

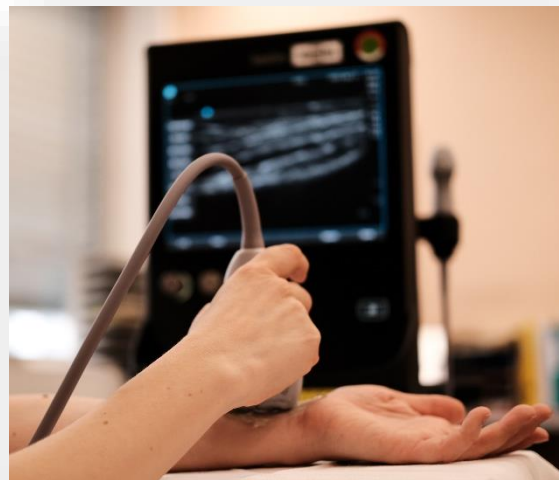


Diplôme Inter-Universitaire Européen en Rééducation et Appareillage
en Chirurgie de la Main

Université Grenoble-Alpes

Promotion 2021-2023

La pratique de l'échographie dans le quotidien du rééducateur de la main



Mémoire présenté par

Tania COLI

Physiothérapeute aux Hôpitaux Universitaires de Genève

Jury

Dr Alexandra FORLI

M. Denis GERLAC

Dr Olivier MARES

M. Manuel FRANÇOIS

Remerciements

Je souhaiterais prendre quelques instants pour remercier toute l'équipe du Diplôme Inter-Universitaire en Rééducation et Appareillage en Chirurgie de la Main. En particulier :

Dr. Alexandra Forli et M. Denis Gerlac pour leur accompagnement durant ces deux années de diplôme, ainsi que pour la validation du titre de mémoire et son suivi.

Mme Baffert, pour sa réactivité, sa gentillesse et son professionnalisme durant nos échanges concernant l'organisation des stages.

L'équipe médico-ergo-physio des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG) et en particulier :

M. François Delaquaize, pour son soutien, son partage de connaissances et pour m'avoir donné l'envie de cheminer sur la belle voie des rééducateurs de la main. Je promets de donner du cœur dans mon travail et de ne jamais cesser de progresser.

M. Nicolas Dousse, M. Stéphane Houdart, M. Jean de Buretel de Chassey, M. Jean-Paul Gallice et Pr. Jean-Yves Beaulieu pour avoir eu confiance en moi et pour leur soutien lors de l'inscription à ce diplôme.

Mme Florence Cohendet pour sa sagesse et son soutien durant mon changement de carrière.

Ma collègue Mme Claudia Da Cunha, un vrai rayon de soleil qui m'a donné du courage et un soutien sans limite durant ces deux années de diplôme.

Mon collègue Ivo Neto, pour nos précieuses conversations et son soutien inconditionnel.

Mes collègues de la volée 21-23 du DIU, spécialement Mme Laura Giessinger, M. Johan Duflot et M. Yordane Argentero, sans qui ces deux années n'auraient pas été aussi enrichissantes.

Mes autres collègues HUG et cabinet, Mme Aurélie Poirier, Mme Maya Neidhart, Mme Denise Richter, Mme Anouk Messeiller et Mme Ariane Zenoni, qui ont supporté mes absences et repris de nombreuses fois mes patients lorsque je partais en stage ou en cours.

M. Gregory Mesplé pour m'avoir donné envie d'aborder ce sujet en suivant sa formation.

Les différents représentants pour leur temps accordé et les conversations enrichissantes.

Et bien évidemment je remercierai mon copain M. Alexis Ruiz, relecteur de ce travail et photographe, ainsi que ma famille et mes amis, qui ont été d'un soutien moral essentiel à la réussite de ce jonglage Hôpital/Cabinet/DIU sans faiblir.

Préface

L'intention première de ce mémoire est de proposer une marche à suivre claire pour tout rééducateur curieux ou désireux d'introduire l'échographie dans son quotidien. En réunissant l'état de la littérature actuelle sur ce sujet, le matériel nécessaire et disponible en 2023 et les aspects pratiques en un seul document, je souhaiterais en faciliter sa mise en place.

En dernière page de ce mémoire, une fiche (pouvant éventuellement être plastifiée et placée proche de l'échographe) propose le b.a.-ba de la préparation à une séance ainsi qu'un rappel des réglages de bases. Ne me considérant pas moi-même une professionnelle de l'échographie, il est important de signaler que ni le mémoire, ni cette fiche, auront pour but de remplacer un cours réalisé par un spécialiste. Ils seront par conséquent à considérer comme un aide-mémoire pour un thérapeute initié ou comme une première approche pour les plus novices.

L'actualisation des connaissances étant primordiale dans la pratique de l'échographie, une annexe intitulée « pour approfondir » propose des liens vers des revues, des formations ou des congrès spécialisés sur l'échographie et des lectures utiles sur ce thème. Enfin, un tableau récapitulatif des caractéristiques de certains échographes disponibles sur le marché sera lui aussi disponible en annexe. Je tiens à préciser que ce mémoire a été réalisé en toute impartialité et que je n'ai reçu aucune contrepartie pour parler de certains échographes ou de certaines formations plutôt que d'autres. Le contenu du tableau, non exhaustif, n'est issu que de ma propre expérience ou de mes préférences inspirées par la lecture d'articles récents.

Afin d'éviter tout conflit de droit d'auteur, la photo de couverture de ce mémoire a été prise par mon partenaire Alexis Ruiz, spécialement pour l'occasion, et est libre de tout copy-right. Pour les sujets dont l'utilisation de photos issues d'articles ou de sites internet apportait une plus-value, les sources ont été indiquées dans le paragraphe mentionnant les photos en question.

Par soucis de clarté et d'inclusion de tous les thérapeutes intervenant dans la rééducation de la main, les termes « rééducateur(s) » ou « thérapeute(s) » seront utilisés tout au long du mémoire en lieu et place de « kinésithérapeute(s) », « physiothérapeute(s) » ou « ergothérapeute(s) » à l'exception des cas où une profession plutôt que l'autre est mentionnée dans un article. Le terme « physiothérapeute » sera utilisé lorsque l'article anglais parle de « physiotherapist » ou « physical therapist ».

Table des matières

1. Introduction	7
1.1 La pratique de l'échographie dans le quotidien du rééducateur de la main	
Choix du sujet	7
1.2 L'intérêt pour les rééducateurs de la main.....	7
2. Méthodologie	8
3. Histoire de l'échographie	9
4. La théorie des ultrasons.....	10
5. Présentation du matériel et des modes	12
5.1 Les différents types d'échographes.	12
5.2 Les sondes et le gel.....	14
5.2.1 Les sondes.....	14
5.2.2 Le gel	15
5.3 Les modes et interprétation de l'image.....	16
5.3.1 Le mode B (aussi appelé 2D).....	16
5.3.2 Le mode TM	17
5.3.3 Le mode Doppler	18
5.4 Le matériel disponible en 2023	19
6. La sécurité	21
8. La fiabilité inter-examineur.....	23
9. Préparation et déroulement de la séance	24
9.1 Généralités	24
9.2 Les réglages et les techniques de prise d'images	25
9.2.1 Interprétation des paramètres de l'écran	26
9.2.2 Le positionnement de la sonde.....	27

10. L'échographie et la rééducation	28
10.1 Généralités	28
10.2 Les avantages pour la pratique	28
10.3 Législation de l'utilisation d'un échographe par un rééducateur dans le monde.	30
10.3.1 L'Europe	30
10.3.2 Le monde	31
11. L'échographie de la main et du poignet.....	32
11.1 La plus-value face aux autres techniques d'imagerie médicale.....	32
11.2 Champ d'application.....	32
12. Proposition d'application au quotidien	34
12.1 Choix du matériel	34
12.2 L'implication dans le quotidien du rééducateur	35
13. Implantation de l'échographie aux Hôpitaux Universitaires de Genève	36
13.1 La plus-value pour les patients et le service	36
13.2 Les freins	36
13.3 Les projets.....	37
14. Discussion	38
15. Conclusion.....	39
16. Bibliographie.....	40
17. Annexes.....	50
17.1 Lexique	50
17.3 Pour approfondir.....	53
17.4 Tableau de comparaison des échographes.....	55
17.5 Termes de recherche - Medical Subjects Headings (MeSH) terms.....	59
17.6 Fiche à plastifier et placer proche de votre échographe	61

Abréviations

AIUM	American Institute of Ultrasound in Medicine
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CAR	Association Canadienne des Radiologues
EFSUMB	European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
EMG	ElectroMyoGramme
FDA	Food and Drug Administration
HUG	Hôpitaux Universitaires de Genève
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
ISAMMS	Institut Sud Aquitain de la Main et du Membre Supérieur
MeSH	Medical Subject Headings
MI	Mechanical Index - Indexe mécanique
POCUS	Point of Care UltraSound
RUSI	Rehabilitative UltraSound Imaging
TI	Thermal Index - Indexe thermique
WCPT	World Confederation for Physical Therapy Organisation mondiale des physiothérapeutes
WFUMB	World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology

1. Introduction

1.1 La pratique de l'échographie dans le quotidien du rééducateur de la main - Choix du sujet

Avant de commencer ma spécialisation en rééducation de la main et du poignet, j'ai eu l'opportunité de travailler six ans dans l'unité de soins intensifs des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG). Durant cette période, j'ai notamment eu la chance de suivre une formation d'échographie musculosquelettique et pulmonaire destinée aux thérapeutes. Lors de ma première formation de spécialisation sur le sujet de la rééducation de la main (proposée par l'Institut Sud Aquitain de la Main et du Membre Supérieur (ISAMMS) de Gregory Mesplié), l'échographie s'est rapidement présentée comme une technique en plein essor qui interpelle de plus en plus de rééducateurs de la main. Ayant trouvé le sujet passionnant mais timidement développé en Suisse et en France, j'ai alors pensé qu'un mémoire faisant un état des lieux des informations disponibles pourrait être utile à mes collègues francophones souhaitant inclure cette pratique à leur quotidien.

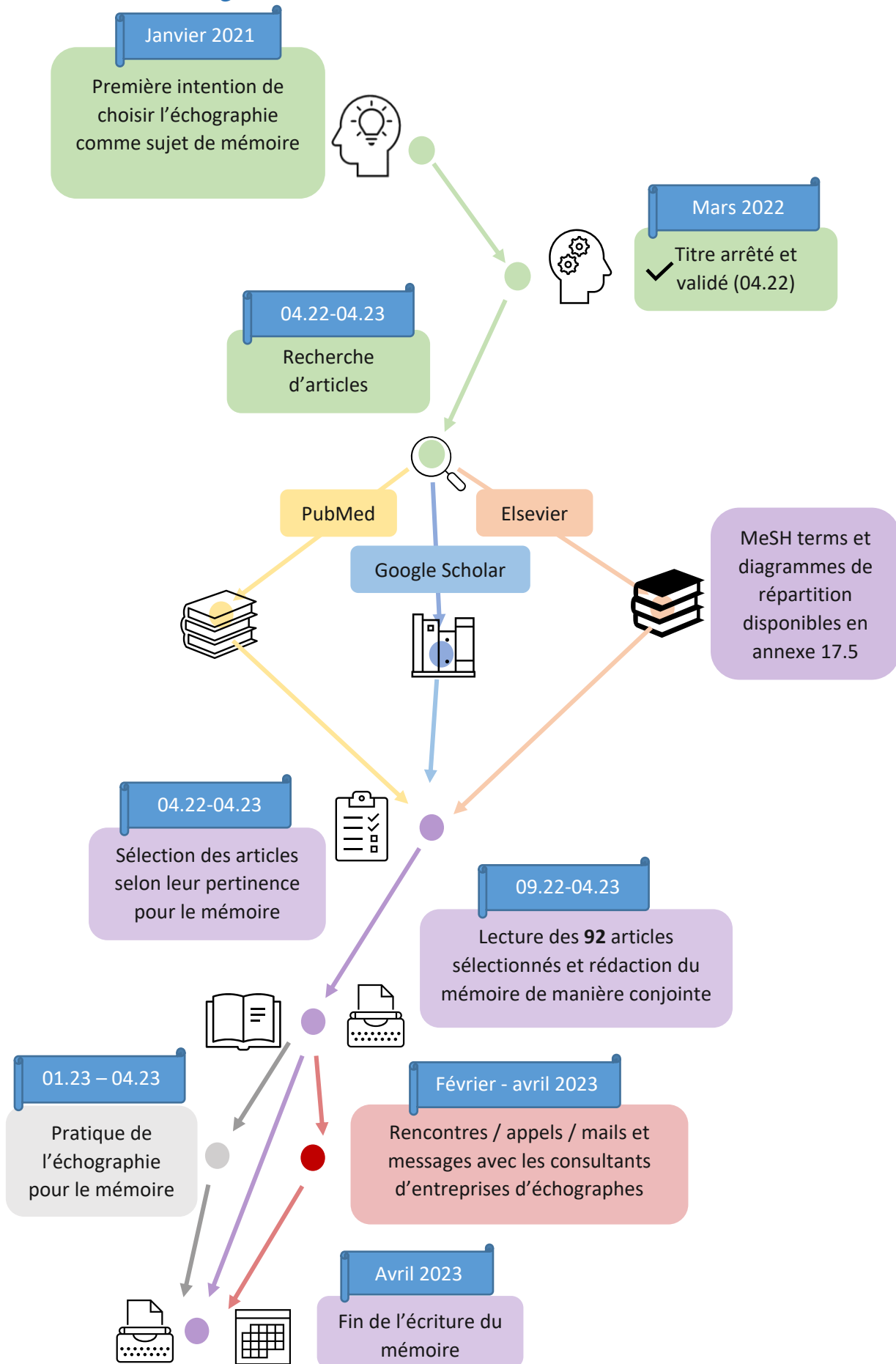
1.2 L'intérêt pour les rééducateurs de la main

L'usage de l'échographie par les thérapeutes, et plus spécifiquement les rééducateurs de la main, est encore anecdotique dans les pays européens francophones. Bien que l'intérêt porté à cette pratique soit grandissant internationalement ^[1], nous sommes actuellement loin derrière certains de nos voisins ; selon Kooijman et al. un centre de physiothérapie sur six utilise l'échographie aux Pays Bas ^[2] et une tendance similaire est observée au Royaume-Uni, considéré comme précurseur de la méthode ^[3-5].

Les avantages apportés par la technique sont pourtant nombreux et se regroupent selon Whittaker et al., en quatre catégories ; la recherche, la réhabilitation, le guidage lors de la pratique de l'acupuncture ou du dry needling et pour finir, le suivi de la guérison d'une structure musculaire/tendineuse ou nerveuse ^[6]. Le coût du matériel (rapporté par Kooijman et al. comme étant le frein principal à la mise en place de la technique par plus de 57% des physiothérapeutes interrogés) la nécessité de suivre une formation et le besoin de pratiquer régulièrement découragent néanmoins certains praticiens ^[2].

Ce mémoire a pour objectif d'accompagner le lecteur à travers les différentes étapes, pouvant parfois paraître lourdes à surmonter, menant à la pratique régulière de l'échographie.

2. Méthodologie



3. Histoire de l'échographie

A l'occasion des 50 ans de sa création, la Fédération Européenne des Sociétés d'Ultrasons en Médecine et Biologie (EFSUMB), a publié un article retraçant l'histoire de l'échographie de ses débuts jusqu'à nos jours ^[7]. Je recommande fortement sa lecture à tout individu souhaitant s'informer de manière plus exhaustive. La compréhension de ce qui se dissimule à l'intérieur de nos corps serait, selon la EFSUMB, le moteur principal ayant mené à la découverte du premier système de radiographie à rayon-X en 1895. Ce ne sera cependant qu'à la fin des années 40, à la suite de nombreuses avancées techniques destinées aux forces militaires sous-marines et d'exams médicaux peu concluants sur le crâne en 1942 par le neurologue Karl Dussik, que le tout premier échographe vit le jour ^[7-9]. Arborant un design bien différent des modèles actuels, il fut initialement utilisé pour sonder le fonctionnement de l'intestin ^[7].

Des années 1940 jusqu'aux années 80, la pratique de l'échographie diagnostique a été exclusivement réservée aux médecins et professionnels de l'imagerie médicale. Les premières utilisations d'un échographe par des physiothérapeutes auraient été décrites à Oxford (en Angleterre) dans les années 80 par le Dr Archie Young, docteur spécialisé en réhabilitation, et ses collègues ^[4,9,10]. Déjà à cette période, la méthode était utilisée pour rechercher de potentielles lésions musculaires ou encore observer le mouvement, l'épaisseur ou la structure d'un muscle afin d'en améliorer son suivi et/ou son traitement ^[10,11].

La miniaturisation des appareils a favorisé l'apparition, il y a une trentaine d'années, de ce que l'on appelle le Point Of Care Ultrasound (POCUS) : l'échographie au pied du lit, à la rencontre du patient ^[12,13]. A l'époque employé par le médecin urgentiste, qu'il soit à l'hôpital ou au front, le POCUS séduit à présent une plus grande variété de professionnels de la santé. Ces derniers, désireux d'améliorer leur prise en charge en visualisant les structures internes de leurs patients, sont de plus en plus nombreux à se former à cette technique ^[12-15]. En parallèle, le perfectionnement des appareils et l'apparition des sondes à hautes fréquences ont permis progressivement de s'intéresser à des structures plus superficielles et menues comme les mains et les poignets ^[16]. A l'heure actuelle, l'échographie diagnostique est considérée comme équivalente voir plus précise que l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) ou la radiographie conventionnelle dans la détection et le suivi de certaines pathologies ^[15-17].

