



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

2023

THÈSE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du Diplôme d'Études Spécialisées de Médecine Générale

Par

ALBRECHT MARGAUX

Le 18 juillet 2023

**« Quelle place pour la télé-échographie en médecine
générale ? Une revue de la littérature. »**

Membres du jury :

M. Le Professeur DI PATRIZIO Paolo	président du jury et codirecteur
M. Le Professeur CHOUIHED Tahar	juge
M. Le Professeur MANDRY Damien	juge
Mme. La Professeure SIEGRIST Sophie	juge
Mme La Docteure LEOUTRE-FALMAGNE Bérénice	directrice de thèse

LISTE DES PROFESSEURS

Présidente de l'Université de Lorraine :
Madame Hélène BOULANGER

Doyen de la Faculté de Médecine
Professeur Marc BRAUN

Vice-doyenne
Pr Louise TYVAERT

Assesseurs :

- *Premier cycle* : Pr Thomas SCHWITZER et Dr Nicolas GAMBIER
- *Deuxième cycle* : Pr Antoine KIMMOUN
- *Troisième cycle hors MG* : Pr Marie-Reine LOSSER
- *Troisième cycle MG* : Pr Paolo DI PATRIZIO
- *Finances* : Prs Eliane ALBUISSON et Louise TYVAERT
- *Vie hospitalo-universitaire* : Pr Stéphane ZUILY
- *Relations avec la Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER
- *Relations Internationales* : Pr Jacques HUBERT
- *Valorisation* : Pr Pascal ESCHWEGE
- *Interface avec les métiers de la santé* : Pr Céline HUSELSTEIN
- *Docimologie* : Pr Jacques JONAS
- *ECOS* : Pr Patrice GALLET, Dr Eva FEIGERLOVA
- *Service sanitaire* : Pr Nelly AGRINIER
- *Lecture critique d'articles* : Drs Jonathan EPSTEIN et Aurélie BANNAY
- *Interface HVL & Réseau Nasce* : Prs Nicla SETTEMBRE, Fabienne ROUYER-LIGIER et Pablo MAUREIRA
- *Etudiant* : Mehdi BELKHITER

Chargé de mission

- *PASS Médecine* : Dr Nicolas GAMBIER

Présidente du Conseil Pédagogique : Pr Louise TYVAERT
Président du Conseil Scientifique : Pr Abderrahim OUSSALAH

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain
BERTRAND - Pierre BEY - Marc-André BIGARD Patrick BOISSEL – Pierre
BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Louis BOUTROY -
Serge BRACARD
Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET -
Daniel BURNEL - François CHERRIER
Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Gilles DAUTEL - Jean-Pierre
DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE
Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Pierre GAUCHER - Jean-Luc
GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone
GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Philippe HARTEMANN - Dominique
HESTIN
Bruno HOEN - Gérard HUBERT - Claude HURIET – Jean-Pierre KAHN - Gilles
KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER Pierre LANDES - Pierre
LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU -
Jacques LECLERE
Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Bruno LEHEUP - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe
MANGIN - François MARCHAL
Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Thierry MAY - Michel
MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN
Pierre NABET - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude
PERRIN - François PLENAT - Jacques POUREL Francis RAPHAEL - Antoine
RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel
SCHMITT
Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude
SIMON - Jean-François STOLTZ
Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette
VIDAILHET - Michel VIDAILHET
Jean-Pierre VILLEMOT - Denis ZMIROU - Faïez ZANNAD

=====

- **PROFESSEURS ÉMÉRITES**

Serge BRACARD - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Jean-
Pierre CRANCE - Gilbert FAURE -
Bruno HOEN - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - Alain LE
FAOU - Bruno LEHEUP - Thierry MAY - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS -
Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : *Anatomie*

Professeur Marc BRAUN - Professeure Manuela PEREZ

2^e sous-section : *Histologie, embryologie et cytogénétique*

Professeur Christo CHRISTOV

3^e sous-section : *Anatomie et cytologie pathologiques*

Professeur Guillaume GAUCHOTTE – Professeur Hervé SARTELET

43^e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{re} sous-section : *Biophysique et médecine nucléaire*

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER - Professeur Antoine VERGER

2^e sous-section : *Radiologie et imagerie médicale*

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeure Valérie CROISÉ
- Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY - Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : *Biochimie et biologie moléculaire*

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

2^e sous-section : *Physiologie*

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL - Professeur Jacques JONAS

3^e sous-section : *Biologie cellulaire*

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

4^e sous-section : *Nutrition*

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : *Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*

Professeur Alain LOZNIIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^e sous-section : *Parasitologie et Mycologie*

Professeure Marie MACHOUART

3^e sous-section : *Maladies infectieuses ; maladies tropicales*

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : *Épidémiologie, économie de la santé et prévention*

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Cédric BAUMANN

4^e sous-section : *Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Professeur Pierre FEUGIER – Professeur Thomas LECOMPTE - Professeur Julien BROSEUS

2^e sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT

3^e sous-section : *Immunologie*

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^e sous-section : *Génétique*

Professeur Philippe JONVEAUX

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{re} sous-section : *Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER

Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN - Professeur Philippe GUERCI

2^e sous-section : *Médecine intensive-réanimation*

Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY - Professeur Antoine KIMMOUN

3^e sous-section : *Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4^e sous-section : *Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie*

Professeur Nicolas GIRERD

5^e sous-section : *Médecine d'urgence*

Professeur Tahar CHOUIHED

49^e Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{re} sous-section : *Neurologie*

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD - Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

2^e sous-section : *Neurochirurgie*

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^e sous-section : *(Psychiatrie d'adultes ; addictologie*

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN - Professeur Thomas SCHWITZER -

Professeure Fabienne ROUYER-LIGIER

4^e sous-section : *Pédopsychiatrie ; addictologie*

Professeur Bernard KABUTH

5^e sous-section : *Médecine physique et de réadaptation*

Professeur Jean PAYSANT

50^e Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{re} sous-section : *Rhumatologie*

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^e sous-section : *Chirurgie orthopédique et traumatologique*

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3^e sous-section : *Dermato-vénéréologie*

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

4^e sous-section : *Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*

Professeur François DAP - Professeur Etienne SIMON

51^e Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{re} sous-section : *Pneumologie ; addictologie*

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2^e sous-section : *Cardiologie*

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET – Professeur Olivier HUTTIN

Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

3^e sous-section : *Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

4^e sous-section : *Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY – Professeure Nicla SETTEMBRE

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^e sous-section : Chirurgie viscérale et digestive

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

3^e sous-section : Néphrologie

Professeur Luc FRIMAT

4^e sous-section : Urologie

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

1^{re} sous-section : Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

3^e sous-section : Médecine générale

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : Pédiatrie

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET -

Professeur Cyril SCHWEITZER

2^e sous-section : Chirurgie infantile

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^e sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4^e sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : Oto-rhino-laryngologie

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER -

Professeure Cécile RUMEAU -

Professeur Patrice GALLET

2^e sous-section : Ophtalmologie

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Jean-Baptiste CONART

3^e sous-section : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

Professeure Muriel BRIX

=====

- **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

61^e Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^e Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65^e Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66^e Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53^e Section, 3^e sous-section : Médecine générale

Professeure associée Sophie SIEGRIST - Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

- **MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : Anatomie

Docteur Bruno GRIGNON

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : Biochimie et biologie moléculaire

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN –

Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

2^e sous-section : Physiologie

Docteure Iulia-Cristina IOAN

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2^e sous-section : Parasitologie et mycologie

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : *Epidémiologie, économie de la santé et prévention*

Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN – Docteur Abdou OMOROU

2^e sous-section *Médecine et Santé au Travail*

Docteure Isabelle THAON

4^e sous-section : *Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*

Docteure Aurélie BANNAY (stagiaire)

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Docteure Maud D'AVENI

2^e sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Docteure Lina BOLOTINE

3^e sous-section : *Immunologie*

Docteure Alice AARNINK

4^e sous-section : *Génétique*

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

3^e sous-section : *Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteur Julien SCALA-BERTOLA -

Docteure Élise PAPE (stagiaire)

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

2^e sous-section : *Neurochirurgie*

Docteur Fabien RECH

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

4^e sous-section : *Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^e sous-section : *Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*

Docteur Fabrice VANHUYSE

54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1° sous-section : Pédiatrie

Docteure Cécile POCHON – Docteur Amandine DIVARET-CHAUVEAU

3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale

Docteur Charline BERTHOLD

4° sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale

Docteure Eva FEIGERLOVA

5° sous-section : Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

=====

- MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5° Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

63° Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET – Madame Rümeyza BASCETIN - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ –

Monsieur Christophe NEMOS – Monsieur Simon TOUPANCE

69° Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

90° Section : MAÏEUTIQUE

Madame Gaëlle AMBROISE (stagiaire)

=====

- MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53° Section, 3° sous-section : (Médecine générale)

Docteur Antoine CANTON - Docteur Jean-Charles VAUTHIER

=====

- DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI
(1982)

*Brown University, Providence
(U.S.A)*

Professeure Mildred T.
STAHLMAN (1982)

*Vanderbilt University, Nashville
(U.S.A)*

Professeur Théodore H.
SCHIEBLER (1989)

*Institut d'Anatomie de Würzburg
(R.F.A)*

Professeur Mashaki KASHIWARA
(1996)

*Research Institute for
Mathematical Sciences de Kyoto
(JAPON)*

Professeur Ralph GRÄSBECK
(1996)

Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur Duong Quang TRUNG
(1997)

*Université d'Hô Chi Minh-Ville
(VIÊTNAM)*

Professeur Daniel G. BICHET
(2001)

Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON
(2005)

*Institute of Technology, Atlanta
(USA)*

Professeur Brian
BURCHELL (2007)

*Université de Dundee
(Royaume-Uni)*

Professeur Yunfeng
ZHOU (2009)

*Université de Wuhan
(CHINE)*

Professeur David
ALPERS (2011)

*Université de
Washington (U.S.A)*

Professeur Martin
EXNER (2012)

*Université de Bonn
(ALLEMAGNE)*

REMERCIEMENTS

A Monsieur Le Professeur Paolo Di Patrizio, président du jury,
Professeur des Universités de Médecine Générale,
Coordonnateur du Département de Médecine Générale,

Je vous adresse mes remerciements les plus sincères pour avoir accepté de *présider le jury* de ce travail mais aussi m'avoir permis de le réaliser. A ce titre, je vous exprime ma profonde et respectueuse. Merci également pour votre encadrement et votre soutien en tant que maître de stage.

A Monsieur le Professeur Tahar CHOUHIED,
Professeur des Universités - Praticien Hospitalier – Médecin Urgentiste

Je vous remercie pour votre implication et votre curiosité pour ce travail.

A Monsieur le Professeur Damien MANDRY,

Professeur des universités – praticien hospitalier – Radiologie et imagerie médicale

Je vous remercie pour l'intérêt que vous portez à cette thèse avec votre œil expert de radiologue.

A Madame la Professeure Sophie SIEGRIST,
Professeure associée de médecine générale

Je vous remercie pour votre expertise et vos conseils avisés dans l'avancée et l'aboutissement de cette étude.

A Madame la Docteure Bérénice LEOUTRE-FALMAGNE

Je vous remercie pour avoir consentit à reprendre ce travail avec moi, pour votre disponibilité et votre aide précieuse.

Merci à tous **mes maîtres de stage** pour leur enseignement, le partage de leurs expériences qui m'ont permis au cours de cet internat de devenir le médecin que je serai demain.

Je remercie **mes parents** pour leur soutien infaillible et inconditionnel durant toutes ces longues années d'études, pour leur aide dans les moments difficiles et leur joie de me voir évoluer, malgré mes originalités de parcours.

Je remercie **mes sœurs**, mes confidentes, toujours présentes à mes côtés et qui ont toujours cru en moi.

Une pensée pour **ma mamie** qui nous a quitté brutalement au début de mon internat et aurait de tout cœur aimé être présente pour cette deuxième thèse.

Un grand merci à **mon parrain Paulo** pour ses encouragements, son soutien, sa sagesse et sa bienveillance.

Un merci à tous **mes ami(e)s** qui m'ont suivi au cours de mes longues années de facultés, ceux rencontrés en pharmacie, ceux découverts en médecine, et qui partagent ma vie, mes rires, mes joies, mes peines, mes difficultés, mais toujours avec amour et fidélité : Emilie, Catherine, Déborah, Nurcan, Margaux, Fred, Anne, Katia, Gwen, Jordan, Laurent...

Et je ne te saurai comment te remercier ma **Tara**... Tu es celle qui m'a sauvée, celle qui m'a permis d'aller au bout, un soutien sans faille, sans condition et de chaque instant. Tu es celle avec qui je partage ma vie, celle qui me suit partout, quoi que je fasse, où que j'aie. Celle qui m'apaise, celle qui me stimule. Celle avec qui je m'endors le soir, et celle qui me réveille le matin. Une petite boule de poil qui ne parle pas, mais tu es celle qui me connaît le mieux, d'un regard ou d'un geste, tu sais exactement ce dont j'ai besoin. Tout est tellement plus simple à tes côtés. Merci.

SERMENT D'HIPPOCRATE

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés. J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.”

TABLE DES MATIERES

LISTE DES PROFESSEURS	2
REMERCIEMENTS	12
SERMENT D'HIPPOCRATE	18
TABLE DES MATIERES	19
TABLE DES FIGURES	20
TABLE DES TABLEAUX	21
ABREVIATIONS ET ACRONYMES	22
PARTIE 1 : INTRODUCTION	23
1. CONTEXTE	23
2. L'ACTIVITE ECHOGRAPHIQUE EN MEDECINE GENERALE	25
a. <i>Les freins à l'utilisation de l'échographie en médecine générale</i>	26
b. <i>Les principales indications de l'échographie en soins primaires en médecine générale</i>	30
c. <i>La cotation des actes d'échographie en médecine générale</i>	31
d. <i>Le cadre médico-légal</i>	32
3. LA TELEMEDECINE	33
a. <i>La téléconsultation</i>	34
b. <i>La téléexpertise</i>	36
4. LA TELE-ECHOGRAPHIE	38
a. <i>Création</i>	38
b. <i>Principe de fonctionnement</i>	38
5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE	40
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODE	41
1. CHOIX DU SUJET	41
2. METHODE	41
3. SELECTION DES ARTICLES	42
4. SYNTHESE DES DONNEES – REDACTION	44
PARTIE 3 : RESULTATS	45
PARTIE 4 : DISCUSSION	73
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE	78

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Echographie Orchéo Lite TE télé-opéré (Société Sonoscanner).....	27
Figure 2 - Page d'accueil du site Echo-Loco	29
Figure 3 - Evolution du nombre de téléconsultations des médecins libéraux (Assurance Maladie 2020)	34
Figure 4 - Robot Melody, site patient.....	39
Figure 5 - Robot Melody, site expert.....	39
Figure 6 - Schématisation du principe d'un système de télé-échographie robot guidée.....	40
Figure 7 - Bras robotisé télé-opéré (Robot Melody, société AdEchoTech).....	57
Figure 8 - Porte sonde motorisé.....	58
Figure 9 - Système FASTele. Interface patient	60
Figure 10 - Système FASTele. Interface expert.	60
Figure 11 - Bras robotisé	70
Figure 12 - Sonde robotisée. (a) Sonde maintenue immobile par un opérateur non échographiste. (b) Sonde avec transducteur télé-opéré à l'intérieur. (c) L'expert avec la sonde factice en main, le clavier de télé-opération, l'écran vidéo et échographique.....	71

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Tableau récapitulatif des indications pertinentes de l'échographie en médecine générale.....	30
--	----

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AAA : Anévrisme de l'Aorte Abdominale
ALD : Affection Longue Durée
CDOM : Conseil Départemental de l'Ordre des Médecins
CH : Centre Hospitalier
CNES : Centre National d'Etudes Spatiales
CPAM : Caisse Primaire d'Assurance Maladie
DMP : Dossier Médical Partagé
DPC : Développement Professionnel Continu
EHPAD : Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes
FAF : Fond d'Assurance de Formation
HAS : Haute Autorité de Santé
ISS : International Space Station
MEP : Médecins à Exercice Particulier libéraux
MSP : Maison de Santé Pluri-professionnelle
NGAP : Nomenclature générale des actes professionnels
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
POCUS : Point Of Care UltraSounds
RCP : Responsabilité Civile Professionnelle
TVP : Thrombose Veineuse Profonde
TVS : Thrombose Veineuse Superficielle
VSL : Véhicule Sanitaire Léger

PARTIE 1 : INTRODUCTION

1. Contexte

Le recours à l'examen échographique en médecine générale est très fréquent. C'est un examen rapide, non irradiant, et praticable chez tous les patients. Ses indications sont multiples. Cette technique d'imagerie permet d'affirmer ou d'infirmer un diagnostic de façon rapide. Elle est donc très utile dans la prise de décision, notamment pour déterminer un caractère d'urgence.

