.

## **9. Type de formation à l'ECG**

Parmi les médecins généralistes interrogés, 90.85 % se sont formés lors de stages hospitaliers et de cours à la faculté, 25 % par livre, 11.84 % lors de séminaire de formation, 8.55 % par un autre moyen de formation, 6.58 % sur internet, et seulement 3.95 % ont un diplôme universitaire en ECG.

Ces résultats sont comparables aux autres études sur ce thème [38,66,75,76].



Parmi les médecins généralistes équipés en électrocardiographe, 92.1 % se sont formés lors de stages hospitaliers et de cours à la faculté, 30.3 % par livre, 18.4 % lors de séminaire de formation, 11.8 % par un autre moyen de formation, 7.9 % sur internet, et 2.6 % ont un diplôme universitaire en ECG.

Ces différentes analyses nous montrent que la formation à l'ECG via des séminaires est un facteur statistiquement significatif influençant la possession d'ECG ( $p=0.022$ ) selon un test de Fisher.

### **10. Sentiment du praticien sur son niveau de formation à la lecture des ECG**

Dans notre étude, parmi les médecins généralistes, 63.33 % pensent ne pas être assez formés à la lecture des ECG et parmi les médecins généralistes équipés seulement 57.3 % pensent être assez formés à la lecture des ECG.

Le sentiment d'être suffisamment formé à la lecture des électrocardiogrammes est un facteur influençant la possession d'ECG statistiquement significatif ( $p<0.001$ ) selon un test de Fisher.

Cela concorde avec les résultats de Morin et al. [41] qui note que 66 % des médecins généralistes trouvent ne pas être suffisamment formés à la lecture et l'interprétation des ECG avec chez les médecins qui possèdent un électrocardiographe, 50,9 % considèrent que leur formation est insuffisante.

Ce résultat montre donc qu'il existe un réel déficit en formation à la lecture des ECG et donc se pose alors le problème de la compétence des médecins à l'interprétation des ECG.

De nombreux travaux, prenant comme « gold standard » l'interprétation de cardiologues, ont été menés à l'étranger afin d'évaluer les capacités d'interprétation d'un ECG par les médecins généralistes [51] et la plupart relèvent une insuffisance dans la qualité d'interprétation des médecins généralistes et suggèrent davantage de formations à la lecture de l'ECG [77].

Selon Wooley et al. [10], la lecture d'un ECG par un médecin généraliste a une sensibilité de 70 % et une spécificité de 85 %. Dans 20 % des cas l'interprétation était moins bonne que celle d'un cardiologue. Rutten et al. [78] et Jensen et al [51], retrouvaient des résultats similaires.

## **11. Taux d'équipement en électrocardiographe**

Dans notre étude, on note que 49.35 % médecins généralistes possèdent un électrocardiographe, ce taux est inférieur à la théorique attendue de 64 %, calculée par la moyenne des thèses recensées en Annexe C.

Cet écart peut s'expliquer par les variations d'effectifs des différentes études.

Le taux faible de notre étude peut s'expliquer par un biais de recrutement.

### **Aspect international :**

Aux USA, en 2009, on retrouve un taux d'équipement en électrocardiographie de 94.4 % au sein des cabinets [67].

Nous aurions pu interroger les praticiens sur l'année d'acquisition de leur appareil à ECG car un lien a été mis en évidence entre la rapidité d'équipement après installation et la qualité d'interprétation des ECG. En effet, plus les médecins s'équipent tôt après leur installation meilleure est leur interprétation [79,80].

Donc la rapidité d'équipement en sortie d'internat est gage d'amélioration du niveau d'interprétation, évitant une perte de compétence par défaut de pratique.

## **12. Les freins à l'acquisition d'un électrocardiographe chez les médecins généralistes**

Parmi les praticiens non équipés, on remarque que les principaux freins à son acquisition sont pour 71.23 % (n=52) l'accès facile à un cardiologue ou à un hôpital, puis pour 43.84 % (n=32) une difficulté d'interprétation de l'ECG et enfin pour 42.47 % (n=31) la mise en jeu de la responsabilité médicale.

Ces résultats concordent avec les données de la littérature. En effet, la difficulté d'interprétation et la proximité d'un cabinet de cardiologie ou l'accès facile à un hôpital sont retrouvés régulièrement dans les 2 principaux freins dans de nombreuses thèses départementales et nationales [15,31–33,38–43].

### ***a) L'accès facile à un cardiologue ou à un hôpital***

Avec 71.23 % (n=52) l'accès facile à un cardiologue ou à un hôpital est retrouvé comme premier frein des médecins généralistes à l'acquisition d'un appareil à ECG.

En effet, dans notre étude, la distance à un cabinet de cardiologie et d'un service d'urgence sont des facteurs influençant l'équipement en électrocardiographe statistiquement significatif ( $p < 0.001$ ) selon un test de Student.

Plus les médecins sont éloignés d'un cabinet de cardiologie ou d'un service d'urgence, plus ils sont équipés en électrocardiogramme.

**b) Formation**

Avec 43,84 % de l'ensemble des réponses, la difficulté d'interprétation de l'ECG est le deuxième facteur limitant principal de l'équipement en électrocardiographe auprès des médecins généralistes libéraux non équipés.

Le doute en l'interprétation de l'ECG est retrouvé comme facteur limitant principal dans de nombreuses thèses départementales et nationales [15,31–33,38–43].

D'après la littérature scientifique internationale, l'"American Heart Association", l'"American College of Cardiology" [16] et l'"American College of Physicians" [56] jugent compétent à l'interprétation de l'ECG, un praticien junior ayant analysé 500 ECG en lecture croisée avec un sénior. De plus, il maintiendrait ses connaissances si la barre des 100 ECG/an était pratiquée.

Selon Fromm et al. [57], une formation initiale de 12 h avec les grandes lignes et une définition des diagnostics les plus fréquents permettrait d'interpréter 96,5 % des ECG.

En France, la lecture et l'interprétation des électrocardiogrammes est l'un des objectifs de l'ECN, et est donc censée être acquise à la fin de la 6e année d'étude après une formation théorique en amphithéâtre lors de cours magistraux et d'enseignement sur des cas cliniques en groupe de travail dirigés mais aussi au cours de stages hospitaliers.

Dans le cadre de l'internat de médecine générale, sur 3 ans, cela correspondrait à 3-4 ECG/semaine (semaines de congés légaux soustraites).

Selon DUJARDIN et al. [81], à l'heure de devoir s'installer, 45 % des internes en fin de 3eme cycle, ne faisaient pas de différence entre un ECG normal ou pathologique.

Pour les médecins généralistes, il n'existe pas de Diplôme Universitaire spécifique mais pour les cardiologues il existe un Diplôme Inter Universitaire de Rythmologie et de stimulation cardiaque sur 2 ans.

Actuellement, les médecins généralistes installés peuvent continuer leur formation à la lecture des électrocardiogrammes de plusieurs manières :

- par le biais d'ouvrages
- de sites internet de e-learning
- grâce aux formations dispensées par les organismes de développement personnel continu national ou régional
- via des associations de médecins libéraux
- via des formations payantes ex : Lyon, Fédération Française de Santé au Travail

Ce souci de manque de formation n'est pas qu'un problème français.

L'université de Fribourg en Suisse fait le même constat du déficit de formation pour l'électrocardiographie [82].

La formation initiale est donc insuffisante et il conviendrait d'augmenter l'enseignement dédié à l'électrocardiogramme à la faculté et lors de l'internat. Mais aussi de créer un Diplôme Universitaire ouvert aux médecins généralistes pour qu'ils puissent continuer à se former pour maintenir leurs compétences. De plus tout médecin étant responsable de sa pratique, les jeunes médecins installés et remplaçants devraient acquérir un appareil ECG.