En 2023, l'association de ces différents éléments permet à l'échographie d'être une pratique solidement ancrée dans la communauté médico-soignante, suscitant un intérêt croissant de la part de thérapeutes de divers horizons.

4. La théorie des ultrasons

L'être humain est généralement capable d'entendre des sons de fréquences comprises entre 20 hertz (Hz) et 20 Kilo Hertz (KHz). Toute onde mécanique se situant au-dessus de cette limite se définit comme étant un « ultrason » tandis que celles situées en dessous de 20 Hz obtiendront l'appellation « infrason »^[9,18]. L'échographie médicale utilisant des ondes mécaniques de très hautes fréquences comprises la plupart du temps entre 1 et 25 MHz se situe donc dans la catégorie des ultrasons^[19,20].

Ces ondes ultrasonores sont produites à partir d'un transducteur (sonde) contenant des cristaux « piézo-électriques », découverts en 1880 par Pierre et Jacques Curie, capables d'émettre des ondes vibratoires lorsqu'ils sont stimulés par un courant électrique^[20]. Elles peuvent être définies comme des vagues se propageant aisément à travers différentes structures, à l'exception de l'air et des structures masquées par des matériaux solides (os, métal, etc).

Au contact de la surface d'un organe, ces ondes mécaniques seront réfléchies et produiront une réflexion, plus communément appelé « écho ». Ce dernier sera ensuite capté par la sonde et converti, à nouveau grâce aux cristaux piézo-électriques, en signal électrique transmis à l'échographe. L'ensemble des signaux reçus par l'échographe seront ensuite traités et convertis en une image. Le processus complet ne dure que quelques millisecondes, permettant ainsi de visualiser les échos en temps réel^[9,19,20]. Le schéma disponible en page 11 (figure 1), réalisé par mes soins à l'aide des sources citées dans ce chapitre, illustre les éléments théoriques décrits précédemment.

Certains termes utilisés dans le paragraphe précédent (tels que « fréquence » ou « écho ») appartiennent au jargon de l'échographie. Sa compréhension est essentielle à la pratique de cette méthode et à la lecture éclairée des écrits qui la concerne. Le Neindre et Demont^[19] proposent dans leur document de cours des définitions claires dont je me suis inspirées, en complément du livre numérique de Nürnberg et al.^[9] et des articles de Whittaker et al.^[11], S. Hartmann^[20] ainsi que Yu et al.^[21], pour rédiger le lexique proposé dans l'annexe « 17.1 ». Tout lecteur non familier avec ce langage est invité à le consulter pour une bonne compréhension de ce mémoire.

Une fois ces termes maîtrisés, le praticien sera dans de bonnes conditions pour appréhender la formule et le schéma proposés ci-dessous, tous deux essentiels pour la compréhension des propriétés des ondes ultrasonores ; mettant en relation la vitesse de propagation de l'onde (C [m/s]), la fréquence (f [Hz]) et la longueur d'onde (λ [m]) :

$$C = f * \lambda .$$

La vitesse de propagation de l'onde dans les tissus (aussi appelée « Célérité »), est considérée comme constante (env. 1500 m/s) car les variations au sein des tissus humains sont minimales^[19,20]. « C » étant constante, une variation de « f » fera obligatoirement varier « λ ». La qualité de l'image étant étroitement liée à la longueur d'onde, une modification de la fréquence permettra de modifier ce paramètre. Plus « f » sera élevée, plus « λ » sera petite et la qualité de l'image sera grande ^[19].

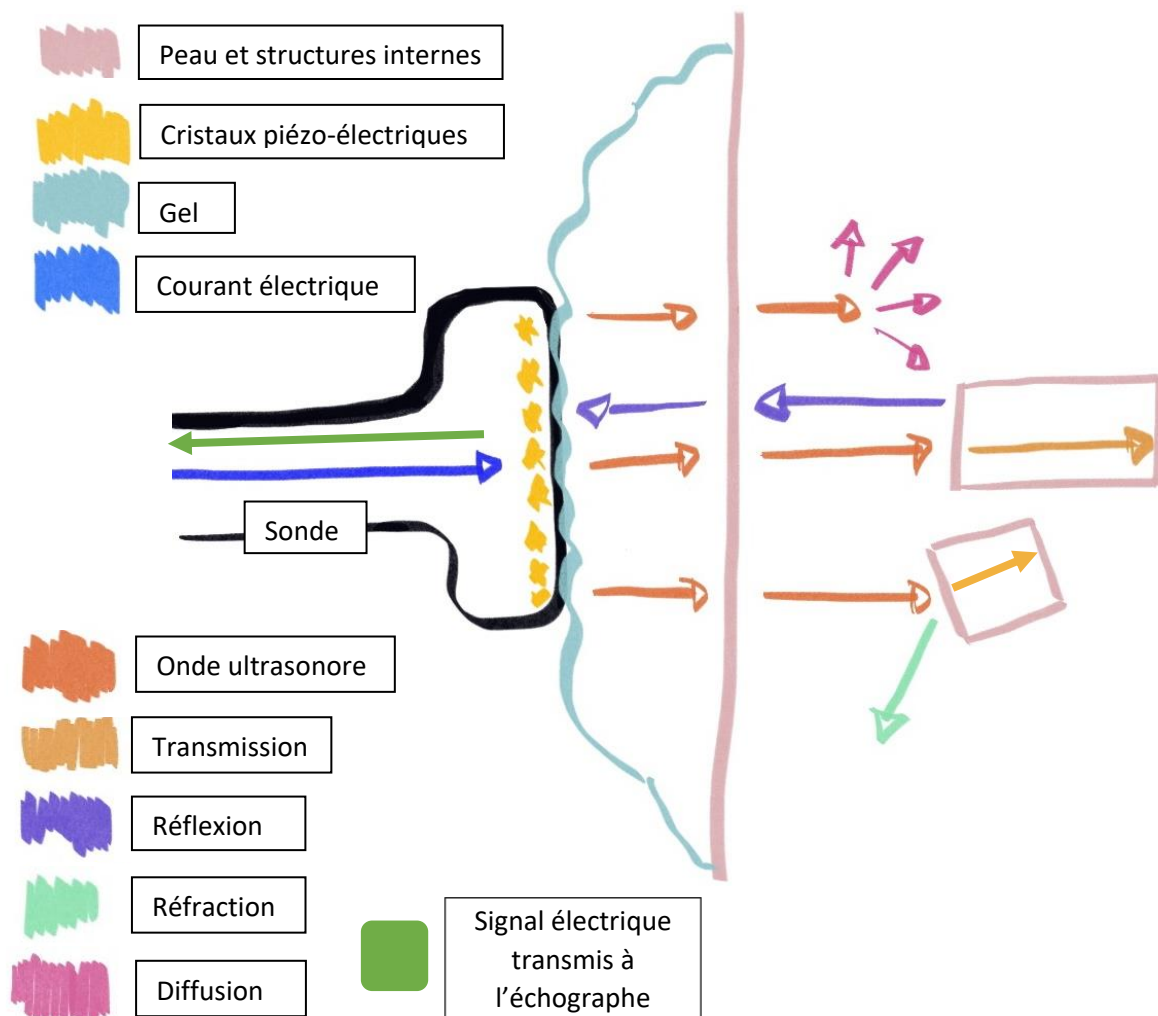


Figure 1 ^[9,11,19-21].

5. Présentation du matériel et des modes

5.1 Les différents types d'échographes.

De manière générale, les échographes sont constitués au minimum d'un écran, d'un programme interne responsable de l'analyse et de la transformation des informations reçues par la sonde, d'une interface tactile ou de boutons permettant d'effectuer des réglages, d'un port de connexion avec la sonde choisie et d'un câble d'alimentation.

Certains modèles sont dotés d'instruments supplémentaires (chariot, porte sonde, porte gel, etc) ou de capacités additionnelles (impression des échographies, logiciel de calcul, intelligence artificielle (AI) permettant de détecter des anomalies, etc).

Nous pouvons diviser l'ensemble du parc des échographes en trois catégories : les stationnaires, indissociables de leur trolley (A), les portables, pouvant au choix être utilisés sur un trolley ou emportés comme une mallette (B), et les ultra-portables (C), pouvant être mis dans une poche ou transportés très aisément.

A. Les échographes stationnaires.

Un seul modèle de ce type a été retenu pour ce travail (figure 2) [22]. Souvent plus onéreux et plus encombrant que les modèles portables, ils sont plus rarement choisis par les physiothérapeutes (propos rapportés par le représentant Sonosite®).

Etant néanmoins mobiles et agréables à transporter, ils pourraient toutefois convenir à certains praticiens.



B. Les échographes portables

Spécialement conçus pour les professionnels souhaitant le confort d'un appareil léger et facilement transportable allié aux prestations internes et dimensions d'écran similaires aux modèles stationnaires. Le praticien pourra choisir le mode de transport correspondant le mieux à ses besoins : sur un trolley comme l'échographe visible en figure 3^[22], dans une mallette ou sans support.



Figure 3 : Sonosite® – PX® [22]

C. Les échographes ultra-portables

Proposant une taille considérablement réduite, la nouvelle génération POCUS d'échographes peut être transportée tout aussi aisément qu'un goniomètre ou un stéthoscope (Neubauer et al. considèrent d'ailleurs l'échographe comme étant « le stéthoscope du rhumatologue »^[23].)

Cependant, la miniaturisation des appareils à ultrasons diagnostiques à ses limites. Selon Philippe Robert, l'écran doit rester suffisamment grand pour permettre un examen de qualité et une lecture confortable de l'image. Raison pour laquelle Sonoscanner® ne propose pas de sonde directement connectable aux smartphones comme le font d'autres compagnies^[24,25].

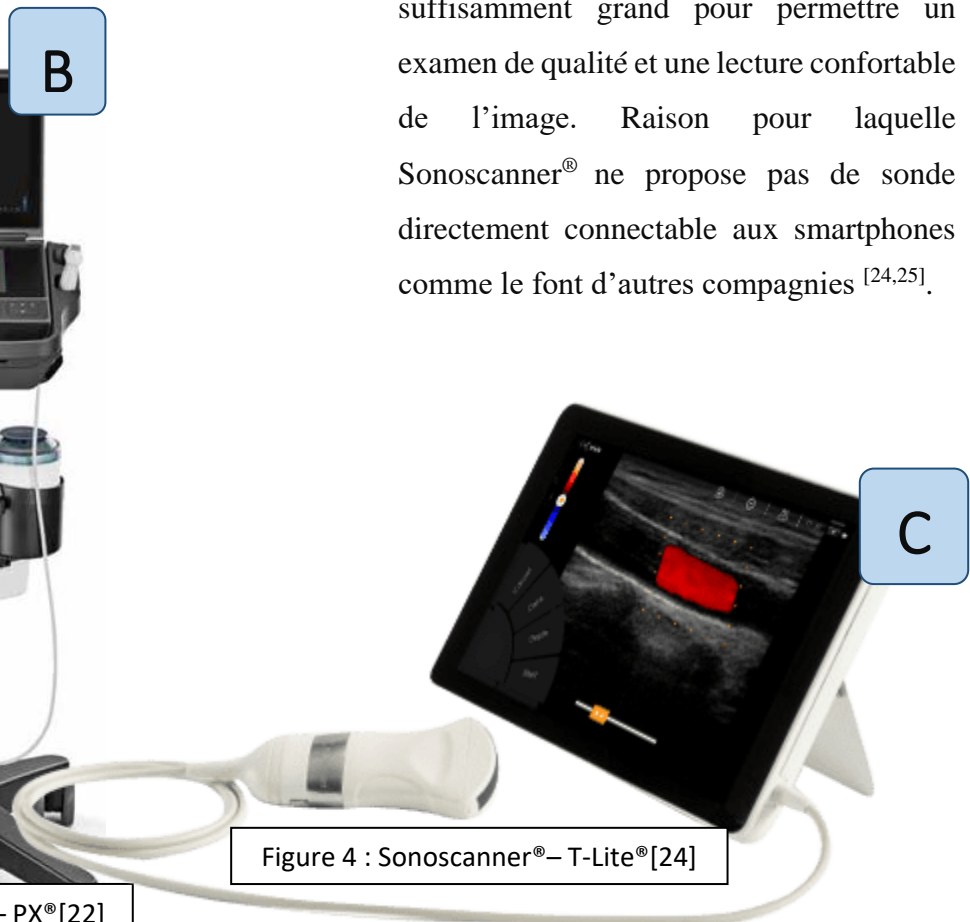


Figure 4 : Sonoscanner® – T-Lite® [24]

5.2 Les accessoires

5.2.1 Les sondes

Nous nous concentrerons ici sur la nouvelle génération de sondes, développée à partir des années 80, permettant une visualisation de l'image échographique en temps réel [20]. Ces dernières, grâce à la stimulation des nombreux cristaux piézo-électriques mentionnés plus tôt, se chargent alternativement d'émettre et de recevoir des ondes [9,20]. Ces sondes, fragiles, sont à manipuler avec précaution afin de ne pas risquer de les endommager. Il faudra donc éviter les chocs et veiller à les désinfecter avec des produits compatibles [20]. Trois différents types de sondes sont montrées en exemple en figure 5 [22].



Figure 5 : Sondes proposées par Sonosite®, illustrant les trois catégories explicitées ci-dessous [22].

Dans le cadre de la rééducation de la main, les sondes à haute fréquence (linéaires), dont la limite haute est généralement comprise entre 10 et 25 MHz et la basse entre 3 et 5 MHz, sont privilégiées [9,26]. Elles sont utilisées pour l'évaluation des structures superficielles et leurs déficiences (musculosquelettiques, tendons, muscles, ligaments, etc). Plus la fréquence sera élevée, plus la qualité de l'image sera augmentée. A l'inverse, pour les structures plus profondes (thoraciques, abdominales, obstétriques), le rééducateur choisira des sondes convexes à basse fréquence (1 à 5 MHz), ayant une plus grande aptitude à traverser les tissus profonds [19,21]. Plusieurs autres types de sondes, peu utiles aux rééducateurs de la main, seront cette fois dédiées à l'observation de zones endocavitaires, cardiaques, obstétriques, etc [21]. La nomenclature de ces sondes est généralement standardisée. Parmi les trois modèles les plus fréquemment utilisés, nous retrouvons un « L » pour les linéaires, un « C » pour les convexes et un « P » pour les Phased Array (« Réseau Phasé »), principalement dédiées à l'observation cardiaque. Les fréquences seront généralement indiquées en commençant par la limite haute (ex : 10-2 MHz).

5.2.2 Le gel

Les ondes ultrasonores ne se propageant pas dans l'air, le gel, permettant un contact adéquat entre la sonde et le patient, constitue un élément essentiel à la pratique de l'échographie.

Plusieurs formats sont disponibles :

- Le gel liquide, applicable directement sur la sonde ou, sauf exception (ex : plaie), sur le corps du patient, est généralement hypoallergénique et principalement composé d'eau.
- Le gel solide, disponible sous forme de pads de différentes dimensions (figure 7) aussi appelés « pains de gel », pouvant être utilisés lors d'observations qui requièrent de poser la sonde sur une région à reliefs ^[20].

Il est habituellement contenu dans une bouteille disponible à côté de l'échographe.



Figure 6 : Viollier.ch



Figure 7 : GynAcces.fr

Il reviendra au rééducateur de choisir celui qui lui convient le mieux. En raison de la grande diversité de marques disponibles sur le marché, le représentant de l'appareil à ultrasons pourrait s'avérer être un allié de choix pour aiguiller la prise de décision.

L'application de gel liquide sur la peau du patient peut être perçue comme désagréable pour certains patients. Il est donc à présent possible de trouver sur le marché des porte-bouteilles chauffants, inclus au trolley. La World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB) rappelle cependant que l'augmentation de température des gels provoque inévitablement une augmentation des risques de prolifération bactérienne. Il sera donc nécessaire d'observer strictement les règles d'hygiène en vigueur pour l'utilisation de ces dispositifs ^[9].

5.3 Les modes et interprétation de l'image

Seuls les modes utiles à la réalisation d'une échographie du membre supérieur seront détaillés ci-dessous. L'interprétation des artéfacts, nombreux et nécessitant une explication imagée, ne sera pas abordée dans ce mémoire. Je recommande donc la lecture du chapitre n°2 du livre de la WFSUMB [9].

5.3.1 Le mode B (aussi appelé 2D)

Ce mode permet une visualisation de la structure échographiée avec différents niveaux de gris. Il prend le B de l'anglais « Brightness » (Brillance en français) étant donné que la zone observée se manifeste avec des tons plus ou moins clairs en fonction de l'échogénicité des tissus [20]. Les éléments avec de fortes répercussions de signal (ex : la corticale d'un os) apparaîtront blancs tandis qu'à l'inverse, les structures absorbant les ondes sans les réfléchir (ex : un liquide) seront noires. Les différentes variations de gris indiquent des changements de milieu ou de tissus [21].