Cependant, son utilisation se heurte à de nombreuses difficultés.

Un des principaux enjeux actuels de santé publique est l'implication du médecin généraliste dans la prise en charge et l'amélioration du parcours de soins des patients.

L'accès à l'échographie est actuellement difficile, notamment dans les zones rurales et déserts médicaux. Ceci entraîne un allongement des délais d'attente pour avoir un rendez-vous d'examen d'imagerie. Cette problématique est multifactorielle. D'une part, la démographie médicale décroît. Actuellement, 4612 radiologues sont en activité soit une densité moyenne de 9 radiologues pour 100 000 habitants (71). En 2030, une baisse de 31% de leurs effectifs est attendue, plus particulièrement dans les zones rurales et « déserts médicaux » du fait d'une pénurie de spécialistes déjà actuelle, qui ne fera qu'accroître les déficits déjà existants.

D'autre part, la demande de soins augmente au sein d'une population qui s'accroît et vieillit progressivement. La France comptera 9,3 millions d'habitants supplémentaires à l'horizon 2050, avec un habitant sur trois âgé de 60 ans ou plus (72).

Accéder à un examen d'échographie nécessite de se rendre dans un cabinet de radiologie. La difficulté potentielle des patients à se déplacer, avec parfois la nécessité de recourir à une ambulance ou un VSL (notamment pour les personnes âgées et résidant en EPHAD), engendre des coûts conséquents.

Par ailleurs, il faut noter que l'échographie est un examen opérateur dépendant. Son apprentissage nécessite une formation lourde et complexe, ainsi qu'une pratique longue et quotidienne afin d'être performant. En effet, une mauvaise technique échographique peut s'avérer délétère et entraîner des erreurs ou des retards diagnostiques. Mais le coût de cette formation est un frein majeur à son développement en médecine générale : coût de l'inscription à la formation, volume

horaire important, perte de revenus liée aux heures de formation, achat et entretien du matériel...

Ces dernières années, la pratique de la télémédecine s'est généralisée, notamment avec l'épidémie de Covid-19. Cette pratique semble être, à l'heure actuelle, une réponse potentielle au manque de médecins et à la désertification médicale.

Parallèlement, les technologies de l'information et de la communication ont connu une croissance rapide au cours de ces deux dernières décennies. Les patients comme les médecins utilisent aisément internet et leurs smartphones pour communiquer dans leur vie quotidienne. Pour parer aux difficultés d'accès aux soins, de nombreux médecins généralistes communiquent directement avec leurs confrères (messagerie personnelle, téléphone, sms,...), en créant ainsi des « réseaux » de coordination interactifs. Ces moyens de communication, simples et pratiques, questionnent néanmoins sur la sécurité du transfert des données médicales du fait d'une absence de cryptage des messages.

Dans ce contexte, la télé-échographie pourrait-elle ainsi permettre d'améliorer le parcours de soins de patients en réduisant le délai d'accès à l'examen d'échographie, et donc les délais de diagnostic et de prise en charge, ainsi que les surcoûts qui en découlent ?

Cette première partie a pour but de définir les différents termes et concepts abordés dans ce travail : l'échographie en médecine générale, la télémédecine, et pour finir, la télé-échographie.

2. L'activité échographique en médecine générale

L'échographie est un outil de diagnostic très utile : c'est une méthode non invasive, non irradiante, peu coûteuse, accessible et reproductible. Elle est facilement réalisable en tous lieux. Cet examen d'imagerie est opérateur-dépendant : l'acquisition et l'interprétation des images nécessite une certaine expertise.

L'échographie rend possible l'analyse rapide des situations cliniques. Elle permet d'affirmer, infirmer ou affiner un diagnostic avec une excellente sensibilité et spécificité, et d'étudier des diagnostics différentiels. Ceci donne la possibilité de proposer une prise en charge appropriée de façon rapide et sûre.

De plus en plus de médecins généralistes ont recours à l'utilisation de l'échographie et montrent un intérêt croissant pour cet examen que l'on qualifie de plus en plus de « prolongement de l'examen clinique » ou « stéthoscope du 3^{ème} millénaire » : on parle d'échoscopie ou échographie clinique ciblée. En médecine générale, l'échoscopie est un complément de l'examen clinique qui permet d'apporter une valeur ajoutée à l'examen clinique standard en amenant à un diagnostic rapide et à la poursuite de la prise en charge.

En juillet 2019, la CNAM a saisi la HAS pour évaluer l'utilisation de l'échoscopie ou échographie clinique ciblée par le médecin généraliste. En juillet 2022, le rapport conclut que les données de littérature ne permettent pas aujourd'hui d'identifier les situations cliniques pour lesquelles l'utilisation de l'échographie clinique ciblée apporterait une valeur ajoutée à l'examen clinique standard en médecine générale. L'analyse de la littérature disponible révèle un manque de données sur l'utilisation de l'échoscopie clinique ciblée. Il existe très peu d'essais cliniques en cours d'étude sur le sujet (73).

Bien qu'elle ait de nombreux avantages, la pratique de l'échographie en médecine générale reste à l'heure actuelle freinée par plusieurs problématiques :

- La fiabilité de l'examen (opérateur-dépendant)
- L'équipement, l'achat et l'entretien du matériel (coût)
- La formation (temps, coût)
- Le temps de consultation (temps consacré à l'examen, conséquences financières).

Face à ces difficultés, l'utilisation de l'échographie en médecine générale en France n'est que de l'ordre de 5%. A titre de comparaison, au Danemark, 30 % des médecins généralistes utilisent quotidiennement l'échographie (5), en Allemagne 45% (6).

a. Les freins à l'utilisation de l'échographie en médecine générale

Sur la pratique de l'échographie en soins primaires, les médecins généralistes se confient (75) :

- « Je suis généraliste et j'ai investi dans un échographe ultra portable après un week-end de formation et depuis j'apprends seul avec des tutoriels et livres en m'entraînant avec mes patients. Mon but n'est pas en effet de coter les actes mais de l'utiliser comme un plus du stéthoscope. Mais en contrepartie, il me paraît impossible de continuer des formations car aucune n'est adaptée à notre emploi du temps ! »
- « Le temps... notre ennemi à tous. Il existe une solution : les formations à distance. Vous faites de l'écho quand vous voulez, quand vous pouvez. Qui plus est prises en charge avec vos droits au DPC. »

Ils s'interrogent sur :

- La rentabilité de leur investissement
- La relation avec les confrères radiologues
- Le cadre médico-légal
- Le temps consacré à la formation, et l'allongement de la durée de consultation.

→ L'accès à l'échographie

En pratique, lorsqu'un médecin généraliste prescrit un examen complémentaire d'échographie, il faut prendre en compte :

- Le délai d'accès à l'examen d'échographie
- Le coût de l'examen
- La fiabilité de l'examen : il est important d'adresser le patient à un échographiste qualifié et expérimenté afin que le diagnostic soit le plus juste possible.
- L'indication : il est nécessaire de s'assurer que l'examen d'échographie est nécessaire, justifié et indiqué. La qualité et l'efficacité d'un système de santé passe par l'économie de ressources et il est important de ne pas sur-solliciter nos confrères radiologues pour réaliser des examens non utiles.

L'utilisation de l'échographie se trouve confrontée à des difficultés d'accès avec des répartitions inégales sur le territoire. Les délais d'accès de plusieurs jours à cet examen d'imagerie génèrent de potentiels retards diagnostiques.

→ L'équipement

Un des freins liés à la pratique de l'échographie en médecine générale est le coût de l'équipement, achat et entretien. Un certain nombre de médecins généralistes ne peuvent pas se permettre d'investir dans un matériel coûteux qu'ils ne pourraient rentabiliser.

Une large gamme d'appareils d'échographie est disponible. L'évolution des technologies permet d'avoir une offre d'appareils à des prix abordables, de plus en plus petits et portatifs, avec une bonne résolution d'image, des programmations, et des logiciels d'interface permettant stockage et exportations des données et images.

Pour exemple, la société *Sonoscanner* (7) propose un échographe téléopéré avec quatre sondes ultra HD (convexe, linéaire, endo-cavitaire, endo-vaginale), avec formation continue à l'échographie et entretien compris, pour 493 euros/mois pendant six ans. Sachant qu'un examen d'échographie en médecine générale peut être coté en moyenne quarante euros (8), treize échographies par mois sont nécessaires pour amortir le matériel et la formation.



Figure 1 - Echographie Orchéo Lite TE télé-opéré (Société Sonoscanner)

→ La formation

En France, il existe différentes possibilités pour un médecin généraliste de se former à la pratique de l'échographie. Elles existent en présentiel, avec mise en pratique de l'apprenant, sous regard et conseils d'un formateur, mais aussi en distanciel, en groupe ou en individuel. Pour les médecins libéraux, la formation peut être prise en charge dans le cadre du DPC ou du FAF.

L'offre de formation disponible en France est diversifiée :

- Le *Diplôme Inter Universitaire* (DIU) « Échographie et Techniques Ultrasonores » mention échographie générale est organisé par différentes universités dont Paris (9), Lyon (10), Angers (11), Nantes (12), Reims (13), Tours (14), Montpellier (15)... Il comprend un tronc commun avec une épreuve théorique, une épreuve pratique, et un module d'échographie générale. Il se déroule sur deux ans, et coûte environ 1500 euros par année (300 euros pour les internes). Il faut valider au cours de la formation trente vacances dans un service agréé.
- Le *Diplôme Universitaire* (DU) « Échographie clinique » ou « Échographie générale » est organisé par différentes facultés (Paris, Nice, Lyon, Brest (16)...). Il se déroule sur un an et se compose d'une formation théorique : bases physiques de l'échographie, échographie abdominale, pulmonaire, voies urinaires, gynécologique, obstétricale, vasculaire, et d'une formation pratique. Elle coûte environ 1400 euros.
- Le *Diplôme d'Études Supérieures Universitaires* (DESU) « d'échoscopie et d'échographie pratique en médecine générale » est organisé par la faculté de Marseille (17). Il est ouvert aux médecins généralistes et aux internes de médecine générale à partir du 5^{ème} semestre.
- La *formation du Centre de Formation Francophone en Échographie* (CFFE) (18) : enseignement dispensé soit lors d'une formation en présentiel de deux ou trois jours avec un suivi pendant un an, soit par des cours en ligne. Au cours de la formation, un échographe est mis gratuitement à disposition des médecins généralistes dans leur cabinet pour une durée d'un mois afin de développer la pratique.
- Les différentes sociétés vendant des échographes proposent également des formations en ligne, avec progression libre selon la pratique et le temps disponible du médecin généraliste pour sa formation.
- MedTandem, plateforme collaborative créée à Bordeaux en 2016, propose un parcours pratico-pratique avec classe inversée : apprentissage théorique par vidéo en ligne, puis pratique en présentiel en tandem avec un mentor, médecin expérimenté, avec partage de cas cliniques rencontrés avec les confrères via un site de pairs et de visioconférences. Le prêt d'un échographe est possible

sur demande gratuitement pendant un mois puis 100 euros/mois pendant deux mois. La formation est prise en charge complètement par le DPC (19).

En parallèle de ces formations, le médecin a également la possibilité de se former de façon autodidacte. Il existe des sites internet pour se former, comme le site Echo-Loco, réalisé par un confrère. (76)



Figure 2 - Page d'accueil du site Echo-Loco

Le médecin choisira librement le format qui lui convient le plus (temps, déplacement, pratique, coût...). Il faut préciser que seuls les DIU peuvent être inscrits sur une plaque professionnelle après accord du CDOM du département d'exercice du médecin.

→ Le temps consacré

L'échographie nécessite un certain temps d'examen. Les médecins généralistes, déjà « surbookés », sont pris par la durée de consultation à consacrer au patient.

L'acte d'échographie permet dans certaines situations cliniques d'enrichir directement l'examen clinique et de proposer parfois un diagnostic qui devient dès lors beaucoup plus rapide. L'examen d'imagerie fait partie intégrante de la consultation et permet d'obtenir un diagnostic immédiat et une prise en charge appropriée, évitant ainsi les multiples consultations ultérieures.

b. Les principales indications de l'échographie en soins primaires en médecine générale

L'ordre des médecins et la CPAM autorisent au médecin généraliste tous les actes de diagnostic échographique.

En pratique, il est intéressant de privilégier les actes pour lesquels la spécificité et/ou la sensibilité sont proches de 100% et qui permettent de conclure à un diagnostic simple et binaire : oui, « il y a » ou non, « il n'y a pas ». On peut citer par exemple la recherche d'une lithiase vésiculaire ou rénale, d'une dilatation rénale, d'un épanchement (pleural, péritonéal), d'un globe vésical, d'un anévrysme de l'aorte, d'une thrombose veineuse, d'un kyste ovarien, d'une grossesse intra- ou extra-utérine, d'un nodule thyroïdien... (44) (48)

Domaine	Indication
Abdominal	Cholécystite, lithiase vésiculaire, dilatation des voies biliaires Ascite
Pulmonaire	Pneumothorax, pneumopathie, épanchement pleural, décompensation cardiaque
Cardiologie	Dépister l'HVG, estimer la FEVG, épanchement péricardique
Voies urinaires	Globe vésical, hydronéphrose
Vasculaire	Dépistage AAA, recherche de TVP fémoro-poplitée et TVS
Musculo-squelettique	Abcès sous cutané, recherche de fracture, corps étranger
Gynéco-obstétrique	Confirmation d'une grossesse intra-utérine, contrôle de la vitalité fœtale, kyste ovarien

Tableau 1 - Tableau récapitulatif des indications pertinentes de l'échographie en médecine générale

Les diagnostics plus compliqués relèvent d'un avis de spécialiste d'imagerie ou d'organe. Les patients devront leur être adressés si un doute persiste sur un diagnostic ou si la recherche diagnostique dépasse les compétences du médecin généraliste.

c. La cotation des actes d'échographie en médecine générale

La cotation des actes échographiques s'effectue selon la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) (20). Elle n'est pas cumulable avec une autre cotation. Le médecin généraliste ne peut pas ajouter pour la même consultation (ni le jour même) la cotation complémentaire pour une échographie. Les règles du remboursement de l'échographie sont les mêmes pour le médecin généraliste ou le médecin spécialiste.

L'acte d'échographie ne peut être coté que si un compte-rendu détaillé et accompagné d'images est rédigé et remis au patient. Les échographies cliniques ciblées ou échoscopies sans compte rendu ou images ne peuvent donc pas être cotées comme acte échographique.

Selon la nature de l'examen, le montant de la cotation de l'acte d'échographie varie entre 34 et 75 euros.

Quelques exemples de cotation :

- KCQM001 : échographie transcutanée de la glande thyroïde (34,97 euros)
- JNQM001 : échographie non morphologique de la grossesse avant 11 semaines d'aménorrhées (35,65 euros)
- PCQM001 : échographie de muscle, de tendon, du canal carpien (37,80 euros)
- JAQM004 : échographie uni ou bilatérale du rein, de la région lombaire, de la vessie (52,45 euros)
- HLQM001 : échographie transcutanée de l'abdomen, du foie, des conduits biliaires (52,45 euros)
- EJQM003 : échographie Doppler des veines iliaques et des membres inférieurs pour la recherche de thrombose veineuse (75,60 euros)

L'échographie reste, avec la radiographie, l'examen le plus prescrit en imagerie médicale avec 30 millions d'examens par an. Il représente environ 30% des examens d'imagerie, avec une augmentation de 2% en moyenne sur les dernières années.

Par ailleurs, c'est un acte peu coûteux avec une dépense moyenne de l'assurance maladie de 47 euros, contre 119 euros pour un scanner, 189 euros pour une IRM (74).

d. Le cadre médico-légal

Le médecin généraliste pratiquant l'échographie doit en informer son assurance professionnelle. La pratique de l'échographie entraîne une augmentation du coût annuel de la responsabilité civile professionnelle (RCP) d'une centaine d'euros.