**c) Mise en jeu de la responsabilité médicale**

Avec 42.47 % (n=31) des réponses, la mise en jeu de la responsabilité médicale pour faute d'interprétation est en troisième position des facteurs limitant l'équipement en électrocardiographe.

On retrouve ce facteur limitant également dans d'autres études françaises [15,29].

Il est difficile de connaître le taux de condamnation pour erreur d'interprétation d'ECG par un médecin généraliste, mais la certitude est que l'erreur d'interprétation humaine est possible et donc il faudrait évaluer le rapport bénéfice/risque.

**13. Les recours des médecins généralistes non équipés en cas de besoin urgent et non urgent d'ECG**

Les recours des médecins généralistes non équipés en cas de besoin urgent d'ECG étaient pour 91.03 % une orientation vers un service d'urgences (n=71) et 7.69 % une orientation auprès du cardiologue (n=6) alors qu'en cas de besoin non urgent d'ECG, 93.51 % des médecins non équipés orientent le patient auprès du cardiologue (n=72) et 1.3 % vers un service d'urgences (n=1).

D'après Cretallaz et al. [15] note qu'en cas de besoin urgent d'ECG, 62 % des praticiens adressent le patient aux urgences et en cas de besoin non urgent, ils adressent le patient dans 99 % des cas au cardiologue.

#### **14. Le type d'appareil ECG utilisé par les médecins généralistes et cardiologues**

Dans notre étude, la majorité des médecins généralistes (61.9 %) utilisent un ECG analogique et 74.63 % possèdent un ECG à 12 dérivations. Un seul médecin généraliste utilise un dispositif ACM.

La majorité des cardiologues (53.85 %) utilisent un ECG numérique et 88.06 % possèdent un ECG à 12 dérivations.

D'après Cretallaz et al. [15], 76 % des médecins généralistes utilisent un appareil ECG analogique.

#### **15. La fréquence d'utilisation de l'électrocardiographe chez les médecins généralistes et cardiologues**

L'AHA et l'ACC [16] ont recommandé un minimum de 100 interprétations d'ECG par an pour maintenir un niveau de compétence de lecture suffisant.

Mais dans notre étude, on observe qu'en moyenne 7.41 ECG sont réalisés par mois par les médecins généralistes interrogés contre 224.81 ECG par mois par les cardiologues interrogés.

Dans les études [15,38,40,41], la fréquence moyenne d'utilisation de l'ECG se répartit de la manière suivante : >1 ECG /Jour : 4 %, >1 ECG/Semaine : 42 %, >1 ECG/Mois : 33 %, >1 ECG/An : 21 %.

Selon Taphanel et al. [43], la moyenne d'utilisation est de 4.4 ECG/mois et il démontre que malgré une pratique peu fréquente, l'utilisation de l'électrocardiographe a un impact bénéfique sur la prise en charge du patient.

Mac Callan et al. [79] a pu montrer que plus les médecins utilisent leur appareil à ECG, meilleure est leur interprétation. Les médecins qui réalisent plus d'1 ECG par mois obtiennent une note moyenne de 16,5/30, ceux qui réalisent 1 ECG ou moins chaque mois une note de 13,5/30 ( $p < 0,01$ ), et ceux qui n'en réalisent jamais une note de 11,3/30 ( $p < 0,01$ ).

Un tel constat pose, bien sûr, la question de la fiabilité d'interprétation des médecins généralistes et de l'intérêt de s'équiper ou non.

## **16. La télétransmission des ECG chez les médecins généralistes**

La télémédecine est officiellement reconnue en France depuis le 19/10/2010, suite au décret relatif à la loi "Hôpital Patient Santé Territoire" (HPST), reconnaissant la téléassistance et la télé-expertise.

Dans notre étude, seulement 28.38 % (n=21) des médecins interrogés ont recours à la télétransmission et 5.41 % (n=4) sont abonnés à un service de télémédecine.

On constate que notre taux d'utilisation est nettement inférieur à ceux des différentes thèses françaises sur l'ECG en médecine générale [15,30,31,33,40,42], avec une moyenne de 46,7 % des médecins généralistes ayant un réseau de télétransmission.

Le moyen de télétransmission privilégié est le fax pour 22.97 % (n=17) des praticiens. Cette préférence a également été retrouvée dans des études françaises départementales et nationales [15,40,42].

En 2004, l'université de Gênes en Italie a publié une étude rétrospective sur 9 ans de télémédecine avec 106942 ECG évalués. Il ressort de cette étude un gain de temps



pour le patient, une diminution des hospitalisations, et une optimisation des soins à domicile [83].

## **17. Les indications d'utilisation de l'électrocardiogramme chez les médecins généralistes et cardiologues**

Les indications à l'utilisation de l'électrocardiogramme sont nombreuses et variées.

On constate dans notre enquête que les ECG sont majoritairement réalisés chez les médecins généralistes le cadre des symptômes du patient avec 91.78 % des réponses, ensuite 58.9 % (n=43) les certificats de non contre-indication au sport puis pour 46.58 % (n=34) les bilans initiaux et suivi de pathologies.

On observe que chez les cardiologues, les bilans initiaux et suivi de pathologies représentent 95.71 % (n=67) des réponses ensuite 87.14 % (n=61) les symptômes du patient, puis 81.43 % (n=57) l'instauration de thérapeutique puis 80 % (n=56) les certificats de non contre-indication au sport.

Dans les études françaises [15,40,42], les 3 principales indications d'utilisation de l'ECG chez les médecins généralistes sont par ordre de fréquences, les symptômes du patient (troubles ioniques, douleur thoracique, dyspnée, palpitation, trouble du rythme, lipothymie, syncope, malaise, autres) puis le certificat de non contre-indication au sport et enfin les bilan initiaux de pathologie et suivi chronique de pathologies (Diabète, HTA, pathologie cardiaque, pathologie vasculaire, facteurs de risques cardio-vasculaires, pathologie métabolique...)

Il aurait été intéressant de demander aux médecins généralistes et cardiologues pour quels symptômes ils réalisaient leur ECG, en situation d'urgence ou non urgente.

## **18. Les moyens d'interprétations du tracé ECG chez les médecins généralistes et cardiologues**

Lors de l'interprétation du tracé ECG, les médecins généralistes interrogés, ont recours pour 53.62 % (n=37) d'entre eux à une règle ECG, et 50.72 % (n=35) aux mesures et diagnostics automatisés par l'appareil.

Lors de l'interprétation du tracé ECG, les cardiologues ont recours pour 89.55 % (n=60) d'entre eux à une règle ECG, et 47.76 % (n=32) aux mesures automatisées par l'appareil.

Nos résultats concordent avec ceux d'autres études [32,41] où ils montrent que la règle ECG et l'analyse automatique sont les 2 moyens les plus cités dans l'interprétation du tracé ECG.

## **19. Possession d'un ECG avec interprétation automatisée chez les médecins généralistes et cardiologues**

Dans notre étude, parmi les médecins généralistes équipés interrogés, 58.67 % possèdent un ECG avec logiciel d'interprétation automatisée contre 50.70 % des cardiologues.

D'après les études françaises [15,30,39,40,43], en moyenne 52 % des médecins généralistes équipés possèdent un appareil avec logiciel d'interprétation automatisée.

## **C. Forces et faiblesses de l'étude**

### **1. Forces de l'étude**

#### ***a) Le sujet***

La pratique d'un ECG et ses difficultés d'interprétation sont une problématique pour le médecin généraliste. L'intelligence artificielle en médecine est un sujet d'actualité au cœur de nombreux débats. Ses applications sont multiples et son application à l'interprétation des ECG en est un excellent exemple. De nombreuses études se sont déjà intéressées à la fiabilité des programmes d'interprétation cependant aucune étude n'a jusqu'à présent étudié spécifiquement la confiance des praticiens dans l'interprétation automatisée des ECG.

#### ***b) La population***

L'étude est nationale alors que la plupart des études françaises sont régionales.