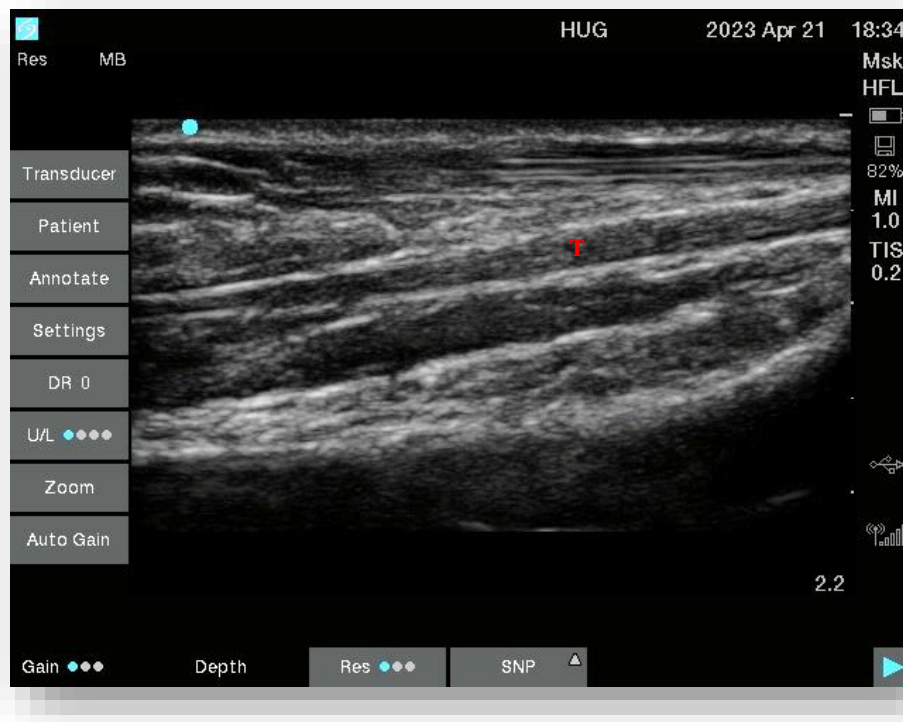


Figure 8 : échographie d'un avant-bras, réalisée par moi-même avec l'appareil disponible dans mon ancien service (Sonosite® SII®, Sonde Linéaire 13-2MHz) [27]

Nous pouvons ainsi voir sur cette capture d'écran en figure 8 [27] que les tendons (T) ont une échogénicité qui diffère de celle des structures adjacentes. Cette variation de niveaux de gris permet au praticien de se repérer et de reconnaître les structures observées.

5.3.2 Le mode TM

Ce mode intitulé « temps-mouvement » en français ou « M-Mode » pour « Motion Mode » en anglais, permet de visualiser le mouvement de l'élément observé en fonction du temps ^[19]. Le praticien sélectionne dans le mode B une section (représentée par les pointillés sur l'image de gauche de la figure 9) qu'il souhaite visualiser en mode TM (image de droite de la figure 9) ^[11].

Les lignes droites indiquent le caractère immobile de la structure de cette section tandis que les lignes courbes annoncent qu'un mouvement de rapprochement ou d'éloignement de la sonde est détecté. Lors de la contraction d'un muscle, l'os apparaîtra stable tandis que les différentes sections du muscle se contractant seront représentées par des courbes ^[11].

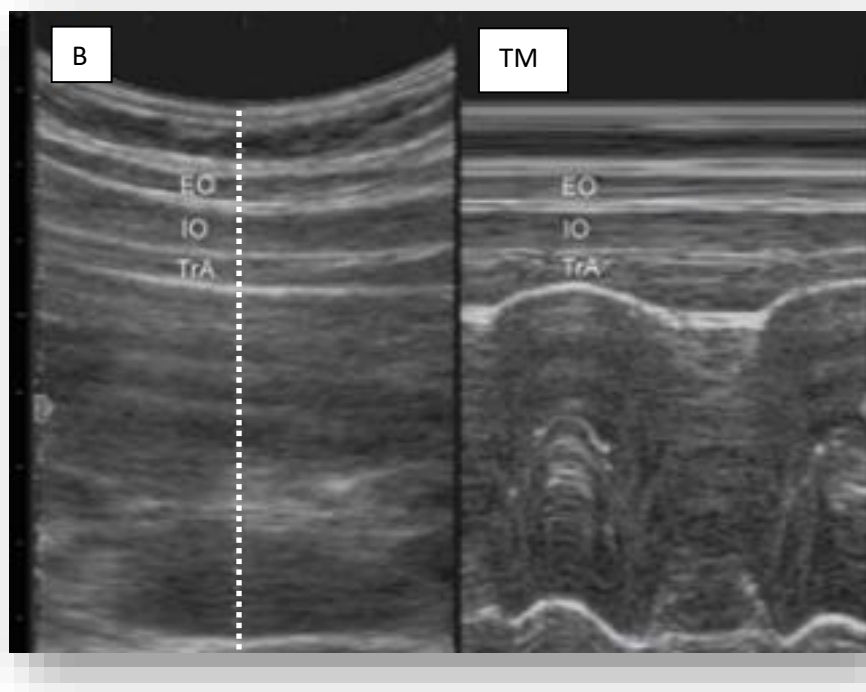


Figure 9 : échographies en mode B et mode TM, Whittaker et al. (2007) ^[11].

EO = External Oblique IO = Internal Oblique TrA = Transversus Abdominis

Ce mode prometteur pourrait remplacer à terme un examen invasif de type électromyogramme (EMG) lorsqu'il est utilisé sur des échographes à haute fréquence d'acquisition des données (environ 500 images par seconde). Les échographes standards, eux, ne peuvent malheureusement pas détecter l'initiation de la contraction musculaire (notion incontournable pour effectuer un EMG) de manière aussi précise étant donné que leurs fréquences d'acquisition sont habituellement comprises entre 25-50 images par seconde ^[11].

5.3.3 Le mode Doppler

Ce mode, inspiré de la théorie de 1842 de Christian Doppler (l'effet Doppler), a été développé au courant des années 60. Préférentiellement utilisé lors d'examinations artérioveineuses ou cardiaques, le mode Doppler nous informe sur la vascularisation de la zone observée [20].

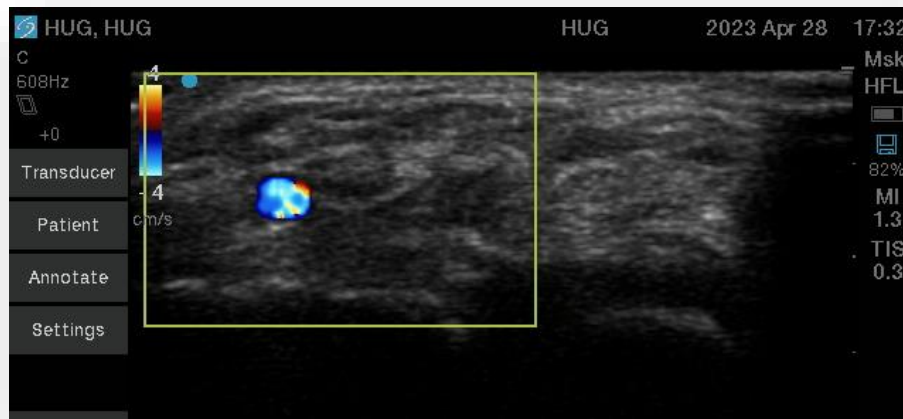


Figure 10 : échographie de l'artère radiale d'un poignet effectuée par moi-même
Mode Doppler Couleur, Sonosite® SII® sonde L (13-2)^[27].

Deux types de modes Doppler sont distingués : le Doppler couleur et le Doppler puissance.

Le premier, visible sur la figure 10 ci-dessus^[27], renseigne sur les flux sanguins par l'analyse de la différence entre les réflexions provenant des tissus mobiles et celles venant de tissus immobiles. Deux couleurs sont utilisées, le rouge et le bleu. Le bleu indique un débit allant en direction de la sonde. Le rouge, indique qu'un débit s'en éloigne ^[9].

Le deuxième, analyse le signal des globules rouges sans renseigner le sens du flux. Selon S. Hartmann, ce deuxième mode serait plus adéquat pour l'observation des pathologies ostéoarticulaires car sa sensibilité est plus élevée ^[20]. Dans la pratique du rééducateur, ce mode peut s'avérer utile pour déterminer si une zone est toujours dans un processus inflammatoire ou non ^[28] ; l'inflammation provoquant une modification transitoire du diamètre des vaisseaux et de l'intensité de la vascularisation ^[29].

5.4 Le matériel disponible en 2023

L'échographie n'a jamais été aussi accessible qu'en 2023. Le volume total d'un échographe diminuant d'année en année, tout comme son coût, il devient, grâce aux avancées technologiques actuelles, un partenaire de plus en plus transportable et abordable.

Loin des volumineuses machines de ses débuts dans les années 40, la technique ne requière à présent qu'une tablette (ou un smartphone) équipée d'un programme de traitement des images ultrasons et une sonde compatible. Cette diminution drastique en taille et en poids permet aux praticiens d'emporter facilement leur outil partout avec eux, avec la même aisance qu'un stéthoscope ou un goniomètre. Philippe Robert, représentant marketing de Sonoscanner[®], souligne l'importance de la diminution de la taille pour rendre la technique accessible tant aux secouristes de montagne qu'aux rééducateurs hospitaliers se déplaçant de chambre en chambre. Il a d'ailleurs récemment participé à l'équipement de nombreux hélicoptères en Europe pour les interventions d'urgences ^[24].

Considérés comme des dispositifs « ultra-portables », les échographes au format « tablette » connaissent en 2023 un pic de popularité parmi les thérapeutes pratiquant le POCUS. En se concentrant essentiellement sur les fonctionnalités les plus couramment utilisées, ils deviennent accessibles aux budgets les plus modestes tout en restant performants dans les modes classiques (2D-Doppler-TM) ; selon P. Robert, seul 20% des échographies réalisées, telles que les prises d'images obstétriques en 3D ou les investigations cardiaques avancées, requerraient des programmes sophistiqués.

Plusieurs avancées technologiques ont été observées ces dernières années ; que cela soit à travers l'apparition de sondes sans fil, la miniaturisation des appareils ou le développement de la performance des sondes qui permettent des observations de plus en plus précises.

Le marché de l'échographie étant de plus en plus fourni, le rééducateur devra s'armer de patience afin de choisir l'appareil adéquat pour sa pratique. Ainsi, en m'inspirant des échographes utilisés dans les différentes études lues lors de l'écriture de ce mémoire et de mon expérience personnelle, je suggère au lecteur de s'intéresser à six entreprises spécialisées dans la vente et/ou la fabrication d'échographes. Parmi elles, nous retrouvons Sonoscanner[®], une entreprise française proposant des produits fabriqués en France ; Sonosite[®], une entreprise américaine que j'ai eu l'occasion de connaître à travers l'utilisation de leur modèle SII[®], acquis par mon équipe de physiothérapeutes aux soins intensifs ; Butterfly Network[®], elle aussi américaine, qui concentre l'entièreté de son marketing sur une unique sonde connectable à une

tablette ou un smartphone compatible ; Esaote[®], une entreprise italienne mentionnée par Sonosite[®] comme étant une option meilleure marché mais tout de même de bonne qualité ; General Electric[®], avec laquelle je n'ai pas eu la chance d'échanger mais qui fournit des produits de qualité utilisés dans le cadre de mon travail aux soins intensifs ; et Philips, une entreprise fondée aux Pays-Bas, elle aussi bien implantée parmi les équipements des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG).

Si toutes les compagnies citées plus hauts proposent vraisemblablement du matériel de qualité, certaines se démarquent par leur proximité d'action ; un représentant d'une compagnie basée en Europe pourra facilement se déplacer en cas de problème avec la machine. D'autres, comme Sonoscanner[®], se distinguent davantage en proposant des options de locations attrayantes pour l'acheteur. Un bon moyen pour le rééducateur curieux, mais hésitant, de faire son choix sans prendre de risques onéreux les premières années.

Pour les thérapeutes n'exerçant pas seulement en rééducation de la main et du poignet, le maintien de la sonde sur une partie plus volumineuse et en action peut s'avérer délicat. Des systèmes de fixation ont donc récemment été inventés. Usono[®], une entreprise venant des Pays-Bas, propose une solution d'attache permettant un suivi musculo-tendineux précis, notamment lors de l'analyse de la course à pied (voir figure 11 ci-contre ^[30]).

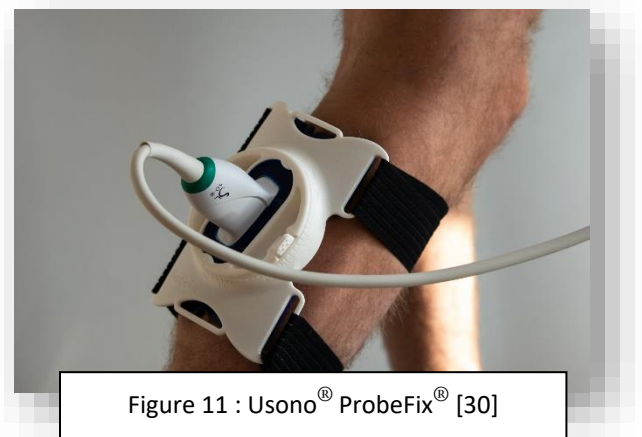


Figure 11 : Usono[®] ProbeFix[®] [30]

Le matériel physique n'est pas le seul à avoir évolué. Les logiciels internes de plusieurs compagnies deviennent eux aussi plus performants et garantissent une qualité d'image nettement supérieure. L'intelligence artificielle disponible par exemple dans le modèle Ondina[®] et le software intelligent inclus dans le modèle T-Lite[®] (tous deux de Sonoscanner[®]) se chargent de la plupart des réglages fastidieux. Ce qui facilite, in fine, la lecture de l'échographie et rend ainsi la méthode accessible à un plus grand nombre de praticiens ^[24,31].

6. La sécurité

La technique d'échographie étant considérée comme non-ionisante et non-invasive ^[11,19], la notion de sécurité lors de son utilisation est rarement abordée dans les articles ne traitant pas spécifiquement de ce sujet. Cependant, de plus en plus de chercheurs et organismes se sont intéressés à cette thématique ces dernières années. En mars 2023, pas moins de 14'000 articles sur le moteur de recherche PubMed[®] mentionnaient la sécurité des ultrasons diagnostiques (272 avec l'utilisation des Medical Subject Headings (MeSH) terms).

L'intérêt grandissant du monde scientifique sur la sécurité des ultrasons diagnostiques nous emmène à se questionner sur le réel caractère inoffensif de ces appareils.

Après avoir parcouru plusieurs articles, nous apprenons effectivement que les échographies doivent être réalisées en suivant des règles de précaution établies par différents organismes tels que l'EFSUMB, l'American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM) et la Food and Drug Administration (FDA). Ces institutions conseillent de porter une attention particulière lors de la réalisation d'échographies, plus spécifiquement celles concernant les fœtus, les yeux et les poumons en suivant notamment le principe de précaution ALARA (acronyme signifiant « As Low As Reasonably Achievable » pouvant être traduit comme « aussi bas que raisonnablement atteignable ») ^[15,32,33].

L'application de ce principe dans le cadre de l'échographie est présenté par L'AIUM en cinq points ^[32] :

1. Sélectionner les bons pré-réglages en fonction de la zone examinée.
2. Ajuster la puissance en choisissant la plus faible nécessaire et veiller à la réduire avant d'éteindre la machine afin qu'elle soit déjà basse pour la prochaine utilisation.
3. Monitorer l'index thermique (TI) et mécanique (MI) et connaître les valeurs maximales à ne pas dépasser pour la zone observée.
4. Bouger la sonde continuellement quand une image fixe n'est pas nécessaire.
5. Réduire la durée de l'examen une fois l'information recherchée obtenue.

La FDA a fixé en 1976 des seuils limites de puissance à ne pas dépasser selon les zones observées (720 mW/cm² pour le domaine vasculaire ; 430 mW/cm² pour l'observation cardiaque; 94 mW/cm² pour le fœtus; et 17 mW/cm² pour l'ophtalmologie) puis a choisi, en 1992, d'élargir ces limites en laissant les praticiens être plus responsables de leur pratique ; leur demandant ainsi d'être correctement formés et de suivre le principe de précaution ALARA ^[34]. Les valeurs maximales des indices mentionnés dans ce principe ont été dictées par cette même institution. Ainsi, le TI maximum a été fixé à 1.0 pour l'ophtalmologie, à 3.0 pour l'obstétrique et à 6.0 pour les autres examens ; le seuil de MI a lui été fixé à 0.23 pour l'ophtalmologie 0.7 pour l'obstétrique et à 1.9 pour le reste ^[15,33,35].

Depuis 1994, l'EFSUMB propose un rapport annuel réunissant les actualités concernant la pratique sécuritaire de l'échographie ^[33]. Il est cependant important de se renseigner en priorité sur les mesures réclamées par les entités locales ; « Swissmedic[®] » pour la Suisse et « L'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) » pour la France.

Il n'est cependant pas nécessaire de stigmatiser cette méthode diagnostique, l'ensemble des auteurs s'accordent à dire que la pratique de l'échographie reste un moyen sûr lorsqu'elle est utilisée par du personnel soignant formé et soulignent qu'aucun effet secondaire grave sur le corps humain n'a été décelé depuis sa création ^[15,34,35]. Il ne s'agit là que de précautions qui s'appliquent principalement aux organes nobles, habituellement non observés par le thérapeute spécialisé en rééducation de la main. De plus, Miller et al. rappellent que les modes les plus à risque de provoquer une élévation des indices TI et MI cités précédemment sont le Doppler et le Mode TM de par leur particularités de fonctionnement ainsi que de la méthode de capture de l'image qui se fait de manière figée en comparaison avec le mode B qui requière habituellement un balayage manuel constant de la zone ^[15,33].