L'article R. 4127-70 du Code de la Santé Publique (CSP) (21) pose les bases de tout acte diagnostique ou thérapeutique : « *tout médecin est, en principe, habilité à pratiquer tous les actes de diagnostic, de prévention et de traitement* » (seule exception : échographie complète du premier trimestre de la grossesse avec mesure de la clarté nucale qui doit être effectuée par un médecin spécialiste).

L'article 33 du Code de Déontologie Médicale précise que « *le médecin doit toujours élaborer son diagnostic avec le plus grand soin, en y consacrant le temps nécessaire, en s'aidant dans toute la mesure du possible des méthodes scientifiques les mieux adaptées et, s'il y a lieu, de concours appropriés* ».

Le médecin généraliste réalisant l'acte échographie et son compte rendu diagnostique engage sa responsabilité civile, ordinale et pénale.

A l'heure actuelle, il n'existe aucune réglementation imposée de méthode de formation initiale ou continue encadrant la pratique de l'échographie. Il est seulement nécessaire que le médecin voulant pratiquer l'échographie se forme et, selon l'article 11 du Code de Déontologie Médicale, « *entretienne et perfectionne ses connaissances, il doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour participer à des actions de formation continue* ». Le médecin généraliste peut donc fixer librement ses propres modalités de formation et d'exercice. C'est à lui de juger des échographies qu'il se sent en capacité de réaliser selon le contexte clinique et les circonstances et celles qu'il devra adresser à un médecin spécialiste.

3. La télémédecine

La télémédecine est « *une pratique médicale à distance recourant aux nouvelles technologies de l'information et de la communication* » (1) (2). Elle favorise l'accès de tous à des soins sur l'ensemble du territoire. La télémédecine pallie les obstacles de la distance géographique. Elle permet de réduire les délais de consultation auprès de médecins, généralistes ou spécialistes, et ainsi d'accélérer le diagnostic et la prise en charge.

La loi du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients et aux territoires (HPST) définit et réglemente pour la première fois la télémédecine en France. En 2018, cette modalité de soins entre dans le droit commun de l'assurance maladie : cette pratique est donc récente.

Le décret du 19 octobre 2010 définit cinq actes médicaux réalisables en télémédecine ainsi que leurs conditions de mise en œuvre (3) :

- La **téléconsultation** : consultation à distance entre un médecin et un patient. Tout médecin libéral ou salarié d'un établissement de santé peut effectuer une téléconsultation. Il la facture au tarif d'une consultation en présentiel. Toutes les situations médicales peuvent donner lieu à une téléconsultation mais le recours à la téléconsultation relève de la seule décision du médecin.
- La **téléexpertise** : consiste en un échange entre au moins deux médecins qui arrêtent ensemble, avec le consentement du patient, un diagnostic ou une stratégie thérapeutique sur la base de données biologiques, radiologiques ou cliniques. Elle permet d'obtenir rapidement l'avis d'un spécialiste donc de réduire les délais de prise en charge et de suivi.
- La **télésurveillance médicale** : un médecin interprète à distance les données cliniques ou biologiques recueillies par le patient ou un professionnel de santé.
- La **téléassistance** : un médecin assiste à distance l'un de ses confrères pendant un acte médical ou chirurgical
- La **régulation** : les médecins de centre 15 ou SOS Médecins établissent par téléphone un premier diagnostic afin de déterminer et déclencher la réponse la mieux adaptée à la situation.

La télémédecine a été conçue comme solution aux principaux problèmes qui se posent actuellement en matière de santé publique. Elle ne se substitue pas aux pratiques médicales traditionnelles mais peut faciliter l'accès de la population à des soins de proximité, pallier le manque de personnel médical et renforcer les missions des établissements isolés.

La HAS a élaboré plusieurs documents facilitant la mise en œuvre de cette pratique médicale à distance par les professionnels de santé et informer les patients.

Pour pratiquer la télémedecine, un certain nombre d'éléments sont à prendre en compte :

- La **règlementation** : les téléconsultations et téléexpertises répondent aux mêmes exigences que l'exercice médical en présentiel (conditions d'exercice, règles de déontologie, secret médical)
- L'**organisation de l'activité** : il faut prévoir des plages de téléconsultation ou proposer cette possibilité via une plateforme de prise de rendez-vous
- Des **locaux** adaptés à la téléconsultation : lieu calme, respect de la confidentialité de la consultation
- Du **matériel et des équipements** : outils de communication (vidéotransmission), outils informatiques (messagerie sécurisée, hébergeur de données de santé agréé ou certifié)
- La **documentation** : procédures, vérification du fonctionnement, maintenance du matériel, modalités de travail en dégradé en cas de dysfonctionnement ou de rupture de connexion, contrats avec les prestataires ou fournisseurs
- La **protection et la sécurité des données personnelles** : protection des données, sécurisation du poste informatique
- La **formation** : apprendre à communiquer et à réaliser un examen à distance, savoir utiliser le matériel.

a. La téléconsultation

La téléconsultation a pris son essor en 2018, lors de son autorisation de remboursement par l'Assurance Maladie (4).

- En septembre 2018, leur nombre était de 4 téléconsultations
- En novembre 2018, il était de 100
- En janvier 2019, 1000 téléconsultations ont été enregistrées
- Leur nombre était linéairement croissant au cours de l'année 2019 pour atteindre 10 000 téléconsultations en novembre 2019.

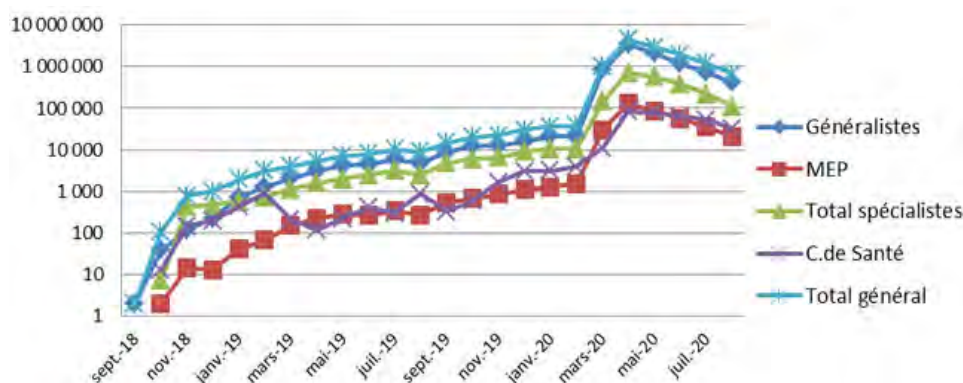


Figure 3 - Evolution du nombre de téléconsultations des médecins libéraux (Assurance Maladie 2020)

Au premier semestre 2020, avec la crise sanitaire, le nombre d'actes de téléconsultation a explosé en France :

- 40 000 téléconsultations en février 2020
- 4,5 millions en avril 2020
- 1,9 million en juin 2020
- 650 000 en août 2020

Au moment du confinement, la téléconsultation représentait une consultation sur quatre. La crise de la Covid a permis une diffusion massive de cette nouvelle pratique tant auprès des médecins que des patients. Aujourd'hui un médecin sur deux y a recours et elle concerne des patients de tout âge.

Plus de 60 000 médecins y ont recours, 96% des téléconsultations sont facturées par des libéraux dont 4/5 par des médecins généralistes. Plus de 80% des téléconsultations sont effectuées entre un médecin et un patient qui se connaissent. Un patient sur cinq ayant recours à la téléconsultation a moins de 30 ans, un patient sur cinq a plus de 70 ans. Ceci montre que toutes les tranches d'âge utilisent cette modalité de consultation.

Les objectifs de la téléconsultation identifiés en 2018 se sont révélés avec les enjeux majeurs de la crise sanitaire de 2020 (22) :

- **Faciliter l'accès** de tous à des soins de qualité sur l'ensemble du territoire
- **Simplifier le suivi** des patients dans un contexte d'augmentation des pathologies chroniques
- **Améliorer la qualité de vie** des patients, en évitant les déplacements de personnes âgées fragiles ou atteintes de maladies chroniques
- **Améliorer la prise en charge** des patients, en évitant des renoncements aux avis spécialisés.

Face au contexte épidémique, les autorités ont mis en place des mesures pour faciliter l'accès à cette pratique : prise en charge à 100% des téléconsultations, avec consultation en premier du médecin traitant, qui connaît l'état de santé et les antécédents du patient. Actuellement, ce dispositif a été révoqué et la téléconsultation est prise en charge au même titre qu'une consultation en présentiel au cabinet. Les modalités de règlement sont les mêmes que pour une consultation classique et au libre choix du médecin téléconsultant.

La télésanté a démontré son utilité et s'est rendue indispensable en s'intégrant dans la pratique professionnelle des médecins.

La télémédecine vise aussi à faire des économies grâce à une restructuration des soins et une mise en commun des compétences médicales. La téléconsultation

simplifie l'accès à un médecin pour les patients, notamment ceux ayant des problèmes de mobilité, de disponibilité, de pathologies à risques.

Une aide à l'équipement pour les médecins libéraux a été mise en place en 2019 avec deux indicateurs (forfait structure) :

- Un indicateur de 50 points soit 350 euros pour s'équiper en vidéoconférence (mise à jour de l'équipement informatique, abonnement plateformes de téléconsultation)
- Un indicateur de 25 points soit 175 euros pour s'équiper en appareils médicaux connectés (oxymètre, stéthoscope, dermatoscope, otoscope, glucomètre, ECG, sonde doppler, échographe, tensiomètre, spiromètre...)

b. La téléexpertise

Le 14 juin 2018, un accord conventionnel (avenant n°6 à la convention nationale du 25 août 2016) a été signé entre l'Assurance Maladie et les représentants des médecins libéraux. Il permet le remboursement des actes de téléconsultation (septembre 2018) et téléexpertise (février 2019) et pose ainsi un cadre favorable au déploiement de la téléconsultation.

Depuis le 10 février 2019, la téléexpertise permet à un médecin de solliciter l'avis d'un confrère. Un « médecin requérant » sollicite un « médecin requis » concernant une situation médicale d'un patient, en raison de sa compétence particulière, et ce en son absence.

Jusqu'à la fin de l'année 2020, la téléexpertise était réservée aux patients pour lesquels l'accès aux soins devait être facilité au regard de leur état de santé ou de leur situation géographique (patients en ALD, atteints de maladie rare, résidents de zones « sous-denses », résidents EHPAD, détenus...). Elle est ouverte à tous depuis le 1^{er} avril 2022.

La téléexpertise concerne potentiellement toutes les situations médicales.

Quelle que soit la situation, le médecin requérant doit demander et recueillir le consentement du patient. A l'issue de la téléexpertise, le médecin requis doit rédiger un compte rendu qu'il archive dans le Dossier Médical Partagé (DMP) du patient et le transmet au médecin requérant.

Il existe 2 niveaux de téléexpertise, selon la complexité du dossier du patient, le niveau de l'expertise réalisée, la fréquence :

- **Niveau 1** : question circonscrite qui ne demande pas une étude approfondie de la situation médicale du patient (ex : interprétation d'une photo de tympan, d'amygdales, de lésion cutanée, lecture d'une rétinographie, étude d'une spirométrie,...)
- **Niveau 2** : avis en réponse à une situation médicale complexe nécessitant une étude approfondie du patient (ex : bilan pré-chimiothérapie, suivi oncologique, suivi d'une plaie chronique en aggravation, suivi de maladie inflammatoire chronique en évolution, adaptation d'un traitement antiépileptique).

Le tarif de la téléexpertise prend en compte le niveau de l'avis demandé, et sa fréquence. Elle n'est pas cumulable avec un autre acte ou majoration et ne peut donner lieu à un dépassement d'honoraire.

Les actes de téléexpertise sont facturés à l'Assurance Maladie depuis le 10 février 2019. Initialement, deux actes ont été créés dans la nomenclature générale des actes professionnels (NGAP) : deux niveaux de télé-expertise existaient, avec des niveaux de rémunération différents.

- **Téléexpertise de niveau 1 (TE1) :**
 - o **12 euros** par téléexpertise pour le médecin requis, avec un maximum de 4 actes/an par médecin pour un même patient
 - o **5 euros** par téléexpertise pour le médecin requérant
- **Téléexpertise de niveau 2 (TE2) :**
 - o **20 euros** par téléexpertise pour le médecin requis, avec un maximum de 2 actes/an par médecin pour un même patient.
 - o **10 euros** par téléexpertise pour le médecin requérant

Avec un plafond de 500 euros par an pour le médecin requérant.

Depuis le 1^{er} avril 2022 et l'entrée en vigueur de l'avenant 9, il n'existe plus qu'un seul niveau de rémunération.

- Le médecin requis cote un acte TE2, rémunéré 20 euros
- Le médecin requérant cote un acte RQD rémunéré 10 euros.

La télé-expertise est facturée en tiers payant et prise en charge à 100% par l'assurance maladie obligatoire (AMO), au même titre qu'une consultation classique.

Les limites sont les suivantes : 4 requêtes par patient par an pour le médecin requérant, 4 télé-expertises par patient et par an pour le médecin requis. Ces actes sont comptabilisés dans les 20% d'actes de télémédecine maximum dans la pratique d'un médecin généraliste sur l'année.

4. La télé-échographie

Ces dernières décennies, la technologie a fortement évolué, notamment au niveau des aspects technologiques et informatiques (matériel, réseau information, technologie des sondes, sécurisation des données, qualité des images, développement réseau sans fil...). Ce développement associé au manque de médecins, à la disparité sur les territoires, ainsi que les coûts engendrés par les transferts et les retards de prise en charge, a conduit à un nouveau concept de télémédecine : la télé-échographie.

a. Création

La télé-échographie est un système innovant issu de la recherche spatiale. A l'origine, le premier robot de télé-échographie a été créé pour l'Agence Spatiale Européenne (ESA) (22). Les astronautes ont de multiples compétences mais ne sont pas formés à l'imagerie médicale. Or, l'échographie permet un suivi quotidien de leur état de santé. Un projet de télé-échographie a donc été mis en place par le CNES et testé in situ par les astronautes à bord de l'ISS depuis plusieurs années.

La mission de Thomas Pesquet en 2021 a permis de tester cette technologie dans l'espace. La société AdEchoTech a créé le système robotique baptisé « Melody ». Il permet de reproduire le mouvement de la main du radiologue à bord de la station. Le seul inconvénient est le temps de réponse : avec une connexion internet par satellite, il y a un temps de latence. Ce système est actuellement implanté dans une vingtaine de centres médicaux, dont la moitié à l'international et en particulier en Amérique du Nord et en Europe.

b. Principe de fonctionnement

Le robot Melody permet à un médecin spécialisé en échographie d'effectuer l'examen sur un patient à distance. Un système de visioconférence et deux sondes jumelles, l'une mise en place sur le patient et maintenue par un support dédié, et l'autre manipulée par le médecin échographe, permet aux deux personnes de communiquer comme si elles étaient dans la même pièce.



Figure 4 - Robot Melody, site patient



Figure 5 - Robot Melody, site expert

Le système comporte trois parties :

- La **station expert**, placée du côté du médecin échographiste
- La **station patient**, placée du côté patient
- Le **système de communication** entre les deux stations.

La station expert est dotée d'une console qui gère les informations entrantes (images venant de la station patient) et sortantes (reproduction des mouvements de la sonde manipulée par le médecin).

La station patient comporte une console qui gère également les mêmes types d'informations (image et capture de la résistance de la sonde sur le côté du patient, retour de force).

Le système de communication fait circuler les images produites par l'appareil d'imagerie, les ordres de la sonde du médecin vers celle du patient, ainsi que le retour de force de la sonde du patient vers le médecin. Il s'occupe également d'établir une communication en visioconférence entre eux.