La randomisation via le numéro RPPS a permis de diminuer le biais de sélection.

#### ***c) Le questionnaire***

Le questionnaire a été envoyé aux médecins dans un premier temps par courriers préaffranchis puis la relance par courriers pré-timbrés à l'ensemble des praticiens incitant ces derniers à répondre. Il est constitué en grande partie de réponses fermées ce qui permet de répondre plus rapidement et plus facilement.

Le mode de recueil des questionnaires a permis d'éviter un biais de sélection, notamment en permettant d'inclure les médecins non informatisés, ne possédant pas de mail, ou n'étant pas à l'aise avec l'informatique.

Cependant le taux de réponse aurait être meilleur si j'avais effectué une relance téléphonique à l'ensemble des praticiens avant la relance par voie postale.

Le questionnaire a été testé par des médecins généralistes et cardiologues avant d'être envoyé pour éviter des ambiguïtés dans les réponses.

Pour analyser mon étude, l'équipe du CERIM a utilisé des outils statistiques complexes permettant de croiser les différentes données afin de démontrer si certaines données étaient significatives ou non mais aussi de calculer des moyennes, des médianes, des écarts types, des pourcentages.

## **2. Faiblesses de l'étude**

### ***a) Taux de réponse***

L'étude a obtenu un faible taux de participation avec 53,8 % (n=225) des praticiens soit 50.71 % (n=71) des cardiologues et 68.44 % (n=154) de médecins généralistes.

### ***b) Questionnaire***

Le questionnaire a été auto-administré et donc est basé sur une déclaration des praticiens sur leur propre pratique.

Cependant durant l'analyse des réponses j'ai remarqué le manque de précision sur certaines questions pouvant fausser les réponses.

La question 11 n'aurait pas dû comporter la réponse " Faculté de médecine et stages hospitaliers " car l'ensemble des praticiens sont censés avoir reçu une formation minimale universitaire. Leurs réponses ont quand même été prises en compte durant l'analyse statistique.

Dans la question 16, « vers qui redirigez-vous le plus souvent votre patient lorsqu'il requiert un ECG », certains praticiens ont coché plusieurs items. La question aurait dû mentionner « une seule réponse possible ». Les réponses multiples ont donc été rattachées uniquement à l'item le plus fréquemment cité.

Pour la question 17 concernant le nombre de dérivations, les réponses ont été regroupés en « <12 dérivations », « 12 dérivations » et « >12 dérivations ».

## D. Biais de l'étude

Cette étude est susceptible de présenter plusieurs biais.

**Biais de sélection** : En laissant la participation libre, une usurpation de fonction est possible. En utilisant un envoi postal, les praticiens dont les adresses n'étaient pas retrouvées étaient exclus. De par la participation incomplète de l'ensemble des DOM-TOM, cette étude n'est pas représentative de l'ensemble des départements. Enfin, l'attrait pour la problématique a pu motiver en plus grand nombre les praticiens formés, équipés, volontaires.

**Biais de mesure par désirabilité sociale** : du fait de l'auto-questionnaire, les réponses peuvent potentiellement être considérées comme plus favorables que la réalité, par volonté de séduction du praticien répondant.

## E. Perspectives

L'interprétation automatique est une aide diagnostique importante en cas de difficulté d'interprétation qui a aussi ses limites et doit donc amener le médecin généraliste à garder un regard critique sur cette interprétation en particulier dans le domaine des troubles du rythme. Avec l'amélioration des logiciels d'interprétation d'ECG, leur fiabilité devrait augmenter.

L'offre de formation à la lecture de l'électrocardiogramme, mais aussi à ses indications dans le cadre de la médecine générale, est nettement insuffisante.

Il est donc nécessaire de proposer des formations supplémentaires à la pratique de l'ECG aux internes de médecine générale et aux médecins installés comme l'instauration d'un Diplôme Universitaire ouvert aux médecins généralistes.

Il faut également encourager ces derniers à l'utilisation de l'appareil dès leur installation pour conserver une bonne qualité d'interprétation.

# Conclusion

L'électrocardiogramme est un outil d'utilisation courante, essentiel en médecine générale qui doit permettre une meilleure prise en charge du patient en diminuant notamment les consultations spécialisées inutiles. Les 150 différents troubles cardiovasculaires que l'on peut y détecter sont la grande force de cet examen mais également un frein majeur à son utilisation, faute d'accès à une formation ou un expert, notamment en zone rurale.

Dans notre étude, le taux d'équipement en électrocardiographe des médecins généralistes est de 49,35 %, inférieur à de nombreuses autres études.

Parmi eux, 58,67 % des médecins généralistes libéraux équipés d'appareils ECG sont dotés d'interprétation automatisée.

Les facteurs limitants principaux de l'équipement en électrocardiographe des médecins généralistes libéraux en France en 2016 concerne la proximité du cardiologue ou hôpital facile d'accès puis la difficulté d'interprétation et enfin la mise en jeu de la responsabilité médicale.

Les médecins généralistes libéraux en France en 2016 équipés d'appareils ECG dotés d'interprétation automatisée ont plus confiance envers l'interprétation automatisée que les cardiologues qui utilisent moins cet outil notamment pour les diagnostics de blocs auriculo-ventriculaires.

Aujourd'hui, l'exactitude de l'interprétation peut atteindre 80 % pour les programmes informatiques les plus performants mais les erreurs liées à l'interprétation automatique

concernent le plus souvent les troubles du rythme, avec de nombreux faux positifs notamment dans la fibrillation atriale.

Les études montrent que les médecins généralistes possèdent une spécificité d'interprétation d'ECG supérieure à l'interprétation automatique donc moins de faux positifs mais l'interprétation par le médecin est moins sensible que l'interprétation automatique.

Donc l'interprétation automatique est une aide diagnostique importante en cas de difficulté d'interprétation qui a aussi ses limites et doit donc amener le médecin généraliste à garder un regard critique sur cette interprétation en particulier dans le domaine des troubles du rythme.

L'offre de formation à la lecture de l'électrocardiogramme, mais aussi à ses indications dans le cadre de la médecine générale, est nettement insuffisante.

Il apparaît alors nécessaire pour stimuler l'acquisition d'un électrocardiographe de proposer des formations supplémentaires à la pratique de l'ECG aux internes de médecine générale puis continues aux médecins installés et d'encourager ces derniers à l'utilisation de l'appareil dès leur installation pour conserver une bonne qualité d'interprétation.



# Glossaire

AVC : Accident vasculaire cérébral

ECOGEN : Éléments de la COnsultation en médecine GENérale

DREES : Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques

ECG : Électrocardiogramme

mV : microVolt

aVR : augmented Voltage Right arm

aVL : augmented Voltage Left arm

aVF : augmented Voltage Foot

OMS : Organisation mondiale de la santé

ACM : Alive Cor Mobile ECG

FDA : Food and Drug Administration

USB : Universal Serial Bus

IRM : Imagerie par résonance magnétique

EHPAD : Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes

GPRS : General Packet Radio Service

MSSanté : Messagerie Sécurisée de Santé

ACC : American College of Cardiology

AHA : American Heart Association

ECN : Examen classant national

Km : Kilomètre

CERIM : Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique Médicale

DOM-TOM : Départements d'Outre-Mer et Territoires d'Outre-Mer

AAFP : American Academy of Family Physicians

PCP : Primary care practitioner

SD : Standard deviation

CCAM : Classification commune des actes médicaux

HTA : Hypertension artérielle

N : nombre de sujet

SAMU : Service d'aide médicale d'urgence

SMUR : Service mobile d'urgence et de réanimation

CAMU : Capacité de Médecine d'Urgence

DES : Diplôme d'Etude Spécialisé

DESC : Diplôme Etude Spécialisée Complémentaire

DREES : Direction de la Recherche, des Etudes, de l'évaluation et des Statistiques