Nous pouvons par conséquent conclure que l'échographie est un moyen d'observation sûr lorsqu'elle est utilisée par des praticiens adéquatement formés.

8. La fiabilité inter et intra-examineur dans le domaine de l'échographie

Whittaker et al., tout comme la grande majorité des chercheurs de ce domaine, considèrent la fiabilité inter et intra-examineur comme l'un des inconvénients majeurs ^[11,36-39].

Pourtant, un nombre restreint d'études se consacrent à en évaluer l'impact ou proposer une piste d'amélioration ^[39]. Duijn et al. se présentent comme étant les premiers chercheurs à évaluer la fiabilité inter-examineur dans le cadre de la pratique de l'échographie par des physiothérapeutes. Leur étude de 2021 révèle que, parmi les praticiens ayant tous au moins cinq ans de pratique dans ce domaine, les résultats obtenus sont considérés comme semblables et fiables ^[37].

Reprise par Wang et al., Liu et al. et plusieurs autres auteurs, l'étape des cinq années de pratique semble cruciale lorsqu'il s'agit de mesures échographiques réalisées par des non-radiologues ^[31,40]. Il paraît donc vraisemblable que le thérapeute débutant doive s'attendre à pratiquer plusieurs années avant de considérer ses observations comme fiables. Cependant, un nombre élevé d'années écoulées depuis la première échographie ne constitue pas un gage de qualité ; la régularité de la pratique ainsi que le volume d'échographies réalisées mensuellement sont deux éléments essentiels pour assurer une courbe de progression croissante.

Selon Balint et Sturrock ainsi que Fodor et al., l'entraînement, par la pratique répétée de l'échographie, représenterait un facteur favorisant l'amélioration de la fiabilité intra-observateur ^[41,42].

Conscientes du caractère primordial de l'apprentissage théorique et pratique, bon nombre d'associations d'échographie et d'entreprises sérieuses de vente d'échographes proposent des formations en ligne ou en présentiel. La plupart d'entre elles sont accessibles gratuitement en libre accès ou à la suite de l'achat d'un appareil et ciblent particulièrement le public utilisant l'échographie dans un cadre POCUS. J'encourage tout praticien, ayant un échographe à disposition ou non, à consulter ces précieux documents dont les liens d'accès sont disponibles dans l'annexe 17.3.

9. Préparation et déroulement de la séance

9.1 Généralités

Le positionnement - Avant de démarrer la séance, il est important de s'assurer du bon positionnement du patient et du thérapeute. L'image obtenue étant dynamique, le thérapeute devra parvenir à garder une position stable et confortable afin d'obtenir un résultat net et correctement orienté sur la zone observée. Des éléments tels que la localisation de l'échographe, la hauteur de la chaise ou encore le positionnement du patient, conditionneront le confort général du thérapeute tandis que la stabilité de la main tenant la sonde influencera la qualité de l'image obtenue. Il en est de même pour le patient qui devra lui aussi être installé de manière confortable et comprendre l'importance de l'immobilité pour la qualité du résultat ^[21]. Maintenir une position de patient standard pour chaque prise d'image favorisera l'obtention de valeurs fiables (fiabilité intra et inter-examineurs) ^[39] et comparables dans le temps. Il en est de même concernant la standardisation de la position de la sonde et la pression appliquée ^[11].

L'hygiène - L'échographe étant un outil pouvant être utilisé transversalement auprès de plusieurs patients durant la même journée, la notion d'hygiène est primordiale. Le praticien s'assurera de la propreté de son matériel avant et après chaque examen ^[9] et se référera aux consignes de désinfection du fabricant. La WFUMB rappelle que la moitié des échographes testés contenant des micro-organismes sur différentes parties (clavier, sonde, écran, etc) n'étaient pourtant pas visiblement souillés ^[9]. La désinfection de l'ensemble du matériel est donc essentielle, même si ce dernier ne semble pas avoir été contaminé. Une étude réalisée sur plus de 13'500 interventions en 12 mois devrait néanmoins rassurer les thérapeutes. L'échographie réalisée en surface ne serait responsable d'une contamination dans seulement 0,1% des cas alors que ce chiffre augmente à 13% pour les examens avec sondes endocavitaires, rectales ou vaginales ^[9]. Le thérapeute devra être également vigilant lors de la recharge des bouteilles de gel ; un geste représentant une source de contamination non négligeable ^[9].

La communication avec le patient - Outre le positionnement et la préparation du matériel, il est essentiel d'inclure un temps d'explication au patient tant sur la technique utilisée que sur le but de l'examen. Une étude parue en 2021, menée auprès de 1108 patients s'appêtant à avoir une échographie, montre la probabilité importante de méconnaissance du sujet ^[43]. Le thérapeute débutera idéalement par les aspects sécuritaires de la méthode ainsi que l'explication du cadre physiothérapeutique de l'examen et conclura en laissant un temps d'échange où le patient pourra librement s'exprimer.

9.2 Les réglages et les techniques de prise d'images

Au début de l'examen, le praticien sélectionnera un dossier patient existant ou en créera un nouveau ; les captures seront ainsi sauvegardées dans un dossier portant le nom du patient et seront facilement consultables à posteriori (les captures effectuées sans création de dossier mènent dans la plupart des cas à la création d'un patient fictif appelé « no name » par l'appareil, rendant les captures difficilement utilisables dans le futur).

Le thérapeute veillera ensuite à choisir judicieusement les pré-réglages (communément appelés « presets » en référence à la traduction anglaise) ; ils détermineront la lisibilité de l'image obtenue. Plusieurs sont habituellement déjà inclus dans l'appareil et contiennent des réglages optimaux de gain¹, de fréquence¹, de focalisation¹, de contraste et de luminosité en fonction de l'organe ou la région anatomique observée (les « presets » musculosquelettiques diffèrent donc des obstétriques) [9]. La plupart du temps, des ajustements (tels que le gain et la profondeur¹) devront néanmoins être faits par le praticien en fonction de l'examen réalisé.

Dans le cadre de l'observation d'un membre supérieur, l'adaptation de la profondeur aura un impact important sur la lecture de l'image ; ci-dessous, deux examens réalisés en regard d'un poignet avec des profondeurs de champ de 10 cm (fig.12 à gauche) et 4 cm (fig.12 à droite)[44]. L'image de droite, proposant une profondeur de champ correctement ajustée, offre une meilleure distinction des structures superficielles, facilitant ainsi la lecture de l'échographie.

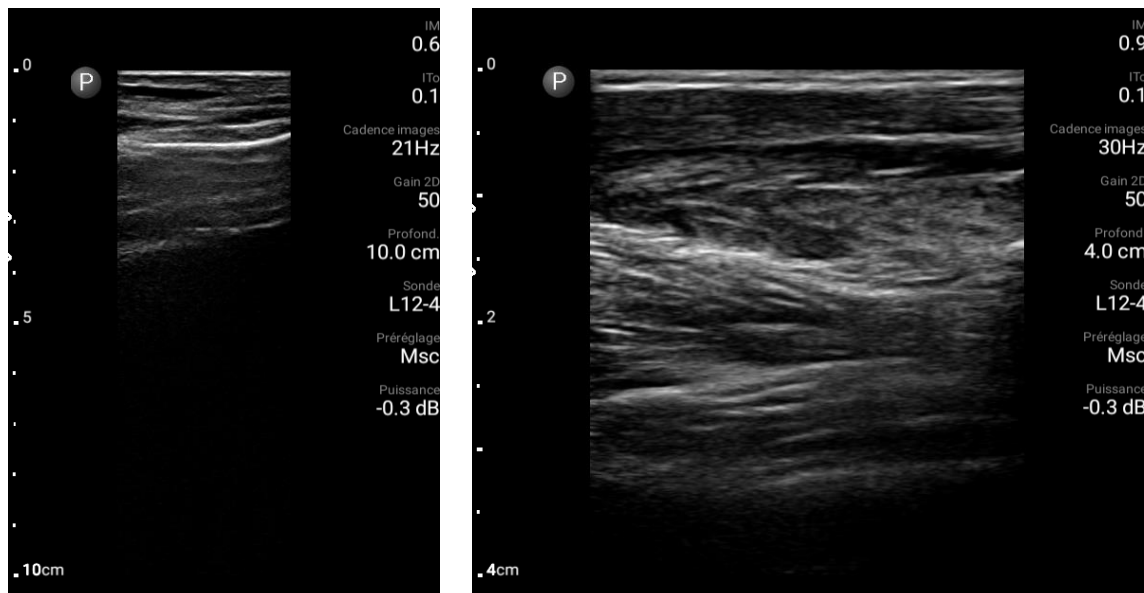


Figure 12 : échographies réalisées avec la sonde Philips® Lumify® L (12-4MHz) et tablette Samsung® [44]

¹ Définitions disponibles dans l'annexe 17.1 : lexique.

9.2.1 Interprétation des paramètres de l'écran

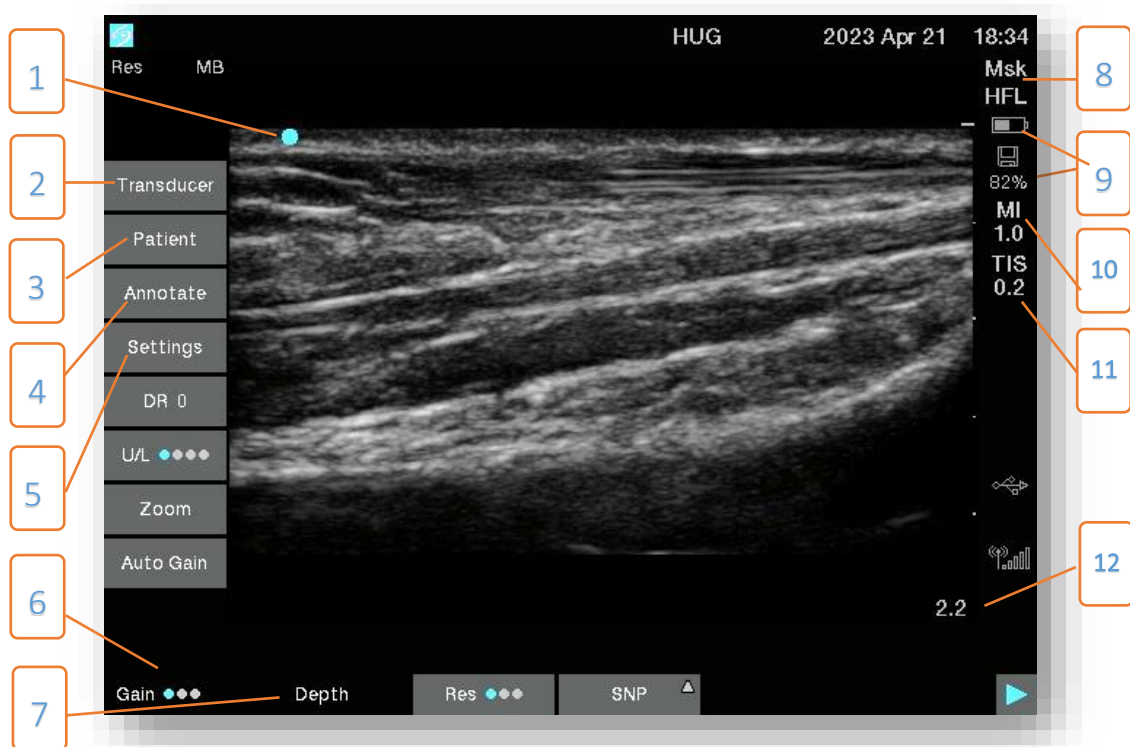


Figure 13 : échographie réalisée avec un appareil Sonosite® SII® sonde L (13-2)^[27]

- | | |
|--|--|
| 1. Marqueur de la sonde | 7. Réglage de la profondeur de champs |
| 2. Choix de la sonde | 8. Type de « preset » sélectionné |
| 3. Informations patient | 9. Niveau de batterie interne et capacité de sauvegarde utilisée |
| 4. Ajout d'annotations | 10. Indice Mécanique en temps réel |
| 5. Réglages (choix des « presets ») | 11. Indice Thermique en temps réel |
| 6. Choix du type de gain modifiable | 12. Profondeur de champs en centimètres |
| 1. Gain général / 2. proche / 3. éloigné | |

Les informations générales (date et heure de l'examen, nom du patient) se situent généralement dans la partie supérieure de l'écran (visible sur la figure 13 ^[27]). Les indications affichées et les termes utilisés peuvent varier fortement d'un modèle à l'autre. Il est donc recommandé de s'informer sur les particularités de son appareil avant la première utilisation ; le patient se sentira davantage en confiance et le thérapeute gagnera un temps précieux qu'il pourra mettre à profit différemment durant sa séance.

9.2.2 Le positionnement de la sonde.

Un marqueur situé sur le côté de la sonde (encerclé en bleu sur la figure 14 [45]) permet à son utilisateur de se repérer à l'écran. Le positionnement de ce marqueur sur le patient est standardisé ; crânialement lors de la prise d'images sagittales et à la droite du patient lors des prises transversales [21]. L'application de cette norme permet non seulement au clinicien de se repérer sur l'écran de l'échographe mais aussi de rendre les prises d'images comparables entre elles, élément essentiel dans la réalisation d'une étude clinique. Elle est notamment visible dans le paragraphe décrivant la technique de prise d'images échographiques dans l'article de Wang et al. (voir figure 15 ci-contre) [40] ; et largement détaillée en images et en vidéo dans le livre numérique de la WFUMB dont je recommande fortement la lecture [9].

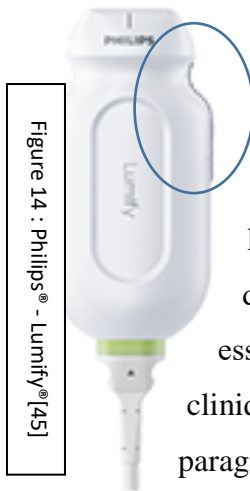


Figure 14 : Philips® - Lumify® [45]



Figure 15 : Wang 2021 [40]

Pour obtenir une visualisation complète de l'élément anatomique examiné, les praticiens en échographie sont encouragés à utiliser leur sonde de manière dynamique en la déplaçant continuellement. Dans le livre de Nürnberg et al., les auteurs comparent cette technique à l'utilisation d'une lampe de poche ; le praticien oriente la sonde pour visualiser l'organe sous différents angles en « éclairant » plusieurs zones de celui-ci. En bougeant la sonde, le praticien peut obtenir une image échographique plus complète et détaillée, permettant une meilleure évaluation et un diagnostic plus précis [9]. Lorsque ce dernier souhaitera faire une capture de l'image affichée, il s'assurera de maintenir une position stable afin de garantir un résultat de qualité optimale.

Le thérapeute veillera également à ne pas exercer de pression avec sa sonde afin de ne pas comprimer les structures sous-jacentes (règle particulièrement importante pour les structures superficielles). Pour ce faire, Ilse et al. préconisent notamment l'utilisation d'une quantité importante de gel [46].

Comme pour tout nouvel outil, le confort lors de son utilisation s'acquière avec la pratique. Le thérapeute ne devra donc pas se décourager trop vite si les premières prises en main semblent complexes.

10.L'échographie et la rééducation

10.1 Généralités

Bien qu'aucun consensus de terminologie n'existe universellement pour distinguer les échographies réalisées par les thérapeutes de celles produites par les médecins, bon nombres d'articles choisissent de s'y référer avec le terme « RUSI » (Rehabilitative UltraSound Imaging) [3,6,11,28,47]. D'autres, parleront d'« échoscopie » ou de « physioscopie », préférant ainsi laisser le terme « échographie » aux médecins [28].

Dans son article, Sylvain Riquier, kinésithérapeute et ostéopathe français, propose une définition claire des trois derniers termes cités plus haut afin de comprendre les nuances qui les séparent. Selon lui, l'échographie, réservée aux médecins, entraîne la nécessité de fournir au patient un compte rendu avec des images de qualités et une possibilité de remboursement par les assurances. L'échoscopie, elle, se réfère selon ses dires aux échographies réalisées par des thérapeutes, dans le but « de compléter un diagnostic clinique et en améliorer la stratégie thérapeutique ». Enfin, la physioscopie, terme moins courant, fait référence à l'échographie réalisée par un physiothérapeute afin d'assister la prises en charge d'un de ses patients, qu'elle soit manuelle ou mécanique (avec une machine à ondes de choc par exemple) [28].

Dans le cadre d'une utilisation des ultrasons diagnostiques auprès d'un patient, S. Riquier rappelle que le thérapeute devra obligatoirement obtenir son consentement éclairé et ne pas hésiter à le référer à un médecin en cas d'une potentielle découverte d'anomalie [28].