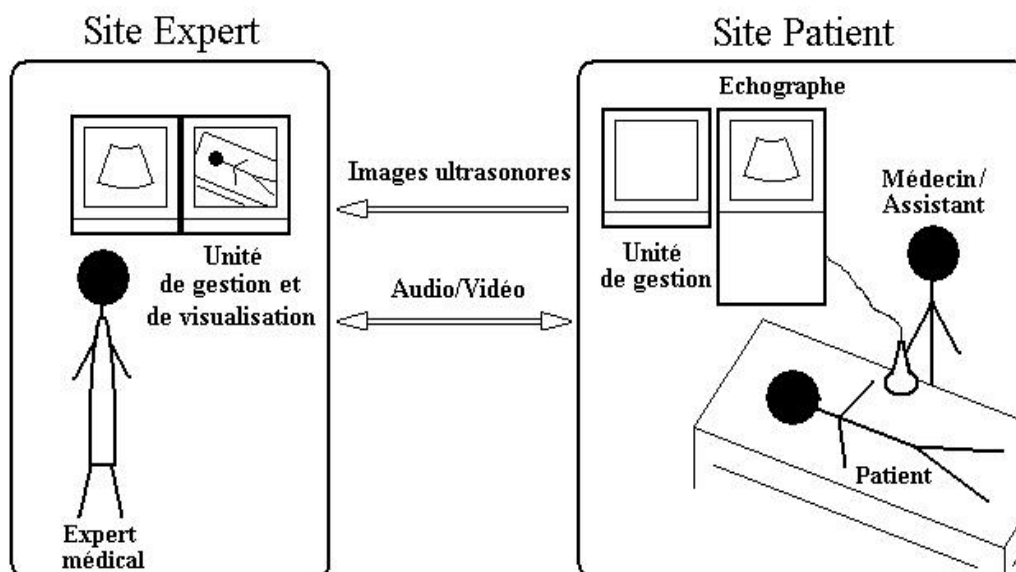


Figure 6 - Schématisation du principe d'un système de télé-échographie robot guidée

Deux modes se sont développés :

- Le mode synchrone, c'est-à-dire que l'examen et l'interprétation se font en temps réel
- Le mode asynchrone : l'interprétation de l'imagerie est faite à distance de l'examen physique.

En mode synchrone, les données sont transmises instantanément en temps réel, pendant la réalisation de l'examen. Ceci permet au médecin échographiste de superviser l'examen à distance, et d'ajuster directement la qualité de l'examen et donc le diagnostic. La méthode asynchrone est non interactive : les données sont collectées, enregistrées et stockées, puis transmises à un médecin échographiste pour interprétation.

5. Justification de l'étude

L'intérêt de développer la télémédecine et plus particulièrement la télé-échographie est un objectif de santé publique majeur avec pour but l'amélioration du parcours de soin des patients. A l'heure actuelle, peu d'études s'intéressent au développement et à l'application de la télé-échographie en médecine générale. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de répondre à deux objectifs :

- Principal : **une revue de la littérature sur l'utilisation de la télé-échographie en médecine générale,**
- Secondaire : **l'applicabilité de la télé-échographie** en soins primaires en médecine générale associée à la télé-expertise.

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODE

1. Choix du sujet

Depuis plusieurs années, la référence aux « déserts médicaux » est de plus en plus fréquente. La préoccupation de la population concernant l'accessibilité aux soins est croissante. L'évolution de la démographie médicale en France, notamment pour la médecine générale, accroît les tensions sur tous les territoires.

Dans les prochaines années, les projections augurent une diminution de l'offre médicale en ville. Parallèlement, le vieillissement de la population va entraîner une augmentation des besoins en soins, surtout en soins primaires.

Le recours à l'examen échographique est fréquent en médecine générale. Avec le manque de médecins spécialistes en échographie et l'éloignement géographique, il est souvent difficile d'obtenir un rendez-vous dans un délai rapide.

Le choix du sujet de ce travail s'est donc porté sur la difficulté d'accès aux soins et aux examens d'imagerie, précisément à l'échographie, et comment l'intégrer dans l'amélioration du parcours de soin du patient.

2. Méthode

Le sujet étant récent et en développement, il nous a paru intéressant de faire une revue de la littérature abordant la télé-échographie en médecine générale.

Nous avons interrogé les bases de données PubMed, LISSA, CisMeF, EM premium, SUDOC, Google Scholar, BDSP, en utilisant la méthode PICOS (patients, interventions, comparators, outcome and study design).

L'équation de recherche devait permettre de répondre à la question « **quelle place pour la télé-échographie en médecine générale** ».

La recherche a été réalisée à partir des termes anglais du thésaurus Mesh. Plusieurs termes ont été retenus :

- Pour la **télé-échographie**, nous avons retenu les termes suivants : tele-echography, teleechography, echography, ultrasound, ultrasonography, POCUS (point-of-care ultrasound), echography tele-operated, teleoperated echography, tele-ultrasonography, teleultrasound, tele-ultrasound, tele-ultrasonography

- Pour la **médecine générale**, les termes retenus étaient : general practice, primary care, community health center

Définition MeSH des descripteurs :

- **General practice** : patient-based medical care provided across age and gender or specialty boundaries.
- **Primary care** : care which provides integrated, accessible health care services by clinicians who are accountable for addressing a large majority of personal health care needs, developing a sustained partnership with patients, and practicing in the context of family and community
- **Community health centers** : facilities which administer the delivery of health care services to people living in a community or neighborhood.
- **Ultrasonography** : the visualization of deep structures of the body by recording the reflections or echoes of ultrasonic pulses directed into the tissues. Use of ultrasound for imaging or diagnostic purposes employs frequencies ranging from 1.6 to 10 megahertz.
- **Telemedicine** : delivery of health services via remote telecommunications. This includes interactive consultative and diagnostic services.

3. Sélection des articles

Nous avons interrogé les différentes bases de données en utilisant plusieurs équations de recherche.

Base PubMed

<i>Mot clé / équation</i>	<i>Nombre de résultats</i>
Tele-echography / teleechography	21
(tele-echography) AND (general practice)	0
(tele-echography) AND (primary care)	0
(tele-echography) AND ((general practice) OR (primary care))	0
(teleoperated echography) AND (general practice)	1
(tele-ultrasonography) AND (general practice)	0
(teleultrasound) AND (general practice)	4

Devant le peu de résultats et pour ne pas exclure d'articles du fait d'une recherche trop restreinte, nous avons décidé d'élargir les équations de recherche. Les équations de recherche élargies ont été les suivantes :

Mots clé	Nombre de résultats
tele-ultrasonography	7
teleultrasound	70
tele-ultrasound	55
echography tele-operated	11
teleoperated echography	23
(teleultrasound) AND (general practice)	4
(teleultrasound) AND ((primary care) OR (general practice))	7
(POCUS) AND (general practice)	68

Base LISSA

Mot clé	Nombre de résultats
télé-échographie	5
((télé-échographie.tl) OU (télé-échographie.mc)) ET ((médecine générale.tl) OU (médecine générale.mc))	1

Base BDSP – banque de données en santé publique

0 résultat

Base EM Premium

Mot clé	Nombre de résultats
Télé-échographie	18

Base SUDOC

0 résultat

Base Google Scholar

18 résultats

Les résultats obtenus après interrogation des différentes bases de recherche ont été enregistrés dans le logiciel Zotero. Les articles en doublon ont été supprimés.

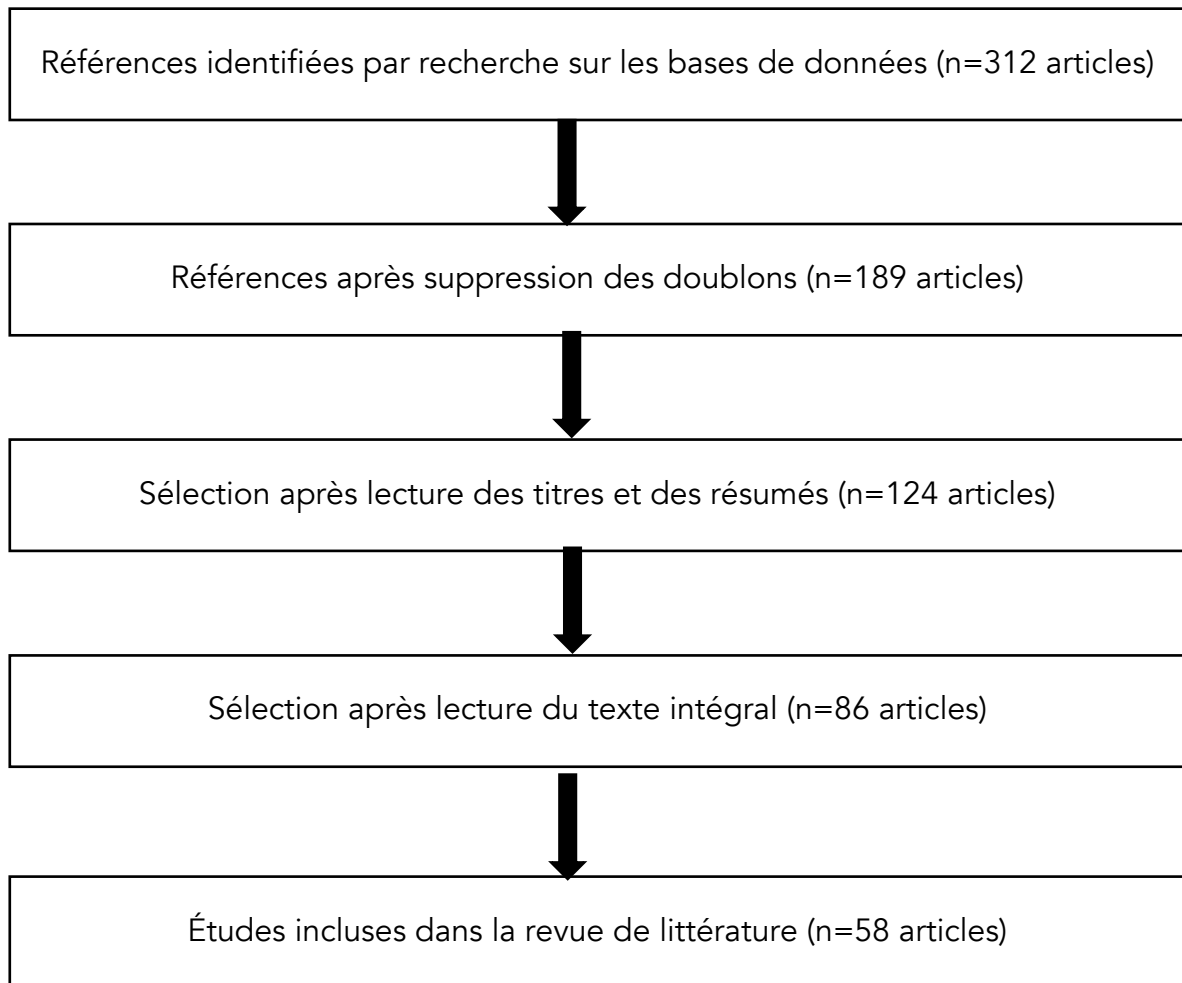
4. Synthèse des données – rédaction

En finalité, 58 articles ont été retenus.

Les résultats sont résumés dans la partie 3 de cet écrit.

PARTIE 3 : RESULTATS

Dans le tableau ci-dessous sont répertoriées les principales conclusions des articles publiés et retenus concernant la télé-échographie. La procédure de sélection des études est résumée dans le diagramme suivant.



Les résultats sont résumés sous trois axes :

- L'échographie en soins primaires
- La télé-échographie robot-guidée
- La télé-échographie

Concernant l'échographie en soins primaires

Type d'étude	Année	Pays	Biais	Conclusion
<i>Arnold AC, Fleet R, Lim D. A case for mandatory ultrasound training for rural general practitioners: a commentary. Rural Remote Health.</i>				
Revue de littérature	2021	Australie Canada	Vérification Sélection	Réduction du temps de diagnostic, des coûts et des transferts de patients. Importance en pratique rurale.
<i>Myklestul HC, Skonnord T, Brekke M. Point-of-care ultrasound (POCUS) in Norwegian general practice. Scand J Prim Health Care.</i>				
Rétrospective	2020	Norvège	Sélection	Évaluation de l'utilisation de l'échographie des médecins généralistes norvégiens. Multiplication par 6 des examens échographiques entre 2009 et 2016. 30% des médecins généralistes réalisent des actes échographiques.
<i>Smallwood N, Dachsel M. Point-of-care ultrasound (POCUS): unnecessary gadgetry or evidence-based medicine? Clin Med (Lond).</i>				
Article de synthèse	2018	Royaume-Uni	Sélection	Développement de l'échographie ciblée en tant qu'aide aux techniques d'examen traditionnelles.

<i>Salles Marie. Intérêt de l'échographie en soins primaires par le médecin généraliste.</i>				
Thèse Etude rétrospective	2016	France	Sélection Subjectivité	L'échographie facilite la prise en charge des patients de 85%. Intérêt diagnostique dans la colique néphrétique et la cholécystite.
<i>Aakjær Andersen C, Brodersen J, Davidsen AS, Graumann O, Jensen MBB. Use and impact of point-of-care ultrasonography in general practice: a prospective observational study. BMJ Open.</i>				
Observationnelle Prospective	2020	Danemark	Interprétation Sélection	L'utilisation de l'échographie en médecine générale modifie le diagnostic et la prise de décision clinique dans près de 3 consultations sur 4.
<i>Lindgaard K, Riisgaard L. 'Validation of ultrasound examinations performed by general practitioners'. Scand J Prim Health Care.</i>				
Évaluation	2017	Danemark	Interprétation	Les examens échographiques ciblés avec une complexité faible à modérée réalisés par un médecin généraliste formé ont un taux d'accord très élevé avec un spécialiste.

Mengel-Jørgensen T, Jensen MB. Variation in the use of point-of-care ultrasound in general practice in various European countries. Results of a survey among experts. Eur J Gen Pract.				
Comparaison	2016	Danemark	Sélection	Comparaison des pratiques d'utilisation de l'échographie en médecine générale dans différents pays européens. Le temps de formation et l'aspect financier sont des obstacles importants à l'utilisation de l'échographie en médecine générale.
<i>KOEHLE-DIVO Mathieu. Pertinence clinique des indications de l'échographie focalisée en soins primaires : revue narrative (44).</i>				
Thèse Revue de littérature	2022	France	Sélection	Établissement d'une liste d'indications pertinentes, accessibles, applicables dans la pratique quotidienne après une courte formation.

Le nombre de médecins généralistes ayant recours à l'échographie est de plus en plus important chaque année (5). L'échographie ciblée permet de réduire le temps de diagnostic, les coûts et les transferts de patients (45). Elle est reconnue comme étant un outil de diagnostic clinique d'aide aux examens cliniques habituels (46) ; elle est définie comme le « *stéthoscope du futur* ». Selon une étude réalisée au Danemark en 2020, elle modifie la démarche diagnostique et la prise en charge des patients dans près de 3 consultations sur 4 selon (47) et améliore ainsi le parcours de soin (48).

Le temps de formation et l'aspect financier semblent être des obstacles importants à l'utilisation de l'échographie en médecine générale (6). Mais les médecins généralistes formés à l'échographie obtiennent des diagnostics comparables à ceux des spécialistes pour les examens faiblement à modérément complexes (49).

Concernant la **télé-échographie robot guidée**

Type d'étude	Année	Pays	Biais	Conclusion
<p><i>Guerraz A, Gonzalez AV, Troccaz J, Cinquin P, Hennion B, Pellissier F, Thorel P. A haptic virtual environment for tele-echography. Stud Health Technol Inform.</i></p>				
Interprétation	2002	France	Interprétation	Environnement haptique proprioceptif pour la télé-échographie, télégestes, télérobotique.
<p><i>Marchal M, Troccaz J. A one-DOF freehand haptic device for robotic tele-echography. Stud Health Technol Inform.</i></p>				
Interprétation	2002	France	Interprétation	Proprioception : dispositif à 1 dimension de rétroaction à main levée.
<p><i>Delgorgue C, Courrèges F, Al Bassit L, Novales C, Rosenberger C, Smith-Guerin N, Brù C, Gilabert R, Vannoni M, Poisson G, Vieyres P. A tele-operated mobile ultrasound scanner using a light-weight robot. IEEE Trans Inf Technol Biomed.</i></p>				
Evaluation	2005	France	Sélection	Évaluation de la télé-échographie par robot ultraléger avec centre de mouvement à distance : bon suivi de trajectoire et précision gestuelle robotisée, permet l'obtention d'images stables et de bonne qualité pour le spécialiste.