FMC : Formation Médicale Continue

IC : Intervalle de confiance

RPPS : Répertoire Partagé des Professionnels de Santé

HPST : Hôpital Patient Santé Territoire

# Table des figures et tableaux

- **Figures**

Figure 1. Le galvanomètre d'Einthoven (d'après George E. Burch [22]) .....	21
Figure 2. Les phases du potentiel d'action cardiaque .....	23
Figure 3. Les voies de conduction intracardiaque .....	25
Figure 4. La séquence d'activation cardiaque .....	25
Figure 5. Les dérivations bipolaires .....	26
Figure 6. Les dérivations unipolaires .....	27
Figure 7. Le double triaxe de Bailey (d'après le CNEC [23]) .....	28
Figure 8. Localisation des précordiales (d'après le CNEC [23]) .....	29
Figure 9. AliveCor Mobile ECG (d'après Alivetec® [41]) .....	36
Figure 10. Ceinture d'électrodes ECG standard avec sangles .....	37
Figure 11. HeartView® de CARDIATEL .....	40
Figure 12. Télécordia® de PARYS .....	40
Figure 13. Station de Télémédecine© .....	41
Figure 14. Flowchart of the primary care physicians and the cardiologists included in the sample (PCPs = primary care physicians) .....	55
Figure 15. Perceived reliability of computerized interpretation statements .....	59

- **Tableaux**

Table 1. Descriptive characteristics of respondents .....	54
Table 2. Reported attitude related to computerized ECG interpretation among physicians who did not have an ECG device in their office (100 % were PCPs).....	56
Table 3. Reported practices related to computerized ECG interpretation among physicians who have an ECG machine in their office.....	57
Table 4. Use of computerized ECG interpretation (ECG-CI) overall and by physician speciality (P-value based on Fisher's Test <0.001) .....	58
Table 5. Perceived reliability of computerized interpretation statements.....	59
Table 6. Descriptive characteristics of PCPs equipped or not with ECG devices.....	60
Table 7. Items âge, sexe, lieu.....	102
Table 8. Items mode, orientation, gardes, distance SAU et cardiologue .....	103
Table 9. Items formation, fiabilité, possession d'ECG .....	104
Table 10. Items facteurs limitants.....	105
Table 11. Items redirection, type d'ECG, nombre d'ECG .....	106
Table 12. Items réseau d'aide et indication de l'ECG .....	107
Table 13. Items moyens d'analyse et interprétation automatisée.....	108

# Références

1. WHO. Cardiovascular diseases (CVDs) [Internet]. WHO. 2016 [cited 2016 Oct 4]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>
2. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Blaha MJ, et al. Heart disease and stroke statistics--2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2014;129:e28–292.
3. AGUZZOLI (F.), LE FUR (P.), SERMET (C.). Clientèle et motifs de recours en médecine libérale : France 1992. | Base documentaire | BDSP. Client. Motifs Recours En Médecine Libérale Fr. 1992. CREDES. Paris, France; 1994 Mar;(343;193 p.).
4. Letrilliart L, Supper I, Schuers M, Darmon D, Boulet P, Favre M, Guerin MH, Mercier A. ECOGEN : étude des Éléments de la COnsultation en médecine GENérale. *Exerc*. 2014;114:148–57 [Internet]. Available from: <http://www.exercer.fr/numero/114/page/148/>
5. Gouyon M. Document de travail : les urgences en Médecine Générale. [Internet]. Dir. Rech. Études L'évaluation Stat. 2006 [cited 2016 May 17]. Available from: <https://www.epsilon.insee.fr/jspui/bitstream/1/13662/1/seriestat94.pdf>
6. Article 71 [Internet]. Code Santé Publique, R.4127-71. Available from: <https://www.conseil-national.medecin.fr/article/article-71-installation-convenable-295>
7. Pipberger HV, Simonson E, Lopez EA, Araoye MA, Pipberger HA. The electrocardiogram in epidemiologic investigations. A new classification system. *Circulation*. 1982;65:1456–64.
8. Aussant J. L'électrocardiogramme avec interprétation automatique: quelle aide pour le médecin généraliste ? [Thèse d'exercice]. [France]: Université européenne de Bretagne; 2011.
9. Alpert JS. Can you trust a computer to read your electrocardiogram? *Am. J. Med*. 2012;125:525–6.
10. Woolley D, Henck M, Luck J. Comparison of electrocardiogram interpretations by family physicians, a computer, and a cardiology service. *J. Fam. Pract*. 1992;34:428–32.
11. Bhalla MC, Mencl F, Gist MA, Wilber S, Zalewski J. Prehospital electrocardiographic computer identification of ST-segment elevation myocardial infarction. *Prehospital Emerg. Care Off. J. Natl. Assoc. EMS Physicians Natl. Assoc. State EMS Dir*. 2013;17:211–6.
12. Shah AP, Rubin SA. Errors in the computerized electrocardiogram interpretation of cardiac rhythm. *J. Electrocardiol*. 2007;40:385–90.
13. Willems JL, Abreu-Lima C, Arnaud P, van Bommel JH, Brohet C, Degani R, et al. The Diagnostic Performance of Computer Programs for the Interpretation of Electrocardiograms. *N. Engl. J. Med*. 1991;325:1767–73.
14. Sekiguchi K, Kanda T, Osada M, Tsunoda Y, Kodajima N, Fukumura Y, et al. Comparative accuracy of automated computer analysis versus physicians in training in the interpretation of electrocardiograms. *J. Med*. 1999;30:75–81.

15. CRETALLAZ Pierre. Facteurs limitant l'équipement en électrocardiographie en Médecine Générale : Etude nationale épidémiologique incluant 684 médecins généralistes libéraux | Thèse IMG [Internet]. [Nice]: Université de Nice; 2015 [cited 2016 Jan 7]. Available from: <http://www.theseimg.fr/1/node/275>
16. Kadish AH, Buxton AE, Kennedy HL, Knight BP, Mason JW, Schuger CD, et al. ACC/AHA clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography: A report of the ACC/AHA/ACP-ASIM task force on clinical competence (ACC/AHA Committee to develop a clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography) endorsed by the International Society for Holter and noninvasive electrocardiology. *Circulation*. 2001;104:3169–78.
17. Brailer DJ, Kroch E, Pauly MV. The impact of computer-assisted test interpretation on physician decision making: the case of electrocardiograms. *Med. Decis. Mak. Int. J. Soc. Med. Decis. Mak.* 1997;17:80–6.
18. Goodacre S, Webster A, Morris F. Do computer generated ECG reports improve interpretation by accident and emergency senior house officers? *Postgrad. Med. J.* 2001;77:455–7.
19. Hwan Bae M, Hoon Lee J, Heon Yang D, Sik Park H, Cho Y, Chull Chae S, et al. Erroneous computer electrocardiogram interpretation of atrial fibrillation and its clinical consequences. *Clin. Cardiol.* 2012;35:348–53.
20. Bogun F, Anh D, Kalahasty G, Wissner E, Bou Serhal C, Bazzi R, et al. Misdiagnosis of atrial fibrillation and its clinical consequences. *Am. J. Med.* 2004;117:636–42.
21. Guglin ME, Thatai D. Common errors in computer electrocardiogram interpretation. *Int. J. Cardiol.* 2006;106:232–7.
22. George E. Burch and Nicholas P. DePasquale. A history of electrocardiography. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1964.
23. samir sharshar. Les phases du potentiel d'action cardiaque [Internet]. Available from: <http://20dot3.typepad.com/arche/2006/11/electrophysiolo.html>
24. Les voies de conduction intracardiaque [Internet]. Available from: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe7VUAB/referencial-teorico-eletrocardiograma>
25. La séquence d'activation cardiaque [Internet]. Available from: [http://medweb1.unige.ch/enseignement/apprentissage/module2/circ/apprentissage/intranet/cours/intro\\_ecg\\_dias.pdf](http://medweb1.unige.ch/enseignement/apprentissage/module2/circ/apprentissage/intranet/cours/intro_ecg_dias.pdf)
26. CNEC. Les dérivations bipolaires [Internet]. Available from: [http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio\\_4/site/html/2.html](http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio_4/site/html/2.html)
27. CNEC. Les dérivations unipolaires [Internet]. Available from: [http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio\\_4/site/html/2.html](http://campus.cerimes.fr/cardiologie-et-maladies-vasculaires/enseignement/cardio_4/site/html/2.html)
28. Collège National des Enseignants de Cardiologie. Cardiologie [Internet]. Elsevier Masson; Available from: [http://sfcario.fr/sites/default/files/pdf/cardiologie\\_texte3.pdf](http://sfcario.fr/sites/default/files/pdf/cardiologie_texte3.pdf)