10.2 Les avantages pour la pratique

Selon Whittaker et al., l'un des avantages de l'échographie pour le physiothérapeute dans un cadre RUSI résiderait dans sa capacité à évaluer les structures dynamiques telles que les tendons, les nerfs et les muscles [11]. Par l'observation en temps réel de la structure atteinte, le thérapeute peut choisir sa conduite de traitement de manière éclairée et suivre l'évolution de la guérison au fil des semaines/mois [11,48]. Selon Manske et al., l'exclusion des drapeaux rouges contenus dans les diagnostics différentiels du patient serait la première motivation (60%) qui inciterait les physiothérapeutes à utiliser l'échographie durant leur séance. La volonté d'explorer d'autres territoires, dans le but d'expliquer une potentielle stagnation de traitement en cherchant d'autres pathologies associées, apparaît, elle, en deuxième place (12%) [49].

Outre l'évaluation à but clinique, l'échographie peut s'avérer un réel allié lors de la réalisation d'études scientifiques. La méthode a notamment été utilisée par Wang et al. ou encore Kelly et al. pour évaluer l'excursion tendineuse des fléchisseurs ou extenseurs des doigts longs et du pouce lors de divers mouvements de poignet ou de divers protocoles de rééducation active [40,50].

La tendance de ces dernières années étant d'apporter des justifications basées sur des preuves scientifiques, la démocratisation de l'échographie pourrait apporter un soutien essentiel tant par l'observation de l'effet des protocoles utilisés [40,50] que par l'amélioration des bilans devenus obsolètes. Le Neindre et Demont proposent, à titre d'exemple, d'utiliser l'interprétation des mesures de la surface de section musculaire pour remplacer les bilans habituels de force avec dynamomètres, souvent dépendant de l'état psychosomatique du patient [3]. Ok et al. ont proposé une approche similaire en mesurant l'épaisseur musculaire du carré pronateur et en comparant ces valeurs aux résultats des bilans de force habituels. La correspondance trouvée entre les valeurs échographiques et conventionnelles montrent que les ultrasons diagnostiques pourraient être utilisés de manière fiable lorsque les bilans plus classiques ne sont pas réalisables (manque de pronation, œdème, etc.) [51].

ButterflyNetwork[®], consciente du caractère riche de l'échographie et de l'expansion de son utilisation parmi les physiothérapeutes^[1], utilise cet engouement comme atout marketing (voir figure 16) [52]. Un de leurs webinaires a notamment été entièrement consacré à cette thématique. Il se ponctue par cette phrase (prononcée en anglais par l'un des participants) qui selon moi résume parfaitement tout l'enjeu de la pratique POCUS dans le cadre de la rééducation physiothérapeutique [53]:

*« You can listen, touch and guess
or you can see and know »²*

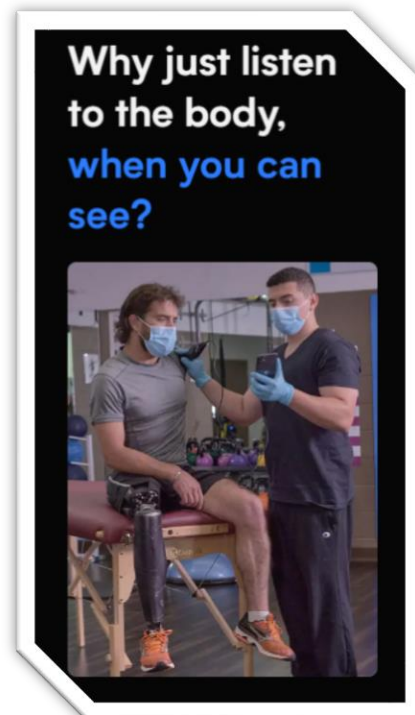


Figure 16 : ButterflyNetwork[®] [53]

² Vous pouvez écouter, toucher et deviner ou vous pouvez voir et savoir

10.3 Législation de l'utilisation d'un échographe par un rééducateur dans le monde.

Selon R. Ellis et al., seul 44% des physiothérapeutes utilisant régulièrement un échographe auraient connaissance d'une loi spécifique à cette pratique au sein de leur domaine, tous pays confondus ^[4]. Leur questionnaire, traduit en 19 langues et destiné à des physiothérapeutes travaillant dans 49 pays, révèle que l'Europe, avec ses 59,8% de praticiens, arrive en tête du classement mondial. Des chiffres intéressants mais malheureusement peu fiables compte tenu de la taille de l'échantillon choisi (les 1307 participants au questionnaire ne représentent que 0.21% de la population mondiale des thérapeutes inscrits à l'organisation mondiale des physiothérapeutes (WCPT) ^[54]). Selon Miller et al. ainsi que Strike et al., un relevé statistique précis et fiable de l'utilisation de l'échographie dans un cadre POCUS est difficilement réalisable tant elle est pratiquée librement et quotidiennement dans plusieurs contextes, le tout sans pouvoir être identifiée dans la facturation des soins ^[5,15].

10.3.1 L'Europe

En France, la pratique de l'échographie par les kinésithérapeutes a été approuvée par le conseil national de l'Ordre des Masseurs-Kinésithérapeutes depuis le 27 mars 2015 ^[28,55]. Dans son communiqué, le conseil précise que l'autorisation n'est valable que dans le cadre d'un bilan ou d'un suivi de traitement par des kinésithérapeutes formés à l'échographie « sans préjudice de l'établissement d'un diagnostic médical » ^[55].

Légèrement derrière la France, l'Italie a légiféré l'utilisation de l'échographie dans le cadre des bilans et suivis de traitements physiothérapeutiques en mars 2017 puis en janvier 2018 selon Collebrusco et al. ^[56].

La Suisse, quant à elle, n'a pas encore statué sur l'utilisation des ultrasons diagnostiques dans le cadre d'une séance de physiothérapie. L'échographie n'est mentionnée ni dans le code de déontologie des physiothérapeutes, ni dans la loi suisse sur la santé. La pratique voit pourtant discrètement sa popularité augmenter auprès des thérapeutes hospitaliers et libéraux et gagnerait, selon moi, à être légiférée. Contactés, l'association PhysioSwiss et l'Office Fédéral de la Santé n'ont malheureusement pas connaissance d'articles de loi concernant cette pratique.

Le Royaume Uni, pionnier de la pratique, statue régulièrement sur divers aspects concernant les ultrasons diagnostics. Que cela soit concernant l'hygiène lors de l'utilisation des bouteilles de gel ^[57] ou les recommandations sur la sécurité générale de la pratique ^[35].

10.3.2 Le monde

L'Association Canadienne des Radiologues (CAR) a publié en 2019, une actualisation du cadre d'utilisation des ultrasons diagnostiques par les professionnels de la santé « non-radiologues ». Ils proposent par la même occasion de généraliser à toutes les prises en charge POCUS le consensus de formation POCUS, datant de 2010, destiné aux thérapeutes réalisant des échographies cardiaques ^[14,36,58]. Bien que certains points ne soient pas directement applicables à la pratique de l'échographie musculosquelettique, d'autres, tels que la durée moyenne de pratique recommandée ou le volume d'échographies devant être réalisées avant de pouvoir pratiquer de manière indépendante, pourraient effectivement constituer un premier cadre de formation pertinent que le praticien pourrait ensuite adapter en fonction de sa spécialité et de ses besoins ^[58].

Nous prendrons comme dernier exemple l'Australie, très active scientifiquement dans le domaine des ultrasons diagnostiques utilisés par les thérapeutes ^[3,4,43,59]. Un entretien mené par Le Neindre et Demont auprès de physiothérapeutes australiens nous apprend pourtant qu'aucun cadre de pratique ni de formation dédiés n'existent actuellement sur le continent ^[3].

Il semblerait alors que la législation interne au pays ne conditionne pas obligatoirement le développement de la pratique par ses ressortissants physiothérapeutes. Je rejoins néanmoins Le Neindre et Demont, prônant une collaboration internationale (particulièrement essentielle selon moi pour un pays de taille relativement réduite comme la Suisse) dans un but de clarification et de développement de la pratique de l'échographie ainsi qu'une mise en place de standards à respecter ^[3].

11. L'échographie de la main et du poignet

La pratique de l'échographie dans le domaine de la rééducation ou de la chirurgie de la main et du poignet a été abordée dans plusieurs chapitres tout au long de ce mémoire. Que cela soit à travers le choix du matériel, des précautions de sécurité à respecter ou du positionnement du patient et du thérapeute lors d'une séance. Nous détaillerons ici les spécificités et les applications cliniques de cette pratique.

11.1 La plus-value face aux autres techniques d'imagerie médicale

Whittaker et al. comparent dans leur étude les avantages et les inconvénients des techniques traditionnelles d'imagerie médicale (IRM, Scanner, Echographie). Sans surprise, l'échographie se distingue par sa technologie non-invasive, peu coûteuse, confortable pour le patient et facilement accessible par les praticiens ^[11]. Selon Miller et al., elle s'avèrerait plus efficace dans la détection d'une fracture de côtes que les radiographies conventionnelles ^[15] et serait tout aussi sensible que l'IRM pour la détection de synovites subcliniques selon Naredo et al. ^[16]. Une échographie soigneusement réalisée pourrait également remplacer un EMG en utilisant le mode TM (méthode abordée dans le chapitre 5.3) ou le mode B (2D) en mesurant l'angle de pennation, la longueur des fascicules et l'épaisseur musculaire à plusieurs niveaux de contraction ^[11,60].

11.2 Champ d'application

L'utilisation de l'échographie par les chirurgiens dans le cadre de la chirurgie de la main influencerait positivement leur pratique. Bollard et al. ont notamment constaté une modification de la gestion des chirurgies dans 21% des cas observés durant leur étude parue en 2021 (certaines ont finalement été jugées non nécessaires, d'autres ont été adaptées). Un impact important à moindre coût en comparaison avec celui de l'IRM ^[12].

Dans le cadre des échographies réalisées par les praticiens spécialisés en rééducation et/ou chirurgie de la main et du poignet, le canal carpien arrive en tête de liste des structures les plus fréquemment observées ; remplaçant souvent d'autres examens plus invasifs, moins confortables pour le patient et plus coûteux ^[61-65]. Plusieurs études récentes décrivent la plus-value de l'échographie dans le cadre de l'observation de cette région et de la prise en charge du syndrome homonyme. Parmi elles, celle de Wu et al. indique qu'il est à présent possible de détecter des modifications structurelles du nerf médian en souffrance (épaississement de son diamètre et diminution de son échogénicité) grâce à l'utilisation d'un appareil à ultrasons

diagnostics. Nous apprenons également qu'une corrélation existe entre la sévérité de l'atteinte nerveuse objectivée par EMG et l'aire de section transversale (cross sectional area) ; une découverte prometteuse qui permettrait d'établir un diagnostic d'atteinte du canal carpien sans avoir recours à l'EMG [61].

Grâce en partie au développement des sondes linéaires, l'échographie permet à présent aux professionnels de la santé de visualiser une quantité importante de structures superficielles de taille réduite incluses dans la main et le poignet. L'analyse morphologique et moteur des tendons fléchisseurs/extenseurs des doigts longs et du pouce ainsi que l'analyse du glissement nerveux lors de mobilisations neuroméningées représentent des sujets fréquemment abordés. [12,26,31,40,66]. L'échographie, de par ses nombreux avantages cités précédemment, a gagné une place précieuse dans les blocs opératoires et guide à présent les professionnels dans la réalisation de plusieurs actes, dont la pose de blocs nerveux pour les anesthésistes [12].

Les avancées techniques sont constantes : l'apparition de l'intelligence artificielle permettant des réglages automatisés ou encore l'augmentation de la performance des programmes tels que le « Speckle tracking » ou l'« Elastographie », ouvrent de nouvelles possibilités de suivi des patients en rééducation et chirurgie de la main [62,67,68].

Le terrain d'application de l'échographie dans le domaine de la main et du poignet semble donc très riche et en pleine évolution, tant pour le diagnostic médical, que la chirurgie ou le suivi de la guérison du patient [51,69-72].

12. Proposition d'application au quotidien

12.1 Choix du matériel

Le budget à prévoir dépendra très certainement de la structure dans laquelle le thérapeute travaille et de ses besoins. L'observation musculo-tendineuse du membre supérieur ne requière pas de technologie aussi poussée que l'échographie cardio-vasculaire ou gynécologique. Le rééducateur, informé sur le matériel nécessaire à sa pratique, aura la possibilité de ne prendre qu'un seul type de sonde et ainsi, réduire considérablement le coût total de ses dépenses.

Un tableau récapitulatif des appareils sélectionnés pour ce mémoire propose une série d'informations pouvant orienter le lecteur dans son choix. Aucune information tarifaire ne sera disponible dans ce tableau ; à l'exception de celles concernant ButterflyNetwork® (qui a donné explicitement son accord mais qui précise néanmoins que ses prix peuvent être sujets à modifications dans le futur). Les représentants justifient ce choix en expliquant que les offres sont variables en fonction du pays et des accords passés avec les structures hospitalières. Ils ne souhaiteraient donc pas induire le lecteur en erreur.

Que nous soyons experts ou débutants, l'achat d'un matériel de qualité est primordial pour être satisfait de sa pratique. Le représentant Sonoscaner®, n'a pas hésité à partager sa crainte de voir des professionnels de la santé se tourner vers des sites non spécialisés pour l'achat de leur échographe. Ils risqueraient selon lui d'être déçus par leur expérience alors que l'échographie est une pratique enrichissante qui apporte une importante plus-value à celui qui l'utilise correctement. Il précise notamment qu'une validation du matériel par la structure médicale est primordiale ; le praticien doit donc s'assurer que l'appareil choisi soit homologué. En Suisse, l'institut Swissmedic® se charge de ces contrôles et doit obligatoirement valider tout nouvel appareil arrivant sur le territoire avant son utilisation auprès de patients ^[73].

Une certitude subsiste pour tout achat de matériel professionnel : il est primordial de faire appel à différentes compagnies compétentes avant de faire son choix. Les représentants se déplacent gratuitement, sans obligation d'achat, afin de faire la démonstration d'une sélection de modèles adaptés à vos besoins. Dans le meilleur des cas, des appareils peuvent être laissés à disposition durant une période déterminée afin de pouvoir tester toutes leurs fonctionnalités sur le terrain et faire ressortir leurs défauts comme leurs qualités. Le représentant Philips® tient à préciser qu'un service de même qualité est proposé à toute personne intéressée par l'achat d'un échographe, qu'il s'agisse d'un hôpital ou d'un particulier.

12.2 L'implication dans le quotidien du rééducateur

Nous avons parlé à de nombreuses reprises dans ce travail de l'implication personnelle du rééducateur : suivre des formations spécialisées en échographie et assurer une pratique régulière (idéalement quotidienne) afin d'augmenter la qualité de ses prises d'images. Les tarifs étant réglementés, il est important de souligner qu'il ne pourra percevoir aucune rétribution financière pour cet acte, ni en France, ni en Suisse. En revanche, l'amélioration de sa pratique, qui se répercutera à long terme sur la réputation de la qualité de ses traitements, lui apportera éventuellement une clientèle plus fournie à moyen ou long terme ; selon Lumsden et al., les patients bénéficiant d'une échographie durant leur prise en charge feraient preuve d'une forte satisfaction générale ^[74].

Le temps que le thérapeute accordera au perfectionnement de sa technique dépendra certainement de son lieu de travail ; certains hôpitaux libèrent du temps de recherche et de formation plus facilement que ce qu'un rééducateur à son compte pourrait se permettre. Je parle ici de ma propre expérience professionnelle à travers mes deux activités (libérale et hospitalière), les différents stages que j'ai pu effectuer et les nombreux échanges avec les professionnels que j'ai eu l'opportunité de rencontrer durant ce DIU.

Parmi les autres freins souvent énoncés comme facteurs limitant la pratique de l'échographie nous retrouvons : le coût du matériel, l'accès restreint à des échographes, l'absence d'enseignement théorique et pratique à l'école de physiothérapie, l'absence de possibilité de remboursement des examens et la difficulté de changer ses habitudes, bien installées durant plusieurs années de pratique ^[2,4,52]. Les bénéfices sont nombreux pour ceux qui parviennent à franchir le cap ; selon l'étude de Ellis et al., la plupart des thérapeutes (pratiquant régulièrement l'échographie) questionnés estiment à 7 sur 10 (10 étant l'indice de satisfaction le plus élevé) l'utilité de l'échographie en tant qu'outil clinique ^[4].

Il reste cependant un aspect de la pratique qui devra attirer toute la vigilance du thérapeute : le diagnostic. Celui-ci doit être strictement de type « thérapeutique », destiné au suivi de l'évolution du patient au fil des séances. Le praticien restera néanmoins attentif et référera sans tarder le patient à son médecin traitant en cas de détection d'une anomalie ^[75].

13. Implantation de l'échographie aux Hôpitaux Universitaires de Genève

En 2025, notre service emménagera dans une nouvelle structure. Nous avons ajouté au budget de ce projet l'achat d'un échographe afin de pouvoir proposer à nos patients des prises en charge spécialisées et adaptées à leurs besoins. Par le biais de ce mémoire, qui sera présenté à deux reprises (une première fois dans le cadre des colloques hebdomadaires de notre équipe et une nouvelle fois en décembre 2023, dans le cadre des conférences sur l'innovation aux HUG), je compte illustrer la plus-value de cette pratique pour le rééducateur et ses patients.

13.1 La plus-value pour les patients et le service

En mettant en place de manière sécuritaire la pratique de l'échographie au sein de notre service de rééducation de la main et du poignet aux HUG, nous cherchons à augmenter la qualité de nos prises en charge et mettre à jour les protocoles actuellement proposés.