<p><i>Courreges F, Vieyres P, Istepanian RS. Advances in robotic tele-echography services--the OTELO system. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.</i></p>				
Descriptive Évaluation	2004	France	Interprétation	Description du système robotique télé-opéré OTELO, système et communication sans fil.
<p><i>Wang J, Peng C, Zhao Y, Ye R, Hong J, Huang H, Chen L. Application of a Robotic Tele-Echography System for COVID-19 Pneumonia. J Ultrasound Med.</i></p>				
Observationnelle	2021	Chine	Interprétation	Utilisation de la télé-échographie dans le suivi des patients Covid19 +. Intérêt pour l'examen pulmonaire et cardiovasculaire, et la protection du personnel médical.
<p><i>Avgousti S, Panayides AS, Jossif AP, Christoforou EG, Vieyres P, Novales C, Voskarides S, Pattichis CS. Cardiac ultrasonography over 4G wireless networks using a tele-operated robot. Healthc Technol Lett.</i></p>				
Évaluation	2016	Chypre France	Sélection Interprétation	Évaluation de l'utilisation d'un robot portable pour l'échographie cardiaque à distance. Évaluation de la qualité vidéo avec de faibles débits : pas de perte de diagnostic. Latence réduite qui permet à l'expert médical de faire fonctionner le robot à distance de manière réactive. Diagnostic à distance fiable atteignant des niveaux de qualité comparables aux examens échographiques en milieu hospitalier.

<p><i>Courreges F, Vieyres P, Istepanian RS, Arbeille P, Bru C. Clinical trials and evaluation of a mobile, robotic tele-ultrasound system. J Telemed Telecare.</i></p>				
Évaluation	2005	France	Sélection Faible effectif Subjectivité	Présentation du système OTELO. Diagnostic par télé-échographie robotisée similaire dans au moins 80% des cas à l'imagerie conventionnelle.
<p><i>Yoshinaga T, Horiguchi T, Miyazaki W, Masuda K. Development of 3D space-sharing interface using augmented reality technology for domestic tele-echography. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.</i></p>				
Évaluation	2009	Chine	Sélection Subjectivité	Développement d'un robot téléguidé ultraportable ne nécessitant que 2 capteurs, 1 sonde et 1 caméra USB.
<p><i>Masuda K, Tateishi N, Kimura E, Ishihara K. Development of a tele-echography system by using an echographic diagnosis robot. Igaku Butsuri.</i></p>				
Évaluation Expérimentale	2003	France	Subjectivité	Évaluation de l'utilisation d'un robot de télé-échographie en clinique. Robot stable même si le patient bouge, pas d'inconfort ressenti par le patient. Diagnostic à distance des échogrammes possible et d'une qualité suffisante pour une interprétation. Nécessité de pratiquer pour s'habituer au contrôle du robot.

Ito K, Tsuruta K, Sugano S, Iwata H. **Evaluation of a wearable tele-echography robot system: FASTele in a vehicle using a mobile network.** Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.

Evaluation	2011	Japon	Interprétation Sélection Attrition	Développement du système FASTele qui permet entre autres d'évaluer la gravité des blessures dans des situations d'urgence. Fixation possible du système FASTele par les ambulanciers sur le corps du patient.
------------	------	-------	--	---

K. Adambounou, F. Farin, A. Boucher, K.V. Adjenou, M.Gbeassor, K. N'dakena, N. Vincent, P. Arbeille. **Expérience préliminaire de télé-échographie et de télé-mammographie au Togo.** Journal de radiologie diagnostique et interventionnelle.

Évaluation	2012	France Togo	Interprétation	Évaluation de la télé-échographie robot guidée entre l'hôpital de Tours et le Togo. Bonne qualité des images malgré l'éloignement géographique et le faible réseau disponible.
------------	------	----------------	----------------	--

Cañero C, Thomos N, Triantafyllidis GA, Litos GC, Strintzis MG. **Mobile tele-echography: user interface design.** IEEE Trans Inf Technol Biomed.

Observationnelle	2005	Grèce	Interprétation	Développement du projet OTELO : robot télécommandé, développement de l'interface utilisateur, système de transmission, communication audio/vidéo, environnement de réalité virtuelle, fonction de traitement d'images.
------------------	------	-------	----------------	--

Ito K, Sugano S, Iwata H. **Portable and attachable tele-echography robot system: FASTele.** Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.

Observationnelle	2010	Japon	Interprétation Sélection	Développement d'un système robotisé de télé-échographie (FAST) qui peut être utilisé facilement par un ambulancier sur un patient en état de choc dans l'ambulance ou sur les lieux de l'accident. Le robot est attaché à chacune des zones du corps du patient et la position est ajustée à distance par un spécialiste présent dans un hôpital.
------------------	------	-------	-----------------------------	---

K. Adambounou, A. Boucher, K.V. Adjenou, M. Gbeassor, K. N'dakena, N. Vincent, P. Arbeille. **Porte sonde motorisé pour une télé-échographie abdominale en temps différé : étude de faisabilité.** Médecine Nucléaire.

Étude de faisabilité	2013	Togo France	Interprétation	Un porte sonde motorisé imprimant un mouvement de +/- 40° à une sonde 2D permet à un non initié de capturer un volume d'images qui sera ensuite envoyé au centre expert pour analyse.
----------------------	------	----------------	----------------	---

*Pian L, Gillman LM, McBeth PB, Xiao Z, Ball CG, Blaivas M, Hamilton DR, Kirkpatrick AW. **Potential Use of Remote Telesonography as a Transformational Technology in Underresourced and/or Remote Settings.** Emerg Med Int.*

Revue de littérature	2013	Chine	Sélection	La mortalité et morbidité liés aux traumatismes sont deux fois plus élevées dans les zones rurales qu'en zone urbaine, d'où l'intérêt de l'application de la télé-échographie robotisée dans des zones éloignées ou sous équipées.
----------------------	------	-------	-----------	--

*Arbeille P, Chaput D, Zuj K, Depriester A, Maillet A, Belbis O, Benarroche P, Barde S. **Remote Echography between a Ground Control Center and the International Space Station Using a Tele-operated Echograph with Motorized Probe.** Ultrasound Med Biol.*

Observationnelle	2018	France	Interprétation	Utilisation de l'échographie pour les astronautes. Les astronautes tiennent la sonde à l'endroit indiqué. L'échographiste contrôle par télé-opération l'orientation de la sonde et les paramètres de l'échographe.
------------------	------	--------	----------------	--

<p><i>Georgescu M, Sacccomandi A, Baudron B, Arbeille PL. Remote Sonography in Routine Clinical Practice Between Two Isolated Medical Centers and the University Hospital Using a Robotic Arm: A 1-Year Study. Telemed J E Health.</i></p>				
Évaluation	2016	France	Interprétation	Évaluation sur un an de l'utilisation de la télé-échographie par bras robotisé réalisée par un échographiste situé au CHU de Tours sur des patients situés dans deux centres médicaux isolés distants de 50 km.
<p><i>Martinelli T, Bosson JL, Bressollette L, Pelissier F, Boidard E, Troccaz J, Cinquin P. Robot-based tele-echography : clinical evaluation of the TER system in abdominal aortic exploration. J Ultrasound Med.</i></p>				
Essai contrôlé Observationnel Prospectif	2007	France	Interprétation	Utilisation de la télé-échographie robotisée dans l'exploration de l'aorte abdominale. Concordance de 84% entre l'examen à distance via la sonde robotisée et l'examen au lit du malade.
<p><i>Balasingam M, Ebrahim J, Ariffin IA. Tele-echocardiography - Made for astronauts, now in hospitals. Indian Heart J.</i></p>				
Revue de littérature	2017	Malaisie	Sélection	Utilisation du projet TESSA dans la télé-échocardiographie des astronautes.

*Elisabeth PARIZEL, Centre hospitalier régional de Metz-Thionville. **Tele-ultrasound Experimentation: Cooperation Protocol Between Electro-radiology Assistant and Remote Radiologist (TELECHO).***

Interventionnelle	2022	France CHR Metz Thionville	Sélection Interprétation	Essai clinique en cours pour évaluer la non-infériorité de concordance de mêmes examens échographiques abdomino-pelviens réalisés par un assistant radiologue avec un radiologue à distance par rapport à ceux réalisés avec un expert sur place.
-------------------	------	----------------------------------	-----------------------------	---

*Arbeille P, Zuj K, Saccomandi A, Ruiz J, Andre E, de la Porte C, Carles G, Blouin J, Georgescu M. **Teleoperated Echograph and Probe Transducer for Remote Ultrasound Investigation on Isolated Patients (Study of 100 Cases).** Telemed J E Health.*

Observationnelle	2016	France	Interprétation	L'utilisation d'un robot télé-opéré améliore la facilité d'acquisition des images et permet des examens plus rapides que le bras robotisé avec un résultat de 97% de diagnostic et un temps moyen de 17 min.
------------------	------	--------	----------------	--

*Vieyres P, Poisson G, Courreges F, Merigeaux O, Arbeille P. **The TERESA project: from space research to ground tele-echography.** Ind Rob.*

Évaluation	2003	France	Interprétation	Utilisation de la télé-échographie dans la recherche spatiale médicale.
------------	------	--------	----------------	---

<i>Ito K, Sugano S, Takeuchi R, Nakamura K, Iwata H. Usability and performance of a wearable tele-echography robot for focused assessment of trauma using sonography. Med Eng Phys.</i>				
Évaluation	2013	Japon	Interprétation	Utilisation de l'échographie télé-robotisée ciblée pour les traumatismes (FAST) par les ambulanciers.
<i>Arbeille P, Capri A, Ayoub J, Kieffer V, Georgescu M, Poisson G. Use of a robotic arm to perform remote abdominal telesonography. AJR Am J Roentgenol.</i>				
Évaluation	2007	France	Interprétation	Étude de la télé-échographie par bras robotisé sur 87 patients. Méthode fiable, pas de faux diagnostic.

Technologie

Il existe deux types de technologies d'échographie télé-robotisées : le **bras robotisé** et la **sonde motorisée**. Les deux systèmes sont des systèmes télé-opérés par un échographiste à distance. Les deux systèmes permettent l'acquisition d'images stables et de bonne qualité (27).



Figure 7 - Bras robotisé télé-opéré (Robot Melody, société AdEchoTech)

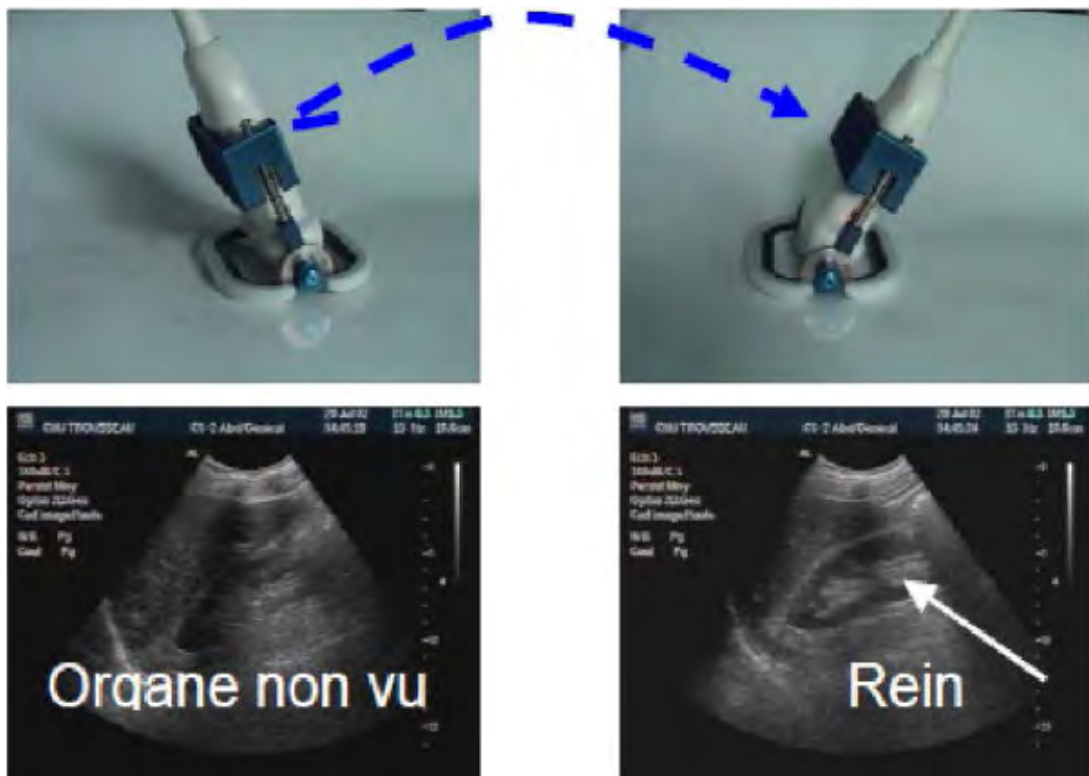


Figure 8 - Porte sonde motorisé

L'utilisation d'un bras robotisé permet un diagnostic fiable (23), mais l'instrument est imposant et a un coût conséquent. L'examen par bras robotisé nécessite 1,5 à 2 fois plus de temps que l'interprétation à distance d'images 3D, mais le diagnostic établi reste sensiblement le même (58).

La sonde motorisée est plus pratique à utiliser et permet l'acquisition d'images de qualité en un temps réduit par rapport au bras robotisé. La prise en main d'un robot de télé-échographie nécessite un temps de pratique préalable afin de s'habituer aux mouvements à distance et ainsi réaliser des échogrammes de qualité (32).

Selon une étude française réalisée en 2016 (24), la sonde motorisée permet d'obtenir des images de qualité suffisante pour établir le diagnostic dans 97% des cas, avec un temps moyen d'examen de 17 min.

Les sondes haptiques permettent une proprioception proche de la réalité : précision gestuelle, bon suivi de trajectoire, sensations...(25) (26).

Performances

La télé-échographie robotisée rend possible l'acquisition d'images de qualité entre deux endroits de deux continents différents. Même avec une faible qualité de réseau internet (29), elle permet d'établir un diagnostic fiable avec des images de qualité comparable aux examens échographiques en milieu hospitalier (28). Il est important de développer des technologies de télé-échographie dans les zones défavorisées, éloignées, ou sous-équipées (33).

Dans une étude réalisée en 2013 entre le CHU de Tours et le Togo, le temps moyen d'acquisition des volumes d'images était de 4 minutes au maximum et permettait de reconstruire les images nécessaires au diagnostic dans 80% des cas. Le temps de balayage était de 4 secondes en moyenne, et le temps de traitement du volume d'images de 15 minutes en moyenne (30).

Une équipe française a réalisé en 2016 un suivi d'un an visant à étudier l'utilisation d'une sonde robotisée entre un CHU et 2 sites médicaux isolés distants de 50 km (31). 3% des échographies n'ont pas pu être réalisées en raison d'une mauvaise qualité d'images chez des patients obèses ou faiblement échogènes. Ces cas ont dû être réexaminés par un échographiste au CHU. Les examens d'imagerie les plus fréquemment réalisés concernent pour 22,7% les organes abdominaux, 6,7% les organes pelviens, 46% sur les vaisseaux supra-aortiques, 11% sur la thyroïde, 10% sur les veines de jambes et 3,7% sur les reins et les voies urinaires. Cette étude démontre l'intérêt de l'utilisation de l'échographie par bras robotisé en routine pour fournir des diagnostics échographiques de patients isolés des centres d'imagerie.

Domaines d'application

Plusieurs systèmes de télé-échographie ont été développés pour les services **d'urgence**.

Le système *OTELLO* (développé en France) est un système robotique télé-opéré avec communication sans fil à distance (34). Il permet à un expert de contrôler une sonde virtuelle dont les mouvements sont reproduits par une vraie sonde tenue par un robot léger positionné par un ambulancier sur le patient (35). Ce système a été testé par deux équipes médicales dans deux hôpitaux différents sur 52 patients. Le diagnostic obtenu avec la télé-échographie robotisée était en accord dans au moins 80% des cas avec le diagnostic obtenu par une échographie conventionnelle (36).

De même, un autre système, le système *FASTele* (développé au Japon), permet l'utilisation d'un robot téléguidé dans des situations d'urgences (37). Le robot est attaché par un ambulancier à quatre zones du corps du patient. La position de la sonde robotisée est ajustée à distance par un médecin spécialiste en suivant des rails de courbure. Une étude réalisée au Japon en 2013 conclut que l'examen peut être réalisé en 9 minutes en moyenne (38).