29. Thielen S, De Oliveira R. Déterminants de l'équipement et de l'utilisation de l'ECG en médecine générale: Enquête qualitative et quantitative réalisée auprès des médecins généralistes du Gard [Thèse d'exercice]. [Montpellier, France]: Faculté de médecine; 2012.
30. Ottogalli V, Surrault A. L'utilisation de l'électrocardiogramme en médecine générale: enquête auprès de 100 médecins généralistes sur leur dernier ECG. [France]; 2014.
31. Bauvais C. Etats des lieux de l'utilisation de la télétransmission des électrocardiogrammes par les médecins généralistes dans le département de l'Hérault en 2013. Université de Montpellier I; 2014.
32. Grand F. Enquête d'opinion auprès de médecins généralistes sur la réalisation d'un électrocardiogramme lors de la visite de non contre-indication au sport chez les 12 à 35 ans [Thèse d'exercice]. [Grenoble, France]: Université Joseph Fourier; 2012.
33. Ducrot P. Utilisation de l'électrocardiogramme en médecine générale, indications, interprétation et conduite tenue: étude portant sur 211 médecins généralistes de l'Arrageois, Pas-de-Calais [Thèse d'exercice]. [Lille, France]: Université du droit et de la santé; 2014.
34. Toullec-Petit C. Le matériel du cabinet du médecin généraliste et son utilisation .Enquête auprès de 100 généralistes dans le département des Yvelines. Thèse Médecine. Paris-Ouest; 1998.
35. Tournoux F. Le matériel du cabinet médical du médecin généraliste et son utilisation. Enquête auprès des médecins généralistes du département de l'Ain. Lyon; 2001.
36. Chambonet J-Y, Pichon K, LE MAUFF P, Mallet R, PELOTEAU D. Équipement et utilisation d'un appareil à ECG en médecine générale. 2001.
37. Thoreson N. Facteurs limitant l'utilisation de l'ECG par les médecins généralistes: enquête de pratique auprès de 36 médecins généralistes de Toulouse et de Tarn-et-Garonne en 2006 [Thèse d'exercice]. [France]: Université Paul Sabatier (Toulouse). Faculté des sciences médicales Rangueil; 2006.
38. Faure L. Utilisation de l'électrocardiographe par les médecins généralistes en milieu rural: dans les départements de l'Aude, de l'Hérault et de la Seine et Marne [Thèse d'exercice]. [France]: UPEC. Faculté de médecine; 2011.
39. Rivaux M. Facteurs d'influence de possession d'un électrocardiographe en médecine générale: étude réalisée auprès de 308 médecins généralistes d'Indre-Et-Loire [Thèse d'exercice]. [France]: Université François Rabelais (Tours). UFR de médecine; 2011.
40. Giard G. Quelle est la place de l'interprétation à distance dans la pratique de l'électrocardiogramme chez les médecins généralistes des Pays de la Loire ? [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Nantes. Unité de Formation et de Recherche de Médecine et des Techniques Médicales; 2014.
41. Morin, Samuel. L'électrocardiogramme en médecine générale : indications actuelles et utilisations. Enquête auprès des médecins généralistes vosgiens [Internet] [Thèse]. Université de Lorraine; 2014 [cited 2016 May 3]. Available from: [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUMED\\_T\\_2014\\_MORIN\\_SAMUEL.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUMED_T_2014_MORIN_SAMUEL.pdf)
42. Jamet X. Freins et intérêts des médecins généralistes creusois sur la création d'un réseau public de télé-expertise des ECG [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Limoges. Faculté de médecine et de pharmacie; 2015.

43. Taphanel Alexandre. Évaluation de l'utilisation de l'électrocardiogramme dans la prise en charge des douleurs thoraciques aiguës de moins de douze heures par les médecins généralistes des Deux-Sèvres. Poitiers; 2014.
44. Trinh Péchard F. Intérêts et limites de l'électrocardiogramme en pratique de ville: Le point de vue des médecins généralistes [Thèse d'exercice]. [Le Kremlin-Bicêtre, Val-de-Marne, France]: Université de Paris-Sud. Faculté de médecine; 2007.
45. Bruining N, Caiani E, Chronaki C, Guzik P, van der Velde E, Task Force of the e-Cardiology Working. Acquisition and analysis of cardiovascular signals on smartphones: potential, pitfalls and perspectives: by the Task Force of the e-Cardiology Working Group of European Society of Cardiology. *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2014;21:4–13.
46. alivetec. alivecor heart monitor [Internet]. Available from: <http://www.alivetec.com/alivecor-heart-monitor/>
47. HeartView® de CARDIATEL [Internet]. Available from: <http://www.aerotel.com>
48. Télécardia® de PARYS [Internet]. Available from: <http://parsys.com>
49. Station de Télémédecine [Internet]. Available from: <http://parsys.com/fr/produits/valise-telemedecine/>
50. Nicolas B, Paule P, Roche N, Papillault des Charbonneries L, Deharo J. Interprétation de l'électrocardiogramme du sujet asymptomatique par le médecin généraliste militaire : une évaluation des pratiques professionnelles [Internet]. [cited 2016 May 19]. Available from: [http://www.chu-rouen.fr/page/doc/DOC\\_79230](http://www.chu-rouen.fr/page/doc/DOC_79230)
51. Jensen MSA, Thomsen JL, Jensen SE, Lauritzen T, Engberg M. Electrocardiogram interpretation in general practice. *Fam. Pract.* 2005;22:109–13.
52. Southern WN, Arnsten JH. The effect of erroneous computer interpretation of ECGs on resident decision making. *Med. Decis. Mak. Int. J. Soc. Med. Decis. Mak.* 2009;29:372–6.
53. Tsai TL, Fridsma DB, Gatti G. Computer decision support as a source of interpretation error: the case of electrocardiograms. *J. Am. Med. Inform. Assoc. JAMIA.* 2003;10:478–83.
54. Hillson SD, Connelly DP, Liu Y. The effects of computer-assisted electrocardiographic interpretation on physicians' diagnostic decisions. *Med. Decis. Mak. Int. J. Soc. Med. Decis. Mak.* 1995;15:107–12.
55. Haeberlin A, Roten L, Schilling M, Scarcia F, Niederhauser T, Vogel R, et al. Software-based detection of atrial fibrillation in long-term ECGs. *Heart Rhythm Off. J. Heart Rhythm Soc.* 2014;11:933–8.
56. Salerno SM, Alguire PC, Waxman HS, American College of Physicians. Training and competency evaluation for interpretation of 12-lead electrocardiograms: recommendations from the American College of Physicians. *Ann. Intern. Med.* 2003;138:747–50.
57. Froom J, Froom P. Electrocardiogram abnormalities in primary care patients. *J. Fam. Pract.* 1984;18:223–5.
58. Dale Dubin. Lecture accélérée de l'ECG. Maloine;