Il va de soi que nous devons mettre un point d'honneur à ne jamais fournir de diagnostic médical. Tout comme l'auscultation, maintenant bien ancrée dans la pratique du physiothérapeute cardio-respiratoire, ne sert en aucun cas à délivrer un diagnostic d'emphysème, ni d'œdème aigu du poumon au patient. L'échographie nous permettra d'avoir un point de vue interne de l'évolution du patient en fonction de notre traitement ^[48]. Tout comme le goniomètre informe sur la mobilité articulaire, l'échographie nous donnera, comme abordé plus tôt dans ce mémoire, de précieuses données concernant les structures internes telles que les tendons, le stade de cicatrisation des lésions, ou encore la mobilité du système tendineux ou nerveux.

13.2 Les freins

La mise en place d'une nouvelle pratique n'implique pas seulement un investissement en temps et financier. Il faudra aussi défendre notre capacité à utiliser correctement cet outil et justifier sa plus-value au sein d'un service de physiothérapie. Il devra être établi avant toute chose que le diagnostic physiothérapeutique ne remplacera en aucun cas le diagnostic médical. Le thérapeute réfèrera le patient auprès d'un médecin en cas de doute (tout comme il arrive fréquemment de référer un patient à son médecin traitant à la suite d'une auscultation qui nous semble suspecte) ^[75].

A travers le suivi de formations reconnues et d'attestation de pratique clinique, nous pensons pouvoir apporter les preuves nécessaires de nos capacités à réaliser des échographies auprès de nos patients en rééducation de la main.

13.3 Les projets

L'équipe de rééducateurs de la main aux HUG dans laquelle je travaille est particulièrement intéressée à implanter la pratique de l'échographie dans notre quotidien. J'exposerai dans ce chapitre nos projets à court/moyen et long terme. Ils seront inspirés par les différentes étapes décrites dans ce mémoire.

Les projets à court terme

En tout premier lieu, il nous faudra acquérir un échographe de bonne qualité ainsi qu'une sonde linéaire adaptée à l'observation de structures très superficielles. Pour cela, nous suivrons les mêmes conseils que ceux énoncés plus tôt dans ce mémoire (connaître le matériel nécessaire, rencontrer plusieurs représentants, tester différentes machines). Nous suivrons en parallèle des formations internes et externes à notre hôpital afin de nous perfectionner.

Les projets à moyen terme

Dotés d'un bagage solide de connaissances sur l'échographie, nous argumenterons sa mise en place auprès des différents responsables médico-soignants intrahospitaliers par le biais de présentations orales aux colloques de chirurgie et autres colloques internes aux HUG.

Les projets à long terme

Outre le diagnostic physiothérapeutique et le suivi des traitements, nous souhaiterions également nous servir de l'échographie pour favoriser la mise en place de nouveaux protocoles et améliorer ceux déjà en vigueur dans notre service. Actuellement, nous utilisons des protocoles de mobilisation précoce pour la rééducation post-suture de tendons fléchisseurs et extenseurs des doigts longs. L'échographie nous permettrait à l'avenir d'évaluer la possibilité de réaliser des protocoles similaires sur les tendons du pouce ou encore de mettre à jour nos pratiques de rééducation post ténolyse.

Lorsque nous aurons acquis une expérience élevée dans la pratique de l'échographie, nous proposerons des formations internes et externes aux HUG afin de pouvoir démocratiser cette pratique auprès d'un plus grand nombre de thérapeutes. Nous suggérerons également aux instances légales suisses (à l'aide d'un comité de thérapeutes volontaires) de faire entrer la pratique de l'échographie dans le code de déontologie de notre profession.

Les projets sont donc nombreux et la motivation au rendez-vous, il me tarde de savoir jusqu'où ces belles vagues d'ultrasons nous mèneront.

14. Discussion

Les points forts du mémoire - A ma connaissance, aucun autre mémoire réalisé dans le cadre du Diplôme Inter-Universitaire Européen en Rééducation et Appareillage en Chirurgie de la Main n'avait été dédié à la pratique de l'échographie par les rééducateurs de la main. Il pourrait donc s'avérer être une ressource utile pour toute personne intéressée à implanter cette pratique dans son quotidien. Bien qu'il ne soit pas exhaustif, je pense avoir inclus dans ce travail de nombreuses informations pertinentes, tant sur les généralités de l'échographie que sur la rééducation de la main. L'expérience humaine, à travers les longues discussions avec mes collègues et les différents professionnels du secteur, représente une caractéristique, inattendue mais néanmoins très enrichissante, de la réalisation de ce travail.

Les points à améliorer - N'ayant pas l'habitude d'écrire des documents scientifiques, certains aspects tels que la formulation des phrases ou la réalisation méthodologique n'ont pas toujours été aussi satisfaisants que souhaités. Cette dernière représente, selon moi, le point qu'il serait nécessaire d'améliorer lors d'un prochain travail semblable ; une sélection d'un plus grand nombre d'articles ainsi qu'une systématique plus stricte, laissant une place moins importante à certains choix arbitraires d'organisation, aurait ajouté de la valeur scientifique. De plus amples informations sur des sujets tels que la théorie des ultrasons (notamment la théorie physique et l'explication des artéfacts), l'apport de l'échographie dans le domaine de la chirurgie de la main et les programmes pouvant être utilisés (élastographie, l'imagerie harmonique tissulaire, le « speckle tracking », etc.) auraient permis de rendre ce mémoire plus complet. Un plus grand nombre de schémas ou d'images aurait certainement permis une meilleure compréhension de certains paragraphes. Pour finir, une description plus exhaustive des entreprises disponibles sur le marché en 2023 aurait probablement apporté une plus-value pour les lecteurs.

Les perspectives futures - Je considère ce mémoire comme le début d'un travail plus spécifique. Comme mentionné dans le chapitre précédent, une longue liste de projets, incluant l'utilisation de l'échographie au sein du service où je travaille, a été élaborée. Le travail de recherche effectué pour la rédaction de ce mémoire m'a permis de construire une base de connaissances plus fournie et solide qu'auparavant, me rendant ainsi plus à même de défendre la plus-value des ultrasons diagnostiques dans le quotidien des rééducateurs de la main.

15. Conclusion

Les avantages de l'échographie sont multiples. Sa capacité à fournir des images en temps réel de grande qualité, sa taille compacte, son faible coût et ses caractéristiques sécuritaires et confortables pour le patient font d'elle une pratique à popularité montante qui ne cesse de surprendre par la richesse de ses applications quotidiennes et ses améliorations constantes.

Elle demeure néanmoins une technique réservée aux professionnels de la santé convenablement formés et consciencieux.

En proposant une synthèse de la littérature scientifique disponible et des stratégies de mise en place de cet outil, j'espère avoir suscité l'intérêt des lecteurs novices ou confirmés et aidé certains d'entre eux à inclure les ultrasons diagnostiques dans leur pratique professionnelle.

D'un point de vue personnel, j'ai moi-même grandement bénéficié des recherches entreprises dans le cadre de ce travail ; les connaissances acquises tout au long de ces mois de lecture d'articles et de rédaction constitueront une base solide qui me permettra de mener à bien les projets de service incluant l'échographie.

16. Bibliographie

1. Fernández Carnero, S., Buria, J. L. A., Zaldivar, J. N. C., Quiñones, A. L., Calvo-Lobo, C., & Saborido, C. M. (2019). Rehabilitative Ultrasound Imaging Evaluation in Physiotherapy : Piloting a Systematic Review. *Applied Sciences*, *9*(1), 181. <https://doi.org/10.3390/app9010181>
2. Kooijman, M. K., Swinkels, I. C. S., Koes, B. W., de Bakker, D., & Veenhof, C. (2020). One in six physiotherapy practices in primary care offer musculoskeletal ultrasound—An explorative survey. *BMC Health Services Research*, *20*(1), 246. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05119-3>
3. Le Neindre, A., & Demont, A. (2017). L'échographie en réhabilitation, une émergence anglo-saxonne. *Kinésithérapie, la Revue*, *17*(182), 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2016.11.005>
4. Ellis, R., Helsby, J., Naus, J., Bassett, S., Fernández-de-Las-Peñas, C., Carnero, S. F., Hides, J., O'Sullivan, C., Teyhen, D., Stokes, M., & Whittaker, J. L. (2020). Exploring the use of ultrasound imaging by physiotherapists : An international survey. *Musculoskeletal Science and Practice*, *49*, 102213. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2020.102213>
5. Strike, K., Chan, A., Maly, M. R., Newman, A. N. L., & Solomon, P. (2022). Scoping Review of Curricula and Pedagogical Approaches for Physiotherapist Performed Point of Care Ultrasonography. *Physiotherapy Canada*, e20210079. <https://doi.org/10.3138/ptc-2021-0079>
6. Whittaker, J. L., Ellis, R., Hodges, P. W., OSullivan, C., Hides, J., Fernandez-Carnero, S., Arias-Buria, J. L., Teyhen, D. S., & Stokes, M. J. (2019). Imaging with ultrasound in physical therapy : What is the PT's scope of practice? A competency-based educational model and training recommendations. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(23), 1447-1453. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100193>
7. Dietrich, C. F., Bolondi, L., Duck, F., Evans, D. H., Ewertsen, C., Fraser, A. G., Gilja, O. H., Jenssen, C., Merz, E., Nolsoe, C., Nürnberg, D., Lutz, H., Piscaglia, F., Saftoiu, A., Vilmann, P., Dong, Y., & Hill, C. R. K. (2022). History of Ultrasound in Medicine from its birth to date (2022), on

- occasion of the 50 Years Anniversary of EFSUMB. A publication of the European Federation of Societies for Ultrasound In Medicine and Biology (EFSUMB), designed to record the historical development of medical ultrasound. *Medical Ultrasonography*, 24(4), 434-450.
<https://doi.org/10.11152/mu-3757>
8. Janssen, C., Ewertsen, C., Dietrich, C. F., Popescu, A., & Rudd, L. (s. d.). *50th Anniversary Booklet – EFSUMB*. Consulté 25 mars 2023, à l'adresse <https://efsumb.org/50th-anniversary-booklet/>
9. Nürnberg, D., Chammas, C., Odd, H., & Sporea, I. (2021). *WFUMB ULTRASOUND BOOK* (1ere édition). http://wfumb.info/wfumb-ultrasound-book/additional-pages/html5_output/index.html
10. McKiernan, S., Chiarelli, P., & Warren-Forward, H. (2010). Diagnostic ultrasound use in physiotherapy, emergency medicine, and anaesthesiology. *Radiography*, 16(2), 154-159.
<https://doi.org/10.1016/j.radi.2009.12.004>
11. Whittaker, J. L., Teyhen, D. S., Elliott, J. M., Cook, K., Langevin, H. M., Dahl, H. H., & Stokes, M. (2007). Rehabilitative ultrasound imaging : Understanding the technology and its applications. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(8), 434-439.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2350>
12. Bollard, S., Kelly, B., McDermott, C., & Potter, S. (2021). The Use of Point of Care Ultrasound in Hand Surgery. *The Journal Of Hand Surgery*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2021.02.004>
13. Cormack, C. J., Childs, J., & Kent, F. (2023). Point-of-Care Ultrasound Educational Development in Australasia : A Scoping Review. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 49(6), 1375-1384.
<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.02.011>
14. Chawla, T. P., Cresswell, M., Dhillon, S., Greer, M.-L. C., Hartery, A., Keough, V., & Patlas, M. N. (2019). Canadian Association of Radiologists Position Statement on Point-of-Care Ultrasound. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 70(3), 219-225.
<https://doi.org/10.1016/j.carj.2019.06.001>

15. Miller, D. L., Abo, A., Abramowicz, J. S., Bigelow, T. A., Dalecki, D., Dickman, E., Donlon, J., Harris, G., & Nomura, J. (2020). Diagnostic Ultrasound Safety Review for Point-of-Care Ultrasound Practitioners. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 39(6), 1069-1084.
<https://doi.org/10.1002/jum.15202>
16. Naredo, E., Rodriguez-Garcia, S. C., Terslev, L., Martinoli, C., Klauser, A., Hartung, W., Hammer, H. B., Cantisani, V., Zaottini, F., Vlad, V., Uson, J., Todorov, P., Tesch, C., Sudół-Szopińska, I., Simoni, P., Serban, O., Sconfienza, L. M., Sala-Blanch, X., Plagou, A., ... Fodor, D. (2021). The EFSUMB Guidelines and Recommendations for Musculoskeletal Ultrasound – Part II : Joint Pathologies, Pediatric Applications, and Guided Procedures. *Ultraschall in Der Medizin - European Journal of Ultrasound*, 252-273. <https://doi.org/10.1055/a-1640-9183>
17. Micu, M., Bolboaca, S. D., Rusu, G. M., Crivii, C. B., & Solomon, C. M. (2019). Musculoskeletal ultrasound versus MRI of the hands in healthy subjects – a pilot study. *Medical Ultrasonography*, 21(2), Article 2. <https://doi.org/10.11152/mu-1775>
18. Moyano, D. B., Paraiso, D. A., & González-Lezcano, R. A. (2022). Possible Effects on Health of Ultrasound Exposure, Risk Factors in the Work Environment and Occupational Safety Review. *Healthcare*, 10(3), 423. <https://doi.org/10.3390/healthcare10030423>
19. Le Neindre, A., & Demont, A. (2017). *Echographie Thoracique et Musculaire 3.0—Pour le Kinesithérapeute*.
20. Hartmann, S. (2017). L'échographie en médecine, de la théorie à la pratique. *Kinésithérapie, la Revue*, 17(182), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2016.11.004>
21. Yu, T. T., & al. (2019). *Performing a Basic US Examination : Road Map for Radiology Residents* [Cours en ligne et article d'introduction au cours en PDF].
<https://doi.org/10.1148/rg.2019190008>
22. Sonosite. (s. d.). *Site internet Sonosite*. www.sonosite.com/fr
23. Neubauer, R., Recker, F., Bauer, C. J., Brossart, P., & Schäfer, V. S. (2023). The Current Situation of Musculoskeletal Ultrasound Education : A Systematic Literature Review. *Ultrasound in*

Medicine and Biology, 49(6), 1363-1374.

<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.02.008>

24. Robert, P. (2023, avril 11). *Entretiens téléphoniques avec le représentant de Sonoscanner® et présentations de divers échographes en présentiel à Genève*. [Téléphone et présentation physique].
25. Sonoscanner. (s. d.). *Site internet Sonoscanner*. www.sonoscanner.com
26. Sofka, C. M. (2014). Ultrasound of the hand and wrist. *Ultrasound Quarterly*, 30(3), 184-192.
<https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000084>
27. Coli, T. (2023). *Séries d'échographies réalisées par mes soins avec un appareil Sonosite® SII®, Sonde Linéaire 13-2MHz*.
28. Riquier, S. (2016). Rééducation, intérêt de la physio-échographie-fonctionnelle®. *Kinéactualité n° 1437*, 20.
29. Woodell-May, J. E., & Sommerfeld, S. D. (2020). Role of Inflammation and the Immune System in the Progression of Osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 38(2), 253-257.
<https://doi.org/10.1002/jor.24457>
30. ProbeFix Dynamic, our innovative ultrasound solution. (s. d.). *Usono B.V.* Consulté 13 janvier 2023, à l'adresse <https://www.usono.com/probfix-dynamic/>
31. Liu, C.-T., Liu, D.-H., Chen, C.-J., Wang, Y.-W., Wu, P.-S., & Horng, Y.-S. (2021). Effects of wrist extension on median nerve and flexor tendon excursions in patients with carpal tunnel syndrome : A case control study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 477.
<https://doi.org/10.1186/s12891-021-04349-8>
32. *As Low As Reasonably Achievable (ALARA) Principle*. (2021). [Www.Aium.Org](http://www.aium.org).
[https://www.aium.org/resources/official-statements/view/as-low-as-reasonably-achievable-\(alara\)-principle](https://www.aium.org/resources/official-statements/view/as-low-as-reasonably-achievable-(alara)-principle)

33. Kollmann, C., Jenderka, K.-V., Moran, C., & Draghi, F. (2019). *EFSUMB Clinical Safety Statement for Diagnostic Ultrasound – (2019 revision)* (p. 3) [Guidelines & Recommendations]. EFSUMB. <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/pdf/10.1055/a-1010-6018.pdf>
34. Nelson, T. R., Fowlkes, J. B., Abramowicz, J. S., & Church, C. C. (2009). Ultrasound Biosafety Considerations for the Practicing Sonographer and Sonologist. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 28(2), 139-150. <https://doi.org/10.7863/jum.2009.28.2.139>
35. Hoskins, P. R., Martin, K., & Thrush, A. (Éds.). (2010). The British Medical Ultrasound Society. Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment. In *Diagnostic Ultrasound* (2^e éd., p. 217-225). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750885.020>
36. Canadian Association of Radiologists. (2013). *CAR-Position-Statement-on-the-Use-of-Point-of-Care-Ultrasound*. <https://car.ca/wp-content/uploads/CAR-Position-Statement-on-the-Use-of-Point-of-Care-Ultrasound.pdf>
37. Duijn, E. a. H. D., Pouliart, N., Verhagen, A. P., Karel, Y. H. J. M., Thoomes-de Graaf, M., Koes, B. W., & Scholten-Peeters, G. G. M. (2021). Diagnostic ultrasound in patients with shoulder pain : An inter-examiner agreement and reliability study among Dutch physical therapists. *Musculoskeletal Science & Practice*, 51, 102283. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2020.102283>
38. Potter, C. L., Cairns, M. C., & Stokes, M. (2012). Use of ultrasound imaging by physiotherapists : A pilot study to survey use, skills and training. *Manual Therapy*, 17(1), 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.08.005>
39. Bruyn, G. A. W., Naredo, E., Möller, I., Moragues, C., Garrido, J., De Bock, G. H., d'Agostino, M.-A., Filippucci, E., Iagnocco, A., Backhaus, M., Swen, W. A. A., Balint, P., Pineda, C., Milutinovic, S., Kane, D., Kaeley, G., Narvaez, F. J., Wakefield, R. J., Narvaez, J. A., ... Schmidt, W. A. (2009). Reliability of ultrasonography in detecting shoulder disease in patients with rheumatoid

- arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 68(3), 357-361.
<https://doi.org/10.1136/ard.2008.089243>
40. Wang, J., Qian, L., Liu, Z., Wang, X., Li-Tsang, C., Li, J., & Rui, Y. (2021). Ultrasonographic assessment in vivo of the excursion and tension of flexor digitorum profundus tendon on different rehabilitation protocols after tendon repair. *Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists*, S0894-1130(21)00025-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jht.2021.01.006>
41. Balint, P. V., & Sturrock, R. D. (2001). Intraobserver repeatability and interobserver reproducibility in musculoskeletal ultrasound imaging measurements. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 19(1), 89-92.
42. Fodor, D., Felea, I., Popescu, D., Moței, A., Ene, P., Șerban, O., & Micu, M. (2015). Ultrasonography of the metacarpophalangeal joints in healthy subjects using an 18 MHz transducer. *Medical Ultrasonography*, 17(2), Article 2.
<https://doi.org/10.11152/mu.2013.2066.172.mcph>
43. Starcevich, A., Lombardo, P., & Schneider, M. (2021). Patient understanding of diagnostic ultrasound examinations in an Australian private radiology clinic. *Australasian Journal of Ultrasound in Medicine*, 24(2), 82-88. <https://doi.org/10.1002/ajum.12237>
44. Coli, T. (2023). *Séries d'échographies réalisées par mes soins avec avec la sonde Philips® Lumify®, L (12-4MHz) et une tablette Samsung®*.
45. Philips Lumify – *L'échographe ultra-mobile*. (s. d.). Philips. Consulté 18 janvier 2023, à l'adresse <https://www.philips.ch/fr/fr/healthcare/sites/lumify>
46. Ilse, M. P., & al. (2010). Normal Values For Quantitative Muscle Ultrasonography in Adults. *Muscle & Nerve*, 41, 32-41. <https://doi.org/10.1002/mus.21458>
47. Teyhen, D. S. (2011). Rehabilitative ultrasound imaging for assessment and treatment of musculoskeletal conditions. *Manual Therapy*, 16(1), 44-45.
<https://doi.org/10.1016/j.math.2010.06.012>

48. Markowski, A. M., Watkins, M. K., Maitland, M. E., Manske, R. C., Podoll, K. R., & Hayward, L. M. (2022). Exploring the integration of diagnostic musculoskeletal ultrasound imaging into clinical practice by physical therapists. *Physiotherapy Theory and Practice*, 1-12.
<https://doi.org/10.1080/09593985.2022.2135979>
49. Manske, R., Podoll, K., Markowski, A., Watkins, M., Hayward, L., & Maitland, M. (2023). Physical Therapists Use of Diagnostic Ultrasound Imaging in Clinical Practice : A Review of Case Reports. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(1), 215-227.
<https://doi.org/10.26603/001c.68137>
50. Kelly, E., Ellis, R., & Hing, W. (2019). Ultrasound assessment of extensor pollicis brevis tendon excursion in different wrist positions in healthy people. *Journal of Hand Therapy*, 32(3), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.12.004>
51. Ok, N., Agladioglu, K., Gungor, H. R., Kitis, A., Akkaya, S., Akkoyunlu, N. S., & Demirkan, F. (2016). Relationship of side dominance and ultrasonographic measurements of pronator quadratus muscle along with handgrip and pinch strength. *Medical Ultrasonography*, 18(2), Article 2.
<https://doi.org/10.11152/mu-75>
52. ButterflyNetwork. (s. d.). *Site Internet Butterfly*. www.butterflynetwork.com
53. ButterflyNetwork (Réalisateur). (2021, juillet). *Game On*. www.butterflynetwork.com/blog/game-on
54. *World Physiotherapy*. (s. d.). Home | World Physiotherapy. Consulté 14 avril 2023, à l'adresse <https://world.physio/node/232>
55. Ordre des masseurs-Kinésithérapeutes. (2015, mars 27). *AVIS DU CONSEIL NATIONAL DE L'ORDRE DU 27 MARS 2015 MODIFIE LE 24 SEPTEMBRE 2015 ET RELATIF A L'ECHOGRAPHIE**.
www.ordremk.fr/wp-content/uploads/2017/05/AVIS-CNO-n2015-01.pdf
56. Collebrusco, L., & Zualdi, L. (2021). The use of support ultrasound as a working tool for the physiotherapist a review of the literature. *Journal of Advanced Health Care, Volume 3*(Issue II), 38-48.

57. *New safety measures on ultrasound gel*. (s. d.). The Chartered Society of Physiotherapy. Consulté 30 avril 2023, à l'adresse <https://www.csp.org.uk/news/2021-12-21-new-safety-measures-ultrasound-gel>
58. Burwash, I. G., Basmadjian, A., Bewick, D., Choy, J. B., Cujec, B., Jassal, D. S., MacKenzie, S., Nair, P., Rudski, L. G., Yu, E., & Tam, J. W. (2011). 2010 Canadian Cardiovascular Society/Canadian Society of Echocardiography Guidelines for Training and Maintenance of Competency in Adult Echocardiography. *The Canadian Journal of Cardiology*, *27*(6), 862-864.
<https://doi.org/10.1016/j.cjca.2011.03.003>
59. Jdrzejczak, A., & Chipchase, L. S. (2008). The availability and usage frequency of real time ultrasound by physiotherapists in South Australia : An observational study. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, *13*(4), 231-240. <https://doi.org/10.1002/pri.409>
60. Hodges, P. W., Pengel, L. H. M., Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (2003). Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle & Nerve*, *27*(6), 682-692.
<https://doi.org/10.1002/mus.10375>
61. Wu, H., Zhao, H.-J., Xue, W.-L., Wang, Y.-C., Zhang, W.-Y., & Wang, X.-L. (2022). Ultrasound and elastography role in pre- and post-operative evaluation of median neuropathy in patients with carpal tunnel syndrome. *Frontiers in Neurology*, *13*, 1079737.
<https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1079737>
62. Tatar, I. G., Kurt, A., Yavasoglu, N., & Hekimoglu, B. (2016). Carpal tunnel syndrome : Elastosonographic strain ratio and cross-sectional area evaluation for the diagnosis and disease severity. *Medical Ultrasonography*, *18*(3), Article 3.
<https://doi.org/10.11152/mu.2013.2066.183.tat>
63. Schrier, V. J. M. M., Evers, S., Geske, J. R., Kremers, W. K., Villarraga, H. R., Kakar, S., Selles, R. W., Hovius, S. E. R., Gelfman, R., & Amadio, P. C. (2019). Median Nerve Transverse Mobility and

- Outcome after Carpal Tunnel Release. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 45(11), 2887-2897.
<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.06.422>
64. Erickson, M., Lawrence, M., & Lucado, A. (2022). The role of diagnostic ultrasound in the examination of carpal tunnel syndrome : An update and systematic review. *Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists*, 35(2), 215-225.
<https://doi.org/10.1016/j.jht.2021.04.014>
65. Lopes, M. M., Lawson, W., Scott, T., & Keir, P. J. (2011). Tendon and nerve excursion in the carpal tunnel in healthy and CTD wrists. *Clinical Biomechanics*, 26(9), 930-936.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.03.014>
66. Mezian, K., Ricci, V., Jačisko, J., Sobotová, K., Angerová, Y., Naňka, O., & Özçakar, L. (2021). Ultrasound Imaging and Guidance in Common Wrist/Hand Pathologies. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 100(6), 599-609.
<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001683>
67. Schrier, V. J. M. M., Evers, S., Bosch, J. G., Selles, R. W., & Amadio, P. C. (2019). Reliability of ultrasound speckle tracking with singular value decomposition for quantifying displacement in the carpal tunnel. *Journal of Biomechanics*, 85, 141-147.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.01.022>
68. Stegman, K. J., Djurickovic, S., & Dechev, N. (2014). In Vivo Estimation of Flexor Digitorum Superficialis Tendon Displacement with Speckle Tracking on 2-D Ultrasound Images Using Laplacian, Gaussian and Rayleigh Techniques. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 40(3), 568-582. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2013.09.029>
69. Romano, N., Fischetti, A., Mussetto, I., Marino, M., & Muda, A. (2018). Extensor pollicis longus (EPL) tendon rupture as a complication of distal radius fracture : The role of ultrasound examination. *Medical Ultrasonography*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.11152/mu-1380>

70. Vlad, V., Micu, M. C., Porta, F., Radunovic, G., Nestorova, R., Petranova, T., Cerinic, M. M., & Iagnocco, A. (2012). Ultrasound of the hand and wrist in rheumatology. *Medical Ultrasonography*, 14(1), Article 1.
71. Vreju, F. A., Ciurea, M. E., Popa, D., Popa, F., Parvanescu, C. D., Chisalau, B. A., Barbulescu, A. L., Parvanescu, V., Rosu, A., & Ciurea, P. L. (2016). Ultrasonography in the diagnosis and management of non inflammatory conditions of the hand and wrist. *Medical Ultrasonography*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.11152/mu.2013.2066.181.vej>
72. Xue, L., Zhang, Y., Yan, D., Fu, J., & Liu, Z. (2021). The presence of effusions between the volar plate of the proximal interphalangeal joint and the flexor digitorum tendon is a common phenomenon : A single-center, cross sectional study. *Medical Ultrasonography*, 23(2), Article 2. <https://doi.org/10.11152/mu-2789>
73. Swissmedic 2019, © Copyright. (s. d.). *Obligations des mandataires, importateurs et distributeurs*. Consulté 30 avril 2023, à l'adresse <https://www.swissmedic.ch/swissmedic/fr/home/medizinprodukte/marktzugang/pflichtenbevollmaechtigte.html>
74. Lumsden, G., Lucas-Garner, K., Sutherland, S., & Dodenhoff, R. (2018). Physiotherapists utilizing diagnostic ultrasound in shoulder clinics. How useful do patients find immediate feedback from the scan as part of the management of their problem? *Musculoskeletal Care*, 16(1), 209-213. <https://doi.org/10.1002/msc.1213>
75. Boissonnault, W. G., & Ross, M. D. (2012). Physical Therapists Referring Patients to Physicians : A Review of Case Reports and Series. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(5), 446-454. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3890>

17. Annexes

17.1 Lexique

Rappel des sources utilisées pour la réalisation de ce lexique ^[9,11,19-21].

Termes concernant la description des images

Artéfacts	Représentation erronée de la partie observée (éléments ajoutés, échogénicité inexacte, taille incorrecte, etc). Certains peuvent être modifiables, en fonction de la réalisation de la technique. D'autres, sont intrinsèques au fonctionnement normal d'un échographe.
Echogénicité	Description de la capacité des structures à réfléchir les ondes à ultrasons.
Anéchogène	Structure qui ne réfléchit pas les ultrasons. Exemple : les gazes, les liquides, les zones situées derrière les structures osseuses.
Isoéchogène	S'utilise pour décrire deux structures avec la même échogénicité.
Hypoéchogène	Structure moins échogène, qui apparaît plus foncée sur l'écran en comparaison avec les structures avoisinantes.
Hyperéchogène	Est utilisé pour décrire une structure qui est plus échogène que les structures avoisinantes. (exemple : les os)

Termes concernant le matériel d'un échographe

Transducteur	Dispositif assurant la réception et l'émission des ondes à ultrasons. Plus communément appelé « sonde » dans la pratique courante.
Echographe	Machine permettant le traitement des informations obtenues par la sonde. Responsable également de l'envoi du signal électrique vers la sonde.

Termes concernant la physique des ultrasons

Onde ultrasonore	Onde sonore dépassant les 20kHz de fréquence. Non détectable par l'oreille humaine.
Impédance acoustique	Définit l'aptitude de l'onde à pénétrer un tissu. Dépend de la densité du tissu observé et de la vitesse de propagation dans celui-ci.
Atténuation	Le milieu observé absorbe une partie de l'énergie des ondes ultrasons. L'intensité est donc diminuée, principalement dans les premiers centimètres de profondeur.
Réflexion	Au changement de milieu, l'impédance acoustique n'étant plus la même, l'onde produira une réflexion. Cette réflexion sera captée par la sonde, renvoyée à l'échographe sous forme de signaux électriques pour former l'image de l'organe observé. L'accumulation des réflexions permet donc la délimitation des tissus observés.
Réfraction	Réflexion oblique des ultrasons. Phénomène qui se manifeste lorsque le faisceau entre en contact avec une surface oblique par rapport à la sonde.
Diffusion	Lorsque les ondes ultrasons traversent une structure dont la taille des composants est inférieure à la longueur d'onde.
Transmission	Continuité du faisceau ultrasons vers la profondeur du milieu observé alors qu'une première réflexion a été envoyée vers la sonde (voir schéma pour une meilleure compréhension)
Indice Thermique	Indicateur du risque de l'augmentation de la température. Il est fixé à 1.0 pour l'ophtalmologie, à 3.0 pour l'obstétrique et à 6.0 pour les autres examens.
Indice Mécanique	Indicateur du risque d'effets non thermiques sur le patient. La cavitation en est un exemple. Il est fixé à 1.9 de manière générale, 0.23 pour l'ophtalmologie et 0.7 pour l'obstétrique

Termes concernant les réglages

Gain	Le gain est un paramètre de l'échographe contrôlable par le praticien. L'augmentation du gain amplifie la brillance de l'écho retournant à la sonde et inversement. Un réglage du gain permet d'obtenir une image plus interprétable et de meilleure qualité.
Time Gain Compensation	Réglage permettant de modifier le gain individuellement pour chaque zone visible à l'écran.
Fréquence	Exprimée en hertz (Hz), elle renseigne sur le nombre d'oscillations de l'onde à ultrasons par seconde. 1Hz = 1 cycle d'oscillation/sec.
Longueur d'onde	Représentée par la lettre grecque « λ » elle indique la distance entre les deux crêtes de l'onde. Les petites longueurs d'onde sont plus susceptibles d'être réfléchies par de petites structures. Son réglage se fait exclusivement grâce à la modification de la fréquence. Plus la fréquence est haute, plus la λ est basse.
Célérité	La vitesse de propagation de l'onde dans le tissu. Elle est considérée comme constante parmi les différents tissus du corps humain (env 1500m/s).
Focalisation	Réglage permettant de choisir dans quelle partie de la profondeur nous souhaitons avoir la meilleure résolution.
Profondeur	Fait référence à la portion visible de la zone observée sur l'écran de l'échographe. Plus l'organe que le praticien souhaite observer est profond (ex : foie), plus il devra augmenter la profondeur de champ. A l'inverse, pour les structures superficielles, une profondeur de champ réduite permettra de mieux visualiser les détails de celles-ci.