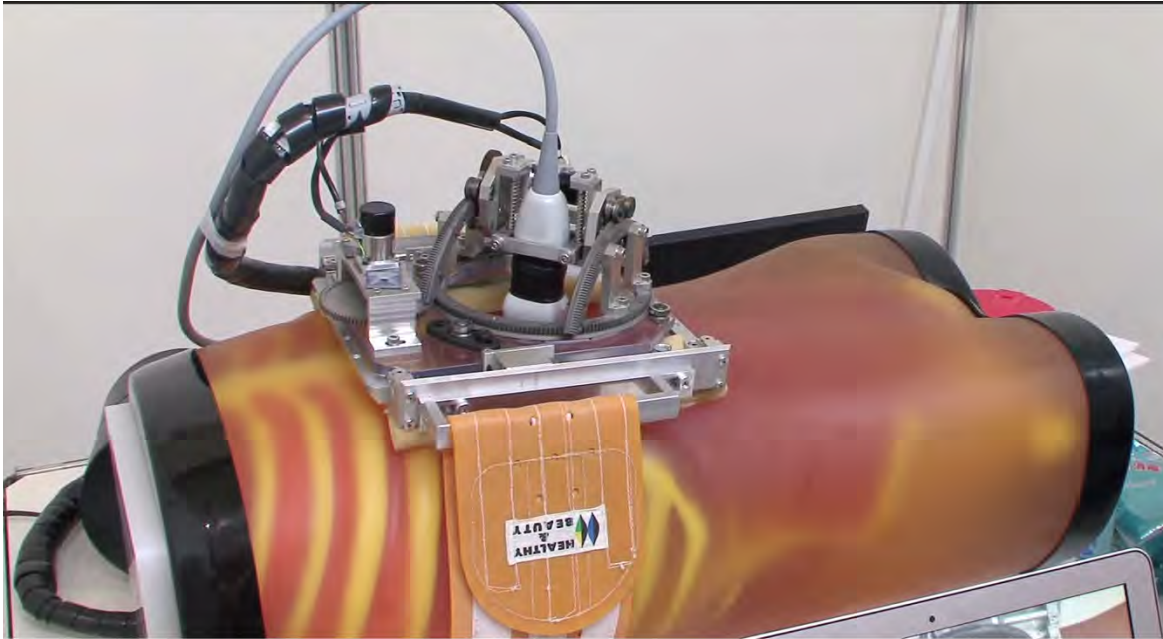


Figure 9 - Système *FASTele*. Interface patient



Figure 10 - Système *FASTele*. Interface expert.

La télé-échographie robotisée a également été utile dans le suivi des patients atteints de **pneumopathie à Covid-19** dans le suivi pulmonaire et cardiovasculaire. Grâce à un examen à distance, le personnel médical a pu être protégé de toute source de contamination. (39)

Selon un essai contrôlé sur **l'exploration de l'aorte abdominale** par télé-échographie robotisée, la concordance était de 84% entre l'examen à distance via la sonde robotisée et l'examen au lit du malade (40).

La télé-échographie est également développée dans la **recherche médicale spatiale**. Le système d'échographie équipé de sondes motorisées permet à l'échographiste au sol de contrôler, sur l'ISS ou dans un vaisseau spatial, l'orientation de la sonde (inclinaison, rotation), et les paramètres de l'échographe (profondeur, gain, gel). Lors du vol spatial, ce système a permis avec efficacité la réalisation d'échographie de l'artère carotide, de la veine jugulaire, de la thyroïde, du foie, de la vésicule biliaire, des voies biliaires et de la veine porte (41). Le système *TESSA* ou Télé-échocardiographie pour l'Agence spatiale européenne s'est avéré utile dans le suivi cardiologique des astronautes. (42).

Orientations

Parallèlement à l'évolution des télécommunications, la recherche continue de croître. La **miniaturisation** des appareils échographiques permettra d'améliorer leur mobilité et leur portabilité (43), mais également de **diminuer leur coût**.

Concernant la **télé-échographie**

Type d'étude	Année	Pays	Biais	Conclusion
<i>Lewis C. A tele-ultrasound needs analysis in Queensland. J Telemed Telecare.</i>				
Prospective	2005	Australie	Sélection Inclusion Subjectivité	Étude sur 28 centres. 7,5% des télé-échographies réalisées ont nécessité une consultation supplémentaire, 79% pour des conseils diagnostiques, 13% pour des conseils de prise en charge, 8% sur la technique d'examen. 21% des centres semblaient avoir le plus grand besoin de télé-échographie.
<i>Su MJ, Ma HM, Ko CI, Chiang WC, Yang CW, Chen SJ, Chen R, Chen HS. Application of tele-ultrasound in emergency medical services. Telemed J E Health.</i>				
Observationnelle	2008	Chine	Sélection Subjectivité	Utilisation de la télé-échographie dans les services d'urgences. Utilisation par un technicien médical d'un échographe portable relié à distance avec le médecin urgentiste afin d'établir rapidement un diagnostic pré-hospitalier et préparer l'arrivée du patient et la prise en charge.

*Alfageme F, Minguela E, Martínez C, Salguero I, Calvo A, León F, Álvarez L, de Vicente O, Panadero FJ, Salguero OL, Roustán G. **Dermatologic Ultrasound in Primary Care: A New Modality of Tele dermatology: A Prospective Multicenter Validation Study.** J Ultrasound Med.*

Prospective multicentrique	2021	Espagne	Sélection	Utilisation de la télé-échographie asynchrone en dermatologie. Diagnostic discordant avec l'échographie conventionnelle dans 4,3%.
----------------------------	------	---------	-----------	--

*Sheehan FH, Ricci MA, Murtagh C, Clark H, Bolson EL. **Expert visual guidance of ultrasound for telemedicine.** J Telemed Telecare.*

Expérimentale	2010	USA	Interprétation	Utilisation du guidage visuel expert à distance VS instruction verbale simple pour aider des utilisateurs non formés à l'échographie, ici des étudiants en médecine (n=20), à l'acquisition d'images d'échographie abdominale (aorte, rein). Meilleure identification de l'aorte (95% VS 75%) et des reins (98% VS 88%) avec le guidage visuel expert.
---------------	------	-----	----------------	--

<p><i>Hjorth-Hansen AK, Andersen GN, Graven T, Gundersen GH, Kleinau JO, Mjølstad OC, Skjetne K, Stølen S, Torp H, Dalen H. Feasibility and Accuracy of Tele-Echocardiography, With Examinations by Nurses and Interpretation by an Expert via Telemedicine, in an Outpatient Heart Failure Clinic. J Ultrasound Med.</i></p>				
Expérimentale Prospective	2020	Norvège	Attrition Confusion	Faisabilité et précision de l'échocardiographie par des infirmières assistée par une interprétation en temps quasi réel par un cardiologue.
<p><i>Jensen SH, Weile J, Aagaard R, Hansen KM, Jensen TB, Petersen MC, Jensen JJ, Petersen P, Kirkegaard H. Remote real-time supervision via tele-ultrasound in focused cardiac ultrasound: A single-blinded cluster randomized controlled trial. Acta Anaesthesiol Scand.</i></p>				
Essai contrôlé randomisé et simple insu	2019	Danemark	Confusion Faible effectif	Comparaison de la qualité des échographies réalisées par des médecins télé-supervisés par rapport à celles de médecins non supervisés et par rapport à celles des experts.
<p><i>K. Mangeney, S. Carnein, A. Michot, M. Noblet-Dick. Retour d'expérience : 3 mois de télémédecine en foyer spécialisé et médicalisé pour personnes handicapées adultes. European Research in Telemedicine.</i></p>				
Étude rétrospective	2014	France	Interprétation	Utilité de la télémédecine dans le domaine du handicap. Permet de développer une coordination psychosociale, une continuité des soins et des compétences pluri-professionnelles.

<p><i>Afset JE, Lunde P. Teleekkokardiografi. Fjernundervisning i ekkokardiografi ved hjelp av videokonferanser [Tele-echocardiography. Education in echocardiography via video conferences]. Tidsskr Nor Laegeforen.</i></p>				
Étude prospective	1994	Norvège	Faible effectif Interprétation	Utilisation de la visio-conférence pour la formation de médecins inexpérimentés à la pratique de l'échocardiographie.
<p><i>Arbeille P, Zuj K, Saccomandi A, Andre E, De La Porte C, Georgescu M. Tele-Operated Echography and Remote Guidance for Performing Tele-Echography on Geographically Isolated Patients. J Clin Med.</i></p>				
Évaluation Observationnelle Comparative	2016	France	Interprétation	Étude comparant les performances de 3 systèmes de télé-échographie : bras robotisé, échographe à sonde motorisée, guidage à distance.
<p><i>Ferrer-Roca O, Kurjak A, Mario Troyano-Luque J, Bajo Arenas J, Luis Mercé A, Diaz-Cardama A. Tele-virtual sonography. J Perinat Med.</i></p>				
Prospective	2006	Espagne	Confusion Information	Reconstitution d'image échographie 3D à partir d'image 2D. Technique utile pour un diagnostic à distance.
<p><i>Oliveira TC, Bayer S, Gonçalves L, Barlow J. Telemedicine in Alentejo. Telemed J E Health.</i></p>				
Observationnelle	2014	Portugal	Interprétation	Utilisation de la télé-échographie dans l'Alentejo au Portugal, région isolée avec faible densité de population, manque de spécialistes.

P. Arbeille, J. Ayoub, V. Kieffer, A. Capri, G. Poisson, P. Vieyres. **Diagnostic échographique à distance en temps différé (capture 3D), ou par télé-échographie en temps réel (bras robotisé).** Journal de radiologie.

Évaluation	2006	France	Interprétation	Évaluation de l'interprétation d'une échographie 3D en temps différé contre la réalisation de l'examen par bras robotisé en temps réel.
------------	------	--------	----------------	---

Sutherland JE, Sutphin D, Redican K, Rawlins F. **Telesonography: foundations and future directions.** J Ultrasound Med.

Observationnelle	2011	USA	Interprétation	Orientations futures : expansion des réseaux de télécommunication, portabilité des appareils, formation des professionnels de santé.
------------------	------	-----	----------------	--

Ferreira AC, O'Mahony E, Oliani AH, Araujo Júnior E, da Silva Costa F. **Teleultrasound: historical perspective and clinical application.** Int J Telemed Appl.

Revue de littérature	2015	Australie	Sélection	L'utilisation de la télé-échographie améliore le parcours de soin, réduit les coûts des soins en diminuant le nombre et la durée des hospitalisations et en réduisant les interventions inutiles. Intérêt pour les soins médicaux à distance dans des régions isolées, et la formation.
----------------------	------	-----------	-----------	---

<p><i>O'Neill SK, Allen D, Brockway PD. The design and implementation of an off-the-shelf, standards-based tele-ultrasound system. J Telemed Telecare.</i></p>				
Évaluation	2000	Canada	Interprétation	Temps de transfert d'imagerie entre un hôpital rural périphérique et une clinique de radiologie de moins de 30 sec par image ce qui permet une interprétation directe à distance mais également un vidéo-guidage si des images supplémentaires sont nécessaires.
<p><i>Popov V, Popov D, Kacar I, Harris RD. The feasibility of real-time transmission of sonographic images from a remote location over low-bandwidth Internet links: a pilot study. AJR Am J Roentgenol.</i></p>				
Évaluation Faisabilité	2007	USA	Interprétation	Échographie à distance en télé-conférence permet la réalisation d'imageries dans une région éloignée sous-développée et l'interprétation en temps réel par des radiologues formés.
<p><i>Hussain P, Deshpande A, Shridhar P, Saini G, Kay D. The feasibility of telemedicine for the training and supervision of general practitioners performing ultrasound examinations of patients with urinary tract symptoms. J Telemed Telecare.</i></p>				
Évaluation Faisabilité	2004	USA	Interprétation Sélection Faible effectif	Étude de faisabilité de la télé-échographie sur le tractus urinaire par un médecin généraliste sous la supervision d'un expert.

<i>Law J, Macbeth PB. Ultrasound: from Earth to space. McGill J Med.</i>				
Descriptive	2011	USA	Interprétation	Utilisation de la télé-échographie sur les astronautes pour évaluer les adaptations physiologiques et anatomiques à la gravité.
<i>Sutherland JE, Sutphin HD, Rawlins F, Redican K, Burton J. A comparison of telesonography with standard ultrasound care in a rural Dominican clinic. J Telemed Telecare.</i>				
Évaluation	2009	USA	Interprétation	Comparaison de la télé-échographie à l'échographie conventionnelle dans une clinique rurale de république dominicaine. La télé-échographie permet de réduire les délais diagnostiques et améliore la continuité des soins.
<i>Brebner JA, Ruddick-Bracken H, Brebner EM, Smith AP, Duncan KA, Mcleod AJ, McClelland S, Gilbert FJ, Thompson A, Maclean JR, Ritchie LD. The diagnostic acceptability of low-bandwidth transmission for tele-ultrasound. J Telemed Telecare</i>				
Acceptabilité	2000	Royaume-Uni	Confusion	Évaluation de l'acceptabilité du diagnostic avec de faibles bandes passantes : qualité acceptable à 384 kbits/sec, non satisfaisante à 128 kbits/sec.

<p><i>Adambounou K, Farin F, Boucher A, Adjenou KV, Gbeassor M, N'dakena K, Vincent N, Arbeille P.</i> Système de télé-expertise échographique temps réel et de télédiagnostic échographique temps différé. Étude pilote au Togo [System of telesonography with synchronous teleconsultations and asynchronous telediagnoses (Togo)]. Med Sante Trop.</p>				
Observationnelle	2012	France	Interprétation Faible effectif	Mise au point d'un système de télé-échographie synchrone à faible coût dans un pays en développement.
<p><i>Paulus YM, Thompson NP.</i> Inexpensive, realtime tele-ultrasound using a commercial, web-based video streaming device. J Telemed Telecare.</p>				
Évaluation	2012	USA	Confusion	Utilisation d'un dispositif de streaming vidéo commercial peu coûteux. Le délai de réception des images est de 2-3 sec à 3,2 km du site émetteur et de 10 à 15 sec à 4828 km, délai suffisamment court pour permettre un guidage en temps réel.

Intérêts et modalités de télé-échographie en soins primaires.

L'utilisation de la télé-échographie trouve tout son intérêt dans les régions qui souffrent d'une difficulté d'accès à des spécialistes. Elle permet à la population d'avoir **accès à un parcours de soins optimal** (50). Elle permet également de **réduire les dépenses de santé** et de diminuer le nombre et la durée des hospitalisations. (51) (52)

Une des modalités de télé-échographie est le **guidage vocal avec vidéo-conférence**. Pendant que le patient est examiné, l'échographiste situé à distance surveille l'échographie en temps réel et guide l'examineur par des instructions orales (53). L'examineur peut alors ajuster la sonde d'échographie selon les commandes de l'expert. Cette méthode de télé-échographie en temps réel permet à des opérateurs non formés de réaliser les examens d'échographie.

Une étude menée aux USA comparant un **guidage visuel expert** contre une instruction verbale simple a démontré qu'un échographiste inexpérimenté peut être considérablement aidé par le guidage visuel expert (54). En ajoutant une composante virtuelle anatomique, il montre un avantage significatif pour aider les examinateurs dans l'acquisition des images de qualité (56) (57). Cependant, le succès du diagnostic en télé-échographie semble dépendre fortement de la **disponibilité des experts** pour assister les examinateurs, en particulier dans les cas complexes ou inhabituels.

Une étude française réalisée en 2016 (59) compare les performances de trois systèmes de télé-échographie : un bras robotisé, une sonde motorisée, et le guidage à distance par un expert (vidéo-conférence). Les trois systèmes ont été utilisés pour étudier des organes superficiels (muscles, thyroïde, artère carotide) et profonds (abdomen, bassin) dans un centre médical distant de 60 km de l'hôpital universitaire de Tours. Au total, 41% des examens ont été réalisés par bras robotisé et sonde motorisée, 51% par vidéo-guidage. Les deux systèmes télé-opérés permettaient le contrôle de la sonde par l'expert permettant ainsi l'obtention de vues appropriées des organes profonds. La sonde motorisée était plus ergonomique et plus facile à utiliser que le bras robotisé. Le vidéo-guidage était plus adapté pour les organes superficiels.