59. Ralph Haberl. ECG de Poche. DBS Sciences;
60. James H. O'Keefe, Mark S. Freed, Stephen C. Hammill, Steven M. Pogwizd. Guide complet de l'ECG. DE BOECK;
61. Jean SENDE. Guide pratique ECG. ESTEM;
62. John R. HAMPTON, Pr François JAN. La pratique de l'ECG. ELSEVIER;
63. John R. HAMPTON, François JAN. L'ECG facile. Elsevier Masson;
64. Andrew R. Houghton, David Gray, François Jan. Maîtriser l'ECG, De la théorie à la clinique. Elsevier Masson;
65. Ho T-W, Huang C-W, Lin C-M, Lai F, Ding J-J, Ho Y-L, et al. A telesurveillance system with automatic electrocardiogram interpretation based on support vector machine and rule-based processing. JMIR Med. Inform. 2015;3:e21.
66. Conseil National de l'Ordre des Médecins. Cartographie interactive de la démographie médicale [Internet]. 2013 [cited 2016 Nov 24]. Available from: <http://demographie.medecin.fr/>
67. American Academy of Family Physicians (AAFP). Recommended Curriculum Guidelines for Family Medicine Residents [Internet]. [cited 2016 Jun 1]. Available from: [http://www.aafp.org/dam/AAFP/documents/medical\\_education\\_residency/program\\_directors/Reprint262\\_Cardio.pdf](http://www.aafp.org/dam/AAFP/documents/medical_education_residency/program_directors/Reprint262_Cardio.pdf)
68. aafp. Electrocardiograms, Family Physician Interpretation of [Internet]. 2013 [cited 2016 Jun 1]. Available from: <http://www.aafp.org/about/policies/all/electrocardiograms.html>
69. esante.gouv.fr. Accéder aux données du RPPS [Internet]. Portail ASIP Santé. [cited 2016 Nov 24]. Available from: <http://esante.gouv.fr/services/referentiels/identification/accéder-aux-données-du-rpps-0>
70. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2014. Available from: <http://www.R-project.org/>
71. RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. [Internet]. Available from: <http://www.rstudio.com/>
72. Mant J, Fitzmaurice DA, Hobbs FDR, Jowett S, Murray ET, Holder R, et al. Accuracy of diagnosing atrial fibrillation on electrocardiogram by primary care practitioners and interpretative diagnostic software: analysis of data from screening for atrial fibrillation in the elderly (SAFE) trial. BMJ. 2007;335:380.
73. La durée des séances des médecins généralistes - Études et résultats - Ministère des Affaires sociales et de la Santé [Internet]. [cited 2017 Jan 29]. Available from: <http://drees.social-sante.gouv.fr/etudes-et-statistiques/publications/etudes-et-resultats/article/la-duree-des-seances-des-medecins-generalistes>
74. Bhullar HK, Fothergill JC, Goddard WP, de Bono DP. Automated measurement of QT interval dispersion from hard-copy ECGs. J. Electrocardiol. 1993;26:321–31.

75. DENEUVILLE. Pratique de l'électrocardiogramme en médecine générale. Thèse d'exercice. Médecine. Médecine générale. Nancy; 1998.
76. Altier-Sanchez M. Intérêt de la pratique de l'électrocardiogramme par le médecin généraliste [Thèse]. [France]; 1992.
77. Boltri JM, Hash RB, Vogel RL. Are Family Practice Residents Able to Interpret Electrocardiograms? *Adv. Health Sci. Educ.* 2003;8:149–53.
78. Rutten FH, Kessels AG, Willems FF, Hoes AW. Electrocardiography in primary care; is it useful? *Int. J. Cardiol.* 2000;74:199–205.
79. Macallan DC, Bell JA, Braddick M, Endersby K, Rizzo-Naudi J. The electrocardiogram in general practice: its use and its interpretation. *J. R. Soc. Med.* 1990;83:559–62.
80. McCrea WA, Saltissi S. Electrocardiogram interpretation in general practice: relevance to prehospital thrombolysis. *Br. Heart J.* 1993;70:219–25.
81. Dujardin V. Compétences en analyse électrocardiographique des résidents de médecine générale à la fin du troisième cycle [Thèse d'exercice]. [UPEC, France]: Université Paris-Est Créteil Val de Marne;
82. Goy J-J, Schlaepfer J, Stauffer J-C. Competency in interpretation of 12-lead electrocardiogram among Swiss doctors. *Swiss Med. Wkly.* 2013;143:w13806.
83. Molinari G, Valbusa A, Terrizzano M, Bazzano M, Torelli L, Girardi N, et al. Nine years' experience of telecardiology in primary care. *J. Telemed. Telecare.* 2004;10:249–53.

# Annexes

## A. Lettre explicative envoyée aux sondés

Cédric DELROT  
255 rue des Postes  
59000 LILLE  
cedric.delrot@gmail.com  
06 19 59 79 87



Lille, le 27 juillet 2016

**Objet :** Participation à un bref questionnaire dans le cadre d'un travail de recherche

Chère Consœur,  
Cher Confrère,

Actuellement médecin remplaçant en médecine générale à Lille, je réalise mon projet de thèse de doctorat sous la direction du Dr Chazard, MCU-PH en biostatistiques et informatique médicale à l'université Lille 2, et sollicite votre aide.

L'objectif est d'évaluer si les praticiens (cardiologues et médecins généralistes) ont recours à un appareil à ECG à leur cabinet, et la confiance qu'ils accordent le cas échéant à l'interprétation automatisée de leur appareil. Ce bref questionnaire est adressé à 300 médecins généralistes et 150 cardiologues dans la France entière.

Les dernières études montrent que plus de 50 % des médecins généralistes sont équipés d'appareil à ECG et que plus de 50 % de ces derniers sont équipés d'interprétation automatisée. Cependant aucune étude n'explore la confiance du praticien envers l'interprétation automatisée.

Je vous remercie d'avance de bien vouloir remplir le questionnaire **anonyme** ci-joint, et de me le retourner à l'aide de l'**enveloppe réponse préaffranchie** ci-jointe. La durée du questionnaire a été mesurée en moyenne entre **1 min 35 sec** et **4 min 05 sec** selon votre profil.

Ayant conscience de la charge de travail qui est la vôtre, je vous remercie de votre participation à ce travail. Si vous souhaitez recevoir les résultats de cette enquête, vous pouvez envoyer dès maintenant un email à l'adresse [cedric.delrot@gmail.com](mailto:cedric.delrot@gmail.com).

Dans l'attente de votre réponse, veuillez agréer l'expression de mes sentiments respectueux.

Cédric DELROT

## B. Questionnaire

Questionnaire de thèse :  
Les praticiens ont-ils confiance en l'interprétation automatisée lisible sur certains appareils à ECG ?



1. Age :  ans
2. Sexe :  Masculin  Féminin
3. Département d'exercice en chiffre (ex Nord : 59) :
4. Lieu d'exercice principal:  Rural  Semi rural  Urbain
5. Mode d'exercice principal :  Seul  Maison de santé (MS, MSP)  Cabinet de groupe  Autre
6. Profession :  Cardiologue  MG Installé  MG Remplaçant
7. Avez-vous une orientation ou discipline complémentaire particulière ? (*Plusieurs réponses possibles*)
  - DIU de rythmologie et de stimulation  DESC d'urgences ou CAMU
  - Médecine du sport  Autre
8. Avez-vous une activité d'astreintes ou de gardes ?  Oui  Non
9. Distance approximative du Service des Urgences le plus proche de votre cabinet :  km
10. Si vous êtes médecin généraliste, quelle est la distance approximative du cabinet de cardiologie le plus proche de votre cabinet :  km
11. Quelle est votre formation à l'ECG : (*Plusieurs réponses possibles*)
  - Diplôme universitaire hospitaliers  Faculté de médecine et stages
  - Séminaire de formation  Par livre  Sur internet
  - Autre
12. Pensez-vous être suffisamment formé à la lecture des ECG ?  Oui  Non
13. Avez-vous un appareil à ECG ?
  - Oui → *rendez-vous alors directement à la question 17*
  - Non → *répondez aux questions 14 à 16, le questionnaire sera ensuite terminé*