17.3 Pour approfondir

Formations en présentiel

- Formation Grégory Mesplié : ISAMMS pour la formation longue. Il propose également régulièrement des formations courtes.
Accès : <http://www.isamms.com/formation-reeducation-ortheses-main-poignet.html>
- Formation Française avec Aymeric Le Neindre et Anthony Demont : health-impact.fr/echographie-fonctionnelle-tronc-pelvis-et-paule

Formations en e-learning

- Sonoscanner (accès libre) :
Accès : www.sonoscanner.com/formations/#InfosAcademie
- Philips : formation sous forme de vidéos disponibles sur YouTube®
Accès (libre) à la playlist dédiée à l'échographie :
<https://www.youtube.com/watch?v=5Nzd21NFaxY&list=PL23D3F5C579A4858E>
- Sonosite (accès libre) :
Accès général : https://secure.sonosite.com/behind-the-scan-webinar?utm_source=sonosite.com&utm_medium=website&utm_campaign=us-2022-webinar
Accès vidéo d'observation du poignet : <https://secure.sonosite.com/dorsal-wrist-webinar?elqTrackId=a1b912d8c7614891858f933caecb1b5e&elq=00000000000000000000000000000000&elqaid=4141&elqat=2&elqCampaignId=>
- Butterfly® (accès libre) :
Accès général : www.butterflynetwork.com/education
Accès au webinar au sujet de la physiothérapie et l'échographie :
www.butterflynetwork.com/blog/game-on

Sites internet

- **Ultrasound in Medicine and biology** : site internet d'une revue destinée aux ultrasons (tant diagnostiques que thérapeutiques).
 - Accessible avec un accès institutionnel ScienceDirect®.
 - Plusieurs articles cités dans ce mémoire sont issus de cette revue.
 - Accès : <https://www.umbjournal.org/>
 - **Fédération européenne des sociétés d'échographie en médecine et biologie (FESUMB)**
 - Accès : <https://efsumb.org/>
 - Propose des cours, des congrès, un historique complet sur l'échographie
 - **AIUM** – l'American Institute of Ultrasound in Medicine
 - Accès : <https://www.aium.org/>
 - Propose des webinars, des articles et des événements en présentiels. La visualisation des webinars et des articles est en accès restreint. Néanmoins, une inscription gratuite à l'AIUM permet d'en débloquer l'accès.
-

Livres

- **WFUMB Ultrasound Book (2021)**. Livre entièrement numérisé, écrit en anglais, proposant de parcourir l'histoire, la théorie et les applications pratiques des ultrasons. Il est entièrement gratuit et accessible sans inscription. Une lecture que je recommande vivement.
 - Accès : http://wfumb.info/wfumb-ultrasound-book/additional-pages/html5_output/index.html

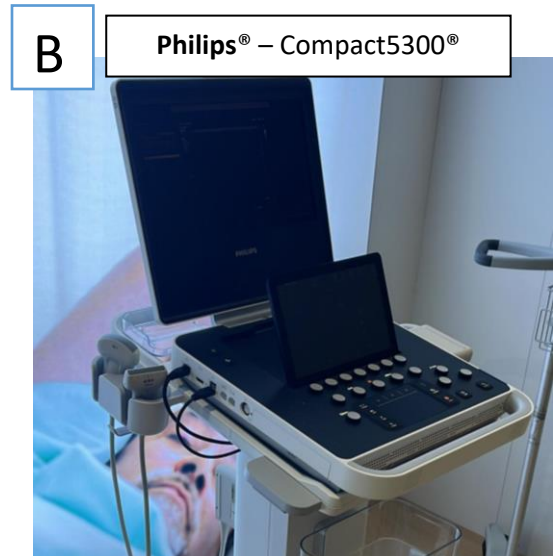
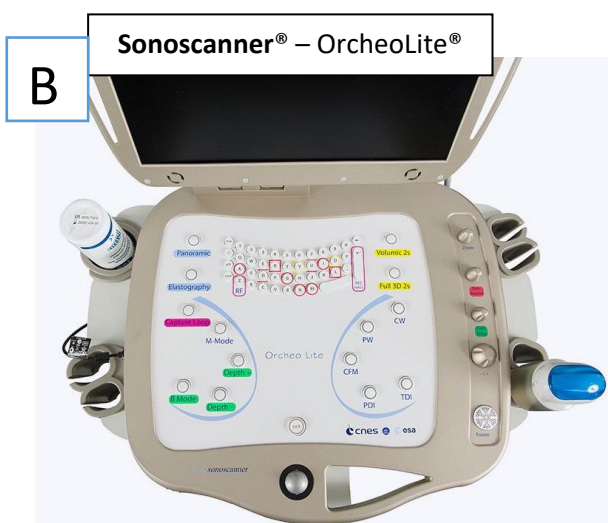
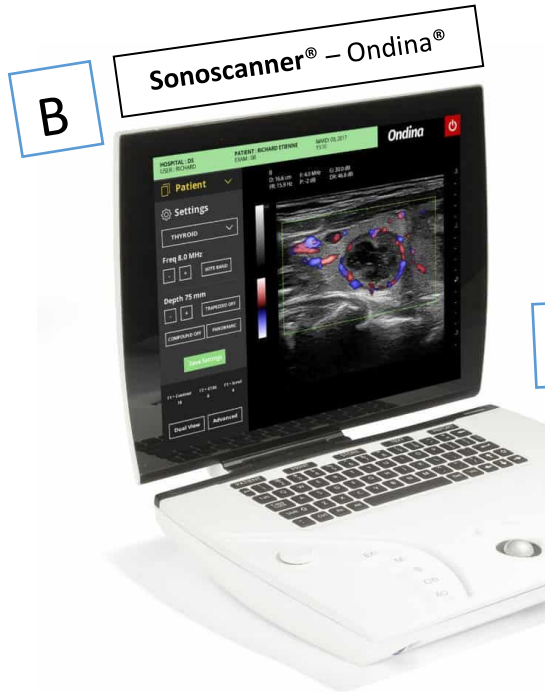
17.4 Tableau de comparaison des échographes

Nous pouvons diviser l'ensemble du parc des échographes en trois catégories : les stationnaires, indissociables de leur trolley (A), les portables, pouvant au choix être utilisés sur un trolley ou emportés dans une mallette (B), et les ultra-portables (C et D), pouvant être mis dans une poche ou transportés très aisément. Le tableau situé à la fin de ce chapitre réuni la plupart des informations pertinentes à prendre en compte lors de la sélection d'un appareil.

A. Les échographes stationnaires.

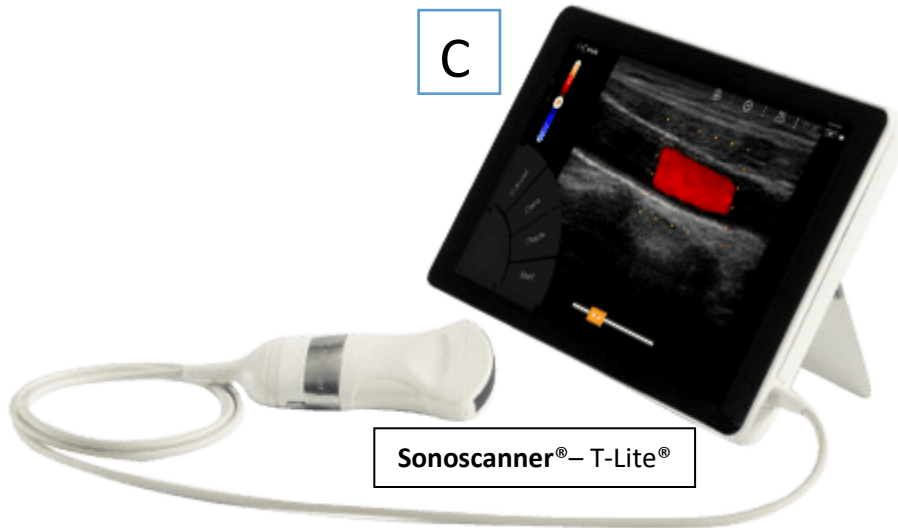


B. Les échographes portables.



C. Les échographes considérés « ultra-portables ».

A emporter facilement avec soi grâce à leur légèreté.



D. Les sondes directement connectables aux tablettes ou smartphones compatibles.

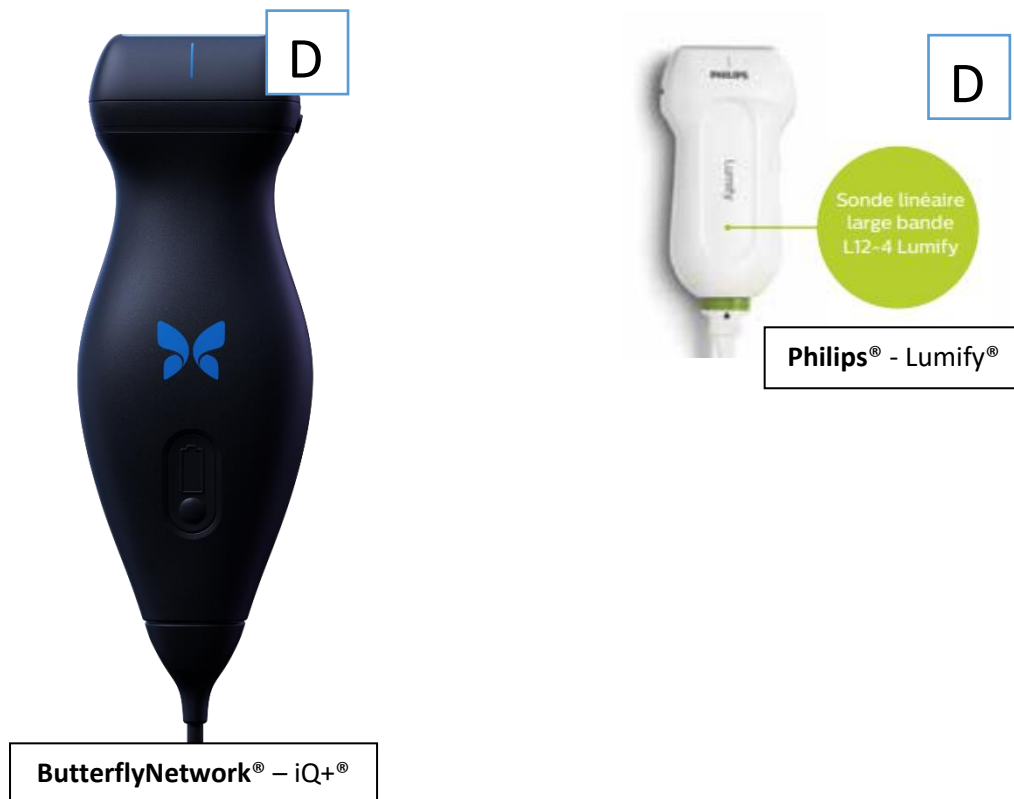


Tableau récapitulatif des échographes mentionnés dans ce mémoire

Entreprise®	Modèle®	Type	Abonnement	Origines	Poids (g)	Autonomie (HH:MM)	Taille écran (pouces)	Garantie
Philips	Lumify	Tablette	non	Pays-Bas	100 + tablette	entre 2h16 et 5h55 selon tablettes	Dépendant de la tablette	5 ans
Philips	Compact 5300	Portable	non	Pays-Bas	10500*	2h30	15,6	2 ans
Sonoscanner	U-Lite	Tablette	non	France	700	2h30	7	2 à 5 ans
Sonoscanner	T-Lite	Tablette	non	France	1000	3h00 - 8h00	11	2 à 5 ans
Sonoscanner	Ondina	Portable	non	France	4600	1h30	15	2 à 5 ans
Sonoscanner	Orcheo Lite	Portable	non	France	5500	1h30	15	2 à 5 ans
Sonosite	SII	Stationnaire	non	USA	5700	2h00	12,1	5 ans
Sonosite	PX	Portable	non	USA	7500	3h00	15.5	5 ans
Esaote	Sigma	Portable	non	Italie	7500	2h00	15.6	2 ans
Butterflynetwork ¹	Butterfly IQ+	Tablette	oui	USA	309 + tablette	2H30	Dépendant de la tablette	1 an

Tableau contenant des informations fournies par les représentants des diverses compagnies d'échographes. Tous les représentants ont donné leur accord pour que les indications fournies (à l'exception du prix dont la fourchette se situe entre CHF2'500 et CHF46'000 pour les plus onéreux de la sélection) apparaissent dans ce mémoire. Un symbole ® unique est indiqué à côté des termes « entreprise » et « modèle », indiquant qu'il sera valable pour l'ensemble des noms utilisés dans ces colonnes.

1.Modèle ButterflyNetwork® : sonde IQ+ vendue CHF 2506 (hors taxes) et requière l'utilisation d'un abonnement coûtant CHF 444/année (hors taxes) (approximativement la même somme en euros)

*Poids de l'appareil et son support trolley

17.5 Termes de recherche - Medical Subjects Headings (MeSH) terms

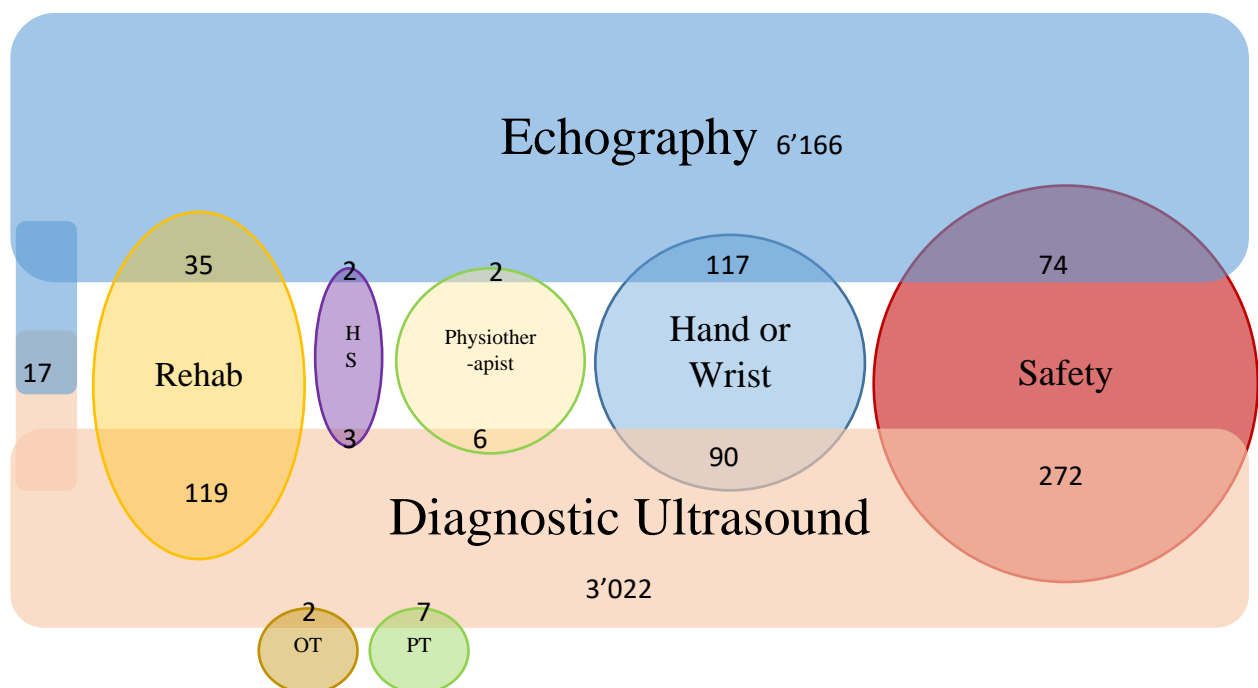
Résultats de la recherche des MESH terms sur PubMed®, actualisés le 29.04.2023.

MeSH terms utilisés pour la recherche d'articles sur PubMed® :

- Physical Therapy (PT)
- Diagnostic Ultrasound
- Physiotherapist
- Echography
- Occupational therapy (OT)
- Hand or Wrist
- Occupational therapist
- Hand Surgery (HS)
- Rehabilitation
- Safety

Ces mêmes termes et leur traduction ont été utilisés pour les recherches sur Elsevier® et Google Scholar®.

Au total, 9'171 articles sur PubMed® mentionnent soit l'échographie soit les ultrasons diagnostiques (résultat obtenu en additionnant 6'166 + 3'022 et soustrayant les 17 articles contenant les deux MeSH terms). Les résultats mentionnant également les autres MeSH terms sont indiqués dans les bulles du diagramme ci-dessous.



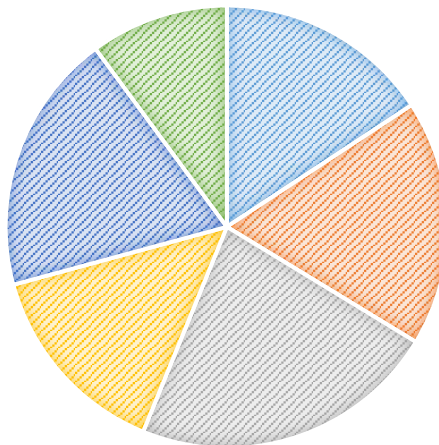
Seuls 92 articles ont été sélectionnés pour la rédaction de ce mémoire.

Les critères d'exclusions ont été les suivants :

- L'article est indisponible
- L'article ne parle pas des ultrasons diagnostiques (ni d'échographie)
- L'article ne mentionne ni l'échographie en général ni l'échographie spécifique au domaine musculosquelettique (les articles traitant essentiellement des échographies cardiaques, pulmonaires, obstétriques ou autres spécialités ont été écartés).
- La date de parution, trop ancienne, de l'article rendait sa lecture obsolète (s'il s'agit d'un fait historique, des articles plus anciens ont pu être lus, les articles scientifiques, eux, sont parus entre 1997 et 2023 selon la répartition explicitée par le diagramme ci-dessous).

REPARTITION DES ARTICLES CHOISIS SELON LEUR ANNÉE DE PARUTION

■ 2023-2022 ■ 2021-2020 ■ 2019-2018 ■ 2017-2015 ■ 2014-2010 ■ 2009-1997



17.6 Fiche à plastifier et placer proche de votre échographe

Disponible sur la page suivante

L'ÉCHOGRAPHIE DE POCHE

Fiche de rappel

A l'intention du
rééducateur de la main

Actualisée en avril 2023

INFORMATIONS DE BASE

Modèle : _____

Sondes disponibles : _____

Consommables : _____

CONTACT REPRÉSENTANT



RÉGLAGES

Gain : ajuster la visibilité des échos

Profondeur : trouver la taille de champ
idéale pour visualiser la zone observée

Focus : choisir la zone de meilleure
résolution en fonction de nos besoins

Type de sonde

Linéaire = Haute Fréquence = structures
superficielles

Convexe = Basse Fréquence = structures
profondes

Enregistrer les images

Freeze ou capture : option pour figer l'image
que vous voyez à l'écran.

Enregistrement sur clé USB : pensez à fermer
le dossier patient en cours avant d'enregistrer.

CHECK LIST SÉANCE

Matériel

- Gel disponible
- Sonde adaptée
- Désinfection faite

Patient

- Positionnement patient
- Informations transmises

Réglages

- Choix du bon « preset »
- Gain / Profondeur / Focus
- Positionnement sonde

DERNIERS CONTRÔLES

Dernière visite du représentant

...../...../.....

Achat de la machine

...../...../.....