Figure 11 - Bras robotisé

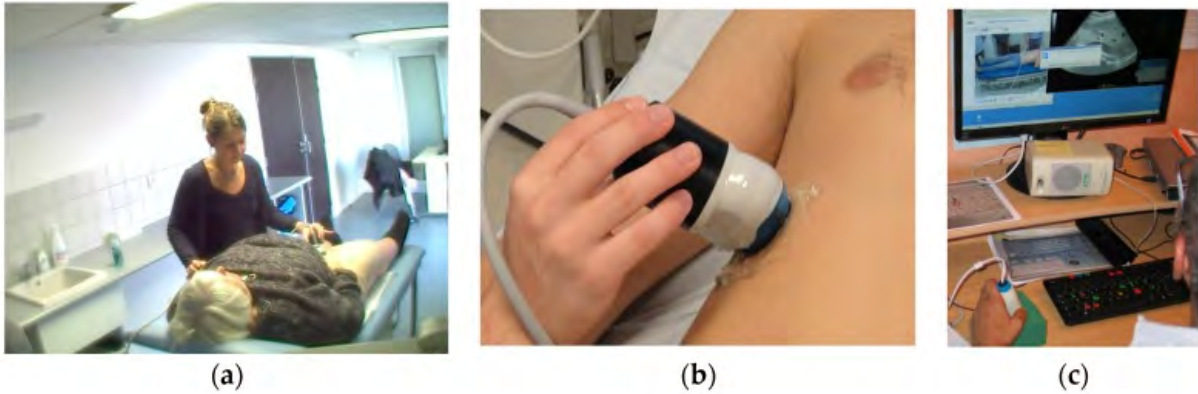


Figure 12 - Sonde robotisée. (a) Sonde maintenue immobile par un opérateur non échographiste. (b) Sonde avec transducteur télé-opéré à l'intérieur. (c) L'expert avec la sonde factice en main, le clavier de télé-opération, l'écran vidéo et échographique.

Performances.

L'amélioration des réseaux de télécommunications permet de réduire le temps nécessaire pour le transfert des images échographiques. Il est en moyenne de 30 sec, ce qui permet une interprétation en temps réel ou un vidéo-guidage s'il y a nécessité d'images supplémentaires (60). Selon une étude (61), le délai de transmission est de 2 à 3 secondes à 3 km et de 10 à 15 sec à 4800 km.

En Australie, une étude prospective réalisée en 2005 sur 28 sites ruraux et régionaux : 7,5% des télé-échographies ont nécessité une 2^{ème} consultation, 79% pour complément diagnostique, 13% pour prise en charge, 8% pour conseil sur la technique d'examen (62).

Applications.

La télé-échographie trouve son application dans de nombreux domaines.

Dans une étude menée en Chine en 2008 dans les services **d'urgence**, l'utilisation de la télé-échographie par un technicien médical avec un médecin urgentiste en préhospitalier a permis d'établir un pré-diagnostic afin d'optimiser la prise en charge hospitalière (63).

Un essai contrôlé randomisé réalisé en 2019 dans un service d'urgences au Danemark visait à contrôler la qualité des images échographiques obtenues par un médecin télé-supervisé par rapport à celles de médecins non supervisés et par rapport à celles des experts (64). Les médecins formés ont échographié les patients deux fois : la première fois non supervisés, la deuxième fois non supervisés (groupe contrôle) ou télé-supervisés (groupe intervention). Entre la première et la seconde échographie, les médecins télé-supervisés se sont rapprochés de 9% des images réalisées par les experts par rapport aux médecins non supervisés. Ceci montre que la télé-supervision permet la réalisation d'images de meilleure qualité. Cette étude

appuie l'utilisation de la télé-supervision pour les médecins ayant des compétences de base en échographie ciblée dans un contexte où la supervision sur place n'est pas disponible.

Elle présente une bonne sensibilité (90%) et spécificité (100%) en **dermatologie** avec 4,3% de diagnostics discordants dans une étude prospective multicentrique réalisée en Espagne entre 2018 et 2019 (65).

Une étude réalisée en Norvège en 2020 a étudié la faisabilité et la précision de **l'échocardiographie** focalisée réalisée par des infirmières spécialisées en temps réel via la télé-médecine par un cardiologue expérimenté. (66) Les échocardiogrammes ont été transféré de manière sécurisée pour une interprétation en temps quasi réel à un cardiologue hors de l'hôpital. Elle a prouvé que cette technique est faisable et fiable dans 94% des cas. La durée moyenne entre le début de l'examen par l'infirmière et la réception du compte rendu rédigé par le cardiologue était d'1 heure 32 en moyenne.

La télé-échographie peut se révéler utile pour examiner à distance les patients atteintes de **handicaps** sévères (67).

Potentiellement, l'utilisation de la télé-échographie peut avoir de nombreux sites d'application : prisons, îles, navires, garnisons militaires, plates-formes pétrolières. Elle permettrait également de fournir une assistance médicale à la suite d'une catastrophe naturelle.

Une des limites à la généralisation de la télé-échographie est la qualité du réseau de télécommunication (bande passante). En effet, les imageries obtenues avec une faible bande passante ne sont pas satisfaisantes. Une étude réalisée en Angleterre (68) compare la qualité des images originales avec celles obtenues avec une bande passante de 384 kbit/s et une faible bande passante de 128 kbit/s. 99% des images originales ont été jugées satisfaisantes contre 87% pour celles transmises à 384 kbit/s et 21% à 128 kbit/s. Sur le plan diagnostique, la qualité des images était satisfaisante à 384 kbit/s, mais insatisfaisante à 128 kbit/s.

Un autre obstacle est **le coût** de l'équipement. Une étude réalisée au Togo (69) a mise au point un système de télé-échographie synchrone à faible coût dans ce pays en voie de développement. Il est composé uniquement d'un échographe 2D, d'un ordinateur (déjà existant sur place), et d'un réseau de télécommunication (1500 euros).

Son utilisation à des fins **d'enseignement** semble se révéler intéressante (7).

PARTIE 4 : DISCUSSION

Au regard de la nature des données disponibles qui correspondent à un stade très précoce de la recherche clinique sur le sujet avec des études peu nombreuses et de faible niveau de preuve (principalement des études de faisabilité et observationnelles), l'évaluation de l'application de la télé-échographie en médecine générale paraît prématurée.

Aucune étude n'a été publiée à l'heure actuelle sur l'application de la télé-échographie en soins primaires. De plus, nous regrettons de ne pas avoir accès aux travaux en cours, ainsi qu'aux dernières thèses soutenues ces trois dernières années, pourtant primordial pour l'analyse cette jeune pratique.

Malgré les intérêts théoriques de la pratique de la télé-échographie, elle ne semble pas, selon nos recherches, actuellement utilisée en médecine générale et n'est pas utilisable en l'état actuel de notre système de santé.

La télé-échographie n'est pas nouvelle. Au cours de la dernière décennie, la recherche s'est surtout portée sur l'amélioration des aspects techniques et technologiques. La plupart des travaux ont été publiés dans des revues d'ingénierie technique et d'informatique médicale.

Par ailleurs, la majorité des articles proviennent d'études prospectives avec de nombreux biais de sélection et d'interprétation et de faibles effectifs. Les revues systématiques et méta-analyses sont rares.

Aucune étude ne se concentre sur la pratique de la télé-échographie en médecine générale et ne soulève donc les problématiques liées aux soins primaires. Elle semble malgré tout intéressante à développer à grande échelle et de façon routinière en médecine générale.

Un prérequis nécessaire à l'utilisation de la télé-échographie serait de recueillir l'avis de médecins généralistes quant à cette pratique.

Il paraît dans un premier temps intéressant de réaliser une enquête de pratique auprès de médecins généralistes concernant l'échographie. Est-ce que les médecins généralistes pratiquent l'échographie ? Si oui, qu'est-ce que leur apporte cet exercice ? Si non, quels sont les obstacles à l'intégration de l'échographie dans leur pratique quotidienne ?

Dans un second temps, une enquête pourrait être réalisée auprès des médecins généralistes et spécialistes afin de recueillir leur opinion concernant le développement de la télé-échographie. Sont-ils intéressés et favorables à une telle pratique ? Dans quelle mesure ? Sous quelles conditions ? Quels seraient les freins potentiels à son utilisation ? Là encore, aucune étude permettant de répondre à ces questions n'a été publiée à l'heure actuelle.

Les médecins généralistes se disent globalement favorables à ce nouveau mode d'exercice mais s'interrogent toutefois sur les modalités de mise en place. Des précisions sur le cadre réglementaire et financier sont attendues : équipement, formation, indications, sécurisation des données, cotation, rédaction du rapport... Il est nécessaire que les médecins généralistes et les échographistes se concertent afin d'apporter des réponses à ces questionnements et d'en faire part aux autorités responsables.

L'échographie nécessite un temps de formation conséquent afin de pouvoir établir des images les plus précises possibles pour établir un diagnostic. La précision s'acquiert avec la pratique. A l'heure où le temps manque aux médecins généralistes, ce temps de formation est un frein à l'utilisation de l'échographie en cabinet. Il se développe actuellement de nombreuses formations rapides, en « accéléré » (sur 2-3 jours), pour se former aux examens échographiques de base. Il serait intéressant de savoir si ce type de formation permet aux médecins généralistes d'être suffisamment compétents pour effectuer des actes d'échographie. Aucune étude n'a été publiée sur ce sujet à l'heure actuelle. La majorité des offres de formation disponible à ce jour ne sont pas adaptées à la formation du médecin généraliste.

Concernant l'investissement, les échographes se font de plus en plus petits, portables, légers avec une qualité d'image satisfaisante. L'acquisition d'un échographe portable ne représente aujourd'hui pas un coût insurmontable, et peut être facilement et rapidement mis en place, avec des solutions de financement intéressantes. L'investissement financier est rapidement amorti par la cotation des échographies. A propos de la télé-échographie, il sera nécessaire de préciser les modalités de cotation. A l'heure actuelle aucune cotation n'existe pour la télé-échographie.

Pour débiter l'utilisation de la télé-échographie, il sera nécessaire de préciser plusieurs points.

Tout d'abord, établir, en collaboration avec les médecins spécialistes, une liste d'indications primaires, réalisables par le médecin généraliste. Chaque praticien est libre d'effectuer un acte échographie et de s'en référer à un médecin expert pour recueillir son avis via une télé-expertise. Cet exercice en collaboration permettrait de rassurer le médecin généraliste dans sa pratique, tout en ayant conscience de ses compétences et ses limites, et d'adresser le patient au spécialiste s'il le juge nécessaire. Il n'est pas toujours nécessaire d'avoir une échographie exhaustive et l'échoscopie peut se révéler suffisante.

Ensuite, il faut préciser la modalité pratique de mise en oeuvre de la télé-échographie.

L'échographie robotisée téléguidée n'est pas envisageable pour le médecin généraliste en cabinet. C'est une structure coûteuse et qui requiert une surface d'installation conséquente. L'avantage de cette modalité est que l'échographiste a les commandes et guide à distance la sonde d'échographie. Dans ce dispositif, une seule personne est nécessaire, même non médicale, afin de placer la sonde sur le patient. Nous pourrions envisager l'implantation de telles structures au sein des zones stratégiques, par exemple dans un hôpital de proximité ou dans un EHPAD. Suite à l'adressage de leur médecin généraliste, les patients pourraient se rendre sur place et bénéficier d'un examen télé-robotisé. Malgré un temps d'examen plus long, cette stratégie permettrait de faciliter l'accès à l'échographie.

La modalité la plus simple à mettre en oeuvre et la plus appropriée pour les médecins généralistes est la télé-échographie vidéo guidée qui correspond à un acte échographique associé à une télé-expertise. Le praticien doit être formé et doit disposer de connaissances en échographie. Au besoin, il pourra être guidé en temps réel par l'échographiste à distance, ou bien enregistrer des images qu'il pourra envoyer à l'échographiste qui les interprètera en temps ultérieur.

Il sera alors nécessaire en finalité d'établir la facturation de cet acte. Est-ce que le médecin généraliste pourra coter son acte d'échographie, en plus d'un acte de téléexpertise ? Qui rédige le compte rendu détaillé ? Tel que défini actuellement, c'est le médecin requis qui doit rédiger le compte rendu. Les médecins spécialistes seront-ils d'accord de rédiger un compte rendu à partir d'images qu'ils n'ont pas réalisées, engageant ainsi leur responsabilité, et ce, pour 20 euros ? A l'heure actuelle le système de facturation ne permet pas d'utiliser la télé-échographie.

Dans la même ligne, il est également important de préciser le cadre médico-légal et réglementaire. A l'heure où le partage de données médicales se développe, il faut pouvoir s'assurer que ce partage soit sécurisé. Il serait nécessaire de concevoir et développer des outils informatiques spécialisés pour la pratique de la télé-échographie, utilisables et applicables en cabinet de médecine libérale, notamment un logiciel commun aux médecins généralistes et spécialistes, une messagerie instantanée sécurisée, ainsi qu'une plateforme de spécialistes pouvant être joignables à tout moment. La mise en place de la télé-échographie passerait donc également par l'organisation d'une permanence professionnelle d'interprétation échographique qui peut se faire entre plusieurs établissements ou cabinets de radiologie. C'est une organisation professionnelle consensuelle à mettre en place. Au niveau réglementaire, il est important de noter que la pratique de l'échographie augmente le coût de la RCP pour le médecin généraliste. Tout ceci engendre des coûts importants qu'il conviendra de chiffrer précisément.

Une piste intéressante pour débiter l'utilisation de la télé-échographie serait de l'utiliser à des fins éducatives. La télé-échographie n'a pas été étudiée pour son utilisation dans la formation continue des médecins généralistes. De futures études devront être menées pour mesurer le degré de formation des professionnels, et quantifier les résultats en matière d'amélioration de la qualité de soins. Un moyen d'améliorer la formation des médecins généralistes à la télé-échographie serait d'intégrer une formation avec cette méthode au cours du DES de médecine générale.

En conclusion, même si la télé-échographie en soins primaires semble être intéressante à mettre en place et à déployer sur le territoire, son utilisation n'est pas possible à l'heure actuelle en pratique courante.

Une évaluation des coûts et des conséquences de l'utilisation de la télé-échographie sur la réduction des dépenses de santé publique est à étudier. Il sera nécessaire par de prochaines études de préciser et d'identifier les situations cliniques pour lesquelles les médecins généralistes en collaboration avec les échographistes estiment que l'utilisation de la télé-échographie est pertinente et apporte une valeur ajoutée à l'examen clinique standard et d'en décrire les conditions de réalisation. Une fois ces indications identifiées et l'impact clinique de l'ajout de la télé-échographie à l'examen clinique démontré, elles pourront alors donner lieu dans un second temps à une évaluation en vue de la cotation et du remboursement de l'acte par l'Assurance maladie. Il sera donc nécessaire de disposer d'études cliniques comparant l'examen clinique standard versus l'examen clinique avec télé-échographie dans chacune des situations cliniques préalablement identifiées. Toutes ces recherches pourraient être encouragées par un financement du ministère de la santé dans le cadre de programmes de recherche en soins primaires.

CONCLUSION

La télé-échographie en soins primaires par le médecin généraliste associée à une télé-expertise radiologique semble permettre d'améliorer la prise en charge des patients : diagnostic instantané, fiable, donc décision thérapeutique appropriée et immédiate.

Cependant, aucune étude ne s'intéresse à la pratique de la télé-échographie en soins primaires en médecine générale. Malgré ses nombreux avantages théoriques, il y a tout à mettre en pratique. Il est nécessaire de recueillir l'avis de médecins généralistes et spécialistes quant à cette pratique, d'évaluer les coûts et les économies réalisées sur les dépenses de santé, d'étudier l'amélioration du parcours de santé du patient, et d'intégrer l'apprentissage de la télé-échographie dans le parcours de formation des médecins généralistes.