**Si vous n'avez pas d'appareil à ECG :**

14. Avez-vous déjà eu un appareil d'ECG ?     Oui     Non
15. Pourquoi ne possédez-vous pas d'ECG ? (Plusieurs réponses possibles)
- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Coût d'acquisition et d'entretien élevé                       | <input type="checkbox"/> Examen chronophage                             |
| <input type="checkbox"/> Rentabilité de l'acte insuffisante                            | <input type="checkbox"/> Difficulté d'interprétation                    |
| <input type="checkbox"/> Cardiologue ou hôpital facile d'accès disponibles             | <input type="checkbox"/> Pompiers ou SAMU rapidement disponibles        |
| <input type="checkbox"/> Mise en jeu de la responsabilité médicale dans votre pratique | <input type="checkbox"/> Indications peu fréquentes dans votre pratique |
| <input type="checkbox"/> Absence d'intérêt diagnostique                                | <input type="checkbox"/> Autre  |
16. Vers qui redirigez-vous le plus souvent votre patient lorsqu'il requiert un ECG :
- En situation d'urgence ?     Urgences     Cardiologue     MG équipé  
 Autre
- Hors situation d'urgence ?     Urgences     Cardiologue     MG équipé  
 Autre

Si vous n'avez pas d'appareil ECG, ce questionnaire est terminé, nous vous remercions de votre participation.

**Si vous avez un appareil à ECG, quel qu'il soit :**

17. Quel type d'appareil utilisez-vous principalement ?    Nombre de dérivations :  
     
 Analogique     Alive Cor Mobile ECG     Autre ECG numérique
18. Nombre approximatif d'utilisations par mois :
19. Avez-vous un réseau d'aide à l'interprétation ?  
 Non     Via fax à un confrère     Via réseau de télémédecine     Via service payant
20. Dans quel(s) cadre(s) pratiquez-vous l'ECG ? (Plusieurs réponses possibles)
- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Bilan initiaux et suivi de pathologies       | <input type="checkbox"/> Instauration de thérapeutique |
| <input type="checkbox"/> Certificat de non contre-indication au sport | <input type="checkbox"/> Symptômes du patient          |
| <input type="checkbox"/> ECG de référence du patient                  | <input type="checkbox"/> Autre                         |
21. Vous aidez-vous des moyens suivant pour analyser les ECG ? (Plusieurs réponses possibles)
- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Règle à ECG                                  | <input type="checkbox"/> Manuel papier d'interprétation       |
| <input type="checkbox"/> Aide à l'interprétation d'ECG sur internet   | <input type="checkbox"/> Télétransmission                     |
| <input type="checkbox"/> Mesures automatisées (espaces, fréquence...) | <input type="checkbox"/> Diagnostic automatisé par l'appareil |
22. Votre appareil à ECG possède-t-il une interprétation automatique des diagnostics ?  
 Oui → Rendez-vous à la question 23  
 Non → Ce questionnaire est terminé, nous vous remercions de votre participation

**Si vous avez un appareil à ECG capable d'interpréter automatiquement les diagnostics :**

23. Comment utilisez-vous l'analyse automatisée ? Choisissez la réponse la plus appropriée :
- Je n'interprète pas le tracé, je lis uniquement l'interprétation fournie par l'appareil.
  - Je lis l'interprétation fournie par l'appareil puis j'interprète le tracé pour vérifier les diagnostics.
  - J'interprète le tracé puis je lis l'interprétation automatique fournie par l'appareil
  - J'interprète le tracé sans jamais lire l'interprétation fournie par l'appareil.
24. Quelle appréciation portez-vous, en général, sur la fiabilité du diagnostic automatisé dans les situations suivantes (une seule réponse par ligne) :

	Pas du tout fiable	Plutôt pas fiable	Ni fiable, ni pas fiable	Plutôt fiable	Tout à fait fiable
ECG normal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hypertrophies auriculaires ou ventriculaires	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blocs de branche droits	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blocs de branche gauches	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blocs auriculo-ventriculaires	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wolf Parkinson White (WPW)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les troubles du rythme supraventriculaires*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les troubles du rythme ventriculaires**	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les troubles de repolarisation***	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

\* Les tachycardies supraventriculaires, Flutter auriculaire, Tachy-arythmie complète par fibrillation auriculaire, Tachycardie sinusale, Rythme d'échappement supraventriculaire, Arythmie sinusale, Extrasystoles supraventriculaires.

\*\* Tachycardies ventriculaires, Torsade de pointe, Extrasystoles ventriculaires, Fibrillation ventriculaire, Rythme idioventriculaire accéléré, Rythme d'échappement ventriculaire.

\*\*\* Infarctus du myocarde, Anomalie du segment ST, Anomalie de l'onde T, Onde U.

**Merci de votre participation.**

### C. Revue de la littérature des études Françaises sur l'ECG en Médecine Générale de 1998 à 2015

Table 7. Items âge, sexe, lieu

Auteur	Annee	Effectif	Region	Age				Sexe		Lieu		
				25-40	40-50	50-60	60<	m	f	rural	semirural	urbain
TOULLEC	1998	100	Loire	*	*	*	*	80	20	6	*	*
TOURNOUX	2001	403	Ain	*	*	*	*	76	24	43	*	*
CHAMBONET	2001	197	Loire Atlantique	*	*	*	*	80	20	20	*	*
GARRIDO	2002	113	Bas Rhin	*	*	*	*	*	*	50	*	*
THORESON	2006	36	Toulouse	*	*	*	*	63	37	*	*	*
TRINH	2007	89	Paris	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	2011	223	Aude Hérault Seine et Marne	12	23	45	20	73	27	13	*	*
RIVAUX	2011	308	Indre-Et-Loire	*	*	28	*	70	30	40.5	*	*
AUSSANT	2011	200	Rennes	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	2012	32	Gard	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GRAND	2012	107	Savoie, Isère, Rhône	47				58	42	38	*	62
BAUVAIS	2013	245	Hérault	51.6				*	*	*	*	*
VARRAUD	2013	119	Cantal	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	2014	142	Pays de la Loire	52	15	22	11	54	46	52	*	48
MORIN	2014	109	Vosges	*	*	*	*	72.5	27.5	31.5	38.9	29.6
TAPHANEL	2014	206	Deux sèvres	*	*	*	*	71	29	37.4	41.7	20.9
DUCROT	2014	211	Pas de Calais	53				79	21	*	*	*
OTTOGALLI	2014	429	Vendée Loire Atlantique	48.9				78	22	29	41	30
CRETALLAZ	2015	684	National	26	19	33	22	*	*	21	45	34
JAMET	2015	51	Creuse	3.9	56.86		39.22	66.67	33.33	70,59	13,72	15,69

**Table 8. Items mode, orientation, gardes, distance SAU et cardiologue**

Auteur	Mode				Orientation				Gardes	Distance_sau			Distance_cardio
	seul	maison	groupe	autre	desc	sport	autre	non	oui	<10km	10-20 km	>20km	km
TOULLEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	77	17	10	*
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	42	30	28	*
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	*	47	16	37	*
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	46	*	54	*	*	*	*	*	*	38	44	18	*
RIVAUX	*	*	*	*	10	45	*	*	52	6			3
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GRAND	*	*	*	*	*	25	*	*	*	*	*	*	*
BAUVAIS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	20	*	77	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MORIN	32.1	14.7	53.2	*	*	23.9	*	*	*	48.6	24.8	26.6	*
TAPHANEL	30.6	1.7	58.7	*	*	*	*	*	89.8	*	*	*	*
DUCROT	48	*	52	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OTTOGALLI	30	*	66	*	15	27	12	56	*	17.5			14.2
CRETALLAZ	35	*	58	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
JAMET	55	10	35	*	6	6	31	45	*	31	18	51	*