Cette modalité d'examen n'a, à l'heure actuelle, pas sa place en pratique quotidienne en médecine générale.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ameli.fr. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: <https://www.ameli.fr/medecin/exercice-liberal/telemedecine>
2. Ameli.fr [Internet]. 2022 [cité 10 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/medecin/exercice-liberal/telemedecine>
3. HAS - télémédecine. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2673715/fr/telemedecine
4. Assurance Maladie - téléconsultation [Internet]. [cité 10 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/remboursements/rembourse/consultations-telemedecine/telemedecine/teleconsultation>
5. Myklestul HC, Skonnord T, Brekke M. Point-of-care ultrasound (POCUS) in Norwegian general practice. *Scand J Prim Health Care*. juin 2020;38(2):219-25.
6. Mengel-Jørgensen T, Jensen MB. Variation in the use of point-of-care ultrasound in general practice in various European countries. Results of a survey among experts. *Eur J Gen Pract*. déc 2016;22(4):274-7.
7. Société Sonoscanner. Disponible sur: https://www.sonoscanner.com/echographes-sonoscanner-made-in-france/?gclid=Cj0KCQjwhY-aBhCUARIsALNIC07c-I0UkWUsobN4DwQIxeO5prGEK7ZzyTaOW3AuiSEt6TyF5S3Qu4MaAmhiEALw_wcB
8. Cotation CCAM des actes d'échographie. Disponible sur: <http://www.ccam-radiologie.fr/echographie-abdomen-pelvis/>
9. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Paris. Disponible sur: <https://odf.u-paris.fr/fr/offre-de-formation/diplome-d-universite-1/sciences-technologies-sante-STS/diu-echographie-et-techniques-ultrasonores-options-echographie-generale-de-specialite-ou-d-acquisition-JI36SVMZ.html>
10. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Lyon. Disponible sur: <https://offre-de-formations.univ-lyon1.fr/parcours-609/echographie-et-techniques-ultra-sonores.html>
11. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » d'Angers. Disponible sur: <https://formations.univ-angers.fr/fr/offre-de-formation/diplome-d-universite-3eme->

cycle-DUC3/sciences-technologies-sante-STS/diu-echographie-et-techniques-ultrasonores-MDUEG_1.html

12. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Nantes. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: <https://medecine.univ-nantes.fr/formation-continue/diu-echographie-et-techniques-ultrasonores>

13. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Reims. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: https://www.univ-reims.fr/formation/catalogue-de-formation/diplome-inter-universitaire-echographie-generale,23515,38949.html?args=R9qFsCnMmKDtxCa17YTDkHVqaqbfYRXwwTnCVt2witCDUliVoUdkeMDp%2AXGEGm2SMlhvMbuZ3_kOrRxvJlk6dOorIryuNioRCyFFyPAvhl9tCdwYdtHRrwAvNC1tDg_H&formation_id=251

14. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Tours. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: <https://formation-continue.univ-tours.fr/version-francaise/formations-compatibles-avec-une-activite-professionnelle/medecine/echographie-et-techniques-ultra-sonores-diu>

15. DIU « Echographie et techniques ultrasonores » de Montpellier. Disponible sur: <https://du-diu-facmedecine.umontpellier.fr/diplome-echographie-et-techniques-ultrasonores-mention-echographie-generale-niveau-1-230>

16. DU « Echographie clinique » de Brest. [cité 10 oct 2022]; Disponible sur: https://dumg-brest.fr/fichiers/formations/du_echographie.pdf

17. DESU échoscopie et échographie pratique en médecine générale de Marseille [Internet]. [cité 10 oct 2022]. Disponible sur: <https://formations.univ-amu.fr/fr/DE2/UAEV>

18. Centre Francophone de Formation en Echographie (CFFE) [Internet]. [cité 12 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.echographie.com/>

19. MedTandem. [cité 8 oct 2022]; Disponible sur: <https://www.medtandem.com/fr/whoAreWe>

20. Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) [Internet]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/accueil-de-la-ccam/index.php>

21. Conseil National de l'Ordre des Médecins, Article R-4127-70 du Code de la Santé Publique [Internet]. [cité 10 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.conseil-national.medecin.fr/code-deontologie/lexercice-profession-art-69-108/1-regles>

EqEaCIKU2kPpKEkduP5-
qDz_Py1xx3nowMgW0TM7D7Ano9TuJ0pcGRR6LDmp_Lt9zLVwpnuRWgVm6licKm-
MNbgRkqx1aJxMs7mLZN95x6hGpOGhKI2uRyLvR16Po8VCBsWyhpittpghip1scK2gt
AMXuKd0mtsX9ptx3m0ISgOZgrX8bxGqllrF4B_-hkJWw

30. Adambounou K, Boucher A, Adjenou KV, Gbeassor M, N'dakena K, Vincent N, et al. Porte sonde motorisé pour une télé-échographie abdominale en temps différé : étude de faisabilité. *Médecine Nucléaire*. 24 juin 2013;37(6):251-7.
31. Georgescu M, Sacccomandi A, Baudron B, Arbeille PL. Remote Sonography in Routine Clinical Practice Between Two Isolated Medical Centers and the University Hospital Using a Robotic Arm: A 1-Year Study. *Telemed J E Health*. avr 2016;22(4):276-81.
32. Masuda K, Tateishi N, Kimura E, Ishihara K. Development of a tele-echography system by using an echographic diagnosis robot. *Igaku Butsuri*. 2003;23(1):24-9.
33. Pian L, Gillman LM, McBeth PB, Xiao Z, Ball CG, Blaivas M, et al. Potential Use of Remote Telesonography as a Transformational Technology in Underresourced and/or Remote Settings. *Emerg Med Int*. 2013;2013:986160.
34. Courreges F, Vieyres P, Istepanian RSH. Advances in robotic tele-echography services--the OTELO system. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;2004:5371-4.
35. C C, N T, Ga T, Gc L, Mg S. Mobile tele-echography: user interface design. *IEEE transactions on information technology in biomedicine : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society [Internet]*. mars 2005 [cité 22 juill 2021];9(1). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15787006/>
36. Courreges F, Vieyres P, Istepanian RSH, Arbeille P, Bru C. Clinical trials and evaluation of a mobile, robotic tele-ultrasound system. *J Telemed Telecare*. 2005;11 Suppl 1:46-9.
37. Evaluation of a wearable tele-echography robot system: FASTele in a vehicle using a mobile network - PubMed. 24 juill 2021 [cité 24 juill 2021]; Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22254750/>
38. Ito K, Sugano S, Takeuchi R, Nakamura K, Iwata H. Usability and performance of a wearable tele-echography robot for focused assessment of trauma using sonography. *Med Eng Phys*. févr 2013;35(2):165-71.

39. Wang J, Peng C, Zhao Y, Ye R, Hong J, Huang H, et al. Application of a Robotic Tele-Echography System for COVID-19 Pneumonia. *J Ultrasound Med.* févr 2021;40(2):385-90.
40. Martinelli T, Bosson JL, Bressollette L, Pelissier F, Boidard E, Troccaz J, et al. Robot-based tele-echography: clinical evaluation of the TER system in abdominal aortic exploration. *J Ultrasound Med.* nov 2007;26(11):1611-6.
41. Arbeille P, Chaput D, Zuj K, Depriester A, Maillet A, Belbis O, et al. Remote Echography between a Ground Control Center and the International Space Station Using a Tele-operated Echograph with Motorized Probe. *Ultrasound Med Biol.* nov 2018;44(11):2406-12.
42. Balasingam M, Ebrahim J, Ariffin IA. Tele-echocardiography - Made for astronauts, now in hospitals. *Indian Heart J.* avr 2017;69(2):252-4.
43. Yoshinaga T, Horiguchi T, Miyazaki W, Masuda K. Development of 3D space-sharing interface using augmented reality technology for domestic tele-echography. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2009;2009:6103-6.
44. Koehle-Divo, Mathieu. Pertinence clinique des indications de l'échographie focalisée en soins primaires : revue narrative. Nancy; 2022.
45. Arnold AC, Fleet R, Lim D. A case for mandatory ultrasound training for rural general practitioners: a commentary. *Rural Remote Health.* juill 2021;21(3):6328.
46. Smallwood N, Dachsel M. Point-of-care ultrasound (POCUS): unnecessary gadgetry or evidence-based medicine? *Clin Med (Lond).* juin 2018;18(3):219-24.
47. Aakjær Andersen C, Brodersen J, Davidsen AS, Graumann O, Jensen MBB. Use and impact of point-of-care ultrasonography in general practice: a prospective observational study. *BMJ Open.* 17 sept 2020;10(9):e037664.
48. SALLES M. Intérêt de la pratique de l'échographie en soins primaires par le médecin généraliste en France (hors échographie fœtale). [Toulouse]; 2016.
49. Lindgaard K, Riisgaard L. « Validation of ultrasound examinations performed by general practitioners ». *Scand J Prim Health Care.* sept 2017;35(3):256-61.
50. Oliveira TC, Bayer S, Gonçalves L, Barlow J. Telemedicine in Alentejo. *Telemed J E Health.* janv 2014;20(1):90-3.

51. Ferreira AC, O'Mahony E, Oliani AH, Araujo Júnior E, da Silva Costa F. Teleultrasound: Historical Perspective and Clinical Application. *Int J Telemed Appl*. 2015;2015:306259.
52. Sutherland JE, Sutphin HD, Rawlins F, Redican K, Burton J. A comparison of teleultrasonography with standard ultrasound care in a rural Dominican clinic. *J Telemed Telecare*. 2009;15(4):191-5.
53. Popov V, Popov D, Kacar I, Harris RD. The feasibility of real-time transmission of sonographic images from a remote location over low-bandwidth Internet links: a pilot study. *AJR Am J Roentgenol*. mars 2007;188(3):W219-222.
54. Sheehan FH, Ricci MA, Murtagh C, Clark H, Bolson EL. Expert visual guidance of ultrasound for telemedicine. *J Telemed Telecare*. 2010;16(2):77-82.
55. Ferrer-Roca O, Kurjak A, Mario Troyano-Luque J, Bajo Arenas J, Luis Mercé A, Diaz-Cardama A. Tele-virtual sonography. *J Perinat Med*. 2006;34(2):123-9.
56. Afset JE, Lunde P. [Tele-echocardiography. Education in echocardiography via video conferences]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 20 avr 1994;114(10):1175-8.
57. Hussain P, Deshpande A, Shridhar P, Saini G, Kay D. The feasibility of telemedicine for the training and supervision of general practitioners performing ultrasound examinations of patients with urinary tract symptoms. *J Telemed Telecare*. 2004;10(3):180-2.
58. Arbeille P, Ayoub J, Kieffer V, Capri A, Poisson G, Vieyres P. Diagnostic échographique à distance en temps différé (capture 3D), ou par télé-échographie en temps réel (bras robotisé). *Journal de Radiologie*. 1 oct 2006;87(10):1380.
59. Arbeille P, Zuj K, Saccomandi A, Andre E, De La Porte C, Georgescu M. Tele-Operated Echography and Remote Guidance for Performing Tele-Echography on Geographically Isolated Patients. *J Clin Med*. 13 juin 2016;5(6):E58.
60. O'Neill SK, Allen D, Brockway PD. The design and implementation of an off-the-shelf, standards-based tele-ultrasound system. *J Telemed Telecare*. 2000;6 Suppl 2:S52-53.
61. Paulus YM, Thompson NP. Inexpensive, realtime tele-ultrasound using a commercial, web-based video streaming device. *J Telemed Telecare*. juin 2012;18(4):185-8.

62. Lewis C. A tele-ultrasound needs analysis in Queensland. *J Telemed Telecare*. 2005;11 Suppl 2:S61-64.
63. Su MJ, Ma HM, Ko CI, Chiang WC, Yang CW, Chen SJ, et al. Application of tele-ultrasound in emergency medical services. *Telemed J E Health*. oct 2008;14(8):816-24.
64. Jensen SH, Weile J, Aagaard R, Hansen KM, Jensen TB, Petersen MC, et al. Remote real-time supervision via tele-ultrasound in focused cardiac ultrasound: A single-blinded cluster randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2019;63(3):403-9.
65. Alfageme F, Minguela E, Martínez C, Salgüero I, Calvo A, León F, et al. Dermatologic Ultrasound in Primary Care: A New Modality of Teledermatology: A Prospective Multicenter Validation Study. *J Ultrasound Med*. févr 2021;40(2):351-6.
66. Hjorth-Hansen AK, Andersen GN, Graven T, Gundersen GH, Kleinau JO, Mjølstad OC, et al. Feasibility and Accuracy of Tele-Echocardiography, With Examinations by Nurses and Interpretation by an Expert via Telemedicine, in an Outpatient Heart Failure Clinic. *J Ultrasound Med*. déc 2020;39(12):2313-23.
67. Mangeney K, Carnein S, Michot A, Noblet-Dick M. Retour d'expérience : 3 mois de télémédecine en foyer spécialisé et médicalisé pour personnes handicapées adultes. *European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémédecine*. 24 sept 2014;3(3):105-15.
68. Brebner JA, Ruddick-Bracken H, Brebner EM, Smith AP, Duncan KA, Mcleod AJ, et al. The diagnostic acceptability of low-bandwidth transmission for tele-ultrasound. *J Telemed Telecare*. 2000;6(6):335-8.
69. Adambounou K, Farin F, Boucher A, Adjenou KV, Gbeassor M, N'dakena K, et al. [System of telesonography with synchronous teleconsultations and asynchronous telediagnoses (Togo)]. *Med Sante Trop*. mars 2012;22(1):54-60.
70. Sutherland JE, Sutphin D, Redican K, Rawlins F. Telesonography: foundations and future directions. *J Ultrasound Med*. avr 2011;30(4):517-22.
71. Conseil National de l'Ordre des Médecins. Approche territoriale des spécialités médicales et chirurgicales. Situation au 1er janvier 2022. https://www.conseil-national.medecin.fr/sites/default/files/external-package/analyse_etude/bnhcwi/cnom_atlas_demographie_2022_tome_2_approche_territoriale_par_specialites.pdf. Consulté le 24 mai 2023.

72. Santé publique france. La santé à tout âge.
<https://www.santepubliquefrance.fr/la-sante-a-tout-age/la-sante-a-tout-age>.
Consulté le 19 mai 2023.
73. Haute Autorité de Santé. Évaluation de l'échoscopie par le médecin généraliste.
Juillet 2022. Consulté le 25 mai 2023.
74. Statista – L'imagerie médicale en France. <https://fr.statista.com/themes/3959/l-imagerie-medicale-en-france/#dossier-chapter4>. Consulté le 3 juin 2023.
75. L'usage de de l'échographie en médecine générale. Le généraliste. Publié le 20.09.2021. Consultable sur <https://www.legeneraliste.fr/fmc-0/lusage-de-lechographie-en-medecine-generale>. Consulté le 08.06.2023.
76. Echo-loco, échographie de l'appareil locomoteur. <https://www.echo-loco.fr/>.
Consulté le 08.06.2023.

RESUME DE LA THESE :

La télémédecine a pris un essor considérable ces deux dernières années. Elle a pour principal objectif d'améliorer l'accès aux soins des patients et de réduire les coûts des dépenses de santé.

Le recours à l'échographie est fréquent en médecine générale, c'est un examen rapide, non invasif, non irradiant qui permet d'affirmer ou d'infirmer des diagnostics de façon rapide.

Ce travail est une revue de la littérature ayant pour objectif principal de définir « quelle place pour la télé-échographie en médecine générale » et d'étudier les potentielles applications de la télé-échographie en médecine générale, relever les freins à son utilisation, et les développements futurs à envisager pour une exploitation à grande échelle.

58 articles ont été inclus dans l'étude. Les résultats ont été classés en trois axes : l'utilisation de l'échographie en soins primaires, la télé-échographie robot-guidée, et la télé-échographie en médecine générale.

Il apparaît que la télé-échographie n'est à l'heure actuelle que peu encore développée en médecine générale. Les principales études publiées portent sur la télé-échographie robot-guidée qui a montré ses preuves en termes d'efficacité et d'utilité diagnostic pour pallier les problématiques actuelles de l'offre de soins. Cet outil se montre cependant peu utilisable en cabinet de médecine générale. Une alternative à cette pratique se révèle être la télé-échographie vidéo-guidée, modalité plus facile à mettre en œuvre.

La télé-échographie permettrait aux médecins généralistes d'améliorer le parcours de soin des patients, d'accéder à un diagnostic échographique rapide, fiable, et ainsi à une décision thérapeutique. Elle se montre facile à mettre en place, ne nécessiterait qu'une formation brève et un équipement léger, peu coûteux et portable. Les indications sont nombreuses et regroupent des pathologies fréquemment rencontrées en médecine générale.

A l'heure actuelle, la télé-échographie n'a pas sa place en médecine générale. En effet, de nombreux points restent encore à préciser : modalités de mise en place, tarification de l'acte, tant pour le médecin généraliste que pour l'échographiste, évaluation des coûts et des conséquences sur la réduction des dépenses de santé publique.

VU

NANCY, le **21 juin 2023**
Le Président de Thèse

NANCY, le **22 juin 2023**
Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Paolo DI PATRIZIO

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **13046C**

NANCY, le **29 juin 2023**

La Présidente de l'Université de Lorraine

Madame Hélène BOULANGER

TITRE EN ANGLAIS :

What place for tele-ultrasound in general practice ? A systematic review.

THESE : Médecine Générale – Année 2023

MOTS CLES :

Télémédecine, échographie, téléexpertise, télé-échographie, vidéo-guidage, synchrone/asynchrone, parcours de soins, soins primaires, médecine générale

INTITULE ET ADRESSE :

Université de Lorraine
Faculté de Médecine de Nancy
9, avenue Forêt de Haye
54505 VANDOEUVRE LES NANCY