**Table 9. Items formation, fiabilité, possession d'ECG**

Auteur	Formation						Format_suffisante		ecg+	ecg-
	du	Fac	seminaire	livre	internet	autre	oui	non	%	%
TOLLEC		*	*	*	*	*	*	*	52	48
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	86	14
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	49	51
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	80	20
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	50	50
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	56	44
FAURE	*	90	6	44	25	*	*	*	54	46
RIVAUX	*	*	*	*	*	*	*	*	64	36
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	*	*	*	*	*	*	*	*	75	25
GRAND	*	*	*	*	*	*	*	*	93	7
BAUVAIS	*	*	*	*	*	*	*	*	44	56
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	75	25
GIARD	*	*	*	*	*	*	50	50	68	32
MORIN	*	*	*	*	*	*	33.9	66.1	54	46
TAPHANEL	*	*	*	*	*	*	*	*	74	26
DUCROT	*	*	*	*	*	*	*	*	19.4	80.6
OTTOGALLI	*	*	*	*	*	*	*	*	48	52
CRETALLAZ	*	*	*	*	*	*	*	*	71.4	28.6
JAMET	*	*	*	*	*	*	*	*	78.43	21.57

Table 10. Items facteurs limitants

Auteur	Facteurs_limitants									
	cout	renta	cardio	respons	abs interet	chrono	difficult	pompier	indication	autre
TOULLEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	*	*	1	*	*	*	3	2	*	*
RIVAUX	*	*	1	*	3	*	2	*	*	*
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	2	*	*	3	*	1	*	*	*	*
GRAND	*	3	*	*	*	*	2	*	1	*
BAUVAIS	3	*	*	*	*	2	1	*	*	*
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	3	*	*	*	*	2	1	*	*	*
MORIN	3	*	2	*	*	*	1	*	*	*
TAPHANEL	*	*	1	*	*	*	2	3	*	*
DUCROT	*	*	1	*	3	*	2	*	*	*
OTTOGALLI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CRETALLAZ	*	*	*	3	*	2	1	*	*	*
JAMET	*	*	*	*	*	*	1	*	2	*

**Table 11. Items redirection, type d'ECG, nombre d'ECG**

Auteur	Redirection_urgences				Redirection_hors_urgence				Type_ecg			Nombre_ecg			
	urgences	cardio	mg	autre	urgences	cardio	mg	autre	analogique	acm	numerique	>1/J	>1/S	>1/M	>1/A
TOULLEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	35	42	20
RIVAUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GRAND	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BAUVAIS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22
MORIN	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1.7	42	34	22.1
TAPHANEL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4.4/mois			
DUCROT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OTTOGALLI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CRETALLAZ	62	35	0	3	0	99	1	0	76	*	24	8	49	22	21
JAMET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Table 12. Items réseau d'aide et indication de l'ECG**

Auteur	Reseau_aide				Cadre					
	non	fax	teletransmission	service_payant	bilan	certif	ecg ref	inst therap	symptomes	autre
TOULLEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
RIVAU	*	*	12.2	*	*	*	*	*	*	*
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GRAND	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BAUVAIS	75	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	23	86	11	*	42	63	*	38	97	*
MORIN	*	*	*	*	*	42.4	1.7	22	*	*
TAPHANEL	*	*	16.8	*	*	*	*	*	*	*
DUCROT	61.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OTTOGALLI	86	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CRETALLAZ	51	43	3	3	41	66	35	40	96	*
JAMET	85	63.16	10	7.5	14	16	*	*	69	3

**Table 13. Items moyens d'analyse et interprétation automatisée**

Auteur	Moyens_analyse						IA	Utilisation_analyse_automatisee		
	regle	aide internet	mes auto	manuel	teletrans	diag auto	oui	Ne s'en serve pas	S'en inspire	S'y réfère
TOULLEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TOURNOUX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CHAMBONET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GARRIDO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THORESON	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TRINH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FAURE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
RIVAUX	*	*	*	*	*	*	32	*	*	*
AUSSANT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
THIELEN DE OLIVERA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GRAND	89	*	*	64	*	58	*	*	*	*
BAUVAIS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VARRAUD	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GIARD	*	*	*	*	*	*	59	*	*	*
MORIN	39	2	*	5.1	22	39	*	*	*	*
TAPHANEL	*	*	*	*	*	*	60.6	10.6%	36.4%	13.4%
DUCROT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
OTTOGALLI	*	*	*	*	*	*	57	*	*	*
CRETALLAZ	*	*	*	*	*	*	61	*	*	6
JAMET	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**AUTEUR : Nom :** Delrot

**Prénom :** Cédric

**Date de Soutenance :** 21/04/2017

**Titre de la Thèse :** Les praticiens ont-ils confiance en l'interprétation automatisée des ECG ?

**Thèse - Médecine - Lille 2017**

**Cadre de classement :** Médecine Générale

**DES + spécialité :** Médecine Générale

**Mots-clés :** Confiance, ECG, Electrocardiogramme, Interprétation automatisée, Médecine générale, Diagnostic, Cardiologie.

### **Résumé :**

**Contexte :** Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde selon l'OMS. Les facteurs de risques cardiovasculaires sont le second motif de consultation en médecine générale, en France, en 2014. L'interprétation de l'ECG pose un problème en médecine générale mais sa réalisation n'est pas réglementée. Aucune étude n'aborde la façon dont les médecins utilisent l'interprétation automatisée. Le but de cette étude est de déterminer la confiance des médecins généralistes et des cardiologues français envers l'interprétation informatisée de l'ECG.

**Méthode :** Entre mars et juin 2016, après tirage au sort via leur numéro RPPS, un questionnaire a été envoyé par voie postale à 282 médecins généralistes et 140 cardiologues, soit 0,32 % de l'ensemble des médecins généralistes et 2,27 % des cardiologues de France.

**Résultats :** Le taux de réponse est de 53,8 %. Le principal frein à l'acquisition d'un ECG est l'accès facile aux cabinets de cardiologie ou aux hôpitaux (71,2 %, IC95 : [59,5; 81,2]). Le nombre moyen d'ECG effectués par mois était de 7,4 pour les généralistes et de 224,8 pour les cardiologues. Au total, 54,8 % des appareils étaient équipés d'une interprétation automatisée. Seulement 57 % des praticiens possédant un ECG sont confiants sur leurs compétences dans l'interprétation des ECG. 69,8 % (IC95 : [0,54; 0,83]) des généralistes lisent d'abord l'ECG puis l'interprétation automatisée, contre 52,8 % (IC95 : [0,35; 0,70]) des cardiologues. 38,9 % (IC95 : [0,23; 0,57]) des cardiologues ne regardent jamais l'interprétation automatisée. Les généralistes accordent plus leur confiance que les cardiologues uniquement dans le diagnostic d'hypertrophie auriculaire ou ventriculaire avec une différence statistiquement significative ( $p=0.04$ ). Les cardiologues accordent plus leur confiance que les généralistes dans les diagnostics de blocs de branche gauches et droits, avec une différence statistiquement significative respectivement ( $p=0.006$ ) et ( $p=0.029$ ). Les praticiens interrogés, ont confiance en l'interprétation automatisée lorsque le diagnostic est ECG normal ou troubles de conduction et sont plus méfiants lors des diagnostics de troubles du rythme et de repolarisation.

**Conclusion :** Le médecin généraliste a plus confiance en l'interprétation automatisée des ECG que le cardiologue. Les praticiens doivent garder un regard critique sur cette interprétation en particulier pour des troubles du rythme.

### **Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur Régis Beuscart

**Assesseurs :** Monsieur le Professeur Dominique Lacroix

Monsieur le Docteur Sylvain Duriez

Monsieur le Dr Emmanuel Chazard